

沸騰水型軽水炉炉内構造物用オーステナイト系 ステンレス鋼の照射データに関する文献調査と データ集の作成（受託研究）

Data Survey and Compilation of Material Property Tables of Irradiated Stainless
Steel for Evaluation of Radiation Effects on Structural Material Properties of Core
Internals in Boiling Water Reactors
(Contract Research)

笠原 茂樹 福谷 耕司 越石 正人 藤井 克彦
知見 康弘

Shigeki KASAHARA, Koji FUKUYA, Masato KOSHIISHI, Katsuhiko FUJII
and Yasuhiro CHIMI

安全研究・防災支援部門

安全研究センター

材料・構造安全研究ディビジョン

Materials and Structural Integrity Research Division

Nuclear Safety Research Center

Sector of Nuclear Safety Research and Emergency Preparedness

November 2018

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2018

沸騰水型軽水炉炉内構造物用オーステナイト系ステンレス鋼の
照射データに関する文献調査とデータ集の作成
(受託研究)

日本原子力研究開発機構 安全研究・防災支援部門
安全研究センター 材料・構造安全研究ディビジョン

笠原 茂樹^{*1}、福谷 耕司^{*1}、越石 正人^{*2}、藤井 克彦^{*1}、知見 康弘

(2018年7月2日 受理)

軽水炉の炉内構造物については、構造材料であるオーステナイト系ステンレス鋼の中性子照射による経年劣化を評価・予測した上で、健全性評価を行う必要がある。そのためにはステンレス鋼の物性値の照射量依存性等の知見が不可欠である。照射材の物性の代表値や最確値等を議論するには既往データの整理が有効であり、その際、炉内構造物の使用条件が異なる沸騰水型軽水炉(BWR)と加圧水型軽水炉を明確に区別し取り扱うことが重要である。本調査では、照射ステンレス鋼の材料特性を評価した公開文献を網羅的に収集し、データ集を作成した。作成にあたっては、BWRに相応する温度や中性子照射等の条件をスクリーニングの基準として照射データを抽出するとともに、化学成分、加工熱処理等の材料条件、照射条件及び試験条件を調査した。これらのデータを物性値ごとにデータシートへ収録し、データ集として整備した。

本報告書は、原子力規制委員会 原子力規制庁からの受託事業「軽水炉照射材料健全性評価研究」(平成27年度～28年度)で得られた成果を基にした検討の結果である。

原子力科学研究所 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地 4

※1 特定課題推進員

*1 株式会社原子力安全システム研究所

*2 日本核燃料開発株式会社

Data Survey and Compilation of Material Property Tables of Irradiated Stainless Steel for Evaluation of Radiation Effects on Structural Material Properties of Core Internals in Boiling Water Reactors
(Contract Research)

Shigeki KASAHARA^{*1}, Koji FUKUYA^{*1}, Masato KOSHIISHI^{*2},
Katsuhiko FUJII^{*1} and Yasuhiro CHIMI

Materials and Structural Integrity Research Division
Nuclear Safety Research Center
Sector of Nuclear Safety Research and Emergency Preparedness
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken
(Received July 2, 2018)

For structural integrity assessment of reactor internals of light water reactors, it is important to evaluate and predict the property changes of structural materials, based on existing data obtained from austenitic stainless steel irradiated with neutrons. Compilation of the data into tables is valuable for discussing the representative or the most probable values of the properties applied to the assessment. In the process of the data compilation, the data must be distinguished clearly in consideration of different service conditions of core internals of boiling water reactors (BWR) and pressurized water reactors. Main objective of this work is to provide material property tables of irradiated austenitic stainless steel which will be applicable for assessment of structural integrity of core internals of BWRs. To compile the table, published literature reporting irradiated stainless steel data were surveyed and screened by considering the service conditions of BWRs. In addition to the data, various parameters for the data evaluation, e.g. chemical compositions and pre-treatments of the materials, irradiation and examination conditions, were extracted from the literature, and listed into the tables.

Keywords: Boiling Water Reactor, Reactor Internals, Austenitic Stainless Steel, Neutron Irradiation, Radiation Effects, Data Survey, Screening and Compilation

Present study was performed based on the reports under contract with Nuclear Regulation Authority of Japan.

※1 Special Topic Researcher

* 1 Institute of Nuclear Safety System, Inc.

* 2 Nippon Nuclear Fuel Development Co., Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. 照射データの調査と整理方法	1
2.1. 調査に当たっての基本的な考え方	1
2.2. 照射データの調査項目と内容	2
2.3. 文献等の収集	6
2.4. 文献等のスクリーニング	8
3. 照射データ調査の結果及び評価	9
3.1. 全体概要	9
3.2. 引張特性	9
3.3. 硬さ	45
3.4. 破壊靱性	59
3.5. IASCC感受性	74
3.6. IASCC発生	91
3.7. IASCC進展	98
3.8. 照射応力緩和	126
3.9. ミクロ組織	140
3.10. 照射誘起粒界偏析	152
4. まとめ	167
謝辞	169
参考文献	170
付録(記号・略語一覧)	178

Contents

1. Introduction	1
2. Procedure of Data Survey and Compilation of Tables	1
2.1. Basic Approach to Literature Survey	1
2.2. Survey Items and Contents	2
2.3. Collection of Published Literature	6
2.4. Screening of Published Literature	8
3. Results of Discussion	9
3.1. Outline of Results	9
3.2. Tensile Properties	9
3.3. Hardness	45
3.4. Fracture Toughness	59
3.5. IASCC Susceptibility	74
3.6. IASCC Initiation	91
3.7. IASCC Growth	98
3.8. Stress Relaxation	126
3.9. Microstructural Developments	140
3.10. Radiation Induced Segregation	152
4. Summary	167
Acknowledgements	169
References	170
Appendix(Abbreviations)	178

表リスト

表 1	引張特性に関する調査結果の概要	13
表 2	引張特性に関するデータシート	15
表 3	硬さに関する調査結果の概要	46
表 4	硬さに関するデータシート	47
表 5	破壊靱性に関する調査結果の概要	61
表 6	破壊靱性に関するデータシート	63
表 7	IASCC感受性に関する調査結果の概要	76
表 8	IASCC感受性に関するデータシート	77
表 9	IASCC発生に関する調査結果の概要	92
表 10	IASCC発生に関するデータシート	93
表 11	IASCC進展に関する調査結果の概要	101
表 12	IASCC進展に関するデータシート	103
表 13	照射応力緩和に関する調査結果の概要	127
表 14	照射応力緩和に関するデータシート	129
表 15	ミクロ組織に関する調査結果の概要	141
表 16	ミクロ組織に関するデータシート	143
表 17	照射誘起粒界偏析に関する調査結果の概要	153
表 18	照射誘起粒界偏析に関するデータシート	155

図リスト

図 1	CT試験片の寸法記号	4
図 2	除荷コンプライアンス法(イメージ)	4
図 3	照射した304及び304Lステンレス鋼SA材の引張特性データの照射量依存性	39
図 4	照射した316及び316Lステンレス鋼SA材の引張特性データの照射量依存性	40
図 5	照射した304系及び316系ステンレス鋼の引張特性データの照射量依存性	41
図 6	照射した304L系及び316L系ステンレス鋼の引張特性データの照射量依存性	42
図 7	照射したステンレス鋼CW材及びSA材の耐力と一様伸びの照射量依存性の比較	43
図 8	実機照射材と試験炉照射材の耐力と一様伸びの照射量依存性の比較	44
図 9	照射ステンレス鋼の硬さの照射量依存性	57
図 10	照射ステンレス鋼の硬さと0.2%耐力の関係	57
図 11	照射ステンレス鋼の硬さ増加量と0.2%耐力増加量の関係	58
図 12	照射ステンレス鋼の破壊靱性値の照射量依存性	73
図 13	照射ステンレス鋼のSSRT試験による粒界破面率の中性子照射量依存性	89
図 14	照射ステンレス鋼のSSRT試験による粒界破面率の中性子照射量依存性の鋼種間比較 ..	90
図 15	照射ステンレス鋼のIASCC発生に及ぼす中性子照射量と付加応力比 (荷重と0.2%耐力の比)の関係	97
図 16	BWRのNWC模擬環境下での照射ステンレス鋼の亀裂進展速度の 中性子照射量及びK値依存性	123
図 17	BWRのHWC模擬環境下での照射ステンレス鋼の亀裂進展速度の 中性子照射量及びK値依存性	124
図 18	BWR一次系模擬環境下での照射後試験(PIE)による亀裂進展速度の照射量依存性 (照射量20 dpa以下の実機照射材及びJMTR照射材データ)	125
図 19	応力比(付加応力と0.2%耐力の比)の照射量依存性に基ついた照射応力緩和評価結果 ..	139
図 20	照射ステンレス鋼中に形成したフランクループの平均径と数密度の照射量依存性	151
図 21	ステンレス鋼の主要な溶質元素の粒界濃度の照射量依存性	163
図 22	ステンレス鋼の主要な溶質元素の粒界における照射誘起偏析量の照射量依存性	165

1. はじめに

国内の発電用軽水炉プラントの原子炉圧力容器、炉内機器・構造物、配管等に対する健全性評価では、運転開始からの供用期間を考慮して、これらを構成する材料の経年劣化を評価・予測し、その影響を適切に反映することが求められている。現在、原子炉圧力容器内の燃料支持構造物(以下、炉内構造物)の健全性評価は発電用原子力設備規格維持規格[1]や原子力発電所の高経年化対策実施基準[2]、炉内構造物等点検評価ガイドライン[3], [4]等に沿って行われており、炉内構造物を構成するオーステナイト系ステンレス鋼(以下、ステンレス鋼またはStainless Steel: 以下、SS)の経年劣化要因として、中性子照射影響を考慮する必要がある。

沸騰水型軽水炉(Boiling Water Reactor: 以下、BWR)の炉内構造物のうち炉心シュラウドや上部格子板の健全性評価では、BWR炉内条件下での照射誘起応力腐食割れ(Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking: 以下、IASCC)に起因した亀裂を考慮した破壊力学評価が必要であり、材料特性として中性子照射量をパラメータとしたIASCCの発生時間と亀裂進展速度、破壊靱性値が必須である[4]。こうした評価をより精緻に行うためには、評価対象部位における付加応力及び溶接残留応力等の把握も重要であり、引張特性や応力緩和への照射影響に係る知見も必要である。

これまでのステンレス鋼の照射影響研究の経緯を振り返る[5], [6]と、1980年代中盤から後半では、高速増殖炉や核融合炉炉心に相応した照射条件での試験を中心に行われていたため、軽水炉炉内環境での照射劣化評価に関する知見は必ずしも十分ではなかった。そのような中、(財)発電設備技術検査協会(以下、発電技検)が実施した国のプロジェクト(以下、国プロ)「プラント長寿命化技術開発」において軽水炉炉内環境を考慮した材料照射データ取得の重要性が指摘され、電力事業者による研究(以下、電力共研)や後続の国プロにおいてデータの拡充が図られてきた。一方、炉内構造物の健全性評価の技術的根拠として、個々のデータに基づいた代表値や最確値、またこれらを与えるための傾向線(式)が必要であるが、現状国内において関連する議論が十分なされているとは言い難い。こうした議論を深めるためには、炉内構造物の健全性評価に適した照射材の材料特性に関するデータ集の作成が不可欠である。

本調査では、国内BWRの炉内構造物の健全性評価に用いる材料特性の代表値や最確値、傾向線(式)の検討に資することを目的として、ステンレス鋼の照射影響評価に係る公開文献を網羅的に収集し、BWR炉内条件等に照らして設定したスクリーニング基準に基づいて、公開文献に掲載された照射データを抽出し、合わせて材料、照射及び試験条件に関する情報をデータシートに収録した。また、中性子照射量と材料特性変化の傾向について検討した。

2. 照射データの調査と整理方法

2.1. 調査に当たっての基本的な考え方

炉内構造物用ステンレス鋼の特性に及ぼす中性子照射影響を検討する上で、応力-ひずみ関係、強度、伸び等の引張特性と、硬さに関するデータは基本的な知見である。また、炉内構造物の健全性評価では、BWR炉内条件下でのIASCCに起因する亀裂の発生、進展と照射ステンレス鋼

の破壊靱性に係るデータが必須であるとともに、IASCC感受性評価に関する知見が参考となる。さらに、亀裂の挙動を評価する上で、評価対象部位の荷重(応力)に及ぼす照射影響を明確にしておく必要がある。具体的には、照射応力緩和に伴う局所的な応力(ひずみ)の変化も評価できるようにしておくことが肝要である。

一方、炉内構造物は、評価対象部位ごとに形状、環境条件、材料の種類、機能要求が異なるため、評価に適用する基準の妥当性、網羅性、汎用性等の検証が不可欠である。そのためにも照射データに対する機構論的な検討の基礎となるマイクロ組織や照射誘起粒界偏析に係る知見の収集が必要である。

以上を踏まえ、照射ステンレス鋼の引張特性、硬さ、破壊靱性、IASCC感受性、IASCC発生、IASCC進展、照射応力緩和、マイクロ組織、照射誘起粒界偏析に関するデータ(以下、照射データ)が掲載された報告書や公開文献(以下、文献等)を収集することとした。また、一部の未公開の技術資料からの数値データを抽出した。これらについては、“私信”として引用すると共に、数値データに基づいた図が掲載された文献等を、参考情報として付記した。

2.2. 照射データの調査項目と内容

(1) 共通項目

共通項目として、材料に係る条件(以下、材料条件)と照射条件を調査した。

材料条件に関わる項目として、鋼種、化学組成とともに、加工熱処理の有無及び条件に関する情報を調査し、冷間加工(Cold Worked: 以下、CW)等に関する情報が文献等に掲載されている場合は合わせて整理した。また、BWR炉心で中性子照射を受けた炉内構造物等より取出された部材(以下、実機部材)を対象とした場合は、採取部位と形状も調査した。さらに、データシートに収録したデータから参照した文献に掲載された元データを容易に照合できるよう、参照した文献に記載された試験片ID、材料IDも整理した。

照射条件については、中性子照射に用いられた照射炉、中性子照射量、照射速度、照射温度を調査項目とした。このうち中性子照射量は、BWR分野で慣例的に用いられている単位 n/m^2 (中性子エネルギー $E>1\text{ MeV}$)とdpa(Displacement per Atom)で記載することとし、必要に応じて研究炉での中性子照射材では $n/m^2(E>0.1\text{ MeV})$ を用いた。

(2) 引張特性

試験条件に関する項目として、試験環境、試験温度、試験片(Test Piece: 以下、TP)形状と平行部長さと断面が矩形の場合の断面積、試験片の採取方向(部材と負荷方向の関係)、ひずみ速度を調査した。

データについては、0.2%耐力(σ_y)、引張強さ(σ_u)、一様伸び(ϵ_u)、全伸び(破断伸び)(ϵ_t)、絞り、加工硬化指数とともに、付加情報として応力-ひずみの関係(線図)の掲載有無を調査した。

(3) 硬さ

試験条件に関する項目として、測定方法、測定箇所(供試材の組織)、試験力、測定数を調査した。

データについては、硬さと硬さの増加(未照射からの変化)量とともに、硬さデータに対応する引張特性(試験温度、0.2%耐力、引張強さ、一様伸び、全伸び)が参照した文献等に掲載されていた場合は、合わせて調査した。

(4) 破壊靱性

試験条件に関する項目として、試験環境、試験温度、TP形状及び寸法を調査した。特にTP形状と寸法は破壊靱性値の有効性判断に影響することから、TP厚さ、サイドグループを除いた正味厚さ、TP幅、予亀裂長さ等、出来るだけ多くの寸法情報を調査した。

破壊靱性試験で広く使用されている標準的なコンパクトテンション型(CT)試験片の寸法記号[7]の例を図 1に示す。ステンレス鋼のような延性材料の破壊靱性値を求める試験方法(図 2)として除荷コンプライアンス法やそれに類似した方法が用いられていることを考慮し、以下を調査した。

J_Q: 除荷コンプライアンス法で得られた J-R 曲線と 0.2 mm オフセットラインの交点における J 積分値

J_{1mm}: 亀裂が 1 mm 進展した位置での J 積分値

J_{IC}: 平面ひずみ条件の判定基準を満足した場合の J_Q の値

ASTM E1820[8]では、試験片板厚 B と 0.2%耐力(σ_y)に基づき、式①で規定されている。

$$B \geq 25 \left(\frac{J_Q}{\sigma_y} \right) \text{-----} \text{①}$$

Tearing Modulus(引裂き係数):

ヤング率 E、 σ_y を用いて、式②で与えられる。

$$T = \frac{dJ}{da} \cdot \frac{E}{\sigma_y^2} \text{-----} \text{②}$$

なお、この式における dJ/da は J-R 曲線の傾きを表す。

換算後の応力拡大係数(K 値):

ポアソン比 ν と J 積分値から、式③で換算される。

$$K = \sqrt{\frac{E \cdot J}{1 - \nu^2}} \text{-----} \text{③}$$

また、破壊靱性データに対応する引張特性(試験温度、0.2%耐力、引張強さ、一様伸び、全伸び、絞り)と J-R 曲線、開口幅荷重曲線を調査した。

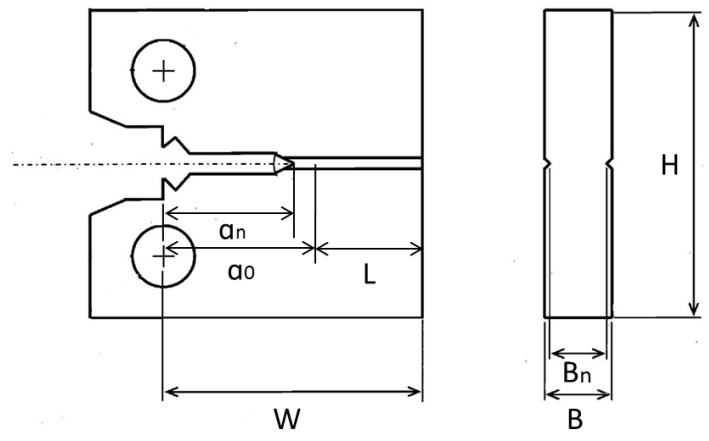


図 1 CT 試験片の寸法記号[7]

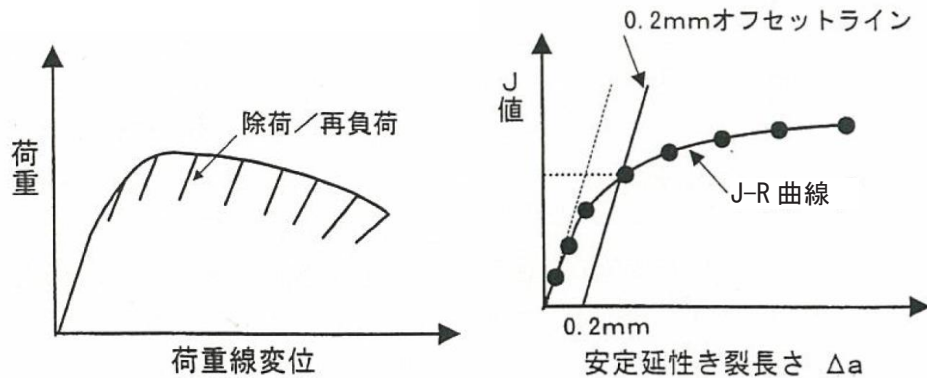


図 2 除荷コンプライアンス法(イメージ)

(5) IASCC感受性

IASCC感受性評価試験は、多くの場合BWR炉内条件を模擬した高温水中で低ひずみ速度引張試験により行われていることから、試験条件に関する項目として、試験温度、TP形状と寸法、試験環境、応力またはひずみを付与する際のひずみ速度を調査した。一般に低ひずみ速度引張試験はSSRT(Slow strain rate testまたはSlow strain rate tensile test)やCERT (Constant extension rate test)と記述されているが、本報告ではSSRTに統一して表記した。なお、高温水中での試験の場合は溶存酸素濃度(Dissolved Oxygen: 以下、DO)、溶存水素濃度(Dissolved Hydrogen: 以下、DH)、水の導電率、腐食電位(Electrochemical Corrosion Potential: 以下、ECP)等のパラメータを調査した。また、TP形状で区分し、引張試験片の場合は平行部面積と平行部長さを調査した。

IASCC感受性に係るデータとして、破断までの応力-ひずみの関係の評価に基づいたみかけの0.2%耐力、最大応力、最大応力時ひずみ、破断ひずみ、破断時間、IASCC感受性指標として用いられている粒界(Intergranular: 以下、IG)割れ破面率、粒内(Transgranular: 以下、TG)割れ破面率を調査した。なお、みかけの0.2%耐力とはSSRT試験の応力-ひずみ曲線において0.2%耐力に相当する値を示すが、引張試験に比べてひずみ速度が遅いことや弾性範囲で破断する場合があること等、SSRT試験の特徴を考慮して区別した。

(6) IASCC発生

試験条件に関する項目として、試験温度、TP形状と寸法、試験環境、応力またはひずみの付与量を調査した。なお、試験片として引張試験片を用いた場合は平行部面積と平行部長さを調査した。試験環境についてはIASCC感受性評価試験条件の考え方に準拠して設定した。試験片への応力、ひずみ付与条件に関しては、負荷の方式と方向、付加応力、供試材の0.2%耐力及び付加応力と0.2%耐力の比(応力比)を調査した。

IASCC発生に係るデータとして、一般的なIASCC発生試験での評価に準拠して破断時間を調査した。なお、破断時間は、試験時間内に破断しなかったと報告されている場合は試験時間以上、破断が認められた場合は確認した時点の試験時間とした。

(7) IASCC進展

試験条件に関する項目として、試験温度、TP形状、試験環境、荷重、炉外・炉内試験の区別を調査した。なお、炉外試験とはホットセル内に設置したオートクレーブを用いた照射後試験、炉内試験とは原子炉炉心における放射線照射下試験をそれぞれ指す。

IASCC進展試験で広く用いられているCT試験片(図 1)に対しては、式④に示す板厚Bで規定される平面ひずみ条件、式⑤に示す亀裂長さaで規定される小規模降伏条件のいずれも満足していることが求められる[7]。

$$B \geq \beta \left(\frac{K_I}{\sigma_y} \right)^2 \text{-----④}$$

$$a \geq \beta \left(\frac{K_I}{\sigma_y} \right)^2 \text{-----⑤}$$

※注: ISO 7539-6[9]では $\beta=2.5$ としているが、「高温水中における応力腐食亀裂進展試験方法」[10]では0.5を上回る値を使うことを推奨している。

このようにIASCC亀裂進展速度データの品質にTP形状と0.2%耐力が関与していることから、CT試験片の板厚として公称値とサイドグループを考慮した正味の板厚、0.2%耐力と有効性の判定結果(Validity)の掲載の有無を調査した。また、試験環境はIASCC感受性評価試験と同等とした。さらに、試験片への荷重の負荷方式も合わせて調査した。

IASCC進展に係るデータについては、破面補正後の亀裂進展チャートに基づいて求めた亀裂進展速度とK値を調査した。また、亀裂進展速度データの質にかかわる情報として、亀裂進展速度を評価した試験時間と破面観察結果の有無を調査した。

(8) 照射応力緩和

試験条件に関する項目として、試験方法、TP形状と寸法、測定方法、測定環境と温度を調査した。

照射応力緩和評価に用いたパラメータとして、照射前後での応力、曲率、基準点間距離等のデータを調査するとともに、照射前後の応力比またはひずみ量を調査した。また、取得したデ

ータに基づいて照射応力緩和式が示されている場合は、それらも調査した。

(9) ミクロ組織

試験条件に関する項目として、データ取得と評価方法について調査した。

ミクロ組織に係るデータとして、参照した文献におけるミクロ組織観察の区分に従ってフランクグループ、ブラックドット、完全転位、キャビティ、析出物に区分し、平均径(d)と数密度(N)を調査した。また、中性子照射による核変換で生成するヘリウム(He)と水素(H)はミクロ組織等の発達で重要な因子となることから、分析値の有無について調査した。

近年、アトムプローブ分析によって、照射ステンレス鋼中にニッケル(Ni)とシリコン(Si)を主成分とする溶質クラスタの形成が報告されているが[11], [12], [13]、溶質クラスタの定義に関して統一された見解がないことや、TEMによる観察結果との整合性は未解明であること等から、調査対象外とした。

(10) 照射誘起粒界偏析

試験条件に関する項目として、分析方法と分析に用いた装置の型式や分析用プローブ(電子ビーム)径、粒界性状(大傾角粒界、対応粒界、ランダム粒界、 Σ 値等)を調査した。粒界近傍における溶質元素分析は、主に電界放出型電子銃(Field emission gun: 以下、FEG)を備えたTEMまたは走査透過型電子顕微鏡(Scanning Transmission Electron Microscope: 以下、STEM)とエネルギー分散型X線分光分析器(Energy Dispersion Spectroscopy: 以下、EDS)の組み合わせにより行われており、薄膜近似法に基づいた元素濃度が報告されている。こうしたことを考慮し、ステンレス鋼を対象とした粒界偏析評価で報告されている鉄(Fe)、クロム(Cr)、Ni、Si、リン(P)、モリブデン(Mo)のEDS分析による元素濃度(重量%または原子%)を調査項目とし、その他元素については報告されている値を調査した。

古い文献に従来型の熱電子放射型電子銃を装備したTEM、STEMを用いた分析結果も報告されているが、FEG-TEMに比べてプローブ径が大きく空間分解能が異なることから調査の対象外とした。一方、最近になって照射ステンレス鋼のアトムプローブを用いた粒界近傍の分析結果が報告されている[11], [12], [13]が、事例が少ないため調査対象外とした。

2.3. 文献等の収集

炉内構造物用ステンレス鋼の材料特性に係る照射データは、例えば発電技検や(独)原子力安全基盤機構(以下、JNES)等によって実施された国プロや、電力共研等、国内の大規模なプロジェクトにおいて系統的に得られており、その報告書には数値データが収録されていることが多い。米国のElectric Power Research Institute (EPRI)、Nuclear Regulatory Commission (NRC)や、フランスÉlectricité de France (EDF)等も同様なプロジェクトを実施しており、これら機関による公開済の報告書を収集した。

また、照射データが含まれる可能性のある学術誌として、調査したものを以下に例示する。

- Journal of Nuclear Materials
- Journal of ASTM International

- Nuclear Engineering and Design
- Acta Materialia
- Metallurgical and Materials Transactions A, B
- Philosophical Magazine
- Nuclear Instruments and Methods
- 日本原子力学会和文論文誌と Journal of Nuclear Science and Technology(英文)
- 日本金属学会誌(和文)と Materials Transactions(英文)

さらに、以下に例示した国際会議のプロシーディングスを調査し、照射データが含まれる文献を収集した。

- International Symposium on Effects of Radiation on Materials

ASTM International (旧称 American Society of Testing and Materials)の E10 委員会 (Nuclear Technology and its Application)が主催し、2 年ごとに米国で開催。文献集が ASTM の STP (Special Technical Publication)として発行されている。

- International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Systems – Water Reactors (EDM と略される)

軽水炉材料の照射も含めた環境劣化に関する国際会議で、2 年ごとに北米で ANS (American Nuclear Society)、NACE (National Association of Corrosion Engineers)、TMS (The Minerals, Metals & Materials Society)、CNS (Canadian Nuclear Society)が主催して開催される。

- International Symposium on Contribution of Materials Investigations to Improve the Safety and Performance of LWRs (Fontevraud)

フランス原子力学会(SFEN)が主催する材料研究の国際会議で4年ごとに開催される。第8回の会議タイトルは若干変更となっている。

- ASME Pressure Vessels and Piping Conference (ASME PVP)

原子炉構成機器の健全性に関する ASME (American Society of Mechanical Engineers)主催の国際会議であり毎年開催されている。

- International Conference on Nuclear Engineering (ICONE)

原子力に全般に関する国際会議で毎年主催国を変えて開催されている。

- International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT)

原子炉機器に関する機械系の国際会議であり、2 年ごとに開催されている。

- Microstructural Processes in Irradiated Materials

米国 MRS (Material Research Society)の年会中に照射材の研究に関する専門分野のセッションとして開催されている。

- International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP)

原子力全般の国際会議で、各国の原子力学会の持ち回りにて毎年開催されている。

上記に挙げた学術誌及び国際会議の名称は最近のものに準じた。一部については名称が変更されたものもあるが、それらの個々の来歴についての記載は割愛した。

2.4. 文献等のスクリーニング

照射データの整理とデータシートへの収録に先立ち、本技術調査の目的に照らして以下に示す基準を設け、収集した文献に対してスクリーニングを実施した。

- ・ BWR 炉内構造物に使用されている 300 系のステンレス鋼、すなわち 304、304L、316、316L、原子力用 316 等を対象とし、鋳鋼や溶接金属も含める。一方、海外の BWR で用いられているニオブ(Nb)添加 347 系やチタン(Ti)添加 321 系の材料は国内ではほとんど使用されていないことから、これらのみを対象とした文献等は除外する。
- ・ 中性子照射材を用いてバルク全体の材料特性を評価したデータを調査することとし、電子線やイオン等の荷電粒子、中性子のエネルギーレベルが異なる核破砕中性子等、粒子線ごとに照射影響評価が必要なデータは除外する。
- ・ BWR 炉心温度(約 290℃)と冷温停止時(室温)での評価に資することから、照射条件及び試験条件の温度範囲は室温と高温領域(250~300℃)とする。
- ・ 実機部材を使ったデータは漏れなく調査する。
- ・ 材料試験炉等の研究炉で照射された材料(以下、試験炉照射材)のうち、熱中性子材料試験炉で照射温度約 290℃で照射された試験炉照射データを含めるものとする。なお、高速中性子炉で照射温度約 290℃で照射した材料を用いたデータは、参考として含めることとする。
- ・ スクリーニングの結果、抽出された文献等に対して、材料条件(供試材に関わる情報)、照射条件(中性子照射に関わる情報)、試験条件、照射データに係る情報の質と量を比較し、必要十分と判断されたものをデータシートに収録する。

3. 照射データ調査の結果及び評価

3.1. 全体概要

BWRの炉内構造物に適用されているステンレス鋼の引張特性、硬さ、破壊靱性、IASCC感受性、IASCC発生、IASCC進展、照射応力緩和、ミクロ組織、照射誘起粒界偏析の9項目の材料特性に関連する文献等を抽出した。その上で抽出された文献等に対して2.4項に示した基準によりスクリーニングを行った。

選定した文献ごとに番号を付与し、概要として照射炉、材料、照射温度、照射量、試験方法及び試験温度、データ数に係る情報をまとめた。材料特性ごとのデータシートは、材料、照射条件、試験条件、数値データの順番で構成した。材料及び照射条件に関する情報は共通項目とし、試験条件については、試験片の詳細を含め材料特性評価に用いた試験ごとに必要な内容、試験パラメータとした。さらに、抽出したデータに注記がある場合は、その都度データシートの備考または欄外に記載した。

また、評価の一環として、データシートに収録したデータに基づき、照射量依存性について概略検討を行った。一般に照射材の特性データは、実機部材や試験炉照射材等の放射化した試験片を用い、遠隔操作による試験で取得される。そのため、照射データのばらつきに関わる要因として、中性子照射に係る各種パラメータの測定方法や評価方法、実機部材を採取する位置における照射条件の推定、ホットラボ試験の手順等、様々なものが挙げられる。しかしながら、今般のデータ集の作成に当たっては、個々のデータに対するばらつき要因については評価しないこととした。

3.2. 引張特性

(1) 調査結果の概要

炉内構造物の中性子照射影響評価において、構成材料の引張特性に関する照射データは基礎となる知見である。表 1は、引張特性に関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BT-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、18件の文献から346のデータを抽出した。

発電技検とJNESが実施した国プロにおいて、日本原子力研究開発機構の材料試験炉(Japan Material Testing Reactor: 以下、JMTR)で照射した試験片を用いたデータが報告されており照射量は最大13 dpa程度であった[14], [15]。また、国内BWRの実機部材や、BWR炉内で照射された試験片(以下、実機照射材)を使った結果に係る文献は6件抽出され[16], [18], [19], [20], [21], [22]、炉内計装管、シュラウド、上部格子板、制御棒ハンドルなどが用いられていた。このうち国内のBWR炉心で照射された供試材の最大照射量は約20 dpaであった。一方、海外のBWRについても実機部材や実機照射材を用いた試験データの報告があり[17], [22], [23], [24], [25], [30]、ガイドチューブを用いた実機部材の照射量は50 dpaであった。

試験炉照射材に係る文献として、上に挙げた国プロ以外にもJMTRを利用した照射材のデータが報告されており[21], [28], [31]、その他米国アイダホ国立研究所の新型試験炉(Advanced Test Reactor: 以下、ATR)[26], [27]やベルギーのモル研究所に設置された材料試験炉(BR2)[29]

も利用されている。

照射温度はBWR運転温度を考慮して288℃付近に設定されていた。一方、実機部材を使った試験に係るほとんどの文献には中性子束が記載されていなかった。用いられている供試材の大部分は溶体化熱処理材(Solution Annealed: 以下、SA材)やミルアニー材(Mill Annealed: 以下、MA)で、CW材のデータは非常に少なかった。また、過去に組成の調整に基づいたIASCC対策材の開発が盛んに行われた中で、通常の不純物濃度の304、304L、316、316L、316NGをベースとしてJIS等の基準範囲内でSi、リン(P)、硫黄(S)等を低減した高純度材料、一般に原子力用(Nuclear Grade: 以下、NG)と呼ばれる窒素(N)の添加量を調整した材料、NbやTi等を添加した材料の照射データが取得されていた。

(2) データシートの構成

データシートには、材料条件として、鋼種、化学組成、加工熱処理の有無等、実機部材から試験片を採取した場合の部材名や形状の欄を設けた。また、照射条件として、照射炉、中性子照射量、照射速度、照射温度の欄を設けることとした。なお、中性子照射量の単位は、BWRの炉内構造物の評価において慣例的に使用されている $\text{n/m}^2(\text{E}>1 \text{ MeV})$ とdpaとした。また、参照した元の文献等と表にまとめたデータの照合を容易にするため、文献等で使用されている試験片、材料、鋼種の記号、番号等も記載した。

データシートでは、以下の順に欄を設けてすべての調査結果の共通項とした。参照した文献に記載がない項目は“—”とした。

- ・ No: 通し番号
 - ・ TP ID: 文献等で示された試験片の番号や記号
 - ・ 材料 ID: 文献等で示された材料やヒートの番号や記号
 - ・ 照射炉: 中性子照射を実施した炉(例: BWR、JMTR、ATR、等)
 - ・ 採取部位: 実機部材から採取した場合の部品名
 - ・ 形状: 実機部材から採取した場合の形状(例: 引張、チューブ、棒)
 - ・ 鋼種: JIS 等の規格上の鋼種名
 - ・ 材料組成(wt%): 炭素(C)、Si、マンガン(Mn)、P、S、Ni、Cr、Mo、Nb、Ti、ボロン(B)、銅(Cu)、N、コバルト(Co)、Fe の濃度
 - ・ 熱処理等: 照射前の加工熱処理等の履歴
 - ・ 加工率(%): 冷間加工材の場合の加工率
 - ・ 照射量($\text{n/m}^2(\text{E}>1 \text{ MeV})$ 及び dpa): 中性子照射量
- ※dpa に換算した値の記載があれば転記し、軽水炉に対して換算されて無い場合は、
 $7 \times 10^{24} \text{ n/m}^2(\text{E}>1 \text{ MeV})=1 \text{ dpa}$ に依拠して換算し、JMTR に対して換算されていない場合は、 $6 \times 10^{24} \text{ n/m}^2(\text{E}>1 \text{ MeV})=1 \text{ dpa}$ に依拠して換算した。
- ・ 照射速度(dpa/s): 損傷速度に換算
 - ・ 照射温度(℃): BWR で特に記載のない場合は公称値 288℃を記載

引張特性に関する文献等より抽出、整理したデータを表 2に示す。上記の共通項に加えて試

験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。

- ・試験環境: 試験を実施した環境や雰囲気(例: 大気)
- ・試験温度(°C)
- ・TP 形状: 試験片の形状(例: 円弧状、丸棒、平板引張)
- ・平行部寸法: 引張試験片の場合のゲージ部の断面積(mm²)及び長さ(mm)
- ・採取方向: 試験片の長手方向と供試材形状との関係
※選定した文献には採取方向に関する情報の記載はなかった。
- ・ひずみ速度(/s): 引張試験時のひずみ速度
- ・耐力(MPa): 0.2%耐力または降伏強度
- ・引張強さ(MPa)
- ・一様伸び(%)
- ・全伸び(%): 全伸びまたは破断伸び
- ・絞り(%)
- ・加工硬化指数
- ・応力-ひずみ線図: 応力-ひずみ関係が示されている場合は有、ない場合は無
- ・備考: 調査結果に関する特記事項を記載
※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。
- ・注記: 参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載

すべての実機部材及び実機照射材を用いた照射データと、試験炉照射材を用いた照射データをデータシートに収録した。BWRの炉内条件を考慮して、多くの引張試験は温度290°C近辺で実施されており、一部の試験は室温と300°Cで実施されていた。

(3) データの評価

図 3は、304と304Lの304系のSA材の耐力、引張強さ、一様伸び、全伸びの照射量依存性、また図 4は、同じく316と316Lの引張特性の照射量依存性を示す。なお、これらの図において、347系や321系等のNb及びTiを添加した304系や316系のデータは除外した。強度と伸びはいずれも5~10 dpaで飽和し、0.2%耐力の飽和レベルは304系の316系いずれもほぼ同様に800~900 MPaであった。引張強さもほぼ同じレベルに達しており、引張応力と耐力の比である降伏比はほぼ1となって、一様伸びが非常に小さいことと対応している。図 5は、通常炭素濃度の304系と316系、また図 6は、低炭素濃度ステンレス鋼(Low Carbon Stainless Steel: 以下、L材)の304L系と316L系の耐力、引張強さ、一様伸び、全伸びの照射量依存性をそれぞれ示す。ここで316NGはL材に含めてプロットした。高照射量領域においてL材のデータが少なくばらつきが大きい、それぞれの値の飽和レベルと、低照射量領域での耐力の増加傾向は、通常炭素濃度のステンレス鋼の方がやや大きいように見える。

図 7は、SA材とCW材の耐力と一様伸びの照射量依存性を示す。CW材の0.2%耐力は照射量5 dpa以下で約1000 MPaとなっており、SA材よりも硬化が大きく一様伸びも低いことが判る。一般にBWR炉内構造物ではCW材は用いられていないが、こうしたデータは炉心シュラウド等

の溶接熱影響硬化部の照射硬化を評価する上で参考になるものと思われる。

図 8は、熱中性子型研究炉であるJMTRとATRで照射された試験炉照射材と実機照射材の耐力と一様伸びの照射量依存性の比較結果を示す。照射量5 dpa以下では、試験炉照射材の0.2%耐力は実機照射材に比べてやや小さく一様伸びが大きい傾向が見られ、照射量12 dpaでは試験炉照射材の0.2%耐力は実機照射材よりも明らかに小さくなった。炉内構造物評価に当たって試験炉照射をBWR実機模擬として活用するためには、こうした基礎的な知見の蓄積と相違点の把握が重要である。

ステンレス鋼の引張特性に及ぼす照射影響については多くの研究があり、傾向は比較的良好に知られている。例えば、照射とともに強度増加と延性低下が進行し、10 dpa付近から飽和し、300℃付近は強度増加と延性低下が大きくなる傾向がある。また、温度依存性の観点からは、他の温度に比べ300℃付近において0.2%耐力、引張強さの増加と延性低下が顕著となることがLucasによって報告されている[32]。さらに、300℃付近の照射温度での冷間加工の影響として、CW材の方がSA材よりも0.2%耐力は高くなるが[33]、照射による増分はCW材の方がSA材よりも小さいことが知られている[34]。これは未照射の0.2%耐力はCW材の方が高く、冷間加工によって導入された転位による点欠陥の吸収等が生じ、硬化の原因となる転位ループの形成が抑制されるためと考えられている。

表 1 引張特性に関する調査結果の概要(1/2)

文献番号	照射炉	材料	照射温度(℃)	照射量(dpa)	試験方法	データ数
BT-R1 [14]	JMTR	304、304L、 316L、316NG	284~289℃	0.0~12.9	引張試験 試験温度 288℃	60
BT-R2 [15]		溶接金属 308L、316、316L	288~289℃	0.0~1.3	引張試験 試験温度 288℃	14
BT-R3 [16]	国内 BWR	304、316 (炉内計装管等)	288℃	0.0~20	引張試験 試験温度 288℃	27
BT-R4 [17]	海外 BWR	304、304L、 316L、316NG、 347、347L	288℃	0.0~3.4	引張試験 試験温度 288℃	48
BT-R5 [18]	国内 BWR	304、304L、316、 316L、316NG、 347、347L	288℃	0.0~5.8	引張試験 試験温度 288℃	54
BT-R6 [19]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288℃	0.2~1.9	引張試験 試験温度 288℃	8
BT-R7 [20]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288℃	0.2~1.9	引張試験 試験温度 288℃	8
BT-R8 [21]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288℃	0.0~1.8	引張試験 試験温度 288℃	8
BT-R9 [21]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288℃	0.2~0.4	引張試験 試験温度 288℃	4
	JMTR	316L	288℃	0.0~1.4	引張試験 試験温度 288℃	4
BT-R10 [22]	海外 BWR	304L(制御棒) 304(上部格子板)	288℃	0.0~12.0	引張試験 試験温度 288℃	18
	国内 BWR	304(制御棒)	288℃	7.4、8.4	引張試験 試験温度 288℃	4
BT-R11 [23]	海外 BWR	304L (制御棒)	270~288℃	7.7	引張試験 試験温度 288℃	1
BT-R12 [24]	海外 BWR	304 (ガイドチューブ)	RT~288℃	50.0	引張試験 試験温度 288℃	5
BT-R13 [25]	海外 BWR	304L	288℃	3.5	引張試験 試験温度 288℃	2

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。
RT: 室温

表 1 引張特性に関する調査結果の概要(2/2)

文献 番号	照射炉	材料	照射温度 (°C)	照射量 (dpa)	試験方法	データ 数
BT-R14 [26]	ATR	304、CW304、304L、 CW304L、316L、 CW316L、316NG、 CW316NG	287°C	0.0~3.6	引張試験 試験温度 288°C	30
BT-R15 [27]	ATR	304、304L、 316L、316NG	287°C	0.0~3.6	引張試験 試験温度 288°C	29
BT-R16 [28]	JMTR	304	273°C	0.0~1.5	引張試験 試験温度 273°C、 288°C	10
BT-R17 [29]	BR2	AISI304 (冷間加工)	300°C	0.0~2.5	引張試験 試験温度 25、300°C	6
BT-R18 [30]	BWR (Barseback)	304	記載なし	0.0~1.0	引張試験 試験温度 288、300°C	2
BT-R19 [31]	JMTR	316L	288°C	0.8~3.3	引張試験 試験温度 288°C	4

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。

表 2 引張特性に関するデータシート(1) (1/3) (文献番号 BT-R1[14], BT-R2[15])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
																						n/m ^(※)	dpa						面積,mm	長さ,mm												
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe																			
1	R033	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0	0	—	—		288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	166	415	50.7	57.7	—	—	有		
2	R034	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	144	416	44.7	54.3	—	—	有		
3	R133	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.56x10 ²⁴	1.00	2.40x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	466	566	22.4	29.1	—	0.22	有		
4	R134	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.99x10 ²⁴	0.99	2.33x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	453	562	23.2	29.9	—	0.22	有		
5	R232	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	7.75x10 ²⁴	1.35	1.88x10 ⁻⁷	288.1	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	521	596	19.5	27.5	—	0.22	有		
6	R235	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	7.82x10 ²⁴	1.37	1.95x10 ⁻⁷	288.1	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	512	583	19.8	25.5	—	0.21	有		
7	R332	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	1.96x10 ²⁵	3.47	1.59x10 ⁻⁷	286.2	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	731	732	0.2	18.6	—	0.02	有		
8	R333	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.17x10 ²⁵	3.74	1.72x10 ⁻⁷	286.2	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	748	752	0.2	17.2	—	0.02	有		
9	W033	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	154	392	46.7	56.3	—	—	有	
10	W034	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	151	393	46.8	55.0	—	—	有	
11	W133	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	4.92x10 ²⁴	0.85	2.04x10 ⁻⁷	288.3	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	312	483	33.4	40.1	—	0.34	有	
12	W134	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	5.04x10 ²⁴	0.81	1.96x10 ⁻⁷	288.3	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	311	481	33.2	40.0	—	0.3	有	
13	W231	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	7.16x10 ²⁴	1.21	1.67x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	352	482	28.5	35.0	—	0.31	有	
14	W235	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	9.04x10 ²⁴	1.51	2.08x10 ⁻⁷	288.1	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	353	494	29.4	36.0	—	0.34	有	
15	S031	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	318	413	11.8	18.9	—	—	有		
16	S032	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	318	415	14.8	21.4	—	—	有		
17	S131	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	6.13x10 ²⁴	1.04	2.44x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	568	600	5.3	10.5	—	0.07	有		
18	S132	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.87x10 ²⁴	1.00	2.37x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	573	595	3.9	9.2	—	0.06	有		
19	S232	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	8.09x10 ²⁴	1.39	1.95x10 ⁻⁷	288.1	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	615	633	5.3	12.7	—	0.08	有		
20	S231	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	8.66x10 ²⁴	1.48	2.07x10 ⁻⁷	288.1	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	606	621	2.5	7.2	—	0.06	有		
21	K031	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	295	389	18.5	28.5	—	—	有		
22	K032	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	313	387	18.1	28.6	—	—	有		
23	K131	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.82x10 ²⁴	1.01	2.37x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	456	513	7.1	15.4	—	0.09	有		
24	K132	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.55x10 ²⁴	0.95	2.22x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	461	510	7.7	14.5	—	0.09	有		
25	K232	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	7.04x10 ²⁴	1.30	1.85x10 ⁻⁷	288.1	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	493	532	8.6	15.7	—	0.13	有		
26	K231	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	7.94x10 ²⁴	1.33	1.86x10 ⁻⁷	288.1	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	496	535	7.3	14.0	—	0.12	有		

表 2 引張特性に関するデータシート(1) (2/3) (文献番号 BT-R1[14], BT-R2[15])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)						dpa	面積,mm											長さ,mm
36	X132	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	6.20x10 ²⁴	1.04	2.38x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	418	503	9.6	16.1	—	0.11	有	
37	X232	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	6.53x10 ²⁴	1.15	1.62x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	394	504	11.1	19.1	—	0.19	有	
38	X231	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	7.27x10 ²⁴	1.26	1.76x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	394	502	9.6	16.5	—	0.18	有	
39	V031	—	JMTR	—	引張	308L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	325	401	14.6	22.3	—	—	有	
40	V032	—	JMTR	—	引張	308L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	323	399	13.4	21.2	—	—	有	
41	V133	—	JMTR	—	引張	308L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	5.23x10 ²⁴	0.91	2.15x10 ⁻⁷	288.3	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	544	562	4.3	21.1	—	0.06	有	
42	V134	—	JMTR	—	引張	308L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	5.10x10 ²⁴	0.85	2.01x10 ⁻⁷	288.3	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	540	559	7.1	9.7	—	0.08	有	
43	P031	—	JMTR	—	引張	308L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	347	399	7.0	14.0	—	—	有	
44	P032	—	JMTR	—	引張	308L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	341	398	8.5	15.6	—	—	有	
45	G035	—	JMTR	—	引張	316L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	321	422	14.2	21.4	—	—	有	
46	G036	—	JMTR	—	引張	316L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	353	436	13.8	20.8	—	—	有	
47	G131	—	JMTR	—	引張	316L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	4.96x10 ²⁴	0.85	2.13x10 ⁻⁷	288.2	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	535	565	4.0	9.6	—	0.06	有	
48	G132	—	JMTR	—	引張	316L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	5.35x10 ²⁴	0.87	2.13x10 ⁻⁷	288.2	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	561	582	2.9	8.8	—	0.05	有	
49	Z033	—	JMTR	—	引張	316(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	387	446	10.0	18.7	—	—	有	
50	Z034	—	JMTR	—	引張	316(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	398	464	11.1	16.7	—	—	有	
51	Z234	—	JMTR	—	引張	316(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	7.19x10 ²⁴	1.23	1.71x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	549	592	3.8	8.5	—	0.12	有	
52	Z233	—	JMTR	—	引張	316(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WJ	—	7.48x10 ²⁴	1.28	1.78x10 ⁻⁷	288.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	574	613	3.9	8.6	—	0.10	有	
53	R433	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	6.76x10 ²⁵	11.27			大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	786	787	0.3	8.6	—	0.02	有	
54	R435	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	6.10x10 ²⁵	10.17			大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	793	795	0.3	8.9	—	0.03	有	
55	A035	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	168	382	41.3	50.5	—	—	有	
56	A036	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	156	399	43.7	53.8	—	—	有	
57	A132	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.78x10 ²⁴	0.94	2.41x10 ⁻⁷	287.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	352	485	28.4	36.6	—	0.27	有	
58	A134	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.11x10 ²⁴	0.91	2.36x10 ⁻⁷	287.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	355	494	28.2	35.9	—	0.26	有	
59	A238	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	8.98x10 ²⁴	1.57	2.17x10 ⁻⁷	284.3	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	407	514	25.4	32.6	—	0.28	有	
60	A233	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.09x10 ²⁵	1.84	2.57x10 ⁻⁷	284.3	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	414	520	22.0	29.6	—	0.27	有	
61	A336	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.04x10 ²⁵	5.11	2.32x10 ⁻⁷	287.3	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	606	616	17.1	25.3	—	0.17	有	
62	A348	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.51x10 ²⁵	4.37	2.00x10 ⁻⁷	287.3	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	621	635	15.5	23.6	—	0.16	有	
63	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.51x10 ²⁵	12.5	—	288	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	674	676	0.3	11.1	—	—	有	
64	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.64x10 ²⁵	12.7	—	288	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	698	701	0.2	9.6	—	—	有	

注記: 注記事項なし

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニーリング AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 2 引張特性に関するデータシート(1) (3/3) (文献番号 BT-R1[14], BT-R2[15])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%															熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe			n/m ^(※)	dpa						面積,mm	長さ,mm										
65	H035	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	159	373	41.3	51.6	—	—	有		
66	H036	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	0	0	—	—	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	159	369	39.9	48.7	—	—	有		
67	H134	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.68x10 ²⁴	1.06	2.45x10 ⁻⁷	287.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	350	466	25.5	33.3	—	0.24	有		
68	H135	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	6.17x10 ²⁴	1.04	2.57x10 ⁻⁷	287.0	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	358	476	25.6	32.5	—	0.24	有		
69	H241	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	8.96x10 ²⁴	1.59	2.28x10 ⁻⁷	286.8	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	420	506	25.0	32.0	—	0.27	有		
70	H234	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.03x10 ²⁵	1.72	2.37x10 ⁻⁷	286.8	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	430	514	25.1	31.2	—	0.26	有		
71	H337	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.46x10 ²⁵	4.29	1.97x10 ⁻⁷	286.9	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	645	646	0.3	18.7	—	0.02	有		
72	H343	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.94x10 ²⁵	5.01	2.28x10 ⁻⁷	287.4	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	633	643	0.1	12.7	—	0.02	有		
73	—	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	7.74x10 ²⁵	12.9	—	288	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	674	677	0.4	10.0	—	—	有		
74	—	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	7.54x10 ²⁵	12.6	—	288	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	685	685	0.3	9.5	—	—	有		

注記: 注記事項なし

表 2 引張特性に関するデータシート(2) (1/2) (文献番号 BT-R3[16])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	試験環境	試験温度℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)						dpa	面積,mm											長さ,mm
1	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	163	491	28.9	43.4	—	—	—			
2	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	179	480	32.5	41.8	—	—	—			
3	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	2.6x10 ²⁴	0.37	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	391	555	15.8	26.8	—	—	—			
4	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	2.6x10 ²⁴	0.37	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	392	550	15.1	27.1	—	—	—			
5	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	2.6x10 ²⁴	0.37	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	384	550	16.9	29.6	—	—	—			
6	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.0x10 ²⁴	0.71	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	451	582	13.0	22.9	—	—	—			
7	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.0x10 ²⁴	0.71	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	459	593	11.9	29.5	—	—	—			
8	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.0x10 ²⁴	0.71	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	475	617	13.1	29.6	—	—	—			
9	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	7.2x10 ²⁴	1.03	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	538	576	3.4	25.5	—	—	—			
10	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	7.2x10 ²⁴	1.03	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	539	634	10.9	32.8	—	—	—			
11	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	7.2x10 ²⁴	1.03	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	491	582	11.7	30.7	—	—	—			
12	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	8.3x10 ²⁴	1.19	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	531	628	10.1	24.5	—	—	—			
13	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	8.3x10 ²⁴	1.19	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	525	585	9.3	17.6	—	—	—			
14	—	—	BWR	①	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	8.3x10 ²⁴	1.19	—	288	大気	288	平板引張	3.6	19	—	3.0x10 ⁻⁴	499	590	9.4	20.5	—	—	—			
15	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.2	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.0x10 ²⁵	4.29	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	806	807	0.6	8.8	—	—	—			
16	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.2	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	768	785	0.4	7.1	—	—	—			
17	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.2	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	825	825	0.3	5.8	—	—	—			
18	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.2	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	6.4x10 ²⁵	9.14	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	825	839	0.3	7.1	—	—	—			
19	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.2	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	6.4x10 ²⁵	9.14	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	831	831	0.3	7.2	—	—	—			
20	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20.0	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	932	936	0.3	8.6	—	—	—			

表 2 引張特性に関するデータシート(2) (2/2) (文献番号 BT-R3[16])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ² (※)	dpa											面積,mm ²	長さ,mm
21	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20.0	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	958	963	0.3	8.6	—	—	—			
22	—	—	BWR	②	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.8x10 ²⁵	5.43	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	729	762	5.7	15.6	—	—	—			
23	—	—	BWR	②	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.8x10 ²⁵	5.43	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	792	799	0.3	14.7	—	—	—			
24	—	—	BWR	②	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	AR	—	6.9x10 ²⁵	9.86	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	828	940	1.0	13.0	—	—	—			
25	—	—	BWR	②	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	AR	—	6.9x10 ²⁵	9.86	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	879	917	0.4	11.8	—	—	—			
26	—	—	BWR	②	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	AR	—	9.6x10 ²⁵	13.71	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	897	630	0.5	12.1	—	—	—			
27	—	—	BWR	②	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	AR	—	9.6x10 ²⁵	13.71	—	288	大気	288	平板引張	5.7	19	—	3.0x10 ⁻⁴	896	922	0.5	12.2	—	—	—			

注記：照射量(dpa)は 7x10²⁴n/m²=1 dpa 換算。

表 2 引張特性に関するデータシート(3) (1/2) (文献番号 BT-R4[17])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%												熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考			
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu			N	Co						Fe	n/n ^(※)											dpa	面積,mm ²	長さ,mm
1	—	—	BWR	—	引張	304	0.061	0.42	0.85	0.025	0.004	8.16	18.06	—	—	—	—	—	0.040	—	Bal.	SA	—	2.02x10 ²⁵	2.89	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	824	824	—	5.1	—	—	有	
2	—	—	BWR	—	引張	304	0.061	0.42	0.85	0.025	0.004	8.16	18.06	—	—	—	—	—	0.040	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	154	427	—	34.7	—	—	有	
3	—	—	BWR	—	引張	304L	0.019	0.51	0.91	0.025	0.001	9.90	18.34	—	—	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	2.33x10 ²⁵	3.33	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	586	656	—	7.9	—	—	—	
4	—	—	BWR	—	引張	304L	0.019	0.51	0.91	0.025	0.001	9.90	18.34	—	—	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	128	376	—	37.9	—	—	—	
5	—	—	BWR	—	引張	304L	0.013	0.53	0.91	0.022	0.003	10.01	18.29	—	—	—	—	—	0.005	—	Bal.	SA	—	2.33x10 ²⁵	3.33	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	600	660	—	8.2	—	—	—	
6	—	—	BWR	—	引張	304L	0.013	0.53	0.91	0.022	0.003	10.01	18.29	—	—	—	—	—	0.005	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	145	387	—	36.9	—	—	—	
7	—	—	BWR	—	引張	304L	0.015	0.05	0.86	0.004	0.001	10.13	18.50	0.02	—	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	2.07x10 ²⁵	2.96	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	581	623	—	6.5	—	—	—	
8	—	—	BWR	—	引張	304L	0.015	0.05	0.86	0.004	0.001	10.13	18.50	0.02	—	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	128	348	—	37.0	—	—	—	
9	—	—	BWR	—	引張	304L	0.016	0.05	0.88	0.004	0.001	10.06	18.52	0.19	—	—	—	—	0.032	—	Bal.	SA	—	2.24x10 ²⁵	3.20	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	613	613	—	4.9	—	—	—	
10	—	—	BWR	—	引張	304L	0.016	0.05	0.88	0.004	0.001	10.06	18.52	0.19	—	—	—	—	0.032	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	123	356	—	38.3	—	—	—	
11	—	—	BWR	—	引張	316L	0.020	0.57	0.84	0.034	0.001	11.92	17.40	2.10	—	—	—	—	0.022	—	Bal.	SA	—	2.31x10 ²⁵	3.30	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	888	888	—	5.0	—	—	—	
12	—	—	BWR	—	引張	316L	0.020	0.57	0.84	0.034	0.001	11.92	17.40	2.10	—	—	—	—	0.022	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	154	442	—	37.1	—	—	—	
13	—	—	BWR	—	引張	316L	0.017	0.48	0.90	0.026	0.003	12.36	16.90	2.20	—	—	—	—	0.032	—	Bal.	SA	—	2.26x10 ²⁵	3.23	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	705	704	—	5.8	—	—	—	
14	—	—	BWR	—	引張	316L	0.017	0.48	0.90	0.026	0.003	12.36	16.90	2.20	—	—	—	—	0.032	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	165	425	—	35.5	—	—	—	
15	—	—	BWR	—	引張	316L	0.015	0.48	0.85	0.008	0.002	12.15	16.70	2.19	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	2.00x10 ²⁵	2.86	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	528	528	—	16.1	—	—	—	
16	—	—	BWR	—	引張	316L	0.015	0.48	0.85	0.008	0.002	12.15	16.70	2.19	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	140	398	—	37.8	—	—	—	
17	—	—	BWR	—	引張	316L	0.014	0.49	0.90	0.025	0.001	12.00	17.04	2.10	—	—	—	—	0.003	—	Bal.	SA	—	2.24x10 ²⁵	3.20	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	674	674	—	11.0	—	—	—	
18	—	—	BWR	—	引張	316L	0.014	0.49	0.90	0.025	0.001	12.00	17.04	2.10	—	—	—	—	0.003	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	129	373	—	39.1	—	—	—	
19	—	—	BWR	—	引張	316L	0.013	0.03	0.83	0.001	0.002	12.16	17.21	2.20	—	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	2.16x10 ²⁵	3.09	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	635	635	—	6.9	—	—	—	
20	—	—	BWR	—	引張	316L	0.013	0.03	0.83	0.001	0.002	12.16	17.21	2.20	—	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	137	389	—	40.1	—	—	—	
21	—	—	BWR	—	引張	316L	0.015	0.51	0.91	0.021	0.001	12.13	17.03	2.24	0.32	—	—	—	0.034	—	Bal.	SA	—	2.31x10 ²⁵	3.30	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	895	900	—	4.3	—	—	—	
22	—	—	BWR	—	引張	316L	0.015	0.51	0.91	0.021	0.001	12.13	17.03	2.24	0.32	—	—	—	0.034	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	160	392	—	37.0	—	—	—	
23	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.015	0.47	0.88	0.025	0.001	12.26	17.20	2.16	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	2.07x10 ²⁵	2.96	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	590	673	—	19.6	—	—	有	

表 2 引張特性に関するデータシート(3) (2/2) (文献番号 BT-R4[17])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
24	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.015	0.47	0.88	0.025	0.001	12.26	17.20	2.16	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	172	450	—	40.3	—	—	有	
25	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.015	0.05	0.87	0.003	0.001	12.46	17.39	2.19	—	—	—	—	0.096	—	Bal.	SA	—	2.24x10 ²⁵	3.20	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	653	653	—	6.8	—	—	—	
26	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.015	0.05	0.87	0.003	0.001	12.46	17.39	2.19	—	—	—	—	0.096	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	148	426	—	41.5	—	—	—	
27	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.014	0.51	0.89	0.026	0.001	12.19	17.05	2.22	0.31	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	2.02x10 ²⁵	2.89	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	811	822	—	4.7	—	—	—	
28	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.014	0.51	0.89	0.026	0.001	12.19	17.05	2.22	0.31	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	204	479	—	31.2	—	—	—	
29	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.016	0.07	0.86	0.004	0.001	12.40	17.31	2.17	0.29	—	—	—	0.098	—	Bal.	SA	—	1.96x10 ²⁵	2.80	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	860	860	—	3.7	—	—	—	
30	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.016	0.07	0.86	0.004	0.001	12.40	17.31	2.17	0.29	—	—	—	0.098	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	222	504	—	33.2	—	—	—	
31	—	—	BWR	—	引張	347	0.050	0.53	0.93	0.025	0.001	9.55	17.36	—	0.57	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	2.27x10 ²⁵	3.24	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	854	854	—	4.4	—	—	—	
32	—	—	BWR	—	引張	347	0.050	0.53	0.93	0.025	0.001	9.55	17.36	—	0.57	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	195	436	—	34.1	—	—	—	
33	—	—	BWR	—	引張	347	0.052	0.05	0.87	0.005	0.001	9.55	18.45	—	0.60	—	—	—	0.037	—	Bal.	SA	—	1.75x10 ²⁵	2.50	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	791	791	—	3.9	—	—	—	
34	—	—	BWR	—	引張	347	0.052	0.05	0.87	0.005	0.001	9.55	18.45	—	0.60	—	—	—	0.037	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	195	420	—	31.9	—	—	—	
35	—	—	BWR	—	引張	347L	0.015	0.52	0.91	0.027	0.001	9.51	17.39	—	0.32	—	—	—	0.034	—	Bal.	SA	—	2.02x10 ²⁵	2.89	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	743	743	—	4.5	—	—	—	
36	—	—	BWR	—	引張	347L	0.015	0.52	0.91	0.027	0.001	9.51	17.39	—	0.32	—	—	—	0.034	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	175	408	—	36.2	—	—	—	
37	—	—	BWR	—	引張	347L	0.014	0.47	0.82	0.010	0.001	9.52	17.66	—	0.29	—	—	—	0.038	—	Bal.	SA	—	2.08x10 ²⁵	2.97	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	711	778	—	5.4	—	—	—	
38	—	—	BWR	—	引張	347L	0.014	0.47	0.82	0.010	0.001	9.52	17.66	—	0.29	—	—	—	0.038	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	170	408	—	34.4	—	—	—	
39	—	—	BWR	—	引張	347L	0.017	0.49	0.83	0.004	0.001	9.58	17.46	—	0.30	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	2.27x10 ²⁵	3.24	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	783	783	—	4.2	—	—	—	
40	—	—	BWR	—	引張	347L	0.017	0.49	0.83	0.004	0.001	9.58	17.46	—	0.30	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	170	407	—	37.8	—	—	—	
41	—	—	BWR	—	引張	347L	0.012	0.04	0.86	0.011	0.001	9.60	17.50	—	0.29	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	2.26x10 ²⁵	3.23	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	754	754	—	4.2	—	—	有	
42	—	—	BWR	—	引張	347L	0.012	0.04	0.86	0.011	0.001	9.60	17.50	—	0.29	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	167	391	—	36.2	—	—	有	
43	—	—	BWR	—	引張	347L	0.015	0.09	0.83	0.011	0.001	9.55	17.53	—	0.29	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	2.26x10 ²⁵	3.23	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	763	763	—	3.9	—	—	—	
44	—	—	BWR	—	引張	347L	0.015	0.09	0.83	0.011	0.001	9.55	17.53	—	0.29	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	167	39	—	34.9	—	—	—	
45	—	—	BWR	—	引張	347L	0.014	0.04	0.84	0.004	0.001	9.51	17.52	—	0.30	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	2.31x10 ²⁵	3.30	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	750	760	—	5.0	—	—	—	
46	—	—	BWR	—	引張	347L	0.014	0.04	0.84	0.004	0.001	9.51	17.52	—	0.30	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	159	387	—	32.3	—	—	—	
47	—	—	BWR	—	引張	347L	0.013	0.06	0.88	0.004	0.001	9.71	17.55	0.32	0.32	—	—	—	0.039	—	Bal.	SA	—	1.75x10 ²⁵	2.50	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	809	809	—	4.1	—	—	—	
48	—	—	BWR	—	引張	347L	0.013	0.06	0.88	0.004	0.001	9.71	17.55	0.32	0.32	—	—	—	0.039	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.6x10 ⁻⁴	175	409	—	34.7	—	—	—	

注記：照射量(dpa)は 7x10²⁴n/m²=1 dpa 換算。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ピードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 2 引張特性に関するデータシート(4) (1/2) (文献番号 BT-R5[18])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/n ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	—	—	BWR	—	引張	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	3.3x10 ²⁵	4.71	6.7x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	832	832	0.2	7.5	—	0.015	有			
2	—	—	BWR	—	引張	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.7x10 ²⁵	2.43	6.8x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	808	808	0.1	5.8	—	0.012	有			
3	—	—	BWR	—	引張	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	203	455	31.7	36.8	—	—	有			
4	—	—	BWR	—	引張	304L	0.013	0.40	1.18	0.026	0.002	9.22	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.7x10 ²⁵	2.43	6.8x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	672	672	0.1	5.6	—	0.030	—			
5	—	—	BWR	—	引張	304L	0.013	0.40	1.18	0.026	0.002	9.22	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	175	400	29.3	34.1	—	—	—			
6	—	—	BWR	—	引張	316	0.040	0.64	1.28	0.033	0.003	10.87	16.94	2.12	—	—	—	—	0.220	Bal.	SA	—	1.9x10 ²⁵	2.71	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	696	730	3.8	8.1	—	—	—		
7	—	—	BWR	—	引張	316	0.040	0.64	1.28	0.033	0.003	10.87	16.94	2.12	—	—	—	—	0.220	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	163	460	31.6	36.0	—	—	—		
8	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	Bal.	SA	—	3.6x10 ²⁵	5.14	7.3x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	684	684	0.1	8.0	—	0.008	有		
9	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	Bal.	SA	—	1.9x10 ²⁵	2.71	7.5x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	632	658	9.5	12.8	—	0.086	有		
10	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	156	421	38.5	42.9	—	—	有		
11	—	—	BWR	—	引張	316L	0.019	0.50	0.86	0.028	0.003	12.72	16.86	2.34	—	—	—	—	0.003	Bal.	SA	—	3.7x10 ²⁵	5.29	7.5x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	730	738	0.4	10.2	—	0.041	—		
12	—	—	BWR	—	引張	316L	0.019	0.50	0.86	0.028	0.003	12.72	16.86	2.34	—	—	—	—	0.003	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.86	7.9x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	562	584	3.0	6.7	—	0.064	—		
13	—	—	BWR	—	引張	316L	0.019	0.50	0.86	0.028	0.003	12.72	16.86	2.34	—	—	—	—	0.003	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	171	397	31.9	36.0	—	—	—		
14	—	—	BWR	—	引張	316L	0.017	0.52	1.37	0.025	0.002	14.11	16.52	2.23	—	—	—	—	0.017	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.86	7.9x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	458	514	5.8	8.6	—	0.108	—		
15	—	—	BWR	—	引張	316L	0.017	0.52	1.37	0.025	0.002	14.11	16.52	2.23	—	—	—	—	0.017	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	153	401	34.5	38.4	—	—	—		
16	—	—	BWR	—	引張	316L	0.010	0.50	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.036	Bal.	SA	—	3.7x10 ²⁵	5.29	7.5x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	739	739	0.2	9.1	—	0.031	有		
17	—	—	BWR	—	引張	316L	0.010	0.50	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.036	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.86	7.9x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	466	574	17.4	22.6	—	0.163	有		
18	—	—	BWR	—	引張	316L	0.010	0.50	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.036	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	172	419	29.5	34.2	—	—	有		
19	—	—	BWR	—	引張	316L	0.010	0.46	0.98	0.013	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	588	642	11.7	17.6	—	—	—		
20	—	—	BWR	—	引張	316L	0.010	0.46	0.98	0.013	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	154	418	30.9	35.4	—	—	—		
21	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.52	1.34	0.010	0.002	12.86	16.14	2.29	—	—	—	—	0.014	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.86	7.9x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	472	533	9.3	12.4	—	0.126	—		
22	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.52	1.34	0.010	0.002	12.86	16.14	2.29	—	—	—	—	0.014	Bal.	SA	—	3.8x10 ²⁵	5.43	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	693	693	0.2	13.1	—	0.060	—		
23	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.52	1.34	0.010	0.002	12.86	16.14	2.29	—	—	—	—	0.014	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	153	393	33.7	37.6	—	—	—		
24	—	—	BWR	—	引張	316L	0.013	0.49	0.91	0.019	0.000	12.46	16.84	2.20	—	—	—	—	0.010	Bal.	SA	—	4.0x10 ²⁵	5.71	8.2x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	780	780	0.2	7.2	—	0.009	—		
25	—	—	BWR	—	引張	316L	0.013	0.49	0.91	0.019	0.000	12.46	16.84	2.20	—	—	—	—	0.010	Bal.	SA	—	2.1x10 ²⁵	3.00	8.3x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	613	626	5.5	10.8	—	0.059	—		
26	—	—	BWR	—	引張	316L	0.013	0.49	0.91	0.019	0.000	12.46	16.84	2.20	—	—	—	—	0.010	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	166	401	31.5	35.4	—	—	—		
27	—	—	BWR	—	引張	316L	0.014	0.49	0.92	0.011	0.000	12.47	16.88	2.21	—	—	—																									

表 2 引張特性に関するデータシート(4) (2/2) (文献番号 BT-R5[18])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
36	—	—	BWR	—	引張	316L	0.017	0.06	0.96	0.001	0.002	12.07	16.86	2.13	—	—	—	—	0.003	—	Bal.	SA	—	1.9x10 ²⁵	2.71	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	586	590	3.2	7.8	—	—	—	
37	—	—	BWR	—	引張	316L	0.017	0.06	0.96	0.001	0.002	12.07	16.86	2.13	—	—	—	—	0.003	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	150	379	32.5	36.2	—	—	—	
38	—	—	BWR	—	引張	316L	0.020	0.42	0.87	0.018	0.006	11.60	17.59	2.23	0.29	—	—	—	0.030	—	Bal.	SA	—	1.9x10 ²⁵	2.71	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	665	677	2.9	7.6	—	—	—	
39	—	—	BWR	—	引張	316L	0.020	0.42	0.87	0.018	0.006	11.60	17.59	2.23	0.29	—	—	—	0.030	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	169	395	22.7	25.9	—	—	—	
40	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.53	1.35	0.011	0.002	14.04	16.46	2.28	0.26	—	—	—	0.014	—	Bal.	SA	—	1.8x10 ²⁵	2.57	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	569	613	3.6	7.5	—	—	—	
41	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.53	1.35	0.011	0.002	14.04	16.46	2.28	0.26	—	—	—	0.014	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	181	435	32.0	35.7	—	—	—	
42	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.012	0.59	1.47	0.024	0.001	12.30	17.47	2.63	—	—	—	—	0.070	—	Bal.	SA	—	3.8x10 ²⁵	5.43	7.8x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	807	807	0.2	8.7	—	0.030	—	
43	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.012	0.59	1.47	0.024	0.001	12.30	17.47	2.63	—	—	—	—	0.070	—	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.86	7.9x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	552	635	12.1	16.4	—	0.154	—	
44	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.012	0.59	1.47	0.024	0.001	12.30	17.47	2.63	—	—	—	—	0.070	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	180	422	28.7	32.7	—	—	—	
45	—	—	BWR	—	引張	347	0.050	0.75	1.43	0.030	0.010	9.80	17.63	0.13	0.56	—	—	—	0.014	—	Bal.	SA	—	1.8x10 ²⁵	2.57	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	854	854	0.1	3.6	—	—	—	
46	—	—	BWR	—	引張	347	0.050	0.75	1.43	0.030	0.010	9.80	17.63	0.13	0.56	—	—	—	0.014	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	279	443	21.5	25.7	—	—	—	
47	—	—	BWR	—	引張	347L	0.015	0.53	1.35	0.010	0.002	12.64	17.57	0.06	—	—	—	—	0.014	—	Bal.	SA	—	2.2x10 ²⁵	3.14	8.7x10 ⁻⁸	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	654	654	0.1	4.3	—	—	—	
48	—	—	BWR	—	引張	347L	0.015	0.53	1.35	0.010	0.002	12.64	17.57	0.06	—	—	—	—	0.014	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	179	392	30.2	34.1	—	—	—	
49	—	—	BWR	—	引張	347L	0.017	0.49	0.83	0.004	0.001	9.58	17.46	—	0.30	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	733	733	0.1	5.1	—	—	—	
50	—	—	BWR	—	引張	347L	0.017	0.49	0.83	0.004	0.001	9.58	17.46	—	0.30	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	177	417	28.9	33.4	—	—	—	
51	—	—	BWR	—	引張	347L	0.011	0.49	0.92	0.010	0.002	12.61	17.57	0.20	0.32	—	—	—	0.015	—	Bal.	SA	—	2.2x10 ²⁵	3.14	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	726	726	0.2	5.2	—	—	—	
52	—	—	BWR	—	引張	347L	0.011	0.49	0.92	0.010	0.002	12.61	17.57	0.20	0.32	—	—	—	0.015	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	195	396	29.2	33.1	—	—	—	
53	—	—	BWR	—	引張	347L	0.039	0.03	1.58	0.008	0.008	10.94	17.80	—	0.70	—	—	—	0.110	—	Bal.	SA	—	1.8x10 ²⁵	2.57	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	611	611	0.1	3.6	—	—	—	
54	—	—	BWR	—	引張	347L	0.039	0.03	1.58	0.008	0.008	10.94	17.80	—	0.70	—	—	—	0.110	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	3.6	25	—	3.3x10 ⁻⁴	177	346	19.5	22.7	—	—	—	

注記：照射量(dpa)は 7x10²⁴n/m²=1 dpa 換算。

表 2 引張特性に関するデータシート(5) (文献番号 BT-R6[19])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	試験環境	試験温度℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/n ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	S-2	—	BWR	㊸	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.6x10 ²⁴	0.23	—	288	大気	288	—	—	—	—	—	321	517	21.5	27.6	—	—	有				
2	S-2	—	BWR	㊸	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.6x10 ²⁴	0.23	—	288	大気	288	—	—	—	—	—	311	513	22.4	27.6	—	—	有				
3	S-3	—	BWR	㊸	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.6x10 ²⁴	0.51	—	288	大気	288	—	—	—	—	—	477	559	13.5	19.6	—	—	有				
4	S-3	—	BWR	㊸	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.6x10 ²⁴	0.51	—	288	大気	288	—	—	—	—	—	469	547	14.2	19.9	—	—	有				
5	T-1	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	Bal.	AR	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	大気	288	—	—	—	—	—	630	737	12.7	20.9	—	—	有				
6	T-1	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	Bal.	AR	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	大気	288	—	—	—	—	—	599	705	13.1	20.3	—	—	有				
7	T-1	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	Bal.	AR	—	5.4x10 ²⁴	0.77	—	288	大気	288	—	—	—	—	—	400	603	25.5	29.6	—	—	有				
8	T-1	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	Bal.	AR	—	5.4x10 ²⁴	0.77	—	288	大気	288	—	—	—	—	—	404	601	22.1	28.8	—	—	有				

注記：照射量(dpa)は 7x10²⁴n/m²=1 dpa 換算。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニー ル AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 2 引張特性に関するデータシート(6) (文献番号 BT-R7[20])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	—	2S	BWR	③	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	9.45	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.6x10 ²⁴	0.23	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	3.3x10 ⁻⁴	321	517	—	27.6	—	—	—	Transverse		
2	—	2S	BWR	③	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	9.45	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.6x10 ²⁴	0.23	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	3.3x10 ⁻⁴	311	513	—	27.6	—	—	—	Transverse		
3	—	3S	BWR	③	—	304	0.060	0.70	0.99	0.025	0.006	9.42	18.58	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	3.6x10 ²⁴	0.51	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	3.3x10 ⁻⁴	477	559	—	19.6	—	—	—	Transverse		
4	—	3S	BWR	③	—	304	0.060	0.70	0.99	0.025	0.006	9.42	18.58	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	3.6x10 ²⁴	0.51	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	3.3x10 ⁻⁴	469	547	—	19.9	—	—	—	Transverse		
5	—	T	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	3.3x10 ⁻⁴	630	737	—	20.9	—	—	—	Longitudinal		
6	—	T	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	3.3x10 ⁻⁴	599	705	—	20.3	—	—	—	Longitudinal		
7	—	T	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.4x10 ²⁴	0.77	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	3.3x10 ⁻⁴	400	603	—	29.6	—	—	—	Longitudinal		
8	—	T	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.4x10 ²⁴	0.77	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	3.3x10 ⁻⁴	404	601	—	28.8	—	—	—	Longitudinal		

注記: 照射量(dpa)は 7x10²⁴n/m²=1 dpa 換算。

表 2 引張特性に関するデータシート(7) (文献番号 BT-R8[21])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考	
																						n/m ^(※)	dpa						面積,mm	長さ,mm											
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N																						Co
1	B15R %TT04	—	BWR	③	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	314	512	17.8	24.4	67	0.309	有	
2	B15R %TT05	—	BWR	③	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	356	532	17.7	24.8	68	0.268	有	
3	B15R %TT06	—	BWR	③	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	352	525	16.1	23.3	69	0.255	有	
4	B15R %TT07	—	BWR	③	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	361	551	18.2	26.1	70	0.263	有	
5	—	—	BWR	—	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	Sen.	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	155	475	32.3	38.2	67	0.453	有	
6	—	—	BWR	—	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	Sen.	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	166	488	31.7	37.2	70	0.431	有	
7	B15R2 TT21	—	BWR	④	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	608	700	10.5	19.0	58	0.107	有	
8	B15R2 TT22	—	BWR	④	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	603	693	8.7	15.4	44	0.104	有	

注記: 照射量(dpa)は 7x10²⁴n/m²=1 dpa 換算。

表 2 引張特性に関するデータシート(8) (文献番号 BT-R9[21])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	TT05	—	BWR	③	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.6x10 ²⁴	0.23	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	306	520	17.0	21.5	66	—	有			
2	TT06	—	BWR	③	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.6x10 ²⁴	0.23	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	304	508	18.3	23.7	49	—	有			
3	TT23	—	BWR	④	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	AR	—	2.3x10 ²⁴	0.33	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	360	563	19.9	26.3	56	—	有			
4	TT24	—	BWR	④	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	AR	—	2.3x10 ²⁴	0.33	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	334	545	18.7	26.2	53	—	有			
5	TT01	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	Bal.	SA	—	9.4x10 ²⁴	1.34	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	418	531	14.9	22.5	65	—	有			
6	TT02	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	Bal.	SA	—	9.4x10 ²⁴	1.34	—	288	大気	288	平板引張	1.5	6	—	3.0x10 ⁻⁴	383	525	15.9	22.4	62	—	有			
7	A041	—	Unirr	—	—	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	125	386	34.7	41.6	71	—	有			
8	A042	—	Unirr	—	—	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	大気	288	平板引張	4	16	—	3.0x10 ⁻⁴	126	381	34.2	41.2	77	—	有			

注記: 照射量

表 2 引張特性に関するデータシート(9) (文献番号 BT-R10[22])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
																						n/m ^(※)	dpa						面積,mm	長さ,mm												
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe																			
1	57960	—	Unirr	㊦	—	304L	0.018	0.60	1.15	0.015	0.004	10.65	18.17	0.03	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	AR	—	0	0	—	—	大気	300	平板引張	—	—	—	—	139	391	—	—	—	—	—	
2	57954	—	Unirr	㊦	—	304L	0.023	0.59	1.01	0.016	0.003	10.36	18.62	0.03	—	—	—	—	0.023	—	Bal.	AR	—	0	0	—	—	大気	300	平板引張	—	—	—	—	152	411	—	—	—	—	—	
3	57952	—	Unirr	㊦	—	304L	0.024	0.59	1.01	0.016	0.003	10.36	18.62	0.08	—	—	—	—	0.023	—	Bal.	AR	—	0	0	—	—	大気	300	平板引張	—	—	—	—	141	394	—	—	—	—	—	
4	55439	—	Unirr	㊦	—	304L	0.017	0.53	1.13	0.020	0.007	11.36	18.78	—	—	—	—	—	0.021	—	Bal.	AR	—	0	0	—	—	大気	300	平板引張	—	—	—	—	163	385	—	—	—	—	—	
5	—	—	BWR	㊦	—	304L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	9.1x10 ²⁵	12	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	841	834	0.1	8.5	—	—	—	Longitudinal
6	—	—	BWR	㊦	—	304L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	9.1x10 ²⁵	12	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	837	837	0.1	8.1	—	—	—	Transverse
7	57960	—	Unirr	㊦	—	304L	0.018	0.60	1.15	0.015	0.004	10.65	18.17	—	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	AR	—	0	0	—	—	大気	RT	平板引張	—	—	—	—	221	541	—	—	—	—	—	
8	57954	—	Unirr	㊦	—	304L	0.023	0.59	1.01	0.016	0.003	10.36	18.62	—	—	—	—	—	0.023	—	Bal.	AR	—	0	0	—	—	大気	RT	平板引張	—	—	—	—	230	545	—	—	—	—	—	
9	57952	—	Unirr	㊦	—	304L	0.024	0.59	1.01	0.016	0.003	10.36	18.62	—	—	—	—	—	0.023	—	Bal.	AR	—	0	0	—	—	大気	RT	平板引張	—	—	—	—	221	533	—	—	—	—	—	
10	55439	—	Unirr	㊦	—	304L	0.017	0.53	1.13	0.020	0.007	11.36	18.78	—	—	—	—	—	0.021	—	Bal.	AR	—	0	0	—	—	大気	RT	平板引張	—	—	—	—	299	528	—	—	—	—	—	
11	183039	—	Unirr	㊤	—	304	0.048	0.60	1.28	0.035	0.013	9.0	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	420℃ x4.5h	—	0	0	—	—	大気	RT	平板引張	—	—	—	—	328	606	—	—	—	—	—	
12	183039	—	Unirr	㊤	—	304	0.048	0.60	1.28	0.035	0.013	9.0	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	420℃ x4.5h	—	0	0	—	—	大気	RT	平板引張	—	—	—	—	328	606	—	—	—	—	—	
13	183039	—	BWR	㊤	—	304	0.048	0.60	1.28	0.035	0.013	9.0	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	—	—	3.3x10 ²⁵	4.7	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	582	644	11.3	18.7	—	—	—	Longitudinal
14	183039	—	BWR	㊤	—	304	0.048	0.60	1.28	0.035	0.013	9.0	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	—	—	3.3x10 ²⁵	4.7	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	572	634	10.4	19.7	—	—	—	Transverse
15	183039	—	BWR	㊤	—	304	0.048	0.60	1.28	0.035	0.013	9.0	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	—	—	3.9x10 ²⁵	5.5	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	651	681	11.2	19.7	—	—	—	Longitudinal
16	183039	—	BWR	㊤	—	304	0.048	0.60	1.28	0.035	0.013	9.0	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	—	—	3.9x10 ²⁵	5.5	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	638	683	8.5	14.5	—	—	—	Transverse
17	A	—	BWR	㊦	—	304	0.047	0.85	1.45	0.026	0.030	8.51	0.03	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.2x10 ²⁵	7.4	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	886	886	0.3	10.7	—	—	—	Longitudinal
18	A	—	BWR	㊦	—	304	0.047	0.85	1.45	0.026	0.030	8.51	0.03	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.2x10 ²⁵	7.4	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	881	881	0.4	6.8	—	—	—	Transverse
19	B	—	BWR	㊦	—	304	0.070	0.60	1.39	0.028	0.028	8.32	19.01	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	8.4x10 ²⁵	8.4	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	895	895	0.2	9.8	—	—	—	Longitudinal
20	B	—	BWR	㊦	—	304	0.070	0.60	1.39	0.028	0.028	8.32	19.01	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	8.4x10 ²⁵	8.4	—	288	大気	288	平板引張	—	—	→	—	883	883	0.3	7.2	—	—	—	Transverse
21	183039	—	Unirr	㊤	—	304	0.048	0.60	1.28	0.035	0.013	9.0	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	420℃ x4.5h	—	0	0	—	—	大気	300	平板引張	—	—	—	—	244	428	—	—	—	—	—	
22	183039	—	Unirr	㊤	—	304	0.048	0.60	1.28	0.035	0.013	9.0	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	420℃ x4.5h	—	0	0	—	—	大気	300	平板引張	—	—	—	—	244	428	—	—	—	—	—	

注記: Unirr: 未(非)照射材 参照した文献に具体的な照射温度の記載は無いが、BWR 炉内構造物より採取した試験片については 288°C(公称値)とした。

表 2 引張特性に関するデータシート(10) (文献番号 BT-R11[23])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	SW03	—	BWR	㊦	—	304L	0.022	0.24	1.07	0.015	0.002	10.45	18.42	—	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	—	—	5.4x10 ²¹	7.7	2.7x10 ⁻⁸	270-288	大気	288	—	—	—	—	—	643	643	0.1	11.6	—	—	—	

注記: 注記事項なし

表 2 引張特性に関するデータシート(11) (文献番号 BT-R12[24])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	1	—	BWR	㊦	—	304	0.011	0.45	1.17	0.018	0.007	10.16	18.25	0.25	—	—	—	—	0.05	Bal.	—	—	—	50	—	—	大気	RT	円弧状	—	—	—	—	931	1130	0.7	12.3	—	—	有	粒界割れ有り	
2	4	—	BWR	㊦	—	304	0.011	0.45	1.17	0.018	0.007	10.16	18.25	0.25	—	—	—	—	0.05	Bal.	—	—	—	50	—	—	大気	RT	円弧状	—	—	—	—	1008	1072	0.5	4.8	—	—	有		
3	2	—	BWR	㊦	—	304	0.011	0.45	1.17	0.018	0.007	10.16	18.25	0.25	—	—	—	—	0.05	Bal.	—	—	—	50	—	—	大気	288	円弧状	—	—	—	—	857	857	0.2	3.6	—	—	有		
4	3	—	BWR	㊦	—	304	0.011	0.45	1.17	0.018	0.007	10.16	18.25	0.25	—	—	—	—	0.05	Bal.	—	—	—	50	—	—	大気	288	円弧状	—	—	—	—	857	858	0.2	3.4	—	—	有		
5	5	—	BWR	㊦	—	304	0.011	0.45	1.17	0.018	0.007	10.16	18.25	0.25	—	—	—	—	0.05	Bal.	—	—	—	50	—	—	大気	288	円弧状	—	—	—	—	825	871	0.4	3.7	—	—	有		

表 2 引張特性に関するデータシート(12) (文献番号 BT-R13[25])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	n/m ^(注)			dpa	面積,mm ²						長さ,mm											
1	#1	—	BWR	㊦	—	304L	0.014	0.25	1.12	0.016	0.003	10.52	18.03	—	—	—	—	—	—	0.031	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.50	7.28x10 ⁻⁸	—	大気	288	平板引張	2	8	—	3.3x10 ⁻⁴	600	600	—	12.6	36	—	有		
2	#2	—	BWR	㊦	—	304L	0.014	0.25	1.12	0.016	0.003	10.52	18.03	—	—	—	—	—	—	0.031	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.50	7.28x10 ⁻⁸	—	大気	288	平板引張	2	8	—	3.3x10 ⁻⁴	600	600	—	13.9	32	—	有		

注記: 注記事項なし

表 2 引張特性に関するデータシート(13) (文献番号 BT-R14[26])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)						dpa	面積,mm											長さ,mm
1	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	198	442	39.0	46.0	60	—	有	
2	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	397	572	19.0	23.3	41	—	有	
3	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	478	552	11.9	16.9	42	—	有	
4	—	—	ATR	—	引張	316L	0.009	0.04	1.57	0.007	0.004	13.61	16.52	2.53	—	—	—	—	0.009	—	Bal.	SA	—	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	154	387	39.5	45.8	59	—	有	
5	—	—	ATR	—	引張	316L	0.009	0.04	1.57	0.007	0.004	13.61	16.52	2.53	—	—	—	—	0.009	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	430	568	16.2	20.1	48	—	有	
6	—	—	ATR	—	引張	316L	0.009	0.04	1.57	0.007	0.004	13.61	16.52	2.53	—	—	—	—	0.009	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	520	520	5.4	9.8	44	—	有	
7	—	—	ATR	—	引張	CW316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	CW	20	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	593	637	0.9	8.8	—	—	—	
8	—	—	ATR	—	引張	CW316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	762	762	0.5	4.6	—	—	—	
9	—	—	ATR	—	引張	CW316L	0.009	0.04	1.57	0.007	0.004	13.61	16.52	2.53	—	—	—	—	0.009	—	Bal.	CW	20	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	520	548	1.0	10.3	—	—	—	
10	—	—	ATR	—	引張	CW316L	0.009	0.04	1.57	0.007	0.004	13.61	16.52	2.53	—	—	—	—	0.009	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	705	705	0.2	4.8	—	—	—	
11	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	190	462	35.8	44.0	60	—	有	
12	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	340	577	28.0	31.8	53	—	有	
13	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	604	658	15.4	20.5	42	—	有	
14	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.010	0.06	1.55	0.008	0.003	13.15	16.71	2.48	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	164	415	38.5	46.2	62	—	有	
15	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.010	0.06	1.55	0.008	0.003	13.15	16.71	2.48	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	337	529	24.2	29.2	58	—	有	
16	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.010	0.06	1.55	0.008	0.003	13.15	16.71	2.48	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	575	577	13.3	18.1	41	—	有	
17	—	—	ATR	—	引張	CW316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	CW	20	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	531	600	1.5	10.5	—	—	—	
18	—	—	ATR	—	引張	CW316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	842	844	0.5	5.6	—	—	—	
19	—	—	ATR	—	引張	CW316NG	0.010	0.06	1.55	0.008	0.003	13.15	16.71	2.48	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	CW	20	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	559	591	1.0	12.0	—	—	—	
20	—	—	ATR	—	引張	CW316NG	0.010	0.06	1.55	0.008	0.003	13.15	16.71	2.48	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	745	745	0.2	6.1	—	—	—	
21	—	—	ATR	—	引張	304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.030	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	SA	—	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	172	443	41.3	48.0	59	—	有	
22	—	—	ATR	—	引張	304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.030	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	553	639	12.6	17.5	39	—	有	
23	—	—	ATR	—	引張	304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.030	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	649	649	6.8	11.2	32	—	有	
24	—	—	ATR	—	引張	CW304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.030	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	CW	20	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	622	682	1.5	9.5	—	—	—	
25	—	—	ATR	—	引張	CW304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.030	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	918	925	0.5	3.6	—	—	—	
26	—	—	ATR	—	引張	304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	SA	—	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	170	401	38.3	46.3	59	—	有	
27	—	—	ATR	—	引張	304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	475	586	15.5	20.0	47	—	有	
28	—	—	ATR	—	引張	304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	626	626	2.5	7.3	36	—	有	
29	—	—	ATR	—	引張	CW304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	CW	20	0	0	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	606	630	1.0	9.1	—	—	—	
30	—	—	ATR	—	引張	CW304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	大気	288	平板引張	5.76	24	—	4.0x10 ⁻⁴	847	847	0.4	4.2	—	—	—	

表 2 引張特性に関するデータシート(14) (文献番号 BT-R15[27])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	—	—	ATR	—	引張	304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.6	18.7	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	SA	—	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	171.5	443.0	41.3	48.0	—	—	—		
2	—	—	ATR	—	引張	304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.6	18.7	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	552.7	639.0	12.6	17.5	—	—	—		
3	—	—	ATR	—	引張	304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.6	18.7	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	648.8	648.8	6.8	11.2	—	—	—		
4	—	—	ATR	—	引張	304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.6	18.2	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	SA	—	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	169.5	400.8	38.3	46.3	—	—	—		
5	—	—	ATR	—	引張	304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.6	18.2	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	474.3	586.0	15.5	20.0	—	—	—		
6	—	—	ATR	—	引張	304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.6	18.2	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	625.2	625.2	2.5	7.3	—	—	—		
7	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.6	16.3	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	198.0	442.0	39	46.0	—	—	—	
8	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.6	16.3	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	396.9	571.3	19.0	23.3	—	—	—	
9	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.6	16.3	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	496.9	571.3	11.5	17.0	—	—	—	
10	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.6	16.3	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	454.7	532.1	12.2	16.7	—	—	—	
11	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	190.1	461.6	35.8	44.0	—	—	—	
12	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	340.1	576.2	28.0	31.8	—	—	—	
13	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	602.7	651.7	15	20.4	—	—	—	
14	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	603.7	663.5	15.7	20.5	—	—	—	
15	—	—	ATR	—	引張	CW304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.6	18.7	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	CW	20	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	621.3	681.1	1.5	9.5	—	—	—		
16	—	—	ATR	—	引張	CW304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.6	18.7	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	893.8	905.5	0.4	3.4	—	—	—		
17	—	—	ATR	—	引張	CW304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.6	18.7	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	939.8	942.8	0.5	3.7	—	—	—		
18	—	—	ATR	—	引張	CW304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.6	18.2	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	CW	20	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	605.6	629.2	1.0	9.1	—	—	—		
19	—	—	ATR	—	引張	CW304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.6	18.2	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	868.3	868.3	0.3	3.8	—	—	—		
20	—	—	ATR	—	引張	CW304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.6	18.2	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	824.2	824.2	0.4	4.5	—	—	—		
21	—	—	ATR	—	引張	CW316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.6	16.3	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	CW	20	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	592.9	637.0	0.9	8.8	—	—	—	
22	—	—	ATR	—	引張	CW316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.6	16.3	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	832.0	832.0	0.4	4.2	—	—	—	
23	—	—	ATR	—	引張	CW316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.6	16.3	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	688.0	688.0	0.5	5.1	—	—	—	
24	—	—	ATR	—	引張	CW316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	CW	20	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	531.2	599.8	1.5	10.5	—	—	—	
25	—	—	ATR	—	引張	CW316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	817.3	821.2	0.6	5.3	—	—	—	
26	—	—	ATR	—	引張	CW316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	CW	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	866.3	866.3	0.4	5.8	—	—	—	
27	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	→	—	0	0	—	—	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	172.5	452.8	41	49.0	—	—	—	SA+熱時効
28	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	→	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	511.6	599.8	17.8	21.8	—	—	—	SA+熱時効
29	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.1	17.0	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	→	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	—	288	平板引張	5.8	24	—	4.0x10 ⁻⁴	517.4	593.9	16.0	20.9	—	—	—	SA+熱時効

注記：照射量(dpa)は 7x10²⁴n/m²=1 dpa 換算。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニー ル AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 2 引張特性に関するデータシート(15) (文献番号 BT-R16[28])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	n/m ^(※)			dpa	面積,mm						長さ,mm											
1	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.	→	—	4.9x10 ²⁴	0.70	—	273	大気	273	平板引張	—	—	—	—	461	560	20.5	31.6	70	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
2	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.	→	—	5.9x10 ²⁴	0.84	—	273	大気	273	平板引張	—	—	—	—	484	578	20.9	32.8	66	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
3	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.	→	—	8.7x10 ²⁴	1.24	—	273	大気	273	平板引張	—	—	—	—	558	611	18.6	29.8	68	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
4	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.	→	—	1.0x10 ²⁵	1.43	—	273	大気	273	平板引張	—	—	—	—	592	633	16.8	38.2	66	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
5	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.		—	0.0	0.0	—	273	大気	273	平板引張	—	—	—	—	168	432	40.0	54.3	75	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
6	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.		—	5.1x10 ²⁴	0.73	—	273	大気	288	平板引張	—	—	—	—	451	551	19.4	31.0	69	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
7	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.		—	6.0x10 ²⁴	0.86	—	273	大気	288	平板引張	—	—	—	—	482	572	22.0	30.3	66	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
8	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.		—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	273	大気	288	平板引張	—	—	—	—	566	613	16.7	27.2	68	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
9	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.		—	1.0x10 ²⁵	1.43	—	273	大気	288	平板引張	—	—	—	—	588	625	15.9	26.0	64	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	
10	—	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.000	—	—	0.04	Bal.		—	0.0	0.0	—	273	大気	288	平板引張	—	—	—	—	154	433	39.9	56.4	74	—	—	1030℃ x0.5h+WQ	

注記：照射量(dpa)は 7x10²⁴n/m²=1 dpa 換算。

表 2 引張特性に関するデータシート(16) (文献番号 BT-R17[29])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
11	Ref1	—	BR2	—	引張	AISI 304	0.04	0.33	1.56	—	0.02	8.5	18.4	—	—	—	—	Bal.	—	30	—	0	—	—	—	25	丸棒	7	10	—	3.3x10 ⁻⁴	710	845	25.0	50.0	—	—	有				
12	Ref2	—	BR2	—	引張	AISI 304	0.04	0.33	1.56	—	0.02	8.5	18.4	—	—	—	—	Bal.	—	30	—	0	—	—	—	300	丸棒	7	10	—	3.3x10 ⁻⁴	605	656	6.0	21.0	—	—	有				
13	X0	—	BR2	—	引張	AISI 304	0.04	0.33	1.56	—	0.02	8.5	18.4	—	—	—	—	Bal.	—	30	—	0.07	—	300	—	300	丸棒	7	10	—	3.3x10 ⁻⁴	735	798	8.0	23.0	—	—	有				
14	X5	—	BR2	—	引張	AISI 304	0.04	0.33	1.56	—	0.02	8.5	18.4	—	—	—	—	Bal.	—	30	—	2.21	—	300	—	300	丸棒	7	10	—	3.3x10 ⁻⁴	957	974	1.0	15.0	—	—	有				
15	Y2	—	BR2	—	引張	AISI 304	0.04	0.33	1.56	—	0.02	8.5	18.4	—	—	—	—	Bal.	—	30	—	2.44	—	300	—	300	丸棒	7	10	—	3.3x10 ⁻⁴	979	995	0.0	15.0	—	—	有				
16	Y0	—	BR2	—	引張	AISI 304	0.04	0.33	1.56	—	0.02	8.5	18.4	—	—	—	—	Bal.	—	30	—	2.49	—	300	—	300	丸棒	7	10	—	3.3x10 ⁻⁴	1020	1034	0.0	14.0	—	—	有				

注記：注記事項なし

表 2 引張特性に関するデータシート(17) (文献番号 BT-R18[30])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/m ^(※)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	—	RL2218	BWR	㊸	—	304	0.04	0.87	1.70	0.017	0.011	9.0	19.0	—	—	—	—	—	0.046	0.029	Bal.	SA	—	—	0	—	—	大気	300	—	—	—	—	153	440	—	39	—	—	—		
2	—	RL2218	BWR	㊸	—	304	0.04	0.87	1.70	0.017	0.011	9.0	19.0	—	—	—	—	—	0.046	0.029	Bal.	SA	—	—	1.0	—	—	大気	288	—	—	—	—	259	489	—	36	—	—	—		

注記：注記事項なし

表 2 引張特性に関するデータシート(18) (文献番号 BT-R19[31])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	銅種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	平行部寸法		採取方向	ひずみ速度 /s	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	絞り %	加工硬化指数	応力-ひずみ線図	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe						n/(μm ²)	dpa											面積,mm	長さ,mm
1	B3	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.0x10 ²⁴	0.8	3.3x10 ⁻⁷	288	大気	288	平板引張	12	18	—	3x10 ⁻⁴	396	500	28	34	—	—	有	Conventional(室温から照射開始)		
2	B5	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	3.3	3.3x10 ⁻⁷	288	大気	288	平板引張	12	18	—	3x10 ⁻⁴	583	607	19	24	—	—	有	Conventional(室温から照射開始)		
3	E134	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.2x10 ²⁴	0.9	3.3x10 ⁻⁷	288	大気	288	平板引張	12	18	—	3x10 ⁻⁴	319	486	22	30	—	—	有	Modified(150℃昇温後照射開始)		
4	N1	—	BWR	—	引張	316L	0.01	0.5	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.0360	—	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.9	1.1x10 ⁻⁷	288	大気	288	平板引張	12	18	—	3x10 ⁻⁴	466	574	17.4	22.6	—	—	—	

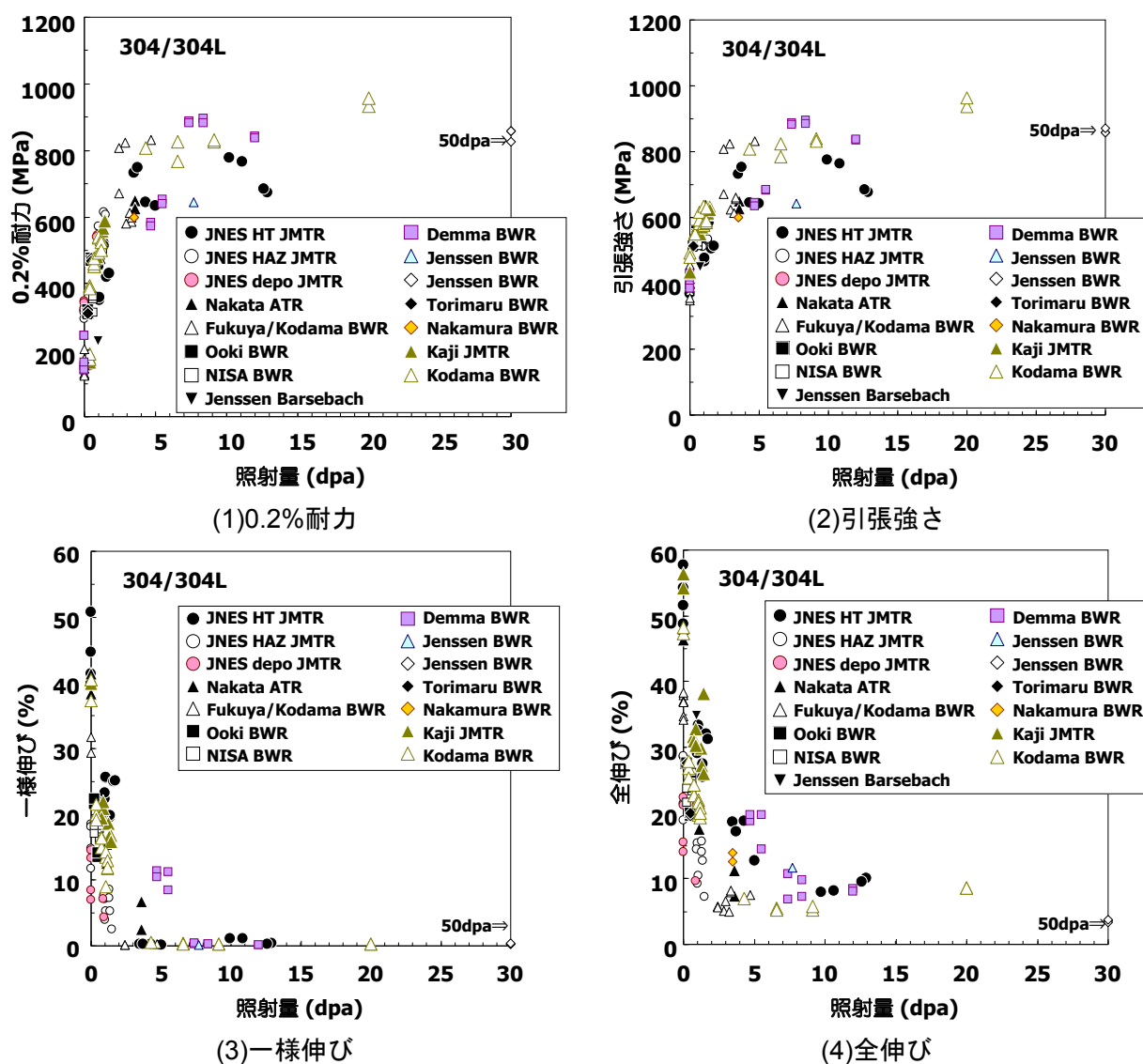


図 3 照射した 304 及び 304L ステンレス鋼 SA 材の引張特性データの照射量依存性

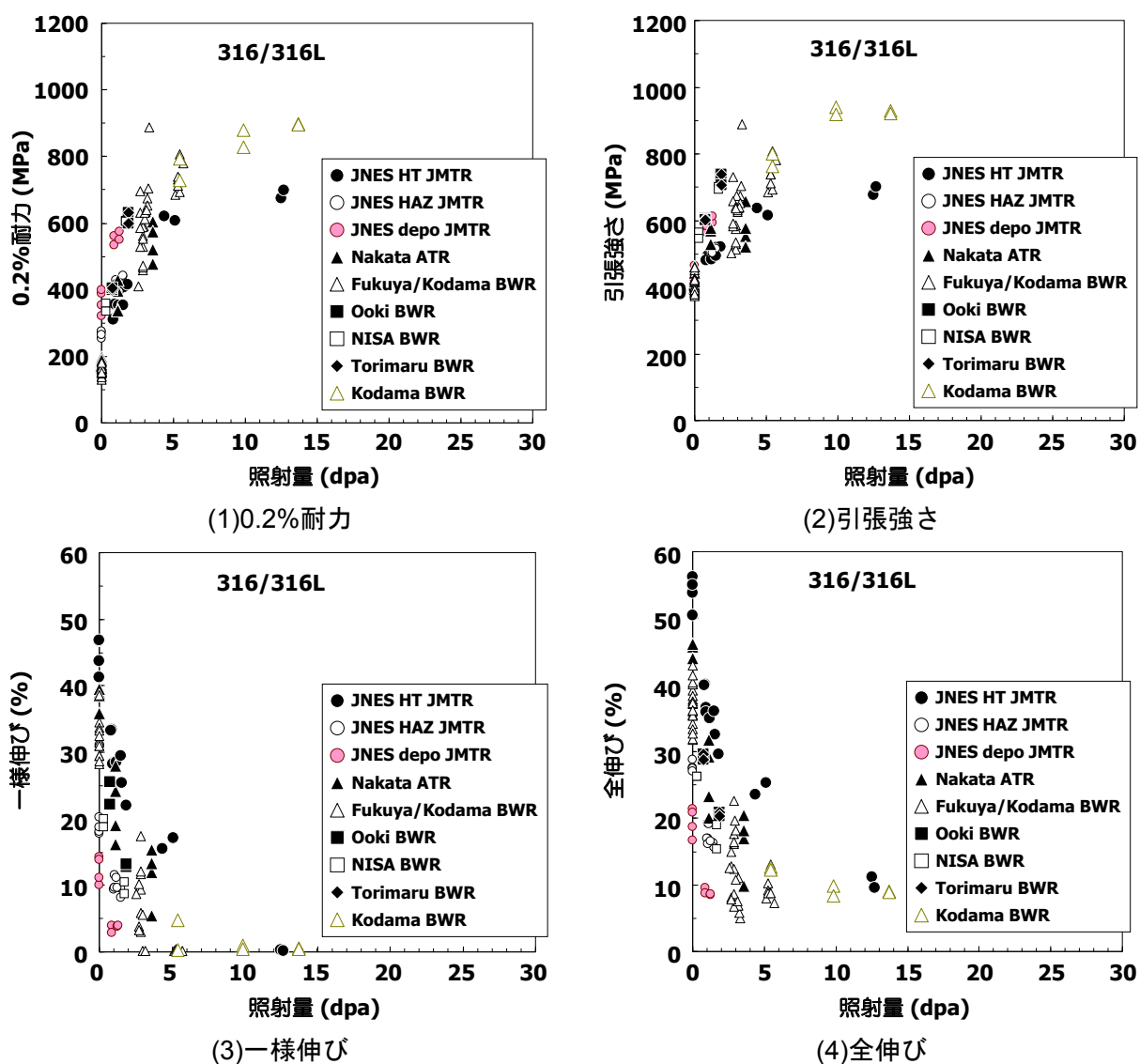


図 4 照射した 316 及び 316L ステンレス鋼 SA 材の引張特性データの照射量依存性

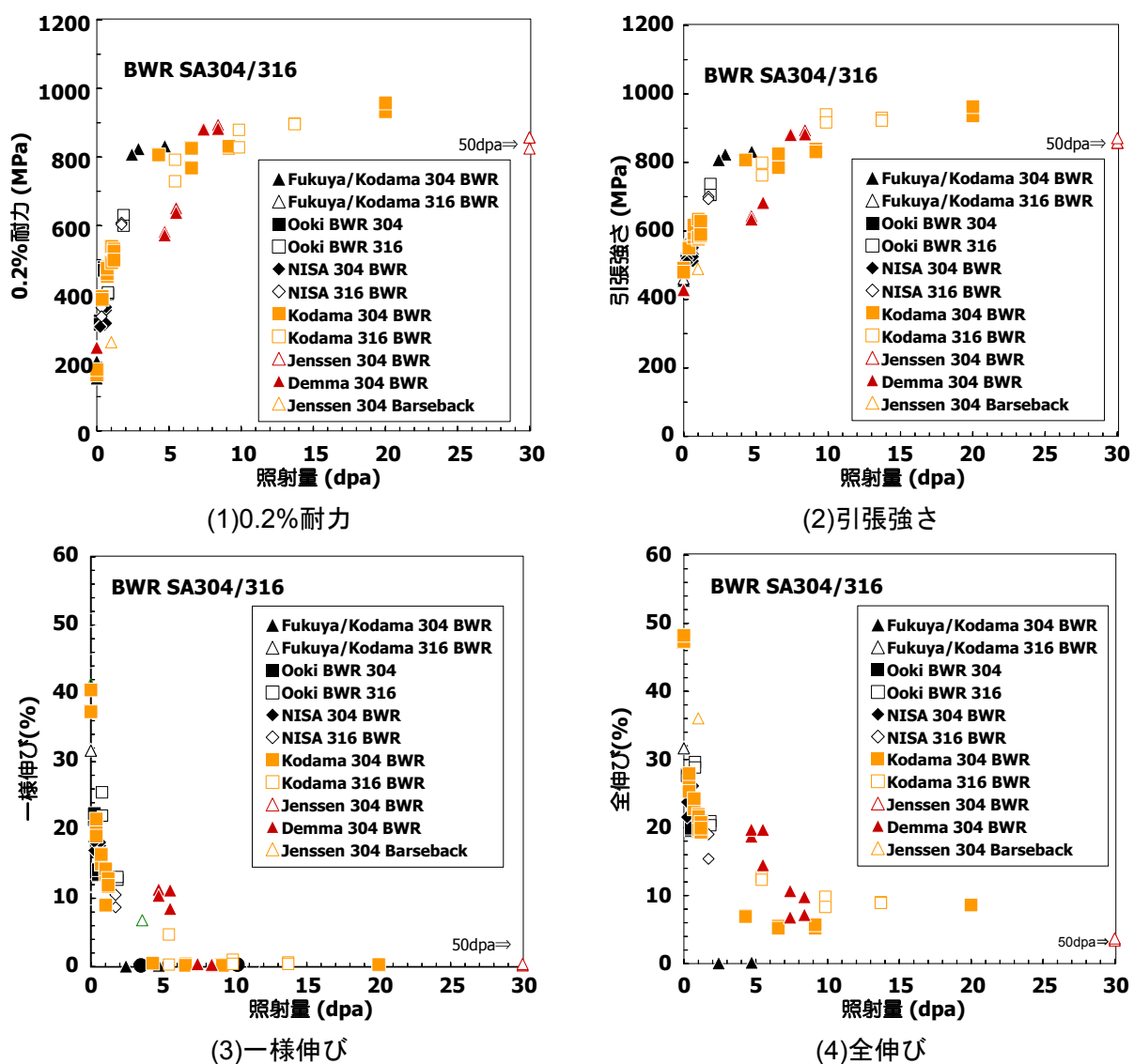


図 5 照射した 304 系及び 316 系ステンレス鋼の引張特性データの照射量依存性

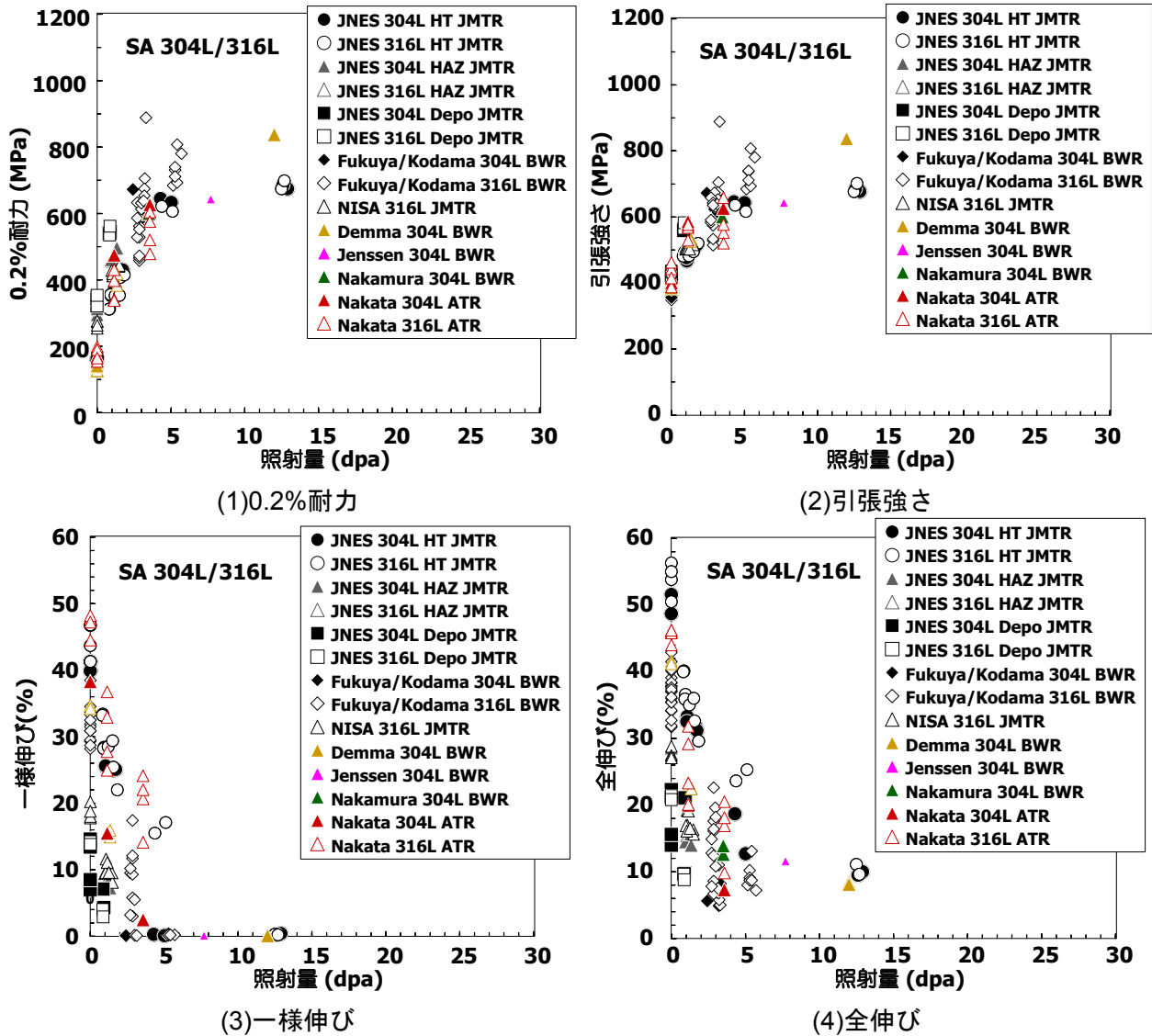
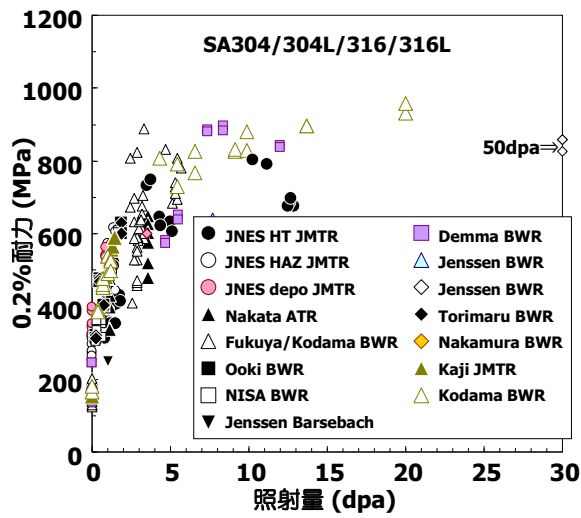
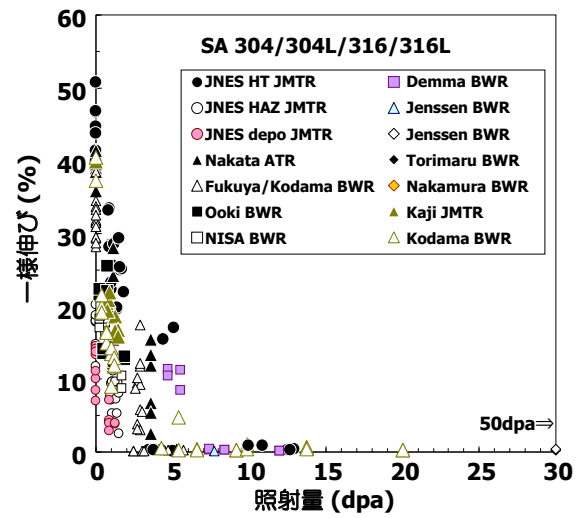


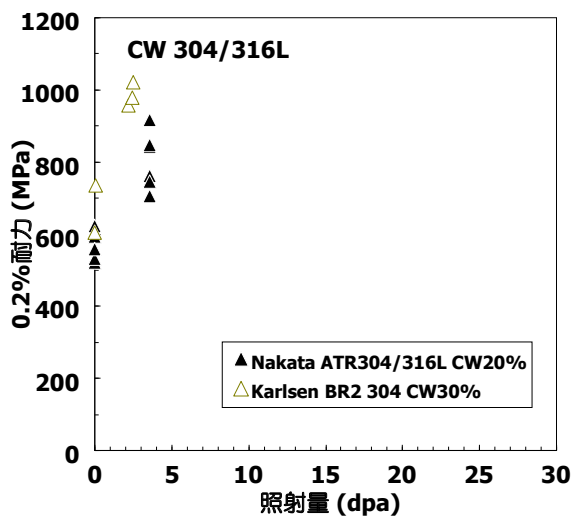
図 6 照射した 304L 系及び 316L 系ステンレス鋼の引張特性データの照射量依存性



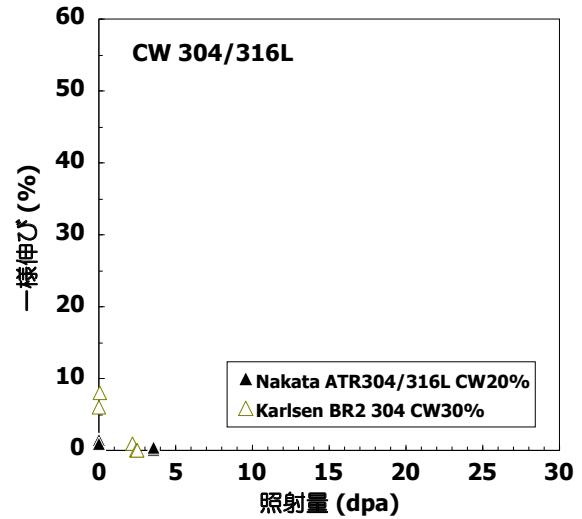
(1)SA 材の 0.2%耐力



(2)SA 材の一様伸び

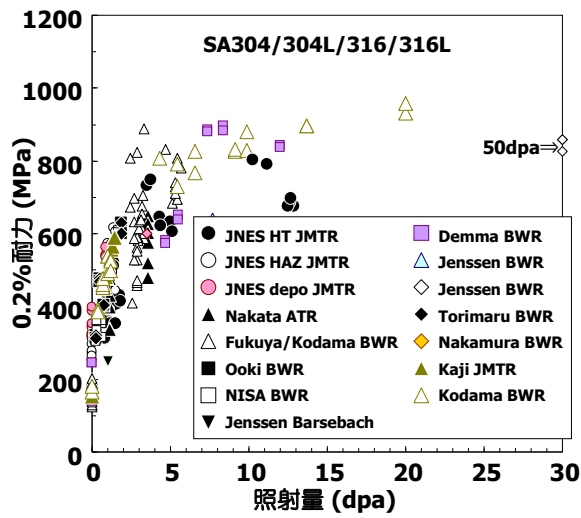


(3)CW 材の 0.2%耐力

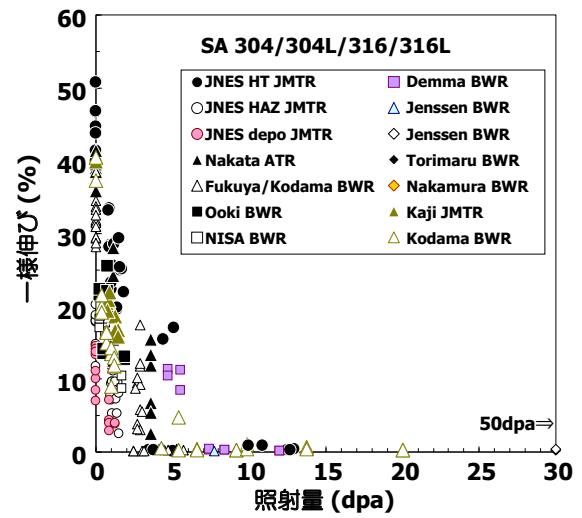


(4)CW 材の一様伸び

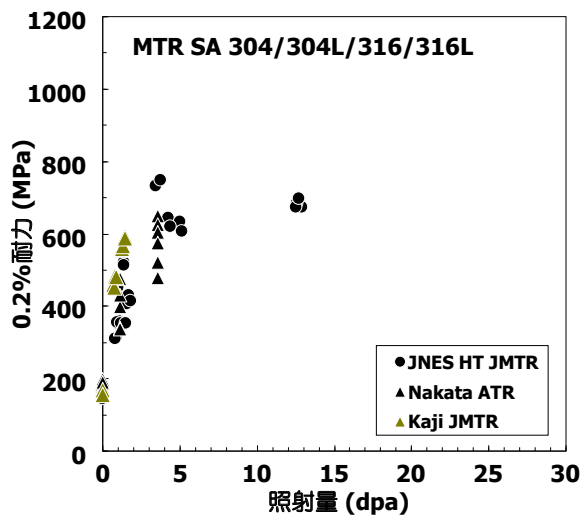
図 7 照射したステンレス鋼 CW 材及び SA 材の耐力と一様伸びの照射量依存性の比較



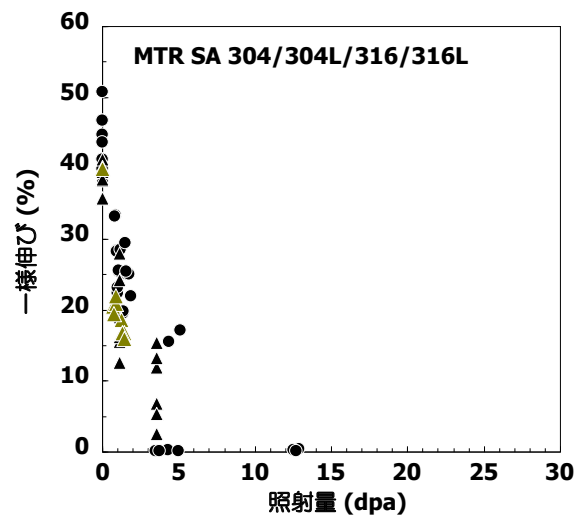
(1)実機照射材の 0.2%耐力



(2) 実機照射材の一様伸び



(3)試験炉照射材の 0.2%耐力



(4)試験炉照射材の一様伸び

図 8 実機照射材と試験炉照射材の耐力と一様伸びの照射量依存性の比較

3.3. 硬さ

(1) 調査結果の概要

硬さは構造評価で用いられるデータではないが、引張試験より小さいTPで簡便に評価でき、引張特性の推定にも活用できることから、照射影響を検討する上で引張特性と並んで重要な知見である。表 3は、硬さに関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BH-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、8件の文献から138のデータを抽出した。

JNESが実施した国プロにおいては、JMTRで照射した試験片を用いた硬さデータが報告されており[14], [15]、最大照射量は13 dpa程度であった。それ以外でJMTRを用いた硬さデータも抽出された[31]。一方、実機部材や実機照射材を使った結果に係る文献は4件抽出され[17], [18], [21], [35]、実機部材として炉内計装管、シュラウド、上部格子板、制御棒ハンドルなどが用いられていた。このうち国内のBWR炉心で照射された供試材の最大照射量は約20 dpaであった。硬さ試験は、引張試験に対応して実施されているケースが多かった。

(2) データシートの構成

硬さに関する文献等より抽出、整理したデータを表 4に示す。前出の共通項に加えて試験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。

- ・測定方法: 硬さの測定方法(例: ビッカース(HV)、ヌープ(HK)、ブリネル(HB))
- ・測定箇所: 母材、溶接金属、溶接熱影響部(HAZ)等の区別
- ・試験力(kgf)
- ・測定数: 測定数の繰り返し数
- ・硬さ: 硬さの測定値(平均値)
- ・ばらつき: 硬さデータの分布範囲
- ・硬さ増加: 未照射材の硬さからの増加量
- ・単位: データの単位(例: HV0.5、HV1)
- ・引張データ(参考): 同一条件材の引張特性(試験温度、0.2%耐力、引張強さ、一様伸び、全伸び)
- ・備考: 調査結果に関する特記事項を記載
 - ※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。
- ・注記: 参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載

収録したデータはすべて国内BWRとJMTRのデータであり、組成の異なる鋼種のデータが多かった。BH-R7[35]は硬さ増加量が報告されていたが、硬さの値は無かった。また、BH-R7[35]を除いて全ての硬さデータで対応する288℃の引張試験データが報告されていた。

(3) データの評価

図 9は、照射ステンレス鋼の硬さの照射量依存性を示す。硬さは初期に増加して数 dpaから10 dpaの範囲で飽和する。初期の増加段階でのデータのばらつきは大きかった。その理由として、引張データと同様に材料条件(組成等)や照射条件(温度等)により増加の傾向が異なることが

考えられる。

図 10は、中性子照射した304系と316系ステンレス鋼の硬さと0.2%耐力の関係を示す。これらには明瞭な比例関係が見られた。また図 11は、硬さ増加量と0.2%耐力の増加量の関係を示す。これらのパラメータはほぼ比例することが知られており[36]、最近の検討では軽水炉温度付近で照射されたステンレス鋼において、次のような耐力の変化量($\Delta\sigma_y$)と硬さの変化量(ΔHV)の関係が報告されている[37]。

$$\Delta\sigma_y \sim 3.03\Delta HV$$

本調査で収集したデータは、この関係に従っていると判断される。

なお硬さの増加量と耐力の増加量の関係評価において大きなばらつきが生じるのは、化学成分等の材料条件や、温度、中性子フラックス等の照射条件によって増加の傾向が異なるためであると考えられる。

表 3 硬さに関する調査結果の概要

文献番号	照射炉	材料	照射温度(°C)	照射量(dpa)	試験方法	データ数
BH-R1 [14]	JMTR	304, 304L、 316L, 316NG	288	0.0~5.2	ビッカース硬さ 試験力: 0.5 kgf	14
BH-R2 [15]	JMTR	316L, 304L	288	0.0~12.9	ビッカース硬さ 試験力: 0.5 kgf	10
BH-R3 [17]	海外 BWR	304, 304L、 316L, 316NG、 347, 347L	288	0.0~3.3	ビッカース硬さ 試験力: 1 kgf	32
BH-R4 [18]	国内 BWR	304, 304L, 316、 316L, 316NG、 347, 347L	288	0.0~5.8	ビッカース硬さ 試験力: 0.5 kgf	56
BH-R5 [21]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288	0.6~1.8	ビッカース硬さ 試験力: 0.5 kgf	6
BH-R6 [21]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288	0.2~0.4	ビッカース硬さ 試験力: 0.5 kgf	4
BH-R7 [35]	国内 BWR	304	288	0.3~20.0	ビッカース硬さ 試験力: 0.5 kgf	13
BH-R8 [31]	JMTR	316L	288	0.8~3.3	ビッカース硬さ 試験力: 0.5 kgf	3

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。

表 4 硬さに関するデータシート(1) (文献番号 BH-R1[14])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%															熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe			n/m ^②	dpa											試験温度 ℃	耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %	全伸び %	
1	R033	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0	0	—	—	HV	母材	0.5	5	148	141~152	—	HV0.5	288	166	415	50.7	57.7		
2	R133	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.56x10 ²⁴	1.00	—	288	HV	母材	0.5	5	259	254~265	111	HV0.5	288	466	566	22.4	29.1		
3	R235	—	JMTR	—	引張	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	7.82x10 ²⁴	1.37	—	288	HV	母材	0.5	5	282	278~288	134	HV0.5	288	512	583	19.8	25.5		
4	H305	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	0	0	—	—	HV	母材	0.5	5	147	142~151	—	HV0.5	288	159	373	41.3	51.6		
5	H134	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.68x10 ²⁴	1.06	—	288	HV	母材	0.5	5	214	207~219	67	HV0.5	288	350	466	25.5	33.3		
6	H234	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.03x10 ²⁵	1.72	—	288	HV	母材	0.5	5	267	263~270	120	HV0.5	288	430	514	25.1	31.2		
7	H341	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.46x10 ²⁵	4.29	—	288	HV	母材	0.5	5	316	314~318	169	HV0.5	288	645	646	0.3	18.7		
8	A035	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	—	HV	母材	0.5	5	141	136~146	—	HV0.5	288	168	382	41.3	50.5		
9	A134	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.11x10 ²⁴	0.91	—	288	HV	母材	0.5	5	212	206~220	71	HV0.5	288	355	494	28.2	35.9		
10	A233	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.09x10 ²⁵	1.84	—	288	HV	母材	0.5	5	261	255~265	120	HV0.5	288	414	520	22.0	29.6		
11	A339	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.04x10 ²⁵	5.11	—	288	HV	母材	0.5	5	308	305~312	167	HV0.5	288	606	616	17.1	25.3		
12	W033	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	—	HV	母材	0.5	5	143	140~146	—	HV0.5	288	153	392	46.7	56.3	
13	W134	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	5.04x10 ²⁴	0.81	—	288	HV	母材	0.5	5	209	195~217	66	HV0.5	288	311	481	33.2	40.0	
14	W235	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	9.04x10 ²⁴	1.51	—	288	HV	母材	0.5	5	229	225~233	86	HV0.5	288	353	494	29.4	36.0	

注記: 耐力: 0.2%耐力

表 4 硬さに関するデータシート(2) (文献番号 BH-R2[15])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe											n/m ^②	dpa	試験温度 ℃	耐力 MPa	引張強さ MPa		一様伸び %	全伸び %
1	A035	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	—	HV	母材	0.5	—	141	—	—	HV0.5	288	168	382	41.3	50.5	
2	A134	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.11x10 ²⁴	0.91	—	288	HV	母材	0.5	—	212	—	—	HV0.5	288	355	494	28.2	35.9	
3	A233	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.09x10 ²⁵	1.84	—	288	HV	母材	0.5	—	261	—	—	HV0.5	288	414	520	22.0	29.6	
4	A339	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.04x10 ²⁵	5.11	—	288	HV	母材	0.5	—	308	—	—	HV0.5	288	606	616	17.1	25.3	
5	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.51x10 ²⁵	12.50	—	288	HV	母材	0.5	—	324	—	—	HV0.5	288	674	676	0.3	11.1	
6	H035	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	0	0	—	—	HV	母材	0.5	—	147	—	—	HV0.5	288	159	373	41.3	51.6	
7	H134	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.68x10 ²⁴	1.06	—	288	HV	母材	0.5	—	214	—	—	HV0.5	288	350	466	25.5	33.3	
8	H234	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.03x10 ²⁵	1.72	—	288	HV	母材	0.5	—	267	—	—	HV0.5	288	430	514	25.1	31.2	
9	H341	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.46x10 ²⁵	4.29	—	288	HV	母材	0.5	—	316	—	—	HV0.5	288	645	646	0.3	18.7	
10	—	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	7.74x10 ²⁵	12.90	—	288	HV	母材	0.5	—	321	—	—	HV0.5	288	674	677	0.4	10.0	

注記: 耐力: 0.2%耐力

表 4 硬さに関するデータシート(3) (1/2) (文献番号 BH-R3[17])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe											n/m ⁽²⁾	dpa	試験温度 °C	耐力 MPa	引張強さ MPa		一様伸び %	全伸び %
1	—	—	BWR	—	引張	304	0.061	0.42	0.85	0.025	0.004	8.16	18.06	—	—	—	—	0.040	—	Bal.	SA	—	2.02x10 ²⁵	2.89	—	288	HV	母材	1	—	336	—	—	HV1	288	824	824	—	5.1		
2	—	—	BWR	—	引張	304	0.061	0.42	0.85	0.025	0.004	8.16	18.06	—	—	—	—	0.040	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	159	—	—	HV1	288	154	427	—	34.7		
3	—	—	BWR	—	引張	304L	0.016	0.05	0.88	0.004	0.001	10.06	18.52	0.19	—	—	—	0.032	—	Bal.	SA	—	2.24x10 ²⁵	3.20	—	288	HV	母材	1	—	277	—	—	HV1	288	613	613	—	4.9		
4	—	—	BWR	—	引張	304L	0.016	0.05	0.88	0.004	0.001	10.06	18.52	0.19	—	—	—	0.032	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	152	—	—	HV1	288	123	356	—	38.3		
5	—	—	BWR	—	引張	316L	0.020	0.57	0.84	0.034	0.001	11.92	17.40	2.10	—	—	—	0.022	—	Bal.	SA	—	2.31x10 ²⁵	3.30	—	288	HV	母材	1	—	360	—	—	HV1	288	888	888	—	5.0		

表 4 硬さに関するデータシート(3) (2/2) (文献番号 BH-R3[17])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe											n/m ^②	dpa	試験温度 ℃	耐力 MPa	引張強さ MPa		一様伸び %	全伸び %
6	—	—	BWR	—	引張	316L	0.020	0.57	0.84	0.034	0.001	11.92	17.40	2.10	—	—	—	—	0.022	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	170	—	—	HV1	288	154	442	—	37.1	
7	—	—	BWR	—	引張	316L	0.017	0.48	0.90	0.026	0.003	12.36	16.90	2.20	—	—	—	—	0.032	—	Bal.	SA	—	2.26x10 ²⁵	3.23	—	288	HV	母材	1	—	323	—	—	HV1	288	705	704	—	5.8	
8	—	—	BWR	—	引張	316L	0.017	0.48	0.90	0.026	0.003	12.36	16.90	2.20	—	—	—	—	0.032	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	144	—	—	HV1	288	165	425	—	35.5	
9	—	—	BWR	—	引張	316L	0.015	0.48	0.85	0.008	0.002	12.15	16.70	2.19	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	2.00x10 ²⁵	2.86	—	288	HV	母材	1	—	255	—	—	HV1	288	528	528	—	16.1	
10	—	—	BWR	—	引張	316L	0.015	0.48	0.85	0.008	0.002	12.15	16.70	2.19	—	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	167	—	—	HV1	288	140	398	—	37.8	
11	—	—	BWR	—	引張	316L	0.014	0.49	0.90	0.025	0.001	12.00	17.04	2.10	—	—	—	—	0.003	—	Bal.	SA	—	2.24x10 ²⁵	3.20	—	288	HV	母材	1	—	317	—	—	HV1	288	674	674	—	11.0	
12	—	—	BWR	—	引張	316L	0.014	0.49	0.90	0.025	0.001	12.00	17.04	2.10	—	—	—	—	0.003	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	140	—	—	HV1	288	129	373	—	39.1	
13	—	—	BWR	—	引張	316L	0.013	0.03	0.83	0.001	0.002	12.16	17.21	2.20	—	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	2.16x10 ²⁵	3.09	—	288	HV	母材	1	—	298	—	—	HV1	288	635	635	—	6.9	
14	—	—	BWR	—	引張	316L	0.013	0.03	0.83	0.001	0.002	12.16	17.21	2.20	—	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	150	—	—	HV1	288	137	389	—	40.1	
15	—	—	BWR	—	引張	316L	0.015	0.51	0.91	0.021	0.001	12.13	17.03	2.24	0.32	—	—	—	0.034	—	Bal.	SA	—	2.31x10 ²⁵	3.30	—	288	HV	母材	1	—	355	—	—	HV1	288	895	900	—	4.3	
16	—	—	BWR	—	引張	316L	0.015	0.51	0.91	0.021	0.001	12.13	17.03	2.24	0.32	—	—	—	0.034	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	161	—	—	HV1	288	160	392	—	37.0	
17	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.015	0.05	0.87	0.003	0.001	12.46	17.39	2.19	—	—	—	—	0.096	—	Bal.	SA	—	2.24x10 ²⁵	3.20	—	288	HV	母材	1	—	314	—	—	HV1	288	653	653	—	6.8	
18	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.015	0.05	0.87	0.003	0.001	12.46	17.39	2.19	—	—	—	—	0.096	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	168	—	—	HV1	288	148	426	—	41.5	
19	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.014	0.51	0.89	0.026	0.001	12.19	17.05	2.22	0.31	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	2.02x10 ²⁵	2.89	—	288	HV	母材	1	—	344	—	—	HV1	288	811	822	—	4.7	
20	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.014	0.51	0.89	0.026	0.001	12.19	17.05	2.22	0.31	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	193	—	—	HV1	288	204	479	—	31.2	
21	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.016	0.07	0.86	0.004	0.001	12.40	17.31	2.17	0.29	—	—	—	0.098	—	Bal.	SA	—	1.96x10 ²⁵	2.80	—	288	HV	母材	1	—	346	—	—	HV1	288	860	860	—	3.7	
22	—	—	BWR	—	引張	316NG	0.016	0.07	0.86	0.004	0.001	12.40	17.31	2.17	0.29	—	—	—	0.098	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	178	—	—	HV1	288	222	504	—	33.2	
23	—	—	BWR	—	引張	347	0.052	0.05	0.87	0.005	0.001	9.55	18.45	—	0.60	—	—	—	0.037	—	Bal.	SA	—	1.75x10 ²⁵	2.50	—	288	HV	母材	1	—	328	—	—	HV1	288	791	791	—	3.9	
24	—	—	BWR	—	引張	347	0.052	0.05	0.87	0.005	0.001	9.55	18.45	—	0.60	—	—	—	0.037	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	182	—	—	HV1	288	195	420	—	31.9	
25	—	—	BWR	—	引張	347L	0.017	0.49	0.83	0.004	0.001	9.58	17.46	—	0.30	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	2.27x10 ²⁵	3.24	—	288	HV	母材	1	—	347	—	—	HV1	288	783	783	—	4.2	
26	—	—	BWR	—	引張	347L	0.017	0.49	0.83	0.004	0.001	9.58	17.46	—	0.30	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	172	—	—	HV1	288	170	407	—	37.8	
27	—	—	BWR	—	引張	347L	0.012	0.04	0.86	0.011	0.001	9.60	17.50	—	0.29	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	2.26x10 ²⁵	3.23	—	288	HV	母材	1	—	325	—	—	HV1	288	754	754	—	4.2	
28	—	—	BWR	—	引張	347L	0.012	0.04	0.86	0.011	0.001	9.60	17.50	—	0.29	—	—	—	0.033	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	189	—	—	HV1	288	167	391	—	36.2	
29	—	—	BWR	—	引張	347L	0.015	0.09	0.83	0.011	0.001	9.55	17.53	—	0.29	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	2.26x10 ²⁵	3.23	—	288	HV	母材	1	—	332	—	—	HV1	288	763	763	—	3.9	
30	—	—	BWR	—	引張	347L	0.015	0.09	0.83	0.011	0.001	9.55	17.53	—	0.29	—	—	—	0.036	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	172	—	—	HV1	288	167	39	—	34.9	
31	—	—	BWR	—	引張	347L	0.013	0.06	0.88	0.004	0.001	9.71	17.55	0.32	0.32	—	—	—	0.039	—	Bal.	SA	—	1.75x10 ²⁵	2.50	—	288	HV	母材	1	—	335	—	—	HV1	288	809	809	—	4.1	
32	—	—	BWR	—	引張	347L	0.013	0.06	0.88	0.004	0.001	9.71	17.55	0.32	0.32	—	—	—	0.039	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	1	—	160	—	—	HV1	288	175	409	—	34.7	

注記: 耐力: 0.2%耐力 照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1dpa 換算

表 4 硬さに関するデータシート(4) (1/3) (文献番号 BH-R4[18])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe											n/m ^(注)	dpa	試験温度 ℃	耐力 MPa	引張強さ MPa		一様伸び %	全伸び %
1	—	—	BWR	—	引張	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	3.3x10 ²⁵	4.71	—	288	HV	母材	0.5	—	376	—	—	HV0.5	288	832	832	0.2	7.5		
2	—	—	BWR	—	引張	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.7x10 ²⁵	2.43	—	288	HV	母材	0.5	—	360	—	—	HV0.5	288	808	808	0.1	5.8		
3	—	—	BWR	—	引張	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	0.5	—	173	—	—	HV0.5	288	203	455	31.7	36.8		
4	—	—	BWR	—	引張	304L	0.013	0.40	1.18	0.026	0.002	9.22	18.65	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.7x10 ²⁵	2.43	—	288	HV	母材	0.5	—	339	—	—	HV0.5	288	672	672	0.1	5.6		
5	—	—	BWR	—	引張	304L	0.013	0.40	1.18	0.026	0.002	9.22	18.65	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	0.5	—	163	—	—	HV0.5	288	175	400	29.3	34.1		
6	—	—	BWR	—	引張	316	0.040	0.64	1.28	0.033	0.003	10.87	16.94	2.12	—	—	—	—	0.220	—	Bal.	SA	—	1.9x10 ²⁵	2.71	—	288	HV	母材	0.5	—	313	—	—	HV0.5	288	696	730	3.8	8.1	
7	—	—	BWR	—	引張	316	0.040	0.64	1.28	0.033	0.003	10.87	16.94	2.12	—	—	—	—	0.220	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	0.5	—	151	—	—	HV0.5	288	163	460	31.6	36.0	
8	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	—	Bal.	SA	—	3.6x10 ²⁵	5.14	—	288	HV	母材	0.5	—	323	—	—	HV0.5	288	684	684	0.1	8.0	
9	—	—	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	—	Bal.	SA	—	1.9x10 ²⁵	2.71	—	288	HV	母材	0.5	—	302	—	—	HV0.5	288	632	658	9.5	12.8	

表 4 硬さに関するデータシート(4) (2/3) (文献番号 BH-R4[18])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ⁽²⁰⁾											dpa	試験温度 ℃	耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %		全伸び %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

表 4 硬さに関するデータシート(4) (3/3) (文献番号 BH-R4[18])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe											n/m ² (²⁴)	dpa	試験温度℃	耐力MPa	引張強さMPa		一様伸び%	全伸び%
49	—	—	BWR	—	引張	347L	0.017	0.49	0.83	0.004	0.001	9.58	17.46	—	0.30	—	—	—	0.035	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	0.5	—	154	—	—	HV0.5	288	177	417	28.9	33.4	
50	—	—	BWR	—	引張	347L	0.011	0.49	0.92	0.010	0.002	12.61	17.57	0.20	0.32	—	—	—	0.015	—	Bal.	SA	—	2.2x10 ²⁵	3.14	—	288	HV	母材	0.5	—	346	—	—	HV0.5	288	726	726	0.2	5.2	
51	—	—	BWR	—	引張	347L	0.011	0.49	0.92	0.010	0.002	12.61	17.57	0.20	0.32	—	—	—	0.015	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	0.5	—	149	—	—	HV0.5	288	195	396	29.2	33.1	
52	—	—	BWR	—	引張	347L	0.039	0.03	1.58	0.008	0.008	10.94	17.80	—	0.70	—	—	—	0.110	—	Bal.	SA	—	1.8x10 ²⁵	2.57	—	288	HV	母材	0.5	—	331	—	—	HV0.5	288	611	611	0.1	3.6	
53	—	—	BWR	—	引張	347L	0.039	0.03	1.58	0.008	0.008	10.94	17.80	—	0.70	—	—	—	0.110	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	0.5	—	141	—	—	HV0.5	288	177	346	19.5	22.7	
54	—	—	BWR	—	引張	347L	0.011	0.49	0.92	0.010	0.002	12.61	17.57	0.20	0.32	—	—	—	0.015	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	0.5	—	149	—	—	HV0.5	288	195	396	29.2	33.1	
55	—	—	BWR	—	引張	347L	0.039	0.03	1.58	0.008	0.008	10.94	17.80	—	0.70	—	—	—	0.110	—	Bal.	SA	—	1.8x10 ²⁵	2.57	—	288	HV	母材	0.5	—	331	—	—	HV0.5	288	611	611	0.1	3.6	
56	—	—	BWR	—	引張	347L	0.039	0.03	1.58	0.008	0.008	10.94	17.80	—	0.70	—	—	—	0.110	—	Bal.	SA	—	0	0	—	288	HV	母材	0.5	—	141	—	—	HV0.5	288	177	346	19.5	22.7	

注記: 耐力: 0.2%耐力 照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1dpa 換算

表 4 硬さに関するデータシート(5) (文献番号 BH-R5[21])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe											n/m ² (²⁴)	dpa	試験温度 ℃	耐力 MPa	引張強さ MPa		一様伸び %	全伸び %
1	B15R %TT04	—	BWR	㊸	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	HV	母材	0.5	—	208	—	—	HV0.5	288	314	512	17.8	24.4		
2	B15R %TT05	—	BWR	㊸	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	HV	母材	0.5	—	208	—	—	HV0.5	288	356	532	17.7	24.8		
3	B15R %TT06	—	BWR	㊸	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	HV	母材	0.5	—	208	—	—	HV0.5	288	352	525	16.1	23.3		
4	B15R %TT07	—	BWR	㊸	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.27	18.35	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	HV	母材	0.5	—	208	—	—	HV0.5	288	361	551	18.2	26.1		
5	B15R2 TT21	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	HV	母材	0.5	—	308	—	—	HV0.5	288	608	700	10.5	19.0		
6	B15R2 TT22	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.70	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	HV	母材	0.5	—	308	—	—	HV0.5	288	603	693	8.7	15.4		

注記: 耐力: 0.2%耐力 照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1dpa 換算

表 4 硬さに関するデータシート(6) (文献番号 BH-R6[21])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe											n/m ⁽²⁴⁾	dpa	試験温度℃	耐力MPa	引張強さMPa		一様伸び%	全伸び%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

注記: 耐力: 0.2%耐力 照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1dpa 換算

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 —: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュ라우드(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ピードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 4 硬さに関するデータシート(7) (文献番号 BH-R7[35])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ⁽²⁰⁾											dpa	試験温度 ℃	耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %		全伸び %
1	—	A	BWR	—	—	304	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.6x10 ²⁴	0.37	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	97	HV0.5	—	389	—	—	—			
2	—	A	BWR	—	—	304	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.0x10 ²⁴	0.71	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	106	HV0.5	—	462	—	—	—			
3	—	A	BWR	—	—	304	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	7.4x10 ²⁴	1.06	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	135	HV0.5	—	—	—	—	—			
4	—	A	BWR	—	—	304	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	8.6x10 ²⁴	1.23	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	156	HV0.5	—	—	—	—	—			
5	—	B	BWR	—	—	304	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	3.3x10 ²⁵	4.71	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	226	HV0.5	—	—	—	—	—			
6	—	B	BWR	—	—	304	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	239	HV0.5	—	797	—	—	—	—		
7	—	B	BWR	—	—	304	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	6.4x10 ²⁵	9.14	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	237	HV0.5	—	828	—	—	—	—		
8	—	B	BWR	—	—	304	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.4x10 ²⁶	20.0	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	215	HV0.5	—	945	—	—	—	—		
9	—	C	BWR	—	—	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.7x10 ²⁵	2.43	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	187	HV0.5	—	808	—	—	—	—		
10	—	C	BWR	—	—	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	3.3x10 ²⁵	4.71	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	203	HV0.5	—	832	—	—	—	—		
11	—	D	BWR	—	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.3x10 ²⁴	0.33	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	45	HV0.5	—	—	—	—	—			
12	—	D	BWR	—	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	4.6x10 ²⁴	0.66	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	66	HV0.5	—	—	—	—	—			
13	—	D	BWR	—	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	6.4x10 ²⁴	0.91	—	288	HV	母材	0.5	—	—	—	83	HV0.5	—	—	—	—	—			

注記: 耐力: 0.2%耐力 照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1dpa 換算

表 4 硬さに関するデータシート(8) (文献番号 BH-R8[31])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	測定方法	測定箇所	試験力 kgf	測定数	硬さ	ばらつき	硬さ増加	単位	引張データ(参考)					備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ² (²⁰)											dpa	試験温度 °C	耐力 MPa	引張強さ MPa	一様伸び %		全伸び %																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

注記: 耐力: 0.2%耐力

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 —: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

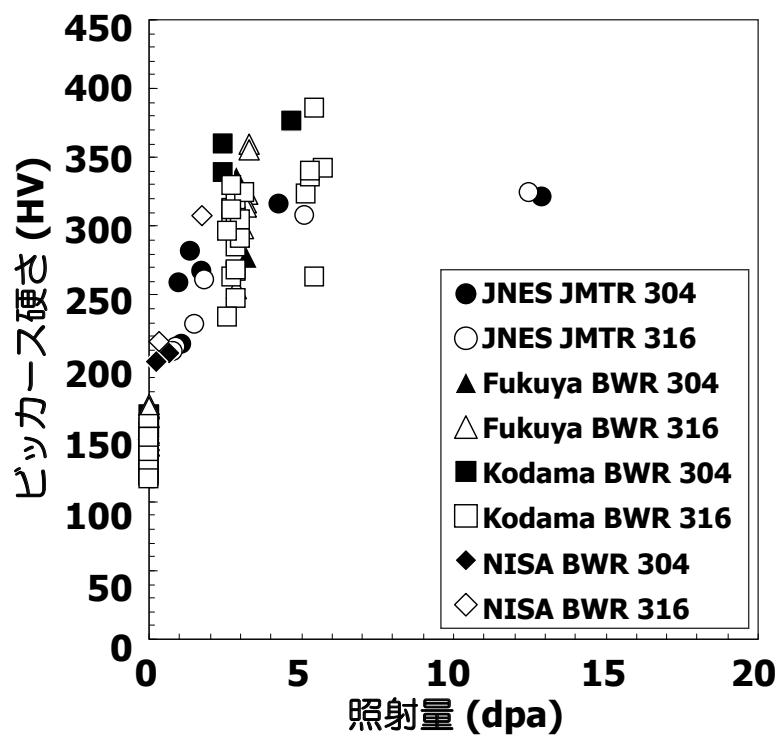


図 9 照射ステンレス鋼の硬さの照射量依存性

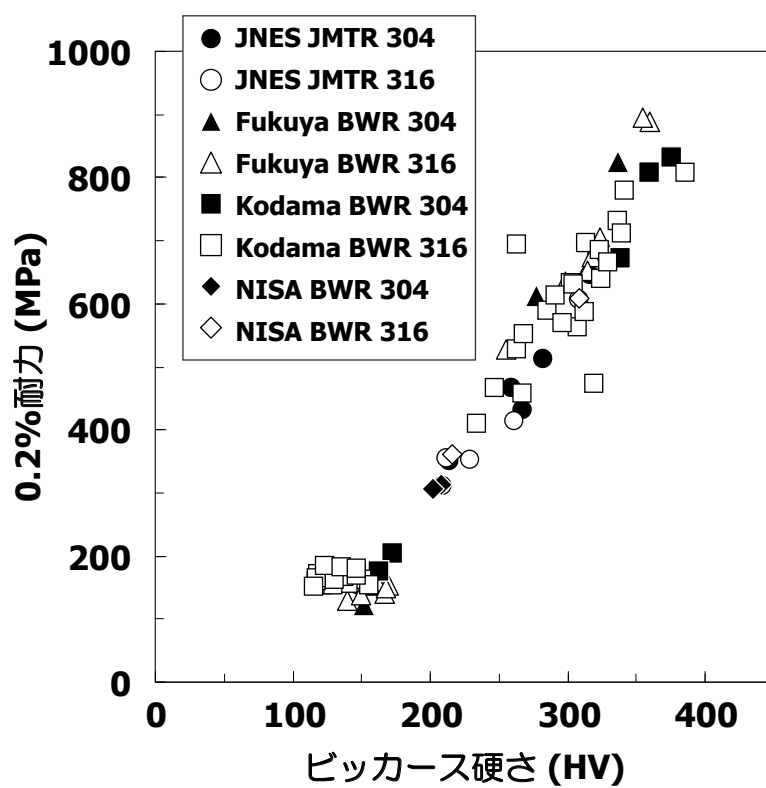


図 10 照射ステンレス鋼の硬さと 0.2%耐力の関係

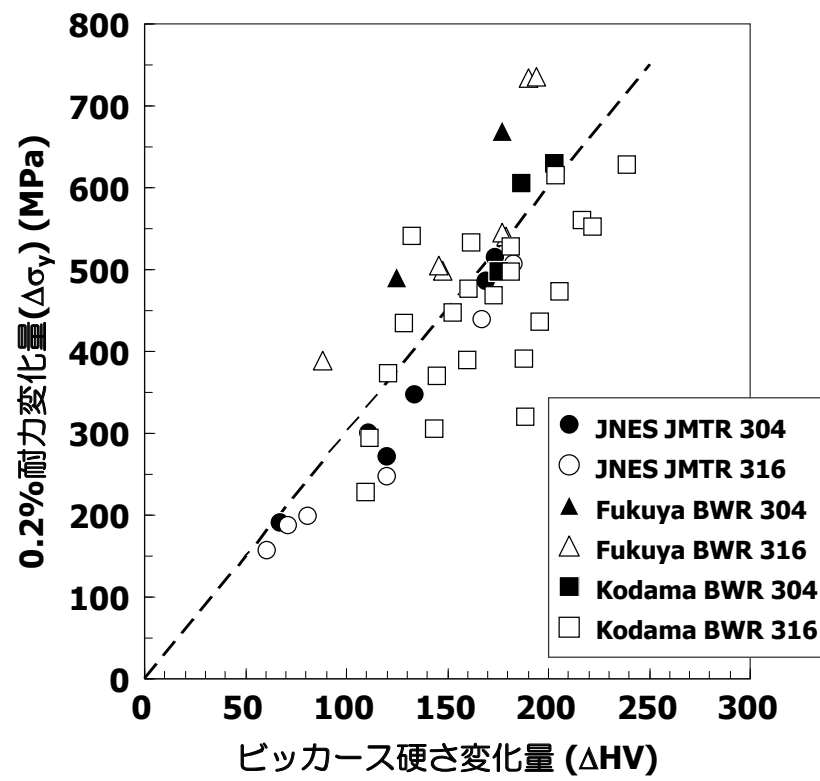


図 11 照射ステンレス鋼の硬さ増加量と 0.2%耐力増加量の関係

3.4. 破壊靱性

(1) 調査結果の概要

炉内構造物の健全性評価では、炉内構成材料の破壊靱性とそれに及ぼす照射影響に係る知見が必須である。表 5は、破壊靱性に関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BF-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、9件の文献から133のデータを抽出した。

発電技研が実施した国プロでは、海外BWRの実機部材から加工した3点曲げ試験片、CT試験片、ショートロッド(Short Rod: 以下、SR)試験片を用いたデータが取得されており[38]、これらのデータは、維持規格で示されている破壊靱性の線図策定のための根拠となっている。その後JNESが実施した国プロでも、JMTRで照射した0.5T-CT試験片を用いて破壊靱性試験が行われている[14]。JMTR以外の試験炉照射材を用いた破壊靱性試験として、Halden Boiling Water Reactor(以下、HBWR)で照射した1/4T-CT試験片を用いた結果が報告されている[40], [41], [42]。さらに、ステンレス鋼母材ではないが、原子炉圧力容器内面のステンレスクラッドを模擬した溶接金属をJMTRで照射し、破壊靱性試験を実施した結果が報告されている[43]。一方、実機部材を使った破壊靱性評価では、BWRの炉心シュラウド廃材から加工したサイズの異なるCT試験片を使って試験を行った結果が報告されており[22], [39]、炉心シュラウド実厚(1.5T-CT相当)のCT試験片を用いた結果が報告されている[20]。

一般に、破壊靱性試験より得られたデータに対して試験片の形状とサイズに依存して有効性の評価が行われるが、実機部材を用いた試験の場合、部材の形状によってTP形状とサイズに制約が生じるため、破壊靱性値の有効性が担保されない可能性がある。但し、本調査では、抽出した個別の破壊靱性試験結果に対する有効性の評価は行わなかった。

上に挙げた破壊靱性データのほとんどは試験温度288℃での J_{IC} 評価結果であり、一部の試験は室温や150℃で行われている[39]。供試材には主として304、304L、316、316Lの母材が用いられていたが、加えてクラッド模擬溶接金属やステンレス鋳鋼であるCF8M等を用いた試験も行われている[40], [41]。これら供試材の照射量は最大で12 dpaであった。

(2) データシートの構成

破壊靱性に関する文献等より抽出、整理したデータを表 6に示す。前出の共通項に加えて試験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。

- ・試験環境: 試験を実施した環境や雰囲気(例: 大気)
- ・試験温度(℃)
- ・TP形状: 試験片の形状(例: 0.5T-CT、円筒、ボルト)
 ※亀裂の進展方向と圧延方向等の関係があれば記載した(例: L-T、T-S)。
- ・TP厚さ(mm): CT試験片の公称板厚(図 1のB)
- ・正味厚さ(mm): CT試験片のサイドグループを除いた正味の板厚(図 1の B_n)
- ・TP幅(mm): CT試験片の幅(図 1のH)
- ・TP寸法(mm): CT試験片以外の場合の寸法
- ・機械亀裂長さ及び初期亀裂長さ(図 1の a_0)(mm): 機械加工の先端または導入した予亀裂先

端と荷重点の距離(図 1 の a_n)

- ・初期リガメント(図 1 の L)

※選定した文献に疲労予亀裂長さに関する記載は無かった。

- ・ J_Q (kJ/m²): 破壊靱性値
- ・ $J_{1\text{ mm}}$ (kJ/m²): 亀裂進展量 1 mm の時の破壊靱性値
- ・ J_{IC} (kJ/m²): 所定の試験片板厚に関する判定条件を満たす場合の J_Q 値
(文献に記載された破壊靱性値を記載)
- ・ K_{IC} (MPa√m): 平面ひずみ条件における破壊靱性値
- ・Tearing Modulus(dJ/da): 引裂き係数
- ・ K 値換算値(MPa√m): J 積分値からの換算値
- ※選定した文献に $J_{1\text{ mm}}$ (kJ/m²)(亀裂進展量 1 mm の時の破壊靱性値)の報告はなかった。
- ・耐力、引張強さ: 同一条件材の引張特性データ
- ・ J - R 曲線: 破壊靱性試験による J - R 曲線を示す図の有無
- ・開口幅荷重曲線: 破壊靱性試験による開口幅荷重曲線を示す有無
- ・備考: 調査結果に関する特記事項を記載

※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。

- ・注記: 参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載(例: 準拠した規格 ASTM E1820-08)

(3) データの評価

図 12は、304系と316系SA材の試験温度288℃における破壊靱性値の照射量依存性を示す。この図からわかるように、破壊靱性データは非常にばらつきが大きく、文献によって報告されている値に大きな差が見られた。例えばDemma他は、10 dpa付近での破壊靱性値として10 kJ/m²以下の低い値を報告しているが[22]、Ehrnsten他は500 kJ/m²に近いデータ[39]を示している。

照射ステンレス鋼の破壊靱性値では304系と316系に系統的な違いは見られなかったが、一方、Demma他は、亀裂の進展方向によって系統的な破壊靱性値の差があること[22]を指摘している。具体的には、亀裂進展方向と圧延方向の関係において、亀裂進展を圧延方向に平行に取った(T-L方向)時の破壊靱性値は、圧延方向に直交する方向(L-T)に比べて低い値であった。この理由として、圧延面上にある介在物などが影響していることが挙げられている。介在物の量などは鋼材の清浄度に依存しているため、製鋼方法の変遷や製造時期などが影響することが示唆される。

表 5 破壊靱性に関する調査結果の概要

文献 番号	照射炉	材料	照射温度 (°C)	照射量 (dpa)	TP 形状 [※] 及び 試験温度	データ数
BF-R1 [14]	JMTR	304L、316L	275~298	0.9~10.0	0.5T-CT 288°C	7
BF-R2 [38]	海外 BWR	304	288	2.1~9.0	CT、3 点曲げ、SR 288°C	29
BF-R3 [20]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288	0.2~2.5	0.5~1.5T-CT 288°C	15
BF-R4 [22]	海外 BWR	304L(制御棒) 304(上部格子板)	288	4.7~12	0.5T-CT 288°C	12
	国内 BWR	304(制御棒)	288	7.4~8.4	0.5T-CT 288°C	4
BF-R5 [39]	海外 BWR	304L、316L (制御棒)	288	2.7~8.7	SE(B) RT、150、288°C	15
BF-R6 [40]	HBWR	304	296~305	2.2	1/4T-CT 288°C	6
BF-R7 [41]	HBWR	304、316、316NG	288	0.0~2.9	0.24T-CT 288°C	13
BF-R8 [42]	HBWR	304、316	293	2.0	0.24T-CT 288°C	4
BF-R9 [43]	JMTR	308L 溶接金属 (圧力容器クラッド 模擬)	288	0.0~0.2	0.24T-CT 288°C	28

注： 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。

※) TP 形状 CT: CT 試験片 SE(B): 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片
RT: 室温

This is a blank page.

表 6 破壊靱性に関するデータシート(1) (文献番号 BF-R1[14])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%												熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期 J ₀ /J _{IC} mm	J ₀ kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu			N	Co																						Fe	n/m ² (※)
1	A104	—	JMTR	—	0.5T-CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.93x10 ²⁴	1.01	2.04x10 ⁻⁷	275.3	大気	288	0.5T-CT	12.7	11.4	25.4	—	15.025	10.375	876	—	—	—	—	—	—	有	有	
2	A103	—	JMTR	—	0.5T-CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.16x10 ²⁴	0.91	1.83x10 ⁻⁷	275.3	大気	288	0.5T-CT	12.7	11.4	25.4	—	15.931	9.469	668	—	—	—	—	—	—	有	有	
3	A204	—	JMTR	—	0.5T-CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.03x10 ²⁵	1.77	2.36x10 ⁻⁷	285.4	大気	288	0.5T-CT	12.7	11.4	25.4	—	17.288	8.112	769	—	—	—	—	—	—	有	有	
4	A406	—	JMTR	—	0.5T-CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.02x10 ²⁵	10.0	—	—	大気	288	0.5T-CT	—	—	—	—	—	—	336	—	—	—	—	—	—	有	有	
5	H102	—	JMTR	—	0.5T-CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.22x10 ²⁴	0.93	1.87x10 ⁻⁷	297.7	大気	288	0.5T-CT	12.7	11.4	25.4	—	15.981	9.419	342	—	—	—	—	—	—	有	有	
6	H205	—	JMTR	—	0.5T-CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.04x10 ²⁵	1.86	1.86x10 ⁻⁷	282.8	大気	288	0.5T-CT	12.7	11.4	25.4	—	17.906	7.494	238	—	—	—	—	—	—	有	有	
7	H308	—	JMTR	—	0.5T-CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.28x10 ²⁵	3.26	—	—	大気	288	0.5T-CT	—	—	—	—	—	—	418	—	—	—	—	—	—	有	有	

注記: 疲労予き裂長さ、き裂方向、J_{1mm}、及び破壊靱性データに関連する引張特性のうち一様伸び、全伸び、絞りの報告なし。照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1 dpa 換算、試験は ASTM E1820-08 に準拠。耐力は 0.2%耐力

表 6 破壊靱性に関するデータシート(2)(1/2) (文献番号 BF-R2[38])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	TP 寸法 mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リファメント mm	J ₀ kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅-荷重曲線	備考									
																							n/m ^{2(※)}	dpa																													
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co																									Fe								
1	P1-L	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0-6.1 x10 ²⁵	7.4-9.0	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	—	—	70.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
2	P2-L	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0-6.1 x10 ²⁵	7.4-9.0	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	—	—	74.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
3	P3-L	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0-6.1 x10 ²⁵	7.4-9.0	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	—	—	67.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4	P4-L	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0-6.1 x10 ²⁵	7.4-9.0	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	—	—	53.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5	P5-L	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.6-5.6 x10 ²⁵	6.9-8.4	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	(Valid)	55.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
6	P7-L	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.6-5.6 x10 ²⁵	6.9-8.4	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	(Valid)	67.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
7	P1-U	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.4-1.9 x10 ²⁵	2.1-2.8	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	—	—	57.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
8	P2-U	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6-2.2 x10 ²⁵	2.3-3.3	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	(Valid)	58.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
9	P3-U	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6-2.2 x10 ²⁵	2.3-3.3	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	(Valid)	52.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
10	P4-U	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6-2.2 x10 ²⁵	2.3-3.3	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	—	—	61.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
11	P5-U	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6-2.2 x10 ²⁵	2.3-3.3	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	(Valid)	59.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
12	P7-U	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6-1.9 x10 ²⁵	2.1-2.8	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	(Valid)	58.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
13	P8-U	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6-2.2 x10 ²⁵	2.3-3.3	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	—	—	65.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
14	P9-U	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	10.29	19.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6-2.2 x10 ²⁵	2.3-3.3	—	288	大気	288	SR	φ 12.7	—	—	—	—	—	—	(Valid)	43.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
15	26801	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	3PB	10.7x5.1x48.3	—	—	—	—	—	—	93	—	—	112	696	—	—	—	—	—	—	—	—			
16	26802	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	3PB	10.7x5.1x48.3	—	—	—	—	—	—	97	—	—	118.3	690	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
17	26803	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	3PB	10.7x5.1x48.3	—	—	—	—	—	—	109	—	—	130.9	678	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
18	C26804	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5x10 ²⁵	5.25	—	288	大気	288	3PB	10.7x5.1x48.3	—	—	—	—	—	—	101	—	—	138.9	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
19	C26805	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5x10 ²⁵	5.25	—	288	大気	288	3PB	10.7x5.1x48.3	—	—	—	—	—	—	93	—	—	133.2	220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
20	C26806	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5x10 ²⁵	5.25	—	288	大気	288	3PB	10.7x5.1x48.3	—	—	—	—	—	—	130	—	—	157.4	380	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
21	CO833B	—	BWR	㉞	—	304	0.05	0.55	1.48	0.018	0.015	9.01	18.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	0.5T-CT	厚さ 7.5 (正味厚さ 7.5)	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	67.5	826	828	—	—	—	—	—	—	—	—		
22	CO862A	—	BWR	㉞	—	304	0.05	0.55	1.48	0.018	0.015	9.01	18.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	0.5T-CT	厚さ 7.5 (正味厚さ 7.5)	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	59.6	811	818	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	CO862D	—	BWR	㉞	—	304	0.05	0.55	1.48	0.018	0.015	9.01	18.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	0.5T-CT	厚さ 7.5 (正味厚さ 7.5)	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	52.5	811	818	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	CO862B	—	BWR	㉞	—	304	0.05	0.55	1.48	0.018	0.015	9.01	18.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	0.5T-CT	厚さ 7.5 (正味厚さ 7.5)	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	62.7	811	818	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	CO834B	—	BWR	㉞	—	304	0.05	0.55	1.48	0.018	0.015	9.01	18.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	0.5T-CT	厚さ 7.5 (正味厚さ 7.5)	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	63.8	813	820	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	CO835A	—	BWR	㉞	—	304	0.05	0.55	1.48	0.018	0.015	9.01	18.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0x10 ²⁵	4.5	—	288	大気	288	0.5T-CT	厚さ 7.5 (正味厚さ 7.5)	25.4	—	—	—	—	—	—	(K _{JC})	146.3	722	724	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27	O538	—	BWR	㉞	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.7x10 ²⁵	4.1	—	288	大気	288	0.5T-CT	厚さ 7.5 (正味厚さ 7.5)	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	58.9	698	706	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 6 破壊靱性に関するデータシート(2)(2/2) (文献番号 BF-R2[38])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%												熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リガメント mm	J _Q kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu			N	Co																						Fe
							n/m ² (※)	dpa																																				
28	O537-1	—	BWR	㊦	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	288	大気	288	0.5T-CT	7.5	7.5	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	61.3	723	727	—	—			
29	O537-2	—	BWR	㊦	—	304	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	288	大気	288	0.5T-CT	7.5	7.5	25.4	—	—	—	—	—	—	—	—	48	723	727	—	—			

注記: 疲労予き裂長さ、き裂方向、J_{1mm}、及び破壊靱性データに関連する引張特性のうち一様伸び、全伸び、絞りの報告なし。ショートロッド試験は ASTM E1340-89、3 点曲げ及び CT 試験は ASTM E813-89 及び ASTM E1152-87 に準拠。耐力は 0.2%耐力

表 6 破壊靱性に関するデータシート(3) (文献番号 BF-R3[20])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%												熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リガメント mm	J _Q kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考			
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu			N	Co																						Fe		
							n/m ² (※)	dpa																																						
1	15R2 FR03	—	BWR	㊦ _(T-2)	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	7.0x10 ²⁴	1.00	—	288	大気	288	0.5T-CT (実厚)	9.1	7.3	25.4	13.08	15.55	9.85	478	—	—	—	541	—	—	—	有	—	
2	15R2 FR04	—	BWR	㊦ _(T-2)	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	7.0x10 ²⁴	1.00	—	288	大気	288	0.5T-CT (実厚)	9.1	7.3	25.4	12.71	15.46	9.94	410	—	—	—	542	—	—	—	有	—	
3	15R2 FR07	—	BWR	㊦ _(T-4)	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.4x10 ²⁴	0.49	—	288	大気	288	0.5T-CT (実厚)	9.1	7.3	25.4	12.8	15.34	10.06	478	—	—	—	579	—	—	—	有	—	
4	15R2 FR08	—	BWR	㊦ _(T-4)	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.4x10 ²⁴	0.49	—	288	大気	288	0.5T-CT (実厚)	9.1	7.3	25.4	12.57	15.44	9.96	547	—	—	—	625	—	—	—	有	—	
5	15R2 FR01	—	BWR	㊦ _(T-2)	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.7x10 ²⁵	2.43	—	288	大気	288	0.5T-CT (実厚)	9.1	7.3	25.4	13	15.51	9.89	268	—	—	—	367	—	—	—	有	—	
6	15R2 FR02	—	BWR	㊦ _(T-2)	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.7x10 ²⁵	2.43	—	288	大気	288	0.5T-CT (実厚)	9.1	7.3	25.4	12.61	15.23	10.17	245	—	—	—	372	—	—	—	有	—	
7	15R2 FR05	—	BWR	㊦ _(T-4)	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	8.4x10 ²⁴	1.20	—	288	大気	288	0.5T-CT (実厚)	9.1	7.3	25.4	12.66	15.41	9.99	404	—	—	—	572	—	—	—	有	—	
8	15R2 FR06	—	BWR	㊦ _(T-4)	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	8.4x10 ²⁴	1.20	—	288	大気	288	0.5T-CT (実厚)	9.1	7.3	25.4	12.63	15.53	9.87	410	—	—	—	559	—	—	—	有	—	
9	S1 母材 1a	—	BWR	㊦ _(S-1)	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁴	0.20	—	288	大気	288	1T-CT	25.4	20.3	50.8	—	—	—	440	—	—	—	229	—	—	—	有	—	
10	S2 母材 4	—	BWR	㊦ _(S-2)	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	9.45	18.68	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.8x10 ²⁴	0.54	—	288	大気	288	1T-CT	25.4	20.3	50.8	—	—	—	146	146	—	286	—	—	—	有	—		
11	S1 母材 1b	—	BWR	㊦ _(S-1)	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁴	0.20	—	288	大気	288	1.5T-CT	38	28.6	76	—	—	—	362	362	—	399	—	—	—	有	—		
12	S3 母材 5	—	BWR	㊦ _(S-3)	—	304	0.060	0.70	0.99	0.025	0.006	9.42	18.58	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	大気	288	1.5T-CT	38	28.6	76	—	—	—	142	142	—	297	—	—	—	有	—		
13	S2 母材 6	—	BWR	㊦ _(S-2)	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	9.45	18.68	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.9x10 ²⁴	0.84	—	288	大気	288	1.5T-CT (実厚)	38	38	76	—	—	—	164	164	—	352	—	—	—	有	—		
14	S3_HAZ_5a	—	BWR	㊦ _(S-3)	—	304	0.060	0.70	0.99	0.025	0.006	9.42	18.58	—	—	—	—	—	—	Bal.	HAZ	—	5.2x10 ²⁴	0.74	—	288	大気	288	0.7T-CT	17.8	14.2	35.6	—	—	—	163	163	—	122	—	—	—	有	—		
15	S3_HAZ_5b	—	BWR	㊦ _(S-3)	—	304	0.060	0.70	0.99	0.025	0.006	9.42	18.58	—	—	—	—	—	—	Bal.	HAZ	—	5.2x10 ²⁴	0.74	—	288	大気	288	0.7T-CT	17.8	14.2	35.6	—	—	—	178	178	—	163	—	—	—	有	—		

注記: 疲労予き裂長さ、き裂方向、J_{1mm}、及び破壊靱性データに関連する引張特性のうち一様伸び、全伸び、絞りの報告なし。照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1 dpa 換算、試験は ASTM E1820-08 に準拠。耐力は 0.2%耐力

表 6 破壊靱性に関するデータシート(4)(1/2) (文献番号 BF-R4[22])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状 (亀裂方向)	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リガメント mm	J _Q kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ² (※)																						dpa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	A	—	BWR	㊦	—	304	0.070	0.85	1.45	0.026	0.030	8.51	19.51	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.2x10 ²⁵	7.4	—	288	大気	288	0.5T-CT (T-L)	7	6.3	16	—	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 6 破壊靱性に関するデータシート(4)(2/2) (文献番号 BF-R4[22])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%												熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験環境	試験温度 °C	TP 形状	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リファメント mm	J ₀ kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅-荷重曲線	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu			N	Co																					
13	57960	—	BWR	㊦	—	304L	0.018	0.60	1.15	0.015	0.004	10.65	18.17	—	—	—	—	Bal.	AR	—	9.1x10 ²⁵	12.0	—	288	大気	288	0.5T-CT (T-L)	7	6.3	16	—	—	—	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	57954	—	BWR	㊦	—	304L	0.023	0.59	1.01	0.016	0.003	10.36	18.62	—	—	—	—	Bal.	AR	—	9.1x10 ²⁵	12.0	—	288	大気	288	0.5T-CT (T-L)	7	6.3	16	—	—	—	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	57952	—	BWR	㊦	—	304L	0.024	0.59	1.01	0.016	0.003	10.36	18.62	—	—	—	—	Bal.	AR	—	9.1x10 ²⁵	12.0	—	288	大気	288	0.5T-CT (L-T)	7	6.3	16	—	—	—	145	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	55439	—	BWR	㊦	—	304L	0.017	0.53	1.13	0.020	0.007	11.36	18.78	—	—	—	—	Bal.	AR	—	9.1x10 ²⁵	12.0	—	288	大気	288	0.5T-CT (L-T)	7	6.3	16	—	—	—	145	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記: 疲労予き裂長さ、き裂方向、J_{1mm}、及び破壊靱性データに関連する引張特性のうち一様伸び、全伸び、絞りの報告なし。試験は ASTM E1820 に準拠。耐力は 0.2%耐力

表 6 破壊靱性に関するデータシート(5) (文献番号 BF-R5[39])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%															熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験環境	試験温度 °C	TP 形状 mm	TP 寸法 mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リファメント mm	J ₀ kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考				
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe			n/m ² (※)	dpa																								
1	—	1912	BWR	㊦	—	304L	0.015	0.23	1.09	0.021	0.001	10.34	18.16	—	—	—	—	0.021	0.024	Bal.	—	—	—	3.0	—	288	大気	22	SE(B)	8x10x55	—	—	—	—	—	760	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
2	—	1912	BWR	㊦	—	304L	0.015	0.23	1.09	0.021	0.001	10.34	18.16	—	—	—	—	0.021	0.024	Bal.	—	—	—	3.0	—	288	大気	30	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	675	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	—	1912	BWR	㊦	—	304L	0.015	0.23	1.09	0.021	0.001	10.34	18.16	—	—	—	—	0.021	0.024	Bal.	—	—	—	3.0	—	288	大気	150	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	616	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	—	1912	BWR	㊦	—	304L	0.015	0.23	1.09	0.021	0.001	10.34	18.16	—	—	—	—	0.021	0.024	Bal.	—	—	—	3.0	—	288	大気	288	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	339	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	—	1914	BWR	㊦	—	304L	0.015	0.23	1.09	0.021	0.001	10.34	18.16	—	—	—	—	0.021	0.024	Bal.	—	—	—	8.3	—	288	大気	22	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	830	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	—	1914	BWR	㊦	—	304L	0.015	0.23	1.09	0.021	0.001	10.34	18.16	—	—	—	—	0.021	0.024	Bal.	—	—	—	8.3	—	288	大気	22	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	1035	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	—	1914	BWR	㊦	—	304L	0.015	0.23	1.09	0.021	0.001	10.34	18.16	—	—	—	—	0.021	0.024	Bal.	—	—	—	8.3	—	288	大気	288	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	335	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	—	1914	BWR	㊦	—	304L	0.015	0.23	1.09	0.021	0.001	10.34	18.16	—	—	—	—	0.021	0.024	Bal.	—	—	—	8.3	—	288	大気	288	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	—	01-541	BWR	㊦	—	316L	0.010	0.01	1.28	0.005	0.006	13.50	16.30	2.64	—	—	—	—	0.064	0.150	Bal.	—	—	—	2.7	—	288	大気	288	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	288	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	01-512	BWR	㊦	—	316L	0.012	0.08	1.31	0.003	0.010	13.25	16.23	2.62	—	—	—	—	0.071	0.008	Bal.	—	—	—	3.5	—	288	大気	22	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	325	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	01-512	BWR	㊦	—	316L	0.012	0.08	1.31	0.003	0.010	13.25	16.23	2.62	—	—	—	—	0.071	0.008	Bal.	—	—	—	3.5	—	288	大気	288	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	215	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	01-297	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.10	1.28	0.003	0.005	12.42	16.38	2.56	—	—	—	—	0.064	0.016	Bal.	—	—	—	8.7	—	288	大気	22	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	365	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	01-297	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.10	1.28	0.003	0.005	12.42	16.38	2.56	—	—	—	—	0.064	0.016	Bal.	—	—	—	8.7	—	288	大気	22	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	01-297	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.10	1.28	0.003	0.005	12.42	16.38	2.56	—	—	—	—	0.064	0.016	Bal.	—	—	—	8.7	—	288	大気	288	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	01-297	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.10	1.28	0.003	0.005	12.42	16.38	2.56	—	—	—	—	0.064	0.016	Bal.	—	—	—	8.7	—	288	大気	288	SE(B)	8x10x55	8x10x55	—	—	—	—	—	235	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記: 疲労予き裂長さ、き裂方向、J_{1mm}、及び破壊靱性データに関連する引張特性のうち一様伸び、全伸び、絞りの報告なし。試験は ASTM E1820 に準拠。耐力は 0.2%耐力

表 6 破壊靱性に関するデータシート(6) (文献番号 BF-R6[40])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リファメント mm	J ₀ kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe																						n/m ² (※)
1	85-3TT	—	HBWR	—	CT	304	0.070	0.60	1.90	0.015	0.007	8.45	18.56	0.51	—	—	—	—	—	Bal.	Sen →	—	—	2.16	—	296-305	BWR 模擬	289	0.24T-CT	6.5	5.6	12	6	—	—	176	—	—	—	—	—	—	有	—	600℃ x10.5h
2	85-5A2TT	—	HBWR	—	CT	304	0.070	0.60	1.90	0.015	0.007	8.45	18.56	0.51	—	—	—	—	—	Bal.	Sen →	—	—	2.16	—	296-305	大気	289	0.24T-CT	6.5	5.6	12	6	—	—	238	—	—	—	—	—	有	—	600℃ x24h	
3	85-XA	—	HBWR	—	CT	304(HAZ)	0.070	0.60	1.90	0.015	0.007	8.45	18.56	0.51	—	—	—	—	—	Bal.	Sen →	—	—	2.16	—	296-305	BWR 模擬	289	0.24T-CT	6.5	5.6	12	6	—	—	128	—	—	—	—	—	有	—	600℃ x10.5h	
4	85-XB	—	HBWR	—	CT	304(HAZ)	0.070	0.60	1.90	0.015	0.007	8.45	18.56	0.51	—	—	—	—	—	Bal.	Sen →	—	—	2.16	—	296-305	大気	289	0.24T-CT	6.5	5.6	12	6	—	—	—	—	—	—	有	—	600℃ x10.5h			
5	CG6TA	—	HBWR	—	CT	304(HAZ)	0.013	0.53	1.84	0.027	0.016	9.05	18.23	0.44	—	—	—	—	—	Bal.	Sen →	—	—	2.16	—	296-305	BWR 模擬	289	0.24T-CT	6.5	5.6	12	6	—	—	121	—	—	—	—	有	—	600℃ x10.5h		
6	CG6TB	—	HBWR	—	CT	304(HAZ)	0.013	0.53	1.84	0.027	0.016	9.05	18.23	0.44	—	—	—	—	—	Bal.	Sen →	—	—	2.16	—	296-305	大気	289	0.24T-CT	6.5	5.6	12	6	—	—	125	—	—	—	—	有	—	600℃ x10.5h		

表 6 破壊靱性に関するデータシート(7) (文献番号 BF-R7[41])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リガメント mm	J ₀ kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe																					
1	JR-12	—	—	—	—	316NG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	50	0	0	—	—	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.8	12	—	7.14	—	—	51	—	—	—	—	—	有	有	
2	JR-19	—	—	—	—	316NG	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	50	0	0	—	—	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.8	12	—	7.35	—	—	61	—	—	—	—	—	有	有	
3	C16-A	—	HBWR	—	CT	316	0.029	0.42	1.65	0.026	0.003	12.32	16.91	2.18	—	—	—	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.9	12	—	7.28	—	—	378	—	—	—	562	618	有	有	
4	C19-D	—	—	—	—	304	0.060	0.51	1.00	0.028	0.008	8.13	18.05	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	0	0	—	—	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.9	12	—	7.28	—	—	835	—	—	—	178	501	有	有	
5	L20-D	—	—	—	—	304	0.009	0.10	0.47	0.020	0.005	8.88	18.06	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	0	0	—	—	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.9	12	—	7.22	—	—	119	—	—	—	—	—	有	有	
6	L2-C	—	—	—	—	304	0.074	0.82	1.58	0.080	0.031	10.50	17.02	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	0	0	—	—	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.8	12	—	7.38	—	—	237	—	—	—	193	348	有	有	
7	L2-E	—	—	—	—	304	0.074	0.82	1.58	0.080	0.031	10.50	17.02	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	0	0	—	—	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.9	12	—	7.38	—	—	154	—	—	—	193	348	有	有	
8	C19-A	—	HBWR	—	CT	304	0.060	0.51	1.00	0.028	0.008	8.13	18.05	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	3.0x10 ²⁴	0.43	—	288	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.9	12	—	7.45	—	—	599	—	—	—	554	682	有	有	
9	C19-B	—	HBWR	—	CT	304	0.060	0.51	1.00	0.028	0.008	8.13	18.05	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.9	12	—	7.36	—	—	368	—	—	—	750	769	有	有	
10	C19-C	—	HBWR	—	CT	304	0.060	0.51	1.00	0.028	0.008	8.13	18.05	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.9	12	—	7.38	—	—	188	—	—	—	787	801	有	有	
11	L20-A	—	HBWR	—	CT	304	0.009	0.10	0.47	0.020	0.005	8.88	18.06	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	3.0x10 ²³	0.04	—	288	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.9	12	—	7.38	—	—	62	—	—	—	454	552	有	有	
12	L20-B	—	HBWR	—	CT	304	0.009	0.10	0.47	0.020	0.005	8.88	18.06	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.8	12	—	7.38	—	—	37	—	—	—	454	552	有	有	
13	L2A	—	HBWR	—	CT	304	0.074	0.82	1.58	0.080	0.031	10.50	17.02	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	大気	288	0.24T-CT	6.5	5.8	12	—	7.38	—	—	35	—	—	—	839	849	有	有	

注記: 疲労予き裂長さ、き裂方向、J_{1mm}、及び破壊靱性データに関連する引張特性のうち一様伸び、全伸び、絞りの報告なし。照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1 dpa 換算、試験は ASTM E-1737 に準拠。耐力は 0.2%耐力

表 6 破壊靱性に関するデータシート(8) (文献番号 BF-R8[42])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%												熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リガメント mm	J ₀ kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu			N	Co																						Fe	n/m [※]	dpa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1	monGBE304	—	HBWR	—	—	304	0.065	0.40	1.56	0.013	0.014	8.40	18.32	0.36	—	—	—	—	0.086	—	Bal.	—	—	1.31x10 ²⁵	2.0	—	293	BWR模擬水	288	0.24T-CT	—	—	—	—	—	—	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—</

注記: 疲労予き裂長さ、き裂方向、J_{1mm}、及び破壊靱性データに関連する引張特性のうち一様伸び、全伸び、絞りの報告なし。GBE 処理: 粒界性格制御熱処理。耐力は 0.2%耐力

表 6 破壊靱性に関するデータシート(9)(1/2) (文献番号 BF-R9[43])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験環境	試験温度 ℃	TP 形状	TP 厚さ mm	正味厚さ mm	TP 幅 mm	機械亀裂長さ mm	初期亀裂長さ mm	初期リガメント mm	J ₀ kJ/m ²	J _{IC} kJ/m ²	K _{IC} MPa√m	Tear. Mod. dJ/da	K 値換算 MPa√m	耐力 MPa	引張強さ MPa	J-R 曲線	開口幅・荷重曲線	備考			
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m [※]																						dpa		
1	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	-50	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	167	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	25	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	126	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	25	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	167	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	25	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	141	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	25	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	199	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	120	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	133	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	120	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	117	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	200	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	200	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	0	0.0	—	288	大気	270	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	1.2x10 ²⁴	0.2	—	288	大気	25	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	162	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	1.2x10 ²⁴	0.2	—	288	大気	120	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	134	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	—	—	JMTR	Clad	0.4T-CT	308L	0.030	0.84	1.56	0.009	0.009	10.40	19.60	0.01	—	—	—	—	0.028	—	Bal.	WM	—	1.2x10 ²⁴	0.2	—	288	大気	200	0.4T-CT	—	—	—	—	—	—	87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

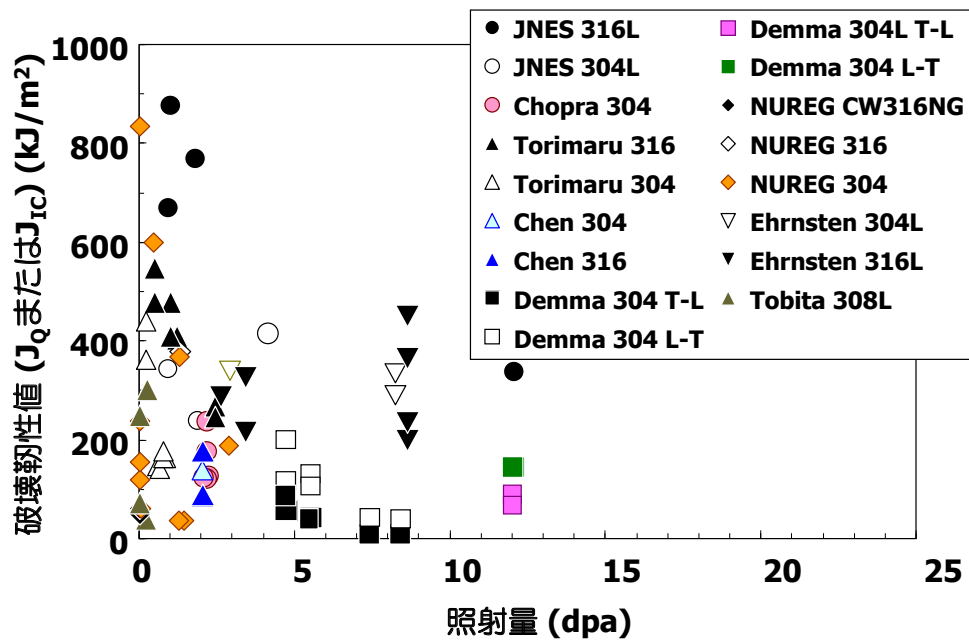


図 12 照射ステンレス鋼の破壊靱性値の照射量依存性

3.5. IASCC 感受性

(1) 調査結果の概要

IASCC感受性は、BWR炉心水質を模擬した高温水中SSRT試験により、主として破断面におけるIG割れ及びTG割れの比率(破面率)をデータとして中性子照射量との関係が検討されている。表 7は、IASCC発生に関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BII-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、12件の文献から154のデータを抽出した。

JNESが実施した国プロでは、JMTRで中性子照射した試験片を用いたデータが取得されている[14]。また、IASCC対策材開発の一環として実施した結果として、実機部材あるいは実機照射材を用いた対象としたデータが多数報告されている[44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51]。これらの国内BWRの実機部材や実機照射材のデータは、炉内構造物の健全性評価において、IASCCを考慮すべきしきい照射量の設定のための根拠として用いられている。

試験炉照射材データは上記の国プロの他にJMTR照射材等があるが、系統的な試験結果としてATR照射材のデータが挙げられる[52], [53]。

(2) データシートの構成

IASCC発生に関する文献等より抽出、整理したデータを表 8に示す。前出の共通項に加えて試験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。

- ・試験温度(°C)
- ・試験環境: BWR 炉内条件を模擬した試験水中の DO(ppm)、DH(ppm)
- ・水の導電率($\mu\text{S}/\text{cm}$)
- ・ECP(mV_{SHE})
- ※これらのデータには、参照した文献等に準拠して不等号を付した。
- ・TP 形状: 試験片の形状(例: 引張試験片)
- ・平行部寸法: 引張試験片の場合のゲージ部の断面積(mm^2)または直径(mm)、並びに長さ(mm)
- ・採取方向: 試験片の長手方向と供試材形状との関係(例: 圧延方向、T-L)
- ※採取方向に関する情報はなかった。
- ・ひずみ速度(/s): SSRT 試験におけるひずみ速度
- ・耐力(MPa): SSRT 試験の応力ひずみ曲線の 0.2%耐力に相当する応力(みかけの 0.2%耐力)
- ・最大応力(MPa): SSRT 試験の応力ひずみ曲線の最大の応力
- ・最大応力時ひずみ(%): SSRT 試験の応力ひずみ曲線で最大応力の時のひずみ量
- ・IASCC 発生ひずみ(%): 参考文献 BIS-R5[47]で定義された IASCC 発生時のひずみ量
- ・破断ひずみ(%): 破断時のひずみ量
- ・破断時間(h)
- ・IG 破面率(%): 破断面における粒界割れの比率
- ・TG 破面率(%): 破断面における粒内割れの比率
- ・応力ひずみ線図: SSRT 試験による応力ひずみ曲線を示す図の有無
- ・備考: 調査結果に関する特記事項を記載

※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。

・注記：参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載

(3) データの評価

図 13は、BWR炉内環境を模擬する条件として用いられる288℃、2~32ppmDOの高温水中で実施したSSRT試験による実機部材や実機照射材の粒界割れ破面率と照射量の関係を示す。本図では、照射量の範囲を20 dpaまでと5 dpaまでの二通りで示した。粒界破面率は、照射量の増加とともに増加し、3 dpaを超えると破面率は高くなった。低照射量のデータも充実しており、粒界破面が現れる照射量は約0.7 dpaである。図 14は、図 13に示したデータを304系と316系の材料に分けてプロットした結果を示す。304系では1 dpa以下で粒界割れが生じたのに対し、316系では1 dpaを超えた領域で粒界割れが認められた。

環境や材料の違いがIASCC感受性に及ぼす影響についても調べられており、DOが高いほど感受性が高くなる傾向があることが示されている[44], [46]。また、ステンレス鋼に含まれる不可避な不純物がIASCC感受性に及ぼす影響に着目し、JIS規格の範囲内で不純物(P、Si、N等)濃度を調整した材料のIASCC感受性に関する結果が報告されている[47]。しかし、他のIASCC感受性評価結果も総合すると、現在では、IASCC感受性に及ぼす不可避な不純物の影響は顕著ではない、との考え方が一般的となっている。

表 7 IASCC 感受性に関する調査結果の概要

文献 番号	照射炉	材料	照射温度 (℃)	照射量 (dpa)	試験方法 及び試験条件	データ数
BIS-R1 [14]	JMTR	304、304L、316L	262~302	0.0~12.8	SSRT 温度 288℃ 32ppmDO	29
BIS-R2 [44]	国内 BWR	304、316 (炉内計装管等)	288	0.1~13.1	SSRT 温度 288℃ 0.02~32ppmDO	39
BIS-R3 [45]	国内 BWR	304 (炉内計装管等)	288	18.6	SSRT 温度 288℃ 0.02~32ppmDO	6
BIS-R4 [46]	国内 BWR	304 (炉内計装管等)	288	18.6	SSRT 温度 290℃ <0.001~32ppmDO	9
BIS-R5 [47]	国内 BWR	304、304L、316L (照射試験片)	288	1.8~3.0	SSRT 温度 288℃ 32ppmDO	12
BIS-R6 [48]	国内 BWR	304、316、316L (照射試験片)	288	1.8~3.0	SSRT 温度 288℃ 32ppmDO	6
BIS-R7 [49]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288	0.1~1.8	SSRT 温度 288℃ 32ppmDO	6
BIS-R8 [50]	海外 BWR	304	288	0.0~4.3	SSRT 温度 288℃ 32~36ppmDO	13
BIS-R9 [51]	海外 BWR	304、304L、316、316L、 316NG、347、347L	288	2.6~3.4	SSRT 温度 288℃ 32ppmDO	17
BIS-R10 [52]	ATR	304、304L、316L、 316NG	287	0.0~3.6	SSRT 温度 290℃ 0.2~32ppmDO	16
BIS-R11 [53]						
BIS-R12 [54]	BWR (Barseback)	304L (制御棒)	記載なし	5.9	SSRT 温度 288℃ 2ppmDO	1

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。
DO: 溶存酸素濃度

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(1) (文献番号 BIS-R1[14])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひすみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC 発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考			
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe				DO ppm	DH ppb				断面積 mm ²	長さ mm														
1	A031	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0.00	0.00	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	162	481	40.3	—	46.1	—	0	0	0	有	
2	A133	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.71x10 ²⁴	0.95	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	354	481	28.8	—	35.6	—	0	0	0	有	
3	A139	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	4.04x10 ²⁴	0.67	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	354	481	32.1	—	39.2	—	0	0	0	有	
4	A231	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.16x10 ²⁵	1.93	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	411	546	23.0	—	29.8	—	0	0	0	有	
5	A242	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	8.94x10 ²⁴	1.49	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	411	553	27.8	—	30	—	0	0	0	有	
6	A339	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.08x10 ²⁵	5.13	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	614	645	10.8	—	19.3	—	0	0	0	有	
7	A346	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.53x10 ²⁵	4.22	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	614	647	16.7	—	23.3	—	0	0	0	有	
8	A431	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.31x10 ²⁵	12.18	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	686	724	2.8	—	8.9	—	0	0	0	有	
9	A434	—	JMTR	—	引張	316L(HT)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.62x10 ²⁵	12.70	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	686	704	6.5	—	8.6	—	0	0	0	有	
10	E333	—	JMTR	—	引張	316L(AR)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	AR	—	2.33x10 ²⁵	3.88	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	—	658	13.9	—	21.3	—	0	0	0	有	
11	E336	—	JMTR	—	引張	316L(AR)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	AR	—	2.09x10 ²⁵	3.48	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	—	641	20.3	—	26.0	—	0	0	0	有	
12	R031	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0.00	0.00	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	156	513	44.2	—	48.9	—	0	0	0	有	
13	R132	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.8x10 ²⁴	0.97	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	460	607	27.0	—	35.4	—	0	4	0	有	
14	R136	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	4.61x10 ²⁴	0.77	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	460	626	26.8	—	33.9	—	0	0	0	有	
15	R231	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	8.56x10 ²⁴	1.43	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	517	604	24.7	—	30.1	—	0	0	0	有	
16	R236	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	7.56x10 ²⁴	1.26	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	517	583	21.1	—	24.7	—	9	14	0	有	
17	R331	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.19x10 ²⁵	3.65	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	740	703	3.0	—	6.1	—	67	13	0	有	
18	R334	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	1.87x10 ²⁵	3.12	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	740	705	2.6	—	5.4	—	65	12	0	有	
19	R431	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	6.79x10 ²⁵	11.32	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	790	760	2.8	—	4.8	—	61	32	0	有	
20	R432	—	JMTR	—	引張	304(HT)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	7.11x10 ²⁵	11.85	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	790	787	2.5	—	4.5	—	59	21	0	有	
21	H031	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	0.00	0.00	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	159	466	38.4	—	42.2	—	0	0	0	有	
22	H133	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	6.6x10 ²⁴	1.10	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	354	475	27.3	—	34.2	—	0	0	0	有	
23	H141	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	4.38x10 ²⁴	0.73	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	354	470	29.1	—	35.8	—	0	0	0	有	
24	H231	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.06x10 ²⁵	1.77	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	425	527	22.8	—	33.1	—	0	0	0	有	
25	H242	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	8.31x10 ²⁴	1.39	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	425	505	24.7	—	30.0	—	0	0	0	有	
26	H333	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.49x10 ²⁵	4.15	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	639	639	4.8	—	10.5	—	0	0	0	有	
27	H341	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	3.02x10 ²⁵	5.03	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	639	646	4.5	—	11.9	—	0	0	0	有	
28	H434	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	7.63x10 ²⁵	12.72	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	680	693	2.6	—	8.8	—	0	0	0	有	
29	H435	—	JMTR	—	引張	304L(HT)	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	7.47x10 ²⁵	12.45	—	262-302	288	32	—	<0.2	—	平板	4	16	2.5x10 ⁻⁷	680	695	2.6	—	9.2	—	0	0	0	有	

注記: 試験片の採取方向に関する情報なし

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(2)(1/2) (文献番号 BIS-R2[44])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	n/m ² (※)			dpa	DO ppm				DH ppb	断面積 mm ²				長さ mm												
1	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	7.0x10 ²³	0.10	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	545	—	—	33.9	—	0	0	無				
2	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁴	0.30	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	517	—	—	11.7	—	0	50	無				
3	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁴	0.30	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	534	—	—	14.8	—	0	37	有				
4	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.1x10 ²⁴	0.81	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	581	—	—	12.2	—	2	23	無				
5	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.1x10 ²⁴	0.81	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	570	—	—	12	—	2	47	有				

注記: 試験片の採取方向に関する情報なし

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: みかけの 0.2%耐力 ※)照射量は E>1 MeV
・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(2)(2/2) (文献番号 BIS-R2[44])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	DO ppm			DH ppb	断面積 mm ²				長さ mm																	
6	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	610	—	—	22.9	—	2	0	無				
7	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	777	—	—	26.5	—	2	0	有				
8	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	8	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	590	—	—	24.5	—	0	0	無				
9	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	8	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	666	—	—	26.5	—	0	0	無				
10	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	0.02	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	625	—	—	22.2	—	0	0	無				
11	—	SUS304A	BWR	①	—	304A	0.050	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.60	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	0.02	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	625	—	—	22.1	—	0	0	無				
12	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	859	—	—	3.1	—	67	0	無				
13	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	804	—	—	2.6	—	69	0	無				
14	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	288	2	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	814	—	—	2.4	—	50	0	無				
15	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	288	2	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	714	—	—	2.3	—	56	0	無				
16	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	288	0.2	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	806	—	—	3.5	—	43	3	無				
17	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	288	0.2	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	781	—	—	3	—	34	9	無				
18	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	288	0.05	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	766	—	—	6.4	—	23	12	無				
19	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.6x10 ²⁵	6.57	—	288	288	0.05	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	807	—	—	5.6	—	0	0	無				
20	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.0x10 ²⁵	8.57	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	808	—	—	3.2	—	61	0	有				
21	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.0x10 ²⁵	8.57	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	573	—	—	5.5	—	90	0	無				
22	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.0x10 ²⁵	8.57	—	288	288	0.02	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	859	—	—	6.8	—	2	0	無				
23	—	SUS304B	BWR	②	—	304B	0.050	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.0x10 ²⁵	8.57	—	288	288	0.02	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	884	—	—	6.3	—	2	0	無				
24	—	SUS316	BWR	②	—	316	0.050	0.58	1.73	0.021	0.006	13.10	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.0x10 ²⁵	5.71	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	758	—	—	10.5	—	19	18	無				
25	—	SUS316	BWR	②	—	316	0.050	0.58	1.73	0.021	0.006	13.10	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.0x10 ²⁵	5.71	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	769	—	—	12.4	—	32	8	無				
26	—	SUS316	BWR	②	—	316	0.050	0.58	1.73	0.021	0.006	13.10	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.9x10 ²⁵	9.86	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	865	—	—	4.2	—	76	0	無				
27	—	SUS316	BWR	②	—	316	0.050	0.58	1.73	0.021	0.006	13.10	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.9x10 ²⁵	9.86	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	598	—	—	5.2	—	100	0	無				
28	—	SUS316	BWR	②	—	316	0.050	0.58	1.73	0.021	0.006	13.10	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.9x10 ²⁵	9.86	—	288	288	2	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	801	—	—	3.8	—	53	0	無				
29	—	SUS316	BWR	②	—	316	0.050	0.58	1.73	0.021	0.006	13.10	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.9x10 ²⁵	9.86	—	288	288	2	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	350	—	—	3.7	—	80	0	無				
30	—	SUS316	BWR	②	—	316	0.050	0.58	1.73	0.021	0.006	13.10	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.9x10 ²⁵	9.86	—	288	288	0.2	—	<0.1	—	㊸	3.6-8.7	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	875	—	—	4.3	—	34	21	無				
31	—	SUS316	BWR	②	—	316	0.050	0.58	1.73	0.021	0.006	13.10	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.9x10 ²⁵	9.8																								

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(3) (文献番号 BIS-R3[45])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG破面率 %	TG破面率 %	応力ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	DO ppm				DH ppb	断面積 mm ²				長さ mm												
							n/m ^(※)	dpa																																					
1	—	—	BWR	—	—	304	0.050	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	約 14	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	863	—	—	5.1	—	61	0	無		
2	—	—	BWR	—	—	304	0.050	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	約 14	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	919	—	—	6.4	—	95	0	有		
3	—	—	BWR	—	—	304	0.050	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	0.2	—	<0.1	—	㊟	約 14	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	857	—	—	4.8	—	24	0	有		
4	—	—	BWR	—	—	304	0.050	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	0.2	—	<0.1	—	㊟	約 14	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	893	—	—	5.2	—	24	10	無		
5	—	—	BWR	—	—	304	0.050	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	0.02	—	<0.1	—	㊟	約 14	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	898	—	—	9.9	—	0	0	無		
6	—	—	BWR	—	—	304	0.050	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14		—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	0.02	—	<0.1	—	㊟	約 14	20.0	2.5x10 ⁻⁷	—	903	—	—	6.6	—	9	9	無		

注記: 試験片の採取方向に関する情報なし

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(4) (文献番号 BIS-R4[46])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC 発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考
																							n/m ^(※)	dpa				DO ppm	DH ppb				断面積 mm ²	長さ mm											
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co																									
1	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	863	—	—	5.1	—	61	0	無		
2	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	32	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	919	—	—	6.4	—	95	0	有		
3	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	0.2	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	857	—	—	4.8	—	24	0	有		
4	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	0.2	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	893	—	—	5.2	—	24	10	無		
5	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	0.02	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	898	—	—	9.9	—	0	0	無		
6	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	0.02	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	903	—	—	6.6	—	9	9	有		
7	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	<0.001	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	927	—	—	6.6	—	17	0	無		
8	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	<0.001	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	887	—	—	6.8	—	21	3	有		
9	—	304	BWR	実機部材	—	304	0.05	0.37	1.75	0.030	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁶	18.57	—	288	288	<0.003	—	<0.1	—	㊟	約 6.9	20.0	—	—	932	—	—	6.4	—	16	3	無		

注記: 試験片の採取方向に関する情報なし

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(5) (文献番号 BIS-R5[47])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC 発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	DO ppm				DH ppb	断面積 mm ²				長さ mm													
							n/m ^(※)	dpa																																						
1	—	304	BWR	—	引張	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	0.09	<0.01	—	—	—	0.0448	0.22	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	808	740	—	>1.8	6.4	—	0	—	有	
2	—	304L	BWR	—	引張	304L	0.013	0.40	1.18	0.026	0.002	9.22	18.65	0.04	<0.01	—	—	—	0.0638	0.15	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	672	682	—	2.7	5.4	—	58	—	有	
3	—	316L	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	<0.01	—	—	—	0.0261	0.18	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	632	690	—	8.2	10.4	—	23	—	有	
4	—	316L-PI	BWR	—	引張	316L-PI	0.010	0.50	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	<0.01	—	—	—	0.036	0.004	Bal.	—	—	1.9x10 ²⁵	2.71	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	466	544	—	9.2	11.2	—	47	—	有	
5	—	316L-PI-NL	BWR	—	引張	316L-PI-NL	0.014	0.49	0.92	0.011	0.000	12.47	16.88	2.21	0.000	—	—	—	0.003	0.000	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	528	577	—	>10.5	13.3	—	0	—	有	
6	—	316L-PI-NM	BWR	—	引張	316L-PI-NM	0.016	0.52	1.34	0.010	0.002	12.86	16.14	2.29	<0.001	—	—	—	0.014	0.011	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	472	467	—	5.0	7.6	—	39	—	有	
7	—	316L-PM-NM	BWR	—	引張	316L-PM-NM	0.013	0.49	0.91	0.019	0.000	12.46	16.84	2.2	0.000	—	—	—	0.010	0.000	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	613	607	—	>9.2	12.0	—	0	—	有	
8	—	HP316L	BWR	—	引張	HP316L	0.014	0.05	0.91	0.007	0.001	12.20	16.67	2.15	0.000	—	—	—	0.034	0.010	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	631	604	—	12.4	15.8	—	33	—	有	
9	—	316L-NL	BWR	—	引張	316L-NL	0.019	0.50	0.86	0.028	0.003	12.72	16.86	2.34	0.001	—	—	—	0.0025	<0.01	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	562	611	—	>5.8	8.0	—	0	—	有	
10	—	316L-NM	BWR	—	引張	316L-NM	0.017	0.52	1.37	0.025	0.002	14.11	16.52	2.23	0.011	—	—	—	0.017	0.011	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	458	558	—	6.4	8.4	—	38	—	有	
11	—	316NG	BWR	—	引張	316NG	0.012	0.59	1.47	0.024	0.001	12.30	17.47	2.63	<0.01	—	—	—	0.07	0.03	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	552	625	—	7.9	11.8	—	2	—	有	
12	—	316L-PI*	BWR	—	引張	316L-PI*	0.010	0.46	0.98	0.013	0.002	12.15	17.59	2.18	<0.01	—	—	—	0.0365	0.01	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	—	611	—	9.5	12.0	—	2	—	有	

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(6) (文献番号 BIS-R6[48])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率%	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	試験温度℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG破面率 %	TG破面率 %	応力ひずみ線図	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	DO ppm				DH ppb	断面積 mm ²				長さ mm													
1	—	—	BWR	—	—	304	0.060	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	0.09	—	—	—	—	0.045	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.0	25.0	2.5x10 ⁻⁷	—	740	—	—	6.4	—	0	—	無	
2	—	—	BWR	—	—	316	0.040	0.64	1.28	0.033	0.003	10.87	19.94	2.12	—	—	—	—	0.022	—	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.0	25.0	2.5x10 ⁻⁷	—	791	—	—	9.2	—	0	—	無	
3	—	—	BWR	—	—	316L(A)	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	—	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.0	25.0	2.5x10 ⁻⁷	—	690	—	—	10.4	—	23	—	無	
4	—	—	BWR	—	—	316L(B)	0.010	0.50	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.036	—	Bal.	—	—	1.9x10 ²⁵	2.71	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.0	25.0	2.5x10 ⁻⁷	—	544	—	—	11.2	—	47	—	無	
5	—	—	BWR	—	—	316L(C)	0.012	0.59	1.47	0.024	0.001	12.30	17.47	2.63	—	—	—	—	0.070	—	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.0	25.0	2.5x10 ⁻⁷	—	625	—	—	11.8	—	2	—	無	
6	—	—	BWR	—	—	316L(D)	0.016	0.52	1.34	0.010	0.002	12.86	16.14	2.29	—	—	—	—	0.014	—	Bal.	—	—	2.1x10 ²⁵	3.00	—	288	288	32	—	<0.1	—	平板	3.0	25.0	2.5x10 ⁻⁷	—	467	—	—	7.6	—	39	—	無	

注記: 試験片の採取方向に関する情報なし

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(7) (文献番号 BIS-R7[49])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率%	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	試験温度℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG破面率 %	TG破面率 %	応力ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	DO ppm				DH ppb	断面積 mm ²				長さ mm												
1	—	—	BWR	㊸	—	304(A)	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	9.50	18.70	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.6x10 ²⁴	0.23	—	288	288	32	—	<0.2	—	平板	3.6	15.0	2.5x10 ⁻⁷	316	560	—	—	26.6	—	0	17	無		
2	—	—	BWR	㊸	—	304(B)	0.060	0.70	0.99	0.025	0.006	9.42	18.58	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.2x10 ²⁴	0.17	—	288	288	32	—	<0.2	—	平板	3.6	15.0	2.5x10 ⁻⁷	—	551	—	—	34.2	—	0	0	無		
3	—	—	BWR	㊸	—	304(B)	0.060	0.70	0.99	0.025	0.006	9.42	18.58	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	3.6x10 ²⁴	0.51	—	288	288	32	—	<0.2	—	平板	3.6	15.0	2.5x10 ⁻⁷	474	620	—	—	34.1	—	0	0	無		
4	—	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	32	—	<0.2	—	平板	3.6	15.0	2.5x10 ⁻⁷	615	718	—	—	28.3	—	0	0	無	
5	—	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.2x10 ²⁴	0.74	—	288	288	32	—	<0.2	—	平板	3.6	15.0	2.5x10 ⁻⁷	402	608	—	—	39.8	—	0	0	無	
6	—	—	BWR	㊹	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.3x10 ²⁴	0.33	—	288	288	32	—	<0.2	—	平板	3.6	15.0	2.5x10 ⁻⁷	—	564	—	—	39.3	—	0	0	無	

注記: 試験片の採取方向に関する情報なし

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(8) (文献番号 BIS-R8[50])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率%	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	試験温度℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC 発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	DO ppm				DH ppb	断面積 mm ²				長さ mm												
1	HC-1	304	不明	—	—	304	0.024	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	3.00x10 ²⁵	4.29	—	288	288	32-36	—	—	150	平板	8.0	32.0	6.7x10 ⁻⁸	—	710	—	—	—	191	100	—	無			
2	HC-2	304	不明	—	—	304	0.024	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.00x10 ²²	0.001	—	288	288	32-36	—	—	150	平板	8.0	32.0	6.7x10 ⁻⁸	—	372	—	—	—	408	0	—	無			
3	HC-3	304	不明	—	—	304	0.024	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	3.00x10 ²⁵	4.29	—	288	288	32-36	—	—	150	平板	8.0	32.0	1.7x10 ⁻⁶	—	717	—	—	—	25	40	—	無			
4	HC-4	304	不明	—	—	304	0.024	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.00x10 ²²	0.001	—	288	288	32-36	—	—	150	平板	8.0	32.0	6.7x10 ⁻⁸	—	382	—	—	—	382	0	—	無			
5	3-13-DL	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.77x10 ²⁵	3.96	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	1.7x10 ⁻⁷	—	194	—	—	—	1	100	—	無			
6	4-13-DH	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.30x10 ²⁵	3.29	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	1.7x10 ⁻⁷	—	303	—	—	—	28	11	—	無			
7	3-13-DG	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.08x10 ²⁵	2.97	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	8.3x10 ⁻⁸	—	641	—	—	—	41	0	—	無			
8	3-13-DF	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.01x10 ²⁵	2.87	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	1.7x10 ⁻⁷	—	572	—	—	—	93	45	—	無			
9	4-13-DE	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.01x10 ²⁵	2.87	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	1.7x10 ⁻⁸	—	503	—	—	—	329	55	—	無			
10	3-13-CB	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.28x10 ²⁵	1.83	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	8.3x10 ⁻⁸	—	406	—	—	—	98	5	—	無			
11	3-13-BK	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	9.50x10 ²⁴	1.36	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	1.7x10 ⁻⁷	—	537	—	—	—	85	5	—	無			
12	4-13-BH	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.00x10 ²⁴	0.71	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	1.7x10 ⁻⁷	—	462	—	—	—	32	8	—	無			
13	4-13-AL	304	不明	—	—	304	0.05-0.062	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	6.00x10 ²³	0.09	—	288	288	32	—	—	150	㊹	—	—	1.7x10 ⁻⁷	—	331	—	—	—	56	0	—	無			

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(9) (文献番号 BIS-R9[51])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%															熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC 発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe			n/m ^(※)	dpa				DO ppm	DH ppb				断面積 mm ²	長さ mm											
1	—	COM304	BWR	—	—	COM304	0.061	0.42	0.85	0.025	0.004	8.16	18.06	—	—	—	—	0.04	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.33x10 ²⁵	3.33	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	824	758	—	—	7.2	48	68	—	無		
2	—	HP304L-Mo	BWR	—	—	HP304L-Mo	0.016	0.05	0.88	0.004	0.001	10.06	18.52	0.19	—	—	—	—	0.032	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.15x10 ²⁵	3.07	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	520	613	—	—	4.8	56	0	—	無	
3	—	COM316L	BWR	—	—	COM316L	0.020	0.57	0.84	0.034	0.001	11.92	17.40	2.10	—	—	—	—	0.002	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.07x10 ²⁵	2.96	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	888	710	—	—	7.2	69	0	—	無	
4	—	COM316L	BWR	—	—	COM316L	0.020	0.57	0.84	0.034	0.001	11.92	17.40	2.10	—	—	—	—	0.002	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.29x10 ²⁵	3.27	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	888	805	—	—	5.6	67	0	—	無	
5	—	316L	BWR	—	—	316L	0.017	0.48	0.90	0.026	0.003	12.36	16.90	2.20	—	—	—	—	0.032	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.07x10 ²⁵	2.96	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	704	640	—	—	11.8	120	40	—	無	
6	—	316L-PI	BWR	—	—	316L-PI	0.015	0.48	0.85	0.008	0.002	12.15	16.70	2.19	—	—	—	—	0.04	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.27x10 ²⁵	3.24	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	528	531	—	—	6.2	205	0	—	無	
7	—	316L-NL	BWR	—	—	316L-NL	0.014	0.49	0.90	0.025	0.001	12.00	17.04	2.10	—	—	—	—	0.003	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.21x10 ²⁵	3.16	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	674	671	—	—	3.1	70	0	—	無	
8	—	316LSS	BWR	—	—	HP316L	0.013	0.03	0.83	0.001	0.002	12.16	17.21	2.20	—	—	—	—	0.033	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.22x10 ²⁵	3.17	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	635	539	—	—	3.4	57	0	—	無	
9	—	316LSS	BWR	—	—	316L-Nb	0.015	0.51	0.91	0.021	0.001	12.13	17.03	2.24	0.32	—	—	—	0.034	—	Bal.	1060°Cx30min	—	2.33x10 ²⁵	3.33	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	895	809	—	—	2.7	37	30	—	無	
10	—	316NGSS	BWR	—	—	HP316NG	0.015	0.05	0.87	0.003	0.003	12.46	17.39	2.19	—	—	—	—	0.096	—	Bal.	1050°Cx30min	—	1.90x10 ²⁵	2.71	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	654	538	—	—	8.8	85	0	—	無	
11	—	316NGSS	BWR	—	—	316NG-Nb	0.014	0.51	0.89	0.026	0.026	12.19	17.05	2.22	0.31	—	—	—	0.095	—	Bal.	1060°Cx30min	—	2.08x10 ²⁵	2.97	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	811	797	—	—	2.4	41	28	—	無	
12	—	316NGSS	BWR	—	—	HP316NG-Nb	0.016	0.07	0.86	0.004	0.004	12.40	17.31	2.17	0.29	—	—	—	0.098	—	Bal.	1060°Cx30min	—	2.16x10 ²⁵	3.09	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	860	813	—	—	3.1	48	0	—	無	
13	—	347SS	BWR	—	—	HP347	0.052	0.05	0.87	0.005	0.001	9.55	18.45	—	0.60	—	—	—	0.037	—	Bal.	1060°Cx30min	—	1.95x10 ²⁵	2.79	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	791	703	—	—	1.2	46	20	—	無	
14	—	347SS	BWR	—	—	347L-PL	0.017	0.49	0.83	0.004	0.001	9.58	17.46	—	0.30	—	—	—	0.035	—	Bal.	1060°Cx30min	—	2.13x10 ²⁵	3.04	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	783	786	—	—	4.4	78	65	—	無	
15	—	347SS	BWR	—	—	347-PI-SiL	0.012	0.04	0.86	0.011	0.001	9.60	17.50	—	0.29	—	—	—	0.033	—	Bal.	1060°Cx30min	—	1.87x10 ²⁵	2.67	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	754	622	—	—	3.8	39	75	—	無	
16	—	347SS	BWR	—	—	347-PI-SiM	0.015	0.09	0.83	0.011	0.001	9.55	17.53	—	0.29	—	—	—	0.036	—	Bal.	1060°Cx30min	—	2.01x10 ²⁵	2.87	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	763	787	—	—	3.2	47	18	—	無	
17	—	347SS	BWR	—	—	HP347L-Mo	0.013	0.06	0.88	0.004	0.001	9.71	17.55	—	0.32	—	—	—	0.039	—	Bal.	1060°Cx30min	—	2.33x10 ²⁵	3.33	—	288	288	32	—	0.1-0.3	—	平板	3.6	25.0	2.5x10 ⁻⁷	809	729	—	—	2.6	37	40	—	無	

注記: 試験片の採取方向に関する情報なし

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(10)(1/2) (文献番号 BIS-R10[52], BIS-R11[53])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%															熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひすみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG破面率 %	TG破面率 %	応力ひずみ線図	備考
																								n/m [※]	dpa				DO ppm	DH ppb				断面積 mm ²	長さ mm											
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe																									
1	—	316L(SHT)	ATR	—	引張	316L(SHT)	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	1050°Cx30min	—	0.00	0.00	—	287	288	8	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	3.3x10 ⁻⁷	198	494	—	—	51.4	—	0	—	無	
2	—	316L(SHT)	ATR	—	引張	316L(SHT)	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	1050°Cx30min	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	288	32	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	1.4x10 ⁻⁷	397	469	—	—	36.8	692	0	—	無	
3	—	316L(SHT)	ATR	—	引張	316L(SHT)	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	288	32	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	477	474	—	—	12	124	35	—	無	
4	—	316L(SHT)	ATR	—	引張	316L(SHT)	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	288	0.2	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	477	534	—	—	24.1	195	0	—	無	
5	—	316NG(SHT)	ATR	—	引張	316NG(SHT)	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	1050°Cx30min	—	0.00	0.00	—	287	288	8	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	7.0x10 ⁻⁸	190	485	—	—	46	—	0	—	無	
6	—	316NG(SHT)	ATR	—	引張	316NG(SHT)	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	1050°Cx30min	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	288	32	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	340	458	—	—	37.9	374	2	—	無	
7	—	316NG(SHT)	ATR	—	引張	316NG(SHT)	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	288	32	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	604	500	—	—	8.8	88	50	—	無	
8	—	316NG(SHT)	ATR	—	引張	316NG(SHT)	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	288	0.2	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	604	554	—	—	19.8	165	7	13	無	
9	—	316NG(CW)	ATR	—	引張	316NG(CW)	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	1050°Cx30min	20	0.00	0.00	—	287	288	8	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	3.3x10 ⁻⁷	532	666	—	—	15	—	0	—	無	
10	—	316NG(CW)	ATR	—	引張	316NG(CW)	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	1050°Cx30min	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	288	32	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	842	772	—	—	9.5	89	35	—	無	

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(10)(2/2) (文献番号 BIS-R10[52], BIS-R11[53])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考		
																						n/m ^(※)	dpa				DO ppm	DH ppb				断面積 mm	長さ mm													
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N																										Co	Fe
11	—	316NG (CW)	ATR	—	引張	316NG (CW)	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	1050°Cx30min	20	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	288	0.2	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	842	793	—	—	9.5	82	7	17	無	
12	—	304L (SHT)	ATR	—	引張	304L(SHT)	0.020	0.47	1.51	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	1050°Cx30min	—	0.00	0.00	—	287	288	8	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	3.3x10 ⁻⁷	170	432	—	—	49	—	0	—	無	
13	—	304L (SHT)	ATR	—	引張	304L(SHT)	0.020	0.47	1.51	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	1050°Cx30min	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	288	32	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	475	447	—	—	25.8	242	8	—	無	
14	—	304 (SHT)	ATR	—	引張	304(SHT)	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	1050°Cx30min	—	0.00	0.00	—	287	288	8	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	3.3x10 ⁻⁷	172	469	—	—	39.2	—	0	20	無	
15	—	304 (SHT)	ATR	—	引張	304(SHT)	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	1050°Cx30min	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	288	32	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	553	519	—	—	27.2	255	0	—	無	
16	—	304 (SHT)	ATR	—	引張	304(SHT)	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	1050°Cx30min	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	288	32	—	0.1	—	平板	5.8	24.0	2.8x10 ⁻⁷	649	545	—	—	8.3	78	35	30	無	

注記: 試験片の試験片の採取方向に関する情報なし

表 8 IASCC 感受性に関するデータシート(11) (文献番号 BIS-R12[54])

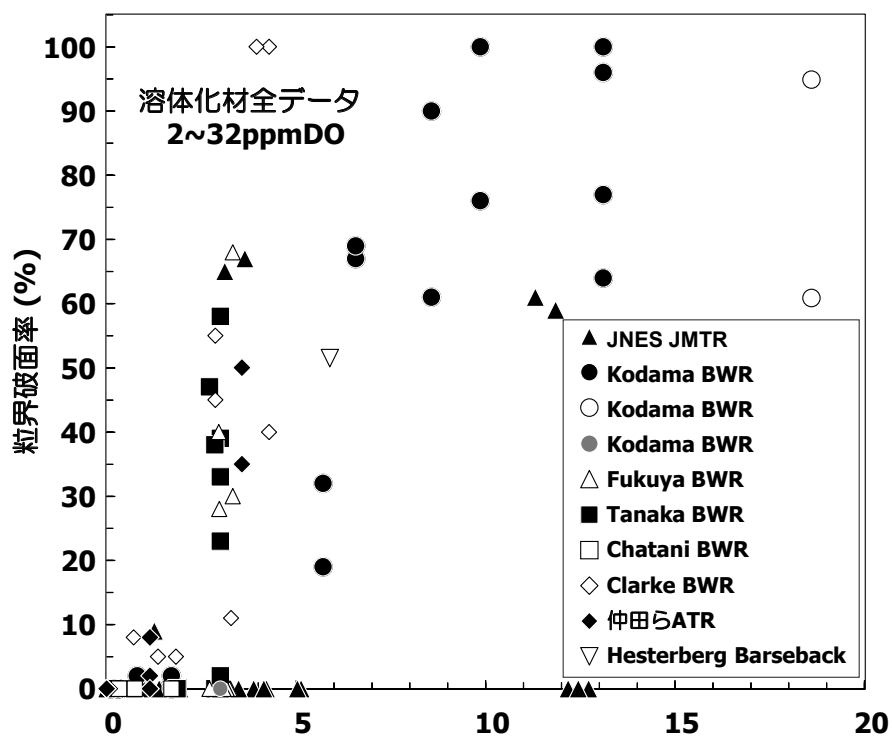
No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		ひずみ速度 /s	耐力 MPa	最大応力 MPa	最大応力時ひずみ %	IASCC 発生ひずみ %	破断ひずみ %	破断時間 h	IG 破面率 %	TG 破面率 %	応力ひずみ線図	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	DO ppm			DH ppb	φ				mm																	
																															mm				mm												
1	—	304L	BWR	㊟	—	304L	0.035	0.40	1.130	0.02	0.001	11.6	18.34	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.16x10 ²⁵	5.9	—	—	288	2	—	0.2	—	丸棒	φ2	12.0	3x10 ⁻⁷	685.5	685.5	—	—	2.0	—	48.4	3.62	無					

注記: 試験片の採取方向に関する情報なし

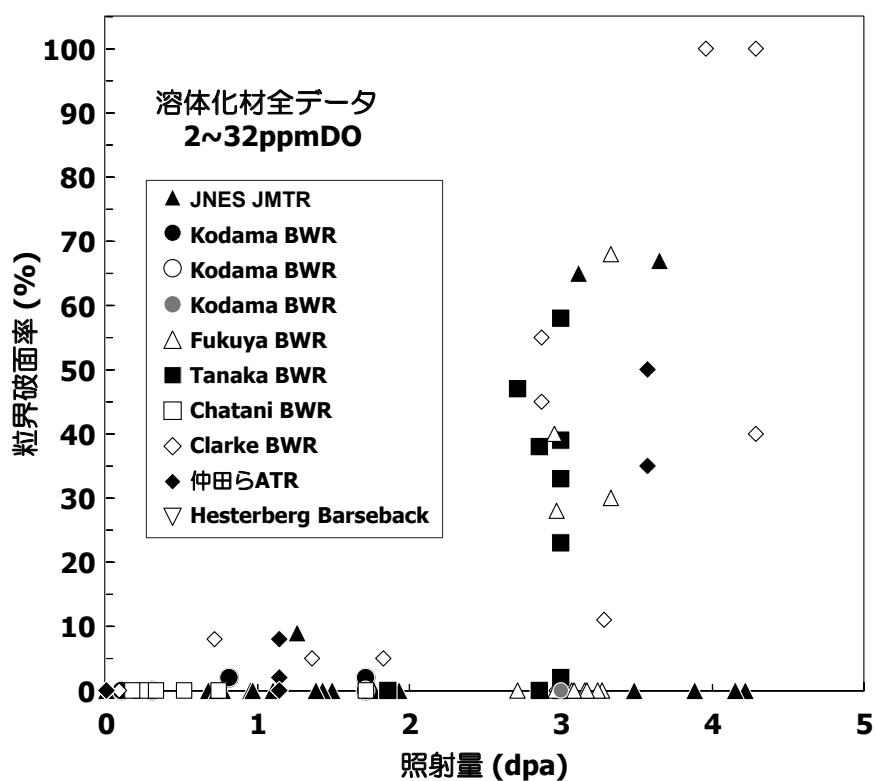
凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: みかけの 0.2%耐力 ※)照射量は E>1 MeV・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張



(1) 照射量 0 から 20 dpa の範囲



(2) 照射量 0 から 5 dpa の範囲

図 13 照射ステンレス鋼の SSRT 試験による粒界破面率の中性子照射量依存性

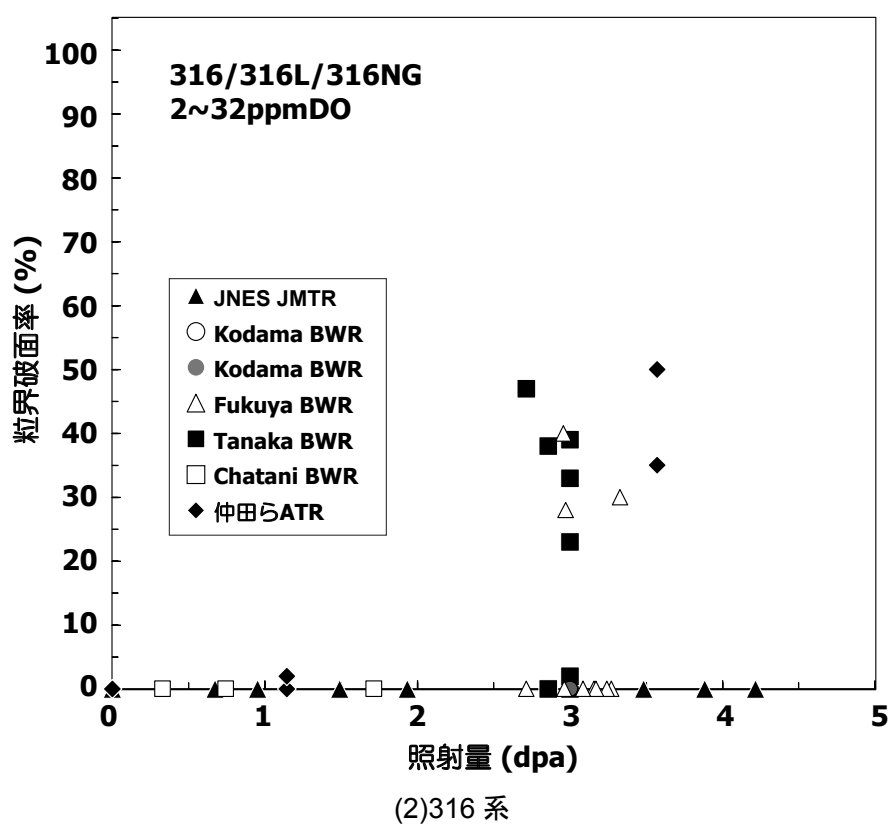
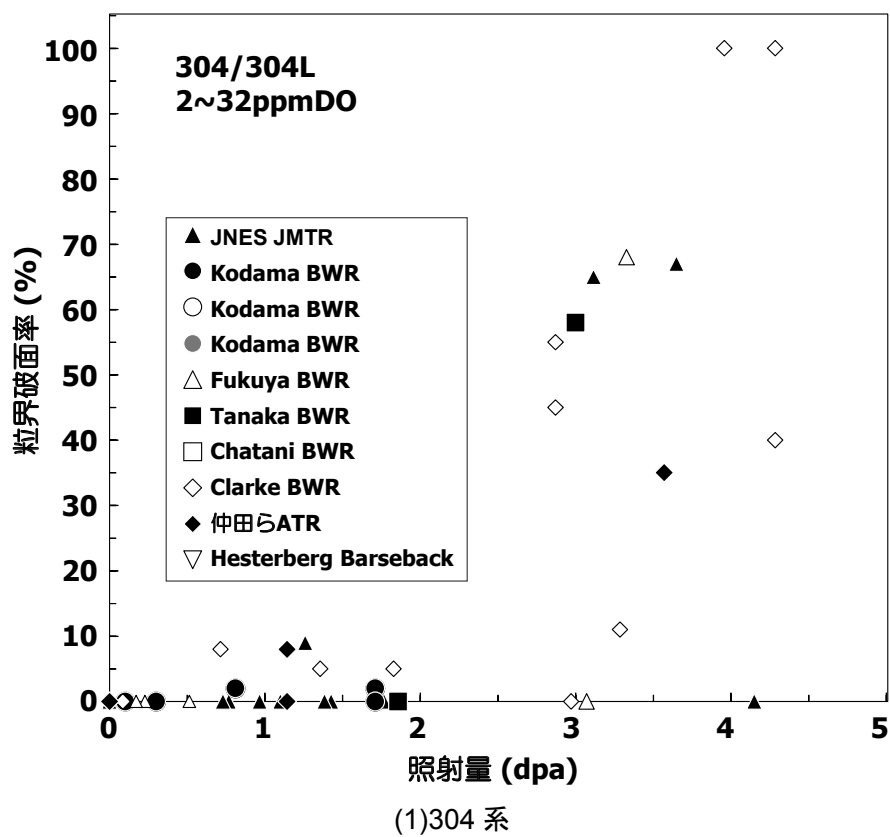


図 14 照射ステンレス鋼の SSRT 試験による粒界破面率の中性子照射量依存性の鋼種間比較

3.6. IASCC 発生

(1) 調査結果の概要

IASCC発生試験は、試験片に定荷重または定ひずみを付与してBWR炉内模擬環境に浸漬し、所定の時間まで保持した後の亀裂発生の有無、または亀裂発生までの時間を調べるものであり、付加応力(または付加ひずみ)と破断時間、中性子照射量の関係で整理が行われている。炉内構造物の評価においては、亀裂進展評価に移行する時期を検討する上での技術的な根拠として用いられる。表 9は、IASCC発生に関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BII-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、2件の文献から63のデータを抽出した。

調査した文献はいずれも実機部材を用いた試験結果に関するものであり、最大で18 dpaまで照射された国内BWRの実機部材を用いた単軸定荷重試験[55]と、海外BWRの実機部材による3点曲げ試験[56]が報告されている。前者には、水質条件を32ppmDOと0.02ppmDOの2通りで評価した結果も報告されている。

(2) データシートの構成

IASCC発生に関する文献等より抽出、整理したデータを表 10に示す。前出の共通項に加えて試験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。

- ・試験温度(°C)
- ・試験環境: BWR 炉内条件を模擬した試験水中の DO(ppm)、DH(ppm)、水の導電率($\mu\text{S}/\text{cm}$)、ECP(mV_{SHE})
 ※これらのデータには、参照した文献等に準拠して不等号を付した。
- ・TP 形状: 試験片の形状(例: 平板、円弧等)
- ・平行部寸法: 引張試験片の場合のゲージ部の断面積(mm^2)及び長さ(mm)
- ・採取方向: 試験片の方向と供試材形状との関係(例: 圧延方向、軸方向)
 ※選定した文献に採取方向に関する情報はなかった。
- ・負荷方式: 試験片への負荷の方法(例: 定荷重、3点曲げ)
- ・付加応力(MPa): 試験片へ付与した応力
 ※一定ひずみ条件での試験結果はなかった。
- ・耐力(MPa): 応力比算出のために使用した 0.2%耐力または降伏強度
- ・応力比: 付加応力と 0.2%耐力の比
- ・破断時間(h): 試験片の破断時間または破断が確認された試験時間
 ※破断が認められなかった場合の破断時間は試験計画で設定した時間以上とし、不等号(>)を付した。
- ・割れ有無: 試験片の破断面や側面の割れ観察結果
- ・備考: 調査結果に関する特記事項を記載
 ※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。
- ・注記: 参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載

(3) データの評価

BWRの炉内構造物の健全性評価では、後述する亀裂進展挙動に係る検討に力点が置かれているため、IASCC発生に関する試験事例は非常に少ない。図 15は、NWC条件を模擬した環境における定荷重条件でのIASCC発生データを示す。データは少ないが、応力比で0.4付近に割れ発生の下限があると考えられる。Katsura他[55]は、溶存酸素0.02ppmにおいても同程度まで中性子照射を受けた試験片を使った定荷重試験を実施しており、32ppmで割れが発生した応力条件であっても、溶存酸素濃度を低くすることで割れが発生しないことを報告している。

表 9 IASCC 発生に関する調査結果の概要

文献 番号	照射炉	材料	照射温度 (℃)	照射量 (dpa)	試験方法及び 試験環境	データ数
BII-R1 [55]	国内 BWR	304、316 (炉内計装管等)	288	0.7~20	引張試験片 定荷重付与 試験温度 288℃ 32ppmDO	34
BII-R2 [56]	海外 BWR	304	288	0.5~4.5	ベントビーム試験片 定ひずみ付与 試験温度 288℃ (DO に関する記載なし)	29

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。
DO: 溶存酸素濃度

表 10 IASCC 発生に関するデータシート(1) (文献番号 BII-R1[55])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	試験温度℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SH/E}	TP形状	平行部寸法		採取方向	負荷方式	付加応力 MPa	0.2%耐力 MPa	応力比	破断時間 h	割れ有無	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ² (¹⁰)				dpa	DO (ppm)				DH (ppm)	断面積 mm ²									長さ mm
1	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.1x10 ²⁴	0.7	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	231	—	0.5	>2000	無				
2	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.1x10 ²⁴	0.7	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	231	—	0.5	>2000	無				
3	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.1x10 ²⁴	0.7	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	347	—	0.75	>2020	無				
4	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.1x10 ²⁴	0.7	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	347	—	0.75	>2020	無				
5	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.1x10 ²⁴	0.7	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	463	—	1.0	>2020	無				
6	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	5.1x10 ²⁴	0.7	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	463	—	1.0	>2020	無				
7	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	116	—	0.21	>2020	無				
8	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	116	—	0.21	>2020	無				
9	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	231	—	0.42	>2020	無				
10	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	231	—	0.42	>2020	無				
11	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	347	—	0.5	>2020	無				
12	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	347	—	0.5	>2020	無				
13	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	463	—	0.85	>2020	無				
14	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	463	—	0.85	>2020	無				
15	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	521	—	0.95	1119	有	ピンホール破断			
16	—	304A	BWR	㊟	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.20	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.0x10 ²⁵	1.4	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	521	—	0.95	1669	有	ピンホール破断			
17	—	304B	BWR	㊟	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	6.0x10 ²⁵	8.6	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	231	—	0.28	>2053	無				
18	—	304B	BWR	㊟	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	6.0x10 ²⁵	8.6	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	231	—	0.28	917	有	ピンホール破断			
19	—	304B	BWR	㊟	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	6.0x10 ²⁵	8.6	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	347	—	0.42	97	有				
20	—	304B	BWR	㊟	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.20	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	6.0x10 ²⁵	8.6	—	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	347	—	0.42	>2020	無				
21	U-1	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	116	—	0.12	>5003	無			
22	U-2	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	116	—	0.12	>5003	無			
23	U-3	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	231	—	0.24	>5003	無			
24	U-4	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	231	—	0.24	>5003	無			
25	U-5	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	347	—	0.37	>5003	無			
26	U-6	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	347	—	0.37	>5003	無			
27	U-9	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	521	—	0.49	>2017	無			
28	U-7	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	463	—	0.49	453	有	ピンホール破断		
29	U-8	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.4x10 ²⁶	20	9.0x10 ⁻⁴	288	288	32	—	—	円弧	4.8	6	—	定荷重	463	—	0.55	145	有			
30	U-10	304C	BWR	㊟	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	0.2																								

表 10 IASCC 発生に関するデータシート(2) (文献番号 BII-R2[56])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験環境		水の導電率 μS/cm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	平行部寸法		採取方向	負荷方式	付加応力 MPa	0.2% 耐力 MPa	応力比	破断時間 h	割れ有無	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ⁽²⁰⁾				dpa	DO (ppm)				DH (ppm)	断面積 mm ²									長さ mm
1	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	3.5x10 ²⁴	0.50	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1	Max. 3425	無			
2	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	4.0x10 ²⁴	0.57	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1	Max. 3425	無		
3	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1	Max. 3425	無		
4	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	5.0x10 ²⁴	0.71	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1	Max. 3425	無		
5	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	7.5x10 ²⁴	1.07	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1	Max. 3425	無		
6	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1	Max. 3425	無		
7	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1	Max. 3425	無		
8	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	4.5x10 ²⁴	0.64	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.67	Max. 3425	無		
9	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.55	Max. 3425	無		
10	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.5	Max. 3425	無		
11	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.5x10 ²⁵	2.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.47	Max. 3425	無		
12	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	2.2x10 ²⁵	3.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.45	Max. 3425	無		
13	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.45	Max. 3425	無		
14	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	2.6x10 ²⁵	3.71	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.87	Max. 3425	無		
15	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	2.2x10 ²⁵	3.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.85	Max. 3425	無		
16	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.92	Max. 3425	無		
17	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.2x10 ²⁵	1.71	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.99	Max. 3425	有		
18	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.3x10 ²⁵	1.79	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1.02	Max. 3425	有		
19	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.5x10 ²⁵	2.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.87	Max. 3425	有		
20	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.5x10 ²⁵	2.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1.03	Max. 3425	有		
21	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	—	Bal.	AR	—	1.5x10 ²⁵	2.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1.04	Max. 3425	有		
22	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	1.7x10 ²⁵	2.43	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.98	Max. 3425	有		
23	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.86	Max. 3425	有		
24	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	2.2x10 ²⁵	3.14	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.85	Max. 3425	有		
25	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	2.3x10 ²⁵	3.29	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.97	Max. 3425	有		
26	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	2.3x10 ²⁵	3.29	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1.02	Max. 3425	有		
27	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	3.0x10 ²⁵	4.29	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1.02	Max. 3425	有		
28	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	3.1x10 ²⁵	4.43	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	0.97	Max. 3425	有		
29	—	—	BWR	㊦	—	304	0.08 (Max.)	1.00 (Max.)	2.00 (Max.)	0.045 (Max.)	0.03 (Max.)	8-10.5	18.0-20.0	—	—	—	—	—	0.2	Bal.	AR	—	3.1x10 ²⁵	4.43	—	288	288	—	—	0.19-0.30	—	平板	—	—	—	BB	—	—	1.04	Max. 3425	有		

注記: 注記なし

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 一: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

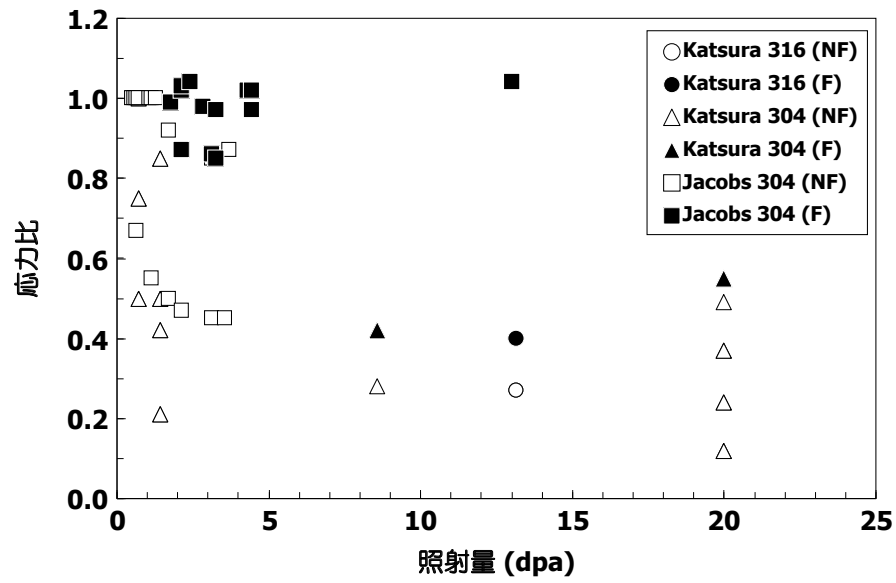


図 15 照射ステンレス鋼の IASCC 発生に及ぼす中性子照射量と付加応力比(荷重と 0.2%耐力の比)の関係

3.7. IASCC 進展

(1) 調査結果の概要

炉内構造物のうち、炉心シュラウドのような比較的厚い溶接構造物の健全性評価に対してIASCCを考慮した亀裂進展評価が必要となる場合があり、評価のための知見としてK値と亀裂進展速度の関係が用いられる。一般的なIASCC進展試験では、CT試験片やContoured Double Cantilever Beam(CDCB)試験片に荷重を付与し、BWR炉内模擬環境に保持して電位差法等により試験片の亀裂長さの時間変化を測定する方法が用いられる。試験終了後、破面観察結果に基づいて電位差法で得られた亀裂長さの時間変化(亀裂進展チャート)を補正し、このチャートから亀裂進展速度データと評価区間におけるK値を求める。表 11は、IASCC進展に関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BIG-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、18件の文献から301のデータを抽出した。

JNESが実施した国プロでは、JMTRで最大13 dpaまでの幅広い照射量まで照射された0.5T-CT試験片を用い、BWRの通常水質(Normal Water Chemistry: 以下、NWC)条件と水素注入水質(Hydrogen Water Chemistry: 以下、HWC)条件をそれぞれ模擬したにおける亀裂進展速度データが系統的に取得されている[14], [15], [57], [58]。それ以外の試験炉照射材のデータとして、JMTR照射材[65]のほかに、HBWR[63], [64]とBOR-60[23], [62]で試験片への中性子照射が行われており、ここでは1/4T-CTまたは板厚8 mmのラウンドCT(Round-CT: 以下RCT)試験片が用いられている。また、BOR-60でのCT試験片の照射条件は320℃で最大47.5 dpaとされているが、これらはPWR炉内環境を考慮して設定された条件で照射した試験片を用いたためである。

一方、BWR実機から取出した炉心シュラウド、上部格子板、制御棒等、比較的厚い実機部材から加工したCT試験片を用いた試験も行われており、照射量は最大13 dpa程度までの亀裂進展速度データが報告されている[19], [23], [59], [60], [61]。

IASCC進展試験結果の多くは炉外試験によって取得されているが、主として水の放射線分解の影響を評価するため、JMTR[66]とHBWR[67], [68]を用いた炉内での亀裂進展試験結果が報告されている。JMTRでの炉内試験は、JMTRで約1 dpaまで照射した304を供試材としてNWCとHWCを模擬した環境で行われ、炉外試験で得られた結果との比較が検討されている。HBWRでの炉内試験は、BWRの実機部材を用いた試験であり、BWR炉内模擬環境だけでなくPWR一次系模擬環境下でも試験が行われている。

(2) データシートの構成

IASCC進展に関する文献等より抽出、整理したデータを表 12に示す。前出の共通項に加えて試験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。

- ・ 試験温度(℃)
- ・ 試験区分: 炉内(原子炉内での進展試験)と炉外(ホットラボでの照射後試験)の区分
- ・ 試験環境: BWR 炉内条件を模擬した試験水中の DO(ppm)、DH(ppm)
- ※これらのデータには、参照した文献等に準拠して不等号を付した。
- ・ 水の導電率(μS/cm)
- ・ 不純物濃度(ppm)

- ・ ECP(mV_{SHE}): Electrochemical Corrosion Potential(電気化学的腐食電位)
- ・ TP 形状: 試験片の形状(例: 0.5T-CT、CDCB)
- ・ TP 板厚(mm): 公称(CT 試験片の公称板厚(図 1 の B)、正味(サイドグループを除いた板厚(図 1 の B_n))
- ・ 負荷制御方法: 定期的除荷等を行った場合はそれを記載(例: 定荷重、定期除荷、等)
- ・ 試験時間(h): 亀裂進展速度のデータを評価した範囲に相当する時間
- ・ K 値($\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$): 亀裂進展速度データに対応する応力拡大係数
- ・ 亀裂進展速度(m/s): 亀裂進展が認められなかった場合は測定限界以下とし、不等号(<)を付した。

※K 値及び亀裂進展速度は CT 試験片の板厚で平均した亀裂長さに基づいて算出した値をデータシートに掲載した。但し、例外については注記に記載した。

- ・ 破面観察: 破面観察の走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope: 以下、SEM)観察結果の有無
- ・ 耐力(MPa): K 値評価に用いた 0.2%耐力
- ・ a/w : 進展した亀裂長さ(a)と CT 試験片板厚(w)の比
- ・ 判定: 亀裂進展速度の有効性(例 ○: 有効 △: 制限つき有効 ×: 無効)
- ・ 備考: 調査結果に関する特記事項を記載
 ※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。
- ・ 注記: 参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載

(3) データの評価

図 16は、288℃、定荷重、NWC条件で取得された照射ステンレス鋼母材の亀裂進展速度と中性子照射量及びK値依存性を示し、図 17は、HWC条件で取得されたデータに対応した中性子照射量及びK値依存性を示す。これらの図には、参照した文献に示された試験方法や、結果に基づくデータの有効性評価結果を考慮して、有効なデータを選定してプロットした。また、NWC条件でのデータとして、DOから判断して明らかにNWC条件模擬であることと、ECPが+140 mV_{SHE} 以上のものを選定し、HWC条件でのデータは、DOが低いかまたはDHが高く、ECPが-200 mV_{SHE} 以下のものを選定した。

NWC条件下での亀裂進展速度のほとんどは 10^{-10} ~ 10^{-8} m/s の範囲にあるが、照射量とともに増加し 10^{-9} m/s 付近で飽和する傾向がみられた。K値と亀裂進展速度の全体的な傾向は明瞭ではないものの、データ群ごとにはK値の増加とともに亀裂進展速度は増加する傾向が認められた。一方、データ群どうしの比較において明瞭な違いは見られないものの、BOR-60の320℃照射材試験とHaldenにおける330℃炉内試験結果において比較的速い亀裂進展速度があり、照射温度や試験温度が高いことが影響した可能性がある。

これに対し、HWC条件下での亀裂進展速度は 10^{-10} m/s 以下の値が多く、NWC条件に比べてばらつきが大きい。HWC条件では総じてNWCよりも亀裂進展速度は小さくなる傾向であるが、実機部材を用いた結果においてNWC条件よりも速い亀裂進展速度を示すことが報告されていることもあり、高い中性子照射量領域での更なる亀裂進展速度データの蓄積と検討が必要と

思われる。

図 18は、図 16と図 17に示したデータのうち、照射量20 dpa以下の実機照射材とJMTRで照射した試験片を用いた照射後試験データに限定してプロットした結果を示す。NWC条件下での亀裂進展速度は照射量とともに増加して飽和する傾向が明瞭に認められたが、一方、HWC条件での亀裂進展速度はデータを限定しても依然としてばらつきは大きいことが判る。

表 11 IASCC 進展に関する調査結果の概要

文献 番号	照射炉	材料	照射温度(℃)	照射量(dpa)	試験方法	データ数
BIG-R1 [14]	JMTR	304, 304L 316L, 316NG (母材、HAZ、溶接金属)	262~302	0.6~13.9	炉外亀裂進展	91
BIG-R2 [15]						
BIG-R3 [57]						
BIG-R4 [58]						
BIG-R5 [19]	国内 BWR	304(シュラウド) 316(上部格子板)	288	0.2~1.8	炉外亀裂進展	23
BIG-R6 [59]	海外 BWR	304, 316L, 316NG (制御棒)	288	2.3~5.3	炉外亀裂進展	16
BIG-R7 [60]	海外 BWR	304, 304L, 316L (制御棒、シュラウド 等)	288	1.0~13.0	炉外亀裂進展	33
BIG-R8 [61]	海外 BWR	304L (制御棒)	275	13.1	炉外亀裂進展	3
BIG-R9 [23]	BWR	304L (制御棒)	270~288	7.7	炉外亀裂進展	3
	BOR-60	304L	~320	11.0~47.5 <10.0	炉外亀裂進展	17
BIG-R10 [62]	BOR-60	304L	~320	5.5, 10.2	炉外亀裂進展	12
BIG-R11 [63]	HBWR	304, 316	288	1.2~2.9	炉外亀裂進展	16
BIG-R12 [64]						
BIG-R13 [65]	JMTR	304	288	0.9~1.2	炉外亀裂進展	9
BIG-R14 [66]	JMTR	304	273~288	1.0~2.2	炉内亀裂進展 (JMTR)	17
BIG-R15 [67]	HBWR BWR	304L, 347, 316NG	228	1.3~12.9	炉内亀裂進展 (Halden)	7
BIG-R16 [68]	BWR	304L 316L	288	5.9~13.0	炉内亀裂進展 (Halden)	43
BIG-R17 [69]	JMTR	316L	262~302	11.9~13.7	炉外亀裂進展	7
BIG-R18 [70]	BWR (Barseback)	304	記載なし	1.0	炉外亀裂進展	4

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。
HAZ: 溶接熱影響部

This is a blank page.

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(1) (1/3)(文献番号 BIG-R1[14], BIG-R2[15], BIG-R3[57], BIG-R4[58])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ⁽³⁰⁾	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SH} E	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	DO ppm					DH ppb	公称					正味	未照射						照射後				
1	A104	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.93x10 ²⁴	0.99	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	323	20.6	8.3x10 ⁻¹¹	有	162	354	<0.55	○	
2	A104	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.93x10 ²⁴	0.99	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-230	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	553	20.8	<7.2x10 ⁻¹²	有	162	354	<0.55	○	
3	A103	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.16x10 ²⁴	0.86	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	370	15.8	1.6x10 ⁻¹⁰	有	162	354	<0.55	○	
4	A103	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.16x10 ²⁴	0.86	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-240	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	120	16.1	<1.2x10 ⁻¹¹	有	162	354	<0.55	○	
5	A204	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.03x10 ²⁵	1.72	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	308	15.6	2.5x10 ⁻¹⁰	有	162	411	<0.55	○	
6	A204	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.03x10 ²⁵	1.72	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-240	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	410	16.0	<9.4x10 ⁻¹²	有	162	411	<0.55	○	
7	G102	—	JMTR	—	CT	316L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WM	—	5.41x10 ²⁴	0.90	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	669	21.9	5.0x10 ⁻¹¹	有	—	—	<0.55	○	
8	G102	—	JMTR	—	CT	316L(WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WM	—	5.41x10 ²⁴	0.90	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-240	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	325	22.1	<1.3x10 ⁻¹¹	有	—	—	<0.55	○	
9	A201	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	9.91x10 ²⁴	1.65	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	337	12.1	3.1x10 ⁻¹⁰	有	162	411	<0.55	○	
10	A201	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	9.91x10 ²⁴	1.65	—	262-302	288	炉外	0.1	—	<0.19	<0.005	-55	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	367	18.1	5.6x10 ⁻¹⁰	有	162	411	>0.55	△	
11	A202	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	9.35x10 ²⁴	1.56	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	145	20.4	5.0x10 ⁻¹⁰	有	162	411	<0.55	○	
12	A202	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	9.35x10 ²⁴	1.56	—	262-302	288	炉外	0.05	—	<0.19	<0.005	-30	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	371	23.9	3.6x10 ⁻¹⁰	有	162	411	<0.55	○	
13	A308	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.34x10 ²⁵	3.89	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	91	29.2	3.1x10 ⁻⁹	有	162	614	>0.55	×	試験荷重異常
14	A303	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.42x10 ²⁵	4.03	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	120	22.0	2.7x10 ⁻⁹	有	162	614	<0.55	○	
15	A303	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.42x10 ²⁵	4.03	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-220	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	130	27.3	9.2x10 ⁻¹⁰	有	162	614	>0.55	△	
16	A307	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.47x10 ²⁵	4.11	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.17	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	76	24.3	3.4x10 ⁻⁹	有	162	614	<0.55	○	
17	A307	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.47x10 ²⁵	4.11	—	262-302	288	炉外	0.16	—	<0.17	<0.005	-20	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	55	28.7	3.5x10 ⁻⁹	有	162	614	>0.55	△	
18	A208	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.13x10 ²⁵	1.89	—	262-302	288	炉外	28	—	<0.17	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	151	23.5	4.7x10 ⁻¹⁰	有	162	411	<0.55	○	
19	A208	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.13x10 ²⁵	1.89	—	262-302	288	炉外	26	—	<0.17	<0.005	150	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	132	25.6	1.0x10 ⁻⁹	有	162	411	<0.55	—	
20	A208	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.13x10 ²⁵	1.89	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.17	<0.005	-230	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	142	27.1	<2.7x10 ⁻¹¹	有	162	411	<0.55	○	
21	B301	—	JMTR	—	CT	316L (HAZ)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	WJ(HAZ)	—	2.77x10 ²⁵	4.61	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	18	15.6	1.2x10 ⁻⁹	有	—	—	<0.55	×	片側進展
22	B301	—	JMTR	—	CT	316L (HAZ)	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	WJ(HAZ)	—	2.77x10 ²⁵	4.61	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-230	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	173	18.0	1.8x10 ⁻⁹	有	—	—	>0.55	×	片側進展
23	A203	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.00x10 ²⁵	1.73	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	200	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	308	17.0	6.2x10 ⁻¹⁰	有	162	411	<0.55	○	
24	A203	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.00x10 ²⁵	1.73	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.19	<0.005	-200	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	819	18.0	<1.0x10 ⁻¹¹	有	162	411	<0.55	○	
25	A301	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.71x10 ²⁵	4.52	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.12	<0.005	150	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	77	11.3	1.2x10 ⁻⁹	有	162	614	<0.55	○	
26	A301	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.71x10 ²⁵	4.52	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.12	<0.005	-200	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	458	11.7	1.9x10 ⁻¹¹	有	162	614	<0.55	○	
27	A302	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.49x10 ²⁵	4.15	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.12	<0.005	150	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	74	16.7	2.0x10 ⁻⁹	有	162	614	<0.55	○	
28	A302	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.49x10 ²⁵	4.15	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.12	<0.005	-200	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	412	18.2	5.7x10 ⁻¹¹	有	162	614	<0.55	○	
29	A402	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	6.53x10 ²⁵	10.90	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.12	<0.005	150	0.5T-CT	5.8	5.5	定荷重	255	12.8	2.0x10 ⁻⁹	有	162	686	<0.55	○	
30	A402	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	6.53x10 ²⁵	10.90	—	262-302	288	炉外	0.01	—																

注記: K 値及び亀裂進展速度は割れ幅平均亀裂長さに基づき評価 ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。 判定欄の記号は次の通り ○: 有効 △: 制限つき有効 ×: 無効

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 一: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: 0.2%耐力を示す。

※)照射量は $E > 1 \text{ MeV}$

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(1) (2/3) (BIG-R1[14], BIG-R2[15], BIG-R3[57], BIG-R4[58])

	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ^(※)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察		耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^{2(※)}					dpa	DO ppm					DH ppb	公称					正味	未照射	照射後				
40	H101	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.62x10 ²⁴	0.94	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-230	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	526	20.7	<7.2x10 ⁻¹²	有	159	354	<0.55	○		
41	H102	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.22x10 ²⁴	0.87	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	474	15.3	1.9x10 ⁻¹⁰	有	159	354	<0.55	○		
42	H102	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.22x10 ²⁴	0.87	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-240	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	121	15.4	<1.2x10 ⁻¹¹	有	159	354	<0.55	○		
43	P102	—	JMTR	—	CT	304L (WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WM	—	5.23x10 ²⁴	0.87	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	658	21.4	1.4x10 ⁻¹¹	有	—	—	<0.55	○		
44	P102	—	JMTR	—	CT	304L (WM)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bal.	WM	—	5.23x10 ²⁴	0.87	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-240	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	323	22.5	<1.3x10 ⁻¹¹	有	159	354	<0.55	○		
45	H205	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.04x10 ²⁵	1.74	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	307	17.5	3.3x10 ⁻¹⁰	有	159	425	<0.55	○		
46	H205	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.04x10 ²⁵	1.74	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-240	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	420	18.0	<9.4x10 ⁻¹²	有	159	425	<0.55	○		
47	H201	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.07x10 ²⁵	1.78	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	26	26.6	1.4x10 ⁻⁹	有	159	425	<0.55	×	評価時間短	
48	H201	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.07x10 ²⁵	1.78	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-200	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	1654	27.4	5.0x10 ⁻¹²	有	159	425	<0.55	○		
49	H202	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.19x10 ²⁵	1.99	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	330	14.2	8.9x10 ⁻¹⁰	有	159	425	<0.55	○		
50	H202	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.19x10 ²⁵	1.99	—	262-302	288	炉外	0.1	—	<0.19	<0.005	-55	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	200	22.7	3.3x10 ⁻¹⁰	有	159	425	>0.55	△		
51	H203	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.07x10 ²⁵	1.79	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	194	22.6	1.2x10 ⁻⁹	有	159	425	<0.55	○		
52	H203	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.07x10 ²⁵	1.79	—	262-302	288	炉外	0.05	—	<0.19	<0.005	-30	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	290	26.0	1.7x10 ⁻¹⁰	有	159	425	>0.55	△		
53	H204	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.19x10 ²⁵	1.99	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	150	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	100	24.0	1.6x10 ⁻⁹	有	159	425	<0.55	○	H201 の再試験	
54	H204	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.19x10 ²⁵	1.99	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-240	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	130	25.2	<3.2x10 ⁻¹¹	有	159	425	<0.55	○		
55	H204	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.19x10 ²⁵	1.99	—	262-302	288	炉外	0.02	—	<0.19	<0.005	-270	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	170	25.3	<2.4x10 ⁻¹¹	有	159	425	<0.55	○		
56	H301	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.45x10 ²⁵	4.08	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.17	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	92	14.3	1.7x10 ⁻⁹	有	159	639	<0.55	○		
57	H301	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.45x10 ²⁵	4.08	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.17	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	93	27.6	2.2x10 ⁻⁹	有	159	639	>0.55	×	a/w 逸脱	
58	H307	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.41	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.17	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	285	20.3	1.1x10 ⁻⁹	有	159	639	>0.55	×	a/w 逸脱	
59	H307	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.41	—	262-302	288	炉外	0.05	—	<0.17	<0.005	10	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	210	25.3	1.5x10 ⁻⁹	有	159	639	>0.55	△		
60	H302	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.35x10 ²⁵	3.92	—	262-302	288	炉外	0.03	—	<0.19	<0.005	-20	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	366	12.2	6.4x10 ⁻¹⁰	有	159	639	<0.55	○		
61	H302	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.35x10 ²⁵	3.92	—	262-302	288	炉外	0.03	—	<0.19	<0.005	-40	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	165	25.1	1.3x10 ⁻⁹	有	159	639	>0.55	△		
62	H306	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.32x10 ²⁵	3.87	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	214	10.5	1.1x10 ⁻⁹	有	159	639	<0.55	○		
63	H306	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.32x10 ²⁵	3.87	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	140	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	144	20.2	1.5x10 ⁻⁹	有	159	639	>0.55	×	a/w 逸脱	
64	H206	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.19x10 ²⁵	1.98	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	200	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	140	17.4	1.7x10 ⁻⁹	有	159	425	<0.55	○		
65	H206	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.19x10 ²⁵	1.98	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.19	<0.005	-200	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	730	19.4	1.0x10 ⁻¹¹	有	159	425	<0.55	○		
66	H209	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.99x10 ²⁴	1.00	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	150	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	46	64.9	1.1x10 ⁻¹⁰	有	159	354	<0.55	×	割れ率小	
67	H209	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	5.99x10 ²⁴	1.00	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.19	<0.005	-200	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	899	64.9	<1.0x10 ⁻¹¹	有	159	354	<0.55	×		
68	H210	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	6.70x10 ²⁴	1.12	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	150	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	288	21.9	1.1x10 ⁻¹⁰	有	159	354	<0.55	×	片側進展	
69	H210	—	JMTR	—	CT	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	6.70x10 ²⁴	1.12	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.19	<0.005	-200	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	601	22.1	8.1x10 ⁻¹¹	有	159	354	<0.5			

注記: K 値及び亀裂進展速度は割れ幅平均亀裂長さに基づき評価 ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 一: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: 0.2%耐力を示す。

a/w: 亀裂長さと試験片リガメント長さの比 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(1) (3/3) (BIG-R1[14], BIG-R2[15], BIG-R3[57], BIG-R4[58])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ^(*)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe					n/m ^(*)	dpa					DO ppm	DH ppb						公称	正味			
79	R104	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	4.30x10 ²⁴	0.71	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	150	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	768	15.6	7.6x10 ⁻¹¹	有	156	460	<0.55	○	
80	R303	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.41x10 ²⁵	4.02	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.19	<0.005	-200	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	138	28.3	1.8x10 ⁻¹⁰	有	156	740	<0.55	—	
81	R303	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.41x10 ²⁵	4.02	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	150	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	43	26.5	1.9x10 ⁻⁹	有	156	740	<0.55	○	
82	R306	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.10x10 ²⁵	3.47	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.19	<0.005	150	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	73	14.9	5.3x10 ⁻¹⁰	有	156	740	<0.55	○	
83	R306	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.10x10 ²⁵	3.47	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.19	<0.005	-200	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	155	15.0	<1.0x10 ⁻¹¹	有	156	740	<0.55	×	PDM 低下
84	S301	—	JMTR	—	CT	304 (HAZ)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	WJ(HAZ)	—	2.50x10 ²⁵	4.15	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.12	<0.005	150	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	43	25.3	1.4x10 ⁻⁹	有	—	—	<0.55	○	
85	S301	—	JMTR	—	CT	304 (HAZ)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	WJ(HAZ)	—	2.50x10 ²⁵	4.15	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.12	<0.005	-200	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	138	27.2	2.3x10 ⁻¹⁰	有	—	—	<0.55	○	
86	S304	—	JMTR	—	CT	304 (HAZ)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	WJ(HAZ)	—	2.00x10 ²⁵	3.28	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.12	<0.005	150	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	73	14.4	1.8x10 ⁻¹⁰	有	—	—	<0.55	○	
87	S304	—	JMTR	—	CT	304 (HAZ)	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	WJ(HAZ)	—	2.00x10 ²⁵	3.28	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.12	<0.005	-200	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	106	14.5	<1.0x10 ⁻¹¹	有	156	460	<0.55	○	
88	R404	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.18x10 ²⁵	8.60	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.12	<0.005	150	0.5T-CT	5.8	5.5	定荷重	180	11.3	3.7x10 ⁻¹⁰	有	156	790	<0.55	○	
89	R404	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.18x10 ²⁵	8.60	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.12	<0.005	-200	0.5T-CT	5.8	5.5	定荷重	216	11.6	5.4x10 ⁻¹¹	有	156	790	<0.55	○	
90	R406	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.55x10 ²⁵	9.20	—	262-302	288	炉外	0.01	—	<0.12	<0.005	-200	0.5T-CT	5.8	5.5	定荷重	215	16.2	5.5x10 ⁻¹¹	有	156	790	<0.55	○	
91	R406	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	5.55x10 ²⁵	9.20	—	262-302	288	炉外	32	—	<0.12	<0.005	150	0.5T-CT	5.8	5.5	定荷重	95	15.5	9.6x10 ⁻¹⁰	有	156	790	<0.55	○	

注記: K 値及び亀裂進展速度は割れ幅平均から求めた亀裂長さに基づいて算出 ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(2) (文献番号 BIG-R5[19])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm※)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)					dpa	DO ppm					DH ppb	公称						正味	未照射				照射後
1	—	CT-2S	BWR	㊟	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.60x10 ²⁴	0.23	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	1T-CT	25.4	22.7	—	—	10.5	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	324	—	—			
2	—	CT-5S	BWR	㊟	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	0.95	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.40x10 ²⁴	0.34	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	0.7T-CT	—	—	—	—	12.0	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	365	—	—			
3	—	CT-6S	BWR	㊟	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	0.95	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	3.20x10 ²⁴	0.46	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	0.7T-CT	—	—	—	—	12.0	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	396	—	—			
4	—	CT-7S	BWR	㊟	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	0.95	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.40x10 ²⁴	0.63	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	0.7T-CT	—	—	—	—	13.5	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	435	—	—			
5	—	CT-3T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.20x10 ²⁴	0.74	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	→	—	—	—	—	13.5	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	457	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
6	—	CT-4T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.20x10 ²⁴	0.74	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	→	—	—	—	—	12.6	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	457	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
7	—	CT-4T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.20x10 ²⁴	0.74	—	288	288	炉外	0.002	—	—	—	—	→	—	—	—	—	12.8	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	457	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
8	—	CT-5T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.30x10 ²⁴	0.33	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	→	—	—	—	—	10.5	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	360	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
9	—	CT-6T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.30x10 ²⁴	0.33	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	→	—	—	—	—	10.5	<2.0x10 ⁻¹²	—	—	360	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
10	—	CT-3S	BWR	㊟	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	0.95	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.10x10 ²⁴	0.73	—	288	288	炉外	0.002	—	—	—	—	1T-CT	25.4	22.7	—	—	11.8	5.6x10 ⁻¹¹	有	—	454	—	—			
11	—	CT-4S	BWR	㊟	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	0.95	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.50x10 ²⁴	0.64	—	288	288	炉外	0.002	—	—	—	—	1T-CT	25.4	22.7	—	—	23.5	2.2x10 ⁻¹²	—	—	438	—	—			
12	—	CT-2S	BWR	㊟	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.60x10 ²⁴	0.23	—	288	288	炉外	0.002	—	—	—	—	1T-CT	25.4	22.7	—	—	24.2	9.1x10 ⁻¹²	—	—	324	—	—			
13	—	CT-2T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.20x10 ²⁵	1.71	—	288	288	炉外	0.02	—	—	—	—	→	—	—	—	—	23.0	3.6x10 ⁻¹⁰	—	—	583	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
14	—	CT-2T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.20x10 ²⁵	1.71	—	288	288	炉外	0.002	—	—	—	—	→	—	—	—	—	23.2	2.8x10 ⁻¹¹	—	—	583	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
15	—	CT-1T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.20x10 ²⁵	1.71	—	288	288	炉外	0.02	—	—	—	—	→	—	—	—	—	24.0	6.3x10 ⁻¹⁰	有	—	583	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
16	—	CT-1T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.20x10 ²⁵	1.71	—	288	288	炉外	0.002	—	—	—	—	→	—	—	—	—	24.3	2.2x10 ⁻¹²	有	—	583	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
17	—	CT-3S	BWR	㊟	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	0.95	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.10x10 ²⁴	0.73	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	1T-CT	25.4	22.7	—	—	11.7	1.0x10 ⁻¹⁰	有	—	454	—	—			
18	—	CT-8S	BWR	㊟	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	0.95	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.40x10 ²⁴	0.63	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	0.7T-CT	—	—	—	—	12.4	5.6x10 ⁻¹¹	—	—	435	—	—			
19	—	CT-1S	BWR	㊟	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.50x10 ²⁴	0.21	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	1T-CT	25.4	22.7	—	—	22.5	8.0x10 ⁻¹²	—	—	318	—	—			
20	—	CT-4S	BWR	㊟	—	304	0.050	0.59	0.91	0.021	0.005	0.95	18.68	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.50x10 ²⁴	0.64	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	1T-CT	25.4	22.7	—	—	23.3	2.5x10 ⁻¹⁰	—	—	438	—	—			
21	—	CT-2S	BWR	㊟	—	304	0.040	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.50	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.60x10 ²⁴	0.23	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	1T-CT	25.4	22.7	—	—	24.1	3.1x10 ⁻¹¹	—	—	324	—	—			
22	—	CT-2T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.20x10 ²⁵	1.71	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	→	—	—	—	—	22.5	4.4x10 ⁻¹⁰	—	—	583	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		
23	—	CT-1T	BWR	㊟	—	316	0.059	0.83	1.62	0.030	0.006	11.46	17.40	2.39	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.20x10 ²⁵	1.71	—	288	288	炉外	32	—	—	—	—	→	—	—	—	—	23.2	5.6x10 ⁻¹⁰	有	—	583	—	—	0.5T-CT (B=9.1mm)		

注記 ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、 注記なしは出口の測定値を示す。照射量(dpa)は 7×10^{24} n/m²=1 dpa 換算、供試材は“the actually used core shroud and top guide”より採取したと報告されていることを考慮して照射温度は 288℃(公称値)とした。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 一: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: 0.2%耐力を示す。

a/w: 亀裂長さと試験片リガメント長さの比 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または3PB: 3点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: Cリング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(3) (文献番号 BIG-R6[59])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ^(※)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ² (※)					dpa	DO ppm					DH ppb	未照射						照射後						
																																											公称				正味	
1	MST-1	—	BWR	㊦	—	304	0.080	0.49	1.46	0.026	0.029	8.51	19.04	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	—	3.5-5.3	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	20.7	6.61x10 ⁻¹¹	無	164	—	—	—	CT (W=25,B=6)		
2	D790	—	BWR	㊦	—	316NG	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.10	—	—	—	—	0.09	0.03	Bal.	—	—	—	2.3-3.0	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	22.6	3.82x10 ⁻¹⁰	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
3	D790	—	BWR	㊦	—	316NG	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.10	—	—	—	—	0.09	0.03	Bal.	—	—	—	2.3-3.0	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	25.6	2.13x10 ⁻⁹	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
4	D790	—	BWR	㊦	—	316NG	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.10	—	—	—	—	0.09	0.03	Bal.	—	—	—	2.3-3.0	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	26.1	1.40x10 ⁻⁹	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
5	D790	—	BWR	㊦	—	316NG	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.10	—	—	—	—	0.09	0.03	Bal.	—	—	—	2.3-3.0	—	288	288	炉外	—	0.14	<0.2	—	(HWC)	→	6	—	—	—	—	25.2	1.08x10 ⁻⁹	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
6	D790	—	BWR	㊦	—	316NG	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.10	—	—	—	—	0.09	0.03	Bal.	—	—	—	2.3-3.0	—	288	288	炉外	—	0.14	<0.2	—	(HWC)	→	6	—	—	—	—	27.3	2.05x10 ⁻⁹	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
7	D802	—	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.60	—	—	—	—	0.09	0.07	Bal.	—	—	—	2.9-4.0	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	20.9	9.52x10 ⁻¹⁰	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
8	D802	—	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.60	—	—	—	—	0.09	0.07	Bal.	—	—	—	2.9-4.0	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	21.2	1.53x10 ⁻⁹	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
9	D802	—	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.60	—	—	—	—	0.09	0.07	Bal.	—	—	—	2.9-4.0	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	22.8	3.68x10 ⁻⁹	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
10	D802	—	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.60	—	—	—	—	0.09	0.07	Bal.	—	—	—	2.9-4.0	—	288	288	炉外	—	0.14	<0.2	—	(HWC)	→	6	—	—	—	—	20.6	1.67x10 ⁻⁹	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
11	D802	—	BWR	㊦	—	316L	0.011	0.46	1.71	0.014	0.005	10.43	16.48	2.60	—	—	—	—	0.09	0.07	Bal.	—	—	—	2.9-4.0	—	288	288	炉外	—	0.14	<0.2	—	(HWC)	→	6	—	—	—	—	23.3	3.68x10 ⁻⁹	無	172	—	—	—	CT (W=25,B=6)
12	D482	—	BWR	㊦	—	304L	0.017	0.39	1.71	0.018	0.018	9.33	18.47	0.05	—	—	—	—	0.08	0.03	Bal.	—	—	—	4.1-4.6	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	16.9	9.47x10 ⁻¹⁰	無	167	—	—	—	CT (W=25,B=6)
13	D482	—	BWR	㊦	—	304L	0.017	0.39	1.71	0.018	0.018	9.33	18.47	0.05	—	—	—	—	0.08	0.03	Bal.	—	—	—	4.1-4.6	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	17.1	2.01x10 ⁻⁹	無	167	—	—	—	CT (W=25,B=6)
14	D482	—	BWR	㊦	—	304L	0.017	0.39	1.71	0.018	0.018	9.33	18.47	0.05	—	—	—	—	0.08	0.03	Bal.	—	—	—	4.1-4.6	—	288	288	炉外	2	—	<0.2	—	(NWC)	→	6	—	—	—	—	22.3	1.75x10 ⁻⁹	無	167	—	—	—	CT (W=25,B=6)
15	D482	—	BWR	㊦	—	304L	0.017	0.39	1.71	0.018	0.018	9.33	18.47	0.05	—	—	—	—	0.08	0.03	Bal.	—	—	—	4.1-4.6	—	288	288	炉外	—	0.14	<0.2	—	(HWC)	→	6	—	—	—	—	17.1	4.80x10 ⁻¹¹	無	167	—	—	—	CT (W=25,B=6)
16	D482	—	BWR	㊦	—	304L	0.017	0.39	1.71	0.018	0.018	9.33	18.47	0.05	—	—	—	—	0.08	0.03	Bal.	—	—	—	4.1-4.6	—	288	288	炉外	—	0.14	<0.2	—	(HWC)	→	6	—	—	—	—	17.2	4.02x10 ⁻¹¹	無	167	—	—	—	CT (W=25,B=6)

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(4)(1/2) (文献番号 BIG-R7[60])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ^(※)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP形状	TP板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(*)					dpa	DO ppm					DH ppb	公称						正味	未照射				照射後
1	1925A	—	BWR	㊦	—	304L	0.014	0.25	1.12	0.016	0.003	10.52	18.03	—	—	—	—	0.021	0.031	Bal.	—	—	2.45x10 ²⁵	3.5	—	288	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	約550	→	8	—	—	約150	11.2	6.5x10 ⁻⁹	無	160	600	—	—	CT (W=16,B=8)	
2	1925A	—	BWR	㊦	—	304L	0.014	0.25	1.12	0.016	0.003	10.52	18.03	—	—	—	—	0.021	0.031	Bal.	—	—	2.45x10 ²⁵	3.5	—	288	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	100-200	→	8	—	—	約120	11.3	1.1x10 ⁻¹⁰	無	160	600	—	—	CT (W=16,B=8)	
3	1925A	—	BWR	㊦	—	304L	0.014	0.25	1.12	0.016	0.003	10.52	18.03	—	—	—	—	0.021	0.031	Bal.	—	—	2.45x10 ²⁵	3.5	—	288	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	100-200	→	8	—	—	約30	11.4	1.1x10 ⁻⁹	無	160	600	—	—	CT (W=16,B=8)	
4	1925A	—	BWR	㊦	—	304L	0.014	0.25	1.12	0.016	0.003	10.52	18.03	—	—	—	—	0.021	0.031	Bal.	—	—	2.45x10 ²⁵	3.5	—	288	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<100	→	8	—	—	約50	16.6	5.1x10 ⁻¹⁰	無	160	600	—	—	CT (W=16,B=8)	
5	1925A	—	BWR	㊦	—	304L	0.014	0.25	1.12	0.016	0.003	10.52	18.03	—	—	—	—	0.021	0.031	Bal.	—	—	2.45x10 ²⁵	3.5	—	288	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<450	→	8	—	—	約150	17.0	2.4x10 ⁻¹⁰	無	160	600	—	—	CT (W=16,B=8)	
6	01-787A	—	BWR	㊦	—	316L	0.007	0.10	1.50	0.005	0.013	13.70	16.30	2.60	—	—	—	0.08	0.01	Bal.	—	—	4.69x10 ²⁵	6.7	—	288	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約280	→	8	—	—	約500	11.6	3.4x10 ⁻¹⁰	無	178	670	—	—	CT (W=16,B=8)	
7	01-787A	—	BWR	㊦	—	316L	0.007	0.10	1.50	0.005	0.013	13.70	16.30	2.60	—	—	—	0.08	0.01	Bal.	—	—	4.69x10 ²⁵	6.7	—	288	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<400	→	8	—	—	約600	12.0	1.3x10 ⁻¹¹	無	178	670	—	—	CT (W=16,B=8)	
8	01-787B	—	BWR	㊦	—	316L	0.007	0.10	1.50	0.005	0.013	13.70	16.30	2.60	—	—	—	0.08	0.01	Bal.	—	—	4.69x10 ²⁵	6.7	—	288	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約120	→	8	—	—	約100	18.2	2.2x10 ⁻⁹	無	178	670	—	—	CT (W=25.4,B=8)	
9	01-787B	—	BWR	㊦	—	316L	0.007	0.10	1.50	0.005	0.013	13.70	16.30	2.60	—	—	—	0.08	0.01	Bal.	—	—	4.69x10 ²⁵	6.7	—	288	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<300	→	8	—	—	約80	19.6	6.2x10 ⁻⁹	無	169	673	—	—	CT (W=25.4,B=8)	
10	SW04	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	4.13x10 ²⁵	5.9	—	288	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約280	→	8	—	—	約50	18.5	1.7x10 ⁻⁹	無	169	673	—	—	CT (W=16,B=8)	
11	SW04	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	4.13x10 ²⁵	5.9	—	288	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<400	→	8	—	—	約150	19.1	2.5x10 ⁻¹⁰	無	169	673	—	—	CT (W=16,B=8)	
12	SW04	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	4.13x10 ²⁵	5.9	—	288	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	約550	→	8	—	—	約120	19.3	7.5x10 ⁻¹¹	無	169	673	—	—	CT (W=16,B=8)	
13	SW04	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	4.13x10 ²⁵	5.9	—	288	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	約550	→	8	—	—	約250	20.6	6.2x10 ⁻¹¹	無	169	673	—	—	CT (W=16,B=8)	

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。未照射耐力は 300℃での試験結果、照射後耐力は 288℃の試験結果を示す。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: 0.2%耐力を示す。

a/w: 亀裂長さと試験片リガメント長さの比 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(6)(2/2) (文献番号 BIG-R9[23])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射时形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm [※]	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	DO ppm			DH ppb	公称					正味	未照射					照射後											
4	SW02	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.022	0.24	1.07	0.015	<0.002	10.45	18.42	—	—	—	—	0.025	0.03	Bal.	—	—	7.84×10 ²⁵	11.2	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 260	→	8	7.6	—	約 300	13.4	5.5×10 ⁻¹⁰	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
5	SW02	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.022	0.24	1.07	0.015	<0.002	10.45	18.42	—	—	—	—	0.025	0.03	Bal.	—	—	7.84×10 ²⁵	11.2	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 260	→	8	7.6	—	約 200	13.8	2.3×10 ⁻¹⁰	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
6	SW02	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.022	0.24	1.07	0.015	<0.002	10.45	18.42	—	—	—	—	0.025	0.03	Bal.	—	—	7.84×10 ²⁵	11.2	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 260	→	8	7.6	—	<100	14.3	1.5×10 ⁻⁹	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
7	SW02	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.022	0.24	1.07	0.015	<0.002	10.45	18.42	—	—	—	—	0.025	0.03	Bal.	—	—	7.84×10 ²⁵	11.2	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	0	0.1	<0.06 (FW)	—	約-560	→	8	7.6	—	約 400	14.9	3.7×10 ⁻¹¹	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
8	SW02	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.022	0.24	1.07	0.015	<0.002	10.45	18.42	—	—	—	—	0.025	0.03	Bal.	—	—	7.84×10 ²⁵	11.2	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 250	→	8	7.6	—	<100	15.1	2.5×10 ⁻⁹	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
9	SW02	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.022	0.24	1.07	0.015	<0.002	10.45	18.42	—	—	—	—	0.025	0.03	Bal.	—	—	7.84×10 ²⁵	11.2	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	0	3	<0.06 (FW)	—	約-480	→	8	7.6	—	<100	19.6	1.6×10 ⁻⁹	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
10	AS3	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.33×10 ²⁶	47.5	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 250	→	8	7.6	—	約 180	11.3	9.2×10 ⁻¹⁰	無	169	906	—	—	RCT (W=16,B=8)		
11	AS3	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.33×10 ²⁶	47.5	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	—	—	<0.06 (FW)	—	<-350	→	8	7.6	—	約 300	11.2	8.2×10 ⁻¹¹	無	169	906	—	—	RCT (W=16,B=8)		
12	AS3	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.33×10 ²⁶	47.5	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	—	—	<0.06 (FW)	—	<-500	→	8	7.6	—	約 600	11.4	1.8×10 ⁻¹¹	無	169	906	—	—	RCT (W=16,B=8)		
13	AS3	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.33×10 ²⁶	47.5	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 250	→	8	7.6	—	約 20	18.6	1.2×10 ⁻⁸	無	169	906	—	—	RCT (W=16,B=8)		
14	AS3	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.33×10 ²⁶	47.5	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	—	—	<0.06 (FW)	—	<-350	→	8	7.6	—	約 40	22.2	4.6×10 ⁻⁹	無	169	906	—	—	RCT (W=16,B=8)		
15	AS04	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	—	<10	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 250	→	8	7.6	—	約 100	16.1	1.5×10 ⁻⁹	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
16	AS04	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	—	<10	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 250	→	8	7.6	—	約 100	16.2	3.5×10 ⁻¹⁰	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
17	AS04	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	—	<10	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 250	→	8	7.6	—	約 50	16.3	7.0×10 ⁻¹⁰	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
18	AS04	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	—	<10	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	—	—	<0.06 (FW)	—	<-400	→	8	7.6	—	約 500	16.3	1.7×10 ⁻¹¹	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
19	AS04	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	—	<10	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	0-100	→	8	7.6	—	約 50	16.4	4.1×10 ⁻¹⁰	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		
20	AS04	—	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	—	—	—	—	0.072	0.22	Bal.	—	—	—	<10	8.7-9.3×10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 250	→	8	7.6	—	約 50	16.4	3.2×10 ⁻⁹	無	169	—	—	—	RCT (W=16,B=8)		

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。未照射耐力は 300℃での試験結果、照射後耐力は 288℃の試験結果を示す。

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(7) (文献番号 BIG-R10[62])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%												熱処理等	加工率 加S/cm ²⁵	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 (μS/cm ²⁵)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP形状	TP板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考			
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu			N	Co					Fe	DO ppm					DH ppb	公称						正味	未照射				照射後		
1	AS01	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.85x10 ²⁵	5.5	8.7-9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 260	→	8	7.6	—	約 250	11.0	2.7x10 ⁻¹⁰	無	213	783	—	—	RCT (W=16,B=8)
2	AS01	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.85x10 ²⁵	5.5	8.7-9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<300	→	8	7.6	—	約 600	11.0	3.2x10 ⁻¹¹	無	213	783	—	—	RCT (W=16,B=8)
3	AS01	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.85x10 ²⁵	5.5	8.7-9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 250	→	8	7.6	—	約 100	11.0	1.2x10 ⁻⁹	無	213	783	—	—	RCT (W=16,B=8)
4	AS01	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.85x10 ²⁵	5.5	8.7-9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 260	→	8	7.6	—	約 50	18.0	7.4x10 ⁻⁸	無	213	783	—	—	RCT (W=16,B=8)
5	AS01	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	3.85x10 ²⁵	5.5	8.7-9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<350	→	8	7.6	—	約 900	18.0	2.3x10 ⁻¹¹	無	213	783	—	—	RCT (W=16,B=8)
6	AS02	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	7.14x10 ²⁵	10.2	8.7-9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 230	→	8	7.6	—	約 250	11.0	3.7x10 ⁻¹⁰	無	213	824	—	—	RCT (W=16,B=8)
7	AS02	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	7.14x10 ²⁵	10.2	2-7x10 ⁻⁸	~320	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	約 550	→	8	7.6	—	約 450	11.0	<1.0x10 ⁻¹²	無	213	824	—	—	RCT (W=16,B=8)
8	AS02	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	7.14x10 ²⁵	10.2	2-7x10 ⁻⁸	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 230	→	8	7.6	—	約 50	11.0	1.1x10 ⁻⁹	無	213	824	—	—	RCT (W=16,B=8)
9	AS02	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	7.14x10 ²⁵	10.2	2-7x10 ⁻⁸	~320	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<400	→	8	7.6	—	約 150	11.0	7.3x10 ⁻¹¹	無	213	824	—	—	RCT (W=16,B=8)
10	AS02	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	7.14x10 ²⁵	10.2	8.9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 230	→	8	7.6	—	約 50	11.0	2.2x10 ⁻⁹	無	213	824	—	—	RCT (W=16,B=8)
11	AS02	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	7.14x10 ²⁵	10.2	8.7-9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	2	—	<0.06 (FW)	—	約 230	→	8	7.6	—	約 20	18.0	8.5x10 ⁻⁹	無	213	824	—	—	RCT (W=16,B=8)
12	AS02	AS	BOR-60	—	RCT	SA304L	0.023	0.56	1.82	0.023	0.015	10.80	19.95	0.53	<0.001	0.02	—	0.29	0.072	0.22	Bal.	—	—	7.14x10 ²⁵	10.2	8.7-9.3x10 ⁻⁷	~320	288	炉外	—	0.1	<0.06 (FW)	—	<350	→	8	7.6	—	約 400	18.0	6.5x10 ⁻¹¹	無	213	824	—	—	RCT (W=16,B=8)

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。未照射耐力は 300℃での試験結果、照射後耐力は 288℃の試験結果を示す。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: 0.2%耐力を示す。

a/w: 亀裂長さと試験片リガメント長さの比 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(8) (文献番号 BIG-R11[63], BIG-R12[64])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ⁽⁹⁾	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	DO ppm			DH ppb	公称					正味	未照射					照射後											
1	—	C3-B	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	289	炉外	0.3	—	0.45	—	191	1/4T-CT	6.5	6.0	—	335	20.1	1.1x10 ⁻⁹	—	154	632	—	—			
2	—	C3-B	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	289	炉外	0.3	—	0.45	—	195	1/4T-CT	6.5	6.0	—	376	22.1	1.0x10 ⁻⁹	—	154	632	—	—			
3	—	C3-B	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	289	炉外	0.25	—	0.45	—	155	1/4T-CT	6.5	6.0	—	1655	24.4	8.7x10 ⁻¹⁰	—	154	632	—	—			
4	—	C3-B	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	289	炉外	0.01	—	0.45	—	-595	1/4T-CT	6.5	6.0	—	624	22.3	4.0x10 ⁻¹¹	—	154	632	—	—			
5	—	C3-B	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	9.0x10 ²⁴	1.29	—	288	289	炉外	0.01	—	0.45	—	-614	1/4T-CT	6.5	6.0	—	935	22.7	6.4x10 ⁻¹²	—	154	632	—	—			
6	—	C3-C	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	0.3	—	0.45	—	164	1/4T-CT	6.5	6.0	—	191	19.4	6.8x10 ⁻¹⁰	—	154	796	—	—			
7	—	C3-C	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	0.1	—	0.45	—	7	1/4T-CT	6.5	6.0	—	311	23.7	5.1x10 ⁻¹⁰	—	154	796	—	—			
8	—	C3-C	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	0.01	—	0.45	—	-294	1/4T-CT	6.5	6.0	—	560	27.5	6.9x10 ⁻¹⁰	—	154	796	—	—			
9	—	C3-C	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	0.01	—	0.45	—	-502	1/4T-CT	6.5	6.0	—	706	34.7	2.0x10 ⁻⁹	—	154	796	—	—			
10	—	C3-C	HBWR	—	—	304	0.024	0.45	1.86	0.020	0.003	9.10	18.93	—	—	—	—	0.074	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	0.01	—	0.45	—	-457	1/4T-CT	6.5	6.0	—	724	37.0	3.7x10 ⁻⁹	—	154	796	—	—			
11	—	C16-B	HBWR	—	—	316	0.029	0.42	1.65	0.026	0.003	12.32	16.91	2.18	—	—	—	0.011	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	0.25	—	0.45	—	117	1/4T-CT	6.5	6.0	—	265	15.2	4.6x10 ⁻¹⁰	—	189	796	—	—			
12	—	C16-B	HBWR	—	—	316	0.029	0.42	1.65	0.026	0.003	12.32	16.91	2.18	—	—	—	0.011	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	0.25	—	0.45	—	139	1/4T-CT	6.5	6.0	—	866	19.6	7.1x10 ⁻¹⁰	—	189	796	—	—			
13	—	C16-B	HBWR	—	—	316	0.029	0.42	1.65	0.026	0.003	12.32	16.91	2.18	—	—	—	0.011	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	0.25	—	0.45	—	148	1/4T-CT	6.5	6.0	—	871	21.9	1.1x10 ⁻⁹	—	189	796	—	—			
14	—	C16-B	HBWR	—	—	316	0.029	0.42	1.65	0.026	0.003	12.32	16.91	2.18	—	—	—	0.011	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	<0.03	—	0.45	—	-298	1/4T-CT	6.5	6.0	—	410	15.2	1.9x10 ⁻¹¹	—	189	796	—	—			
15	—	C16-B	HBWR	—	—	316	0.029	0.42	1.65	0.026	0.003	12.32	16.91	2.18	—	—	—	0.011	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	<0.03	—	0.45	—	-554	1/4T-CT	6.5	6.0	—	672	17.3	1.7x10 ⁻¹¹	—	189	796	—	—			
16	—	C16-B	HBWR	—	—	316	0.029	0.42	1.65	0.026	0.003	12.32	16.91	2.18	—	—	—	0.011	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁵	2.86	—	288	289	炉外	<0.03	—	0.45	—	-597	1/4T-CT	6.5	6.0	—	792	19.7	4.1x10 ⁻¹¹	—	189	796	—	—			

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(9) (文献番号 BIG-R13[65])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ⁽³⁾	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SH} E	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	DO ppm			DH ppb	公称					正味	未照射					照射後													
1	A46	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.0x10 ²⁴	1	1.8x10 ⁻⁷	288	288	炉外	0.01	—	<0.005	<0.005	-200	0.5T-CT	5.6	—	—	—	15.0	3.8x10 ⁻¹¹	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	A43	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.0x10 ²⁴	1	2.8x10 ⁻⁸	288	288	炉外	0.01	—	<0.005	<0.005	-200	0.5T-CT	5.6	—	—	—	18.0	1.1x10 ⁻¹¹	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	A46	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.0x10 ²⁴	1	1.8x10 ⁻⁷	288	288	炉外	32	—	<0.005	<0.005	>130	0.5T-CT	5.6	—	—	—	14.3	2.6x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	A26	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.2x10 ²⁴	1.03	2.8x10 ⁻⁸	288	288	炉外	32	—	<0.005	<0.005	>130	0.5T-CT	5.6	—	—	—	16.0	1.9x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	A53	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.0x10 ²⁴	1	1.8x10 ⁻⁷	288	288	炉外	32	—	<0.005	<0.005	>130	0.5T-CT	5.6	—	—	—	16.9	2.0x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	A43	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.0x10 ²⁴	1	2.8x10 ⁻⁸	288	288	炉外	32	—	<0.005	<0.005	>130	0.5T-CT	5.6	—	—	—	17.4	1.9x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	A45	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	5.7x10 ²⁴	0.95	1.8x10 ⁻⁷	288	288	炉外	32	—	<0.005	<0.005	>130	0.5T-CT	5.6	—	—	—	17.9	3.4x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	A55	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.8x10 ²⁴	1.13	1.8x10 ⁻⁷	288	288	炉外	32	—	<0.005	<0.005	>130	0.5T-CT	5.6	—	—	—	19.5	2.9x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	A27	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.2x10 ²⁴	1.03	2.8x10 ⁻⁸	288	288	炉外	32	—	<0.005	<0.005	>130	0.5T-CT	5.6	—	—	—	22.6	3.3x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記 ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。参照した文献に具体的な照射温度の記載は無いが、"The specimens were irradiated in high temperature water simulationg boiling water reactor (BWR) environments ~"とされ、照射温度は 288℃(公称値)とした。

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(10)(1/2) (文献番号 BIG-R14[66])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	試験温度 ℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ^(※)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	n/m ^(※)			dpa	DO ppm					DH ppb	公称					正味	未照射						照射後				
1	A73	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.2x10 ²⁵	2.0	—	283	288	炉外	32	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	26.0	6.80x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—		
2	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.8	—	273-288	273-288	炉外	32	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	22.0	6.00x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—		
3	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.8	—	273-288	273-288	炉外	32	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	20.4	4.59x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—		
4	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.2x10 ²⁵	2.0	—	273-288	273-288	炉外	32	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	27.1	5.13x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—		

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。照射量(dpa)は $6 \times 10^{24} \text{ n/m}^2 = 1 \text{ dpa}$ 換算。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 一: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: 0.2%耐力を示す。

a/w: 亀裂長さと試験片リガメント長さの比 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(10)(2/2) (文献番号 BIG-R14[66])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ^(*)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SH} E	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考				
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	DO ppm					DH ppb	公称					正味	未照射						照射後								
5	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.8	—	273-288	273-288	炉外	0.17	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	34.0	4.80x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
6	A24	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.3x10 ²⁵	2.2	—	283	273	炉外	0.17	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	32.0	4.30x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	5.8x10 ²⁴	1.0	—	273-288	273-288	炉外	0.17	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	20.4	9.50x10 ⁻¹¹	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.1x10 ²⁴	1.0	—	273-288	273-288	炉外	0.17	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	21.1	1.20x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.0x10 ²⁵	1.7	—	273-288	273-288	炉内	2	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	16.3	2.08x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
10	A05	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.8	—	273	273	炉内	2	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	16.0	3.50x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
11	A05	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.8	—	273	273	炉内	2	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	14.5	1.80x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
12	A77	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.6x10 ²⁴	1.1	—	273	273	炉内	2	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	12.0	7.00x10 ⁻¹¹	—	—	—	—	—	—	—
13	A77	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.6x10 ²⁴	1.1	—	273	273	炉内	2	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	15.2	1.30x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.8	—	273-288	273-288	炉内	0.17	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	32.0	8.60x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	1.2x10 ²⁵	2.0	—	273-288	273-288	炉内	0.17	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	31.0	1.20x10 ⁻⁹	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.6x10 ²⁴	1.1	—	273-288	273-288	炉内	0.17	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	28.2	8.03x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	JMTR	—	CT	304	0.050	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	0.0001	—	0.02	0.04	Bal.	SA	—	6.6x10 ²⁴	1.1	—	273-288	273-288	炉内	0.17	—	—	—	—	—	0.5T-CT	5.6	—	—	—	—	30.8	2.66x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	—	—

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。照射量(dpa)は $6 \times 10^{24} \text{ n/m}^2 = 1 \text{ dpa}$ 換算

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(11) (文献番号 BIG-R15[67])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験区分	試験環境		水の導電率 $\mu\text{S}/\text{cm}^{(25)}$	不純物濃度 ppm	ECP mV_{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 $\text{MPa}\cdot\text{m}$	亀裂進展速度 m/s	破面観察		耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	$\text{n/m}^{(25)}$					dpa	DO ppm					DH ppb	公称					正味						
																																										未照射	照射後	—			
1	CT1	—	HBWR	—	DCB	316NG	0.018	0.49	1.67	0.035	0.008	10.15	16.27	2.08	—	—	—	0.37	0.083	0.09	Bal.	SA	—	9.0×10^{24}	1.3	—	—	280	炉内	6	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	280	15.4	5.32×10^{-10}	—	—	650	—	—	
2	CT1	—	HBWR	—	DCB	316NG	0.018	0.49	1.67	0.035	0.008	10.15	16.27	2.08	—	—	—	0.37	0.083	0.09	Bal.	SA	—	9.0×10^{24}	1.3	—	—	280	炉内	6	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	160	16.5	3.95×10^{-10}	—	—	650	—	—	
3	CT1	—	HBWR	—	DCB	316NG	0.018	0.49	1.67	0.035	0.008	10.15	16.27	2.08	—	—	—	0.37	0.083	0.09	Bal.	SA	—	9.0×10^{24}	1.3	—	—	280	炉内	6	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	230	11.2	1.18×10^{-10}	—	—	650	—	—	
4	CT2	—	BWR	㊤	—	347	0.049	0.65	1.30	0.020	0.014	10.60	18.40	—	0.49 (Ta+Nb)	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.5×10^{25}	2.1	—	288	280	炉内	—	2	0.1	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	124	30.7	5.47×10^{-10}	—	—	948	—	—	
5	CT3	—	BWR	㊤	—	347	0.049	0.65	1.30	0.020	0.014	10.60	18.40	—	0.49 (Ta+Nb)	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.5×10^{25}	2.1	—	288	280	炉内	—	2	0.1	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	124	26.4	1.28×10^{-9}	—	—	948	—	—	
6	CT4	—	BWR	㊤	—	304L	0.012	0.63	1.19	0.018	0.005	10.56	18.65	—	—	—	—	—	0.038	0.025	Bal.	SA	—	9.0×10^{25}	12.9	—	288	280	炉内	6	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	500	9.6	1.20×10^{-10}	—	—	745	—	—	
7	CT4	—	BWR	㊤	—	304L	0.012	0.63	1.19	0.018	0.005	10.56	18.65	—	—	—	—	—	0.038	0.025	Bal.	SA	—	9.0×10^{25}	12.9	—	288	280	炉内	—	2	0.1	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	124	14.9	4.22×10^{-10}	—	—	745	—	—	

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値。注記なしは出口の測定値を示す。炉内試験の TP 照射量は試験開始時の値で、照射量(dpa)は $7 \times 10^{24} \text{ n/m}^2 = 1 \text{ dpa}$ 換算 参照した文献に具体的な照射温度の記載は無いが、BWR 炉内構造物より採取した試験片については 288℃(公称値)とした。

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(12)(1/2) (文献番号 BIG-R16[68])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%															熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ^(※)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	電裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe			n/m ^(※)	dpa					DO ppm	DH ppb					公称	正味						未照射	照射後			
1	709-CT1	—	BWR	㊟	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	86	14.3	1.81x10 ⁻¹⁰	無	147	710, 727	—	—		
2	709-CT1	—	BWR	㊟	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	125	14.6	2.51x10 ⁻¹⁰	無	147	710, 727	—	—		
3	709-CT1	—	BWR	㊟	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	—	2	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	235	14.9	1.19x10 ⁻¹¹	無	147	710, 727	—	—		
4	709-CT1	—	BWR	㊟	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	125	15.0	3.02x10 ⁻¹⁰	無	147	710, 727	—	—		
5	709-CT1	—	BWR	㊟	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	50	15.3	1.93x10 ⁻¹⁰	無	147	710, 727	—	—		
6	709-CT1	—	BWR	㊟	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	40	15.3	1.13x10 ⁻¹⁰	無	147	710, 727	—	—		
7	709-CT1	—	BWR	㊟	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	145	15.4	1.24x10 ⁻¹⁰	無	147	710, 727	—	—		

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。参照した文献に具体的な照射温度の記載は無いが、BWR 炉内構造物より採取した試験片については 288℃(公称値)とした。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 一: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: 0.2%耐力を示す。

a/w: 亀裂長さと試験片リガメント長さの比 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム DCB: 両持ち梁(Double Cantilever Beam)試験片 TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シールド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(12)(2/2) (文献番号 BIG-R16[68])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率%	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	試験温度℃	試験区分	試験環境		水の導電率μS/cm ^(*)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	n/m ^(*)			dpa	DO ppm					DH ppb	公称					正味	未照射						照射後				
8	709-CT1	—	BWR	㊦	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	125	15.9	1.71x10 ⁻¹⁰	無	147	710, 727	—	—		
9	709-CT1	—	BWR	㊦	—	304L	0.021	0.58	1.08	0.017	0.007	10.68	18.55	—	—	—	—	—	0.024	0.023	Bal.	—	—	—	13	—	288	325-334	炉内	—	2	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	75	16.2	6.04x10 ⁻¹¹	無	147	710, 727	—	—		
10	709-CT2	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	5.9	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	113	13.8	neg.	無	169	662, 683	—	—		
11	709-CT2	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	5.9	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	119	14.9	1.47x10 ⁻⁹	無	169	662, 683	—	—		
12	709-CT2	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	5.9	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	16	16.2	2.58x10 ⁻⁹	無	169	662, 683	—	—		
13	709-CT2	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	5.9	—	288	325-334	炉内	—	2	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	154	17.1	5.33x10 ⁻¹⁰	無	169	662, 683	—	—		
14	709-CT2	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	5.9	—	288	325-334	炉内	—	2	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	98	18.6	1.28x10 ⁻⁹	無	169	662, 683	—	—		
15	709-CT2	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	5.9	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	20	22.6	1.31x10 ⁻⁹	無	169	662, 683	—	—		
16	709-CT3	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	30	12.4	4.32x10 ⁻¹⁰	無	169	641, 646	—	—		
17	709-CT3	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	16	12.6	2.64x10 ⁻⁹	無	169	641, 646	—	—		
18	709-CT3	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	76	13.2	1.02x10 ⁻⁹	無	169	641, 646	—	—		
19	709-CT3	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	—	2	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	254	13.6	4.02x10 ⁻¹¹	無	169	641, 646	—	—		
20	709-CT3	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	45	13.9	1.38x10 ⁻⁹	無	169	641, 646	—	—		
21	709-CT5	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	70	10.3	6.72x10 ⁻¹¹	無	169	641, 646	—	—		
22	709-CT5	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	182	10.4	1.29x10 ⁻¹¹	無	169	641, 646	—	—		
23	709-CT5	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	95	10.5	1.68x10 ⁻¹¹	無	169	641, 646	—	—		
24	709-CT5	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	30	10.9	3.66x10 ⁻¹¹	無	169	641, 646	—	—		
25	709-CT5	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	55	11.3	2.53x10 ⁻⁹	無	169	641, 646	—	—		
26	709-CT5	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	70	12.3	1.28x10 ⁻⁹	無	169	641, 646	—	—		
27	709-CT5	—	BWR	㊦	—	304L	0.025	0.30	1.09	0.013	0.003	10.57	18.35	—	—	—	<0.0005	—	0.024	0.029	Bal.	—	—	—	7.7	—	288	325-334	炉内	—	2	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	53	12.7	7.44x10 ⁻¹¹	無	169	641, 646	—	—		
28	709-CT4	—	BWR	㊦	—	316L	0.007	0.1	1.5	0.005	0.013	13.7	16.3	2.6	—	—	0.0003	—	0.08	0.01	Bal.	—	—	—	6.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定荷重	72	10.0	4.31x10 ⁻¹¹	無	170.5	662, 677	—	—		
29	709-CT4	—	BWR	㊦	—	316L	0.007	0.1	1.5	0.005	0.013	13.7	16.3	2.6	—	—	0.0003	—	0.08	0.01	Bal.	—	—	—	6.7	—	288	325-334	炉内	5	—	0.2	—	—	0.3T-CT	5	4.47	定期除荷	180	10.1	1.30x10 ⁻¹¹	無	170.5	662, 677	—	—		
30	709-CT4	—	BWR	㊦	—	3																																										

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(13) (文献番号 BIG-R17[69])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%												熱処理等	加工率%	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	試験温度℃	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ^(※)	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考			
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu			N	Co					Fe	DO ppm					DH ppb	公称						正味	未照射				照射後		
							n/m ² (※)	dpa																																							
1	A410	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.14x10 ²⁵	11.9	—	262-302	288	炉外	32	—	—	—	230	0.5T-CT	12.7	12.0	定荷重	25	25.8	8.3x10 ⁻⁹	—	—	—	—	—	
2	A410		JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.14x10 ²⁵	11.9	—	262-302	288	炉外	<0.01	—	—	—	-60	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	200	30.0	7.8x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	
3	A410	—	JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.14x10 ²⁵	11.9	—	262-302	288	炉外	<0.01	0.05	—	—	-170	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	450	35.0	1.2x10 ⁻⁹	—	—	—	—	—	
4	A412		JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.38x10 ²⁵	12.2	—	262-302	288	炉外	32	—	—	—	230	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	80	13.4	6.5x10 ⁻⁹	—	—	—	—	—	
5	A412		JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.38x10 ²⁵	12.2	—	262-302	288	炉外	<0.01	—	—	—	-530	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	700	14.8	7.2x10 ⁻¹¹	—	—	—	—	—	
6	A412		JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	7.38x10 ²⁵	12.2	—	262-302	288	炉外	<0.01	0.05	—	—	-630	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	600	15.0	7.1x10 ⁻¹¹	—	—	—	—	—	
7	A425		JMTR	—	CT	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	8.23x10 ²⁵	13.7	—	262-302	288	炉外	<0.01	—	—	—	-620	0.5T-CT	6.4	6.1	定荷重	300	16.8	1.3x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。

表 12 IASCC 進展に関するデータシート(14) (文献番号 BIG-R18[70])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 %	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	試験温度 °C	試験区分	試験環境		水の導電率 μS/cm ²⁵	不純物濃度 ppm	ECP mV _{SHE}	TP 形状	TP 板厚,mm		負荷制御方式	試験時間 h	K 値 MPa√m	亀裂進展速度 m/s	破面観察	耐力,MPa		a/w	判定	備考	
							n/m ² (²⁵)	dpa	DO ppm	DH ppb	公称	正味	未照射	照射後																																	
1	—	—	BWR	㊟	—	304	0.04	0.87	1.70	0.017	0.011	9.0	19.0	—	—	—	—	0.046	—	Bal.	SA	—	—	1	—	—	288	炉外	2	—	—	—	—	—	→	8		定荷重	300	14.9	6.5x10 ⁻¹¹	—	—	—	—	—	8mmTCT
2	—	—	BWR	㊟	—	304	0.04	0.87	1.70	0.017	0.011	9.0	19.0	—	—	—	—	0.046	—	Bal.	SA	—	—	1	—	—	288	炉外	2	—	—	—	—	—	→	8		定荷重	500	23.5	1.1x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	8mmTCT
3	—	—	BWR	㊟	—	304	0.04	0.87	1.70	0.017	0.011	9.0	19.0	—	—	—	—	0.046	—	Bal.	SA	—	—	1	—	—	288	炉外	2	—	—	—	—	—	→	19		定荷重	359	23.0	9.0x10 ⁻¹¹	—	—	—	—	—	19mmTCT
4	—	—	BWR	㊟	—	304	0.04	0.87	1.70	0.017	0.011	9.0	19.0	—	—	—	—	0.046	—	Bal.	SA	—	—	1	—	—	288	炉外	2	—	—	—	—	—	→	19		定荷重	500	29.0	1.0x10 ⁻¹⁰	—	—	—	—	—	19mmTCT

注記: ※)水の導電率の(FW)は入口の測定値、注記なしは出口の測定値を示す。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 一: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 耐力: 0.2%耐力を示す。

a/w: 亀裂長さと試験片リガメント長さの比 ※)照射量は E>1 MeV

・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

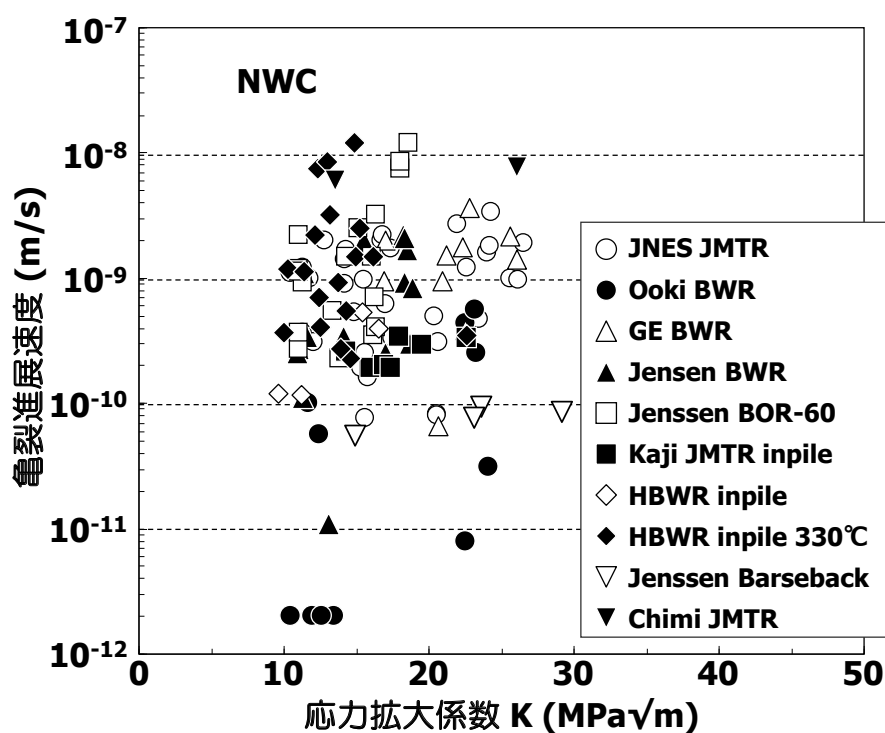
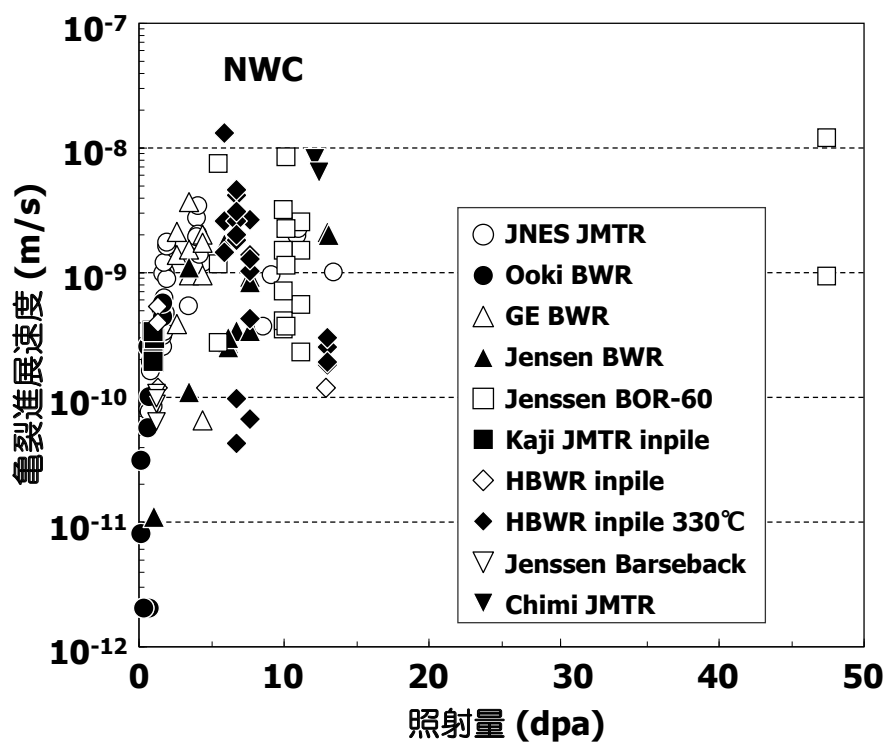
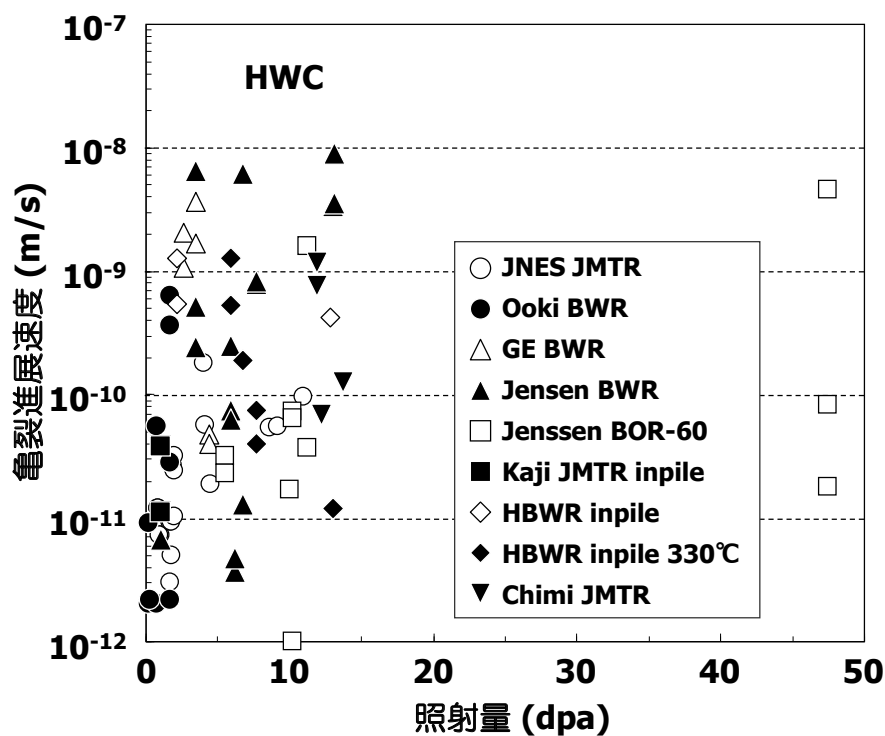
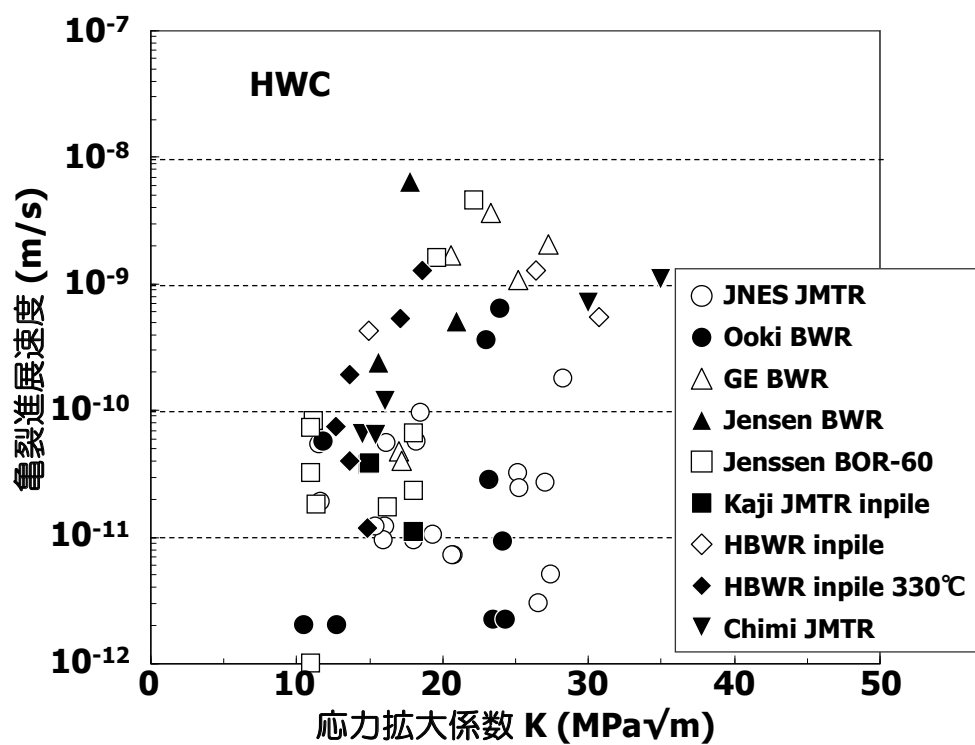


図 16 BWR の NWC 模擬環境下での照射ステンレス鋼の亀裂進展速度の中性子照射量及び K 値依存性



(1)中性子照射量依存性



(2)K 値依存性

図 17 BWR の HWC 模擬環境下での照射ステンレス鋼の亀裂進展速度の
中性子照射量及び K 値依存性

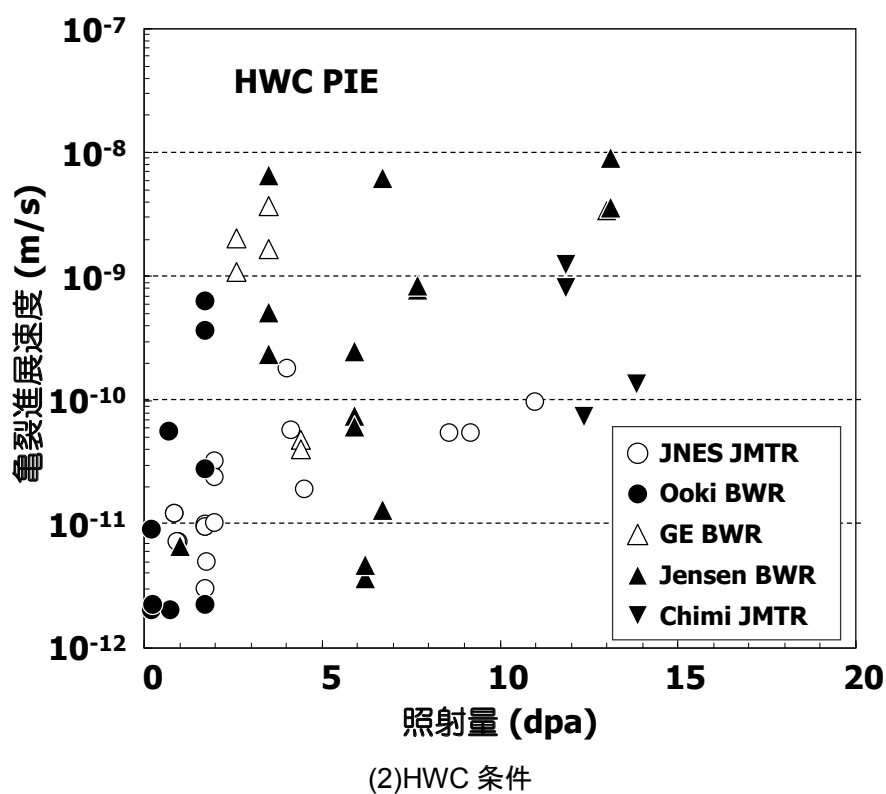
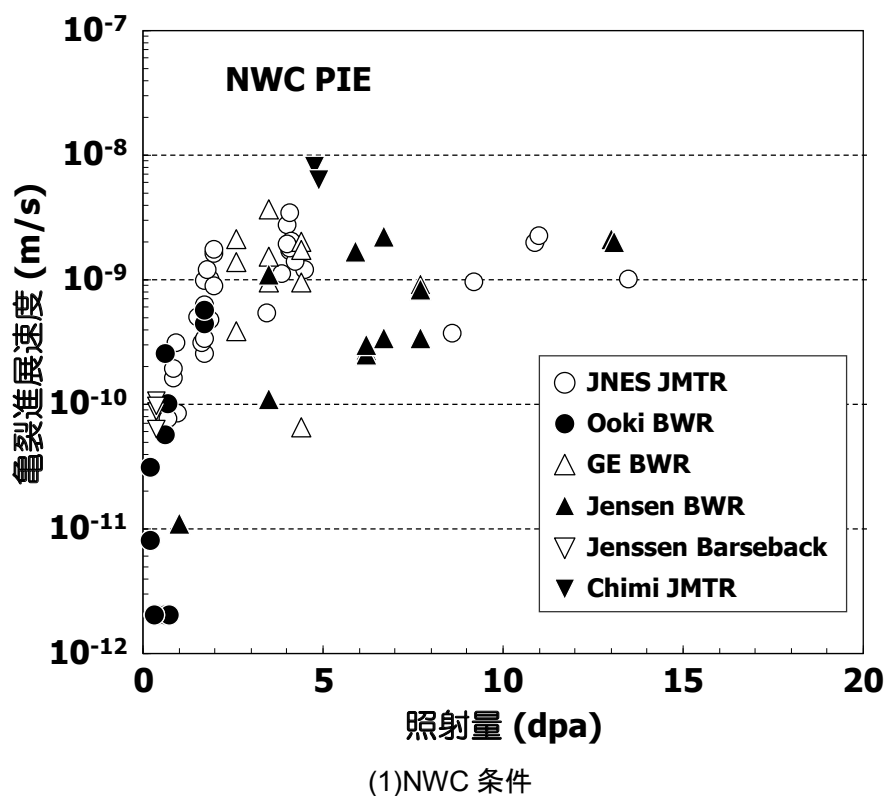


図 18 BWR 一次系模擬環境下での照射後試験(PIE)による亀裂進展速度の照射量依存性
(照射量 20 dpa 以下の実機照射材及び JMTR 照射材データ)

3.8. 照射応力緩和

(1) 調査結果の概要

炉内構造物のうち炉心シュラウド等の溶接部の残留応力評価を中心に、照射による応力緩和に係る知見が必要である。照射応力緩和データの取得には、中性子照射下での試験が必須であるため、一定の応力またはひずみを付与した試験片に研究炉の炉内で中性子を照射し、応力またはひずみの変化を測定する試験方法が用いられている。試験には、応力やひずみを付与する方法や、それらを測定する方法に応じて様々な形状の試験片が用いられており、代表的な試験方法として、Cリング法、ベントビーム法、単軸引張法、中性子回折法が挙げられる。Cリング法、ベントビーム法、単軸引張法は、一定のひずみ負荷で照射し照射後の負荷解放後のひずみとの差で緩和量を測定し、中性子回折法は照射前後の溶接残留応力の変化を中性子回折によって測定するものである。これらの試験結果に対し、照射温度と照射量に対する応力比(初期応力に対する比)として評価に用いられるのが一般的である。また、比較的大きな試験体に溶接ビードを施工し、ビード近傍の残留応力の変化を中性子回折で測定する方法も用いられている。表13は、照射応力緩和に関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BC-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、6件の文献から161のデータを抽出した[14], [71], [72], [73], [74], [77]。

上に述べた様に、照射応力緩和試験は特殊であるため、研究炉を使った結果のみが報告されている。系統的な試験として、JNESが実施した国プロにおいて、ステンレス鋼Cリング試験片をJMTRを用いて最大13dpaまで照射した照射応力緩和試験が実施されている[14]。JMTRを用いたその他の結果では、最大3 dpaの照射量範囲で、ベントビーム法[71]や単軸引張法[74]による測定結果が報告されている。やや古い文献では、Chalk River炉でのベントビーム法による測定結果の報告があった[77]。一方、304Lと316Lのビードオン溶接試験体に対して中性子を照射し、照射前後の溶接ビード近傍の残留応力の変化を中性子回折法で測定した報告が2件あった。ここでは溶接ビードの近傍の3方向の応力成分の変化が測定されている[72], [73]。

(2) データシートの構成

照射応力緩和に関する文献等より抽出、整理したデータを表14に示す。前出の共通項に加えて試験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。

- ・ TP 形状: 照射応力緩和試験に用いた TP 形状等(例: 4 点曲げ、C リング、溶接ビード等)
- ・ TP 寸法: 試験片の概略寸法(例: ϕ 30 mm、50×6×0.7 mm、等)
- ・ 測定方法: 試験方法に応じた測定方法(例: 曲率測定、2 点間距離測定、中性子回折)
- ・ 測定環境: 測定時の環境(例: 炉内測定、大気)
- ※ 今般選定した文献に測定環境に関する記載はなかった。
- ・ 測定温度(°C): 測定時の温度(例: 室温、20°C等)
- ・ 応力(MPa): 照射前及び照射後の応力のデータ
- ・ 曲率: 曲げ試験での照射前及び照射後の曲率データ
- ・ 基準点間距離(mm): C リング試験での照射前及び照射後の基準点間の距離
- ・ 照射前後の応力比: 測定または計算された照射前と照射後の応力比

- ・ ひずみ量(%): 試験片へ負荷したひずみ量
- ・ 代表式または係数: 文献等に示された緩和式とその係数等
- ・ 備考: 調査結果に関する特記事項を記載

※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。

- ・ 注記: 参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載

(3) データの評価

図 19は、304系と316L系のSA材を用い、JMTRにおいて約290℃の中性子照射した後の応力比の照射量依存性を示す。この図より、多くのデータの応力比は照射量の増加でほぼ比例して減少し、初期に付与した応力は照射によって緩和することが判る。図中に、JNESが実施した国プロ[14]で提案されている式⑥

$$\sigma/\sigma_0 = \exp(-0.19 \cdot dpa) \text{-----} \textcircled{6}$$

による傾向線を示した。ここの比較よりデータは傾向線よりも小さい側に多く分布しているが、減少の傾向はこの傾向線にほぼ従っている。参照した文献[14]では、この違いの原因として初期の緩和量を考慮していないことを指摘しており、TP形状の違いで初期の緩和量は異なるものの、照射量が増加して応力緩和が定常状態となると緩和速度は同程度となり、試験片の形状の影響は少ないことが示唆される。

表 13 照射応力緩和に関する調査結果の概要

文献番号	照射炉	材料	照射温度(℃)	照射量(dpa)	試験方法	データ数
BC-R1 [14]	JMTR	304, 304L, 316L	273~287	0.0~5.4	C リング法	60
BC-R2 [71]	JMTR	304, 316L	288	0.1~4.5	C リング法 ベントビーム法	45
BC-R3 [72]	JMTR	304 溶接部	288	0.1~3.6	中性子回折法 残留応力測定	9
BC-R4 [73]	JMTR	316L 溶接部	288	0.0~4.1	中性子回折法 残留応力測定	12
BC-R5 [74]	JMTR	316L	288	0.0~3.3	単軸引張法	10
BC-R6 [77]	Chalk River 炉	304	57, 297	0.2~2.0	ベントビーム法	25

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。

This is a blank page.

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(1) (1/2) (文献番号 BC-R1[14])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	TP 形状	TP 寸法	測定方法	測定環境	測定温度℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離 mm		照射前後の応力比	ひずみ量 %	代表式と係数	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)								dpa	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前					照射後
1	A051	—	—	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	0	—	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.735	3.744	0.990	—	—	2 点間距離
2	A052	—	—	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	0	—	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.700	3.706	0.993	—		2 点間距離
3	A053	—	—	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	0	—	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.723	3.731	0.991	—		2 点間距離
4	A054	—	—	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	0	—	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.575	3.580	0.991	—		2 点間距離
5	A055	—	—	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	0	—	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.554	3.558	0.994	—		2 点間距離
6	A056	—	—	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	0	—	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.534	3.538	0.995	—		2 点間距離
7	A151	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	6.51x10 ²⁴	1.08	1.52x10 ¹⁸	285.5	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.735	4.136	0.547	—		2 点間距離
8	A152	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	6.77x10 ²⁴	1.13	1.61x10 ¹⁸	285.4	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.753	4.101	0.590	—		2 点間距離
9	A153	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	6.46x10 ²⁴	1.11	1.57x10 ¹⁸	285.2	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.697	3.888	0.788	—		2 点間距離
10	A154	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	6.13x10 ²⁴	1.04	1.49x10 ¹⁸	285.1	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.578	3.702	0.799	—		2 点間距離
11	A155	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.88x10 ²⁴	1.03	1.42x10 ¹⁸	284.9	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.573	3.685	0.819	—		2 点間距離
12	A156	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	6.65x10 ²⁴	1.09	1.59x10 ¹⁸	284.7	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.573	3.687	0.809	—		2 点間距離
13	A251	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.08x10 ²⁵	1.83	1.51x10 ¹⁸	282.2	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.707	4.363	0.293	—		2 点間距離
14	A252	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.09x10 ²⁵	1.83	1.52x10 ¹⁸	281.8	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.729	4.315	0.341	—		2 点間距離
15	A253	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.08x10 ²⁵	1.83	1.50x10 ¹⁸	281.5	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.717	4.305	0.350	—		2 点間距離
16	A254	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.09x10 ²⁵	1.85	1.53x10 ¹⁸	281.1	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.547	3.714	0.738	—		2 点間距離
17	A255	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.03x10 ²⁵	1.75	1.45x10 ¹⁸	280.8	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.545	3.719	0.727	—		2 点間距離
18	A256	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.08x10 ²⁵	1.84	1.50x10 ¹⁸	280.4	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.557	3.742	0.703	—		2 点間距離
19	A351	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.05x10 ²⁵	5.19	1.38x10 ¹⁸	286.7	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.718	4.368	0.257	—		2 点間距離
20	A352	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.09x10 ²⁵	5.21	1.40x10 ¹⁸	286.3	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.767	4.431	0.225	—		2 点間距離
21	A353	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.11x10 ²⁵	5.24	1.42x10 ¹⁸	285.8	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.645	4.345	0.272	—		2 点間距離
22	A354	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.18x10 ²⁵	5.31	1.45x10 ¹⁸	285.2	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.549	4.003	0.287	—		2 点間距離
23	A355	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.08x10 ²⁵	5.18	1.40x10 ¹⁸	284.6	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.543	4.009	0.276	—		2 点間距離
24	A356	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.03x10 ²⁵	5.2	1.38x10 ¹⁸	283.9	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.575	4.016	0.279	—		2 点間距離
25	R051	—	—	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0	0	0	—	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.784	3.793	0.989	—	2 点間距離	
26	R052	—	—	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0	0	0	—	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.727					

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(1)(2/2) (文献番号 BC-R1[14])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	TP 形状	TP 寸法	測定方法	測定環境	測定温度℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離 mm		照射前後の応力比	ひずみ量 %	代表式と係数	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)								dpa	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前					照射後
41	R255	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	9.75x10 ²⁴	1.68	1.36x10 ¹⁸	274.4	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.579	3.803	0.636	—	—	2 点間距離	
42	R256	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	9.81x10 ²⁴	1.66	1.37x10 ¹⁸	273.7	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.582	3.774	0.679	—		2 点間距離	
43	R351	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	3.09x10 ²⁵	5.26	1.41x10 ¹⁸	283.2	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.788	4.483	0.174	—		2 点間距離	
44	R352	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	3.04x10 ²⁵	5.22	1.38x10 ¹⁸	282.4	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.797	4.487	0.179	—		2 点間距離	
45	R353	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	3.02x10 ²⁵	5.18	1.37x10 ¹⁸	281.7	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.778	4.451	0.195	—		2 点間距離	
46	R354	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	3.03x10 ²⁵	5.18	1.39x10 ¹⁸	280.8	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.605	4.101	0.178	—		2 点間距離	
47	R355	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.93x10 ²⁵	5.05	1.34x10 ¹⁸	280.0	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.600	4.080	0.177	—		2 点間距離	
48	R356	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.05	0.65	1.2	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	3.01x10 ²⁵	5.16	1.38x10 ¹⁸	279.2	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.585	4.066	0.188	—		2 点間距離	
49	H251	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.09x10 ²⁵	1.88	1.53x10 ¹⁸	279.9	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.784	4.156	0.550	—		2 点間距離	
50	H252	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.07x10 ²⁵	1.82	1.46x10 ¹⁸	279.5	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.758	4.166	0.521	—		2 点間距離	
51	H253	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.04x10 ²⁵	1.81	1.43x10 ¹⁸	279.0	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.780	4.034	0.700	—		2 点間距離	
52	H254	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.06x10 ²⁵	1.82	1.47x10 ¹⁸	278.5	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.597	3.752	0.736	—		2 点間距離	
53	H255	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.08x10 ²⁵	1.82	1.52x10 ¹⁸	278.0	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.566	3.692	0.794	—		2 点間距離	
54	H256	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.06x10 ²⁵	1.8	1.48x10 ¹⁸	277.5	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.572	3.750	0.691	—		2 点間距離	
55	H351	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	3.00x10 ²⁵	5.09	1.37x10 ¹⁸	278.3	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.800	4.386	0.292	—		2 点間距離	
56	H352	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.98x10 ²⁵	5.05	1.37x10 ¹⁸	277.4	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.755	4.353	0.296	—		2 点間距離	
57	H353	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.90x10 ²⁵	4.99	1.33x10 ¹⁸	276.5	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.777	4.356	0.305	—		2 点間距離	
58	H354	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.89x10 ²⁵	4.95	1.32x10 ¹⁸	275.5	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.603	3.997	0.320	—		2 点間距離	
59	H355	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.92x10 ²⁵	4.94	1.33x10 ¹⁸	274.6	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.631	4.001	0.331	—		2 点間距離	
60	H356	—	JMTR	—	C-Ring	304L	0.009	0.58	0.85	0.02	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	2.86x10 ²⁵	4.87	1.29x10 ¹⁸	273.6	C-Ring	φ 30mm	→	—	室温	—	—	—	—	3.609	3.988	0.347	—		2 点間距離	

注記: 注記事項なし

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(2)(1/2) (文献番号 BC-R2[71])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	TP 形状	TP 寸法	測定方法	測定環境	測定温度 ℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離 mm		照射前後の応力比	ひずみ量 %	代表式と係数	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)								dpa	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前					照射後
1	—	—	JMTR	—	曲げ	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	9.10x10 ²³	0.17	8.20x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.466	—	—	
2	—	—	JMTR	—	曲げ	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	9.10x10 ²³	0.17	8.20x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.598	—		
3	—	—	JMTR	—	曲げ	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	5.85x10 ²⁴	1.06	9.81x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.371	—		
4	—	—	JMTR	—	曲げ	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	5.85x10 ²⁴	1.06	9.81x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.336	—		
5	—	—	JMTR	—	曲げ	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	1.90x10 ²⁵	3.29	1.27x10 ⁻⁷	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.157	—		
6	—	—	JMTR	—	曲げ	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	1.90x10 ²⁵	3.29	1.27x10 ⁻⁷	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.196	—		
7	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	9.10x10 ²³	0.17	8.20x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.808	—		
8	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	9.10x10 ²³	0.17	8.20x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.745	—		
9	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	5.85x10 ²⁴	1.06	9.81x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.569	—		
10	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	5.85x10 ²⁴	1.06	9.81x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.626	—		
11	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	1.90x10 ²⁵	3.29	1.27x10 ⁻⁷	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.365	—		
12	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	1.90x10 ²⁵	3.29	1.27x10 ⁻⁷	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.383	—		
13	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	9.10x10 ²³	0.17	8.20x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.662	—		
14	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	9.10x10 ²³	0.17	8.20x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.453	—		
15	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	5.85x10 ²⁴	1.06	9.81x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.54	—		

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(2)(2/2) (文献番号 BC-R2[71])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	TP形状	TP寸法	測定方法	測定環境	測定温度℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離mm		照射前後の応力比	ひずみ量%	代表式と係数	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)								dpa	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前					照射後
16	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	5.85x10 ²⁴	1.06	9.81x10 ⁻⁸	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.425	—	—	
17	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	1.90x10 ²⁵	3.29	1.27x10 ⁻⁷	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.692	—		
18	—	—	JMTR	—	曲げ	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	1.90x10 ²⁵	3.29	1.27x10 ⁻⁷	288	曲げ	50x6x0.7mm	曲率	—	20	—	—	—	—	—	—	0.581	—		
19	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.21	1.01x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.846	—		2点間距離
20	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.21	1.01x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.769	—		2点間距離
21	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.21	1.01x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.763	—		2点間距離
22	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.24	1.15x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.730	—		2点間距離
23	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.24	1.15x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.635	—		2点間距離
24	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.24	1.15x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.627	—		2点間距離
25	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.43	1.71x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.304	—		2点間距離
26	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.43	1.71x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.294	—		2点間距離
27	—	—	JMTR	—	C-Ring	304	0.050	0.55	0.91	0.004	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	—	0.060	0.02	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.43	1.71x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.230	—		2点間距離
28	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.20	9.65x10 ⁻⁸	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.860	—		2点間距離
29	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.20	9.65x10 ⁻⁸	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.851	—		2点間距離
30	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.20	9.65x10 ⁻⁸	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.869	—		2点間距離
31	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.22	1.13x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.839	—		2点間距離
32	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.22	1.13x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.781	—		2点間距離
33	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.22	1.13x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.782	—		2点間距離
34	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.37	1.69x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.344	—		2点間距離
35	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.37	1.69x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.337	—		2点間距離
36	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	0.032	0.02	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.37	1.69x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.378	—		2点間距離
37	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.20	9.65x10 ⁻⁸	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.879	—		2点間距離
38	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.20	9.65x10 ⁻⁸	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.828	—		2点間距離
39	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	1.14x10 ²⁴	0.20	9.65x10 ⁻⁸	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.815	—		2点間距離
40	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.22	1.13x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.795	—		2点間距離
41	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.22	1.13x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.789	—	2点間距離	
42	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	6.86x10 ²⁴	1.22	1.13x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.816	—	2点間距離	
43	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.37	1.69x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.560	—	2点間距離	
44	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.37	1.69x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.519	—	2点間距離	
45	—	—	JMTR	—	C-Ring	316L	0.010	0.46	0.98	0.011	0.002	12.15	17.59	2.18	—	—	—	—	0.037	0.01	Bal.	SA	—	2.65x10 ²⁵	4.41	1.71x10 ⁻⁷	288	C-Ring	φ40x3mm	→	—	20	—	—	—	—	—	—	0.549	—	2点間距離	

注記: 注記事項なし

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(3)(1/2) (文献番号 BC-R3[72])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	TP 形状	TP 寸法	測定方法	測定環境	測定温度 ℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離 mm		照射前後の応力比	ひずみ量 %	代表式と係数	備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	照射前								照射後	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前					照射後	
1	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	9.00x10 ²³	0.15	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子 回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	—	—	0.890	—	—	板厚中央/溶接線直行方向(引張)
2	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	6.00x10 ²⁵	1	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子 回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	—	—	0.700	—		板厚中央/溶接線直行方向(引張)
3	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	2.15x10 ²⁵	3.58	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子 回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	—	—	0.540	—		板厚中央/溶接線直行方向(引張)

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(3)(2/2) (文献番号 BC-R3[72])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	TP 形状	TP 寸法	測定方法	測定環境	測定温度℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離 mm		照射前後の応力比	ひずみ量 %	代表式と係数	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)								dpa	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前				
4	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	9.00x10 ²³	0.15	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.720	—	—	板厚中央/溶接線平行方向(引張)
5	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	6.00x10 ²⁵	1	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.700	—		板厚中央/溶接線平行方向(引張)
6	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	2.15x10 ²⁵	3.58	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.430	—		板厚中央/溶接線平行方向(引張)
7	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	9.00x10 ²³	0.15	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.730	—		板厚中央/溶接線平行方向(圧縮)
8	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	6.00x10 ²⁵	1	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.700	—		板厚中央/溶接線平行方向(圧縮)
9	—	—	JMTR	—	⑩	304	0.05	0.55	0.91	0.002	0.003	8.32	18.35	—	—	—	—	0.06	0.02	Bal.	SA	—	2.15x10 ²⁵	3.58	—	288	⑩	60x30x8mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.430	—		板厚中央/溶接線平行方向(圧縮)

注記: 注記事項なし

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(4) (文献番号 BC-R4[73])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%																熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	TP 形状	TP 寸法	測定方法	測定環境	測定温度℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離 mm		照射前後の応力比	ひずみ量 %	代表式と係数	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co	Fe	n/m ^(※)			dpa	照射前								照射後	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前				
1	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	1.000	—	—	板厚中央/溶接線直行方向(引張)	
2	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.30x10 ²⁴	0.9	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.740	—		板厚中央/溶接線直行方向(引張)	
3	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.20x10 ²⁵	1.9	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.800	—		板厚中央/溶接線直行方向(引張)	
4	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.50x10 ²⁵	4.1	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.230	—		板厚中央/溶接線直行方向(引張)	
5	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	1.000	—		板厚中央/溶接線平行方向(引張)	
6	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.30x10 ²⁴	0.9	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.520	—		板厚中央/溶接線平行方向(引張)	
7	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.20x10 ²⁵	1.9	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.640	—		板厚中央/溶接線平行方向(引張)	
8	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.50x10 ²⁵	4.1	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.160	—		板厚中央/溶接線平行方向(引張)	
9	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	1.000	—		板厚中央/溶接線平行方向(圧縮)	
10	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	5.30x10 ²⁴	0.9	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	1.400	—		板厚中央/溶接線平行方向(圧縮)	
11	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.20x10 ²⁵	1.9	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	1.200	—		板厚中央/溶接線平行方向(圧縮)	
12	—	—	JMTR	—	⑩	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	2.50x10 ²⁵	4.1	—	288	⑩	60x30x10mm	中性子回折	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.930	—		板厚中央/溶接線平行方向(圧縮)	

注記: 注記事項なし

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(5) (文献番号 BC-R5[74])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	TP 形状	TP 寸法	測定方法	測定環境	測定温度℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離 mm		照射前後の応力比	ひずみ量 %	代表式と係数	備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)								dpa	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前				
1	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	0.00	0	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	1.000	0.3	—	2 点間距離
2	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	6.00x10 ²³	0.10	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.530	0.3		2 点間距離
3	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	3.80x10 ²⁴	0.63	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.170	0.3		2 点間距離
4	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.44x10 ²⁵	2.40	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.100	0.3		2 点間距離
5	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.96x10 ²⁵	3.27	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	-0.250	0.3		2 点間距離
6	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	6.00x10 ²³	0.10	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.870	0.75		2 点間距離
7	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	3.80x10 ²⁴	0.63	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	-0.030	0.75		2 点間距離
8	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.36x10 ²⁵	2.27	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	-0.210	0.75		2 点間距離
9	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.10x10 ²⁴	0.85	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.530	0.1		2 点間距離
10	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.08	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.89x10 ²⁵	3.15	—	288	㊦	φ 3x100mm	→	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.710	0.06		2 点間距離

表 14 照射応力緩和に関するデータシート(6) (文献番号 BC-R6[77])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度℃	TP 形状	TP 寸法	測定方法	測定環境	測定温度℃	応力,MPa		曲率		基準点間距離mm		照射前後の応力比	ひずみ量%	代表式と係数	備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)								dpa	照射前	照射後	照射前	照射後	照射前					照射後
1	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	9.30x10 ²³	0.2	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.860	—	—			
2	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	9.30x10 ²³	0.2	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.730	—				
3	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	2.05x10 ²⁴	0.5	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.760	—				
4	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	4.13x10 ²⁴	0.9	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.740	—				
5	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	4.13x10 ²⁴	0.9	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.650	—				
6	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	4.36x10 ²⁴	1.0	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.640	—				
7	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	7.27x10 ²⁴	1.7	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.710	—				
8	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	7.27x10 ²⁴	1.7	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.620	—				
9	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	8.87x10 ²⁴	2.0	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.610	—				
10	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	8.87x10 ²⁴	2.0	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.525	—				
11	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	8.87x10 ²⁴	2.0	4.50x10 ⁻⁸	297	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.510	—				
12	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	7.60x10 ²³	0.2	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.820	—				
13	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	7.60x10 ²³	0.2	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.820	—				
14	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	7.60x10 ²³	0.2	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.770	—				
15	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	1.93x10 ²⁴	0.4	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.750	—				
16	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	1.93x10 ²⁴	0.4	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.710	—				
17	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	3.44x10 ²⁴	0.8	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.680	—				
18	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	3.48x10 ²⁴	0.8	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.620	—				
19	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	3.55x10 ²⁴	0.8	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.680	—				
20	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	6.07x10 ²⁴	1.4	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.610	—				
21	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	6.07x10 ²⁴	1.4	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.590	—				
22	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	6.07x10 ²⁴	1.4	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.550	—				
23	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	7.78x10 ²⁴	1.8	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.570	—				
24	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	7.85x10 ²⁴	1.8	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.550	—				
25	—	—	Chalk River	—	BB	304	0.07	1	1.8	—	—	8.9	18.5	0.2	—	—	—	—	69.5	SA	—	7.94x10 ²⁴	1.8	4.50x10 ⁻⁸	57.0	BB	—	曲率	—	室温	—	—	—	—	—	—	0.570	—				

注記: 注記事項なし

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 ー: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV
 ・採取部位、照射時、TP それぞれの形状
 引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク
 ①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブブランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

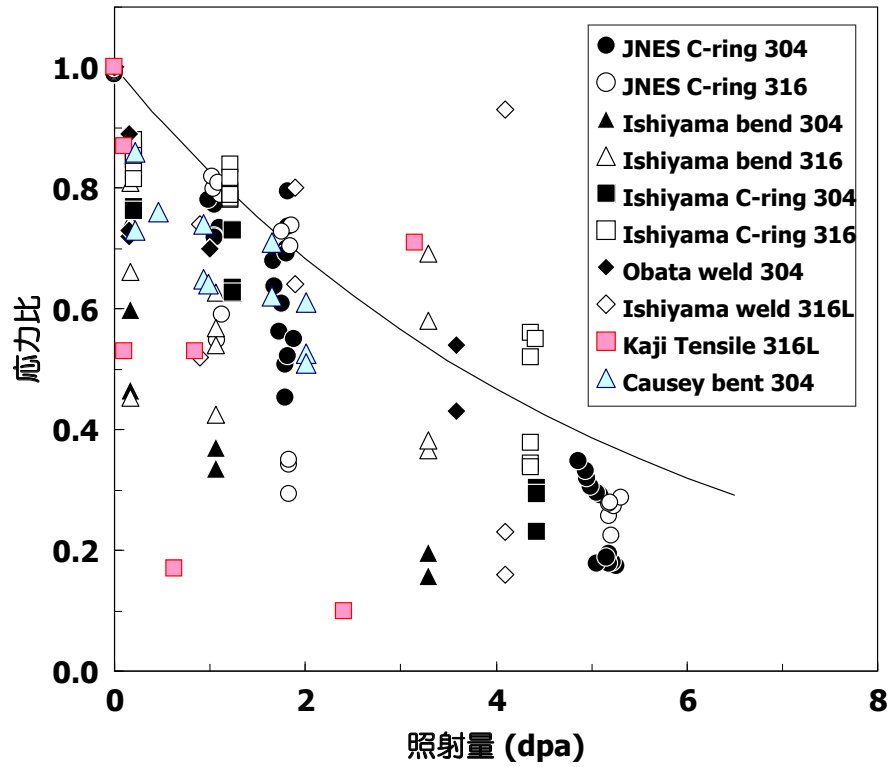


図 19 応力比(付加応力と 0.2%耐力の比)の照射量依存性に基づいた照射応力緩和評価結果

3.9. ミクロ組織

(1) 調査結果の概要

機械的特性や硬さに対する照射影響を機構論的に検討する上で、ミクロ組織変化に係るデータは重要である。表 15は、照射によるミクロ組織発達に関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BM-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、8件の文献から96のデータを抽出した。

JNESが実施した国プロにおいて、JMTRを用いBWRに対応する290℃付近で中性子照射した試験炉照射材を用いたミクロ組織観察が行われている[14], [31]。また、JMTR以外では、ATR[25]及びJRR-3[80]を用いて照射した供試材を使った結果が報告されている。このうちJRR-3での照射温度は、BWR炉内温度より低い240℃であった。一方、実機部材を用いた結果として、国内BWR実機から取出した制御棒ハンドルや計装管等の実機部材、あるいは実機照射材を対象とした試験データに関する報告が抽出された[22], [31], [35], [75], [76]。

(2) データシートの構成

ミクロ組織に関する文献等より抽出、整理したデータを表 16に示す。前出の共通項に加えて試験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。

- ・ フランクループ: 格子間原子型の積層欠陥転位ループの平均径(d, nm)及び数密度(N, /m³)
- ・ ブラックドット: タイプ(完全転位、ブラックドット等)、平均径(d, nm)及び数密度(N, /m³)
※フランクループ以外の欠陥クラスタを広くブラックドットと呼ぶが、文献等によっては完全転位とループを区別していることもあることから、参照した文献に準拠した。
- ・ 析出物: タイプ(γ相、M₆C 等)、平均径(d, nm)、数密度(N, /m³)
- ・ 照射生成ガス濃度(appm): 中性子照射による核変換で生成した He 及び H 濃度
- ・ 備考: 調査結果に関する特記事項を記載

※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。

- ・ 注記: 参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載

(3) データの評価

照射温度が300℃付近におけるミクロ組織変化の一般的な特徴として、微細な転位ループやブラックドットから成る転位組織が生成されることが知られている[81]。ミクロ組織として格子間原子が(111)面上の集合した積層欠陥型フランクループはすべての文献で報告されていた。また、微細なブラックドットや完全転位ループをフランクループと区別して扱った文献と、すべてをフランクループと判断している文献に区分された。その中でも、照射量の低いミクロ組織においては、ブラックドットをフランクループと判断している文献がある[35]。このように、ミクロ組織の評価において平均径の小さい照射欠陥集合体の区分に対して、文献ごとに違いがあるが、参照した文献にフランクループとして記載された転位ループの平均径と数密度の照射量との関係を図 20に示す。この図において、1 dpa以下の低照射量の定量データは、文献の記述に従いブラックドットもフランクループに含めた。参照した文献で報告されているフランクループの平均径は4~11 nmの範囲、数密度は 1×10^{22} /m³から 5×10^{23} /m³の範囲に分布しており、

照射量とともに数密度は増加して7~8 dpaで飽和する傾向が見られた。一方、rel-rod条件のTEM暗視野観察[78]で認められた組織をフランクグループとし、それとは異なる回折条件で観察された組織をブラックドットとして定量評価した報告がある[14], [31]。それによると、5 dpa以下の照射量範囲で、平均径は2~6 nm、数密度は $3\sim 12\times 10^{22}/\text{m}^3$ であり、照射量による変化はほとんど見られていないとされている。この理由として、ブラックドットの平均径、数密度とも、1 dpa以下の照射初期において飽和していたことが考えられる。

一方、微細なバブルや $\gamma'(\text{Ni}_3\text{Si})$ 相の観察結果が報告されているものの、照射温度300℃付近は一般的にキャビティや析出物形成温度域の下限に相当するため、微細なバブルや析出物はまばらに形成し、TEMによる定量評価が困難な場合も多い。こうした理由により、今回の調査ではキャビティと析出物を同定した観察結果は見つからなかったが、スウェーデンのBWRの実機部材のマイクロ組織観察において、TEMの回折斑点からキャビティと γ' 析出物が存在している可能性を指摘した例がある[78]。それによれば、照射量5.9 dpaの304Lでは平均径4.3 nmで数密度 $5.8\times 10^{20}/\text{m}^3$ の γ' と、平均径1 nmで密度 $6.94\times 10^{22}/\text{m}^3$ のキャビティ、照射量の7.7 dpaの304Lでは平均径4.4 nmで数密度 $1.30\times 10^{21}/\text{m}^3$ の γ' と平均径1 nmで密度 $9.96\times 10^{22}/\text{m}^3$ のキャビティ、照射量6.7 dpa照射された316Lでは数密度 $1.30\times 10^{21}/\text{m}^3$ の γ' と平均径1 nmで密度 $2.79\times 10^{22}/\text{m}^3$ のキャビティが形成しているとしている。但し、この知見は他文献の孫引きであるため、参考情報にとどめることとした。

表 15 ミクロ組織に関する調査結果の概要

文献番号	照射炉	材料	照射温度(℃)	照射量(dpa)	試験方法	データ数
BM-R1 [14]	JMTR	304, 304L, 316L, 316NG	284~298	0.7~5.2	TEM	17
BM-R2 [75], [35]	国内 BWR	304	288	0.3~1.3	TEM	23
BM-R3 [76], [22]	国内 BWR 海外 BWR	304	288	4.7~8.4	TEM	8
BM-R4 [31]	JMTR 国内 BWR	316L	288	0.8~3.3	TEM	4
BM-R5 [78]	海外 BWR	304, 316	275	0.6~13.3	TEM	19
BM-R6 [79]	海外 BWR (Barseback)	304L, 316L	277	1.5, 7.5	TEM	5
BM-R7 [80]	JRR3	304, 316	~240	~1	TEM	8
BM-R8 [25]	ATR	304, 304L, 316L, 316NG	287	1.1~3.6	TEM	12

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。
TEM: 透過型電子顕微鏡

This is a blank page.

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(1) (文献番号 BM-R1[14])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)			dpa	d,nm	N _i /m ²	区分	d,nm	N _i /m ²	区分	d,nm	N _i /m ²	He	
1	—	—	JMTR	—	TEM	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	4.26x10 ²⁴	0.71	—	297.9	—	—	—	2.3	1.10x10 ²³	—	—	—	—	—		
2	—	—	JMTR	—	TEM	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	4.54x10 ²⁴	0.76	—	295.1	—	—	—	3.2	7.71x10 ²²	—	—	—	—	—		
3	—	—	JMTR	—	引張	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	7.82x10 ²⁴	1.30	1.9x10 ⁻⁷	288.1	5.3	1.12x10 ²³	—	3.6	9.14x10 ²²	—	—	—	—	—		
4	—	—	JMTR	—	引張	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.17x10 ²⁵	3.62	1.7x10 ⁻⁷	286.2	7.5	1.23x10 ²³	—	5.0	1.35x10 ²³	—	—	—	—	—		
5	—	—	JMTR	—	TEM	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	4.26x10 ²⁴	0.71	—	297.9	—	—	—	2.4	4.40x10 ²²	—	—	—	—	—		
6	—	—	JMTR	—	TEM	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	4.54x10 ²⁴	0.76	—	295.1	—	—	—	3.1	2.72x10 ²²	—	—	—	—	—		
7	—	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.06x10 ²⁵	1.77	2.6x10 ⁻⁷	286.8	4.5	1.17x10 ²³	—	3.4	8.71x10 ²²	—	—	—	—	—		
8	—	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	3.02x10 ²⁵	5.04	2.4x10 ⁻⁷	287.4	7.2	9.45x10 ²²	—	4.8	1.22x10 ²³	—	—	—	—	—		
9	—	—	JMTR	—	TEM	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	4.26x10 ²⁴	0.71	—	297.9	—	—	—	2.5	4.00x10 ²²	—	—	—	—	—	
10	—	—	JMTR	—	TEM	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	4.54x10 ²⁴	0.76	—	295.1	—	—	—	3.5	2.78x10 ²²	—	—	—	—	—	
11	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.16x10 ²⁵	1.93	2.8x10 ⁻⁷	284.3	4.2	9.84x10 ²²	—	3.8	6.00x10 ²²	—	—	—	—	—	
12	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.08x10 ²⁵	5.13	2.4x10 ⁻⁷	287.3	6.1	1.02x10 ²³	—	4.1	9.92x10 ²²	—	—	—	—	—	
13	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	AR	—	2.22x10 ²⁵	3.70	—	286.2	7.0	1.05x10 ²³	—	4.4	1.50x10 ²³	—	—	—	—	—	
14	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	AR	—	2.31x10 ²⁵	3.86	—	286.2	7.2	7.20x10 ²²	—	4.3	1.26x10 ²³	—	—	—	—	—	
15	—	—	JMTR	—	TEM	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	0.0600	0.02	Bal.	SA	—	4.26x10 ²⁴	0.71	—	297.9	—	—	—	2.7	3.80x10 ²²	—	—	—	—	—	
16	—	—	JMTR	—	TEM	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	0.0600	0.02	Bal.	SA	—	4.54x10 ²⁴	0.76	—	295.1	—	—	—	3.0	2.55x10 ²²	—	—	—	—	—	
17	—	—	JMTR	—	引張	316NG	0.012	0.56	0.91	0.017	0.005	11.05	16.51	2.34	—	—	—	0.0600	0.02	Bal.	SA	—	9.50x10 ²⁴	1.58	2.3x10 ⁻⁷	288.1	4.1	8.22x10 ²²	—	4.4	7.56x10 ²²	—	—	—	—	—	

注記: ブラックドットの区分にはループ状組織を含む。

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(2)(1/2) (文献番号 BM-R2 [75], [35])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)			dpa	d,nm	N,/m ²	区分	d,nm	N,/m ²	区分	d,nm	N,/m ²	He		H
1	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.1x10 ²⁴	0.30	2.9x10 ⁻⁹	288	5.9	1.5x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.1x10 ²⁴	0.30	5.6x10 ⁻⁹	288	6.0	2.1x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.1x10 ²⁴	0.30	1.1x10 ⁻⁸	288	5.5	3.9x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁴	0.36	2.9x10 ⁻⁹	288	4.4	2.5x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁴	0.36	6.7x10 ⁻⁹	288	5.0	1.9x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.6x10 ²⁴	0.37	7.0x10 ⁻⁹	288	6.7	1.7x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.9x10 ²⁴	0.41	5.6x10 ⁻⁹	288	5.9	3.4x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	4.2x10 ²⁴	0.60	1.1x10 ⁻⁸	288	6.0	2.0x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.0x10 ²⁴	0.71	9.1x10 ⁻⁹	288	5.1	2.5x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.1x10 ²⁴	0.73	9.3x10 ⁻⁹	288	6.2	3.5x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.1x10 ²⁴	0.30	2.9x10 ⁻⁹	288	5.8	2.1x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.6x10 ²⁴	0.37	5.7x10 ⁻⁹	288	6.5	1.7x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	3.2x10 ²⁴	0.46	—	288	5.1	1.9x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	4.2x10 ²⁴	0.60	—	288	5.8	1.9x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.0x10 ²⁴	0.71	8.6x10 ⁻⁹	288	5.0	2.4x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.8x10 ²⁴	0.83	—	288	6.5	2.6x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	6.4x10 ²⁴	0.91	—	288	7.4	2.8x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	7.4x10 ²⁴	1.06	1.2x10 ⁻⁸	288	4.8	3.2x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(2)(2/2) (文献番号 BM-R2 [75], [35])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)			dpa	d,nm	N _i /m ²	区分	d,nm	N _i /m ²	区分	d,nm	N _i /m ²	He		H
19	—	A	BWR	—	—	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	8.6x10 ²⁴	1.23	1.6x10 ⁻⁸	288	6.2	2.9x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—			
20	—	D	BWR	—	—	304	0.04	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.5	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.3x10 ²⁴	0.33	6.9x10 ⁻¹⁰	288	5.7	8.5x10 ²¹	—	—	—	—	—	—	—	—			
21	—	D	BWR	—	—	304	0.04	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.5	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.3x10 ²⁴	0.33	6.9x10 ⁻¹⁰	288	5.7	8.6x10 ²¹	—	—	—	—	—	—	—	—			
22	—	D	BWR	—	—	304	0.04	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.5	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	4.4x10 ²⁴	0.63	1.3x10 ⁻⁹	288	5.8	1.0x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—			
23	—	D	BWR	—	—	304	0.04	0.61	0.94	0.019	0.003	9.28	18.5	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	4.4x10 ²⁴	0.63	1.3x10 ⁻⁹	288	5.9	1.0x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—			

注記：表に収録した数値データは私信[75]に基づいて抽出し、その一部は文献[35]に図として公開されている。

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(3) (文献番号 BM-R3 [76], [22])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス 濃度, appm		備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)			dpa	d,nm	N,/m ²	区分	d,nm	N,/m ²	区分	d,nm	N,/m ²	He		H	
1	—	304CR-A	BWR	㊦	—	304	0.07	0.85	1.45	0.026	0.03	8.51	19.51	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.2x10 ²⁵	7.4	—	288	6.3	2.3x10 ²³	完全/BD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	—	304CR-A	BWR	㊦	—	304	0.07	0.85	1.45	0.026	0.03	8.51	19.51	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.2x10 ²⁵	7.4	—	288	6.5	2.3x10 ²³	完全/BD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	—	304CR-B	BWR	㊦	—	304	0.07	0.6	1.39	0.028	0.028	8.32	19.01	0.36	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.9x10 ²⁵	8.4	—	288	6.8	2.6x10 ²³	完全/BD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	—	304CR-B	BWR	㊦	—	304	0.07	0.6	1.39	0.028	0.028	8.32	19.01	0.36	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.9x10 ²⁵	8.4	—	288	7.0	2.3x10 ²³	完全/BD	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	—	304TG-183039	BWR	㊦	—	304	0.048	0.6	1.28	0.035	0.013	9	17.9	—	—	—	—	—	0.0350	—	Bal.	→	—	3.3x10 ²⁵	4.7	—	288	5.9	1.0x10 ²³	完全/BD	—	—	—	—	—	—	—	—	SA+420℃Cx4.4h
6	—	304TG-183039	BWR	㊦	—	304	0.048	0.6	1.28	0.035	0.013	9	17.9	—	—	—	—	—	0.0350	—	Bal.	→	—	3.3x10 ²⁵	4.7	—	288	6.1	4.4x10 ²²	完全/BD	—	—	—	—	—	—	—	—	SA+420℃Cx4.4h
7	—	304TG-183039	BWR	㊦	—	304	0.048	0.6	1.28	0.035	0.013	9	17.9	—	—	—	—	—	0.0350	—	Bal.	→	—	3.9x10 ²⁵	5.5	—	288	6.2	6.0x10 ²²	完全/BD	—	—	—	—	—	—	—	—	SA+420℃Cx4.4h
8	—	304TG-183039	BWR	㊦	—	304	0.048	0.6	1.28	0.035	0.013	9	17.9	—	—	—	—	—	0.0350	—	Bal.	→	—	3.9x10 ²⁵	5.5	—	288	6.5	4.4x10 ²²	完全/BD	—	—	—	—	—	—	—	—	SA+420℃Cx4.4h

注記：表に収録した数値データは私信[76]に基づいて抽出し、その一部は文献[22]に図として公開されている。

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(4) (文献番号 BM-R4[31])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)			dpa	d,nm	N,/m ²	区分	d,nm	N,/m ²	区分	d,nm	N,/m ²	He		H
1	B3	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.0x10 ²⁴	0.8	3.3x10 ⁻⁷	288	2.5	2.3x10 ²²	—	6.0	2.6x10 ²²	—	—	—	—	—	Conventional (室温から照射開始)	
2	B5	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.51	0.95	0.018	0.006	12.58	16.49	2.16	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	3.3	3.3x10 ⁻⁷	288	9.6	4.1x10 ²²	—	6.6	1.2x10 ²³	—	—	—	—	—	Conventional (室温から照射開始)	
3	E134	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.2x10 ²⁴	0.9	3.3x10 ⁻⁷	288	—	—	—	3.3	1.3x10 ²³	—	—	—	—	—	Modified (150℃昇温後照射開始)	
4	N1	—	BWR	—	引張	316L	0.01	0.5	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.0360	—	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.9	1.1x10 ⁻⁷	288	6.8	2.3x10 ²²	—	5.0	2.2x10 ²²	—	—	—	—	—	

注記： 注記事項なし

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(5)(1/2) (文献番号 BM-R5[78])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 ℃	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)			dpa	d,nm	N,/m ²	区分	d,nm	N,/m ²	区分	d,nm	N,/m ²	He		H
1	—	304-B	BWR	—	引張	304	0.035	0.65	1.40	0.031	0.029	8.5	18.3	0.4	—	—	<0.0004	—	0.0670	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	0.7	—	275	4.6	9.0x10 ²²	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
2	—	304-B	BWR	—	引張	304	0.035	0.65	1.40	0.031	0.029	8.5	18.3	0.4	—	—	<0.0004	—	0.0670	—	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.6	—	275	7.3	1.2x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
3	—	304-B	BWR	—	引張	304	0.035	0.65	1.40	0.031	0.029	8.5	18.3	0.4	—	—	<0.0004	—	0.0670	—	Bal.	SA	—	3.4x10 ²⁵	5.0	—	275	6.9	5.2x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
4	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	4.0x10 ²⁴	0.6	—	275	4.9	9.0x10 ²²	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
5	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	6.0x10 ²⁴	0.9	—	275	6.5	4.0x10 ²²	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
6	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	3.4x10 ²⁵	5.0	—	275	8.1	7.0x10 ²²	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
7	—	304-E	BWR	—	引張	304	0.015	0.05	0.80	0.006	0.009	10.9	18.5	0.1	—	—	<0.0004	—	0.0390	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.2	—	275	9.3	2.1x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
8	—	304-E	BWR	—	引張	304	0.015	0.05	0.80	0.006	0.009	10.9	18.5	0.1	—	—	<0.0004	—	0.0390	—	Bal.	SA	—	3.1x10 ²⁵	4.4	—	275	11.2	2.5x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(5)(2/2) (文献番号 BM-R5[78])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^②			dpa	d,nm	N _i /m ^①	区分	d,nm	N _i /m ^①	区分	d,nm	N _i /m ^①	He		H
9	—	316-F	BWR	—	引張	316	0.009	0.26	1.40	0.021	0.001	11.6	16.7	2.7	—	—	0.001	—	0.0620	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.1	—	275	7.2	1.8x10 ²³	—	—	—	—	—	—	20 (~5dpa)	—	
10	—	316-F	BWR	—	引張	316	0.009	0.26	1.40	0.021	0.001	11.6	16.7	2.7	—	—	0.001	—	0.0620	—	Bal.	SA	—	3.3x10 ²⁵	4.7	—	275	11.2	1.7x10 ²³	—	—	—	—	—	—	20 (~5dpa)	—	
11	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0.0013	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.1	—	275	6.4	1.3x10 ²³	—	—	—	—	—	—	20 (~5dpa)	—	
12	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0.0013	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.6	—	275	7.5	1.6x10 ²³	—	—	—	—	—	—	20 (~5dpa)	—	
13	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0.0013	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	2.9	—	275	9.7	1.1x10 ²³	—	—	—	—	—	—	20 (~5dpa)	—	
14	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0.0013	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	3.4x10 ²⁵	4.9	—	275	9.6	2.0x10 ²³	—	—	—	—	—	—	20 (~5dpa)	—	
15	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	7.0x10 ²⁴	1.0	—	275	6.3	3.2x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
16	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	1.1x10 ²⁵	1.6	—	275	7.4	1.6x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
17	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	2.6x10 ²⁵	3.7	—	275	8.5	3.4x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
18	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	4.0x10 ²⁵	5.7	—	275	9.1	1.9x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	
19	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	9.3x10 ²⁵	13.3	—	275	9.4	1.9x10 ²³	—	—	—	—	—	—	10 (~5dpa)	—	

注記: 注記事項なし

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(6) (文献番号 BM-R6[79])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^②			dpa	d,nm	N _i /m ^①	区分	d,nm	N _i /m ^①	区分	d,nm	N _i /m ^①	He		H	
1	304L CP	—	BWR	—	引張	304L	0.013	0.13	1.16	0.021	0.011	10.42	18.32	—	—	—	0.0005	—	0.0270	0.029	Bal.	SA	—	5.0x10 ²⁵	7.5	—	277	7.3	3.0x10 ²³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	304L HP	—	BWR	—	引張	304L	0.002	0.08	0.75	0.006	0.003	10.54	18.32	—	—	—	0.0005	—	0.0100	0.007	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	1.5	—	277	7.5	1.6x10 ²³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	316L CP	—	BWR	—	引張	316L	0.008	0.07	1.32	0.005	0.006	12.28	16.7	2.56	—	—	—	—	0.0690	0.018	Bal.	SA	—	5.0x10 ²⁵	7.5	—	277	5.9	1.7x10 ²³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	316L HP	—	BWR	—	引張	316L	0.009	0.05	1.30	0.004	0.006	12.28	16.66	2.54	—	—	0.0005	—	0.0680	0.02	Bal.	SA	—	2.0x10 ²⁵	1.5	—	277	6.5	6.8x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	316L HP	—	BWR	—	引張	316L	0.009	0.05	1.30	0.004	0.006	12.28	16.66	2.54	—	—	1.0005	—	0.0680	0.02	Bal.	SA	—	5.0x10 ²⁵	7.5	—	277	6.5	1.8x10 ²³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記: 注記事項なし

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(7) (文献番号 BM-R7[80])

No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^②			dpa	d,nm	N _i /m ^①	区分	d,nm	N _i /m ^①	区分	d,nm	N _i /m ^①	He		H
1	—	—	JRR-3	—	TEM	316	0.004	0.02	1.40	<0.001	0.001	13.5	17.21	2.5	—	0.01	—	—	0.0020	—	Bal.	SA	—	—	~1	—	~240	9.2	1.7x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	—	—	JRR-3	—	TEM	316	0.061	0.03	1.40	0.001	0.0014	13.5	17.28	2.49	—	0.01	—	—	0.0026	—	Bal.	SA	—	—	~1	—	~240	7.9	1.3x10 ²³	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	—	—	JRR-3	—	TEM	316	0.062	0.04	1.39	0.001	0.0014	13.47	17.05	2.48	—	0.29	—	—	0.0026	—	Bal.	SA	—	—	~1	—	~240	8.7	1.1x10 ²³	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	—	—	JRR-3	—	TEM	316	0.065	0.7	1.39	<0.001	0.0014	13.53	17.16	2.44	—	0.3	—	—	0.0033	—	Bal.	SA	—	—	~1	—	~240	5.8	3.9x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	
5	—	—	JRR-3	—	TEM	316	0.061	0.05	1.40	0.019	0.00015	13.53	16.95	2.48	—	0.29	—	—	0.0032	—	Bal.	SA	—	—	~1	—	~240	6.4	1.5x10 ²³	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	—	—	JRR-3	—	TEM	316	0.061	0.03	1.41	0.001	0.037	13.6	17.82	2.47	—	0.3	—	—	0.0020	—	Bal.	SA	—	—	~1	—	~240	7.7	1.1x10 ²³	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	—	—	JRR-3	—	TEM	316	0.063	0.76	1.42	0.018	0.037	13.56	17.32	2.43	—	0.3	—	—	0.0022	—	Bal.	SA	—	—	~1	—	~240	5.9	5.7x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	—	—	JRR-3	—	TEM	304	0.003	0.01	1.36	0.001	0.0014	12.27	18.17	—	—	0.01	—	—	0.0014	—	Bal.	SA	—	—	~1	—	~240	11.2	6.6x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記: 注記事項なし

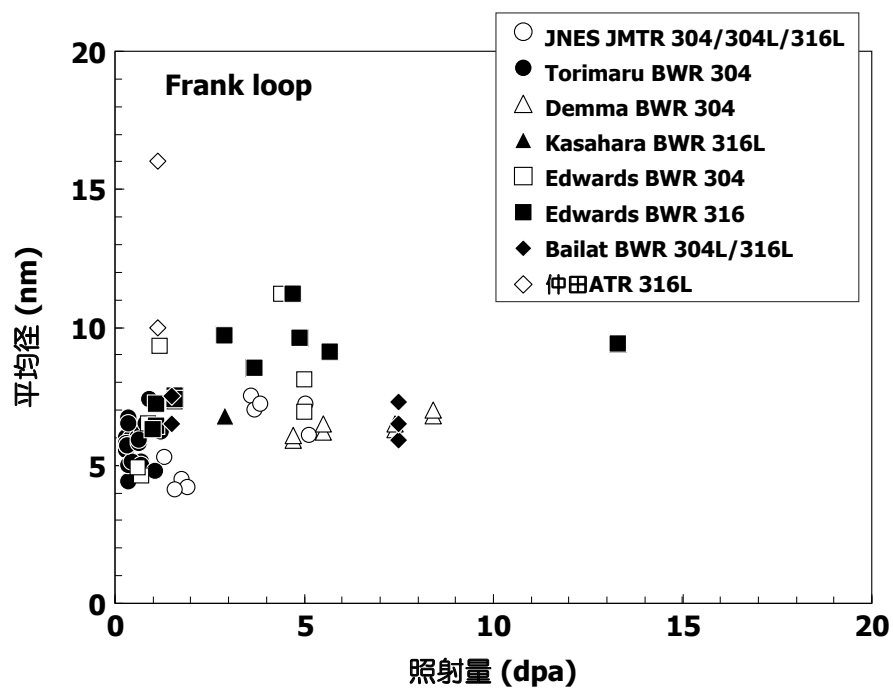
凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 —: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量はE>1 MeV
・採取部位、照射時、TP それぞれの形状
引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または3PB: 3点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: Cリング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク
①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

表 16 ミクロ組織に関するデータシート(8) (文献番号 BM-R8[25])

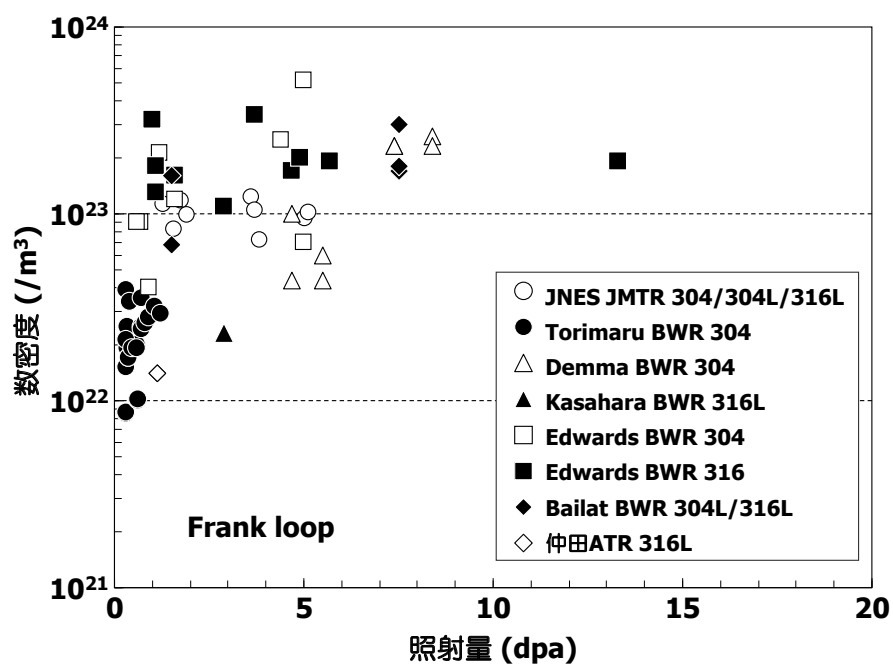
No	TP ID	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 °C	フランクループ		ブラックドット等			析出物			照射生成ガス濃度, appm		備考			
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^②			dpa	d,nm	N _i /m ^③	区分	d,nm	N _i /m ^③	区分	d,nm	N _i /m ^③	He		H		
1	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	—	—	BD	~5	2.9x10 ²²	—	—	—	—	—			
2	—	—	ATR	—	引張	316L	0.024	0.50	1.45	0.028	0.006	13.60	16.30	2.66	—	—	—	—	0.025	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
3	—	—	ATR	—	引張	316L	0.009	0.04	1.57	0.007	0.004	13.61	16.52	2.53	—	—	—	—	0.009	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	16.0	1.4x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—			
4	—	—	ATR	—	引張	316L	0.009	0.04	1.57	0.007	0.004	13.61	16.52	2.53	—	—	—	—	0.009	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
5	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	—	—	BD	~5	2.4x10 ²²	—	—	—	—	—	—		
6	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.014	0.45	1.63	0.024	0.004	13.10	17.00	2.46	—	—	—	—	0.097	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
7	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.010	0.06	1.55	0.008	0.003	13.15	16.71	2.48	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	10.0	1.4x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
8	—	—	ATR	—	引張	316NG	0.010	0.06	1.55	0.008	0.003	13.15	16.71	2.48	—	—	—	—	0.095	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
9	—	—	ATR	—	引張	304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	—	—	BD	~5	4.2x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	ATR	—	引張	304	0.067	0.52	1.67	0.021	0.003	9.60	18.70	—	—	—	—	—	0.019	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
11	—	—	ATR	—	引張	304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	SA	—	8.0x10 ²⁴	1.14	—	287	—	—	BD	~5	3.4x10 ²²	—	—	—	—	—	—	—	
12	—	—	ATR	—	引張	304L	0.020	0.47	1.54	0.024	0.005	11.55	18.20	—	—	—	—	—	0.024	—	Bal.	SA	—	2.5x10 ²⁵	3.57	—	287	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

注記: 照射量(dpa)は 7x10²⁴ n/m²=1dpa 換算

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 —: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV・採取部位、照射時、TP それぞれの形状
 引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク
 ①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張



(1)平均径



(2)数密度

図 20 照射ステンレス鋼中に形成したフランクループの平均径と数密度の照射量依存性

3.10. 照射誘起粒界偏析

(1) 調査結果の概要

IASCCは破断面にIG割れが観察されることが特徴であり、粒界における耐食性変化の検証のため古くから粒界近傍の化学組成分析が行われてきた。FEG-TEMまたはSTEMとEDSの組み合わせによって1 nm程度の径の電子ビームが分析用プローブとして用いられ、温度300℃近辺において中性子照射されたステンレス鋼の粒界では、Fe、Cr、Mn、Mo濃度が減少し、Ni、Si、P濃度が上昇する照射誘起粒界偏析が生じることが明らかにされている。表 17は、照射誘起粒界偏析に関する調査の結果抽出された文献に、文献番号BG-Rxxを付して概要をまとめたものである。スクリーニングの結果、7件の文献から96のデータを抽出した。

試験炉照射材を用いた結果に係る文献として、JNESが実施したJMTR照射材のデータが報告されている[14]。他にも研究炉を使った試験炉照射材データが報告されているが、BWR照射温度のデータは多くなかった。これに対し、国内BWRの実機部材、あるいは実機照射材を使った結果については、いくつかの文献で比較的系統的なデータが報告されており[22], [48], [58], [82], [83], [84], [85], [86], [87], [88]、海外BWRの実機部材を使ったデータも報告されている[22], [86], [87], [88]。

(2) データシートの構成

照射誘起粒界偏析に関する文献等より抽出、整理したデータを表 18に示す。前出の共通項に加えて試験条件及び結果に係る情報を、以下の項目ごとにデータシートへ収録した。なお、粒界濃度は粒界上で測定された濃度、照射誘起偏析量は粒界濃度と粒内濃度の差をそれぞれ示す。

- ・ 分析方法: TEM/STEM、EDS 等、分析機器の区分
- ・ ビーム径(nm): 分析に用いた電子ビーム(プローブ)の直径
- ・ 粒界性状: 分析した粒界の区分(例: 大傾角、対応粒界、ランダム粒界等)
- ・ 粒界濃度(wt%): Fe、Cr、Ni、Si、P、Mo、その他(元素名)の粒界濃度値
- ・ 照射誘起偏析量(wt%): Fe、Cr、Ni、Si、P、Mo、その他(元素名)の粒界偏析値(粒界と粒内の濃度差)

※ステンレス鋼の照射誘起粒界偏析ではNi、Siの濃化とCr、Moの欠乏に着目した検討が多く、これらに加えてFeとPの濃度を収録した。これに対して、Mnは特性X線の重複により分析精度が低いため、報告があってもデータは収録しないこととした。また、粒界濃度と照射誘起偏析(粒内と粒界と濃度差)について調査したが、参照した文献によってはどちらかしか示されていない場合もあった。

- ・ 備考: 調査結果に関する特記事項を記載

※個々の調査結果に係る追記事項については、“→”として備考参照とした。

- ・ 注記: 参考文献の記載に係る注記事項がある場合、表の下に記載

(3) データの評価

図 21は、ステンレス鋼の主要な溶質元素(Cr、Ni、Si、Mo)の粒界濃度、また図 22は、粒界における照射誘起偏析量の照射量依存性をそれぞれ示す。いずれの元素も照射量の増加とともに

に緩やかに変化する傾向が認められた。Crは照射前に最大で24%程度まで濃化しており、5 dpa以上で10~16%まで減少した。Niは5 dpaまでの増加が大きくその後増加は緩やかとなる場合があり、15~25%以上まで増加した。高照射量側では粒界ごとのばらつきが大きい傾向が認められた。Siは照射量とともに緩やかに増加し10 dpa付近で8%まで達するデータも見られた。Moは照射前に最大12%まで濃化しているが、5 dpaでほぼ1%以下に低下しその後の変化は顕著でなかった。

表 17 照射誘起粒界偏析に関する調査結果の概要

文献番号	照射炉	材料	照射温度(℃)	照射量(dpa)	試験方法	データ数
BG-R1 [14]	JMTR	304, 304L, 316L	284~298	0.0~5.2	FEG-TEM/EDS	18
BG-R2 [82]	国内 BWR	304, 316	288	0.3~13.1	FEG-STEM/EDS	12
BG-R3 [83]	国内 BWR	304	288	18.6	FEG-STEM/EDS	2
BG-R4 [84], [48]	国内 BWR	304, 316L	288	0.0~3.3	FEG-TEM/EDS	12
BG-R5 [85], [58]	国内 BWR	304, 316	288	0.2~1.9	FEG-TEM/EDS	15
BG-R6 [86], [22]	国内 BWR 海外 BWR	304	288	4.7~8.4	FEG-TEM/EDS	8
BG-R7 [87], [88]	海外 BWR	304, 316	275	0.0~12.2	FEG-TEM/EDS	29

注 抽出したデータに基づいて、照射温度の範囲は整数、照射量の範囲は小数点第一位まで示した。
FEG-TEM/EDS: 電界放出型電子銃付透過型電子顕微鏡/エネルギー分散型 X 線分光分析器
FEG-STEM/EDS: 電界放出型電子銃付走査透過型電子顕微鏡/エネルギー分散型 X 線分光分析器

This is a blank page.

表 18 照射誘起粒界偏析に関するデータシート(1)(文献番号 BG-R1[14])

No	TP ID.	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度(℃)	ビーム径 nm	粒界性状	粒界濃度(wt%)							照射誘起偏析量(wt%) 粒界と粒内の濃度差							備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ² (¹⁰)					dpa	Fe	Cr	Ni	Si	P	Mo	その他	ΔFe	ΔCr	ΔNi	ΔSi	ΔP	ΔMo		Δその他
1	—	—	JMTR	—	TEM	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	0	0.00	—	—	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.30	-0.90	-0.19	0.03	—	—	
2	—	—	JMTR	—	TEM	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	4.26x10 ²⁴	0.71	—	297.9	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.51	0.44	0.39	0.12	—	—	
3	—	—	JMTR	—	TEM	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	4.54x10 ²⁴	0.76	—	295.1	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.31	2.78	1.13	-0.03	—	—	
4	—	—	JMTR	—	引張	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	7.82x10 ²⁴	1.30	—	288.1	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	-3.13	-1.19	3.52	0.51	0.30	—	—	
5	—	—	JMTR	—	引張	304	0.05	0.65	1.20	0.024	0.004	8.93	18.58	—	—	—	—	—	0.04	Bal.	SA	—	2.17x10 ²⁵	3.61	—	286.2	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	-2.15	-4.19	5.33	0.95	0.07	—	—	
6	—	—	JMTR	—	TEM	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	0	0.00	—	—	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.10	-0.41	-0.11	0.01	—	—	
7	—	—	JMTR	—	TEM	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	4.26x10 ²⁴	0.71	—	297.9	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.99	2.37	0.58	0.09	—	—	
8	—	—	JMTR	—	TEM	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	4.54x10 ²⁴	0.76	—	295.1	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.46	2.68	-0.10	0.52	—	—	
9	—	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	1.06x10 ²⁵	1.77	—	286.8	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.86	2.78	0.68	0.08	—	—	
10	—	—	JMTR	—	引張	304L	0.009	0.58	0.85	0.020	0.001	9.78	18.43	—	—	—	—	—	0.05	Bal.	SA	—	3.02x10 ²⁵	5.04	—	289.4	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-2.98	6.24	0.94	0.00	—	—	
11	—	—	JMTR	—	TEM	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	0	0.00	—	—	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.72	-0.66	0.03	0.24	3.47	—	
12	—	—	JMTR	—	TEM	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	4.26x10 ²⁴	0.71	—	297.9	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-0.73	0.65	0.61	0.09	1.16	—	
13	—	—	JMTR	—	TEM	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	4.54x10 ²⁴	0.76	—	295.1	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.47	2.57	0.01	0.00	-0.08	—	
14	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	1.16x10 ²⁵	1.93	—	284.3	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.40	4.08	0.43	-0.11	-1.32	—	
15	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	SA	—	3.08x10 ²⁵	5.13	—	289.3	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-3.40	6.01	1.47	0.13	-0.65	—	
16	—	—	JMTR	—	TEM	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	AR	—	0	0.00	—	—	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.95	-0.71	-0.01	0.29	3.77	—	
17	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	AR	—	2.22x10 ²⁵	3.70	—	286.2	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	-2.05	-3.65	4.50	1.54	-0.08	-0.26	—	
18	—	—	JMTR	—	引張	316L	0.008	0.43	0.83	0.023	0.001	12.55	17.54	2.11	—	—	—	—	0.02	Bal.	AR	—	2.31x10 ²⁵	3.86	—	286.2	1	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	—	-1.87	-4.20	5.44	0.96	0.10	-0.43	—	

注記： 分析方法: FEG-TEM/EDS(機器名: HF-2000) RDGB: ランダム粒界 照射量(dpa)は 6x10²⁴ n/m²=1 dpa 換算。

表 18 照射誘起粒界偏析に関するデータシート(2)(文献番号 BG-R2[82])

No	TP ID.	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度(℃)	ビーム径 nm	粒界性状	粒界濃度(wt%)							照射誘起偏析量(wt%) 粒界と粒内の濃度差							備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe					n/m ² ([※])	dpa	Fe	Cr	Ni	Si	P	Mo	その他	ΔFe	ΔCr	ΔNi	ΔSi	ΔP		ΔMo	Δその他
1	SUS304A	—	BWR	—	tube	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.1x10 ²⁴	0.3	—	288	2	大傾角	65.34	23.42	8.71	1.04	0.79	—	—	-3.36	2.57	-0.31	0.36	0.74	—	—			
2	SUS304A	—	BWR	—	tube	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	2.1x10 ²⁴	0.3	—	288	2	大傾角	62.52	23.53	10.93	1.38	1.50	—	—	-5.39	3.12	-0.03	0.72	1.44	—	—			
3	SUS304A	—	BWR	—	tube	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.1x10 ²⁴	0.7	—	288	2	大傾角	68.81	21.85	8.64	0.7	—	—	—	-0.58	0.39	0.11	0.19	—	—	—			
4	SUS304A	—	BWR	—	tube	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.1x10 ²⁴	0.7	—	288	2	大傾角	67.01	20.65	9.98	0.99	0.58	—	—	-2.73	0.32	1.07	0.50	0.58	—	—			
5	SUS304A	—	BWR	—	tube	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.2x10 ²⁵	1.7	—	288	2	大傾角	66.63	21.01	10.07	1.23	0.57	—	—	-1.14	0.71	-0.11	0.19	0.46	—	—			
6	SUS304A	—	BWR	—	tube	304	0.05	0.53	1.64	0.026	0.006	9.2	18.6	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.2x10 ²⁵	1.7	—	288	2	大傾角	63.25	21.07	11.55	2.48	1.05	—	—	-4.94	0.81	2.25	1.46	0.95	—	—			
7	SUS304B	—	BWR	—	tube	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.2	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	6.0x10 ²⁵	8.6	—	288	2	大傾角	60.13	15.46	18.1	5.02	1.30	—	—	-9.38	-5.71	10.15	3.91	1.18	—	—			
8	SUS304B	—	BWR	㊟	—	304	0.05	0.51	1.69	0.029	0.007	10.2	18.65	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	6.0x10 ²⁵	8.6	—	288	2	大傾角	64.6	16.06	15.1	3.37	0.40	—	—	-3.60	-4.26	5.37	1.92	0.38	—	—			
9	SUS316	—	BWR	㊟	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	SA	—	4.0x10 ²⁵	5.7	—	288	2	大傾角	63.61	15.64	16.95	2.36	0.13	1.32	—	-2.51	-2.11	3.94	1.64	0.09	-1.04	—			
10	SUS316	—	BWR	㊟	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	SA	—	4.0x10 ²⁵	5.7	—	288	2	大傾角	63.29	15.44	17.63	2.13	0.15	1.38	—	-2.26	-3.12	4.94	1.78	0.15	-1.14	—			
11	SUS316	—	BWR	㊟	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	SA	—	9.2x10 ²⁵	13.1	—	288	2	大傾角	59.78	15.4	19.27	3.03	0.57	1.95	—	-4.91	-2.96	6.32	2.22	0.57	-0.77	—			
12	SUS316	—	BWR	㊟	—	316	0.05	0.58	1.73	0.021	0.006	13.1	16.55	2.25	—	—	—	—	Bal.	SA	—	9.2x10 ²⁵	13.1	—	288	2	大傾角	62.17	15.83	17.95	2.47	0.24	1.33	—	-3.11	-3.02	5.76	1.80	0.24	-1.69	—			

表 18 照射誘起粒界偏析に関するデータシート(3)(文献番号 BG-R3[83])

No	TP ID.	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度(℃)	ビーム径 nm	粒界性状	粒界濃度(wt%)							照射誘起偏析量(wt%) 粒界と粒内の濃度差							備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe					n/m ^(※)	dpa	Fe	Cr	Ni	Si	P	Mo	その他	ΔFe	ΔCr	ΔNi	ΔSi	ΔP	
1	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.3x10 ²⁶	18.6	—	288	2	大傾角	64.8	17.81	14.23	1.76	0.52	—	—	-3.76	-2.67	4.44	1.16	0.52	—	—	
2	—	—	BWR	②	—	304	0.05	0.37	1.75	0.03	0.014	9.03	18.14	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	1.3x10 ²⁶	18.6	—	288	2	大傾角	65.96	16.97	14.38	1.61	0.53	—	—	-3.79	-3.51	5.98	1.29	0.39	—	—	

注記：分析方法: FEG-STEM/EDS(分析機器についての記載なし)

表 18 照射誘起粒界偏析に関するデータシート(4)(文献番号 BG-R4 [84], [48])

No	TP ID.	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度(℃)	ビーム径 nm	粒界性状	粒界濃度(wt%)							照射誘起偏析量(wt%) 粒界と粒内の濃度差							備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)					dpa	Fe	Cr	Ni	Si	P	Mo	その他	ΔFe	ΔCr	ΔNi	ΔSi	ΔP	ΔMo		Δその他
1	—	304	BWR	—	引張	304	0.06	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	0.09	—	—	—	—	0.045	—	Bal.	MA	—	0	0	—	—	<2	大傾角	66.47	21.30	8.90	1.65	0.4	0.47	—	-2.99	2.91	-1.03	0.58	0.1	0.25	—	
2	—	304	BWR	—	引張	304	0.06	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	0.09	—	—	—	—	0.045	—	Bal.	MA	—	0	0	—	—	<2	大傾角	65.77	20.80	9.59	1.20	0.2	1.34	—	-1.55	2.00	-0.86	-0.06	-0.4	0.35	—	
3	—	304	BWR	—	引張	304	0.06	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	0.09	—	—	—	—	0.045	—	Bal.	MA	—	2.3x10 ²⁵	3.3	—	288	<2	大傾角	70.41	17.82	10.27	1.17	0.00	0.33	—	-2.88	-0.53	3.58	0.52	-0.12	-0.57	—	
4	—	304	BWR	—	引張	304	0.06	0.48	0.81	0.028	0.002	8.52	18.29	0.09	—	—	—	—	0.045	—	Bal.	MA	—	2.3x10 ²⁵	3.3	—	288	<2	大傾角	69.32	17.87	11.52	1.17	0.00	0.12	—	-3.26	-2.03	4.39	0.82	0.00	0.07	—	
5	—	316L(A)	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	—	Bal.	MA	—	0	0	—	—	<2	大傾角	65.11	18.10	11.85	0.37	0.0	3.21	—	0.23	-0.85	0.38	-0.56	0.0	0.51	—	
6	—	316L(A)	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	—	Bal.	MA	—	0	0	—	—	<2	大傾角	60.02	19.18	11.93	0.74	0.4	6.60	—	-3.17	1.56	-1.08	-0.22	0.1	2.89	—	
7	—	316L(A)	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	—	Bal.	MA	—	2.3x10 ²⁵	3.3	—	288	<2	大傾角	59.52	15.38	18.96	2.12	0.12	3.88	—	-1.71	-5.61	6.19	2.02	0.12	-1.10	—	
8	—	316L(A)	BWR	—	引張	316L	0.016	0.59	1.18	0.033	0.001	12.66	17.51	2.13	—	—	—	—	0.026	—	Bal.	MA	—	2.3x10 ²⁵	3.3	—	288	<2	大傾角	60.51	16.49	18.50	1.03	0.28	3.19	—	-4.66	-2.68	7.74	0.16	-0.23	-0.82	—	
9	—	316L(B)	BWR	—	引張	316L	0.01	0.5	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.036	—	Bal.	MA	—	0	0	—	—	<2	大傾角	65.11	17.97	12.46	0.57	3.29	0.2	—	0.45	0.11	-0.84	-0.13	-0.2	0.80	—	
10	—	316L(B)	BWR	—	引張	316L	0.01	0.5	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.036	—	Bal.	MA	—	0	0	—	—	<2	大傾角	61.51	18.02	12.35	0.94	6.70	0.0	—	-1.21	0.47	-0.31	-0.21	0.0	1.67	—	
11	—	316L(B)	BWR	—	引張	316L	0.01	0.5	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.036	—	Bal.	MA	—	2.0x10 ²⁵	2.9	—	288	<2	大傾角	61.62	14.42	19.86	1.89	2.20	0.00	—	-5.71	-4.75	7.37	1.62	0.00	1.45	—	
12	—	316L(B)	BWR	—	引張	316L	0.01	0.5	0.88	0.012	0.001	12.18	16.62	2.16	—	—	—	—	0.036	—	Bal.	MA	—	2.0x10 ²⁵	2.9	—	288	<2	大傾角	66.51	16.60	13.56	1.44	1.07	0.07	—	1.04	-4.03	3.48	1.06	0.05	-2.36	—	

注記：分析方法: FEG-TEM/EDS(機器名: HF-2000) 表に収録した数値データは私信[84]に基づいて抽出し、その一部は文献[48]に図として公開されている。

表 18 照射誘起粒界偏析に関するデータシート(5)(文献番号 BG-R5 [85], [58])

No	TP ID.	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%													熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度(℃)	ビーム径 nm	粒界性状	粒界濃度(wt%)							照射誘起偏析量(wt%) 粒界と粒内の濃度差							備考		
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N			Co	Fe					n/m ^(※)	dpa	Fe	Cr	Ni	Si	P	Mo	その他	ΔFe	ΔCr	ΔNi	ΔSi	ΔP		ΔMo	Δその他
1	—	304(A)	BWR	③	—	304	0.05	0.59	0.91	0.021	0.005	9.5	18.7	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.3x10 ²⁴	0.33	—	288	<2	大傾角	66.57	21.30	10.05	1.00	0.31	—	—	-2.30	1.09	0.65	-0.09	-0.12	—	—		
2	—	304(A)	BWR	③	—	304	0.05	0.59	0.91	0.021	0.005	9.5	18.7	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.3x10 ²⁴	0.33	—	288	<2	大傾角	67.00	21.88	9.92	0.23	0.27	—	—	-2.18	1.02	1.86	-0.10	0.27	—	—		
3	—	304(A)	BWR	③	—	304	0.05	0.59	0.91	0.021	0.005	9.5	18.7	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.3x10 ²⁴	0.33	—	288	<2	大傾角	65.76	21.33	9.99	0.24	0.11	—	—	-3.32	2.19	1.56	-0.24	0.11	—	—		
4	—	304(A)	BWR	③	—	304	0.05	0.59	0.91	0.021	0.005	9.5	18.7	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.2x10 ²⁴	0.61	—	288	<2	大傾角	69.30	18.61	10.66	0.78	0.64	—	—	-1.91	-0.10	1.19	0.20	0.62	—	—		
5	—	304(A)	BWR	③	—	304	0.05	0.59	0.91	0.021	0.005	9.5	18.7	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.2x10 ²⁴	0.61	—	288	<2	大傾角	68.95	18.79	11.62	0.35	0.29	—	—	-2.28	0.07	2.15	-0.23	0.29	—	—		
6	—	304(A)	BWR	③	—	304	0.05	0.59	0.91	0.021	0.005	9.5	18.7	—	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	4.2x10 ²⁴	0.61	—	288	<2	大傾角	68.85	18.94	11.55	0.52	0.13	—	—	-2.38	0.22	2.08	-0.06	0.13	—	—		
7	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁴	0.29	—	288	<2	大傾角	64.94	19.78	10.00	0.81	0.07	3.53	—	-0.05	0.71	-1.47	0.33	0.07	0.86	—		
8	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁴	0.29	—	288	<2	大傾角	63.33	20.37	10.19	0.54	0.01	3.56	—	-2.65	1.32	0.06	-0.23	-0.12	1.92	—		
9	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	2.0x10 ²⁴	0.29	—	288	<2	大傾角	64.75	18.42	10.36	0.57	0.00	3.69	—	1.17	-1.32	0.59	-0.25	-0.03	-0.30	—		
10	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.2x10 ²⁴	0.77	—	288	<2	大傾角	59.86	18.03	13.98	0.90	0.03	4.21	—	-4.08	-0.89	2.47	0.28	0.03	2.42	—		
11	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.2x10 ²⁴	0.77	—	288	<2	大傾角	60.48	16.96	13.85	1.73	0.15	3.69	—	-4.98	-2.40	3.28	1.36	0.08	2.30	—		
12	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	5.2x10 ²⁴	0.77	—	288	<2	大傾角	62.64	17.99	12.77	0.85	0.10	5.39	—	-4.32	-3.01	2.03	0.30	0.10	4.73	—		
13	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	<2	大傾角	68.14	16.81	12.12	1.24	0.00	1.69	—	-1.52	-1.55	5.12	0.20	-0.04	-2.22	—		
14	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	<2	大傾角	63.95	15.45	14.78	1.43	0.12	2.12	—	-3.98	-3.18	4.40	0.76	-0.33	0.55	—		
15	—	316	BWR	④	—	316	0.059	0.83	1.62	0.03	0.006	11.46	17.4	2.39	—	—	—	—	—	Bal.	—	—	1.3x10 ²⁵	1.86	—	288	<2	大傾角	60.33	13.84	16.87	1.40	0.48	2.30	—	-6.56	-4.24	7.38	1.19	0.16	-1.29	—		

表 18 照射誘起粒界偏析に関するデータシート(6) (文献番号 BG-R6 [86], [22])

No	TP ID.	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 (°C)	ビーム径 nm	粒界性状	粒界濃度(wt%)							照射誘起偏析量(wt%) 粒界と粒内の濃度差							備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ² (*)					dpa	Fe	Cr	Ni	Si	P	Mo	その他	ΔFe	ΔCr	ΔNi	ΔSi	ΔP	ΔMo		Δその他
1	—	304CR-A	BWR	⑤	—	304	0.07	0.85	1.45	0.026	0.03	8.51	19.51	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.2x10 ²⁵	7.4	—	288	<2	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	-6.6	-5.6	9.5	3.0	—	—	—		
2	—	304CR-A	BWR	⑤	—	304	0.07	0.85	1.45	0.026	0.03	8.51	19.51	—	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.2x10 ²⁵	7.4	—	288	<2	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	-4.4	-4.9	8.0	2.8	—	—	—		
3	—	304CR-B	BWR	⑤	—	304	0.07	0.6	1.39	0.028	0.028	8.32	19.01	0.36	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.9x10 ²⁵	8.4	—	288	<2	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	-3.5	-5.1	6.5	2.8	—	—	—		
4	—	304CR-B	BWR	⑤	—	304	0.07	0.6	1.39	0.028	0.028	8.32	19.01	0.36	—	—	—	—	—	Bal.	SA	—	5.9x10 ²⁵	8.4	—	288	<2	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	-3.6	-5.5	8.0	2.6	—	—	—		
5	—	304TG-183039	BWR	④	—	304	0.048	0.6	1.28	0.035	0.013	9.00	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.		—	3.3x10 ²⁵	4.7	—	288	<2	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	-2.2	-2.8	4.6	0.8	—	—	—	SA +420°C×4.4h
6	—	304TG-183039	BWR	④	—	304	0.048	0.6	1.28	0.035	0.013	9.00	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.		—	3.3x10 ²⁵	4.7	—	288	<2	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	-4.0	-2.6	5.6	1.4	—	—	—	SA +420°C×4.4h
7	—	304TG-183039	BWR	④	—	304	0.048	0.6	1.28	0.035	0.013	9.00	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.		—	3.9x10 ²⁵	5.5	—	288	<2	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	-5.5	-2.0	5.5	1.4	—	—	—	SA +420°C×4.4h
8	—	304TG-183039	BWR	④	—	304	0.048	0.6	1.28	0.035	0.013	9.00	17.9	—	—	—	—	—	0.035	—	Bal.		—	3.9x10 ²⁵	5.5	—	288	<2	RD GB	—	—	—	—	—	—	—	-4.3	-2.1	5.8	1.4	—	—	—	SA +420°C×4.4h

注記: 分析方法: FEG-TEM/EDS(機器名: HF-2000) 表に収録した数値データは私信[86]に基づいて抽出し、その一部は文献[22]に図として公開されている。 RDGB: ランダム粒界

表 18 照射誘起粒界偏析に関するデータシート(7)(1/2) (文献番号 BG-R7 [87], [88])

No	TP ID.	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率(%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度(℃)	ビーム径 nm	粒界性状	粒界濃度(wt%)								照射誘起偏析量(wt%) 粒界と粒内の濃度差								備考
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(注)					dpa	Fe	Cr	Ni	Si	P	Mo	その他	ΔFe	ΔCr	ΔNi	ΔSi	ΔP	ΔMo	Δその他		
1	—	304-B	BWR	—	引張	304	0.035	0.65	1.40	0.031	0.029	8.5	18.3	0.4	—	—	<0.0004	—	0.0670	—	Bal.	SA	—	—	0.0	—	275	0.75	—	—	21.2	8.0	0.8	—	—	—	—	2.9	-0.5	0.2	—	—	—		
2	—	304-B	BWR	—	引張	304	0.035	0.65	1.40	0.031	0.029	8.5	18.3	0.4	—	—	<0.0004	—	0.0670	—	Bal.	SA	—	—	0.7	—	275	0.75	—	—	20.2	10.5	1.0	—	—	—	—	1.9	2.0	0.4	—	—	—		
3	—	304-B	BWR	—	引張	304	0.035	0.65	1.40	0.031	0.029	8.5	18.3	0.4	—	—	<0.0004	—	0.0670	—	Bal.	SA	—	—	0.7	—	275	0.75	—	—	19.3	10.5	1.0	—	—	—	—	1.0	2.0	0.4	—	—	—		
4	—	304-B	BWR	—	引張	304	0.035	0.65	1.40	0.031	0.029	8.5	18.3	0.4	—	—	<0.0004	—	0.0670	—	Bal.	SA	—	—	1.6	—	275	0.75	—	—	17.8	9.0	2.1	—	—	—	—	-0.5	0.5	1.5	—	—	—		
5	—	304-B	BWR	—	引張	304	0.035	0.65	1.40	0.031	0.029	8.5	18.3	0.4	—	—	<0.0004	—	0.0670	—	Bal.	SA	—	—	4.9	—	275	0.75	—	—	15.9	13.7	1.4	—	—	—	—	-2.4	5.2	0.8	—	—	—		
6	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	—	0	—	275	0.75	—	—	20	8	0.5	—	—	—	—	1.40	-2.20	0.07	—	—	—		
7	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	—	0.6	—	275	0.75	—	—	18.3	12.5	1.2	—	—	—	—	-0.30	2.30	0.77	—	—	—		
8	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	—	0.6	—	275	0.75	—	—	18.9	12.5	1.2	—	—	—	—	0.30	2.30	0.77	—	—	—		
9	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	—	0.9	—	275	0.75	—	—	17.3	15.2	2.1	—	—	—	—	-1.30	5.00	1.67	—	—	—		
10	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	—	0.9	—	275	0.75	—	—	16.8	15.2	2.1	—	—	—	—	-1.80	5.00	1.67	—	—	—		
11	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	—	1.7	—	275	0.75	—	—	15	14.1	1.8	—	—	—	—	-3.60	3.90	1.37	—	—	—		
12	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	—	1.7	—	275	0.75	—	—	15.6	14.1	1.8	—	—	—	—	-3.00	3.90	1.37	—	—	—		
13	—	304-C	BWR	—	引張	304	0.014	0.43	1.30	0.023	0.006	10.2	18.6	0.3	—	—	<0.0004	—	0.0770	—	Bal.	SA	—	—	4.9	—	275	0.75	—	—	15	16.4	3.4	—	—	—	—	-3.60	6.20	2.97	—	—	—		
14	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	0	—	275	0.75	—	—	19.8	10.6	0.5	—	—	—	—	3.30	-1.80	-0.14	—	—	—		
15	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	1	—	275	0.75	—	—	17.9	13.5	1.2	—	—	—	—	1.40	1.10	0.56	—	—	—		
16	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	1	—	275	0.75	—	—	16.4	13.5	1.2	—	—	—	—	-0.10	1.10	0.56	—	—	—		
17	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	1.6	—	275	0.75	—	—	17.6	13	1.5	—	—	—	—	1.10	0.60	0.86	—	—	—		
18	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	1.6	—	275	0.75	—	—	16.6	13	1.5	—	—	—	—	0.10	0.60	0.86	—	—	—		
19	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	3.7	—	275	0.75	—	—	14	18.8	3.4	—	—	—	—	-2.50	6.40	2.76	—	—	—		
20	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	3.7	—	275	0.75	—	—	13	18.8	3.4	—	—	—	—	-3.50	6.40	2.76	—	—	—		
21	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	5.7	—	275	0.75	—	—	13.6	22.3	4.3	—	—	—	—	-2.90	9.90	3.66	—	—	—		
22	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	5.7	—	275	0.75	—	—	12.7	22.3	4.2	—	—	—	—	-3.80	9.90	3.56	—	—	—		
23	—	316-K	BWR	—	引張	316	0.055	0.64	1.70	0.016	0.006	12.4	16.5	2.3	—	—	<0.0004	—	0.0290	—	Bal.	SA	—	—	12.2	—	275	0.75	—	—	10.3	28	7.7	—	—	—	—	-6.20	15.60	7.06	—	—	—		
24	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	—	0	—	275	0.75	—	—	21	9	0.5	—	12	—	—	4.30	-3.20	-0.09	—	9.40	—		
25	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	—	1.6	—	275	0.75	—	—	18.7	14.5	1	—	2.7	—	—	2.00	2.30	0.41	—	0.10	—		

表 18 照射誘起粒界偏析に関するデータシート(7)(2/2) (文献番号 BG-R7[87], [88])

No	TP ID.	材料 ID	照射炉	採取部位形状	照射時形状	鋼種	材料組成,wt%														熱処理等	加工率 (%)	照射量		照射速度 dpa/s	照射温度 (°C)	ビーム径 nm	粒界性状	粒界濃度(wt%)							照射誘起偏析量(wt%) 粒界と粒内の濃度差							備考	
							C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Cu	N	Co			Fe	n/m ^(※)					dpa	Fe	Cr	Ni	Si	P	Mo	その他	ΔFe	ΔCr	ΔNi	ΔSi	ΔP	ΔMo		Δその他
26	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	—	1.6	—	275	0.75	—	—	16.1	14.5	1	—	—	—	—	-0.60	2.30	0.41	—	—	—	
27	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	—	2.8	—	275	0.75	—	—	15	15.8	2.1	—	1.6	—	—	-1.70	3.60	1.51	—	-1.00	—	
28	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	—	4.9	—	275	0.75	—	—	13	23	3.5	—	1	—	—	-3.70	10.80	2.91	—	-1.60	—	
29	—	316-P	BWR	—	引張	316	0.04	0.59	1.80	0.024	0.007	12.2	16.7	2.6	—	—	0	—	0.0580	—	Bal.	SA	—	—	4.9	—	275	0.75	—	—	11.9	23	3.5	—	—	—	—	-4.80	10.80	2.91	—	—	—	

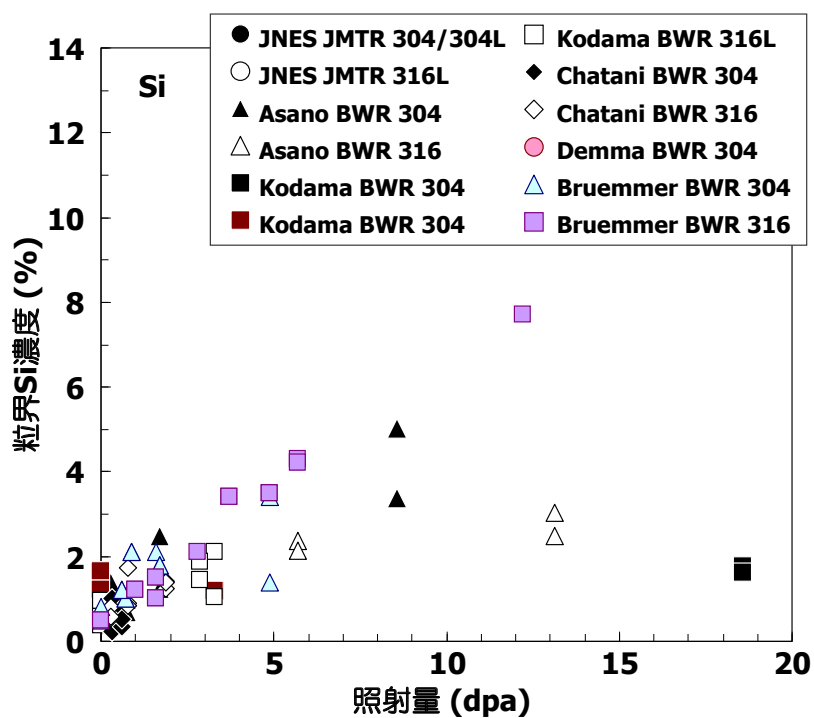
注記： 分析方法: FEG-TEM/EDS(機器名: JEOL 2010F)または FEG-STEM/EDX(機器名: VG HB501) 表に収録した数値データは私信[87]に基づいて抽出し、その一部は参考文献[88]に図として公開されている。

凡例 SA: 溶体化 MA: ミルアニール AR: 受入れまま CW: 冷間加工 WJ: 溶接継手 WM: 溶接金属 HAZ: 溶接熱影響部 Sen: 鋭敏化熱処理 Clad: クラッド材 —: 参照した文献に記述またはデータなし TP: 試験片 RT: 室温 ※)照射量は E>1 MeV

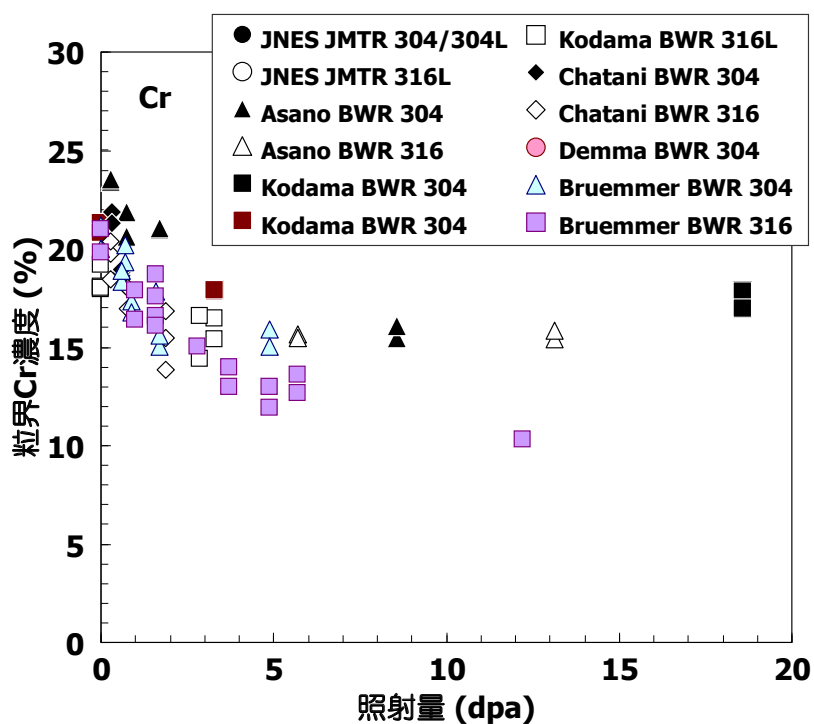
・採取部位、照射時、TP それぞれの形状

引張: 引張試験片(SSRT 試験片) CT: CT 試験片 SE(B)または 3PB: 3 点曲げ試験片 SR: ショートロッド試験片 C-Ring: C リング試験片 BB: ベントビーム TEM: TEM 観察用ディスク

①: 外筒管(試験片外筒管) ②: 炉内計装管 ③: 炉心シュラウド(Core Shroud) ④: 上部格子板(Top guide) ⑤: 制御棒(ハンドル、シース、等を含む) ⑥: ガイドチューブ ⑦: ドライチューブプランジャ ⑧: 管分割型 ⑨: チューブ試験片 ⑩: ビードオンプレート ⑪: 単軸引張

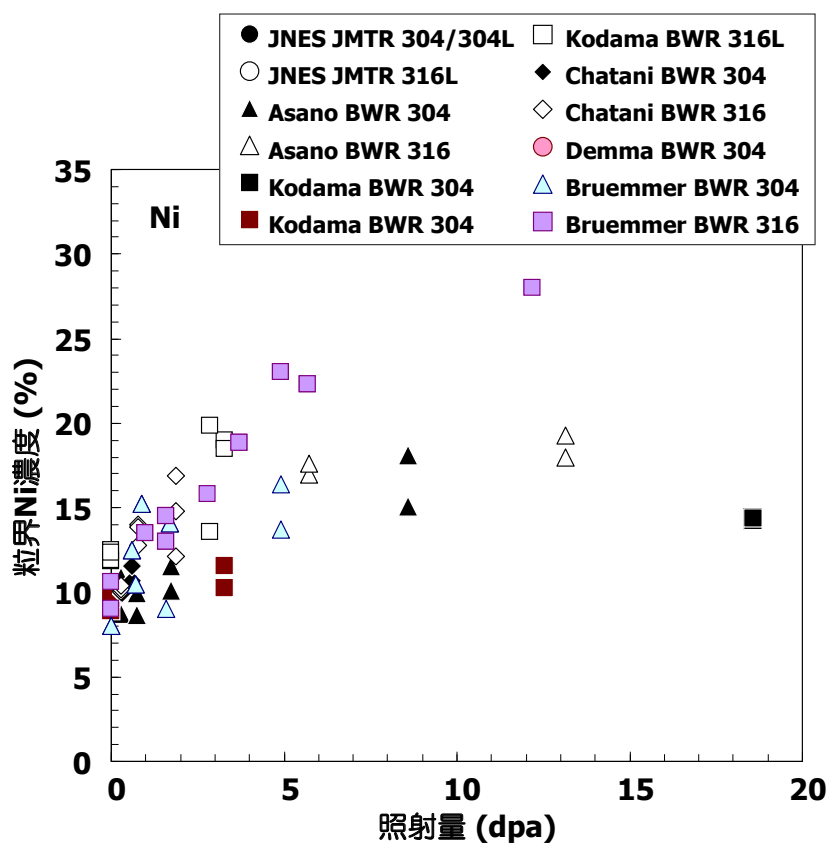


(1)粒界における Si 濃度

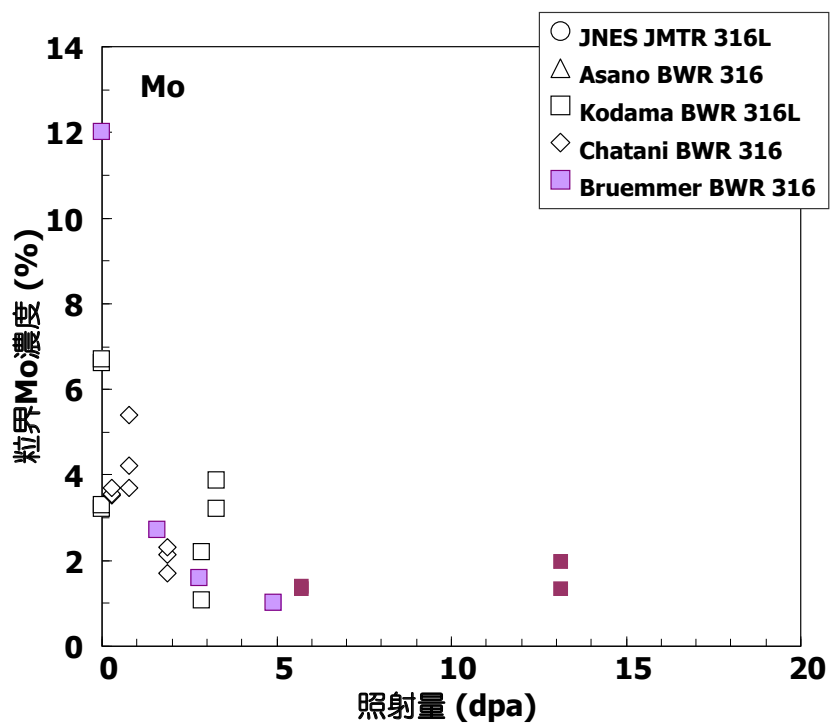


(2)粒界における Cr 濃度

図 21 ステンレス鋼の主要な溶質元素の粒界濃度の照射量依存性(1/2)

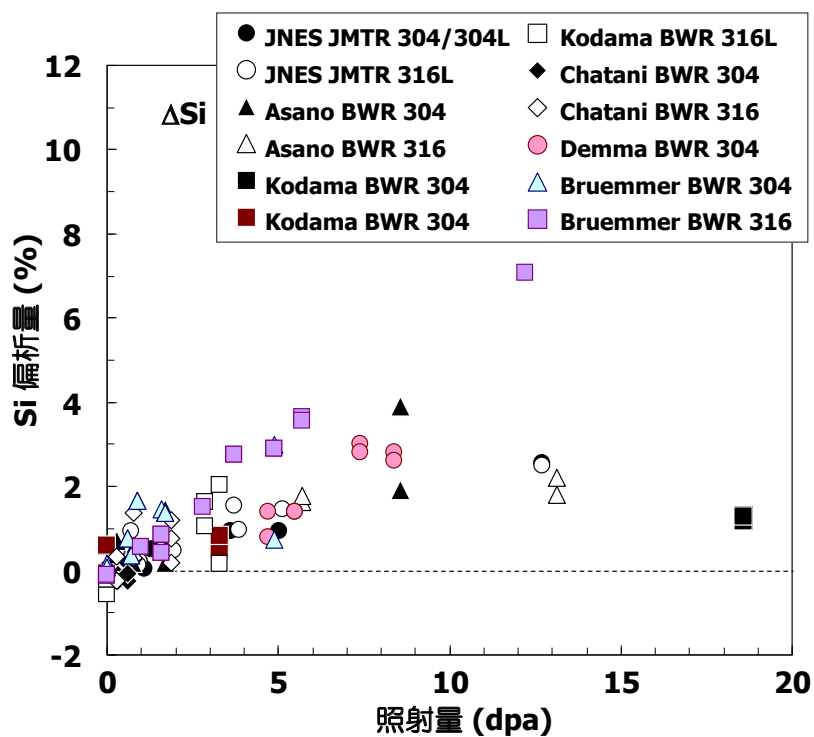


(3)粒界における Ni 濃度

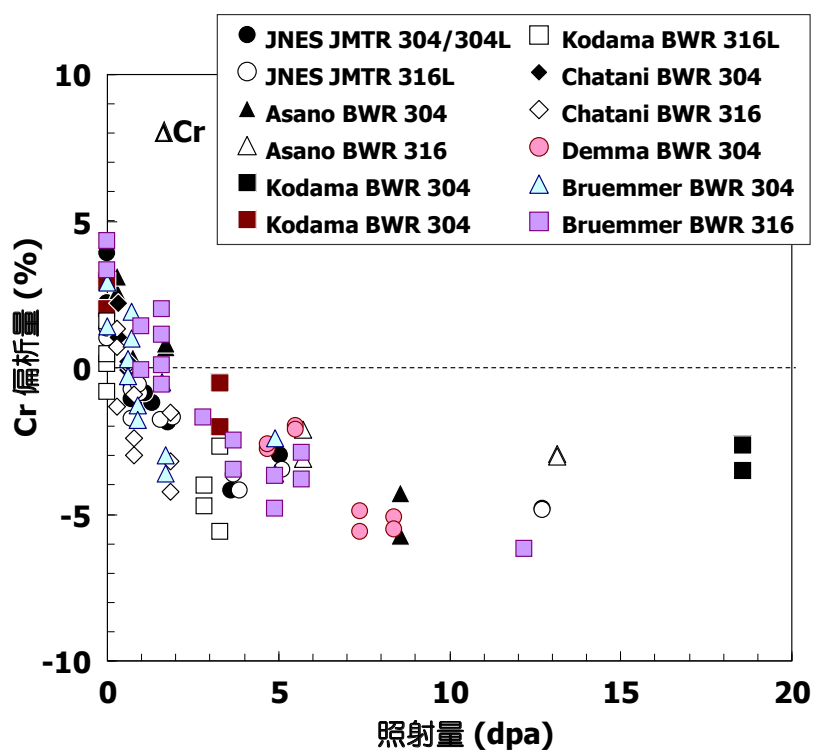


(4)粒界における Mo 濃度

図 21 ステンレス鋼の主要な溶質元素の粒界濃度の照射量依存性(2/2)

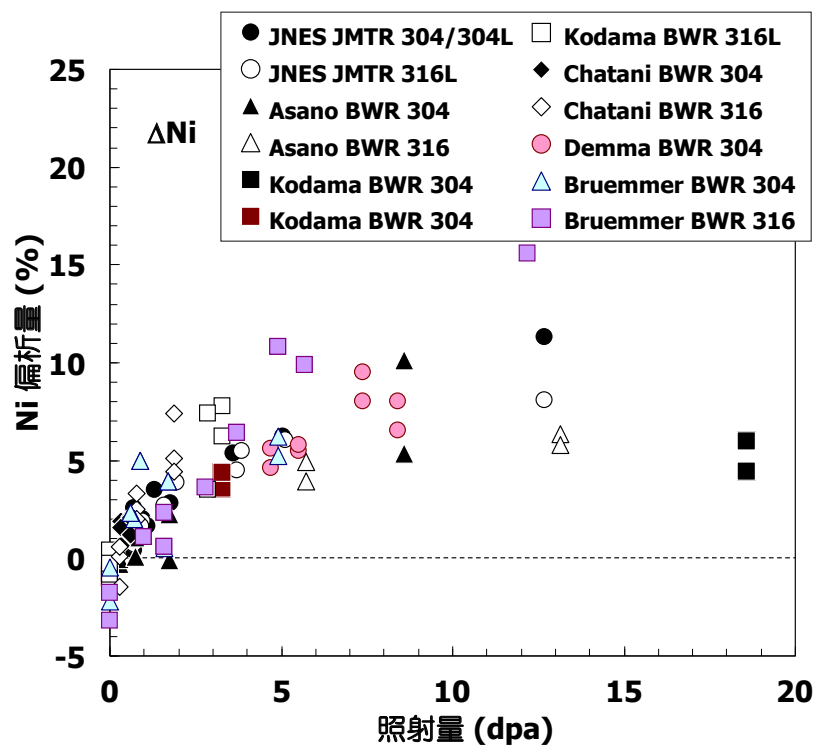


(1)Si の照射誘起偏析量

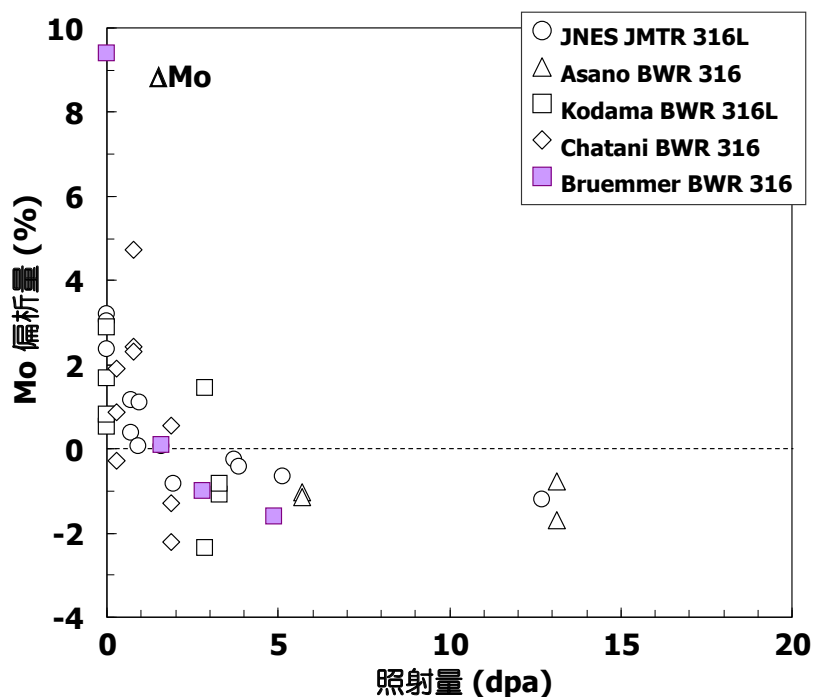


(2)Cr の照射誘起偏析量

図 22 ステンレス鋼の主要な溶質元素の粒界における照射誘起偏析量の照射量依存性(1/2)



(3)Ni の照射誘起偏析量



(4)Mo の照射誘起偏析量

図 22 ステンレス鋼の主要な溶質元素の粒界における照射誘起偏析量の照射量依存性(2/2)

4. まとめ

オーステナイト系ステンレス鋼の引張特性、硬さ、破壊靱性、IASCC感受性、IASCC発生、IASCC進展、照射応力緩和、ミクロ組織、粒界偏析に及ぼす中性子照射影響評価に係る文献等を整理し、データシートに収録した。結果の概要を以下に示す。

- BWR 炉内構造物への適用状況を考慮し、通常炭素材と低炭素濃度材(L 材)の 304 系と 316 系の SA 材の中性子照射データが多く抽出された。これに比べ CW 材データは少なかった。
- 実機部材に加え、熱中性子型の研究炉を用いて 288~290℃で中性子照射した試験炉照射材が多く報告されていた。
- 実機部材と試験炉照射材を用い、温度 288~290℃で試験した引張特性データが数多く報告されていた。304 系と 316 系の強度と伸びは 5~10 dpa で飽和し、0.2%耐力の飽和レベルはいずれも 800~900 MPa であった。また、通常炭素材の引張特性の飽和レベルは、L 材よりもやや大きい傾向であった。さらに、試験炉照射材の引張強度の飽和レベルは、実機照射材に比べてやや低く一様伸びは大きい傾向が見られた。
- 硬さは、照射量の比較的低い段階から増加し、数 dpa から 10 dpa の範囲で飽和する傾向が認められた。また、硬さと 0.2%耐力に明瞭な比例関係が見られた。
- 破壊靱性データのばらつきは非常に大きかった。また供試材の圧延方向によって破壊靱性値が異なる結果が示されていた。
- IASCC 感受性の照射量依存性では、304 系では 1 dpa 以下で粒界割れが発現するのに対し、316 系で粒界割れが生じるのは 1 dpa 以上であった。また照射量が 3 dpa を超えると、鋼種によらず粒界破面率は大きくなる傾向が認められた。
- IASCC 発生評価に係るデータは限定的であるが、付加応力と 0.2%耐力の比が 0.4 の付近に割れ発生の下限があることが示唆された。
- 高い ECP の NWC 模擬条件においては、照射量の増加に伴って亀裂進展速度は大きくなり、 10^{-9} m/s 付近で飽和する傾向が認められた。また材料条件や照射条件が類似したデータ群ごとに比較すると、K 値の増加に伴って亀裂進展速度が速くなる傾向が確認された。一方、低い ECP の HWC 模擬条件での亀裂進展速度データは、NWC よりも小さい 10^{-10} m/s オーダー以下の値を示すが、ばらつきは大きかった。
- C リング試験片を用いた照射応力緩和試験では、中性子照射量の増加に伴って照射前後の応力比が小さくなる傾向が示された。
- ミクロ組織観察では、フランクループとブラックドットに着目し、これらの数密度と平均径について定量的に評価されていた。一方キャビティ、析出物の形成が認められたとする報告は少なかった。
- 照射誘起偏析により、粒界近傍において Cr、Mo 濃度の低下と Ni、Si 濃度の上昇が認められた。いずれの元素も照射量の増加とともに緩やかに変化(欠乏、濃化)量が大きくなる傾向が認められた。

材料特性の傾向線(式)の策定、代表値や最確値の検討に当たり、中性子照射ステンレス鋼の材

料特性に係るデータを、304SSと316SS、通常炭素材のL材といった材料の括りや、試験温度の括りで区分した上で照射量依存性を評価する場合、データそれぞれに材料条件、照射条件、試験条件が異なるため、これらがばらつき要因となる可能性がある。本報告ではこうした照射材特有のばらつき要因について詳細な評価は行わなかったが、材料特性の傾向線(式)の策定、代表値や最確値の検討に当たっては、データのばらつきとその要因について適切に把握することが肝要である。

本報告書は、原子力規制委員会 原子力規制庁からの受託事業「軽水炉照射材料健全性評価研究」(平成27年度～28年度)で得られた成果を基にした検討の結果である。

謝辞

本調査の実施に当たっては、材料照射に係る国内の研究者で構成した「照射データ検討会」を開催し、調査対象とした公開文献等、スクリーニング基準、データ集に掲載する項目等の妥当性や、調査結果の評価内容の議論を行った。「照射データ検討会」への参加者名簿(著者らを除く)を以下に掲載し、謝意を表する。

氏名(五十音順・敬称略)	所属
新井 拓	電力中央研究所 材料科学研究所
石寄 貴大	(株)日立製作所 材料イノベーションセンタ
浦木 亨弘	関西電力(株) 機械設備グループ
小畠 亨司	日立 GE ニュークリア・エナジー(株) 原子力計画部
笠田 竜太	京都大学 エネルギー理工学研究所 (現、東北大学 金属材料研究所)
加治 芳行	日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター
金田 潤也	日立 GE ニュークリア・エナジー(株) 原子力計画部
熊谷 克彦	東京電力ホールディングス(株) 経営技術戦略研究所
近藤 啓悦	日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター
末石 裕一郎	東京電力ホールディングス(株) 経営技術戦略研究所
高倉 賢一	原子力規制委員会 原子力規制庁
田中 重彰	東芝エネルギーシステムズ(株) 原子力機械システム設計部
堂崎 浩二	日本原子力発電(株) 発電管理室
野本 明義	電力中央研究所 材料科学研究所
橋本 素行	日本原子力研究開発機構 安全研究センター
藤本 浩二	三菱重工業(株) 高砂研究所 (現、ニュークリアデベロップメント(株))
福元 謙一	福井大学 国際原子力工学研究所
宮原 勇一	電力中央研究所 材料科学研究所
最上 雄一	三菱重工業(株) 原子力事業部
森下 和功	京都大学 エネルギー理工学研究所

参考文献

- [1] (一社)日本機械学会: 発電用原子力設備規格 維持規格(2012 年版) (JSME S NA1-2012).
- [2] (一社)日本原子力学会, 原子力発電所の高経年化対策実施基準: 2008 (AESJ-SC-P005: 2008).
- [3] (一社)原子力安全推進協会 炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会: 炉内構造物点検評価ガイドライン「炉内構造物点検評価ガイドラインについて」(JANSI-VIP-03-第 4 版)(全体概要).
- [4] (一社)原子力安全推進協会 炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会: BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン[炉心シュラウド](第 5 版)(JANSI-VIP-06-第 5 版) 平成 27 年 3 月.
- [5] 石野栞著: 照射損傷, 東京大学出版会 (1979).
- [6] 井形直弘編: 核融合炉材料, 培風館 (1986).
- [7] ASTM Standard, Designation: E-399-09, ASTM International (2009).
- [8] ASTM Standard, Designation: E-1820-18, ASTM International (2018).
- [9] International Organization for Standardization: INTERNATIONAL STANDARD “Corrosion of metals and alloys - Stress corrosion testing, Part 6: Preparation and use of pre-cracked specimens for tests under constant load or constant displacement”, ISO 7539-6, 2nd ed. (2003).
- [10] (公社)腐食防食学会: “高温水中における応力腐食き裂進展試験方法”, JSCE S 1502: 2015.
- [11] K. Fujii, K. Fukuya: “Irradiation-induced microchemical changes in highly irradiated 316 stainless steel”, J. Nucl. Mater., vol. 469 (2016) pp.82 - 88.
- [12] T. Toyama, Y. Nozawa, W. Van Renterghem, Y. Matsukawa, M. Hatakeyama, Y. Nagai, A. AlMazouzi, S. Van Dyck: “Irradiation-induced precipitates in a neutron irradiated 304 stainless steel studied by three-dimensional atom probe”, J. Nucl. Mater. vol. 418 (2011) pp.62 - 68.
- [13] A. Etienne, B. Radiguet, P. Pareige, J. P. Massoud, C. Pokor: “Tomographic atom probe characterization of the microstructure of a cold worked 316 austenitic stainless steel after neutron irradiation”, J. Nucl. Mater., vol. 382 (2008) pp.64 - 69.
- [14] [BT-R1] [BH-R1] [BF-R1] [BIS-R1] [BIG-R1] [BC-R1] [BM-R1] [BG-R1] 独立行政法人原子力安全基盤機構「平成 20 年度照射誘起応力腐食割れ(IASCC)評価技術に関する報告書(09 原高報-0012)」(平成 21 年 9 月).
- [15] [BT-R2] [BH-R2] [BIG-R2] K. Takakura, K. Nakata, S. Tanaka, T. Nakamura, K. Chatani, Y. Kaji: “Crack growth behavior of neutron irradiated L-grade austenitic stainless steels in simulated BWR conditions”, Proc. 14th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (2009) pp.1192 - 1203.
- [16] [BT-R3] 児玉光弘: 「中性子照射したオーステナイト系ステンレス鋼の応力腐食割れに及ぼす微細組織変化の影響に関する研究」, 博士論文 (北海道大学) (2004).

- [17] [BT-R4] [BH-R3] K. Fukuya, S. Shima, K. Nakata, S. Kasahara, A. J. Jacobs, G. P. Wozadlo, S. Suzuki, M. Kitamura: “Mechanical properties and IASCC susceptibility in irradiated stainless steels”, Proc. 6th Int. Symp. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors, TMS (1993) pp.565 - 572.
- [18] [BT-R5] [BH-R4] M. Kodama, S. Nishimura, Y. Tanaka, S. Suzuki, K. Fukuya, S. Shima, K. Nakata, T. Kato: “Mechanical properties of various kinds of irradiated austenitic stainless steels”, Proc. 8th Int. Symp. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors, ANS (1997) pp.831 - 838.
- [19] [BT-R6] [BIG-R5] S. Ooki, Y. Tanaka, K. Takamori, S. Suzuki, S. Tanaka, Y. Saito, T. Nakamura, T. Kato, K. Chatani, M. Kodama: “Study on SCC growth behavior of BWR core shroud”, Proc. 12th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (2005) pp.365 - 376.
- [20] [BT-R7] [BF-R3] T. Torimaru, M. Kodama, S. Tanaka, T. Nakamura, K. Kumagai, K. Asano: “Fracture Toughness of Austenitic Stainless Steels after BWR Irradiation”, Proc. 7th Int. Symp. Contribution of Materials Investigations to Improve the Safety and Performance of LWRs (Fontevraud 7), A060 T02, FNES (2010).
- [21] [BT-R8] [BT-R9] [BH-R5] [BH-R6] 株式会社三菱総合研究所, 平成 24 年度高経年化技術評価高度化事業 成果報告書<第 1 分冊>, 平成 25 年 3 月.
- [22] [BT-R10] [BF-R4] [BM-R3] [BG-R6] A. Demma, R. Carter, A. Jenssen, T. Torimaru, R. Gamble: “Fracture toughness of highly irradiated stainless steels in boiling water reactors”, Proc. 13th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, NACE (2008).
- [23] [BT-R11] [BIG-R9] A. Jenssen, J. Stjärnsäter, R. Pathania: “Crack Growth Rates of Irradiated Commercial Stainless Steels in BWR and PWR Environments”, Proc. 15th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (2010) pp.1229 - 1240.
- [24] [BT-R12] A. Jenssen, P. Efsing, B. Forssgren, B. Bengtsson, M. Molin: “Examination of Highly Irradiated Stainless Steels from BWR and PWR Reactor Pressure Vessel Internals”, Proc. 7th Int. Symp. Contribution of Materials Investigations to Improve the Safety and Performance of LWRs (Fontevraud 7), FNES (2010).
- [25] [BT-R13] T. Nakamura, M. Koshiishi, T. Torimaru, Y. Kitsunai, K. Takakura, K. Nakata, M. Ando, Y. Ishiyama, A. Jenssen: “Correlation between IASCC Growth Behavior and Plastic Zone Size of Crack Tip in 3.5 dpa Neutron Irradiated Type 304L SS CT Specimen”, Proc. 13th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, NACE (2007).
- [26] [BT-R14] [BM-R8] 仲田清智, 吉田寿美, 正岡功, 斉藤隆, A. J. Jacobs, G. P. Wozadlo, W. J. S. Yang: “オーステナイトステンレス鋼の機械的性質に及ぼす 560K での中性子照射の影響”, 日本金属学会誌, 第 52 巻 (1988) pp.1023 - 1030.

- [27] [BT-R15] A. J. Jacobs, G. P. Wozadlo, K. Nakata, T. Yoshida, I. Masaoka: “Radiation effects on the stress corrosion and other selected properties of type-304 and type-316 stainless steels”, Proc. 3th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (1987) pp.673 - 681.
- [28] [BT-R16] Y. Kaji, H. Ugachi, T. Tsukada, Y. Matsui, M. Ohmi, N. Nagata, K. Dozaki, H. Takiguchi: “Comparison of SCC growth rate between in-core and ex-core tests in BWR simulated high temperature water”, Proc. 13th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, NACE (2007).
- [29] [BT-R17] W. Karlsen, S. Van Dyke: “The effect of prior cold-work on the deformation behavior of neutron irradiated AISI 304 austenitic stainless steel”, Proc. 14th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (2009).
- [30] [BT-R18] A. Jenssen, P. Chou, C. Tobpasi: “Effect of specimen size on the crack growth rate behavior of irradiated type 304 stainless steel”, Proc. 18th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS, vol.2 (2017) pp.1055 - 1072.
- [31] [BT-R19] [BH-R8] [BM-R4] S. Kasahara, Y. Kitsunai, Y. Chimi, K. Chatani, M. Koshiishi, Y. Nishiyama: “Influence of temperature histories during reactor startup periods on microstructural evolution and mechanical properties of austenitic stainless steel irradiation with neutrons”, J. Nucl. Mater., vol. 480 (2016) pp.386 - 392.
- [32] G. E. Lucas: “The evolution of mechanical property change in irradiated austenitic stainless steels”, J. Nucl. Mater., vol. 206 (1993) pp.287 - 305.
- [33] J. E. Pawel, A. F. Rowcliffe, G. E. Lucas, S. J. Zinkle: “Irradiation performance of stainless steels for ITER application”, J. Nucl. Mater., vol. 239 (1996) pp.126 - 131.
- [34] C. Pokor, Y. Brechet, P. Dubuisson, J-P. Massoud, X. Averty: “Irradiation damage in 304 and 316 stainless steels: experimental investigation and modeling. Part II: Irradiation induced hardening”, J. Nucl. Mater., vol. 326 (2004) pp.30 - 37.
- [35] [BH-R7] [BM-R2] T. Torimaru, M. Kodama, S. Tanaka, T. Nakamura, K. Asano, K. Kumagai: “Neutron Flux Effect on the Irradiation Hardening of Type 304 Stainless Steel”, J. ASTM Int., vol. 2 (2005) JAI12843, pp.41 - 51.
- [36] 笠田竜太: “原子炉・核融合炉材料の照射硬化評価のための硬さ試験とナノインデンテーション”, 材料試験技術, vol. 60 (2015) pp.18 - 26.
- [37] J. T. Busby, M. C. Hash, G. S. Was: “The relationship between hardness and yield stress in irradiated austenitic and ferritic steels”, J. Nucl. Mater., vol. 336 (2005) pp.267 - 278.
- [38] [BF-R2] (財)発電設備技術検査協会,プラント長寿命化技術開発に関する調査報告書(平成3年度), 平成4年3月.
- [39] [BF-R5] U. Ehrnstén, K Wallin, S. van Dyck, P. Ould: “Fracture toughness of stainless

- steels irradiated up to ~9 dpa in commercial BWRs”, Proc. 6th Int. Symp. Contribution of Materials Investigations to Improve the Safety and Performance of LWRs (Fontevraud 6), FNES (2006).
- [40] [BF-R6] O. K. Chopra, E. E. Gruber, W. J. Shack: “Fracture toughness of irradiated wrought and cast austenitic stainless steels in BWR environment”, Proc. 13th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, NACE (2007).
- [41] [BF-R7] O. K. Chopra, E. E. Gruber, W. J. Shack: “Fracture Toughness and Crack Growth Rates of Irradiated Austenitic Stainless Steels”, NUREG/CR-6826, ANL-03/22, (2003).
- [42] [BF-R8] Y. Chen, O. K. Chopra, Y. Yang, W. J. Shack, B. Alexandreanu, E. E. Gruber, A. S. Rao: “Crack growth rates and fracture toughness of neutron irradiated grain-boundary engineered austenitic stainless steels”, Proc. 14th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (2009) pp.1219 - 1227.
- [43] [BF-R9] T. Tobita, M. Udagawa, Y. Chimi, Y. Nishiyama, K. Onizawa: “Effect of neutron irradiation on the mechanical properties of weld overlay cladding for reactor pressure vessel”, J. Nucl. Mater., vol. 452 (2014) pp.61 - 68.
- [44] [BIS-R2] M. Kodama, S. Nishimura, J. Morisawa, S. Suzuki, S. Shima, M. Yamamoto: “Effects of fluence and dissolved oxygen on IASCC in austenitic stainless steels”, Proc. 5th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (1991) pp.948 - 954.
- [45] [BIS-R3] M. Kodama, R. Katsura, J. Morisawa, S. Nishimura, S. Suzuki, K. Asano, K. Fukuya, K. Nakata: “IASCC susceptibility of austenitic stainless steel irradiated to high neutron fluence”, Proc. 6th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (1993) pp.583 - 588.
- [46] [BIS-R4] M. Kodama, R. Katsura, J. Morisawa, S. Nishimura, S. Suzuki, K. Takamori, S. Shima, T. Kato: “IASCC susceptibility of irradiated austenitic stainless steel under very low dissolved oxygen”, Proc. 7th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, NACE (1995) pp.1121 - 1132.
- [47] [BIS-R5] Y. Tanaka, S. Suzuki, M. Kodama, S. Nishimura, K. Fukuya, S. Sakamoto, K. Nakata, T. Kato: “IASCC susceptibility of type 304, 304L and 316L stainless steels”, Proc. 8th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (1997) pp.803 - 811.
- [48] [BIS-R6] [BG-R4] M. Kodama, Y. Ishiyama, S. Namatame, S. Suzuki, K. Fukuya, H. Sakamoto, K. Nakata, T. Kato: “Effect of pre-irradiation grain boundary chemistry on IASCC”, Proc. 9th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (1999).

- [49] [BIS-R7] K. Chatani, Y. Kitsunai, M. Kodama, S. Suzuki, Y. Tanaka, S. Ooki, S. Tanaka, T. Nakamura: “Irradiation assisted stress corrosion cracking susceptibility of core component materials”, Proc. 12th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (2005) pp.349 - 356.
- [50] [BIS-R8] W. L. Clarke, A. J. Jacobs: “Effect of radiation environment on SCC of austenitic materials”, Proc. 1st Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, NACE (1983) pp.451 - 461.
- [51] [BIS-R9] K. Fukuya, S. Shima, K. Nakata, S. Kasahara, A. J. Jacobs, G. P. Wozadlo, S. Suzuki, M. Kitamura: “Mechanical properties and IASCC susceptibility in irradiated stainless steels”, Proc. 6th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (1993) pp.565 - 572.
- [52] [BIS-R10] 仲田清智, 吉田寿美, 正岡功, 斉藤隆: “中性子照射したオーステナイトステンレス鋼の高温高圧水中での粒界割れ感受性”, 日本金属学会誌, 第 52 巻 (1988) pp.1167 - 1168.
- [53] [BIS-R11] A. J. Jacobs, G. P. Wozadlo, K. Nakata, T. Yoshida, I. Masaoka: “Radiation effects on the stress corrosion and other selected properties of type-304 and type-316 stainless steels”, Proc. 3th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power - Water Reactors, The Metallurgical Society (1988) pp.673 - 681.
- [54] [BIS-R12] J. R. Hesterberg, Z. Jiao, G. S. Was: “IASCC susceptibility of 304L stainless steel irradiated in a BWR and subjected to post irradiation annealing”, Proc. 17th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS, vol.2 (2017) pp.1015 - 1026.
- [55] [BII-R1] R. Katsura, J. Morisawa, M. Kodama, S. Nishimura, S. Suzuki, S. Shima, M. Yamamoto: “Effect of stress on IASCC in irradiated austenitic stainless steels”, Proc. 6th Int. Symp. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (1993) pp.625 - 632.
- [56] [BII-R2] A. J. Jacobs, G. P. Wozadlo, G. M. Gordon: “Use of a constant deflection test to evaluate susceptibility to irradiation-assisted stress corrosion cracking”, Corrosion, vol. 49 (1993) pp.650 - 655.
- [57] [BIG-R3] Y. Kaji, Y. Miwa, A. Shibata, J. Nakano, T. Tsukada, K. Takakura, K. Nakata: “Influence of microstructure on IASCC growth behavior of neutron irradiated type 304 austenitic stainless steels in simulated BWR condition”, Proc. 14th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (2009) pp.1181 - 1191.
- [58] [BIG-R4] K. Chatani, K. Takakura, M. Ando, K. Nakata, S. Tanaka, Y. Ishiyama, M. Hishida, Y. Kaji: “IASCC Crack Growth Rate of Neutron Irradiated Low Carbon Austenitic Stainless Steels in Simulated BWR Condition”, Proc. 13th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors,

NACE (2007).

- [59] [BIG-R6] R. M. Horn, R. Hosler, P. Chou, P. L. Andresen: “Studies of crack growth rates in irradiated stainless steel control blade materials tested in high temperature water”, Proc. 16th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, NACE (2013).
- [60] [BIG-R7] A. Jenssen, R. Pathania, R. Carter: “Crack Growth in Irradiated Austenitic Stainless Steels in BWR Environments”, Proc. 8th Int. Symp. Contribution of Materials Investigations and Operating Experience to LWRs’ Safety, Performance and Reliability (Fontevraud 8), FNES (2014).
- [61] [BIG-R8] A. Jenssen, P. Efsing, K. Gott, P-O. Andersson: “Crack growth behavior of irradiated type 304L stainless steel in simulated BWR environment”, Proc. 11th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (2003) pp.1015 - 1026.
- [62] [BIG-R10] A. Jessen, J. Stharnsater, R. Pathania: “Crack growth rate testing of fast reaction irradiated type 304L and 316L SS in BWR and PWR environments”, Proc. 14th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (2009) pp.1164 - 1180.
- [63] [BIG-R11] O. K. Chopra, E. E. Gruber, W. J. Shack: “Crack growth behavior of irradiated austenitic stainless steels in high-purity water at 289°C”, Proc. 11th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (2003) pp.1027 - 1036.
- [64] [BIG-R12] O. K. Chopra, B. Alexandreanu, E. E. Gruber, W. J. Shack: “Crack growth behavior of irradiated austenitic stainless steel weld and heat affected zone material in high-purity water at 289°C”, Proc. 12th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (2005) pp.289 - 298.
- [65] [BIG-R13] Y. Kaji, K. Kondo, Y. Aoyagi, Y. Kato, T. Taguchi, F. Takada, J. Nakano, H. Ugachi, T. Tsukada, K. Takakura, H. Sakamoto: “Stress Corrosion Cracking Behavior of Type 304 Stainless Steel Irradiated under Different Neutron Dose Rates at JMTR”, Proc. 15th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (2011) pp.1203 - 1216.
- [66] [BIG-R14] Y. Kaji, H. Ugachi, T. Tsukada, J. Nakano, Y. Matsui, K. Kawamata, A. Shibata, M. Ohmi, N. Nagata, K. Dozaki, H. Takiguchi: “In-core SCC growth behavior of type 304 stainless steel in BWR simulated high-temperature water at JMTR”, J. Nucl. Sci. Tech., vol. 45 (2008) pp.725 - 734.
- [67] [BIG-R15] T. M. Karlsen, P. Bennett, N. W. Hogberg: “In-core Crack growth rate Studies on Irradiated Austenitic Stainless Steels in BWR and PWR Conditions in the Halden Reactor”, Proc. 12th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS (2005) pp.337 - 348.

- [68] [BIG-R16] T. M. Karlsen, M. Ahonen, M. Helin, J. Nakano: “In-pile crack growth rate testing of irradiated 304L and 316L stainless steels in PWR and BWR environments”, Proc. 17th Int. Conf. on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems – Water Reactors, ANS (2015).
- [69] [BIG-R17] Y. Chimi, S. Kasahara, H. Seto, Y. Kitsunai, M. Koshiishi, Y. Nishiyama: “Evaluation of crack growth rates and microstructures near the crack tip of neutron-irradiated austenitic stainless steels in simulated BWR environment”, Proc. 18th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS, vol. 2 (2017) pp.1039 - 1054.
- [70] [BIG-R18] A. Jenssen, P. Chou, C. Tobpasi: “Effect of specimen size on the crack growth rate behavior of irradiated type 304 stainless steel”, Proc. 18th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, TMS, vol. 2 (2017) pp.1055 - 1072.
- [71] [BC-R2] Y. Ishiyama, K. Nakata, M. Obata, H. Anzai, S. Tanaka: “Stress Relaxation Caused by Neutron-Irradiation at 561 K in Austenitic Stainless Steels”, Proc. 11th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power System - Water Reactors, ANS (2003).
- [72] [BC-R3] M. Obata, J. H. Root, Y. Ishiyama, K. Nakata, H. Sakamoto, H. Anzai, K. Asano: “Radiation-Induced Stress Relaxation of Welded Type 304 Stainless Steel Evaluated by Neutron Diffraction”, J. ASTM Int., vol. 3 (2006) JAI12348.
- [73] [BC-R4] Y. Ishiyama, R. B. Rogge, M. Obata: “Radiation-induced stress relaxation in high temperature water of type 316L stainless steel evaluated by neutron diffraction”, J. Nucl. Mater., vol. 408 (2011) pp.153 - 160.
- [74] [BC-R5] Y. Kaji, Y. Miwa, T. Tsukada, M. Kikuchi, S. Kita, M. Yonekawa, J. Nakano, H. Tsuji, H. Nakajima: “Evaluation of in-pile and out-of-pile stress relaxation in 316L stainless steel under uniaxial loading”, J. Nucl. Mater., vol. 307 - 311 (2002) pp.331 - 334.
- [75] [BM-R2] 私信.
- [76] [BM-R3] 私信.
- [77] [BC-R6] A. R. Causey, G. J. C. Carpenter, S. R. MacEwan: “In-reactor stress relaxation of selected metals and alloys at low temperatures”, J. Nucl. Mater., vol. 90 (1980) pp.216 - 223.
- [78] [BM-R5] D. J. Edwards, E. P. Simonen, S. M. Bruemmer: “Evolution of fine-scale defects in stainless steels neutron-irradiated at 275°C”, J. Nucl. Mater., vol. 317 (2003) pp.13 - 30.
- [79] [BM-R6] C. Bailat, A. Almazouzi, N. Baluc, R. schaublin, F. Groschel, M. Victoria: “The effects of irradiation and testing temperature on tensile behavior of stainless steels”, J. Nucl. Mater., vol. 283-287 (2000) pp.446 - 450.

- [80] [BM-R7] Y. Miwa, T Tsukada, H Tsuji, H Nakajima: “Microstructures of type 316 model alloys neutron-irradiated at 513 K to 1 dpa”, J. Nucl. Mater., vol. 271-272 (1999) pp.316 - 320.
- [81] 福谷耕司, 西岡弘雅, 藤井克彦, 「ステンレス鋼の軽水炉照射挙動」INSS MONOGRAPHS No. 4, (2009).
- [82] [BG-R2] K. Asano, K. Fukuya, K. Nakata, M. Kodama: “Changes in grain boundary composition induced by neutron irradiation on austenitic stainless steels”, Proc. 5th Int. Symp. on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors, ANS (1991) pp.838 - 842.
- [83] [BG-R3] M. Kodma, R. Kastura, J. Morisawa, S. Nishimura, S. Suzuki, K. Asano, K. Fukuya, K. Nakata: “IASCC susceptibility of austenitic stainless steels irradiated to high fluence”, Proc. 6th Int. Symp. on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors, TMS (1993) pp.583 - 588.
- [84] [BG-R4] 私信.
- [85] [BG-R5] 私信.
- [86] [BG-R6] 私信.
- [87] [BG-R7] 私信.
- [88] [BG-R7] S. M. Bruemmer, D. J. Edwards, B. W. Arey, L. A. Charlot: “Microstructural, microchemical and hardening evolution in LWR-irradiated austenitic stainless steel”, Proc. of 9th Int. Symp. on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors, TMS (1999) pp.1079 -1085.

付録(記号・略語一覧)

a	亀裂長さ
ANS	American Nuclear Society (米国原子力学会)
ASME	The Americal Society of Mechanical Engineers (米国機械学会)
ASTM	ASTM International(旧称 American Society of Testing and Materials: 米国試験材料協会)
AR	As Received (受け入れまま)
ATR	Advanced Test Reactor (米国アイダホ国立研究所の研究炉)
B	(本誌では、主として)CT 試験片の板厚
BR2	Belgian Reactor 2 (ベルギー モル研究所の研究炉)
BOR-60	ロシアの高速実験炉
BWR	Boiling Water Reactor (沸騰水型軽水炉)
(C)DCB 試験片	(Contoured) Double Cantilever Beam ((傾斜つき)両持ち梁試験片)
Chalk River 炉	カナダ Chalk River Nuclear Laboratories の研究炉
CNS	Canadian Nuclear Society (カナダ原子力学会)
CT 試験片	Compact Tension (コンパクトテンション型)試験片
CW	Cold Worked (冷間加工)
d	Diameter (平均径)
DH	Dissolved Hydrogen (溶存水素、またはその濃度)
DO	Dissolved Oxygen (溶存酸素、またはその濃度)
dpa	Displacement per Atom (原子あたりのはじき出し数)
E	ヤング率
EBR-II	Experimental Breeder Reactor-II (米国アルゴンヌ国立研究所の研究炉)
ECP	Electrochemical Corrosion Potential (電気化学的腐食電位)
EDF	Électricité de France (フランス電力公社)
EDM	International Symposium on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Systems – Water Reactors (国際会議の通称)
EDS	Energy dispersive X-ray Spectroscopy (エネルギー分散型 X 線分光分析器)
EPRI	Erectric Power Research Institute (米国電力研究所)
ϵ_t	全伸び (または破断伸び)

ϵ_u	一様伸び
Depo	Deposition (溶接金属)
FEG	Field Emission Gun (電界放出型電子銃)
Fontevraud	International Symposium on Contribution of Materials Investigations to Improve the Safety and Performance of LWRs (国際会議の通称)
HBWR	Halden Boiling Water Reactor (ノルウェー ハルデンに設置された材料試験炉)
HFIR	High Flux Isotope Reactor (米国オークリッジ国立研究所の材料試験炉)
HFR (Petten)	High Flux Reactor (オランダ the Petten research centre の材料試験炉)
HAZ	Heat Affected Zone (溶接熱影響部)
HT	Heat Treated (熱処理)
HV	Vickers Hardness (ビッカース硬さ)
HWC	Hydrogen Water Chemistry (水素注入水質)
IASCC	Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking (照射誘起応力腐食割れ)
ICAPP	International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (国際会議の通称)
ICONE	International Conference on Nuclear Engineering (国際会議の通称)
IG	Intergranular (粒界)
J	J 積分値
JMTR	Japan Material Testing Reactor (日本原子力研究開発機構の材料試験炉)
JNES	Japan Nuclear Energy Safety Organization ((独)原子力安全基盤機構)
K 値	応力拡大係数
L	Low Carbon Stainless Steel (低炭素ステンレス鋼/L 材)
MA	Mill Annealed (ミルアニール)
MRP	Material Reliability Project (EPRI が実施する材料信頼性研究プロジェクト及びその報告書)
MRS	Material Research Society (米国材料学会)
N	Number Density (数密度)
NG	Nuclear Grade (原子力用)
NRC	The Nuclear Regulatory Commission (米国原子力規制委員会)
NWC	Normal Water Chemistry (通常炉内水質)
ORR	Oak Ridge Reactor (米国オークリッジ国立研究所の研究炉)

OSIRIS	フランスサクレ原子力研究所にある研究炉の名称
PIE	Post Irradiation Examination (照射後試験)
PVP	Pressure Vessels and Piping Conference (ASME 主催の国際会議の通称)
RCT 試験片	Round Compact Tension (ラウンド CT)試験片
RT	Room Temperature (室温)
SA	Solution Annealed (溶体化)
SCC	Stress Corrosion Cracking (応力腐食割れ)
SCK/CEN	Studiecentrum voor Kernenergie - Centre d'étude de l'Energie Nucléaire (ベルギー原子力研究センター)
SEM	Scanning Electron Microscope (走査型電子顕微鏡)
SFEN	Société française d'énergie nucléaire (フランス原子力学会)
SMiRT	International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (国際会議の通称)
SS	Stainless Steel(ステンレス鋼) 注: 本誌においては、オーステナイト系ステンレス鋼を指す
SSRT, CERT	Slow Strain Rate Test, Slow Strain Rate Tensile Test, Constant Extension Rate Test (低ひずみ速度引張試験)
STEM	Scanning Transmission Electron Microscope (走査透過型電子顕微鏡)
STP	Special Technical Publication (ASTM が発刊する書籍)
TEM	Transmission Electron Microscope (透過型電子顕微鏡)
TG	Transgranular (粒内または貫粒)
TMS	The Minerals, Metals & Materials Society (米国資源金属材料学会)
TP	Test Piece (試験片)
Unirr	Unirradiated material (非照射または未照射材)
σ_u	引張強さ
σ_y	0.2%耐力または降伏応力
発電技検	(財)発電技術検査協会

国際単位系（SI）

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表 2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(数字の) 1	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。

(b) これらは無次元量あるいは次元 1 をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の 1 は通常は表記しない。

表 3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照射度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。

(b) ラジアンとステラジアンは数字の 1 に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の 1 は明示されない。

(c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。

(d) ヘルツは周期現象についてののみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてののみ使用される。

(e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。

(f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。

(g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表 4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表 6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表 7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表 8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表 9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エル	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe ≡ (10 ³ /4 π) A m ⁻¹

(a) 3 元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≡ 」は対応関係を示すものである。

表 10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15℃」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ =1 μm=10 ⁻⁶ m

