

Nuclear Materials Letters

(2017 年 3 月 31 日)

(部会ホームページ <http://www.aesj.or.jp/~material/>)

目 次

I.	2016 年 秋の大会 企画セッション報告	1
	「材料照射研究の現状と今後の展望」の開催にあたって	北海道大学 鶴飼 重治
	(1) 国際協力による原子炉での材料照射研究	八戸工業大学 四竈 樹男
	(2) 核破砕中性子源による材料照射研究	茨城大学 菊地 賢司
	(3) イオン加速器による材料照射研究	東京大学 阿部 弘亨
II.	第 8 回材料部会奨励賞受賞者のよろこびのことば	27
	東京工業大学大学院理工学研究科	高 雲
	京都大学エネルギー理工学研究所	張 哲先
III.	寄稿	30
	JMTR 廃止について思うこと	東北大学名誉教授 松井 秀樹
IV.	関連する国際会議のリスト	33
V.	運営委員会 委員名簿	35
VI.	寄稿のお願い	36
VII.	編集後記	36

I. 2016 年 秋の大会 企画セッション報告

北海道大学 鵜飼 重治

福島第一原子力発電所の事故以降に導入された新規制基準に対応すべく、軽水炉の再稼働は随分遅れている。また、昨年末に研究炉・照射炉である「もんじゅ」、JMTR の廃炉が決定された。将来的に照射炉として期待できるのは高速実験炉「常陽」に限られる状況で、近い将来、国内の照射炉を利用した照射研究は望むべくもない。しかし一方、原子炉の安全性、信頼性を確保する上で、原子炉材料の照射研究の重要性は今さら言うまでもなく、福島事故対応と平行してその代替を検討していく必要がある。

海外においても利用できる照射炉は極めて限られているのが現状で、且つそれらの老朽化も著しい。将来的に高性能な照射炉の検討もされてはいるが、先行きは全く不透明である。一方、イオン加速器を用いた材料照射研究は、短期間に幅広い照射条件での試験が実施できる大きな利点があるが、イオン照射と中性子照射の間での照射相関が未解決な課題として残っている。核融合炉材料の開発では、想定される高エネルギー中性子による照射が可能な J-Parc を利用した核破砕中性子源の開発にホットな期待が寄せられている。

このような材料照射研究の課題と今後の展望について情報交換と総合的議論を行うため、下記の企画セッションを開催した。ここではより多くの学会員に情報を周知するため、講演資料（一部抜粋）を掲載することで、その概要をご報告する。講演いただいた先生方の厚意に感謝いたします。

「材料照射研究の現状と今後の展望」(9 月 8 日 (木) 13:00~14:30, B 会場)

座長 北海道大学 鵜飼 重治

(1) 国際協力による原子炉での材料照射研究

(八戸工大) 四竈 樹男

(2) イオン加速器による材料照射研究

(東京大学) 阿部 弘亨

(3) 核破砕中性子源による材料照射研究

(茨城大学) 菊地 賢司

国際協力による原子炉での 材料照射研究

四竈樹男
八戸工業大学

研究炉の分類 (ニーズは国情に強く依存)

- 超高出力密度炉 ($>10^{19}\text{n/m}^2\text{s}$) (先進原子力システム、先端科学)
 - 先進材料開発
 - 燃料照射
 - 先進RI製造
 - 高輝度中性子ビーム利用
- 大型高出力原子炉 (Catch up)
 - 汎用利用
- 中型原子炉(汎用、 中性子ビーム利用) (原子力への参入)
- 小型原子炉(放射化分析、簡易中性子ビーム利用)
- パルス炉 (軍事?)

RRに関するIAEAの活動

- **Coalitions and Networks**
 - [The Baltic Research Reactor Network](#)
 - [The Caribbean Research Reactor Coalition](#)
 - [The Central African Research Reactor Network](#)
 - Brochure [Research Reactors in Africa](#)
 - [The Eastern European Research Reactor Initiative](#)
 - [The Eurasia Research Reactor Coalition](#)
 - [The Mediterranean Research Reactor Network](#)
 - Low-Flux Research Reactor Network for Utilization Improvement
 - Feasibility of using High-Flux Research Facilities as International Centres of Excellence
- **Neutron Beam Applications**
 - **New publication:** [Neutron Transmutation Doping of Silicon at Research Reactors](#), IAEA-TECDOC-1681
 - [Cooperative Research Project on Development of Routine Automation of Advanced Neutron Activation Analysis Laboratories](#) (Open for project proposals)
 - [Cooperative Research Project on Development, Characterization and Testing of Materials Using Neutron Beams](#)
 - Cooperative Research Project on Effective Adaptation of Increased Neutron Fluence
 - [Cooperative Research Project on Advanced Neutron Imaging and Tomography Techniques](#)
 - [Neutron Beams for High Precision Nuclear Data Measurements](#)
 - Neutron Therapy Technologies – *Joint with ISNCT and NAPC*
- **Medical Isotope Research and Production**
 - Feasibility of low-specific-activity non-HEU Molybdenum-99 production and distribution
- **Internet Reactor Project**
- **International Centres of Excellence in Research Reactors (ICERR)**

Fission Reactors for Nuclear Fusion

- **The Highest priority for Beyond-ITER and for IFMIF**
 - High Flux Machines especially for beyond-ITER
(Definitely need development of related irradiation technology for reactor irradiation in the stage 4 of Dr. Diegele)
 - JOYO(Japan), HFIR(USA), JHR(EU), MBIR (Russia, plan)
- **The second priority for Beyond-ITER but will be seriously important for preparing for IFMIF on its irradiation related technology developments**
 - Medium Flux Machines whose accessibility is high (In-situ and instrumented irradiation)
 - JMTR(Japan), BR-2(EU), HFR (The Netherlands), LVR-15 (Czech), HBWR(Halden ,Norway), etc.
- **Mainly interests from material science but occasionally important for engineering aspects especially for diagnostic related developments.**
 - Pulse Type Machine will have play a role (Transient behavior)
 - Obninsk (Russia), NSRR(Japan)
- **Mainly for interests from material science but some may from feasibility study and screening tests for engineering developments**
 - Small Machine will also have a role especially in convenient special purposed irradiation such as in-situ and low-temperature irradiations
 - Diagnostic materials and cryogenic materials
 - Triga types, BR-1, JRR-4

原子炉利用のための国際協力

- ファシリティとしての原子炉及び関連施設の共同利用を主目的とした国際協力
 - ハルデン計画、JHR, MBIR)
- 利用者の立場からの国際協力
 - ハルデン計画、NSUF、**大学共同利用**
- 多極間国際協力(Multilateral) ハルデン計画、JHR, MBIR, IAEA
- 二極間(Bilateral)、個別のプロジェクト、**大学日米協力**
- 特定の目的に特化した国際協力(特定のプロジェクト、単発的)、ほとんどの協力
- 広範な目的の国際協力、大学日米協力
- 骨格活動、ほとんどの協力
- 周辺活動、**大学日米協力、大学原子炉共同利用**

骨格活動と周辺活動

- 骨格活動は経常的で大規模な予算に基づき長期計画に従って研究炉利用が行われる。
 - 周辺活動の中にはアイデア勝負で比較的短期間で研究を進めることに意義のあるものがある。
 - 予算的裏付けが乏しい場合がある。
 - キャプセルの占有が困難で相乗りでの実験が不可欠な場合が多い。
- 骨格活動と周辺活動を全く同じ土俵で議論するのは無理な場合が多い。
 - **透明性、公平性の名の下に、同じ土俵で議論、評価することによる弊害が極めて大きい。**

背景

- 研究炉を持つことが国の栄光ではなくなって久しい。
 - 1960年代まで
 - 研究炉抜きの原子力エネルギー導入のシナリオ
 - Cf. Emerging countries
- 研究炉を維持運営する社会的コストが非常に大きくなっている。
 - 規制強化
 - 保障措置
 - 燃料製造
 - 廃棄物処理
 - **すべての国が研究炉を持つ必要は無い、他の国の施設を有効利用。**
- 代替えの手段が発展しつつある。
 - 新たな分析手法
 - 加速器、計算機シミュレーション
 - その他(RIを用いた分析、ドーピング)

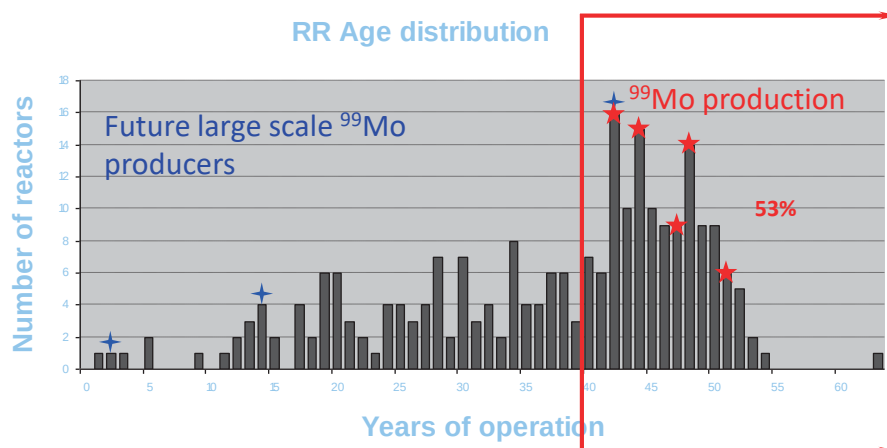
研究用原子炉を取り巻く環境 (国際協力を推進する背景)

- 老朽化
 - 新しい炉
 - 保守、改修
- パブリックセクターからの支援の継続的低減
 - プライベートセクターからの資金の導入
(役に立つ仕事をしているなら企業が金を出すはず)
- コスト/ベネフィット (金がかかる割には成果が出てこない)
 - 研究、利用の効率化
- 新しいユーザー開拓の難しさ(利用者の固定化)
 - 多目的利用

先進国における研究炉のサポート体制

- パブリックセクターからの支援の減少に伴い、新たなユーザーの開拓
 - IAEA Report [\(デルフト大学\)](#)
- 大口ユーザーの獲得
 - JHR(仏); 先進炉開発のための重照射試験炉、国際コンソーシアム
 - PALLAS(蘭); RI生産炉
 - ミラー(白); 高フラックス高速中性子利用
- 民間の利用促進
- 国際協力を通してのユーザー獲得
 - HBWR; OECDハルデン計画

RR Ageing



10

老朽化対応

- 改修(Refurbishment)
 - BR-2, JMTR, Joyo,....., HFR, NRU
 - 先進国に共通する深刻な課題
- 新しい研究炉の建設
 - 国の威信と絡んだ汎用炉
 - HANARO, OPAL, エジプト、モロッコ、ヨルダン
 - 国際分業を睨んだ先進炉 (欧州)
 - FRM-2 (High Flux Neutron Beam Source) (Germany)
 - Joule Horvitz (High Flux Irradiation Facility) (France)
 - Pallas (Isotope Production) (Netherlands)
 - MYRRHA (消滅処理、高エネルギー中性子源) (Belgium)

利用者から見た国際協力

- 日本の原子炉共同利用枠組みは、その当初から利用者ネットワークを意識した構造となっている。
- 国際的にはビーム利用の分野で、同様の構造が世界的に取られてきているが、材料照射研究は基本的に閉じた構造として運営されてきている。また、主体はファシリティ側にあるのが普通。
- 近年、利用者ネットワークを意識した共同利用枠組みが各地域で模索され始めている。
 - 米国、欧州
- 日本においては、国内原子炉の一時停止を契機に積極的に利用者側からの原子炉国際協力を模索してきた。

原子炉利用の国際協力

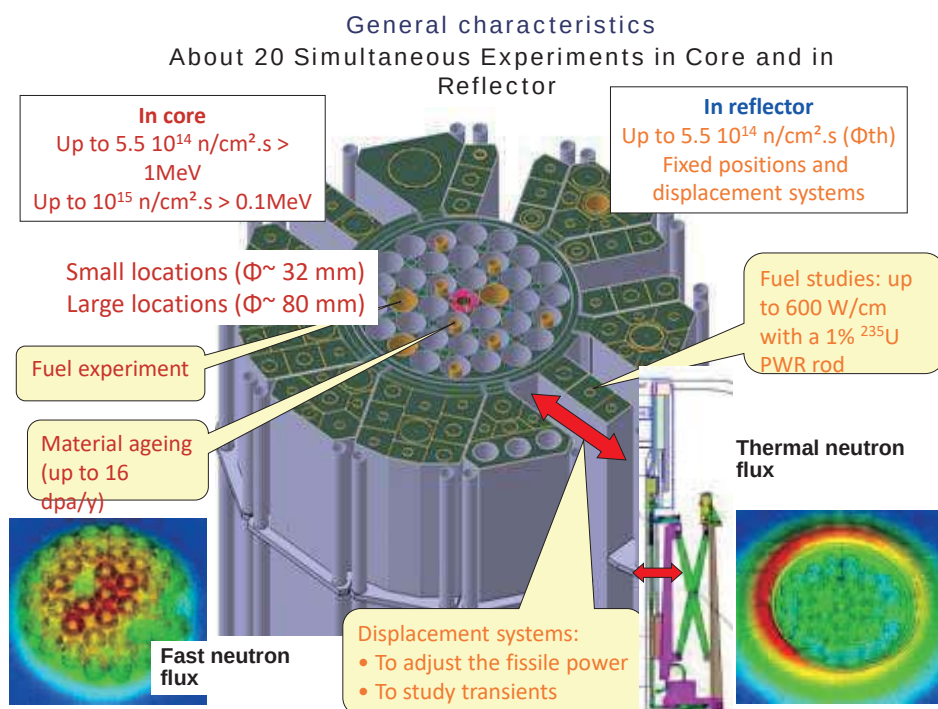
- ファシリティ主導型の国際協力
 - OECDハルデン計画
 - JHR
 - MBIR
- 利用者側の視点からの国際協力
 - 日本、材料試験炉国際利用
 - 米国共同利用 (Nuclear Science User Facilities, Idaho)
- 国際組織が主導する国際協力 (相互補完)
 - IAEA
 - OECD

国際的な取り組み

- IAEA TWGRR (International Atomic Energy Agency, Technical Working Group on Research Reactors)
- 各種国際会議
 - International Conference on Research Reactors: Safe Management and Effective Utilization
 - International Symposium on Materials Testing Reactor
- 地域ネットワーク

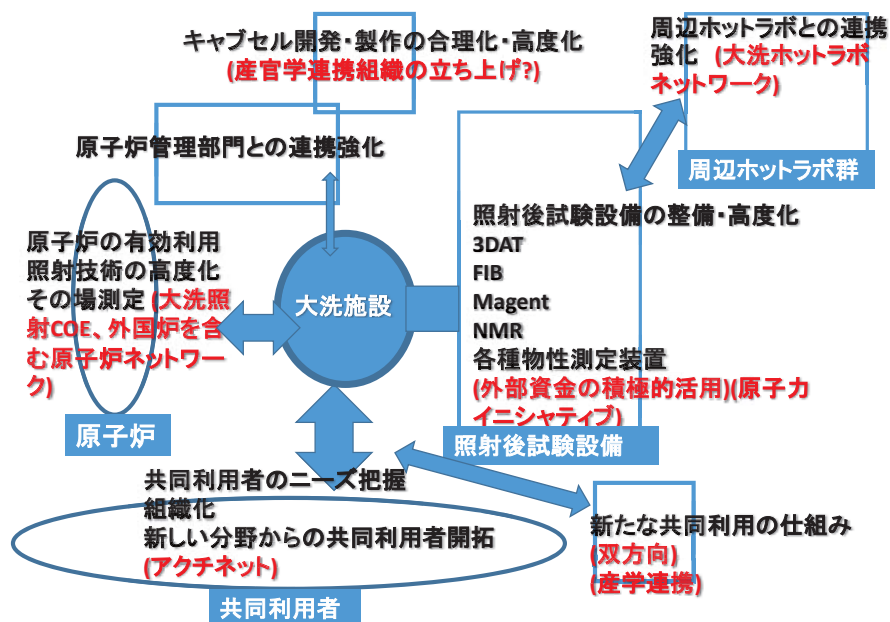
相互補完としての国際ネットワーク

- 欧州先進国間が最も進んでいる。
 - お互いの運転調整 (なるべく休止期間が重ならない)
 - 相互乗り入れ
 - RI生産の融通
- 地域で共通の課題に取り組む
 - 南アメリカネットワーク
- 地域の核になる国が主導するネットワーク
 - オーストラリアが中心となるネットワーク
 - 日本、韓国、中国を核としたネットワーク
 - フランスが主導する地中海ネットワーク



MBIR reactor (main ideas)

- Fast reactor
- Sodium cooling
- Power - 150 MW
- Fast neutron flux 5×10^{15}
- Several loops for different coolant
- Start of the operation - 2017



"A leading scientific centre that is open to international participation and welcomes scientists from other countries to work on joint or similar programs. An International Centre of Excellence based on a Research Reactor has the facilities, staff and programs to support the generation of one or more world class international competencies and development of new leading edge technologies."

- New opportunities for access to state-of-the-art nuclear facilities.
- Accelerated competence building in nuclear sciences and energy.
- Cost effective addition to scientific infrastructure.
- Greater scientific recognition and prestige.
- Enhanced utilisation.
- Increased scientific resource base.



Concept of ICERR (Int. Centre of Excellence of RR)

利用者から見たJMTRの得失

- 中性子フラックスがもはや不十分
 - IASCCの研究では1dpa以上の照射量が必要
 - 軽水炉の長寿命化に対しては10dpa程度の照射が必要
 - 次世代炉では数10dpaが最低限必要
- 構造的な優位性
- 積み上げてきた利用者とのインターフェイス
- その他

実は日本は、日本原子力研究開発機構と大学共同利用組織との連携を通じて、世界のモデルとなる原子炉利用システムをくみ上げてきている。

そのハードウェアは勿論、利用高度化に不可欠なソフトウェア、仕組みを持っているのは大きな強みである。

欧米が現在進めようとしている利用者と原子炉運転管理組織とのインターフェイス構築は日本において既に確立されたものである。



材料部会企画セッション

材料照射研究の現状と今後の展望 (3) イオン加速器による材料照射研究

東京大学 阿部 弘亨

1

イオン照射法の特徴

pros

- ・ 実験が比較的容易、安価、低放射化、系統の実験容易
- ・ カスケード損傷：
 - ・ 中性子照射と共通。電子照射との差別化
 - ・ はじき出しカスケード：瞬間的溶融した微小領域
 - 格子欠陥の空間的密集、可動欠陥クラスタ形成容易
 - 相変態、非晶質化

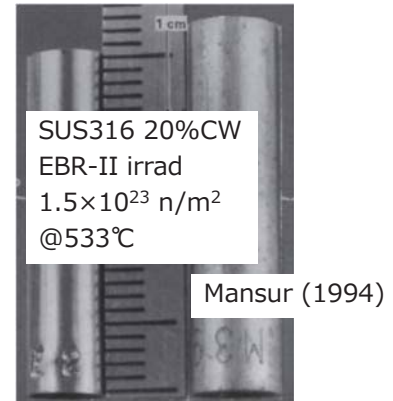
cons

- ・ 物質との相互作用が強い → 損傷が表面に限定
- ・ 損傷分布の空間的偏在 → 高温では拡散影響
- ・ 照射速度が比較的高い → 損傷速度効果、温度シフト
- ・ 異種元素の注入

2

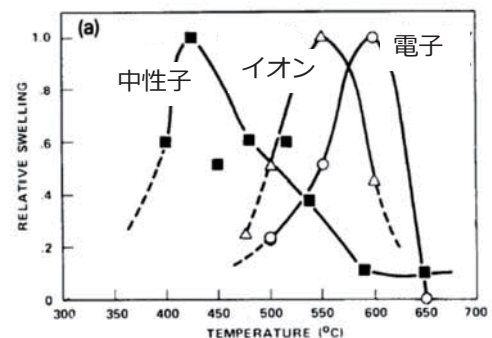
中性子照射との関連の必要性

- 中性子照射実験のcons
 - ・ 時間と費用を要する
 - ・ 放射化の問題
 - ・ 実験条件の設定困難 → 系統の実験の難しさ
- 技術的必要性
 - ・ オーステナイト鋼の照射スウェリング



現在までの知見として

- オーステナイト鋼等のボイドスウェリング
 - 温度シフト効果（実際には速度効果？）
- これ以外の照射相関については知見は皆無（？）

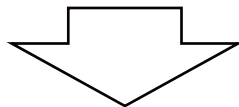


Bleiberg (1977)

3

現在求められている知見は何か

- 照射劣化を抑制、制限、予測できる材料の開発
 - 微細粒化、ナノ粒子分散など
- 本質的には、構造材料としての性能維持が求められる
 - 強度（降伏応力等）



- イオン照射は機械設計上の要求に応えることができるか
 - ・ 端的には「できていない」
- では、イオン照射に携わる研究者は何をしてきたか
 - 中性子照射ではできないことに挑戦
 - ・ 欠点を回避しつつ科学的知見を得る
 - ・ 欠点を理解して照射相関に挑戦する
 - 問題のすり替え（^^）

4

欠点を回避しつつ科学的知見を得る

- 照射その場観察
 - カスケード由来の二次欠陥
 - 点欠陥移動の活性化エネルギー
 - 照射誘起相変態
 - 照射誘起偏析
 - 可動欠陥クラスター
 - 材料強化因子の照射下安定性
- 照射後組織観察、分析
 - ボイドスウェリング
 - バブル

等々

5

欠点を理解しつつ照射関連に挑戦する

- He注入
 - サイクロトロン照射＋エネルギーデグレーダー→機械試験
 - Heをバルク材料に均一に注入する
 - He脆化の測定（東北大）
 - 照射硬化の測定への展開あり（東大／東北大）
- イオン照射＋微小硬さ測定
 - イオン照射の損傷領域の硬さ測定
 - 照射硬化の微細組織依存性（東大）
- イオン照射＋CVM法（京大）
- イオン照射＋アトムプローブ法（INSS）

6

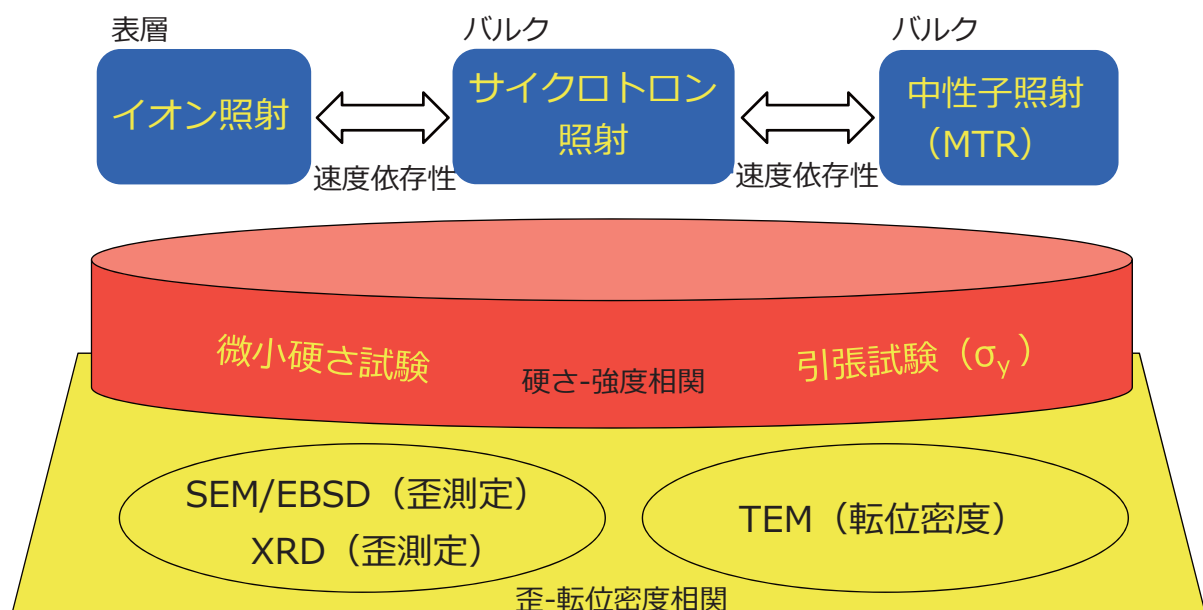
欠点の克服はできないか（新しい試み、アイデア）

- 超微小試験
 - TEM内その場引張（福井大）
 - FIB/SEM内その場加工、引張（INSS）
- 表面ひずみの測定＋イオン照射＋機械試験（＋その場SEM）
 - EBSD法による歪測定（KAM、GOS等）
 - 微細結晶材料に対しては有効な手段
 - 機械試験その場EBSD分析ができればより有効
 - EBSD測定と機械的性質の相関式、コンタミの解決
- イオン照射＋引張試験
 - サイクロトロンで実現可能。バルク成立性に制限あり。

7

照射相関へのストラテジー（一案）

命題： 機械的性質の照射影響に関する中性子-イオン照射相関の取得
対象： 微細粒鋼（薄板でもバルク性を期待できる材料。先進材料）



8

「核破碎中性子源による材料照射 研究の課題と展望」

菊地賢司・茨城大学

研究協力者

照射後試験: 斎藤 滋、濱口 大、

加速器照射: Yong Dai、Stuart Maloy, Lou Mansur

科研費: 川合將義他

照射材料: 菱沼章道、沢井友次、若井栄一他

核変換システム: 大井川宏之、辻本和文、西原健司、菅原文徳他

トリチウム測定: 中村博文、小林和容、横山須美、山西敏彦

JAEAホットラボ: 遠藤慎也他

2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

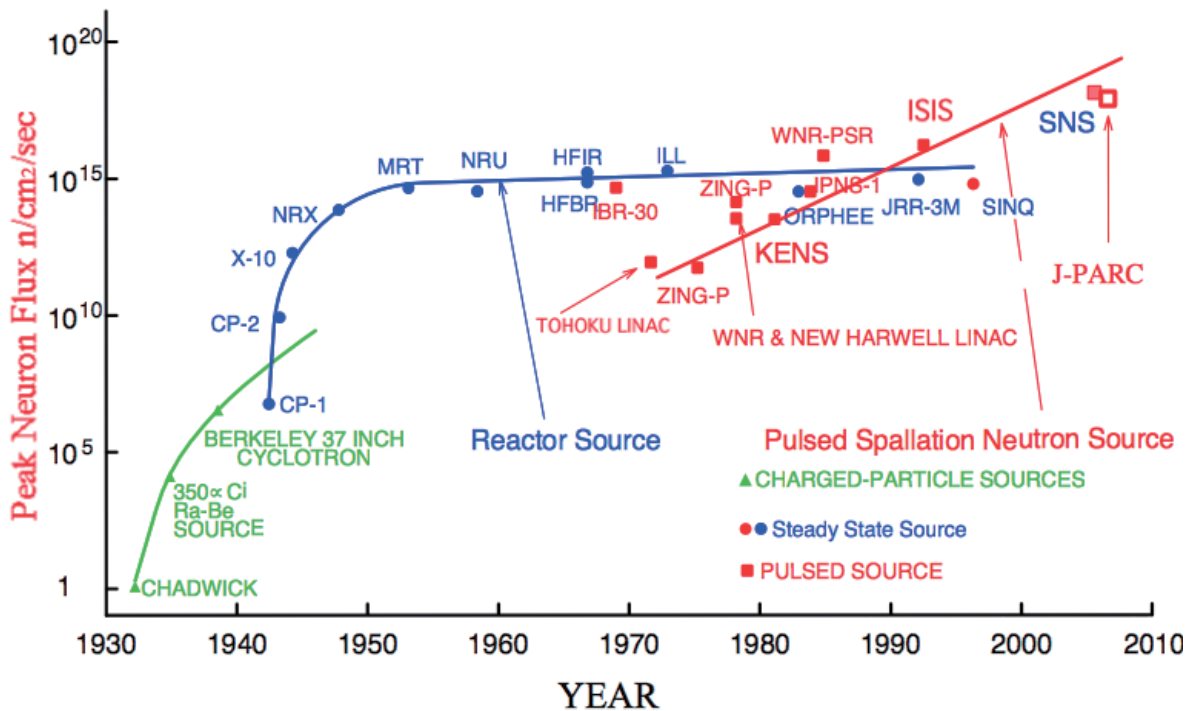
1

1. 核破碎材料研究のねらい

- 高エネルギー陽子照射による構造材料特性の変化は、中性子照射(原子炉、核融合炉条件)の場合と同じか? 異なるか?
- J-PARC、US-SNS、EU-SNS(当時)の大強度中性子源標的の寿命に及ぼす高エネルギー粒子照射の影響は何か?
- 核破棄物の核変換システム(ADS)を想定した陽子ビーム窓材料の選定は?
- 共通するのは、加速器駆動装置で使う材料の交換寿命と装置の成立性を見極めることが研究の狙いである。

2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

原子炉と加速器に見られる中性子束の推移

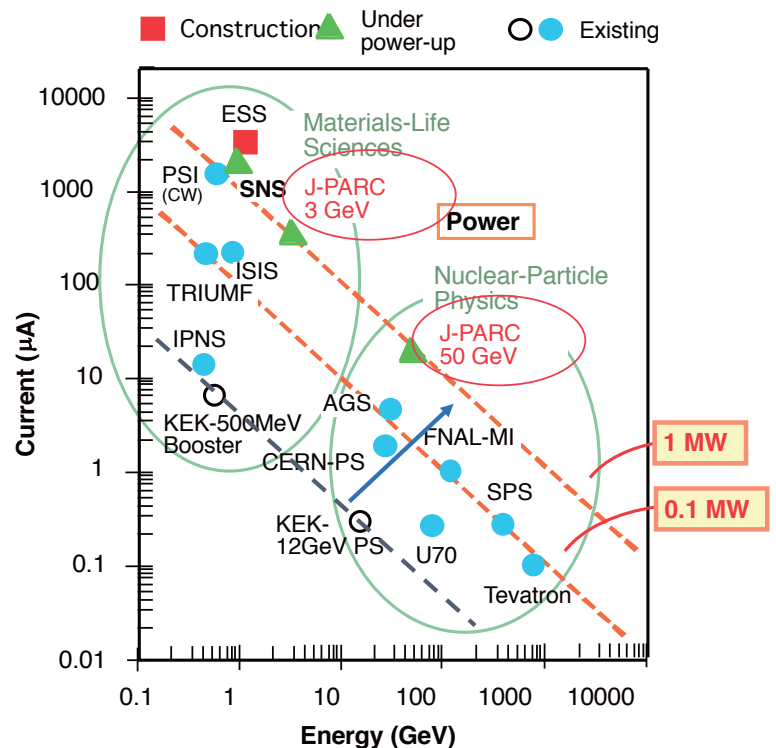


2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

世界の加速器施設の出力

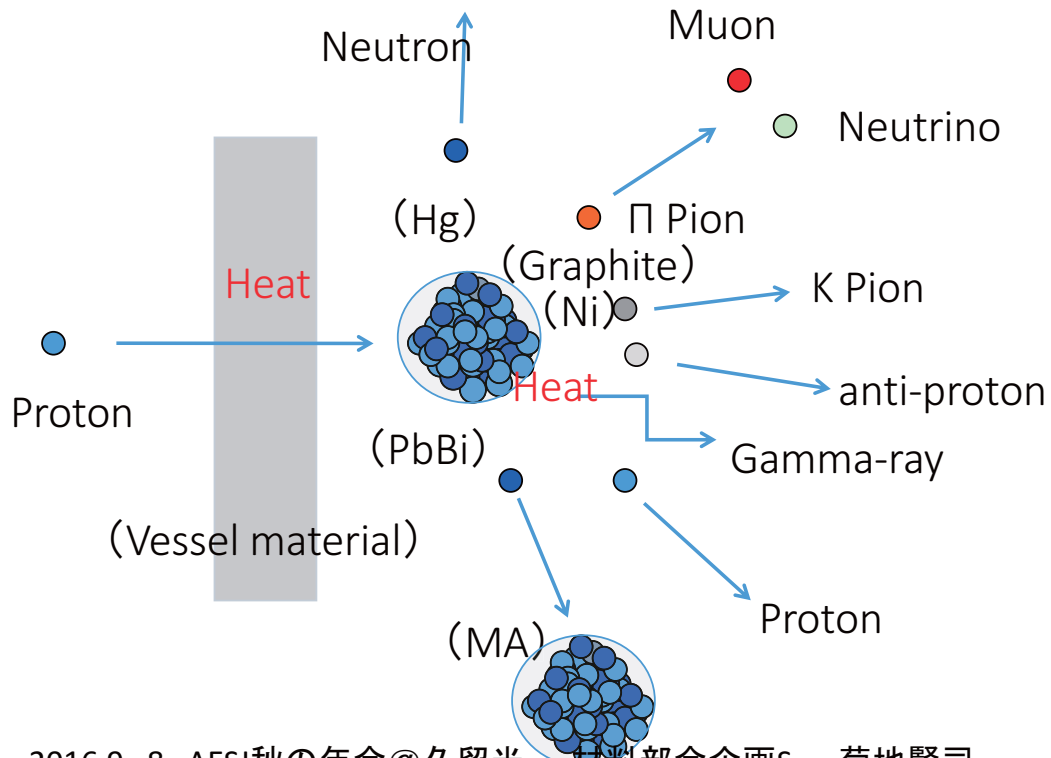
Energy-Current map of the world accelerator facilities including proposed and under power-up machines, which will realize 10-100 times higher power than existing accelerators. KEK and IPNS facilities were already shut down.

ESS will be complete in Lund, Sweden, 2019.



2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

Application of high power accelerator



2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

核発熱

入射陽子及び2次粒子の電子励起によるエネルギー損失、 γ 線の電離過程を考慮して発熱量が計算される。

PHITSコード (General-Purpose Particle and Heavy Ion Transport code System)。発熱は瞬時に起こり、生じる熱膨張は熱拡散よりも速く断熱的に起こる。その結果、物質全体に体積変化を促し、圧力波として周囲に媒体の音速で伝搬する現象を生み出す。また、固体では変形波として周囲に伝播する。

BNL-ASTE、24GeV照射実験1997- 直径約20cm、長さ1.3mの円筒形標的に水銀を充填し、24GeV、 5×10^{12} 個／バンチの陽子を打ち込み、標的の中に配置した熱電対により温度分布 $T(r,z)$ を測定した。図5。核-構造計算モデルは検証済み。

$$q(r,z) = \xi \left(1 - e^{-\frac{z-z_0}{\lambda_{\gamma}}} \right) \cdot e^{-\Sigma \cdot z} \cdot \left\{ 1 - \left(\frac{r}{r_s} \right)^2 \right\}$$

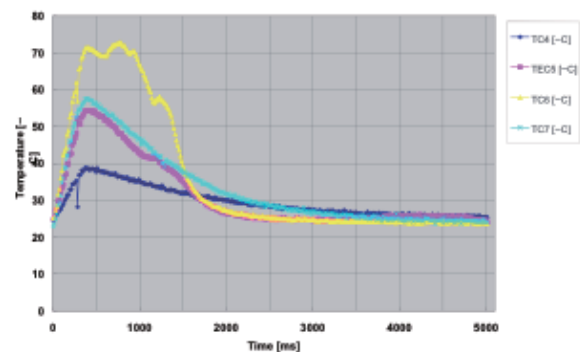


図5 12バンチ入射時の水銀ターゲット温度測定例

$$\Delta T = \frac{\Delta Q}{\rho C_p}$$

例) Hg 10.98K

ΔQ (J/cm³) : 発熱密度 20W/cm³
 C_p (J/g/K) : 物質の比熱 13.29g/cm³
 ρ (g/cm³) : 物質の密度 0.137J/g/K



2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

核変換装置概念ビーム窓材料の損傷評価例 1. 5GeV

- JAEAが提案するMAを処理する核変換装置概念におけるビーム窓材料への負荷計算例を示す。
- 陽子エネルギー1.5GeV、陽子電流10~20mA、鉛ビスマス核破碎ターゲット／冷却材、未臨界炉の実効増倍係数0.97、熱出力800MW、窒化物燃料条件。
- ビーム窓を厚さ数mmの鉄鋼材、陽子電流密度は約 $12\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 。
- 入射陽子の粒子束密度が $7.57 \times 10^{13}/\text{cm}^2/\text{s}$ に対し、2次粒子としての陽子が $5.53 \times 10^{12}/\text{cm}^2/\text{s}$ 、中性子が $4.40 \times 10^{15}/\text{cm}^2/\text{s}$ 、でほとんどが10MeV以下である。
- DPAは1次陽子の寄与が年間300日の稼働で4.2、10MeV以下の中性子は47となる。ヘリウムの生成量は、1次陽子による寄与は709 appmHe(4)に対し、中性子の全寄与は110 appmHe(4)に過ぎない。He(3)も考慮して、1次入射の陽子による寄与が圧倒的に多い。

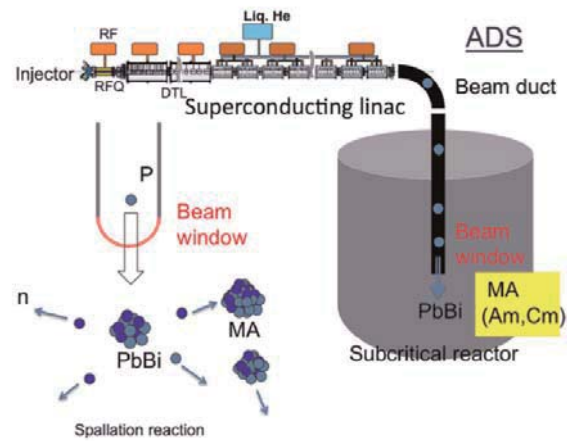


表2 ADS放射線場の評価例(西原他)

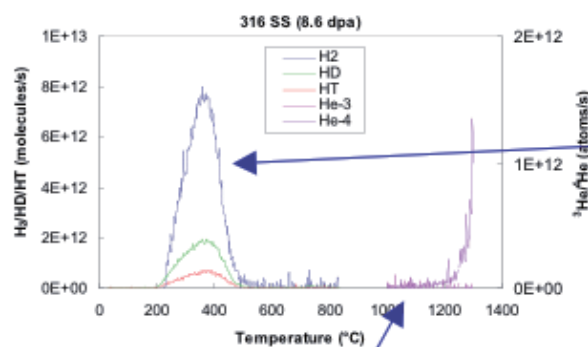
Item	Incident proton	Proton	Neutron(>10MeV)	Neutron(<10MeV)	Total
Flux/cm ² /s	7.57E+13	5.53E+12	8.28E+13	4.32E+15	4.49E+15
Heat [W/cc]	229	75	7.2	63	375
DPA[300fpd]	4.2	0.31	3.6	47	55
H [appm,300fpd]	3119	1831	725	502	6178
D [appm,300fpd]	727	1.8	7.2	0.082	736
T [appm,300fpd]	163	0.27	0.72	0.054	164
3He [appm,300fpd]	130	0.2	0.28	3.60E-06	130
4He [appm,300fpd]	709	5.5	45	65	825

1次粒子、2次以降の粒子>>>>、計

2016.9.8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

残留ガス測定

- SINQ, 580MeV陽子照射材のH、He同位体の残留ガス測定結果(Oliver)。
- 実験は鋼材を一定加熱速度で1250℃まで加熱し、放出されるガスH₂、HD、HT、4He、3Heの温度依存性を質量分析計で測定している。
- 水素の同位体は200-300℃から放出が始まっているが、Heの放出開始は1000℃であった。トリチウムについては、質量分析計では量が少な過ぎることにより測定できていない。B M Oliver, Y Dai, R A Causey, NUMA 2006,



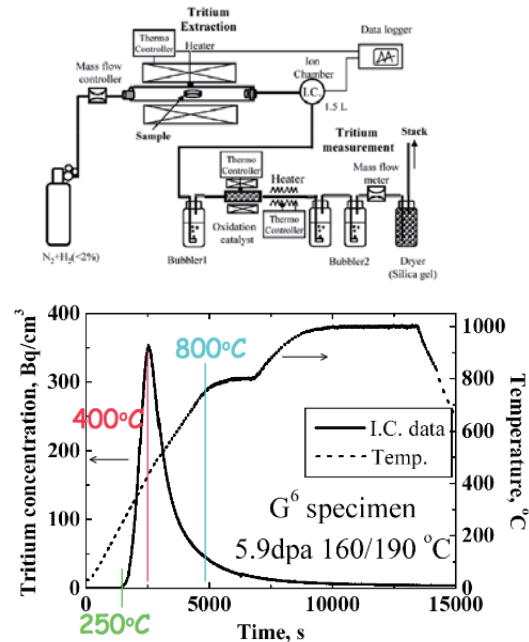
ピークは375℃。19.6DPAの場合には465℃、しかし放出量は少ない。

ヘリウム放出は～1100℃から始まる。

図7 SS316からの残留ガス放出測定例¹⁶⁾

照射材に残留するトリチウム測定

- 照射材の加熱実験で、拡散してきたTをイオンチェンバーと液体シンチレーションカウンターで測定。
- 核破碎材料の軽核ガスの生成量は、0.6GeV陽子で500 appmH、80appmHe。エネルギー依存。
- T残留率は、3年余で20%弱。
- 水素は材料温度250°Cから材料内可動が顕著であった。



Results of tritium measurement of SS316

Specimen	Residual T ^a (MBq)	Residual T (R) ^b (MBq)	Generated T (G) (MBq)	R/G (%)
G ⁶	1.37	1.75	8.6	20
G ²	0.91	1.16	7.3	16
G ³	0.87	1.11	7.3	15

^a Measured values at a time of 1280th cooling day.

^b Estimated values at a time after irradiation.

JNM-2010,2008

2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

オーステナイト鋼の陽子照射と機械強度

- 当初、LANSCE (Los Alamos Neutron Science Center) の800 MeV陽子加速器で照射した材料316Lの、塑性不安定量STN (strain to necking)は、3DPA以上でほぼ零となるデータがあり、核破碎条件での特有な現象かと考えられた。照射温度は室温~164°Cであった。
- 我々の実験値は異なった。
- 核融合材料のデータベースで得られた中性子照射材との比較では、陽子照射材の伸びの低下は著しいことがわかった (Mansur)。
- そこで、陽子照射材への関心は、より高いDPAにおける伸びデータの評価であった。

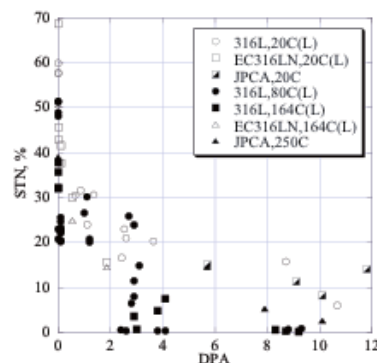


図8 陽子照射されたオーステナイトステンレス鋼のDPAとSTNの関係。LはLANSCE照射材のデータ。

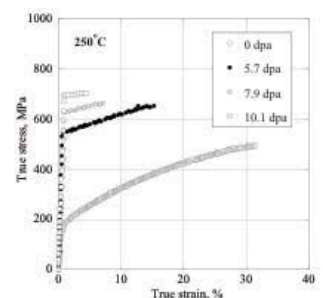
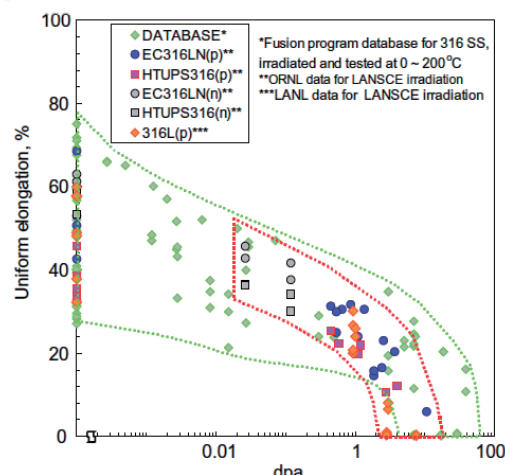


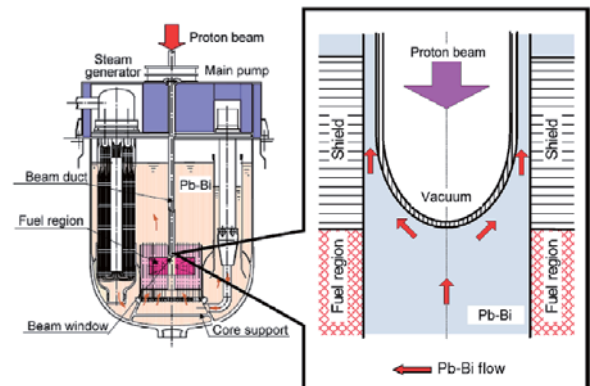
図9 SINO照射材JPCA鋼の真至み一真応力線図。



2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

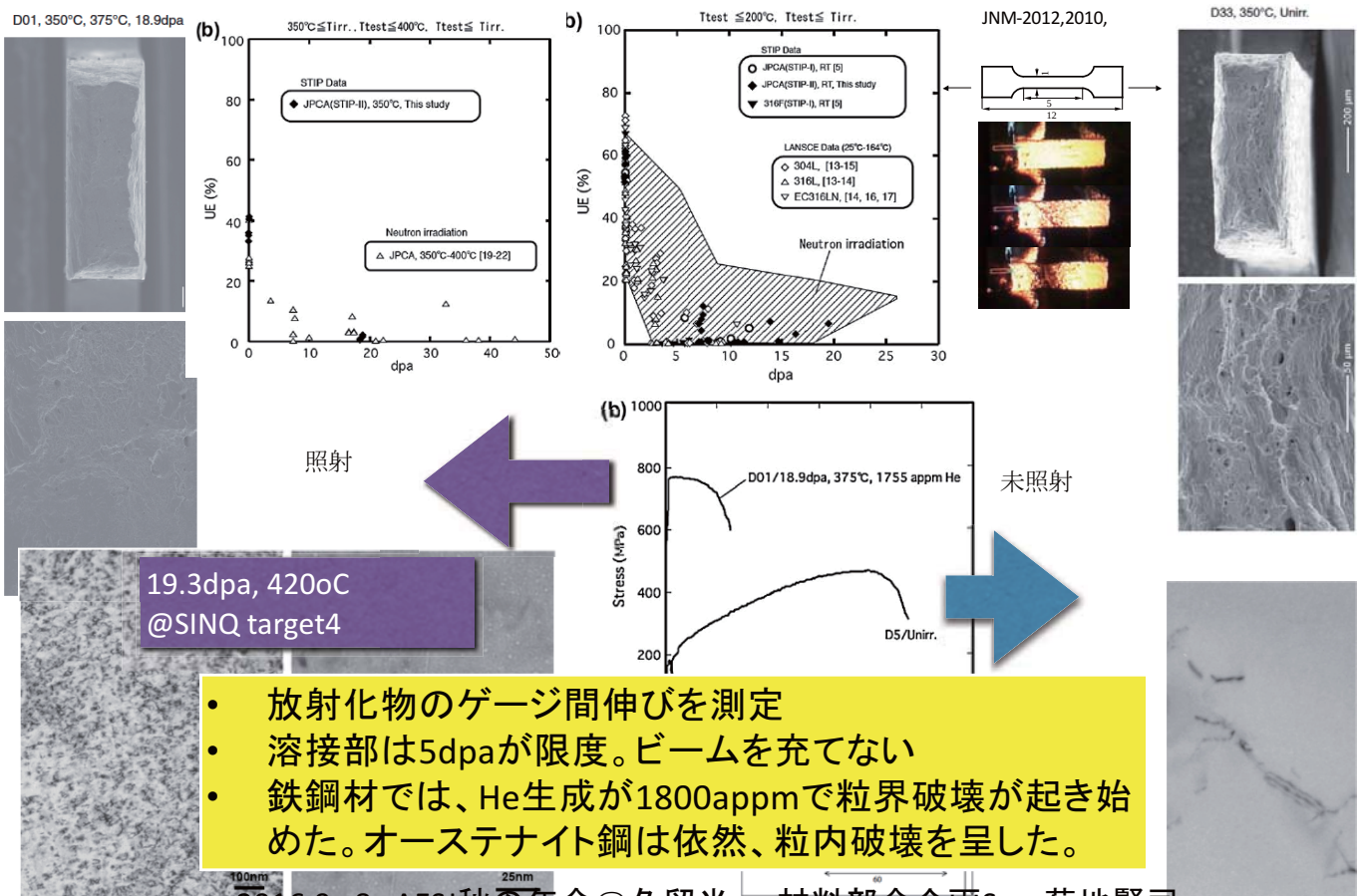
オーステナイト鋼—延性の回復及び冷間加工、溶接の効果

- LANSCEで6.5DPAまで照射したSS304鋼は700℃での熱処理により強度を保持したまま延性の回復が可能であった。しかし、現実的ではない。
- SINQにおいて250℃以下、＜6DPAで照射したSS316L鋼の溶体化熱処理材(SA)、20%冷間加工材(CW)、EBW溶接材の比較では、CW材の強度はSA材より高いが3DPAでの延性が1%以下となった。
- SA材では高DPAの実験は済み、破面も延性的であることが確認済み。CWは、やり残している。
- EBW材はSAに比べて強度・延性とも低く、5.6DPAでは溶接部で破断した。Chen, NUMA 2005。これは重要な問題で、溶接部にビームは充てないように設計で対応することを推奨。

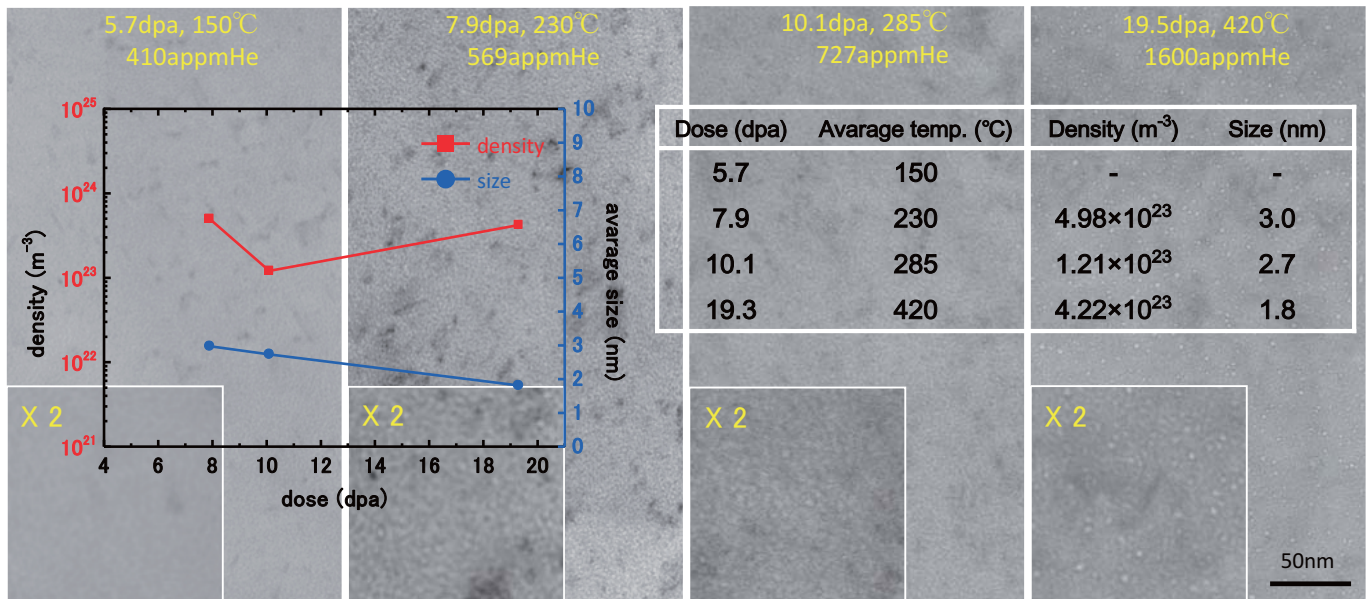


2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

オーステナイト鋼照射実験の結果1



2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司



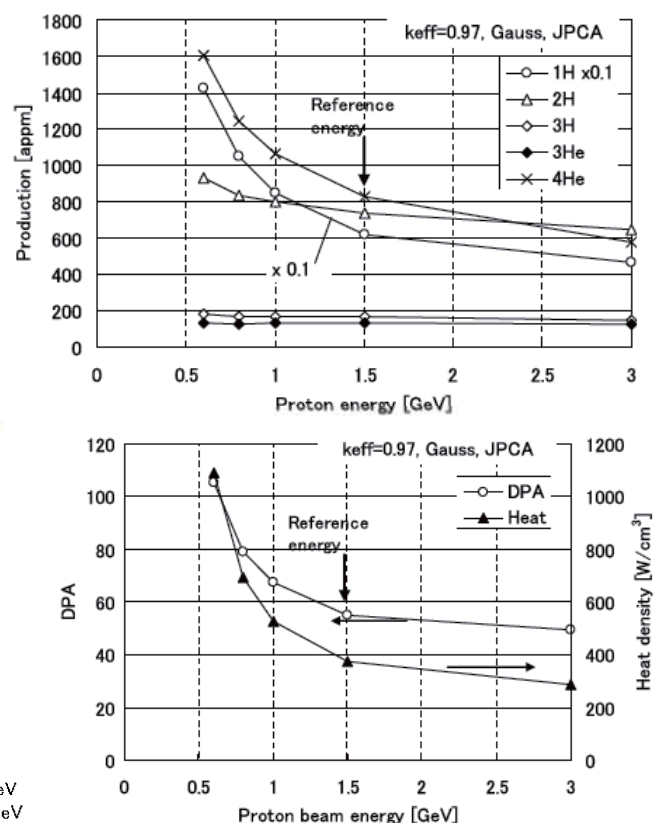
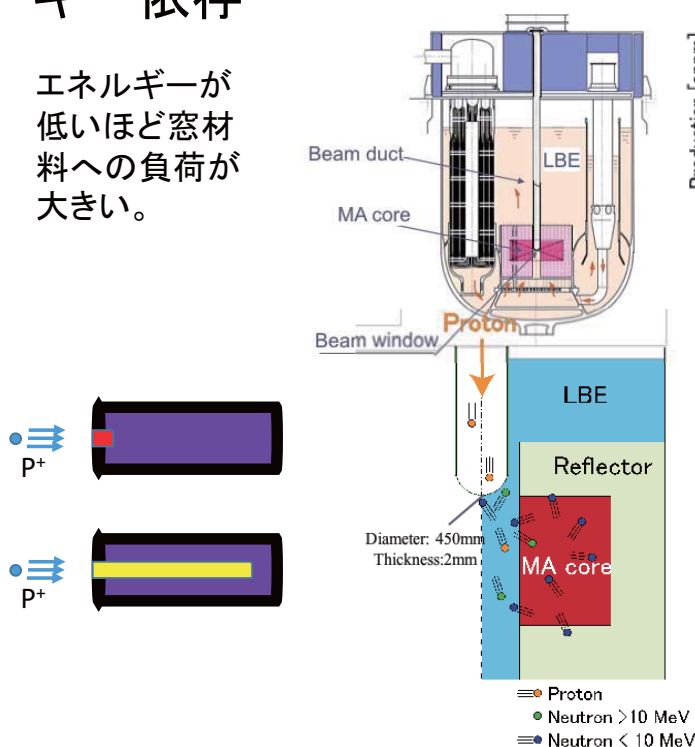
- ◆ Very high density of small He bubble formation at very low temp. and dose compared to conventional neutron irradiations.
- ◆ He bubble behavior show quite different manner compared to neutron irradiation with low He production rate.
- ◆ The density of He bubble dose not change much and the size decreased with irradiation dose and temperature.

2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司 Hamaguchi

核変換装置概念ビーム窓材料の損傷評価例ーガス生成量、DPAの入射エネルギー依存

13

エネルギーが低いほど窓材料への負荷が大きい。



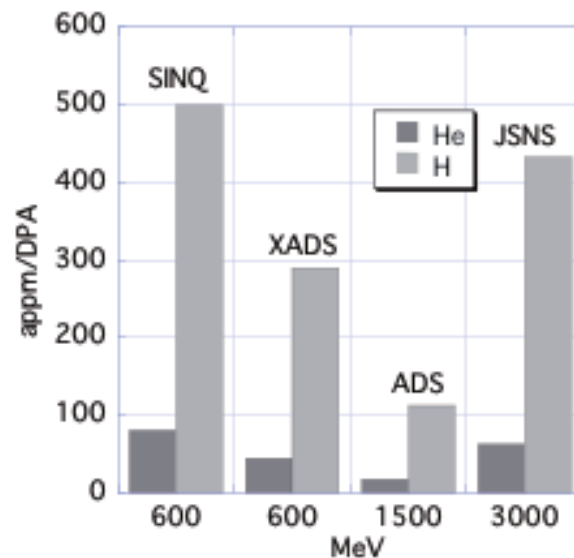
2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米

材料部会企画S

菊地賢司 Nishihara

ガス生成量と中性子源装置

- ADSにおいて小さな値となっているが、これは中性子による損傷値が大きく、かつ中性子のガス生成への寄与が小さいためである。
- SINQとJSNSは似通ったガス生成量を示す。

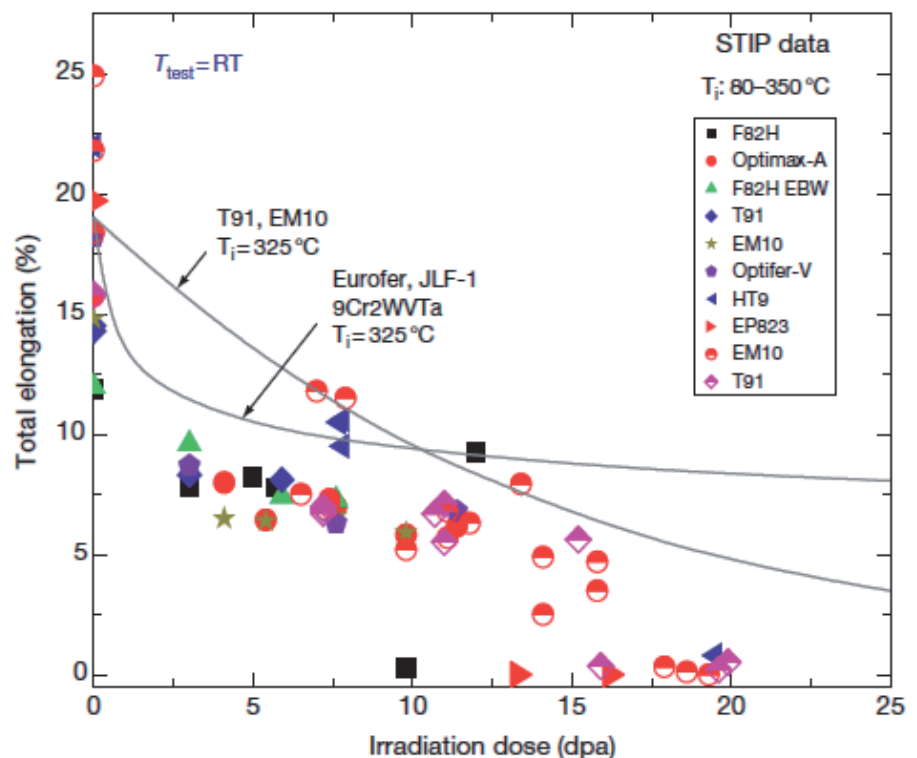


図I DPA 当たりのガス生成量の比較

2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

FM鋼の陽子照射

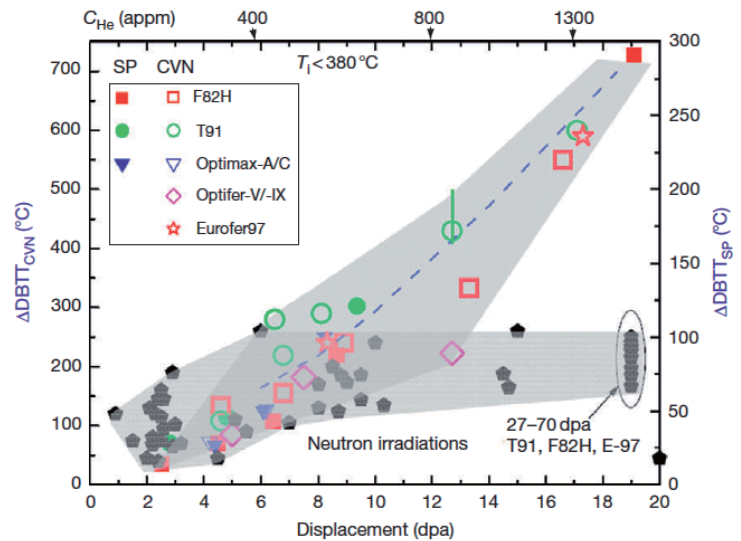
- 途中では、原子炉照射と同じようだが、10-18dpaで、全伸びがほぼ零。破面は、粒界及び劈開の混合であった。
- Dai,Y.;et al. NUMA (2011),415,306.



2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

FM鋼照射実験の結果 DBTT変化量

- スモールパンチ試験、直径3mm、厚さ0.25mmのTEMデスクと呼ばれる円板を押し込んで変形させるエネルギーの変化から求めたDBTTの変化量($\Delta DBTT_{SP}$)、シャルピー衝撃試験から求めたDBTTの変化量($\Delta DBTT_{CVN}$)と、材料中のヘリウムガス生成量との関係が報告されている(Yong)。
- $\Delta DBTT_{SP} = 0.4 \Delta DBTT_{CVN}$ の関係を用いて陽子照射と中性子照射試験結果を評価している。
- 加速器照射のDBTT上昇は原子炉に場合より大きい。
- Dai,Y.;Wagner,W.J.Nucl.Mater.2009,38,9,288.



2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

まとめ

- 高エネルギー陽子照射による構造材料特性の変化は、中性子照射(原子炉、核融合炉条件)の場合と同じか？異なるか？**質的に全く異なる機械特性の変化は示していない。オーステナイト鋼: 同じdpaに対して延性の低下は大きい。FM鋼: 750から1300appmHeで破面が粒界及び劈開の混合を示す。**
- J-PARC、US-SNS、EU-SNS(当時)の大強度中性子源標的の寿命に及ぼす高エネルギー粒子照射の影響は何か？**溶接部にはビームを直接充てない。**
- 核破棄物の核変換システム(ADS)を想定した陽子ビーム窓材料の選定は？

2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

まとめ2

- ADSは、高エネルギー陽子加速器(加速器)と高速中性子原子炉(高速炉)よりなる。高速炉用の材料開発は、これまで高速増殖炉開発で培われているのでその材料技術を応用することが可能である。燃料被覆管部材には高温強度に優れるフェライト・マルテンサイト鋼(FM)、酸化物分散強化型合金(ODS)が適用可能である。ADSで固有な部分は高エネルギー陽子が通過する陽子ビーム窓となる。材料の選択は、脆性破壊を起こさないオーステナイトステンレス鋼(AS鋼)が適していると考えられる。交換頻度は2年が想定される。
- 中性子源標的(水銀)、日本、米国では、容器材料はAS鋼である。
- MEGAPIEと呼ばれるスイスのポールシェラー研究所が中心となってADS用材料開発等を目的に国際共同実験とその後の実験の成果の検証を行っている。短期間ではあるが4ヶ月間にわたる(2006.8-12)陽子照射実験では採用した鉛ビスマス温度は230—320℃であり、用いた材料はT91鋼とSS316LのAS鋼である。得られる材料データは、①T91鋼:高エネルギー陽子照射下における鉛ビスマス環境下での液体金属脆化と延性脆性遷移温度の低下、②AS鋼:中性子照射下における鉛ビスマス環境下での耐久性、IWSMT13で発表される。

2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

- ご清聴ありがとうございました。

2016.9. 8 AESJ秋の年会@久留米 材料部会企画S 菊地賢司

II. 第 8 回材料部会奨励賞受賞者のよろこびのことば

材料部会奨励賞選考会議による審査の結果、第 8 回材料部会奨励賞に、東京工業大学の高 雲氏、京都大学エネルギー理工学研究所の張 哲先氏が選考されました。表彰式は、2016 年度秋の大会材料部会第 31 回総会（2016 年 9 月 8 日 12:00～13:00、久留米シティプラザ）において執り行われました。各受賞者からよろこびのことばが届きましたので、以下に紹介させていただきます。

「分子動力学法解析と実験による鉛系液体金属の物理的特性に関する研究」

東京工業大学 高 雲 (Gao Yun)

この度、第 8 回日本原子力学会材料部会奨励賞を頂きまして大変光栄に存じます。これまでご指導頂きました東京工業大学大学院原子炉研究所の高橋実教授、野村 雅夫先生を始め、留学先であるミラノ工科大学で分子動力学法解析を教えてくださいくださった Guido Raos 教授、Carlo Cavallotti 教授に心より深く感謝申し上げます。また、実験装置の作製に当たり、いろいろご協力とご助言をくださった原子炉研究所製作工場の松井 昭治様に厚く御礼を申し上げます。

本研究では、次世代原子炉の冷却材ならび加速器駆動核変換炉の核破碎ターゲット材と冷却材の候補である鉛ビスマス合金と、核融合炉のブランケット材の候補であるリチウム鉛合金を対象として、実験および解析によって合金の物理的特性について究明しました。

鉛系合金の物理的特性、特に金属不純物の鉛ビスマスおよびリチウム鉛における拡散係数は原子炉や実験ループ内の物質輸送解析において重要ですが、それに関連する明白な研究報告がありませんでした。本研究ではまず、鉛ビスマスおよびリチウム鉛における Fe と Ni の拡散係数を Fick の第二法則に基づき求めるための毛細管中の拡散実験と、ICP-MS 分

析による濃度測定法に改善を加えて実験方法を確立しました。確立した手法を用いて、温度 300℃から 650℃の鉛ビスマスとリチウム鉛における Fe 及び Ni の拡散係数の温度依存式を得ました。一方、分子動力学法による解析評価では、原子埋め込み法 (Embedded Atom Method, EAM) を応用した古典的分子動力学法 (MD) を用いた液体鉛合金中の金属不純物拡散の解析方法を提案し確立しました。モデリングした液体鉛合金の密度、比熱、粘性係数などの物性について計算し、その結果を既存の実験結果との比較によりモデルの有効性について検証した後、Fe および Ni の拡散解析を行い、解析結果と実験結果との比較により拡散現象の機構を原子レベルで究明しました。上記の研究を通して、Fe、Ni の鉛ビスマスと



リチウム鉛における拡散について定量および定性的に評価でき、鉛ビスマス合金においてFe、Ni 原子が拡散しながら凝集することは興味深い結果です。

今回の基礎研究を通じて鉛系重金属の物理的性質が明らかにされ、改良した毛細管法およびEAMを応用した分子動力学法解析は、鉛合金中の他の不純物金属の拡散研究にも利用

されると期待します。また、求めた拡散係数が液体金属冷却高速炉内や核融合炉内の物質輸送解析の発展に寄与することは最終的な目標ですが、道程が遠く、更に裾野を広げ、少しでも役立つ知見を得られるよう、研鑽を積んでまいりたいと存じます。今後とも、ご指導ご鞭撻のほどよろしく申し上げます

「イオン照射下における再結晶タングステンの損傷組織形成挙動の解明」

Kyoto University 張 哲先 (Zhang Zhexian)

It is a great honor for me to be granted with the 8th Zairyo-bukkai Shorei-sho award from the Materials Science and Technology Division in Atomic Energy Society of Japan (AESJ). I was matriculated at Kyoto University in 2013 and received the doctoral degree in energy science in the year of 2016. Since then I started my career as a researcher in the Institute of Advanced Energy, Kyoto University. The research related to the award was performed under the supervision of Prof. Kimura, and has had assistance of Prof. Yabuuchi, Prof. Kondo, Prof. Kasada and all the other staff and colleagues, to whom I should show my gratitude from the bottom of my heart.

This research on tungsten (W) is related to the application in nuclear fusion reactor, where heavy heat load and neutron irradiation will occur during operation on the tungsten armor for the divertor. The bombardment will generate 0-dimension defects including interstitial atoms and vacancies, and their clusters. By the motion of thermal diffusion, these defects could form into dislocation loops, void, helium bubbles, precipitate, etc.; the resultant hardening and swelling could degrade its functions as a cooling pipe shield.

To understand the microstructural evolution and therefore the mechanical behavior especially on the temperature dependence and recrystallization effect, irradiation by heavy ions, instead of neutron, was carried out at

DuET, Kyoto University, in a wide temperature range correlated with its operation window. Under the help of a transmission electron microscope (TEM), the microstructure could be viewed in a nanometer scale. At the temperature ranged from 300°C to 700°C, dislocation loops appeared in a 1-dimentional loop string formation, which indicated that the dislocation loops have strong interaction with each other to a certain crystal orientation. Dislocation networks also formed in the highly damaged area. However at 1000°C, the dislocation loops surprisingly arranged in a 3-dimentional matrix throughout the grain until distorted by the grain boundaries. Such



morphology was given a name “loop lattice” compared to the “void lattice” that have been observed in many other irradiated materials. Further investigation reviewed this loop lattice have a body center cubic structure, whose $\langle 100 \rangle$ is parallel to the $\langle 100 \rangle$ direction of the host material. Loop lattice offered us an opportunity to investigate the strain field of the dislocation loops at an equilibrium state. Together with the irregular separated distribution of the dislocation loops and voids at 1000°C, the high temperature irradiation has brought us a mystery kingdom of microstructure evolution that need to be explored in future.

There are several other aspects still unclear yet. First, even though we can control the temperature by cooling system, the surface of W armor will reach to the recrystallization temperature in any case. Such heat load, which

could heal the irradiation damage or give worse impact, is not approachable by current ion-irradiation facilities (these are expected at $>1400^\circ\text{C}$). Second, should we initially apply a W-Re alloy in place of pure W, or say, will the transmutations benefit or be detrimental to the radiation properties? Third, how could we ignore the orientation dependence which indeed have significant effect to the irradiation and nano-scale mechanical test? Some subjects are presently under investigation by our group and I genuinely hope we will achieve great success soon.

Now I am proceeding to the oxide dispersion strengthened steels with an up-to-date FETEM. The award from AESJ has encouraged me towards my research work with immense zeal greatly, not limited to a microscopist but to devote myself to fundamental and theoretical researches as well.

Ⅲ. 寄稿

JMTR 廃止について思うこと

東北大学名誉教授 松井秀樹

1. はじめに

JMTR の廃止が進められている[1]。2017 年 1 月 31 日に文部科学省原子力科学技術委員会・原子力研究開発基盤作業部会において、施設中長期計画の中で報告が行われた。

筆者は茨城県大洗町にある JAEA 構内の JMTR に隣接して設置されている東北大学金属材料研究所・材料試験炉利用施設(平成 16 年より「量子エネルギー材料科学国際研究センター」と改称、以下「大洗センター」と呼ぶ)に着任から 2007 年まで、我が国の大学を始めとする原子力材料、燃料研究者とお付き合い戴いてきた。また、JAEA の炉内中性子照射等専門部会長としても、JMTR の利用に深く関わってきた。JMTR は 2006 年 8 月以来運転されておらず、我が国のもうひとつの照射施設である「常陽」も 2008 年の計装線切断不良トラブル以降運転されていない。このことによる、材料照射研究の進展に及ぼす悪影響は計り知れない。このような状況の中での今回の JMTR 廃止の決定に非常に危機感をもったことが、この小文を執筆している動機である。

2. 材料照射施設の役割

震災以降、原子力発電を取り巻く環境は大きく変化し、原子力に対する依存度を下げようとする力が強く働いている。しかしながら、気候変動等を中心とする環境保全上の課題や、エネルギーセキュリティ、産業の競争力維持、等の課題を考えると、基幹電力としての原子力に依存せざるを得ない状況は近い将来に大きく変わることは考えにくい。さらなる安全性を原子力発電に求めて行く上でも、照射施設の必要性は明白である。材料試験炉の現状の役割としては、一般に材料照射、燃料照射、RI 製造、中性子ドーピング、さらには BNCT (ホウ素中性子捕捉療法) 等での利用があるが、詳細については既にいくつかの報告[2]があるので、ここでは筆者の専門に近い材料照射に絞って述べることにする。国内に照射炉がないと

どういうことになるだろうか。当然海外炉を利用することになるが、その場合何が違うか以下で考えてみたい。

3. JMTR による精密照射の事例

筆者は各大学等の研究者による照射研究を大洗センターの共同利用を通じてお世話させて戴いてきた。その中で、JMTR を利用できたことによる利益をご理解戴くために次の例を挙げたい。照射欠陥の挙動が照射温度や損傷速度等のパラメータに強く依存することは常識であるが、原子炉を用いた照射研究でこのことが重視されるようになったのはそれほど古いことではない。照射温度は熱電対等を用いた計測ではなく、 γ 線による加熱と熱伝導等による外部への放散のバランスに基づく熱計算により推定していた。実際の照射温度はウッドメタルのような低融点合金が溶融した痕跡を見ることにより推定していたが、精度は不十分でしばしば両者に矛盾が生じることがあった。1990 年代前半になってから桐谷[3]の指摘により、いわゆる精密温度制御照射が試みられるようになった。

桐谷の指摘を筆者なりに要約すると、照射損傷組織の照射履歴依存性が重要であることと言えようか。従来の考え方では履歴の効果は照射の後半に受けた照射条件に相当する組織が次第に支配的になるので、重照射組織には影響はない、とされていた。これに対し桐谷は損傷初期に形成された微細組織がその後の組織発達に決定的な影響を与えるため、重照射後も履歴の効果は重要だとした。従来の照射は仮に熱電対による温度計測がなされている場合でも加熱は γ 加熱によっていたため、入熱は原子炉出力に比例する。原子炉起動直後、例えば JMTR の場合は数時間かけて段階的に定格値まで出力を上昇させているが、その期間は計画した照射温度よりかなり低い温度での照射となり、微細組織は一般には計画された温度(初期温度より高温)に比べて高密度の組織となる。その影響が重照射後も強く残る

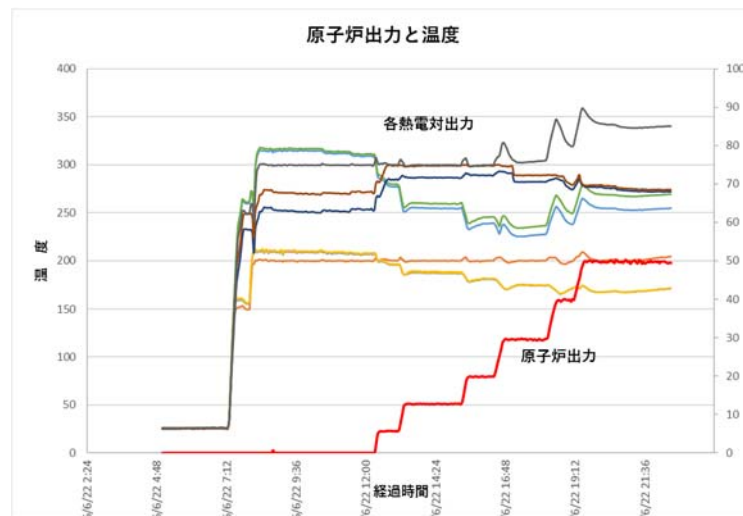


図 1 精密温度制御照射時の各部の温度と原子炉出力。

ことが懸念されたのである。理想的には照射当初から計画された温度で照射が開始されることが望ましく、そのためには電気ヒーターを備えた照射キャプセルが必要である。このような照射を実現するための活動が桐谷の強力なリーダーシップの下で始められた。

照射実験の実施には、特に精密温度制御照射のような特殊な実験では事前の綿密な準備から始まって、キャプセル設計、製作、試料装荷、照射の実施、さらにはキャプセル解体と試料取り出し、仕分けを経てようやく機械試験や電顕観察等の PIE の段階に至るといって、数年にわたる作業過程が含まれる。また多くの場合、損傷速度を同一に保ちつつ照射量依存性のデータを取得する目的で、サブキャプセルを照射途中の 5 段階で引き抜くようにしたために、構造がより複雑になる。

このようにして実施した照射の各サブキャプセル位置での温度と原子炉出力の時間経過を図 1 に示した。赤線の原子炉出力が約 8 時間かけて段階的に上昇していることが見て取れる。一方、原子炉起動前に各部の温度がほぼ所定の温度に制御されており、その後原子炉出力の段階的な上昇に伴って温度制御に乱れが見られるが、ほぼ所期の目的にかなう温度履歴となっていることがわかる。精密温度制御照射キャプセルはその後意図的な温度変動条件下での照射にも発展的に応用され、重要な成果を得ている。

このような原子炉の出力を変化させている中でのキャプセル温度制御等には、JMTR 側と大洗センター職員、研究者の現場での

緊密な連携が重要であり、キャプセル設計から照射に至る一連の作業を海外炉等で実施しようとするれば大きな困難が伴うと考えられる。実際、その後日米協力事業のもとで室賀ら[4,5]により ORNL の HFIR を用いて類似の意図的な温度変動条件下での照射が行われたが、実施にあたった研究者のご苦勞を漏れ聞くとともに、先行して上記の照射の経験があったからこそ実現できたことと考えている。

照射後のキャプセル解体、個々の試料取り出しも神経を使う作業である。キャプセルは強く放射化しているため、ホットセル内でマニピュレータを介しての作業となる。解体、切断を繰り返した後、ようやくグローブボックス内で遮蔽ガラス越しに、ピンセットで TEM Disk 等の小型試料を取り扱える状態になる。この間に試料によっては表面の腐食や水素吸蔵等の好ましくない現象が起こる恐れがあり、それを回避するためにはキャプセル解体担当者と研究者の間の緊密な意志の疎通が不可欠である。

同じように複雑な照射としては四竈[6]らによる JMTR でのセラミックスの照射誘起電気伝導度測定や、「常陽」での温度計測制御照射 (MARICO-1、-2) [7]などがある。いずれも海外炉で実施しようとするれば、研究者の負担は非常に大きくなっていただろうことが推察されるが、それ以上にこれらの特殊照射技術の開発経験とノウハウは海外照射では決して得られないものであることを強調しておきたい。

4. 結び

JMTR の「危機」は今回が初めてではない。1968 年に初臨界を迎え、2006 年まで運転してきたが、原子力 2 法人統合により原子力研究開発機構が発足するにあたり、「必要性や費用対効果を考慮しつつ、施設の整理・合理化を進める、という考え方から、中期計画により 2006 年度 (H18) に運転を停止し、2010 年 3 月までに廃止措置に着手する」とされた。この方針に対し関係コミュニティから懸念が表明され、原子力機構は産官学の委員により構成される「JMTR 利用検討委員会」を設置して検討を進めた。その中で JMTR として改善すべき点として [8]、ターンアラウンドタイムの短縮、コスト削減、照射手続きの簡素化、商用発電炉並みの安全規制緩和への働きかけ、企業秘密の保持、が挙げられている。これらの課題には国内電気事業者が主として海外炉を利用してきたという事実への反省も込められている。報告書 [8] では結論として JMTR の必要な改修と速やかな再稼働が提言され、この提言に沿った評価結果が総合科学技術会議において公表された。JAEA としてはそれ以来、上記の課題に取り組んできたと理解しているが、再稼働を予定していた 2011 年に発生した震災の被害により再稼働を見ずに今日に至っている。

これまで長々と国内照射施設の必要性を述べてきたが、理由は様々であったものの JMTR を始めとする試験炉の長きにわたる停止が原子力材料・燃料研究に与えた損害は大きく、さらに大学院生等を始めとするこの分野での人材育成には計り知れない悪影響を及ぼしていると思量する。今回の機構の判断は非常に残念としか言いようがないが、その理由を知ると納得せざるを得ないということである。しかしながら停止するのであれば、速やかにこれに替わる施設建設のための活動を開始すべきである。その際に新施設はあくまでも JMTR の機能を代替えすべきものであり、照射以外の目的に変更したり、機能を大幅に矮小化させたりすることがないように強く要望して結びの言葉としたい。

参考文献

- [1] 日本原子力研究開発機構施設中長期計画案, (n.d.).
<https://www.jaea.go.jp/02/press2016/p16101801/>.
- [2] JMTR、運営・利用委員会, 照射炉利用ニーズ調査専門部会, 照射炉の照射利用ニーズ に関する調査報告書 平成28年12月 JMTR, (n.d.).
- [3] M. Kiritani, T. Endoh, K. Hamada, T. Yoshiie, A. Okada, S. Kojima, Y. Satoh, H. Kayano, Fission reactor irradiation of materials with improved control of neutron flux-temperature history, *J. Nucl. Mater.* 179–181 (1991) 1104–1107. doi:10.1016/0022-3115(91)90285-F.
- [4] T. Muroga, S.J. Zinkle, A.L. Qualls, H. Watanabe, Varying temperature irradiation experiment in HFIR, *J. Nucl. Mater.* 299 (2001) 148–156. doi:10.1016/S0022-3115(01)00675-4.
- [5] H. Watanabe, T. Muroga, N. Yoshida, Effects of temperature change on vanadium alloys irradiated in HFIR, *J. Nucl. Mater.* 307–311 (2002) 403–407. doi:10.1016/S0022-3115(02)01207-2.
- [6] T. Shikama, M. Narui, Y. Endo, A. Ochiai, H. Kayano, Study of radiation induced conductivity by ac-method in fission reactor, *J. Nucl. Mater.* 191–194 (1992) 544–547. doi:10.1016/S0022-3115(09)80111-6.
- [7] H. Kataoka, T. Yasu, H. Takatsudo, S. Miyakawa, Development of material irradiation rig with precision temperature control in experimental fast reactor JOYO, *J. Nucl. Mater.* 258–263 (1998) 677–681. doi:10.1016/S0022-3115(98)00335-3.
- [8] JMTR 利用検討委員会, JMTR のあり方等に関する検討報告書, (2006).

IV. 関連する国際会議のリスト

(1) 2017 MRS Spring Meeting & Exhibit

会期： April 17 - 21, 2017
場所： Phoenix Arizona, USA
HP： <http://www.mrs.org/spring2017/>
申込締切： 受付終了

米国材料学会主催の定期大会という位置付けで、年に 2 回北米で開催される会合（春：西海岸、秋：ボストン）で、米国外からの研究者も多く参加する会議です。

(2) ICAPP 2017

会期： April 24-28, 2017
場所： 福井・京都
HP： <http://icapp2017.org/>
申込締切： 受付終了

International Congress on Advances in Nuclear Power Plants は、日本原子力学会が主催する原子力発電所システム展開のための未来の方向とニーズを議論することを目的とした会議です。

(3) 4th Asian Zirconium Workshop

会期： May 17-19, 2017
場所： ICC Jeju, Korea
HP： Currently not available
申込締切： March 31, 2017

原子力材料として重要なジルコニウム合金についてアジア地域での研究交流を深めるために毎年開催されているワークショップです。

(4) 18th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems – Water Reactors

会期： August 13-17, 2017
場所： Portland, Oregon, USA
HP： <http://www.tms.org/meetings/2017/EnvDeg2017/housing.aspx#.WMcYyGfavVI>
申込締切： 受付終了

今日そして将来の軽水炉における問題と対処法についてアイデア交換を促すことを目的に開催される国際的な会議で、会議で取り扱われる材料はニッケル基材料、ステンレス鋼、圧力容器鋼、配管材、ジルコニウム合金等多岐に亘ります。

(5) WRFPM 2017

会期： September 10-14, 2017
場所： Jeju Island, Korea
HP： <http://www.wrfpm2017.org/>
申込締切： 受付終了

軽水炉燃料に関する国際会議（欧米で開催される場合は TOPFUEL との名称）で、被覆管に

関する材料課題も多く議論される会議です。最近では事故耐性燃料被覆管の開発に関する材料課題の報告もあります。

(6) EUROMAT2017

会期： September 17 -22, 2017

場所： Thessaloniki, Greece

HP： <http://euromat2017.fems.eu/>

申込締切： 受付終了

欧州の材料分野における最上位の国際会議に位置付けられる会議で、毎回世界各国から多くの材料研究者が集います。

(7) Symposium on Water Chemistry and Corrosion in Nuclear Power Plants in Asia – 2017 & 5th International Symposium on Materials and Reliability in Nuclear Power Plants

会期： September 26 -28, 2017

場所： Shenyang, China

HP： <http://awc-2017.csp.escience.cn/dct/page/1>

申込締切： April 15, 2017

原子力発電プラントにおける水化学及び材料腐食に係るテーマに関して、電気事業者、メーカー、大学などの研究者、技術者がプラント運転経験や新たな技術知見、研究成果等を紹介、議論することを目的に、日本、韓国、台湾、インド及び中国にて2年毎に交互に開催されている会議です。

(8) 18th International Conference On Fusion Reactor Materials

会期： November 5 -10, 2017

場所： 青森, 日本

HP： <http://www.icfrm-18.com/>

申込締切： March 15, 2017

核融合炉材料をテーマに、材料製造技術や照射効果等に関する最新成果が報告される国際会議です。

(9) 2017 MRS Fall Meeting & Exhibit

会期： November 26 – December 1, 2017

場所： Boston , Massachusetts, USA

HP： <http://mrs.org/fall2017/>

申込締切： May 15 – June 15, 2017

米国材料学会主催の定期大会という位置付けで、年に2回北米で開催される会合（春：西海岸、秋：ボストン）で、米国外からの研究者も多く参加する会議です。

V. 運営委員会 委員名簿

部会長	鵜飼 重治 (北海道大学)
副部会長	加治 芳行 (日本原子力研究開発機構)
財務小委員長	茶谷 一宏 (日本核燃料開発株式会社)
編集小委員長	近藤 創介 (京都大学)
編集小委員会委員	近田 拓未 (静岡大学)
広報小委員長	阿部 陽介 (日本原子力研究開発機構)
広報小委員会委員	中里 直史 (室蘭工業大学)
国内学術小委員長	根本 義之 (日本原子力研究開発機構)
国内学術小委員会委員	柴山 環樹 (北海道大学)
国際学術小委員長	山下真一郎 (日本原子力研究開発機構)
国際学術小委員会委員	藤井 克彦 (原子力安全システム研究所)
庶務幹事	外山 健 (東北大学)
庶務幹事	矢野 康英 (日本原子力研究開発機構)
庶務幹事	叶野 翔 (東京大学)
庶務幹事	石嵯 貴大 (日立製作所)

VI. 寄稿のお願い

材料部会では、部会員の皆さまのご寄稿を歓迎いたします。本報では材料照射研究に長年中心的に関わってこられた松井先生から大変貴重なご寄稿をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。引き続き、原子力関連材料についての最近の研究や研究機関・施設・研究会の紹介、会議の案内や報告、国際交流など、気楽に話題提供を皆さまにお願いいたします。以下の電子メールアドレスあるいはお近くの運営委員までご連絡ください。

○材料部会運営委員会宛メールアドレス

material-sc@material-aesj.sakura.ne.jp

VII. 編集後記

本年度 2 報目の材料部会報をお届けいたします。部会報発行にあたり、さまざまな先生方のご支援・ご協力いただき大変ありがとうございました。特に短い期限で無理をお願いさせていただいた皆様、再度御礼申し上げます。

今後も年 2 回の発行を目標に、材料部会のアクティビティを報告していきたいと思います。部会報に対するご意見、ご要望など、どのような事でも結構ですのでお寄せ頂ければ幸いです。(近藤、近田)

