

VI. 夏期セミナー紹介

第27回核燃料・夏期セミナー開催報告

報告者：核燃料・夏期セミナー事務局 上村 仁（原子燃料工業(株)）
開催日：2013年7月10日（水）～7月12日（金）
開催場所：岐阜県下呂市「飛騨路下呂温泉 小川屋」

震災後初の部会単独開催となった第27回核燃料・夏期セミナーは岐阜県下呂市「飛騨路下呂温泉 小川屋」にて開催され、例年と比べて少ない参加者数となったものの、合計54名（内、部会員23名）の方に参加いただいた。今回のセミナーでは、燃料設計の基礎や学会賞・部会賞受賞記念講演の他、新規制基準の概要、中間貯蔵・再処理・地層処分に關する現状と課題、福島事故を受けた各事業者の動向等、核燃料分野が今後着目すべき内容について様々な分野の講師に幅広くかつ専門的な御講演を頂き、活発な議論が行われた。また、見学会では、日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター 瑞浪超深地層研究所を訪れ、地層処分に適した岩盤や地下水の調査技術や解析手法を確立するために設けられた地下研究坑道の見学を行った。

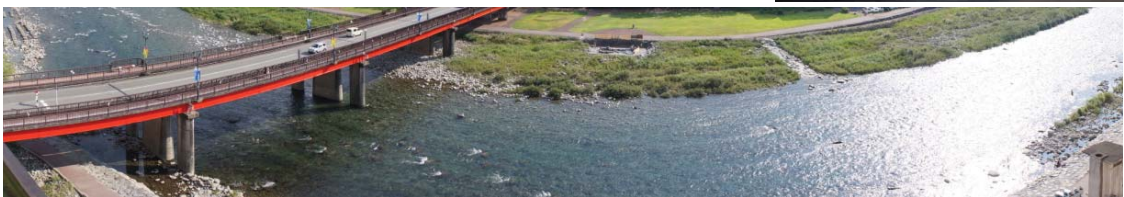


セミナー参加者集合写真（セミナー会場 小川屋ロビーにて）

【開催場所】

・飛騨路下呂温泉 小川屋（岐阜県下呂市）

本セミナーの開催地である小川屋は飛騨川に面しており、ホテルの露天風呂からは飛騨川を一望できるようになっている。朝食には豊富な種類のバイキングと夕食には地元の郷土料理を堪能することができた。また、温泉街には無料の足湯が点在し、浴衣を着て散策する観光客が多数見られた。



セミナー会場の小川屋

【見学会】

初日の7月10日（水）には、JAEA 東濃地科学センター 瑞浪超深地層研究所の見学会を実施し、23名の方々に参加いただいた。見学は3班に分かれ、定員10名のゴンドラに乗り地下300mの研究アクセス坑道を見学させていただいた。研究坑道では、地層の変化や地下水の流れ方、水質、酸素濃度、微生物の有無、地震・断層活動に関するデータ収集等、国内外の研究機関の連携の下、多種多様な研究が行われていた。核燃料部会では普段接する機会の少ない地層処分に関する施設を見学することができ、参加者には好評であった。



地下坑道見学の様子

【技術セッションⅠ：設計の基礎】

本セッションでは、核燃料分野に関する基礎的な講演として、核燃料の設計方法や現状の課題、最近の研究開発動向について御講演いただいた。軽水炉燃料については、NFI 伊藤氏と MNF 清水氏よりそれぞれ BWR および PWR の燃料設計の変遷から主要構造、健全性評価方法について照射挙動データや破損事例を交えて丁寧に解説いただいた。近年の開発動向としては、腐食・水素吸収の低減を目的とした改良合金被覆管の開発、デブリ破損防止のための高性能異物フィルタの開発（BWR）、グリッドフレット磨耗対策（PWR）に関する御紹介があった。

また、高温ガス炉燃料については、NFI の本田氏より高温ガス炉燃料の特徴や製造方法、JAEA の坂場氏より世界の高温ガス炉の開発状況についてそれぞれ御講演いただいた。高温ガス炉については、日・米・中・韓・カザフ等、各国で計画が進められており、IAEA や OECD/NEA による国際的な協力研究も精力的に進められているとのことであった。



伊藤氏 (NFI)

清水氏 (MNF)

本田氏 (NFI)

坂場氏 (JAEA)

【特別セッションⅠ：2012年度核燃料部会 部会賞受賞記念講演】

昨年度より設立された核燃料部会部会賞の記念すべき第1回受賞タイトルとして、NFD坂本氏より「燃料被覆管材の水素吸収機構に関する研究」について御講演をいただいた。水素吸収特性の異なる各種合金について水素や電子の移動パスとなる酸化膜の性状に着目し、酸化膜中の水素の移動挙動、酸化膜中に存在する合金添加元素の化学状態、酸化膜内部での応力分布や結晶構造分布等の様々な分析機器による測定・観察を行っており、水素吸収は酸化膜中の水素の拡散速度に律速されていること、合金添加元素がZrと比較して低原子価で固溶し、元素の成分や量に応じて固溶する元素や固溶量、酸化膜中の圧縮応力分布が変化すること等が知見として得られたとの御説明があった。今後も水素吸収機構の解明に向けて国内外の研究機関の協力を得ながら研究を根気強く進めていくとのことであった。



【特別セッションⅡ：平成24年度原子力学会賞 受賞記念講演】

平成24年度の原子力学会賞受賞タイトルのうち、核燃料分野に関連する内容として2件の御講演をいただいた。電中研中村氏による「高速増殖炉用金属燃料製造技術の開発」（技術賞）の御講演では、現在計画を進めている高速増殖炉用金属燃料（U-Pu-Zr）の照射試験に向けて実施した燃料ピンの製造とこれに伴う製造技術開発の成果について御説明をいただいた。今後、集合体組立を行い国内初となる高速炉における金属燃料の照射、及び照射後試験等を実施していくとのこと。また、九大稲垣氏・JAEA平野氏による「Burning of MOX fuels in LWRs; fuel history effects on thermal properties of hull and end piece wastes and the repository performance」（論文賞）の御講演では、MOX燃料のPu富化度と同位体組成が、TRU廃棄物の地層処分に及ぼす熱影響について御講演いただいた。UO₂燃料の燃焼度および冷却期間、MOX燃料の装荷までの期間等をパラメータとした使用済MOX燃料によるハル・エンドピース廃棄体の発熱量や地層埋設時のニアフィールドの温度分布評価等から、MOX使用済燃料で発生するハル・エンドピースの発熱率は燃料履歴に関わらずUO₂燃料の数倍大きく、廃棄体パッケージに収納できるキャニスター数はUO₂燃料と比較して大幅に減少すること等が分かり、プルサーマル利用に際してサイクル全体の性能を向上させる上で課題となることが説明された。



中村氏(電中研)

稲垣氏(九大)

平野氏(JAEA)

【特別招待講演】

特別招待講演として、エネルギーコンサルタントの小野氏（元三井物産原子力部長）をお招きし、世界のエネルギー情勢について御講演をいただいた。講演では、まず各国の事例を基に化石燃料や再生可能エネルギーの抱える問題点を丁寧に解説いただいた。特に再生可能エネルギーについては、ドイツでの事例を基にバックアップ電源（火力）の確保によるコスト増や政府が取り入れた固定価格買取制度による電力の負担増から電気料金の値上げが生じ、深刻な問題になりつつあることが指摘



された。これに対し、原子力発電は、他の電源に比べてエネルギー収支比（発電までに必要な投入エネルギーに対して発電により得られる回収エネルギーの比率）が高く、従来の化石燃料と比較して圧倒的長期間にわたり安定なエネルギー供給が可能となること、また、ベース電源でありながら負荷追従運転も可能であること等、他のエネルギーと比べたときの有意性について述べられ、原子力の位置づけを再認識させられる内容であった。

【特別セッションⅢ：原子力規制の動向】

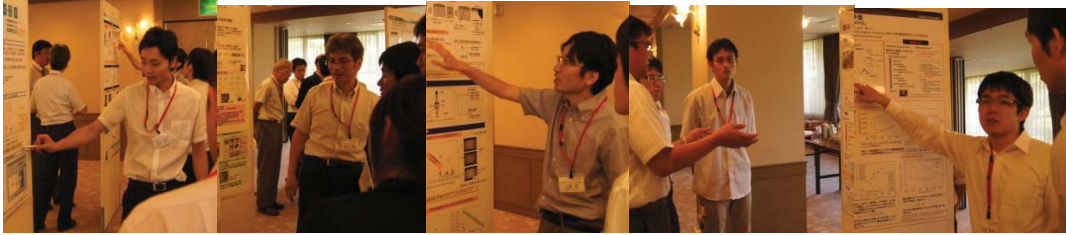


原子力規制庁の天野氏をお招きし、セミナー開催直前の7月8日に施行された新規規制基準の概要について御講演いただいた。これまでの安全規制に対する指摘として、シビアアクシデント対策が規制の対象とされておらず事業者の自主性に任されていた事、バックフィットの法的仕組みが無く常に最高水準の安全性を図ることがなされなかった事などを挙げられた。これらを踏まえ制定された新規規制基準に関し、特に今回新規に追加された基準の内容を中心に丁寧な解説をいただいた。

【ポスターセッション】

ポスターセッションでは、下記5タイトルのポスター発表があり、約1時間にわたって活発な議論が行われた。ポスターセッション終了後、厳正なる選考評価によりJAEA三原氏、電中研飯塚氏によるポスター2タイトルが優秀賞に選ばれた。

- ・リスク情報を活用した意思決定における低頻度高影響度事象の評価手法—事故時の燃料挙動に関する研究課題検討への利用—（JAEA 成川氏）
- ・溶融塩浴中での電解還元によるデブリ処理法に関する検討（電中研 飯塚氏）
- ・水素を吸収させた予き裂入り被覆管の破壊挙動（JAEA 三原氏）
- ・Characterization and Thermophysical Properties of $RE_2Zr_2O_7$ and $Nd_2Ce_2O_7$ （大阪大学 川野氏）
- ・Thermophysical properties of $BaThO_3$ （大阪大学 大石氏）

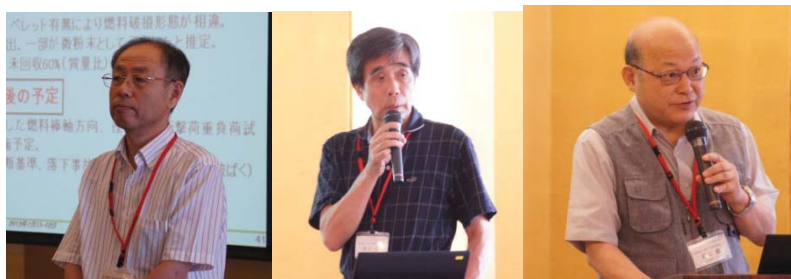


成川氏(JAEA) 飯塚氏(電中研) 三原氏(JAEA) 川野氏(阪大) 大石氏(阪大)

【技術セッションⅡ：核燃料サイクルの将来】

本セッションでは、将来原子力発電を継続していく上で特に議論を加速していく必要があるバックエンドプロセスに関し、今後核燃料分野で取り組むべきニーズを共有することを目的として中間貯蔵、再処理、地層処分それぞれのプロセスにおける現況と課題について御講演いただいた。JNES 広瀬氏による中間貯蔵における現状と課題についての御講演では、中間貯蔵時の燃料健全性に関して考慮すべき事象と規制要件について解説いただき、これらに対してこれまでに JNES としてデータ蓄積を進めてきた被覆管のクリープ試験や水素化物再配向試験、燃料被覆管の照射硬化回復試験等の成果について御説明いただいた。また、近年では、落下事故時等の衝撃負荷に対する動的な挙動についても着目しており、燃料棒軸座屈試験、軽方向圧縮試験等の動的強度試験についての最新の成果についても御紹介いただいた。今後、同様の試験を 25 年度末までに実施する予定であり、得られた試験結果より落下に伴う安全評価の整備を行うとのことであった。次に電中研井上氏（再処理・リサイクル部会長）より、再処理技術の動向と課題について御講演いただいた。国内の六ヶ所村再処理工場については、2013 年 6 月のアクティブ試験を終え運転できる状態にあるものの、アクティブ試験においていくつかの課題（ガラス溶融炉の白金族元素の堆積等）が挙がっており、工場の処理能力を最大限に上げるために改良ガラス炉の開発に着手しているとのことであった。また、次世代再処理技術開発に関して、仏国で取り組まれている第 4 世代炉(FBR)の開発に合わせた長寿命核種の分離技術を含めたシステムの研究開発や、インド・韓国・中国等のアジア諸国で進められているリサイクル戦略、日本国内で進められている乾式再処理技術の開発について御紹介いただいた。最後に地層処分の現状と課題について、原安協柝山氏より御講演をいただいた。御講演では、国内における放射性廃棄物処分に関する基本方針とそれを取り巻く制度の制定状況、最終処分地の選定プロセスの進捗状況、地層処分の合理性と安全性についてそれぞれ丁寧に解説いただいた。講演の最

後には、最終処分候補地の受け入れに際して社会的合意形成が不可欠であることを強調され、原子力の推進・反対に拘らず既に存在している廃棄物を安全に処分することが重要であるとの共通認識を持つこと、事業者が直接の廃棄物発生者として責任を果たす（国はそれを監督する）ための企図、社会側にも善意の協力が必要であること、また、このためには、事業者が社会、国民からの信頼（科学技術的信頼及び、事業者の意図に対する信頼）を取り戻す必要があること等を述べられた。



広瀬氏 (JNES)

井上氏 (電中研)

朽山氏 (原安協)

【特別セッションⅣ：地元事業者の動向】



地元事業者の動向として、中部電力熊崎氏より浜岡原子力発電所における安全性向上に向けた取り組みについて御講演いただいた。浜岡原子力発電所では、懸念されている南海トラフ地震について、内閣府モデルに対しさらに保守性を考慮した地震動を用いた評価により耐震安全性を確認している。また、津波やシビアアクシデント対策として、防波壁や建屋外壁扉の強化、取水層周りの溢水防止壁の設置、緊急時海水取水設備の増設や取水層連絡トンネルの多重化による冷却機能の確保、変圧器の高台設置や移動式変圧器の配備等外部電源喪失時の早期復旧対策、フィルタベント設備の設置・・・等々、あらゆる視点から対策を講じていることが御説明された。加えて、周辺住民の理解を得るために説明・防災設備の見学を頻繁に行っており、地元事業者として地域住民の安全の確保を第一に考える積極的な姿勢が感じられる御講演であった。

【技術セッションⅢ：福島事故・S Aに関する技術動向】

本セッションでは、福島事故関連およびシビアアクシデントに関する研究開発等について各関係機関それぞれの立場から最新の取り組み状況について御講演いただいた。東電巻上氏の御講演では、福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップに沿った全体計画および現在の取り組み状況について御説明いただいた。使用済み燃料プール内の燃料取り出しについては、原子炉建屋上部の瓦礫を撤去した後、建屋を覆う燃料取出し用カバーを設置することで建屋の耐震安全性を確保しつつ、カバー内にクレーンや燃料取扱機等を設置することにより燃料を取り出し、共用プールへ移送する計画であ

る。燃料デブリの取り出しについては、放射線遮蔽の観点から水中で行うことが有利なため、格納容器・圧力容器を満水にし、上蓋を外し、上部から作業台車等で作業を行う予定とのことであった。次に日立 GE 近藤氏より、燃料デブリの臨界管理技術について御講演いただいた。燃料デブリ取り出しの際に想定し得る臨界シナリオに基づいた臨界条件（デブリ体積占有率、デブリ領域高さ）の評価や、再臨界した場合の熱エネルギー及び放射性物質の発生量を評価するためのデブリ燃料の反応度フィードバックをモデル化した臨界挙動評価手法の検討、廃液処理、冷却設備の未臨界状態を監視するシステムや再臨界を検知する即発中性子検出器システム及びFP ガンマ線検出器システムの構成案の策定、さらに、デブリ取り出しの際の臨界防止用中性子吸収材の候補材選定等、デブリ取出しに向けた幅広い取り組み状況について御説明いただいた。JAEA 永瀬氏の御講演では、溶融進展評価の精度向上・炉内状況推定のため現在行っている圧力容器熱伝導挙動評価手法の開発や溶融燃料落下挙動解析手法開発、海水熱伝達試験、シビアアクシデント時熱水力・エアロゾル挙動評価手法開発等について御紹介いただいた。現在、基礎的なデータ取得・解析を実施し、本格試験へ向けて準備している段階であるとのことであった。また、同じく JAEA での取り組みとして、鷲谷氏より燃料デブリの特性評価に関する取り組みについて御講演いただいた。デブリ物性を特定するため、シビアアクシデント解析により炉内損傷状況（物量分布）及び温度履歴を評価し、熱力学平衡計算を用いてデブリの化学形態を推定、それに基づいた模擬デブリを作製し、取出し工法検討のための各種物性値や、海水塩、 B_4C 制御材との高温反応特性等のデータを取得している。今後も物性データの拡充やコンクリート反応生成物に対する特性把握を行っていくとのことであった。本セッション最後の講演では、京都大学杉本氏よりシビアアクシデント研究に対する学会・大学での取り組みについて御講演いただいた。今後原子力業界が取り組んでいくシビアアクシデントに関する研究課題に対して、日本原子力学会の役割として「シビアアクシデント評価」研究専門委員会等、各種委員会を立ち上げ、研究課題の抽出やプライオリティ付け、技術戦略マップの策定等に取り組んでいる。また、大学での研究の取り組みの例として、筑波大、北大、東大、京大で行われているシビアアクシデント研究を御紹介いただいた。



巻上氏(東電)

近藤氏(日立 GE)

永瀬氏(JAEA)

鷲谷氏(JAEA)

杉本氏(京大)



セミナー講演中の様子

【懇親会】

懇親会は46名の方に御出席いただき、温泉旅館ならではの座敷会場で和やかな雰囲気の下、地元の料理やお酒を楽しみながら交流を深めた。懇親会に先立ち、ポスター発表の授賞式が行われ、優秀賞を受賞した JAEA 三原氏、電中研飯塚氏の両名よりご感想をいただいた。懇親会では、東北大学佐藤先生より乾杯の御挨拶、また、同日の核燃料部会運営小委員会において岩田部会長の御退任と JAEA 湊氏の新部会長御就任の紹介があったことを受け、両氏より御挨拶を賜った。最後には、27回にわたる夏期セミナーを皆勤なさっている九州大学の古屋名誉教授より御挨拶をいただき、盛況のうちに懇親会を閉会した。



【謝辞】

今回のセミナー事務局は、東北大学および原子燃料工業㈱が担当致しました。運営に際し、多々至らない点もあったかと思いますが、講演講師、参加者ならびに部会関係者の方々の多大な御協力により、無事成功を収めることができました。また、見学会においては、東濃地科学センターの方々には、掘削工事の合間を縫って貴重な施設見学をさせていただきました。この場をお借りして皆様に御礼申し上げます。