

# 軽水炉燃料・材料・水化学3部会合同夏期セミナー報告

報告者：安達淳 (GNF-J)

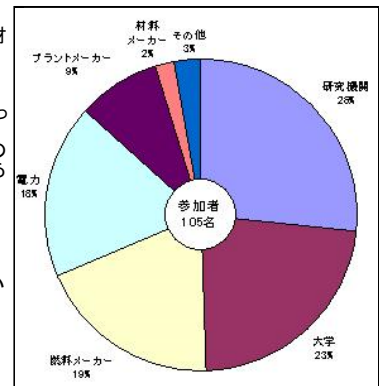
2009年7月2日～4日  
(島根県玉造温泉「ホテル玉泉」)

従来、夏期セミナーは核燃料部会、材料部会、水化学部会で個別に行われていたが、本セミナーでは新しい試みとして核燃料・材料・水化学の3部会合同での夏期セミナーとして実施した。互いに密接な関係を持つ核燃料・材料・水化学の3部会の連携を深めることがこの合同セミナーの主旨である。

本セミナーは、最終日の島根原子力発電所3号機の建設現場見学を含めて3日間、島根県・玉造温泉で開催された。例年の核燃料部会夏期セミナーでは70名前後の参加者だが、今回は106名もの参加者があった(21名の講師含む)。参加者の内訳は右図に示した通りで、日本原子力研究開発機構(JAEA)を中心に研究機関が最も多かった。次いで、大学、燃料メーカー、電力、プラントメーカーの順であった。

今回のセミナーでは、3分野の交流が主目的ということもあって、講演内容は核燃料・材料・水化学のそれぞれの基礎や最新の研究成果までと多岐にわたる内容を含み、普段、あまり触れることのない分野の発表ということもあり、新鮮であった。分野間交流ができて良かったという意見もあれば、分野が異なるため発表内容が良く解らなかつたという意見もあった。島根原子力発電所が近いこともあり、中国電力㈱の新宅様より中国電力の原子力発電への展望などのご講演をいただいた。また、特別講演として、「石見銀山と世界遺産」というタイトルで中村ブレイス㈱の中村様より、石見銀山の世界遺産に至るまでの道のりを語っていただいた。また、セミナー2日目の夜に若手のポスターセッションを行い、非常に活発な議論があった。

セミナー最終日、7月4日(土)の中国電力㈱の島根原子力発電所3号機の見学会には42名と多くの方に参加いただき、原子力関係者でも機会の少ない原子力発電所の生の建設現場に触れることができ、好評であった。



セミナー参加者集合写真(於:ホテル玉泉の庭園)

## 【基調講演】座長: 安部田貞昭氏 (三菱商事)

### 1-1 核燃料からの新パラダイム創成: 科学と社会との間合 岩田修一氏 (東京大学)

実態とモデル、体系化を進めることで、効率向上・データ発生から実用までのライフサイクルを短縮させることの重要性が説かれた。モデルの高度化には、燃料製造現場からプラントの運転データ、貯蔵、再処理、廃棄と多様なデータを柔軟な姿勢で取り込むことで、核燃料はより大きな発展を遂げることができる。また、原子力業界だけでなく、行政・地元・社会さらには世界との間合を詰めることで、より多くの課題の解決につながっていくという説明がなされた。

### 1-2 次世代原子力システム燃料被覆管 木村晃彦氏 (京都大学)

エネルギー事情として、資源不足やエネルギー消費量の増大、CO<sub>2</sub>の排出量増大について語られた。それらの問題を踏まえた上で、原子力発電の重要性および高効率化の必要性が説かれた。

高効率実現のためのFBR用高性能被覆管の開発状況が紹介された。フェライト相中にナノ酸化物粒子を分散させることで、高い耐照射性能、高い使用温度を実現できるマルテン系ODS鋼の紹介に始まり、それを更に進化させ、高耐食性、高温高強度、高耐照射特性を有するスーパーODS鋼が説明された。

### 1-3 原子炉冷却水中での構造材、燃料被覆材の腐食で電気化学 内田俊介氏 (JAEA)

燃料集合体と構造材料を結びつけるのは、水化学であり電気化学であるという説明から始まった。水素注入などの水質調整によるクラッド量や酸化腐食の改善効果やジルコニウム合金への影響が紹介された。また、SCC(応力腐食割れ)に対するき裂進展モデルに関する説明も行われた。



岩田修一氏



木村晃彦氏



内田俊介氏

## 【材料・水化学の基礎】座長: 安田和弘氏 (九州大学)

### 2-1 原子力材料の力学的性質の基礎 蔵元英一氏 (九州大学)

固体物理学がまだ確立されていない時代に転位論を提唱したTaylorの話から始まり、転位の簡単な説明があった。その後、クラウドイロンに基づくことで、刃状転位とらせん転位間のパイエルス応力の違いを説明した。また、点欠陥と転位との関係を明確にし、学生にも解り易い転位論が展開された。

### 2-2 原子炉材料中の水素挙動 田辺哲朗氏 (九州大学)

固体中の水素の挙動評価方法を紹介した後、水素の動きを抑制する以下の手法が紹介された。

- 表面膜: 膜の水素透過度は基盤よりも10<sup>-6</sup>以下に
- 表面効果: 発生エネルギーの増減、頻度因子の低下
- バルク効果: 溶解度定数の低下、拡散係数の低下
- 水素捕獲効果: 捕獲座が水素の運動をブロック

### 2-3 高温水の放射線分解の基礎 勝村庸介氏 (東京大学)

放射線の発見の歴史から、G値の説明や放射線分解など導入説明があった。その後、腐食電位、き裂進展速度、水中酸素濃度の関係を示し、水素注入の効果や高温水分解のG値の説明などがあった。



蔵元英一氏



田辺哲朗氏



勝村庸介氏

## 【技術トピックス(基礎分野)】座長: 田辺哲朗氏 (九州大学)

### 3-1 アクチニド酸化物の物性評価と分子動力学計算 有馬立身氏 (九州大学)

分子動力学(MD)法による物性評価について発表が行われた。MDにより、格子定数、弾性率、配位数、比熱、拡散係数、熱伝導率、融点など燃料物性として重要な特性を計算で評価できることが紹介され、熱伝導率や融点測定について実験結果と計算結果が良く一致していることが示された。

### 3-2 ジルコニウム中水素挙動・脆化に関する原子論的研究 宇田川豊氏 (JAEA)

バルク水素化物の実験データは一樣にZr金属よりも脆い結果となっているが、Zry中に析出した水素化物の実験データは必ずしもそうではない。この食い違いに対して、第1原理計算から水素化物の力学的特性の評価が行われた。その結果、水素化物は表面エネルギーおよび表面のグリフィス定数の変化より、脆性を示す可能性があることが示された。

座長: 内田俊氏 (JAEA)

### 3-3 ジルコニウム中水素挙動・脆化に関する原子論的研究 牟田浩明氏 (大阪大学)

被覆管水素遅れ割れ(DHC)を有限要素法(FEM)より解析する試みが紹介された。FEMでは水素化物の析出挙動までは再現できないため、き裂先端部の水素濃度が一定値を超えるとき裂が進展するというモデルを作成することで、DHCをFEMで再現する可能性が示された。

### 3-4 メソスコピック計算科学と原子力材料微細組織発達への応用 鈴木知明氏 (JAEA)

原子力材料研究のツールとして、欠陥や転位の移動を扱うことのできる以下の手法が紹介された。  
動的モンテカルロ法: セル中の粒子ではなく欠陥を扱う手法。アルゴリズムが単純で計算時間短い。  
転位動力学: 転位およびその周りのひずみ場を扱うことで詳細計算が可能。  
粒子を1個ずつ追いかけるMD法より計算時間が短く、多くの転位の取扱いが可能。  
Pottsモデル: 粒界エネルギーと移動度を取り扱うことで結晶の粒成長をシミュレートする手法。

### 3-5 非照射下における燃料被覆管クラッド付着試験 河村浩孝氏 (電中研)

長期サイクル運転と原子炉出力向上により、近年のPWRはクラッドが付着し易い環境にある。そのクラッドの付着はAOA(Axial Offset Anomaly)が発生する可能性を高くする。そこで、電中研ではPWRの炉心を模擬した実験設備を作成し、その設備を用いてクラッド付着低減のための水化学研究が行われていることが紹介された。



有馬立身氏



宇田川豊氏



牟田浩明氏



鈴木知明氏



河村浩孝氏

## 【技術トピックス(燃料)】座長: 鈴木雅秀氏 (JAEA)

### 4-1 BWR燃料の高度化と課題 磯辺裕介氏 (GNF-J)

BWR燃料の高度化の変遷とGNFで開発されている新燃料が紹介された。GNFでは新燃料として10×10燃料に、改良被覆管合金、改良ペレット、高性能デブリフィルターが装備される。改良被覆管合金としてはGNF-ZironやGNF-Zironよりも優れた被覆管としてVB合金が、改良ペレットとしてはアルミニウム添加ペレットが予定されていることが紹介された。

### 4-2 PWR燃料の高度化と課題 藤井創氏 (MNF)

まず、PWRの使用環境の変化やグリッド燃料棒フレットングやデブリフレットングへの対策が紹介された。その後、高燃焼度用被覆管として既に実用化されているMDAを、さらに改良したM-MDAの照射試験の結果やJ合金の開発状況が説明された。M-MDAは実用化手前で、J合金はこれから照射試験をしていくとのことだった。



磯辺裕介氏



藤井創氏

## 【技術トピックス(材料照射)】座長: 勝村庸介氏 (東京大学)

### 5-1 JMTR改修後の照射利用とそれを支える照射技術 河村弘氏 (JAEA)

JMTRの改修前の機能を紹介した後、2011年の再稼働時に新たに付与する機能やサービスが紹介された。改修後は、軽水炉の高度化や高経年化のための照射試験だけではなく、原子力工学の基礎・基盤研究開発、シリコン半導体製造、医療診断用99Mo製造など多岐に渡る分野に対して、迅速かつ使い易いサービスの提供を目指す。

### 5-2 JMTRインパイル実験の状況 中村武彦氏 (JAEA)

FPガス圧力のオンライン測定、燃料棒軸方向温度の多点測定、高温・長時間の熱中性子測定、光透過率や光反射率のin-situ測定、熱中性子パルス照射試験などJMTR特有の試験設備が紹介された。



河村弘氏



中村武彦氏

## 【技術トピックス(水化学)】座長: 廣重宏昭氏 (東京電力)

### 6-1 加圧水型炉における腐食環境緩和の動向と課題 瀧口英樹氏 (原電)

PWRのクラッド付着による被爆量増大やAOA解消のための取り組みとして、効果が高いが高コストで範囲が限定されるハードウェア対策と効果は低いが高コストで広範囲に影響するソフトウェア対策の取り組みが紹介された。具体的にはハードウェア対策として応力改善、ニッケル基合金の改良などが、ソフトウェア対策として水素注入が挙げられ、それらの燃料に及ぼす影響まで紹介された。

### 6-2 BWRの水化学と構造/燃料材料との相互作用 和田陽一氏 (日立)

BWRの炉水中の酸素や過酸化水素の濃度低減のための取り組みとして、アメリカなどでは既に行われている水素注入、水素+貴金属注入、水素+貴金属+亜鉛注入の材料と核燃料への影響が紹介された。また、日立が行っているステンレス材料の表面に緻密なフェライト被膜を被覆するHiFコートの効果も示された。



瀧口英樹氏



和田陽一氏

## 【海外トピックス】座長: 天谷政樹氏 (JAEA)

### 7-1 EPRI Fuel Reliability Guidelines Kurt Edsinger氏 (EPRI)

現在、アメリカでは2010年までにリカー燃料を0にするという取り組みがなされている。原子炉の出力制御、水質管理、グリッドフレットング対策の燃料仕様などは各電力やメーカーが独自に管理していたが、EPRIとINPOが主導リカー撲滅のためのガイドラインを作成した。その成果として、PWRとBWR合わせて毎月10本以上あったリカーが2009年6月からはほとんどなくなっていることが紹介された。

### 7-2 Studsvik Experience of BWR/PWR Fuel CRUD Related Issues Jiaxin Chen氏 (Studsvik)

Zn注入をしない場合はクラッドの成分は70%以上がFeであるのに対して、Znを注入するとFeは40%程度に低減することが、まず紹介された。また、Zn注入を行うことで、ニッケルを含むクラッド(NiFe2O4,(Ni,Cr,Fe)3O4など)のNiサイトにZnが置換され、Niの溶出が減少するといった成果が報告された。



Kurt Edsinger氏



Jiaxin Chen氏

**【特別講演】** 座長: 岩田修一氏 (東京大学)

8-1 中国電力における原子力の実績と計画 新宅薫氏 (中国電力)

中国電力の原子力発電の歴史と将来への展望が述べられた。現在、中国電力における原子力発電の割合は8%と全国平均よりも低いが、今後、3年毎に8%ずつ割合を増やし、2018年以降には原子力発電の割合が30%程度にする計画が紹介された。その計画を支えるのが、現在建設中の島根3号機であり、詳細調査が終わり準備工事に掛かった上関原子力発電所であるとのことである。

8-2 石見銀山と世界遺産 中村俊郎氏 (中村プレス)

義肢装具の製作をされている中村プレスの代表取締役中村氏より講演をしていただいた。この講演では、まず、石見銀山の近くの当時人口わずか300人の大森町で会社を興した際の苦労や気構えを語られた。その後、石見銀山が世界有数の銀山であること、そして、一度は世界遺産認定が非常に厳しい状況に追い込まれながらも皆の努力で世界遺産に認定された際の喜びについてご講演をいただいた。



新宅薫氏



中村俊郎氏

**【ポスターセッション】**

今回のセミナーでは、若手の方々から以下のポスター発表をいただいた。時間が19:30-21:00までと遅い時間であるにもかかわらず、40人以上の参加者があり、時間になっても議論が止まず、非常に活気のあるポスター発表であった。

1. 電気化学インピーダンス法による過酸化水素雰囲気でのステンレス鋼の酸化皮膜形成評価  
(独)日本原子力研究開発機構 佐藤智徳
2. (U,Y)O<sub>2</sub>の熱物理的性質に関する研究 大阪大学 儀間大充
3. Zr-Gd合金水素化物の物性におよぼす合金組成ならびに水素濃度の影響  
大阪大学 北野祐樹
4. セシウム系複合酸化物の作製と物性評価 大阪大学 徳島二之
5. 材料試験炉を用いた照射下水質評価試験計画 (独)日本原子力研究開発機構 埜悟史
6. 高速重イオン照射したCeO<sub>2</sub>の微細組織変化のイオン侵入深さ依存性  
九州大学 江藤基稀
7. 高速重イオン照射したZrN中のイオントラックの微細構造  
九州大学 川瀬徹
8. 摩擦攪拌処理したODS鋼の微細組織及び強度特性 京都大学 盧 相熏
9. Effects of specimen size on the impact properties of welded A533B steels  
京都大学 Byung Jun Kim
10. プロトン照射とEBSD解析を用いた316Lステンレス鋼の不均一変形の評価  
東北大学 丹野敬嗣
11. 国際宇宙ステーションを利用した宇宙材料曝露実験  
(独)宇宙航空研究開発機構 市川正一

**【懇親会】**

懇親会は98名が参加した。冒頭にセミナー事務局 (GNF-J) の伊東賢一氏が3部会懇親の主旨を述べられ、その後、九州大学名誉教授の古屋先生からセミナーに対する思いを、最後に中国電力島根原子力発電所所長の小柴氏よりご挨拶いただいた。



伊東賢一氏



古屋廣高氏



小柴是睦氏

**【中国電力(株)島根原子力発電所見学会】**

セミナー最終日の7月4日(土)には、中国電力㈱殿のご好意により、現在建設中の島根原子力発電所3号機の見学会が催された。例年の見学会の参加者が20名前後であるのに対して、この見学会には42名の参加者があり盛況であった。

まず、最初に中国電力㈱の齊藤文弘氏から見学会の日程や島根原子力発電所の概要が語られた。その後、島根原子力発電所の岩崎副所長よりご挨拶と、建設現場の説明をいただいた。

普段見ることの無い原子力発電所の建設現場のスケールの大きさに驚くとともに、炉心の中を主に対象としている見学会参加者には非常に新鮮な経験だったと思われる。



岩崎昭正氏より見学会の説明





島根原子力発電所見学会の参加者集合写真

【謝辞】

なお、今回のセミナーの事務局は、(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパンが担当しました。講演者ならびに各部会の運営委員の方々のご協力で、核燃料・材料・水化学3部会合同セミナーという初の試みを成功させることができました。また、見学会につきましては中国電力株元に多大なご尽力を頂きました。この場をお借りして、改めてお礼申し上げます。

[過去の夏期セミナー一覧\(2000年以降\)](#)

[戻る](#)