

Nuclear Materials Letters

(2013年1月)

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

目次

I. 巻頭言	1
核融合科学研究所 第11代材料部会長 室賀 健夫	
II. 第2回 軽水炉燃料・材料・水化学夏季セミナー報告	2
国内学術小委員会委員長 日本原子力研究開発機構 鈴木知明	
III. 材料部会 - 核燃料部会 - 水化学部会合同勉強会	5
副部会長 日本原子力研究開発機構 塚田 隆	
IV. 平成24年度材料部会運営委員会 委員名簿	8
V. 寄稿のお願い	8
VI. 編集後記.....	8

I. 巻頭言

第 11 代材料部会長
核融合科学研究所 室賀健夫



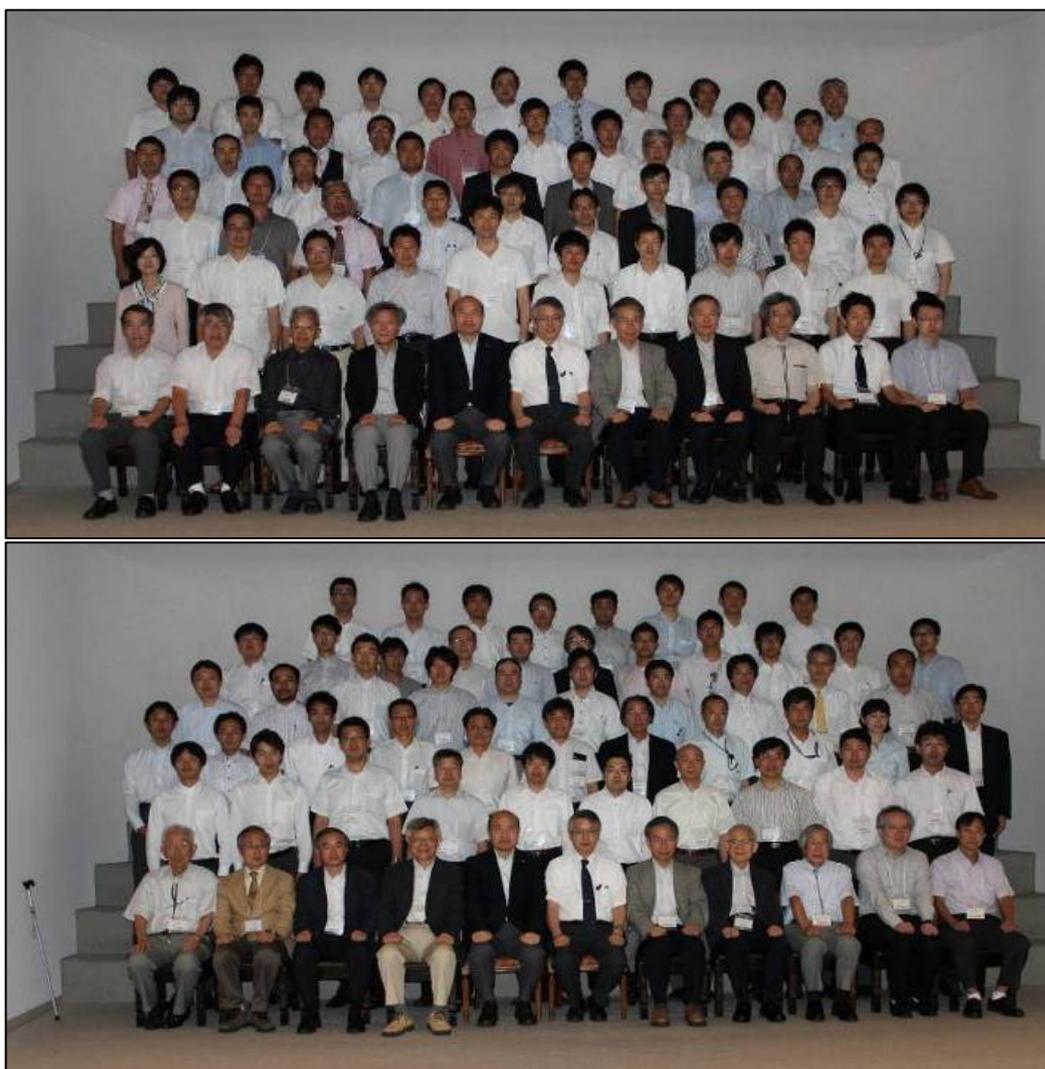
昨年度、副部会長として1年間務め、本年度4月から部会長を務めています室賀健夫です。副部会長としての職務を始める直前に福島第一原子力発電所の事故が起こり、学会および部会の置かれる環境が全く変わってしまいました。材料部会は、元々軽水炉、次世代炉・高速炉、核融合炉、加速器などに関わる材料の研究者、照射効果や腐食など材料の基礎過程の研究者などで構成されるいわば横断的な組織ですが、福島事故以来、材料専門家集団として事故に対して責任ある対応をとることが求められています。これまで、2012年春の部会企画として、「軽水炉高経年化対策における取り組みー材料に関わる活動を中心としてー」、秋には「福島原発事故を見据えた規格基準の高度化ー材料に関わる視点から」と、それぞれ福島事故を強く意識した企画を行いました。また、本年度の夏のセミナーは、核燃料、水化学部会と合同で、福島事故にかかる課題を掘り下げて議論しました。また、学会では福島事故の原因究明と事故の再発防止を検討する事故調査委員会を発足させ、早急に検討を進めていますが、これは部会での議論をベースとするもので、部会において担当委員の指名と検討組織の構築を行いました。今ほど部会の組織力と機動力が問われたことは無いと感じています。

一方、冷静に我々の責任について考えますと、専門家組織として社会の疑問に十分こたえられるかということが大変気になります。「安全神話」と揶揄されるまで行かなくとも、われわれ自身が本質が明らかになっていないものをそのまま受け入れているということがいろいろあるのではないか、そういうものは社会にきちんと説明できないのではないか、という疑問が自分自身の中で大きくなっています。特に、材料の信頼性を担保することにつながる評価法やモデル、指標などについて、どこまで本質が分かっているか、それをきちんと説明できるか、ということについて厳しく問い直す必要があると感じています。これからの社会への発信のありかたについても部会において議論していきたいと思えます。部会員、各位におきましてはよろしくご助言を頂きたくお願い申し上げます。

II. 第2回 軽水炉燃料・材料・水化学夏季セミナー報告

国内学術小委員会委員長 日本原子力研究開発機構 鈴木知明

平成24年度の材料部会夏期セミナーは、核燃料部会、材料部会、および水化学部会の3部会合同セミナーとして、平成24年7月11日から13日まで島根県松江市松江しんじ湖温泉「ホテル一畑」において開催された。3部会合同のセミナーは、3年前同じ島根県の玉造温泉で行われたのに続き、2回目である。今回は水化学部会が幹事機関となり、セミナーの運営の主たる部分を担った。(ちなみに前回の幹事機関は核燃料部会である。)会場となったホテル一畑は湖畔の風光明媚な場所にあり参加者の目を楽しませてくれた。また、交通の便も良く、参加者にはおおむね好評であった。なお全体の参加者は126名で、そのうち材料部会からは15名であった。



参加者の集合写真

3 部会合同でセミナー行う最大のモチベーションは部会間の相互コミュニケーションであると思われるが、今回はその目的でまず各部会から基調講演をお願いし、また「設計の基礎」について各部会で活躍されているそれぞれ2名の方に講演をお願いした。それぞれの講演についての詳細は省略するが、講演者の方々はそれぞれ他分野の方を意識しながら工夫された発表されていたと思われる。しかしながら、同じ原子炉を扱っているにも関わらずやはり他分野のことを理解するのは容易ではないという感想をもった。これは筆者の勉強不足も一因であるが、現在水化学部会との間で共同の勉強会を行っているように、不断の相互コミュニケーションが重要であるということをも再認識させられた。

また、一日目の昼にはポスターセッションが行われて、活発な議論が行われた。またその晩、情報交換会が行われ、利き酒大会やポスターセッションの表彰等が行われた。

二日目は福島第一原子力発電所の事故に関連して各分野の専門家の方に講演をお願いした。

まず、燃料挙動に関して「軽水炉シビアアクシデント時の燃料のふるまい」について講演があり、事故時に燃料や被覆管がどのような挙動を示すのかについて詳しい説明があった。また、「水の放射線分解による水素発生」についての講演では放射線によって水から水素が発生するメカニズムについて講演があった。

特別講演では東京工業大学の尾本彰先生に「福島第一原子力発電所の事故概要」と「今後の原子力政策」というタイトルで連続して2つの講演を行っていただいた。この講演では、地震、津波、事故発生、汚染の拡大という時系列で事故の概要が丁寧に説明され、社会科学的な観点からも解析が加えられ、今回の事故を概観する上で非常に興味深い講演であった。また、タイトルにもあるように、今後の原子力政策をどうするかということは原子力関係者一人一人に突きつけられた問題であり、原子力発電を総発電量の何パーセントにするか等のバイアスが衝突する単純化された議論に持ち込むのではなく、人間が技術と付き合っていくための確かなルール作りが最も重要な課題であると痛感した。

特別講演に引き続いて、「使用済み燃料プールの腐食可能性と対策」について講演が2件あり、腐食のメカニズムや腐食と放射線の関係などについて詳しい議論がなされた。

また、事故処理に関連する事業の中でも特に注目度の高い、使用済み燃料プールの維持管理と汚染水の処理の現状についての報告として「福島第一発電所汚染滞留水処理技術の開発 ―セシウム除去システムの概要―」および「高濃度汚染水の塩分除去」という2件の講演があった。放射線量が高い環境中で時間と戦いながら、このような処理施設を短時間で完成させた研究者・技術者には頭が下がる思いであった。

また、最後の講演では「今、核燃料研究者がなすべきこと」という題で、核燃料部会の中に設置された溶解事故における核燃料関連の課題を検討するワーキンググル

ープの紹介等があった。

最終日の三日目には中国電力（株）島根原子力発電所 3 号機の見学を実施し、39 名の方々が参加された。残念ながら筆者は定員オーバーということで参加できなかったが、普段見ることができないような施設まで見せていただいたということで好評であったと聞いている。

前述したが、本セミナーの幹事機関は水化学部会で、責任者であった日立 GE の長瀬誠氏をはじめ多くの水化学部会の方々に骨を折っていただいた。また、受付係や会場係など多くの 3 部会のメンバーにお世話になった。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いただいた皆様、そして施設見学を受け入れていただいた中国電力（株）島根原子力発電所の皆様にこの場をお借りして深く御礼申し上げます。

なお、第 3 回合同夏期セミナーは 3 年後の平成 27 年に材料部会が幹事機関として開催する予定である。

III. 材料部会 - 核燃料部会 - 水化学部会合同勉強会

(第3回 材料 - 水化学部会合同「構造 - 水相互作用」勉強会報告)

副部会長 日本原子力研究開発機構 塚田 隆

第3回材料-水化学部会合同「構造材-水相互作用」勉強会を、今回は材料部会-核燃料部会-水化学部会の3部会合同の勉強会として、2012年6月12日(火)に電力中央研究所大手町本部第4会議室にて開催し、27名の参加者を得て3件の講演と活発な討論が行われた。

材料-水化学部会合同「構造材-水相互作用」勉強会では、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」に関わる劣化損傷現象とその機構及び対策に関する研究・技術などについて議論を深めることを目的としている。第1回は2011年1月27日に、第2回は東日本大震災と福島第一原子力発電所事故の影響で開催を暫く見合わせたが2011年10月28日に京都大学宇治キャンパスエネルギー理工学研究所で開催した。今回の勉強会は、福島第一原子力発電所(以下、1F)の事故およびその収束に関わる3部会に共通する話題について議論するため、「材料部会-水化学部会合同勉強会」とは別に開催されている「核燃料部会-水化学部会合同勉強会」との合同で開催したものである。本勉強会では、次の3件の講演と質疑討論が行われた。

(講演 1)「水溶液へのヒドラジン添加による溶存酸素低減作用への放射線の影響評価」本岡隆文氏(原子力機構)

(講演 2)「ジルコニウム合金被覆管の冷却材喪失事故時挙動」永瀬文久氏(原子力機構)

(講演 3)「アルミニウム合金製ラック/ステンレス鋼製ライナー間のマクロセル効果—境界要素法によるシミュレーション—」宮坂松甫氏(荏原製作所)

本岡氏の講演では、1F 使用済燃料保管プールへ材料腐食を抑制するために添加されているヒドラジン(N_2H_4)による水中溶存酸素低減作用とそれに及ぼす放射線の影響評価について紹介があった。1F2~4号機の使用済燃料プールには、事故時にプール内の水位を維持するためコンクリートポンプ車により建屋の外部から注水が行われ、その際一時的に海水が使われた。このため、プールの構造材料(ステンレス鋼、アルミニウム)や燃料集合体の構成材料(ジルカロイ、ステンレス鋼等)の腐食が懸念され、その抑制策として燃料プール内にヒドラジンを添加し水中の溶存酸素濃度を下げることが1F サイトで実施されている。ヒドラジンは室温付近では脱酸素反応速度が遅く、また海水を含み放射線(ガンマ線)を受ける水溶液に対して有効に脱酸素効果があるかは不明であった。このため、ヒドラジン添加による溶存酸素低減作用への放射線の影響が検討された。講演では、①燃料プール内のガン

マ線吸収線量率分布の評価、②非照射下でのヒドラジンによる溶存酸素(DO)の低減挙動、③ガンマ線照射下でのDOの低減挙動、④吸収線量率とDOの低減挙動の関係、⑤DOとヒドラジン濃度の時間変化挙動および⑥DO低減に対するヒドラジン濃度の影響について報告された。ガンマ線照射下での脱酸素反応に関する実験は、原子力機構高崎量子応用研究所のガンマ線照射施設で行われた。非照射下の室温(30°C付近)ではDO濃度の低下速度は純水中でも人工海水中でも遅いが、ガンマ線照射下(0.3~7.5kGy/h)では1時間の照射でDO濃度は大幅に低減されることが分かった。また、ヒドラジンの濃度は高い方がDO濃度は速く低下するが、16ppmのヒドラジン添加量を4倍にしてもDO低減効果に差は無いことなどが分かった。これらの結果は、1F燃料保管プールにおけるヒドラジン添加の有効性を実証するとともに、最適な添加量を検討するための重要な知見となっていることが報告された。

永瀬氏の講演では、ジルコニウム合金被覆管の冷却材喪失事故(LOCA)時の挙動について紹介があった。ジルコニウム合金は良好な中性子経済や高い耐食性などから軽水炉被覆管として用いられている。しかし、LOCA時には温度上昇に伴い、燃料棒の内圧が相対的に高くなり被覆管の強度が低下するため、被覆管は膨れて破裂する。その破裂温度は初期内圧によってほぼ決まり、被覆の膨れ率と破裂温度の関係は、ジルカロイの相変態と密接に関連付けられる。被覆管の高温酸化に伴い、金属相の肉厚減少と酸素濃度の増大が起こり、酸化量に依存した延性低下が生じ被覆管は脆化する。事故時の被覆管の脆化による広範囲の燃料棒破損は原子炉の冷却性に大きく影響する。被覆管が破裂した場合には、破裂開口部周辺で被覆管内面も酸化しそれに伴い局所的に高濃度の水素吸収が起こるため、破裂が生じる場合には酸化と水素吸収による被覆管の脆化に注意する必要がある。シビアアクシデントでは、適切な反応度制御や炉心冷却が設計で想定された方法でできなくなり、炉心は高温となり著しく損傷する。その場合に予想される炉心構成材料間の高温反応は多様である。講演ではジルカロイと UO_2 、ステンレス鋼およびインコネル間の高温反応が説明され、事故時には UO_2 の融点より大幅に低い温度で炉心構成材料間の反応が生じ、いくつかの反応系では温度依存性の不連続と反応速度の急激な増大が見られ、それは共晶(液相)の形成で説明されることが示された。炉心構成材料の選択と原子炉の設計においては、原子炉運転時だけでなく事故条件下での特性を考慮する必要があることなどが述べられた。

宮坂氏の講演では、1F使用済燃料プール内の燃料ラックとプールライナー間の電気化学的なマクロセル(巨視的電池)効果に関するシミュレーションについて紹介があった。燃料プール内では、アルミニウム合金製燃料ラックとステンレス鋼製プールライナーの両方が同時に腐食から守られる必要がある。しかし、この両者が電気的に導通していると、両材料間のマクロセル効果により、ライナーの腐食は抑制される可能性がある一方、燃料ラックは異種金属接触腐食により腐食が助長される懸念がある。このため、これらの挙動を定量的に把

握するために、境界要素法による数値シミュレーションが試みられた。講演では、境界要素解析の方法、使用済燃料プールのモデル化の詳細、シミュレーション解析に用いるステンレス鋼・アルミニウム合金の海水中の分極曲線と導電率などが説明された。解析の結果として、導電率および微生物の影響を考慮したシミュレーション結果が、燃料ラック・台座各部の電位および最大電流密度の分布として示された。導電率が高くかつ微生物の影響を考慮する場合には、ラック隅部の限定された領域に異種金属接触腐食の発生可能性が予測された。但し、DO は飽和条件であり、微生物の存在、ラック保護皮膜の消滅など、厳しい条件で解析したことは考慮する必要のあること、ラックの健全性を維持するには水質浄化による導電率低減および微生物対策が有効であることなどが説明された。なお、本報告は電中研に設置された「福島第一原子力発電所腐食対策検討会」での検討内容の一部とのことである。

今回の3部会合同勉強会では、1F 事故に関わる3件の講演が行われた。本岡氏および宮坂氏の講演は、使用済み燃料プールの構成材料の腐食に関わる報告であり、プール内の燃料集合体が共用プールへ移送され長期保管されるまでの間安全に保管されるために必要な検討として重要性が理解された。永瀬氏の講演では、1F 事故による炉心損傷の進展過程を検討するためには燃料と各種材料の高温反応についてさらに詳細な検討が必要であることが示され、あらためて事故時の燃料挙動の複雑さとそれに関する基礎的な知見の必要性が理解できた。講演者の方々に感謝するとともに、今後とも1F 関係を含む部会活動への部会員の皆様方のご協力を宜しくお願いいたします。

IV. 平成 24 年度材料部会運営委員会 委員名簿

(2012 年 4 月～2013 年 3 月)

部会長	:	室賀健夫	(核融合科学研究所)
副部会長	:	塚田 隆	(日本原子力研究開発機構)
財務小委員長	:	竹田貴代子	(新日鐵住金株式会社)
編集小委員長	:	金子哲治	(株式会社東芝)
編集小委員会委員	:	望月正人	(大阪大学)
広報小委員長	:	石島暖大	(日本原子力研究開発機構)
広報小委員会委員	:	松川義孝	(東北大学)
国内学術小委員長	:	鈴木知明	(日本原子力研究開発機構)
国内学術小委員会委員	:	岩井岳夫	(東京大学)
国際学術小委員長	:	柴田大受	(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	:	村瀬義治	(物質・材料研究開発機構)
庶務幹事	:	高屋 茂	(日本原子力研究開発機構)
庶務幹事	:	近藤正聡	(東海大学)
庶務幹事	:	樋口 徹	(日本核燃料開発株式会社)

V. 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、気楽に話題提供をお願いいたします。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

VI. 編集後記

当初の部会報発行予定に対し、大幅に遅れての発行となってしまったことをお詫びいたします。

部会報に対するご意見、ご要望などお寄せ頂ければ幸いです。今後ともよろしくお願ひ申し上げます。