

材料照射研究の現状と今後の課題—趣旨説明—
Current Status and Future of Materials Irradiation Research
 — Background and Objective of Symposium —

波多野雄治
 Yuji Hatano

富山大水素研,
 Univ. Toyama.

1. 背景

～福島第一原子力発電所事故以降の国内中性子照射場の状況を含めて～

核融合炉では、重水素DとトリチウムTの核融合反応で発生する中性子の運動エネルギー（14 MeV）を熱エネルギーに変換して発電を行う。また、この中性子とLiの核反応により燃料であるTを生産するが、当然のことながら、この効率（T増殖比）が1以上でなければ核融合炉の持続的運転は望めない。また、高エネルギー中性子が炉心を構成する材料に入射すると、はじき出し損傷により結晶中に格子欠陥を導入するとともに、核変換により不純物を生成し、機械的特性や熱的特性の劣化（照射による脆化や熱伝導度の低下など）を引き起こす懸念がある。すなわち、核融合炉の実現には、効率的にTを生産して回収できるT増殖ブランケットと、中性子照射に耐えうる炉心材料の開発が必要不可欠である。

核融合炉材料の中性子照射研究では、主に研究用の比較的小型の核分裂炉（研究炉）が利用されている。福島第一原子力発電所事故以降、国内では大部分の研究炉が停止状態にあり、かつ、事故後に制定された新規基準への対応が困難な炉については廃止が検討されている。廃止される炉の中には、これまで材料照射の中心的施設であった日本原子力研究開発機構の材料試験炉（JMTR）も含まれる [1]。このような状況は核融合研究のみならず、原子力や医療（研究炉は医療用アイソトープの製造や中性子捕捉療法等にも利用される）など広範な分野に影響を及ぼすため、日本学術会議により検討が重ねられ2018年8月に提言「研究と産業に不可欠な中性子の供給と研究用原子炉の在り方」が出された [2]。この中では一部研究炉の再稼働や研究炉新設の必要性が述べられており、長期的には状況が改善することが期待されるが、

当面国内照射は困難な状況が続くであろう。

以上のような国内の状況を受けて、海外炉を利用した照射研究が活発化している。従来より核融合分野では、日米科学協力事業の枠組みのもと米国の研究炉を用いた照射実験が精力的に実施され成果を挙げてきた [3]。近年では、オークリッジ国立研究所のHigh Flux Isotope Reactor（HFIR）を軸とする共同研究が進められている [4]。これに加え、国内炉の停止を受けて東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターを中心としたベルギーのBelgium Reactor 2（BR2）を用いた照射研究が開始された。海外炉照射は国内炉の場合と比べ、放射化した照射試料の輸送等に伴ってより多額の予算と長い研究機関を必要とし、機動性に欠けることは否定できない。しかし、相手国との共同研究や情報交換を通してお互いに照射技術や照射後試験技術の向上が図れるというメリットもある。今後も、優先順位を明確にしつつ、海外炉を有効に活用すべきであろう。一方で、長年軽水炉燃料の照射研究等に大きな貢献をしてきたノルウェーのHalden炉の廃止が決まったように [5]、海外炉も決して安泰ではないことには注意が必要である。



図1 日米科学技術協力事業PHENIX計画のもと米国研究炉HFIRで照射された試料と黒鉛試料ホルダー [4].

核分裂で発生する中性子のエネルギーは2 MeV程度であり、原子炉照射では核融合炉内で起こるすべての現象を模擬することはできない。特に、核変換による不純物生成速度は核融合炉環境と核分裂炉環境で大きく異なる。そこで、より核融合炉に近いエネルギー分布の中性子を発生するため、量子科学技術研究開発機構のA-FNSをはじめとする加速器駆動中性子源の設計・開発が進められている [6]。加速器駆動中性子源は一般に原子炉に比べ照射体積は小さいものの、核融合炉実環境に近い中性子照射には不可欠であり、研究開発を着実に進める必要がある。

2. 本シンポジウムの構成

核融合炉材料の開発においては、当面は海外炉照射を有効に活用しつつ、国内研究炉の再稼働や新設に適切にコミットするとともに、加速器駆動中性子源の研究開発を着実に進める必要がある。そこで本シンポジウムでは、まずT増殖材料およびプラズマ対向材料の中性子照射研究の第一人者である大矢恭久氏および長谷川 晃氏に、研究の現状と課題についてご講演いただくこととした。次いで、国内炉および海外炉を用いた照射研究の実施機関である東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センターの外山 健氏および濱口 大氏に照射研究環境の現状と今後の課題ならびに今後の研究の進め方について報告と提言をいただく。最後に、今後の施設整備や目指すべき方向性について討論を行う。以下にシンポジウムの構成を示す。

- S5-1. 趣旨説明 波多野雄治 (富山大)
- S5-2. ブランケット材料照射研究の現状と課題 大矢恭久 (静岡大)
- S5-3. タングステン照射研究の現状と課題 長谷川晃 (東北大)
- S5-4. 照射研究環境の現状と今後の課題 外山 健 (東北大)
- S5-5. 今後の照射研究の進め方 濱口 大 (量研)
- S5-6. 総合討論

本シンポジウムが、核融合炉開発における中性子照射研究の重要性や国内研究炉が置かれた厳しい状況をご理解いただき、また、今後の中性子照射研究のあり方についてお考えいただくきっかけとなれば幸いである。

参考文献

- [1] 日本原子力研究開発機構 施設中期計画, 2018, https://www.jaea.go.jp/about_JAEA/facilities_plan/
- [2] 日本学術会議 総合工学委員会 原子力安全に関する分科会 提言「研究と産業に不可欠な中性子の供給と研究用原子炉の在り方」, 2018, <http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t265.pdf>.
- [3] 日米核融合調整委員会, 日米科学技術協力事業核融合分野30周年記念報告書, 2011, http://www.nifs.ac.jp/collaboration/Japan-US/JPN_US_30th_Report_J.pdf.
- [4] 上田良夫 他, プロジェクトレビュー 日米科学技術協力事業 PHENIX 計画—前半の成果と後半の研究計画—, プラズマ・核融合学会誌, 93(2013)127-145.
- [5] Institute for Energy Technology, 2018, https://www.ife.no/en/ife/ife_news/2018/haldenreaktoren-stenges-men-ife-satser-videre-i-halden
- [6] 西谷健夫 他, 小特集 最近の核融合中性子工学の進展, プラズマ・核融合学会誌, 92(2016)259-288.