

材料部会セッション「材料照射研究の現状と今後の展望」

(1) 国際協力による原子炉での材料照射研究

(1) International research program on material irradiation in the reactors

四竈樹男

八戸工業大学

1. 研究炉の現状

研究炉は、一部の国での新設計画はあるが全体的に老朽化、管理コストの著しい上昇、規制強化、などの影響により世界的にその管理運営が困難になりつつある。特に憂慮すべきは、材料・燃料照射に適した高出力密度の大型研究炉の老朽化である。国内に目を向ければ、大型研究炉、JMTR, JOYO, JRR-3, HTTR等はずべて停止状態であり、材料・燃料照射はここ10年程度実質的に完全停止状態にある。JRR-3が再起動に向けて作業が進められているのは明るいニュースであるが、他の大型研究炉の将来は全く不透明といっても過言ではない。

多くの国々の関係者達、特に先進国の関係者達は現状に深い懸念を共有しており、10年ほど前から、IAEAにおいて、「研究炉に関する作業部会」(Technical Working Group on Research Reactors; TWGRR)を設置し、現状の把握、今後への対応について検討してきた。5年2期の活動が昨年終了し、これまでの活動の総括、今後への対応が検討されつつあり、今年度は活動を一時的に休止する動きと聞いている。

一方、国内においては、学術会議において研究炉小委員会(座長: 柴田徳思名誉教授)において、国内の研究炉のあり方についてより広い立場から検討が進められている。

ここでは、TWGRRでのこれまでの検討を軸に、国内外の現状を報告し、今後に向けた展望について報告する。

2. 研究炉を用いた材料照射研究

研究炉を用いた材料・燃料照射研究はマンハッタン計画を始めとした原子力開発当初より、各国で精力的に進められてきており、膨大なデータが蓄積されてきている。核分裂システムに限れば、最も実用システムに近い条件での照射が行えること、大きな照射スペースがあり大小様々な寸法の試験片を用いた照射が行えること、などの優れた特徴を有する。また、初期に問題となった、照射条件制御、再現性確保の問題については、特に、日本国内の研究が先導的役割を果たし、ここ30年の間に目覚ましい進歩が見られ、原子炉照射の膨大な蓄積データと他のより制御が容易な照射データとの相関についても、初期のような暗闇の中で遠方の蠟燭の灯を探す状況からは一変している。一方、核融合炉を始めとする先進エネルギーシステムに対しては、中性子スペクトルが必ずしも適切ではないことなどの課題がある。ただし、この問題に関しても、同位体調整法、特殊各変換利用法などの照射技術開発が着実に進められてきている。

無計装単純照射を中心に始められた原子炉照射は、その後、計装・制御照射が中心となり、更に、オンラインその場計測照射が主流になりつつあり、得られるデータの豊饒性、信頼性は大きく改善されてきている。近々運転開始が見通されるJHR炉(仏国; ジュール・ホロビッツ炉)では、原則的にその場計装が照射の基本原則とされつつあるようである。福島事故を受けた過酷事象に対する研究においても、米国は長きにわたり運転停止状態にあったパルス黒鉛炉を用いた過渡現象のオンライン計装の再開を計画している。また、露国で計画の進む新型照射試験炉においても、照射ループを用いた計装・制御、その場測定が主要な研究手法として検討されている。国内では、JMTRがこの分野で世界的にも先導的な役割を担ってきて

おり、更には JOYO においても、計装・制御技術開発が積極的に進められてきた。これらの国内努力は、日米協力、日欧協力においても積極的に活用されてきており、この分野での日本の寄与は地味ながら高い国際的評価を受けてきている。

一方、原子炉照射技術の高度化は、結果として照射コストの多大なる上昇を引き起こしており、研究者の思い付き、創意工夫が直接、即応的な研究の実施には結びつかなくなっている、という負の側面も指摘しなければいけない。これらの課題を克服する手段として、これまで以上の研究の組織化、複数の研究プロジェクトの協調、更にはより緊密な国際協力が不可欠となってきた。

3. 研究炉利用と国際協力

原子炉照射における国際協力は、OECD を基盤とするハルデン計画が嚆矢であろう。そこでは軽水炉の燃料・材料照射研究が長きにわたり国際協力として実施され、多大の成果が挙げられてきている。課題は、ハルデン計画が、個別の研究者からの限られたアクセスしかなく、個人興味をベースとした基礎分野での研究者が関与しにくいことであった。これについては、ハルデン(諸国)側も、近年改善に乗り出し、ハルデン計画の中で蓄積された最新の照射技術を広く提供する努力を行っている。炭化ケイ素複合材料を用いた新型被覆管開発研究に関連した動きはその一例である。

国内では、個別の組織が個別に海外の照射施設を利用することは長年行われてきていることであるが、1970 年代後半より、核融合開発の分野で組織的に米国の先進照射施設を利用することが行われてきた。RTNS-II 計画を始めとして日本原子力研究機構研究者と大学関連研究者が中心となり全日本的な組織を形成して日米協力が長期に渡り実施されてきている。この国際協力では多くの研究成果が挙げられてきたと同時に、若い世代の育成が計画的に図られてきたことは指摘すべき重要な成果である。現在、国内で核分裂、核融合を問わず、原子力システムで材料開発・研究に携わるほとんどすべての技術者・研究者が、若い時期にこの研究協力に携わった事実は極めて重要である。

翻って考えると、原子力関連の材料研究における人材育成においては原子炉照射が重要な結節点となってきた。この国内研究炉の利用組織がそのまま国際研究での研究炉利用に繋がっていった。この背景には、研究炉利用には、原子炉の運転管理者のみならず、利用者の貢献が極めて重要であることに先達気付、研究炉利用黎明期より、利用者の関与を積極的に図っていった事実がある。特に JMTR 利用にあたっては、単に管理者側にハードウェア管理、開発を委ね、利用者はそのハードウェアの単なる利用者に止まる、という一般的な体制をとらずに、利用者側も照射後試験設備を中心とし積極的に原子炉照射に関わっていった体制全体の枠組みを構築したことは極めて独創的な発想として深く敬意を表する。現在、米欧において研究炉利用の仕組みの見直しが積極的に図られているが、それらは日本が率先して整備した利用体制を強く意識したものであると自負する。関連して、米国ではアイダホ国立研究所を核として、研究炉を中心とする原子炉施設の共同利用が国内のみならず国際的な視野を持って進められており、日本の研究者に対しても門戸が開かれている。同時に、日本国内の研究炉共同利用の枠組みも外国に対して開かれたものになっていることは指摘したい。

国内の研究炉が 10 年以上の長きにわたり停止した状態を調整するため、特に材料試験の中核をなす JMTR、JOYO の大学関連共同利用責任組織である東北大学金属材料研究所は国内研究炉が停止している間の補完、更にはこのような状況を梃として国際協力を進展させるべく、ここ 10 年ほど、国際協力を通じて国外研究炉の利用を推進している。具体的には白国の BR-2、米国の HFIR の利用を進めてきている。長期にわたる定常的な共同利用を通じて相手側との緊密な連携が構築されてきている一方、国外炉利用の問題点も認識されつつあり、やはり、対等な国際協力には自国の高性能研究炉の稼働が不可欠であると認識

されている。

このように、各国、各極において、研究炉の利用が国際協力を視野に利用枠組みの見直しが進められている。JHR やロシアの提案する新研究炉においても、その利用形態は国際コンソーシアム形式をとろうとしている。この基本的背景は、運転・維持に必要な莫大なコストを国際的にシェアしようとするところにある、必ずしも研究の国際協調とは直接結びついていないところが大きな問題と考える。しかしながら、研究炉建設・管理・運営には国からの多額な資金援助が不可欠であり、それに付随したナショナリズムを否定することは不可能であり、個々の国の利害得失と科学技術全体の利益得失を妥協させる優れたシステム開発が今後の重要課題となる。いたずらに研究の効率化を錦の御旗にして、特定のシナリオに基づく研究炉の専断的利用は厳に慎まなくてはならない。

4. 学術会議、IAEA からの提言

学術会議での議論に関しては第一期のとりまとめが既に公開されており、当然ながら研究炉の重要性、更には長期的には新たな研究炉の建設の可能性が指摘されている。一方、IAEA では各国の利害得失の調整は不可能に近いところから、各論併記、一般論的記述に終わらざるを得ないというのが当面の個人的感想ではある。しかしながら、現状を打破するための様々な提案が野心的な国々からなされてきている。それらの当面の取りまとめとして、ICERR(アイサー; International Center of Excellence on Research Reactors)なるものが提案されている。これは、IAEA が研究炉国際利用の核となり得る高度な設備とその利用ノウハウを有する組織を選定し、その組織が中心となって国際協力を推し進めようとするものである。ただし、当初のアイデアである大型高出力研究炉を中心とした枠組みは多くの国からの反対を受け、小型研究炉も含めた枠組み、更には多極間の大掛かりな国際協力だけではなく、少数の国々が関与する小規模な協力も含めようとするのが直近の動きと理解する。今後の流れはかなり流動的かと推測する。

5. まとめ

研究炉を利用した材料照射研究は大掛かりな研究であり、材料研究者のみならず、運転管理者、原子炉技術者との緊密な連携がますます不可欠なものになってきている。欧米では研究者と技術者の分離が伝統的に強いことから、このことは認識されつつもあまり真剣に検討されてこなかったのがハルデンなどの少数の例外を除けば事実であった。しかし、日本からの問題提起をきっかけに、研究者、技術者、管理者間の交流が著しく進展し、原子炉材料照射は大きな前進を見てきている。一方でこのことは、原子炉材料照射の高コスト化、効率の低下に帰結しつつあり、それらの打破策としてますます国際協力が不可欠なものになってきている。国内においては、自らを縛ることとなる国際協力に消極的な向きもあるが、流れの中では、自己の特徴を活かし、それを武器に自身の主張を他極に理解させて研究を進展させていく努力が今後一層望まれる。

Tatsuo Shikama

HIT