

Nuclear Materials Letters

(2011 年 8 月)

(部会ホームページ <http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/division/material/index.htm>)

目 次

I.	巻頭言 新部会長挨拶	日本原子力研究開発機構	青砥紀身	・・・1
II.	特集 歴代の材料部会長が語る「福島第一原子力発電所事故」			
	福島第一原子力発電所事故に関して思うこと	東京大学名誉教授	石野 栞	・・・2
	福島原発事故からの反省	福井大学	山脇道夫	・・・4
	福島原子力発電所の事故で思うこと	九州大学名誉教授	杉崎昌和	・・・5
	長期的な視点	日本原子力研究開発機構	小川 徹	・・・6
	震災に思うこと	京都大学	木村晃彦	・・・8
	福島事故と材料研究	日本原子力研究開発機構	鈴木雅秀	・・・9
	思うこと	東北大学	四竈樹男	・・・10
III.	第1回材料-水化学部会合同「構造材-水相互作用」勉強会 報告	日本原子力研究開発機構	塚田 隆	・・・12
			若井栄一	
IV.	第10回材料部会夏期セミナー報告			
	夏期セミナーの概要	福井大学	福元謙一	・・・15
	夏期セミナーに参加して		参加学生	・・・17
V.	国際会議報告			
	ASTM E-10 シンポジウム参加報告	日本原子力研究開発機構	阿部陽介	・・・21
			實川資朗	
	1st Asian Zirconium Workshop 報告	住友金属工業(株)	竹田貴代子	・・・22
VI.	研究室紹介 日本原子力研究開発機構 核融合炉構造材料開発グループ			・・・25
VII.	Journal of Nuclear Materials エディターから 核融合科学研究所		室賀健夫	・・・27
VIII.	行事等のお知らせ			・・・29
IX.	平成23年度材料部会運営委員会 委員名簿			・・・30
X.	寄稿のお願い			・・・30
XI.	編集後記			・・・30

I. 巻頭言

第 10 代材料部会長

日本原子力研究開発機構 青砥紀身



平成 23 年度材料部会長を務める青砥紀身です。直前の巨大津波を伴った東北地方太平洋沖地震、それに起因して発生した福島第 1 原子力発電所の事故の影響により、今年度原子力学会春の年会は中止となりました。そのため今年度部会運営委員会は、異例の承認形式での出発となりました。春先から夏に掛け事故の終息が見えない中で、原子力利用、殊に原子力発電の今後に対する国内議論は、総理大臣の発言にも加速され、急速に脱原発にまで振れる情勢となりました。その後、関係者の大変な努力もあって 7 月までに東電が示した終息までの道筋の最初のステップを達成したことにより、議論は次第に冷静さを取り戻しつつあります。今後、エネルギー基本計画や原子力利用計画、原子力政策大綱などが本格的に議論、取りまとめられていくものと思います。そうした議論に向け、我々も幾つかの場面、機会に発言を求められることになろうと考えますし、関係する中心的な学会として自発的な意見、姿勢を質されることもあるものと思います。

既に直接間接に福島事故に関わっている方も多いと思います。あるいは周辺から様々な意見や助言を求められた経験を持つ方も少なく

ないと思います。材料部会としてはこれまで直接的な活動と呼び掛けてはいませんが、既述のように今後本格化する国内関連議論や評価検討に熱が入るストレス・テスト、あるいは定検を終えて再稼働を待つ原発の取り扱いなどに専門的立場からの発言、参画を促す可能性はあるものと思います。また、そうした場合に向け自発的な検討、意見交換の場の設定も検討する場面も考えられます。材料部会はプラントや関係施設の健全性を最終的に維持する基礎基盤分野の研究を通し、これまでもこれらをその関係技術も含め支えてきたことも踏まえ、このような厳しくこの国の将来の形を決定していく時期にあって、冷静冷徹な専門家としての発言、対応をしたいと思います。また、そうした誠実な対応を通して、公衆の信頼性を得ていくとともに、次の世代の研究者、技術者を育みたいと思います。皆様の助勢、助言を是非お願い致します。

(2011 年 8 月 9 日受理)

II. 特集 歴代の材料部会長が語る「福島第一原子力発電所事故」

2011年3月11日は私たちにとって忘れることのできない出来事がありました。東北地方太平洋沖地震の発生とそれに続く福島第一原子力発電所の事故です。しばらくの間、何が起きているのか理解できずに思考停止の状態にあった部会員も多いのではないのでしょうか。今回の部会報特集では、歴代の材料部会長たちに事故について思うことを語ってもらいました。

福島第一原子力発電所事故に関して思うこと

初代材料部会長 東京大学名誉教授 石野 栞



1. はじめに

今回の福島第一原子力発電所の事故は、原子力を専門とする筆者にとっては非常に衝撃的な出来事で、拠って立ってきた基盤をゆるがすものであった。しばらくの間、自分自身の原点がどこに行ってしまったのかという戸惑いの中にいた感じがする。しかし、自らが世の中に貢献できることは限られており、今まで携わってきたエネルギーの新しいパラダイムとしての原子力を簡単に捨て去ることはできない。今行うべきことは、今回の事態を齎した根拠的理由を整理し、自らをも俎上に載せた上で今後の教訓とすることであろう。

2. 原子力エネルギーの特質

人類は今まで種々のエネルギーを使ってきたが、原子力は質量とエネルギーの等価性を意識的に適用する新しいパラダイムのエネルギーである。自然界の安定状態は階層構造をとっ

ており、原子力の基本となる核反応は、化石エネルギーに代表される化学エネルギーと比べ1反応当り開放されるエネルギーは 10^6 - 10^8 倍も大きい。このことはまさに質的な違いと言える。このことから、原子力は人間存在とは相容れないという議論がいままでもなされてきており、事故後ますます強まってきた。

しかし、人間存在の空間に比べ桁違いに離れたエネルギーを扱う原子力を相容れないと結論する根拠は必ずしも明確ではない。桁違いの領域に踏み込んでいる分野は情報科学、宇宙科学など多くの例があり、エネルギー科学としての原子力学を排除する根拠は乏しい。しかし原子力関係者としては、原子力が従来のエネルギーとは質的に異なることを深く認識しておくことは絶対に必要なことである。

3. 原子力の学問

筆者はかつて大学で原子炉材料の講義を行

っていた時、特に東海大学における最後の 10 年位の間は、講義の最初の 1 時間をかけて「工学とはなにか」、「原子力工学とは何か」について自分の考えを述べてきた。そのエッセンスは「学問とは、まだ見えないもの、まだ実現できていないものをみえるようにする、あるいは実現するための精神的営為」であり、「原子力工学とは、核反応に伴い発生するエネルギー、放射線を人類の福祉のためにに役立てる方法を体系的に研究する」ことである。今回の事故が『人類の福祉』に反する結果を齎したことは誠に痛恨の極みである。併し、このことをもって原子力工学を全否定することは誤りと言わざるを得ない。原子力発電を利用するようになって約 50 年、少なくとも通常時において、この桁違いに大きな新しいパラダイムに基づくエネルギーを使いこなす方法は着実に進歩してきたし、残されている大きな問題に対しても研究開発の方向はいろいろと考えられており、困難ではあるが決して越えられない障壁ではない。

この残されている大きな問題としては（１）高レベル放射性廃棄物の処理、処分、（２）考えられない程大きな自然災害、核テロなどの災害時の安全性をあげることができよう。

安全性とは決して固定されたものではなく、むしろ「より安全を求めて努力が継続されている状態」を指すものと考えられる。（このことは、約 40 年前、原子力学会の安全性特別専門委員会で議論されていたことである。）同様のことは他の工学、技術についても当てはまる。すなわち、工学、技術は一旦完成されたものとしてフォローアップが止められると退歩が始まるものである。このことは一般の方々にはなかなか理解されにくいことであるが、原子力に限らず他の工学も含め、このことにつき理解を求める努力を続ける必要がある。工学の多くの

問題は、双六のように「あがり」にすれば 1 件落着くと言う訳には行かない。

4. 事故の教訓—本質的問題

今回の事故に関連して多くの問題点が明らかになってきている。その中には従来から度々指摘されてきたことも多く含まれる。この問題については材料の問題からかなり離れた体制とか文化など基本的な問題にもかかわるので、本稿では多くは触れない。唯一つだけ挙げるならば、最大の誤りはすぐれて科学・技術的問題である原子炉施設の事故に対し、当然表に出るべき技術者の姿が、少なくとも当初は殆ど見えず、事態を政治主導で処理しようとしていたとしか見えなかったことである。また、事故情報を共有すべきところを、役所の縄張り意識が妨げたことも大きな問題である。実は日本の科学技術の在り方が、特に『科学技術立国』が叫ばれるようになった頃から、予算を通して徹底した官僚支配構造になってしまっていることが非常に大きな問題で[1]、このことに象徴される日本文化、政治経済の特徴が克服されない限り、原子力を選択することはできないという論者も存在する[2]。

5. 今後の原子炉材料—むすびに代えて

われわれが専門としている原子炉材料に関しては今後ともその重要性は変わることはない。材料とは筆者がたびたび指摘しているように目的を負わされた物質あるいは物質のシステムであり[3]、廃棄物や環境安全性なども含めて原子力が係わる全ての分野でそれぞれの役割を負わされた材料が使われている。原子力が今後いかに推移しようとも材料に係わる問題は今後少なくとも数十年の期間、重要な問題として存在し続ける。原子力を続けるためには、現在最低限やらなければならない問題が突き

つけられているが、一定水準の国民生活を維持するためには、すぐにも原子力を止めるというシナリオは現実的ではない。このためにも今後相当長期にわたり、優秀な若手科学者、技術者が原子力分野に参入する条件を整える必要がある。

日本が『安全文化』という標語に酔いしれている間に、原子力を進めてきた、又進めようとしている諸外国は現在のわが国の原子力施設に比べより進んだいわゆる第三世代の炉を導入する計画を進めている。上にも述べたように「より安全を求める努力が継続している状態」が安全の定義とも言えることから、新型炉の研

究開発が進められている状況は今後を担う後進の養成のためにも必要な条件と考えられ、単なる事故の幕引きのための人員確保といった消極的な考えはよい結果を齎さないであろう。

文献：

- [1] 石野栞：再び教育問題によせて、原子力システムニュース（原子力システム研究懇話会）、16, No. 1, (2005. 6), pp. 1-6
- [2] 増子昇：核反応と化学反応の違い、金属、21(2011), No. 6, pp. 49-54.
- [3] 石野栞：『照射損傷』原子力工学シリーズ 8、(東京大学出版会、1979), p. 195.

(2011 年 7 月 31 日受理)

福島原発事故からの反省

第 2 代材料部会長 福井大学 山脇道夫



原子力工学に携わる者として、福島原発事故から反省すべきことは多くあると思う。従来、多くの人があまりに専門化しすぎる傾向にあったのではないだろうか。銘々が、活動と思考の領域を狭く絞りすぎてきたのではないかと思う。狭く絞る方が、一般に効率を上げることに通じるので、例えば、発表論文の数などは容易に増やすことができるなどのメリットがある。しかし、多くの人がそのようなことをすれば、全体を、あるいは広い範囲を見渡すことがおろそかになり、抜け落ちてしまう領域も生まれてくるに違いない。今度の福島原発事故でも、

津波の規模の想定は、地震学者や、土木学会などに任せておけばよいとして、思考停止に陥っていたのではないだろうか？スマトラやチリやアラスカの地震のようなマグニチュード 9 並みの巨大地震がごく最近発生していて、大津波の襲来を伴っていたことをほとんどの人は知っていながら、日本近海での発生の可能性については、地震学者がそう指摘していないのだから大丈夫だと、一人合点していたのではないだろうか？巨大津波の可能性については、国会でも指摘がなされたそうであるが、ほとんどの人は専門外のこととして判断を放棄し、本気で

対応しようとはしなかったと思われる。このように、自分の領域外のことに対して判断停止する態度が大惨事につながったとも言えるのではないか。プレートテクトニクス的な地震発生メカニズムから考えれば、スマトラ、チリやアラスカで起こることは、三陸沖でも起こりうる筈であり、リスク管理に加えるべきことであることは推察できる。

群集心理も大きいファクターであったように思われる。少数意見を忌み嫌い、多数意見に付和雷同する傾向が、多くの人に見受けられたなどと書けば、昔の学生運動家の決まり文句のように聞こえるかもしれないが、福島原発事故

の遠因に、社会に蔓延するそのような付和雷同的な思考傾向があったように思われてならない。

一人一人が常日頃、理性をフルに働かせて熟考を行って、趨勢に惑わされることなく、何が正しいかを自分で判断し、正しいと信じることは主張し、同調者を募り、実現に向けて一歩一歩でも行動していくことが、やはり大切だと思います。スマトラ地震後の津波のテレビ映像を見て、日本の臨海原発がもしこの規模の津波に襲われたらどうなるかと戦慄を感じながらも、結局何もできなかった自分を省みてのつぶやきです。
(2011年7月31日受理)

福島原子力発電所の事故で思うこと

第3代材料部会長 九州大学名誉教授 杉崎昌和

今回の東日本大震災で海岸線にあった町全体が津波により消し去られてしまった写真を見て、日本だけでなく世界中の人々が底知れぬ自然の脅威を改めて感じたことであろう。また、水素爆発で壁や屋根が吹き飛んだ原子炉建屋の写真は原子炉制御技術の危うさを窺わせるに十分なものであった。マスコミの報道を見る限りでは、今回の原子炉事故は原子炉技術の未熟さが直接の原因ではなさそうである。約120km北に位置する女川原子力発電所では福島原発とほとんど同じ規模の地震と津波に襲われながら無事に冷温停止している。女川原子力発電所では外部電源が確保されていたことと、福島原発よりも高台に設置されていたため、津波の被害がほとんど無かったためであるとの分析が現時点ではなされている。

今回の事故を契機にして、原子力発電所の安全性が懸念され、多くの発電所が停止したま

までである。来年になると、現在運転中の原子炉も定期点検に入るので、日本の原子炉は全て運転停止になる可能性があるという。電力供給が今以上に逼迫することは目に見えている。産業界からは当然運転再開を求める声が上がっているが、運転再開は大分遅れそうである。原子炉は当面動かすな、不足する電力は火力発電で生み出せというのが、今の日本の世論なのであるだろうか。マスコミの論調などを見ると、自然エネルギーが成長するまでは火力発電で行けと言わんばかりである。地球温暖化を防ぐ低炭素社会の実現というスローガンはどうなったのであろうか。

私が思うに原子力発電の維持を望んでいる人たちは何が何でも原子力というほど原子力に惚れ込んでいる訳ではない。原子力発電には長所もあれば、短所もある。火力発電などに比較すると、万一事故が起こった際の被害は桁外

れで、今回の事故でも分かるように、その賠償額は一電力会社で払いきれものではないし、周辺地域の住民はそれまで積み上げた生活を全て放棄しなければならないダメージを受ける。さらには、原子炉運転によって出てくる放射性廃棄物の寿命は宇宙の寿命のタイムスケールと同じで人類の身体的寿命や文明の寿命のタイムスケールとは桁が違う。現在の我々がその管理に責任を持てるようなタイムスケールではないのである（責任を持てるようにするシナリオと技術の研究は行われているが）。こんな原子力発電を使わずに済むなら、使わないに越したことはない。しかし、日本は1973年のオイルショック以来、火力と原子力を社会基盤とする道を選び、その原子力発電が日本経済の高度成長時代を支えたのである。原子力発電があったからこそ、石油産出地域での国際紛争や混乱に翻弄されることなく、現在の日本の経済的繁栄を築くことが出来たのである。一つのエネルギー源を社会的に実用化するためには膨大な経費と時間を必要とする。エネルギー政策には継続性が必要である。今、突然に脱原子力をして、自然エネルギーなどと言い出しても、その実現には何十年もかかるだろうし、可能かどうか不明である。しかし、国民が原子力発電は嫌だ、これからは自然エネルギーを社会の基盤にしたいと望むなら、その方向で政策を進めれば良い。その際、原子力技術者が心すべきは「自然エネルギーは基幹エネルギーには成り得ない」などと自然エネルギーを貶める

ような発言をしないことである。原子力より安全で、資源が豊かなエネルギー源が開発できれば、それは人類にとって一番望ましいことである。その時が来るまでは、社会基盤は原子力エネルギーが支えるしかない。原子力技術者は先ずは現世代の原子炉の安全性改良、さらに次世代の受動的固有安全炉の実用化、そしてその後の核融合炉の実現を目指して頑張っていけば良いのである。現役の皆さん 頑張ってください！

ウラン資源も高速増殖炉をやらなければ、残り70-80年と言われている。高速増殖炉をやらなかった場合、100年後の人たちはどうするのであろうか。その頃は核融合炉が実現しているのであろうか。それとも、100年後の人類はもっと賢く、自然エネルギーを利用しているのであろうか。30-50年後位までの社会的インフラを想像することは出来ても、100年後の社会的インフラを想像することは殆ど不可能なことである。19世紀の人類はインターネットや原子力発電など想像もしていなかったであろう。今から、20-30年後位にはガソリンを燃料とする自動車は姿を消して、すべて電気自動車に代わっている可能性が大である。その時、燃料となる電気はどのような手段で生産されているのであろうか。エネルギーの将来像を考えると、長生きして軽水炉後の世界を見届けたい気分になる。所詮、無理な望みなのだが。

(2011年8月1日受理)

長期的な視点

第6代材料部会長 日本原子力研究開発機構 小川 徹

つい最近まで、3月11日14時46分の直前に自分が居室で何をしていたかが思い出せな

かった。長い揺れが続き、それが急に大きくなる気配を感じて、部屋の外に出た。目の前の事務室から廊下に顔を出した者がいた。その男に、皆出た方がいいと声をかけて、真っ先に表に飛び出した。それから一層揺れが大きく、倒されないように中腰になったまま、すぐそばの図書館や食堂が激しい音を立てて揺れているのを呆然と見た。図書館前の池から水と一緒に金魚が次々と外に飛び出した。

その後、余震のひっきりなしに続く中で、点呼や最低限の施設点検を進めたが、津波警報もあり、海側の施設の情報をとるのには随分時間がかかった。一段落した頃にはすっかり暗くなっていた。全域停電の暗闇で、福島第一の1号機で非常用電源が全く動いていないらしいという話を聞いた。

最近、パソコンの中のファイルの日付、時刻を確認して、3月11日14時45分に保存されていたファイルを見つけた。そのときは、その同じ解析を続けることは少なくとも当分の間はないように思った。仕事の優先順位が根本から変わってしまったのである。他方、この文章を書くことにしてから、また別の考え方も大事だと思い始めた。

原子力学会員といっても加速器や核融合の専門家もいれば、材料研究者にも軽水炉の世界とはほとんど没交渉だった人は少なくない。むしろ大学や研究機関の基礎・基盤研究者に限れば、その方が多いくらいかもしれない。このような傾向は我が国に限った現象ではないが、日

本だけでも54基が稼働している状況で、社会一般から見れば信じられないような話に違いない。

研究者、技術者の態度を決定する極めて大きな要因は、研究開発費の出所である。特に近年は、予算を獲得できるかどうかは研究者や経営者の優劣の最も分かり易い指標となっている。その結果は予算の出し手の問題意識群を優先して考えることになり、それらの問題意識群と交わることの少ない課題への取組みを希薄にする。そんな反省から、私は最近では周囲の人間に予算のことは最後に考えろと言うことにしている。

社会が脱原子力を選択するか否かに関わらず、原子力発電の安全性の維持・向上やバックエンドに関わる課題など、材料研究者の取り組むべき課題はますます多岐にわたる。もう一度、われわれの「常識」の棚卸しをして、根源から安全を捉え直したい。ただし、喫緊の課題の解決だけでも相当大きな研究開発資源を振り向けなければいけない状況下にあって、長期的、基礎的な視点が疎かにされないことを望みたい。本当に難しい問題は、実システムに通曉した者と、最も基礎的な視点を持った者との適切な連携によってしか解けないと考えるからである。この連携がとうに壊れてしまっていた研究開発体制を復興することも、我が国の大きな課題である。

(2011年7月19日受理)





私の自宅は仙台にあり、実家の石巻には高齢の両親が住んでいます。震災後に初めて宮城県に戻ったのが4月9日でした。東北新幹線も仙台空港も使えず、伊丹空港から山形空港を利用して帰宅しました。山形空港から仙台までは意外と順調で、レンタカーで1時間足らずのドライブでしたが、仙台から実家の石巻に向かう途中の舗装道路の被害がひどく、至る所にひび割れや隆起があり、通常1時間のところを3時間も費やしてしまいました。実家は、石巻といっても、海からは遠いため津波の被害を被ってはいませんが、海岸付近に住んでいた親せきを少なからず亡くしてしまいました。全員が75歳以上の高齢者で、津波から逃げ遅れてしまったそうです。このお歳で被災されたことに無念さを感じました。

実家とはその時点でも携帯電話などが通じず、現地に出向き始めて状況を確認することができました。家屋は元々地震には強い構造であったため、壁のひび割れ程度で大きな被害は受けていませんでしたが、重い家具のほとんどが倒れていました。軟（やわ）な市販のストッパーは全く功を奏していませんでした。廊下の大きなガラス戸が割れてしまい、近所の方による応急処理のままになっていました。ご近所の皆さんには、ご飯の炊き出しや水の世話まで、いろいろお世話になったことを両親から聞か

れ、「遠くの身内より、近くの赤の他人」と言われているように感じてしまいました。

石巻から亘理まで続く仙台東道路からの風景はあまりにも悲惨でした。仙台東道路は、津波を堰き止めたことで知られており、その東側と西側の風景が全く異なり、津波を被った東側には、がれきの山が積まれ、海岸付近に生息していたはずの大きな松の木があちこちに根こそぎ倒れていました。たくさんの車が逆さのまま、あるいは横向きのままなど、あられもない姿でミニカーのように分散していました。全く現実とは思えない光景に言葉を失ってしまいました。場所によっては現在もなお放置されたままになっており、現地の人々にとって毎日あの光景を目に焼き付けることの精神的な苦痛は大変なものと思います。

この津波による被害者数は宮城県だけでも14,000人に及んでおり、深刻な状況にあることは誰もが知っているところです。

さて、福島第一原発（Fuku-1）事故については、大変に残念に思います。しかしながら、この事故の直接的な被害を受けて亡くなった方はまだ一人もいない（？）ことに救いがあると思います。一方、放射能汚染による住民の健康への今後の影響や避難生活の長期化が懸念されています。Fuku-1事故の原因について、

いろいろ議論されていますが、Fuku-1 より震源地に近かった女川原発が何故大丈夫だったのかについての理由を解明することも重要と思います。最大の原因は、プラントの老朽化にあると私は思っています。1979 年以降に運転を開始した原発は、恐らく、今後もあと 10 年程度は大丈夫でしょうが、それ以前に運転を開始しているプラントは冷却機能システムの配管などの安全点検を実施しておく必要があると思います。

原子力の是非についての議論が TV や紙面を賑わしていますが、復旧・復興を急がねばならない状況の中で、急速に脱原子力依存に向かうことや、原子力村に住み慣れてきた我々が、その住処を簡単に離れることはできませんし、そうすべきではないでしょう。材料科学に基づいて、現存するプラントの地震・津波対策を効率的・効果的に講じていく、「いける」、体制と柔軟な環境作りが必要だと思います。

(2011 年 7 月 25 日受理)

福島事故と材料研究

第8代材料部会長 日本原子力研究開発機構 鈴木雅秀

以前部会長を務めさせていただいたというだけでここに駄文を認めている間にも、福島原子力発電所の事故の最前線でご健闘されている方たちが多く居られると思うと、その方々には心から敬意を表し、併せてご健勝を祈らずにはいられません。また、故郷から離れざるを得なくなった多くの方々のためにも、まずは一日も早く、損傷した発電所がより安定したレベルになり、次の対策が施しやすい状態になることを心から念じて止みません。その上で少し原子力の材料研究のことを書かせて戴きたいと思っています。

3.11地震・事故を経て原子力を見る眼が激変し、また現実的に様々な変化が生じています。原子力に携わる人たちには、原子力の実力はこんなものではない、安全面等で必須な見直しをした上で原子力は必ず必要なもの、という思いがあるかと思います。私にも長く原子力の研究にも携わったものとして幾多の思いはありますが、ここでは敢えて触れません。この大きな変化の中で材料部会・材料研究者として何をす

べきかが問われているのかと思います。

原子力の世界の中での材料研究は、原子力の開発動向に左右されやすく、原子力のシステム、炉型が決まったあと、大方その枠組みの中で先端性を競っている面が無きにしも非ずです。一方で、原子力を本当に国民として受け入れるためには、何よりもシステムとしての安全の確証が重要なことは論を俟たないことですが、材料研究とシステムの安全との関係は、もうひとつ論点が明らかにされたものになってこなかった側面があるかと思います。基本的には安全は構造設計の安全裕度の中で担保されているので、材料研究者としての責任はきちんと全うしているとの思いもあるでしょう。とは言え結果的かもしれないが、役割分担の中で要素ごとの信頼性向上、科学の進展、説明性の向上等には貢献はしてきて、原子力のシステムに対して特に安全の観点から何か重要な判断をする中心的な役割は演じてこなかった。様々な理由があるにせよ、炉型が境界条件を与える材料研究を実施する中で、原子力安全に対し、

運転、設計で想定される範囲を超えた領域へ、思考が拡大して行かず、原子力安全の新しいフィロソフィーを生むことなく機器、要素レベルで閉じていたからかもしれません。

今回の福島原子力発電所の事故は、今後まだ検証されなければならず、現時点では多重防護が想定外の津波で打ち破られた、共通要因による事故であり、材料研究のあり方に特段の問題があったとは考えられません。ただ、ここで思い出したいのは、当初良く聞いた「想定外」という言い訳です。今回は材料が主要な要因ではないかもしれないですが、一方で原子力に関わる研究者として心しないといけないのは、この様な事例からも反省点を汲み取る謙虚さと想像力だと思います。また、受身の姿勢の中で、国の大きな財産となるべき原子力が失われて行くのを見るのは実に忍びないものです。原子力プラントという巨大システムに対しどこまで何が言えたかを材料研究の中でも明確にす

る意識、この姿勢が重要かと思います。

最後に一つだけ例に出して考えてみたいと思います。今回の事故を踏まえ古い原子力発電所から止めて行くべしという意見が聞くことがあります。この判断の正当性は何でしょうか。やはり古い、新しいではなく、重要なのは科学的な判断を一つ一つ丹念に経て決めていく姿勢かと思います。少なくともこれまでの研究成果を再検討した判断、さらには、今回の事故を契機に原子炉の炉心損傷確率を評価したり、リスク情報を活用する手法なども含めて、国民の視点に立った研究が加速され高経年化研究にも取り入れられていくと考えられますが、こうした検討に基づいた判断が必要です。材料研究者としてどう応えていくか、ひとつの例ですが材料部会の範疇にも冷静に科学的に検討し、提言すべき課題があるのではないかと思います。

2011年8月 自省を込めて。

(2011年8月6日受理)

思うこと

第9代材料部会長 東北大学 四竈樹男



研究炉に関する IAEA の二つの会議に出席して日本に戻るところで、寄稿の依頼をいただきました。事故以来、色々考えることはありますが、ほとんどは後ろ向きの憤りと自分を含めたこれまでの原子力研究に対する反省ばかりです。そんなことを今更書いても今後の参考に

はならないと思いますが、ただ一点、反省すべき所は真摯に反省し二度と原子力研究がこのような適切でない状態に陥らないようにすべきと思います。

IAEA の会議では様々な国の人から様々な意見が出るのを脇で聞いていましたが、おまえも

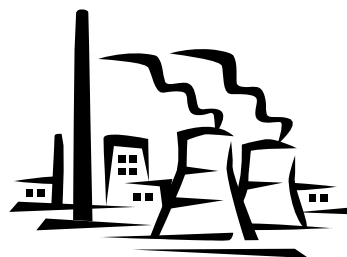
発言しろとの促しで、一点だけ、「準備すべきと思うことに対しては日本は準備していたと思う、ただ、準備したくなかったことに対して、無意識にしる総体として準備を怠ってしまった、このことが大きな反省だ。」、と述べました。私の偽らざる正直な感想です。各国の反応としてはやはり日本のメディアに対する対応のまづさが大きな話題となりました。大本営発表で心から懲りていたはずなのに、結果として同じ轍を踏んでしまったことは、メディアの責任も含めて心から反省しないといけないと思います。ただ、それ以外については、既にテレビ、新聞等での論評がありますように日本の対応に関しては総じて好意的でした。勿論、情報公開が全く不適切だとのあまり適切でない批判はありましたが。

このような予期せぬ大きな事象が発生すると、どうしても日本人は内向的になってしまって、外に対して意見等の発信をしなくなってしまう。これは私も同様で、やはり何を言っても、こんな状況を出現させた責任は日本にあるとの思いがありますから、どの面下げてそんなことを言えるのだと、ついつい先回りしてしまいます。ただ、残念だったのはこんな時こそ、日本の原子力を引っ張る日本原子力研究開発機構が積極的に外に出て発言すべきだと思いますのに、禁足令が出ていてほとんど会議に出席されないことです。心情は良く理解できますが、やはり目先より将来を見据えて、日本の原子力研究中核機関として、きちんと国外に対応する

ことが原研機構の役割の一つだと確信しております。

最後に、反省を含めて過去を振り返りますと、原子力では集中か分散の議論がマンハッタン計画の直ぐ後から各国で始まりました。例えば、米国やドイツは分散を選択しフランスは強い集中を選択しました。イギリスはその狭間で揺れて結局原子力において大きく後退することになりました。日本ではこの議論は全くなされてきませんでした。結果として原子力開発の主体がどこにあるのか解らなくなってしまって、その狭間で官学の効率的密着が起きてしまいました。経緯の中で当事者は全く正しいことを能力を挙げて効率的にやっているのだとの自覚しか無かったのだと思いますが、組織として対応するのではなく、優秀な個人として対応することになり、絶対避けなければいけなかった癒着に陥ってしまったのだと思っています。勿論、同様の欠陥は米国でもフランスでもありますが、そこにはきちんと歯止めになるシステムなり社会的規範が準備されていました。これは社会の成熟度とも関係しているのだと思いますし、日本として今後、改めなければいけない社会構造欠陥だと確信しております。やはり原子力研究の中核を担う日本原子力研究開発機構が中心となり、個人主導ではなく組織的責任の基で、全体をバランス良く見据えて透明性を持った自由な議論の中で原子力全般の舵取りがなされることを心から祈念しております。

(2011年7月4日受理)



III. 第1回材料-水化学部会合同「構造材-水相互作用」勉強会 報告

日本原子力研究開発機構 塚田 隆、若井栄一

2010年8月に開催された第9回「材料」夏期セミナーでは、セッション2-2「水化学と材料研究」において材料部会と水化学部会の協調について議論され、平成22年度内に両部会合同の勉強会を立ち上げる方向で意見がまとめられた。これに従い、2011年1月27日に標記の第1回合同勉強会を開催し（場所：日本原子力学会事務局会議室）20名の参加者を得て4件の講演と活発な討論が行われた。以下、まず本勉強会の目的と背景を説明する。

本勉強会の目的は、各種原子力プラント及び他の工業プラントでの「構造材と水の相互作用」に関わる損傷現象とその機構及び対策に関する研究・技術の現状に関する調査、議論を行い、「構造材料と水の相互作用」について理解を深めるとともに、今後発生する可能性のある各種の材料損傷を未然に防止することにつなげることである。軽水炉プラントにおいて冷却水と接する各種の金属材料は、軽水炉開発の初期から腐食や応力腐食割れによる多様な損傷を経験して来た。近年、軽水炉プラントの高経年化に伴い構造材の健全性確保が一層重要な課題となっており、「構造材と水の相互作用」について基礎から理解し、材料損傷のメカニズムに基づく対策を検討する必要がある。一方、核融合炉などの原子力システムにおいても、その相互作用に起因する材料損傷に関する検討が必要である。この材料と水の境界領域で発生する諸現象には、材料と水化学の両分野の研究者、技術者が協力して初めて実質的な対応が可能となる。このため本勉強会（年3回程度実施予定）では、部会間の垣根を越えて両部会が協力

し、その境界領域の問題についての毎回テーマを設定して議論、最新情報の交換、調査等を行うことを目標としている。

今回の勉強会では、テーマを「流れ加速型腐食（FAC）による配管減肉現象」に設定し以下の講演と質疑討論を行った。近年も火力プラントや原子力プラントにおいて冷却水配管の減肉現象が事故原因となっているが（例えば、美浜発電所3号機の2次系復水配管の破損事故）、配管減肉現象をメカニズムの観点から分類すると、腐食による化学的作用が支配的なFACと流体の壁面への衝突による衝撃力の機械的作用が支配的なエロージョンに大別される。講演では各種プラントにおけるFACに関する研究の現状が報告された。

- 1) 原子力機構 佐藤智徳「流れ加速型腐食（FAC）の基礎知見と中性純水中での腐食速度評価」
- 2) 原子力機構 内田俊介「火力プラントにおける流れ加速型腐食（FAC）および減肉速度評価法について」
- 3) 日本原子力発電(株) 杉野 亘「軽水炉におけるFAC抑制の水化学の現状と課題」
- 4) 原子力機構 関 洋治「核融合炉ブランケット設計におけるFACの予測と課題」

佐藤智徳氏による講演では、FAC現象の概要、実機トラブル事例、FACメカニズム、影響因子に関する実験結果などが紹介された。FACは、炭素鋼や低合金鋼などの表面の保護皮膜が、流動水や水・蒸気混合物中へ溶出することによ

って、腐食が促進される現象であり、温度、pH、溶存酸素濃度、金属イオン濃度、流速、材料組成に影響される。温度依存性に関しては、150℃近傍に腐食速度のピークがあり、pHが9.5以上で腐食速度が大きく低減することが知られている。これらの傾向は、表面に形成される保護皮膜を構成するマグネタイトの溶解度の温度およびpH依存性に起因するものである。

内田俊介氏による講演では、まず火力プラントにおけるFACの事例、関係の国際会議の状況、FACの影響因子、火力プラントおよび原子力プラントでのFAC対応策などが紹介され、次に電気化学手法に基づくFAC減肉速度の評価手法が紹介された。FACは、火力プラントでは重大事故を引き起こす可能性の高い事象と理解されており、科学的には主な影響因子は把握されているが、現在も火力プラントでの損傷発生が継続している。原子力プラントを対象としFAC評価モデルでは、FACを流動と腐食の連成現象ととらえ、減肉速度を電気化学モデルと酸化皮膜成長モデルの結合モデルとして解析することにより、減肉速度の定量化を進めた。流動解析と腐食解析を組み合わせ、まずFACの発生リスクの多い箇所を摘出し、次に当該箇所の減肉速度、減肉量を定量的に評価して、最終的に当該部の安全裕度を含めての余寿命を評価すると共に、必要な減肉抑制策の有効性を定量的に評価可能であることを示した。

杉野亘氏による講演では、軽水炉の炉型(PWRとBWR)による材料・水化学の違い、配管減肉事例、両炉型でのFAC抑制のための水化学、今後取り組むべき課題などが紹介された。配管減肉事象は、頻繁かつ広範囲の配管肉厚管理や配管取替えに伴う発電所の運用コストの増大のみならず、FACによって生じる腐食生成物は、BWRでは被ばく線量の上昇要因となり、PWRでは伝熱管などにスケールとして付着し腐食環

境を形成する他、プラント熱効率の低下等の不利益をもたらしている。FAC抑制策としては、配管を耐食性の高いステンレス鋼等に取り替える材料対策があるが費用が大きく実施可能な部位が限定的であるため、広い範囲の部位で効果が得られる水化学による環境対策を組み合わせることが重要である。また、減肉発生部位を予測できる配管減肉予測モデルを用いた合理的な減肉管理を早期に導入する必要がある。

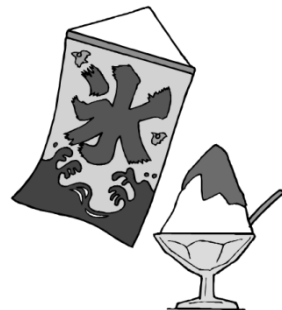
関洋治氏による講演では、核融合炉の開発状況、ITER用テストブランケットモジュール(TBM)の構造と候補材料(低放射化フェライト鋼)、同材料の侵食腐食課題、TBM内の冷却材流動現象の数値計算手法、侵食腐食量の予測課題などが紹介された。ITER-TBMブランケットでは、PWRと同程度の冷却水条件(280~330℃、15MPa)とするため、フェライト鋼の乱流場による酸化膜の剥離および溶出の加速(FAC)が危惧され、腐食減肉量の評価手法を確立することが重要である。このため、TBM内の並列多流路の冷却材流動の予測手法および侵食腐食量に関する物理量の予測手法の確立が急務である。実証試験に裏付けられた予測手段の確立を目的として実施した数値流体計算では、乱流モデル、Large Eddy Simulation(LES)、Direct Numerical Simulation(DNS)の3つを組み合わせ多流路内の冷却材流動条件およびFACに影響を与える壁面せん断応力の評価を可能とした。

今回は第1回目であるため、講演の後、今後の勉強会の進め方、テーマの選定および開催の方法、勉強会の成果のまとめ方などの方針について議論を行った。出された意見は、両部会では「構造物-水相互作用」に対する視点や問題意識が異なるため勉強会は試行錯誤しながら

進める方が良い、議論の時間を長くとるようにすべき、他の部会や関連学協会との連携も考えるべき、毎回の講演を資料として残し勉強会の成果とすべき、などの意見が出された。また、原則として勉強会は両部会が交互に開催設定をすることになった。本勉強会は、今後年3

回程度のペースで継続し開催したいと考えているため、活発かつ有益な会合となるよう部会員各位のご協力とご指導を宜しく願います。

(2011年8月4日受理)



IV. 第 10 回材料部会夏期セミナー報告

夏期セミナーの概要

国内学術小委員長 材料部会夏期セミナー実行委員長 福井大学 福元謙一

平成23年度の「材料部会」夏期セミナーは、東日本大震災以降、原子力学会での各部会において夏期セミナーの開催中止が決まる中、「材料損傷検知」、「高経年化対策」そして「異常過渡現象と材料」をテーマとして、2011年8月18日（木）～20日（土）福井県美浜町の久子海岸海のホテル「ひろせ」で開催した。参

加者は学生17名を含む50名であり、最近の研究成果やトピックスおよびレビューが紹介され、活発な議論が交わされた。また、講演の合間には、福井県美浜町にある原子力安全システム研究所の施設見学会が行われ、原子力発電所の安全確保に関わる基礎研究の場を垣間見ることができた。



1日目は「材料損傷検知」のセッションで4件の講演があった。四竈樹男氏（東北大）より「放射線誘起発光による核融合セラミックス材料の損傷評価」について理論的及び実験的観点からの解説がなされた。大塚裕介氏（阪大）より「高温用き裂・減肉モニタリング電磁超音波センサの開発」について電流駆動電磁超音波センサ設計研究の現状と今後の展望について報告された。小林喬郎氏（福井大）より「FBGセンサによる高温配管の歪み・温度モニタリン

グ技術の開発」について研究の概要と現状が示され、新たな温度・歪み計測手法が紹介された。山下卓哉氏（JAEA）より「ナトリウム中の目視検査装置の開発」についてナトリウム中の超音波検査による目視検査装置研究開発の現状が講演された。1日目の夜には、懇親会が開催され、部会員及び学生間の交流を深めることができた。

2日目午前は初日に引き続き、「材料損傷検知」のセッションで4件の講演があった。黒住

保夫氏（INSS）より「PWR の新しい非破壊検査技術開発」について一次冷却系配管自動超音波探傷法の開発とその現状について報告された。遊佐訓孝氏（東北大）より「軽水炉における渦電流探傷」について渦電流探傷の原理と応用について渦電流探傷デモによる簡単な実習を用いて説明された。永島良昭氏（日立）より「日立における非破壊検査技術」の紹介があり配管点検技術と三次元フェーズドアレイ超音波探傷技術の説明がなされた。本間紳浩氏（三菱重工）より「加圧水型原子炉発電プラントの長期安定運転を支える最新検査技術」の紹介がされ配管超音波探傷技術と SG 伝熱管渦電流探傷技術の紹介がされた。昼食後、施設見学として原子力安全システム研究所（INSS：福井県三方郡美浜町）に移動し、原子力安全システム研究所の材料分析機器、腐食試験用機器、一次冷却系配管自動超音波探傷装置や流動試験ループ設備などの施設を見学した。見学会場に戻り、2 日目午後の「高経年化対策」のセッションで 4 件の講演があった。田中秀夫氏（関西電力）により「日本における高経年化対策の取り組みについて」紹介があり電力会社としての総合的見地からの高経年化対策への取り組みが説明された。寺地巧氏（関西電力）により「PWR の応力腐食割れ」について PWSCC 発生原理とその機構について解説された。藤井克彦氏（INSS）により「PWR の照射劣化機構」について压力容器鋼の照射脆化機構と IASCC 発生機構について解説された。野際公宏氏（JAEA）により「レーザー補助 3 次元アトムプローブによる 9CrODS 鋼のナノ組織観察」について報告され福井県における JAEA の高経年化対策の取り組みの一環の説明がなされた。

最終日の午前の「高経年化対策」および「異常過渡現象と材料」のセッションで 4 件の講演

があった。「高経年化対策」セッションでは小池通崇氏（福井大）により「ジルコニウム合金圧力管の照射特性・評価」について新型転換炉ふげんの役割と Zr-Nb 合金の照射特性について解説された。「異常過渡現象と材料」セッションでは、榎枝幹男氏（JAEA）により「ベリリウム-水反応を考慮した核融合炉ブランケット試験モジュールの過熱事象の検討」について核融合炉におけるベリリウムの役割とベリリウム-水反応の原理と冷却能力喪失事故時の過熱事象におけるモジュールの挙動について説明された。宇埜正美氏（福井大）により「シビア・アクシデント時の燃料挙動-TMI 事故解析を中心に」について TMI 事故事象のシナリオと事故時の燃料・被覆管・制御棒の熔融挙動について解説された。青木孝行氏（保全学会）により「福島第一原子力発電所事故に関する分析評価の視点と今後の課題」について福島第一原発事故の概略について解説され日本保全学会が策定している津波対策評価ガイドラインについて報告された。

いずれの講演でも学生を対象として工夫された講演となっており、学生にとっては理解を得やすい講義であったように思われた。講演後の質疑応答では多くの質問やコメントが出された。写真は、2 日目午後での夏期セミナー参加者の記念写真である。

最後に、ご多忙中にもかかわらず、講師、座長を快くお引き受け頂きました先生方、施設見学会開催を快く引き受けて頂いた原子力安全システム研究所の福谷耕司氏をはじめとする研究所皆様に厚く御礼を申し上げます。また、準備段階から本セミナーの企画、運営にご協力頂いた多くの方々に、この場を借りて謝意を表します。

（2011 年 8 月 20 日受理）

夏期セミナーに参加して

夏期セミナーに参加された学生さんのうち、ご寄稿くださった方の感想を掲載します。

東北大学エネルギー安全科学国際研究センター

M2 山内大輔

今回のセミナーでは、原子力分野の研究や最新技術について幅広く知識が得られました。あまり自分自身には馴染みの無い材料損傷検知法の講演では、基礎的な原理から説明して頂き、非常に分かりやすく大変勉強となりました。また原子力安全システム研究所の見学にも参加させて頂きました。基礎的な機構研究を始め、先端分析設備を導入し、プラントの安全向上のため精力的に取り組んでおられる様子が分かりました。高経年化に関する講演では、現在自分が行っている応力腐食割れに関する研究との関係も多く、将来的な自分の研究成果の利用先が想像できただけでなく、関連の知識を高める上で非常に参考になりました。

今回のセミナーでは、講演だけでなく、他大学から参加された学生の皆様との交流を通して、私自身非常に大きな刺激を受け、今後自分ができる役目を果たせるよう研究に邁進しようと思えました。このような貴重な機会を設けて頂きまして本当にありがとうございました。

福井大学原子力・エネルギー安全工学専攻

D1 佐々木孔英

私がこのセミナーに初めて参加したのは昨年度の事。今回の参加は2回目になります。前回と今回のセミナーの大きな違いは福島原発事故の前と後という事です、やはり前回と比べて「安全」への考え方・捉え方について深く議論されたと感じました。福島原発事故が起こって以来、連日メディアで政府や東電の原発へ

の対応、世論からの厳しい声が報道され、自分自身も原発業界への不信が高まっていました。そんな中、今回のセミナーに参加する事は、第一線で活躍しておられる研究者の意見を聞く事が出来るという点で、自分の中では大きな意味がありました。正直、原発に対する私の意見はあの事故以来悲観的なものばかりでした。しかし、先輩方の意見はその悲観の先の建設的なもので、原子力業界にこれから関わっていく学生としてたいへん参考になりました。そしてやはり、大衆の意見やメディアに流され過ぎずイデオロギーに屈せず、先輩方のように自分の意見をしっかり持ちながら研究に携わる事が大切だと感じました。またできれば来年度以降も夏期セミナーに参加し勉強させて頂きたいと思います。

福井大学原子力・エネルギー安全工学専攻

M2 岩崎将大

セミナーに参加して原子力に係わらず、材料研究の重要性を再確認できたいい機会だった。材料損傷検知・高経年化対策・異常過渡現象と材料の3部で構成され、全ての講演が無知な私にとっては有意義な時間であった。特に今年は東京電力・福島原子力発電所の問題があったため、質疑・応答（議論）の時間でも福島のことを踏まえた議論も飛び交っていた。印象に残っている講演は関西電力の田中秀夫講師による「高経年化対策の現状」である。東京電力と同じ電気事業者の立場からの講演であったため、原子力発電所立地県の市民として聞くことができ、内容も理解しやすいものだった。専門家が集まるセミナーは講演内容だけでなく、議論

においても貴重な知識を得られる場であったため、参加してよかった。

福井大学原子力・エネルギー安全工学専攻

M2 大嶋朋裕

今回の夏期セミナーではいろいろな話を聞くことができ大変勉強になった3日間でした。特に最後の公演の「福島第一原子力発電所事故に関する分析評価の視点と今後の課題：青木孝行」は原発事故の原因とその後の対応策などを詳しく説明してくださりととても分かりやすかったです。また INSS の見学ではたくさんの引張試験機や、実験所を見ることができ実験環境が充実していることが分かりました

福井大学原子力・エネルギー安全工学専攻

M2 梶原佑介

今回、第10回材料夏期セミナーに参加し、貴重な講義を多数拝聴させていただきました。材料部会のセミナーでしたので、専門的な材料の話が多いかと想像していました。しかし福島の事故を受けての報告や検査技術についての話が多く、専門外の分野であるため知らないことばかりでとても勉強になりました。また、材料分野についても劣化予測や材料評価などの新たな知見が得ることができ、非常に有意義な時間となりました。今回の講義をきちんと理解し、自分の研究に反映し質を上げていければと考えています。

福井大学原子力・エネルギー安全工学専攻

M1 坂口智則

今回の材料部会夏期セミナーで先生方の御講演を聴講させていただいて多くのことを学ぶことが出来ました。先生方の講義は私たち学生にとって大変分かりやすく説明してくださったので聞きやすかったと思います。個人的に

は、藤井克彦先生の「PWRの照射劣化機構」では照射による微細組織への影響、それに伴う機械的特性の変化、照射誘起 SCC についての知見を得ることが出来たのでよかったと思います。また、INSS の施設見学では短時間ではありましたが、研究機器や模擬実験施設を見ることが出来て良い経験となりました。

福井大学原子力・エネルギー安全工学専攻

M1 松山源基

昨年に続き二度目の参加となったが、昨年とはテーマが変わりまた新しい知識を得ることができた。材料損傷検知部門は自分のよく知らない部分であり、新鮮であった。高経年化対策部は自分の研究にも関わる部分であり、発表方法や実験方法等参考にしたい部分が多くあった。特に JAEA の野際氏の発表にあったナノ組織観察はこれからの実験で行う必要性が出てくるのではないかと感じる解析方法であったので非常にいい機会であった。3日間という短い時間の中で原子力に関するタイムリーな話題を拝聴でき、有意義であった。

福井大学原子力・エネルギー安全工学専攻

M1 村上清貴

今回の夏期セミナーはセンサー・測定に関する講演が多く、普段あまり携わっていない分野の話が聞けたので非常に興味深かった。特に Na 中遊泳ビークルや、自動超音波探傷法などの、ロボットを用いた検査技術の開発がここまですべて進んでいることに驚いた。

また、福島第一原子力発電所事故に関する分析評価の視点と今後の課題においては、想定外の津波が原因だということが証明できれば住民に説明がしやすいため、津波が原因であることを確定できるように調査を行いたいという話だったが、質問時に山脇先生から現時点では

地震で被害を受けたことも否定出来ないという指摘があったように、津波が原因だろうという先入観を持たずに調査をし、すべての原因を徹底的に探し出すことが、今後二度とこのような事故を起こさせないうえで重要なのではないかと思った。

福井大学工学部機械工学科

4年 四方章仁

今回のセミナーは全体を通して学生の私たちにもわかりやすい形でまとめられていたため、日頃やっている自分の研究とは少々違った分野の学習をするよいきっかけになりました。ただ、自分の研究に近い内容であるはずの講義でさえ良い質問が思い付かなかったため、議論に参加できず聞いているだけになってしまい、貴重な機会を十分に活かすことができなかったことが心残りです。なので、今回の講義の内容を自身の研究に活かすと共に、以後こういった機会があった時には積極的に議論に参加することができるよう精進していこうと考えています。

福井大学工学部機械工学科

4年 大久保学

材料部会夏期セミナーに参加し、とても難しい話ではありましたが原子力に関する様々な話を聞かせていただいて大変勉強になりました。そのなかでも一番頭に残り考えたのは青木先生の「福島第一原子力発電所事故の現状と分析」です。多重防護は本当に多重であったか、災害はシステムの最弱点を襲うなど興味がわいて内容もとてもわかりやすかったです。原子力に携わる人間は絶対事故は起こしてはいけないし100%の安全を保障できなければ原発を運転してはならないと再認識することができました。

福井大学工学部機械工学科

4年 荻谷 篤

今回のセミナーは初参加ということもあって、大変色んなことを学ぶことができました。特に、3日目にあった核融合炉のベリリウム-水反応の講演では、現在自分の行っている研究に一番近いということもあり、大変面白く聴くことができました。現在自分が行っている研究はブラケット材のバナジウム合金の研究で、ブラケット構造に関連してNIFSのLHDを通してヘリカル型の仕組みに関してはある程度知ってはいたのですが、トカマク型に関しては殆ど知らず、その事も相まって大変興味深く有意義なものになりました。今回このような場を設けてくださった先生方に変感謝しております。ありがとうございました。

福井大学工学部機械工学科

4年 谷垣孝則

研究室に配属されてからこのようなセミナーというのは初めて参加しましたが、原子力分野の方の他にセンサーや検知分野等の方などもいて、様々な分野の発表を聞けて大変勉強になったと思います。内容としては材料損傷検知、高経年化対策、原子力システム研究所見学、異常過渡現象と材料でしたが、特に高経年化対策の中の田中先生のお話が印象に残りました。田中先生は高経年化対策はもちろん、原発地域の住民との話し合い、相互の理解に力を入れられていて、講演を聞いているとそれが良く分かりました。そして部下の方には「当たり前を疑え、物事がなぜそうなるかをよく考えろ」といつも言っているとおっしゃっていて、とてもいい言葉だと感じました。今後こういうセミナーにはなるべく参加して、知識を高めたいと思います。

M1 津田直人

先日の震災により原子力の存続が危ぶまれることになってしまい、これから原子力エネルギーを存続させるために、今まで以上に安全と信頼を再獲得する必要がある。そのためには、少なくとも現在の状況を知る必要があるため、今回の夏季セミナーに参加させて頂きました。

今回のセミナーを通して、材料はもちろん、プラントの検査方法、エネルギー政策などの様々な視点からの講義を聞かせて頂き、今後の原子力の展望をより深く考えなければいけないと思われました。私の研究とは少しジャンルの違うところもあったのですが、幅広い知識を持つことは今後の研究に有益であるし、著名な先生方とお会いでき、雑談ながらも話しをさせて頂き、これから研究を進めていく上で大変有意義な時間を過ごさせて頂きました。

京都大学エネルギー変換科学専攻

M1 杉野弘樹

今回の夏季セミナーでは原子力エネルギーを支える材料の必要性和重要性を改めて感じました。特に非破壊検査では、実際の応力腐食割れを見せて頂き、とても微小なひび割れでも反応する機械のすごさを感じるとともに、あのような微小なひび割れでも危険性があるということに驚きも感じました。

全体的には PWR といった原子力発電の構造や、THI や福島事故の経緯や今後の対策など、原子力分野に関わる者として学ぶことがとても多く、とても有意義な時間をすごせたと思っています。ありがとうございました。



V. 国際会議報告

ASTM E-10シンポジウム参加報告

日本原子力研究開発機構 阿部陽介、實川資朗

第 25 回となる米国材料試験学会原子炉材料照射効果シンポジウム (ASTM E-10 会合) は、2011 年 6 月 15 日から 17 日の 3 日間にわたり、米国アナハイムのホテルマリOTTアナハイムにおいて開催された。会場は、ロサンゼルス国際空港から南東に約 50km のディズニーランドアナハイムに程近いホテル街にある。本国際会議は、隔年で開催される原子力材料の照射損傷に関する国際シンポジウムであり、日本や欧米の研究機関の共同運営による国際核融合炉材料会議 (ICFRM) と並び、材料の照射損傷に関する重要な国際会議であると同時に、3 月 11 日に発生した東日本大震災による福島第一原発事故発生から 3 カ月余りという時期にあたり、様々な原子力分野における材料研究の最新の研究成果のみならず、今後の工学的応用や発展の見通しについての国際的な議論を行う場として大変意義深い開催となった。

会議での発表件数は 63 件で、参加者数は 90 名程度であった。内容別では、軽水炉圧力容器の照射脆化に関する研究報告が 24 件、モデリング 15 件、照射施設及び照射実験法が 10 件、燃料 3 件、その他 11 件 (高ニッケル合金、ジルカロイ等) であった。現象別には、圧力容器鋼の照射脆化を含め、ヘリウム脆性、オーステナイト鋼の延性低下等の照射による破壊抵抗減少に関するものが 45 件と 7 割以上を占めた (他は、新型照射施設、モデリング、燃料等)。会議初日には、軽水炉の材料課題に関する報告に続きパネルディスカッションが行われた。福島第一原発での事故を受けて、今後の日本におけ

る原子力利用の見通しについて電中研の曾根田氏から報告があった。大変活発な議論が行われ、原子炉の安全性・健全性評価における照射損傷メカニズムの理解や高経年化予測に関する基礎的研究の重要性についての指摘もあった。

新たな傾向や今回の特徴として、高 He 量領域等での挙動及び多重イオンビーム照射施設開発が指摘できる。核変換生成 He は、高温で空洞、割れ等の形成をもたらすが、今回は 300℃以下での著しい脆化の発生について 2 件の報告があった。比較的低温 (300℃以下) において核変換生成ヘリウムにより生じる脆化の発生についての実験報告があり、核融合炉用低放射化フェライト鋼の耐久性限界に加えて、実用炉における PWR の炉心部に多用されている高ニッケル合金においても同様の問題が顕在化する可能性が高いことも指摘された。もう 1 件は、シミュレーション照射実験用の多重イオンビーム照射施設の整備である。このような施設には ORNL、ANL 等の米国の施設、原子力機構の TIARA 施設等があったが、米国では 10 年程度前に閉鎖され、TIARA 等の日本の施設のみが存続していた。しかし、昨年フランス (CEA の JANNUS 施設) で、今回さらに、米国、スペイン、ウクライナ、中国からも新たな施設と実験結果が紹介された。これほど多くの多重イオンビーム照射施設の発表は類例がない。なお、EU の施設は核融合開発に関するもの、米国の施設は基礎研究用で、10nm 径のビーム発生、腐食環境下での照射等の意欲的である。これらの施

設は、TIARA 等での多重イオンビーム照射の影響を受け、計算科学的手法と組み合わせることで、照射挙動予測手法を開発する目的で設置された。

ヘリウム脆化に関連する数値モデリングに関しては、純鉄中でのヘリウムと点欠陥の相互作用に関する報告が4件あり、高温で問題になるヘリウムバブルの安定性評価や、この評価のために必要な新しい原子間ポテンシャルの構築に関する報告が行われた。今後、ますます多重イオンビーム照射実験と計算科学的手法を有機的に結び付けて照射挙動予測手法を開発していくことが重要であると痛感した。また、照射下微細組織変化の高精度な予測法開発における重要課題の一つである転位バイアスの

モデル化に関する研究報告が4件報告された。この中で、これまでに行われてきた実験データからの評価と理論的評価の比較に関するレビューが行われた。従来、転位バイアスのモデル化や粗視化された数値モデルへの適用に関する議論はあまりなされてこなかったが、今後、高精度で信頼性の高い数値モデリングの研究開発を行っていくうえで重要な研究課題になることが予測される。

会議で発表された論文は、査読を経て Journal of ASTM International (JAI) に掲載される予定である。

(2011 年 7 月 29 日受理)



本会議実行委員長の山本琢也先生 (UCSB)

1st Asian Zr Workshop 報告

住友金属工業(株) 竹田貴代子

日韓中／原子力学会協力により初めて開催された「1st Asian Zr Workshop」に参加した

(2011 年 6 月 8 日～10 日). Workshop は韓国でも科学技術施設の多くある大田広域市の儒城温泉で行われ, 参加者は約 60 名(日本 9 名, 韓国約 30 名, 中国約 20 名)であった.

基調講演は Prof. Murty(ノースカロライナ大)からジルカロイ被覆管の機械特性とクリープ特性の異方性, Dr. Cheng(EPRI)から Zr 合金被覆管への要求性能とその変遷, Prof. Zhou(上海大)からジルカロイ 4 酸化皮膜に関する研究, 永瀬氏(JAEA)から JAEA での燃料安全研究の成果概要と, 各分野の第一人者から基

礎～発展と幅広いお話が伺えた. 一般講演は 39 件(うち 3 件はキャンセル), ①Alloy design & basic metallurgy(日:1, 韓:2, 中:3), ②Corrosion(日:1, 韓:3, 中:3, 台:1), ③Post Irradiation examination(日:2, 韓:2), ④Safety issue & hydriding(日:1, 韓:4, 台:1), ⑤Fabrication & mechanical property(日:1, 韓:3, 中:4)と 5 つのセッションから成った. Workshop 後, 希望者には Technical tour として KepcoNF-TSA 被覆管工場と KAERI の研究炉 HANARO の見学がなされた.

表 1 全体プログラム概要(人名は Chairs)

	6/8(水)	6/9(木)	6/10(金)
AM		Corrosion	Fabrication & Mechanical Property I. K. Kim(KEPCO-TSA) M. Yao(Shanghai Univ.)
PM	Registration	Lunch	Lunch
	Opening Y-H. Jeong(KAERI)		Closing Remarks Y-H. Jeong(KAERI)
	Plenary Y-H. Jeong(KAERI)	Post Irradiation Examination J. S. Yoo(KEPCO-NF) J-H-Chen(INER)	Technical Tour
	Alloy Design & Basic Metallurgy J-Y. Park(KAERI) F. Nagase(JAEA)	Safety Issues & Hydriding K. T. Kim(Dongguk Univ.) K. Kurosaki(Osaka Univ.)	
	Welcome Reception	Workshop dinner	

発表内容は各国の現状を反映しており興味深かった. 中国からは金属組織の冶金学と腐食特性・塑性変形・機械的性質の相関に関する報告が多く, Zr 合金燃料被覆管の挙動を理解する上での基礎的な事象について, 多くの学生が自らの手で苦労して得たと思われる成果を生き活きと発表していた. 韓国からは燃料被覆管の国産化における製造技術の検討, また国産被覆管の炉内外性能などが報告され, 産官学が連携して推進している様子がうかがえた. 日本か

らはさらに次のステップである照射が被覆管の機械的特性(強度, 硬さ, 変形能)に及ぼす影響や, 新しい評価法を用いた研究が報告された.

全般として, 韓国や中国が本分野に人材, 資金とも多く投資していることと熱気を感じた. 日本は発表の質からも長を感じたが, 今回のようにフランクに質疑応答や交流のできる Workshop であれば, 学生も含めた若い方々に活用してもらえればと思った(余談になりますが... 参加者は母国語が英語でない人が殆どで

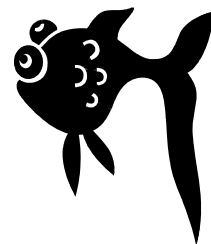
あったせいか、欧米での学会のように会話に置いてけぼりを食らわず、楽な気がしたのは私だけだったかもしれませんが... 交流も盛んでした)。Asian Zr Workshop は 2 年に 1 回の開催で、2013 年中国、2015 年日本の予定とのこと。

最後になりましたが、本 Workshop を計画・運営された関係の方々には、貴重な機会を与えて頂き大変ありがとうございました。深く御礼申し上げます。

(2011 年 8 月 2 日受理)



1st Zr Workshop 参加者の集合写真(会場 : Hotel Spapia 前にて)



VI. 研究室紹介

日本原子力研究開発機構 核融合研究開発部門

核融合エネルギー工学研究開発ユニット 核融合炉構造材料開発グループ

当研究グループは、日本原子力研究所から日本原子力研究開発機構に改組された年（2005年）に設立された研究グループです。原子力機構における核融合炉構造材料開発は長年他部門のグループが担っていましたが、原型炉開発に向け本格的に取り組むべく、IFMIF 開発も担当した旧研究グループから分離新設されました。現在のメンバーは、谷川博康グループリーダー他、研究員 3 名、任期付き研究員 2 名、博士研究員 2 名で構成されています。設立されてから日の浅いグループですが、メンバーも最高齢が 40 代前半、平均年齢が 36 歳ぐらゐと、きわめて若い人間で占められています。

当グループの研究開発活動は、米国オークリッジ研究所の HFIR 炉照射協力研究、欧州との「幅広いアプローチ（BA）」活動、および ITER テストブランケットモジュール(TBM) 開発が 3 つの柱となっています。最近では、原型炉用ダイバータ材料開発への取り組みも開始しています。構造材料としては、低放射化フェライト鋼 F82H を第一候補材として、SiC/SiC 複合材料を先進材料として開発を進めています。また「接合できない材料は構造材料たり得ない」ことを念頭に、接合技術の開発にも取り組んでいます。

グループとしては、原型炉ブランケット設計に向けた「構造材料としての性能保証と限界設定」を中心課題とした開発に取り組んでいます。しかし、その対象となる開発課題は多岐にわたることから、原子力機構内の連携・協力研究、および大学・研究機関との共同研究が、グルー

プ活動の中で非常に重要な位置を占めています。機構内協力としては、低放射化フェライト鋼の耐照射性向上について長年 F82H の開発を担ってきた原子力基礎工学研究部門 照射材料工学研究グループに、接合技術開発については核融合研究開発部門 ブランケット工学研究グループに協力を仰いでいます。また BA 活動においては、多くの大学・研究機関との共同研究により成果があがりつつあります。

平成 22 年 11 月からグループ拠点を六ヶ所村の青森研究開発センターに移し、現在多くの最先端材料評価分析機器が原型炉 R&D 棟で稼働しています。平成 23 年 10 月からは RI 取り扱い施設としての本格稼働が始まります。主要装置の中には、 μ カロリーメータ付 FE-SEM 等、管理区域に設置された装置としては世界で唯一の装置があるなど、材料開発に必要な装置群が整備されています。グループとしても本施設を利用して照射効果によってもたらされる工学課題に取り組んで行きますが、機構内や、多くの大学・研究機関の先生方に積極的に利用いただき、多くの成果をあげていただければと希望しております。特に、原型炉建設・運転に関わる世代にあたる学生の皆さんで、熱意をもって研究に取りくまれている方には、先生との一時的な来所利用のみならず、特別研究生、夏期実習生、実習生といった原子力機構の制度を利用して、私どもと一緒に研究開発に取り組んでいただければと希望しております。青森（六ヶ所）は確かに冬は厳しい気候となりますが、温泉、海の幸に恵まれた自然豊かな場所です。

皆様のご利用をお待ちしています。

私たちのグループは「若い」研究グループですが、「研究開発は真剣に、且つ楽しんで取り組まなければ、良い研究とならない」ことをポリシーとしつつ、原型炉(原型炉ブランケット)をしっかりと見据えた構造材料開発を責任をも

ってリードしていく所存です。今後も皆様の協力を仰ぎつつ、核融合炉原型炉建設に向けて研究開発に邁進していきますので、引き続いてのご指導、ご支援をよろしくお願い申し上げます。

(2011 年 8 月 10 日受理)



放射線管理区域に導入された FE-TEM。
EDS、EELS、STEM 解析などが可能。



日本原子力研究開発機構 青森研究開発センター（六ヶ所）IFERC 原型炉 R&D 棟前で。
左から中田（PD）、谷川（GL）、濱口（研究員）、盧（PD）、小沢（任期付研究員）、
酒瀬川（任期付研究員）、安堂（研究員）。枠内はオークリッジ駐在中の野澤研究員。

VII. Journal of Nuclear Materials エディターから

ご挨拶とお願い

核融合科学研究所 室賀健夫

本年4月から Journal of Nuclear Materials (JNM) のエディターを拝命しました。どうぞよろしくお願いいたします。本年一杯で、前任の石野葉先生と引き継ぐ予定です。

JNM は、原子炉、核融合炉、加速器等原子力施設に関わる材料、燃料の課題、それらの基礎過程である、材料と粒子線やプラズマなどとの相互作用などに関する課題を扱う最も歴史あるジャーナルで、この分野の発展と人材の育成に大きく寄与していることはご存知の通りです。

石野葉先生が橋口隆吉先生のあとを継いで JNM エディターとなられたのが 1988 年ですから、ほとんど四半世紀の長きにわたってこの分野の牽引役を果たされてきたことになりました。エディター業務への取り組みは誠に真摯で、一つ一つの投稿論文への姿勢は真剣そのものでした。石野先生から、折り入って相談がある、との連絡を受け要件をお尋ねしたところ、投稿論文の取り扱いについてだった、ということもしばしばありました。いい加減な査読をして先生にご迷惑をおかけしたことが今でも恥ずかしく思い出されます。石野先生は原子炉材料、核融合炉材料、基礎研究など広い分野で長きにわたって私たちをご指導くださいましたが、JNM エディターを通じてのこの分野への貢献も誠に大きいものです。顧みるに浅学菲才で手抜き癖が消えない筆者が、今後この分野に与えるご迷惑を考えると気が重くなる次第です。

学術雑誌における競争は厳しいものがあるようで、JNM も近年大きくその姿が変わりつ

つあります。数年前に全面的に電子投稿・査読システムに変わりましたが、査読の皮相化、形骸化が懸念されています。(石野先生は最後まで電子化に反対されていたと聞いています) 出版社としては迅速な出版をセールスポイントとしたいところがあり、従来行われていた数人の査読者による繰り返しの検討はなかなかやりにくい状況です。何よりも出版社が重要視するのが「インパクトファクター」です。インパクトファクターが下がるという理由で(これは真偽のほど不明ですが) 国際会議のプロシーディングスとしての発刊に大きな制限を加えることになりつつあります。JNM のインパクトファクターについては、最近では、2008 年に 1.50 だったのが 2009 年に 1.93 に上がり、このことを大いに宣伝したのですが、2010 年には 1.28 落ち、首をかしげているところです。この値も統計の取り方などいろいろなファクターに影響されるようで、一喜一憂するものでもないでしょう。

今年になって、二つの点での改良が進められています。一つは、スコープの文章の改訂で、これは、関係が薄いとみられる論文が多く投稿される現状で、スコープ外を理由とした不採択の根拠を明確にするという意図もあります。最近エディター間で議論し、現在のスコープ文の後に、材料一般や原子力工学一般の論文などがスコープ外である旨文書を付けることになりました。もう一つは、エディターの担当論文についてです。これまで論文のエディターへの割り振りは、アジア担当、など地域性の考慮はあ

りましたが、個々のエディターの専門分野はあまり考慮されていませんでした。これからは、投稿者が論文の分野を自分で申告し、その分野を専門とするエディターが担当することになると思います。

学問分野で、その成果を公表し議論するのに適した学術雑誌があるのは、大変幸運なこと

だと思います。材料部会に属する我々が等しく認めるコア雑誌である JNM は、先達のたゆまぬ努力によりその役割と地位が築かれました。新米エディターとして責任を痛感しているところですが、部会員の皆様にはあらためて JNM の質の向上への協力をお願い申し上げる次第です。
(2011 年 8 月 1 日受理)



VIII. 行事等のお知らせ

International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-10)

September 11-16, 2011, Portland, USA

<http://www.isfnt-10.org/>

12th International Nuclear Graphite Specialists Meeting (INGSM-12)

September 20-23, Jeju, Korea

<http://ingsm-12.org/>

15th International Conference on Fusion Reactor materials (ICFRM-15)

October 16-22, 2011, Charleston, USA

<http://www.ornl.gov/icfrm15/>

19th International Conference On Nuclear Engineering In Osaka (ICONE19 Osaka)

October 24-25, 2011, Osaka University, Japan

<http://www.icone19.org/>

Materials Research Society 2011 MRS Fall Meeting & Exhibit

November 28 - December 2, 2011, Boston, USA

<http://www.mrs.org/fall2011/>

TMS (The Minerals, Metals & Materials Society) 141st Annual Meeting & Exhibition
March 11-15, 2012, Orlando, FL, USA

<http://www.tms.org/meetings/annual-12/AM12home.aspx>

Materials Research Society 2012 MRS Spring Meeting & Exhibit

April 9-13, 2012, San Francisco, USA

<http://www.mrs.org/spring2012/>

2012 International Congress on the Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP12)

June 24-28, 2012, Chicago, USA

<http://icapp.ans.org/icapp12/>

ASME 2011 Pressure Vessels & Piping Conference (PVP)

July 17-21, 2011, Maryland, USA

<http://www.asmeconferences.org/pvp2011/>

ASME 2012 Pressure Vessels & Piping Conference (PVP)

July 15-19, 2012, Toronto, Canada

<http://calendar.asme.org/EventDetail.cfm?EventID=14613>

The Nuclear Materials Conference (NuMat 2012)

Osaka, Japan

Multiscale Materials Modeling (MMM) 2012

October 15-19, 2012, Biopolis, Singapore

<http://www.mrs.org.sg/mmm2012/>

6th International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology HTR2012

October 28 - November 1, 2012, Miraikan, Tokyo, Japan

HP 準備中



IX. 平成 23 年度材料部会運営委員会 委員名簿 (2011 年 4 月～2012 年 3 月)

部会長	:	青砥紀身	(日本原子力研究開発機構)
副部会長	:	室賀健夫	(核融合科学研究所)
財務小委員長	:	浅野恭一	(東京電力株式会社)
編集小委員長	:	森下和功	(京都大学エネルギー理工学研究所)
編集小委員会委員	:	金子哲治	(株式会社東芝)
広報小委員長	:	安堂正己	(日本原子力研究開発機構)
広報小委員会委員	:	石島暖大	(日本原子力研究開発機構)
国内学術小委員長	:	福元謙一	(福井大学附属国際原子力工学研究所)
国内学術小委員会委員	:	鈴木知明	(日本原子力研究開発機構)
国際学術小委員長	:	土肥謙次	(電力中央研究所)
国際学術小委員会委員	:	柴田大受	(日本原子力研究開発機構)
庶務幹事	:	牟田浩明	(大阪大学大学院工学研究科)
庶務幹事	:	橘内裕寿	(日本核燃料開発株式会社)
庶務幹事	:	村瀬義治	(物質・材料研究機構)
庶務幹事	:	高屋 茂	(日本原子力研究開発機構)

X. 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。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、気軽に話題提供をお願いします。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@ml.mail.ne.jp

XI. 編集後記

特集記事では、歴代の材料部会長たちに、福島原発事故に関するコメントをお願いしました。皆さまお忙しいにもかかわらず、快くお引き受けくださいました。この場を借りて厚くお礼申しあげます。部会員・学生部会員の皆さまにおかれましては、元部会長たちのメッセージを読んでのご意見・ご感想をお寄せいただけましたら幸いです。
(京大 森下和功)