

軽水炉実機水環境模擬照射装置の整備と試験運転

Establishment and Test Operation of Irradiation Facility
for LWR Water Environment Simulation Tests

佐谷戸 夏紀 大塚 薫 冬島 拓実 遠藤 泰一
大塚 紀彰 北岸 茂 飛田 正浩 磯崎 太
松本 聡 竹本 紀之

Natsuki SAYATO, Kaoru OTSUKA, Takumi FUYUSHIMA, Yasuichi ENDO
Noriaki OTSUKA, Shigeru KITAGISHI, Masahiro TOBITA, Futoshi ISOZAKI
Satoshi MATSUMOTO and Noriyuki TAKEMOTO

大洗研究所
環境技術開発センター
材料試験炉部

Department of JMTR
Waste Management and Decommissioning Technology Development Center
Oarai Research and Development Institute

February 2025

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

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。
本レポートの転載等の著作権利用は許可が必要です。本レポートの入手並びに成果の利用(データを含む)
は、下記まで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ウェブサイト (<https://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 研究開発推進部 科学技術情報課
〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Reuse and reproduction of this report (including data) is required permission.
Availability and use of the results of this report, please contact
Library, Institutional Repository and INIS Section,
Research and Development Promotion Department,
Japan Atomic Energy Agency.
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1112, Japan
E-mail: ird-support@jaea.go.jp

軽水炉実機水環境模擬照射装置の整備と試験運転

日本原子力研究開発機構
大洗研究所 環境技術開発センター 材料試験炉部

佐谷戸 夏紀, 大塚 薫, 冬島 拓実, 遠藤 泰一, 大塚 紀彰⁺¹, 北岸 茂⁺²,
飛田 正浩^{*1}, 磯崎 太^{*1}, 松本 聡^{*2}, 竹本 紀之

(2024 年 10 月 7 日受理)

文部科学省が行う最先端研究基盤事業の補助対象事業として、材料試験炉 JMTR (Japan Materials Testing Reactor, 50MW) では「世界最先端研究用原子炉の高度利用による国際的研究開発拠点の整備」が採択された。本事業の一環として、JMTR では平成 22 年度から「軽水炉実機水環境模擬照射装置」を整備した。本装置は、温度、圧力、水質（溶存酸素、溶存水素等）を制御し、軽水炉（BWR 及び PWR）条件の水環境を模擬しながら、炉内構造材等の中性子照射が行える照射装置である。さらに PWR 条件用の照射装置には、ホウ素やリチウムを添加するための薬液注入機能を追加した。本装置の整備後は試験運転を実施し、本装置の性能を確認した。

本報告書は、軽水炉実機水環境模擬照射装置の整備及び整備後に実施した本装置の試験運転についてまとめたものである。

本報告書は文部科学省が行う最先端研究基盤事業の補助対象事業である「世界最先端研究用原子炉の高度利用による国際的研究開発拠点の整備」として国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が実施した成果の一部である。

大洗研究所：〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地

+1 安全・核セキュリティ統括本部安全管理部

+2 バックエンド統括本部バックエンド推進部

*1 原子力エンジニアリング株式会社

*2 株式会社パワーコンピュータ

**Establishment and Test Operation of Irradiation Facility
for LWR Water Environment Simulation Tests**

Natsuki SAYATO, Kaoru OTSUKA, Takumi FUYUSHIMA, Yasuichi ENDO,
Noriaki OTSUKA⁺¹, Shigeru KITAGISHI⁺², Masahiro TOBITA^{*1}, Futoshi ISOZAKI^{*1},
Satoshi MATSUMOTO^{*2} and Noriyuki TAKEMOTO

Department of JMTR,
Waste Management and Decommissioning Technology Development Center,
Oarai Research and Development Institute,
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received October 7, 2024)

Japan Materials Testing Reactor (JMTR, 50MW) was selected as a project to be subsidized by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) for the “Establishment of an International Research and Development Center through Advanced Utilization of the World's Most Advanced Research Reactor”. As part of this project, JMTR has installed “LWR Water Environment Simulation Tests” since 2010. This facility can control temperature, pressure, and water quality (dissolved oxygen, dissolved hydrogen, etc.) to simulate the water environment of light water reactors (BWR and PWR) and perform neutron irradiation of in-core structural materials, etc. In addition, this facility is also designed for PWR conditions. Chemical injection system for adding boron and lithium was added to the facility for PWR conditions. After the equipment was installed, test operation was carried out to confirm the performance of the facility.

This report summarizes the establishment and test operation of LWR Water Environment Simulation Tests after the establishment.

Keywords: JMTR, Water Environment, BWR, PWR

This work has been performed in Japan Atomic Energy Agency as “Establishment of an International Research and Development Center through Advanced Utilization of the World's Most Advanced Research Reactor”.

+1 Safety Administration Department, Safety and Nuclear Security Administration Head Office

+2 Project Promotion Department, Decommissioning and Radioactive Waste Management Head Office

*1 Nuclear Engineering Co., Ltd.

*2 Power Computer Co., Ltd.

目 次

1. はじめに	1
2. 概要	2
3. 軽水炉実機水環境模擬照射装置の仕様	2
3.1 BWR 用水環境模擬照射装置	2
3.1.1 BWR 用水環境模擬照射装置の各系統の設計及び基本仕様	2
3.1.2 BWR 用水環境模擬照射装置の耐震設計	5
3.1.3 BWR 用水環境模擬照射装置の使用条件及び装置の設計条件	5
3.1.4 BWR 用水環境模擬照射装置の各機器類の仕様	6
3.2 PWR 用水環境模擬照射装置	10
3.2.1 PWR 用水環境模擬照射装置の各系統の設計及び基本仕様	10
3.2.2 PWR 用水環境模擬照射装置の耐震設計	13
3.2.3 PWR 用水環境模擬照射装置の使用条件及び装置の設計条件	13
3.2.4 PWR 用水環境模擬照射装置の各機器類の仕様	14
3.3 補給水系統	18
3.3.1 補給水系統の基本仕様	18
3.3.2 補給水系統の耐震設計	19
3.3.3 補給水系統の使用条件及び装置の設計条件	19
3.3.4 補給水系統の各機器類の仕様	19
3.4 薬液注入系	20
3.4.1 薬液注入系の各系統の設計及び基本仕様	20
3.4.2 薬液注入系の耐震設計	21
3.4.3 薬液注入系の使用条件及び装置の設計条件	21
3.4.4 薬液注入系の各機器類の仕様	22
4. 設置場所の選定と環境整備	23
5. 機器の製作	24
6. 機器の配置設計・据付調整作業	25
7. 試験運転	25
7.1 試験項目の検討	25
7.2 試験結果	26
8. まとめ	26
謝辞	27
参考文献	27
付録	127

Contents

1.	Introduction	1
2.	Outline	2
3.	Specifications of the irradiation facility for simulating condition of LWR	2
3.1	The irradiation facility for simulating water condition of BWR	2
3.1.1	Design and basic specifications of each system of the irradiation facility for simulating water condition of BWR	2
3.1.2	Seismic design of the irradiation facility for simulating water condition of BWR	5
3.1.3	Use conditions and design conditions for the irradiation facility for simulating water condition of BWR	5
3.1.4	Specifications of each component of the irradiation facility for simulating water condition of BWR	6
3.2	The irradiation facility for simulating water condition of PWR	10
3.2.1	Design and basic specifications of each system of the irradiation facility for simulating water condition of PWR	10
3.2.2	Seismic design of the irradiation facility for simulating water condition of PWR	13
3.2.3	Use conditions and design conditions for the irradiation facility for simulating water condition of PWR	13
3.2.4	Specifications of each component of the irradiation facility for simulating water condition of PWR	14
3.3	Supply water system	18
3.3.1	Basic specifications of supply water system	18
3.3.2	Seismic design of supply water system	19
3.3.3	Use conditions and design conditions for supply water system	19
3.3.4	Specifications of each component of supply water system	19
3.4	Chemical injection system	20
3.4.1	Design and basic specifications of each system of chemical injection system	20
3.4.2	Seismic design of chemical injection system	21
3.4.3	Use conditions and design conditions for chemical injection system	21
3.4.4	Specifications of each component of chemical injection system	22
4.	Site selection and environmental preparation	23
5.	Equipment manufacturing	24
6.	Equipment layout design and installation adjustment work	25
7.	Experimental operation	25
7.1	Examination of test items	25
7.2	Test results	26
8.	Summary	26
	Acknowledgments	27
	References	27
	Appendix	127

1.はじめに

材料試験炉 JMTR (Japan Materials Testing Reactor, 50MW) は、国内最大の熱出力を有する軽水減速軽水冷却タンク型の照射試験炉である。これまで国内の発電用軽水炉燃料や材料の中性子照射試験を中心に高速炉、高温ガス炉、核融合炉等の燃料・材料照射試験や医療・工業用ラジオアイソトープの製造等に活用されてきた。平成 18 年 8 月、初臨界から 38 年が経過し施設の高経年化が進んできたことから、第 165 サイクル後に運転を停止した。その後、高経年化対策として施設の改修を進めてきたが、新規制基準への適合が困難であることから、施設中長期計画（平成 29 年 4 月 1 日公表）において廃止施設として決定した。令和元年 9 月 18 日原子力規制委員会に廃止措置計画認可申請（令和 2 年 11 月 30 日及び令和 3 年 3 月 2 日に一部補正）を行い、令和 3 年 3 月 17 日に同申請が認可された。

JMTR では現在軽水炉の高経年化に係る照射誘起応力腐食割れ (Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking, IASCC) 研究のための照射試験を行うために、沸騰水型原子炉 (BWR) の水質、温度を模擬した条件下で照射試験のできる高度材料環境照射装置を開発・設置した。高度材料環境照射装置は、照射試験に供する試験片を収納する飽和温度キャプセルと、このキャプセルへ圧力、温度、水質を調整した水を供給する水環境制御装置から構成される。水環境制御装置は、高温高圧給水、水質調整、水質精製、水補給の機能を有しており、水質については、国内 BWR の代表的な水質の模擬が可能である。高度材料環境照射装置は平成 14 年 3 月の第 144 サイクルから平成 18 年 8 月の第 165 サイクルまでの 22 サイクルにわたって照射試験を行った。

これらの運転経験を基に BWR 用材料の照射試験を行うための「材料照射試験装置」を平成 20 年度から平成 22 年度に整備した¹⁾。当該装置は旧経済産業省原子力安全・保安院からの受託事業「軽水炉燃材料詳細健全性調査」の一環として整備され、軽水炉 (BWR) の炉内環境を模擬した高温高圧水を供給し、キャプセル内の試験片の温度、水質等の制御を行うことが可能である。しかし、受託事業の目的以外で使用できず、世界共通研究課題である現行軽水炉の長寿命化対策、科学技術の向上等のための照射試験の需要に対して当該装置を活用した照射場を提供できない状況であった。

この課題の解決に活用される研究開発基盤を構築し、国際的研究開発の拠点化を目指して、文部科学省の行う最先端研究基盤事業の補助対象事業に「世界最先端研究用原子炉の高度利用による国際的研究開発拠点の整備」が採択された。本事業として JMTR では平成 22 年度から最先端照射設備の整備を進めた。この照射設備のうち、「軽水炉実機水環境模擬照射装置」は、温度、圧力、水質（溶存酸素、溶存水素等）を制御し、軽水炉 (BWR 及び加圧水型原子炉 (PWR)) 条件の水環境を模擬しながら、炉内構造材等の中性子照射が行える照射装置である。さらに PWR 条件用の照射装置には、従来の装置の機能に、ホウ素やリチウムを添加するための薬液注入機能を追加した設計とした。本装置の整備では、装置の設計、製作及び据付、設置場所の環境整備を行うとともに、付属機器である閉止フランジ、接続ユニット及びキャプセルの製作を行った²⁾。

本報告書は、最先端研究基盤事業の一環として実施した軽水炉実機水環境模擬照射装置の整備及び整備後に実施した本装置の試験運転についてまとめたものである。

2.概要

軽水炉実機水環境模擬照射装置の概略図を図 2-1 に示す。本装置は、JMTR の炉内に材料試験片を内包して装荷される材料照射キャプセル内に、軽水炉（BWR 及び PWR）の炉水条件を模擬した環境を作り出して材料試験を行うための炉外装置である。本装置により、材料照射キャプセル内の試験片の温度、水質等を制御し、軽水炉の炉内構造物に関して照射環境下における応力腐食割れ（SCC）評価等に必要な中性子照射試験を実施することが可能である。炉水条件を模擬する高温高压水は本装置からキャプセルまで給水管及び排水管を通過する。これらの管は炉内のキャプセルから接続ユニット、案内管、閉止フランジを通り、炉外まで引き出されて本装置に接続される¹⁾。本装置は 2 系統（BWR 用及び PWR 用）から構成され、各系統はキャプセルを 2 本ずつ（合計 4 本）接続可能である。

図 2-2²⁾から図 2-6 に BWR 用及び PWR 用水環境模擬照射装置、補給水系統、薬液注入系の系統図を示す。また、軽水炉実機水環境模擬照射装置はそれぞれ以下の 5 系統で構成される。

- (1) 常温の脱気純水を高温高压水に調整してキャプセルへ供給する循環系統
- (2) キャプセルへ供給する高温高压水の水質を制御する水質調整系統
- (3) 試験データの計測、収集及び各系統の制御・監視を行う計測制御系統
- (4) 装置に脱気純水を補給する補給水系統（供用）
- (5) 系統内の水を外部に取り出すサンプリング系統

次章に各系統の仕様を示す。

3.軽水炉実機水環境模擬照射装置の仕様

3.1 BWR 用水環境模擬照射装置

BWR 用水環境模擬照射装置は、材料照射キャプセルに軽水炉（BWR）の炉内温度、圧力、水質等の条件を模擬するため、キャプセルに水質調整された高温高压水を供給するとともに、キャプセルから排出された水を精製して循環するための装置である。本装置は循環系統、水質調整系統、計測制御系統及び補給水系統から構成される。また、水質調整系統はキャプセルへの供給水の溶存酸素濃度及び溶存水素濃度の調節を行うことができる。

3.1.1 BWR 用水環境模擬照射装置の各系統の設計³⁾及び基本仕様⁴⁾⁵⁾

BWR 用水環境模擬照射装置の各系統の設計及び基本仕様を以下に示す。また、各機器類の構造図を図 3.1.1-1 から図 3.1.1-14 に、機器リストを表 3.1.1-1 に示す。なお、BWR 用及び PWR 用水環境模擬照射装置のサンプリングボックスの構造は共通である。

(1) 循環系統

循環系統は、水質調整系統で水質調整された水の圧力及び温度を制御してキャプセルへ供給するとともに、キャプセルから排出され、水質調整系統で精製された水を循環する系統である。

主ポンプ、サージタンク、予熱管、加熱器、冷却管、圧力調節弁等から構成される。

① 主ポンプ

主ポンプは、系統圧力を所定の圧力まで昇圧させるとともに、水質調整された水をキャプセルへ一定流量で供給するためのもので、プランジャーポンプとした。2 台の主ポンプを並列に設置し、定常運転時においては 2 台とも定格容量の 50%以下で運転することにより、万一、1 台のポンプに故障等が発生した場合においても残り 1 台のポンプで流量を確保でき、キャプセルへの給水に極力影響を与えないようにした。また、各主ポンプ出口に脈動の低減を図るためアキュムレータを設けた。

② サージタンク

サージタンクは、主ポンプの脈動及び水質分析に必要な系統水のサンプリングによる系内の圧力変動を吸収・緩和するためのもので、ヘリウムガスの給排気による圧力調節機能を備えたたて置き円筒型タンクとした。

③ 予熱管

予熱管は、キャプセルへの供給水の加熱及びキャプセルからの排水の冷却を効率良く行うためのもので、二重管式再生熱交換器とした。

④ 加熱器

加熱器は、キャプセル内に装荷された試験片の温度を所定の温度範囲に制御することが可能な電気ヒータ式を採用し、キャプセルを接続することが可能な系統にそれぞれ設置した。また、万一、ヒータに断線等の故障が発生した場合においても交換が可能な構造とした。

⑤ 冷却管

冷却管は、キャプセルからの排水をイオン交換樹脂の性能等に支障のない温度まで冷却するために予熱管の下流に設置するもので、二重管式熱交換器とした。

⑥ 圧力調節弁

圧力調節弁は、照射試験中にキャプセル内の圧力保持を行うためのもので、圧力調節を遠隔操作で行うためダイヤフラム式空気作動弁とした。故障等の異常時には切り替えができるように 2 台を並列に設置した。また、弁駆動用圧空の喪失時においてもキャプセル部の流量を確保するため、圧力調節弁を全閉とならないような機械式の全閉防止機能を設けた。

BWR 用水環境模擬照射装置の循環系統の主な仕様を以下に示す。

- | | |
|----------------|-----------------------------|
| ① 供給水 | : 軽水 |
| ② 最高使用温度 | : 325℃ |
| ③ 最高使用圧力 | : 10 MPa |
| ④ 主要材質 | : ステンレス鋼 |
| ⑤ 供給水流量 | : 約 400 kg/h (キャプセル 1 本あたり) |
| ⑥ 設置数 | : 1 基 |
| ⑦ 接続可能なキャプセルの数 | : 2 本/基 |

(2) 水質調整系統

水質調整系統は、キャプセルから排出された水を精製するとともに、照射試験の目的に応じた溶存酸素濃度及び溶存水素濃度の調整を行うための系統であり、クラッド除去フィルタ、イオン交換塔、水質調整タンク等から構成される。なお、BWR 用水環境模擬照射装置を用いた照

射試験では水質の制御が特に重要であるため、系内を循環する水に含まれる不純物の除去を目的とした全量精製が行えるようにした。

① クラッド除去フィルタ

クラッド除去フィルタは、キャプセルからの排水に含まれる固形状の腐食生成物（クラッド）を除去するためのもので、イオン交換塔の上流側に設置する。フィルタの形式は、ろ過性能及び逆洗性に優れ、二次廃棄物の発生が少ない中空糸膜フィルタとした。また、フィルタの交換が容易に行える構造とした。被ばく低減を目的としてクラッド除去フィルタには、ガンマ線を遮蔽するための遮蔽体を設けた。

② イオン交換塔

イオン交換塔は、キャプセルからの排水に含まれるイオン状の不純物をイオン交換樹脂により除去するためのもので、水を下降流で通水することで高純度に精製することが可能な混床式を2基並列に設置し、水質の状況により1基ずつの切り替え又は2基を同時使用ができるようにした。使用済樹脂の流体移送のための配管を設け、既設の廃樹脂移送管に接続した。廃樹脂を容易に流体移送できるような構造（樹脂を解すための逆洗ライン）を設けた。イオン交換塔の遮蔽体の表面線量は10 $\mu\text{Sv/h}$ 以下になるように設計した。

③ 水質調整タンク

水質調整タンクは、キャプセルへの供給水の水質を調整するためのもので、気液二相構造の液相部には溶存酸素濃度及び溶存水素濃度の調整を行うための水質調整用ガス（ヘリウム、酸素及び水素）の気泡を発生させるノズルを設けた。

水質調整システムの主な仕様を以下に示す。

- | | |
|----------|-----------|
| ① 供給水 | : 軽水 |
| ② 最高使用温度 | : 70℃ |
| ③ 最高使用圧力 | : 1.0 MPa |
| ④ 主要材質 | : ステンレス鋼 |

供給水の水質条件を以下に示す。

- | | |
|-----------|-----------------------------------|
| ① 溶存酸素濃度 | : 0～2ppm（プレフィルミング時：約10ppm）[制御目標] |
| ② 溶存水素濃度 | : 0～2ppm [制御目標] |
| ③ pH | : 5.6～8.6 [管理目標] |
| ④ 伝導率 | : $\leq 100 \mu\text{S/m}$ [管理目標] |
| ⑤ 過酸化水素濃度 | : 水質調整タンク、照射キャプセル入口及び出口での測定 |

(3) 計測制御系統

計測制御系統は、BWR 用水環境模擬照射装置の運転に必要な温度、圧力、流量、放射線量等のプロセス量を計測及び制御するとともに、照射試験データである試験片温度、水質等の計測データを収集する設備であり、制御盤、水質測定計器、放射線モニタ、その他の各種計測器等から構成される。

① 制御盤

制御盤は、BWR 用水環境模擬照射装置の運転状態の監視、機器等の運転操作を遠隔で行うとともに、必要な警報表示、保護動作等を行うためのものである。JMTR 炉室1階の照射制

御室に設置し、パーソナルコンピュータ等の専用端末を利用した監視、操作、データ収集が行えるようにした。

- (a) 制御はパーソナルコンピュータと制御盤の SW (Switch) 及び GOT (Graphic Operation Terminal) で行えるようにした。操作場所の切替え SW 等を制御盤に設けた。
- (b) 制御計測系統の設計は表 3.1.1-2 から表 3.1.1-6 までを参考にした。
- (c) 計測点数は BWR 用水環境模擬照射装置の 100 点以上のデータ収集ができる機能を有し、トレンド表示、リアルデータの監視、1 サイクル以上のデータ保存が可能な設計にした。

② 水質測定計器

水質測定計器は、BWR 用水環境模擬照射装置の系内における溶存酸素濃度、溶存水素濃度、電気伝導率及び pH を自動で計測するためのもので、水質調整タンク、キャプセル入口及び出口等に設置した。

③ その他の各種計測器

BWR 用水環境模擬照射装置の運転、保守に必要となる温度、圧力、流量、水位等の計測器及び漏水検知器等を設置した。

(4) 電源盤

装置の加熱器、ポンプ、空気作動弁、計装機器等へ電源を供給するための電源盤を設計した。

(5) サンプルングボックス

キャプセル出入口水のサンプルングを行うサンプルングボックスをキュービクル（照射設備を設置するためにコンクリートで遮蔽された部屋）外に設置する。サンプルング水は系統圧力以下にするため圧力調節機構を設けるとともに、ボックス内のサンプルングラインは弁座漏れ対策として、止弁を 2 段に設けた。

(6) 過酸化水素測定ライン

過酸化水素測定ラインを B1F キュービクル貫通孔とサンプルングボックス間に敷設した。サンプルングボックス内の 2 段の弁は止弁と流調弁とした。

3.1.2 BWR 用水環境模擬照射装置の耐震設計

- (1) 機器等の区分 : 機器区分外（第 4 種機器^{*1}相当）
- (2) 耐震クラス : 一般機器^{*2}相当

耐震設計に使用する地震力は、静的に水平方向 0.4G、垂直方向 0.25G とする。ただし、主要配管については JMTR 床応答スペクトルを用いてスペクトルモーダル法により解析した。

*1：試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準に規定される機器等の区分

*2：原子炉設置変更許可申請書添付書類八（原子炉施設の安全設計に関する説明書）の「1.4 耐震設計」の「(2)原子炉機器の耐震設計」に示される機器構造物の種類

3.1.3 BWR 用水環境模擬照射装置の使用条件及び装置の設計条件

- (1) 安全上の機能別重要度分類^{*1} : —（該当なし）
- (2) 放射線管理区分

水環境模擬照射装置の設置場所となる放射線管理区域内の場所及びその中で行われる作業に

係る区分

① 放射線管理区域内の場所の区分*2

- | | | |
|---------------------------|----------|-------|
| ・ 炉室地下 1、3 階 OGL-1 キュービクル | 炉運転時／停止時 | : 乙／乙 |
| ・ 炉室地階全般 | 炉運転時／停止時 | : 乙／甲 |
| ・ 照射制御室（炉室地上階） | 炉運転時／停止時 | : 甲／甲 |

② 放射線管理区域内の作業の区分*3

- ・ 水環境模擬照射装置の点検・保守（循環系、水質調整系の保守）：乙

*1：水冷却型試験研究用原子炉施設に関する安全設計審査指針による

*2：甲区域及び乙区域の基準線量率及び設計目標値

甲区域 基準線量率：20 $\mu\text{Sv/h}$ 以下／設計目標値：2 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

乙区域 基準線量率：原則 100 $\mu\text{Sv/h}$ 以下、特別の場合 500 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

設計目標値：原則 10 $\mu\text{Sv/h}$ 以下、特別の場合 50 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

*3：乙作業の基準線量率及び設計目標値

乙作業 基準線量率：原則 1 mSv/回以下、特別の場合 4 mSv/回以下

設計目標値：原則 100 $\mu\text{Sv/回}$ 以下、特別の場合 400 $\mu\text{Sv/回}$ 以下

(3) 取合条件

① 材料照射キャプセル：供給水側使用圧力 約 7.5 MPa

供給水側使用温度 約 200℃～260℃

キャプセル出入口差圧 1.0 MPa（最大）

排水側使用温度 約 200℃～290℃

② ユーティリティ : UCL 系統*1、脱気純水補給系統、ヘリウム・水素混合ガス供給系、ヘリウムガス系統（低圧）、圧縮空気系統（弁操作用）、排水系統（水系、廃樹脂系）、排気系統及び電源系統

*1：UCL（Utility Cooling Loop）系統は、炉外試験設備、ディーゼル発電機、空気圧縮機、空調機器等に必要な冷却水を供給する系統である。

3.1.4 BWR 用水環境模擬照射装置の各機器類の仕様

(1) 循環系統

① 主ポンプ

- | | |
|-----------|--------------------|
| a. 形式 | : プランジヤーポンプ |
| b. 数量 | : 2 台 |
| c. 流量 | : 約 1,000 kg/h/1 台 |
| d. 最高吐出圧力 | : 10 MPa |
| e. 最高使用温度 | : 70℃ |
| f. 流体温度 | : 約 50℃ |
| g. 主要材料 | : ステンレス鋼 |

② サージタンク

- | | |
|-------|----------|
| a. 形式 | : たて置円筒形 |
|-------|----------|

- b. 数量 : 1 基
 - c. 流体の種類 : 軽水、ヘリウムガス
 - d. 最高使用圧力 : 10 MPa
 - e. 最高使用温度 : 70℃
 - f. 容量 : 約 0.12 m³
 - g. 流体温度 : 約 50℃
 - h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316）
- ③ 予熱管
- a. 形式 : 二重管式
 - b. 数量 : 1 基
 - c. 流体の種類 : 軽水（内／外管とも）
 - d. 最高使用圧力 : 10 MPa（内／外管とも）
 - e. 最高使用温度 : 325℃（内／外管とも）
 - f. 流量 : 800 kg/h（内／外管とも）
(材料照射キャプセルを 2 本接続した場合の最大流量)
 - g. 交換熱量 : 約 132 kW
 - h. 流体温度 : 給水側（外管）入口：約 50℃／出口：約 190℃以上
排水側（内管）入口：約 282℃／出口：約 152℃以下
 - i. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）
- ④ 加熱器
- a. 形式 : たて置円筒形（ヒータを引抜・交換可能な構造）
 - b. 数量 : 2 基
 - c. 流体の種類 : 軽水
 - d. 最高使用圧力 : 10 MPa
 - e. 最高使用温度 : 325℃
 - f. 流量 : 400 kg/h
 - g. 流体温度 : 入口温度 190℃、出口温度 260℃
 - h. ヒータ容量 : 45 kW/基
 - i. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L 相当）
 - j. 電源 : AC440V、3 相、50Hz
- ⑤ 冷却管
- a. 形式 : 二重管式
 - b. 数量 : 1 基
 - c. 流体の種類 : 給水側（内管）：軽水
UCL 側（外管）：UCL 冷却水
 - d. 最高使用圧力 : 給水側（内管）：10 MPa
UCL 側（外管）：0.7 MPa
 - e. 最高使用温度 : 給水側（内管）：325℃

- UCL 側（外管）：70℃
- f. 流量 : 給水側（内管）：800 kg/h
(材料照射キャプセルを 2 本接続した場合の最大流量)
UCL 側（外管）：8,800 kg/h (4,400 kg/h×2 パス)
- g. 交換熱量 : 約 95 kW
- h. 流体温度 : 給水側（内管）入口：約 152℃／出口：約 46℃
UCL 側（外管）：1 パス入口：約 34℃／出口：約 46℃
: 2 パス入口：約 34℃／出口：約 46℃
- i. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）
- ⑥ サンプリング冷却管
- a. 形式 : 二重管式
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 給水側（内管）：軽水
UCL 側（外管）：UCL 冷却水
- d. 最高使用圧力 : 給水側（内管）：10 MPa
UCL 側（外管）：0.7 MPa
- e. 最高使用温度 : 給水側（内管）：325℃
UCL 側（外管）：70℃
- f. 流量 : 給水側（内管）：約 44 kg/h
UCL 側（外管）：5,000 kg/h
- g. 交換熱量 : 約 13 kW
- h. 流体温度 : 給水側（内管）入口：約 290℃／出口：約 50℃
UCL 側（外管）入口：約 34℃／出口：約 36℃
- i. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）
- ⑦ 圧力調節弁
- a. 形式 : ダイアフラム式空気作動弁
- b. 数量 : 2 台
- c. 主要材料 : ステンレス鋼
- (2) 水質調整系統
- ① クラッド除去フィルタ
- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : 1.0 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. ろ過性能 : 0.1 μm (90%カット)
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : 容器：ステンレス鋼（主要部材：SUS316）

エレメント：中空糸膜

② 水質調整タンク

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水、ヘリウムガス、水素ガス、酸素ガス
- d. 最高使用圧力 : 0.5 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 容量 : 約 0.75 m³
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316）

③ 水質調整タンクイオン交換塔

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : 0.5 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 樹脂充填量 : 40 L（充填樹脂：オルガノ製 PCM11L）
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）

④ イオン交換塔（不純物除去用）

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 2 基
- c. 流体の種類 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : 1.0 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 樹脂充填量 : 40 L/基（充填樹脂：オルガノ製 PCM11L）
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）

⑤ 気水分離器

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水、ヘリウムガス、水素ガス、酸素ガス
- d. 最高使用圧力 : 0.1 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 容量 : 約 0.003m³（デミスタ）
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316）

(3) その他の機器

① サンプルボックス

- a. 形式 : 気密ボックス形
- b. 数量 : 1 基
- c. 使用流体 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : -50 mmH₂O (通常使用圧力・20 mmH₂O)
- e. 最高使用温度 : 35℃
- f. 主要材料 : SUS304
- g. 外径寸法 : 幅約 850 mm×奥行約 600 mm×高さ約 1,700 mm
- h. その他付属品 : チェンジングボックス 1 式
グローブポート
グローブ

3.2 PWR 用水環境模擬照射装置

PWR 用水環境模擬照射装置は、材料照射キャプセルに軽水炉 (PWR 及び BWR) の炉内温度、圧力、水質等の条件を模擬するため、キャプセルに水質調整された高温高圧水を供給するとともに、キャプセルから排出された水を精製して循環するための装置である。本装置は循環系統、水質調整系統、計測制御系統及び補給水系統から構成される。また、水質調整系統はキャプセルへの供給水の溶存酸素濃度、溶存水素濃度の調節を行うとともに、PWR の水環境を模擬するためのホウ素及びリチウムを添加する機能を有する。PWR ではホウ酸を冷却水中に添加して核分裂を制御している。また、ホウ酸添加による pH の低下を防ぐため、水酸化リチウムを添加している。なお、PWR 用水環境模擬照射装置はホウ酸及び水酸化リチウムを添加しなければ BWR の水環境を模擬することも可能である。

3.2.1 PWR 用水環境模擬照射装置の各系統の設計³⁾及び基本仕様⁴⁾⁵⁾

PWR 用水環境模擬照射装置の各系統の設計及び基本仕様を以下に示す。また、各機器類の構造図を図 3.2.1-1 から図 3.2.1-15 に、機器リストを表 3.2.1-1 に示す。

(1) 循環系統

循環系統は、水質調整系統で水質調整された水の圧力及び温度を制御してキャプセルへ供給するとともに、キャプセルから排出され、水質調整系統で精製された水を循環する系統である。主ポンプ、サージタンク、予熱管、加熱器、冷却管、圧力調節弁等から構成される。

① 主ポンプ

主ポンプは、系統圧力を所定の圧力まで昇圧させるとともに、水質調整された水をキャプセルへ一定流量で供給するためのもので、プランジャーポンプとした。2 台の主ポンプを並列に設置し、定常運転時においては 2 台とも定格容量の 50%以下で運転することにより、万一、1 台のポンプに故障等が発生した場合においても残り 1 台のポンプで流量を確保でき、キャプセルへの給水に極力影響を与えないようにした。また、各主ポンプ出口に脈動の低減を図るためアキュムレータを設けた。

② サージタンク

サージタンクは、主ポンプの脈動及び水質分析に必要な系統水のサンプリングによる系内の圧力変動を吸収・緩和するためのもので、ヘリウムガスの給排気による圧力調節機能を備えたたて置き円筒型タンクとした。

③ 予熱管

予熱管は、キャプセルへの供給水の加熱及びキャプセルからの排水の冷却を効率良く行うためのもので、二重管式再生熱交換器とした。

④ 加熱器

加熱器は、キャプセル内に装荷された試験片の温度を所定の温度範囲に制御することが可能な電気ヒータ式を採用し、キャプセルを接続することが可能な系統にそれぞれ設置した。また、万一、ヒータに断線等の故障が発生した場合においても交換が可能な構造とした。

⑤ 冷却管

冷却管は、キャプセルからの排水をイオン交換樹脂の性能等に支障のない温度まで冷却するために予熱管の下流に設置するもので、二重管式熱交換器とした。

⑥ 圧力調節弁

圧力調節弁は、照射試験中にキャプセル内の圧力保持を行うためのもので、圧力調節を遠隔操作で行うためダイヤフラム式空気作動弁とした。故障等の異常時には切り替えができるように 2 台を並列に設置した。また、弁駆動用圧空の喪失時においてもキャプセル部の流量を確保するため、圧力調節弁を全閉とならないような機械式の全閉防止機能を設けた。

PWR 用水環境模擬照射装置の循環系統の主な仕様を以下に示す。

- | | |
|----------------|-----------------------------|
| ① 供給水 | : 軽水 |
| ② 最高使用温度 | : 375℃ |
| ③ 最高使用圧力 | : 17 MPa |
| ④ 主要材質 | : ステンレス鋼 |
| ⑤ 供給水流量 | : 約 400 kg/h (キャプセル 1 本あたり) |
| ⑥ 設置数 | : 1 基 |
| ⑦ 接続可能なキャプセルの数 | : 2 本/基 |

(2) 水質調整系統

水質調整系統は、キャプセルから排出された水を精製するとともに、照射試験の目的に応じた溶存酸素濃度、溶存水素濃度、金属添加等の調整を行うための系統であり、クラッド除去フィルタ、イオン交換塔、水質調整タンク等から構成される。なお、PWR 用水環境模擬照射装置を用いた照射試験では水質の制御が特に重要であるため、系内を循環する水に含まれる不純物の除去を目的とした全量精製が行えるようにした。

① クラッド除去フィルタ

クラッド除去フィルタは、キャプセルからの排水に含まれる固形状の腐食生成物（クラッド）を除去するためのもので、イオン交換塔の上流側に設置する。フィルタの形式は、ろ過性能及び逆洗性に優れ、二次廃棄物の発生が少ない中空糸膜フィルタとした。また、フィルタの交換が容易に行える構造とした。被ばく低減を目的としてクラッド除去フィルタには、

ガンマ線を遮蔽するための遮蔽体を設けた。

② イオン交換塔

イオン交換塔はキャプセルからの排水に含まれるイオン状の不純物を除去するためのもので、水を下降流で通水することで高純度に精製することが可能な混床式を2基並列に設置した。通常時は遠隔操作により切り替えて使用し、水質の状況により1基ずつの切り替え又は2基同時に使用できる設計とした。電導度を100 $\mu\text{S/m}$ 以下（ホウ素、リチウム等の濃度の組み合わせにより変化する（100～4,000 $\mu\text{S/m}$ ）が、添加しない場合の管理目標は10 $\mu\text{S/m}$ 以下である）に維持するのに十分な樹脂を装荷できる構造を有するものとし、定期的に（1回／年を目安として）交換する。樹脂の再生は行わない。また、ホウ素、リチウム等を添加する場合に備え、ホウ素、リチウム回収（除去）専用のイオン交換塔を設置した。使用済樹脂の流体移送のための配管を設け、既設の廃樹脂移送管に接続した。廃樹脂を容易に流体移送できるような構造（樹脂を解すための逆洗ライン）を設けた。イオン交換塔の遮蔽体の表面線量は10 $\mu\text{Sv/h}$ 以下になるように設計した。

③ 水質調整タンク

水質調整タンクは、キャプセルへの供給水の水質を調整するためのもので、気液二相構造の液相部には溶存酸素濃度及び溶存水素濃度の調整を行うための水質調整用ガス（ヘリウム、酸素及び水素）の気泡を発生させるノズルを設けた。

水質調整システムの主な仕様を以下に示す。

- | | |
|----------|-----------|
| ① 供給水 | : 軽水 |
| ② 最高使用温度 | : 70℃ |
| ③ 最高使用圧力 | : 1.0 MPa |
| ④ 主要材質 | : ステンレス鋼 |

供給水の水質条件を以下に示す。

- | | |
|----------|---|
| ① 溶存酸素濃度 | : 0～2ppm（プレフィルミング時：約10ppm）[制御目標] |
| ② 溶存水素濃度 | : 0～100 ccSTP ^{*1} /kg-H ₂ O（PWR条件模擬時）[制御目標]
0～2ppm（BWR条件模擬時）[制御目標] |
| ③ pH | : 4～11 [管理目標] |
| ④ 伝導率 | : 100～400 $\mu\text{S/m}$ ^{*2} （PWR条件模擬時）[管理目標]
$\leq 100 \mu\text{S/m}$ （BWR条件模擬時）[管理目標] |
| ⑤ ホウ素濃度 | : 0～4000ppm [制御目標] |
| ⑥ リチウム濃度 | : 0～10ppm [制御目標] |
| ⑦ その他 | : 亜鉛注入を考慮 ^{*3} |

*1：STPは標準状態（1 atm、0℃（273.15 K）、1 mol = 22.4 L）を示す。

*2：ホウ素、リチウムの濃度の組合せによって決まる。

*3：機器・配管の線量当量率の低減効果があるため。

(3) 計測制御系統

計測制御系統は、PWR 用水環境模擬照射装置の運転に必要な温度、圧力、流量、放射線量等のプロセス量を計測及び制御するとともに、照射試験データである試験片温度、水質等の

計測データを収集する設備であり、制御盤、水質測定計器、放射線モニタ、その他の各種計測器等から構成される。

① 制御盤

制御盤は、PWR 用水環境模擬照射装置の運転状態の監視、機器等の運転操作を遠隔で行うとともに、必要な警報表示、保護動作等を行うためのものである。JMTR 炉室 1 階の照射制御室に設置し、パーソナルコンピュータ等の専用端末を利用した監視、操作、データ収集が行えるようにした。

(a) 制御はパーソナルコンピュータと制御盤の SW 及び GOT で行えるようにした。操作場所の切替え SW 等を制御盤に設けた。

(b) 制御計測系統の設計は表 3.2.1-2 から表 3.2.1-6 までを参考にした。

(c) 計測点数は BWR 用水環境模擬照射装置の 100 点以上のデータ収集ができる機能を有し、トレンド表示、リアルデータの監視、1 サイクル以上のデータ保存が可能な設計にした。

② 水質測定計器

水質測定計器は、PWR 用水環境模擬照射装置の系内における溶存酸素濃度、溶存水素濃度、電気伝導率及び pH を自動で計測するためのもので、水質調整タンク、キャプセル入口及び出口等に設置した。

③ その他の各種計測器

PWR 用水環境模擬照射装置の運転、保守に必要となる温度、圧力、流量、水位等の計測器及び漏水検知器等を設置した。

(4) 電源盤

装置の加熱器、ポンプ、空気作動弁、計装機器等へ電源を供給するための電源盤を設計した。

(5) サンプリングボックス

キャプセル出入口水のサンプリングを行うサンプリングボックスをキュービクル外に設置する。サンプリング水は系統圧力以下にするため圧力調節機構を設けるとともにボックス内のサンプリングラインは弁座漏れ対策として、止弁を 2 段に設けた。

3.2.2 PWR 用水環境模擬照射装置の耐震設計

(1) 機器等の区分 : 機器区分外 (第 4 種機器*1 相当)

(2) 耐震クラス : 一般機器*2 相当

耐震設計に使用する地震力は、静的に水平方向 0.4G、垂直方向 0.25G とする。ただし、主要配管については JMTR 床応答スペクトルを用いてスペクトルモーダル法により解析した。

*1 : 試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準に規定される機器等の区分

*2 : 原子炉設置変更許可申請書添付書類八 (原子炉施設の安全設計に関する説明書) の「1.4 耐震設計」の「(2)原子炉機器の耐震設計」に示される機器構造物の種類

3.2.3 PWR 用水環境模擬照射装置の使用条件及び装置の設計条件

(1) 安全上の機能別重要度分類*1 : — (該当なし)

(2) 放射線管理区分

- e. 最高使用温度 : 70℃
 - f. 容量 : 約 0.10 m³
 - g. 流体温度 : 約 50℃
 - h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316）
- ③ 予熱管
- a. 形式 : 二重管式
 - b. 数量 : 1 基
 - c. 流体の種類 : 軽水（内／外管とも）
 - d. 最高使用圧力 : 17 MPa（内／外管とも）
 - e. 最高使用温度 : 375℃（内／外管とも）
 - f. 流量 : 800 kg/h（内／外管とも）
(材料照射キャプセルを 2 本接続した場合の最大流量)
 - g. 交換熱量 : 約 132 kW
 - h. 流体温度 : 給水側（外管）入口：約 50℃／出口：約 232℃以上
排水側（内管）入口：約 319℃／出口：約 152℃以下
 - i. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）
- ④ 加熱器
- a. 形式 : たて置円筒形（ヒータを引抜・交換可能な構造）
 - b. 数量 : 2 基
 - c. 流体の種類 : 軽水
 - d. 最高使用圧力 : 17 MPa
 - e. 最高使用温度 : 375℃
 - f. 流量 : 400 kg/h
 - g. 流体温度 : 入口温度 230℃、出口温度 300℃
 - h. ヒータ容量 : 45 kW
 - i. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L 相当）
 - j. 電源 : AC440V、3 相、50Hz
- ⑤ 冷却管
- a. 形式 : 二重管式
 - b. 数量 : 1 基
 - c. 流体の種類 : 給水側（内管）：軽水
UCL 側（外管）：UCL 冷却水
 - d. 最高使用圧力 : 給水側（内管）：17 MPa
UCL 側（外管）：0.7 MPa
 - e. 最高使用温度 : 給水側（内管）：375℃
UCL 側（外管）：70℃
 - f. 流量 : 給水側（内管）：800 kg/h
(材料照射キャプセルを 2 本接続した場合の最大流量)

- UCL 側（外管）：8,800 kg/h（4,400 kg/h×2 パス）
- g. 交換熱量：約 95 kW
- h. 流体温度：給水側（内管）入口：約 152℃／出口：約 50℃
UCL 側（外管）：1 パス入口：約 34℃／出口：約 46℃
：2 パス入口：約 34℃／出口：約 40℃
- i. 主要材料：ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）
- ⑥ サンプリング冷却管
- a. 形式：二重管式
- b. 数量：1 基
- c. 流体の種類：給水側（内管）：軽水
UCL 側（外管）：UCL 冷却水
- d. 最高使用圧力：給水側（内管）：17 MPa
UCL 側（外管）：0.7 MPa
- e. 最高使用温度：給水側（内管）：375℃
UCL 側（外管）：70℃
- f. 流量：給水側（内管）：約 44 kg/h
UCL 側（外管）：5,000 kg/h
- g. 交換熱量：約 13 kW
- h. 流体温度：給水側（内管）入口：約 290℃／出口：約 50℃
UCL 側（外管）入口：約 34℃／出口：約 36℃
- i. 主要材料：ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）
- ⑦ 圧力調節弁
- a. 形式：ダイヤフラム式空気作動弁
- b. 数量：2 台
- c. 主要材料：ステンレス鋼
- (2) 水質調整系統
- ① クラッド除去フィルタ
- a. 形式：たて置円筒形
- b. 数量：1 基
- c. 流体の種類：軽水
- d. 最高使用圧力：1.0 MPa
- e. 最高使用温度：70℃
- f. ろ過性能：0.1 μm（90%カット）
- g. 流体温度：約 50℃
- h. 主要材料：容器：ステンレス鋼（主要部材：SUS316）
エレメント：中空糸膜
- ② 水質調整タンク
- a. 形式：たて置円筒形

- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水、ヘリウムガス、水素ガス、酸素ガス
- d. 最高使用圧力 : 1.0 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 容量 : 約 0.75 m³
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316）

③ 水質調整タンクイオン交換塔

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : 1.0 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 樹脂充填量 : 40 L（充填樹脂：オルガノ製 PCM11L）
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）

④ イオン交換塔（不純物除去用）

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 2 基
- c. 流体の種類 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : 1.0 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 樹脂充填量 : 40 L（充填樹脂：オルガノ製 PCM11L）
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）

⑤ イオン交換塔（リチウム除去用）

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : 1.0 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 樹脂充填量 : 40 L（充填樹脂：オルガノ製 PCC1L）
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）

⑥ イオン交換塔（ホウ素除去用）

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水

- d. 最高使用圧力 : 1.0 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 樹脂充填量 : 40 L (充填樹脂: オルガノ製 PCA1)
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼 (主要部材: SUS316L)

⑦ 気水分離器

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水、ヘリウムガス、水素ガス、酸素ガス
- d. 最高使用圧力 : 0.1 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 容量 : 約 0.003 m³ (デミスタ)
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼 (主要部材: SUS316)

(3) その他の機器

① サンプルングボックス

- a. 形式 : 気密ボックス形
- b. 数量 : 1 基
- c. 使用流体 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : -50 mmH₂O (通常使用圧力: 20 mmH₂O)
- e. 最高使用温度 : 35℃
- f. 主要材料 : SUS304
- g. 外径寸法 : 幅約 850 mm × 奥行約 600 mm × 高さ約 1,700 mm
- h. その他付属品 : チェンジングボックス 1 式
グローブポート
グローブ

3.3 補給水系統

補給水系統は、JMTR の純水補給系統から供給された脱気純水を貯蔵、脱気及び精製し、BWR 用水環境模擬照射装置及び PWR 用水環境模擬照射装置に供給する系統である。

3.3.1 補給水系統の基本仕様

JMTR の純水補給系統から供給された脱気純水を精製し、BWR 用水環境模擬照射装置及び PWR 用水環境模擬照射装置純水を供給するための系統であり、補給水タンク、イオン交換塔、UV ランプ等から構成される。補給水タンクでは、純水を貯蔵するとともに、ヘリウムガスのバブリングにより純水の脱気も行う。本系統内の水は、イオン交換塔により不純物が除去され、UV ランプにより微生物等の発生を防止し精製される。また、各機器類の構造図を図 3.3.1-1 から図 3.3.1-2 に、機器リストを表 3.3.1-1 に示す。

- (1) 供給水 : 軽水
- (2) 最高使用温度 : 50℃
- (3) 最高使用圧力 : 1.0 MPa
- (4) 主要材質 : ステンレス鋼

3.3.2 補給水系統の耐震設計

- (1) 機器等の区分 : 機器区分外（第4種機器^{*1}相当）
- (2) 耐震クラス : 一般機器^{*2}相当

耐震設計に使用する地震力は、静的に水平方向 0.4G、垂直方向 0.25G とする。

*1：試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準に規定される機器等の区分

*2：原子炉設置変更許可申請書添付書類八（原子炉施設の安全設計に関する説明書）の「1.4 耐震設計」の「(2)原子炉機器の耐震設計」に示される機器構造物の種類

3.3.3 補給水系統の使用条件及び装置の設計条件⁵⁾

- (1) 安全上の機能別重要度分類^{*1} : —（該当なし）
- (2) 放射線管理区分

水環境模擬照射装置の設置場所となる放射線管理区域内の場所及びその中で行われる作業に係る区分

① 放射線管理区域内の場所の区分^{*2}

- ・ 炉室地下 1、3 階 OGL-1 キュービクル 炉運転時／停止時 : 乙／乙
- ・ 照射制御室（炉室地上階） 炉運転時／停止時 : 甲／甲

② 放射線管理区域内の作業の区分^{*3}

- ・ 水環境模擬照射装置の点検・保守（補給水系の保守） : 甲

*1：水冷却型試験研究用原子炉施設に関する安全設計審査指針による

*2：甲区域及び乙区域の基準線量率及び設計目標値

甲区域 基準線量率：20 $\mu\text{Sv/h}$ 以下／設計目標値：2 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

乙区域 基準線量率：原則 100 $\mu\text{Sv/h}$ 以下、特別の場合 500 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

設計目標値：原則 10 $\mu\text{Sv/h}$ 以下、特別の場合 50 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

*3：甲作業の基準線量率及び設計目標値

甲作業 基準線量率：原則 20 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

設計目標値：原則 2 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

3.3.4 補給水系統の各機器類の仕様

- (1) 補給水タンク
 - a. 形式 : たて置円筒形
 - b. 数量 : 1 基
 - c. 流体の種類 : 軽水、ヘリウムガス
 - d. 最高使用圧力 : 0.5 MPa

- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 容量 : 約 1.5m³
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316）

(2) 補給水タンクイオン交換塔

- a. 形式 : たて置円筒形
- b. 数量 : 1 基
- c. 流体の種類 : 軽水
- d. 最高使用圧力 : 0.5 MPa
- e. 最高使用温度 : 70℃
- f. 樹脂充填量 : 40 L（充填樹脂：オルガノ製 PCM11L）
- g. 流体温度 : 約 50℃
- h. 主要材料 : ステンレス鋼（主要部材：SUS316L）

3.4 薬液注入系⁶⁾

薬液注入系は PWR 用水環境模擬照射装置の炉内環境を模擬した水質調整を行うために、ホウ酸及びリチウムを注入するためのものである。

3.4.1 薬液注入系の各系統の設計及び基本仕様

薬液注入系の各系統の設計及び基本仕様を以下に示す。また、各機器類の構造図を図 3.4.1-1 及び図 3.4.1-2 に、購入機器リストを表 3.4.1-1 に示す。

(1) 薬液注入系

薬液注入系は一次冷却水の反応度制御及びキャプセルに供給する水質の pH を調整するため、ホウ素（ホウ酸水溶液（ H_3BO_3 ））とリチウム（水酸化リチウム水溶液（ LiOH ））を注入するものであり、ホウ素濃度とリチウム濃度を組み合わせて pH、ホウ素濃度及びリチウム濃度の管理を行う。水質調整は、調整タンクにホウ酸水溶液と水酸化リチウム水溶液を投入し、補給水を供給してホウ素濃度及びリチウム濃度を調整後、水溶液を供給ポンプで同装置の水質調整タンクに移送する。ポンプ注入流量を調整することによりキャプセル供給水中の濃度を調整し、試験条件を設定する。また、供給ポンプ出口から調整タンクへの戻りラインを設け、薬液注入系内で循環し、系内の pH 調整及び濃度管理ができる。キャプセル照射により、軽水炉実機水環境模擬照射装置内のホウ素濃度及びリチウム濃度調整が必要となった場合を考慮し、ホウ酸又は水酸化リチウムを供給するための薬液供給タンクを設けた。ホウ素濃度の制御目標値は 0～4,000ppm、リチウム濃度の制御目標値は 0～10ppm とした。

薬液注入系の主な仕様を以下に示す。

- ① 供給水 : 軽水
- ② 最高使用温度 : 50℃
- ③ 最高使用圧力 : 散水頭圧／1.0 MPa
- ④ 雰囲気温度 : 約 25℃

- ⑤ 雰囲気圧力 : 大気圧
 ⑥ 主要材質 : ステンレス鋼

(2) 計測制御系

計測制御系は、薬液注入系の運転に必要な流量、液位、濃度等のプロセス量の計測及び供給ポンプ、弁等を制御するものである。

3.4.2 薬液注入系の耐震設計

- (1) 機器等の区分 : 機器区分外（第4種機器*1相当）
 (2) 耐震クラス : 一般機器*2相当

耐震設計に使用する地震力は、静的に水平方向 0.4G、垂直方向 0.25G とする。

*1：試験研究用原子炉施設に関する構造等の技術基準に規定される機器等の区分

*2：原子炉設置変更許可申請書添付書類八（原子炉施設の安全設計に関する説明書）の「1.4 耐震設計」の「(2)原子炉機器の耐震設計」に示される機器構造物の種類

3.4.3 薬液注入系の使用条件及び装置の設計条件

- (1) 安全上の機能別重要度分類*1 : —（該当なし）
 (2) 放射線管理区分

薬液注入系の設置場所となる放射線管理区域内の場所及びその中で行われる作業に係る区分

① 放射線管理区域内の場所の区分*2

- ・ 炉室地下3階 OGL-1 キュービクル 炉運転時／停止時 : 乙／乙
- ・ 炉室地階全般 炉運転時／停止時 : 乙／甲
- ・ 照射制御室（炉室地上階） 炉運転時／停止時 : 甲／甲

② 放射線管理区域内の作業の区分*3

- ・ 薬液注入系の作業 : 乙

*1：水冷却型試験研究用原子炉施設に関する安全設計審査指針による

*2：甲区域及び乙区域の基準線量率及び設計目標値

甲区域 基準線量率：20 $\mu\text{Sv/h}$ 以下／設計目標値：2 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

乙区域 基準線量率：原則 100 $\mu\text{Sv/h}$ 以下、特別の場合 500 $\mu\text{Sv/h}$ 以下
 設計目標値：原則 10 $\mu\text{Sv/h}$ 以下、特別の場合 50 $\mu\text{Sv/h}$ 以下

*3：乙作業の基準線量率及び設計目標値

乙作業 基準線量率：原則 1 mSv/回以下、特別の場合 4 mSv/回以下

設計目標値：原則 100 $\mu\text{Sv/回}$ 以下、特別の場合 400 $\mu\text{Sv/回}$ 以下

(3) 取合条件

- ① 水質調整タンク止め弁：最高使用圧力 : 1.0 MPa
 最高使用温度 : 70℃
 流体温度 : 約 50℃
 呼び径 : 15 A
 弁型式 : グローブ弁

- | | | |
|-----------|-------------------|-----------|
| | 主要材質 | : SUSF316 |
| ② 補給水系配管 | : 最高使用圧力 | : 0.5 MPa |
| | 最高使用温度 | : 70℃ |
| | 流体温度 | : 約 50℃ |
| | 呼び径 | : 15 A |
| | 主要材料 | : ステンレス鋼 |
| ③ ユーティリティ | : 排水系統、排気系統及び電源系統 | |

3.4.4 薬液注入系の各機器類の仕様

(1) 薬液注入系

- ① 調整タンク
 - a. 形式 : たて置円筒形
 - b. 数量 : 1 基
 - c. 流体の種類 : 軽水、ホウ酸、水酸化リチウム
 - d. 最高使用圧力 : 散水頭圧
 - e. 最高使用温度 : 50℃
 - f. 容量 : 約 0.6 m³
 - g. 流体温度 : 約 25℃
 - h. 主要材料 : ステンレス鋼
- ② 薬液供給タンク
 - a. 形式 : たて置円筒形
 - b. 数量 : 1 基
 - c. 流体の種類 : 軽水、ホウ酸、水酸化リチウム
 - d. 最高使用圧力 : 散水頭圧
 - e. 最高使用温度 : 約 50℃
 - f. 容量 : 約 0.3 m³
 - g. 流体温度 : 約 25℃
 - h. 主要材料 : ステンレス鋼
- ③ 供給ポンプ
 - a. 形式 : マグネット駆動カスケードポンプ
 - b. 数量 : 1 台
 - c. 流量 : 約 0.3 m³/h
 - d. 吐出圧力 (最大) : 1.0 MPa
 - e. 主要材料 : ステンレス鋼

(2) 計測制御系

計測制御系は JMTR 炉室 1 階の照射制御室で操作できるように照射制御室内に制御盤を設けた。制御盤は、薬液注入系のタンク液位、圧力、流量等の計測及び監視、供給ポンプの起動、停止等が行うことができる。また、現場で操作できるように現場操作盤を設けた。操作盤は、制御盤

同様に薬液注入系のタンク液位、圧力、流量等の計測及び監視、供給ポンプの起動、停止等を行うことができる。

制御盤では調整タンク液位系の設定値が液位「高」及び「低」時に警報を発報できるようにした。また、供給ポンプでは調整タンク液位「低低」時に停止するインターロックを設けた。合わせて軽水炉実機水環境模擬照射装置の水質調整タンク液位「高高」時に停止するインターロックも設けた。

4.設置場所の選定と環境整備²⁾⁷⁾

軽水炉実機水環境模擬照射装置の設置場所については、以下の条件を満たす場所を検討した。

- ・ 照射試験中にキャプセル内で発生する放射化物により、循環させる高温高压水が高線量に達するため、十分な遮蔽能力を有すること
- ・ 高温高压水を循環させるために炉プールから軽水炉実機水環境模擬照射装置の間に貫通孔を有すること
- ・ 遮蔽室外に計測盤、電源盤等の機器を設置するための十分な空間を有すること

検討の結果、本装置の設置場所には大洗ガスループ 1 号（Oarai Gas Loop-1、以下「OGL-1」という。）照射設備が設置されていた炉室地下 1 階のキュービクル及び炉室地下 3 階のキュービクルを選定した。しかし、炉室地下 1 階キュービクル及び炉室地下 3 階キュービクルには、OGL-1 照射設備の残存機器が約 50 トン設置されていた。本装置の設置のため、平成 22 年度にキュービクル内に設置してあった残存機器の一部及び OGL-1 照射設備増設電源盤（合計約 20 トン）を解体・撤去し、環境整備を行った。

キュービクル内機器として、配管類、高温配管、真空ポンプ、再生熱交換器、放出蓄圧タンク、フィルタ、ファンコイルユニット、イオン交換樹脂塔、保温材等を撤去した。

① 配管類

炉室地下 1 階キュービクル及び炉室地下 3 階キュービクル内に敷設されている一次系、二次系、真空排気系、その他附属系統（精製系は除く）の配管を撤去した。配管類は核分裂生成物や放射化した腐食性生成物で汚染されていることが予想されたため、バッグ及び簡易フードを設置して汚染レベルを確認しながら撤去作業を行った。配管の切断は、汚染飛散防止のための養生を確実にやり、切断後は、すぐに切り口をビニル、テープ等で養生した。また、高所の配管はキュービクル内に設置した足場を使用して撤去した。

② 高温配管

炉室地下 3 階キュービクル内にある再生熱交換器から OGL-1 炉内管へ通じていた高温配管の切断作業は以下の理由により非常に困難であることが予想されていた。

- ・ 高温配管が汚染されている
- ・ 重量物である
- ・ 2 重管になっており、内筒管は非常に硬い金属ハステロイを使用している
- ・ 2 重管内には保温材が巻かれている

- ・ 作業場所が狭く作業効率が非常に悪い

以上の理由から、高温配管を撤去する際は専用の要領書を定めた後に作業を実施した。

③ 真空ポンプ

炉室地下 3 階キュービクル内（中 2 階）に設置されている真空ポンプを分解・撤去した。分解した真空ポンプは廃棄物容器に収納した。

④ 再生熱交換器

炉室地下 3 階キュービクル内の再生熱交換器（一次系）を解体・撤去した。再生熱交換器は重量物でありキュービクル内で大まかに分解・切断することが不可能であったため、再生熱交換器に附属の配管類を撤去後、グリーンハウスを設置してエアラインマスク装備で解体、細断、梱包して廃棄物容器に収納した。

⑤ 放出蓄圧タンク

炉室地下 3 階キュービクル内放出蓄圧タンクは重量物であったため、放出蓄圧タンク周辺に簡易ハウスを設置して全面マスク装備で分解、細断、梱包して廃棄物容器に収納した。

⑥ フィルタ

炉室地下 3 階キュービクル内のガス循環器入口に設置されているフィルタを撤去した。フィルタは内部が汚染されている可能性が高いため、フィルタ下部に養生を施し、慎重に撤去した。撤去後、グリーンハウスに搬入して解体・細断を行い廃棄物容器に収納した。

⑦ ファンコイルユニット

炉室地下 3 階キュービクル内を冷却するために設置されているファンコイルユニット 6 基を撤去した。

⑧ イオン交換樹脂塔

炉室地下 1 階キュービクル内に設置されているイオン交換樹脂塔に接続されている不要配管にビニルバッグを取付け、パイプカッター等にて配管を切断・撤去した。配管の開口部に閉止キャップを溶接後、イオン交換樹脂塔を撤去した。

機器の解体・撤去の際は作業員の不必要な被ばくをできるだけ低く抑え、放射性汚染物の飛散防止、汚染拡大防止を図るためにキュービクル内機器の線量測定を行い、グリーンハウスを設置する等合理的な作業計画を立てて実施した。撤去後の機器は細断、分別、解体物品の梱包、重量及び線量測定を行い、保管箱又は廃棄物容器（ペール缶、ドラム缶等）に収納した。OGL-1 増設電源盤は炉室地下 3 階キュービクル前に設置されており、分解・切断して撤去した後に汚染検査を実施して汚染がないことを確認した。撤去後はサポートの撤去、床、壁、扉等の補修を行った。OGL-1 照射設備の撤去作業前後の状況を図 4-1 に示す。

5.機器の製作

機器の製作については、平成 23 年度より開始した。製作にあたって、系統圧が負荷される塔槽類や配管等の耐圧強度計算、耐震計算、遮蔽体の遮蔽性能計算、予熱管・冷却管の熱交換性能計算、イオン交換塔の性能計算、水質調整タンクの水質調整性能計算等を行った。これらの結果か

ら詳細な仕様を決定し、製作を行った。製作は製作仕様書、試験・検査は試験・検査要領書に従って行い、記録検査及び立会検査で確認した。

6.機器の配置設計・据付調整作業²⁾

本装置の配置設計では、キュービクル内の設置スペース及び装置の規模を考慮して、主に炉室地下1階及び炉室地下3階のキュービクルの2箇所に機器類を配分して配置した。

加熱器及び予熱管は、炉心内のキャプセル位置と近くなるように、炉プールとの貫通孔を有する炉室地下1階キュービクル内に設置した。これは照射試験中に本装置を用いて高精度な温度制御を行うため、装置からキャプセルまでの給水距離をできる限り短くして加熱した高温高压水の放熱量を少なくする必要があったためである。

サンプリング系統は、照射試験中のキャプセルからの排水直後の供給水を採取し、放射線によりキャプセル内の水中で生成される化学種を正確に測定できるように、炉プールとの貫通孔から近い炉室地下1階キュービクルの周囲に配置した。

加熱器、予熱管等を炉室地下1階キュービクル内に設置したことにより、キュービクル内のスペースがなくなったため、循環系統の主要機器（主ポンプ、サージタンク、冷却管、圧力調節弁及び水質調整系統の塔槽類）は、炉室地下3階キュービクル内に設置した。

補給水系統及び薬液注入系は、照射試験中も高線量にならずキュービクルの外部でも操作が可能であるため、炉室地下3階キュービクルの周囲に配置した。図6-1に現地据付工事の状況を示す。

7.試験運転

7.1 試験項目の検討

軽水炉実機水環境模擬照射装置の機器の配置設計・据付調整作業が完了し、試験運転を実施した。試験運転は平成28年度から開始した。試験運転を実施するにあたっては、以下の試験項目を検討した。

- (1) 主ポンプと圧力調節弁の組合せによる性能（特性）確認
- (2) 主ポンプの性能（特性）確認
- (3) サージタンクの性能確認
- (4) 圧力調節弁の特性確認
- (5) 最大流量の動作確認
- (6) 圧力調節弁の切替え
- (7) サンプリングラインへの通水による性能確認
- (8) キャプセルラインの特性
- (9) バイパス流量調節弁の特性

- (10) バイパス流量調節弁（AV-04）の自動制御の動作確認
- (11) 加熱器の運転
- (12) He バブリングの動作確認
- (13) 酸素バブリングの動作確認
- (14) サンプリングラインの水質
- (15) 水質調整試験（常温精製運転による水質の推移）
- (16) 最小流量
- (17) 定格流量
- (18) キャプセル系統の圧力及び流量調節機能の確認
- (19) 制御性の確認（PID のチューニング含む）
- (20) 流量制御点変更試験

これらのうち、平成 28 年度は、主ポンプ、圧力調節弁、サージタンク等の性能確認を中心とした試験を実施した。平成 29 年 4 月 1 日に公表された施設中長期計画により JMTR は廃止措置施設に位置付けられ、JMTR の再稼働の見込みが立たなくなった。そのため、平成 29 年以降は照射技術継承や人材育成の観点から試験運転を継続し、全ての試験運転を令和 4 年度に完了した。

7.2 試験結果

軽水炉実機水環境模擬照射装置を設置してから初の試験運転であったため、各ポンプの動作確認から行った。動作が正常であることを確認した後に系統を確立して各試験運転を実施した。試験運転では BWR 用水環境模擬照射装置及び PWR 用水環境模擬照射装置について主ポンプと圧力調節弁の組合せ、サンプリングラインへの通水、バイパスラインを使用した運転、サージタンクの性能確認等を実施した。

これらの試験運転によって、BWR 用水環境模擬照射装置及び PWR 用水環境模擬照射装置がそれぞれ定格圧力で運転できることを確認した。また、これらの試験運転中に不具合事象も確認され、対応を検討した。これらの平成 28 年度に実施した試験運転結果をまとめ、付録添付資料 1 から添付資料 19 に示す。

8.まとめ

軽水炉（BWR 及び PWR）条件の水環境を模擬しながら、炉内構造材等の中性子照射を行う軽水炉実機水環境模擬照射装置を整備した。BWR 及び PWR の水環境を模擬するため、BWR 用及び PWR 用水環境模擬照射装置は循環系統、水質調整系統、計測制御系統、補給水系統及びサンプリング系統で構成し、さらに PWR 用水環境模擬照射装置にはホウ素やリチウムを添加するための薬液注入機能を追加した。本装置の各系統を設計、製作し、据付調整を行った。据付調整においては設置場所として OGL-1 キュービクルを選定し、キュービクル内及びその周辺の機器等を撤去してスペースを確保した。据付調整完了後は試験運転を平成 28 年度に開始し、軽水炉実機水環境模擬照射装置の性能を確認した。平成 28 年度に実施した試験運転の結果を本報告書でま

とめた。これらの試験によって、BWR 用水環境模擬照射装置及び PWR 用水環境模擬照射装置がそれぞれ定格圧力で運転できることを確認した。平成 29 年度以降は照射技術継承や人材育成の観点から試験運転を継続し、令和 4 年度に完了した。

謝辞

本報告書をまとめるにあたり、材料試験炉部技術課各位にご協力頂きました。また、材料試験炉部土谷邦彦部長に有意義なご助言を頂きました。以上の方々に、深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 岡田祐次他：軽水炉照射環境下における IASCC 研究のための水環境調整設備の整備(1), JAEA-Technology 2013-019 (2013), 236p.
- 2) 北岸茂他：軽水炉実機水環境模擬照射装置の整備, 平成 25 年度弥生研究会「研究炉等の運転・管理及び改良に関する研究会」, 2014, 10p.
- 3) 私信.
- 4) 私信.
- 5) 私信.
- 6) 私信.
- 7) 私信.

表 3.1.1-1 BWR 用水環境模擬照射装置機器リスト

機器 番号	機器 名称	形式	概略 寸法	主要 材料	機器 区分	ボイラ・圧 力容器の 区分	耐震 クラス	容量 (m³)	質量 (kg)	流体	設計条件						使用条件						雰囲気 条件		揚程		電動機		備考					
											内圧条件			外圧条件			温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	容量 (kW)	電圧 (V)						
											温度 (℃)	圧力 (MPa)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)														圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)
B-PIA	主ポンプA、B	ブラシジャ ーポンプ	L1140×W965 ×H878	SUS316	—	—	一般 機器	1.0 m³/h /台	約 1000/ 台	水	70	10	—	—	—	—	50	7.5	—	—	50	大気圧	10	11	200									
B-PIB																																		
B-TK2	サージタンク	たて置 円筒形	φ406.4×H1300 (外径×胴高)	SUS316	第4種容器 (準用)	第二種 圧力容器	一般 機器	0.12	約 510 (運転時)	水、He	70	10	—	—	—	—	50	7.5	—	—	50	大気圧	—	—	—	—								
B-HX1	予熱管	二重 管式	約 L1900×W300 ×H1200	SUS316LT BSUS316LTP	第4種容器 (準用)	—	一般 機器	伝熱面積 1.68 m²	約 220 (運転時、 本体のみ)	水	325	10	—	—	—	—	282/152 190/50	7.5	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	交換熱量 約 132 kW							
B-HT1A	加熱器A、B	たて置 円筒形	φ318.5×H2610 (外径×全高)	SUS316L	第4種容器 (準用)	第一種 圧力容器	一般 機器	0.085/基	約 970/基 (運転時)	水	325	10	—	—	—	—	260/190	7.5	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	ヒータ容量 約 45 kW/基							
B-HT1B																																		
B-CL1	冷却管	二重 管式	約 L1900×W300 ×H1700	SUS316LTB	第4種容器 (準用)	—	一般 機器	伝熱面積 2.39 m²	約 320 (運転時、 本体のみ)	水	325	10	—	—	—	—	152/50	7.5	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	交換熱量 約 95 kW							
B-FL1	クラッド除去 フィルタ	たて置 円筒形	φ318.5×H1350 (外径×胴高)	SUS316TP	第4種容器 (準用)	—	一般 機器	0.10	約 400 (運転時)	水	70	1.0	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	中空糸膜フィルタ 0.1 μm(90%カット)							
B-IX1A	イオン交換塔	たて置 円筒形	φ267.4×H1235 (外径×胴高)	SUS316LTP	第4種容器 (準用)	—	一般 機器	0.06/基	約 300/基 (運転時)	水	70	1.0	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	樹脂容量 40 L (材質：PCM11L)							
B-IX1B																																		
B-TK1	水量調整タン ク	たて置 円筒形	φ700×H2000 (外径×胴高)	SUS316	第4種容器 (準用)	第二種 圧力容器	一般 機器	0.75	約 1550 (運転時)	水、He、 H₂、O₂	70	0.5	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	—	—	—	—								
B-P2	水量調整タン ク循環ポンプ	キャンドモ ータポンプ	L590×W210 ×H435	SCS14	—	—	一般 機器	流量 2 m³/h	約 57	水	70	0.5	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	0.25 (25 m)	1.5	200	常用流量 1 m³/h								
B-IX2	水量調整タン クイオン交換 塔	たて置 円筒形	φ267.4×H1235 (外径×胴高)	SUS316LTP	第4種容器 (準用)	—	一般 機器	0.06	約 300 (運転時)	水	70	0.5	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	樹脂容量 40 L (材質：PCM11L)							
B-MS1	気水分離器	たて置 円筒形	φ165.2×H637 (外径×胴高)	SUS316TP	—	—	—	デミカ ー 0.003/基	約 60	水、He、 H₂、O₂	70	0.1	—	—	—	—	50	0.1	—	—	50	大気圧	—	—	—	—								
B-CL2	サンプリング 冷却管	二重 管式	約 L1900×W300 ×H700	SUS316LTB	第4種容器 (準用)	—	一般 機器	伝熱面積 0.41 m²	約 70 (運転時、 本体のみ)	水	325	10	—	—	—	—	290/50	7.5	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	交換熱量 約 13 kW							
B-SB1	サンプリング ボックス	グローブ式	約 L1250×W600 ×H2050	SUS304 SS400	—	—	一般 機器	—	約 250	水	50	0.1	50	0.1	—	—	—	—	—	25	20 mm H₂O	—	—	—	—	—								

表 3.1.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置及び補給水系統) 計測点リスト (1/5)

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	計測対象										備考		
				流体	放射能濃度	温度(℃)		圧力(MPa)		検出器 (種類)	測定範囲					
						min	標準値	max	min		標準値	max	単位		min	標準値
1	B-PIRCA-01	水質調整タンク圧力	指示 記録 制御 警報	He,H ₂ ,O ₂ ガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	0.5	MPa	0	-	1	
2	B-PIA-02	水質調整タンクラブチャージャースク 2 次側圧力	現場指示 警報	He,H ₂ ,O ₂ ガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	大気圧	0.5	MPa	0	-	0.6	
3	B-PIR-03	主ポンプ入口圧力	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	0.5	MPa	0	-	1	
4	B-PIR-04	主ポンプ出口圧力	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
5	B-PIRCA-05	サージタンク圧力	指示 記録 制御 警報	He ガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
6	B-PIA-06	サージタンクラブチャージャースク 2 次側圧力	現場指示 警報	He ガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	大気圧	10	MPa	0	-	15	
7	B-PIRCA-07A	キャブセル入口圧力 A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
8	B-PIRCA-07B	キャブセル入口圧力 B	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
9	B-PIR-08A	キャブセル出口圧力 A	指示 記録 制御	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
10	B-PIR-08B	キャブセル出口圧力 B	指示 記録 制御	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
11	B-PIR-09	キャブセル流量調節弁出口圧力	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
12	B-PIRCA-10A	圧力調節弁入口圧力 A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
13	B-PIRCA-10B	圧力調節弁入口圧力 B	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	MPa	0	-	15	
14	B-PIRA-11	圧力調節弁出口圧力	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	1	MPa	0	-	1.5	
15	B-PIA-12	水質調整タンク循環ポンプ出口圧力	現場指示 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	0.5	MPa	0	-	1	
16	B-PIRCA-13	補給水タンク圧力	指示 記録 制御 警報	He ガス	無	-	50	70	0	0.2	0.5	MPa	0	-	1	
17	B-PIA-14	補給水タンクラブチャージャースク 2 次側圧力	現場指示 警報	He ガス	無	-	50	70	0	大気圧	0.5	MPa	0	-	0.6	
18	B-PIA-15	補給水タンク循環ポンプ出口圧力	現場指示 警報	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	MPa	0	-	1	

表 3.1.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置及び補給水系統) 計測点リスト (2/5)

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	計測対象										備考		
				流体	放射能濃度	温度(℃)		圧力(MPa)		検出器 (種類)	測定範囲					
						min	標準値	max	min		標準値	max	単位		min	標準値
19	B-PIRCA-16	サンプリングライン減圧弁出口圧力	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	1	MPa	0	-	1	
20	B-PI-17	サンプリングボックス圧力	現場指示 警報	空気	37mBq/cm ³ 以下	-	25	50	-	-0.5kPa	0.5kPa	連成計	kPa	-1	-	1
21	B-PIA-51	補給水タンクヘリウムガス供給圧力	現場指示 警報	He ガス	無	-	50	70	0	0.5	0.7	接点付圧力計	MPa	0	-	1
22	B-PIA-52	水質調整タンクヘリウムガス供給圧力	現場指示 警報	He ガス	無	-	50	70	0	0.5	0.7	接点付圧力計	MPa	0	-	1
23	B-PIA-53	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給圧力	現場指示 警報	He+H ₂ ガス	無	-	50	70	0	0.5	0.7	接点付圧力計	MPa	0	-	1
24	B-PIA-54	水質調整タンク酸素ガス供給元圧	現場指示 警報	O ₂ ガス	無	-	50	70	0	-	15	接点付圧力計	MPa	0	-	25
25	B-PIA-55	水質調整タンク酸素ガス供給圧力	現場指示 警報	O ₂ ガス	無	-	50	70	0	0.5	0.7	接点付圧力計	MPa	0	-	1
26	B-PIA-56	サージタンクヘリウムガス供給元圧	現場指示 警報	He ガス	無	-	50	70	0	-	15	接点付圧力計	MPa	0	-	25
27	B-PIA-57	サージタンクヘリウムガス供給圧力	現場指示 警報	He ガス	無	-	50	70	0	7.5	10	接点付圧力計	MPa	0	-	15
28	B-DPIRA-01	クラッド除去フィルタ差圧	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	1	差圧伝送器	kPa	0	-	400
29	B-LIRCA-01	水質調整タンク液位	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	0.5	差圧伝送器	mm	0	-	2000
30	B-LIRCA-02	サージタンク液位	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	差圧伝送器	mm	0	-	1500
31	B-LIRCA-03	補給水タンク液位	指示 記録 制御 警報	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	差圧伝送器	mm	0	-	1000
32	B-TR-01	水質調整タンク水温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	0.5	測温抵抗体	℃	0	-	100
33	B-TR-02	予熱管低温側入口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	100
34	B-TR-03	予熱管低温側出口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	160	325	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	350
35	B-TIRCA-04A	キャブセル入口温度 A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	350
36	B-TIRCA-04B	キャブセル入口温度 B	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	350
37	B-TR-05A	キャブセル出口温度 A	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	350
38	B-TR-05B	キャブセル出口温度 B	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	350
39	B-TR-06	予熱管高温側入口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	350
40	B-TR-07	予熱管高温側出口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	180	325	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	350
41	B-TIRA-08	冷却管出口温度	指示記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	100

表 3.1.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置及び補給水系統) 計測点リスト (3/5)

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	流体	放射能濃度	計測対象										検出器 (種類)	単位	測定範囲		備考
						温度(℃)		圧力(MPa)						線量値						
						min	max	min	max	min	max	min	max	min	max					
42	B-TR-09	サンプリング冷却管入口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	350				
43	B-TR-10	サンプリング冷却管出口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	K 熱電対	℃	0	-	100				
44	B-TR-11	冷却管 UCL 入口温度	記録	水	無	-	50	70	0	-	0.7	K 熱電対	℃	0	-	100				
45	B-TR-12	冷却管 UCL 出口温度	記録	水	無	-	50	70	0	-	0.7	K 熱電対	℃	0	-	100				
46	B-TR-13	サンプリング冷却管 UCL 入口温度	記録	水	無	-	50	70	0	-	0.7	K 熱電対	℃	0	-	100				
47	B-TR-14	サンプリング冷却管 UCL 出口温度	記録	水	無	-	50	70	0	-	0.7	K 熱電対	℃	0	-	100				
48	B-TIA-500A-1	キャブセル温度 A (監視用 1) [温度 A(1)～A(8)より選択]	指示 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
49	B-TIA-500B-1	キャブセル温度 B (監視用 1) [温度 B(1)～B(8)より選択]	指示 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
50	B-TIA-500A-2	キャブセル温度 A (監視用 2) [温度 A(1)～A(8)より選択]	指示 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
51	B-TIA-500B-2	キャブセル温度 B (監視用 2) [温度 B(1)～B(8)より選択]	指示 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
52	B-TR-501A(1)	キャブセル温度 A(1)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
53	B-TR-501A(2)	キャブセル温度 A(2)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
54	B-TR-501A(3)	キャブセル温度 A(3)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
55	B-TR-501A(4)	キャブセル温度 A(4)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
56	B-TR-501A(5)	キャブセル温度 A(5)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
57	B-TR-501A(6)	キャブセル温度 A(6)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
58	B-TR-501A(7)	キャブセル温度 A(7)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
59	B-TR-501A(8)	キャブセル温度 A(8)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
60	B-TR-501B(1)	キャブセル温度 B(1)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
61	B-TR-501B(2)	キャブセル温度 B(2)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
62	B-TR-501B(3)	キャブセル温度 B(3)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
63	B-TR-501B(4)	キャブセル温度 B(4)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
64	B-TR-501B(5)	キャブセル温度 B(5)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
65	B-TR-501B(6)	キャブセル温度 B(6)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
66	B-TR-501B(7)	キャブセル温度 B(7)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
67	B-TR-501B(8)	キャブセル温度 B(8)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	290	325	0	7.5	10	(K 熱電対)	℃	0	-	350				
68	B-FIRCA-01	主ポンプ出口流量	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	オリフィス	m ³ /h	0	1	2				
69	B-FIRA-02	給水流量	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	オリフィス	m ³ /h	0	1	2				
70	B-FIRCA-03A	キャブセル流量 A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	オリフィス	m ³ /h	0	0.4	0.8				
71	B-FIRCA-03B	キャブセル流量 B	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	7.5	10	オリフィス	m ³ /h	0	0.4	0.8				
72	B-FIRC-04	バイパス流量	指示 記録 制御	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	7.5	10	オリフィス	m ³ /h	0	0.2	0.5				
73	B-FIR-05	水質調整タンク精製ライン流量	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.2	0.5	フロー式	m ³ /h	0.2	-	2				
74	B-FIQ-06	脱気純水供給流量	現場指示	水	無	-	50	70	0	-	0.5	面積式	-	-	-	-	積算流量計			

表 3.1.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置及び補給水系統) 計測点リスト (4/5)

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	流体	放射能濃度	計測対象										備考
						温度(℃)		圧力(MPa)		検出器 (種類)	測定範囲					
						min	標準値	max	min		標準値	max	単位	min	標準値	
75	B-FIR-07	補給水タンク精製ライン流量	指示 記録	水	無	-	50	0	0.2	0.5	フロート式	m³/h	0.2	-	2	
76	B-FIA-08	サンプリングライン流量	現場指示 警報	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	0.2	1	フロート式	l/h	10	-	100	
77	B-FIRA-09	冷却管 UCL 流量	指示 記録 警報	水	無	-	50	0	-	0.7	フロート式	m³/h	1.5	-	15	
78	B-FRA-10	サンプリング冷却管 UCL 流量	指示 記録 警報	水	無	-	50	0	-	0.7	フロート式	m³/h	0.6	-	6	
79	B-FI-11	キュービカル冷却器 UCL 流量	現場指示 警報	水	無	-	50	0	-	0.7	フロート式	m³/h	0.5	-	5	
80	B-FIRC-12	通酸化水素測定ライン流量	指示 制御	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	7.5	10	オリフィス	m³/h	0	-	0.1	
81	B-FIC-51	補給水タンクヘリウムガス供給流量	指示 制御	He ガス	無	-	50	0	0.2	0.5	マストロ-コントローラー	l/min	0	-	10	
82	B-FIC-52	水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給流量	指示 制御	He ガス	無	-	50	0	0.2	0.5	マストロ-コントローラー	l/min	0	-	10	
83	B-FIC-53	水質調整タンクヘリウムガス供給流量	指示 制御	He ガス	無	-	50	0	0.2	0.5	マストロ-コントローラー	l/min	0	-	10	
84	B-FIC-54	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給流量	指示 制御	He + H₂ ガス	無	-	50	0	0.2	0.5	マストロ-コントローラー	l/min	0	-	10	
85	B-FIC-55	水質調整タンク酸素ガス供給流量	指示 制御	O₂ ガス	無	-	50	0	0.2	0.5	マストロ-コントローラー	l/min	0	-	10	
86	B-FIA-101	水質調整タンク精製ライン水質計流量	現場指示 警報	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	0.5	フロート式	ml/min	50	-	500	
87	B-FIA-102	補給水タンク精製ライン水質計流量	現場指示 警報	水	無	-	50	0	-	0.5	フロート式	ml/min	50	-	500	
88	B-FIA-103	サンプリングライン水質計流量	現場指示 警報	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	1	フロート式	ml/min	50	-	500	
89	B-FIA-104	イオン交換塔(IX1A,B)出口電導度計流 量	現場指示 警報	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	0.5	フロート式	ml/min	50	-	500	
90	B-FIA-105	イオン交換塔(IX2)出口電導度計流量	現場指示 警報	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	0.5	フロート式	ml/min	50	-	500	
91	B-HIRC-101	水質調整タンク精製ライン溶存水素濃 度	指示 記録 制御	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	0.5	電極式	µg/l (ppb)	0	-	2000	
92	B-HIR-102	補給水タンク精製ライン溶存水素濃度	指示記録	水	無	-	50	0	-	0.5	電極式	µg/l(ppb)	0	-	2000	
93	B-HIR-103	サンプリングライン溶存水素計	指示 記録	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	0.5	電極式	µg/l (ppb)	0	-	2000	
94	B-OIRC-101	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃 度	指示記録 制御	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	0.5	電極式	µg/l(ppb)	0	-	20000	
95	B-OIRC-102	補給水タンク精製ライン溶存酸素濃度	指示 記録 制御	水	無	-	50	0	-	0.5	電極式	µg/l (ppb)	0	-	20000	
96	B-OIR-103	サンプリングライン溶存酸素濃度	指示 記録	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	0.5	電極式	µg/l (ppb)	0	-	20000	
97	B-CIR-101	水質調整タンク精製ライン電導度	指示 記録	水	37kBq/cm³以下	-	50	0	-	0.5	電極式	µS/m	0	-	200	
98	B-CIR-102	補給水タンク精製ライン電導度	指示 記録	水	無	-	50	0	-	0.5	電極式	µS/m	0	-	200	

表 3.1.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置及び補給水系統) 計測点リスト (5/5)

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	計測対象											備考
				流体	放射能濃度	温度(℃)		圧力(MPa)		検出器 (種類)	単位	測定範囲			
						min	標準値	max	min			標準値	max		
99	B-CIR-103	サンプリングライン電導度	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	μS/m	0	-	200	
100	B-CIRA-104	イオン交換塔(IX1A,B)出口電導度	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	μS/m	0	-	200	
101	B-CIR-105	イオン交換塔(IX2)出口電導度	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	μS/m	0	-	200	
102	B-pHIR-101	水質調整タンク精製ライン pH	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	-	0	-	14	
103	B-pHIR-102	補給水タンク精製ライン pH	指示 記録	水	無	-	50	0	-	電極式	-	0	-	14	
104	B-pHIR-103	サンプリングライン pH	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	-	0	-	14	
105	B-H ₂ IRA-01	水質調整タンク水素濃度	指示 記録 警報	He,H ₂ ,O ₂ ガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	0	0.2	接触燃焼式	%	0	-	4	
106	B-γIRA-01A	炉室地下 1 階キュービクル内 γ線量	指示 記録 警報	空気	無	-	50	0	-	γ線電離箱	mSv/h	10 ⁻³	-	10 ³	
107	B-γIRA-01B	炉室地下 3 階キュービクル内 γ線量	指示 記録 警報	空気	無	-	50	0	-	γ線電離箱	mSv/h	10 ⁻³	-	10 ³	
108	B-XA-01A	炉室地下 1 階キュービクル内漏水	警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	-	-	-	-	
109	B-XA-01B	炉室地下 3 階キュービクル内漏水	警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	-	-	-	-	
110	B-XA-02	主ポンプ出口逃し弁作動	警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	-	-	-	-	
111	B-XA-03A	加熱器 A 出口安全弁作動	警報	水・蒸気	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	K 熱電対	-	-	-	-	
112	B-XA-03B	加熱器 B 出口安全弁作動	警報	水・蒸気	37kBq/cm ³ 以下	-	260	325	0	K 熱電対	-	-	-	-	
113	B-XA-04	圧力調節弁出口逃し弁作動	警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	-	電極式	-	-	-	-	

表 3.1.1-3 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置及び補給水系統) 警報及び制御項目リスト (1/3)

No.	警 報 名 称	警 報 発 生 元		警報表示 設置場所	動作 分類	警 報	制御、インターロック動作	備 考
		発信計器	設置場所					
1	水質調整タンク圧力 高低	B-PIRCA-01	水質調整タンク	計測制御盤	1	H:0.4MPa L:0.1MPa	>0.35MPa → B-AV54 開 <0.15MPa → B-AV53 開 上記以外 → B-AV53 閉、B-AV54 閉	
2	水質調整タンクラブチャージャー ディस्क 2 次側 高	B-PIA-02	水質調整タンクラブチャージャー ディस्क 2 次側	計測制御盤	1	H:0.15MPa	-	
3	サージタンク圧力 高低	B-PIRCA-05	サージタンク	計測制御盤	1	H:8.0MPa L:7.4MPa	>7.8MPa → B-AV56 開 <7.6MPa → B-AV55 開 上記以外 → B-AV55 閉、B-AV56 閉	
4	サージタンクラブチャージャー ディस्क 2 次側 高	B-PIA-06	サージタンクラブチャージャー ディस्क 2 次側	計測制御盤	1	H:3.0MPa	-	
5	キャブセル入口圧力 A 高低	B-PIRCA-07A	キャブセル入口 A	計測制御盤	1	H:7.6MPa L:7.4MPa	設定値 (7.5MPa) ← B-AV-02A 制御	
6	キャブセル入口圧力 B 高低	B-PIRCA-07B	キャブセル入口 B	計測制御盤	1	H:7.6MPa L:7.4MPa	設定値 (7.5MPa) ← B1-AV-02 制御	
7	圧力調節弁入口圧力 A 高低	B-PIRCA-10A	圧力調節弁入口 A	計測制御盤	1	H:6.6MPa L:6.4MPa	設定値 (6.5MPa) ← B-AV-06A 制御	
8	圧力調節弁入口圧力 B 高低	B-PIRCA-10B	圧力調節弁入口 B	計測制御盤	1	H:6.6MPa L:6.4MPa	設定値 (6.5MPa) ← B-AV-06B 制御	
9	圧力調節弁出口圧力 高	B-PIRA-11	圧力調節弁出口	計測制御盤	1,2	H:0.8MPa	>0.8MPa → A,B 切換	
10	水質調整タンク循環ポンプ出口圧力 高	B-PIA-12	水質調整タンク精製ライン ポンプ出口	計測制御盤	1	H:0.5MPa	-	
11	補給水タンク圧力 高低	B-PIRCA-13	補給水タンク	計測制御盤	1	H:0.4MPa L:0.1MPa	>0.35MPa → B-AV52 開 <0.15MPa → B-AV51 開 上記以外 → B-AV51 閉、B-AV52 閉	BWR 及び PWR 共通
12	補給水タンクラブチャージャー ディस्क 2 次側 高	B-PIA-14	補給水タンクラブチャージャー ディस्क 2 次側	計測制御盤	1	H:0.15MPa	-	BWR 及び PWR 共通
13	補給水タンク循環ポンプ出口 高	B-PIA-15	補給水タンク精製ライン ポンプ出口	計測制御盤	1	H:0.5MPa	-	BWR 及び PWR 共通
14	サンプリングライン減圧弁出口圧力 高	B-PIRCA-16	サンプリングライン減圧弁 出口	計測制御盤	1	H:0.45MPa	>0.45MPa → B-MV-01 閉 >0.30MPa → B-MV-01 出口圧力下降 <0.25MPa → B-MV-01 出口圧力上昇	
15	補給水タンクヘリウムガス供給圧力 高	B-PIA-51	補給水タンクヘリウムガス 供給側	計測制御盤	1	H:0.7MPa	-	BWR 及び PWR 共通
16	水質調整タンクヘリウムガス供給圧力 高	B-PIA-52	水質調整タンクヘリウムガ ス供給側	計測制御盤	1	H:0.7MPa	-	
17	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給圧力 高	B-PIA-53	水質調整タンクヘリウム・水 素ガス供給側	計測制御盤	1	H:0.7MPa	-	
18	水質調整タンク酸素ガス供給元圧 低	B-PIA-54	水質調整タンク酸素ガス供 給元側	計測制御盤	1	L:2.5MPa	-	
19	水質調整タンク酸素ガス供給圧力 高	B-PIA-55	水質調整タンク酸素ガス供 給側	計測制御盤	1	H:0.7MPa	-	
20	サージタンクヘリウムガス供給元圧低 高	B-PIA-56	サージタンクヘリウムガス 供給元側	計測制御盤	1	L:10MPa	-	
21	サージタンクヘリウムガス供給圧力 高	B-PIA-57	サージタンクヘリウムガス 供給側	計測制御盤	1	H:8.0MPa	-	
22	クラッド除去フィルタ差圧 高	B-DPIRA-01	クラッド除去フィルタ	計測制御盤	1	H:300kPa	-	
23	水質調整タンク液位高低	B-LIRCA-01	水質調整タンク	計測制御盤	1	H:725mm L:325mm	>700mm → B-AV-09 閉 <350mm → B-AV-09 開	
24	サージタンク液位 高/低/低	B-LIRCA-02	サージタンク	計測制御盤	1,2	H:1100mm L:800mm LL:600mm	>890mm → B-PIA.1B 制御解除、B-AV-56 閉 <825mm → B-PIA.1B 制御 (流量増加)、B-AV-56 開 <600mm → B-AV-01 閉	
25	補給水タンク液位 高/低	B-LIRCA-03	補給水タンク	計測制御盤	1	H:700mm L:300mm	>650mm → B-AV-08 閉 <350mm → B-AV-08 開	BWR 及び PWR 共通

〔動作分類〕 1：警報、2 インターロック

表 3.1.1-3 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置及び補給水系統) 警報及び制御項目リスト (2/3)

No.	警 報 名 称	警 報 発 生 元		警報表示 設置場所	動作 分類	警 報	制御、インターロック動作	備 考
		発信器	設置場所					
26	キャプセル入口温度 A 高/高	B-TIRCA-04A	キャプセル入口 A	計測制御盤	1,2	H:260℃ HH:270℃	>270℃ → B-HT1A 停止 設定温度 ← B-HT1A 制御	
27	キャプセル入口温度 B 高/高	B-TIRCA-04B	キャプセル入口 B	計測制御盤	1,2	H:260℃ HH:270℃	>270℃ → B-HT1B 停止 設定温度 ← B-HT1B 制御	
28	冷却管出口温度 高	B-TIRA-08	冷却管出口	計測制御盤	1	H:50℃	-	
29	キャプセル温度 A (監視用 1) 高/TVC 断線	B-TIA-500A-1	キャプセル A (監視用 1)	計測制御盤	1	H:290℃ HH:断線検出	設定温度 ← B-HT1A 制御	
30	キャプセル温度 B (監視用 1) 高/TVC 断線	B-TIA-500B-1	キャプセル B (監視用 1)	計測制御盤	1	H:290℃ HH:断線検出	設定温度 ← B-HT1B 制御	
31	キャプセル温度 A (監視用 2) 高/TVC 断線	B-TIA-500A-2	キャプセル A (監視用 2)	計測制御盤	1	H:290℃ HH:断線検出	設定温度 ← B-HT1A 制御	
32	キャプセル温度 B (監視用 2) 高/TVC 断線	B-TIA-500B-2	キャプセル B (監視用 2)	計測制御盤	1	H:290℃ HH:断線検出	設定温度 ← B-HT1B 制御	
33	主ポンプ出口流量 低	B-FIRCA-01	主ポンプ出口	計測制御盤	1	L:0.75 m³/h	設定流量 ← B-PIA,1B 制御	
34	給水流量 低	B-FIRA-02	給水ライン	計測制御盤	1	L:0.6 m³/h	-	
35	キャプセル流量 A 低/低	B-FIRCA-03A	キャプセル A	計測制御盤	1,2	L:0.35 m³/h LL:0.1 m³/h	設定流量 ← B-AV-03A 制御 設定流量 ← B-HT1A 停止	
36	キャプセル流量 B 低/低	B-FIRCA-03B	キャプセル B	計測制御盤	1,2	L:0.35 m³/h LL:0.1 m³/h	設定流量 ← B-AV-03B 制御 設定流量 ← B-HT1B 停止	
37	サンプリングライン流量 低	B-FIA-08	サンプリングライン	計測制御盤	1	L:120/h	-	
38	冷却管 UCL 流量 低	B-FIRA-09	冷却管 UCL ライン	計測制御盤	1	L:5 m³/h	-	
39	サンプリング冷却管 UCL 流量 低	B-FIRA-10	サンプリング冷却管 UCL ライン	計測制御盤	1	L:3 m³/h	-	
40	過酸化水素測定ライン流量 制御偏差大	B-FIRC-12	サンプリングライン	-	-	-	設定流量 ← B-AV-12 自動制御	
41	水質調整タンク精製ライン水質計流量 低	B-FIA-101	水質調整タンク精製ライン 水質計	計測制御盤	1	L:100m³/min	-	BWR 及び PWR 共通
42	補給水タンク精製ライン水質計流量 低	B-FIA-102	補給水タンク精製ライン水 質計	計測制御盤	1	L:100m³/min	-	
43	サンプリングライン水質計流量 低	B-FIA-103	サンプリングライン水質計	計測制御盤	1	L:100m³/min	-	
44	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口電導度計流量 低	B-FIA-104	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口 電導度計	計測制御盤	1	L:100m³/min	-	
45	イオン交換塔 (IX2) 出口電導度計流量 低	B-FIA-105	イオン交換塔 (IX2) 出口電導 度計	計測制御盤	1	L:100m³/min	-	
46	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口電導度 高	B-CIRA-104	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口	計測制御盤	1	H:10µS/m	-	
47	水質調整タンク水素濃度高/高	B-H2IRA-01	水質調整タンク	計測制御盤	1,2	H:3.0% HH:3.5%	0~2.0% ← B-FE52,54 制御 >3.5% → B-FE52 閉、B-FE54 閉	
48	炉室地下 1 階キュベクル内 Y 線量 高	B-γIRA-01A	炉室地下 1 階キュベクル 内	計測制御盤	1	H:10³mSv/h	-	BWR 及び PWR 共通
49	炉室地下 3 階キュベクル内 Y 線量 高	B-γIRA-01B	炉室地下 3 階キュベクル 内	計測制御盤	1	H:10³mSv/h	-	BWR 及び PWR 共通
50	炉室地下 1 階キュベクル内漏水	B-XA-01A	炉室地下 1 階キュベクル 内	計測制御盤	1	漏水検出時	-	BWR 及び PWR 共通 電極式
51	炉室地下 3 階キュベクル内漏水	B-XA-01B	炉室地下 3 階キュベクル 内	計測制御盤	1	漏水検出時	-	BWR 及び PWR 共通 電極式
52	主ポンプ出口遮し弁作動	B-XA-02	主ポンプ出口遮し弁	計測制御盤	1	遮し弁作動時	-	電極式
53	加熱器 A 出口安全弁作動	B-XA-03A	加熱器 A 出口安全弁	計測制御盤	1	安全弁作動時	-	K 熱電対にて 100℃
54	加熱器 B 出口安全弁作動	B-XA-03B	加熱器 B 出口安全弁	計測制御盤	1	安全弁作動時	-	K 熱電対にて 100℃
55	圧力調節弁出口遮し弁作動	B-XA-04	圧力調節弁出口遮し弁	計測制御盤	1	遮し弁作動時	-	電極式

【動作分類】 1：警報、2 インターロック

表 3.1.1-3 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置及び補給水系統）警報及び制御項目リスト（3/3）

No.	警 報 名 称	警 報 発 生 元		警報表示 設置場所	動作 分類	警 報	制御、インターロック動作	備 考
		発信計器	設置場所					
56	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃度 制御偏差大	B-HIRC-101	水質調整タンク精製ライン 溶存酸素計	—	—	—	0～2000μg/l(ppb) ← B-FE52, 53, 54 制御	水素流量調整
57	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃度 制御偏差大	B-OIRC-101	水質調整タンク精製ライン 溶存酸素計	—	—	—	0～10000μg/l(ppb) ← B-FE53, 55 制御	酸素流量調整
58	補給水タンク精製ライン溶存酸素濃度 制御偏差大	B-OIRC-102	補給水タンク精製ライン溶 存酸素計	—	—	—	0～200μg/l(PPB) ← B-FE51 制御	BWR 及び PWR 共通 酸素流量調整

[動作分類] 1：警報、2 インターロック

表 3.1.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（1/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT	PC (SCADA)								
1	水質調整タンク圧力異常	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	〔水質調整タンク圧力高/低〕	-	○	○	H:0.4MPa L:0.1MPa	B-PIRCA-01	2	○			Y	>0.35MPa→B-AV-54 開 <0.15MPa→B-AV-53 開 上記以外 → B-AV-53 閉、 B-AV-54 閉
2	RD 二次側圧力高	○	-	-	-	-	3	○			W	-
	〔水質調整タンクラブチャードиск 2 次側圧力高〕	-	○	○	H:0.15MPa	B-PIA-02	1	○			Y	-
	〔サージタンクラブチャードиск 2 次側圧力高〕	-	○	○	H:3.0MPa	B-PIA-06	1	○			Y	-
	〔補給水タンクラブチャードиск 2 次側圧力高〕	-	○	○	H:0.15MPa	B-PIA-14	1	○			Y	-
3	サージタンク圧力異常	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	〔サージタンク圧力高/低〕	-	○	○	H:8.0MPa L:7.4MPa	B-PIRCA-05	2	○			Y	>7.8MPa → B-AV-56 開 <7.6MPa → B-AV-55 開 上記以外 → B-AV-55 閉 B-AV-56 閉
4	キャプセル入口圧力異常	○	-	-	-	-	4	○			W	-
	〔キャプセル入口圧力 A 高/低〕	-	○	○	H:7.6MPa L:7.4MPa	B-PIRCA-07A	2	○			Y	-
	〔キャプセル入口圧力 B 高/低〕	-	○	○	H:7.6MPa L:7.4MPa	B-PIRCA-07B	2	○			Y	-
5	圧力調節弁圧力異常	○	-	-	-	-	5	○			O	-
	〔圧力調節弁入口圧力 A 高/低〕	-	○	○	H:6.6MPa L:6.4MPa	B-PIRCA-10A	2	○			Y	-
	〔圧力調節弁入口圧力 B 高/低〕	-	○	○	H:6.6MPa L:6.4MPa	B-PIRCA-10B	2	○			Y	-
	〔圧力調節弁出口圧力高〕	-	○	○	H:0.8MPa	B-PIRA-11	1		○		O	>0.8MPa→A,B 切換
6	循環ポンプ出口圧力高	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	〔水質調整タンク循環ポンプ出口圧力高〕	-	○	○	H:0.5MPa	B-PIA-12	1	○			Y	-
	〔補給水タンク循環ポンプ出口圧力高〕	-	○	○	H:0.5MPa	B-PIA-15	1	○			Y	-
7	補給水タンク圧力異常	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	〔補給水タンク圧力高/低〕	-	○	○	H:0.4MPa L:0.1MPa	B-PIRCA-13	2	○			Y	>0.35MPa → B-AV-52 開 <0.15MPa → B-AV-51 開 上記以外 → B-AV-51 閉、 B-AV-52 閉
8	サンプリング減圧弁出口圧力高	○	○	○	H:0.45MPa	B-PIRCA-16	1		○		O	>0.45MPa → B-MV-01 閉 >0.30MPa → B-MV-01 出口圧力下降 <0.25MPa → B-MV-01 出口圧力上昇

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.1.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（2/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類				表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3			
		ハード	GOT	PC (SCADA)									
9	ガス圧力 異常	○	-	-	-	-	7	○				W	-
	補給水タンクヘリウムガス供給圧力 高	-	○	○	H:0.7MPa	B-PIA-51	1	○				Y	-
	水質調整タンクヘリウムガス供給圧力 高	-	○	○	H:0.7MPa	B-PIA-52	1	○				Y	-
	水質調整タンクヘリウム・水素ガス 供給圧力 高	-	○	○	H:0.7MPa	B-PIA-53	1	○				Y	-
	水質調整タンク酸素ガス供給元圧 低	-	○	○	L:2.5MPa	B-PIA-54	1	○				Y	-
	水質調整タンク酸素ガス供給圧力 高	-	○	○	H:0.7MPa	B-PIA-55	1	○				Y	-
	サージタンクヘリウムガス供給元圧 低	-	○	○	L:10MPa	B-PIA-56	1	○				Y	-
	サージタンクヘリウムガス供給圧力 高	-	○	○	H:8.0MPa	B-PIA-57	1	○				Y	-
10	クラッド除去フィルタ差圧 高	○	○	○	H:300kPa	B-DPIRA-01	1	○				W	-
11	タンク液位 異常	○	-	-	-	-	6	○				W	-
	水質調整タンク液位 高/低	-	○	○	H:725mm L:325mm	B-LIRCA-01	2	○				Y	>700mm → B-AV-09 閉 <350mm → B-AV-09 開
	サージタンク液位 高/低	-	○	○	H:1100mm L:800mm	B-LIRCA-02	2	○				Y	>890mm → B-P1A,1B 制御解除、B-AV-56 閉 <825mm → B-P1A,1B 制御(流量増加)、B-AV-56 開
	補給水タンク液位 高/低	-	○	○	H:700mm L:300mm	B-LIRCA-03	2	○				Y	>650mm → B-AV-08 閉 <350mm → B-AV-08 開
12	サージタンク液位 低低	○	○	○	LL:600mm	B-LIRCA-02	1		○			O	<600mm → B-AV-01 開
13	キャプセル入口温度 高高	○	-	-	-	-	2	○				O	-
	キャプセル入口温度 A 高高	-	○	○	HH:270℃	B-TIRCA-04A	1		○			O	>270℃ → B-HT1A 停止
	キャプセル入口温度 B 高高	-	○	○	HH:270℃	B-TIRCA-04B	1		○			O	>270℃ → B-HT1B 停止
14	キャプセル入口温度 高	○	-	-	-	-	2	○				W	-
	キャプセル入口温度 A 高	-	○	○	H:260℃	B-TIRCA-04A	1	○				Y	-
	キャプセル入口温度 B 高	-	○	○	H:260℃	B-TIRCA-04B	1	○				Y	-
15	冷却管出口温度 高	○	○	○	H:50℃	B-TIRA-08	1	○				W	-
16	キャプセル温度監視用 T/C 断線	○	-	-	-	-	4	○				W	-
	キャプセル温度 A (監視用 1) T/C 断線	-	○	○	HH:断線検出	B-TIA-500A-1	1	○				Y	-
	キャプセル温度 B (監視用 1) T/C 断線	-	○	○	HH:断線検出	B-TIA-500B-1	1	○				Y	-
	キャプセル温度 A (監視用 2) T/C 断線	-	○	○	HH:断線検出	B-TIA-500A-2	1	○				Y	-
	キャプセル温度 B (監視用 2) T/C 断線	-	○	○	HH:断線検出	B-TIA-500B-2	1	○				Y	-

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.1.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（3/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT	PC (SCADA)								
17	キャプセル温度高	○	-	-	-	-	4	○			W	-
	（キャプセル温度 A（監視用 1）高	-	○	○	H:290℃	B-TIA-500A-1	1	○			Y	-
	キャプセル温度 B（監視用 1）高	-	○	○	H:290℃	B-TIA-500B-1	1	○			Y	-
	キャプセル温度 A（監視用 2）高	-	○	○	H:290℃	B-TIA-500A-2	1	○			Y	-
	（キャプセル温度 B（監視用 2）高	-	○	○	H:290℃	B-TIA-500B-2	1	○			Y	-
18	主ポンプ出口流量低	○	○	○	L:0.75m³/h	B-FIRCA-01	1	○			W	-
19	給水流量低	○	○	○	L:0.6m³/h	B-FIRA-02	1	○			W	-
20	キャプセル流量低低	○	-	-	-	-	2	○			O	-
	（キャプセル流量 A低低	-	○	○	LL:0.1m³/h	B-FIRCA-03A	1		○		O	<0.1m³/h → B-HT1A 停止
	キャプセル流量 B低低	-	○	○	LL:0.1m³/h	B-FIRCA-03B	1		○		O	<0.1m³/h → B-HT1B 停止
21	キャプセル流量低	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	（キャプセル流量 A低	-	○	○	L:0.35m³/h	B-FIRCA-03A	1	○			Y	-
	キャプセル流量 B低	-	○	○	L:0.35m³/h	B-FIRCA-03B	1	○			Y	-
22	サンプリングライン流量低	○	○	○	L:120/h	B-FIA-08	1	○			W	-
23	UCL 流量低	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	（冷却管 UCL 流量低	-	○	○	L: 5m³/h	B-FIRA-09	1	○			Y	-
	サンプリング冷却管 UCL 流量低	-	○	○	L: 3m³/h	B-FIRA-10	1	○			Y	-
24	過酸化水素測定ライン流量制御偏差大	-	○	○		B-FIRC-12	1	○			W	-
25	水質計流量低	○	-	-	-	-	5	○			W	-
	（水質調整タンク精製ライン水質計流量低	-	○	○	L:100mℓ/min	B-FIA-101	1	○			Y	-
	補給水タンク精製ライン水質計流量低	-	○	○	L:100mℓ/min	B-FIA-102	1	○			Y	-
	サンプリングライン水質計流量低	-	○	○	L:100mℓ/min	B-FIA-103	1	○			Y	-
	イオン交換塔(IX1A,B)出口電導度計流量低	-	○	○	L:100mℓ/min	B-FIA-104	1	○			Y	-
	（イオン交換塔(IX2)出口電導度計流量低	-	○	○	L:100mℓ/min	B-FIA-105	1	○			Y	-

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.1.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（4/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT									
26	イオン交換塔(IX1A,B)出口電導度高	○	○	○	H:10μS/m	B-CIRA-104	1	○			W	-
27	水質調整タンク水素濃度高高	○	○	○	HH:3.5%	B-H ₂ IRA-01	1		○		O	>3.5% → B-FE-52 開、 B-FE-54 閉
28	水質調整タンク水素濃度高	○	○	○	H:3.0%	B-H ₂ IRA-01	1	○			W	-
29	γ線量高	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	炉室地下 1 階キュービクル内 γ 線量高	-	○	○	H:10 ⁰ mSv/h	B-γ IRA-01A	1	○			Y	-
	炉室地下 3 階キュービクル内 γ 線量高	-	○	○	H:10 ⁰ mSv/h	B-γ IRA-01B	1	○			Y	-
30	漏水	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	炉室地下 1 階キュービクル内漏水	-	○	○	漏水検出時	B-XA-01A	1	○			Y	-
	炉室地下 3 階キュービクル内漏水	-	○	○	漏水検出時	B-XA-01B	1	○			Y	-
31	安全弁・逃し弁作動	○	-	-	-	-	4	○			W	-
	主ポンプ出口逃し弁作動	-	○	○	逃し弁作動時	B-XA-02	1	○			Y	-
	圧力調節弁出口逃し弁作動	-	○	○	逃し弁作動時	B-XA-04	1	○			Y	-
	加熱器 A 出口安全弁作動	-	○	○	安全弁作動時	B-XA-03A	1	○			Y	-
	加熱器 B 出口安全弁作動	-	○	○	安全弁作動時	B-XA-03B	1	○			Y	-
32	水質調整タンク精製ライン溶存水素濃度制御偏差大	-	○	○		B-HIRC-101	1	○			W	-
33	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃度制御偏差大	-	○	○		B-OIRC-101	1	○			W	-
34	補給水タンク精製ライン溶存酸素濃度制御偏差大	-	○	○		B-OIRC-102	1	○			W	-
35	サージタンク圧力注意	-	○	○		B-PIRCA-05	1	○			W	-
36	加熱器故障	○	-	-	故障時	-	4	○			R	-
	加熱器 A ELB トリップ	-	○	○	発生時	B-HT1A	1		○		R	B-HT1A 停止
	加熱器 A サイリスタ故障	-	○	○	故障時	B-HT1A	1		○		R	B-HT1A 停止
	加熱器 B ELB トリップ	-	○	○	発生時	B-HT1B	1		○		R	B-HT1B 停止
	加熱器 B サイリスタ故障	-	○	○	故障時	B-HT1B	1		○		R	B-HT1B 停止
37	主ポンプ故障	○	-	-	故障時	-	6	○			R	-
	主ポンプ A ELB トリップ	-	○	○	発生時	B-P1A	1		○		R	B-P1A 停止
	主ポンプ A 過負荷	-	○	○	発生時	B-P1A	1		○		R	B-P1A 停止
	主ポンプ A ストロークモータ故障	-	○	○	故障時	B-P1A	1		○		R	B-P1A 停止
	主ポンプ B ELB トリップ	-	○	○	発生時	B-P1B	1		○		R	B-P1B 停止
	主ポンプ B 過負荷	-	○	○	発生時	B-P1B	1		○		R	B-P1B 停止
	主ポンプ B ストロークモータ故障	-	○	○	故障時	B-P1B	1		○		R	B-P1B 停止

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.1.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（5/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室 PC (SCADA)		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT									
38	循環ポンプ故障	○	-	-	故障時	-	4	○			R	-
	水質調整タンク循環ポンプ ELB トリップ	-	○	○	発生時	B-P2	1		○		R	B-P2 停止
	水質調整タンク循環ポンプ 過負荷	-	○	○	発生時	B-P2	1		○		R	B-P2 停止
	補給水タンク循環ポンプ ELB トリップ	-	○	○	発生時	B-P3	1		○		R	B-P3 停止
	補給水タンク循環ポンプ 過負荷	-	○	○	発生時	B-P3	1		○		R	B-P3 停止
	補給水タンク循環ポンプ ELB トリップ	-	○	○	発生時	B-P2	1		○		R	B-P2 停止
	水質調整タンク循環ポンプ 過負荷	-	○	○	発生時	B-P2	1		○		R	B-P2 停止
39	電源盤 電源喪失	○	○	○	電源喪失時	-	1	○			R	-
40	制御盤 電源喪失	○	○	○	電源喪失時	-	1	○			R	-
41	制御盤 故障	○	-	-	-	-	11	○			R	-
	PLC 故障		○	○	故障時	-	1	○			R	-
	コンフロー 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトリール A(1) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトリール A(2) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトリール A(3) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトリール B(1) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトリール B(2) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトリール B(3) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	水質計盤 故障		○	○	故障時	-	1	○			R	-
	炉室地下 1 階 γ 線エリアモニタ 故障		○	○	故障時	B・γ IRA-01A	1	○			R	-
	炉室地下 3 階 γ 線エリアモニタ 故障		○	○	故障時	B・γ IRA-01B	1	○			R	-

【重要度分類】1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.1.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（6/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT	PC (SCADA)								
42	電源盤故障	○	-	-	-	-	39	○			R	-
	電源盤 NFBトリップ	-	○	○	発生時	-	1	○			R	-
	空気作動弁 開故障/閉故障	-	○	○	故障時	B-AV-01 B-AV-05A B-AV-05B B-AV-07A B-AV-07B B-AV-08 B-AV-09 B-AV-10A B-AV-10B B-AV-11 B-AV-51 B-AV-52 B-AV-53 B-AV-54 B-AV-55 B-AV-56 B-AV-301	34	○			R	-
	電磁弁 開故障/閉故障	-	○	○	故障時	B-SV-01A B-SV-01B	4	○			R	-
43	加熱器（ボイラー） 異常	※	-	-	異常時	-	8	○			R	※：電源盤の表示灯にて表示、 ブザー付き
	キャプセル入口温度 A 高高	-	○	○	HH:270℃	B-TIRCA-04A	1		○		O	>270℃ → B-HT1A 停止
	キャプセル入口温度 B 高高	-	○	○	HH:270℃	B-TIRCA-04B	1		○		O	>270℃ → B-HT1B 停止
	キャプセル流量 A 低低	-	○	○	LL:0.1m³/h	B-FIRCA-03A	1		○		O	<0.1m³/h → B-HT1A 停止
	キャプセル流量 B 低低	-	○	○	LL:0.1m³/h	B-FIRCA-03B	1		○		O	<0.1m³/h → B-HT1B 停止
	加熱器 A ELBトリップ	-	○	○	発生時	B-HT1A	1		○		R	B-HT1A 停止
	加熱器 A サイリスタ故障	-	○	○	故障時	B-HT1A	1		○		R	B-HT1A 停止
	加熱器 B ELBトリップ	-	○	○	発生時	B-HT1B	1		○		R	B-HT1B 停止
	加熱器 B サイリスタ故障	-	○	○	故障時	B-HT1B	1		○		R	B-HT1B 停止

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (1/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考
						GOT			ハード			PC(SCADA)				
				指示	警報	状態表示	指示	警報	状態表示	指示	状態表示	記録 アナログ	接点	警報		
1	B-PIRCA-01	水質調整タンク圧力	1	○		○	○				○	○	○			
2	B-PIA-02	水質調整タンクラブチャードイスク 2 次側圧力	1	○			○						○	○		
3	B-PIR-03	主ポンプ入口圧力	1	○		○						○				
4	B-PIR-04	主ポンプ出口圧力	1	○		○						○				
5	B-PIRCA-05	サージタンク圧力	1	○		○	○	調節計				○	○	○		
6	B-PIA-06	サージタンクラブチャードイスク 2 次側圧力	1	○										○		
7	B-PIRCA-07A	キャブセル入口圧力 A	1	○		○	○	★ 調節計				○	○	○	★B-PIR-08A と兼用	
8	B-PIRCA-07B	キャブセル入口圧力 B	1	○		○	○	★ 調節計				○	○	○	★B-PIR-08B と兼用	
9	B-PIR-08A	キャブセル出口圧力 A	1	○		○						○				
10	B-PIR-08B	キャブセル出口圧力 B	1	○		○						○				
11	B-PIR-09	キャブセル流量調節弁 出口圧力	1	○		○						○				
12	B-PIRCA-10A	圧力調節弁入口圧力 A	1	○		○	○	調節計				○	○	○		
13	B-PIRCA-10B	圧力調節弁入口圧力 B	1	○		○	○	調節計				○	○	○		
14	B-PIRA-11	圧力調節弁出口圧力	1	○		○						○	○	○		
15	B-PIA-12	水質調整タンク循環ポンプ 出口圧力	1	○			○							○		

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (2/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)				
						指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録			
											アナログ	接点	警報	
16	B-PIRCA-13	補給水タンク圧力	1	○		○		○				○	○	
17	B-PIA-14	補給水タンクラブチャードイスク 2 次側圧力	1	○			○					○	○	
18	B-PIA-15	補給水タンク循環ポンプ出口圧力	1	○			○					○	○	
19	B-PIRCA-16	サンプリングライン減圧弁出口圧力	1		○		○		○	調節計		○	○	
20	B-PIA-51	補給水タンクヘリウムガス供給圧力	1	○				○					○	
21	B-PIA-52	水質調整タンクヘリウムガス供給圧力	1	○				○					○	
22	B-PIA-53	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給圧力	1	○				○					○	
23	B-PIA-54	水質調整タンク酸素ガス供給元圧	1	○				○					○	
24	B-PIA-55	水質調整タンク酸素ガス供給圧力	1	○				○					○	
25	B-PIA-56	サージタンクヘリウムガス供給元圧	1	○				○					○	
26	B-PIA-57	サージタンクヘリウムガス供給圧力	1	○				○					○	
27	B-DPIRA-01	クラッド除去フィルタ差圧	1	○		○		○				○	○	
28	B-LIRCA-01	水質調整タンク液位	1	○		○		○		○	調節計	○	○	
29	B-LIRCA-02	サージタンク液位	1	○		○		○		○	調節計	○	○	
30	B-LIRCA-03	補給水タンク液位	1	○		○		○		○	調節計	○	○	

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (3/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考		
				指示	警報	GOT		ハード			PC(SCADA)							
						指示	状態表示	警報	指示	状態表示	警報	記録						
												アナログ	接点					
31	B-TR-01	水質調整タンク水温度	1												○			
32	B-TR-02	予熱管低温側入口温度	1													○		
33	B-TR-03	予熱管低温側出口温度	1													○		
34	B-TIRCA-04A	キャプセル入口温度 A	1			○		○			○		○		○	○	○	
35	B-TIRCA-04B	キャプセル入口温度 B	1			○		○			○		○		○	○	○	
36	B-TR-05A	キャプセル出口温度 A	1													○		
37	B-TR-05B	キャプセル出口温度 B	1													○		
38	B-TR-06	予熱管高温側入口温度	1													○		
39	B-TR-07	予熱管高温側出口温度	1													○		
40	B-TIRA-08	冷却管出口温度	1			○			○				○		○	○	○	
41	B-TR-09	サンプリング冷却管入口温度	1													○		
42	B-TR-10	サンプリング冷却管出口温度	1													○		
43	B-TR-11	冷却管 UCL 入口温度	1													○		
44	B-TR-12	冷却管 UCL 出口温度	1													○		

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (4/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)						
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ	警報		
45	B-TR-13	サンプリング冷却管 UCL 入口温度	1											○		
46	B-TR-14	サンプリング冷却管 UCL 出口温度	1											○		
47	B-TIA-500A-1	キャブセル温度 A（監視用 1）	1			○	○			○					○	
48	B-TIA-500B-1	キャブセル温度 B（監視用 1）	1			○	○								○	
49	B-TIA-500A-2	キャブセル温度 A（監視用 2）	1			○	○								○	
50	B-TIA-500B-2	キャブセル温度 B（監視用 2）	1			○	○								○	
51	B-TR-501A(1)	キャブセル温度 A（1）	1											○		
52	B-TR-501A(2)	キャブセル温度 A（2）	1											○		
53	B-TR-501A(3)	キャブセル温度 A（3）	1											○		
54	B-TR-501A(4)	キャブセル温度 A（4）	1											○		
55	B-TR-501A(5)	キャブセル温度 A（5）	1											○		
56	B-TR-501A(6)	キャブセル温度 A（6）	1											○		
57	B-TR-501A(7)	キャブセル温度 A（7）	1											○		
58	B-TR-501A(8)	キャブセル温度 A（8）	1											○		

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (5/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考		
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)						
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	記録					
											アナログ	接点				
59	B-TR-501B(1)	キャブセル温度 B (1)	1										○			
60	B-TR-501B(2)	キャブセル温度 B (2)	1											○		
61	B-TR-501B(3)	キャブセル温度 B (3)	1											○		
62	B-TR-501B(4)	キャブセル温度 B (4)	1											○		
63	B-TR-501B(5)	キャブセル温度 B (5)	1											○		
64	B-TR-501B(6)	キャブセル温度 B (6)	1											○		
65	B-TR-501B(7)	キャブセル温度 B (7)	1											○		
66	B-TR-501B(8)	キャブセル温度 B (8)	1											○		
67	B-FIRCA-01	主ポンプ出口流量	1	○		○	○		○	調節計		○	○	○	○	
68	B-FIRA-02	給水流量	1	○		○	○		○	調節計			○	○	○	
69	B-FIRCA-03A	キャブセル流量 A	1	○		○	○		○	調節計			○	○	○	
70	B-FIRCA-03B	キャブセル流量 B	1	○		○	○		○	調節計			○	○	○	
71	B-FIRC-04	バイパス流量	1	○		○				○	調節計			○		
72	B-FIR-05	水質調整タンク精製ライン流量	1	○		○							○			
73	B-FIR-07	補給水タンク精製ライン流量	1	○		○							○			

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (6/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考		
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)						
						指示	状態表示	警報	指示	状態表示	指示	状態表示	記録 アナログ		警報 接点	
74	B-FIA-08	サンプリングライン流量	1	○				○					○	○		
75	B-FIRA-09	冷却管 UCL 流量	1	○		○		○					○	○		
76	B-FIRA-10	サンプリング冷却管 UCL 流量	1	○		○		○					○	○		
77	B-FIRC-12	過酸化水素測定ライン流量	1	○		○			○ 調節計				○			
78	B-FIC-51	補給水タンクヘリウムガス供給流量	1	○MFC		○							○		MFC は、水質計盤に設置	
79	B-FIC-52	水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給流量	1	○ MFC		○							○		MFC は、水質計盤に設置	
80	B-FIC-53	水質調整タンクヘリウムガス供給流量	1	○ MFC		○							○		MFC は、水質計盤に設置	
81	B-FIC-54	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給流量	1	○ MFC		○							○		MFC は、水質計盤に設置	
82	B-FIC-55	水質調整タンク酸素ガス供給流量	1	○ MFC		○							○		MFC は、水質計盤に設置	
83	B-FIA-101	水質調整タンク精製ライン水質計流量	1	○				○						○		
84	B-FIA-102	補給水タンク精製ライン水質計流量	1	○				○						○		
85	B-FIA-103	サンプリングライン水質計流量	1	○				○						○		
86	B-FIA-104	イオン交換塔 (IX1A,B)出口電導度計流量	1	○				○						○		
87	B-FIA-105	イオン交換塔 (IX2)出口電導度計流量	1	○				○						○		
88	B-HIRC-101	水質調整タンク精製ライン溶存水素濃度	1	○ 指示計		○			○ 調節計					○		指示計は、水質計盤に設置 偏差大

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (7/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考	
						GOT		ハード		PC(SCADA)					
						指示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ		警報 接点
89	B-HIR-102	補給水タンク精製ライン 溶存酸素濃度	1	○ 指示計		○					○			指示計は、水質計盤に設置	
90	B-HIR-103	サンプリングライン 溶存酸素計	1	○ 指示計		○					○			指示計は、水質計盤に設置	
91	B-OIRC-101	水質調整タンク精製ライン 溶存酸素濃度	1	○ 指示計		○ 偏差大	○ 調節計				○		○ 偏差大	指示計は、水質計盤に設置	
92	B-OIRC-102	補給水タンク精製ライン 溶存酸素濃度	1	○ 指示計		○ 偏差大	○ 調節計				○		○ 偏差大	指示計は、水質計盤に設置	
93	B-OIR-103	サンプリングライン 溶存酸素濃度	1	○ 指示計							○			指示計は、水質計盤に設置	
94	B-CIR-101	水質調整タンク精製ライン 電導度	1	○ 指示計		○					○			指示計は、水質計盤に設置	
95	B-CIR-102	補給水タンク精製ライン 電導度	1	○ 指示計		○					○			指示計は、水質計盤に設置	
96	B-CIR-103	サンプリングライン電導度	1	○ 指示計							○			指示計は、水質計盤に設置	
97	B-CIRA-104	イオン交換塔(IX1A,B)出口 電導度	1	○ 指示計		○				○	○	○	○	指示計は、水質計盤に設置	
98	B-CIR-105	イオン交換塔(IX2)出口 電導度	1	○ 指示計							○			指示計は、水質計盤に設置	
99	B-pHIR-101	水質調整タンク精製ライン pH	1	○ 指示計		○					○			指示計は、水質計盤に設置	
100	B-pHIR-102	補給水タンク精製ライン pH	1	○ 指示計							○			指示計は、水質計盤に設置	
101	B-pHIR-103	サンプリングライン pH	1	○ 指示計							○			指示計は、水質計盤に設置	
102	B-H ₂ IRA-01	水質調整タンク酸素濃度	1			○	○ 調節計	○ 指示計				○	○		指示計は、水質計盤に設置

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (8/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考	
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)		指示	警報	状態表示	記録		警報
						指示	状態表示	指示	状態表示	アナログ	接点						
103	B-YIRA-01A	炉室地下1階キュービクル内 Y線量	1	○		○	○				○	○	○	○			
104	B-YIRA-01B	炉室地下3階キュービクル内 Y線量	1	○		○	○				○	○	○	○			
105	B-XA-01A	炉室地下1階キュービクル内 漏水	1				○						○	○	○	漏水監視盤にも 警報出力	
106	B-XA-01B	炉室地下3階キュービクル内 漏水	1				○						○	○	○	漏水監視盤にも 警報出力	
107	B-XA-02	主ポンプ出口逃し弁作動	1				○							○	○		
108	B-XA-03A	加熱器 A 安全弁作動	1											○	○		
109	B-XA-03B	加熱器 B 安全弁作動	1											○	○		
110	B-XA-04	圧力調節弁出口逃し弁作動	1											○	○		
111	B-AV-01	サージタンク連絡弁 全開	1				○				○				○		
112		サージタンク連絡弁 全閉	1								○						
113	B-AV-05A	圧力調節弁切替弁 A 全開	1				○					○			○		
114		圧力調節弁切替弁 A 全閉	1				○					○					
115	B-AV-05B	圧力調節弁切替弁 B 全開	1				○					○			○		
116		圧力調節弁切替弁 B 全閉	1				○								○		

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (9/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場				制御盤				照射制御室				備考
				指示		警報		GOT		ハード		PC(SCADA)				
				指示	警報	状態表示	警報	指示	警報	状態表示	記録	アナログ	接続点	警報		
117	B-AV-07A	イオン交換塔(IX1A)出口弁 全開	1			○								○		
118		イオン交換塔(IX1A)出口弁 全閉	1			○									○	
119	B-AV-07B	イオン交換塔(IX1B)出口弁 全開	1			○								○		
120		イオン交換塔(IX1B)出口弁 全閉	1			○									○	
121	B-AV-08	補給水タンク脱気純水供給弁 全開	1			○								○		
122		補給水タンク脱気純水供給弁 全閉	1			○									○	
123	B-AV-09	水質調整タンク補給水供給弁 全開	1			○								○		
124		水質調整タンク補給水供給弁 全閉	1			○									○	
125	B-AV-10A	サンプリング選択弁 (キャプセル出口 A) 全開	1			○								○		
126		サンプリング選択弁 (キャプセル出口 A) 全閉	1			○									○	
127	B-AV-10B	サンプリング選択弁 (キャプセル出口 B) 全開	1			○								○		
128		サンプリング選択弁 (キャプセル出口 B) 全閉	1			○									○	
129	B-AV-11	サンプリング選択弁 (キャプセル入口) 全開	1			○								○		
130		サンプリング選択弁 (キャプセル入口) 全閉	1			○									○	

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (10/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場				制御盤				照射制御室				備考					
				指示		警報		GOT		ハード		PC(SCADA)									
												指示	状態表示	警報	記録						
															アナログ		接点	状態表示	警報		
131	B-AV-51	補給水タンク気相部ヘリウムガス供給弁 全開	1			○							○								
132		補給水タンク気相部ヘリウムガス供給弁 全閉	1					○													
133	B-AV-52	補給水タンク排気弁 全開	1					○						○							
134		補給水タンク排気弁 全閉	1						○												
135	B-AV-53	水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給弁 全開	1					○						○							
136		水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給弁 全閉	1						○												
137	B-AV-54	水質調整タンク排気弁 全開	1										○								
138		水質調整タンク排気弁 全閉	1											○							
139	B-AV-55	サージタンクヘリウムガス供給弁 全開	1										○								
140		サージタンクヘリウムガス供給弁 全閉	1											○							
141	B-AV-56	サージタンクヘリウムガス排気弁 全開	1										○								
142		サージタンクヘリウムガス排気弁 全閉	1											○							
143	B-AV-301	クラッド排出弁 全開	1										○								
144		クラッド排出弁 全閉	1											○							

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (11/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考
				指示	警報	指示	状態表示	警報	GOT		指示	状態表示	警報	PC(SCADA)		
									指示	状態表示				アナログ	接点	
145	B-SV-01A	過酸化水素測定ライン電磁弁 A 全開	1				○				○			○		
146		過酸化水素測定ライン電磁弁 A 全閉	1				○				○					
147	B-SV-01B	過酸化水素測定ライン電磁弁 B 全開	1				○				○			○		
148		過酸化水素測定ライン電磁弁 B 全閉	1				○				○					
149		受電	1													
150	B-HT1A	加熱器 A 運転	1				○				○			○		
151		加熱器 A 停止	1				○				○					
152	B-HT1B	加熱器 B 運転	1				○				○			○		
153		加熱器 B 停止	1				○				○					
154	B-P1A	主ポンプ A 運転	1				○				○			○		
155		主ポンプ A 停止	1				○				○					
156	B-P1B	主ポンプ B 運転	1				○				○			○		
157		主ポンプ B 停止	1				○				○					
158	B-P2	水質調整タンク循環ポンプ 運転	1				○				○			○		
159		水質調整タンク循環ポンプ 停止	1				○				○					

表 3.1.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (BWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (12/12)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)						
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ	警報 接点		
160	B-P3	補給水タンク循環ポンプ 運転	1			○			○			○				
161		補給水タンク循環ポンプ 停止	1			○			○			○				
162	B-FC01	主ポンプ制御点選択 主ポンプ出口流量	1			○						○				
163		主ポンプ制御点選択 給水流量	1			○						○				
164		圧力調節弁選択 A 系	1			○				○		○				
165		圧力調節弁選択 B 系	1			○				○		○				
166		主ポンプ起動許可	1							○						
167		操作場所選択 制御盤	1									○				
168		操作場所選択 PC	1									○				

表 3.1.1-6 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）

操作項目リスト（1/3）

No.	機器番号	操作項目名称	操作開閉器の員数及び種類		
			制御盤		照射制御室
			GOT	ハード	PC(SCADA)
1	B-AV-01	サージタンク連絡弁 開		PBL×1	PB×1
2		サージタンク連絡弁 閉		PBL×1	PB×1
3	B-AV-07A	イオン交換塔（IX1A）出口弁 開		PBL×1	PB×1
4		イオン交換塔（IX1A）出口弁 閉		PBL×1	PB×1
5	B-AV-07B	イオン交換塔（IX1B）出口弁 開		PBL×1	PB×1
6		イオン交換塔（IX1B）出口弁 閉		PBL×1	PB×1
7	B-AV-08	補給水タンク脱気純水供給弁 開	PB×1		PB×1
8		補給水タンク脱気純水供給弁 閉	PB×1		PB×1
9	B-AV-09	水質調整タンク補給水供給弁 開	PB×1		PB×1
10		水質調整タンク補給水供給弁 閉	PB×1		PB×1
11	B-AV-10A	サンプリング選択弁（キャプセル出口 A） 開		PBL×1	PB×1
12		サンプリング選択弁（キャプセル出口 A） 閉		PBL×1	PB×1
13	B-AV-10B	サンプリング選択弁（キャプセル出口 B） 開		PBL×1	PB×1
14		サンプリング選択弁（キャプセル出口 B） 閉		PBL×1	PB×1
15	B-AV-11	サンプリング選択弁（キャプセル入口） 開		PBL×1	PB×1
16		サンプリング選択弁（キャプセル入口） 閉		PBL×1	PB×1
17	B-AV-51	補給水タンク気相部ヘリウムガス供給弁 開	PB×1		PB×1
18		補給水タンク気相部ヘリウムガス供給弁 閉	PB×1		PB×1
19	B-AV-52	補給水タンク排気弁 開	PB×1		PB×1
20		補給水タンク排気弁 閉	PB×1		PB×1
21	B-AV-53	水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給弁 開	PB×1		PB×1
22		水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給弁 閉	PB×1		PB×1

表 3.1.1-6 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）
操作項目リスト（2/3）

No.	機器番号	操作項目名称	操作開閉器の員数及び種類		
			制御盤		照射制御室
			GOT	ハード	PC(SCADA)
23	B-AV-54	水質調整タンク排気弁 開	PB×1		PB×1
24		水質調整タンク排気弁 閉	PB×1		PB×1
25	B-AV-55	サージタンクヘリウムガス供給弁 開	PB×1		PB×1
26		サージタンクヘリウムガス供給弁 閉	PB×1		PB×1
27	B-AV-56	サージタンクヘリウムガス排気弁 開	PB×1		PB×1
28		サージタンクヘリウムガス排気弁 閉	PB×1		PB×1
29	B-AV-301	クラッド排出弁 開		PBL×1	PB×1
30		クラッド排出弁 閉		PBL×1	PB×1
31	B-SV-01A	過酸化水素測定ライン電磁弁 A 開		PBL×1	PB×1
32		過酸化水素測定ライン電磁弁 A 閉		PBL×1	PB×1
33	B-SV-01B	過酸化水素測定ライン電磁弁 B 開		PBL×1	PB×1
34		過酸化水素測定ライン電磁弁 B 閉		PBL×1	PB×1
35	B-HT1A	加熱器 A 運転		PBL×1	PB×1
36		加熱器 A 停止		PBL×1	PB×1
37	B-HT1B	加熱器 B 運転		PBL×1	PB×1
38		加熱器 B 停止		PBL×1	PB×1
39	B-P1A	主ポンプ A 運転		PBL×1	PB×1
40		主ポンプ A 停止		PBL×1	PB×1
41	B-P1B	主ポンプ B 運転		PBL×1	PB×1
42		主ポンプ B 停止		PBL×1	PB×1
43	B-P2	水質調整タンク循環ポンプ 運転		PBL×1	PB×1
44		水質調整タンク循環ポンプ 停止		PBL×1	PB×1

表 3.1.1-6 軽水炉実機水環境模擬照射装置（BWR 用水環境模擬照射装置）

操作項目リスト（3/3）

No.	機器番号	操作項目名称	操作開閉器の員数及び種類		
			制御盤		照射制御室
			GOT	ハード	PC(SCADA)
45	B-P3	補給水タンク循環ポンプ 運転		PBL×1	PB×1
46		補給水タンク循環ポンプ 停止		PBL×1	PB×1
47		圧力調節弁選択 A 系		COS×1	PB×1
48		圧力調節弁選択 B 系			PB×1
49	B-FC01	主ポンプ制御点選択 主ポンプ出口流量	PB×1		PB×1
50		主ポンプ制御点選択 給水流量	PB×1		PB×1
51		自動サンプリング系統選択 入口			PB×1
52		自動サンプリング系統選択 A 出口			PB×1
53		自動サンプリング系統選択 B 出口			PB×1
54		自動サンプリング系統選択 過酸化水素測定ライン			PB×1
55		自動サンプリング 開始			PB×1
56		自動サンプリング 停止			PB×1
57		制御開始	PB×1		
58		制御停止	PB×1		
59		サージタンク制御 自動	PB×1		
60		サージタンク制御 手動	PB×1		
61		操作場所選択 制御盤		COS×1	
62		操作場所選択 PC			
63		ランプテスト		PB×1	
64		警報停止		PB×1	
65		警報リセット		PB×1	

表 3.2.1-1 PWR 用水環境模擬照射装置機器リスト

機器 番号	機器 名称	形式	概略 寸法	主要 材料	機器 区分	ボイラー・圧 力容器の 区分	耐震 クラス	容量 (m ³)	質量 (kg)	流体	設計条件						使用条件						雰囲気 条件		揚程 (MPa)	電動機		備考				
											内圧条件			外圧条件			内圧条件			外圧条件			温度 (℃)	圧力 (MPa)		温度 (℃)	圧力 (MPa)		温度 (℃)	圧力 (MPa)	容量 (kW)	電圧 (V)
											温度 (℃)	圧力 (MPa)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)										
P-PIA P-PIB	主ポンプ A、B	ブランジヤ ーポンプ	L1440×W1147 ×H1038	SUS316	—	—	一般 機器	1.0 m ³ /h /台	約 1800/ 台	水	70	18.5	—	—	50	16	—	—	50	大気圧	18.5	15	200									
P-TK2	サージタンク	たて置 円筒形	φ406.4×H1300 (外径×鋼高)	SUS316	第 4 種容器 (準用)	第二種 圧力容器	一般 機器	0.10	約 720 (運転時)	水、He	70	18.5	—	—	50	16	—	—	50	大気圧	—	—	—									
P-HX1	予熱管	二重 管式	約 L1900×W300 ×H1750	BSUS316LTP	第 4 種容器 (準用)	—	一般 機器	伝熱面積 2.45 m ²	約 460 (運転時、 本体のみ)	水	375	17	—	—	319/152 232/50	16	—	—	50	大気圧	—	—	—	交換熱量 約 171 kW								
P-HT1A P-HT1B	加熱器 A、B	たて置 円筒形	φ418.4×H2710 (外径×全高)	SUS316L	第 4 種容器 (準用)	第一種 圧力容器	一般 機器	0.13/基	約 1800/基 (運転時)	水	375	17	—	—	300/230	16	—	—	50	大気圧	—	—	—	ヒータ容量 約 45 kW/基								
P-CL1	冷却管	二重 管式	約 L1900×W300 ×H1700	SUS316LTB	第 4 種容器 (準用)	—	一般 機器	伝熱面積 2.39 m ²	約 320 (運転時、 本体のみ)	水	375	17	—	—	152/50	16	—	—	50	大気圧	—	—	—	交換熱量 約 95 kW								
P-FL1	クラッド除去 フィルタ	たて置 円筒形	φ318.5×H1350 (外径×鋼高)	SUS316TP	第 4 種容器 (準用)	—	一般 機器	0.10	約 400 (運転時)	水	70	1.0	—	—	50	0.3	—	—	50	大気圧	—	—	—	中空糸膜フィルタ 0.1 μm(90%カット)								
P-IX1A P-IX1B	イオン交換塔 (不純物除去用)	たて置 円筒形	φ267.4×H1235 (外径×鋼高)	SUS316LTP	第 4 種容器 (準用)	—	一般 機器	0.06/基	約 300/基 (運転時)	水	70	1.0	—	—	50	0.3	—	—	50	大気圧	—	—	—	樹脂容量 40 L (444' / PCM11L)								
P-IX4	イオン交換塔 (リチウム除去用)	たて置 円筒形	φ267.4×H1238 (外径×鋼高)	SUS316LTP	第 4 種容器 (準用)	—	一般 機器	0.06	約 300 (運転時)	水	70	1.0	—	—	50	0.3	—	—	50	大気圧	—	—	—	樹脂容量 40 L (444' / PCC1L)								
P-IX5	イオン交換塔 (ホウ素除去用)	たて置 円筒形	φ267.4×H1235 (外径×鋼高)	SUS316LTP	第 4 種容器 (準用)	—	一般 機器	0.06	約 300 (運転時)	水	70	1.0	—	—	50	0.3	—	—	50	大気圧	—	—	—	樹脂容量 40 L (444' / PCA1)								
P-TK1	水質調整タンク	たて置 円筒形	φ700×H2000 (外径×鋼高)	SUS316	第 4 種容器 (準用)	第二種 圧力容器	一般 機器	0.75	約 1550 (運転時)	水、He、 H ₂ 、O ₂	70	1.0	—	—	50	0.3	—	—	50	大気圧	—	—	—									
P-P2	水質調整タンク 循環ポンプ	キャンドモ ータポンプ	L590×W210 ×H435	SCS14	—	—	一般 機器	流量 2 m ³ /h	約 57 (運転時)	水	70	1.0	—	—	50	0.3	—	—	50	大気圧	0.25 (25 m)	1.5	200	常用流量 1 m ³ /h								
P-IX2	水質調整タンク イオン交換塔	たて置 円筒形	φ267.4×H1238 (外径×鋼高)	SUS316LTP	第 4 種容器 (準用)	—	一般 機器	0.06	約 300 (運転時)	水	70	1.0	—	—	50	0.3	—	—	50	大気圧	—	—	—	樹脂容量 40 L (444' / PCM11L)								
P-MS1	気水分離器	たて置 円筒形	φ165.2×H637 (外径×鋼高)	SUS316TP	—	—	—	デミソ- 0.003/基	約 60 (運転時)	水、He、 H ₂ 、O ₂	70	0.1	—	—	50	0.1	—	—	50	大気圧	—	—	—									
P-CL2	サンプリング 冷却管	二重 管式	約 L1900×W300 ×H700	SUS316LTB	第 4 種容器 (準用)	—	一般 機器	伝熱面積 0.41 m ²	約 70 (運転時、 本体のみ)	水	375	17	—	—	290/50	16	—	—	50	大気圧	—	—	—	交換熱量 約 13 kW								
P-SB1	サンプリング ボックス	グローブ式	約 L1250×W600 ×H2050	SUS304 SS400	—	—	一般 機器	—	約 250 (運転時、 本体のみ)	水	50	0.1	50	0.1	—	—	25	20 mm H ₂ O	50	大気圧	—	—	—									

表 3.2.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）計測点リスト（1/4）

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	計測対象										測定範囲		備考
				流体	放射能濃度	温度(℃)		圧力(MPa)		検出器 (種類)	単位	min	標準値	max		
						min	max	min	標準値						max	
1	P-PIRCA-01	水質調整タンク圧力	指示 記録 制御 警報	He,H ₂ O ₂ ガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	0	0.3	1	MPa	0	-	2		
2	P-PIA-02	水質調整タンクサブチャージディスク 2次側圧力	現場指示 警報	He,H ₂ O ₂ ガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	0	大気圧	1	MPa	0	-	1.5		
3	P-PIR-03	主ポンプ入口圧力	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	0.3	1	MPa	0	-	2		
4	P-PIR-04	主ポンプ出口圧力	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	16	18.5	MPa	0	-	30		
5	P-PIRCA-05	サージタンク圧力	指示 記録 制御 警報	Heガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	0	16	18.5	MPa	0	-	30		
6	P-PIA-06	サージタンクサブチャージディスク 2次側圧力	現場指示 警報	Heガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	0	大気圧	18.5	MPa	0	-	25		
7	P-PIRCA-07A	キャブセル入口圧力A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	300	0	16	17	MPa	0	-	25		
8	P-PIRCA-07B	キャブセル入口圧力B	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	300	0	16	17	MPa	0	-	25		
9	P-PIR-08A	キャブセル出口圧力A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320	0	16	17	MPa	0	-	25		
10	P-PIR-08B	キャブセル出口圧力B	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320	0	16	17	MPa	0	-	25		
11	P-PIR-09	キャブセル流量調節弁出口圧力	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320	0	16	17	MPa	0	-	25		
12	P-PIRCA-10A	圧力調節弁入口圧力A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	16	17	MPa	0	-	25		
13	P-PIRCA-10B	圧力調節弁入口圧力B	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	16	17	MPa	0	-	25		
14	P-PIRA-11	圧力調節弁出口圧力	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	0.3	1	MPa	0	-	2		
15	P-PIA-12	水質調整タンク循環ポンプ出口圧力	現場指示 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	0.3	1	MPa	0	-	2		
16	P-PIRCA-16	サンプリングライン減圧弁出口圧力	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	0	0.3	1	MPa	0	-	1		
17	P-PI-17	サンプリングボックス圧力	現場指示 警報	空気	37mBq/cm ³ 以下	-	25	50	-	-0.5kPa	0.5kPa	-1	-	1		
18	P-PIA-52	水質調整タンクヘリウムガス供給圧力	現場指示 警報	Heガス	無	-	50	0	0.5	1	MPa	0	-	2		
19	P-PIA-53	水質調整タンクヘリウム・水素ガス 供給圧力	現場指示 警報	He+H ₂ ガス	無	-	50	0	0.5	1	MPa	0	-	2		
20	P-PIA-54	水質調整タンク酸素ガス供給元圧	現場指示 警報	O ₂ ガス	無	-	50	0	-	-	MPa	0	-	25		

表 3.2.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）計測点リスト（2/4）

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	流体	放射能濃度	温度(℃)		圧力(MPa)		検出器 (種類)	単位	測定範囲		備考
						min	max	min	max			min	max	
						標準値	標準値	標準値	標準値			標準値	標準値	
21	P-PIA-55	水質調整タンク酸素ガス供給圧力	現場指示 警報	O ₂ ガス	無	-	50	70	0	0.5	1	接点付圧力計	MPa	0 - 2
22	P-PIA-56	サージタンクヘリウムガス供給元圧	現場指示 警報	He ガス	無	-	50	70	0	-	20	接点付圧力計	MPa	0 - 35
23	P-PIA-57	サージタンクヘリウムガス供給圧力	現場指示 警報	He ガス	無	-	50	70	0	16	18.5	接点付圧力計	MPa	0 - 30
24	P-PIA-58	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給元圧	現場指示 警報	CO ₂ ガス	無	-	50	70	0	-	-	接点付圧力計	MPa	0 - 25
25	P-PIA-59	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給圧力	現場指示 警報	CO ₂ ガス	無	-	50	70	0	0.2	0.5	接点付圧力計	MPa	0 - 1
26	P-DPIRA-01	クラッド除去フィルタ差圧	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.3	1	差圧伝送器	kPa	0 - 400
27	P-LIRCA-01	水質調整タンク液位	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.3	1	差圧伝送器	mm	0 - 2000
28	P-LIRCA-02	サージタンク液位	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	16	18.5	差圧伝送器	mm	0 - 1500
29	P-LIA-04A	亜鉛調整タンク A 液位	指示 警報	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	差圧伝送器	mm	0 - 1500
30	P-LIA-04B	亜鉛調整タンク B 液位	指示 警報	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	差圧伝送器	mm	0 - 1500
31	P-LIA-05	リチウム調整タンク液位	指示 警報	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	差圧伝送器	mm	0 - 300
32	P-LIA-06	ホウ素調整タンク液位	指示 警報	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	差圧伝送器	mm	0 - 2500
33	P-TR-01	水質調整タンク水温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.3	1	測温抵抗体	℃	0 - 100
34	P-TR-02	予熱管低温側入口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 100
35	P-TR-03	予熱管低温側出口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320	375	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 400
36	P-TRCA-04A	キャプセル入口温度 A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	300	375	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 400
37	P-TRCA-04B	キャプセル入口温度 B	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	300	375	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 400
38	P-TR-05A	キャプセル出口温度 A	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320	375	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 400
39	P-TR-05B	キャプセル出口温度 B	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320	375	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 400
40	P-TR-06	予熱管高温側入口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320	375	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 400
41	P-TR-07	予熱管高温側出口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	180	375	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 400
42	P-TTRA-08	冷却管出口温度	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 100
43	P-TR-09	サンプリング冷却管入口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320	375	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 400
44	P-TR-10	サンプリング冷却管出口温度	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	16	17	K 熱電対	℃	0 - 100
45	P-TR-11	冷却管 UCL 入口温度	記録	水	無	-	50	70	0	-	0.7	K 熱電対	℃	0 - 100
46	P-TR-12	冷却管 UCL 出口温度	記録	水	無	-	50	70	0	-	0.7	K 熱電対	℃	0 - 100
47	P-TR-13	サンプリング冷却管 UCL 入口温度	記録	水	無	-	50	70	0	-	0.7	K 熱電対	℃	0 - 100
48	P-TR-14	サンプリング冷却管 UCL 出口温度	記録	水	無	-	50	70	0	-	0.7	K 熱電対	℃	0 - 100

表 3.2.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 計測点リスト (3/4)

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	流体	放射能濃度	温度(℃)		圧力(MPa)		検出器 (種類)	単位	測定範囲		備考
						min	max	min	max			min	max	
						標準値	標準値	標準値	標準値			標準値	標準値	
49	P-TIA-500A-1	キャブセル温度 A (監視用 1) [温度 A(1)～A(8)より選択]	指示 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
50	P-TIA-500B-1	キャブセル温度 B (監視用 1) [温度 B(1)～B(8)より選択]	指示 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
51	P-TIA-500A-2	キャブセル温度 A (監視用 2) [温度 A(1)～A(8)より選択]	指示 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
52	P-TIA-500B-2	キャブセル温度 B (監視用 2) [温度 B(1)～B(8)より選択]	指示 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
53	P-TR-501A(1)	キャブセル温度 A(1)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
54	P-TR-501A(2)	キャブセル温度 A(2)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
55	P-TR-501A(3)	キャブセル温度 A(3)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
56	P-TR-501A(4)	キャブセル温度 A(4)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
57	P-TR-501A(5)	キャブセル温度 A(5)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
58	P-TR-501A(6)	キャブセル温度 A(6)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
59	P-TR-501A(7)	キャブセル温度 A(7)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
60	P-TR-501A(8)	キャブセル温度 A(8)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
61	P-TR-501B(1)	キャブセル温度 B(1)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
62	P-TR-501B(2)	キャブセル温度 B(2)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
63	P-TR-501B(3)	キャブセル温度 B(3)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
64	P-TR-501B(4)	キャブセル温度 B(4)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
65	P-TR-501B(5)	キャブセル温度 B(5)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
66	P-TR-501B(6)	キャブセル温度 B(6)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
67	P-TR-501B(7)	キャブセル温度 B(7)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
68	P-TR-501B(8)	キャブセル温度 B(8)	記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	320 375	0	16	17	℃	0	- 400	
69	P-FIRCA-01	主ポンプ出口流量	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50 70	0	16	17	m ³ /h	0	1 2	
70	P-FIRA-02	給水流量	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50 70	0	16	17	m ³ /h	0	1 2	
71	P-FIRCA-03A	キャブセル流量 A	指示 記録 制御 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	300 375	0	16	17	m ³ /h	0	0.4 0.8	
72	P-FIRCA-03B	キャブセル流量 B	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	300 375	0	16	17	m ³ /h	0	0.4 0.8	
73	P-FIRC-04	バイパス流量	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50 70	0	16	17	m ³ /h	0	0.2 0.5	
74	P-FIR-05	水質調整タンク精製ライン流量	指示 記録 現場指示	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50 70	0	0.3 1	1	m ³ /h	0.2	- 2	
75	P-FIA-08	サンプリングライン流量	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50 70	0	0.3 1	1	l/h	10	- 100	
76	P-FIRA-09	冷却管 UCL 流量	指示 記録 警報	水	無	-	50 70	0	- 0.7	0.7	m ³ /h	1.5	- 15	
77	P-FIRA-10	サンプリング冷却管 UCL 流量	指示 記録 警報	水	無	-	50 70	0	- 0.7	0.7	m ³ /h	0.6	- 6	

表 3.2.1-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 計測点リスト (4/4)

項番	計器 No. (Tag No.)	項目	用途	計測対象										検出器 (種類)	測定範囲		備考
				流体	放射能濃度	温度(℃)		圧力(MPa)		単位	min	max	標準値				
						min	max	min	max								
78	P-FIR-12	亜鉛調整ライン流量	指示 記録	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	フロート式	l/h	10	-	100	
79	P-FIR-13	リチウム調整ライン流量	指示 記録	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	フロート式	l/h	10	-	100	
80	P-FIR-14	ホウ素調整ライン流量	指示 記録	水	無	-	50	70	0	0.2	0.5	フロート式	l/h	30	-	300	
81	P-FIC-52	水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給流量	指示 制御	He ガス	無	-	50	70	0	0.3	1	マフラー-コントローラー	l/min	0	-	10	
82	P-FIC-53	水質調整タンクヘリウムガス供給流量	指示 制御	He ガス	無	-	50	70	0	0.3	1	マフラー-コントローラー	l/min	0	-	10	
83	P-FIC-54	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給流量	指示 制御	He+H ₂ ガス	無	-	50	70	0	0.3	1	マフラー-コントローラー	l/min	0	-	10	
84	P-FIC-55	水質調整タンク酸素ガス供給流量	指示 制御	O ₂ ガス	無	-	50	70	0	0.3	1	マフラー-コントローラー	l/min	0	-	10	
85	P-FIC-56	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給流量	指示 制御	CO ₂ ガス	無	-	50	70	0	0.2	0.5	マフラー-コントローラー	l/min	0	-	10	
86	P-FIA-101	水質調整タンク精製ライン水質計流量	現場指示 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	1	フロート式	ml/min	50	-	500	
87	P-FIA-103	サンプリングライン水質計流量	現場指示 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	1	フロート式	ml/min	50	-	500	
88	P-FIA-104	イオン交換塔(IX1A,B)出口電導度計流量	現場指示 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	1	フロート式	ml/min	50	-	500	
89	P-FIA-105	イオン交換塔(IX2)出口電導度計流量	現場指示 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	1	フロート式	ml/min	50	-	500	
90	P-HIRC-101	水質調整タンク精製ライン溶存水素濃度	指示 記録 制御	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	μg/l (ppb)	0	-	20000	
91	P-HIR-103	サンプリングライン溶存水素計	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	μg/l (ppb)	0	-	20000	
92	P-OIRC-101	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃度	指示 記録 制御	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	μg/l (ppb)	0	-	20000	
93	P-OIR-103	サンプリングライン溶存酸素濃度	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	μg/l (ppb)	0	-	20000	
94	P-CIR-101	水質調整タンク精製ライン電導度	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	μS/m	0	-	20000	
95	P-CIR-103	サンプリングライン電導度	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	μS/m	0	-	20000	
96	P-CIRA-104	イオン交換塔(IX1A,B)出口電導度	指示 記録 警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	μS/m	0	-	20000	
97	P-CIR-105	イオン交換塔(IX2)出口電導度	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	μS/m	0	-	20000	
98	P-pHIR-101	水質調整タンク精製ライン pH	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	-	0	-	14	
99	P-pHIR-103	サンプリングライン pH	指示 記録	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	0.5	電極式	-	0	-	14	
100	P-H ₂ IRA-01	水質調整タンク水素濃度	指示 記録 警報	He,H ₂ ,O ₂ ガス	37mBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	0.3	1	接触燃焼式	%	0	-	4	
101	P-XA-02	主ポンプ出口逃し弁作動	警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	1	電極式	-	-	-	-	
102	P-XA-03A	加熱器 A 出口安全弁作動	警報	水・蒸気	37kBq/cm ³ 以下	-	300	375	0	-	1	K 熱電対	-	-	-	-	
103	P-XA-03B	加熱器 B 出口安全弁作動	警報	水・蒸気	37kBq/cm ³ 以下	-	300	375	0	-	1	K 熱電対	-	-	-	-	
104	W-XA-04	圧力調節弁出口逃し弁作動	警報	水	37kBq/cm ³ 以下	-	50	70	0	-	1	電極式	-	-	-	-	
105	W-XA-05	予熱管出口安全弁作動	警報	水・蒸気	37kBq/cm ³ 以下	-	230	375	0	-	1	K 熱電対	-	-	-	-	
106	W-XA-06A	キャブセル用安全弁 A 作動	警報	水・蒸気	37kBq/cm ³ 以下	-	300	375	0	-	1	K 熱電対	-	-	-	-	
107	W-XA-06B	キャブセル用安全弁 B 作動	警報	水・蒸気	37kBq/cm ³ 以下	-	300	375	0	-	1	K 熱電対	-	-	-	-	

表 3.2.1-3 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 警報及び制御項目リスト (1/2)

No.	警 報 名 称	警 報 発 生 元		警報表示 設置場所	動作 分類	警 報	制御、インターロック 動作	備 考
		発信計器	設置場所					
1	水質調整タンク圧力 高/低	P-PIRCA-01	水質調整タンク	計測制御盤	1	H:0.9MPa L:0.1MPa	>0.85MPa → P-AV54 開 <0.15MPa → P-AV53 開 上記以外 → P-AV53 閉、P-AV54 閉	
2	水質調整タンクラブリブチャージャー ディスク 2 次側圧力 高	P-PIA-02	水質調整タンクラブリブチャージャー ディスク 2 次側	計測制御盤	1	H:0.3MPa	-	
3	サージタンク圧力 高/低	P-PIRCA-05	サージタンク	計測制御盤	1	H:16.5MPa L:15.9MPa	>16.3MPa → P-AV56 開 <16.1MPa → P-AV55 開 上記以外 → P-AV55 閉、P-AV56 閉	
4	サージタンクラブリブチャージャー ディスク 2 次側圧力 高	P-PIA-06	サージタンクラブリブチャージャー ディスク 2 次側	計測制御盤	1	H:5.0MPa	-	
5	キャブセセル入口圧力 A 高/低	P-PIRCA-07A	キャブセセル入口 A	計測制御盤	1	H:16.1MPa L:15.9MPa	設定値 (16.0MPa) ← P-AV-02A 制御	
6	キャブセセル入口圧力 B 高/低	P-PIRCA-07B	キャブセセル入口 B	計測制御盤	1	H:16.1MPa L:15.9MPa	設定値 (16.0MPa) ← P-AV-02B 制御	
7	圧力調節弁入口圧力 A 高/低	P-PIRCA-10A	圧力調節弁入口 A	計測制御盤	1	H:15.1MPa L:14.9MPa	設定値 (15.0MPa) ← P-AV-06A 制御	
8	圧力調節弁入口圧力 B 高/低	P-PIRCA-10B	圧力調節弁入口 B	計測制御盤	1	H:15.1MPa L:14.9MPa	設定値 (15.0MPa) ← P-AV-06B 制御	
9	圧力調節弁出口圧力 高	P-PIRA-11	圧力調節弁出口	計測制御盤	1,2	H:0.8MPa	>0.8MPa → A,B 切換	
10	水質調整タンク循環ポンプ出口圧力 高	P-PIA-12	水質調整タンク精製ライン ポンプ出口	計測制御盤	1	H:0.5MPa	-	
11	サンプリングライン減圧弁出口圧力 高	P-PIRCA-16	サンプリングライン減圧弁 出口	計測制御盤	1	H:0.45MPa	>0.45MPa → P-MV-01 開 >0.30MPa → P-MV-01 出口圧力下降 <0.25MPa → P-MV-01 出口圧力上昇	
12	水質調整タンクヘリウムガス供給圧力 高	P-PIA-52	水質調整タンクヘリウム ガス供給側	計測制御盤	1	H:1.2MPa	-	
13	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給圧力 高	P-PIA-53	水質調整タンクヘリウム・ 水素ガス供給側	計測制御盤	1	H:1.2MPa	-	
14	水質調整タンク酸素ガス供給元圧 低	P-PIA-54	水質調整タンク酸素ガス 供給元側	計測制御盤	1	L:2.5MPa	-	
15	水質調整タンク酸素ガス供給圧力 高	P-PIA-55	水質調整タンク酸素ガス 供給側	計測制御盤	1	H:1.2MPa	-	
16	サージタンクヘリウムガス供給元圧 低	P-PIA-56	サージタンクヘリウムガス 供給元側	計測制御盤	1	L:17MPa	-	
17	サージタンクヘリウムガス供給圧力 高	P-PIA-57	サージタンクヘリウムガス 供給側	計測制御盤	1	H:17MPa	-	
18	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給元圧 低	P-PIA-58	亜鉛調整タンク炭酸ガス 供給元側	計測制御盤	1	L:2.5MPa	-	
19	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給圧力 高	P-PIA-59	亜鉛調整タンク炭酸ガス 供給側	計測制御盤	1	H:0.7MPa	-	
20	クラッド除去フィルタ差圧 高	P-DPIRA-01	クラッド除去フィルタ	計測制御盤	1	H:300kPa	-	
21	水質調整タンク液位 高/低	P-LIRCA-01	水質調整タンク	計測制御盤	1	H:725mm L:325mm	>700mm → P-AV-09 閉 <350mm → P-AV-09 開	
22	サージタンク液位 高/低/低	P-LIRCA-02	サージタンク	計測制御盤	1,2	H:1100mm L:800mm LL:600mm	>890mm → P-PIA,IB 制御解除 P-AV-56 閉 <825mm → P-PIA,IB 制御 (流量増加)、P-AV-56 開 <600mm → P-AV-01 閉	
23	亜鉛調整タンク A 液位 高/低	P-LIA-04A	亜鉛調整タンク A	計測制御盤	1	H:1100mm L:300mm	-	
24	亜鉛調整タンク B 液位高/低	P-LIA-04B	亜鉛調整タンク B	計測制御盤	1	H:1100mm L:300mm	-	

【動作分類】 1：警報、2 インターロック

表 3.2.1-3 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 警報及び制御項目リスト (2/2)

No.	警 報 名 称	警 報 発 生 元		警報表示 設置場所	動作 分類	警 報	制御、インターロック 動作	備 考
		発信計器	設置場所					
25	リチウム調整タンク液位 高/低	P-LIA-05	リチウム調整タンク	計測制御盤	1	H:240mm L:80mm	-	
26	ボク素調整タンク液位 高/低	P-LIA-06	ボク素調整タンク	計測制御盤	1	H:1750mm L:300mm	-	
27	キャプセル入口温度 A 高/高	P-TRCA-04A	キャプセル入口 A	計測制御盤	1,2	H:300℃ HH:310℃	>310℃ → P-HT1A 停止 設定温度 ← P-HT1A 制御	
28	キャプセル入口温度 B 高/高	P-TRCA-04B	キャプセル入口 B	計測制御盤	1,2	H:300℃ HH:310℃	>310℃ → P-HT1B 停止 設定温度 ← P-HT1B 制御	
29	冷却管出口温度 高	P-TIRA-08	冷却管出口	計測制御盤	1	H:50℃	-	
30	キャプセル温度 A (監視用 1) 高/T/C断線	P-TIA-500A-1	キャプセル A (監視用 1)	計測制御盤	1	H:320℃ HH:断線検出	設定温度 ← P-HT1A 制御	
31	キャプセル温度 B (監視用 1) 高/T/C断線	P-TIA-500B-1	キャプセル B (監視用 1)	計測制御盤	1	H:320℃ HH:断線検出	設定温度 ← P-HT1B 制御	
32	キャプセル温度 A (監視用 2) 高/T/C断線	P-TIA-500A-2	キャプセル A (監視用 2)	計測制御盤	1	H:320℃ HH:断線検出	設定温度 ← P-HT1A 制御	
33	キャプセル温度 B (監視用 2) 高/T/C断線	P-TIA-500B-2	キャプセル B (監視用 2)	計測制御盤	1	H:320℃ HH:断線検出	設定温度 ← P-HT1B 制御	
34	主ポンプ出口流量 低	P-FIRCA-01	主ポンプ出口	計測制御盤	1	L:0.75 m/h	設定流量 ← P-PIA,1B 制御	
35	給水流量 低	P-FIRA-02	給水ライン	計測制御盤	1	L:0.6 m/h	-	
36	キャプセル流量 A 低/低	P-FIRCA-03A	キャプセル A	計測制御盤	1,2	L:0.44 m/h LL:0.1 m/h	設定流量 ← P-AV-03A 制御 <0.1 m/h → P-HT1A 停止	
37	キャプセル流量 B 低/低	P-FIRCA-03B	キャプセル B	計測制御盤	1,2	L:0.44 m/h LL:0.1 m/h	設定流量 ← P-AV-03B 制御 <0.1 m/h → P-HT1B 停止	
38	サンプリングライン流量 低	P-FIA-08	サンプリングライン	計測制御盤	1	L:12/h	-	
39	冷却管 UCL 流量 低	P-FIRA-09	冷却管 UCL ライン	計測制御盤	1	L:5 m/h	-	
40	サンプリング冷却管 UCL 流量 低	P-FIRA-10	サンプリング冷却管 UCL ライン	計測制御盤	1	L:3 m/h	-	
41	水質調整タンク精製ライン水質計流量 低	P-FIA-101	水質調整タンク精製ライン 水質計	計測制御盤	1	L:100m ³ /min	-	
42	サンプリングライン水質計流量 低	P-FIA-103	サンプリングライン水質計	計測制御盤	1	L:100m ³ /min	-	
43	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口電導度計流量 低	P-FIA-104	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口 電導度計	計測制御盤	1	L:100m ³ /min	-	
44	イオン交換塔 (IX2) 出口電導度計流量 低	P-FIA-105	イオン交換塔 (IX2) 出口 電導度計	計測制御盤	1	L:100m ³ /min	-	
45	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口電導度 高	P-CIRA-104	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口	計測制御盤	1	H:10μS/m	-	
46	水質調整タンク水素濃度 高/高	P-H ₂ IRA-01	水質調整タンク	計測制御盤	1,2	H:3.0% HH:3.5%	設定値 ← P-FE52,54 制御 >3.5% → P-FE52 開、P-FE54 閉	
47	主ポンプ出口逃し弁作動	P-XA-02	主ポンプ出口逃し弁	計測制御盤	1	逃し弁作動時	電極式	
48	加熱器 A 出口安全弁作動	P-XA-03A	加熱器 A 出口安全弁	計測制御盤	1	安全弁作動時	K 熱電対にて 100℃	
49	加熱器 B 出口安全弁作動	P-XA-03B	加熱器 B 出口安全弁	計測制御盤	1	安全弁作動時	K 熱電対にて 100℃	
50	圧力調節弁出口逃し弁作動	P-XA-04	圧力調節弁出口逃し弁	計測制御盤	1	逃し弁作動時	電極式	
51	予熱管出口安全弁作動	P-XA-05	予熱管出口安全弁	計測制御盤	1	安全弁作動時	K 熱電対にて 100℃	
52	キャプセル用安全弁 A 作動	P-XA-06A	キャプセル用安全弁 A	計測制御盤	1	安全弁作動時	K 熱電対にて 100℃	
53	キャプセル用安全弁 B 作動	P-XA-06B	キャプセル用安全弁 B	計測制御盤	1	安全弁作動時	K 熱電対にて 100℃	
54	水質調整タンク精製ライン溶存水素濃度 制御偏差大	P-HIRC-101	水質調整タンク精製ライン 溶存水素計	-	-	-	0 ~ 9000μg/l(ppb) ← P-FE52, 53, 54 制御	水素流量調整
55	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃度 制御偏差大	P-OIRC-101	水質調整タンク精製ライン 溶存酸素計	-	-	-	0 ~ 10000μg/l(ppb) ← P-FE53, 55 制御	酸素流量調整

【動作分類】 1：警報、2 インターロック

表 3.2.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（1/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT	PC (SCADA)								
1	水質調整タンク圧力異常	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	〔水質調整タンク圧力高/低〕	-	○	○	H:0.9MPa L:0.1MPa	P-PIRCA-01	2	○			Y	>0.85MPa → P-AV-54 開 <0.15MPa → P-AV-53 開 上記以外 → P-AV-53 閉、 P-AV-54 閉
2	RD 二次側圧力高	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	〔水質調整タンクラブチャードイスク 2 次側圧力高〕	-	○	○	H:0.3MPa	P-PIA-02	1	○			Y	-
	〔サージタンクラブチャードイスク 2 次側圧力高〕	-	○	○	H:5.0MPa	P-PIA-06	1	○			Y	-
3	サージタンク圧力異常	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	〔サージタンク圧力高/低〕	-	○	○	H:16.5MPa L:15.9MPa	P-PIRCA-05	2	○			Y	>16.3MPa → P-AV-56 開 <16.1MPa → P-AV-55 開 上記以外 → P-AV-55 閉、 P-AV-56 閉
4	キャブセル入口圧力異常	○	-	-	-	-	4	○			W	-
	〔キャブセル入口圧力 A 高/低〕	-	○	○	H:16.1MPa L:15.9MPa	P-PIRCA-07A	2	○			Y	-
	〔キャブセル入口圧力 B 高/低〕	-	○	○	H:16.1MPa L:15.9MPa	P-PIRCA-07B	2	○			Y	-
5	圧力調節弁圧力異常	○	-	-	-	-	5	○			O	-
	〔圧力調節弁入口圧力 A 高/低〕	-	○	○	H:15.1MPa L:14.9MPa	P-PIRCA-10A	2	○			Y	-
	〔圧力調節弁入口圧力 B 高/低〕	-	○	○	H:15.1MPa L:14.9MPa	P-PIRCA-10B	2	○			Y	-
	〔圧力調節弁出口圧力高〕	-	○	○	H:0.8MPa	P-PIRA-11	1		○		O	>0.8MPa → A,B 切換
6	循環ポンプ出口圧力高	○	-	-	-	-	1	○			W	-
	〔水質調整タンク循環ポンプ出口圧力高〕	-	○	○	H:0.5MPa	P-PIA-12	1	○			Y	-
7	サンプリングライン減圧弁出口圧力高	○	○	○	H:0.45MPa	P-PIRCA-16	1		○		O	>0.45MPa → P-MV-01 閉 ≤0.30MPa → P-MV-01 出口圧力下降 <0.25MPa → P-MV-01 出口圧力上昇

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.2.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（2/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT									
8	ガス圧力異常	○	-	-	-	-	8	○			W	-
	（水質調整タンクヘリウムガス供給圧力高	-	○	○	H:1.2MPa	P-PIA-52	1	○			Y	-
	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給圧力高	-	○	○	H:1.2MPa	P-PIA-53	1	○			Y	-
	水質調整タンク酸素ガス供給元圧低	-	○	○	L:2.5MPa	P-PIA-54	1	○			Y	-
	水質調整タンク酸素ガス供給圧力高	-	○	○	H:1.2MPa	P-PIA-55	1	○			Y	-
	サージタンクヘリウムガス供給元圧低	-	○	○	H:17.0MPa	P-PIA-56	1	○			Y	-
	サージタンクヘリウムガス供給圧力高	-	○	○	H:17.0MPa	P-PIA-57	1	○			Y	-
	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給元圧低	-	○	○	L:2.5MPa	P-PIA-58	1	○			Y	-
	（亜鉛調整タンク炭酸ガス供給圧力高	-	○	○	H:0.7MPa	P-PIA-59	1	○			Y	-
9	クラッド除去フィルタ差圧高	○	○	○	H:300kPa	P-DPIRA-01	1	○			W	-
10	タンク液位異常	○	-	-	-	-	12	○			W	-
	（水質調整タンク液位高/低	-	○	○	H:725mm L:325mm	P-LIRCA-01	2	○			Y	>700mm → P-AV-09 閉 <350mm → P-AV-09 開
	サージタンク液位高/低	-	○	○	H:1100mm L:800mm	P-LIRCA-02	2	○			Y	>890mm → P-P1A,1B 制御解除、 P-AV-56 閉 <825mm → P-P1A,1B 制御（流量増加）、 P-AV-56 開
	亜鉛調整タンク A 液位高/低	-	○	○	H:1100mm L:300mm	P-LIA-04A	2	○			Y	-
	亜鉛調整タンク B 液位高/低	-	○	○	H:1100mm L:300mm	P-LIA-04B	2	○			Y	-
	リチウム調整タンク液位高/低	-	○	○	H:240mm L:80mm	P-LIA-05	2	○			Y	-
	（ホウ素調整タンク液位高/低	-	○	○	H:1750mm L:300mm	P-LIA-06	2	○			Y	-
11	サージタンク液位低低	○	○	○	LL:600mm	P-LIRCA-02	1		○		O	<600mm → P-AV-01 閉
12	キャプセル入口温度高高	○	-	-	-	-	2	○			O	-
	（キャプセル入口温度 A 高高	-	○	○	HH:310℃	P-TIRCA-04A	1		○		O	>310℃ → P-HT1A 停止
	キャプセル入口温度 B 高高	-	○	○	HH:310℃	P-TIRCA-04B	1		○		O	>310℃ → P-HT1B 停止
13	キャプセル入口温度高	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	（キャプセル入口温度 A 高	-	○	○	H:300℃	P-TIRCA-04A	1	○			Y	-
	キャプセル入口温度 B 高	-	○	○	H:300℃	P-TIRCA-04B	1	○			Y	-
14	冷却管出口温度高	○	○	○	H:50℃	P-TIRA-08	1	○			W	-

【重要度分類】1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.2.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（3/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT	PC (SCADA)								
15	キャプセル温度監視用 T/C 断線	○	-	-	-	-	4	○			W	-
	（キャプセル温度 A(監視用 1) T/C 断線	-	○	○	HH:断線検出	P-TIA-500A-1	1	○			Y	-
	キャプセル温度 B(監視用 1) T/C 断線	-	○	○	HH:断線検出	P-TIA-500B-1	1	○			Y	-
	キャプセル温度 A(監視用 2) T/C 断線	-	○	○	HH:断線検出	P-TIA-500A-2	1	○			Y	-
	（キャプセル温度 B(監視用 2) T/C 断線	-	○	○	HH:断線検出	P-TIA-500B-2	1	○			Y	-
16	キャプセル温度 高	○	-	-	-	-	4	○			W	-
	（キャプセル温度 A(監視用 1) 高	-	○	○	H:320℃	P-TIA-500A-1	1	○			Y	-
	キャプセル温度 B(監視用 1) 高	-	○	○	H:320℃	P-TIA-500B-1	1	○			Y	-
	キャプセル温度 A(監視用 2) 高	-	○	○	H:320℃	P-TIA-500A-2	1	○			Y	-
	（キャプセル温度 B(監視用 2) 高	-	○	○	H:320℃	P-TIA-500B-2	1	○			Y	-
17	主ポンプ出口流量 低	○	○	○	L:0.75m³/h	P-FIRCA-01	1	○			W	-
18	給水流量 低	○	○	○	L:0.6m³/h	P-FIRA-02	1	○			W	-
19	キャプセル流量 低低	○	-	-	-	-	2	○			O	-
	（キャプセル流量 A 低低	-	○	○	LL:0.1m³/h	P-FIRCA-03A	1		○		O	<0.1m³/h → P-HT1A 停止
	（キャプセル流量 B 低低	-	○	○	LL:0.1m³/h	P-FIRCA-03B	1		○		O	<0.1m³/h → P-HT1B 停止
20	キャプセル流量 低	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	（キャプセル流量 A 低	-	○	○	L:0.44m³/h	P-FIRCA-03A	1	○			Y	-
	（キャプセル流量 B 低	-	○	○	L:0.44m³/h	P-FIRCA-03B	1	○			Y	-
21	サンプリングライン流量 低	○	○	○	L:120/h	P-FIA-08	1	○			W	-
22	UCL 流量 低	○	-	-	-	-	2	○			W	-
	（冷却管 UCL 流量 低	-	○	○	L:5m³/h	P-FIRA-09	1	○			Y	-
	（サンプリング冷却管 UCL 流量 低	-	○	○	L:3m³/h	P-FIRA-10	1	○			Y	-
23	水質計流量 低	○	-	-	-	-	4	○			W	-
	（水質調整タンク精製ライン水質計流量 低	-	○	○	L:100mℓ/min	P-FIA-101	1	○			Y	-
	サンプリングライン水質計流量 低	-	○	○	L:100mℓ/min	P-FIA-103	1	○			Y	-
	イオン交換塔(IX1A,B)出口電導度計流量 低	-	○	○	L:100mℓ/min	P-FIA-104	1	○			Y	-
	（イオン交換塔(IX2)出口電導度計流量 低	-	○	○	L:100mℓ/min	P-FIA-105	1	○			Y	-

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.2.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（4/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室 PC (SCADA)		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT									
24	イオン交換塔(IX1A,B)出口電導度 高	○	○	○	H:10μS/m	P-CIRA-104	1	○			W	-
25	水質調整タンク水素濃度 高高	○	○	○	HH:3.5%	P-H ₂ IRA-01	1		○		O	>3.5% → P-FE-52 開、 P-FE-54 閉
26	水質調整タンク水素濃度 高	○	○	○	H:3.0%	P-H ₂ IRA-01	1	○			W	-
27	安全弁・逃し弁 作動	○	-	-	-	-	7	○			W	-
	主ポンプ出口逃し弁作動	-	○	○	逃し弁作動時	P-XA-02	1	○			Y	-
	圧力調節弁出口逃し弁作動	-	○	○	逃し弁作動時	P-XA-04	1	○			Y	-
	加熱器 A 出口安全弁作動	-	○	○	安全弁作動時	P-XA-03A	1	○			Y	-
	加熱器 B 出口安全弁作動	-	○	○	安全弁作動時	P-XA-03B	1	○			Y	-
	予熱管出口安全弁作動	-	○	○	安全弁作動時	P-XA-05	1	○			Y	-
	キャプセル用安全弁 A 作動	-	○	○	安全弁作動時	P-XA-06A	1	○			Y	-
	キャプセル用安全弁 B 作動	-	○	○	安全弁作動時	P-XA-06B	1	○			Y	-
28	水質調整タンク精製ライン溶存水素濃度 制御偏差大	-	○	○		P-HIRC-101	1	○			W	-
29	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃度 制御偏差大	-	○	○		P-OIRC-101	1	○			W	-
30	サージタンク圧力注意	-	○	○		P-PIRCA-05	1	○			W	-
31	加熱器 故障	○	-	-	故障時	-	4	○			R	-
	加熱器 A ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-HT1A	1		○		R	P-HT1A 停止
	加熱器 A サイリスタ故障	-	○	○	故障時	P-HT1A	1		○		R	P-HT1A 停止
	加熱器 B ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-HT1B	1		○		R	P-HT1B 停止
	加熱器 B サイリスタ故障	-	○	○	故障時	P-HT1B	1		○		R	P-HT1B 停止
32	主ポンプ 故障	○	-	-	故障時	-	6	○			R	-
	主ポンプ A ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-P1A	1		○		R	P-P1A 停止
	主ポンプ A 過負荷	-	○	○	発生時	P-P1A	1		○		R	P-P1A 停止
	主ポンプ A ストロークモータ故障	-	○	○	故障時	P-P1A	1		○		R	P-P1A 停止
	主ポンプ B ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-P1B	1		○		R	P-P1B 停止
	主ポンプ B 過負荷	-	○	○	発生時	P-P1B	1		○		R	P-P1B 停止
	主ポンプ B ストロークモータ故障	-	○	○	故障時	P-P1B	1		○		R	P-P1B 停止
33	循環ポンプ故障	○	-	-	故障時	-	2	○			R	-
	水質調整タンク循環ポンプ ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-P2	1		○		R	P-P2 停止
	水質調整タンク循環ポンプ 過負荷	-	○	○	発生時	P-P2	1		○		R	P-P2 停止

【重要度分類】1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.2.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（5/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT	PC (SCADA)								
34	供給ポンプ故障	○	-	-	故障時	-	9	○			R	-
	亜鉛供給ポンプ ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-P4	1		○		R	P-P4 停止
	亜鉛供給ポンプ 過負荷	-	○	○	発生時	P-P4	1		○		R	P-P4 停止
	亜鉛供給ポンプ ストロークモータ故障	-	○	○	故障時	P-P4	1		○		R	P-P4 停止
	リチウム供給ポンプ ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-P5	1		○		R	P-P5 停止
	リチウム供給ポンプ 過負荷	-	○	○	発生時	P-P5	1		○		R	P-P5 停止
	リチウム供給ポンプ ストロークモータ故障	-	○	○	故障時	P-P5	1		○		R	P-P5 停止
	ホウ素供給ポンプ ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-P6	1		○		R	P-P6 停止
	ホウ素供給ポンプ 過負荷	-	○	○	発生時	P-P6	1		○		R	P-P6 停止
	ホウ素供給ポンプ ストロークモータ故障	-	○	○	故障時	P-P6	1		○		R	P-P6 停止
35	電源盤 電源喪失	○	○	○	電源喪失時	-	1	○			R	-
36	制御盤 電源喪失	○	○	○	電源喪失時	-	1	○			R	-
37	制御盤 故障	○	-	-	-	-	9	○			R	-
	PLC 故障		○	○	故障時	-	1	○			R	-
	コンフロー 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトロール A(1) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトロール A(2) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトロール A(3) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトロール B(1) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトロール B(2) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	スベトロール B(3) 異常		○	○	発生時	-	1	○			R	-
	水質計盤 故障		○	○	故障時	-	1	○			R	-

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.2.1-4 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）

警報表示項目リスト（6/6）

No.	警報名称	表示形態・表示場所			設定値	原因接点		重要度分類			表示色	制御動作
		制御盤		照射制御室 PC (SCADA)		発信計器	点数	1	2	3		
		ハード	GOT									
38	電源盤 故障	○	-	-	-	-	35	○			R	-
	電源盤 NFB トリップ	-	○	○	発生時	-	1	○			R	-
	空気作動弁 開故障/閉故障	-	○	○	故障時	P-AV-01 P-AV-05A P-AV-05B P-AV-07A P-AV-07B P-AV-09 P-AV-10A P-AV-10B P-AV-11 P-AV-21 P-AV-22 P-AV-23 P-AV-53 P-AV-54 P-AV-55 P-AV-56 P-AV-301	34	○			R	-
39	加熱器（ボイラー） 異常	※	-	-	異常時	-	8	○			R	※：電源盤の表示灯にて表示、 ブザー付き
	キャプセル入口温度 A 高高	-	○	○	HH:310℃	P-TIRCA-04A	1		○		O	>310℃ → P-HT1A 停止
	キャプセル入口温度 B 高高	-	○	○	HH:310℃	P-TIRCA-04A	1		○		O	>310℃ → P-HT1B 停止
	キャプセル流量 A 低低	-	○	○	LL:0.1m³/h	P-FIRCA-03A	1		○		O	<0.1m³/h → P-HT1A 停止
	キャプセル流量 B 低低	-	○	○	LL:0.1m³/h	P-FIRCA-03B	1		○		O	<0.1m³/h → P-HT1B 停止
	加熱器 A ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-HT1A	1		○		R	P-HT1A 停止
	加熱器 A サイリスタ故障	-	○	○	故障時	P-HT1A	1		○		R	P-HT1A 停止
	加熱器 B ELB トリップ	-	○	○	発生時	P-HT1B	1		○		R	P-HT1B 停止
	加熱器 B サイリスタ故障	-	○	○	故障時	P-HT1B	1		○		R	P-HT1B 停止

【重要度分類】 1：警報、2：インターロック、3：原子炉スクラム

【表示色】 W：白色、Y：黄色、O：橙色、R：赤色

表 3.2.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (1/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考		
						GOT		ハード		PC(SCADA)						
						指示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ		警報 接点	
1	P-PIRCA-01	水質調整タンク圧力	1	○		○		○		○		○		○		
2	P-PIA-02	水質調整タンクラブチャードディスク 2次側圧力	1	○				○						○		
3	P-PIR-03	主ポンプ入口圧力	1	○		○						○				
4	P-PIR-04	主ポンプ出口圧力	1	○		○						○				
5	P-PIRCA-05	サージタンク圧力	1	○		○		○		○		○		○		
6	P-PIA-06	サージタンクラブチャードディスク 2次側圧力	1	○				○						○		
7	P-PIRCA-07A	キャブセル入口圧力 A	1	○		○		○		★ 調節計		○		○		★P-PIR-08A と兼用
8	P-PIRCA-07B	キャブセル入口圧力 B	1	○		○		○		★ 調節計		○		○		★P-PIR-08B と兼用
9	P-PIR-08A	キャブセル出口圧力 A	1	○		○						○				
10	P-PIR-08B	キャブセル出口圧力 B	1	○		○						○				
11	P-PIR-09	キャブセル流量調節弁出口圧力	1	○		○						○				
12	P-PIRCA-10A	圧力調節弁入口圧力 A	1	○		○		○		○ 調節計		○		○		
13	P-PIRCA-10B	圧力調節弁入口圧力 B	1	○		○		○		○ 調節計		○		○		
14	P-PIRA-11	圧力調節弁出口圧力	1	○		○						○		○		
15	P-PIA-12	水質調整タンク循環ポンプ出口圧力	1	○				○						○		

表 3.2.1-1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (2/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考		
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)						
						指示	状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示		記録 アナログ	警報 接点
16	P-PIRCA-16	サンプリングライン減圧弁出口圧力	1			○		○				○		○	○	
17	P-PIA-52	水質調整タンクヘリウムガス供給圧力	1	○				○						○	○	
18	P-PIA-53	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給圧力	1	○				○						○	○	
19	P-PIA-54	水質調整タンク酸素ガス供給元圧	1	○				○						○	○	
20	P-PIA-55	水質調整タンク酸素ガス供給圧力	1	○				○						○	○	
21	P-PIA-56	サージタンクヘリウムガス供給元圧	1	○				○						○	○	
22	P-PIA-57	サージタンクヘリウムガス供給圧力	1	○				○						○	○	
23	P-PIA-58	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給元圧	1	○				○						○	○	
24	P-PIA-59	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給圧力	1	○				○						○	○	
25	P-DPIRA-01	クラッド除去フィルタ差圧	1	○		○		○					○	○	○	
26	P-LIRCA-01	水質調整タンク液位	1	○		○		○		○	調節計		○	○	○	
27	P-LIRCA-02	サージタンク液位	1	○		○		○		○	調節計		○	○	○	
28	P-LIA-04A	亜鉛調整タンク A 液位	1	○				○						○	○	
29	P-LIA-04B	亜鉛調整タンク B 液位	1	○				○						○	○	
30	P-LIA-05	リチウム調整タンク液位	1	○				○						○	○	

表 3.2.1-1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (3/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考
				指示	警報	GOT		ハード			PC(SCADA)					
						指示	状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ	警報 接点	
31	P-LIA-06	ホウ素調整タンク液位	1	○			○							○	○	
32	P-TR-01	水質調整タンク水温度	1											○		
33	P-TR-02	予熱管低温側入口温度	1											○		
34	P-TR-03	予熱管低温側出口温度	1											○		
35	P-TIRCA-04A	キャプセル入口温度 A	1		○		○			○	調節計		○	○	○	
36	P-TIRCA-04B	キャプセル入口温度 B	1		○		○			○	調節計		○	○	○	
37	P-TR-05A	キャプセル出口温度 A	1											○		
38	P-TR-05B	キャプセル出口温度 B	1											○		
39	P-TR-06	予熱管高温側入口温度	1											○		
40	P-TR-07	予熱管高温側出口温度	1											○		
41	P-TIRA-08	冷却管出口温度	1		○		○						○	○	○	
42	P-TR-09	サンプリング冷却管入口温度	1											○		
43	P-TR-10	サンプリング冷却管出口温度	1											○		
44	P-TR-11	冷却管 UCL 入口温度	1											○		
45	P-TR-12	冷却管 UCL 出口温度	1											○		

表 3.2.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (4/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考		
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)						
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ		警報 接点	
46	P-TR-13	サンプリング冷却管 UCL 入口温度	1										○			
47	P-TR-14	サンプリング冷却管 UCL 出口温度	1											○		
48	P-TIA-500A-1	キャプセル温度 A (監視用 1)	1			○					○				○	○
49	P-TIA-500B-1	キャプセル温度 B (監視用 1)	1			○					○				○	○
50	P-TIA-500A-2	キャプセル温度 A (監視用 2)	1			○					○				○	○
51	P-TIA-500B-2	キャプセル温度 B (監視用 2)	1			○					○				○	○
52	P-TR-501A(1)	キャプセル温度 A (1)	1											○		
53	P-TR-501A(2)	キャプセル温度 A (2)	1											○		
54	P-TR-501A(3)	キャプセル温度 A (3)	1											○		
55	P-TR-501A(4)	キャプセル温度 A (4)	1											○		
56	P-TR-501A(5)	キャプセル温度 A (5)	1											○		
57	P-TR-501A(6)	キャプセル温度 A (6)	1											○		
58	P-TR-501A(7)	キャプセル温度 A (7)	1											○		
59	P-TR-501A(8)	キャプセル温度 A (8)	1											○		
60	P-TR-501B(1)	キャプセル温度 B (1)	1											○		

表 3.2.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (5/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考	
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)							
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ	警報 接点			
61	P-TR-501B(2)	キャブセル温度 B (2)	1												○		
62	P-TR-501B(3)	キャブセル温度 B (3)	1													○	
63	P-TR-501B(4)	キャブセル温度 B (4)	1													○	
64	P-TR-501B(5)	キャブセル温度 B (5)	1													○	
65	P-TR-501B(6)	キャブセル温度 B (6)	1													○	
66	P-TR-501B(7)	キャブセル温度 B (7)	1													○	
67	P-TR-501B(8)	キャブセル温度 B (8)	1													○	
68	P-FIRCA-01	主ポンプ出口流量	1	○		○		○	調節計				○		○	○	
69	P-FIRA-02	給水流量	1	○		○		○	調節計				○		○	○	
70	P-FIRCA-03A	キャブセル流量 A	1	○		○		○	調節計				○		○	○	
71	P-FIRCA-03B	キャブセル流量 B	1	○		○		○	調節計				○		○	○	
72	P-FIRC-04	バイパス流量	1	○		○			○				○		○		
73	P-FIR-05	水質調整タンク精製ライン流量	1	○		○									○		
74	P-FIA-08	サンプリングライン流量	1	○				○								○	
75	P-FIRA-09	冷却管 UCL 流量	1	○		○		○							○	○	

表 3.2.1-1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (6/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考	
						GOT		ハード		PC(SCADA)							
						指示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ	接点	警報		
76	P-FIRA-10	サンプリング冷却管 UCL 流量	1	○		○					○		○	○	○		
77	P-FIR-12	亜鉛供給ライン流量	1	○									○				
78	P-FIR-13	リチウム供給ライン流量	1	○		○							○				
79	P-FIR-14	ホウ素供給ライン流量	1	○									○				
80	P-FIC-52	水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給流量	1	○ MFC		○							○			MFC は、水質計盤に設置	
81	P-FIC-53	水質調整タンクヘリウムガス供給流量	1	○ MFC		○							○			MFC は、水質計盤に設置	
82	P-FIC-54	水質調整タンクヘリウム・水素ガス供給流量	1	○ MFC		○							○			MFC は、水質計盤に設置	
83	P-FIC-55	水質調整タンク酸素ガス供給流量	1	○ MFC		○							○			MFC は、水質計盤に設置	
84	P-FIC-56	亜鉛調整タンク炭酸ガス供給流量	1	○ MFC		○							○			MFC は、水質計盤に設置	
85	P-FIA-101	水質調整タンク精製ライン水質計流量	1	○				○						○	○		
86	P-FIA-103	サンプリングライン水質計流量	1	○				○						○	○		
87	P-FIA-104	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口電導度計流量	1	○				○						○	○		
88	P-FIA-105	イオン交換塔 (IX2) 出口電導度計流量	1	○				○						○	○		
89	P-HIRC-101	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃度	1	○ 指示計		○		○ 偏差大					○ 調節計		○	○ 偏差大	指示計は、水質計盤に設置
90	P-HIR-103	サンプリングライン溶存酸素計	1	○ 指示計		○							○		○	指示計は、水質計盤に設置	

表 3.2.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (7/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考	
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)					
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ		警報
91	P-OIRC-101	水質調整タンク精製ライン溶存酸素濃度	1	○ 指示計		○	○ 偏差大	○		○		○		○ 偏差大	指示計は、水質計盤に設置
92	P-OIR-103	サンプリングライン溶存酸素濃度	1	○ 指示計				○		○					指示計は、水質計盤に設置
93	P-CIR-101	水質調整タンク精製ライン電導度	1	○ 指示計		○				○		○			指示計は、水質計盤に設置
94	P-CIR-103	サンプリングライン電導度	1	○ 指示計		○				○		○			指示計は、水質計盤に設置
95	P-CIRA-104	イオン交換塔 (IX1A,B) 出口電導度	1	○ 指示計		○	○			○		○	○	○	指示計は、水質計盤に設置
96	P-CIR-105	イオン交換塔 (IX2) 出口電導度	1	○ 指示計		○				○		○			指示計は、水質計盤に設置
97	P-pHIR-101	水質調整タンク精製ライン pH	1	○ 指示計		○				○		○			指示計は、水質計盤に設置
98	P-pHIR-103	サンプリングライン pH	1	○ 指示計		○				○		○			指示計は、水質計盤に設置
99	P-H ₂ IRA-01	水質調整タンク水素濃度	1			○	○ 調節計	○	○ 指示計			○	○	○	
100	P-XA-02	主ポンプ出口逃し弁作動	1				○			○			○	○	
101	P-XA-03A	加熱器 A 安全弁作動	1				○			○			○	○	
102	P-XA-03B	加熱器 B 安全弁作動	1				○			○			○	○	
103	P-XA-04	圧力調節弁出口逃し弁作動	1				○			○			○	○	
104	P-XA-05	予熱管出口安全弁作動	1				○			○			○	○	
105	P-XA-06A	キャプセル用安全弁 A 作動	1				○			○			○	○	

表 3.2.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (8/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考		
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)						
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	状態表示	記録 アナログ	警報 接点			
106	P-XA-06B	キャブセル用安全弁 B 作動	1				○						○	○		
107	P-AV-01	サージタンク連絡弁 全開	1					○						○		
108		サージタンク連絡弁 全閉	1						○							
109	P-AV-05A	圧力調節弁切替弁 A 全開	1											○		
110		圧力調節弁切替弁 A 全閉	1						○							
111	P-AV-05B	圧力調節弁切替弁 B 全開	1											○		
112		圧力調節弁切替弁 B 全閉	1						○							
113	P-AV-07A	イオン交換塔 (IX1A) 出口弁 全開	1												○	
114		イオン交換塔 (IX1A) 出口弁 全閉	1							○						
115	P-AV-07B	イオン交換塔 (IX1B) 出口弁 全開	1												○	
116		イオン交換塔 (IX1B) 出口弁 全閉	1								○					
117	P-AV-09	水質調整タンク補給水供給弁 全開	1												○	
118		水質調整タンク補給水供給弁 全閉	1												○	
119	W-AV-10A	サンプリング選択弁 (キャブセル出口 A) 全開	1												○	
120		サンプリング選択弁 (キャブセル出口 A) 全閉	1													○

表 3.2.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (9/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤				照射制御室				備考	
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)					
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ		警報 接点
121	W-AV-10B	サンプリング選択弁 (キャブセル出口 B) 全開	1			○					○				
122		サンプリング選択弁 (キャブセル出口 B) 全閉	1			○						○			
123	P-AV-11	サンプリング選択弁 (キャブセル入口) 全開	1			○								○	
124		サンプリング選択弁 (キャブセル入口) 全閉	1			○									
125	P-AV-21	イオン交換塔 (IX4,5) バイパス弁 全開	1			○								○	
126		イオン交換塔 (IX4,5) バイパス弁 全閉	1			○									
127	P-AV-22	イオン交換塔 (IX4) 出口弁 全開	1			○								○	
128		イオン交換塔 (IX4) 出口弁 全閉	1			○									
129	P-AV-23	イオン交換塔 (IX5) 出口弁 全開	1			○								○	
130		イオン交換塔 (IX5) 出口弁 全閉	1			○									
131	P-AV-53	水質調整タンク気相部へリウムガス供 給弁 全開	1			○								○	
132		水質調整タンク気相部へリウムガス供 給弁 全閉	1			○									
133	P-AV-54	水質調整タンク排気弁 全開	1			○								○	
134		水質調整タンク排気弁 全閉	1			○									

表 3.2.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (10/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場				制御盤				照射制御室				備考
				指示	警報	指示	警報	GOT		指示	警報	ハード			状態表示	警報
								状態表示	警報			状態表示	警報	記録アナログ接点		
135	P-AV-55	サージタンクヘリウムガス供給弁 全開	1					○						○		
136		サージタンクヘリウムガス供給弁 全開	1					○								
137	P-AV-56	サージタンクヘリウムガス排気弁 全開	1					○						○		
138		サージタンクヘリウムガス排気弁 全開	1					○								
139	P-AV-301	クラッド排出弁 全開	1					○						○		
140		クラッド排出弁 全開	1					○								
141		受電	1													
142	P-HT1A	加熱器 A 運転	1					○						○		
143		加熱器 A 停止	1					○								
144	P-HT1B	加熱器 B 運転	1					○						○		
145		加熱器 B 停止	1					○								
146	P-P1A	主ポンプ A 運転	1					○						○		
147		主ポンプ A 停止	1					○								
148	P-P1B	主ポンプ B 運転	1					○						○		
149		主ポンプ B 停止	1					○								

表 3.2.1-5 軽水炉実機水環境模擬照射装置 (PWR 用水環境模擬照射装置) 監視項目リスト (11/11)

No.	Tag No.	監視項目名称	員数	現場		制御盤						照射制御室				備考
				指示	警報	GOT		ハード		PC(SCADA)						
						状態表示	警報	指示	状態表示	警報	指示	状態表示	記録 アナログ	警報 接点		
150	P-P2	水質調整タンク循環ポンプ 運転	1			○				○			○			
151		水質調整タンク循環ポンプ 停止	1			○				○						
152	P-P4	亜鉛供給ポンプ 運転	1			○				○			○			
153		亜鉛供給ポンプ 停止	1			○				○						
154	P-P5	リチウム供給ポンプ 運転	1			○				○			○			
155		リチウム供給ポンプ 停止	1			○				○						
156	P-P6	ホウ素供給ポンプ 運転	1			○				○			○			
157		ホウ素供給ポンプ 停止	1			○				○						
158	P-FC01	主ポンプ制御点選択 主ポンプ出口流量	1			○				○						
159		主ポンプ制御点選択 給水流量	1			○				○						
160		圧力調節弁選択 A 系	1			○				○			○			
161		圧力調節弁選択 B 系	1			○				○			○			
162		主ポンプ起動許可	1							○						
163		操作場所選択 制御盤	1										○			
164		操作場所選択 PC	1										○			

表 3.2.1-6 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）
操作項目リスト（1/3）

No.	機器番号	操作項目名称	操作開閉器の員数及び種類		
			制御盤		照射制御室
			GOT	ハード	PC(SCADA)
1	P-AV-01	サージタンク連絡弁 開		PBL×1	PB×1
2		サージタンク連絡弁 閉		PBL×1	PB×1
3	P-AV-07A	イオン交換塔(IX1A)出口弁 開		PBL×1	PB×1
4		イオン交換塔(IX1A)出口弁 閉		PBL×1	PB×1
5	P-AV-07B	イオン交換塔(IX1B)出口弁 開		PBL×1	PB×1
6		イオン交換塔(IX1B)出口弁 閉		PBL×1	PB×1
7	P-AV-09	水質調整タンク補給水供給弁 開	PB×1		PB×1
8		水質調整タンク補給水供給弁 閉	PB×1		PB×1
9	P-AV-10A	サンプリング選択弁（キャプセル出口 A） 開		PBL×1	PB×1
10		サンプリング選択弁（キャプセル出口 A） 閉		PBL×1	PB×1
11	P-AV-10B	サンプリング選択弁（キャプセル出口 B） 開		PBL×1	PB×1
12		サンプリング選択弁（キャプセル出口 B） 閉		PBL×1	PB×1
13	P-AV-11	サンプリング選択弁（キャプセル入口） 開		PBL×1	PB×1
14		サンプリング選択弁（キャプセル入口） 閉		PBL×1	PB×1
15	P-AV-21	イオン交換塔(IX4,5)バイパス弁 開		PBL×1	PB×1
16		イオン交換塔(IX4,5)バイパス弁 閉		PBL×1	PB×1
17	P-AV-22	イオン交換塔(IX4)出口弁 開		PBL×1	PB×1
18		イオン交換塔(IX4)出口弁 閉		PBL×1	PB×1
19	P-AV-23	イオン交換塔(IX5)出口弁 開		PBL×1	PB×1
20		イオン交換塔(IX5)出口弁 閉		PBL×1	PB×1
21	P-AV-53	水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給弁 開	PB×1		PB×1
22		水質調整タンク気相部ヘリウムガス供給弁 閉	PB×1		PB×1

表 3.2.1-6 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）
操作項目リスト（2/3）

No.	機器番号	操作項目名称	操作開閉器の員数及び種類		
			制御盤		照射制御室
			GOT	ハード	PC(SCADA)
23	P-AV-54	水質調整タンク排気弁 開	PB×1		PB×1
24		水質調整タンク排気弁 閉	PB×1		PB×1
25	P-AV-55	サージタンクヘリウムガス供給弁 開	PB×1		PB×1
26		サージタンクヘリウムガス供給弁 閉	PB×1		PB×1
27	P-AV-56	サージタンクヘリウムガス排気弁 開	PB×1		PB×1
28		サージタンクヘリウムガス排気弁 閉	PB×1		PB×1
29	P-AV-301	クラッド排出弁 開		PBL×1	PB×1
30		クラッド排出弁 閉		PBL×1	PB×1
31	P-HT1A	加熱器 A 運転		PBL×1	PB×1
32		加熱器 A 停止		PBL×1	PB×1
33	P-HT1B	加熱器 B 運転		PBL×1	PB×1
34		加熱器 B 停止		PBL×1	PB×1
35	P-P1A	主ポンプ A 運転		PBL×1	PB×1
36		主ポンプ A 停止		PBL×1	PB×1
37	P-P1B	主ポンプ B 運転		PBL×1	PB×1
38		主ポンプ B 停止		PBL×1	PB×1
39	P-P2	水質調整タンク循環ポンプ 運転		PBL×1	PB×1
40		水質調整タンク循環ポンプ 停止		PBL×1	PB×1
41	P-P4	亜鉛供給ポンプ 運転		PBL×1	PB×1
42		亜鉛供給ポンプ 停止		PBL×1	PB×1
43	P-P5	リチウム供給ポンプ 運転		PBL×1	PB×1
44		リチウム供給ポンプ 停止		PBL×1	PB×1

表 3.2.1-6 軽水炉実機水環境模擬照射装置（PWR 用水環境模擬照射装置）

操作項目リスト（3/3）

No.	機器番号	操作項目名称	操作開閉器の員数及び種類		
			制御盤		照射制御室
			GOT	ハード	PC(SCADA)
45	P-P6	ホウ素供給ポンプ 運転		PBL×1	PB×1
46		ホウ素供給ポンプ 停止		PBL×1	PB×1
47		圧力調節弁選択 A 系		COS×1	PB×1
48		圧力調節弁選択 B 系			PB×1
49	P-FC01	主ポンプ制御点選択 主ポンプ出口流量	PB×1		PB×1
50		主ポンプ制御点選択 給水流量	PB×1		PB×1
51		自動サンプリング系統選択 入口			PB×1
52		自動サンプリング系統選択 A 出口			PB×1
53		自動サンプリング系統選択 B 出口			PB×1
54		自動サンプリング 開始			PB×1
55		自動サンプリング 停止			PB×1
56		制御開始	PB×1		
57		制御停止	PB×1		
58		サージタンク制御 自動	PB×1		
59		サージタンク制御 手動	PB×1		
60		操作場所選択 制御盤		COS×1	
61		操作場所選択 PC			
62		ランプテスト		PB×1	
63		警報停止		PB×1	
64		警報リセット		PB×1	

表 3.3.1-1 補給水系統機器リスト

機器 番号	機器 名称	形式	概略 寸法	主要 材料	機器 区分	ボイラ ー・圧力 容器の区 分	耐震 クラス	容量 (m³)	質量 (kg)	流体	設計条件						使用条件						雰囲気 条件		揚程		電動機		備考			
											内圧条件			外圧条件			内圧条件			温度			圧力			圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)		温度 (°C)	容量 (kW)	電圧 (V)
											温度 (°C)	圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)										
B-TK3	補給水タンク	たて置 円筒形	φ 1100×H1800 (外径×側高)	SUS316	—	第二種 圧力容器	一般 機器	1.5	約 2000 (運転時)	水、He	70	0.5	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	—	—				
B-P3	補給水タンク 循環ポンプ	キャンパドモ ータポンプ	L590×W210 ×H435	SCS14	—	—	一般 機器	流量 2 m³/h	約 57	水	70	0.5	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	0.25 (25 m)	1.5	200	200	常用流量 1 m³/h					
B-IX3	補給水タンク イオン交換塔	たて置 円筒形	φ 267.4×H1235 (外径×側高)	SUS316LTP	—	—	一般 機器	0.06	約 300 (運転時)	水	70	0.5	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	樹脂容量 40 L (オルガ / PCM11L)					
B-UV1	UV ランプ	たて置 円筒形	φ 89.1×H1250 (外径×全高)	SUS304	—	—	—	処理 流量 3 m³/h	約 35	水	70	0.5	—	—	—	—	50	0.2	—	—	50	大気圧	—	—	—	—	常用流量 1 m³/h					

表 3.4.1-1 薬液注入系購入機器リスト

機器 番号	機器 名称	形式	概略 寸法	主要 材料	機器 区分	ボイラ ー・圧力 容器の区 分	耐震 クラス	仕様 m³/h	質量 (kg)	流体	設計条件				使用条件				雰囲気 条件				電動機		品番	備考
											内圧条件		内圧条件		内圧条件		内圧条件		圧力		容量					
											温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	容量 (kW)	電圧 (V)						
P-P-801	供給ポンプ	カスケード マグネット	約 L522×W235 ×H265	SCS14	—	第二種 圧力容器	一般 機器	0.3~2.1 m³/h	約47 kg	水	50	0.7	30	0.5	25	大気圧	0.5	1.5	200	MSW251						
P-F-801	流量計	電磁追従式	約φ300×H450	SUS316	—	—	一般 機器	0.1~0.6 m³/h	約6 kg	水	50	0.7	50	0.5	25	大気圧	—	—	—	—	—	—	—	常用流量 1 m³/h		
P-LT-811 P-LT-821	液位計	差圧式	約175×110 ×138	SCS14	—	—	一般 機器	0.5~100 kPa	約4 kg	水	50	0.1	50	0.5	25	大気圧	—	—	—	—	—	—	—	樹脂容量 40 L (オルガノ FCM11L)		

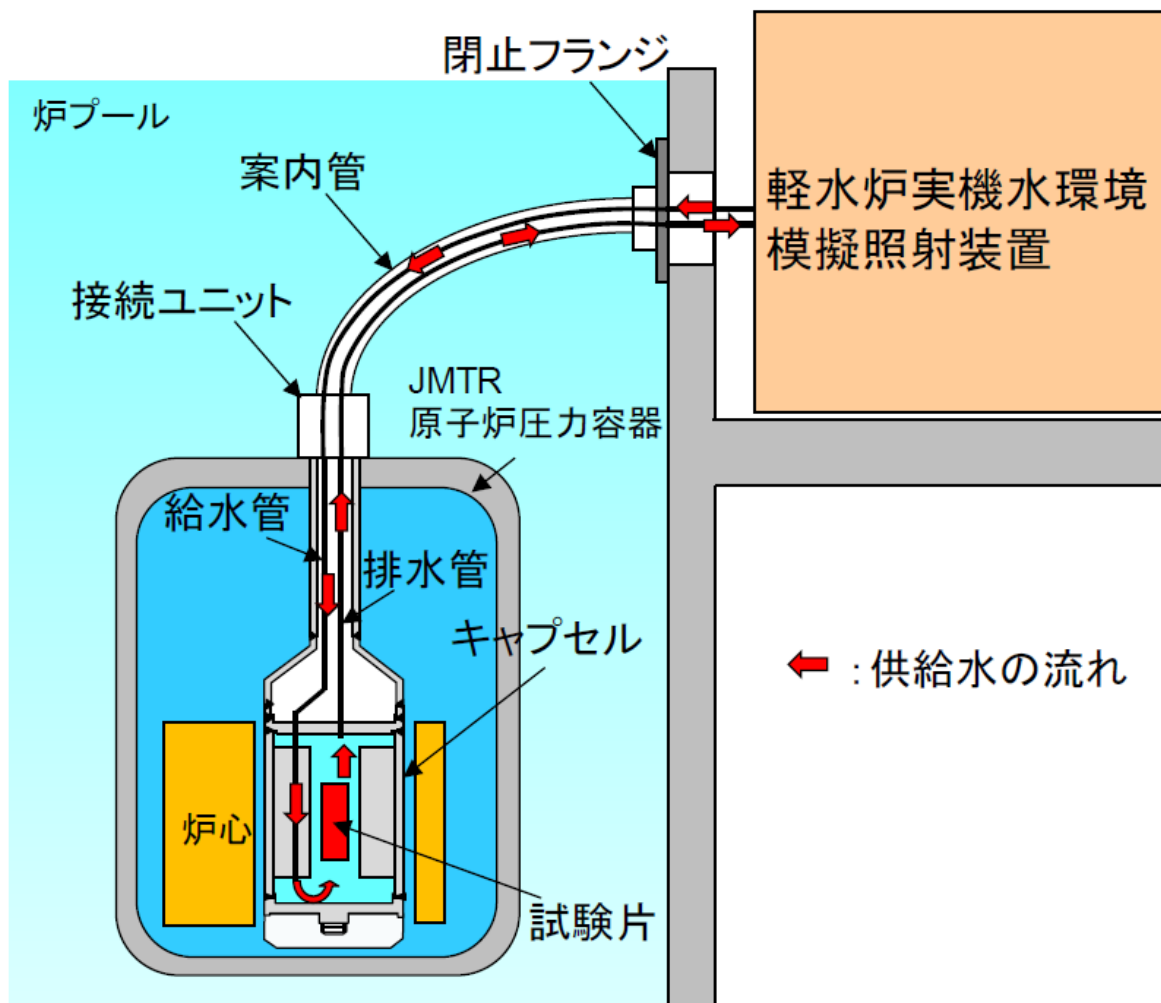


図 2-1 軽水炉実機水環境模擬照射装置の概略図

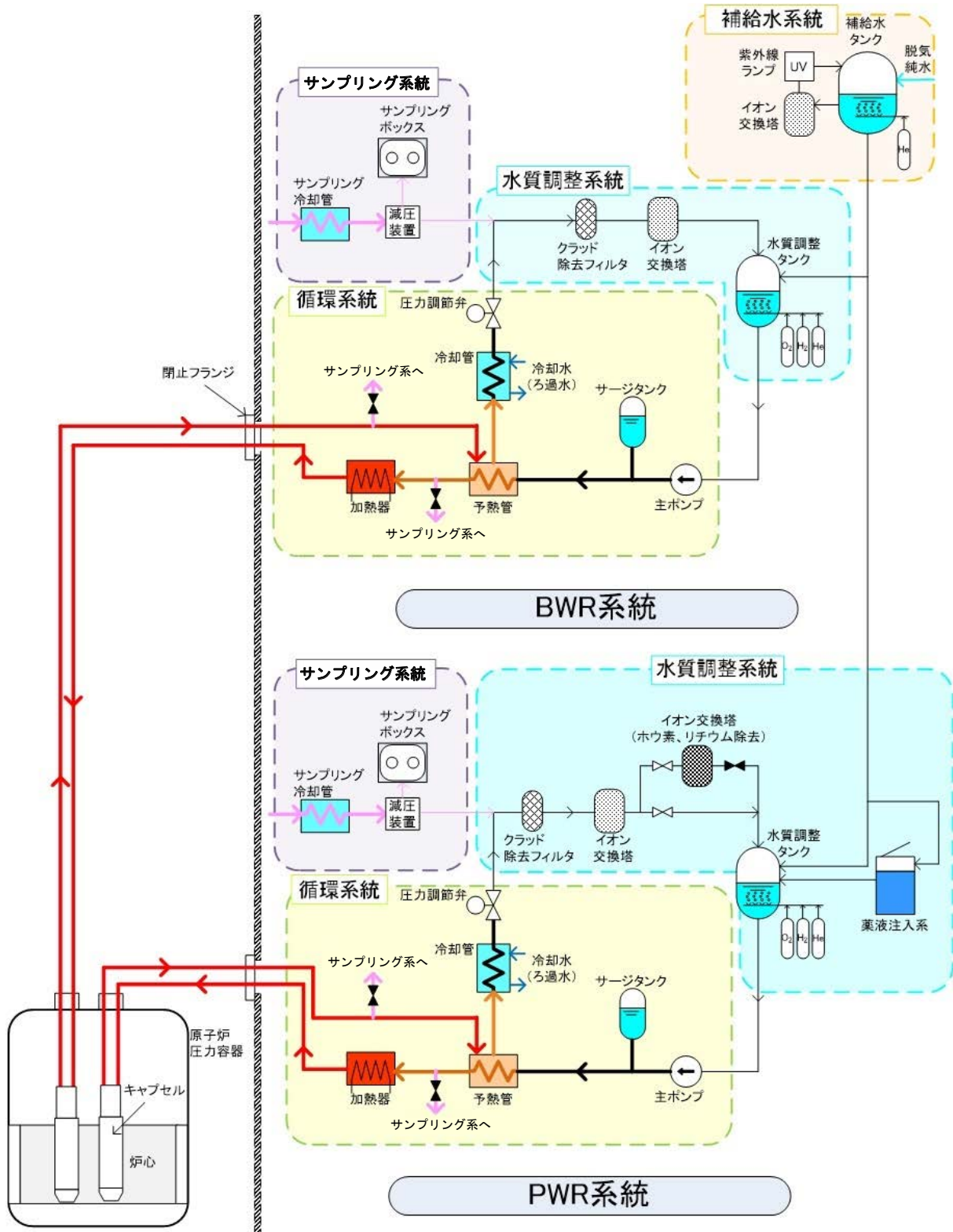


図 2-2 軽水炉実機水環境模擬照射装置の系統図

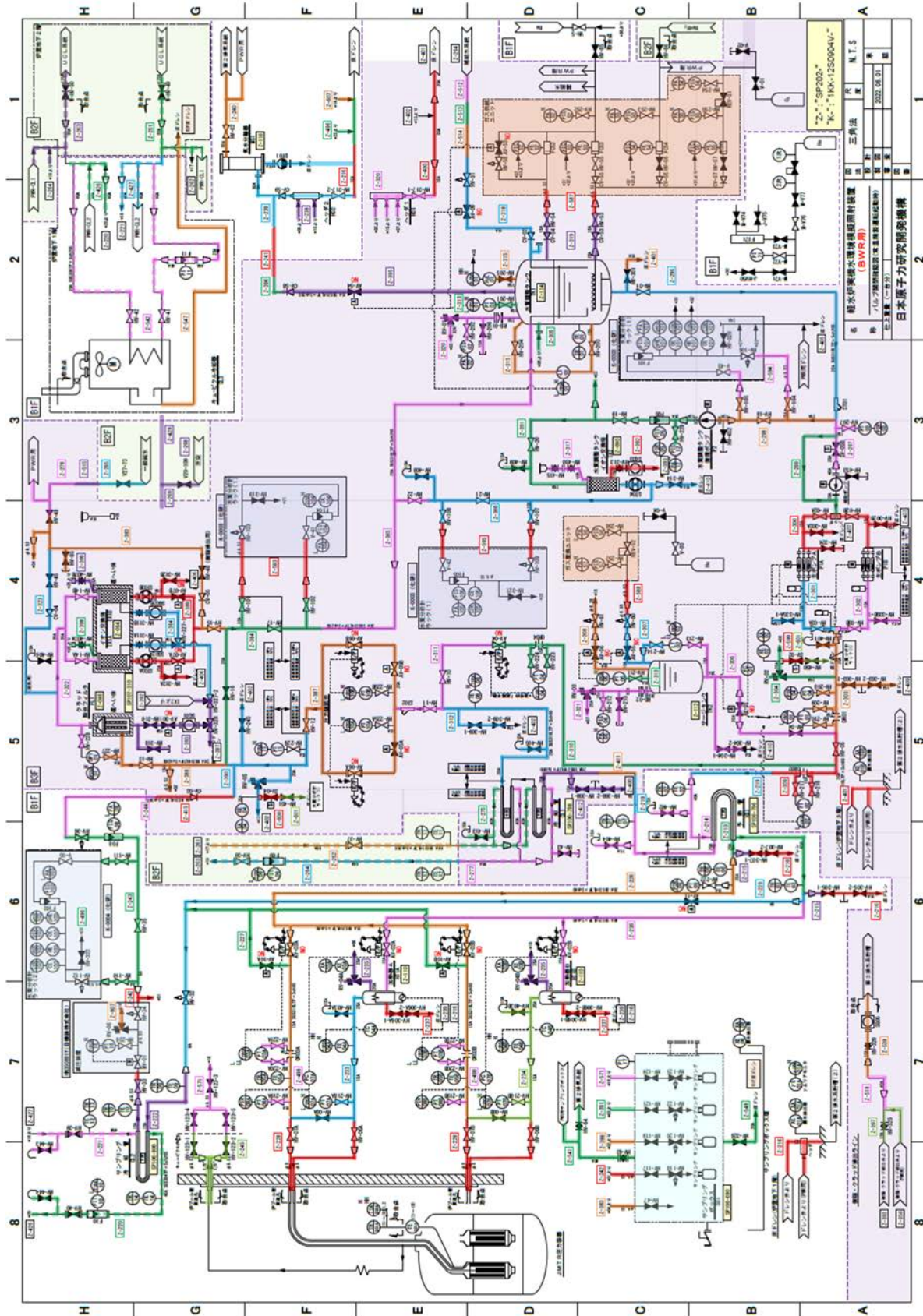


図 2-3 BWR 用水環境模擬照射装置の系統図

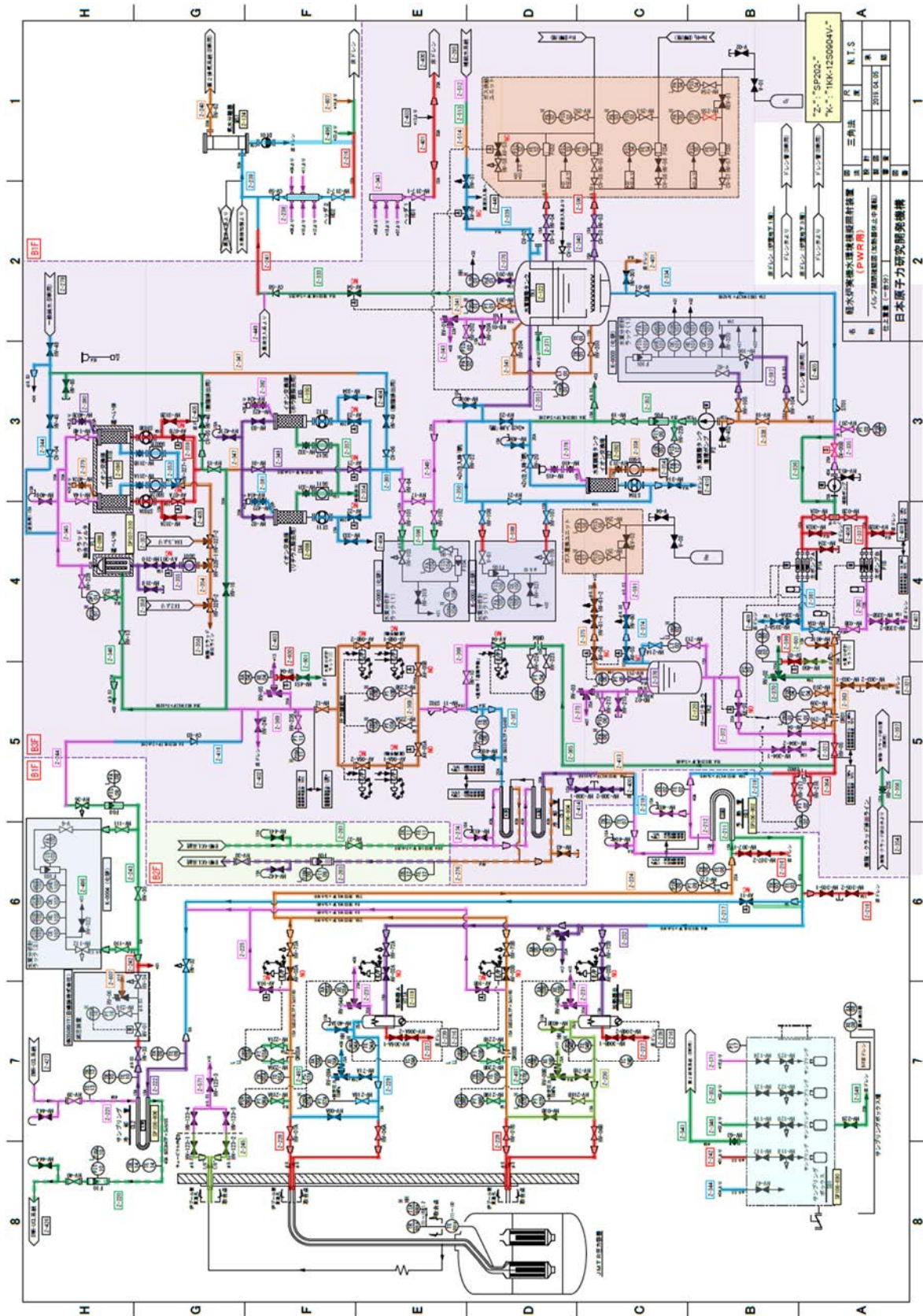
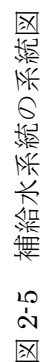
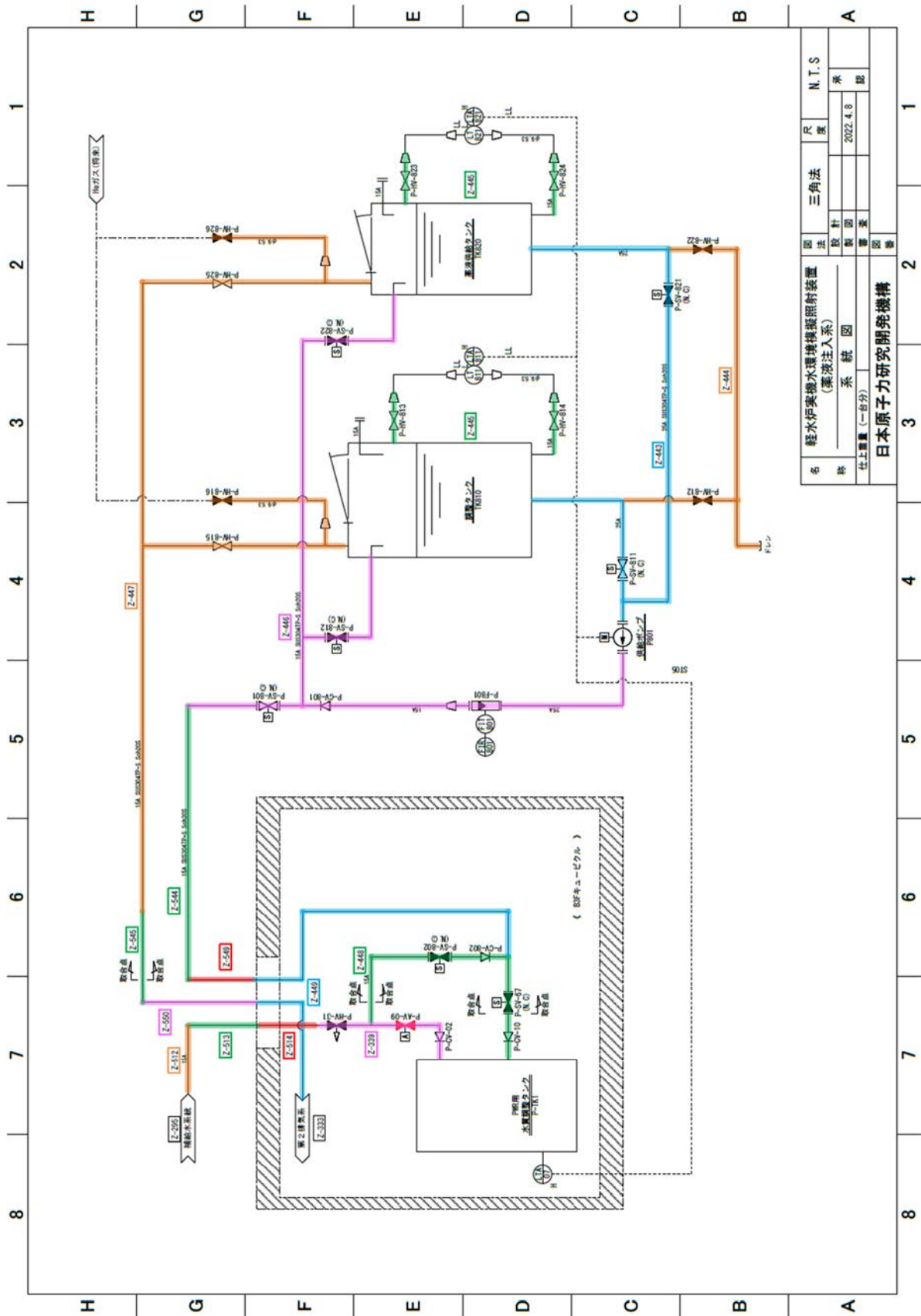
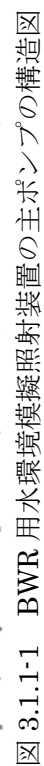


図 2-4 PWR 用水環境模擬照射装置の系統図







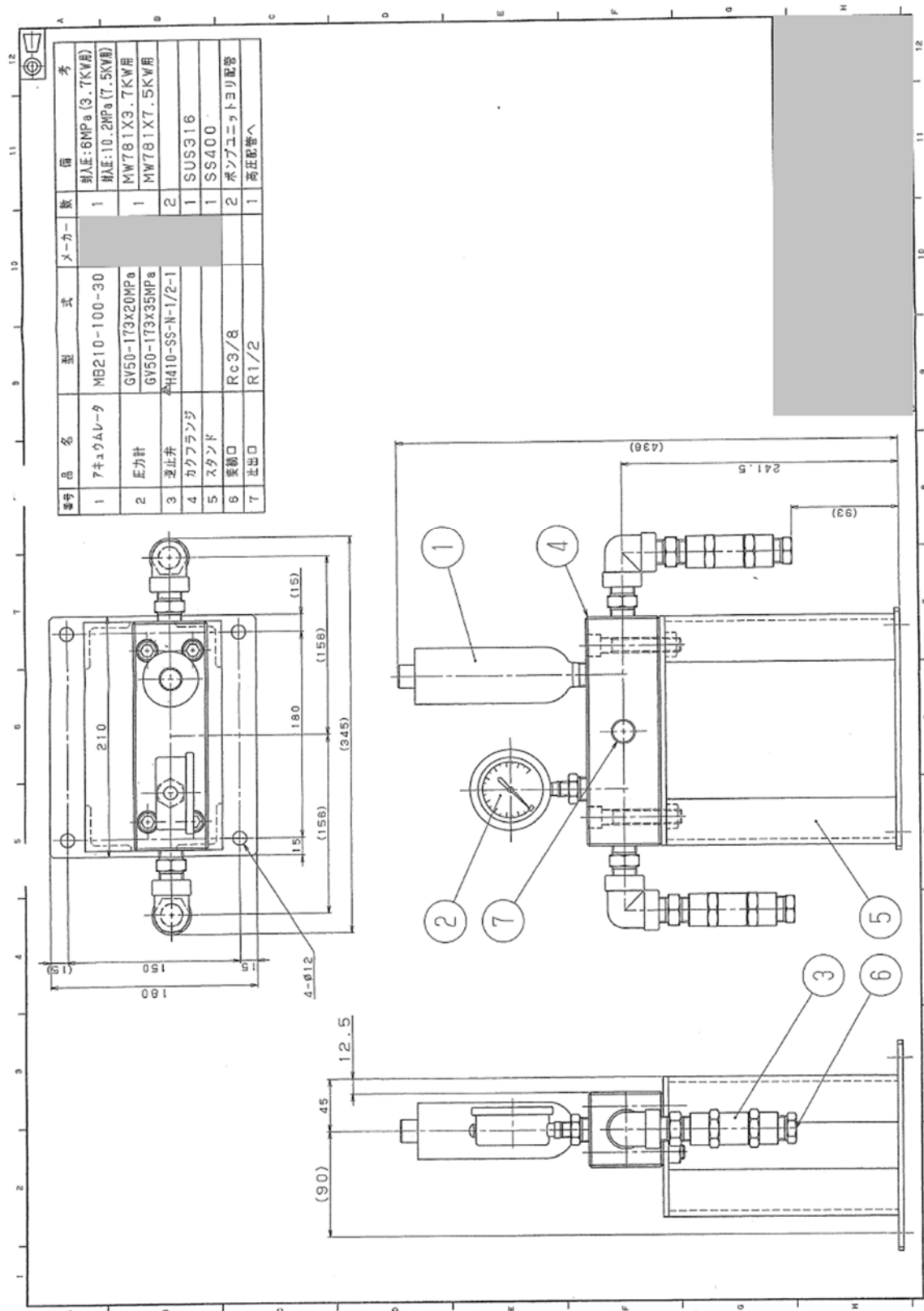


図 3.1.1-2 BWR 用水環境模擬照射装置のアキュムレータの構造図

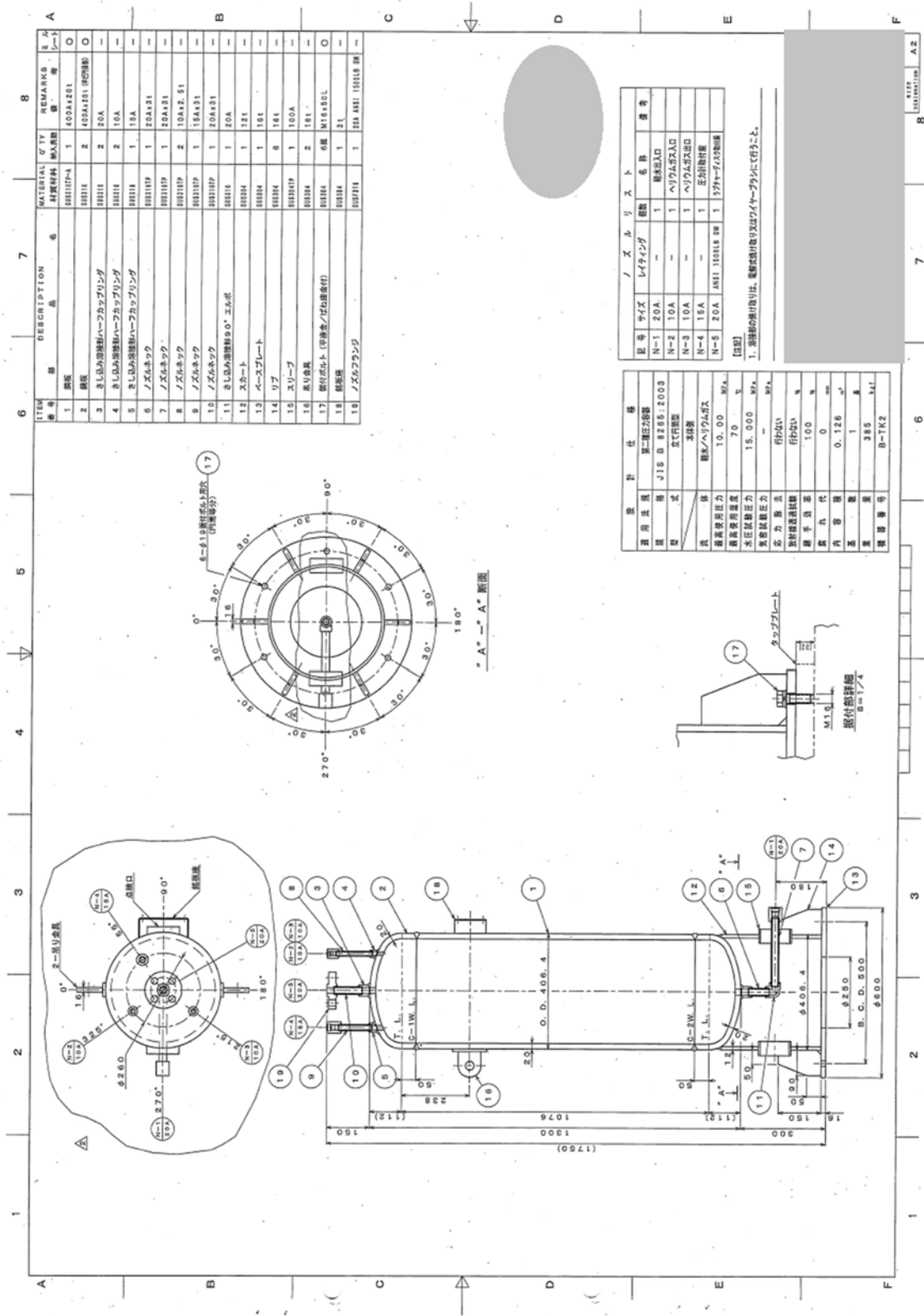
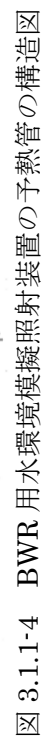


図 3.1.1-3 BWR 用水環境模擬照射装置のサージタンクの構造図



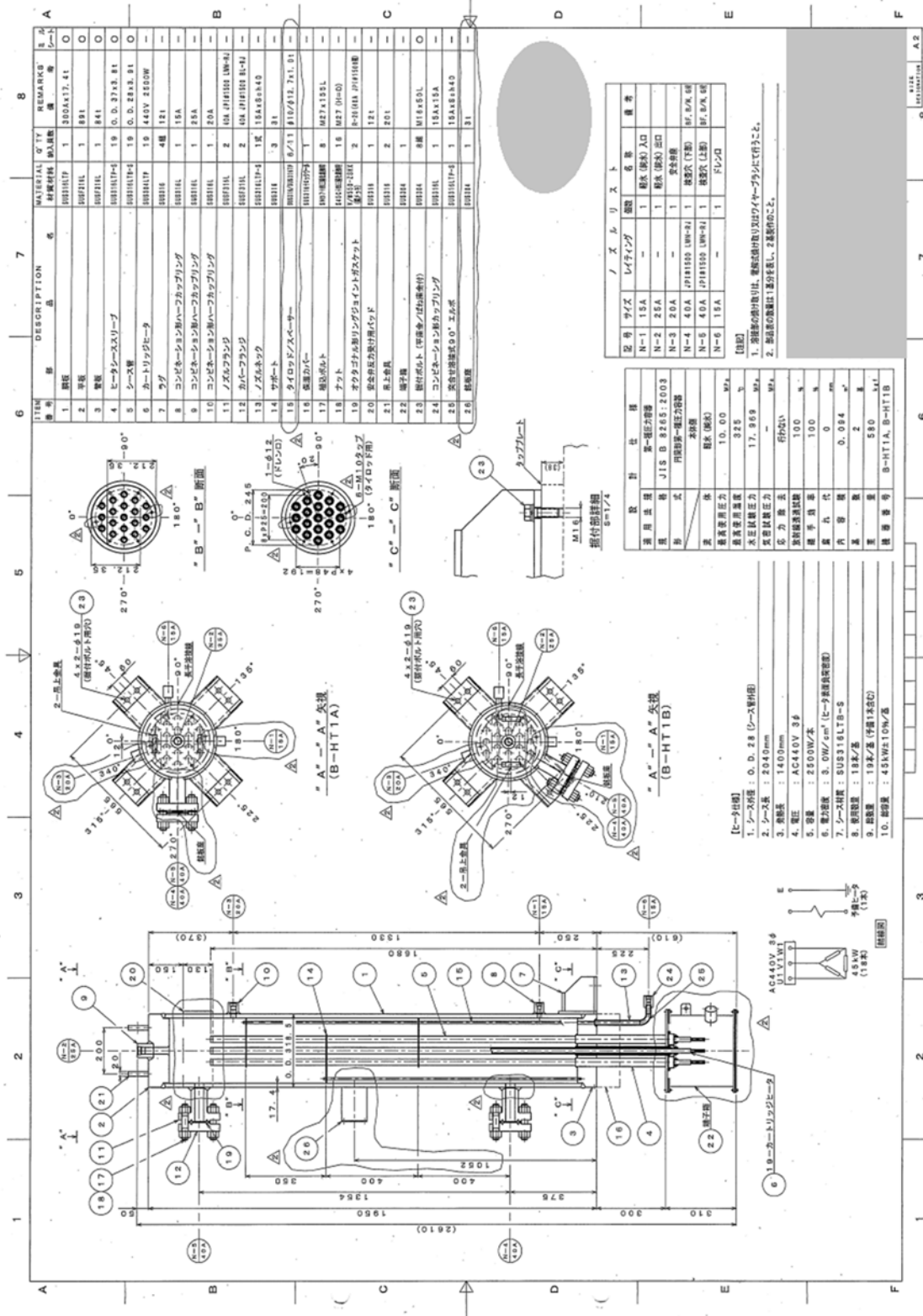


図 3.1.1-5 BWR 用水環境模擬照射装置の加熱器の構造図

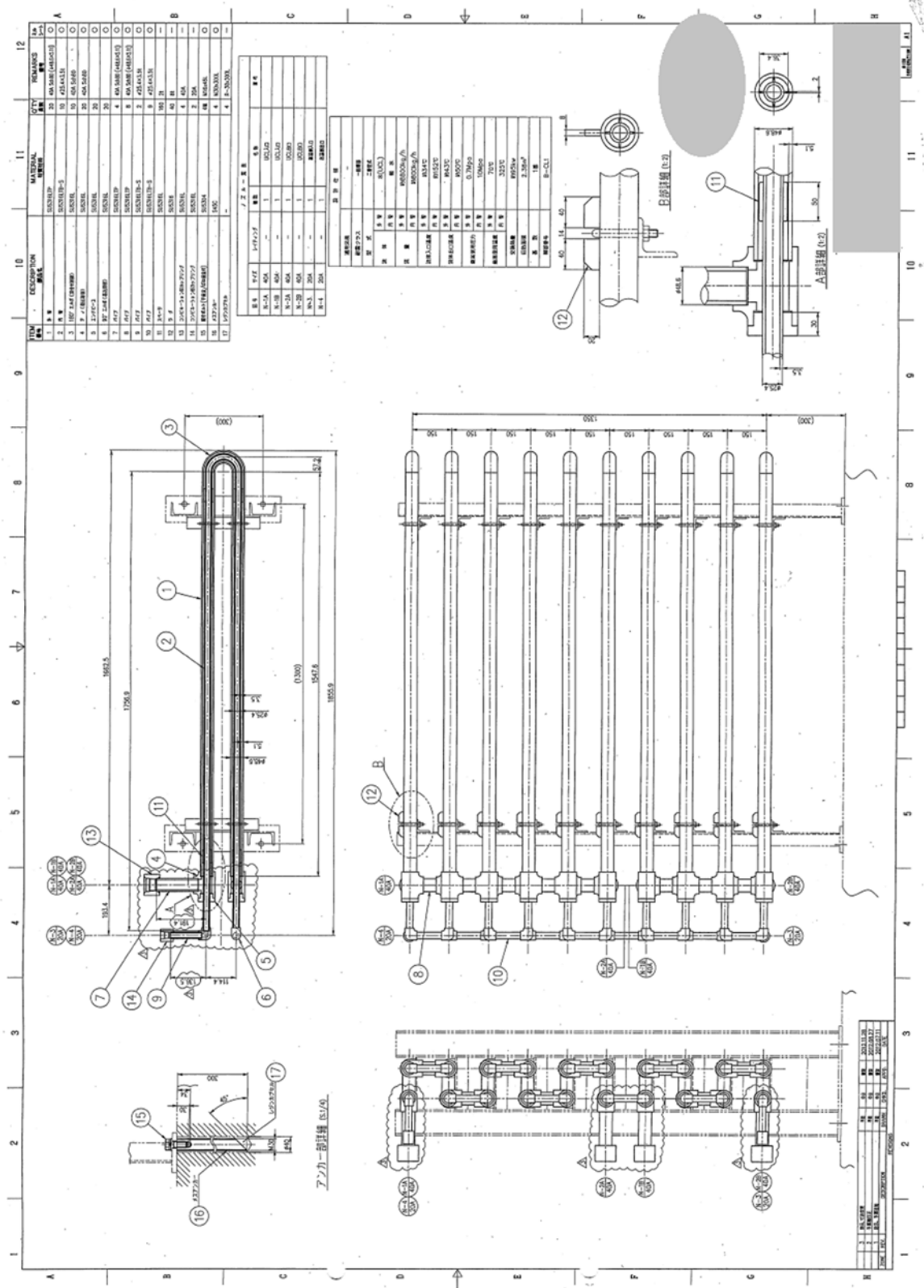
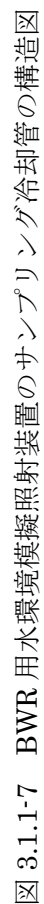
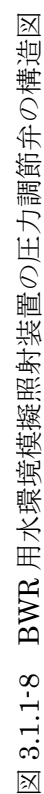


図 3.1.1-6 BWR 用水環境模擬照射装置の冷却管の構造図





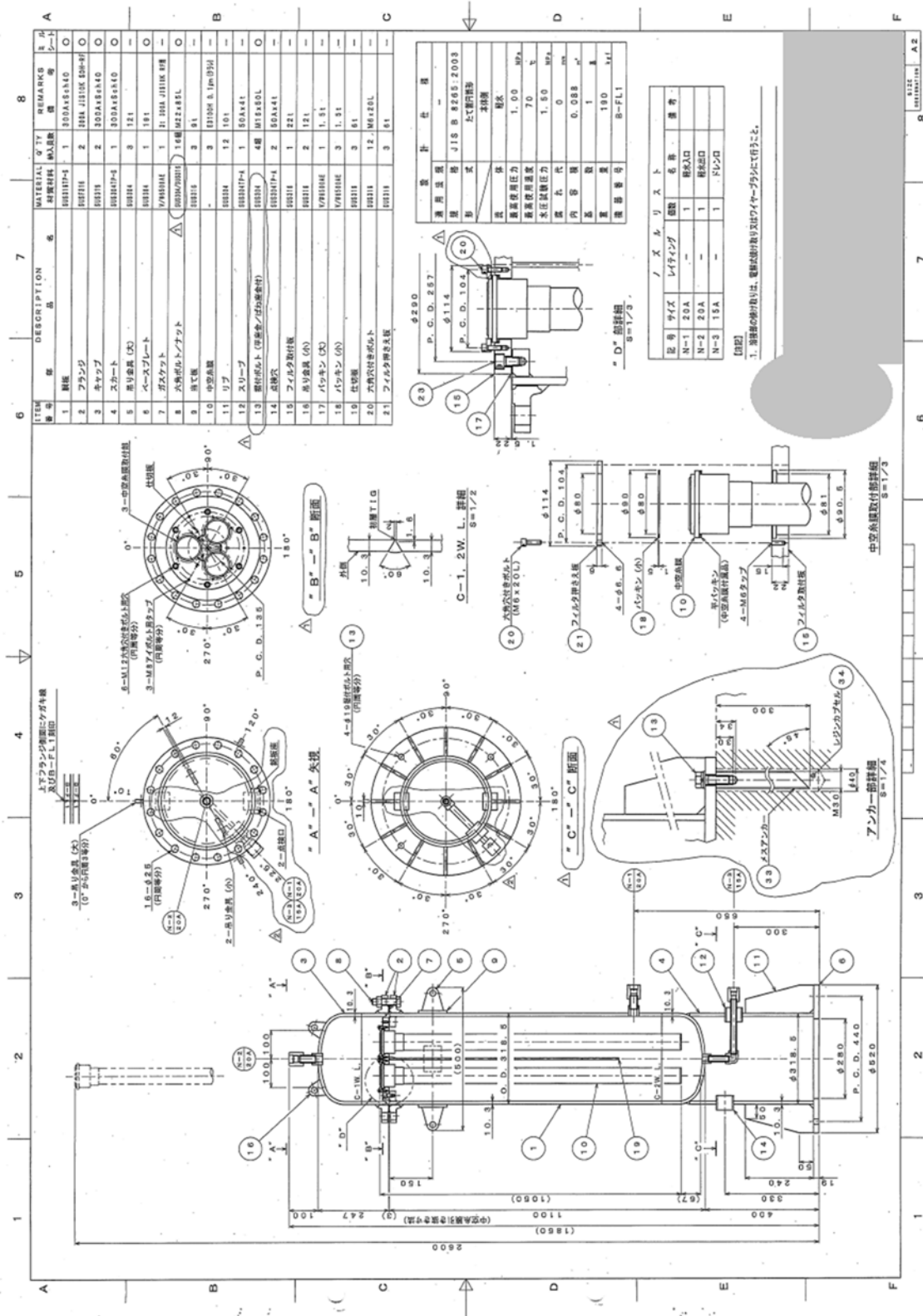


図 3.1.1-9 BWR 用水環境模擬照射装置のクラッド除去フィルタの構造図

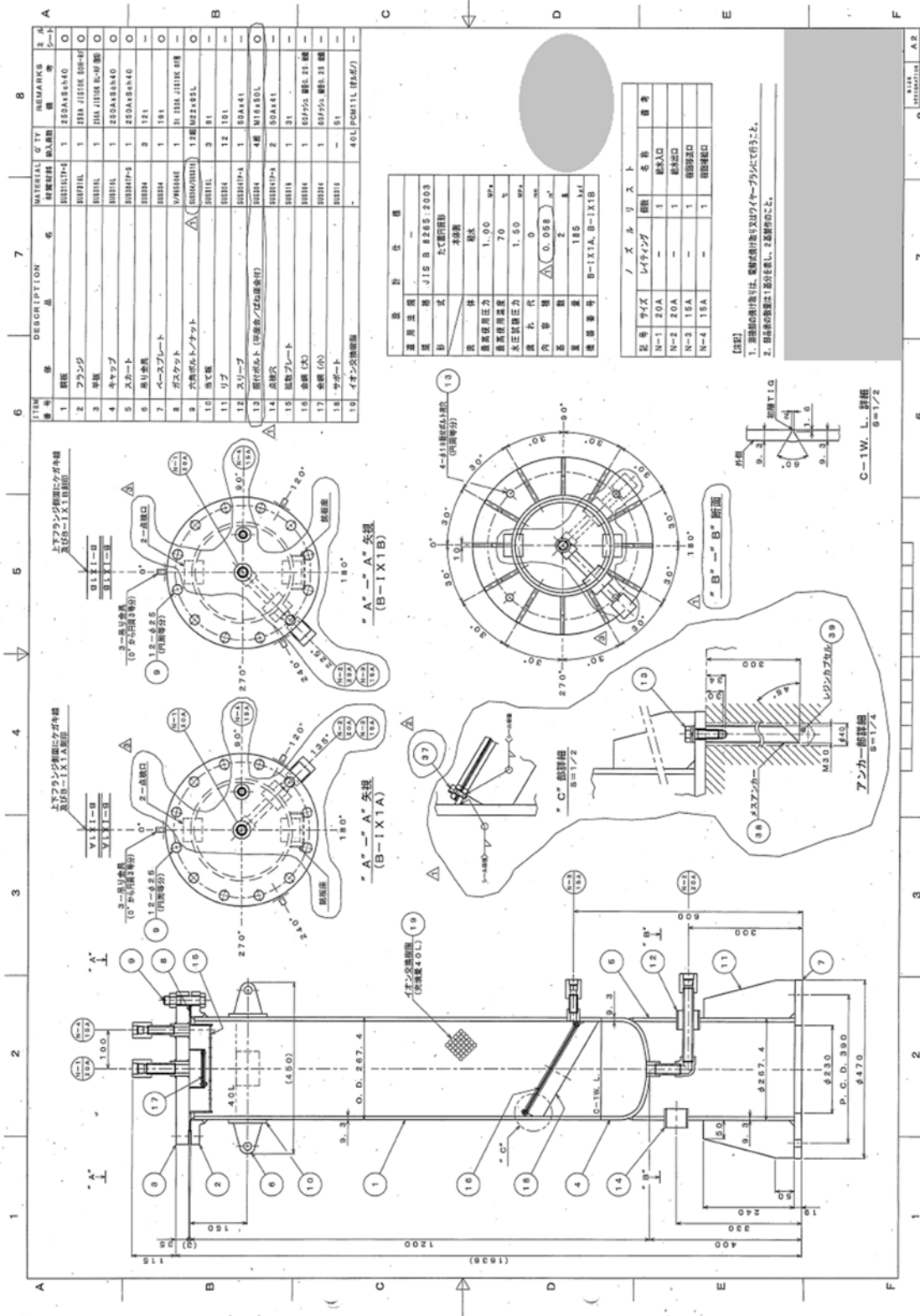
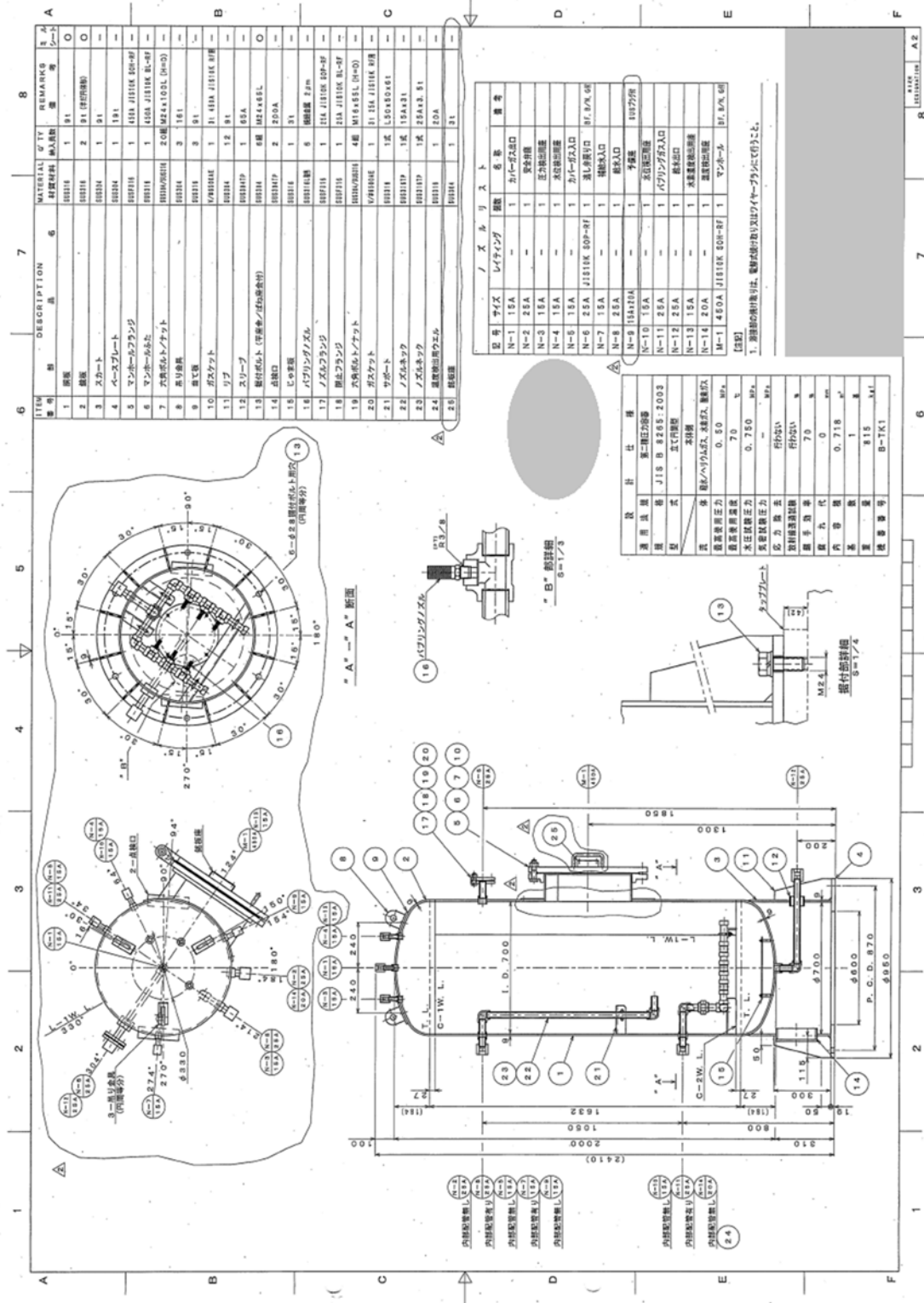


図 3.1.1-10 BWR 用水環境模擬照射装置のイオン交換塔 (不純物除去用) の構造図



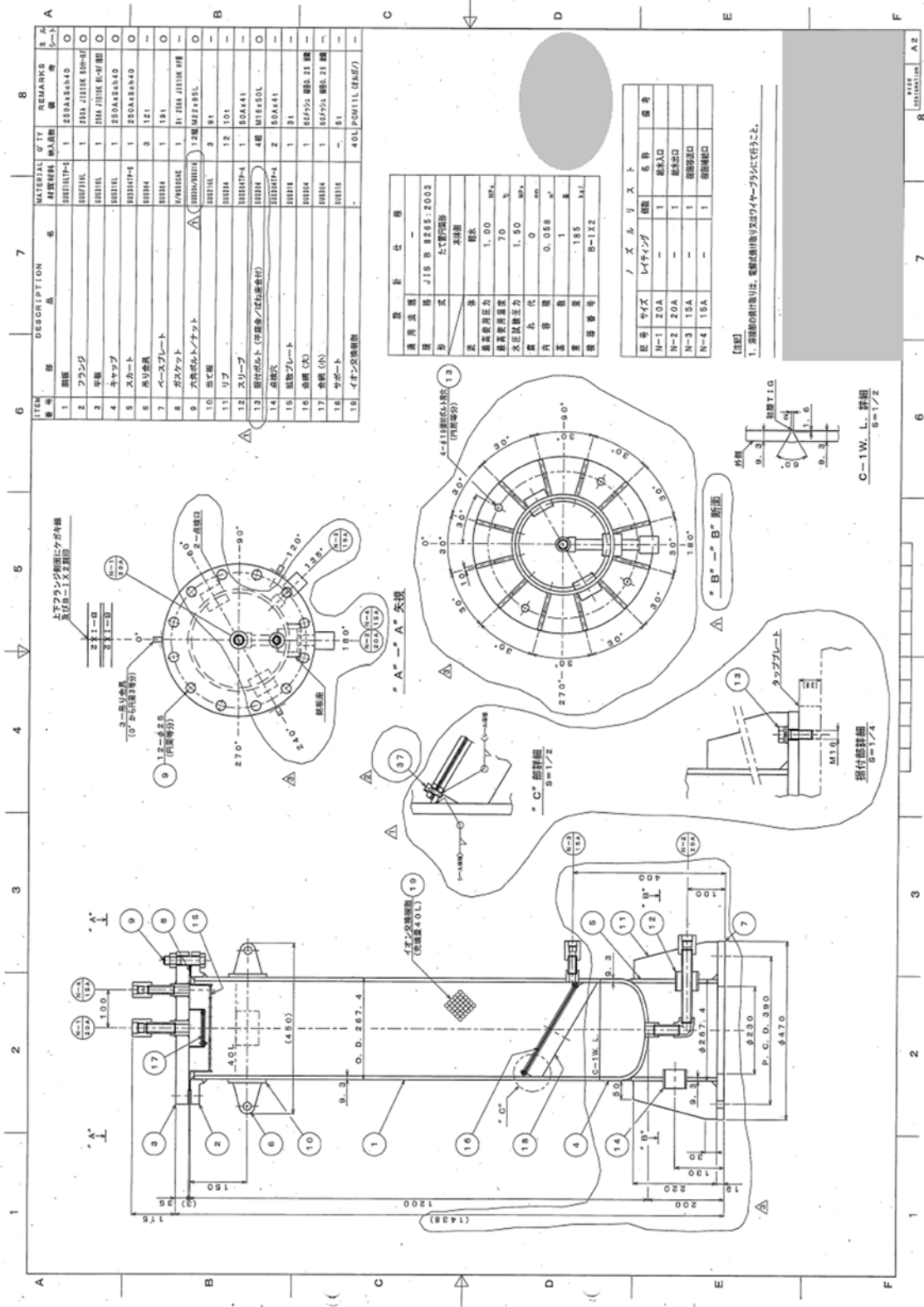


図 3.1.1-12 BWR 用水環境模擬照射装置の水質調整タンクイオン交換塔の構造図

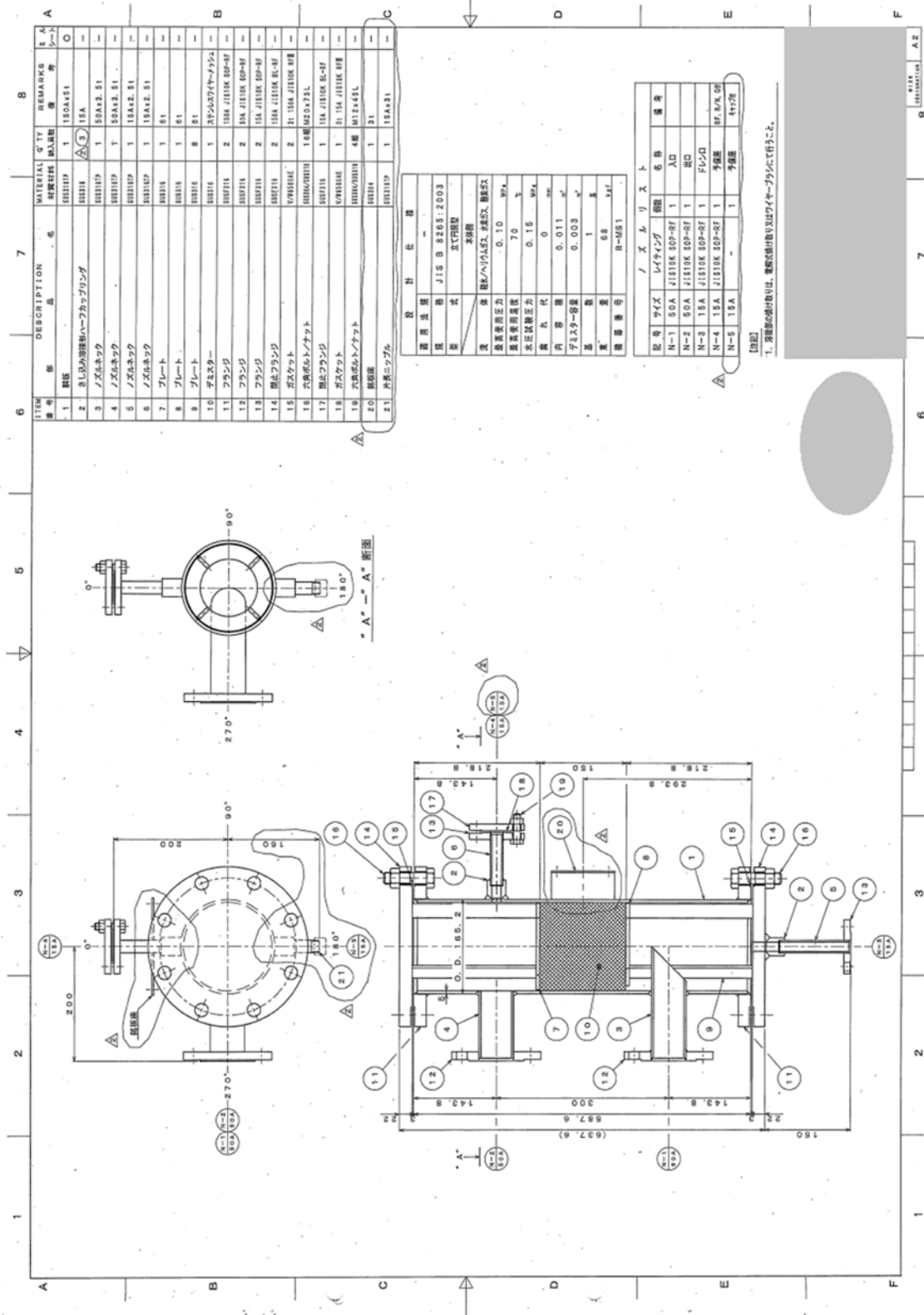


図 3.1.1-13 BWR 用水環境模擬照射装置の気水分離器の構造図

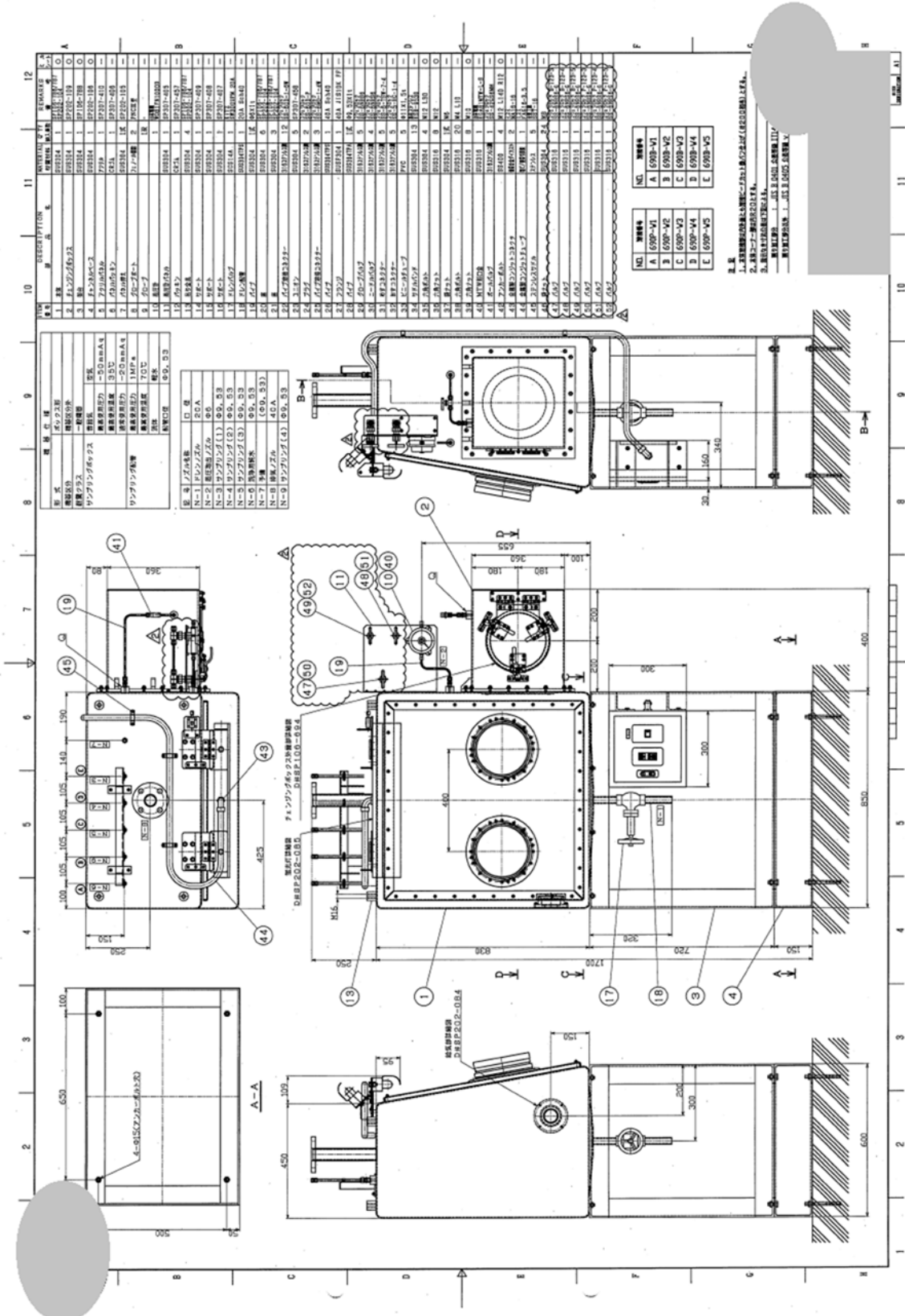
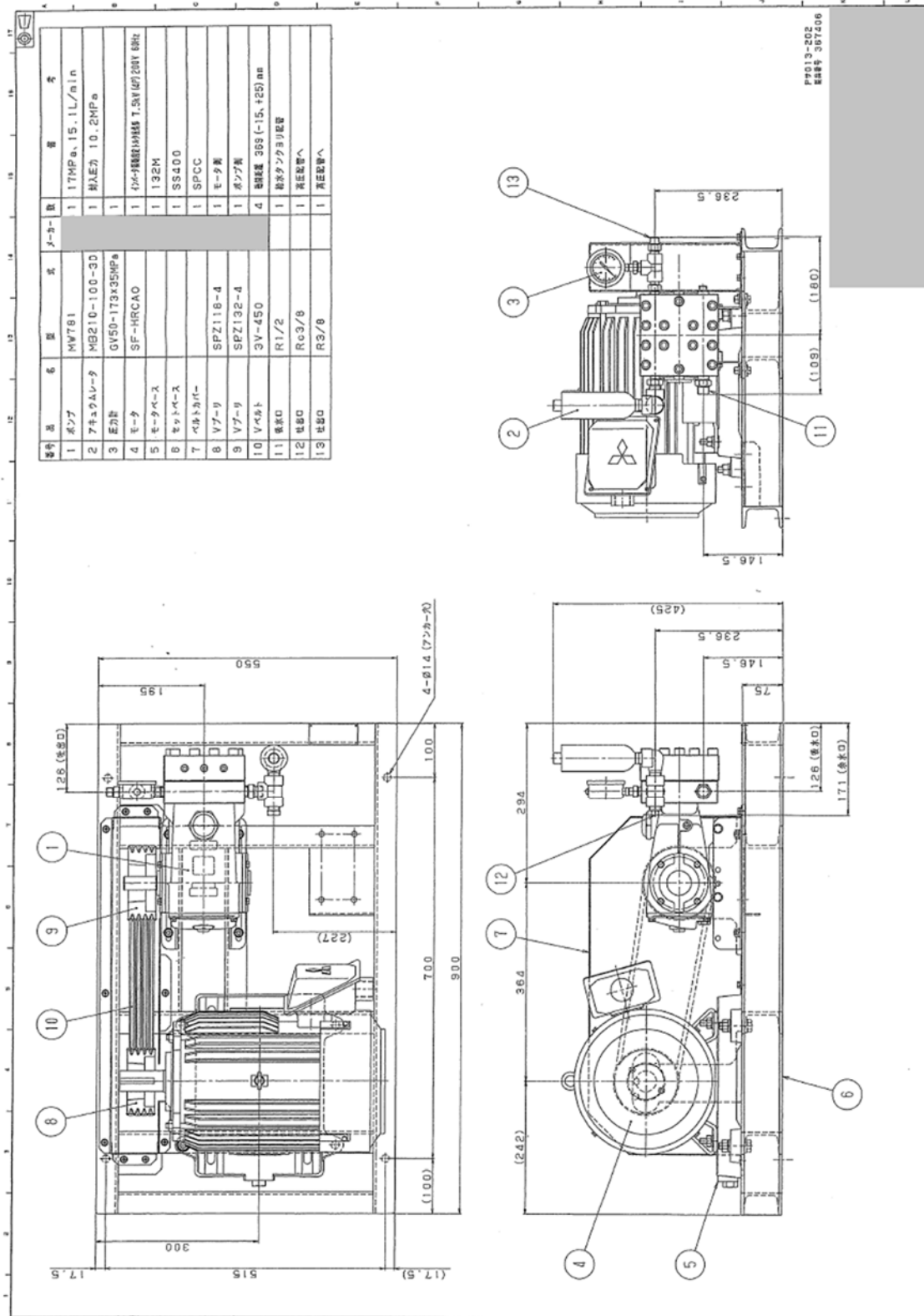


図3.1.1-14 BWR用及びPWR用水環境模擬照射装置のサンプリングボックスの構造図



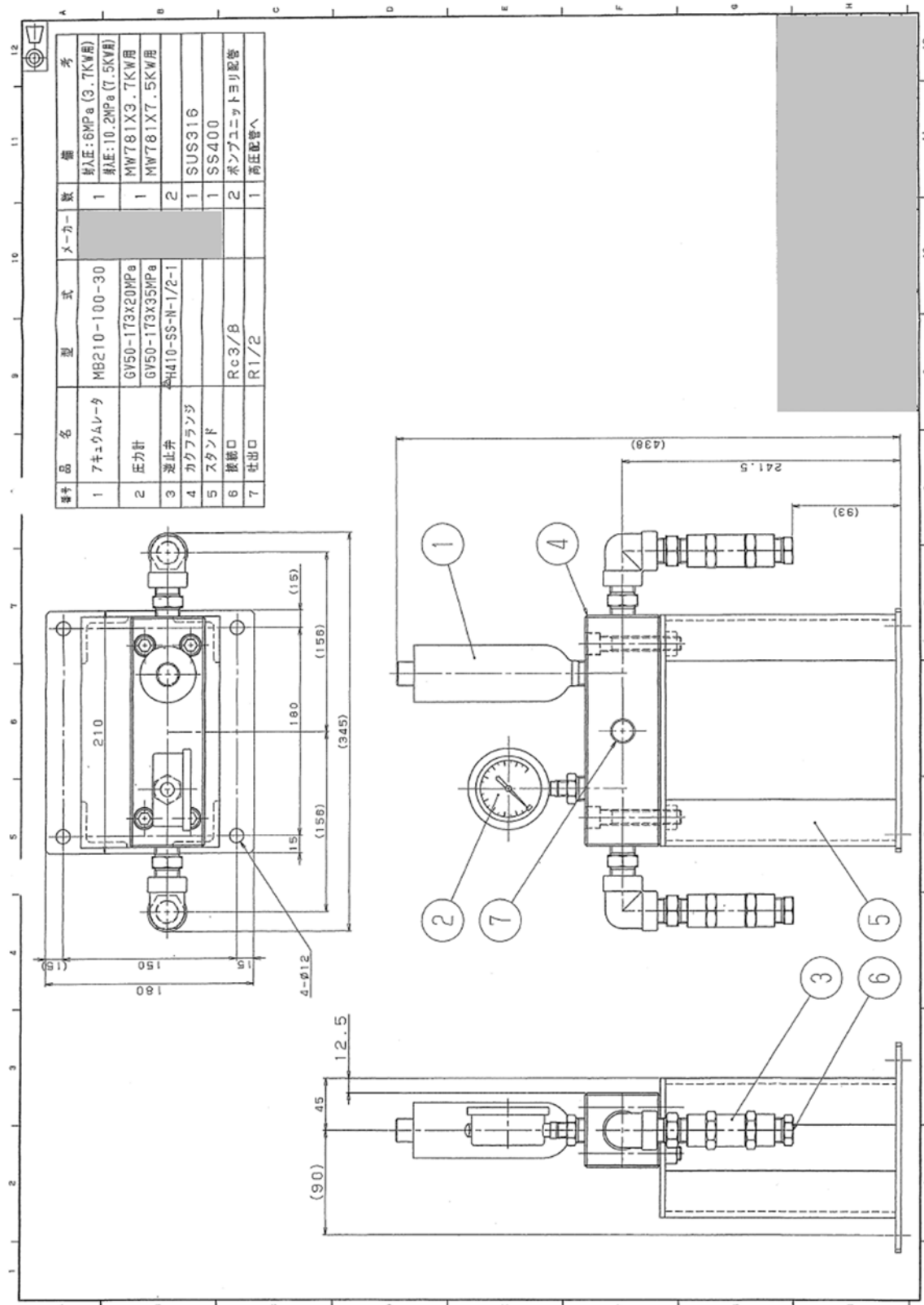
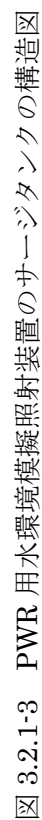


図 3.2.1-2 PWR 用水環境模擬照射装置のアクムレータの構造図



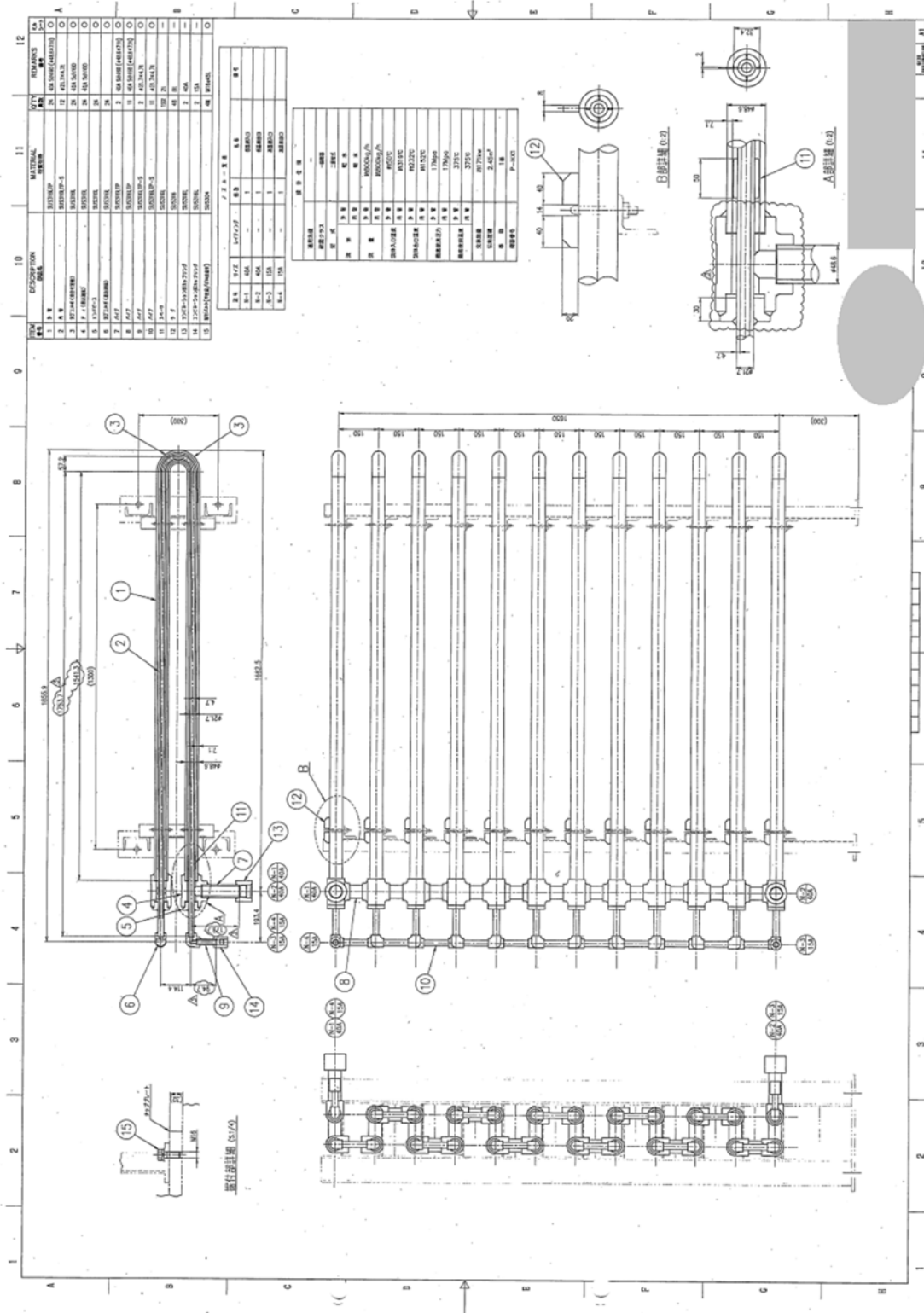


図 3.2.1-4 PWR 用水環境模擬照射装置の予熱管の構造図

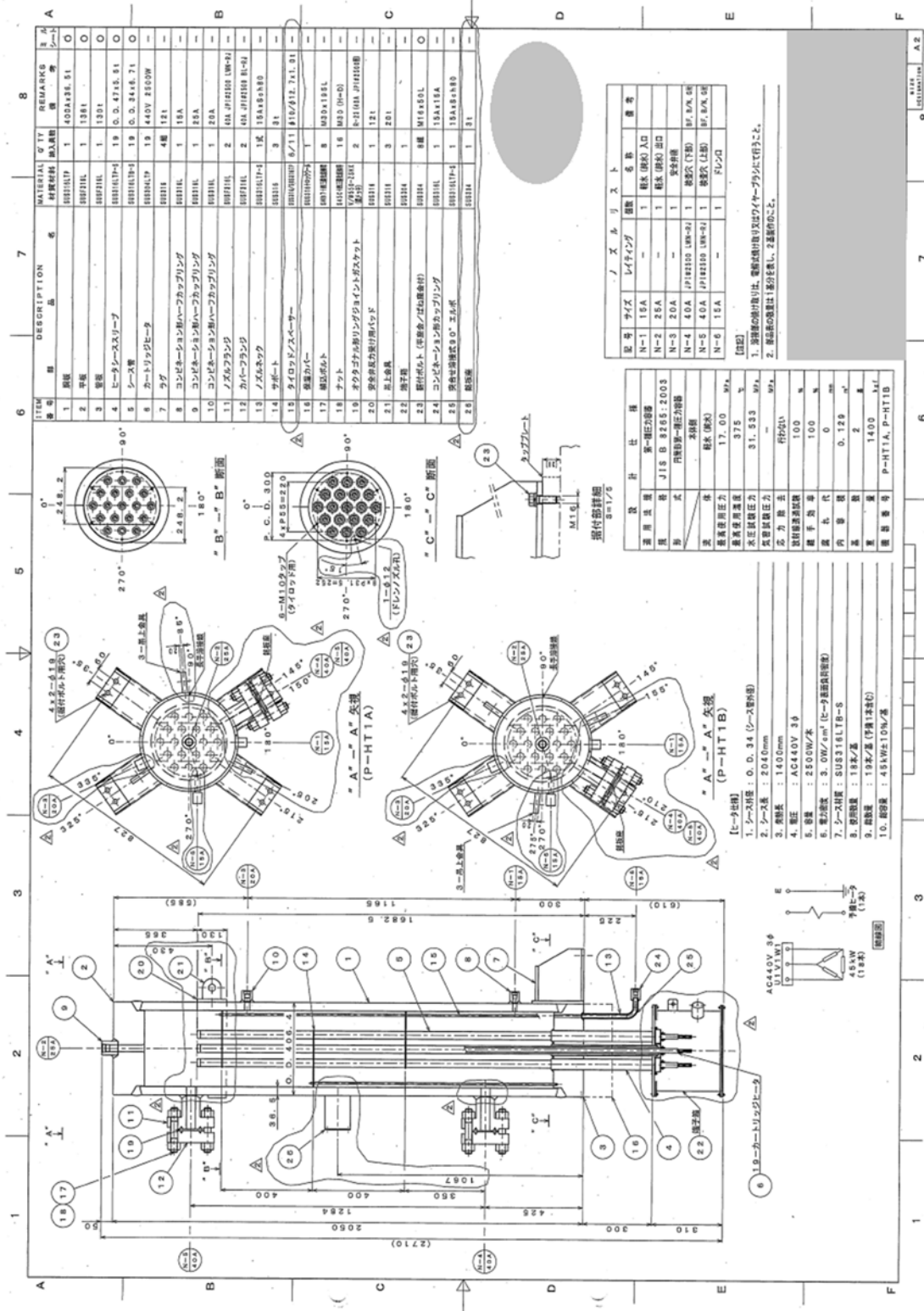


図 3.2.1-5 PWR 用水環境模擬照射装置の加熱器の構造図

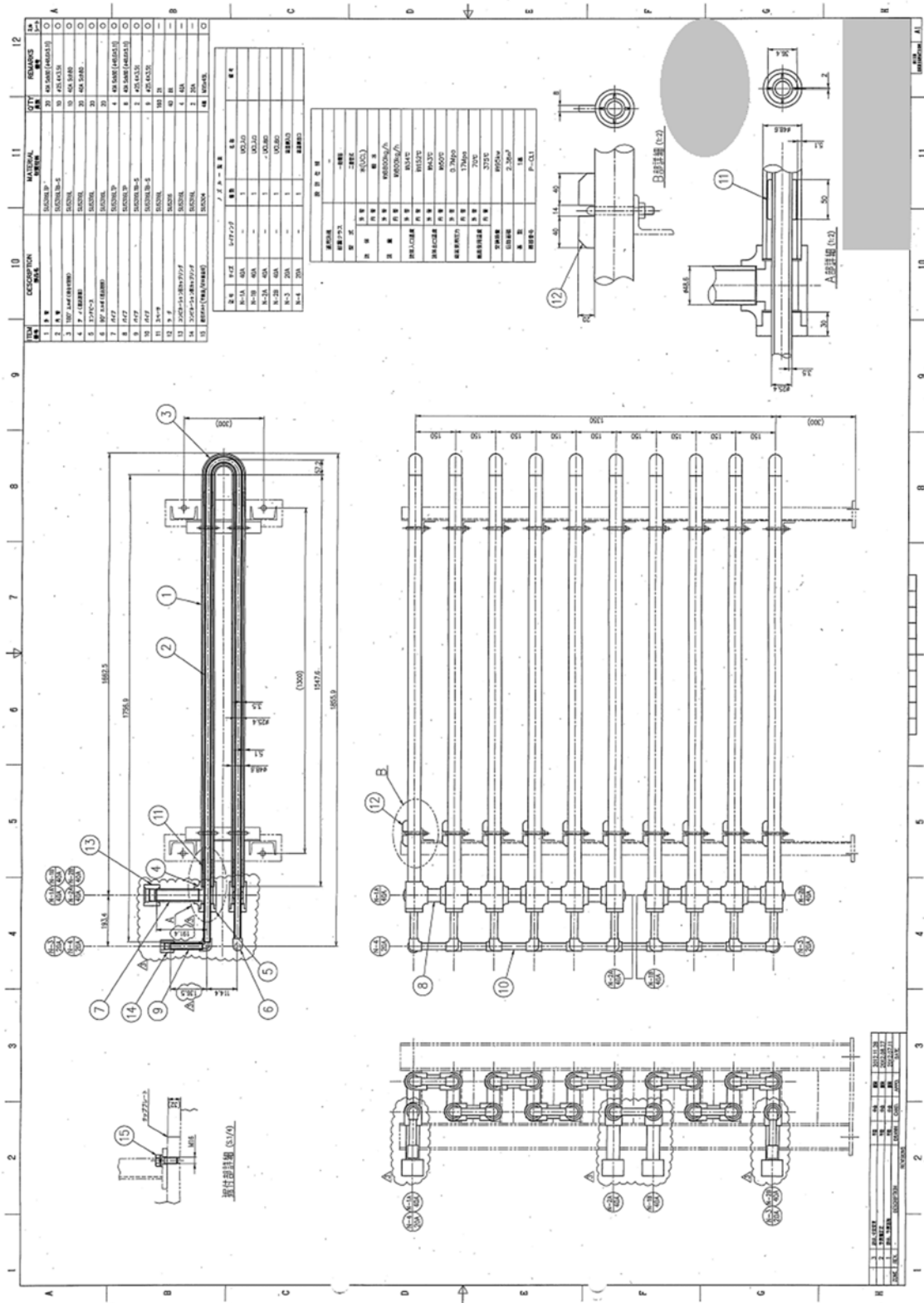


図 3.2.1-6 PWR 用水環境模擬照射装置の冷却管の構造図

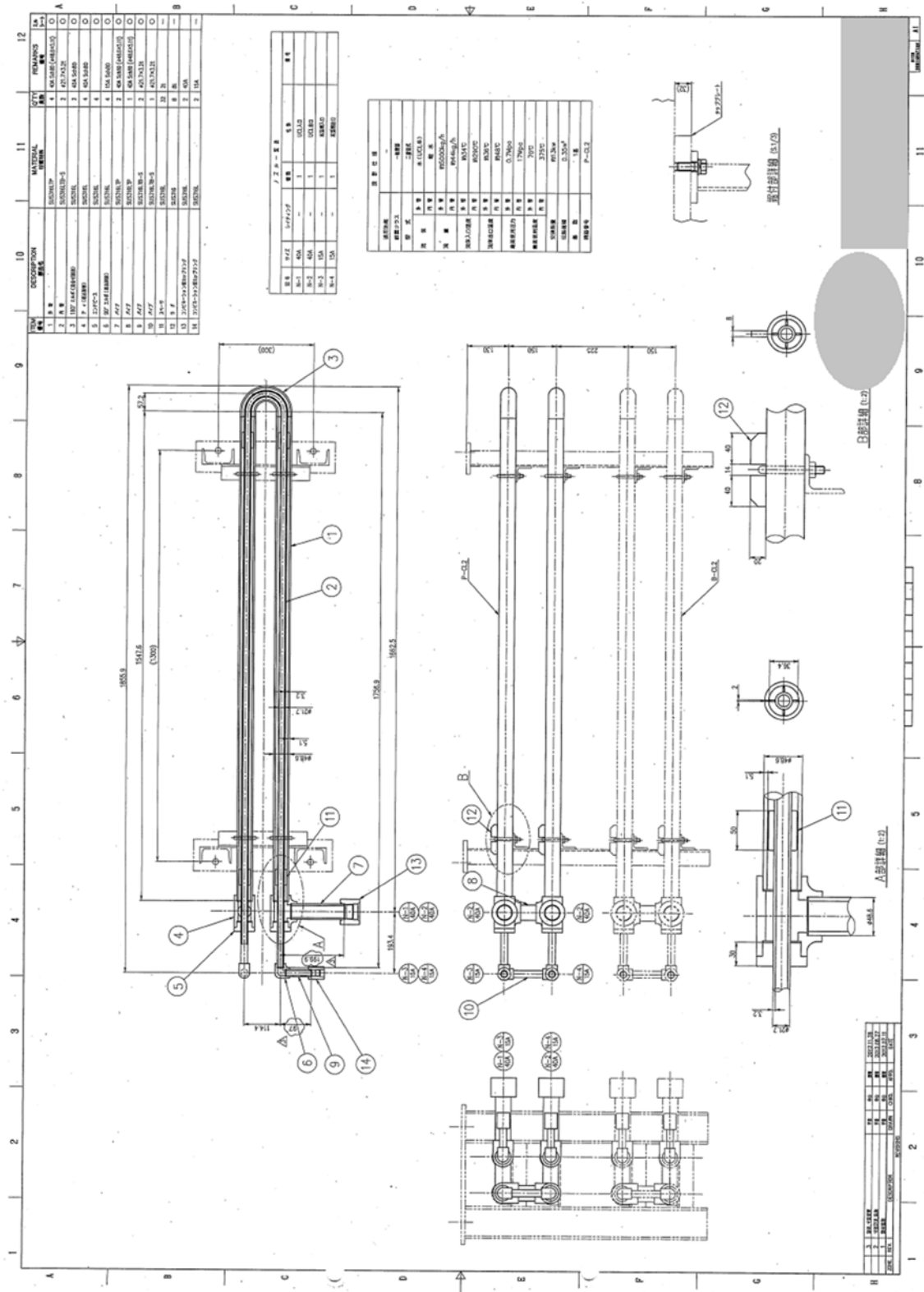
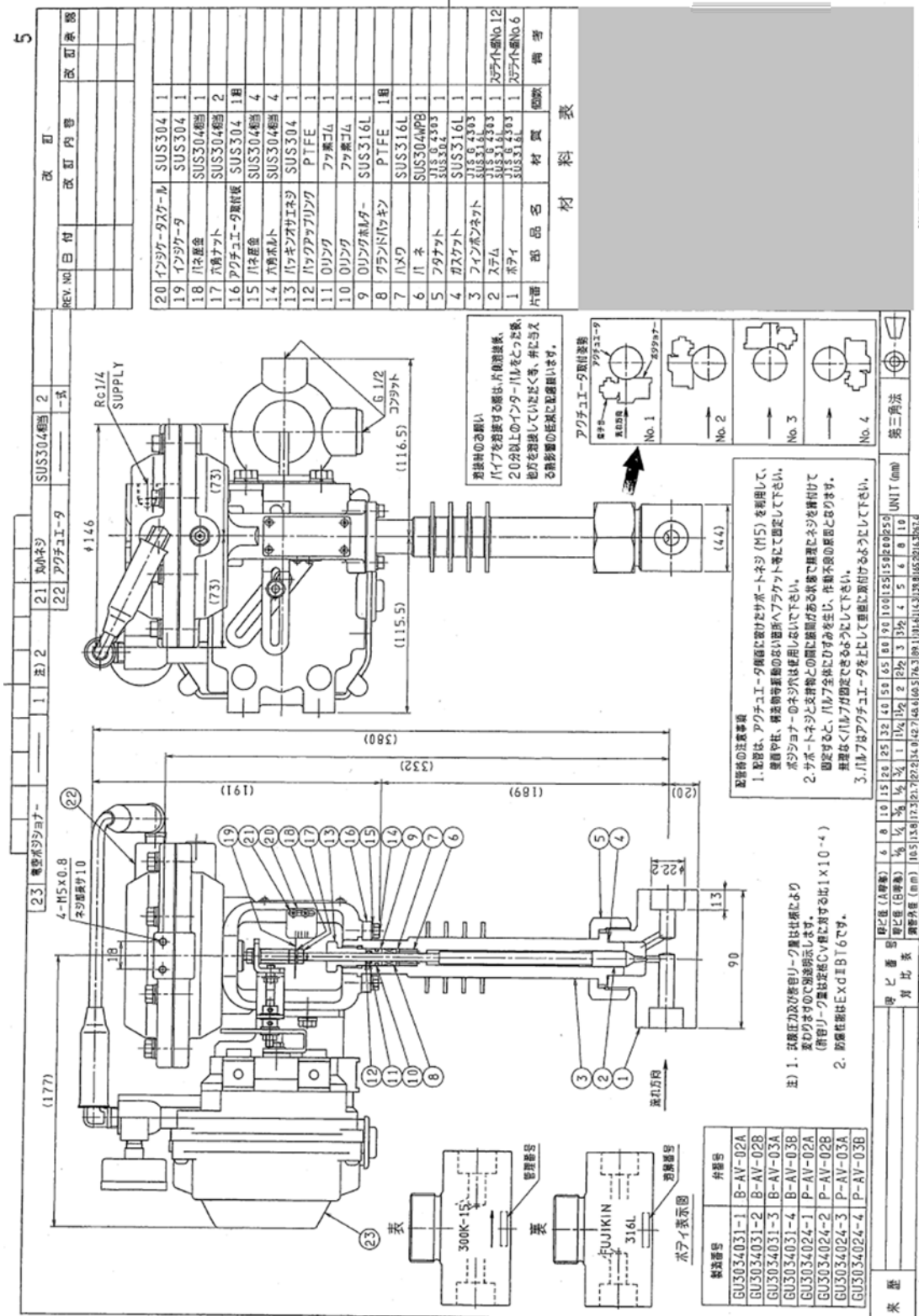


図 3.2.1-7 PWR 用水環境模擬照射装置のサンプリング冷却管の構造図



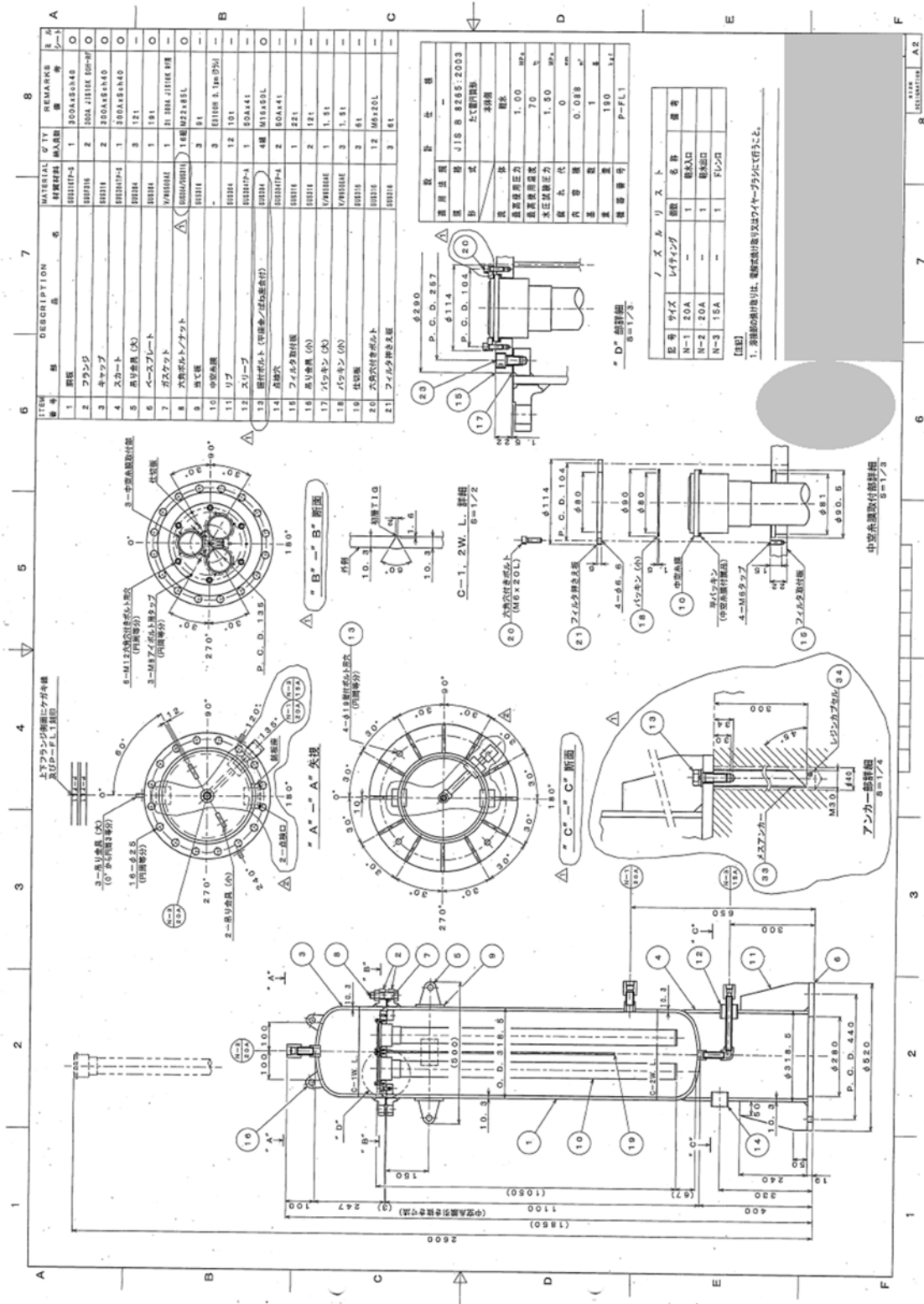


図 3.2.1-9 PWR 用水環境模擬照射装置のクラッド除去フィルタの構造図

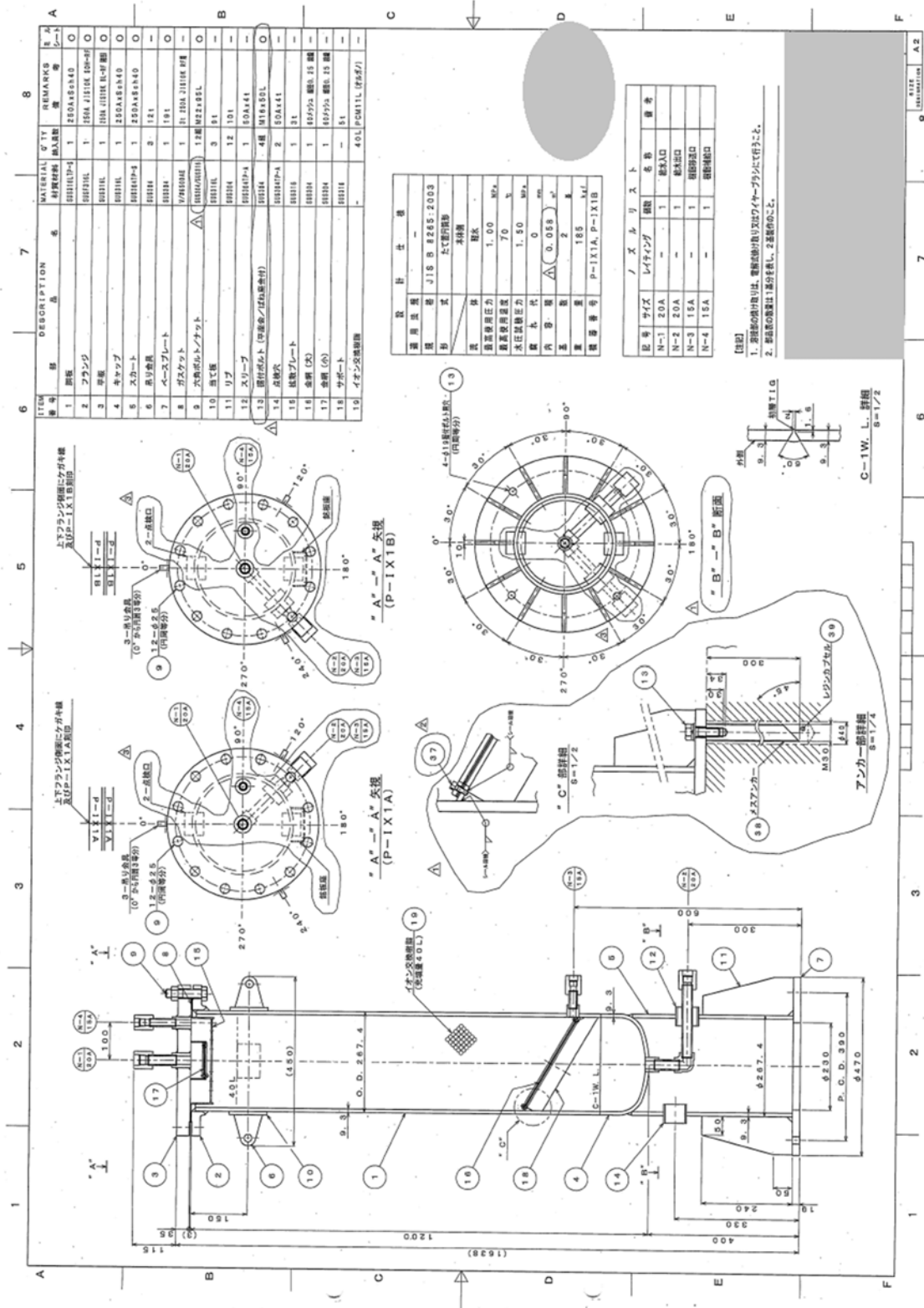
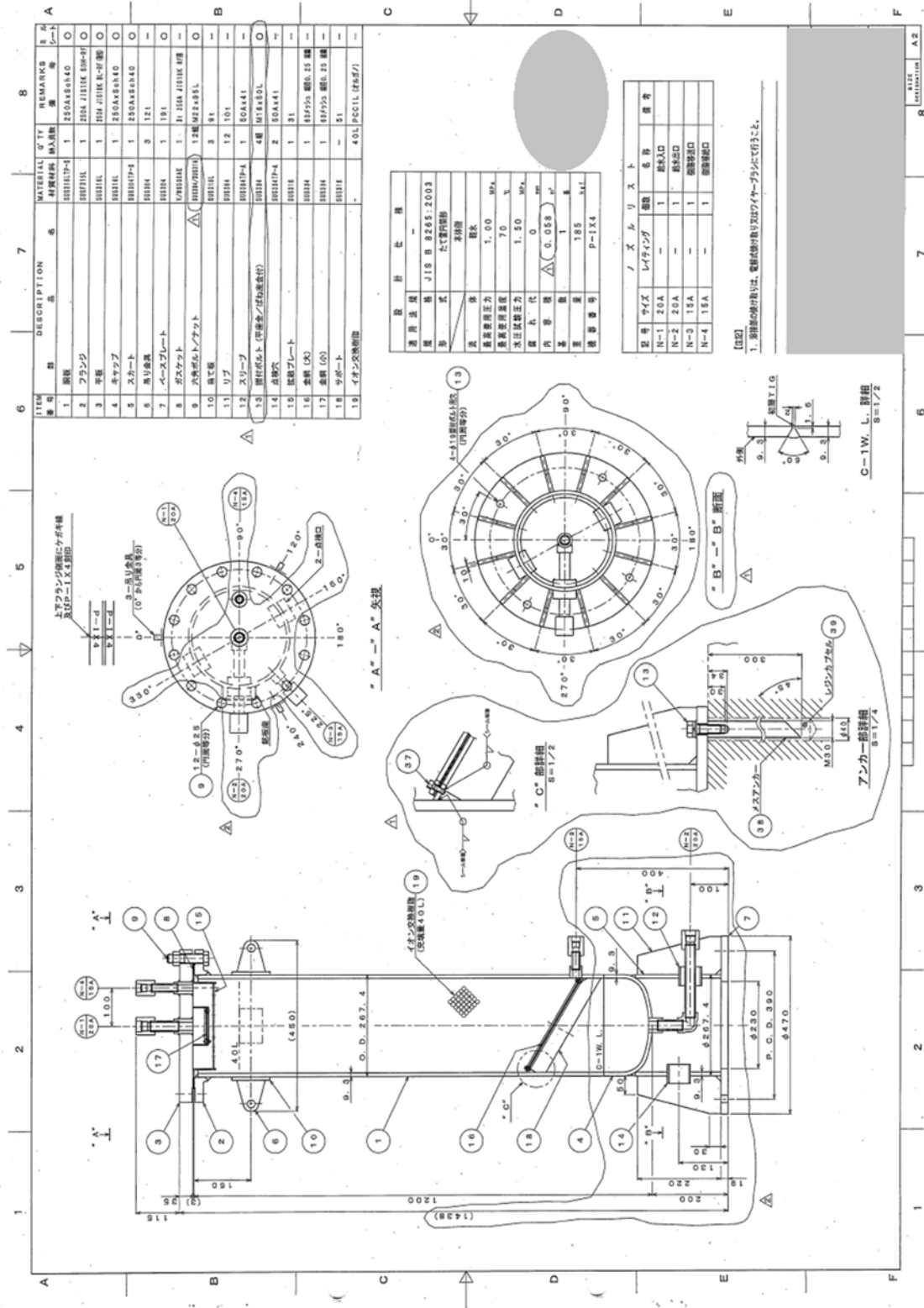


図 3.2.1-10 PWR 用水環境模擬照射装置のイオン交換塔 (不純物除去用) の構造図









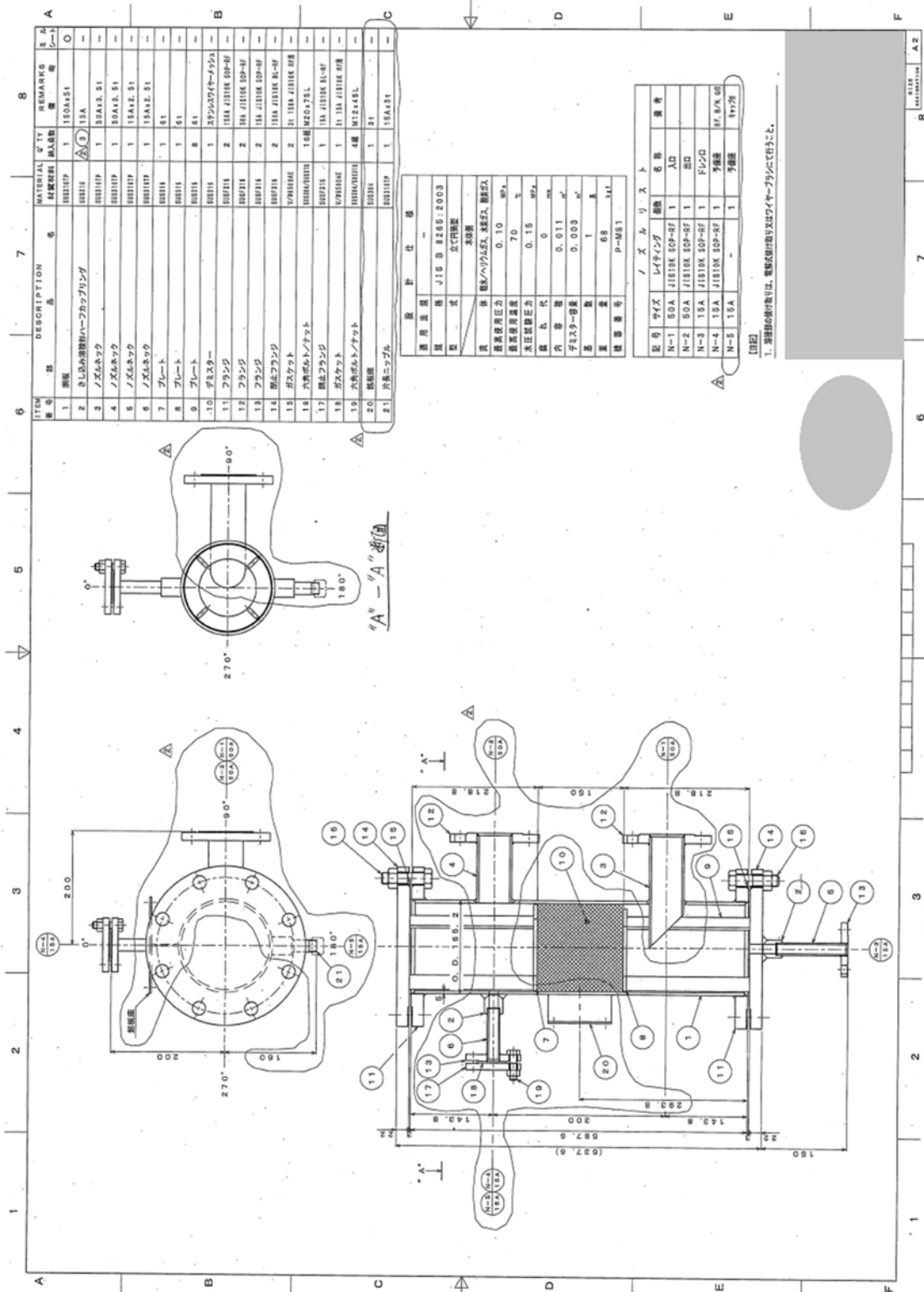


図 3.2.1-15 PWR 用水環境模擬照射装置の気水分離器の構造図

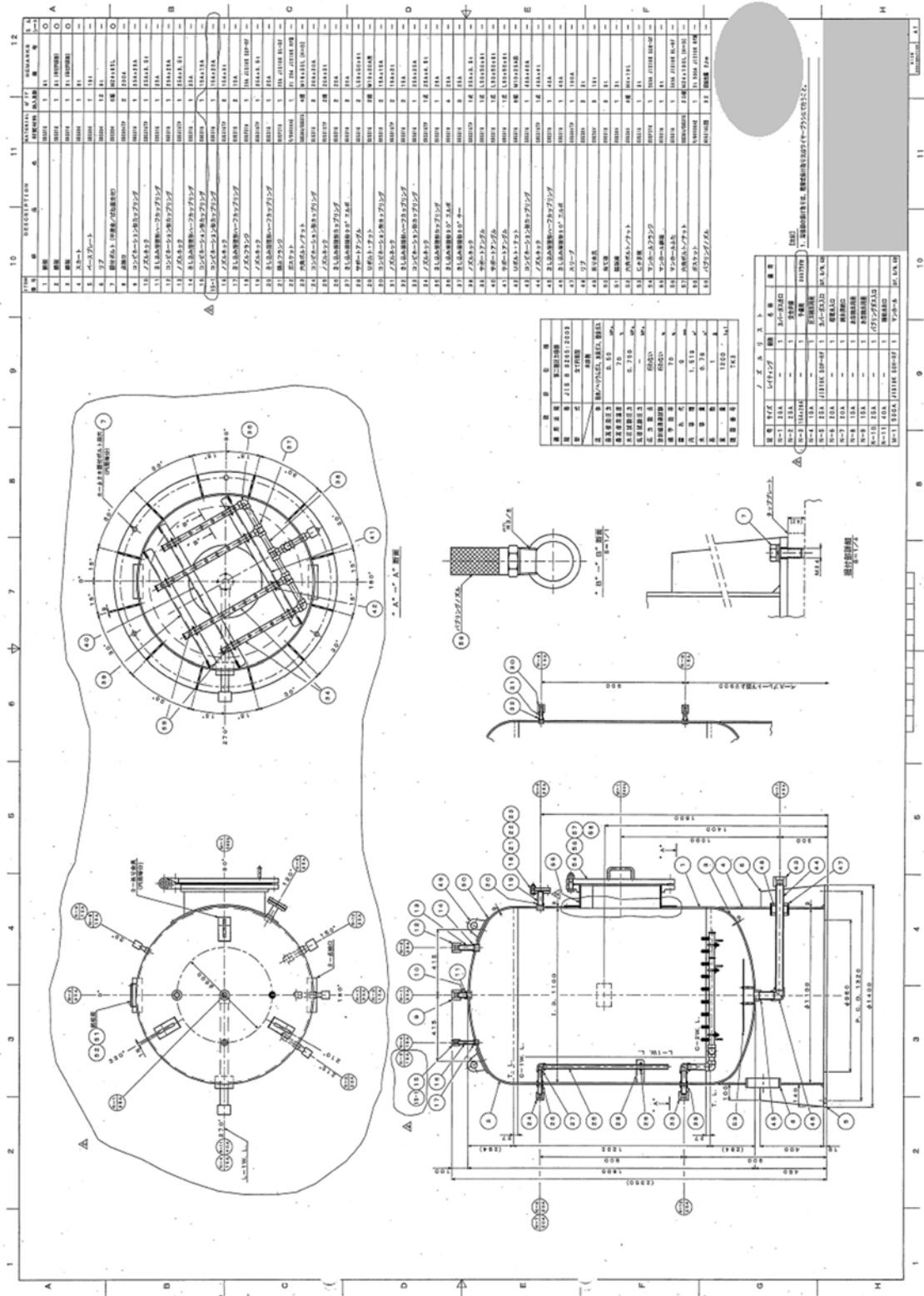


図 3.3.1-1 補給水タンクの構造図

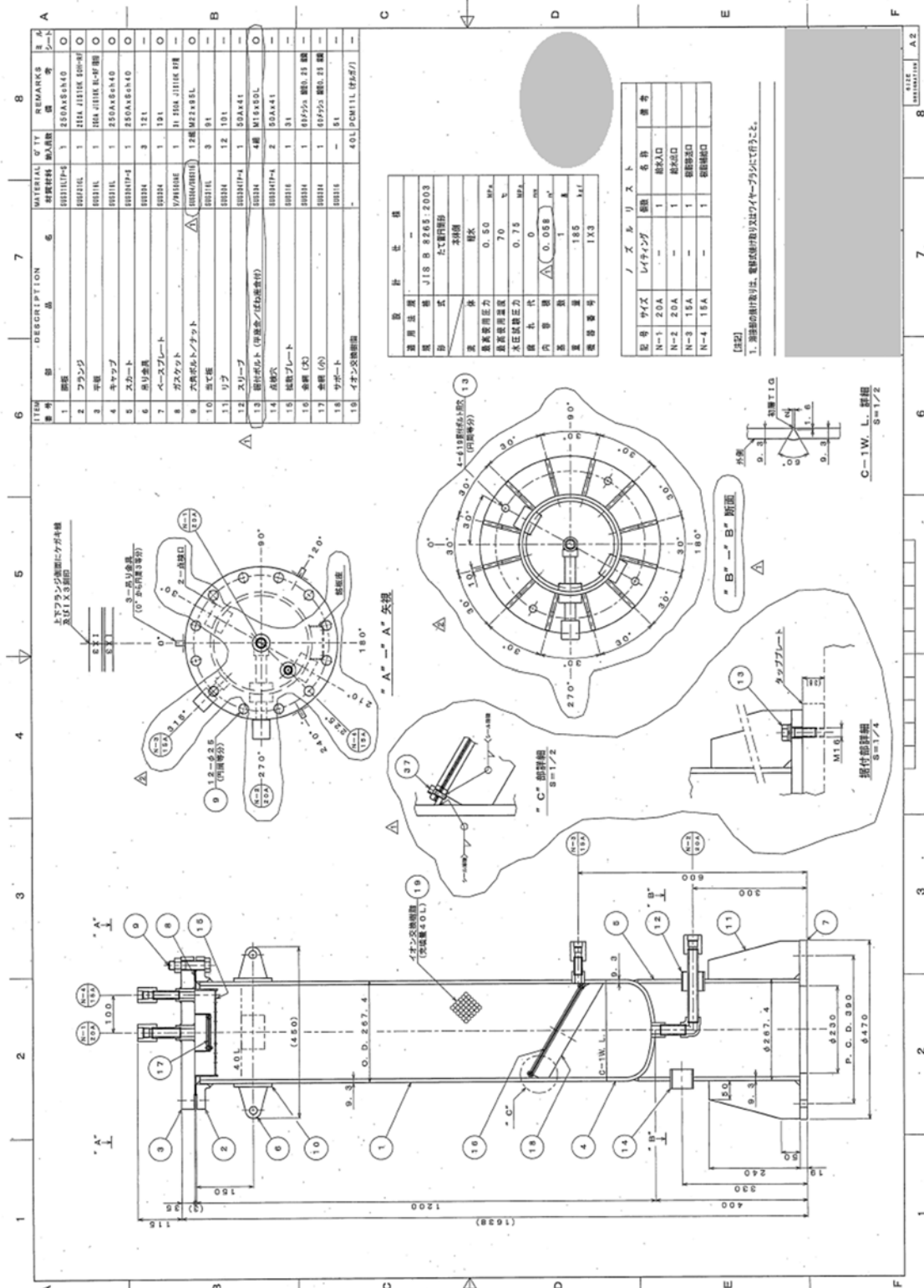
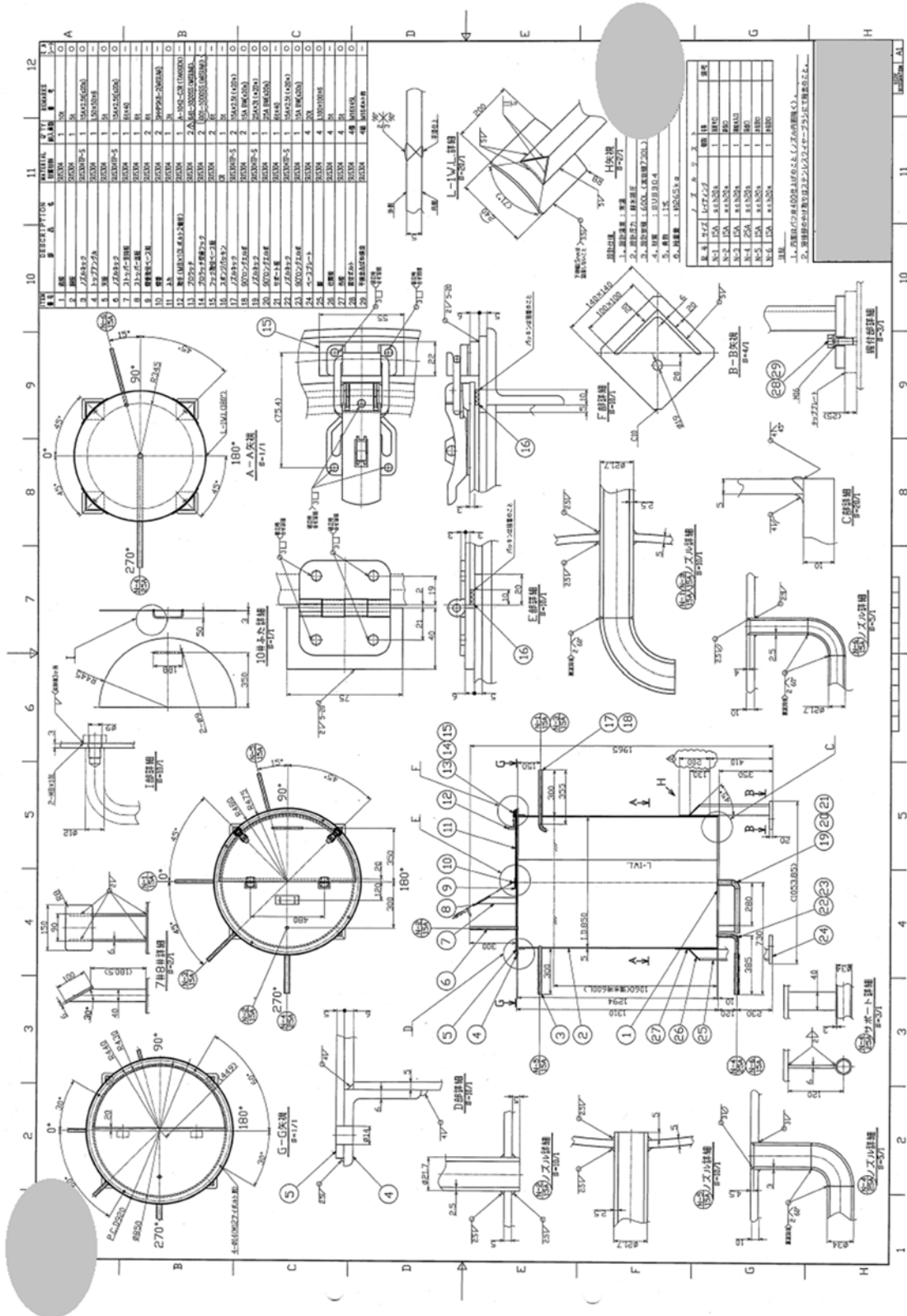


図 3.3.1-2 補給水タンクイオン交換塔の構造図



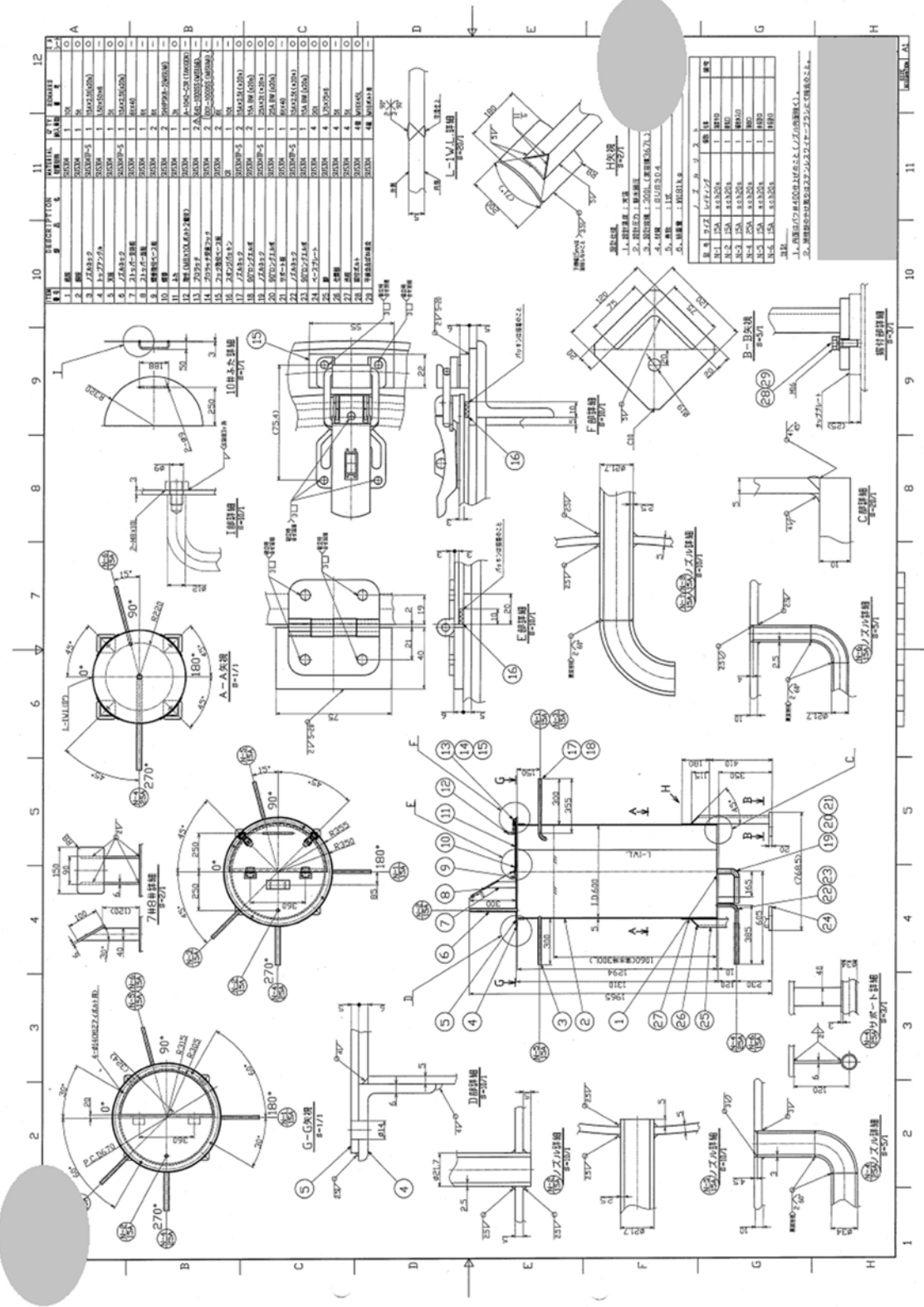


図 3.4.1-2 薬液供給タンクの構造図

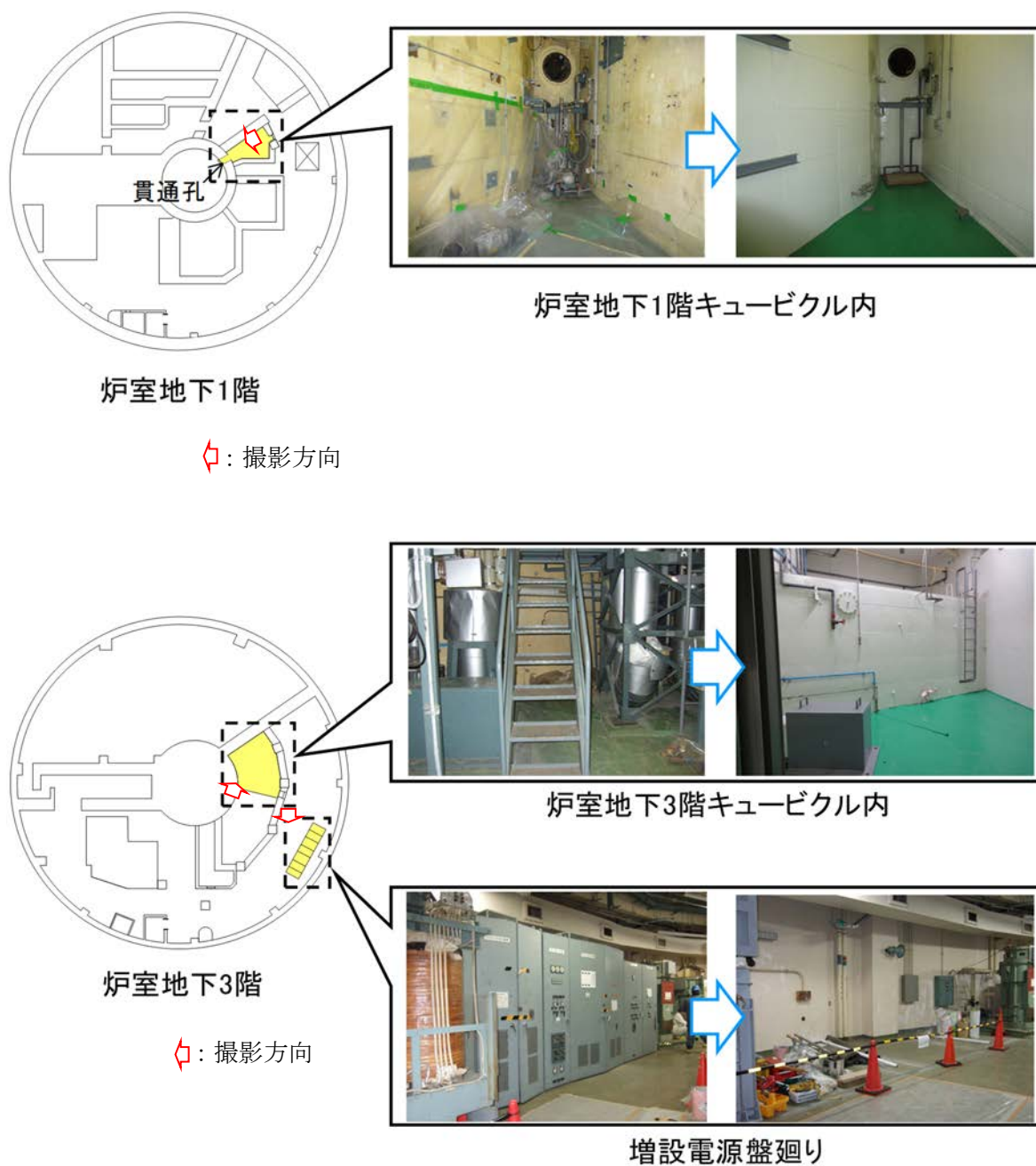


図 4-1 装置設置場所の環境整備（整備前後の写真）

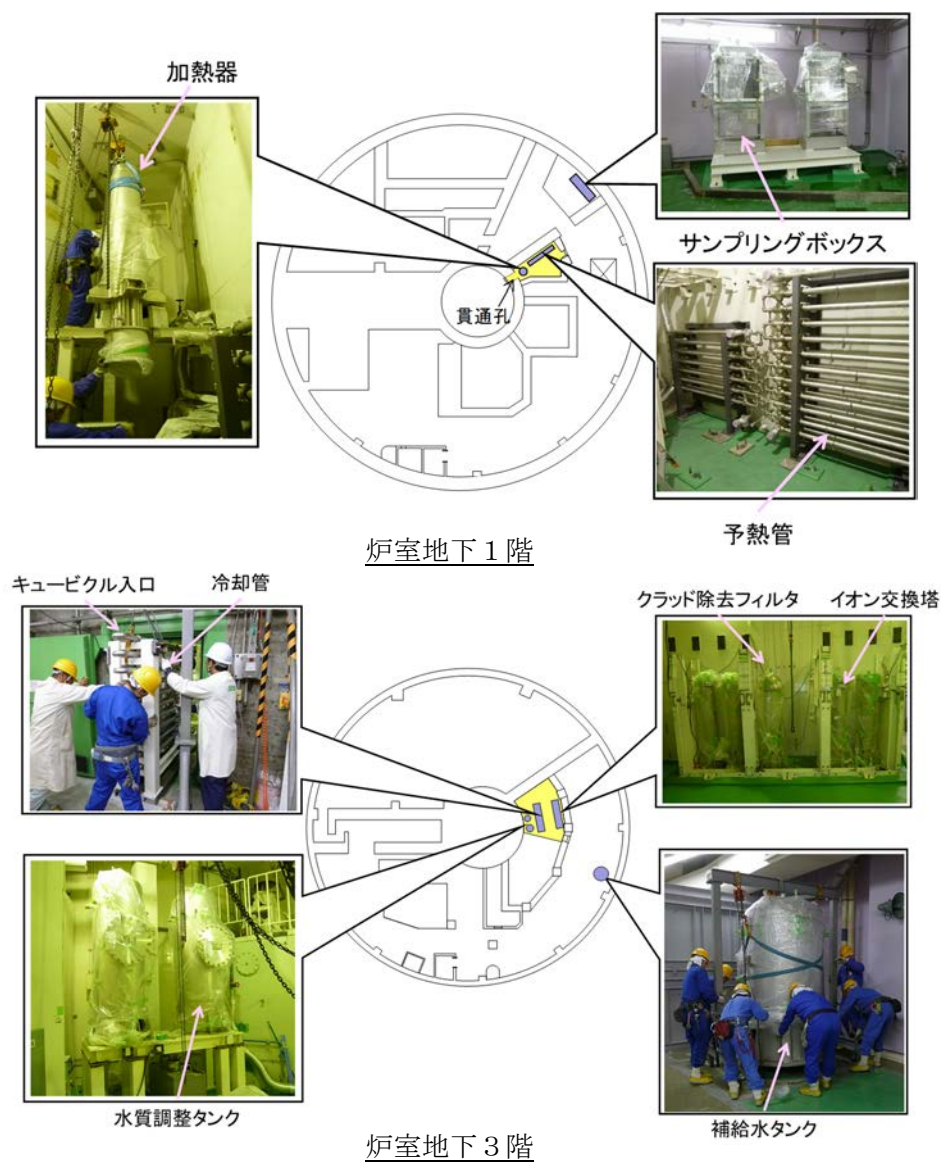


図 6-1 現地据付工事の状況

付録

- 添付資料 1 試験 No. : BWR-① 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 2 試験 No. : BWR-② 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 3 試験 No. : BWR-③ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 4 試験 No. : BWR-④ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 5 試験 No. : BWR-⑤ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 6 試験 No. : BWR-⑥ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 7 試験 No. : BWR-⑦ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 8 試験 No. : BWR-⑧ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 9 試験 No. : BWR-⑨ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 10 試験 No. : BWR-⑩ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 11 試験 No. : BWR-⑪ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 12 試験 No. : PWR-① 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 13 試験 No. : PWR-② 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 14 試験 No. : PWR-③ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 15 試験 No. : PWR-④ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 16 試験 No. : PWR-⑤ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 17 試験 No. : PWR-⑥ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 18 試験 No. : PWR-⑦ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ
- 添付資料 19 試験 No. : PWR-⑧ 軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

This is a blank page.

試験 No. : BWR-①

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 10 月 20 日（木）

1. 試験概要

本試験では、主ポンプ A と圧力調節弁 A の組み合わせによる運転状態（周波数、圧力、流量等）の確認を行った。最初の性能試験なので、主ポンプ出口流量は定格の 30% 程度（メーカーが推奨する最低流量の 0.3 m³/h）になるような条件で行った。

2. 試験内容

試験に先立ち、本装置は長期間停止していたため、ポンプを寸動し、正常に動作することを確認した。あわせて回転方向の確認を行った。

主ポンプ A 及び圧力調節弁 A を使用してラインを構成した。自動運転で主ポンプを起動後、主ポンプ出口流量が 0.3 m³/h で主ポンプ B を停止し、主ポンプ A で手動運転を行い各部の異音、振動、漏水等の確認を行った。

主ポンプ出口流量が 0.3 m³/h、0.4 m³/h、0.5 m³/h 程度になるように周波数を調整し、その時の周波数の確認及び各系統の圧力、流量等のデータを取得した。また、キャプセルバイパス流量が 0.1 m³/h 程度になるようにキャプセルバイパスライン流量調節弁を調節した。なお、圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	手動（周波数可変）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.3 m ³ /h、約 0.4 m ³ /h、約 0.5 m ³ /h
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A
圧力調節系	A 系
キャプセル系統	A、B（両系統）
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	前半なし、後半あり（自動運転）

3. 試験結果

3.1 試験データ

主ポンプ A、圧力調節弁 A を使用した運転状態（周波数、圧力、流量）及び水質の試験データは以下の通りである。

(1) 運転データ

	主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	周波数 (Hz)	主ポンプ 出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
前半	0.55	27.28	5.21	5.15
後半	0.34	21.05	3.31	3.22
	0.40	24.05	4.21	4.10
	0.52	27.15	5.25	5.10

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

(2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	200.0	5.6
水質調整タンクライン電導度 (μS/m)	53.4	5.3
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	53.5	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	5,510	1,560

※溶存酸素濃度：バブリング開始時の瞬時値、バブリング終了時の瞬時値

電導度：ポンプ起動 5 分前の安定期間の平均値、ポンプ停止 5 分前の安定期間の平均値

(安定期間の時間は目安)

3.2 試験結果グラフ

(1) 図 1 運転履歴

(2) 図 2 周波数 VS 流量データ（拡大）

3.3 考察

(1) 運転履歴

ポンプを寸動し、異音、異常な振動等がなく正常に動作することを確認し、あわせて回転方向も正常であることを確認した。

図 1 に示すように、圧力、流量は安定しており、装置各部の異音、振動、漏水等はなかった。ただし、午前の運転では流量が 0.55 m³/h 時、主ポンプ出口流量の指示の振れ幅がキャプセル流量、バイパス流量に比べて大きかった。原因はオリフィスの設置場所がプランジャーポンプに近い、ポンプの脈動の影響によるものと考えられる。給水流量とキャプセル流量 B の指示値が異常であったが、これは差圧伝送器の高圧側と低圧側の接続が誤っていたことが原因だった。

水質データでは、電導度は主ポンプを起動後に徐々に低下した。溶存酸素濃度はヘリウム

ガスバブリング後に徐々に低下した。pH は全期間ほぼ一定の値に保たれていた。He バブリングを行わない状態では溶存酸素濃度が徐々に上昇した。この原因は、系統内にある水の溶存酸素濃度が高いことだと考えられるが、今後の運転データを蓄積して原因を明らかにする。

(2) 周波数・流量の相関データ

午後の運転において流量が $0.55 \text{ m}^3/\text{h}$ の時、圧力の上昇に比べて流量の増加幅が大きかった。これは流量増加により脈動がさらに大きくなり、オリフィスから差圧伝送器までの配管が振動して異常な値になったと考えられる。また周波数と流量の相関はリニアであるが、このことから判断しても異常な指示である。

図 2 では主ポンプ出口流量が $0.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ において、バイパス流量を調整した時の圧力、流量のデータを示す。バイパス流量の調整は各流量において、ほぼ $0.1 \text{ m}^3/\text{h}$ に調整できた。

4. 特記事項

4.1 不具合事象(1)

(1) 原因

主ポンプ出口流量を $0.3 \text{ m}^3/\text{h}$ に設定して主ポンプを起動したところ、流量が約 $0.55 \text{ m}^3/\text{h}$ まで上昇した。流量制御には「通常モード」と「高流量モード」があり、今回の異常の原因は高流量モードが選択されていたからである。

(2) 対策案

主ポンプ起動時に「通常モード」と「高流量モード」が判別できないため、現在のモードが判断できるように改良する。

4.2 不具合事象(2)

(1) 原因

主ポンプ出口流量値が周波数： 27Hz 付近で流量の変動が大きくなった。原因はオリフィスの設置場所がプランジャーポンプに近いこと、ポンプの脈動の影響により出口流量計のオリフィス配管（差圧発信器のチューブ）が振動したためと考えられる。オリフィス配管は、配管サポートに固定されているが、一部サポートの間隔が広い箇所があり、激しく振動していた。

(2) 対策案

激しく振動していたオリフィス配管のサポートの間隔が広い箇所には、束線バンド等で固定することにより、振動を軽減させる。

4.3 不具合事象(3)

(1) 原因

水質調整タンク精製ライン電導度が徐々に上昇した。循環ラインのイオン交換塔出口電導度には変化がなく一定であるため、原因は流量計内に時々見える気泡が電極部にたまり電導度が徐々に上昇したのと考えられる。

(2) 対策案

電導度計の流量を一時的に増減させることにより、電極部にたまった気泡を取り除く。

4.4 操作上の問題点

本試験は、主ポンプを手動制御（周波数制御）で行ったため、4.1 項及び 4.2 項の不具合が発生しても大きな影響はなかったが、自動制御（流量制御）で実施した場合は、流量値が発散すると制御不能となり大きな事故等に繋がる恐れがあり、対策する必要がある。

以上

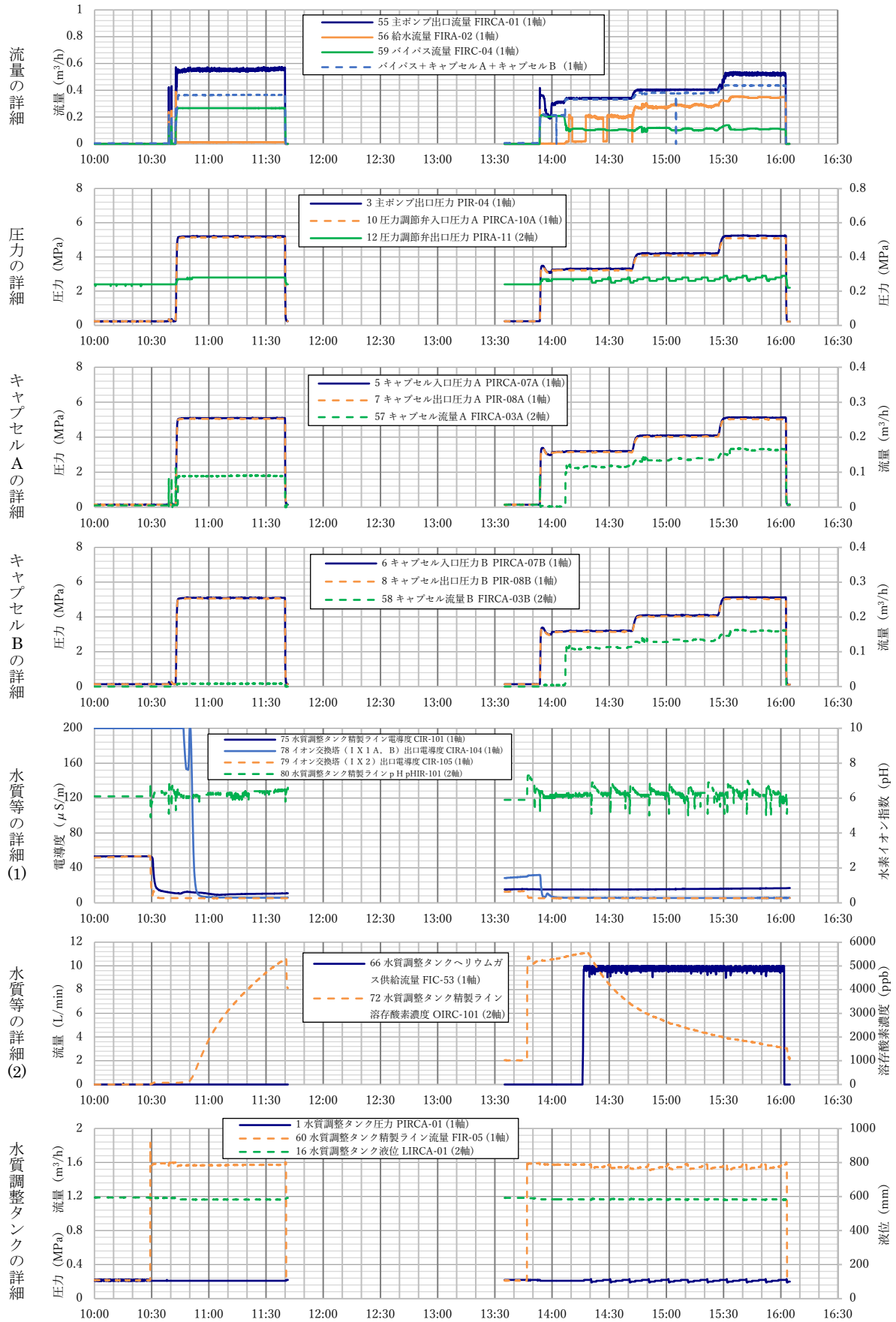


図1 運転履歴

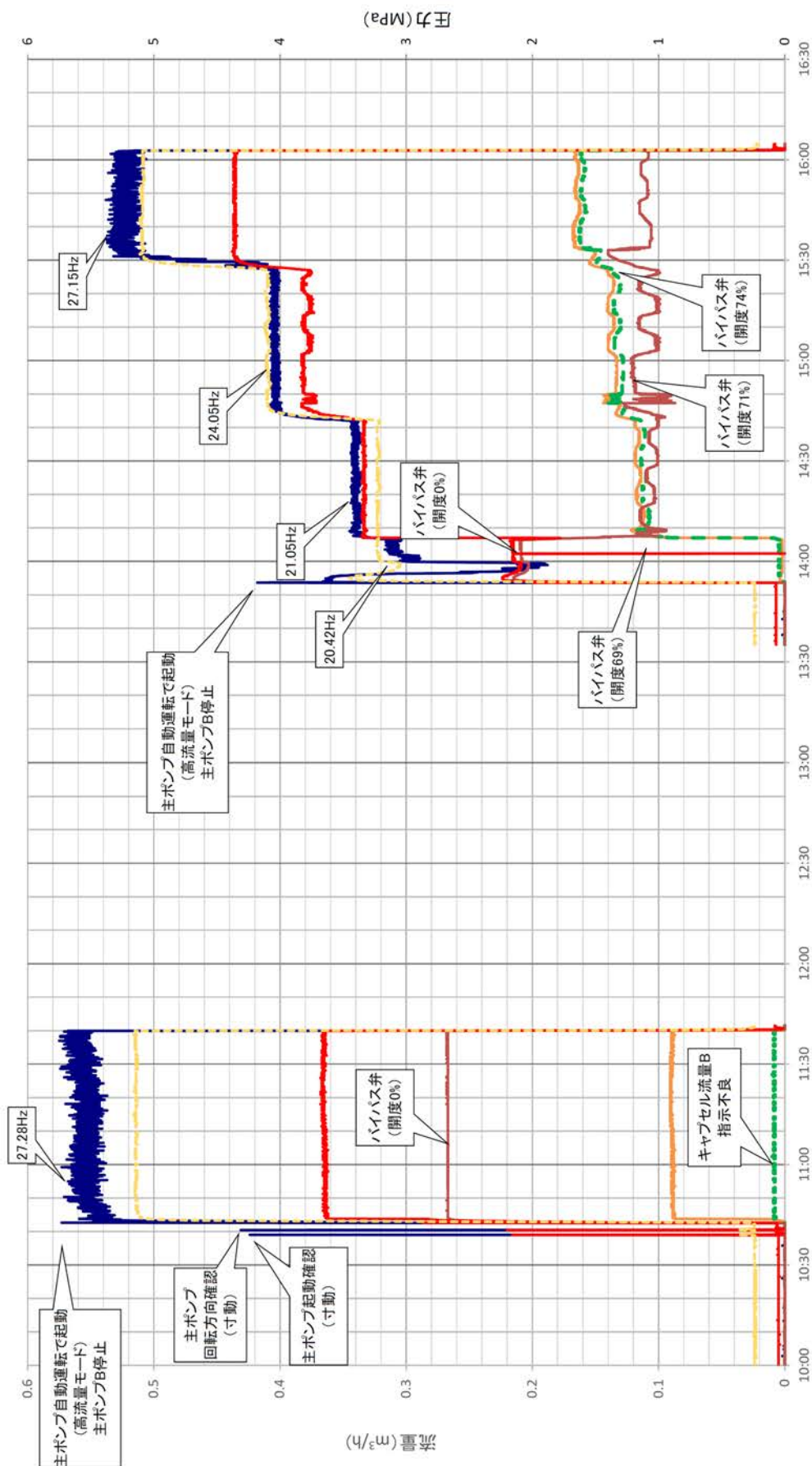


図2 周波数 VS 流量データ (拡大)

試験 No. : BWR-②

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 10 月 21 日（金）

1. 試験概要

本試験では、主ポンプ B と圧力調節弁 B の組み合わせによる運転状態（圧力、流量等）の確認を行った。また、圧力調節弁の切替え操作及びサージタンクの接続・切断が問題なく行えることを確認した。当操作を実施するのは初であったため、主ポンプ出口流量が定格の 30% 程度（メーカーが推奨する最低流量の 0.3 m³/h）になる条件で行った。

2. 試験内容

主ポンプ B 及び圧力調節弁 B を使用してラインを構成した。主ポンプ B を手動で運転し、主ポンプ出口流量が 0.3 m³/h 程度になるように周波数を調整した。流量が安定したら、圧力調節弁の切替え操作を行い、圧力、流量等の変化のデータを取得した。

サージタンクを系統に接続する前にサージタンクをヘリウムガスにより 2 MPa 程度まで加圧した。またサージタンクの水置換のため、系統の圧力が 4 MPa 程度になるような流量（約 0.4 m³/h）に設定し、連絡弁を開き、サージタンクと系統内の圧力が平衡になるまでデータを取得した。サージタンクの切断は、次のサージタンク接続に適した圧力に下げた後に行った。今回は主ポンプ流量を下げて、サージタンクの圧力を下げた。なお、圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	手動（周波数）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.32 (20Hz) → 約 0.56 (27Hz)
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	B
圧力調節系	B 系 A 系への切り替えあり（午前）
キャプセル系統	A、B（両系統）
イオン交換塔	A 系

サージタンク	接続あり（午後）
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり（午前）自動運転

3. 試験結果

3.1 試験データ

主ポンプ B と圧力調節弁 B を使用した運転状態（圧力、流量）の試験データは以下の通りである。

(1) 運転データ

周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
27.27	0.433	5.02	4.87
24.00	0.372	4.04	3.92
20.91	0.329	3.16	3.07

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

(2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	40.9	5.5
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	38.1	5.4
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	40.9	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	2,010	1,059

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 圧力調節弁の切り替え
- (3) 図 3 サージタンクの接続&切断

3.3 考察

(1) 運転履歴

図 1 に主ポンプ B と圧力調節弁 B を使用した時の運転状態（圧力、流量、水質等）のデータを示す。流量の増加とともに圧力は上昇して、流量を保持した状態では、ほぼ安定した。圧力調節弁を切替えた時は圧力、流量とも大幅に変化した。

水質データでは、電導度は主ポンプを起動後に徐々に低下した。溶存酸素濃度はヘリウムガスバブリング後に徐々に低下した。pH は全期間ほぼ一定の値に保たれた。He バブリングを行わない状態では溶存酸素濃度が徐々に上昇した。この原因は、系統内にある水の溶存酸素濃度が高いことだと考えられるが、今後の運転データを蓄積して原因を明らかにする。

(2) 圧力調節弁の切り替え

圧力調節弁は、高圧系の圧力を保持するうえで重要な弁である。この弁に異常があった場合、予備の弁に切替えるが、その手順は以下の①から③の通りである。（これは B から A に切り替える例）

- ① A 系：閉、B 系：開 （切り替わる前、ボタン操作で次へ）
- ② A 系：開、B 系：開 （数秒間後、次へ）
- ③ A 系：開、B 系：閉 （切り替わった後）

切り替え操作時の圧力と流量の詳細を図 2 に示す。今回の試験では、上記②の状態が約 6 秒あり、③の状態になってから切替え前の状態に戻るまで約 30 秒かかった。切替え時には、系統内の圧力、キャプセル A 及びキャプセル B の流量が大幅に変動した。この原因は圧力調節弁 A 及び B の同時開の時間が長いためであり、切替え時間に関しては、実際の運転状態（定格圧力）で、キャプセル流量への影響が最小となる最適値を決める必要がある。

(3) サージタンクの接続&切断

サージタンクは主ポンプの脈動等による圧力変動を吸収し、主ポンプ等の異常により圧力が急激に低下することを緩和するためのものである。

系統内の圧力とサージタンク圧力に応じて、下記の 3 通りの状態がある。

- ① 系統内圧力 > サージタンク圧力：サージタンクの液位が上がる（サージタンクに水が入る）
- ② 系統内圧力 < サージタンク圧力：サージタンクの液位が下がる（サージタンクから水が出る）
- ③ 系統内圧力 = サージタンク圧力：サージタンク液位は変化しない（平衡状態）

サージタンクと系統の接続は通常同じ圧力で接続するが、今回はサージタンクの水を系統内の水に置換することも考慮した運転であり、①の状態であり、接続後は系統の圧力はサージタンク圧力まで低下した。サージタンクに給水するために随時流量を増加した。その後、サージタンクを切断するため、流量を低下して②の運転状態にした。これにより、サージタンクの水置換が行われた。サージタンクを接続&切断した時の詳細を図 3 に示す。

4. 特記事項

4.1 不具合事象

(1) 図 1 の注 1

水質調整タンク精製ライン電導度が、11:13 頃に急激に下がっている。これは、配管内のエア抜きを行ったことによる。

(2) 図 1 の注 2

水質調整タンク He ガス供給流量が 11:15 頃に急激に下がっている。He バブリングは、「自動 DO」で運転している。溶存酸素が設定値 10ppb より高い状態で、He ガス供給流量が 4 L/min 程度まで下がった要因は不明であるが PID が最適に設定されていないためと考えられるため、今後最適値を決めていく必要がある。

(3) 図 3 の注 3-①

主ポンプ出口流量は、流量が大きくなると圧力変動が大きくなり、オリフィスが振動等の影響を受けて、流量が正確に測定できないと考えられる。したがって総流量は、(パイパス+キャプセル A+キャプセル B) の流量とする。

(4) 図 3 の注 3-②

給水流量のレンジの最小値は $0.2 \text{ m}^3/\text{h}$ であるため、それ以下の時はほぼ $0 \text{ m}^3/\text{h}$ にみえる。この時間帯の流量は、キャプセル A とキャプセル B の流量を参照する。

以上

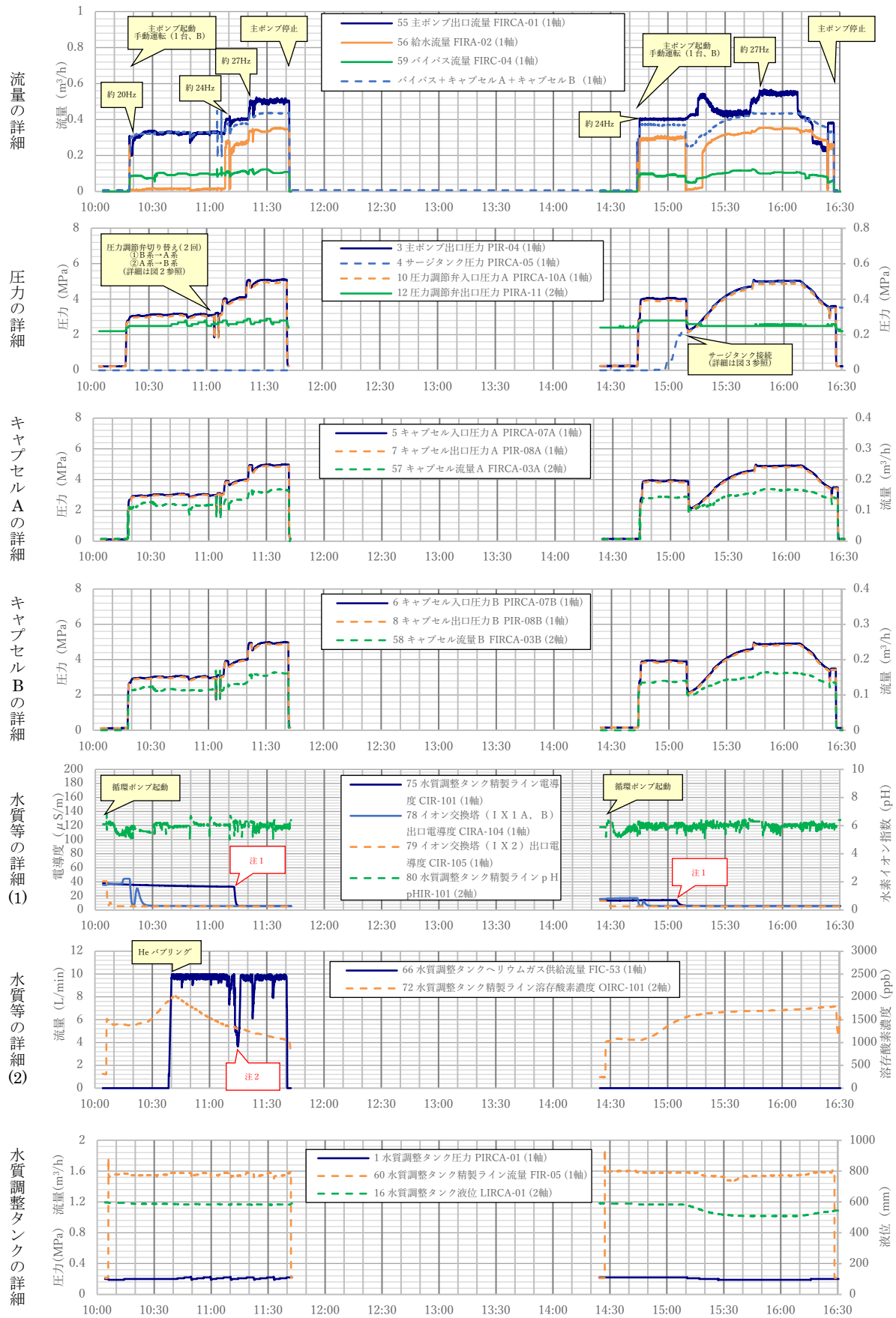


図1 運転履歴



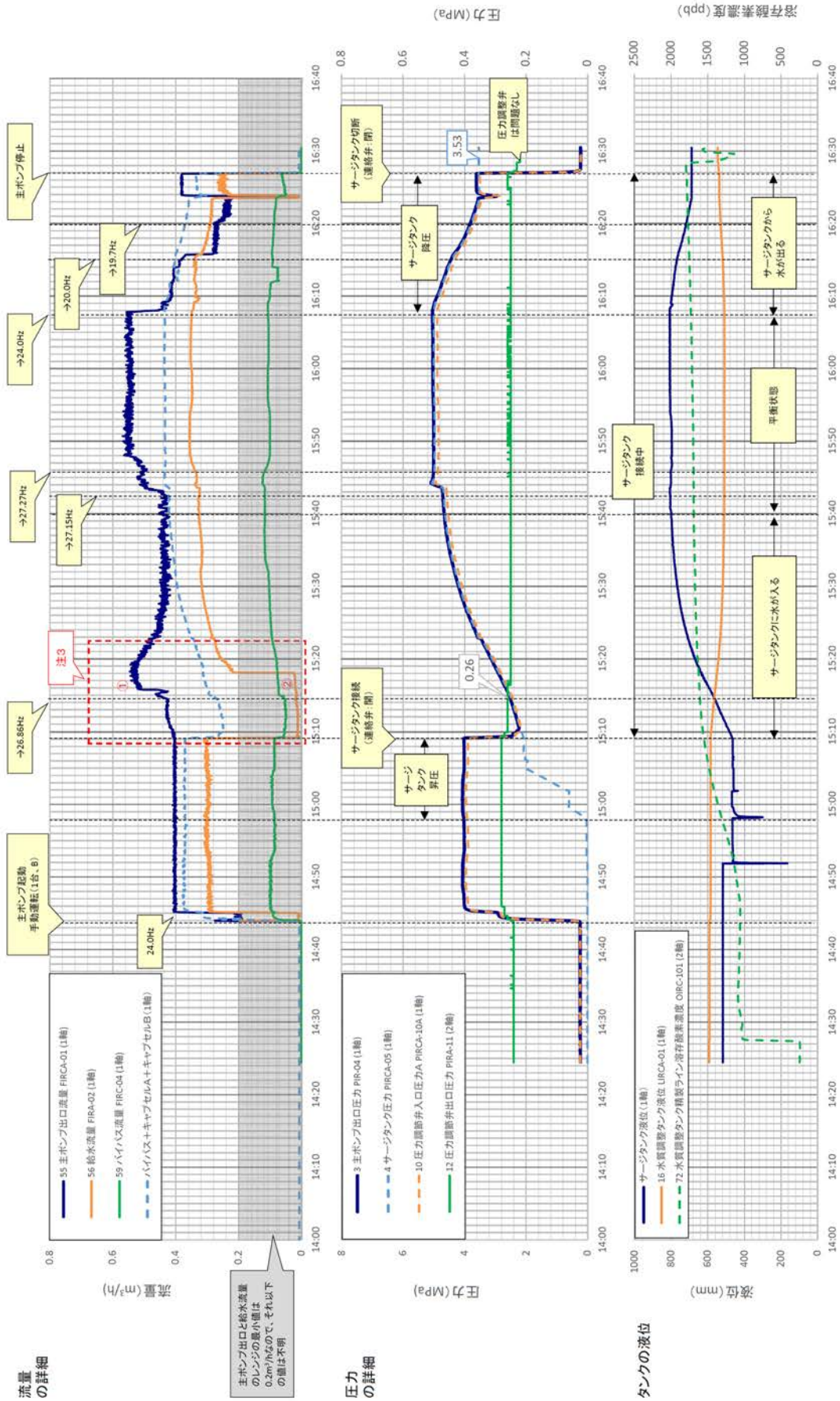


図 3 サージタンクの接続&切断

試験 No. : BWR-③

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 10 月 25 日（火）

1. 試験概要

照射試験中は、通常主ポンプを 2 台並行に運転するが、どちらかのポンプに異常が発生した場合は 1 台運転になる。また、圧力調節弁は通常 1 系統を使用するが、異常時には別系統に切替えることがあるため、それぞれの特性を把握する必要がある。

本試験では、主ポンプ A と圧力調節弁 A の組合せによる運転状態（圧力、流量等）を確認した。また、サージタンクの接続と切り離しが問題なく行えることを確認した。

2. 試験内容

主ポンプ A 及び圧力調節弁 A を使用してラインを構成した。主ポンプ A を手動で起動し、流量を監視しながら周波数を定格の 30Hz まで徐々に上げて、系統の圧力、流量等のデータを取得した。また、操作中に問題が発生した場合は主ポンプを停止することにした。なお、圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	手動（周波数：20.0Hz～30.0Hz）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.34（20Hz）→約 0.5（30Hz）
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

	前半	後半
主ポンプ	A	
圧力調節系	A 系	
キャプセル系統	A、B（両系統）	
イオン交換塔	A 系	
サージタンク	接続なし	接続あり
サンプリングライン	通水なし	
He バブリング	バブリングなし	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

主ポンプ A と圧力調節弁 A を使用した運転状態（圧力、流量）の試験データ及び水質データは以下の通りである。

(1) 運転データ（10:46～10:55）サージタンク接続なし

周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
22.00	0.226	3.48	3.43
24.00	0.266	4.07	4.02
25.00	0.276	4.39	4.34
26.00	0.281	4.72	4.66
27.00	0.434	5.16	5.01
28.00	0.446	5.50	5.30

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

(2) 運転データ（11:15～11:44）サージタンク接続なし

周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
20.00	0.312	2.99	2.90
21.00	0.328	3.23	3.17
22.00	0.342	3.5	3.43
23.00	0.348	3.79	3.73
24.00	0.367	4.15	4.03
25.00	0.402	4.46	4.33
26.00	0.418	4.78	4.64
26.66	0.428	5.02	4.87
27.00	0.430	5.15	4.99
27.16	0.435	5.22	5.06
27.20	0.437	5.26	5.1
27.27	0.438	5.27	5.11
27.30	0.439	5.29	5.14
27.40	0.440	5.31	5.15

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

(3) 運転データ (13:58~16:13) サージタンク接続中

周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 + バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
24.00	0.332	3.55	3.44
25.00	0.339	3.64	3.52
26.00	0.367	3.90	3.78
26.20	0.376	4.06	3.93
26.40	0.407	4.62	4.48
26.60	0.420	4.98	4.83
26.80	0.429	5.08	4.93
27.00	0.430	5.15	5.00
27.20	0.433	5.19	5.05
27.30	0.435	5.25	5.10
27.40	0.440	5.29	5.14
27.50	0.440	5.37	5.22
27.60	0.441	5.37	5.20
27.70	0.442	5.42	5.25
27.80	0.443	5.46	5.30
27.90	0.443	5.48	5.30

※上記の値は、安定期間の平均値

(4) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	72.5	5.5
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	95.4	5.6
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	65.2	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	2,170	1,292

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 圧力及び流量データ (10:46~10:55、11:15~11:44) サージタンク接続なし
- (3) 図 3 圧力及び流量データ (13:58~16:13) サージタンク接続あり
- (4) 図 4 周波数毎の圧力及び流量データ (3 ケースのデータを重ねた)

3.3 考察

(1) 運転履歴

図 1 に主ポンプ A と圧力調節弁 A を使用した時の運転状態 (圧力、流量、水質等) のデー

タを示す。手動運転で 22Hz から 28Hz まで周波数を徐々に上げると、それに伴って圧力と流量が上昇したが、周波数を 27Hz 以上にした時に、主ポンプ出口流量が発散したため、主ポンプを一時停止した。流量発散時に圧力が上昇していないことを確認して再度主ポンプ A を起動したが、主ポンプ出口流量の指示が 27Hz を超えたところから異常が発生したと考えられる。また、サージタンクを接続しても、主ポンプ出口流量は同様の現象が起きた。

主ポンプ周波数が 27Hz においてサージタンクを接続した場合と接続しない場合の圧力及び流量変動を確認した。(2)、(3)より圧力変動の幅及び流量の変動幅に多少の改善が見られた。

15 時 20 分頃、キャプセルバイパス流量調節弁開度出力を 77%から 100% (全閉) にして、給水流量とキャプセル流量の変化を確認した。開度変更前の給水流量、キャプセル A+B 流量、キャプセルバイパス流量 (安定期間の平均: 1 分間) は各々「0.346 m³/h、0.324 m³/h、0.113 m³/h」、変更後の流量は「0.458 m³/h、0.433 m³/h、0 m³/h」となりキャプセルバイパス流量の減少分 (0.113 m³/h) だけ給水流量、キャプセル A+B 流量は増加しており、各流量は正常値であった。

水質データについては、イオン交換塔出口電導度は主ポンプの起動後に徐々に低下して 10 μ S/m 以下になっているが、水質調整タンク循環ライン電導度は午前中ではほとんど低下せず、午後の運転で循環ラインのエア抜きを実施したのち急激に低下し、10 μ S/m 以下になった。溶存酸素濃度は、ヘリウムガスバブリングを約 30 分実施し、約 2,200ppb から 1,300ppb に低下した。pH は全期間ほぼ一定の値 6 程度に保たれた。

(2) 圧力及び流量データの詳細 (サージタンク接続なし)

図 2 に午前中の運転状態 (圧力、流量) の詳細を示す。手動運転で周波数を 1Hz 刻みで上げると、それに伴って圧力と流量は上昇した。周波数を 27Hz から 28Hz まで上げた時、主ポンプの音が変わり、主ポンプ出口流量が急増したので主ポンプを緊急停止した (10:55 頃)。

そこで、周波数を 26Hz 以上に上げる場合、系統内が十分に安定した状態になったのを確認後、周波数を小刻みに上げた (11:22 以降)。

周波数が 26Hz 以上になると、主ポンプ出口流量は、主ポンプ出口圧力のカーブと相似していないので、流用計の指示値に異常が発生したと考えられる。一方、キャプセル AB+バイパス流量は、主ポンプ出口圧力のカーブと相似しているため、この値が正しいと考えられる。

主ポンプ周波数が 27Hz において、圧力変動はキャプセル A 及び B 入口圧力で平均値 5.03 MPa、変動幅 $\pm$ 0.01 MPa であった。またキャプセル A 流量は平均値 0.172 m³/h、変動幅 $\pm$ 0.001、キャプセル B 流量は平均値 0.168 m³/h、変動幅 $\pm$ 0、 $-$ 0.001 であった。

(3) 圧力及び流量データの詳細 (サージタンク接続あり)

図 3 にサージタンクを接続した時の運転状態 (圧力、流量) の詳細を示す。主ポンプ周波数が 27Hz において、圧力変動はキャプセル A 及び B 入口圧力で平均値 5.03 MPa、変動幅 $\pm$ 0.01MPa、 $-$ 0MPa であった。またキャプセル A 流量は平均値 0.169 m³/h、変動幅 $\pm$ 0.001、キャプセル B 流量は平均値 0.159 m³/h、変動幅は $\pm$ 0 であった。

(4) 周波数毎の圧力及び流量データ

図 4 に周波数に対する主ポンプ出口流量及び圧力を示す。これより、周波数 26Hz 以下では、圧力及び流量は周波数の増加に伴いニアに増加している。27Hz を超えたところから

流量が急激に増加しているが、圧力はリニアに変化している。このことから流量の異常と考えられる。

4. 特記事項

4.1 不具合事象

(1) 原因

主ポンプを起動して、ある一定の周波数（約 27.8Hz）で主ポンプ出口流量値が発散する現象があった。これは主ポンプの振動あるいは圧力の変動に主ポンプ出口流量計のオリフィス配管（差圧発信器のチューブ）が共振したために、起こった現象である。オリフィス配管は、配管サポートに固定されているが、一部サポートの間隔が広い箇所があり、激しく振動していた。

(2) 対策案

激しく振動していたオリフィス配管を周囲の配管サポートに束線バンド等で固定することを予定している。それまでは、キャプセル流量 AB+バイパス流量を参照する。

以上

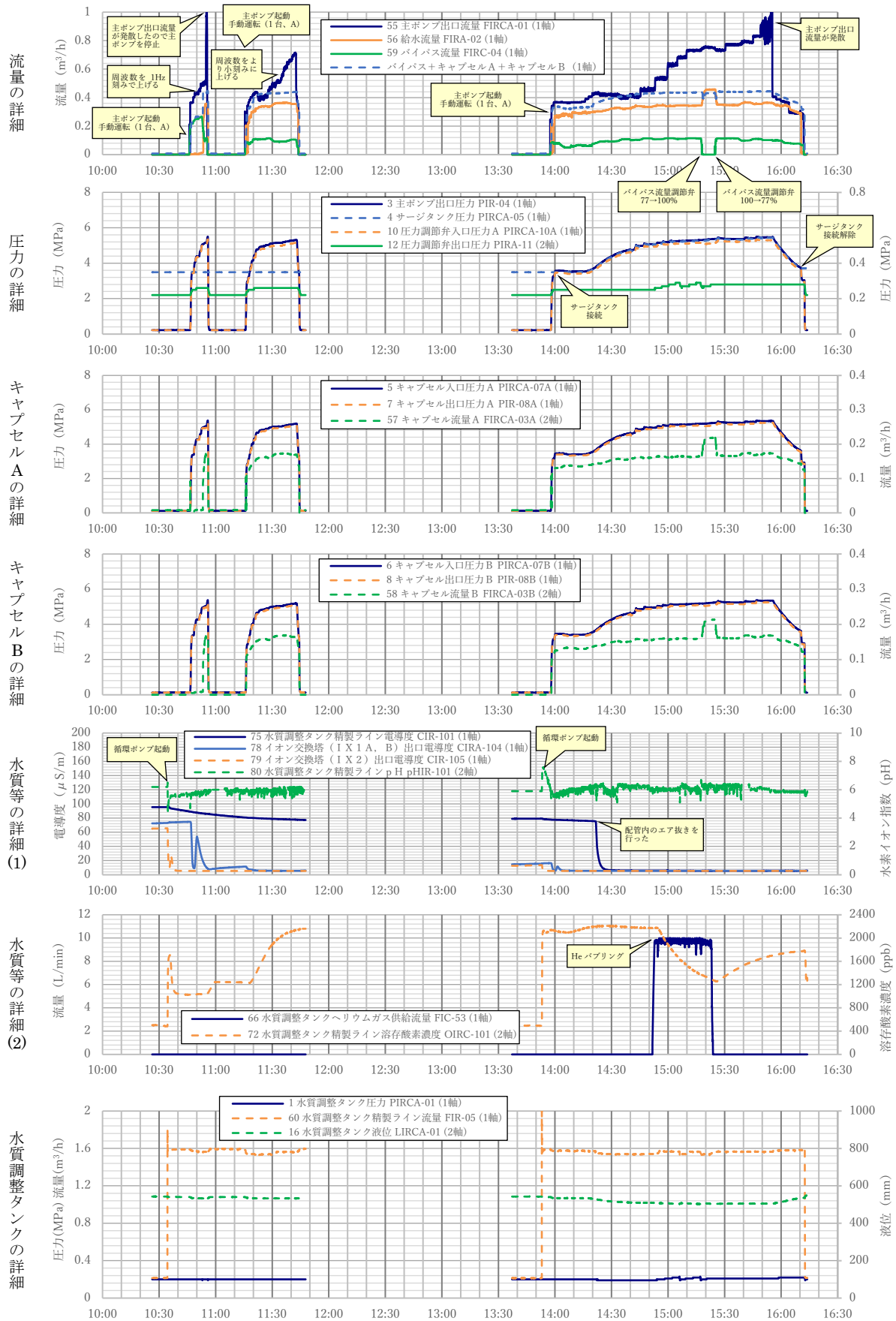


図1 運転履歴

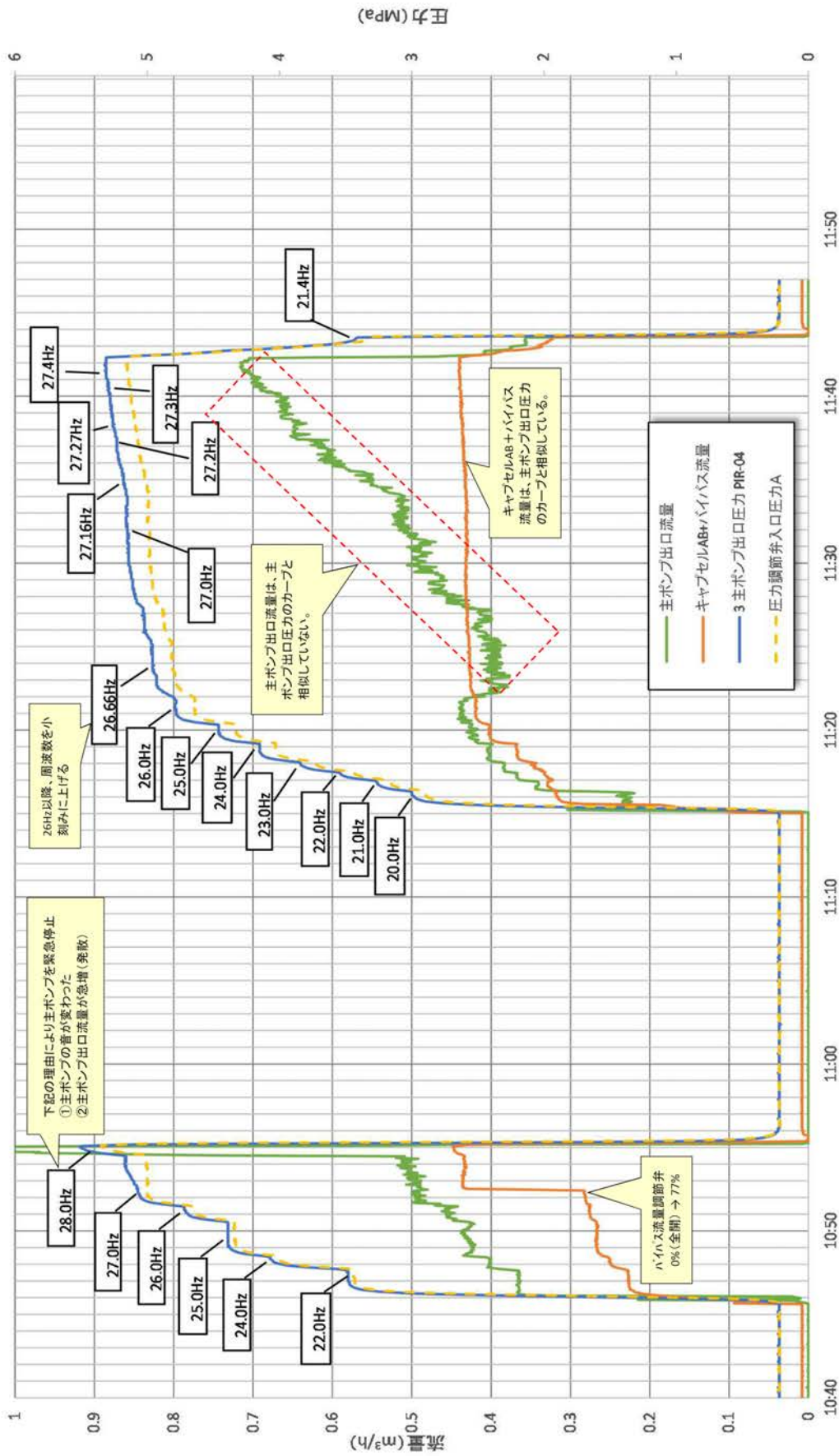


図 2 圧力及び流量データ (10:46～10:55、11:15～11:44) サージタンク接続なし

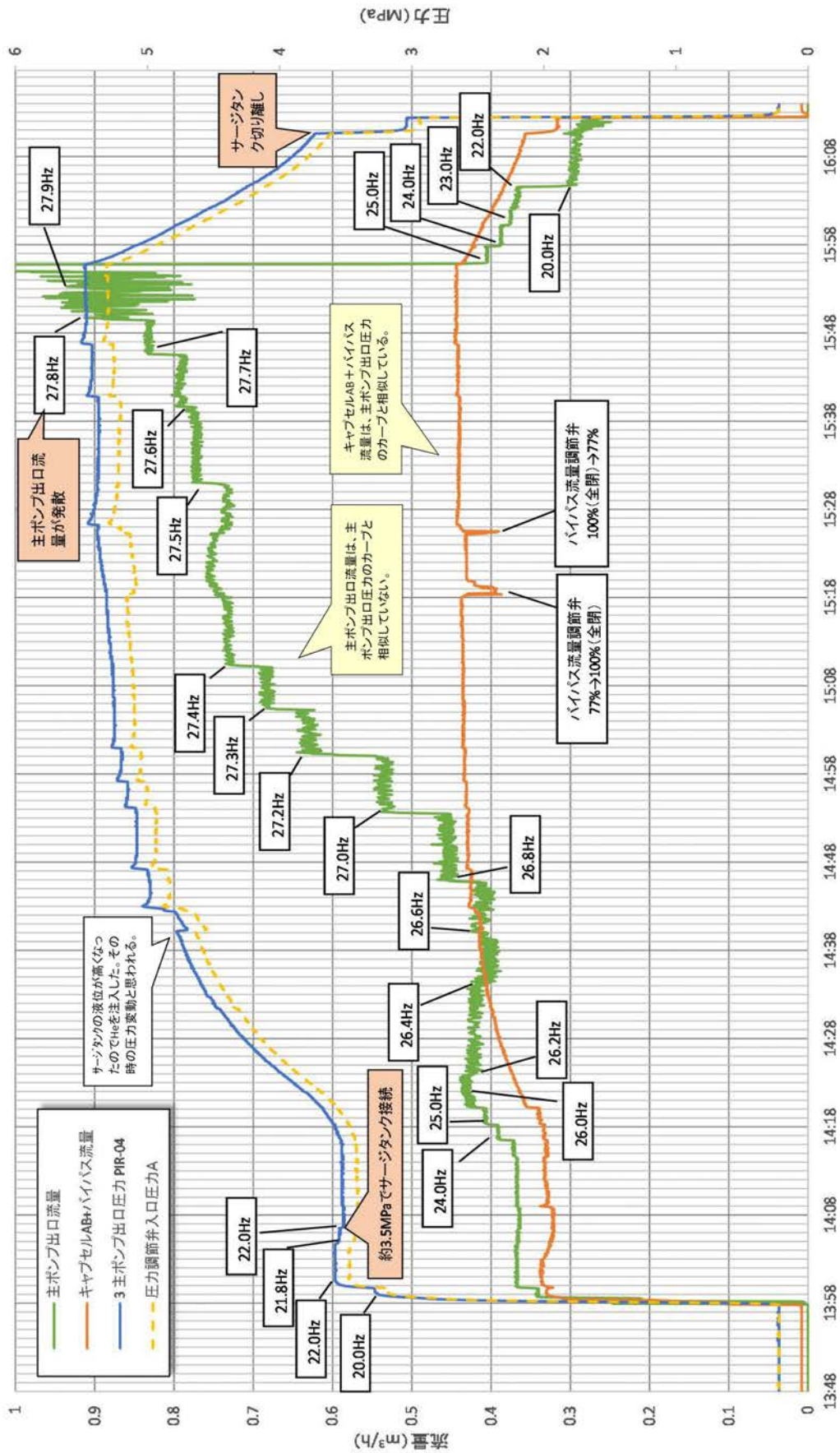


図 3 圧力及び流量データ (13:58~16:13) サージタンク接続あり

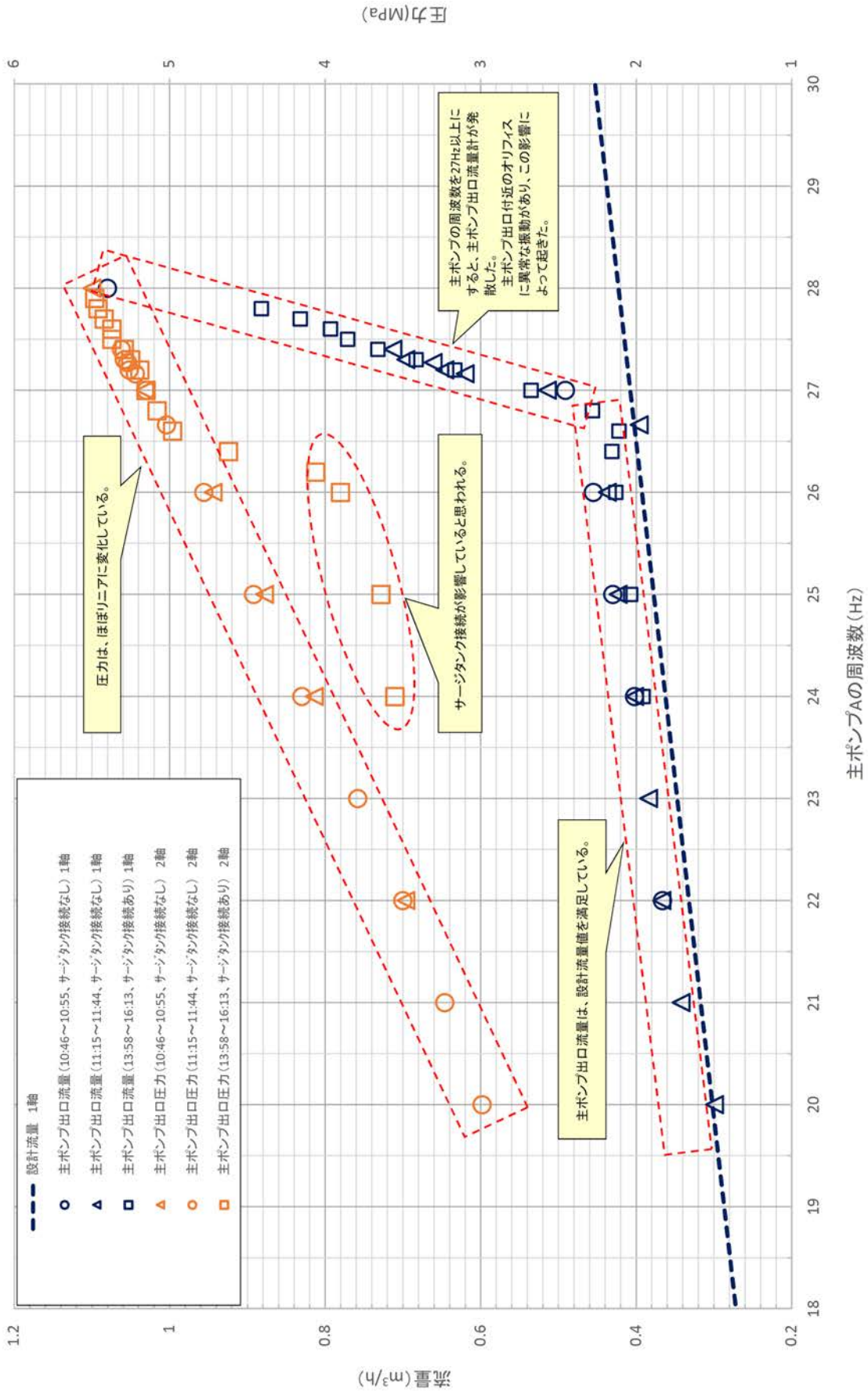


図 4 周波数毎の圧力及び流量データ (3 ケースのデータを重ねた)

試験 No. : BWR-④

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 11 月 1 日（火）

1. 試験概要

照射試験中は、通常主ポンプを 2 台並行に運転するが、どちらかのポンプに異常が発生した場合は 1 台運転になる。また、圧力調節弁は通常 1 系統を使用するが、異常時には別系統に切替えることがあるため、それぞれの特性を把握する必要がある。主ポンプ及び圧力調節弁は、それぞれの性能、設置位置、配管の長さ等が異なるため、主ポンプと圧力調節弁の組合せにより、運転状態（圧力、流量等）が若干異なる可能性がある。本試験では、主ポンプ A と圧力調節弁 A の組合せによる運転状態（圧力、流量等）を確認した。

2. 試験内容

主ポンプ A 及び圧力調節弁 A を使用してラインを構成した。主ポンプ A を手動で起動し、周波数をパラメータに流量を変化させ、系統の圧力、流量等のデータを取得した。なお、圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	手動（周波数）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.26（22Hz）→約 0.5（30Hz）
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A
圧力調節系	A 系
キャプセル系統	A、B（両系統）
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングなし

3. 試験結果

3.1 試験データ

(1) 運転データ

主ポンプ A と圧力調節弁 A を使用した運転状態（圧力、流量）の試験データは以下の通りである。

周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
30	0.479	6.29	6.10
29	0.468	5.91	5.74
28	0.449	5.55	5.37
27	0.434	5.18	5.02
26	0.420	4.83	4.67
25	0.393	4.49	4.34
24	0.360	4.16	4.03
22	0.291	3.56	3.43

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

(2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	110.6	5.6
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	52.9	9.4
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	46.5	5.4
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	—	—

3.2 試験結果グラフ

(1) 図 1 運転履歴

(2) 図 2 主ポンプ A—圧力調節弁 A 圧力及び流量データグラフ (3.1 項の試験データ)

3.3 考察

3.1 項に示す通り、主ポンプ A と圧力調節弁 A を使用した運転状態（圧力、流量）の試験データを取得した。今後は、同じ条件で他の組合せ（主ポンプ、圧力調節弁）の試験を実施し、データを比較することにより、組合せによる特性を把握できると考えられる。

主ポンプの流量特性は周波数 30Hz において設計値と実測値を比較すると設計値「0.453 m³/h」に対して実測値「0.479 m³/h」であり、設計値を満足した。また最大流量のデータについては、圧力調節弁の並列運転等を考慮しながら取得する。

流量データについては、主ポンプ出口流量データを使用する予定だったが、不具合事象によりキャプセル AB 流量+バイパス流量のデータを採用した。不具合事象の詳細は、次項（4.1 項）を

参照する。

4. 特記事項

4.1 不具合事象

(1) 原因

主ポンプを起動して、ある一定の周波数（約 27.8Hz）で主ポンプ出口流量値が発散する現象があった。主ポンプの振動に主ポンプ出口流量計のオリフィス配管（差圧発信器のチューブ）が共振したため発生した現象である。オリフィス配管は、配管サポートに固定されているが、一部サポートの間隔が広い箇所があり、激しく振動していた。

(2) 対策案

激しく振動していたオリフィス配管を周囲の配管サポートに束線バンド等で固定することにより、振動が軽減された。次試験で、オリフィス配管を固定して、流量値が正常値になることを確認する。また、主ポンプ B を使用して、同現象の再現性を確認する。

4.2 操作上の問題点

本試験では、主ポンプは手動（周波数制御）で実施したため、4.1 項の不具合が発生しても大きな影響はなかったが、自動制御（流量制御）で実施した場合は、流量値が発散すると制御不能となり大きな問題（事故等）になるため、その場合は、速やかに主ポンプの制御を手動に切替える必要がある。異常時の対処法を明確にしておく必要がある。

以上

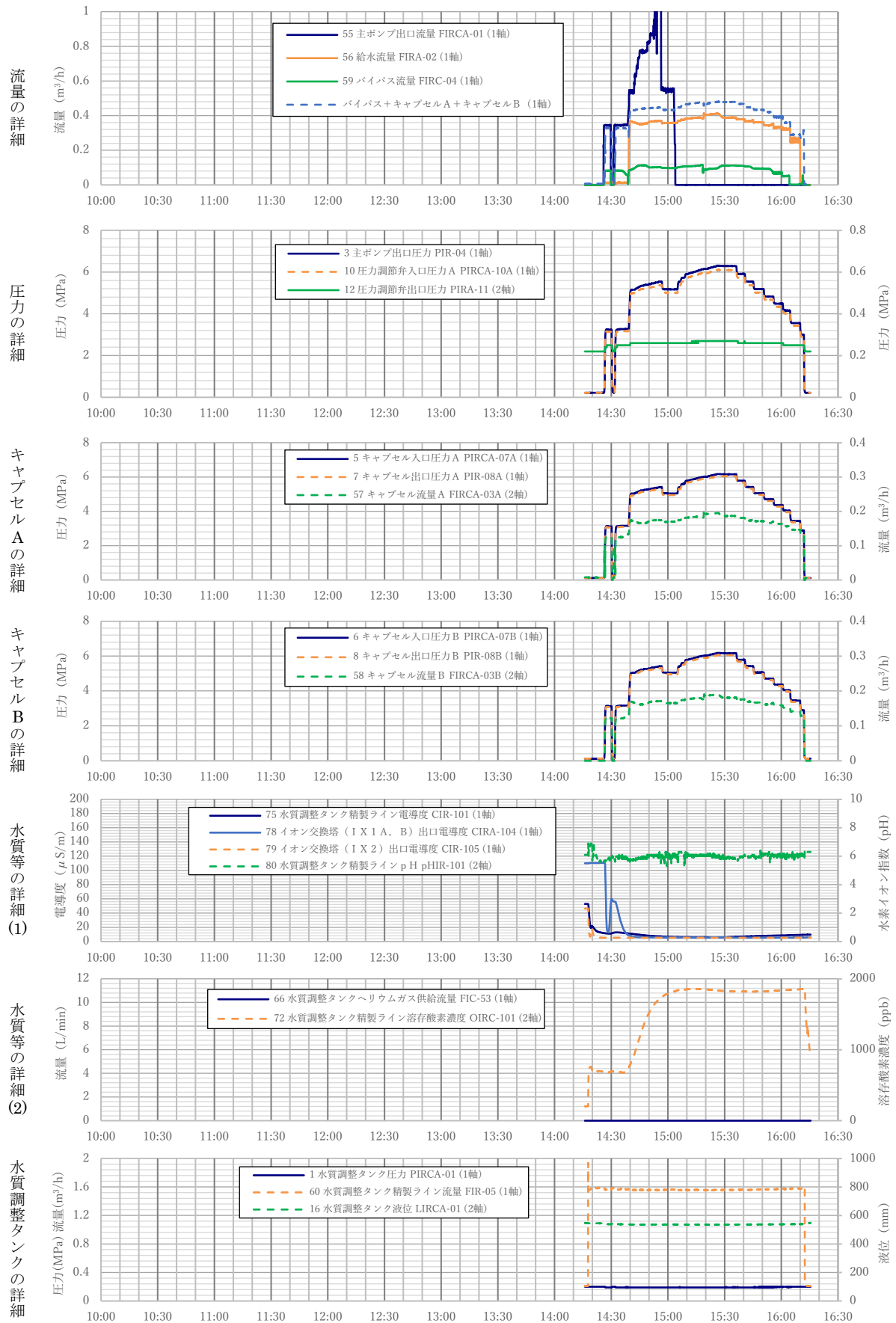


図1 運転履歴



試験 No. : BWR-⑤

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 11 月 2 日（水）

1. 試験概要

照射試験中は、通常主ポンプを 2 台並行に運転するが、どちらかのポンプに異常が発生した場合は 1 台運転になる。また、圧力調節弁は通常 1 系統を使用するが、異常時には別系統に切替えることがあるため、それぞれの特性を把握する必要がある。主ポンプ及び圧力調節弁は、それぞれの性能、設置位置、配管の長さ等が異なるため、主ポンプと圧力調節弁の組合せにより、運転状態（圧力、流量等）が若干異なる可能性がある。

本試験では、主ポンプ B と圧力調節弁 B の組合せによる運転状態（圧力、流量等）を確認した。

2. 試験内容

主ポンプ B 及び圧力調節弁 B を使用してラインを構成した。主ポンプ B を手動で起動し、周波数をパラメータに流量を変化させ、系統の圧力、流量等のデータを取得した。なお、圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	手動（周波数可変）
	圧力調節系	手動（100→91%）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.3*1（21Hz）→約 0.5*1（30Hz）
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

*1：キャプセル A 流量+キャプセル流量 B+バイパス流量

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	B
圧力調節系	B 系
キャプセル系統	A、B（両系統）
イオン交換塔	B 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	なし

3. 試験結果

3.1 試験データ

主ポンプ B と圧力調節弁 B を使用した運転状態（圧力、流量）の試験データは以下の通りである。

(1) 運転データ

周波数 (Hz)	キャプセル A 流量 + キャプセル B 流量 + バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ 出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)	圧力調節弁 B 開度 %
21	0.329	3.30	3.20	100
22	0.284 (0.291)	3.54	3.43	100
23	0.339	3.87	3.75	100
24	0.365 (0.360)	4.12	3.99	100
25	0.394 (0.393)	4.50	4.36	100
26	0.418 (0.420)	4.78	4.64	100
27	0.433 (0.434)	5.16	5.01	100
28	0.445 (0.449)	5.50	5.32	100
29	0.464 (0.468)	5.89	5.70	100
30	0.478 (0.479)	6.23	6.04	100
	0.467	7.33	7.15	91

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。またカッコ内の流量データは主ポンプ A、圧力調節弁 A を使用した時のデータである。

(2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	40.3	5.6
水質調整タンクライン電導度 (μS/m)	50.1	6.5
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	39.7	5.4
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	—	—

※溶存酸素濃度：バブリング開始時の瞬時値、バブリング終了時の瞬時値

電導度：ポンプ起動 5 分前の安定期間の平均値、ポンプ停止 5 分前の安定期間の平均値
(安定期間の時間は目安)

3.2 試験結果グラフ

(1) 図 1 運転履歴

(2) 図 2 主ポンプ B・圧力調節弁 B 圧力及び流量データグラフ

3.3 考察

3.1 項に示す通り、主ポンプ B 圧力調節弁 B を使用した流量データと BWR-④主ポンプ A 圧力調節弁 A の流量データを比較したところ、ほぼ同様な流量特性だった。周波数が 22Hz の流量は低い値を示しているが、これはバイパス流量が下限リミット以下（レンジの 10%以下）のためであり流量がゼロと表示されることが原因である。実際には 0.04~0.05 m³/h 流れていると考えられる。また、圧力がほぼリニアに上昇していることから流量も増加していると考えられる。今後は、同じ条件で他の組合せ（主ポンプ、圧力調節弁）の試験データを蓄積してデータを比較することにより、組合せによる特性を把握できると考えられる。

図 1 及び図 2 に示すように、流量の増加とともに圧力は上昇して流量を保持した状態では、ほぼ安定した。主ポンプを起動して 5 分程度給水流量の指示が異常であったが、これは給水流量が流量計の下限リミット以下（レンジの 10%以下）であったためであり、キャプセルバイパス流量を絞った状態では指示が正常に表示された。図 2 に流量、圧力の詳細を示す。

主ポンプの流量特性は、周波数 30Hz において設計値と実測値を比較すると圧力調節弁入口圧力が 6.04 MPa の時、流量は設計値：0.453 m³/h に対して実測値：0.478 m³/h となり設計値を満足した。

また、圧力調節弁入口圧力を圧力調節弁 B の開度を調整（100 から 91%まで絞る）することにより BWR の圧力条件 7.15 MPa と設定できることを確認した。この時の流量の実測値は 0.467 m³/h でありこの状態においても設計値を満足した。

水質については、電導度はポンプ運転して約 20 分後に 10 µS/m 以下に到達し、pH については一定の値であった。溶存酸素については、調整を実施しなかったが、1,600ppb から 2,200ppb まで上昇した。これはキャプセル側に通水したためと考えられる。キャプセル側の溶存酸素が水質調整タンクに比べて高いが、その原因は運転データを蓄積することにより明確になると考えられる。

流量データについては、主ポンプ出口流量データを使用する予定であったが、振動による不具合事象を考慮して主ポンプ出口流量計のバルブを閉とし、キャプセル A 流量+キャプセル B 流量+バイパス流量のデータを採用した。

4. 特記事項

4.1 不具合事象

主ポンプ出口流量値が周波数：27.8Hz 付近で発散する事象

(1) 原因

主ポンプの振動に主ポンプ出口流量計のオリフィス配管（差圧発信器のチューブ）が共振したために起こった。オリフィス配管は、配管サポートに固定されているが、一部サポートの間隔が広い箇所があり、激しく振動していた。

(2) 対策案

激しく振動していたオリフィス配管を周囲の配管サポートに束線バンド等で固定する。

4.2 操作上の問題点

本試験は、主ポンプを手動制御（周波数制御）で行ったため、4.1 項の不具合が発生した場合でも大きな影響はなかったが、自動制御（流量制御）で実施した場合は、流量値が発散すると制御不能となり大きな事故等に繋がる可能性がある。現状では制御不能となった場合に速やかに主ポンプを手動制御に切替えることができるか懸念があるため対処法を考える必要がある。

以上

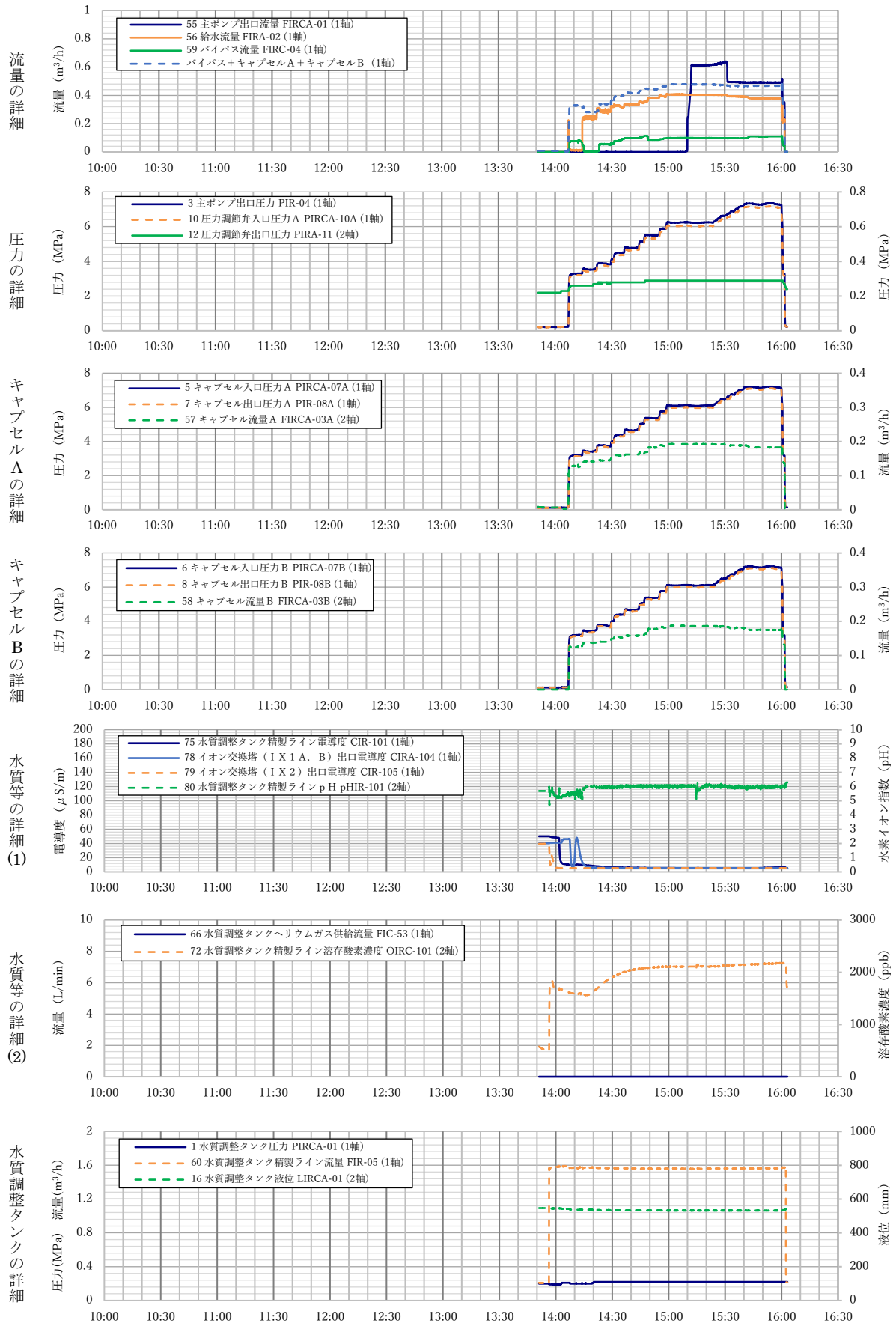


図1 運転履歴

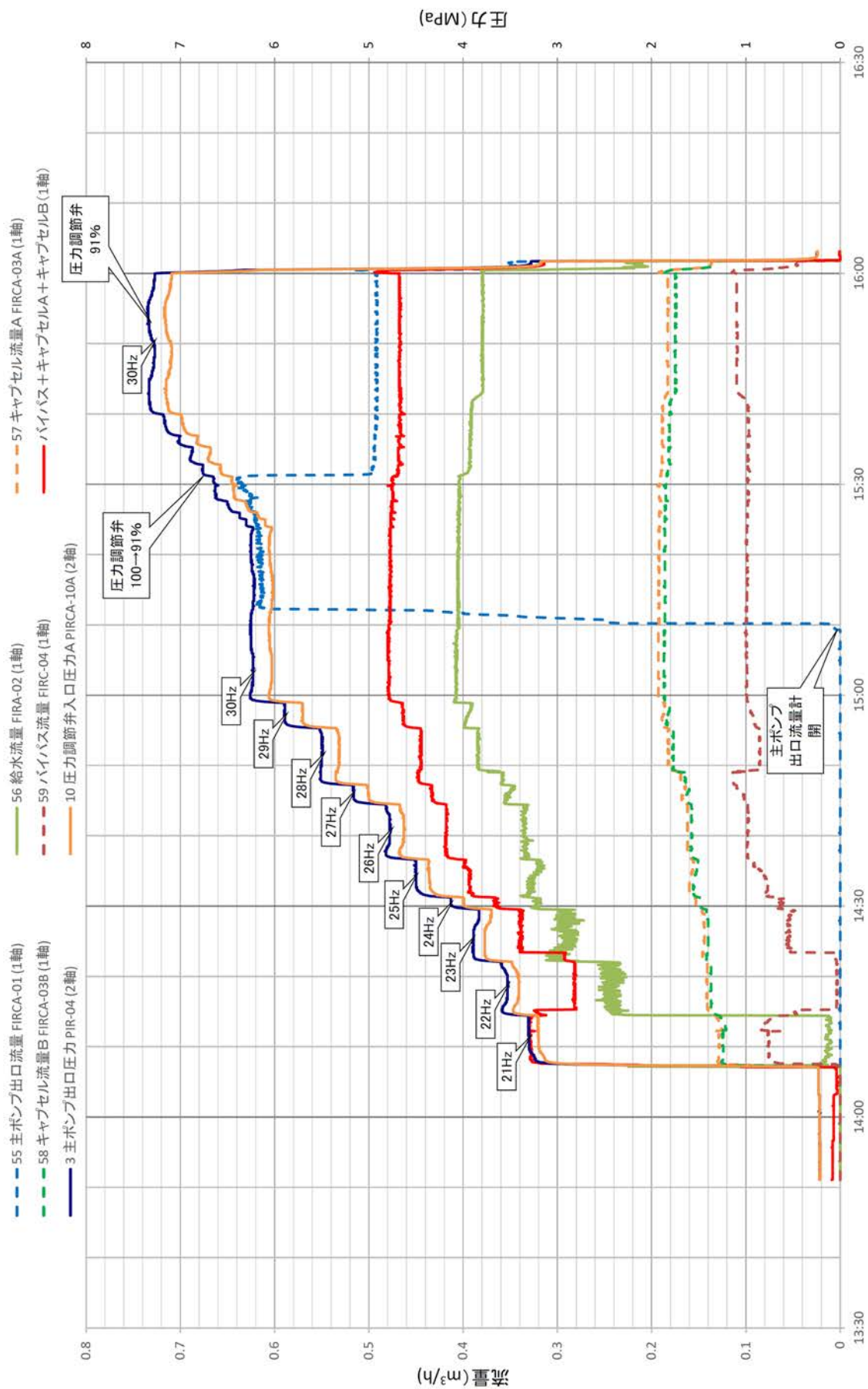


図2 主ポンプB・圧力調節弁B 圧力及び流量データグラフ

試験 No. : BWR-⑥

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 11 月 4 日（金）

1. 試験概要

照射試験中は、通常主ポンプを 2 台並行に運転するが、どちらかのポンプに異常が発生した場合は 1 台運転になる。また、圧力調節弁は通常 1 系統を使用するが、異常時には別系統に切替えることがあるため、それぞれの特性を把握する必要がある。主ポンプ及び圧力調節弁は、それぞれの性能、設置位置、配管の長さ等が異なるため、主ポンプと圧力調節弁の組合せにより、運転状態（圧力、流量等）が若干異なる可能性がある。

本試験では、主ポンプ A と圧力調節弁 B 及び主ポンプ B と圧力調節弁 A の組合せによる運転状態（圧力、流量等）を確認した。

2. 試験内容

午前は主ポンプ A 及び圧力調節弁 B を使用してラインを構成した。主ポンプ A を手動で起動し、周波数をパラメータに流量を変化させ、系統の圧力、流量等のデータを取得した。

午後は主ポンプ B と圧力調節弁 A を使用してラインを構成した。主ポンプ B を手動で起動し、周波数をパラメータに流量を変化させ、系統の圧力、流量等のデータを取得した。

なお、圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	手動（周波数）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.28 ^{*1} （18Hz）→約 0.48 ^{*1} （30Hz）
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

*1：キャプセル A、B 流量+バイパス流量

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A（午前）、B（午後）
圧力調節系	B 系（午前）、A 系（午後）
キャプセル系統	A、B（両系統）
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし

サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングなし

3. 試験結果

3.1 試験データ

主ポンプと圧力調節弁を使用した運転状態（圧力、流量）の試験データは以下の通りである。

(1) 運転データ（主ポンプ A-圧力調節弁 B）

周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
30.0	0.480 ^{*2}	6.24 ^{*2}	6.07 ^{*2}
28.0	0.449	5.50	5.33
26.0	0.419	4.79	4.64
24.0	0.358	4.16	4.02
20.0	0.314	3.01	2.90
18.0	0.281	2.51	2.42

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

*2：ロギングデータ欠落のため、PLC のデータから瞬時値を取得

(2) 運転データ（主ポンプ B-圧力調節弁 A）

周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
30.0	0.481	6.25	6.06
29.0	0.465	5.85	5.66
28.0	0.446	5.48	5.31
27.0	0.429	5.12	4.95
26.0	0.417	4.77	4.62
25.0	0.399	4.43	4.29
24.0	0.368	4.11	3.98
23.0	0.338	3.81	3.70
22.0	0.323	3.51	3.40
21.0	0.327	3.26	3.15
20.0	0.315	2.97	2.87
19.0	0.298	2.72	2.63
18.0	0.280	2.47	2.39

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

(3) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 ($\mu\text{S/m}$)	52.9	5.6
水調調整タンクライン電導度 ($\mu\text{S/m}$)	70.8	20.4
水質調整タンク IX2 出口電導度 ($\mu\text{S/m}$)	52.4	5.4
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	—	—

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 圧力及び流量データ (主ポンプ A—圧力調節弁 B)
- (3) 図 3 圧力及び流量データ (主ポンプ B—圧力調節弁 A)
- (4) 図 4 周波数毎の圧力及び流量データ (2 ケースの運転データを重ねた)

3.3 考察

(1) 運転履歴

図 1 に主ポンプ A と圧力調節弁 B 及び主ポンプ B と圧力調節弁 A を使用した時の運転状態 (圧力、流量、水質等) のデータを示す。どちらのケースも、流量の増加とともに圧力は上昇して、流量を保持した状態では、ほぼ安定した。

主ポンプの流量特性は、図 4 に示すように、周波数 30Hz において設計値と実測値を比較すると設計値「0.453 m³/h」に対して実測値は、主ポンプ A は「0.480 m³/h」、主ポンプ B は「0.481 m³/h」であり、設計値を満足した。また、主ポンプ A と主ポンプ B の圧力及び流量のデータを周波数毎に比較すると、ほぼ同じ値を示しており、ポンプの特性に差異はみられなかった。

水質データについては、電導度は循環ポンプ、主ポンプを起動後に徐々に低下した。今回は、ヘリウムガスのバブリングは行わなかったため、溶存酸素濃度は変化がみられなかった。pH は全期間ほぼ一定の値に保たれた。

4. 特記事項

4.1 不具合事象

(1) 主ポンプ出口流量

主ポンプを起動して、ある周波数 (27～28Hz) で主ポンプ出口流量値が発散した。これは主ポンプの振動に主ポンプ出口流量計のオリフィス配管 (差圧発信器のチューブ) が共振したため発生した現象である。オリフィス配管は、配管サポートに固定されているが、一部サポートの間隔が広い箇所があり、激しく振動していた。

(2) 図 2 の注 1—①、②

図 3 の流量 (バイパス+キャプセル A+キャプセル B) において、周波数が 22Hz の時の流量が、20Hz の時の流量より小さくなっているが、実際には②はこれよりも流れており、こ

の逆転現象は起きていない。

バイパス流量のレンジの最小値は $0.05 \text{ m}^3/\text{h}$ である。①の部分は、ちょうどその近辺で、指示値は $0 \text{ m}^3/\text{h}$ になっているが、実際の流量は不明である。①の流量は $0.05 \sim 0 \text{ m}^3/\text{h}$ の範囲であるので、②もこの値より多く流れていると解釈できる。

(3) 図 2 の注 1-③、図 3 の注 2-①

主ポンプ出口流量のレンジの最小値は $0.2 \text{ m}^3/\text{h}$ である。注 1-③と注 2-①の部分は、その値より低く、指示値は $0 \text{ m}^3/\text{h}$ になっているが、実際の流量は不明である。流量が少ない場合は、レンジがより小さなバイパス流量、キャプセル A、B 流量を参照することを推奨する。

以上

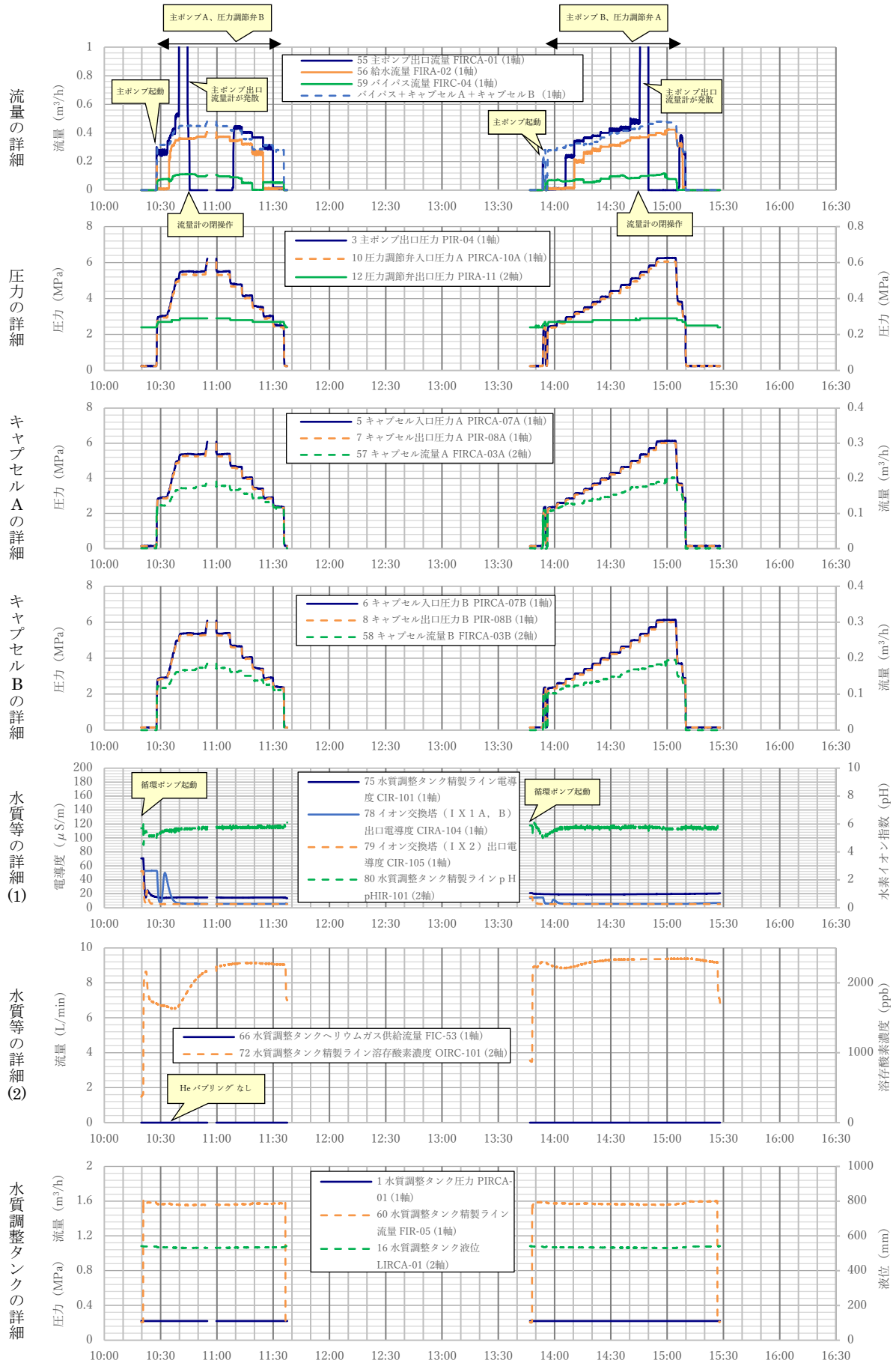


図 1 運転履歴

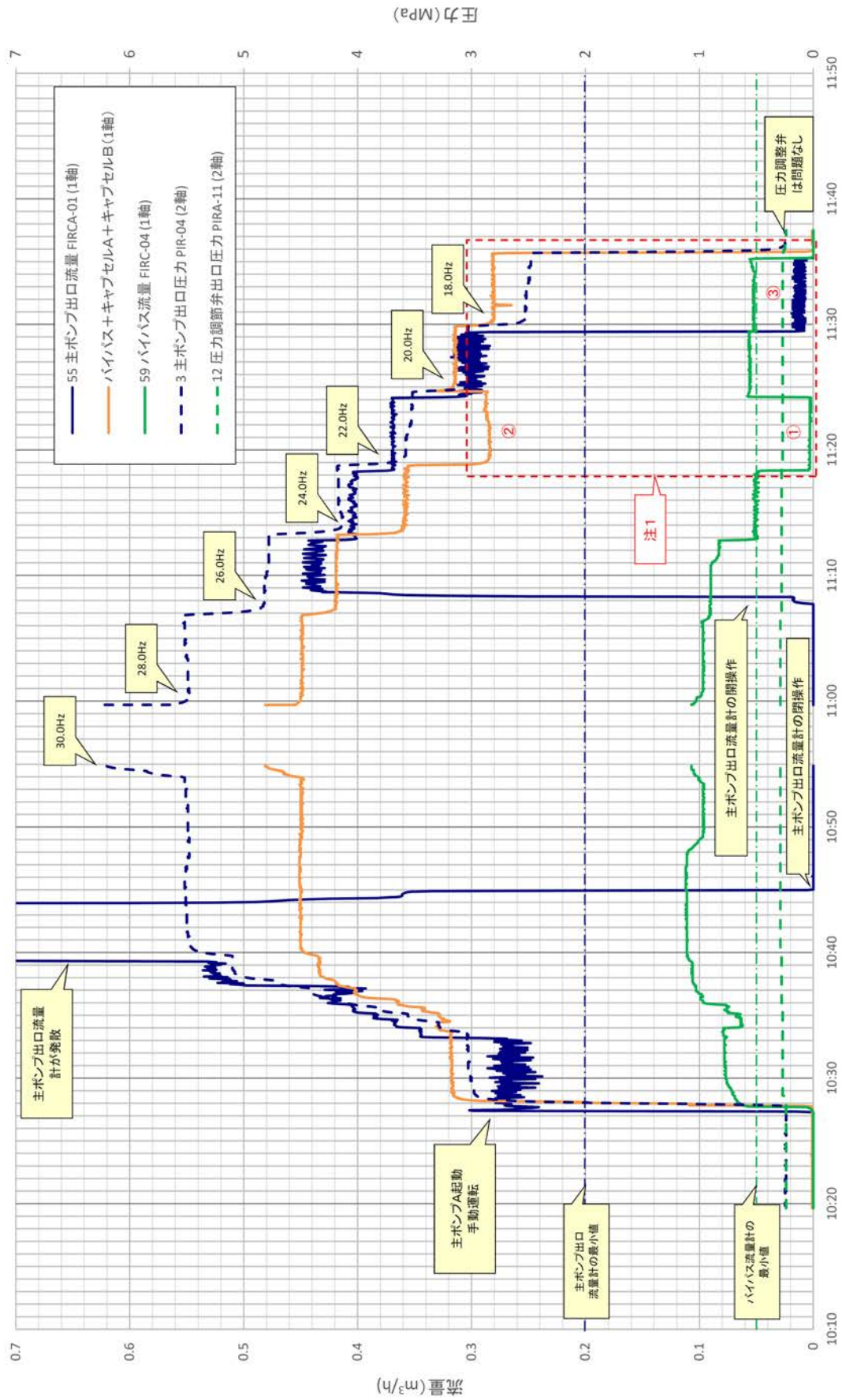


図2 圧力及び流量データ (主ポンプAー圧力調節弁B)

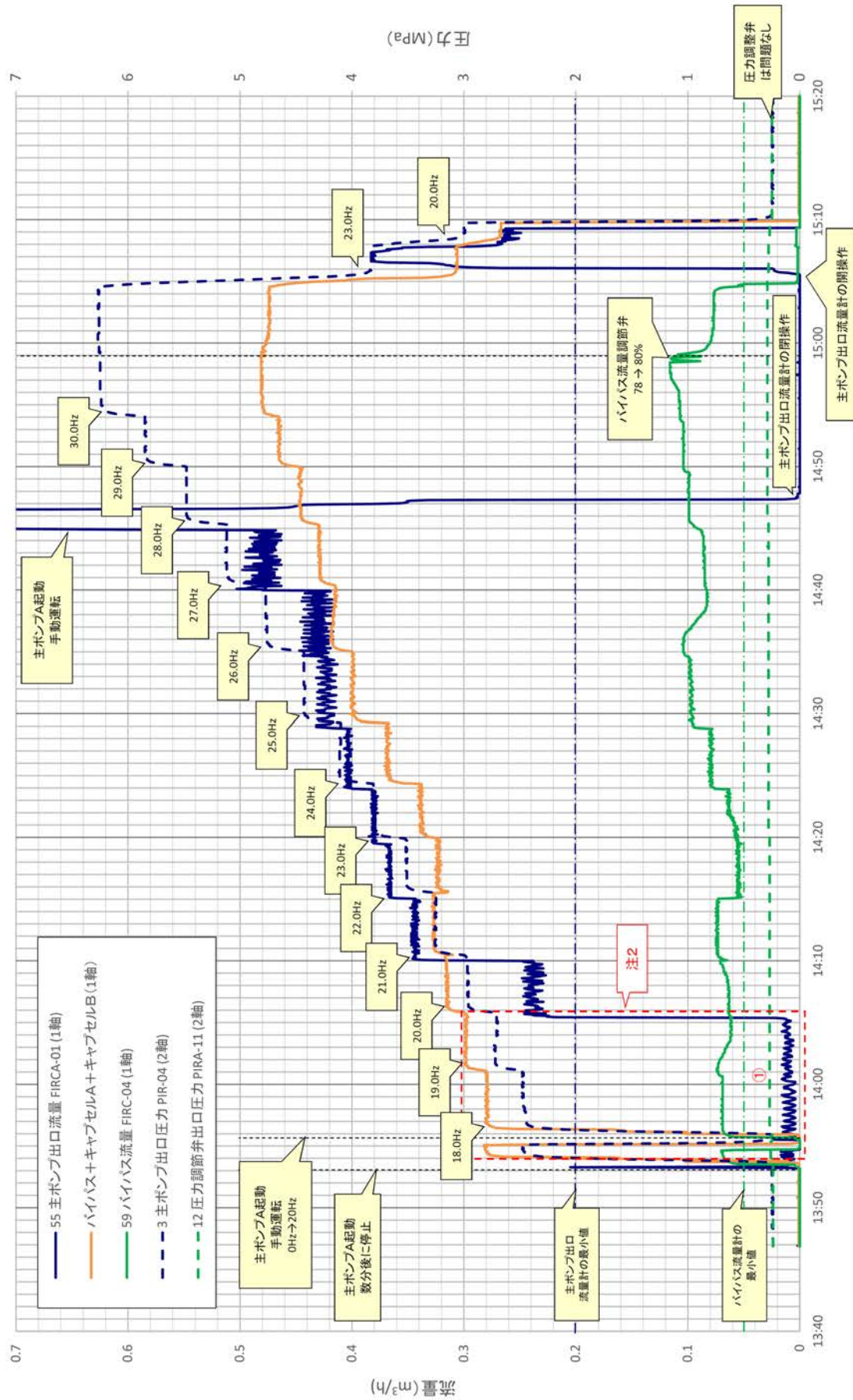


図3 圧力及び流量データ (主ポンプBー圧力調節弁A)

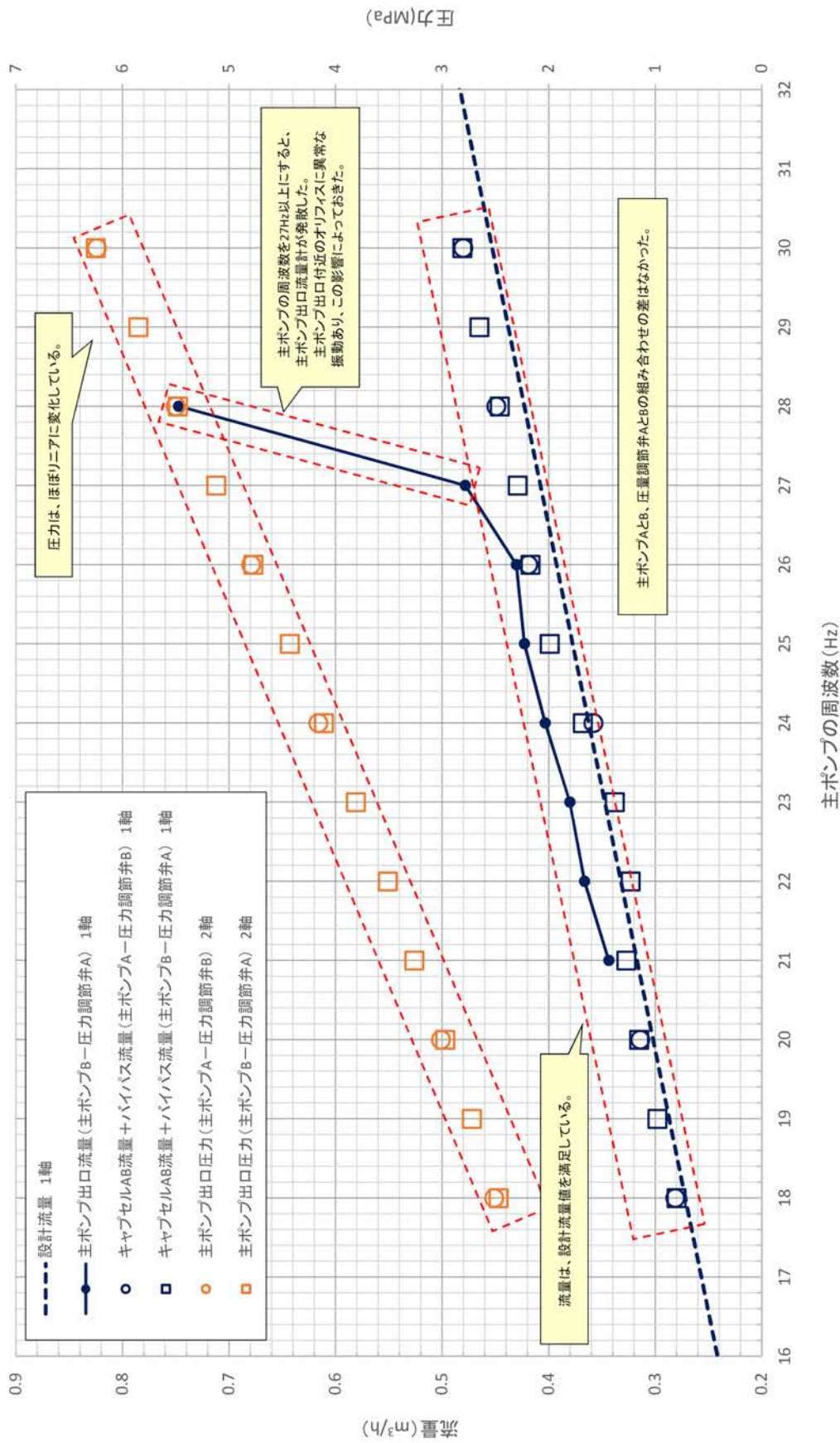


図 4 周波数毎の圧力及び流量データ (2 ケースの運転データを重ねた)

試験 No. : BWR-⑦

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 11 月 17 日（木）

1. 試験概要

本試験では、サンプリングラインへ通水を行い、その時の運転状態（圧力、流量）のデータを取得した。サンプリングラインへの通水は初めてなので、運転前に十分なバルブの確認を行い、コンフローを手動で徐々に開けた。また、通水後は各種調節弁の調整を行った。

2. 試験内容

午前は主ポンプ B と圧力調節弁 B を使用してラインを構成した。主ポンプ B を手動で起動し、主ポンプ出口流量が約 0.5 m³/h になるまで周波数を徐々に増加した。また、サンプリングラインに通水するため、手動弁の開閉を確認した。

午後は主ポンプ A と圧力調節弁 A を使用してラインを構成した。主ポンプ A を手動で起動し、主ポンプ出口流量が約 0.5 m³/h になるまで周波数を増加した。

サンプリングラインに通水して、系統の圧力、流量等のデータを取得した。サンプリング系統はキャプセル入口を選択（AV-11 開）し、運転状態を確認しながらコンフローを徐々に開いた。なお、サンプリングラインの流量計（FIA-08）の指示値は現場で確認した。通水後はサンプリングライン流量調節弁（HV-32）、サンプリングライン流量計出口流量調節弁（HV-36）の調整を行い、規定流量に設定した。圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	手動（周波数：～30.8Hz）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	→約 0.5（30.8Hz）
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

	前半	後半
主ポンプ	B	A
圧力調節系	B 系	A 系
キャプセル系統	A、B（両系統）	

イオン交換塔	A 系	A 系
サージタンク	接続なし	
サンプリングライン	通水なし	通水あり
He バブリング	バブリングあり	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

サンプリングラインの通水あり/なしの両ケースの運転状態（圧力、流量）及び水質データは以下の通りである。

- (1) 運転データ：主ポンプ B と圧力調節弁 B サンプリングライン通水なし

周波数 (Hz)	給水流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
30.8	0.504	7.22	7.03

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

- (2) 運転データ：主ポンプ A と圧力調節弁 A サンプリングライン通水、コンフロー開度：0%時

周波数 (Hz)	給水流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 B 入口圧力 (MPa)
30.8	0.515	6.34	6.14

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

- (3) 運転データ：周波数：30.8Hz、コンフロー開度調整

コンフロー開度 (%)	給水流量 (m ³ /h)	キャプセル A 流量 (m ³ /h)	キャプセル B 流量 (m ³ /h)	バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 B 入口圧力 (MPa)
0	0.414	0.192	0.184	0.101	6.34	6.14
20	0.415	0.191	0.184	0.102	6.27	6.08
40	0.420	0.189	0.181	0.103	6.13	5.94
60	0.426	0.185	0.178	0.101	5.87	5.69

※上記の値は、安定後 2 分間の平均値とする。

- (4) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	80.4	5.3
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	72.5	11.6
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	70.4	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	1,261	350

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 圧力及び流量データ（サンプリングライン通水）

3.3 考察

(1) 運転履歴

図 1 にサンプリングラインに通水しない場合（午前）と、通水した場合（午後）の運転状態（圧力、流量、水質等）のデータを示す。主ポンプの周波数は午前と午後ともに 30.8Hz 固定とした時間帯があるが、圧力と流量が異なる値を示している（3.1 項の試験データを参照）。

午前と午後で異なる条件は、主ポンプ A/B、圧力調節弁 A/B、サンプリングラインの通水あり/なしである。主ポンプと圧力調節弁の組合せに関しては、11 月 1 日、11 月 2 日及び 11 月 4 日の試験で組合せによる差異がないことを確認している。よって、午前と午後の差異は、サンプリングラインの AV-11 を開けたことによるものと考えられる。

水質データについては、3.1 項の試験データ(4)に示すように電導度は循環ポンプ、主ポンプを起動後に徐々に低下して、約 1 時間後に約 10 $\mu\text{S}/\text{m}$ まで低下している。溶存酸素濃度は、ヘリウムガスバブリングを約 2 時間 40 分行い、1,260ppm から 350ppm まで低下している。pH は全期間ほぼ一定の値を示している。

(2) サンプリングラインの通水

図 2 にサンプリングラインに通水した場合の運転状態（圧力、流量）のデータを示す。図 1 に載せた主ポンプ出口流量には発散がみられるので、図 2 には（給水＋パイパス）の流量を載せた。また、サンプリングラインの流量計（FIA-08）は現場指示計であり、試験データ取得に使用したロギングファイルには出力されない。代用として「給水－キャプセル A－キャプセル B」をサンプリングラインの流量として記載した。

サンプリング選択弁（AV-11）を開くと、サンプリングライン減圧弁出口圧力が 0.12 から 0.15 MPa まで上昇した。コンフローを段階的に開けると、3.1 項の試験データ(3)に示すようにキャプセル流量 A、B が減少した。この減少分がサンプリングラインに流れたものと思われる。よってコンフローは正常に機能している。給水流量はわずかに増加したが、ポンプの周波数は一定であるため流量が増加するとは考えにくい。データを蓄積することにより原因が解明できるものと思われる。パイパス流量はほぼ一定であった。

サンプリングラインの水質計は通水しても、電導度、溶存酸素濃度、pH の各計器の指示値は変化しなかった。そこで、エア抜きを行ったところ電導度と溶存酸素濃度については指示が現れたが水質調整タンクの値と比較して誤差が大きく、pH については指示が現れなかった。原因はポンプ出口圧力が午前の運転と比較して 1 MPa 程度低かったこと、規定の流量を確保することができなかったこと及び配管にエアが残っていることであると考えられる。

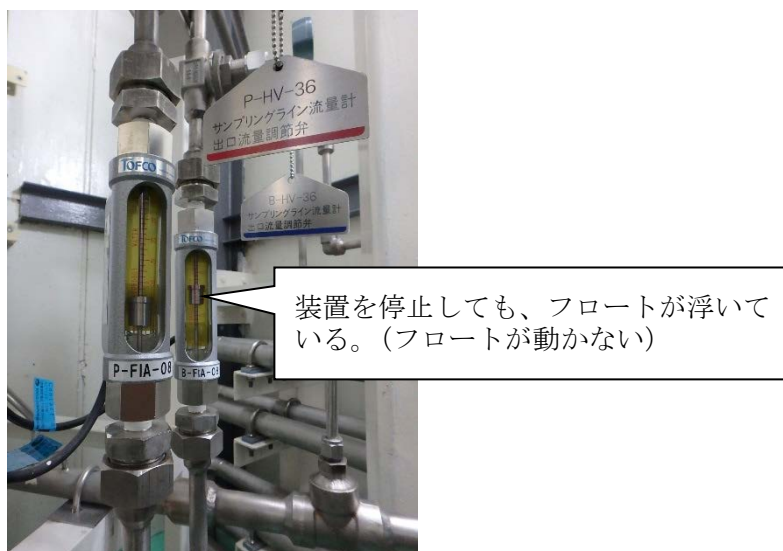
4. 特記事項

4.1 不具合事象

(1) 流量計の不具合

サンプリングラインの流量計（FIA-08）のフロートが動かないので、サンプリングラインに流れる流量が把握できず、当初予定していた流量調整ができなかった。

流量計を分解点検する必要がある。



(2) 水質分析計の不具合

電導度、溶存酸素濃度、pH の値が正しく動いていない。HV-35 を閉じて水質分析計ラック（2）に通水するとコンフローの出口圧力が上がった。原因は水質分析計ラック（2）にエアが入ったことにより通水しにくいことだと考えられる。

現設備では、水質分析ラックの最上位配管からエア抜きを行う仕組みがないので問題である。流量計（F103）の継ぎ手を外してエア抜きを行ったがエアは完全には抜けず、水質分析計の指示値は正常に表示されないまま試験を終了した。引き続き、水質分析計ラック（2）のエア抜きが必要である。

(3) 図 2 の注 1

14:32～14:38、14:50～14:55 の時間帯、圧力、流量に変化がみられる。これは(2)の HV-35 を調整したことによるものと考えられるが、今後サンプリングラインの通水を行う場合、同様の現象が発生するのか注意して観察する。

以上

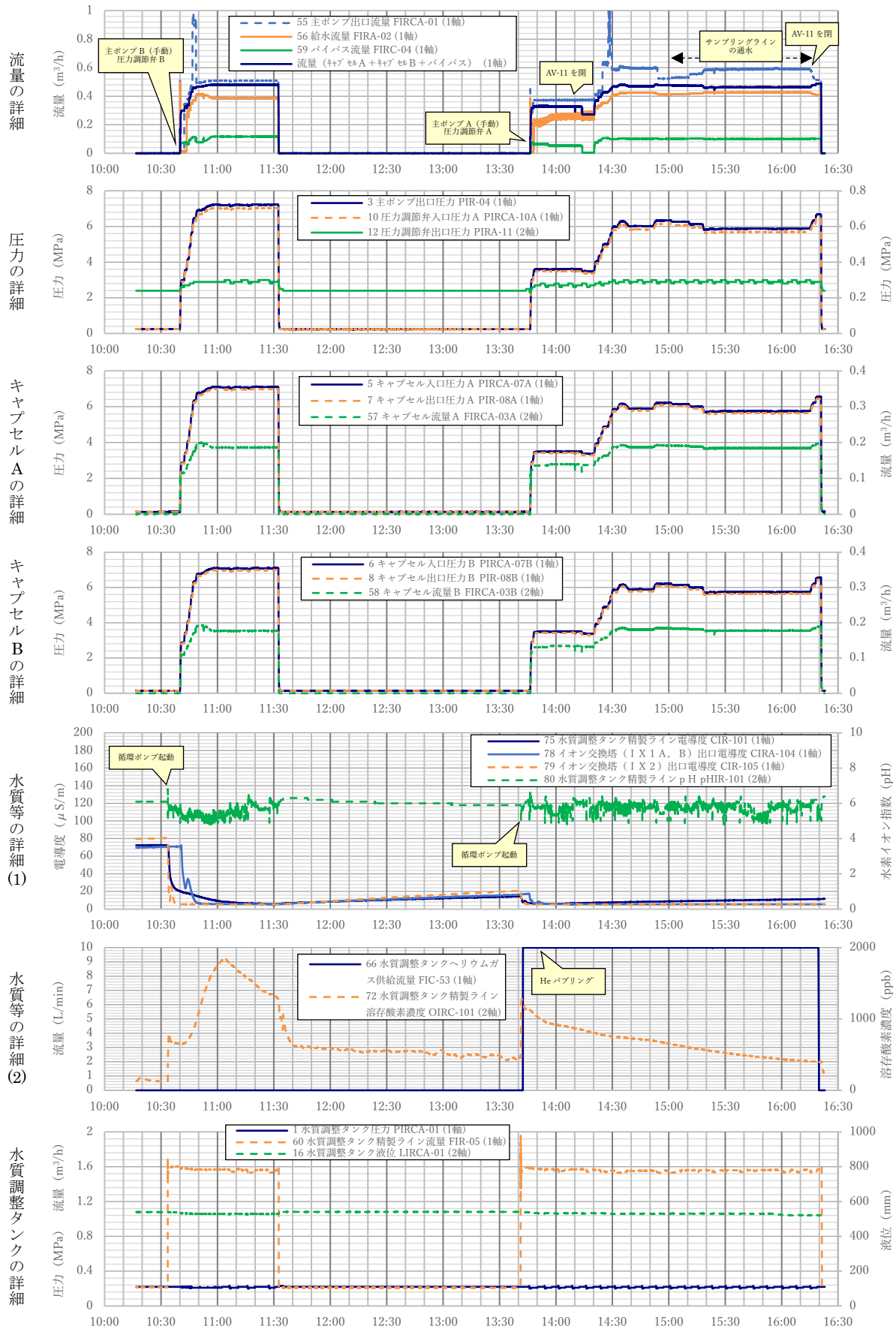


図1 運転履歴

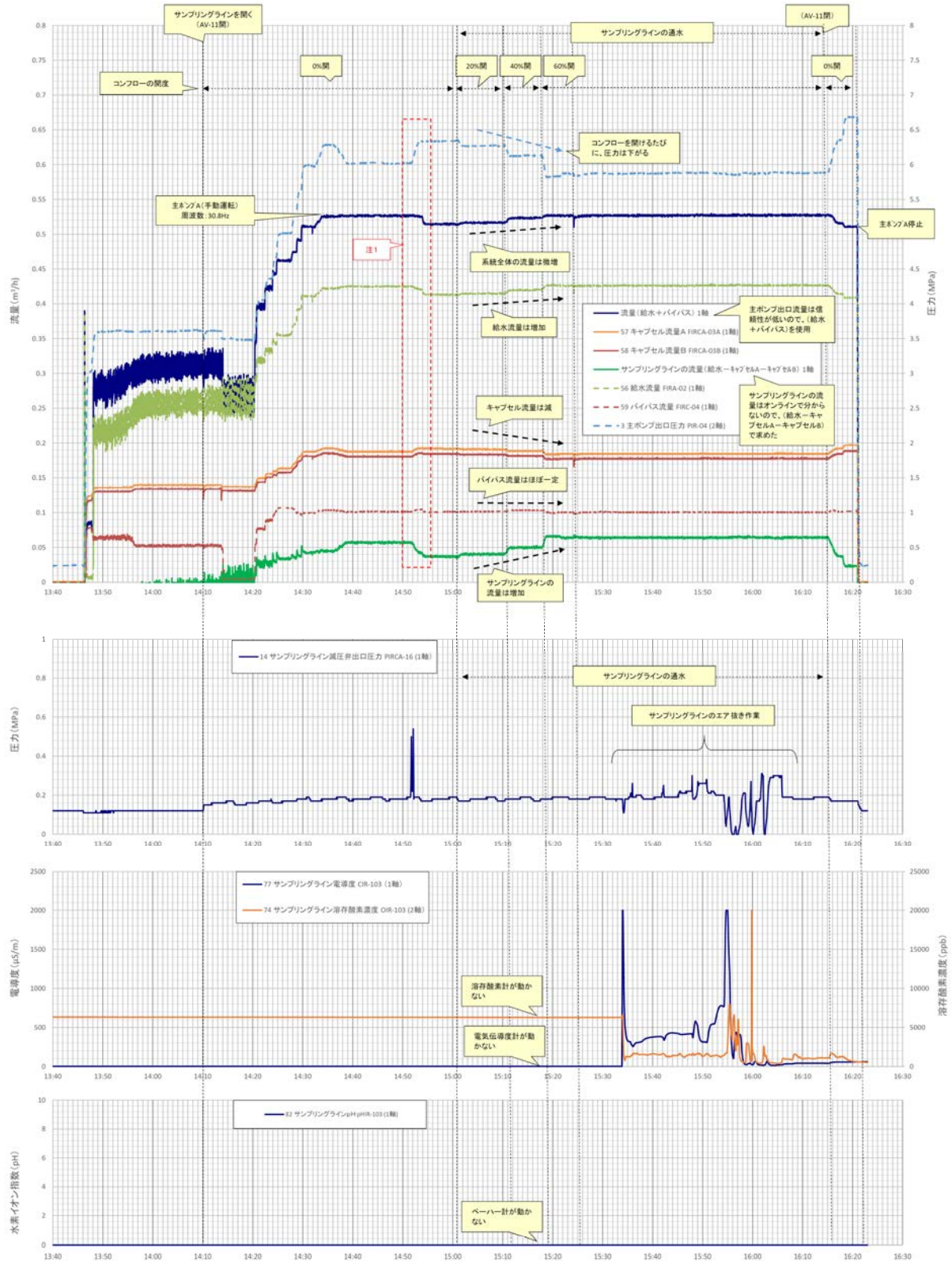


図2 圧力及び流量データ (サンプリングライン通水)

試験 No. : BWR-⑧

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 12 日（月）

1. 試験概要

前半の試験は、第 1 種圧力容器（加熱器）休止措置のための確認試験を実施した。第 1 種圧力容器（加熱器）を休止した場合、加熱器ライン（キャプセル系統）には通水できなくなるため、バイパスラインを使用した精製運転を実施し、キャプセル系統への漏れ込みの有無を確認した。

後半の試験は、圧力調節弁を手動で両系統同時開にできるように改良したため、圧力調節弁を両系統使用して精製運転を実施し、圧力調節弁を 1 系統使用した場合と両系統使用した場合の運転データ（流量、圧力）の比較を行った。

2. 試験内容

(1) 前半の試験

キャプセル AB 系統の圧力調節弁及び流量調節弁を全閉にし、バイパスラインに通水し、圧力調節弁は両系統使用するラインを構成した。主ポンプ A を自動運転し、流量をパラメータに運転を実施した。系統の最大流量は、バイパスラインの最大レンジが $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ であるため、余裕をみて $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ （最大）にした。

(2) 後半の試験

主ポンプ B を使用して、キャプセル両系統及び圧力調節弁両系統に通水するラインを構成した。主ポンプ出口流量を $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ に設定して、自動運転を実施し、主ポンプ出口圧力及び圧力調節弁入口圧力のデータを取得した。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

		前半の試験	後半の試験
制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口）	
	圧力調節系	手動（全開）	
	キャプセル系統	手動（全閉）	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	約 $0.3 \rightarrow$ 約 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$	約 $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$
	キャプセル系統	通水しない	通水する（成り行き）
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下	

(2) ライン構成 (使用機器等)

	前半の試験	後半の試験
主ポンプ	A	B
圧力調節系	A、B 系	
キャプセル系統	通水しない	通水する
イオン交換塔	A 系	
サージタンク	接続なし	
サンプリングライン	通水なし	
He バブリング	バブリングなし	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

(1) 運転データ

① 前半の試験 (キャプセル系統への漏れ込みの有無確認試験)

主ポンプ出口 流量 (m ³ /h)	バイパス流量 (m ³ /h)	圧力調節弁 A 入口 圧力 (MPa)	キャプセル AB 系統圧力 (MPa)
0.00	0.00	0.23	0.14
0.28	0.36	0.99	0.14
0.35	0.38	1.04	0.14
0.40	0.42	1.21	0.14

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

② 後半の試験 (圧力調節弁使用系統による比較)

本試験のデータ (圧力調節弁両系統使用) と試験 No.BWR_⑥ (圧力調節弁 1 系統) のデータを比較した結果を以下に示す。

	圧力調節弁 1 系統※1	圧力調節弁両系統
主ポンプ出口流量 (m ³ /h)	約 0.4	約 0.4
主ポンプ出口圧力 (MPa)	4.16	1.31
圧力調節弁入口圧力 (MPa)	4.02	1.19

※1：試験 No.BWR_⑥のデータ (主ポンプ A+圧力調節弁 B)。

(2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	59.4	5.6
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	134.3	5.6
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	22.5	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	910	342

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 運転データグラフ (3.1 項の試験データ)

3.3 考察

- (1) 前半の試験（キャプセル系統への漏れ込みの有無確認試験）

第 1 種圧力容器（加熱器）の休止措置のため、キャプセル系統への漏れ込みの有無を確認した。3.1 項 (1) に示す通り、流量をパラメータに系統の圧力を最大 2.1 MPa まで上昇させたが、キャプセル系統の圧力は起動前の圧力 0.14 MPa のまま変動はなかった。この試験結果から、キャプセル系統への漏れ込みがないことを確認できた。

- (2) 後半の試験（圧力調節弁使用系統による比較）

圧力調節弁を両系統使用して精製運転を実施した。3.1 項(2)に示す通り、両系統使用することにより、1 系統使用より、主ポンプの吐出圧力が 1/3 以下に抑えられた。これまで、圧力の関係で 0.4 m³/h までの試験しかできなかったが、今後は流量を増加した試験が可能になった。

4. 特記事項

4.1 操作上の問題点

第 1 種圧力容器（加熱器）の休止措置として、キャプセル系統に通水しない試験運転を実施したが、今後、第 1 種圧力容器（加熱器）を休止した場合、キャプセル系統の圧力及び流量調節弁を閉じる操作が必要となり、今までの精製運転の操作手順とは異なるため、操作手順書を見直す必要がある。

以上

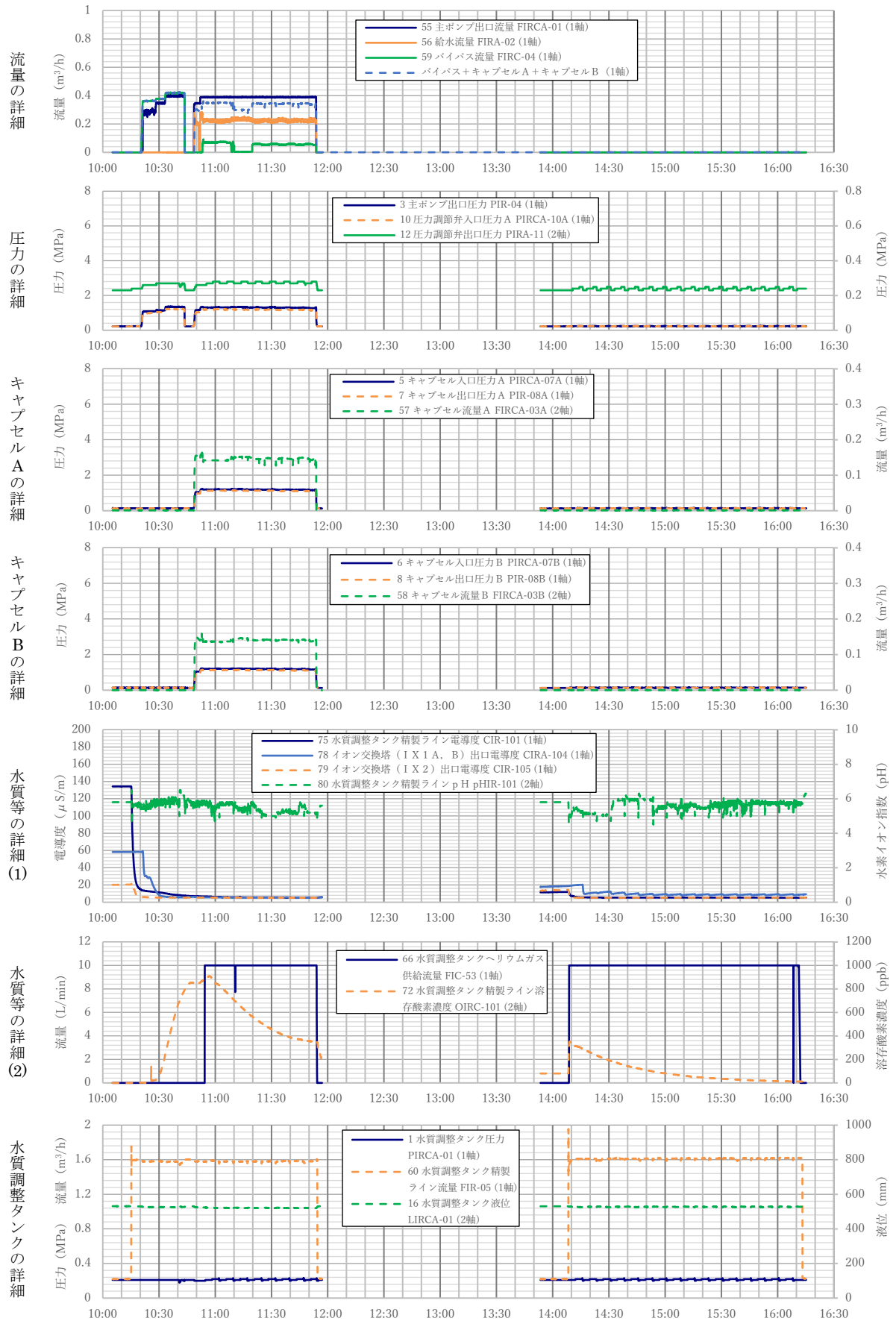


図 1 運転履歴

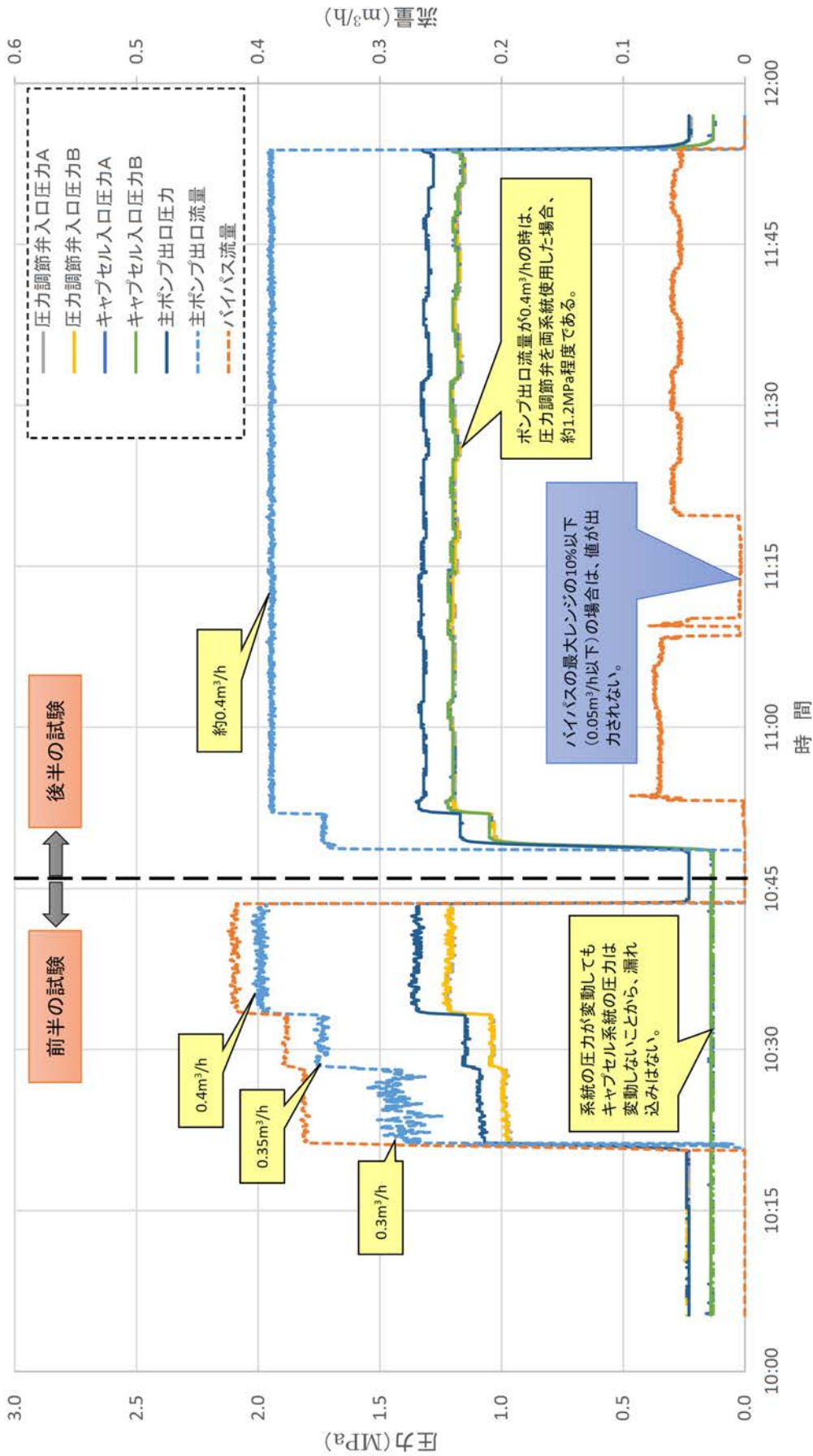


図2 運転データグラフ (3.1 項の試験データ)

試験 No. : BWR-⑨

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 14 日（水）

1. 試験概要

圧力調節弁の不具合により、主ポンプを 2 台起動するとポンプの吐出圧力が定格圧力 (8 MPa) 以上になり、定格流量 (0.8 m³/h) を流すことができなかった。そのため、本装置に新しい機能を追加した。追加した機能は主ポンプの出力制限 (30% 以下 (メーカー推奨値)) を解除し、出力 30% 以下でも運転できること及び圧力調節弁の両系統を同時に開にすることにより、ポンプの吐出圧力を低く抑え、定格流量 (0.8 m³/h) 運転を可能にすることである。本試験では、追加した機能を確認するために以下の試験について実施した。

試験①では、圧力調節弁を両系統使用して精製運転を実施し、圧力調節弁を手動で絞り、系統の昇圧を実施した。また、昇圧後はキャプセル系統の流量調整を実施した。

試験②では、圧力調節弁を自動制御にして、系統の切替え試験を実施した。主ポンプ 1 台を最低流量 (ポンプ出力 30% 以下) で運転し、系統圧力を手動で昇圧後、圧力調節弁を自動制御にしてから系統の切替えを行った。

試験③では、BWR 系統及び PWR 系統の主ポンプ 2 台運転を同時に実施し、お互いに干渉がないことを確認した。

2. 試験内容

(1) 試験① (定常状態及びキャプセル流量調整)

キャプセル両系統の圧力調節弁及び流量調節弁を全開にし、キャプセル系統及びバイパスラインに通水し、圧力調節弁は両系統使用するラインを構成した。主ポンプ 2 台を自動起動し、定格流量 (0.8 m³/h) で運転した。系統の圧力は、定格圧力 (約 8 MPa) になるまで手動で圧力調節弁を絞った。昇圧後はキャプセル系統流量を手動で調整した。

(2) 試験② (圧力調節弁の切替え)

主ポンプ A を使用して、キャプセルは両系統、圧力調節弁は A 系統に通水するラインを構成した。

試験条件は主ポンプ出口流量を 0.3 m³/h に設定して自動運転を行い、系統の圧力は圧力調節弁を手動で操作して約 4.0 MPa に設定した。昇圧後は圧力調節弁の制御モードを手動から自動にして、圧力調節弁の系統を A から B に切替え、その挙動を調査した。

(3) 試験③ (BWR 及び PWR 装置同時運転)

主ポンプ A 及び B による 2 台並列を行い、お互いの装置による干渉がないことを確認した。ライン構成は試験①と同様にした。

試験条件は、主ポンプ 2 台を自動起動し、目標流量を 0.6 m³/h に設定して、通常の精製運転を実施した。系統は昇圧しなかった。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

		試験①	試験②	試験③
制御方法	主ポンプ	自動→手動	自動	自動→手動
	圧力調節系	手動（100→74％）	手動→自動	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（調整）	手動（全開）	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.8 m³/h	約 0.3 m³/h	約 0.6 m³/h
	キャプセル系統	通水（調整）	通水（成り行き）	
圧力	圧力調節系	8MPa 以下		

(2) ライン構成（使用機器等）

	試験①	試験②	試験③
主ポンプ	A、B	A	A、B
圧力調節系	A、B 系	A 系	A、B 系
キャプセル系統	通水する		
イオン交換塔	A 系		
サージタンク	接続なし		
サンプリングライン	通水なし		
He バブリング	バブリングあり		

3. 試験結果

3.1 試験データ

(1) 試験①データ

① 流量データ

主ポンプ出口 流量（m ³ /h）	給水流量 （m ³ /h）	バイパス流量 （m ³ /h）	キャプセル A 流量（m ³ /h）	キャプセル B 流量（m ³ /h）
0.400	0.012	0.089	0.147	0.142
0.512	0.432	0.146	0.232	0.227
0.691	0.467	0.161	0.253	0.248
0.803	0.628	0.170	0.303	0.294
0.803 ※1	0.600 ※1	0.199 ※1	0.253 ※1	0.316 ※1

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

※1：キャプセル A 系統の流量を 0.25 m³/h に調整した時の測定値

② 圧力データ

この圧力データは、①の流量データ 0.400、0.512、0.691、0.803、0.803 m³/h に対応している。

主ポンプ出口 圧力 (MPa)	圧力調節弁入口 圧力 A (MPa)	圧力調節弁入口 圧力 B (MPa)	キャプセル A 圧力 (MPa)	キャプセル B 圧力 (MPa)
1.36	1.23	1.23	1.24	1.25
2.85	2.57	2.57	2.70	2.71
3.35	3.02	3.03	3.20	3.20
7.83	7.40	7.40	7.67	7.67
7.86 ※1	7.38 ※1	7.38 ※1	7.71 ※1	7.69 ※1

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

※1：キャプセル A 系統の流量調整時の測定値

(2) 試験②データ

① 圧力調節弁操作 手動（弁開度：74%）→自動

圧力調節弁操作 制御	主ポンプ出口 圧力 (MPa)	圧力調節弁入口 圧力 (MPa)	キャプセル AB 圧力 (MPa)
開始時（手動→自動）	3.99	3.93	3.89
9 秒後、最大値	5.51	5.45	5.41
30 秒後、最小値	3.65	3.58	3.55
42 秒後、復帰	3.98	3.92	3.88

② 圧力調節弁操作 自動→手動

圧力調節弁操作 (制御)	主ポンプ出口 圧力 (MPa)	圧力調節弁入口 圧力 (MPa)	キャプセル AB 圧力 (MPa)
開始時（自動→手動）	4.14	4.08	4.04
21 秒後、最大値	7.48	7.41	7.37
90 秒後、復帰	4.14	3.58	4.05

(3) 試験③データ

主ポンプ 出口流量 (m³/h)	キャプセル AB +バイパス流量 (m³/h)	給水流量 (m³/h)	バイパス流 量 (m³/h)	圧力調節弁 AB 入口圧力 (MPa)
0.59	0.56	0.45	0.10	2.3
0.69	0.66	0.50	0.15	3.0

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

(4) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	43.8	5.5
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	15.4	5.3
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	13.5	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	501.0	273.0

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 流量－圧力相関図 (3.1 項 (1) ～ (3) の試験データ)

3.3 考察

(1) 試験①について

圧力調節弁を両系統使用し、主ポンプ 2 台による自動制御で精製運転を実施した。3.1 項 (1) に示す通り、両系統使用することにより、流量は定格流量 ($0.8 \text{ m}^3/\text{h}$) まで流せることを確認した。その後、手で圧力調節弁を 100% から 2～4% ステップで絞りと、74% の開度で、ほぼ定格圧力 (約 7.5 MPa) より若干高い圧力 7.7 MPa に到達した (4% ステップで絞っているため、 7.5 MPa に調整することは可能である)。

流量が $0.6 \text{ m}^3/\text{h}$ の時、主ポンプ流量及び給水流量のバラツキが大きく安定しないため、手動に切替えた。流量が $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ になってからは、安定していた。流量が安定しなかった原因は、ポンプ 1 台あたりの出力 (周波数) が 30% 以下 (メーカーの推奨は 30% 以上) であったこと及びポンプの振動により流量計 (オリフィス配管) が共振する周波数であったことが考えられる。同じ現象が起きるのか今後の試験で確認する必要がある。

キャプセル A 及び B の流量調整に先立ち、キャプセルバイパス弁を調整して、キャプセル A 及び B の流量調整が可能であることを確認した。また、キャプセル A の流量を $0.3 \text{ m}^3/\text{h}$ から $0.25 \text{ m}^3/\text{h}$ まで手動で流量調節弁を絞りと調整した。3.1 項 (1) ① のデータより、キャプセル A の流量を絞ったことによりキャプセル B 及びバイパス系統の流量が増えており、流量調整が可能であることを確認した。今後は、キャプセル両系統の流量を自動制御にして流量の調整範囲を確認する必要がある。ただし、その試験前にキャプセル流量計の最適 PID 値を設定する必要がある。

(2) 試験②について

圧力調節弁を手動から自動制御に切り替え、圧力調節系の切り替え試験を実施するために、主ポンプ 1 台を最低流量 ($0.3 \text{ m}^3/\text{h}$) で起動し、ポンプ出力 30% 以下で起動することを確認した。図 2 からわかるようにポンプ出力 30% 以下で起動はできたが、流量のばらつきが大きかった。これもメーカーが推奨 (出力 30% 以上) する出力以下の運転であることが考えられる。

その後、圧力調節弁の開度を 74% (試験①の条件のまま) の状態で手動から自動に切替えたところ、開度が一度閉方向に向かってから目標値に戻った。図 2 からわかるように、目標値に安定する際に多少オーバーシュートする傾向があった。再度、手動から自動に切替えた時には、バルブの開度信号が 0% (全閉) となったため手動に切替え、バルブ開度信号を最速で調整した。これらのデータを 3.1 項 (2) ① ② に示すが、収束する時間は手動調整より自動調節の方が早かった (約半分の時間で復帰)。これは手動による調整は時間が掛かり、全閉 (0%) －全開 (100%) の調整速度を早くする必要がある。

手動から自動、自動から手動の制御モード変更において開度信号は現在値を保持すると考えていたが、一度全閉信号 (ノーマル状態) になることがわかった。このような現象が起き

る状態で圧力調節弁の系統切替え試験は難しいと判断して実施を断念した。今後は、圧力調節の制御方法を確立してから系統切替えの試験を実施する。

(3) 試験③について

PWR 同時起動による干渉を確認するための試験を実施した。主ポンプ 2 台を自動で起動して目標流量 $0.6 \text{ m}^3/\text{h}$ で実施したが、主ポンプ出口流量が安定しないため、手動（周波数）に切替え、 $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ になるように周波数を調整した。主ポンプ出口流量が不安定になった原因は、流量計オリフィス配管の設置場所が主ポンプ（プランジャーポンプ）の近傍のため、ポンプの脈動の影響を受け、共振したためと思われる。流量を $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ にしてからは主ポンプ出口流量も安定し、通常の運転状態と変わらなかったため、PWR と同時起動による干渉はないと考えられるが、運転条件によってはポンプ 2×2 台による振動が流量計に影響を与えることも考えられるため、今後の試験において確認する必要がある。

(4) 水質について

電導度については、主ポンプ起動後徐々に低下し、試験終了時には、目標値の $10 \mu\text{S}/\text{m}$ 以下の値を示している。溶存酸素濃度については、バブリング開始後徐々に低下はしているが、まだ目標の 10ppb 以下に達していないため、今後もバブリング運転を継続する予定である。

4. 特記事項

4.1 今後の課題

試験②で、圧力調節弁制御モードを変更するとき、現在値が保持されず、一度ノーマル状態になってから現在値に戻る現象が発生した。この現象は、バルブ制御及び温度制御（調節計を用いた制御に類似している制御方法）に発生することが予想され、詳細な検討が必要である。系統の昇圧時の制御や圧力調節弁の系統切替え、温度制御、キャプセル及びバイパス流量制御等、様々なケースを今後の性能試験で試してみる必要がある。

以上

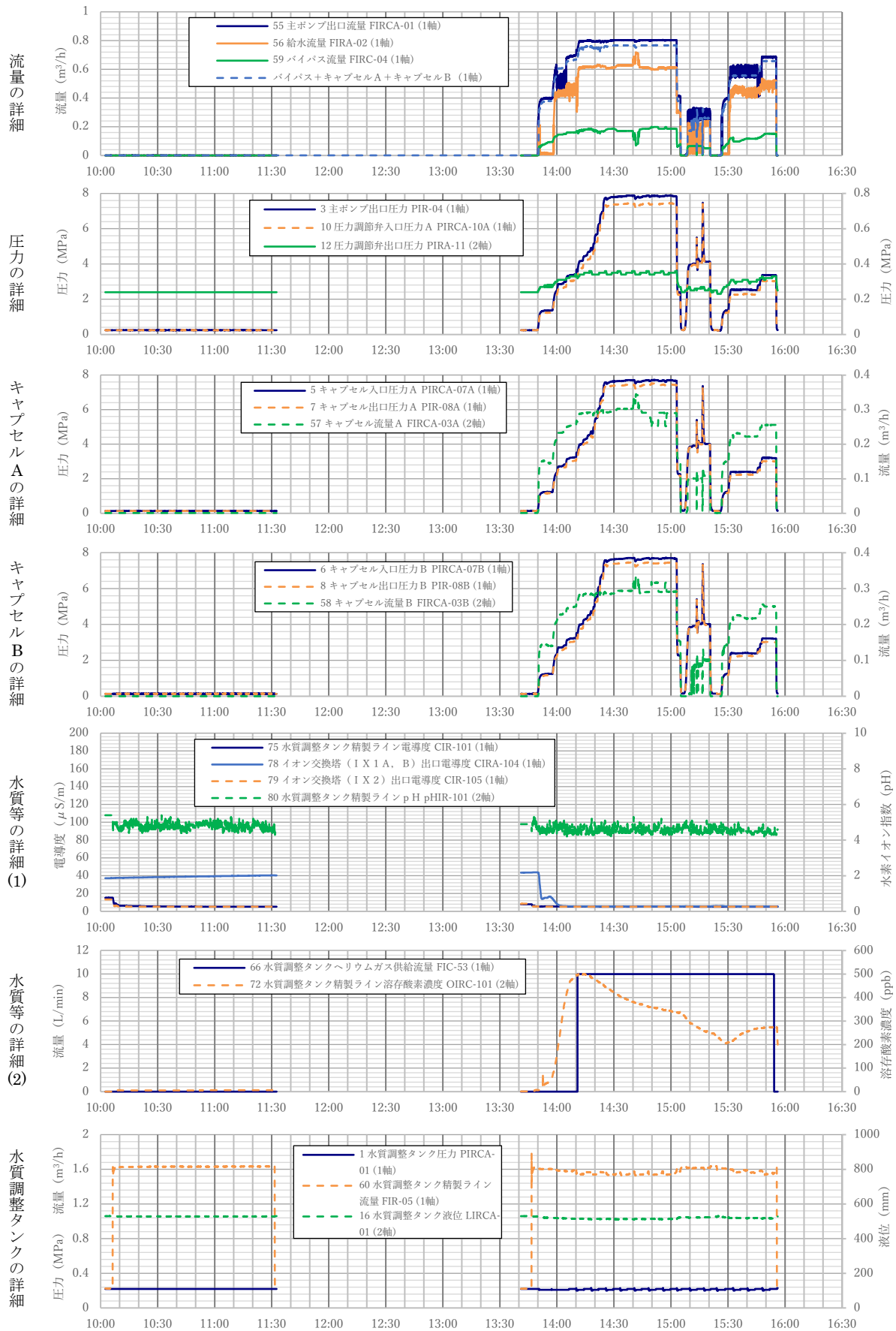


図 1 運転履歴

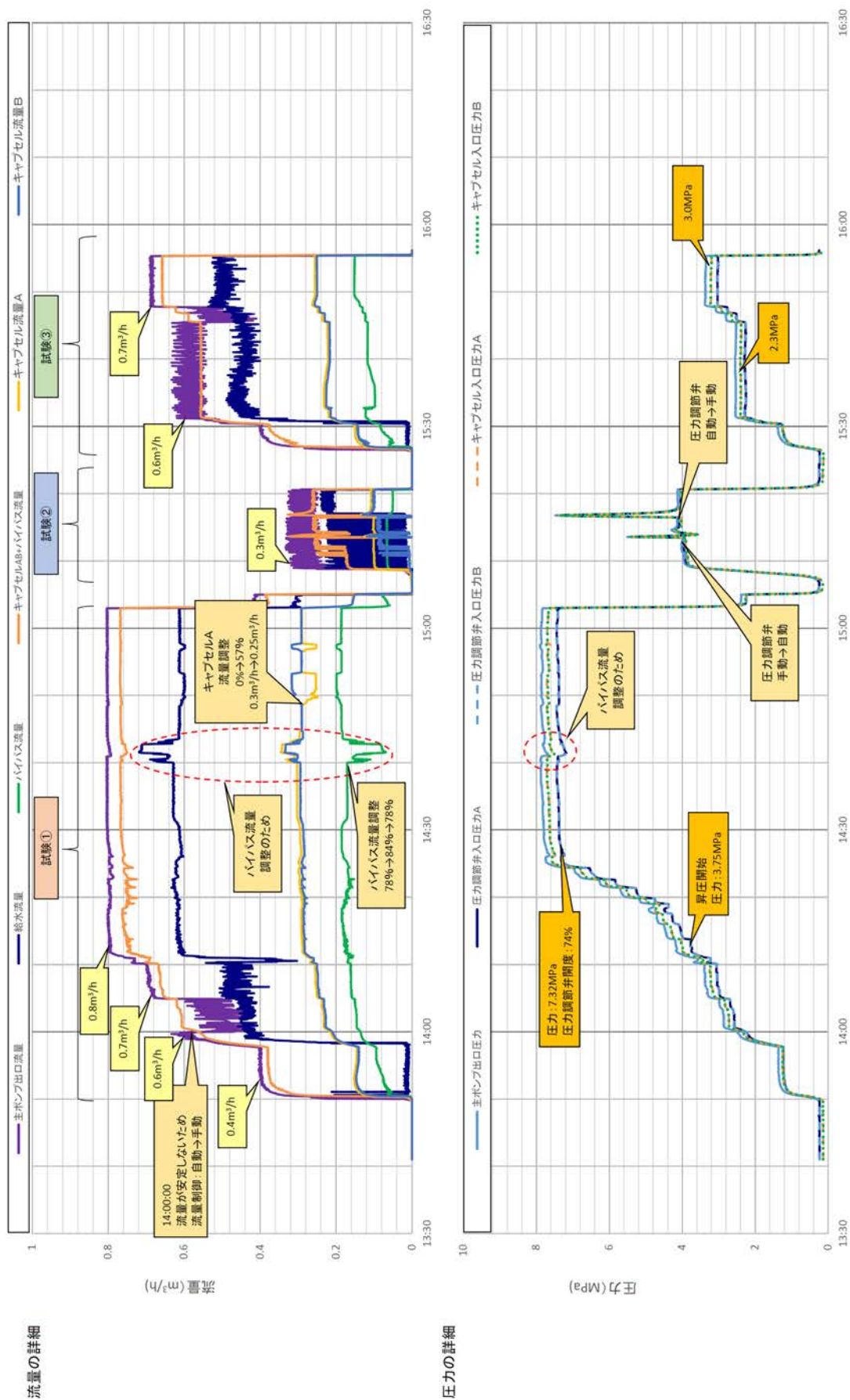


図2 流量－圧力相関図 (3.1項 (1)～(3)の試験データ)

試験 No. : BWR-⑩

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 16 日（金）

1. 試験概要

サージタンクは主ポンプの脈動等による圧力変動を吸収し、系統内の圧力が急激に低下することを緩和する機能がある。本試験では、意図的に圧力変動を起こし、サージタンクの圧力変動吸収能力を確認した。また、照射試験中と同様に、主ポンプ 2 台を自動運転してサージタンクを接続した定格運転を行い問題がないことを確認した。

2. 試験内容

圧力調節弁は両系統を全開にしてラインを構成した。

主ポンプ 2 台を起動して自動運転で主ポンプ出口流量を定格流量（0.8 m³/h）にした。流量が安定後、圧力調節弁を操作して系統内の圧力を定格圧力（7.5 MPa 程度）まで加圧してからサージタンクを接続した。

午前の試験では流量が安定したら、主ポンプ B を停止し、各種圧力、流量等の変化のデータを取得した。午後の試験ではサージタンクを接続してから 1 時間以上保持して問題ないことを確認した。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口流量）
	圧力調節系	手動（100%→76%）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	0.4（約 12Hz）→0.8（約 24Hz）
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A、B（2 台運転）
圧力調節系	A、B（両系統を開く）
キャプセル系統	A、B（両系統）
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続あり
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり（自動運転）

3. 試験結果

3.1 試験データ

主な運転状態（圧力、流量）と水質データは以下の通りである。

- (1) 運転データ（主ポンプ 2 台、圧力調節弁の両系統開）

自動運転 設定値 (m ³ /h)	周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ 出口圧力 (MPa)	圧力調節 A 入口圧力 (MPa)	備考
0.8	23.85	0.765	7.14	6.71	AM データ：サー ジタンク接続前
0.8	23.92	0.748	7.23 ^{*1}	6.85	PM データ：サー ジタンク接続中

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

*1：サージタンク圧力

- (2) 運転データ（主ポンプ 1 台（ポンプ A）、圧力調節弁の両系統開）

自動運転 設定値 (m ³ /h)	周波数 (Hz)	キャプセル AB 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ 出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
0.8	46.87	0.770	7.46	7.03

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

- (3) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	21.9	5.4
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	34.5	5.3
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	37.4	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	397 ^{*2}	227

*2：主ポンプを起動後、系統内の水全体が循環して、安定した測定値を表示したもの。

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
 (2) 図 2 サージタンクの圧力変動吸収能力の確認（ポンプ 1 台停止した場合）
 (3) 図 3 サージタンクを接続した定格運転（1 時間保持）

3.3 考察

- (1) 運転履歴

図 1 に主ポンプ 2 台で自動運転を行った時の運転状態（圧力、流量、水質等）を示す。自動運転では制御点を主ポンプ出口流量とし、午前目標流量を 0.4 m³/h、0.8 m³/h の 2 段階で設定した。午後は、自動運転の目標流量を最終目標値（0.8 m³/h）に設定すると、約 3 分で目標流量に達した。流量が安定したら、圧力調節弁を段階的に少しずつ絞り、系統内を加圧してからサージタンクと接続した。この時、圧力調節弁の出口圧力は最大で 0.36 MPa と

なり、設計値 1 MPa 以下を満たしており、圧力調節弁の両系統を開いた場合は、定格値まで加圧しても問題ないことを確認した。水質データについては、水質調整系統の電導度は循環ポンプを起動後に徐々に低下している。溶存酸素濃度は He のバブリング後に低下（図 1-注 2）と上昇（図 1-注 3）がある。これは、下記と解釈できる。

注 2：循環ポンプ起動後で、水質調整系統の水が流れ、He のバブリングによって溶存酸素濃度が下がる。

注 3：主ポンプ起動後に、キャプセル系統の水が流れ、その配管にあった水によって溶存酸素濃度の指示値が高くなっている。水が全体を循環した頃から、He のバブリングの効果がみえはじめ、11:19 以降は溶存酸素濃度が下がる傾向を示す。

pH は全期間ほぼ一定の値に保たれている。

(2) サージタンクの圧力変動吸収能力の確認

主ポンプ 2 台で自動運転中にサージタンクを接続し、安定したら主ポンプを 1 台停止して圧力を変動させた。その時の各種圧力、流量の様子を図 2 に示す。主ポンプを 1 台停止した直後は、主ポンプ出口流量は 0.8 m³/h から 0.43 m³/h まで激減した。この時、サージタンクの水が一気に系統内へ流れ、給水流量ならびにバイパス流量の変動幅は小さかった。その後、自動制御の働きにより、約 5 分後には主ポンプ出口流量は回復した。圧力変動があった時のキャプセルの詳細をみると、圧力の変動は 7.17→6.65 MPa、流量の変動は 0.297→0.285 m³/h であった。サージタンクが、主ポンプの変動を吸収し、キャプセル流量の変動は抑えたが、圧力低下は抑えきれなかった。

(3) サージタンクを接続した定格運転（1 時間保持）

主ポンプ 2 台で定格流量（0.8 m³/h）の自動運転を行い、流量が安定したら圧力が 7.5 MPa 程度になるように圧力調節弁をしぼる。その後、サージタンクを接続し、その状態を 1 時間保持した時の詳細を図 3 に示す。圧力調節弁を両系統開けば、主ポンプ 2 台の自動運転で、サージタンクを接続した定格運転ができることを確認した。また、キャプセル流量 A とキャプセル流量 B には若干の差があったので、流量調節弁 A を操作した。開度を 15% にしたら、キャプセル流量 A とキャプセル流量 B を同じにできた。

4. 特記事項

4.1 不具合事象

(1) 図 1 の注 1

イオン交換塔（IX1A、B）出口電導度が、10:45 頃に急激に下がっている。この時間に主ポンプは動いていない。水の流れがないのに電導度が変化した原因は不明である。

以上

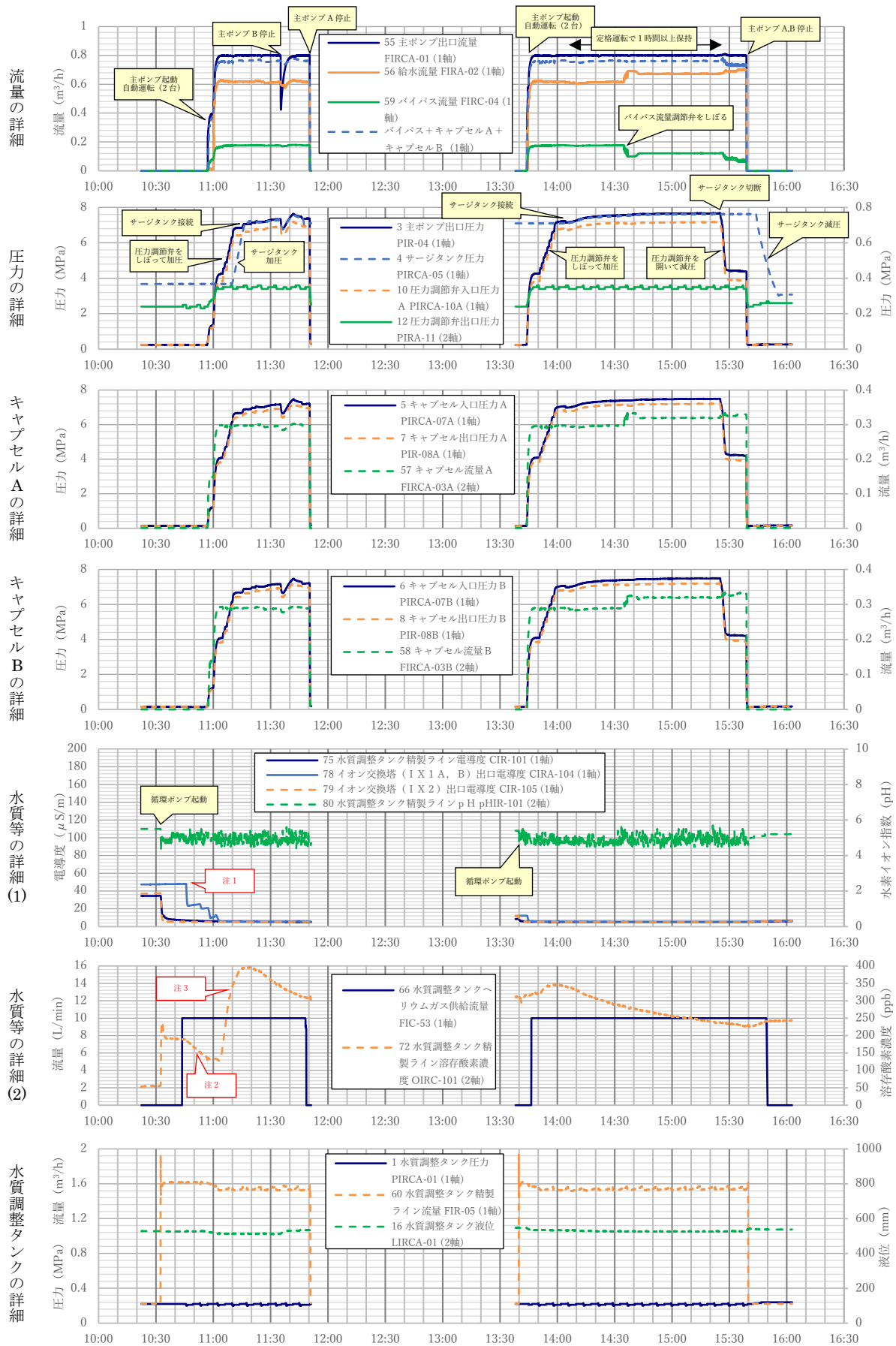


図 1 運転履歴

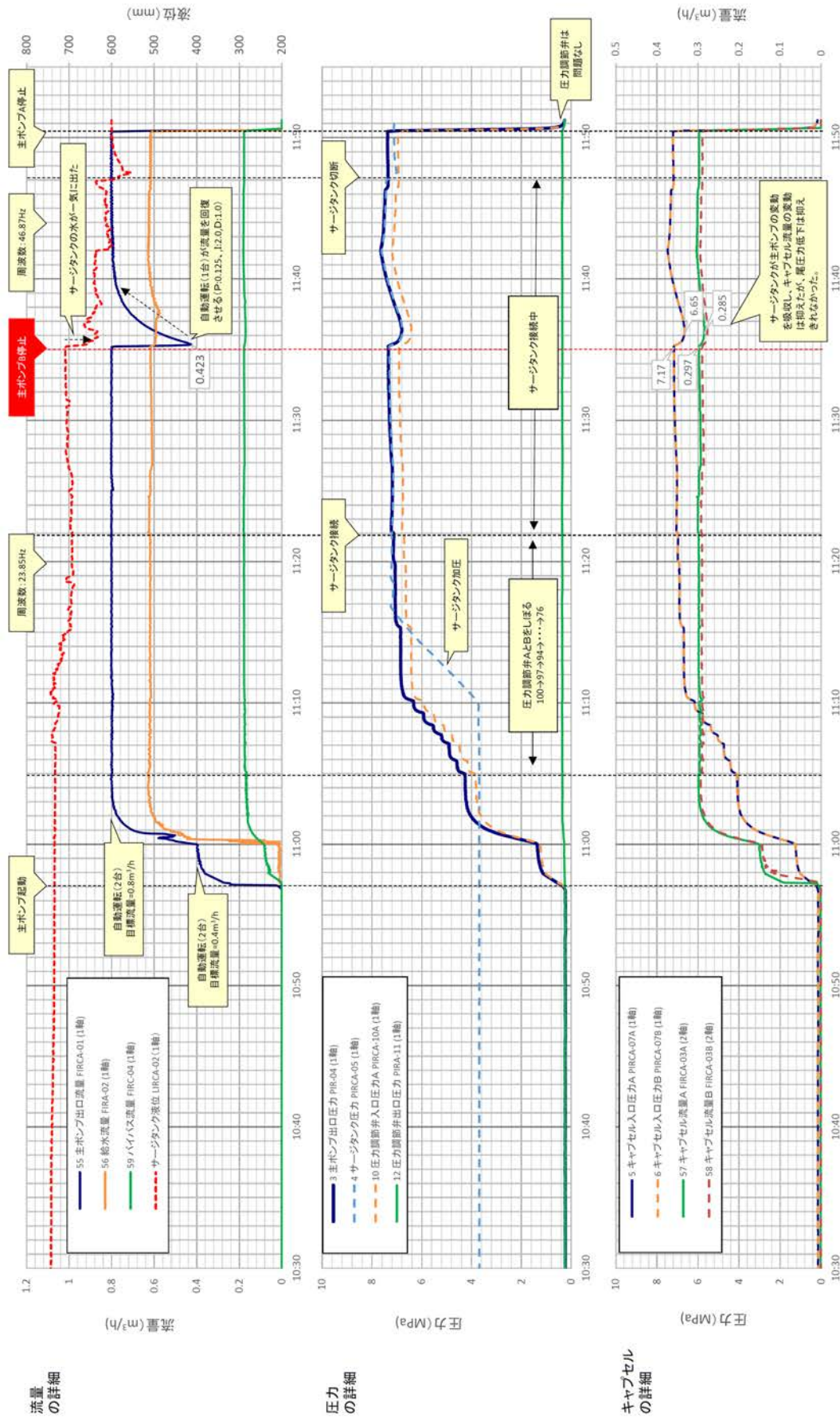


図2 サージタンクの圧力変動吸収能力の確認 (ポンプ1台停止した場合)

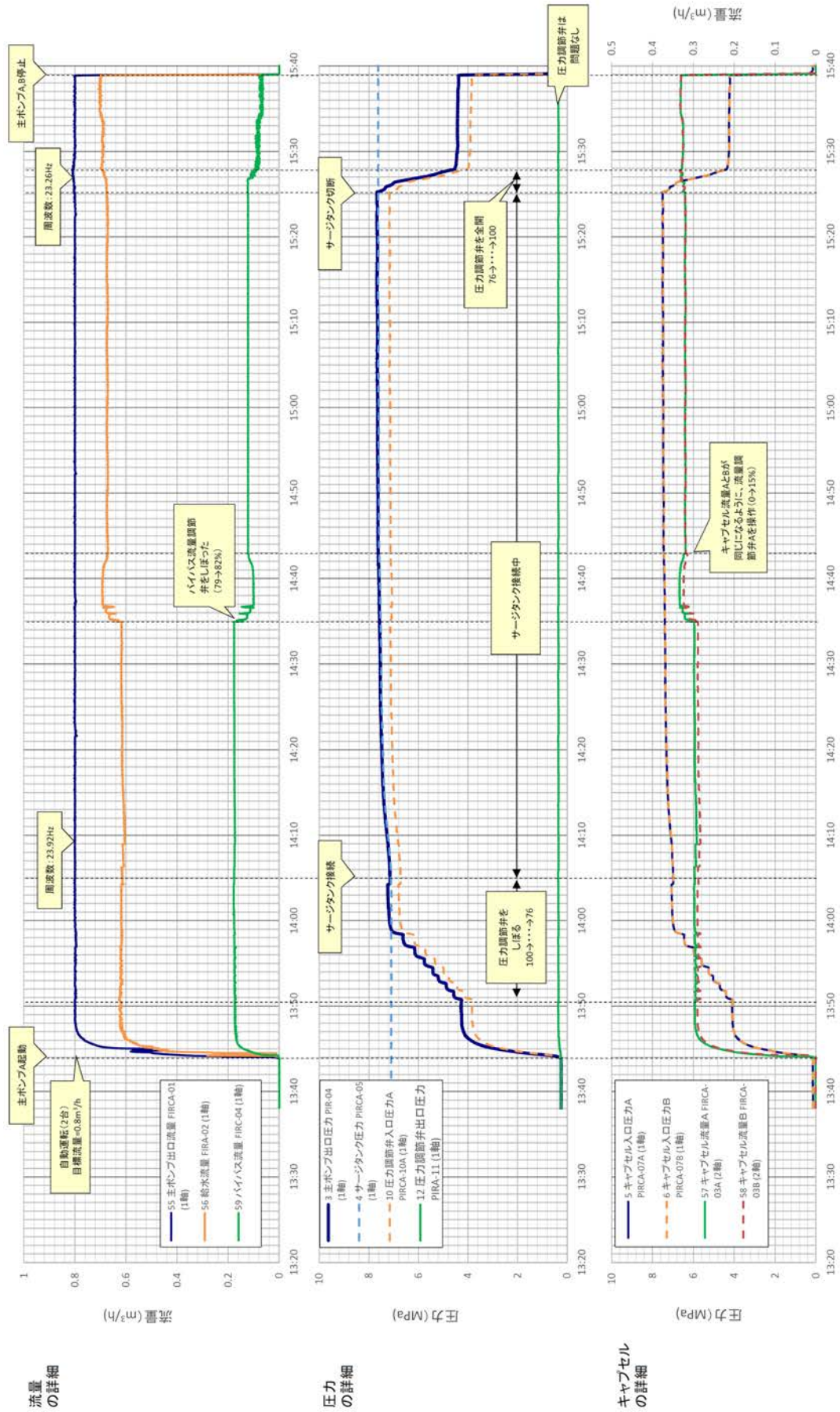


図3 サージタンクを接続した定格運転 (1 時間保持)

試験 No. : BWR-⑪

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 26 日（月）

1. 試験概要

12 月 18 日から第一種圧力容器が休止期間に入り、キャプセル系統に通水することができなくなった。本試験では、12 月 12 日の試験で行ったキャプセル系統に通水しない運転条件を基に、休止期間中の精製運転を行い、その運転状態（圧力、流量等）に問題がないことを確認した。

また、サンプリングラインへ通水を行い、水質分析計ラック（2）の水質データを確認した。

2. 試験内容

本試験では、キャプセル圧力調節弁（AV-02A、02B）を全閉、キャプセル圧力流量弁（AV-03A、03B）を全閉、バイパス流量調節弁（AV-04）を全開、圧力調整弁を A と B の両系統を全開としてラインを構成した。自動運転で主ポンプ A の流量を 0.4 m³/h とし、系統の圧力、流量等のデータを取得した。

午後の試験は、サンプリングラインへ通水を行い、水質分析計ラックの各種データを取得した。なお、圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口流量）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全閉）
流量	主ポンプ出口流量	0.4 m ³ /h
	キャプセル系統	通水なし
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A（1 台運転）
圧力調節系	A、B（両系統を開く）
キャプセル系統	A、B（両系統）とも全閉
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水あり
He バブリング	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

休止期間中の常温精製運転を行った時の運転状態（圧力、流量）の試験データ及び水質データは以下の通りである。

- (1) 運転データ：主ポンプ A、圧力調節弁 A,B 両系統全開、サンプリグライン通水なし

周波数 (Hz)	主ポンプ出口流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
23.39	0.40	1.36	1.23

※上記の値は、安定後 5 分間の平均値とする。

- (2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	66.4	5.7
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	82.1	5.3
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	48.6	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	375	115
サンプリグライン電導度 (μS/m)	95.6 ^{*1}	57.1 ^{*1}
サンプリグライン溶存酸素濃度 (ppb)	44,290 ^{*1}	2,950 ^{*1}

*1：期待通りには動いていない

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴

3.3 考察

- (1) 運転履歴

図 1 に、キャプセル系統に通水しない常温精製運転を行った時の運転状態（圧力、流量、水質）のデータを示す。

流量の増加とともに圧力は上昇し、目標流量（0.4 m³/h）を保持した状態で安定している。目標流量は定格（1.0 m³/h）より低い値としたので、主ポンプ出口圧力は定格（8 MPa）より低い値（1.36 MPa）となり、キャプセル系統を閉じたバルブ（AV-02A、AV-02B、AV-03A、AV-03B）には問題は起きず、キャプセルへの通水はなかった。実際には、主ポンプ起動前と起動後で、キャプセル圧力に変動が起きなかったため、通水がなかったと判断した。

サンプリグラインの水質計の動作を確認するため、AV-11 を開としてマスフローコントローラーを 15%開けて通水した。この時キャプセルバイパス流量が 0.418 m³/h から 0.356 m³/h（いずれのデータも 10 分間の平均値）まで低下した。この低下した 0.062 m³/h（約 1 L/min）がサンプリグラインに流れていると考えるが、流量計（FIA-08）の指示が表示されなかったため確認できなかった。

(2) 水質調整タンク精製ラインの水質データ

電導度は、主ポンプを起動後に徐々に低下した。溶存酸素濃度は、ヘリウムガスバブリング後に徐々に低下した。pH は、全期間ほぼ一定の値に保たれた。

これらのデータより、水が精製されたことが確認できた。

(3) サンプルングラインの水質データ

サンプルングラインへの通水を行っても、各種水質分析計は期待通りに動いていない。当ラインには流量計 (FIA-08) があるが、フロートが動かず、流量が確認できない問題がある。水質分析ラック (2) への流量を上げようと HV-35 を絞ると、減圧装置の圧力が上昇した。これは水質分析ラック内の配管にエアが入り、分析ラック側が流れにくい状態であること又は系内に異物が混入していることが原因であると考えられる。そこで、水質分析ラック内配管のエア抜きを行ったが、上記不具合は解消されていないため、さらなる原因究明が必要である。

図 1-注 1 : サンプルングラインに流れが無い時に、溶存酸素が変化している。

図 1-注 2 : エア抜きを行っても、溶存酸素計の値に改善がみられない。

図 1-注 3 : エア抜きを行っても、電導度の値に改善がみられない。

図 1-注 4 : pH の値は、まったく変化しない。

以上

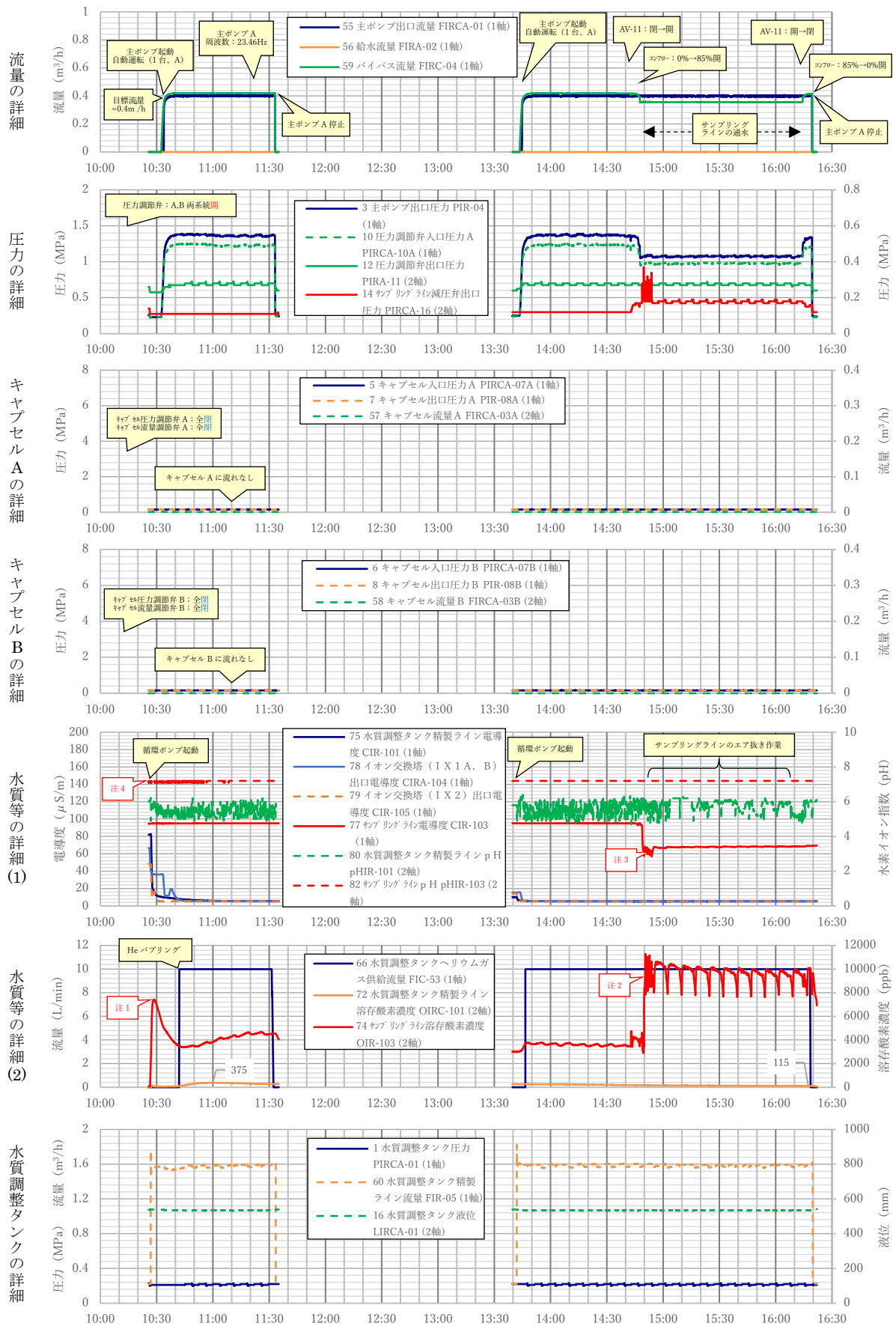


図1 運転履歴

試験 No. : PWR-①

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 6 日（火）

1. 試験概要

PWR の主ポンプを初めて起動するため、主ポンプ単体試験を実施し、ポンプの回転方向及び異音がないことを確認した。主ポンプ単体試験終了後、主ポンプの流量をパラメータに各系統の運転状態や各機器（計器等）の動作確認を行った。

2. 試験内容

キャプセル AB 系統に通水し、圧力調節弁は両系統使用するラインを構成した。主ポンプは、自動運転で 2 台（A、B）を起動し、起動後直ちに手動に切替えて運転する予定であったが、自動から手動に切替わらない不具合（詳細は、4 項を参照）が発生したため、主ポンプ AB を自動運転で起動後、B ポンプを停止し A ポンプによる 1 台運転を実施した。主ポンプ出口流量をパラメータ（0.4 m³/h～0.7 m³/h）に運転し、各系統の運転状態及び各計器の動作を確認した。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口） ※
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全閉）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.4→約 0.7 m ³ /h
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	15 MPa 以下

※手動で運転する予定であったが、手動に切替わらない不具合が発生したため、自動運転で実施した。

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A
圧力調節系	A、B 系
キャプセル系統	A、B 系
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

(1) 運転データ

主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	給水 流量 (m ³ /h)	バイパス 流量 (m ³ /h)	キャプセル A 流量 (m ³ /h)	キャプセル B 流量 ^{※1} (m ³ /h)	圧力調節弁 入口圧力 (MPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
0.40	0.30	0.10	0.14	0.19	2.94
0.50	0.39	0.10	0.18	0.18	4.24
0.60	0.48	0.09	0.23	0.16	5.53
0.70	0.62	0.10	0.29	0.00	8.78

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値。一部 5 分以下の平均値データもあり。

※1：キャプセル流量計（差圧伝送器）の不具合により、流量値が正確に出力されなかった。
（不具合の詳細は、4 項参照のこと）

(2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	200.0	6.0
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	87.5	8.7
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	38.9	5.4
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	420.0	155.0

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 運転データグラフ （3.1 項の試験データ）
- (3) 図 3 流量－圧力グラフ

3.3 考察

主ポンプ単体試験では、ポンプの回転方向も正常で、異音もなく正常に動作することを確認できた。主ポンプの性能試験については、3.1 項(1)に示す通り、流量をパラメータに各系統の流量データを取得した。給水流量+バイパス流量が主ポンプ出口流量とほぼ同じ値を示し、正常に流れていることを確認できた。

図 1 に示すように、主ポンプ起動時にキャプセル AB の流量が表示されなかったため、主ポンプ出口流量を 0.6 から 0.4 m³/h に変更して流量計（差圧伝送器）のエア抜きを実施した。エア抜きを実施した後、キャプセル B 流量は表示されたが、キャプセル A は表示されなかったため、原因の調査を行った。調査の結果、差圧伝送器のオリフィス配管の 1 次側と 2 次側が逆に取り付けられていたことが原因であり、オリフィス配管を入れ替えた後は、給水流量の約 1/2 の値を示し正常な値であることを確認できた。キャプセル B 流量については、値は表示されたものの正常な値ではないため、キャプセル A 流量の原因と同様、差圧伝送器のオリフィス配管の取り付け違い

の可能性が高く、次の試験時にはオリフィス配管を入れ替えて試すことを検討した。キャプセル B 流量は、主ポンプ出口流量 $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ の時、系統圧力も高圧になったことで、差圧伝送器のエア抜きバルブから漏れが発生し、流量値が $0 \text{ m}^3/\text{h}$ になった。この不具合については試験終了後対応した。

水質データについては、水質調整タンクライン及び IX2 出口電導度は循環ポンプ起動後に徐々に低下し、ポンプ停止時には設計の要求値 ($10 \mu\text{S}/\text{m}$) を十分満足した。IX1 出口電導度は午前の運転においてはレンジオーバーしたが、午後の運転において測定ラインのエア抜き、流量調整を行った結果、正常な指示 ($10 \mu\text{S}/\text{m}$ 以下) に復帰した。

水質調整タンク溶存酸素濃度は、主循環ポンプ起動後の系統内水循環に伴い増加しているが、約 3 時間の He バブリングにより 420ppb から 155ppb まで低下した。

pH はポンプ運転期間、ほぼ一定の値であるが、水質調整タンクの圧力制御に伴い指示が 6.4 から 4.8 まで低下し、直ちに 7.1 まで上昇して 6.4 に復帰している。

図 2 に流量と圧力の詳細データを示す。流量が $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ の時、周波数は 40.7Hz であった。この周波数における設計流量は $0.62 \text{ m}^3/\text{h}$ であり、実測値が設計値を上回った。また、流量と圧力の関係について、図 3 に示す通り、主ポンプ出口流量 $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ の時の圧力値が約 8.8 MPa であり、他の流量時と比較しても上昇する傾きが大きい。また、主ポンプ出口流量が $0.6 \text{ m}^3/\text{h}$ (周波数約 32Hz) を超えた付近で主ポンプ出口流量及び給水流量を計測するオリフィス管が振動しており、正常な流量値でない可能性もあった。表示された値より実際には多く流れている場合も考えられるため、検討が必要である。本試験では A ポンプを使用した方が、B ポンプを使用した場合や 2 台運転した場合など、いろいろなケースの試験を実施し、データを比較することにより解明できると考える。

4. 特記事項

4.1 不具合事象(1)

主ポンプの運転が自動から手動に切替わらなかった。

(1) 原因

GOT の手動切替えボタンを押しても反応しなかったため、GOT のプログラムが原因であると推測された。

(2) 対策案

メーカーに GOT プログラムの修正を依頼する。

4.2 不具合事象(2)

キャプセル A 流量値が出力されなかった。差圧伝送器には、“AL30 OVER”と表示されていた。

(1) 原因

キャプセル A 流量については、流量計 (差圧伝送器) のオリフィス配管の 1 次側と 2 次側の取付け違いが原因である。

(2) 対策案

差圧伝送器側でオリフィス配管の 1 次側と 2 次側を入れ替えた。

4.3 不具合事象(3)

キャプセル B の流量は正しい値を示していない。また、試験途中でいきなり 0 m³/h になった。

(1) 原因

(a) キャプセル B の流量値については、4.2 項と同じ原因の可能性が高い。

(b) 0 m³/h になった原因は、差圧伝送器のエア抜き用のバルブの閉めきりが悪く、漏れていた。

(2) 対策案

(a) 差圧伝送器側で、オリフィス配管の 1 次側と 2 次側を入れ替える。

(b) 試験終了後、差圧伝送器のエア抜きバルブを閉めきった。

4.4 不具合事象(4)

pH の指示が圧力変化により変動する。

(1) 原因

圧力変化に伴い、流量が変動しているが、あるいは電極の劣化等が考えられる。

(2) 対策案

原因を明確にし、対策を考える。

以上

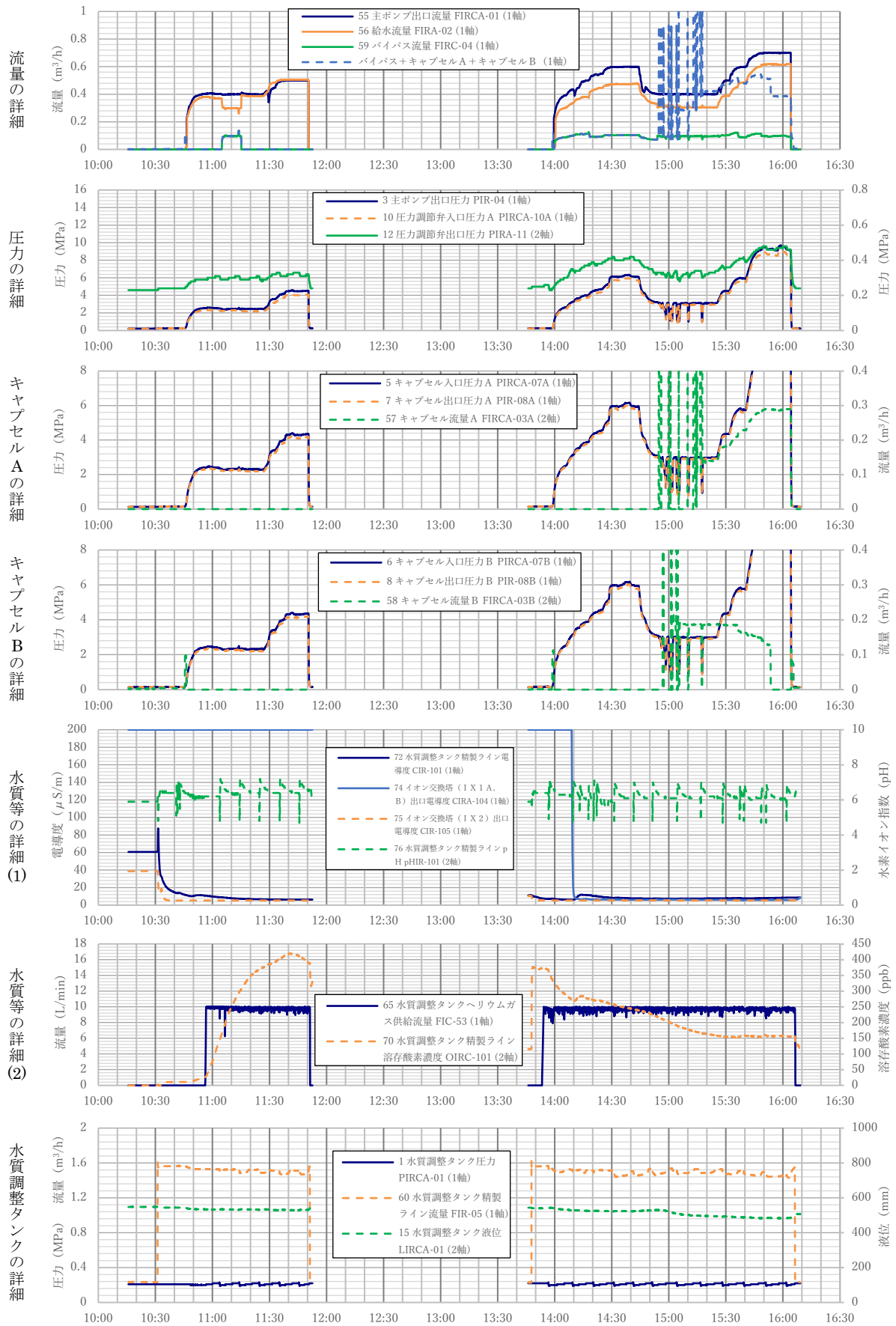


図1 運転履歴

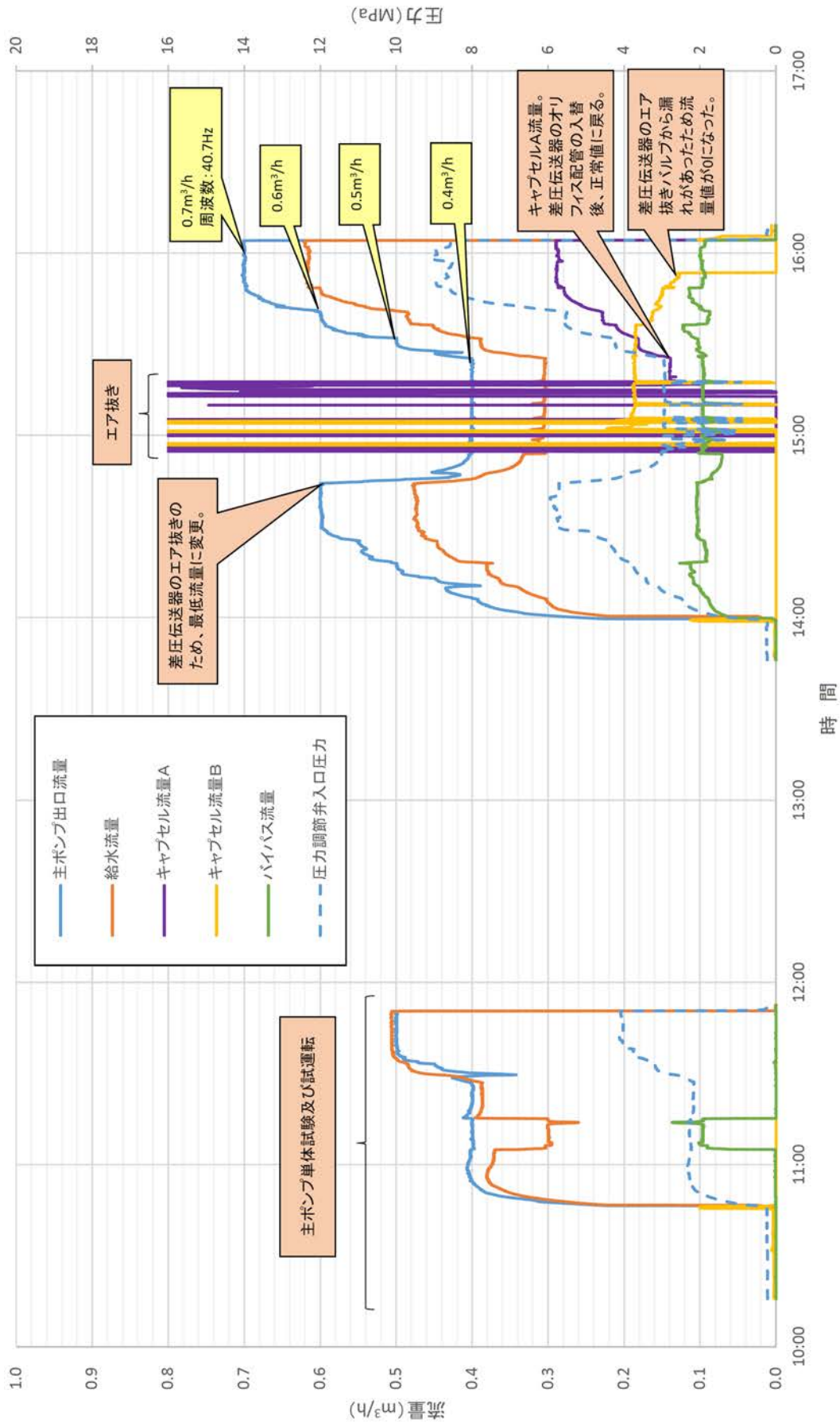


図2 運転データグラフ (3.1 項の試験データ)

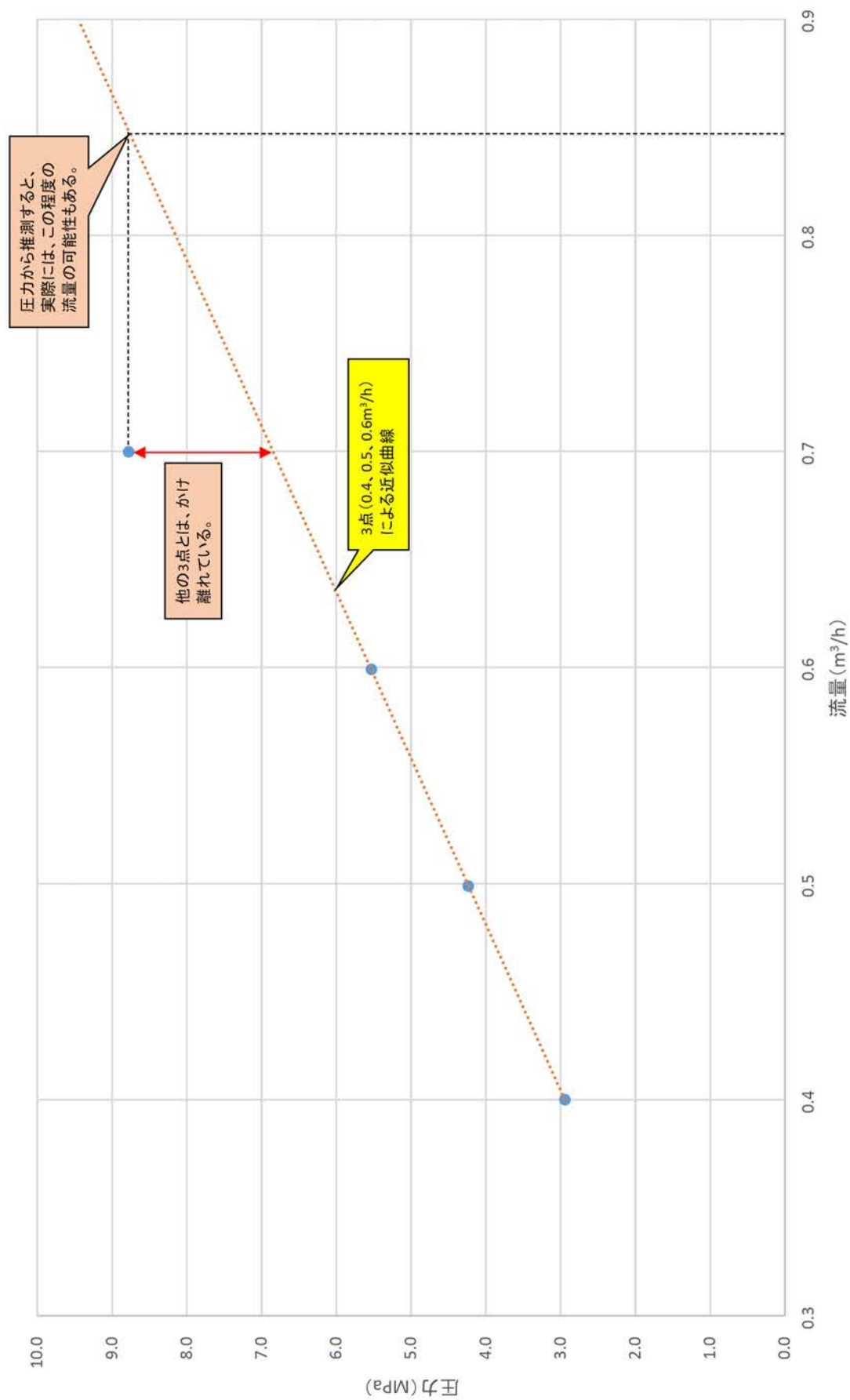


図3 流量－圧力グラフ

試験 No. : PWR-②

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 7 日（水）

1. 試験概要

主ポンプの性能試験を実施した。主ポンプの流量をパラメータに各系統の運転状態や各機器（計器等）の動作確認を行った。

2. 試験内容

キャプセル AB 系統に通水し、圧力調節弁は両系統使用するラインを構成した。主ポンプ AB を自動運転で起動後、A ポンプを停止し B ポンプによる 1 台運転を実施した。主ポンプ出口流量をパラメータ（0.3 m³/h～0.7 m³/h）に運転し、各系統の運転状態及び各計器の動作を確認した。イオン交換塔 B 系統は樹脂が充填されていないため通水していなかったが、水質維持のため通水した。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全閉）
流量	主ポンプ出口流量	約 0.3→約 0.7 m ³ /h
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	15 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	B
圧力調節系	A、B 系
キャプセル系統	A、B 系
イオン交換塔	A 系（一時的に B 系にも通水）
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

(1) 運転データ

主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	給水 流量 (m ³ /h)	バイパス 流量 (m ³ /h)	キャプセル A 流量 (m ³ /h)	キャプセル B 流量 ^{*1} (m ³ /h)	圧力調節弁 入口圧力 (MPa)
0.30	0.27	0.00	0.13	0.13	1.70
0.40	0.36	0.00	0.17	0.17	2.64
0.50	0.42	0.10	0.20	0.20	4.20
0.55	0.46	0.11	0.21	0.21	4.68
0.60	0.48	0.11	0.23	0.23	5.37
0.65	0.55	0.10	0.26	0.26	6.26
0.70	0.60	0.10	0.28	0.28	7.75

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値

(2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	200.0	5.6
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	37.7	10.1
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	21.0	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	136.3	91.6

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 運転データグラフ (3.1 項の試験データ)
- (3) 図 3 流量－圧力グラフ

3.3 考察

3.1 項 (1) に示す通り、流量をパラメータに各系統の流量データを取得した。給水流量+バイパス流量が主ポンプ出口流量とほぼ同じ値を示し、正常な値であることを確認できた。キャプセル A 流量及び B 流量も同じ値を示し、2 系統合わせると給水流量とほぼ同じ値になり、正常な値である。これより主ポンプ A と B の流量特性は、12 月 6 日と 12 月 7 日のデータからほぼ同様であると考えられる。

図 1 に示すように、午前の運転ではキャプセル流量 B の指示が表示されず、差圧伝送器の一次と二次側を入れ替えた。午後の運転では、差圧伝送器のエア抜き後は正常な指示が表示された。各流量計はほぼ正常な指示値であると考えられるが、給水流量とキャプセル A と B を加算した流量を比較すると、給水流量が 0.02~0.04 m³/h 程度高く表示されているため、今後詳細な検討が必要である。

水質データについては水質調整タンク精製ライン、IX1 及び IX2 出口電導度はポンプ起動後に

徐々に低下し、ポンプ停止時には設計の要求値（ $10 \mu\text{S/m}$ ）を十分満足した。14 時頃 IX1 出口電導度が急激に上昇しているが、これは今まで通水したことがない IX1B を使用したからである。通水は 10 分程度行ったが、IX1B 通水終了後電導度は急激に低下している。電導度の大きい水が水質調整タンクに流入したため、水質調整タンク精製ライン電導度が最大 $20 \mu\text{S/m}$ 程度まで上昇した。

水質調整タンク溶存酸素濃度は IX1B に通水したため一時的に上昇したが、約 3 時間のバブリングで 140ppb から 90ppb まで低下している。

pH はポンプ運転期間中ほぼ一定の値であるが、水質調整タンクの圧力制御に伴い指示が変化している。

図 2 に流量と圧力の詳細データを示す。また、流量と圧力の関係について、PWR-②試験結果（本試験）と PWR-①試験結果（12 月 6 日に実施した試験）を比較した。（図 3 参照）。PWR-②試験では主ポンプ B を使用し、PWR-①試験では主ポンプ A を使用したので、ポンプによる特性も含めて比較した。図 3 に示す通り、流量が $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ 未満の場合は、主ポンプ AB とも同様の値を示しているが、 $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ では、主ポンプ AB 共に傾きが大きくなる傾向にあり、主ポンプ A の方が主ポンプ B と比較して高い値である。これがポンプの特性によるものなのか、それとも他の要因があるのかは、今後、同様の試験やポンプ 2 台運転の試験などを実施し多くのデータを取得して検討する。

4. 特記事項

4.1 不具合事象(1)

キャプセル B 流量値が出力されなかった。差圧伝送器には、マイナス表示や“AL30 OVER”と表示されていた。

(1) 原因

キャプセル B 流量計の差圧伝送器のオリフィス配管の 1 次側と 2 次側の取付け違いが原因であった。

(2) 対策案

差圧伝送器側でオリフィス配管の 1 次側と 2 次側を入れ替えたら正常に表示した。

以上

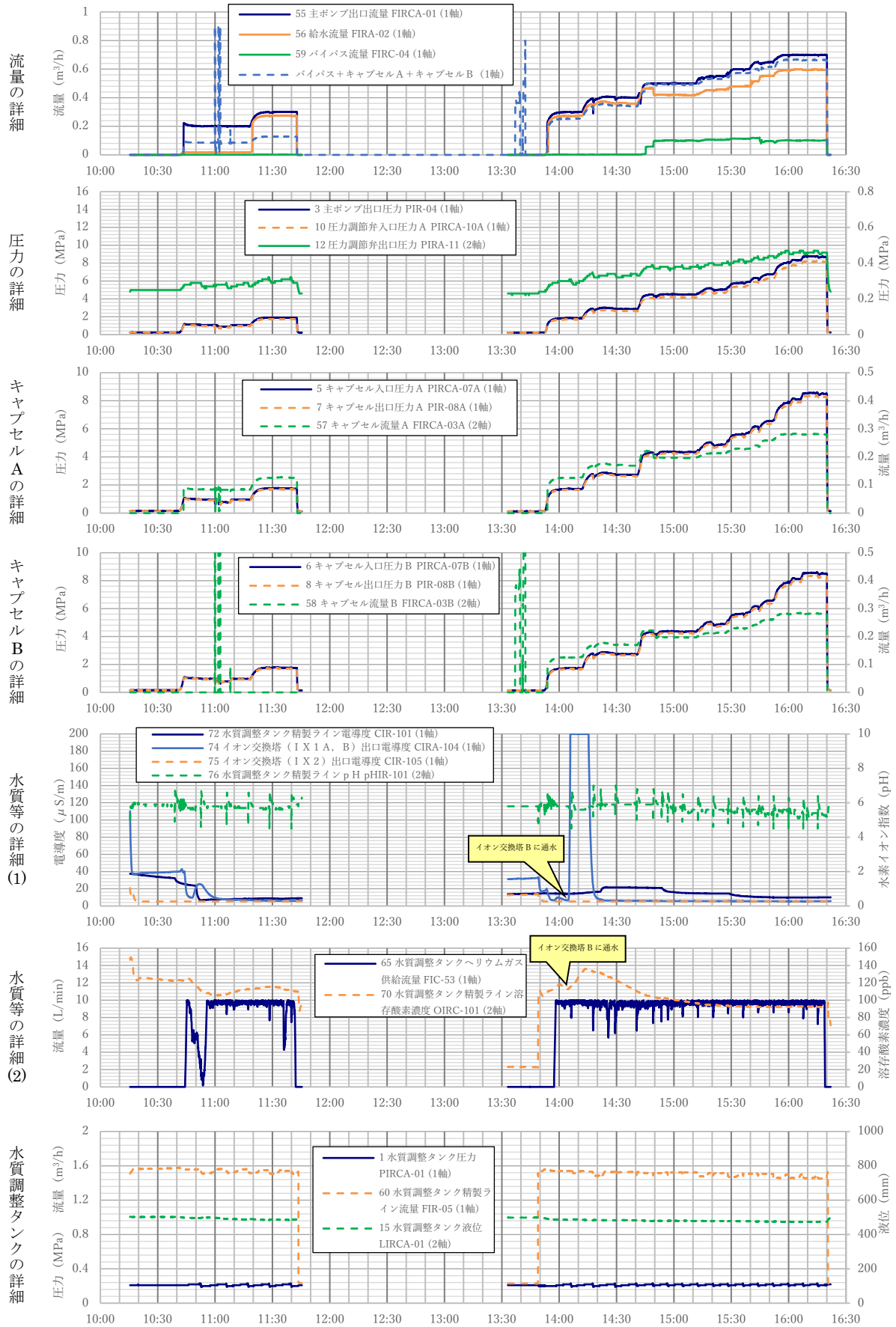


図1 運転履歴

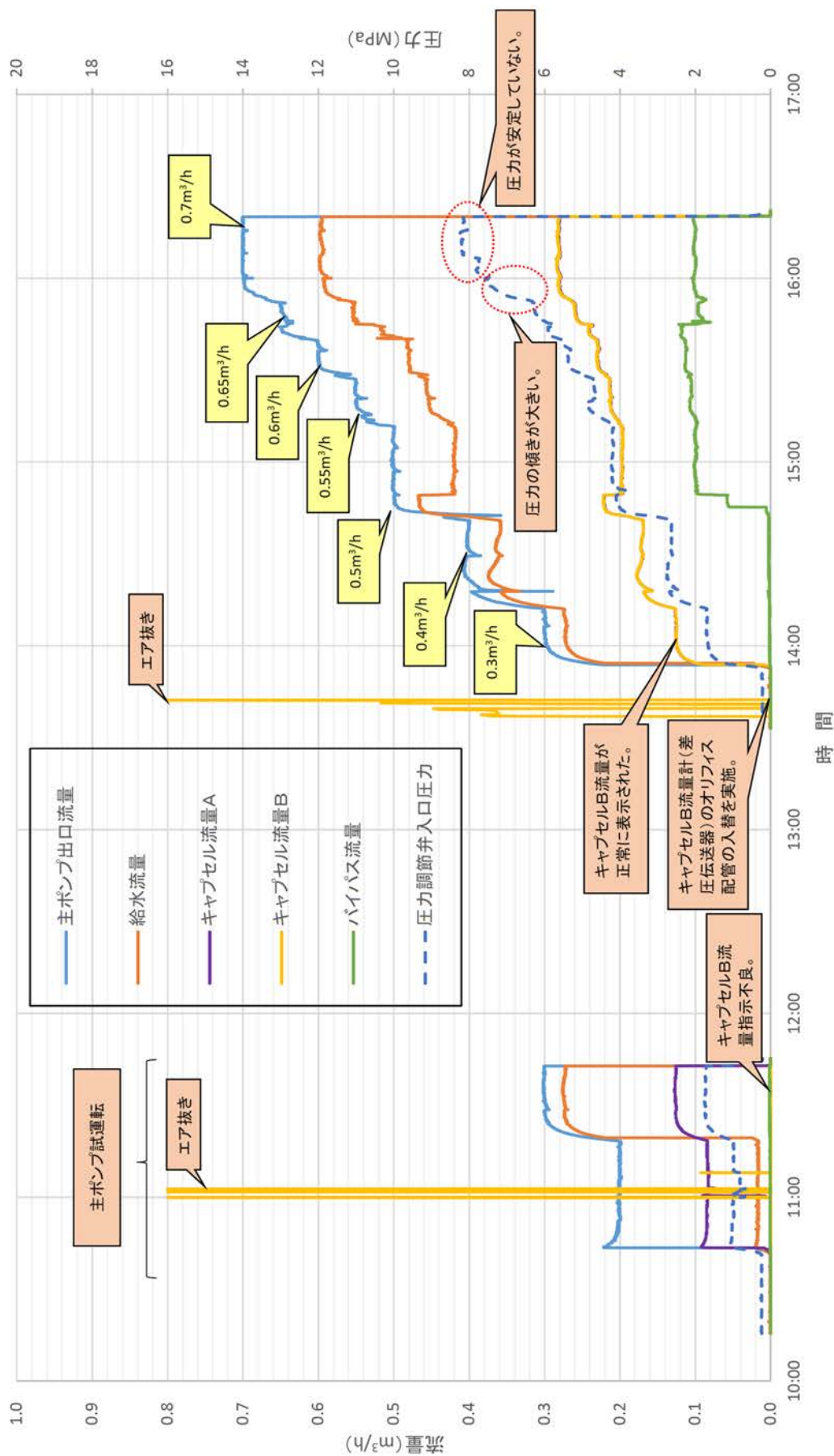


図2 運転データグラフ (3.1 項の試験データ)



図3 流量－圧力グラフ

試験 No. : PWR-③

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 9 日（金）

1. 試験概要

平成 28 年 12 月 18 日から第一種圧力容器が休止期間に入ったため、この期間はキャプセル系統に通水しない。そこで、主ポンプの出口流量が定格の 30% 程度（メーカーが推奨する最低流量の $0.3 \text{ m}^3/\text{h}$ ）の条件で、キャプセル系統に通水しない運転ができるか確認した。

照射試験中は、通常主ポンプを 2 台並行に運転するが、どちらかのポンプに異常が発生した場合は 1 台運転になる。本試験では主ポンプ B の 1 台で定格流量（ $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ ）まで流してその運転状態（圧力、流量等）を確認した。

2. 試験内容

圧力調節弁は A、B 両系統を全開、キャプセル圧力調節弁 A、B、キャプセル流量調節弁 A、B を全閉にしてラインを構成した。

主ポンプ 1 台を起動後、自動運転で主ポンプ出口流量を $0.3 \sim 0.35 \text{ m}^3/\text{h}$ にした時、キャプセルの圧力が変化せず、キャプセル系統に通水がないことを確認した。

その後、キャプセル圧力調節弁 A、B、キャプセル流量調節弁 A、B を全開として、自動運転で流量を徐々に上げて、主ポンプ出口流量が定格流量（ $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ ）となるまでのデータを取得した。

試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口流量）
	圧力調節系	手動（100%）
	キャプセル系統	手動（全閉→全開）
流量	主ポンプ出口流量	$0.3 \rightarrow 0.35 \rightarrow 0.4 \rightarrow 0.5 \rightarrow 0.6$ $\rightarrow 0.62 \rightarrow 0.64 \rightarrow 0.66 \rightarrow 0.68$ $\rightarrow 0.7 \rightarrow 0.72 \rightarrow 0.74 \rightarrow 0.76$ $\rightarrow 0.78 \rightarrow 0.8 \text{ m}^3/\text{h}$
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	16MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	B（1 台運転）
圧力調節系	A、B（両系統を開く）
キャプセル系統	A、B（両系統）
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり（自動運転）

3. 試験結果

3.1 試験データ

主な運転状態（圧力、流量）と水質データは以下の通りである。

(1) 運転データ（主ポンプ B、自動運転、圧力調節弁 A,B 両系統開）

周波数 (Hz)	主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	キャプセル A,B 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ 出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
44.45	0.80	0.749	7.53	6.83
43.85	0.78	0.747	7.40	6.67
43.14	0.76	0.737	7.19	6.48
42.27	0.74	0.713	6.90	6.24
41.85	0.72	0.707	6.78	6.14
41.06	0.70	0.692	6.55	5.93
40.55	0.68	0.681	6.40	5.79
39.60	0.66	0.631	5.72	5.20
36.70	0.64	0.615	5.63	5.15
35.19	0.62	0.592	5.32	4.88
33.03	0.60	0.550	4.94	4.51

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値

(2) 各流量計データ（図 4 で使用したデータ）

周波数 (Hz)	主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	給水流量 (m ³ /h)	バイパス 流量 (m ³ /h)	キャプセル A 流量 (m ³ /h)	キャプセル B 流量 (m ³ /h)	圧力調節弁 入口圧力 (MPa)
44.45	0.800	0.685	0.106	0.321	0.322	6.83
43.14	0.760	0.667	0.092	0.322	0.323	6.48
41.06	0.700	0.634	0.096	0.297	0.298	5.93
33.03	0.600	0.474	0.101	0.224	0.225	4.51

(3) 主ポンプ出口流量と演算流量データ

周波数 (Hz)	主ポンプ出口流量 (m ³ /h)	給水流量+バイパス 流量 (m ³ /h)	キャプセル A+B 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)
44.45	0.800	0.792	0.749
43.14	0.760	0.759	0.737
41.06	0.700	0.730	0.692
33.03	0.600	0.575	0.550

(4) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	39.3	5.4
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	67.9	9.1
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	64.5	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	112.3 ^{*1}	71.9

*1：主ポンプを起動後、系統内の水全体が循環して、安定した測定値を表示したもの。

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
- (2) 図 2 圧力及び流量データ（キャプセル系統を閉じた運転の試行）
- (3) 図 3 圧力及び流量データ（主ポンプ出口流量を定格まで上げる）
- (4) 図 4 主ポンプ B 流量・圧力特性

3.3 考察

(1) 運転履歴

図 1 に主ポンプ B と圧力調節弁 A、B 両系統開で自動運転を行った時の運転状態（圧力、流量、水質等）を示す。主ポンプ出口流量は、自動運転で指定した目標流量に近づき安定、目標流量を変更するとその値に近づき安定し、自動運転で問題ないことを確認した。

3.1 項に示すように、主ポンプ出口流量を 0.5～0.8 m³/h の範囲で変更して、各系統のデータを取得した。表中に 0.5 m³/h のデータがないのは、キャプセルバイパス流量が 0.05 m³/h 以下（流量レンジの 10%以下は指示がカットされる）で流量が測定できなかったからである。

主ポンプ出口流量、（給水流量+キャプセルバイパス流量）、（キャプセル A 流量+B 流量+キャプセルバイパス流量）は理想的には全て同一の流量となるが、3.1 項表(3)のデータでは各々異なる流量を示している。

図 1 の注 1 において水質調整タンク精製ライン電導度が 11:03 頃に急激に下がっている。これは、配管内のエア抜きを行ったことによる。注 2 において水質調整タンク精製ライン電導度が 15:40 頃から徐々に上昇傾向を示したが、この時の IX1 出口電導度はほぼ一定 5.5 μS/m であり、水質調整タンクの電導度を上昇させる要因はない。これらのデータから考えると、いずれかの水質計に何らかの原因で問題が生じるものと考えられる。

溶存酸素濃度は、主ポンプ起動後の系統内の水循環で一時的に上がるものの、He バブリングの効果によって約 110ppb から 72ppb まで徐々に低下した。

水質調整タンクの溶存酸素濃度が目標値 (10ppb) 以上の時は、ヘリウムガスが自動的に供給される。溶存酸素が目標値より十分に高い 70ppb 以上の時に、供給量が 6~10 L/min の間で激しく動いている。また、注 3 において一時的に供給量の減少がみられる。これはヘリウムガスを供給する自動運転の PID が関係していると考えられる。今後はヘリウムガスを供給する自動運転の PID 値の最適値を求める必要がある。

pH は全期間ほぼ一定の値に保たれたが、水質調整タンクの圧力制御に伴い指示が変化した。

水質データについては、電導度は循環ポンプならびに主ポンプを起動後に徐々に低下し、ポンプ停止時には設計の要求値 (10 $\mu\text{S}/\text{m}$) を満足した。

午前の運転では、主ポンプ出口流量の目標流量を 0.5、0.6、0.7、0.75 m^3/h と上げていった。その時の圧力及び流量データを図 2 に示す。注 4 の時間帯では、キャプセル流量 A、キャプセル流量 B、バイパス流量が増加傾向なのに、主ポンプ出口流量に一時的な減少が見られる。また、注 5 の時間帯では、主ポンプ出口流量が安定しているのに対して、給水流量、キャプセル流量、主ポンプ出口圧力、キャプセル圧力及び圧力調節弁入口圧力は変動する現象がみられる。これらの現象が自動運転の影響によるものか確認するために、主ポンプを手動運転に切替えようとしたが、手動運転に切替わらない不具合があった。

午後の運転では、自動制御の外乱を極力小さくするために目標流量で十分に安定してから、目標流量を小刻みに 0.6~0.8 m^3/h を 0.02 m^3/h ステップで変更する運転を行った。その時の圧力及び流量データを図 3 に示す。この運転方法では図 2 でみられたような大きな圧力変動は表れなかったが、原因の特定には至らなかった。

注 6 の時間帯では、流量及び圧力が変動しているが、これは流量の制御性確認のために流量の目標値を 0.8 m^3/h から 0.72 m^3/h に変更して 0.8 m^3/h に戻したことによる。

図 4 に主ポンプ B の流量・圧力特性を示す。流量は周波数に対してリニアに増加している。

今回の試験で、圧力調節弁 A,B 両系統を開ければ、定格流量 (0.8 m^3/h) まで流すことが確認できた。また流量制御についても良好であることが確認できた。

(2) キャプセル系統を閉じた運転の試行

キャプセル圧力調節弁とキャプセル流量調節弁を全閉にした状態で、主ポンプ 1 台を自動運転し、主ポンプ出口流量を 0.3、0.35 m^3/h とした時の運転状態 (圧力と流量) を図 2 に示す。10:33~11:05 を見ると、主ポンプ出口圧力が上昇しているのに対して、キャプセル入口圧力 A は変化が無く、流量 (キャプセル A+キャプセル B) はゼロで、キャプセル系統に水が流れていないことを確認した。この条件であれば、第一種圧力容器が休止期間中でもキャプセル系統に通水せずに常温精製運転が行える見通しがついた。

4. 特記事項

4.1 不具合事象(1)

(1) 図3の主ポンプ出口流量と流量（キャプセルA+キャプセルB+バイパス）の比較

主ポンプ出口流量のカーブと、流量（キャプセルA+キャプセルB+バイパス）のカーブは相似形になると考えられるが、現在は、15:10～15:40の時間帯で、大小関係が逆転している。疑わしいのは、自動運転又は自動運転のインプット情報（例えば主ポンプ出口流量計の指示値）である。今後は、主ポンプの手動運転の試験を行うことや自動運転のPID値の最適値を求める試験が必要である（当試験での値は、P:0.5、I:10.0、D:1.0）。

以上

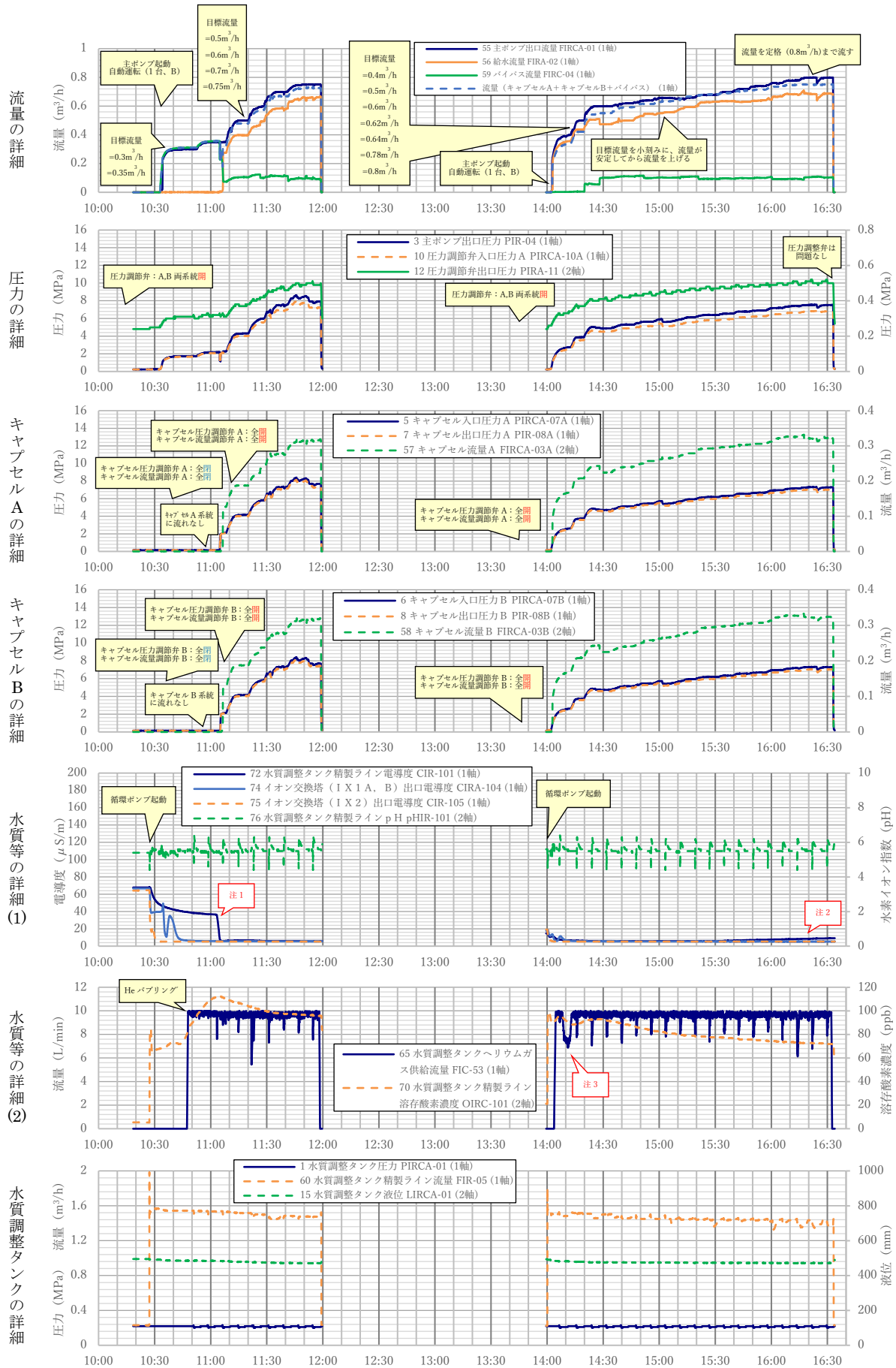


図1 運転履歴

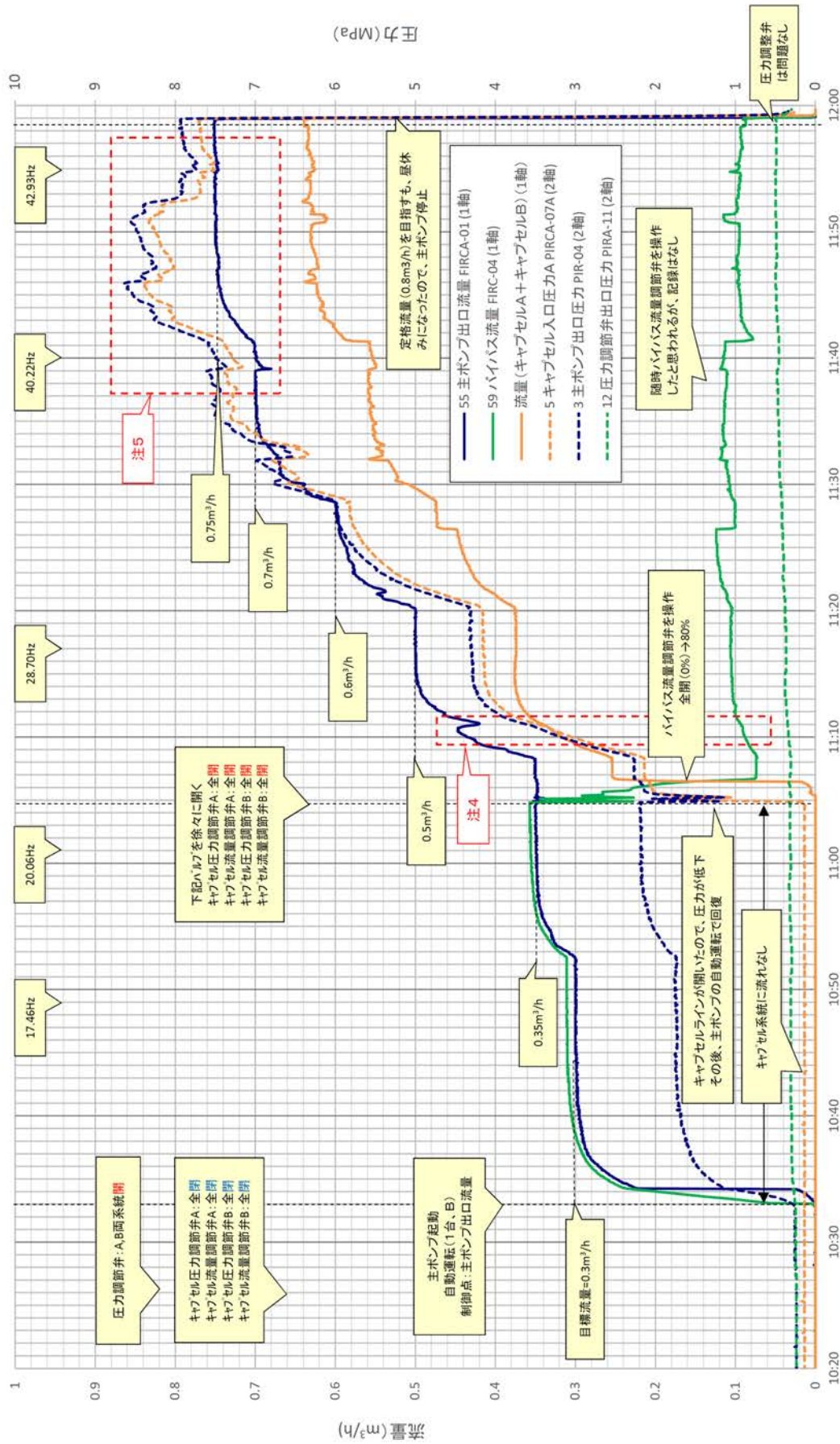


図2 圧力及び流量データ (キャプセル系統を閉じた運転の試行)

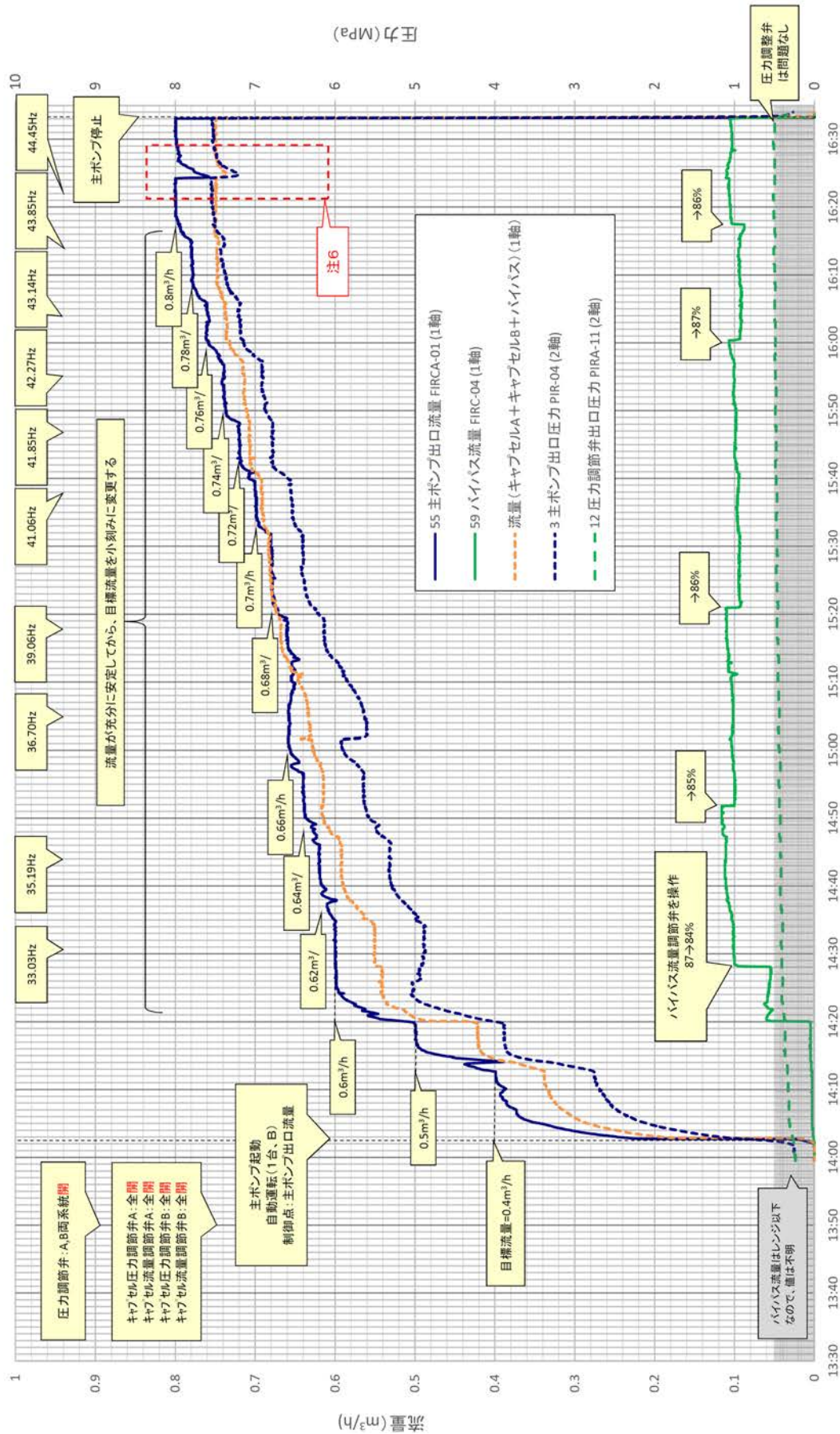


図 3 圧力及び流量データ (主ポンプ出口流量を定格まで上げる)

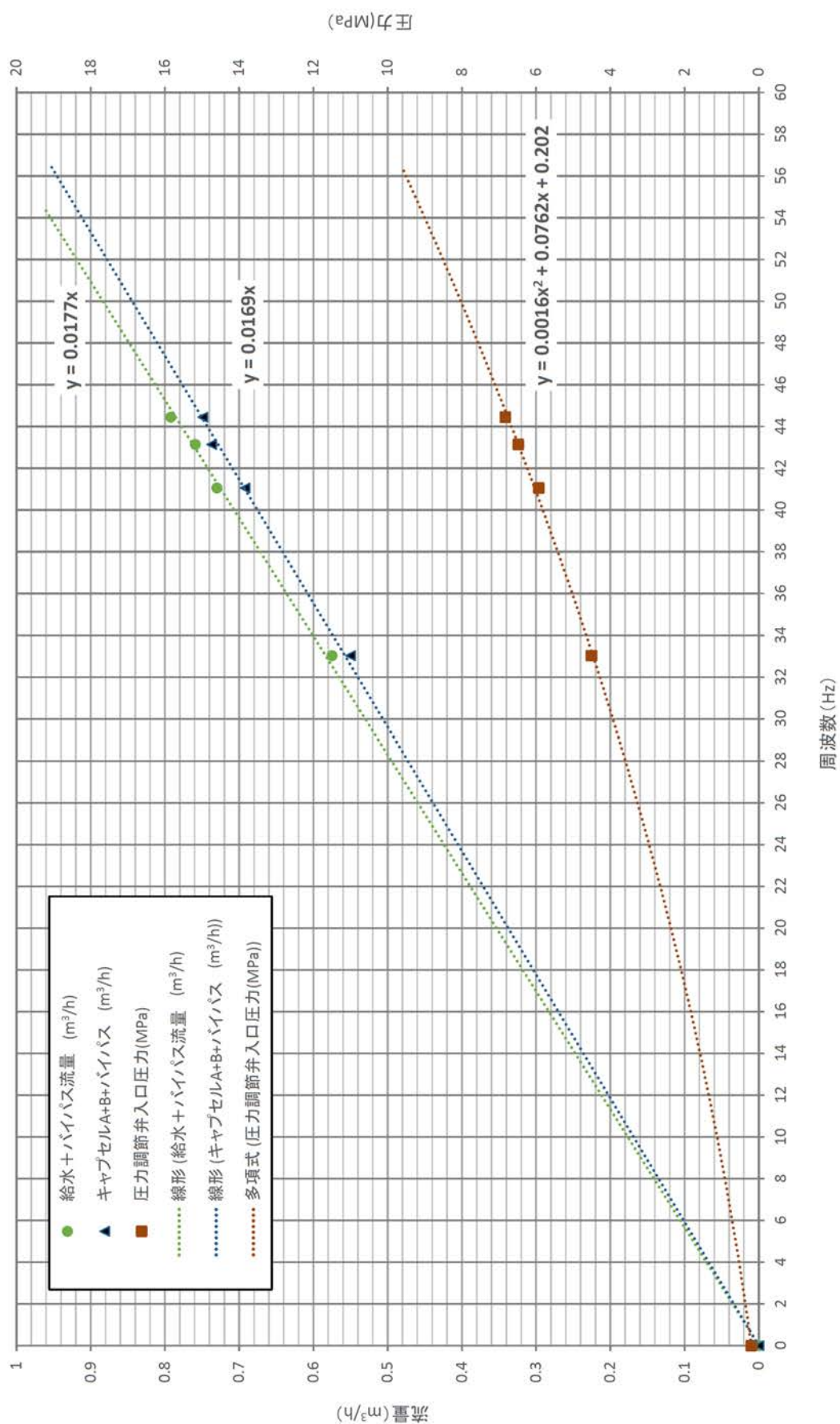


図 4 主ポンプ B 流量・圧力特性

試験 No. : PWR-④

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 12 日（月）

1. 試験概要

12 月 6 日の試験で、主ポンプ出口流量が $0.7 \text{ m}^3/\text{h}$ の時、主ポンプ出口圧力が 9.6 MPa となり、予想値より高い値を示した。この試験以降にキャプセル流量計の誤接続対策を行ったため、上記の再現性を確認する試験を行った（試験①）。

また、自動運転では制御点を主ポンプ出口流量に設定した運転しか行っていなかった。主ポンプ出口流量の挙動が予想外の挙動を示すこともあったため、制御点を給水流量に設定した運転を行った（試験②）。

2. 試験内容

圧力調節弁は A、B 両系統を全開、キャプセル圧力調節弁 A、B を全開、キャプセル流量調節弁 A、B を全開にしてラインを構成した。

試験①は、主ポンプ 1 台を起動し、自動運転で制御点の主ポンプ出口流量を $0.4 \rightarrow 0.6 \rightarrow 0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ と段階的に変えて、系統の圧力、流量等のデータを取得した。

試験②は、主ポンプ 1 台を起動し、自動運転で制御点の給水流量を $0.4 \rightarrow 0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ と変えて、系統の圧力、流量等のデータを取得した。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動運転（P：0.5、I：10.0、D：1.0） 制御点：主ポンプ出口流量（試験①） 給水流量（試験②）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	$0.4 \rightarrow 0.6 \rightarrow 0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ （試験①）
	給水流量	$0.4 \rightarrow 0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ （試験②）
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	16 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A（1 台運転）
圧力調節系	A、B（両系統を開く）
キャプセル系統	A、B（両系統）

イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり（自動運転）

3. 試験結果

3.1 試験データ

主ポンプ A と圧力調節弁 A,B 両系統を使用して、自動運転の制御点を主ポンプ出口流量と給水流量で運転した時の運転状態（圧力、流量）と水質データは以下の通りである。

(1) 運転データ（試験①：自動運転の制御点：主ポンプ出口流量）

主ポンプ 出口流量 設定値 (m ³ /h)	主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	周波数 (Hz)	キャプセル バイパス 流量 (m ³ /h)	キャプセル AB 流量+バイパス 流量 (m ³ /h)	主ポンプ 出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
0.4	0.400	約 23.18	0.004	0.342	2.44	2.20
0.6	0.599	約 32.78	0.058	0.543	4.41	3.97
0.8	0.799	約 44.68	0.097	0.755	7.67	6.92

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値

(2) 運転データ（試験②：自動運転の制御点：給水流量）

給水流量 設定値 (m ³ /h)	給水流量 (m ³ /h)	周波数 (Hz)	キャプセル バイパス 流量 (m ³ /h)	キャプセル AB 流量+バイパス 流量 (m ³ /h)	主ポンプ 出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
0.4	0.400	約 26.00	0.005	0.384	2.97	2.68
0.5	0.500	約 32.06	0.060	0.532	4.25	3.83

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値

(3) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	57.8	5.7
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	81.3	50.4
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	70.3	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	99.4	56.4

3.2 試験結果グラフ

(1) 図 1 運転履歴

(2) 図 2 圧力及び流量データ（試験①、試験②）

3.3 考察

(1) 運転履歴

12月12日の午前は、BWRは性能試験を行い、PWRは水質調整タンクの循環ポンプ起動とHeバブリングを行った。午後は、BWRは水質調整タンクの循環ポンプ起動とHeバブリングを行い、PWRは試験①と試験②を行った。図1にPWRの運転状態（圧力、流量、水質等）を示す。

自動運転は、一般的にはオーバーシュートさせずに、できるだけ早く目標値に到達させることが求められる。今回のPID値では、オーバーシュート及びハンチングをせずに、目標の流量に近づき安定した。到達時間については、今後のPID値をパラメータした試験で、最適値を求める必要がある（当試験での値は、P:0.5、I:10.0、D:1.0）。

水質データについては、電導度は循環ポンプならびに主ポンプを起動後に徐々に低下して試験終了時には $10\mu\text{S/m}$ 以下になっているが、水質調整タンク循環ライン電導度は $50\mu\text{S/m}$ と高い値を示している。この現象は前回の試験PWR③（H28.12.9）においても発生しており、この時はラインのエア抜きを行って指示が正常に復帰している。今回も同様の原因と考えられる。

溶存酸素濃度は、主ポンプ起動後の系統内の水循環で一時的に上がるものの、Heバブリングの効果によって徐々に低下して試験終了時には 56ppb となっている。

pHは全期間ほぼ一定の値に保たれたが、瞬間的な変動もみられる。これは、Heガス供給量の変動し、それによって水質調整タンクの圧力が変動し、pH計が影響を受けていると考えられる。

(2) 試験①について

図2に試験①の圧力と流量のデータを示す。制御点を主ポンプ出口流量に設定した自動運転は、目標値を変更しても、（主ポンプ出口流量＝給水流量＋バイパス流量）の関係が保たれているように見える。

12月6日の試験では、主ポンプ出口流量が $0.7\text{ m}^3/\text{h}$ の時、主ポンプ出口圧力が 9.6 MPa と予想以上に高い値になった。今回は主ポンプ出口流量が $0.8\text{ m}^3/\text{h}$ の時、主ポンプ出口圧力が 7.67 MPa となり、12月6日の再現はしなかった。原因は流量計の不良、流路のバルブ開度が試験により異なる等が考えられるが、現時点においては特定できない。さらに12月6日時点では、キャプセル流量計の接続ミスがあったので、その影響も考えられる。

(3) 試験②について

図2に試験②の圧力と流量のデータを示す。制御点を給水流量に設定した自動運転は、目標値を変更しても、給水流量を目標流量に近づけ安定した。

しかし、試験①でみられた、（主ポンプ出口流量＝給水流量＋バイパス流量）の関係は、注3の部分ではみられたが、注2の部分ではバイパス流量がゼロのため、主ポンプ出口流量と給水流量がほぼ等しかった。

給水流量で制御した場合、給水流量と（キャプセルA+B流量）は等しい指示になる。この試験においては給水流量が（キャプセルA+B流量）と比較して約 $0.02\sim 0.03\text{ m}^3/\text{h}$ 程度高い指示を示している。この差は、給水流量の許容誤差（ $0.004\text{ m}^3/\text{h}$ ）を大幅に超えているため、

設置されている流量計の指示が正しいか確認する必要がある。

4. 特記事項

4.1 不具合事象(1)

(1) 図 1 の注 1

He バブリングは自動運転で、溶存酸素濃度が 10ppb 以上の時は He ガスが供給される。供給量は自動運転の PID 値によって決まる。注 1 の部分では、溶存酸素濃度が 40ppb 程度の時に、He ガスの供給量が大きく変化しているが、目標値 (10ppb) に近くなったために制御が働いていると考えられるが、現時点においては不明である。また、ほぼ等間隔で He の流量が低下して復帰しているが、これは水質調整タンクの圧力が減圧した時に生じている。15 時頃、He ガス流量が大きく変動しているが、流量制御を主ポンプ出口から給水流量に変更するために主ポンプを停止して再起動したためと思われる。現在の自動運転の PID 値はチューニングされたものでないので、今後、最適値を求める試験が必要である。

(2) 図 2 の注 2

図 2 の主ポンプ出口流量のカーブを見ると、所々で変動（ヒゲ状）が見られる。これは流量の制御を給水流量に選択したため、制御動作により主ポンプの回転数が変化し、その結果、主ポンプの近くに設置されている主ポンプ出口流量が変動すると思われるが、今後の運転において原因を究明する。

以上

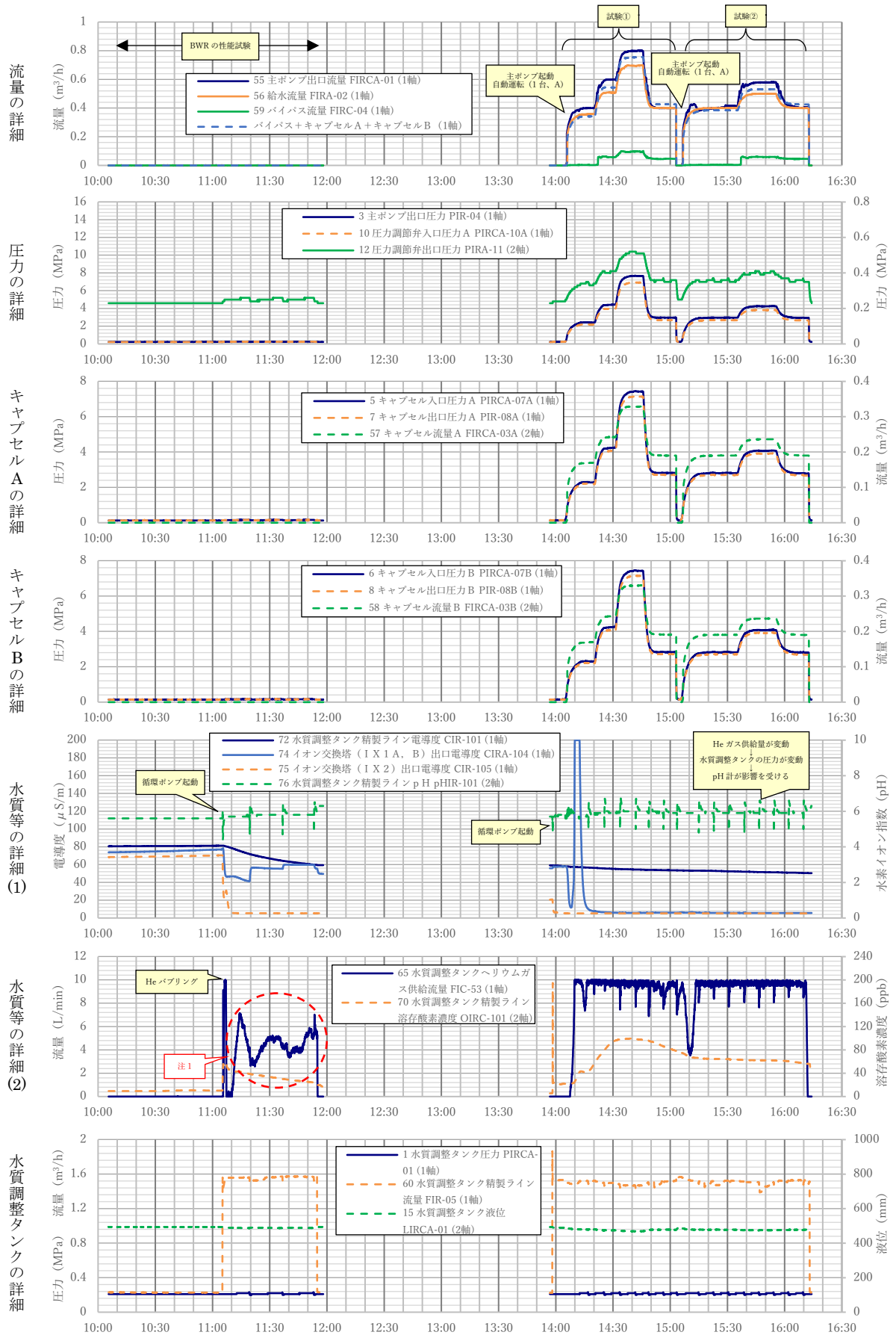
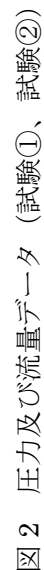


図 1 運転履歴



試験 No. : PWR-⑤

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 13 日（火）

1. 試験概要

試験前半は、主ポンプ 1 台による精製運転を実施し、定常状態になってから圧力調節を行い、定格の圧力（約 15 MPa）になることを確認した。試験後半は、主ポンプ 2 台運転による最初の性能試験を実施した。主ポンプの流量をパラメータに各系統の運転状態や各機器（計器等）の健全性確認を行った。

2. 試験内容

試験前半は、主ポンプ B を使用して、キャプセル AB 系統に通水し、圧力調節弁両系統を使用するラインを構成した。主ポンプ B を自動運転で起動し、最大流量（0.8 m³/h）まで上げ、流量、圧力等が安定したら、圧力調節弁を手動で徐々に絞って、定格圧力（約 15 MPa）にした。試験後半は、主ポンプ AB2 台を使用し、試験前半と同じラインを構成した。主ポンプ出口流量をパラメータ（0.4 m³/h～0.8 m³/h）に運転し、各系統の運転状態及び各計器の健全性を確認した。また、精製運転（He バブリングも含む）は、試験の前後半とも実施した。

試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口）	
	圧力調節系	手動（100%→71%） 【試験前半】	手動（全開） 【試験後半】
	キャプセル系統	手動（全閉）	
流量	主ポンプ出口流量	0.4→0.6→0.8 m ³ /h 【試験前半】	0.4～0.8 m ³ /h 【試験後半】
	キャプセル系統	成り行き	
圧力	圧力調節系	15 MPa 以下	

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	B【試験前半】、AB【試験後半】
圧力調節系	A、B 系
キャプセル系統	A、B 系
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし

サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

(1) 昇圧試験（試験前半）の運転データ

圧力調節弁開度 (AV-06A-1/2、 06B-1/2 の 4 台) (%)	主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	キャプセル AB +バイパス流量 (m ³ /h)	給水流量 (m ³ /h)	バイパス 流量 (m ³ /h)	圧力調節弁 AB 入口圧力 (MPa) ※1
100	0.40	0.33	0.35	0.00	2.2
100	0.60	0.57	0.52	0.07	4.2
100	0.80	0.79	0.71	0.10	7.4
86	0.80	0.77	0.70	0.09	10.1
71	0.80	0.77	0.72	0.07	15.0

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値

※1：午前中の試験は、圧力 10.1 MPa まで実施し、午後から再起動して 15 MPa まで昇圧。

(2) 主ポンプ 2 台による性能試験データ（試験後半）

主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	周波数 (Hz)	キャプセル AB +バイパス流量 (m ³ /h)	給水流量 (m ³ /h)	バイパス 流量 (m ³ /h)	圧力調節弁 AB 入口圧力 (MPa)
0.40	11.67	0.35	0.37	0.00	2.2
0.50	14.32	0.44	0.46	0.00	3.1
0.60	17.13	0.53	0.54	0.00	4.3
0.70	20.12	0.67	0.64	0.06	5.7
0.80	23.04	0.78	0.71	0.09	7.3

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値

(3) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	200.0	5.4
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	63.3	6.7
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	63.0	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	77.4	47.0

3.2 試験結果グラフ

(1) 図 1 運転履歴

(2) 図 2 流量－圧力相関グラフ

3.3 考察

(1) 昇圧試験（試験前半）について

主ポンプ 1 台による精製運転を実施し、定格流量（0.8 m³/h）で安定した状態から、昇圧試験を実施した。昇圧試験は、本試験が初めてであるため、圧力の調整は手動で実施した。PWR の圧力調節弁は、1 系統に 2 つの圧力調節弁（AV-06A-1&06A-2、AV-06B-1&06B-2 の 4 台）が設けられており、本試験では両系統使用したので、計 4 台の圧力調節弁を同じ開度で 1% ずつ絞っていった。午前中は、10 MPa 程度まで昇圧したところで一旦運転を停止した。この時の圧力調節弁の開度は 86% であった。午後からは、引き続き同じ開度（圧力調節弁開度：86%）で運転を再開した。圧力調節弁の開度を約 71% にしたところで定格圧力（約 15 MPa）に到達した（図 2 参照）。各系統の運転状態も安定しており、問題ないことを確認できた。

(2) 主ポンプ 2 台による性能試験（試験後半）について

初めて主ポンプ 2 台による性能試験を実施した。主ポンプ出口流量をパラメータに 0.4 m³/h から定格流量の 0.8 m³/h までの運転データを取得した。3.1 (2) に示す通り、主ポンプ出口流量に対して、キャプセル AB 流量+バイパス流量を比較すると 0.02~0.07 m³/h の範囲で主ポンプ出口流量が大きい値を示している。これは流量計の測定誤差（約 0.2%FS）を大きく超えているため、流量計の比較校正試験が必要と思われる。また、ポンプ 1 台運転に比べて 2 台運転の方が、1 台あたりの周波数が約半分を抑えられ、共振する領域まで達しないため、ポンプ周りの配管の振動も少なく安定していた。しかし、図 2 からわかるように、同じ流量（0.4 m³/h）でもポンプ 2 台の方が、ポンプ 1 台に比べて振れ幅が大きい。これは、ポンプ 1 台あたりの周波数が約 12Hz であり、メーカーが推奨するポンプ出力 30% 以上（周波数 18Hz 以上）でないため、ポンプの性能が十分に発揮されていないか、あるいはポンプ 2 台運転による振動等により、流量計に悪影響を与えていないか等が考えられる。今後は、低流量（0.6 m³/h 未満）で運転する場合、ポンプ 1 台運転が望ましいと考えられる。

(3) 水質について

電導度については、主ポンプ起動後徐々に低下し、試験終了時には、目標値の 10 μS/m 以下の値を示している。溶存酸素濃度については、バブリング開始後徐々に低下して運転終了時には 47ppb となっているが、まだ目標の 10ppb 以下に達していないため、バブリング運転を継続する必要がある。

4. 特記事項

4.1 今後の課題

PWR の圧力調節弁は、1 系統に 2 つの調節弁が設けられており、本試験では、手動で全ての調節弁を同じ開度にして昇圧した。照射試験では、自動制御で運転することを考えると、自動での制御方法を確立する必要がある。2 つの調節弁を自動制御にした場合、どのような動きをするのか確認する。また、一方を手動制御で固定し、もう一方を自動制御にするという運転方法もあるため、様々なケースで試験することが重要である。最善策としては、圧力調節弁を使用流量に適した CV 値の弁に交換すべきである。また、圧力調節弁の系統切替えについては、切替え中の圧

力変動や適切な切替え時間、調節弁の開度の保持等も確認する必要がある。

以上

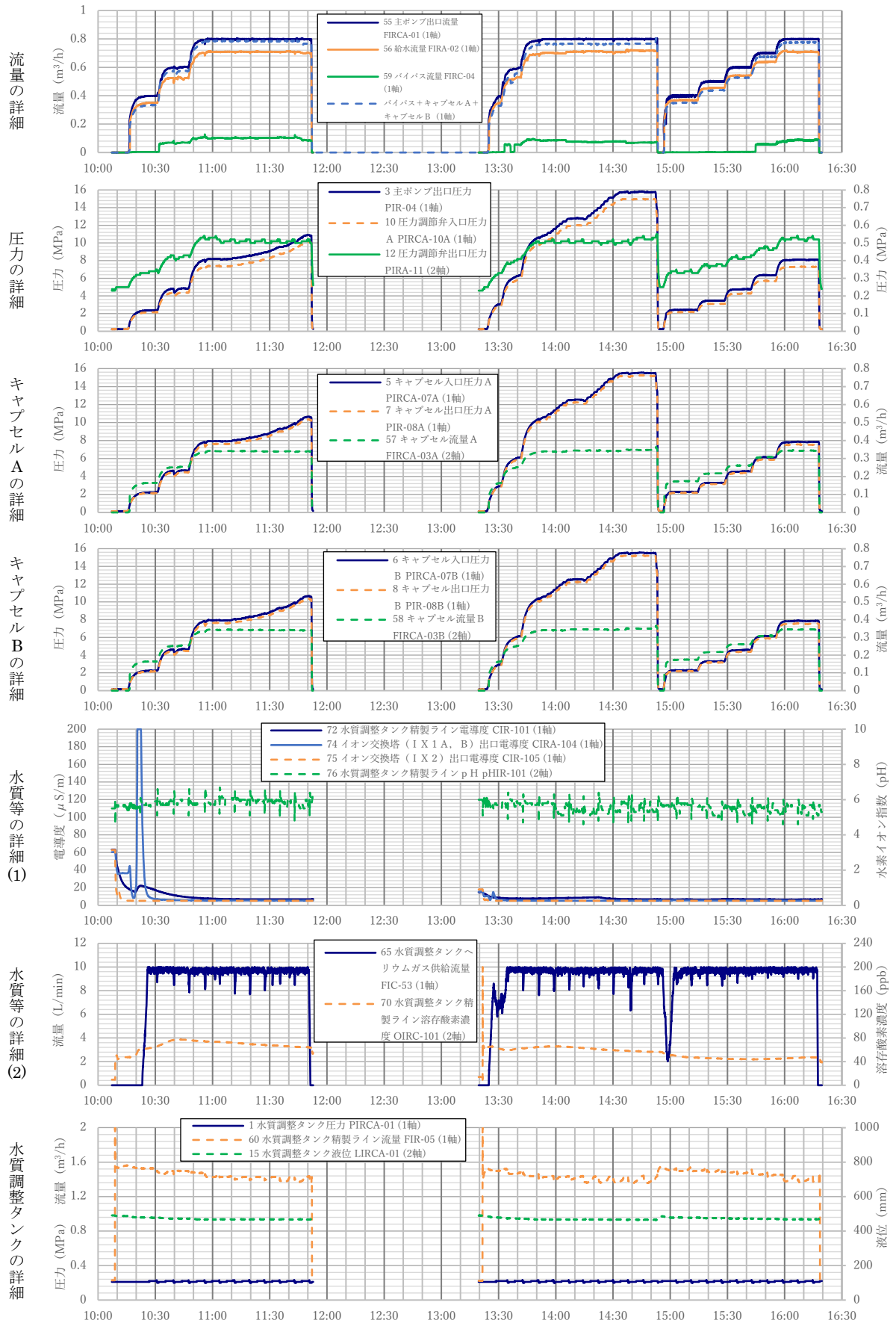


図1 運転履歴

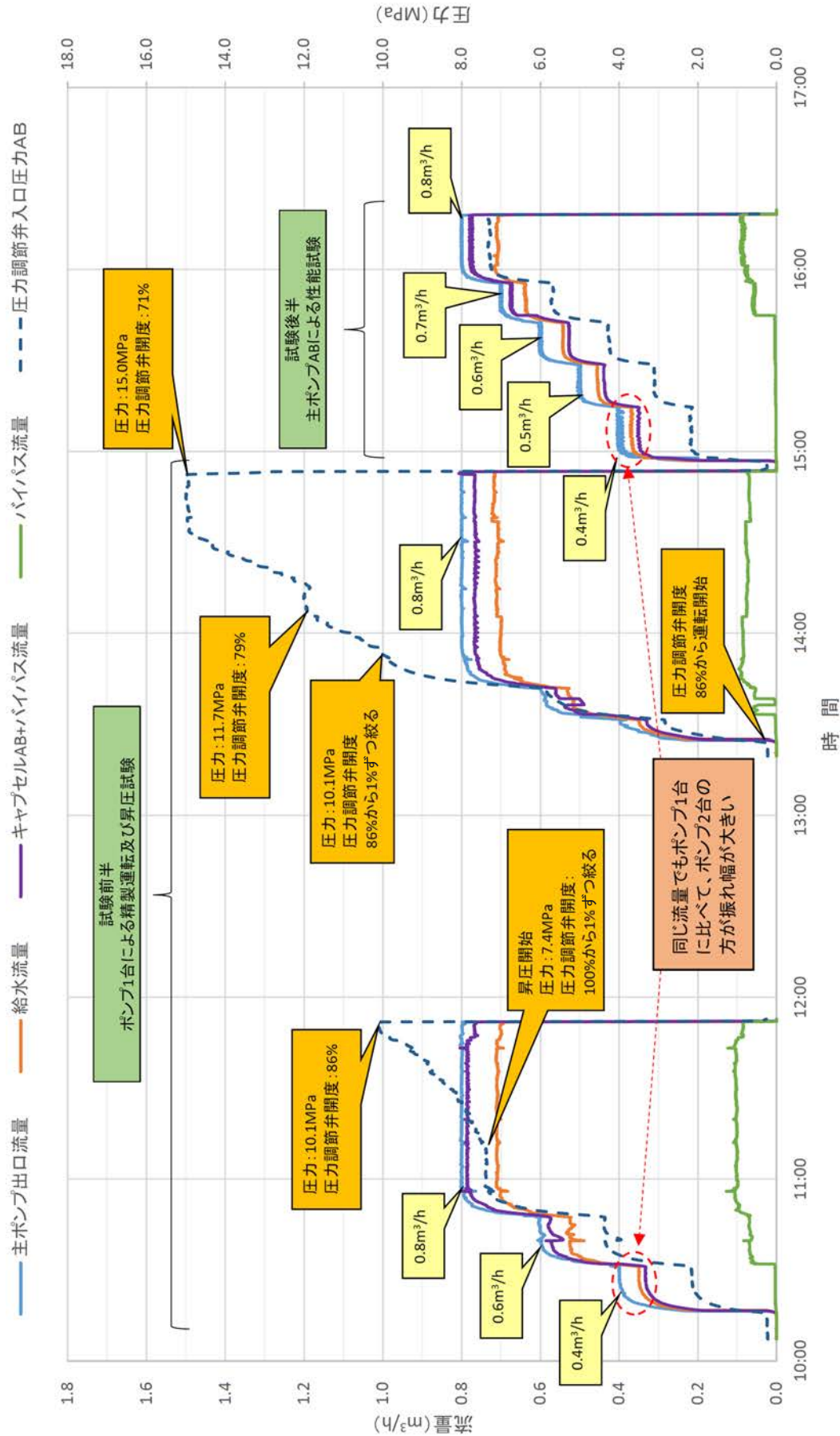


図2 流量-圧力相関グラフ

試験 No. : PWR-⑥

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 14 日（水）

1. 試験概要

試験前半は、異常時を想定して、主ポンプ 2 台による定常運転時に 1 台のポンプが停止した場合の各系統の運転状態（流量、圧力等）の挙動を確認した。また、試験後半は、BWR 系統及び PWR 系統の主ポンプ 2 台運転を同時に実施し、お互いに干渉がないことを確認した。

2. 試験内容

試験前半は、主ポンプ 2 台（AB）を使用して、キャプセル AB 系統に通水し、圧力調節弁両系統を使用するラインを構成した。主ポンプは、自動運転で起動し、最大流量（0.8 m³/h）まで上げ、流量、圧力等が安定したら、圧力調節弁を手動で徐々に絞って、定格圧力（約 15 MPa）まで昇圧した。定常状態で安定してから主ポンプ B を停止し、各系統の運転状態を確認した。試験後半は、主ポンプ AB2 台を使用し、試験前半と同じラインを構成した。目標流量を 0.6 m³/h とし、系統の昇圧はせず、通常の前製運転（He バブリングも含む）を実施した。

試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

		試験前半	試験後半
制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口）	
	圧力調節系	手動（100%→70%）	手動（100%）
	キャプセル系統	手動（全閉）	
流量	主ポンプ出口流量	0.4→0.6→0.8 m ³ /h	0.6 m ³ /h
	キャプセル系統	成り行き	
圧力	圧力調節系	15.1 MPa（最大）	15.0 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	試験前半：AB→A（B 停止）、試験後半：AB
圧力調節系	A、B 系
キャプセル系統	A、B 系
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

(1) 定常状態から主ポンプ 1 台停止試験

主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	キャプセル AB +バイパス流量 (m ³ /h)	給水流量 (m ³ /h)	バイパス流量 (m ³ /h)	圧力調節弁 AB 入口圧力 (MPa)
0.398	0.341	0.355	0.004	2.20
0.600	0.574	0.525	0.067	4.31
0.800	0.774	0.701	0.091	15.1
↓	↓	↓	↓	↓
0.467	0.463	0.397	0.002	7.21

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値

(2) BWR 及び PWR 同時起動による干渉確認

主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	キャプセル AB +バイパス流量 (m ³ /h)	給水流量 (m ³ /h)	バイパス流量 (m ³ /h)	圧力調節弁 AB 入口圧力 (MPa)
0.395	0.341	0.359	0.003	2.15
0.600	0.572	0.535	0.057	4.26

※上記の値は、約 5 分間（安定期間）の平均値

(3) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	49.0	5.5
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	48.6	7.1
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	45.2	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	66.6	40.7

3.2 試験結果グラフ

(1) 図 1 運転履歴

(2) 図 2 主ポンプ 1 台停止による流量・圧力相関グラフ

3.3 考察

(1) 主ポンプ 1 台停止試験について

主ポンプ 2 台による自動運転を実施し、定常状態（流量：0.8 m³/h、圧力：15 MPa）から主ポンプ 1 台を停止した。ポンプ 1 台を停止することにより、各系統の流量、圧力の挙動を確認した。3.1 (1) 項に示す通り、流量（キャプセル AB+バイパス流量）については 0.774 m³/h から 0.463 m³/h まで約 50 秒で降下したもののその後は徐々に回復して約 3 分後に 0.463 から 0.687 m³/h になり、ここで試験を終了した。圧力についても 15.1 MPa から 7.21 MPa まで降下したのち徐々に回復して 12.1 MPa となった。詳細を図 2 に示す。

主ポンプ出口流量及び給水流量は、ポンプ停止から約 10 秒で最下点に達したのに対してキャプセル流量は、約 50 秒となり大幅に異なった。しかし圧力の挙動と一致しているのは（キャプセル AB+バイパス流量）であり、主ポンプ出口及び給水流量については系統の圧力変動の影響を受けて異常な値となったと推察するが、今後原因究明を行う必要がある。

本試験では、サージタンクとは接続せず試験を実施したが、今後はサージタンクと接続して、サージタンクの効果でどの程度圧力変動が軽減されるのか確認する必要がある。また、本試験では、主ポンプ流量のみ自動制御であったが、全ての調節機器を自動制御にした試験も実施する必要があると思われる。その場合、適切な PID が要求されるので、試験前に適切な PID を設定する必要がある。

(2) BWR 及び PWR 同時起動による干渉確認について

図 1 に示すように、流量及び圧力の変動もなく、3.1(2)項に示す通り、通常の運転状態と変わらず、この運転条件においては BWR と同時運転による干渉はみられなかった。現場でも BWR 及び PWR の主ポンプの振動や異音等を確認したが、特に大きな振動もなくポンプ音も正常であった。ポンプ 1 台運転よりは 2 台運転の方が 1 台あたりの出力も半分であるため、音も静かで安定していた。

(3) 水質について

電導度については、主ポンプ起動後徐々に低下し、試験終了時には、目標値の $10 \mu\text{S/m}$ 以下の値を示している。溶存酸素濃度については、バブリング開始後徐々に低下はしているが、まだ目標の 10ppb 以下に達していないため、バブリング運転を継続する必要がある。

4. 特記事項

4.1 今後の課題

(1) 圧力調節弁の制御について

PWR の圧力調節弁は、1 系統に 2 つの調節弁が設けられており、本試験では、手動で全ての調節弁を同じ開度にして昇圧した。照射試験では、自動制御で運転することを考えると、制御方法を確立する必要がある。2 つの調節弁を自動制御にした場合や片方を手動固定し、もう片方を自動にする場合など、いろいろなケースを試すことで、より良い制御方法を確立できると考える。また、圧力調節弁の系統切替えについては、切替え中の圧力変動や適切な切替え時間、調節弁の開度の保持等も確認が必要である。

(2) 自動制御について

本試験では、自動制御は主ポンプ流量のみで、残りは全て手動制御で実施した。全て自動制御で実施した場合は、ポンプ 1 台停止による影響は、かなり軽減されることが考えられる。ただし、自動制御は PID 制御であるため、適切な PID 値が要求される。今後、適切な PID 値を求めることが重要である。

以上

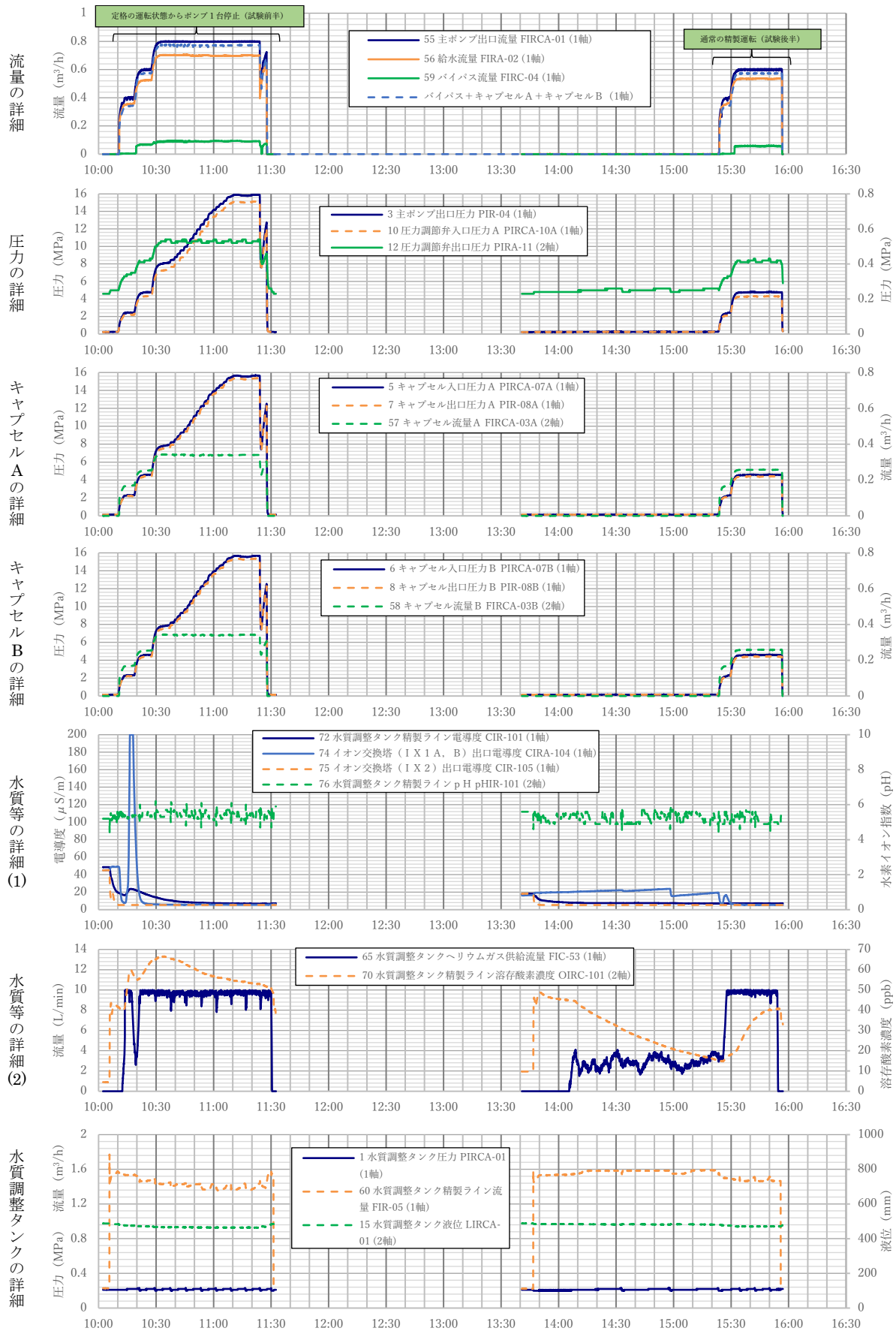


図1 運転履歴

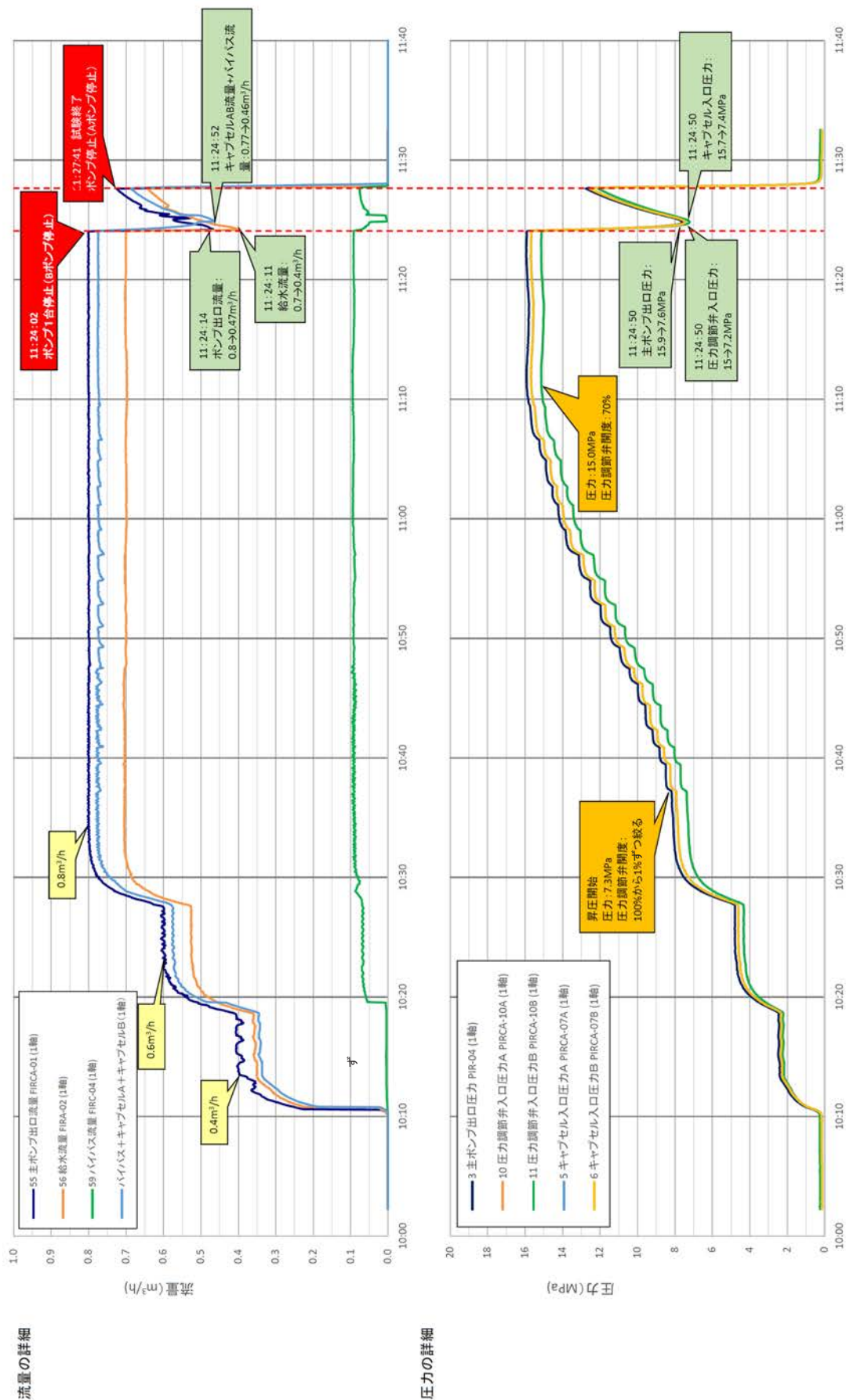


図2 主ポンプ1台停止による流量・圧力相関グラフ

試験 No. : PWR-⑦

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 16 日（金）

1. 試験概要

照射試験中と同様に、主ポンプ 2 台の自動運転で定格運転を行い、問題がないことを確認した。なお、自動運転では、目標値を段階的に更新するのではなく、1 回の設定で目標値（0.8 m³/h）に到達して安定することを確認した。また、同時間帯に BWR も定格運転を行い、お互いが干渉しないことを確認した。

2. 試験内容

圧力調節弁は A、B 両系統を全開にしてラインを構成した。主ポンプ自動運転の制御点を主ポンプ出口流量とし、目標流量を 0.8 m³/h に設定して、主ポンプ 2 台を自動運転で起動した。試験前半は流量が目標流量になり次第、その状態を保持してデータを取得した。試験後半は流量が目標流量で安定した後、系統内の圧力が 15.5 MPa 程度になるまで圧力調節弁を絞り、その状態を保持してデータを取得した。

試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口流量）
	圧力調節系	手動（100⇔71%）
	キャプセル系統	手動（全開）
流量	主ポンプ出口流量	0.8
	キャプセル系統	成り行き
圧力	圧力調節系	16 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A、B（2 台運転）
圧力調節系	A、B（両系統を開く）
キャプセル系統	A、B（両系統）
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水なし
He バブリング	バブリングあり（自動運転）

3. 試験結果

3.1 試験データ

主な運転状態（圧力、流量）と水質データは以下の通りである。

- (1) 運転データ（主ポンプ 2 台、圧力調節弁の A、B 両系統開）

主ポンプ出口 流量 (m ³ /h)	周波数 (Hz)	キャプセル A,B 流量 +バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ 出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)	備考
0.80	23.17	0.776 (0.769~0.782)	8.13 (8.05~8.18)	7.33 (7.25~7.39)	午前データ：圧 力調節弁：100%
0.80	23.85	0.773 (0.767~0.775)	15.68 (15.45~15.77)	14.90 (14.67~14.98)	午後データ：圧 力調節弁：71%

※上記の値は、1 時間（安定期間）の平均値及びカッコ内の数値は最小値～最大値

- (2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	70.2	5.4
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	78.0	7.2
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	61.2	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	65.8 ^{*1}	34.5

*1：主ポンプを起動後、系統内の水全体が循環して、安定した測定値を表示したもの。

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴
 (2) 図 2 圧力及び流量データ（定格流量で保持、同時間帯に BWR の試験あり）
 (3) 図 3 圧力及び流量データ（定格運転で約 1 時間保持、同時間帯に BWR も定格運転）

3.3 考察

今回の試験で、圧力調節弁 A、B 両系統を開ければ、主ポンプ 2 で定格流量（0.8 m³/h）、系統内を定格圧力（16 MPa 程度）にした運転ができることを確認できた。

- (1) 運転履歴

主ポンプ 2 台と圧力調節弁 A、B 両系統開で自動運転を行った時の運転状態（圧力、流量、水質等）を図 1 に示す。主ポンプ出口流量の制御設定値を 0.8 m³/h に設定してポンプを起動し、流量制御の状態を確認した。目標値に到達する時間は、AM/PM とも約 7 分であった。保持時の流量、圧力等は 3.1 試験データ(1)に示すように安定しており、良好な結果であった。

電導度は循環ポンプならびに主ポンプを起動後に徐々に低下して運転終了時は 10 μS/m 以下であった。

溶存酸素濃度は、主ポンプ起動後の系統内の水循環で一時的に上がるものの、He バブリン

グの効果によって徐々に低下して約 3 時間のバブリングで 66ppb から 35ppb になった。

pH は全期間ほぼ一定の値に保たれた。

(2) 定格流量で保持、同時間帯に BWR の試験あり

自動運転により定格流量 (0.8 m³/h)、主ポンプ出口圧力が約 8 MPa で 1 時間運転したときの運転状態を図 2 に示す。

図 2 の注 2 : 11:35 を境にバイパス流量の振れ幅に変化がみられる。11:35 頃には、BWR の試験で、主ポンプを 2 台運転から 1 台運転に変えている。1 台で定格運転を続けるために、ポンプの周波数が上がり (23.85→46.87Hz) その影響が PWR の装置に影響した可能性が考えられる。今後、非定常状態での BWR と PWR の組合せ試験が必要と考える。

(3) 定格運転で約 1 時間保持、同時間帯に BWR も定格運転

主ポンプ流量が定格流量 (0.8 m³/h)、主ポンプ出口圧力がほぼ定格圧力 (15.5 MPa) の状態で、約 1 時間の運転を行った時のデータを図 3 に示す。

図 3 の注 3 : 定格運転中に、主ポンプ出口流量の変動が何度か発生した。BWR と PWR の両方で操作を行っていないため、この変動が発生した原因は不明であるが、変動幅として運転に悪影響を及ぼすものではなかった。しかし、原因追及が必要である。

図 3 の注 4 : 圧力調節弁の開閉操作時に、キャプセル流量 A とキャプセル流量 B に変動が見られた。絞る時は、2%刻みでゆっくり開いたので、その変動幅は小さい。開く時は、4～5%刻みで開いたためか、その変動幅は少し大きかった。また、同じ時間帯、バイパス流量には変動が見られなかった。今後、キャプセル流量を自動制御にした時にどの程度の流量変動になるか確認して、圧力調節弁の開け方、閉め方についての検討を進める。

図 3 の注 5 : 主ポンプ起動後と、停止前に、バイパス流量の変動幅が大きくなっている。系統内の圧力が 10 MPa 未満の時に起きる現象にみえた。今後、定格以下の運転についても調べる必要がある。

4. 特記事項

4.1 不具合事象

(1) 図 1 の注 1

水質調整タンク精製ライン電導度が順調に下がっていたが、14:40 頃から徐々に上昇し、15:17 頃から下がった。この電導度計は、平成 28 年 8 月 23 日の精製運転中に異常値を示し、後日に正常値を表示するようになった経緯がある。この原因は不明である。

以上

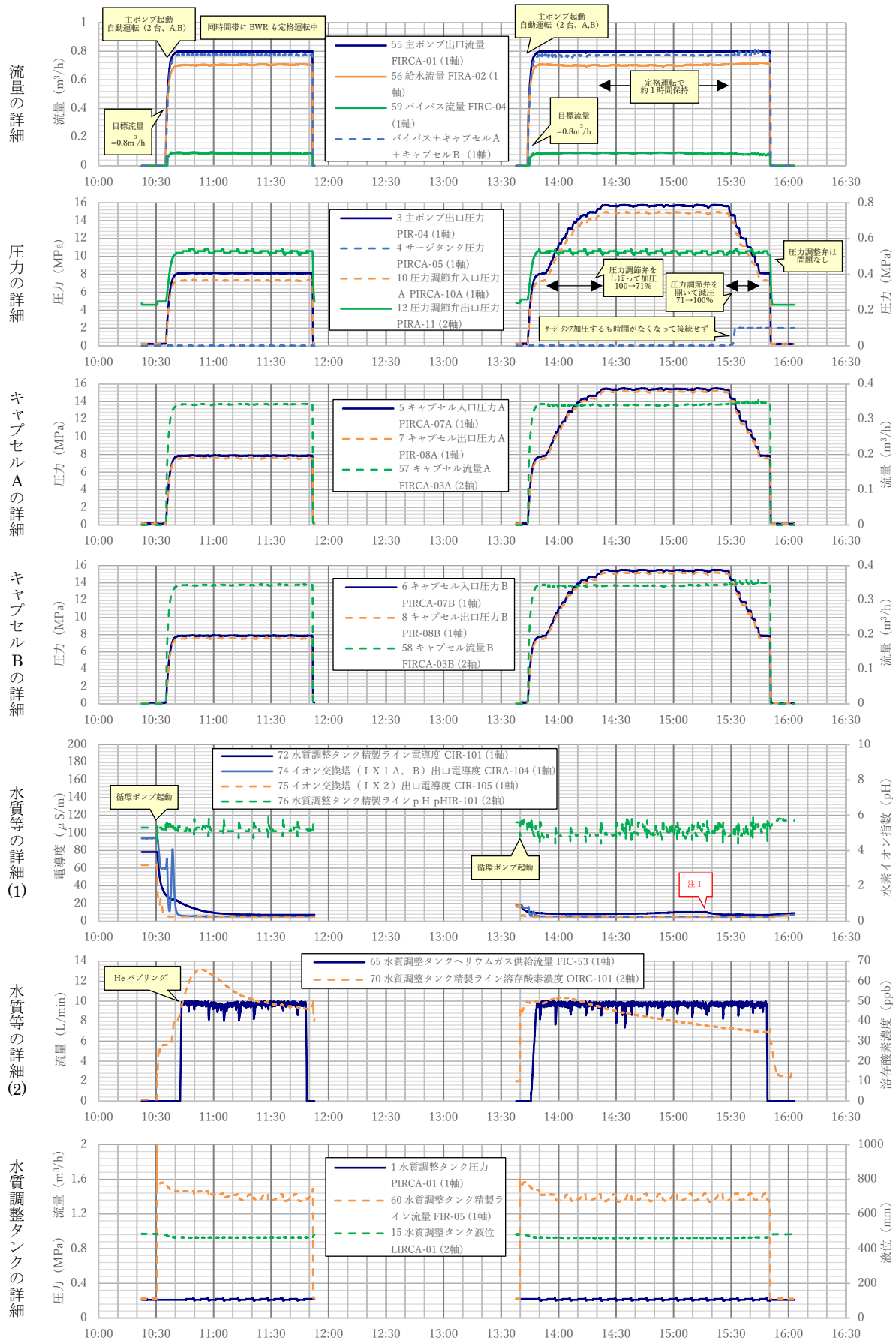


図 1 運転履歴

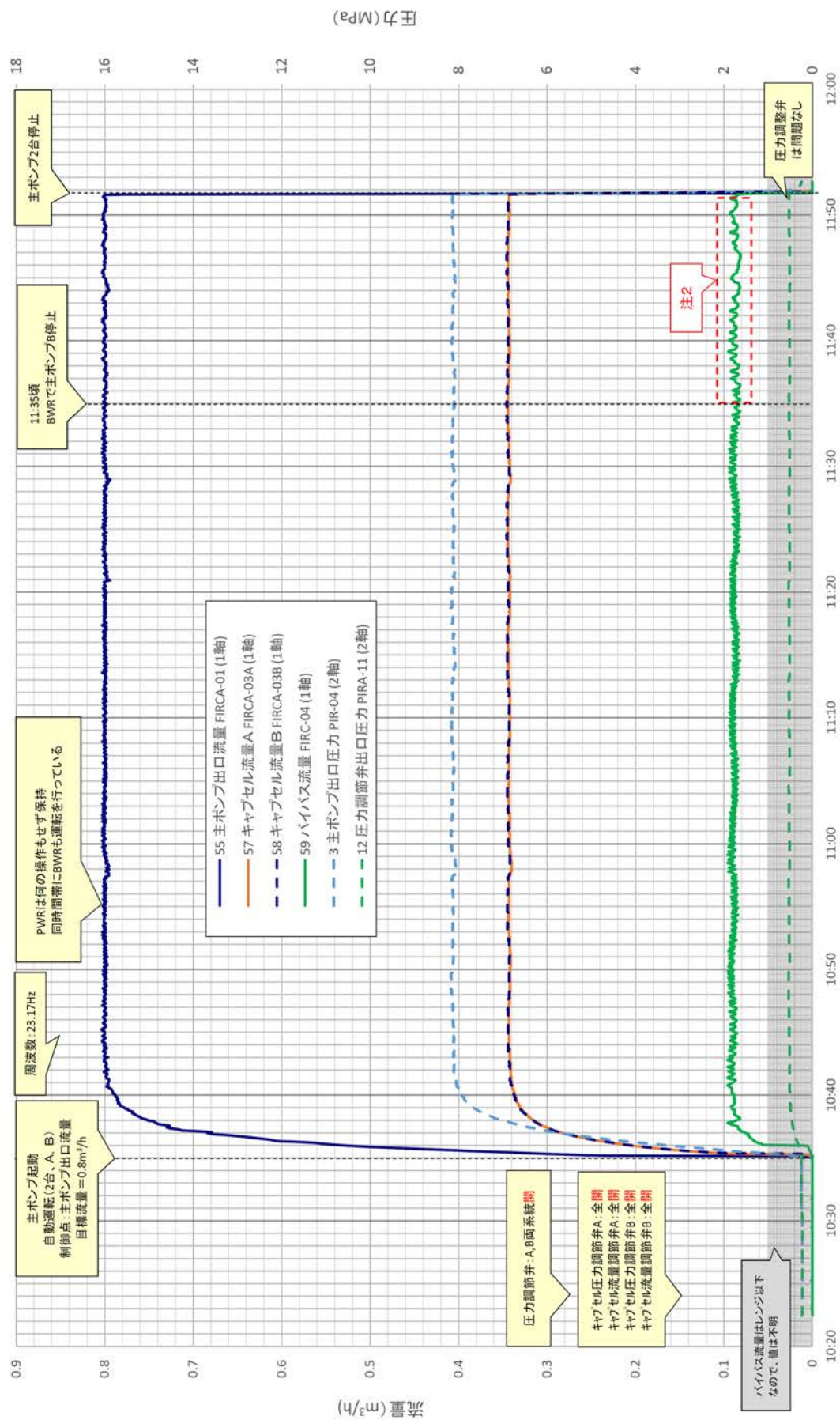


図2 圧力及び流量データ (定格流量で保持、同時間帯にBWRの試験あり)

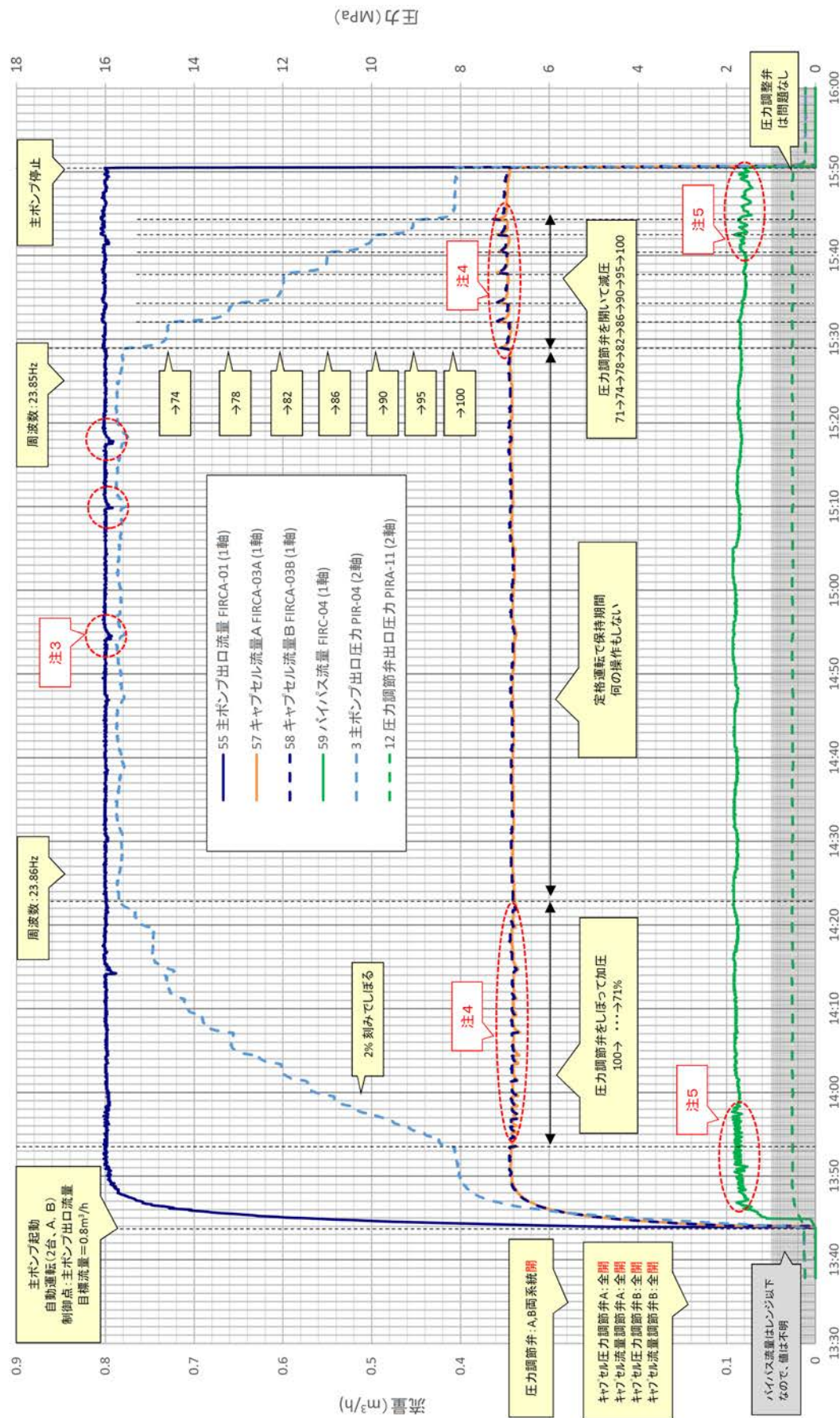


図3 圧力及び流量データ (定格運転で約1時間保持、同時時間帯にBWRも定格運転)

試験 No. : PWR-⑧

軽水炉実機水環境模擬照射装置の精製運転・性能試験のまとめ

試験日：平成 28 年 12 月 26 日（月）

1. 試験概要

12 月 18 日から第一種圧力容器が休止期間になったため、キャプセル系統に通水することができなくなった。12 月 9 日の試験で行ったキャプセル系統に通水しない運転条件を基に、休止期間中の精製運転を行い、その運転状態（圧力、流量等）に問題がないことの確認を行った。また、サンプリングラインへ通水を行い、水質分析計ラック（2）の水質データの確認を行った。

2. 試験内容

本試験では、キャプセル圧力調節弁（AV-02A、02B）を全閉、キャプセル圧力流量弁（AV-03A、03B）を全閉、バイパス流量調節弁（AV-04）を全開、圧力調整弁を A と B の両系統を全開としてラインを構成した。自動運転で主ポンプ A の流量を 0.4 m³/h とし、系統の圧力、流量等のデータを取得した。試験後半は、サンプリングラインへ通水を行い、水質分析計ラックの各種データを取得した。なお、圧力調節弁は手動で全開として制御は行わなかった。試験条件を以下に示す。

2.1 試験条件

(1) 運転条件

制御方法	主ポンプ	自動（制御点：主ポンプ出口流量）
	圧力調節系	手動（全開）
	キャプセル系統	手動（全閉）
流量	主ポンプ出口流量	0.4 m ³ /h
	キャプセル系統	通水なし
圧力	圧力調節系	8 MPa 以下

(2) ライン構成（使用機器等）

主ポンプ	A（1 台運転）
圧力調節系	A、B（両系統を開く）
キャプセル系統	A、B（両系統）とも全閉
イオン交換塔	A 系
サージタンク	接続なし
サンプリングライン	通水あり
He バブリング	バブリングあり

3. 試験結果

3.1 試験データ

休止期間中の常温精製運転を行った時の運転状態（圧力、流量）の試験データ及び水質データは以下の通りである。

- (1) 運転データ：主ポンプ A、圧力調節弁 A、B 両系統全開、サンプリグライン通水なし

周波数 (Hz)	主ポンプ 出口流量 (m ³ /h)	バイパス流量 (m ³ /h)	主ポンプ出口圧力 (MPa)	圧力調節弁 A 入口圧力 (MPa)
20.61	0.40	0.366	1.89	1.80

周波数 (Hz)	キャプセル A 系統			キャプセル B 系統		
	入口圧力 (MPa)	出口圧力 (MPa)	流量 (m ³ /h)	入口圧力 (MPa)	出口圧力 (MPa)	流量 (m ³ /h)
20.61	0.129	0.128	0	0.134	0.132	0

※上記の値は、約 50 分間（安定期間）の平均値

- (2) 水質データ

	試験開始時	試験終了時
イオン交換塔出口電導度 (μS/m)	200.0	5.5
水調調整タンクライン電導度 (μS/m)	100.8	6.0
水質調整タンク IX2 出口電導度 (μS/m)	74.3	5.3
水質調整タンク溶存酸素濃度 (ppb)	47.8	12.2
サンプリグライン電導度 (μS/m)	0.3 ^{*1}	160.5 ^{*1}
サンプリグライン溶存酸素濃度 (ppb)	7440 ^{*1}	2290 ^{*1}

*1：指示不良

3.2 試験結果グラフ

- (1) 図 1 運転履歴

3.3 考察

- (1) 運転履歴

図 1 及び試験データ 3.1 項に、キャプセル系統に通水しない状態の常温精製運転データ（圧力、流量、水質）を示す。

午前は、主ポンプ出口流量 0.4 m³/h の自動運転で約 1 時間運転して、流量 0.40 m³/h、主ポンプ出口圧力 1.89 MPa と安定した運転が行われた。また、キャプセル系統（加熱器を含む）は圧力 0.13 MPa と上昇が見られず、流量も 0 m³/h であった。ただし、サンプリグラインの溶存酸素が変化（注 2）しているが通水していないため、原因不明である。

午後は、サンプリグラインに通水した状態において、主ポンプ出口流量 0.4 m³/h の自動

運転を約 2.5 時間実施した。コンフローの開度を 0% から 80% まで変更してサンプリングラインに通水した時、圧力、流量とも一時的に低下した。その後、主ポンプ出口流量は自動制御動作により回復したが、キャプセルバイパス流量が $0.366 \text{ m}^3/\text{h}$ から $0.434 \text{ m}^3/\text{h}$ に、圧力も 1.91 MPa から 2.54 MPa まで上昇した。さらにコンフローの開度を 80% から 85% に変更した時、キャプセルバイパス流量が $0.397 \text{ m}^3/\text{h}$ に、圧力が 2.19 MPa に低下した。その後、この状態を保持したが、試験終了前に AV-11 を閉じたことによりキャプセルバイパス流量が $0.397 \text{ m}^3/\text{h}$ から $0.457 \text{ m}^3/\text{h}$ に、圧力が 2.19 MPa から 2.75 MPa までともに上昇した。キャプセルバイパス流量の増加分 ($0.06 \text{ m}^3/\text{h}$)、サンプリングラインに流れていたと考える。

サンプリングラインへ通水した時にキャプセルバイパス流量は低下すると考えられるが、反して流量が増加している。原因は、主ポンプ出口流量の指示が低下して制御動作により流量を回復したからである。主ポンプ出口流量が低下した原因は明確でないが、サンプリングラインへの通水により主ポンプ出口流量の測定に悪影響を及ぼしたからだと考えられる。なお、この間流量制御目標値が $0.4 \text{ m}^3/\text{h}$ と同じにもかかわらず、主ポンプ周波数は 22.68Hz から 25.9Hz まで増加したことからもわかる。

これにより、キャプセルバイパス流量、圧力が上昇したが、キャプセル系統（加熱器を含む）は、圧力上昇もなく、バルブ（AV-02A、AV-02B、AV-03A、AV-03B）の閉め切り状態は良好であり、キャプセルへの通水はなかった。

(2) 水質調整タンク精製ラインの水質データ

電導度は、主ポンプを起動後に徐々に低下して運転終了時は $10 \mu\text{S}/\text{m}$ 以下であった。

溶存酸素濃度は、ヘリウムガスバブリング後に徐々に低下して約 3.5 時間のバブリングにより約 50ppb から 12ppb まで低下した。

pH は、全期間ほぼ一定の値に保たれている。

これらのデータで、水質調整タンク精製ライン内の水が精製されたのが確認できる。

(3) サンプリングラインの水質データ

サンプリングラインへの通水を行ったが、水質データは正常な値を示さなかった。原因は水質計の故障又はサンプリングラインに規定の流量が流れていないこと（圧力が 15 MPa に比べて低い）が考えられる。水質計の故障についてはエア抜きの時、溶存酸素と電導度の値が一時的に変化しているため、故障の可能性は低いと考えられるが調査は必要である。

サンプリングラインの流量については、FI-103 の指示が不良（振り切れ）であるため、水質分析ラック（2）への流量（FI-103）を調整した。流量の調整は HV-35 を絞ることにより行ったが、一時的に減圧装置の圧力（PIRCA-16）が上昇した。原因としては配管内のエア等が考えられるため、水質分析ラック内配管のエア抜きを行った。エア抜きはラインがなく、流量計の上部継ぎ手を外して行ったため、十分なエア抜きが行われたか確認できなかった。何回か流量調整を行ったが、水質計の指示値は正常に復帰しなかった。原因については、今後調査する必要がある。

図 1・注 1：エア抜きを行っても、電導度の値に改善がみられない。

図 1・注 2：サンプリングラインに流れが無い時に、溶存酸素が変化している。

図 1-注 3 : エア抜きを行っても、溶存酸素計の値に改善がみられない。

図 1-注 4 : pH の値は、まったく変化しない。

以上

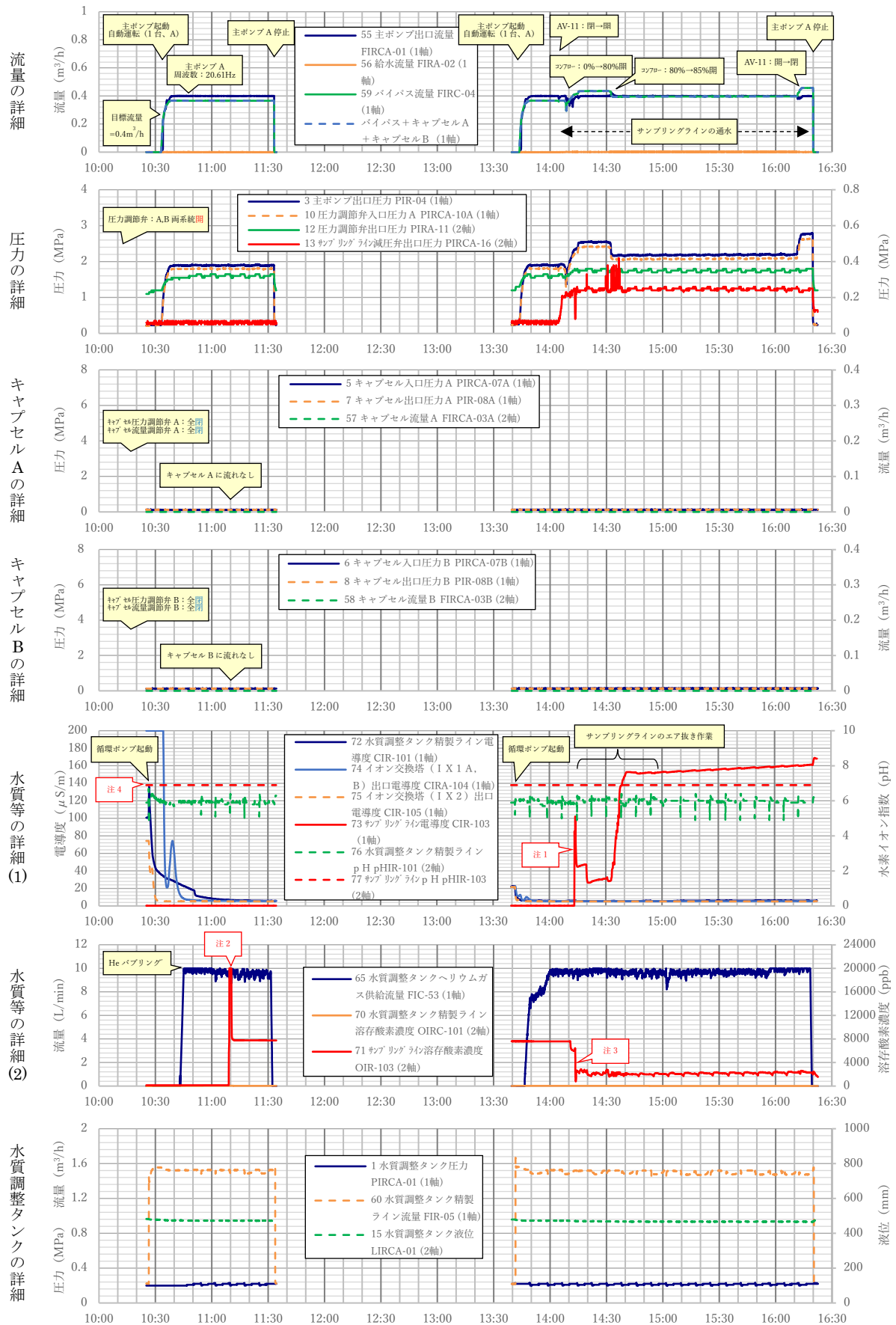


図1 運転履歴

This is a blank page.

