

T  
SN260 79-05

配布限定

分置

本資料は 年 月 日付で登録区分、  
変更する。

2001. 7. 31

〔技術情報室〕

## 海外出張報告書

PNC - DEBENE - CEA 協力協定  
Item2 “大気中およびNa中の構造材料試験”に関する  
第3回専門家会議

1979年 6 月

動力炉・核燃料開発事業団  
高速増殖炉開発本部

この資料は動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だ

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49  
核燃料サイクル開発機構  
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:  
Technical Cooperation Section,  
Technology Management Division,  
Japan Nuclear Cycle Development Institute  
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184  
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

## まえがき

1976年4月，高速炉に関する日独（PNC-DEBENE）協定締結に伴って，Item 2 “大気中およびNa中の構造材料試験”に関する第1回専門家会議が東京で開催された。

その後，双方の試験計画，試験施設等に関する情報交換，および，TNO（オランダ，アペルドーン）で開催されたItem 2に関する専門家会議等を通じて，“大気中およびNa中の構造材料試験”に関する日独協力は大きく前進した。

いっぽう，1978年5月，従来の日独協定が，フランスの加入によって，日独仏（PNC-DEBENE-CEA）協力協定に変更された。今回，CEAが参加した新体制のもとでのItem 2 “大気中およびNa中の構造材料試験”に関する協力方法を討議するため，厚母栄夫，江端誠の両名がKfK（ドイツ）を訪問した。

本報告書は，PNC-DEBENE-CEA協力協定，Item 2の第3回専門家会議の議事録，合意文書等，および会議後訪問した施設の見学討議報告より成る。

また，PNCとJRC(Ispra)の衝撃引張試験に関する共同研究の予備討議のため，江端がJRC(Ispra)を訪問したので，それについても報告する。

高速増殖炉開発本部

厚母栄夫

江端 誠

## 目 次

### まえがき

#### I. PNC-DEBNE-CEA協力協定

Item 2 "大気中およびNa中の構造材料試験"に関する第3回専門家会議議事録… 1

#### II. PNC-DEBENE-CEA協力協定

Item 2 "大気中およびNa中の構造材料試験"に関する第3回専門家会議

における所感…………… 15

III. KFK訪問…………… 18

IV. ECN訪問…………… 20

V. TNO訪問…………… 24

VI. INTERATOM社訪問…………… 27

VII. JRC(Ispra)訪問…………… 28

別添資料1. PNC-DEBENE-CEA協力協定 47

Item 2 "大気中およびNa中の構造材料試験"

に関する第3回専門家会議合意文書

# I. PNC—DEBENE—CEA協力協定

## Item 2 “大気中およびNa中の構造材料試験”に関する 第3回 専門家会議

### 議事録

#### 1. 日時

昭和54年5月8日～9日

#### 2. 場所

KFK, Karlsruhe, ドイツ

#### 3. 出席者

PNC : 厚母栄夫, 江端 誠, 今津 彰

CEA : Calvet, Tavassoli, Ardellier

INTERATOM : Grosser, Breitling, Huthmann\*

KFK : Anderko, Brogstedt, Gross, Habermann, Shirra,  
Schmitt\*

SCK : Casteels, Tas

ECN : van der Schaaf\*

TNO : Braun, Husslage, van de Velde

\* : 部分出席

#### 4. 目的

CEAが参加した新体制のもとでの Item 2 “大気中およびNa 中の構造材料試験”  
に関する協力方法を検討する。

5. 従来の経緯

1976年 DEBENE-PNC 協力協定締結

1976年4月5日～8日 Item 2 “大気中およびNa中の構造材料試験”  
に関する第1回専門家会議開催（PNC）

1977年5月24日～26日 Item 2 第2回専門家会議（TNO）

1978年5月26日 PNC-DEBENE-CEA 協力協定発効

## [Session 1] 大気中構造材料試験

1. 日 時 昭和 54 年 5 月 8 日 (火) 10:00 ~ 12:30

2. 場 所 KFK, Karlsruhe, ドイツ

3. 出席者

PNC : 厚母栄夫, 江端 誠, 今津 彰

CEA : Calvet, Tavassoli, Ardellier

INTERATOM : Grosser, Breitling

KFK : Brogstedt, Gross, Habermann, Shirra, Schmitt

SCK : Casteels, Tas

ECN : van der Schaaf

TON : Hüsslage, van de Velde

4. 配布資料

- (1) DEBENE - in air tests of structural materials Survey paper  
(DEBENE) (18 pages)
- (2) I. Structural Material Test (PNC) (17 pages)
- (3) Guideline for In-air Structural Material Test Step II Program  
(PNC) (2 pages)
- (4) Basic Data Test Program (Step II) (5 page)
- (5) In-air Structural Material Test Step II Test Program  
4. Various Effect Tests (PNC) (13 pages)
- (6) Quality Evaluation of Welds on Structural Materials for Fast  
Breeder Reactor ABSTRACT and CONTENTS (PNC) (2 pages)
- (7) Survey of 21/4 Cr-1 Mo Ni Nb Investigations (DEBENE) (1 page)
- (8) Effect of Biaxial Loading and Geometry on Prediction of  
Low Cycle Fatigue Life (DEBENE) (10 pages)

## 5. 議 事

### 5.1 試験研究実績および計画の紹介

#### (1) DEBENE

Breitling氏(INTERATOM)から、配布資料(1)を用いて、TNO, KFK, INTERATOMにおける大気中構造材料試験の実績・計画の概要が報告された。

その中で、特に注目すべきことを列挙すれば以下のとおりである。

- クリープ疲労試験をかなり精力的に実施している。  
データの一部は、今年8月にベルリンで開催される第5回スマイルト会議で発表されるとのことである。また、600min保持の試験が計画されている。
- 材料のヒート毎のバラツキを重点的に考えているようで、同一鋼種でヒートの異なる7-8種類の材料を試験している場合もある。
- 時効効果に関する試験研究をかなり精力的に実施している。
- 高サイクル疲労試験を実施している。

大気中における構造材料試験については、PNCの実績、試験計画と比較して、ほぼ同じ認識のもとで、ほぼ同一の試験項目について実施しているようである。

#### (2) PNC

江端から配布資料(2)を用いて、大気中構造材料試験計画の概要が、配布資料(3), (4)および(5)を用いて、1979~1980年の試験計画の概要が報告された。また、配布資料(6)を用いて溶接施工および非破壊試験に関するPNCの動向が紹介された。

#### (3) CEA

Tavassoli氏から、オーバーヘッドプロジェクトを用いて(記述・フランス語)、フランスにおける大気中構造材料試験計画の概要が報告された。オーバーヘッドプロジェクトで示された内容については、後日、英訳して送付されることが要請され、承諾された。

フランスにおける大気中構造材料試験はPNC, DEBENEのそれ等と比較すると、実施規模が非常に小さいことが明らかとなつた。

対象材料はAISI 304LおよびAISI 316L SPH相当材である。

### 5.2 討議内容

試験研究実績・計画の紹介に引き続き、それ等についての質疑応答が行なわれた。そ

の中でも、特に、クリープ疲労試験、溶接継手の低サイクル疲労試験、試験材料のヒート数、試験材料の材料仕様、等に質疑が集中した。

(1) 溶接継手の試験方法について

PNCから、CEA、DEBENEにおいて、ひずみ制御型の溶接継手に関する試験（低サイクル疲労試験など）については、どんな工夫がなされているかとの質問があった。これに対するDEBENE側の返答は特に何も考えていないが、重要なR&Dの課題だと認識しているとのことだった。また、CEA側は、同じ試験機を2台並べて、同一試験条件で、一台で母材、もう一台で継手試験片の低サイクル疲労試験を同時に実施する方法を試みたことがあるとのことだった。

CEA側の上記の試験報告書が提出されることになった。

(2) クリープ疲労試験

長時間ひずみ保持のクリープ疲労試験にCEA、DEBENE、PNCの興味が集中した。特に600分保持のクリープ疲労試験については、近い将来実施されることが確認された上で、お互いに試験材料は異なるものの、ひずみ保持効果という観点から、交換対象とすることが望ましいということで意見が一致した。

なお、DEBENEとCEAの間では、本会議以前から、この分野について協力がすすめられているとのことであった。

(3) 溶接施工試験・非破壊試験

PNCからの標記に関する発表に基づいて、CEA、DEBENE側の溶接施工試験・非破壊試験のR&Dの動向について質問があったが、専門分野が違うという理由で明確な返答はなされなかった。ただ、オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の超音波探傷試験については、DEBENE、特にドイツで基礎的なR&Dが実施されているとのことだった。

(4) 試験材料のヒート数について

DEBENEから、PNCにおける試験材料のヒート数についての質問があった。これに対してPNCでは、当面“もんじゅ”候補材を最優先と考えており、板材、鍛造材、管材等の製品毎に試験を実施しており、製品の中ではヒートを変えていないと返答された。

(5) 試験材料の材料仕様

試験材料の材料仕様について情報交換がなされた。D E B E N E では、特に中性子照射脆性の観点から、D I N 1 4 9 4 8 ( A I S I 3 0 4 相当材 ) の B 含量を 0 . 0 0 2 5 以下に制限しているとのことであった。

(6) 2 1 / 4 C r - 1 M o 鋼の試験状況について

P N C から D E B E N E における 2 1 / 4 C r - 1 M o 安定化鋼の試験状況について質問があった。これに対して、H u s s l a g e 氏から、資料を用意して提供するとの返答があつた。

## [Session 2] Na 中構造材料試験

### 1. 日 時

昭和 54 年 5 月 8 日 (火) 14:00 ~ 16:30

### 2. 場 所

KFK, Karlsruhe, ドイツ

### 3. 出 席 者

PNC : 厚母栄夫, 江端 誠, 今津 彰

CEA : Ardellier, Calvet, Tavassoli

INTERATOM : Grosser, Huthmann

KFK : Borgstedt, Gross, Schirra

SCK : Casteels, Tas

TNO : Husslage, van de Velde

### 4. 配 布 資 料

(1) In-sodium tests in DeBeNe laboratories (DEBENE) (20 pages)

(2) In-sodium Tests on Materials in PNC Facilities (PNC) (8 pages)

### 5. 議 事

#### 5.1 試験研究実績および計画の紹介

##### (1) DEBENE

Borgsedit 氏 (KFK) から、配布資料(1)を用いて、DEBENE (KFK, TNO, INTERATOM, SCK) における Na 中構造材料試験の試験計画、試験施設、試験結果概要が紹介された。Na 中におけるクリープ強度は大気中の値より若干低下し、疲労強度は、大気中の値と比較してほとんど変化しないことが示された。Na 中における低サイクル疲労試験結果のとりまとめは来年ぐらいたくできる予定であるとのことであった。

## (2) P N C

厚母から配布資料(2)を用いて、P N Cにおけるナトリウム環境効果試験の現状が紹介された。すなわち、P N Cにおいては従来、Na 浸漬後試験を主体に実施してきたが、大洗工学センターにNa 中試験が実施できる施設が完成したので、今後、精力的にNa 中試験も実施していく予定であることが紹介された。

## (3) C E A

Ardellier 氏から、オーバーヘッドプロジェクターを用いて、C E AにおけるNa 中構造材料試験の現状が報告された。わずか5分間ほどの短い発表であり、C E Aにおいてはナトリウム中における疲労試験のみを行なっており、クリープ試験は実施していないとのことであった。

## 5.2 討議内容

試験研究実績・計画の紹介に引き続き、質疑応答が行なわれた。要点を列挙すれば以下のとおりである。

### (1) C E A の発表内容の確認と補足

C E A側の発表が非常に短く理解できない点もあったので、P N CからC E Aに試験施設、試験の現状等について質問があった。

それについてのC E A側の返答は以下のとおりであった。

(i) C E AにおいてはNa 環境効果試験を非常に小規模にしか実施しておらず、

D E B E N E のR & D成果に期待している。

(ii) Na 中疲労試験におけるひずみ波形は、現在はサインウェーブで行なっている。

近い将来、Na 中疲労試験施設を設ける計画があり、そこでひずみ波形は三角波にする。

また、Ardellier 氏がオーバーヘッドプロジェクターを使用して、発表に用いた資料(フランス語)を英訳して提出するよう依頼があり了承された。さらにP N C側からC E AのNa 中試験施設を知らせて欲しいとの要請がなされ、C E Aで資料を用意することになった。

### (2) Na 浸漬後構造材料試験について

D E B E N E , C E Aから、P N Cで実施しているNa 浸漬後試験について質問があった。D E B E N E , C E Aの見解は、Na 浸漬後試験では、Na 環境効果を正確

IC評価できないとするものである。

これに対してPNCから、浸漬後試験とともに、Na中試験を行ない相関関係を見出すことにより、浸漬後試験は意義ある簡便な試験手段となる旨説明された。

続いて、Na浸漬後試験結果とNa中試験結果との相関性について、DEBENE側から質問があり、これについては、PNCが帰国後、関係者と相談した上で返答することになった。

(3) C-monitor-foilを用いたPNCの試験結果について

標記については、Item 2の第2回専門家会議の合意に基づいて、PNOで実施されたものであるDEBENE側から、試験結果を知らせて欲しい旨PNCに要請があり了承された。

(4) 今後の協力について

CEA, DEBENE, PNCとも、今後Na中の構造材料試験について協力を推進することで合意した。特にNa中におけるクリープ試験については、大気中試験結果と比較して若干低下する傾向があるとの共通の認識から強力に協力を推進することが確認された。

また、構造材料のNa環境効果に関する専門家会議を来年秋に開催することが合意された。

## [Session 3] 構造材料における照射効果

### 1. 日 時

昭和 54 年 5 月 9 日 (水) 10:00 ~ 12:30

### 2. 場 所

KFK, Karlsruhe, ドイツ

### 3. 出 席 者

PNC ; 厚母栄夫, 江端 誠, 今津 彰

CEA ; Calvet, Tavassoli, Ardellier

INTERATOM ; Grosser, Breitling,

KS K ; Anderko, Borgstedt, Gross, Habermann, Schmitt

SCK ; Casteels, Tas

ECON ; van der Schaaf

TNO ; Braun, van de Velde

### 4. 配布資料

(1) The Effect of Irradiation on Structural Materials (DEBENE) (5 pages)

(2) Post-irradiation examination on structural materials and welded joints for fast reactor

2. long term strength (PNC) (51 pages)

(3) Irradiation Test Program for Structural Materials (Plan) (PNC), (4 pages)

(4) Neutron Irradiation Effect (PNC) (6 pages)

(5) Materials Monitoring Facility (PNC) (4 pages)

## 5. 議 事

### 5.1 試験研究実績および計画の紹介

#### (1) DEBENE

van der Schaaf 氏(ECN)から配布資料(1)およびスライドを用いて、DEBENE(主にECN,一部のみKFK)における構造材料の照射効果に関する研究開発の概要と、今までに得られている主な結果が報告された。その要点を列挙すれば以下のとおりである。

- ・ 試験材料はDIN 1,4948(AISI 304相当材)母材および溶接継手、試験温度は450°, 550°C, 照射量は $10^{19} \sim 5 \times 10^{20}$  n/cm<sup>2</sup> ( $E > 0.1$  MeV) である。
- ・ DEBENEにおける構造材料におよぼす照射効果の影響に関する試験研究は、監督官庁(TÜV)からの要求によって開始された。
- ・ 第1期の試験として1975年から1978まで実施した。試験内容は、引張試験、クリープ試験、疲労試験およびクリープ疲労試験であり、試験片総数は約700本である。
- ・ 第2期試験を1978から1981年にかけて実施中である。試験規模としては、第1期試験とほぼ同様である。試験項目としては、第1期試験で行った試験の他に、破壊靱性試験、引張性質におよぼす疲労、クリープの影響を把握するための試験、およびヒートの異なる材料のクリープ試験などがある。
- ・ 照射脆化の主な原因是、ヘリウムの生成によるものである。

#### (2) PNC

江端から、配布資料(3)を用いてPNCにおける構造材料の照射効果に関する試験研究の実績と計画の概要が、配布資料(2)を用いてMMFで得られた照射後クリープ試験結果の概要が報告された。また、配布資料(4)を用いて設計基準(暫定案)における照射効果の考え方が、配布資料(5)を用いてMMFの施設の概要が報告された。

#### (3) CEA

Tavassoli氏からオーバーヘッドプロジェクターを用いて、CEAにおける照射効

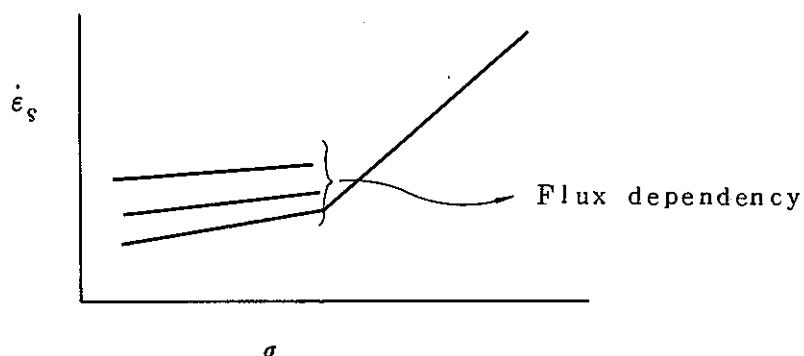
果についての試験研究概要が報告された。要点を列挙すれば以下のとおりである。

- ・ 3～4年前までは、構造材料の照射試験はほとんど実施されていなかった。その後、DEBENEからの情報によって、構造材料にとって照射効果は重大であると認識するにいたり、若干の試験研究が計画されるようになった。しかし、この分野に関しては、DEBENEの試験研究成果を大いに期待しているのが現状である。
- ・ 照射量としては  $10^{21} \text{ n/cm}^2$  ( $M > 0.1 \text{ MeV}$ ) が重要であると考えている。また、材料は、AISI 304L相当材(試験温度: 400°C)およびAISI 316L SPH相当材(試験温度: 550°C)である。また、試験項目としては引張試験、クリープ試験、リラクセーション試験および疲労試験などがある。

## 5.2 討議内容

### (1) インパイルクリープ試験について

DEBENE, CEA が PNC におけるインパイルクリープ試験に非常に強い関心を示し、試験条件の詳細について質問した。DEBENE から、クリープ試験において負荷応力が高すぎるとクリープ速度にフラックスの影響があらわれず、また、低応力側と勾配が異なる(下図参照)ので、負荷応力は低くすべきであるとのコメントがあった。



PNC から DEBENE, CEA にインパイル試験について質問したが、DEBENE, CEA とも、照射後試験のみでインパイル試験は、実施も計画もないとのことであった。

## (2) スペクトラムについて

DEBENEから、構造材料の照射効果は熱中性子照射によるヘリウム生成によって最も顕著になるとの観点から、PNCからの配布資料(2)における熱中性子照射量について質問があった。これについては、帰国後調査して、DEBENEに情報を送付することになった。

## (3) 照射後クリープ試験における試験時間について

DEBENEから、PNCでは、何故、照射後クリープ試験における試験時間を3000時間までとしているのかとの質問があった。PNCから、照射後クリープ試験において試験時間が長くなると材料が高温長時間の加熱により回復する傾向があり（下図1参照）、クリープにおよぼす照射の影響を長時間側では正確に評価できない恐れがあるとの返答があったのに対し、DEBENEから、DEBENEにおけるデータは、回復の傾向はなく、10000時間以上経過しても、短時間例と同程度の応力低下がある（下図2参照）との返答があった。

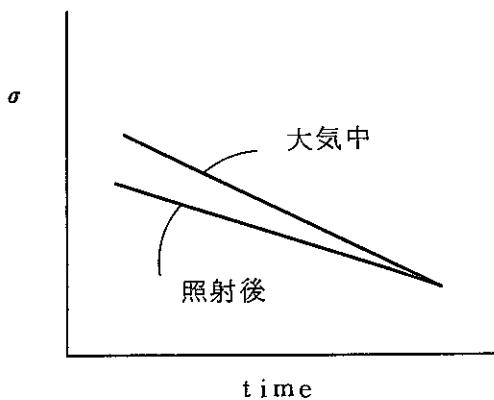


図1 PNC

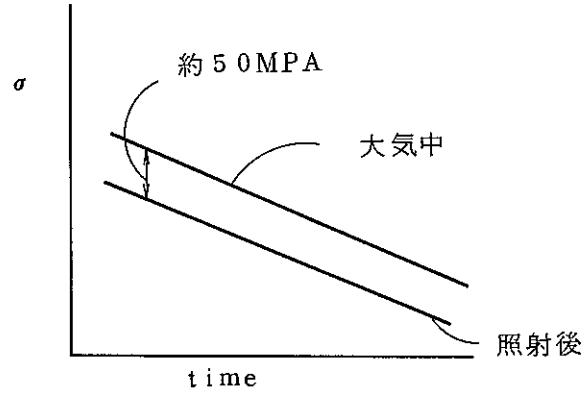


図2 DEBENE

## (4) 中性子照射効果に関する設計基準について

PNCから、中性子照射効果に関する設計基準について質問があった。特に、DEBENEでは試験研究の結果として、クリープ強度には非常に低い照射量から照射効果を考慮する必要があるとの結果を得ているのであるが、それに対するSNR-300の設計の見直しは行なわれているのかとの質問がされた。これに対して、Grosser氏(INTERATOM)から、元来、DEBENEにおける照射効果に関する試

験は監督官庁（TÜV）からの要求によって開始されたものであり、監督官庁も照射後クリープ試験における強度の低下についてすでに承知しているが、SNR-300の設計変更は今のところは何ら実施しておらず、また、中性子照射効果に関する設計基準の作成にも着手していない、今後、中性子照射効果に関しての基準作成に着手したら、この種の情報をPNCへ提供するとの返答があった。

(5) 今後の協力について

構造材料の照射効果に関しては、従来Item 2のスコープ外であり、今回がその最初の機会であったが、CEA, DEBENE, PNCとも、非常に有益であったとの判断から、将来のこの分野における協力が合意された。

## II. PNC—DEBENE—CEA協力協定

### Item 2 “大気中およびNa中の構造材料試験”に関する 第3回専門家会議における所感

本会議は、従来の Item 2 に関する専門家会議とは異なり、 CEA が参加した新体制のもとの最初の Item 2 に関する専門家会議であった。それだけに従来の 2 度にわたる Item 2 専門家会議とは趣の異なるところがあった。それ等について若干の所感を述べる。

#### 1) 構造材料試験に関する CEA の試験研究状況について

CEA における構造材料試験の実施状況は、本会議の発表および会議後の情報交換から判断するかぎり、それほど活発なものはない。上記は、大気中、ナトリウム中および照射効果試験のいずれにもあてはまる。研究開発の大部分は、DEBENE に大きく頼っているようであった。特に、ナトリウム中試験、照射効果試験に関してその傾向が大きいようであった。INTERATOM の Gilles 氏は CEA においては、経験重点主義であるとはつきり述べていた。添付資料 II-1 に、フランスにおける大気中構造材料試験用試験機の台数を示す。

#### 2) PNC—DEBENE—CEA 協力協定について

CEA—DEBENE では、かなり相互に協力を推進しているようである。CEA 側の発表で、DEBENE に依存している旨の発言がしばしば聞かれた。また、討議においても、CEA—DEBENE 間の質問はほとんどなく、一方的に双方から PNC に質問がむけられ、限られた時間での討議では明らかに PNC に不利であった。三国間協力協定とは言いながら、実際には二国間協力協定の感があり、はなはだ困惑したしたいである。

#### 3) Item 2 “大気中およびNa中の構造材料試験”に関する第1回および第2回専門家会議と本会議の関連について

Item 2 に関する第1回、第2回専門家会議において、大気中およびNa中の構造材料試験の詳細およびデータ交換方法等の詳細についても討議された。

今回は、CEA が参加した新体制のもとの専門家会議ということもあり、詳細な技術論、方法論よりもむしろ、三国間で興味を持っており、かつ、協力協定で取扱ったほうが好ましいと判断される研究開発テーマを確認し合うことに主力が注がれた。その限りでは、必ずしも前回までの専門家会議の合意にもとづいて、今回の専門家会議がすすめられたわけではない。

PNCの出席者は、本会議に先立って“照射環境効果は Item 2 に含まれていない”との判断から、照射環境効果については今回限りの技術的な詳細検討を想定して本会議に臨んだが、むしろ照射環境効果に関する研究開発の現状確認に始終した。

DEBENE, CEA 側は、1978 年 5 月に締結された PNC - DEBENE - CEA 三国間協定に照射効果が含まれていることを示し、Item 2 に照射環境効果がすでに含まれているとの見解で議事を進行した。

上記のように若干の認識の相違はあったものの、今後、照射環境効果について協力を推進していくことは、お互いに有益であると判断された。

また、前回専門家会議までに検討されたデータ交換方法等の詳細も、今回の合意に基づいて決められるであろう研究開発テーマに関する協力を推進していく過程で、有效地に用いられるものと考えられる。

添付資料II-1

フランスにおける大気中構造材料試験用  
試験機の台数

	C E A	EDF + C.L
引張試験機	3	2
クリープ試験機	75	約75
疲労(クリープ疲労)試験機	4	4
リラクセーション試験機	4	4
内圧クリープ試験機	3	4

C.L : Creusot - Loire

E.D.F : Electricité de France

France 国内におけるファブリケーターは、大気中構造材料試験  
に関与していない。

### III. K f K 訪問

1. 日 時 昭和 54 年 5 月 9 日 ( 火 )

2. 場 所 Karlsruhe Nuclear Research Center  
D - 7500 Karlsruhe 1  
Federal Republic of Germany

3. 訪問者 厚母栄夫, 江端誠

4. 面会者 H U. Borgstedt

PNC/DeBeNe/CEA の Item2 に関する専門家会議が 5 月 8 ~ 9 日にカールスルーエ原子力研究センターで実施されるので、その際に材料強度試験施設の見学希望を提案してあった。

先方からの返事で最終日 ( 5 月 9 日 ) の会議終了後に計画したことであった。

5 月 9 日は Item 2 の conclusion の検討、合意などに長時間を要したため、約 1 時間で見学をすませた。したがって、ナトリウム関係の施設のみを見学した。

カールスルーエ研究所は構造材料強度に及ぼすナトリウム効果をつかみ、これらを設計に適用するための努力を実施中である。このための新建屋が昨年完成し、この中にナトリウム試験施備を製作中であり、当日現在完成し、試験運転中であった。ナトリウムループに接続したクリープ疲れ試験機 2 台はいづれも M T S 社製であった。ナトリウムループの配管の引廻しは整然としていた。既に別室にクリープ疲れ試験機を接続し、ナトリウム循環試験に入っていた。一方、疲れ試験機は計装関係のチェックに入っていた。

クリープ試験機 2 台も、既にナトリウムループにセットされナトリウム循環試験中であった。

帰途、Mr. Habermann の Office に立寄ったが、Mr. Borgstedt および Mr. Gross ( 事務屋 ) を交えて今后の日独仏協力関係におけるフランスの立場について free discussion を行なった。

Mr. Habermann は立場上は協定通りに実施すべきであることを強調していたが、個人的には多少の意見があるようであった。次の PNC/DeBeNe/CEA Steering Committee

( 1 9 7 9 . 6 . 1 1 ~ 1 5 東京で開催予定 ) で論議することもありうると云っている。

仮 ( C E A ) の立場については、われわれも大いに疑問を有っていた点であるが、一挙に解決すると云うよりは、相互の交換を重ねながら徐々に明確化するより仕方がないかと感じている。

## IV. E C N 訪問

1. 日 時 昭和 54 年 5 月 10 日 (木) (12:30 ~ 16:00)

2. 場 所

(1) ECN. (Netherlands Energy Research Foundation)

3, Westerduinweg, Petten, The Netherlands

(2) JRC (High Flux Reactor)

1775 ZG Petten, The Netherlands

3. 訪問者 厚母栄夫, 江端 誠

4. 応待者

ECN: J. D. Elen

(Manager of Metallurgy Section)

van der Schaaf

JRC: Peter von der Hardt (Head, HFR Division)

5. 受領資料

1) M. I. de Vries, v.d Schaaf, H. U. Staal and J. D. Elen "Effects of Neutron Irradiation and Fatigue on Ductility of Stainless Steel DIN 1.4948" October, 1978, ECN-50, ECN (22 pages)

2) H. U. Staal, M. I. de Vries, B. v. d. Schaaf and J. D. Elen "Effects of Neutron Irradiation on the Tensile Properties of the Stainless Steel DIN 1.4948" August, 1978, ECN-43, ECN (55 pages)

3) M. I. de Vries and W.J. Geers "Diametral Low-cycle Fatigue Testing A Comparison on First Experimental Results from Diametral Low-cycle Fatigue Tests with Results from Axial Test" August, 1978, ECN-44, ECN (15 pages)

4) H. U. Staal and J. D. Elen "Crack Closure and Influence of Cycle Ratio R on Fatigue Crack Growth in Type 304 Stainless Steel at Room Temperature" Engineering Fracture Mechanics, vol. 11, p275~283

## 6. 討議内容

### 6.1 ECNおよびJRC(Petten)の概要について

J. D. Elen 氏から、ECNおよびJRC(Petten)の組織の概要について説明があつた。その結果を要約すれば以下のとおりである。

- EC共同体の組織であるJoint Research Centre(EURATOM)とオランダ原子力研究所ECNは同一敷地内に隣接して設置されている。HFR(High Flux Reactor)はJRCに属している。
- JRC(petten)の人員総数は約150人である。このうち、約60人がHFRの運転に従事している。JRC(petten)の主要な業務は、照射用キャブセルの製作と、主にJRC(Ispra)のための照射実験である。
- ECNの人員総数は約850人であり、研究部門と工業部門(Industrial area)に二分されている。研究部門において約80人の人員が材料関係の仕事に従事している。そのうち、25名が照射後試験施設に、35名がMetallurgy Sectionに配属されている。(J. D. Elen氏もvan der Schaaf氏も、Metallurgy Sectionに所属している。)

### 6.2 ECNにおける照射後試験施設について

ECNにおける構造材料試験関係の照射後試験設備について下記のような説明を受けた。

- 引張試験機、シャルピー試験機の他に10台のクリープ試験機、2台のクリープ疲労試験機および1台の破壊靭性試験用試験機がある(図参照)。

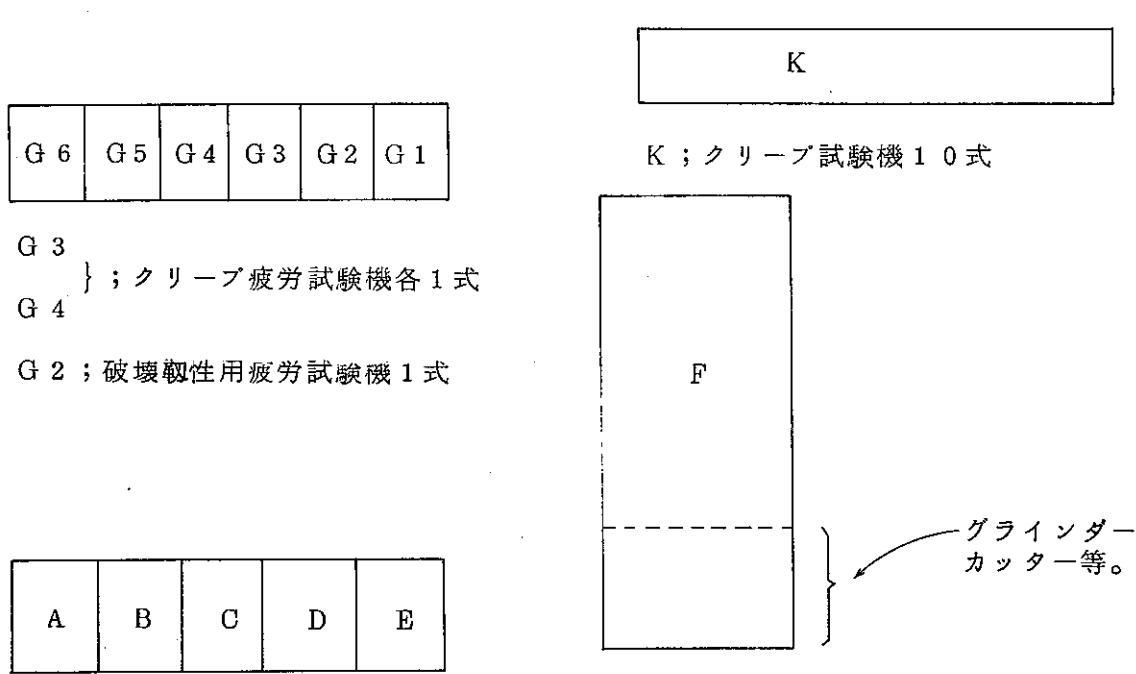
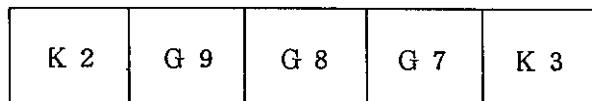


図 ECN の照射後試験施設

- 射照後試験施設増設計画があり、今年から開始し、1983年に完成予定である。増設される試験設備は下図のとおりである。



G 7.G 9 セル：クリープ疲労試験機各 1 式

G 8 セル：引張試験機 1 式

K 2.K 3 セル：クリープ試験機各 3 式

図 ECN における射照後試験施設増設計画

- 照射後試験用試験機の他に、比較試験用としてクリープ疲労試験機 1 台、クリープ試験機 12 台などの大気中試験設備がある。
- 上記の試験施設は、1975年から稼動を開始した。

### 6.3 ECN の照射後試験施設見学

ECN の照射後試験施設に関する説明に引き続き、Elen 氏と van der Schaaf 氏の案内で施設を見学した。特に興味深かったものについて以下に示す。

- 破壊韌性試験用疲労試験機

疲労試験機はインストロン社製である。横置式の電気炉のほぼ中央に窓をあけ、そこに、マイクロスコープとテレビをセットし、切欠先端のクラックの進展が直接測定・観察できるようになっている。なお、クラック進展の測定は、上記方法の他に電気抵抗測定法が採用されており、非常に正確であることである。

#### ○ クリープ試験機

ホットセル内においても、ストローク間のひずみ測定ではなくて、標点間のひずみが測定できるようになっている。ひずみ測定治具としては、イギリス製の市販品とのことである。また、クリープ試験機にはミニコンがセットされており、任意の時間毎に必要な情報が記録できるようになっている。

なお、比較試験用の大気中クリープ試験機（12台）もホットセル内のクリープ試験機と同様のひずみ計・データ記録システムを有していた。

#### 6.4 H F R訪問

VII章で後述するように、現在、疲労損傷を受けた材料の衝撃引張試験に関するJRC-PNC共同研究が具体化しつつある。

JRC-PNC共同研究に関連して、JRC(Petten)に試験施設の一部があるので、JRC(Petten)を訪問して欲しい旨、JRCから予め要請があった。

そこで、厚母、江端の両名はElen氏の案内でJRC(Petten)を訪問した。応待者は、van der Hardt氏である。訪問してから気が付いたのであるが、JRCの言う試験施設とはHFR(High Flux Reactor)のことであり、約30分間にわたりHFRを見学した。

## V. TNO 訪問

1. 日 時 昭和 54 年 5 月 11 日 (金)  
11:00 ~ 16:00
2. 場 所 TNO (Project group for Nuclear Energy)  
Laan van Westenenk 501, PoBox 370  
Apeldoorn, The Netherlands
3. 訪問者 厚母栄夫, 今津彰 (オランダに長期出張中)
4. 面会者 A.R. Braun, Schinkel (一部のみ)  
V.d. Velde
- 予め Mr. Braun には 5 月 11 日に TNO-MI (Apeldoorn) を訪問し, 以下のような各項目について討論したいと申入れてあった。
- (1) Item 1 (structural Components Test) の今後の進め方について
  - (2) 1979.5 ~ 1980.4 まで 1 年間, 長期出張し, TNO-IWEKO (Delft) で研究活動をする今津氏の業務について
  - (3) Item 1 の現状確認。

以下に詳しく述べる。

### (1) Item 1 について

5 月 11 日に Mr. Schinkel と会い, 今津氏と 3 名で, TNO, Apeldoorn に向ったが, 当日はあいにく Mr. Schinkel が別な会議に出席のため, 往きの車内で Item 1 の相談をしたいとの申出のため, 止むなく合意せざるを得なかった。

車内の Mr. Schinkel の話をまとめると以上の通りである。

#### (i) エルボ試験

PNC の分担試験は予定通り進行中であり, Step 1 計画は順調である。DeBeNe 側は Step 2 計画については, 西独 Interatom 社と IWEKO との間で意見を調整せねばならない。

#### (ii) 多軸試験

日本製材料から加工した円筒試験片を用いて, TNO で試験を実施することに合意さ

れている。

既に試験片の加工は完了し、6月初めに試験を開始する予定である。変位の計測法に関する資料はTNOから渡す。（厚母が帰国時に持参した）

(iii) Item 1について5月10日にDeBeNe-Franceの打合会議が行なわれた筈である。

(2) 出張中の今津氏の業務について

Mr. Braun, Mr. Veldeと厚母、今津氏の4名で相談した。

合意事項は下記のようである。

(1) 今津氏のIWEKO滞在中研究の分野は

(i) PNC側のコーディネータとしてItem I (Structural Components Test) を担当する。（全業務の約20%）

(ii) fracture mechanics（破かい力学的研究）

(iii) simplified analysing methods（簡易解析法）とする。

(2) Item 1に関するDeBeNe側コーデネータはMr. Schinkelとする。

(3) その他の日常業務に関する事項、上記(1)の(ii), (iii)に関するものはMr. Roodeと相談する。

(4) 今津氏が滞在中におけるヨーロッパの関連施設の見学視察、および特に第5回SMIRT会議（ベルリン）への出席等については彼の業務を妨げない範囲内で実施することはよい。ただし、これに要する費用等はPNCの負担とする。

(5) 今津氏の身分はPNCと同様に“assistant senior engineer”とする。

(6) 今津氏のIWEKO滞在中に使うTelex代などは常識の範囲内でIWEKOが負担する。

(7) TNOにおける今津氏の業務をまとめた報告書に関しては、これを公表するような場合はTNOの規定に従って処理する。事前にMr. Braunの承認を得る。この件は今津氏帰国後についても適用される。

以上のような内容であったが、TNO-IWEKOとしても前例がないようで、上記以外の事例が生ずることもあり得ると考えられる。その場合にはMr. Braunと今津氏が相談してきめたいとのことであった。私の印象としては、IWEKO側は今回の今津氏が1年間研究す

ることを歓迎しているので、上記のような原則的な合意事項はあるが、大いに好意的にやつてくれそうな雰囲気を感じた。

### (3) Item 1 関連施設の見学

初めに予定した時間が不足したので、約30分間で見学をすませた。案内役はMr. Braun の秘書役のMr. Velde がやってくれた。

材料挙動試験機が3～4台セットされていた。いずれもMTS社（アメリカのトップメーカー）であり、各種の試験を実施していた。協力協定Item 1で合意されて、実施中のSUS304材は試験片の製作中とのことで、同様なパターンの試験について担当技術者から説明があった。フランス語なり英語で聞き取りにくい説明であった。

その他、各種のクリープ試験装置がセットされていた。材料強度試験室は比較広々としてスペースが保たれ、クリープ、疲れ試験装置が余裕をもって整然と配置されていた。将来の材料強度試験を予想しての配置と考えられる。

## VI. INTERATOM 社 訪問

1. 日 時 昭和 54 年 5 月 11 日 (金) 12:00 ~ 16:00

2. 場 所 INTERATOM社, D 5060 Bergisch Gladbach Bensberg,  
Germany

3. 訪 問 者 江 端 誠

4. 応 待 者 Joachim Gilles  
Grosser  
他

5. 受 領 資 料

(1) パンフレット類一式

6. 討 議 内 容

6.1 PNC-DEBENE-CEA協力協定 Item 2 第3回専門家会議の合意文書に関する補足討議。

PNC-DEBENE-CEA協力協定に関する Item 2 “大気中およびNa 中の構造材料試験”の責任者である Grosser 氏と約 1 時間にわたり、第3回専門家会議の合意文書について補足討議を行なった。

6.2 R & D 施設見学

Grosser 氏他 の案内で INTERATOM 社の大気中構造材料試験施設およびナトリウム中構造材料試験施設の見学を行なった。

Na 中試験施設としては、ナトリウム中クリープ試験ループ 5 機（うち 1 機は改造中）ナトリウム中疲労試験機 1 機の計 6 機が設置されていた。

また、大気中試験機としては、MTS 社製疲労試験機 10 台（うち、1 台はハイサイクル疲労試験機）、およびクリープ試験機約 70 台が設置されていた。

## VII. J R C ( Ispra) 訪問

1. 日 時 昭和 54 年 5 月 14 日 (月) 10:00 ~ 17:30
2. 場 所 JRC (Joint Research Centre)  
1 - 21020 Ispra (Varese) Italy
3. 訪問者 江端誠
4. 応待者 Dr. Sergio Finzi (Director of the Applied Sciences and  
Technologie Department)  
H. Larsson  
G. Verzeletti  
C. Albertini  
P. Schiller  
E. Burck
5. 受領資料
- 1 ) R Matera, C Albertini and N. S. Stoloff "The Mechanical Behavior of  
Aligned Eutectics at High Rates of Strain" (10 pages)
  - 2 ) C Albertini and M Montagnani "Testing Techniques Based on the  
Split Hopkinson bar" (11 pages)
  - 3 ) C. Albertini and M. Montagnani "Wave Propagation Effects in Dynamic  
Loading" (10 pages)
  - 4 ) Albertini C, Del Grande A and Montagnani M "Stress-Strain-Strain  
Rate Curves for AISI 316L and AISI 304L Irradiated up to 2.2 dpa"  
( 6 pages )
  - 5 ) C. Albertini, A. Del Grande and M. Montagnani "Effects of Irradiation  
on the Mechanical Properties of Austenitic Stainless Steels under  
Dynamic Loading" (20 pages)
  - 6 ) C. Albertini and M. Montagnani "Testing Techniques in Dynamic

Biaxial Loading" (26 pages)

- 7 ) C. Albertini, L. H. Larsson and M. Montagnani "Effects of Irradiation on Dynamic Material Properties and Toughness of Austenitic Stainless Steels" (27 pages)
- 8 ) C. Albertini and M. Montagnani "Dynamic Material Properties of Several Steels for Fast Breeder Reactor Safety Analysis" (52 pages)

## 6. 訪問の経緯

昨年、C. Albertini 氏と M. Montagnani 氏が東大飯田教授を訪問し、席上、疲労損傷を受けた材料の衝撃引張特性（単軸試験）および多軸下の衝撃引張特性などが討論された。その際、JRC側から衝撃引張試験に関する共同研究の申し入れがあり、飯田教授を通じて動燃団へ共同研究の可能性について打診があった。

動燃団で、飯田教授からの打診を鋭意検討した結果、以下のようない結論に達し、昨年11月24日付の手紙でPNCからJRCへ伝えられた。

- (1) "予め疲労損傷を与えた材料についての衝撃引張試験"については共同研究を行なつてもよい。共同研究を実施するにあたってのPNCの基本的な考えは、
  - 疲労損傷を与えた試験片をPNCが用意する。
  - PNCが希望する使用材料はSUS304である。
  - PNCで用意した試験片をJRCへ送り、JRCで、試験片の照射および単軸衝撃試験を実施する。
  - 双方の疲労・衝撃試験に関する情報を交換する。
  - 試験研究を通じて得られる情報は双方の共有とする。
- (2) 大きな試験片を使用した二軸衝撃引張試験については当面、共同研究を考えない。

以上の内容を伝えたPNCからの手紙に対して、JRCから手紙、テレックスおよび駐日EC委員会代表部などを通じて了解した旨を伝えてくると同時に、昭和54年6月に共同試験に関する詳細打合せのために、PNCの職員が訪欧して欲しい旨伝えてきた。

そこで、江端がPNC - DEBENE - CEA協力協定Item 2 "大気中およびNa中の構造材料試験"に関する第3回専門家会議に出席するため訪欧する機会を利用して、衝撃引張試験

に関する共同試験の予備打合せをすることになった。

## 7. 討議内容

### 7.1 議事の決定

会議に先立ち、JRCから添付資料VII-1に示す議事予定表を手渡され、了解が求められた。江端はこれを了承した。

### 7.2 会議の開始

- (1) Finzi氏よりJRCを代表してあいさつがあり、この会議で、衝撃引張試験に関するJRC-PNC協力を具体的に大きく前進させたいこと、および衝撃引張試験以外の分野でも可能であれば共同研究を実現させたいとの意向が述べられた。
- (2) これに対して江端から、この会議をJRC(Ispra)で実現するためJRCの関係各位が払った努力に対して謝意が述べられた後、PNCも衝撃引張試験に関するPNC-JRC協力を前進させたい意向を持っていること、ただし、江端は衝撃引張試験に関する共同研究にのみ責任を負っており、それ以外の項目に関する共同研究については、一切権限を持っていない旨伝えられた。

### 7.3 原子炉安全性に関する試験研究実績および計画の紹介

#### (1) JRC

E. Burck氏から添付資料VII-2に示す資料を用いて、原子炉安全性に関するJRC全体の試験研究実績および計画の紹介があった。江端からの質問に答えて、JRCでは軽水炉と高速炉に関する試験研究を実施していること、研究テーマは、EO諸国において原子力開発の課程で生じた問題をピックアップして選定していることなどが述べられた。

引き続いて、H. Larsson氏からJRCにおける脆性破壊に関する試験研究の概要が述べられた。H. Larsson氏の発表、および質疑応答で明らかになった要点を列挙すれば以下のとおりである。

- ・試験材料は、AISI 316L, DIN 1.4948 (AISI 304相当材, SNR-300炉容器材)などのオーステナイト系ステンレス鋼が主である。
- ・今までの試験研究によって、材料の破壊靱性に及ぼす中性子照射の影響が大きいことが明らかになっている。例えば、 $4 \times 10^{21} n/cm^2$  ( $> 0.1 \text{ MeV}$ ) の照射量で材料の

破壊革性は大気中のそれに比べて1/10程度に低下する。

・破壊革性に関する試験研究は1977年から開始され、Step 1の計画（1980年まで）が消化されつつある。その後、Step 2の計画（1980～1983年）で、破壊革性に及ぼす欠陥の影響に関する試験研究を実施する予定である。

さらに、C. Albertini氏から、衝撃引張試験に関する概要が述べられた。小さな試験片を用いた二軸衝撃引張試験については、最適な試験片の製作に苦慮しているとのことであった。また、EC共同体におけるほとんど全部の高速炉、炉容器材について衝撃引張試験を実施しているとのことであった。

## (2) P N C

江端は、安全性の分野の試験研究にたずさわってはいないことを前置した上で、主に構造材料試験に関する実績と研究の概要について発表を行なった。日本におけるPNCの役割、原研との関係等について質問があった。

### 7.4 共同研究に関する討議

“予め疲労損傷を与えた試験片の単軸衝撃引張試験に関する共同研究”についての討議に先立って、JRCから、脆性破壊等の分野においてもPNCとの共同研究を実施したい旨申し入れがあったが、江端は“予め疲労損傷を与えた試験片の単軸衝撃引張試験”についてのみ責任を負っており、その他については一切権限を持っていないので討議できない旨を伝えた。また、江端から、衝撃引張試験に関する共同研究についてのPNC側の基本的な認識は、昨年11月24日付の手紙（6項参照）のとおりであること、この手紙に基づいて江端が共同研究の計画（案）を用意しているので、その計画（案）に沿って議事をすすめて欲しいことが申し入れられ了承された。

質疑応答の結果、大筋の合意を見た。その結果を添付資料VII-3に示す。なお、江端から以下の申し入れがなされ、いずれも了解された。

○PNCは、本件の仲介者である東京大学飯田教授に、本共同研究の実施に際して指導的な立場をとっていただきたいと望んでいる。したがって、飯田教授の了解のもとで、はじめて合意された計画（案）を最終的な計画と考えたい。

○飯田教授が第五回スマイルト会議出席のため今年8月に訪欧される予定があるので、その際に本共同研究推進のために、JRC側は飯田教授と接触して欲しい。

## 8. 施設の見学

衝撃引張試験に関する共同研究の原案作成に手間どり施設見学時間が大幅に短縮されたため、30分程度の短時間の見学になってしまったことは残念であった。

C. Albertini 氏および G. Verzetti 氏の案内で衝撃引張試験装置、照射後破壊韌性試験装置および試験片加工現場などを見学した。小型二軸衝撃引張試験片の加工は、試験結果を反映させて、すぐに行なえる設備を有しており、非常に便利であるとの印象を強く持つた。また、照射後破壊韌性試験装置は E C N で見学したものと、ほぼ同じものであった。

添付資料VII-1

Programme for the visit of Mr. EBATA - PNC - Tokyo

---

Collaboration JRC - PNC

Date : 14 May 1979, starting at 9.15 a.m.

Meeting room : Building 6

- 9.15      1. Welcome by Mr. S.FINZI  
              2. Short presentation of JRC Reactor Safety Programme  
              (materials research) E.BURCK, H.LARSSON, P.SCHILLER.  
  
              3. Short presentation of PNC Reactor Safety Programme  
              (materials research) Mr. EBATA  
  
              4. Discussion on collaboration agreement  
                4.1 Materials to be used  
                4.2 Elastic-plastic and dynamic fracture mechanics  
                4.3 Dynamic materials properties  
                4.4 Definition of prior damage  
                4.5 Constitutive laws  
  
12.45     Lunch  
  
14.30     Visits to laboratories

Visit of Mr. EBATA - PNC - TOKYO

---

List of the participants :

Mr. Sergio FINZI  
Director of the Applied Sciences and Technologie Department

Mr. H. LARSSON  
Head of the Applied Mechanic Division (A.S.T. Department)

Mr. G. VERZELETTI  
Head of the Mechanical Tests Section of the Applied  
Mechanic Division (A.S.T. Department)

Mr. C. ALBERTINI  
Scientific Officer of the Mechanical Tests Section of the  
Applied Mechanic Division (A.S.T. Department)

Mr. P. SCHILLER  
Head of the Materials Division of the Natural Sciences  
and Physics Department.

Mr. E. BURCK  
acting Head of the Reactor Safety Programme

添付資料 VII-2

JRC Reactor Safety Program

1977～1980

J R C REACTOR SAFETY PROGRAMME

1977 - 1980

---

- 1) RELIABILITY AND RISK ASSESSMENT
- 2) LIGHT WATER LOSS OF COOLANT ACCIDENT
- 3) LMFBR SUBASSEMBLY THERMOHYDRAULICS
- 4) FUEL-COOLANT INTERACTION AND CORE MELT DOWN
- 5) DYNAMIC STRUCTURE LOADING AND RESPONSE
- 6) STRUCTURAL FAILURE PREVENTION

## **1) RELIABILITY AND RISK ASSESSMENT**

---

- DEVELOPMENT OF AN LMFBR WHOLE CORE ACCIDENT CODE,  
COLLECTION AND ANALYSIS OF THE MODULES, SET UP OF  
A PILOT CODE**
- EUROPEAN RELIABILITY DATA SYSTEM**
- VALIDATION EXPERIMENT ON PRESSURE TRANSIENTS OF  
THE KWO POWER STATION**
- PRESSURE VESSEL RELIABILITY**

## 2) LIGHT WATER LOSS OF COOLANT ACCIDENT

---

- LOOP BLOWDOWN EXPERIMENT (LOBI)
- CODE DEVELOPMENT AND VALIDATION
- LWR THERMOHYDRAULICS UNDER LOCA AND ATWS CONDITIONS
- ASSESSMENT OF FUEL BUNDLE SIZE REQUIREMENTS FOR  
NEXT GENERATION LOCA TESTING IN E S S O R

### **3) LMFBR SUBASSEMBLY THERMOHYDRAULICS**

---

- CODE DEVELOPMENT AND VALIDATION FOR ANALYSIS OF LOF TYPE SITUATIONS AND ONE AND TWO PHASE FLOW IN SUBASSEMBLIES WITH FAILURES
  
- EXPERIMENTAL SODIUM BOILING STUDIES WITH SIMPLE GEOMETRICS (TUBE AND ANNULUS) AND ROD BUNDLES, BOILING CONDITIONS IN BLOCKED CHANNELS

#### 4) FUEL-COOLANT INTERACTIONS AND CORE MELT DOWN

---

- EXPERIMENTS WITH      MOLTEN STEEL      — WATER
- MOLTEN UO<sub>2</sub>      — WATER
- UO<sub>2</sub> GRANULATES — WATER
- IN CHANNEL AND TANK TYPE EXPERIMENTAL FACILITIES
- EXPERIMENTS WITH      MOLTEN UO<sub>2</sub>      — SODIUM
- DEVELOPMENT OF CODES TO DESCRIBE EXPERIMENT AND  
CALCULATE PRESSURE DEVELOPMENT
- PARTICULATE BED COOLING AND ITS TRANSITION TO MOLTEN POOL
- MOLTEN POOL COOLING AND RELATED STRUCTURE PROBLEMS
- THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF CORE MELT MATERIALS
- COMPATIBILITY OF SACRIFICIAL LAYER WITH SODIUM

**5) DYNAMIC STRUCTURE LOADING AND RESPONSE**

---

- MODEL EXPERIMENTS (SNR-300 – PEC)
- CODE VALIDATION PROGRAMME (COVA) FOR CONTAINMENT  
CODE COMPARISON AND IMPROVEMENT REXCO, ASTARTE, SEURBNUK  
EXPERIMENTAL PROGRAMME
- CORE INTERNALS**  
    CORE DEVELOPMENT – EURDYN AND EXPERIMENTAL PROGRAMME
- CONSTITUTIVE LAWS FOR AUSTENITIC STAINLESS STEELS AND  
SUBASSEMBLY INTERNALS (STRESS–STRAIN – STRAIN RATE RELATIONS)

## 6) STRUCTURAL FAILURE PREVENTION

---

- FRACTURE MECHANICS, INCLUDING FATIGUE CRACK GROWTH,  
EFFECT OF IRRADIATION, THERMAL SHOCKS AND ENVIRONMENT
- ELASTO – PLASTIC FRACTURE MECHANICS
- CREEP FATIGUE DAMAGE IN STAINLESS STEELS WITH CREEP  
DAMAGE MODELLING
- FAILURE DETECTION IN REACTOR STRUCTURES  
RELIABILITY OF CLASSICAL NDT, ULTRASONIC EMISSION

## 添付資料VII-3

### JRC-PNC共同研究 低サイクル疲労損傷を受けた試験片による 単軸衝撃引張試験(案)

#### 1. 供試材

(i) SUS 304 (Monju候補材)

(ii) ?  
(iii) ?

} JRCが決定

(i), (ii)の試験片総数は等しくする。

(iii)については、(i)および(ii)の試験片総数の1/4程度とする。

#### 2. 低サイクル疲労試験条件 (PNCで実施)

##### 2.1 パラメーター

(i) 温度	1 条件	550°C
(ii) ひずみ範囲	2 "	1.5, 0.5%
(iii) ひずみ速度	1 "	0.1%/sec.
(iv) ひずみ波形	1 "	三角波
(v) ひずみ保時	1 "	0 min
(vi) 繰返し	1	
(vii) N/Nf	3	

ただし、疲労クラック発生前までとする。

##### 2.2 試験片形状

低サイクル疲労損傷を試験片に与えた後、衝撃引張試験を行なう必要上、試験片形状を衝撃引張試験が可能な形状にする必要がある(平行部径最大Φ3)。現在、PNCで実施している標準試験片はΦ10である。

### 3. 照射条件

1 条件…………… 照射量については今後双方でつめるものとする。

照射キャップセルの試験片収納能力の関係から、照射材についての総数は150本以内に制限する必要がある。

### 4. 単軸衝撃引張試験

#### 4.1 パラメーター

(i) 試験温度	1 条件	550℃
(ii) ひずみ速度	3 "	
(iii) 繰返し	5 "	

(注) 繰返し総5は、JRCの提案であるが、多すぎると考える。

### 5. その他

比較試験用として、上記の他にas-received 未照射材・照射材の試験を必要本数実施する。

### 6. タイムスケジュール

6.1 試験計画の確定 1979年末

6.2 試験片の作成 1980年初期～1980年末

6.3 衝撃引張試験の実施 1981初～

ただし、照射材については、照射を1982年に行ない、衝撃試験は、1983年からとする。

### 7. その他

- 上記1～6項までの記述は、確定したものではない。今後、双方で方案を交換し合い、詳細な検討を行なう（今年、8月まで）。
- また、飯田教授が、8月に訪欧するのでその際、JRCが、飯田教授と接触して、試験方案の検討を行なう。

別添資料 1

P N C - D E B E N E - C E A 協力協定

I t e m 2 “大気中およびNa 中の構造材料試験”

に関する第3回専門家会議合意文書

3rd Specialists Meeting  
of CEA-DEBENE-PNC Cooperation on Item 2  
  
"In-air and in-sodium tests of mechanical  
properties of structural materials"

---

May 8/9, 1979, in Karlsruhe/FRG

Proposal to be accepted by the parties  
before June 1, 1979

Issued: May 11, 1979

Contents

1. Introduction
2. Results and agreements of the 3rd Specialists Meeting

Appendices

- 1 - Agenda
- 2 - List of participants
- 3 - List of topics of mutual interest
- 4 - Actions agreed upon during the meeting
- 5 - List of distributed documents

## 1. Introduction

On May 8 and 9, 1979, at Karlsruhe, a trilateral specialists meeting CEA/DeBeNe/PNC in the frame of the "Agreement on technical cooperation in the field of LMFBR" as signed on May 26, 1978, took place.

This was the first trilateral meeting between experts of CEA/DeBeNe/PNC with regard to item 2

"In-air tests and sodium effect tests  
of structural materials"

as defined in the meeting held on April 5-8, 1976 in Japan. In addition the irradiation effects on mechanical properties of structural materials have been covered in this meeting (in accordance to the trilateral contract).

The objectives of the meeting were:

- to update the mutual knowledge of the present status of the research programmes
- to identify areas of common interest for a possible exchange and closer cooperation and
- to give recommendations for further procedures.

Although item 2 has been discussed to some extent in the past it was necessary to arrange this meeting because of:

- new understandings that have been worked out in the last three years leading to modifications of the research programmes
- the bilateral exchange contract between KFK and PNC was replaced by a trilateral one between CEA/DeBeNe/PNC.

2. Results and agreements of the 3rd Specialists Meeting on item 2

The expert meeting followed the mutually agreed agenda in Appendix 1; the names of the experts present during the Session I are given in Appendix 2.

Session I on "In-air tests of structural materials"

All parties have major research programmes in this area, which are aimed at the qualification of structural materials for high temperature application. These programmes follow the same main routes with concern to the problem orientation.

Although the materials used are different, common topics of mutual interest were identified, predominantly in the area of fatigue testing of weldments and of creep-fatigue interaction work especially with concern to long hold times. These topics have been listed in App. 3. Relevant actions have been compiled in Appendix 4. Documents that were handed out during the meeting are given in Appendix 5.

Session II: In-sodium tests of structural materials

The creep rupture and low cycle fatigue tests in flowing sodium at DeBeNe (phase 1) have been carried out in time and results will be available after evaluation of specimens and tests. The test facilities will be used for a continuation of the programme, which will be fixed within this year.

At PNC, creep rupture and LCF tests in flowing sodium will be conducted in loops that will be operational in the be-

ginning of 1980. Up to now, creep results of tests performed after sodium exposure are available. LCF tests have been made in flowing sodium at low velocity.

CEA has gained results of fatigue and creep-fatigue tests in flowing sodium. Creep rupture tests of structural materials are not foreseen so far.

Session III: Irradiation effects on structural materials  
The first part of the DeBeNe-programme for the period 1975 to 1978 has been terminated. The programme is extended for the period 1978 to 1981. Emphasis is given to heat-to-heat effects of creep properties, fluence dependence of ductility and wider ranges of strain rates, amplitudes and temperatures. Fracture mechanics will also be conducted for the period 1979 to 1982.

The PNC-programme has resulted in the main observations for SUS 304 plate that creep strengths and ductilities are reduced by irradiation. Low cycle fatigue testing is hardly affected by irradiation. Hold time experiments on irradiated material are expected to be started in 1983. The PNC-programme also includes in-pile creep tests in order to verify the post-irradiation properties.

For the evaluation of Super Phénix components CEA has planned post irradiation experiments on AISI 304 L and AISI 316 LSPH. The programme has about the same character as DeBeNe work, differences exist with regard to neutron spectrum.

Projekt Schneller Brüter  
Projektleitung  
DI.S.Gross

Kernforschungszentrum  
Karlsruhe, May 7, 1979/Te  
Tp: 2733/Fr.Teepe

3. Specialist Meeting on Item 2  
of PNC-CEA-DEBENE Cooperation  
on Structural Materials

Appendix 1

"In-air and in-sodium tests of mechanical properties of structural materials"

A g e n d a

Tuesday, May 8, 1979 morning (Conference Room number 304, Building 425 in KfK)

9:00 o'clock Welcome, introductory remarks, acceptance of the agenda

Session I      in-air tests of structural materials  
10:00    "      presentation from DEBENE side  
               "      " PNC      "  
               "      " CEA      "

11:30    "      discussion

12:30    "      lunch at the KfK-Kantine

Tuesday, May 8, 1979 afternoon (Conference Room number 405 in Building 240 in KfK)

Session II:      in-sodium tests of structural materials  
14:00    "      presentation from DEBENE side  
               "      " PNC      "  
               "      " CEA      "  
15:30    "      discussion  
16:30    "      end of first day session  
19:00    "      pick up at hotels  
19:30    "      Dinner at the Heinrich Hertz Haus (University of Karlsruhe)

Wednesday, May 9, 1979 (Conference Room number 405 in Building 240 in KfK)

Session III      irradiation effects on structural materials  
9:00    "      presentation from DEBENE side  
               "      " PNC      "  
               "      " CEA      "  
10:30    "      discussion  
11:30    "      preparation of conclusions  
12:30    "      lunch at the Kantine, KfK  
13:30    "      definition of conclusions, recommendations  
14:30    "      end of the meeting

thereafter: opportunity to visit KfK test facilities  
Kernforschungszentrum Karlsruhe, Wissenschaftlich-Technische Einrichtungen und Verwaltung, 7514 Eggenstein-Leopoldshafen  
Tel. (07247) 821, Telex. 7826484, Dranwort, Reaktor Karlsruhe, Siedlung 7500 Karlsruhe, Webersstraße 5

Appendix 2

3rd Specialists Meeting on Item 2 (May 8/9, 1979, Karlsruhe)

Participants:

Name	Organization	May 8, 79		May 9, 79 Session III Irradiation
		Session I In-air	Session II In-Na	
Atsumo	PNC, Tokyo	x	x	x
Ebata	" "	x	x	x
Imazu	" delegate to IWECO/TNO	x	x	x
Ardellier	CEA, Cadarache	x	x	x
Calvet	CEA, Saclay	x	x	x
Tavassoli	" "	x	x	x
Breitling	INTERATOM, Berg. Gladbach	x		x
Grosser	"	x	x	x
Huthmann	"		x	
Anderko	KFK, Karlsruhe			x
Borgstedt	" "	x	x	x
Gross	" "	x	x	x
Habermann	" "	x		x
Schirra	" "	x	x	
Schmitt	" "	x		x
Casteels	SCK, Mol	x	x	x
Tas	" "	x	x	x
van der Schaaf	ECN, Petten	x		x
Braun	TNO, Apeldoorn			x
Husslage	" "	x	x	
van de Velde	" "	x	x	x

Appendix 3

3rd Specialists Meeting  
of CEA-DEBENE-PNC Cooperation on Item 2

"In-air and in-sodium tests of mechanical  
properties of structural materials"

---

May 8/9, 1979, in Karlsruhe/FRG

Topics identified being of mutual interest:

Session I: In-air tests of structural materials

1. Fatigue of weldments has been discussed as being a topic of major concern for all parties. Approaches how to handle the problem of interactions inbetween the different portions of the weldment in the strain controlled region of test specimens were given. It is the opinion of the parties that an exchange of programmes aimed on this topic is useful.
2. Following discussions of activities related to creep/fatigue-interaction tests with long hold times (more than 60 min) the parties agreed that it will be useful to have a further exchange
  - in programme matrix definition
  - in exchange of obtained data and
  - in a possible cross-checking of parameters and samples.

A detailed proposal for a programme set up by CEA-DEBENE is to be exchanged until Sept. 1979 for agreement with PNC.

3. Although beyond the scope of this meeting, subjects on the welding procedures and NDT were touched. It was agreed to discuss this under item 5.

Session II: In-Sodium tests of structural materials

4. The parties propose that the results of in-flowing sodium creep and stress-to-rupture tests should be discussed. The methods and equipment should be compared by exchange of specimens for tests in the different loops.

As a date for a first discussion Autumn 1980 is agreed.

Session III: Irradiation effects on structural materials

5. Because of the large technical efforts on both sides an information exchange on irradiation effects is agreed. PNC will also include in-pile creep data.
6. The importance of spectrum effects has been stressed and will be considered as a subject to cooperation between CEA/DEBENE/PNC. This should be worked out after receiving the relevant PNC-information (see action A 11). Further information on fluence and spectrum effects is needed to define a common effort.

3rd Specialists Meeting  
of CEA-DEBENE-PNC Cooperation on Item 2

"In-air and in-sodium tests of mechanical  
properties of structural materials"

---

May 8/9, 1979, in Karlsruhe/FRG

Actions agreed during the 3rd meeting on item 2:

Session I: In-air tests of structural materials

A1 CEA will describe the specimen-geometry and the test procedure used for fatigue tests on welded joints.

(CEA/Mr. Tavassoli)

A2 TNO will prepare a short description on the R&D in the field of in-air tests on 1.6770 (2 1/4 Cr 1 MoNiNb) (see document 89 prepared during the meeting).

(TNO/Mr. Hüsslage)

A3 CEA will prepare an English version of the sheets Mr. Tavassoli used during his presentation (document 88). He will send a copy of these sheets to INTERATOM so that they can be added to the documents.

(CEA/Mr. Tavassoli)

Session II: In-sodium tests of structural materials

- A4 CEA will prepare a paper describing the facilities already used or to be used for in-sodium tests (document 93). This paper will be sent to INTERATOM to be added to the documents.  
(CEA/Mr. Ardellier)
- A5 PNC will check if PNC data, that have been generated from in-sodium tests (fatigue) and from creep tests performed after sodium exposure, can be made available for DEBENE and CEA.  
(PNC/Mr. Atsumo)
- A6 PNC will inform DEBENE (Mr. Huthmann) on the results obtained so far by using the INTERATOM C-monitor-foil sample.  
(PNC/Mr. Atsumo)
- A7 CEA will give a written description of the presentation made by Mr. Ardellier during the meeting on May 8 (later available, document 94).  
(CEA/Mr. Ardellier)

Session III: Irradiation effects on structural materials

- A8 CEA will prepare a paper describing the irradiation effect tests presented by Mr. Tavassoli during the meeting on May 9, 79 (later available, document 99).  
(CEA/Mr. Tavassoli)

A9 PNC will inform DEBENE/CEA by letter on the flux used for in-pile and post-irradiation experiments.

(PNC/Mr. Ebata)

A10 PNC will prepare a document in which data obtained from PNC tests and data compiled from foreign sources are identified.

(PNC/Mr. Ebata)

A11 Relating to the document No. 118, PNC will give the neutron spectrum analysis of the irradiation position in JMTR where the irradiation on domestic SUS 304 has been performed.

(PNC/Mr. Ebata)

Appendix 5

Documents handed out during the 3rd meeting on Item 2  
"In-air tests and sodium effect tests of structural  
materials", May 8-9, 1979, PNC/DeBeNe/CEA in Karlsruhe, FRG

---

- No.
- 107 DeBeNe-in air tests of structural materials (DeBeNe)  
Survey Paper
- 108 In-air structural material test (PNC)  
Step II, Test program, 4 various effect tests
- 108<sup>a</sup> Various detailed planning tables belonging to 108 (PNC)
- 109 I. Structural Material Test (Mr. Ebata) (PNC)  
with two appendices
- 110 Copy of sheets Mr. Tavessoli (CEA)  
used in his presentation on in-air tests of  
structural materials  
- later available -
- 111 Survey of 2 1/4 Cr-1 MoNiNb-investigations (DeBeNe)
- 112 SMIRT-paper:  
Effect of biaxial loading and geometry on (DeBeNe)  
prediction of low cycle fatigue life  
by Konter, Janssen, Hüsslage
- 113 In-sodium tests in DeBeNe laboratories (DeBeNe)
- 114 Copy of the sheets Mr. Atsumo used in his (PNC)  
presentation on in-sodium effect tests  
(In-sodium tests on materials in PNC-facilities)
- 115 Paper describing the facilities (to be) used (CEA)  
by CEA for in-sodium tests  
- later available -
- 116 Copy of the sheets Mr. Ardellier used in his (CEA)  
presentation on in-sodium effect tests  
- later available -

Appendix 5 (Cont.)

No.

- 117 DEBENE-contribution to the DEBENE-CEA-PNC-  
meeting related to irradiation effects (DEBENE)
- 118 Post-irradiation examination on structural  
materials and welded joints for fast reactor;  
2. long term strength (PNC)
- 119 Materials monitoring facility (PNC)
- 120 Overall planning table "Performed post-  
irradiation tests on structural materials"  
(2 pages) (PNC)
- 121 Copy of sheets Mr. Tavassoli used during  
his presentation on irradiation effects  
- later available - (CEA)
- 122 PNC-recommendation on the data sheets for  
PNC-DEBENE-data exchange (draft) (PNC)
- 123 PNC-document; preliminary data identi-  
fication from irradiation experiments as  
belonging to domestic or foreign sources  
(according to action A10) (PNC)