

核 燃 料

2012 年 12 月発行

No.48-1 (通巻)

目 次

I. 国際会議紹介

(1) 第1回アジア核燃料国際会議 (1 st Asian Nuclear Fuel Conference)	
..... (独) 日本原子力研究開発機構 逢坂 正彦	1
(2) IAEA/TWGFP 2012 年総会の報告(水炉燃料の挙動と技術に関するワーキンググループ)	
..... (独) 原子力安全基盤機構 上村 勝一郎	3
(3) 燃料国際会議「Top Fuel 2012」の概要	
... (独) 原子力安全基盤機構 緒方 恵造, 原子燃料工業 (株) 片岡 健太郎, 日本核燃料開発 (株) 久保 利雄, 坂本 寛, (独) 日本原子力研究開発機構 鈴木 元衛	11

II. 国際交流ニュース

Five lessons learned in Japan	三菱原子燃料株式会社 Scott FRANZ	23
-------------------------------------	------------------------	----

III. 関係機関便り

福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた研究開発 — 日本原子力研究開発機構原子力科学研究所における取り組み— (独) 日本原子力研究開発機構 湊 和生	27
--	----

IV. 夏期セミナー報告

第2回 軽水炉燃料・材料・水化学夏期セミナー報告	日本原燃 (株) 大江 晃	31
--------------------------------	---------------	----

V. 部会規約

核燃料部会内規、核燃料部会部会賞表彰内規、核燃料部会部会賞実施要領	38
---	----

VI. 編集後記	45
----------------	----



I. 国際会議紹介 (1)

第1回アジア核燃料国際会議 (1st Asian Nuclear Fuel Conference)

－会議開催報告－

平成24年3月12日～14日にかけて、大阪大学吹田キャンパスにおいて、第1回アジア核燃料国際会議 (1st Asian Nuclear Fuel Conference : ANFC) が日本を幹事国として開催された。

ANFCは、日本、韓国及び中国の間で締結された覚書に基づき、アジアにおける大学及び研究機関を中心とした核燃料関連研究者・技術者の交流促進による核燃料研究分野での人材育成への貢献を通じて、研究活動の継続的な発展及び効果的な推進を目的として設立された。本趣意に従い、ANFCは学術的なアジェンダを持つ国際会議ではあるが、主に産業界を中心とした軽水炉燃料に関する国際会議 (WRFPM、TOPFUEL 等) と開催時期を合わせることにより、産業界との交流促進も同時に図っている。第1回ANFC会議の開催にあたり、日本、韓国及び中国の委員よりなる準備会合を平成23年3月に開催し、会議アジェンダ、セッション内容、参加者等についての議論を行った。

第1回ANFC会議においては、国内外からの多数の学生、大学・企業等の研究者・技術者に加えて、ヨーロッパからの招待講演者を加えて、総勢約50名の参加の下、活発な議論が交わされた。

会議は、1つの会場において、5つのオーラルセッション、ポスターセッション及びチュートリアルセッションの計7つのセッションにより構成され、各オーラルセッションにおいては、それぞれ1件の招待講演と3～5件の研究発表がなされた。次頁に示す会議プログラムのとおり、核燃料(固体・液体分野)及び材料を対象とし、実験及び計算等に係る幅広い内容の研究セッションの様子(左:ポスターセッション、右:オーラルセッション)についての発表がなされた。



ANFCの主旨である核燃料研究の継続的発展・効果的推進に資するため、本会議においては、主に学生等の若手研究者と著名な研究者・技術者の交流に注力した。若手研究者を対象とした燃料及び材料の基礎についての講義からなるチュートリアルセッション、会議初日夕方に開催されたバンケットにおける著名研究者・技術者と若手の交流、及び学生によるスピーチ等により、当初目的である効果的な交流がなされたと考えられる。次回はWRFPM2014(日本国内開催)に合わせた開催に向けて調整中である。

ANFC実行委員会(執筆担当:日本原子力研究開発機構・逢坂正彦)

ANFCプログラム

Session 1 - Fuel (Solid State) -

Halden experience with in-reactor material property assessment during irradiation (Invited)
Application of hot disk method to measure the thermal conductivity of annular pellets
Thermal conductivity of nuclear oxide fuel under temperature gradient: molecular dynamics simulation
Study of the Pu heterogeneity effects on the thermal conductivity degradation of the LWR MOX fuel

Session 2 - Material -

Microstructure factors affecting the corrosion of Zr alloys (Invited)
Hydride embrittlement and fracture mechanism of high burnup fuels under reactivity initiated accident conditions
Mechanical property change and associated microstructural evolutions under hydrogen absorption in Zr-Nb alloys
Sulfurization behavior of uranium and rare-earth oxides by the use of carbon disulfide

Session 3 - Fuel (Solid State) -

A study on the influences of U_3O_8 powder on microstructure and thermal stability of UO_2 pellets (Invited)
Development of manufacturing method of CERCER fuel through sol-gel process
Effects of rare earth elements on thorium oxide
LDA+U study on PuO_2 with spin-orbital coupling
Effect of fission products accumulation on thermophysical properties of oxide fuels for fast reactors
Study on the reaction between Cs_2O and uranium oxides

Session 4 - Overall etc. -

What Is going on in Fukushima dai-ichi nuclear power station accident (Invited)
Mechanical properties of nuclear fuel cladding in the hoop direction
Porous silicon carbide composites for LWR cladding
Microstructural evolutions under hydrogenation, corrosion and irradiation in Zr-Nb alloys

Session 5 - Material -

Effects of irradiation on thermophysical properties of ceramic oxide fuels: experimental and theoretical studies (Invited)
Sintering behavior of MOX pellets prepared by the mechanical blending method
Thorium core analysis using experimental and calculated data
Helium bubbles in UO_2

Poster Session (22 presentations)

Tutorial Session

Fundamentals of irradiation behavior of MOX-fuel and Zry-cladding

IAEA/TWGFPT 2012 年総会報告
(水炉燃料の挙動と技術に関するワーキンググループ)

TWGFPT 日本代表委員
(独) 原子力安全基盤機構 (JNES)
上村勝一郎

1. TWGFPT 及び今回の総会について

- ・ TWGFPT (Technical Working Group on Water Reactor Fuel Performance and Technology) は IAEA 活動の一環として 1976 年に設立され、水炉燃料の設計・製造、挙動、安全性研究、解析等幅広い分野において、情報交換、技術移転、国際協力研究、出版などを行ってきている。
- ・ TWGFPT 会議は、25 カ国の代表が参加して原則 1 年に一度定期的にかかれる総括会議で、IAEA の燃料に関するプログラム (専門家会議、共同調査・研究等) の計画を検討・策定すること、並びに各国の燃料研究開発の最新の知見に関する情報交換を目的としている。

2. 会議の概要

開催期間： 2012 年 4 月 24 日(火)～25 日(水)

開催場所： オーストリア ウィーン IAEA 本部

参加者： IAEA (V. Inozemtsev, G. Dyck, A. Bychkov, B. Bevilaqua, J. Killeen, V. Onufriev)、EU/ITU (P. Van Uffelen)、OECD/NEA (A. Yamaji)、アルゼンチン (L. A. Alvarez)、ベルギー (H. Druenne, H. Bairiot)、ブラジル (J. L. Chapot)、ブルガリア (M. A. Manolova)、カナダ (R. Ham. Su)、中国 (C. Liu)、チェコ (A. Miasnikov)、フィンランド (R. Sairanen)、フランス (P. Billot, P. Blanpain)、ドイツ (P. B. Hoffmam, H. G. Sonnerburg)、インド (S. A. Bhardwaj)、日本 (上村勝一郎)、韓国 (D. S. Sohn)、オランダ (F. C. Klassen)、ノルウェー (M. Mcgraph)、ルーマニア (N. Baraitaru)、ロシア (N. Sokolov, S. Vorobiev)、スロバキア (V. Chrapciak)、スペイン (J. M. Alonso Pacheco)、スウェーデン (L. Hallstadius)、スイス (C. Hellwig)、イギリス (D. Farrant)、アメリカ (R. Fielding, R. S. Hawn)
以上 23 カ国 3 国際機関の 36 名

3. 会議での報告・討議の要点

- ・ IAEA の燃料に関する活動 (専門家会議、共同研究、技術レポートの発行等) は、おおむね活発に行われているが、IAEA 事務局のマンパワー不足によって、一部のレポート・書籍の発行が遅れている。
- ・ IAEA では現在、ポスト福島関連の各国の R&D の情報を集めレビューを行っており、2014 年～2015 年の活動/予算については、従来の計画を見直してポスト福島関連を優先的に取り上げる方針との説明が事務局よりあった。
- ・ 出席者の福島第 1 原子力発電所事故に関する関心は高く、事故の状況、その原因、事故後の対応、

現状、日本のエネルギー・原子力政策の見直し等多くの質問を受けた。

- ・2006年～2010年の世界の発電炉の燃料破損の統計的調査結果では、その前の期に比較して破損が増加したのは日本だけであり、他の国はすべて減少しており、特に米国、韓国の減少率は著しい。
- ・ロシアの ISTC からはこれまでに実施してきた 20 以上のシビアアクシデント試験プロジェクト概要紹介があり、新たなプロジェクトとして 1t の溶融燃料を用いたコリウム-コンクリート反応試験計画の説明があった。
- ・2012年～2013年の TWGFPT の活動計画及び 2014年～2015年のニーズに関する討議を行い、2012年に 4 件の専門家会議を、2013年に 5 件の専門家会議を開くことを決めた。これには、2012年 8月 21日～24日にノルウェーのハルデンで開く「G-IV材料の開発のための炉内試験と計装」に関する TM、及び 2013年 11月にドイツカールスルーエ KIT で開く「福島事故及び一般の BDB シナリオ事故時の燃料挙動評価」に関する TMが含まれている。
- ・2014年以降の専門家会議のニーズとして次のような新提案テーマがあげられた。
 - (i) 事故時耐強度被覆管及び構造材(例 SiC)
 - (ii) 軽水炉用 5%超濃縮度：展望と課題
 - (iii) 事故時燃料挙動モデリング
- ・新規 IAEA 共同研究テーマとして次の 3 件があげられた。
 - (i) 「福島事故及び一般の BDB シナリオ事故時の燃料挙動評価」
 - (ii) 「事故時燃料挙動評価(FUMAC)」
 - (iii) 「高速炉用先進燃料及び構造材の試験」

このうち、(i)は、2013年 11月に開く IAEA/KIT 共催のシビアアクシデントに関する技術会議での討議をふまえて最終決定する。また(ii)は今年終了した FUMEX-IIIの後続に位置付けられるもので、挙動解析コードのベンチマーク解析を通じてモデルの開発を目指すものである。

4. 会議の内容

(1) オープニングセッション

- ・最初に本会議の担当部課である IAEA 原子力局 核燃料サイクル廃棄物部の Mr. A. Byehkov 部長及び核燃料サイクル・材料課の G. Dyck 課長より歓迎の挨拶があった。
- ・Beyhkov 氏は、5年間部長を勤められた Forsstroem 氏の後任として 2010年 5月に着任された方で、フィンランドの規制機関の出身である。
- ・両氏とも、次の点を強調された。「IAEA は現在ポスト福島関連の各国の R&D の情報を集めているとともに、2014年～2015年の活動計画、予算計画を検討しているところである。従来の計画を見直してポスト福島関連を優先的に取り上げることにしており、本 WG でも積極的な提案を期待している。」
- ・議長は、引き続き英国 NNL の Mr. D. Farrant が務めることになった。

(2) 福島事故に関する情報提供

① 福島事故に焦点を当てた炉心と使用済燃料安全に関する IAEA 主催の国際専門家会議

- ・核燃料サイクル廃棄物課の Mr. A. Bevilaqua より上記会議について、以下の概要報告があった。
 - ・開催日：2012年 3月 19日～22日

- ・場 所：IAEA ウィーン
- ・参加者：共同議長 Mr. S. K. Chande(インド) 他 43 カ国 5 国際機関より合計 225 名
日本からは NISA の安井審議官、JNES の平野総括参事、安部技術参与等が参加された。
- ・使用済燃料プールの安全性について大きなテーマの 1 つとして討議が行なわれ次のような共同議長総括・提言がなされた。
 - (i) より安全性を高める解決策は、使用済燃料プールにある燃料は、サイト外にある乾式貯蔵施設又は地層処分場に輸送するか又は再処理することである。
 - (ii) IAEA は以下のようなガイダンスを整備することを考慮すべきである。
 - ・地震や他の外部ハザードの見直された値を用いた燃料プール構造の健全性の再評価
 - ・設備及び電源の多重性及び多様性を与える冷却システムの改善
 - ・水の補給のための代替対策
 - ・移動式水供給及び電源供給設備
 - ・燃料プールの強化された計装及びモニタリング設備
 - ・水素管理や放射能の閉じ込めの方法
 - ・アクシデントマネジメント段階の種々の緩和活動に許される時間を見積るための事故進展の再評価
 - (iii) 事故の進展時の種々の現象をよりよく理解することに関連した研究。たとえば、照射燃料の性質、事故条件下の熱伝達メカニズム、金属-水反応と水素発生、放射性生成物のもれ・移行・放出がある。IAEA はこれらの分野の CRP(共同研究)を始めることを考慮すべきである。

②福島事故後の状況と今後

- ・上村より福島第 1 原子力発電所の事故の状況、その原因、事故後の対応、現状、廃炉へ向けたロードマップ、安全規制体制の再構築、エネルギー・原子力政策の見直し等について、公開されている政府、経産省(保安院)、東電等の発表資料を用いて概要を紹介した。
- ・出席者から以下のような多くの質問・コメントがあった。
 - ・福島第 1 原子力発電所の 4 機の炉だけでなく、残りの 2 機や福島第 2、女川、東海第 2 も電源に損傷を受け、もう少しでシビアアクシデントになる所だったということは知らなかった。重要な情報であるとともにショックである。
 - ・半永久的に避難をしなければならない住民の人数はどの位か。
(これからの除染作業によって変わりうるもので政府の正式な発表はないが、一部の新聞報道には予測として 10 万人という数字も上がっている。)
 - ・1F2 等の格納容器から冷却水が外へもれているとのことだが、破損箇所は特定できているのか。(できていない。)
 - ・1F5、6 も止めるあるいは廃炉にするだろうとの新聞報道を見たが、大きな破損がないのに何故か?
(福島県や地元が反対しており、とても再稼働できるような状況ではない。)
 - ・日本の核燃料サイクル政策はどうなるのか。
(現在、原子力安全委員会や政府で見直しの議論を行っており、今年の夏に結論を出すことになっている。)

- ・フィンランドの規制機関出身の代表からは次のコメントがあった。
福島の場合の避難区域の境界線量はチェルノブイリの場合に比較して高い。フィンランドでは事故から26年たったいまでもきのこの放射能濃度を指標としてモニターしている。福島の場合にベントにフィルターをつけていなかったのは、信じられない。特にCsは水で簡単にトラップでき今回のような広範囲かつレベルの高い汚染は簡単に防げたはずである。

(3) IAEA 活動状況の報告

①以下のようなこの1年間に行われたIAEA主催または協催の燃料に関する国際会議の概要が各ホスト国より報告された。

- ・ WRFPM-2011(中国、Mr. Ch. Liu)

会議名：「水炉燃料挙動会議」

2011年9月11日～14日

成都、中国

21カ国から210名参加。オーラル発表(90件)、ポスター46件

- ・ WWER-2011(ブルガリア、Mr. M. Manolova)

会議名：「WWER燃料挙動、モデリング及び実験サポートに関する」第9回国際会議

2011年9月17日～24日

ソフィア、ブルガリア

15カ国2国際機関から140名参加、70件の発表

次回は、2013年9月7日～24日(サンダンスキイ、ブルガリア)

- ・ PIE TM(スロバキア、Mr. V. Chrapciak)

会議名：核燃料のホットセルPIE及びプールサイド検査

2011年5月23日～27日

スモレニス、スロバキア

22カ国2国際機関から70名参加、オーラル発表(34件)、ポスター(8件)

- ・ LOCA & RIA TM(日本 上村勝一郎)

会議名：「異常過度及びLOCA条件下における燃料挙動とモデリング」に関するIAEA TM

2011年10月18日～21日

水戸、日本

19カ国1国際機関から83名参加、29件の発表

- ・ 混合炉心に関する専門家会議(IAEA 囑託、Mr. J. Killeen)

2011年12月12日～14日

IAEA本部、ウィーン

16カ国から40名参加

この会議の成果及びそれまでのコンサルタント会議の活動をまとめて「水炉における混合炉心の運転と許認可」と題したIAEA NUCLEAR ENERGY SERIES本のドラフトが完成しており、まもなく印刷に回される予定である。

②以下のような調査あるいは、共同研究活動の概要報告があった。

・ IAEA 燃料破損レビュー (IAEA 嘱託、Mr. V. Onufriev)

2006 年～2010 年の世界の発電炉の燃料破損状況の統計的調査結果の報告があった。

データの整理方法は前期 (1995 年～2006 年) にまとめた報告書と同じ。

前期に比較して破損率が増加したのは日本だけであり、他の国はすべて減少しており、特に米国、韓国の減少率は著しい。

破損原因は、前期とそれ程変わっていない。

PWR では、グリッドスペーサフレッキングが第 1 位で 40% を占め、続いてデブリフレッキングが 13% である。

BWR はデブリフレッキングが 1 位で 42% あり、続いて PCI 破損が 26% である。この BWR の PCI 破損は、SCC 破損ではなく、製造に関連するペレットのカケによって生じたチップの存在下での PCMI 破損である。

・ FUMEX-III (IAEA 嘱託、Mr. J. Killeen)

29 機関が参加し、昨年 12 月に第 3 回の RCM が終了し、現在各機関から出されたレポートを集大成し、評価を加えた TECDOC を作成しており今年中には発行予定である。

・ ジルコニウムブック (IAEA 嘱託、Mr. J. Killeen)

ジルコニウムに関する教科書的なレビュー報告書の作成は、大部 (8 章 800 頁) なため一部の原稿がそろわず遅れているが、なんとか完成にこぎつけそうである。

・ SMORE (IAEA、Mr. Inozemtsev)

15 カ国から 19 機関参加

G IV 炉を対象にした新材料 (フェライトマルテンサイト、ODS 鋼等) を効果的、経済的に開発を進めるための照射実験、モデリング手法の開発の共同研究。

2008 年にスタートし、2011 年にまとめを行って終了した。

現在 TECDOC 発行の準備をしている。

日本からは 2010 年より京大が参加。

・ Zr 合金の水素劣化に関する共同研究 (IAEA 嘱託、Mr. J. Killeen)

Zr 合金の DHC に着目したベンチマーク試験を実施。

2011 年 12 月よりスタート。

日本からは NFD が参加

次回は 2012 年 12 月を予定。

・ 高速炉燃料の設計・製造及び運転挙動に関する技術会議 (IAEA、Mr. Inozemtsev)

2011 年 5 月 30 日～6 月 3 日

モスクワから 100 km のオブニンスクにある IPPE で開催

10 カ国から 34 名の参加者。27 件の発表。

ロシアは、BOR や BN-600 を用いた国際協力による高速炉用燃料照射試験を提案したが、仏等が難色を示し不成立。

本会議の TECDOC と FR 用構造材についての NE シリーズのレポートは現在発行準備中。

(4) 参加機関の活動トピック

① OECD/NEA の活動 (NEA、Mr. A. Yamaji)

原子力科学委員会の中の EGRFP(燃料挙動グループ、議長は Mr. L. Ott(米国 ORNL))が、燃料照射データベース IFPE を整備しており、FUMEX 等の活動に貢献している。

現在 EGRFP のメンバーは、7 カ国及び 5 国際機関からの 23 名で構成。

②JRC/EC(ITU 研究所)及び R&D(ITU、Mr. P. Uffelen)

福島事故に関連して新しいプロジェクトの立上げを検討している。

SANF(Safety of Advanced Nuclear Fuels)

SCNF(Safety of Conventional Nuclear Fuels)

日本のパートナーが ITU を訪問し、シビアアクシデントに関する共同研究の協議を行った。

ITU としては、TMI や Phebus のデブリの分析等を考えている。

FUMEX-III 後の TRANSURANUS コードの開発テーマとして次の事項に取り組んでいる。

PCI の新モデル、HBS、LOCA 時の FGR、H 吸収及び両面酸化、LOCA 時の燃料破損時間基礎研究として、熱伝導度への O/M 効果、ナノ粒子燃料に取り組んでいる。

また、新施設増設の計画がある。

③ロシアの ISTC(International Science and Technology Center)のシビアアクシデント試験プロジェクト(ISTC、Mr. S. Vorobiev)

- ・ISTC がこれまで企画、マネージメントしてきたシビアアクシデント試験・研究プロジェクトの概要紹介があった。
- ・これまでにシビアアクシデント試験として 20 以上のプロジェクトを実施してきた。
- ・EU、米国、カナダ、韓国等がスポンサー(拠出金 1,000 万ドル)
- ・CEG(Contact Expert Group)が 2002 年に設置され、この委員会がコリウムに関する ISTC のプロジェクトをとりしきるようになった。その後すべてのシビアアクシデントを扱うことになった。直近の会議は 2011 年 9 月にモスクワで開催された。
- ・ISTC の提案でシビアアクシデント解析、コリウムの処理、管理分野で 15 のプロジェクトが成立した。

(例) カザフスタンの残留熱溶融試験(LAVA-B)

ペテルスグルグのシミュレーション解析(“EVAN” S-PAEP)

- ・2010 年に VINIIEF は、第 2 フェーズとして 1t の溶融燃料を用いたコリウム-コンクリート反応試験を提案した。これは ROSATOM-EURATOM の共研として実施予定である。
- ・1994 年～2002 年には、WWER 炉における LOCA 時燃料棒及び集合体破壊に関して NIIAR、NPOLUCH、NPO 等の 6 つのプロジェクトを実施した。
- ・この試験は、スポンサーがなかったため、その後中断している。
- ・ISTC としては、IAEA の共研として、コリウムとコンクリートの反応試験を 2015 年から開始する提案を考えている。具体的には 2012 年にモスクワの ISTC 施設で、IAEA との共研プログラム発足へ向けた調整会議を開く予定である。

④米国の燃料信頼性向上の取組み(米国 INPO、MR. S. Hawm)

- ・オールアメリカ(INPO+EPRI+事業者+メーカー)が協力し、それぞれの役割分担を果すことによって、燃料破損率を大幅に低下させることに成功した実績の紹介があった。(10 to 0)
- ・2006 年以来設計、製造、運転、検査等、各分野に関してワーキンググループによるガイドラインの整備、INPO によるメーカーや発電所に対するレビューやベースライン燃料検査を

行い、改善をはかった。

- ・年間に燃料破損が 1 本もないプラントは、2007 年には 73%にすぎなかったものが、2011 年には 92%に達した。

⑤AECL の状況(カナダ AECL、Ms. R. Ham-Su)

- ・ AECL は現在組織変更を実施中。
- ・NRU 炉は、炉容器の交換を行い当面 10 年は運転継続可能となった。RI の製造・販売は 2016 年にやめることにした。ただし、研究炉としては継続して使っていく。

(5) 2012 年～2013 年活動計画及び 2014 年～2015 年のニーズに関する討議

①2012 年開催 技術会議(TM)

- ・ 2012 年 9 月 24 日～27 日にルーマニアのブカレストで「PHWR の通常運転時及び事故時の燃料健全性」に関する TM を開く。
- ・ 2012 年 8 月 21 日～24 日にノルウェーのハルデンで「G-IV材料の開発のための炉内試験と計装」に関する TM を開く。
- ・ 2012 年(月日は未定)にウィーンで「1 次照射損傷：核反応から点欠陥まで」と題した TM を開く。

②2013 年開催 技術会議(TM)

- ・ 2013 年 10 月に中国香港で「DB 及びシビアアクシデントを含む水炉燃料のモデリング」に関する TM を開く。
- ・ 2013 年 11 月にドイツカールスルーエ KIT で「福島事故及び一般の BDB シナリオ事故時の燃料挙動評価」に関する TM を開く。これは KIT が毎年開催している TM を IAEA が共催して拡大版として開くもので、福島事故と関連して、シビアアクシデント直前及びシビアアクシデント時の燃料挙動に焦点をあてた討議を行うものである。この討議結果によって、新たな IAEA の CRP(共同研究計画)の設立をどのようなものにするのか決定することになった。
- ・ 2013 年第 1 四半期にインドのムンバイで「PHWR における先進燃料サイクル」に関する TM を開く。
- ・ 2013 年 9 月にカナダのキングストン又はオタワで「PHWR 燃料の許認可」に関する TM を開く。
- ・ 2013 年 11 月にアルゼンチンで「高燃焼度の経済性及び運転経験」に関する TM を開く。

③2014 年 新提案の TM

- ・ 事故時耐強度被覆管及び構造材(例 SiC)
- ・ 軽水炉用 5%超濃縮度：展望と課題
- ・ 事故時燃料挙動モデリング

④新提案の CRP (IAEA 共同研究プログラム)

- ・ FUMAC(事故条件下の燃料挙動モデリング)
FUMEX-IIIの後継として、事故状態の燃料挙動に焦点をあてたベンチマーク計算とモデリング開発を目指した CRP が提案された。福島事故後、IAEA の予算も通常時から事故時を対象にしたものに優先度移っており、従来の延長である FUMEX-IVという形ではなく、新しい CRP として本 WG から企画を提案することとした。
- ・ 福島事故時及び一般の BDB シナリオ事故時の燃料挙動評価

新たな CRP として日本からこのテーマを提案したところ、ニーズがあるという点では、本 WG 参加者で一致したが、2013 年 11 月に開催することにした上記カールスルーエの KIT におけるシビアアクシデントに関する技術会議での討議をふまえて計画を具体化することとした。

- ・「高速炉用先進燃料及び構造材の試験」

5. 次回予定

次回 2013 年総会は、4 月 24 日(水)～26 日(金) IAEA 本部で開催することとした。

以 上

燃料国際会議「Top Fuel 2012」の概要



(TopFuel2012 Call for Papers より引用)

報告者 (50 音順) : (JNES) 緒方 恵造、(NFI) 片岡 健太郎、(NFD)久保 利雄、(NFD) 坂本 寛 (取りまとめ)、(JAEA) 鈴木 元衛

2012年9月2日(日)から6日(木)までイギリスマンチェスターのRenaissance Manchesterホテルで燃料に関する国際会議「Top Fuel 2012」が開催された。本会議は、アジア(日韓中)、欧州(ENS)、米国(ANS)の各原子力学会共催で各地域持ち回りで毎年開かれており、今回はENSがホスト学会を務めた。口頭発表(基調講演含む)109件、ポスター発表47件があり盛況であった。アジア/欧/米の規制当局・電力・メーカー・大学・研究機関より250名程度が参加した。日本からは、6機関から合計11名参加した。



会議ディナーの様子

口頭発表は3日間行われ、各日とも最初の1~1.5時間を全員参加のPlenary(全体)セッションとし、下記の技術分野(Track)に分類した並行セッションが実施された。

- Track-1 : Operation and experience
- Track-2 : Transient Fuel behaviour
- Track-3 : Design and materials
- Track-4 : Modelling
- Track-5 : Spent fuel storage and transportation

以下、大会中の口頭発表の概要を報告する。

Plenary Session I: Setting the Scene (9月3日)

GNF-A(アメリカ)、WH(アメリカ)およびAREVA (フランス) から LWR 燃料の今後の動向について 3 件報告された。

GNF-A からはウラン濃縮、燃料照射挙動からバックエンドに至る GNF-A の活動状況が報告された。燃料照射挙動ではデブリフィルター、チャンネル曲がり低減用の改良合金 (SNF : Nb、Sn、Fe 合金) の採用、Power upgrade、製造効率向上などの対策や長時間 SBO 対策などが紹介された。また、GNF-2 の先行照射試験では 8 体の GE14 燃料集合体が Gundremingen-C において集合体平均で約 77 GWd/t まで照射され、高燃焼度下における添加物ペレットや改良合金の性能が評価されたことも報告された。最後に使用済燃料発生量低減のための次世代炉についても説明された。WH からは次世代炉心設計、Accident tolerant fuel および運転裕度および安全裕度の向上について報告された。Accident tolerant fuel では、TMI-2 事故をモデルケースにした解析で炉心最高温度が Zry-4 の場合で 2830 °C であるのに対して SiC 複合の場合では 1170°C と大幅に改善されることが示された。また、SiC 複合燃料被覆管の製造技術開発状況についても報告された。AREVA からは Material/Performance/Human performance の面から安全性能を向上する方針が示され、その中でも特に人材開発、トレーニングに重点を置くこと、燃料性能向上と安全とは相反するものではないことが強調された。

Plenary Session II (9月4日)

ONDRAF/NRAS (ベルギー)、インペリアルカレッジロンドン(イギリス)、WH Sweden (スウェーデン) から合計 3 件の講演があった。

ONDRAF/NRAS(ベルギー放射性廃棄物・核物質管理機関)がバックエンド側からの要求として、長期貯蔵・最終処分の安全性の観点から被覆管材質(⁹⁴Nb が重要核種)、高燃焼度、クラッド、腐食生成物等の検討事項を指摘し、最終処分システムに関する国際的な研究開発が急務であるとした。インペリアルカレッジロンドンは、分子動力学による原子レベルの挙動シミュレーションの状況を説明し、物性値や既存モデルにおける仮定の評価及び物理モデル構築による既存モデルの改良などの可能性を示した。WH Sweden 及びペンシルバニア大(講演は WH)は、「燃料材料の変遷」と題して被覆管材料としての Zr 合金開発の歴史を概観した上で、酸化と水素吸収、SCC、事故時の急激な酸化等を解決すべき技術的課題として指摘した。

Plenary session III (9月5日)

Office for Nuclear Regulation (イギリス)、EDF (フランス)、Halden (ノルウェー) から合計 3 件発表があった。

Office for Nuclear Regulation からは、規制当局として規制の基本的な考え方を整理した説明がなされ、Tolerability of risk、Deterministic safety limit、Design based risk 等の考え方が紹介された。EDF からも同様に安全解析における各リミットの設定の考え方が示された。例えば、破損 (Failure) に至るまでには、Safety limit、Design limit が存在するが、Design Margin は試験技術の向上やモデル精度の向上により見直すことができる等の説明がなされた。Halden か

らは、豊富な OECD/NEA Halden Reactor Project の経験及びそれらの適用例が紹介された。

Operation and Experience I

JNES(日本)から2件、WH(アメリカ)、UK's NNL(イギリス)、CEA(フランス)、AREVA(フランス)から各1件、合計6件の発表があった。

JNESからは、高Pu富化度(14.3 wt.%)のMOX燃料をBelgian Reactorにて照射し、特にPu分布とFPガス放出との関係に注目して実施したPIEの結果から、FPガス放出機構はUとPuの相互拡散による微細組織変化と関係することが報告された。また、Short binderless route(SBR)-MOXとMIMAS-MOXをハルデン炉で最大70 GwD/t以上まで照射したMOX燃料のPIE結果も報告された。WHからは、2011年8月23日にSouth Carolina州でマグニチュード5.8の地震を経験したことを受け、地震とLOCAを組み合わせた安全解析を行った結果が紹介された。UK's NNLからは、軽水炉ではなく先進ガス冷却炉で使用する燃料棒内のFPガス分析についての研究結果が報告され、KrやXeの同位体比を利用する方法や、エンドキャップにおけるCsのガンマ線を利用する方法が紹介された。CEAからは、8 wt.% Gd添加UO₂燃料(ウラン濃縮度:2.5 wt.%,被覆管材料:M5)を3サイクル(~1300 d)まで照射した結果が報告され、UO₂燃料と比較してHigh burnup structure(HBS)が顕著であったが、FGRが試料燃焼度43.7 GwD/tにおいて0.51%と明確なFPガスの加速放出がなかったことが紹介された。AREVAからは、EPRへの適用をサポートするための種々の経験について報告された。全体的なトレンドとして、ジルコニウム材料はM5とし、TRAPPER、FUELGUARD、"I" design等々、先進技術を投入していくことが紹介された。

Operation and Experience II

KAERI(韓国)、ENUSA(スペイン)、Studsvik(スウェーデン)、GDF SUEZ(ベルギー)から各1件、GNF-A(アメリカ)から2件、合計6件の発表があった。

KAERIからは、UO₂燃料、模擬燃料(SIMFUEL)、UN、添加UO₂をHANAROで照射して、低照射領域におけるXeの格子拡散を測定し、添加物の価数によりXeの格子拡散が律速されていることが報告された。ENUSAからは、Vandellos IIで照射された高燃焼度燃料棒のPIE結果が報告された。75 GwD/tまで照射された4体の燃料集合体対象であるが、種々の被覆管材料、異なる密度、製造方法で調整された燃料ペレットを用いた比較試験が行われた。今後も種々の試験を実施予定であり、具体的にはハルデン炉やSCIP-II等を利用する予定である。GNF-Aからは2004年にTV0のOL1炉に装荷された8体のGE14燃料の検査結果が報告され、高燃焼度まで燃料の健全性が保たれていることが報告された。また、チャンネル曲り対策についての報告もなされ、新たな感度因子(新ECBE)を用いることで予測精度が向上したこと、また新材料であるNSFをチャンネル材料に用いることで大幅にチャンネル曲りが低減可能であることが紹介された。Studsvikからは、従来の軽水炉燃料のPIEに用いていた装置や測定技術を、AGR燃料棒のPIEに適用するための種々の方法がPIE結果をもとに紹介された。GDF SUEZからは、異なる設計の燃料が混在する場合(新旧を含める)の安全解析等の許認可解析を効率的に行う方法として、Reference coreとReference fuelという概念を用いる方法の検証結果が紹介された。

Operation & Experience III

GNF-A(アメリカ)、EPRI(アメリカ)、CV Rez (チェコ)、ENUSA(スペイン)、WH(アメリカ)、NRC(ロシア)から合計6件報告された。

GNF-Aからは被覆管外面腐食によるBWR燃料破損について報告された。2001年から2003年の間にアメリカのBWRで63体の燃料が破損した。いずれも2サイクル照射期間中の破損で、加速腐食&酸化膜剥離を生じた場所における局部水素化による脆性割れが破損の原因と分かった。外面腐食に伴う水素吸収と酸化膜剥離部への局部水素集中が原因で2次水素化ではないとのこと。ENUSAからはRobust Fuel Assembly (RFA)の採用によるPWR燃料の集合体曲り低減について報告された。FRAはGrid-to-rod fretting(GTRF)、制御棒挿入不具合などの低減を目標としたもので、被覆管材にはZIRLO[®]が用いられている。ENUSA、WHおよびEDF(フランス電力)の共同で燃料集合体曲りのオンサイト測定システム(DAMAC)が開発され、FRAを対象としてデータが蓄積されつつあり、FRAによる曲がり低減効果が認められた。CV RezからはTemelin NPPの運転実績および照射後試験結果などが報告された。Temelin NPPはアメリカの設計に適合するロシア製VVER-1000の最初のもので、2002年に運転を開始した。燃料破損のため所定燃焼度到達前に燃料交換する例も多いこと、燃料破損のRoot causeとして炉心出力分布の不均一性があることが報告された。WHからは全世界で80基以上のPWRに装荷されているというWH PWR燃料の現在に至る照射実績、設計改良などが取りまとめて報告された。WHでは燃料の信頼性向上、破損防止、曲り、燃料取扱い時の損傷あるいは制御棒挿入性などの低減を目的とした設計改良を重ねてきた。また、外観観察、寸法変化測定、外面酸化膜圧測定、GTRF損傷などの詳細検査を行いRobust fuel designに貢献してきた。設計改良によりGTRF破損が減少して、デブリや製造欠陥などが現在の燃料破損の主原因になっている。デブリ対策としてデブリフィルター、Protective grid、被覆管の酸化被膜コーティングなどが採用されている。ロシアからは被覆燃料を用いた革新的炉心概念が報告された。UO₂粒子をパイロカーボンやSiCなどで3重に被覆した燃料を用い、冷却材にはヘリウムもしくは水が用いられる。設計事故や過酷事故時の化学的安定性に優れるとのこと。最後にEPRIからは燃料破損ゼロを目標とした”Revised guidance for performing nuclear fuel assessments and inspections”が報告された。

Transient Fuel Behaviour I

AREVA(フランス)、IRSN(フランス)、NRC(アメリカ)、EPRI(アメリカ)、Vattenfall(スウェーデン)、WH(アメリカ)から合計6件の発表があった。

AREVAからは、M5被覆管の照射実績(腐食・水素吸収特性)に基づく、NRCが提案したRIAおよびLOCAのクライテリア(エンタルピー増分、ECR)に対するM5の裕度に関する報告がなされた。IRSNからは、CABRIおよびNSRRで実施されたPWR-MOX燃料棒のRIA試験結果の紹介があり、UO₂と比較してMOXの外径変化(Hoop strain)は比較的大きい傾向にあったことなどの報告がなされた。NRCからは、2007年に公開されたアメリカNRCのRIAに関する中間ガイダンス(SRP、Section 4.2、Appendix B)の紹介、および、ファイナライズに向けたNRCの取り組みについて報告がなされた。EPRIからは、RIA時の被覆管の挙動を模

擬した 2 つの新しい試験方法(RHL(Rapid Heating and Loading)、Modified burst)および当該試験方法による照射材を用いた試験結果の報告がなされた。Vattenfallからは、2008年6月に発生した、落雷に起因する Forsmark 2 の再循環ポンプトリップに伴うドライアウト事象に関する評価結果の紹介があり、トランジェントコードを用いたドライアウト時の被覆管温度の評価結果、および Hot rod の PIE(硬度試験)結果の報告がなされた。WHからは、新しい熱水カループ ODEN の紹介があり、VVER-1000 向け燃料を対象とした、当該ループ初の商業ベースでの試験結果の報告があった。

Transient Fuel Behaviour II

EPRI(アメリカ)、CEA(フランス)、Korea Institute of Nuclear Safety(韓国)、Iberdrola Ingeniería y Construcción(スペイン)、IRSN(フランス)、Studsvik(スウェーデン)から合計 6 件の発表があった。

EPRIからは、SBOやLOCA等のシビアアクシデント時に起こる被覆管損傷について説明があり、厳しい環境下(高温、高水蒸気圧下)に耐える被覆管材として Mo-Zr 合金の提案がなされた。CEAからは、AREVA M5 について、化学組成(Nb、Fe、O、S、Hf 量)及び酸化モード(片側酸化又は両側酸化)、加熱方法(抵抗加熱炉または誘導加熱炉)の違いにより Breakaway 遷移がどのように変化するかの調査結果について発表があり、化学組成の違いにより、Breakaway 遷移後の腐食増加量と水素吸収量に違いが現れたとの報告がなされた。Korea Institute of Nuclear Safetyからは、燃料棒の不確定変数(製造や機械的性質に係る変数)が被覆管のピーク表面温度(PCT)へ与える影響調査の紹介があり、FRAPTRAN-1.4/FRPACON-3.4a コードによる解析結果の報告がなされた。Iberdrola Ingeniería y Construcciónからは、スペインの BWR-6 NPP に対して NUREG-0630 モデルを用いて、LOCA における被覆管損傷に関する種々の計算評価結果についての報告がなされた。IRSNからは、IRSN が開発した再冠水時を含む LOCA における燃料集合体中の被覆管の膨れ変形を分析することができる DRACCAR コードの紹介がなされた。Studsvikからは、高燃焼度(～71 GwD/t)まで照射された WH ZIRLO 被覆管の LOCA 試験結果についての報告がなされた。

Transient Fuel Behaviour III

CEA(フランス)、WH(アメリカ)、WH(スウェーデン)、PNNL(アメリカ)、AREVA(フランス)から合計 6 件の発表があった。

CEAからは、EDF の PWR にて 5 サイクル照射された MOX 燃料の OSIRIS 炉におけるランプ試験結果について紹介があり、He 放出量の測定値とシミュレーションの結果の比較は良好でこれらコードモデリングの妥当性が確認されたとの報告がなされた。また、CEAからは、3次元の燃料棒熱・機械解析モデルの紹介があり、燃焼に伴う燃料の粘性特性の変化についても報告がなされた。WH(アメリカ)からは、AP1000 の燃料設計及び安全制限の妥当性証明に使用された解析手法の紹介があり、燃料設計及び安全制限に関する各国の考え方の相違などについての議論がなされた。WH(スウェーデン)からは、燃料破損モードである、SCC、HESF (Hydrogen Embrittlement Strain Failure)、DHC の各々のモデルについての紹介、および燃料棒挙動解析コード STAV7 によるランプ試験の再現計算について紹介があり、評価結果は、他の破損モードと比較して SCC が最も支配的なモードであることを示唆しているとの報告があった。PNNLから

は、アメリカ DOE のプログラム“CASL” (Consortium for Advanced Simulation of LWRs)において開発された燃料棒挙動解析コード“Peregrine”の概要紹介がなされた。AREVA からは、MOX に対する取り組みに関する全般的な概要についての紹介があり、MELOX における MOX 燃料の製造実績・製造工程の概要、および EPR の MOX 炉心に関する報告がなされた。

Design and Materials I:Hydriding and Oxidation

NFD (日本)、WH (アメリカ)、GEC (アメリカ) から各 1 件、マンチェスター大学 (イギリス) から 2 件、合計 5 件の発表があった。

NFD からは、Zr-2.5Nb の腐食にともなう水素吸収機構を調べるために、表面酸化膜内でのニオブの化学状態変化についての測定結果が紹介された。その結果、Zr-2.5Nb 合金の優れた耐水素吸収特性は低価数 (+3 以下) でジルコニア中に固溶することと、析出物 (β -Nb) の遅れ酸化によるのではないかとの機構案が示された。マンチェスター大学からは、ジルコニウム合金の腐食水素吸収機構に関する発表がなされ、酸化膜及び下地金属の可塑性や格子ひずみが腐食特性に影響を与えているのではないかとの着眼点から、FEM 解析により数値的に可塑性と格子ひずみとの関係が説明された。また、Zr-Sn-Nb 合金におけるスズの効果についての研究結果も紹介され、低スズ化により腐食遷移が遅れること、また腐食遷移前後でジルコニアの結晶構造変化が起こることが報告された。WH からは、照射された ZIRLO (~70 GWd/t) と Zry-4 (55 GWd/t) を用いた引張試験を実施し、ZIRLO でより高い延性を示すのはニオブ添加による局部変形箇所の分散が影響しているとの解釈を紹介した。GRC からは、照射により加速されるシャドー腐食の現象理解を目的として、Zry-2 とインコネル材 (X-750) の紫外線照射下での腐食特性を調べた結果が報告された。紫外線照射により卑である Zry-2 はより卑に、貴であるインコネルはより貴となることで腐食が加速する結果が得られ、このような照射効果が照射下でのシャドー腐食の加速を引き起こしている可能性を示唆した。

Design and Materials II: Hydriding and oxidation

NFD(日本)、マドリッド工科大学(スペイン)、VNIINM(ロシア)、PSI(スイス)、JNES(日本)、IRSN(フランス)から 6 件の発表があった。

NFD は、Zr-Sn-Fe-Cr-(Ni)系合金及び Zr-Nb 合金の水素吸収特性の観点から炉外酸化試験による酸化膜の微細構造、酸化膜中の合金成分化学形態等を調べ、Zr より低原子価の合金成分の酸化膜中での固溶あるいは合金成分析出物の遅れ酸化が酸化膜中の水素拡散を遅らせるとの機構を提案した。マドリッド工科大学は、ZIRLO 被覆管材のリング圧縮試験を FEM 解析し、試験結果から破壊エネルギーを求める手法について発表した。被覆管の遅れ水素化割れ(DHC)に関して、VNIINM は Zr-Nb 系合金の DHC 試験に基づき、DHC 発生上限温度、DHC 速度はいずれも材料強度の低下及び破壊靱性の増加により低下することを発表した。また、PSI は Zry-2 被覆管(再結晶化焼鈍材)の軸方向 DHC 試験によるクラック進展の様子を動画で示し、破面及び断面観察の結果からクラック進展がクラック先端近傍における連続的な水素化物成長及び割れと、延性破壊によるクラック間の連結の 2 つのプロセスで進行することを示した。JNES は、最高 1200 ppm まで水素添加した照

射済み Zry-2 被覆管のオープンエンド内圧バースト試験により、水素濃度が大幅に増加しても破損ひずみ下限値及び強度とも飽和状況にあること、変形基点に関する TEM 及び SEM/EBSD 試験結果などを発表した。IRSN は、Zry-4 板材を用いて水素化物析出によるひずみを測定し、再結晶化焼鈍材はほぼ理論値に近いが応力除去焼鈍材はその 1/2 程度になること、酸化と水素化両方によるひずみをモデル化して評価した結果等を発表した。

Design and Materials III: Advanced Materials

CEA(フランス)、フロリダ大学(アメリカ)、NFI(日本)、WH(アメリカ)、ORNL(アメリカ)、AREVA(ドイツ)から合計 6 件の発表があった。

CEA からは、マイナーアクチノイド(MA)消滅処理の一環として、Am を UO_2 、MOX それぞれに添加したペレットの照射試験計画(DIAMINO プログラム)についての紹介があり、ここでは Am 添加ペレットを製造した結果、 UO_2 への Am 添加ペレットで 95%TD 以上の密度を得たことの報告がなされた。フロリダ大学からは、アメリカ DOE プログラムとして実施している UO_2 ペレットの熱伝導度増加に関する研究について紹介があり、粉末、繊維結晶状の SiC の添加により熱伝導度を増加させ、クラック発生・FP ガス放出を低減が可能で、LOCA 等のシビアアクシデントへの裕度が向上するとの報告がなされた。NFI からは、Zry-2 に Fe を 0.4 % まで添加した改良合金 HiFi について、欧州の商用 BWR で 10×10 型集合体に組み込み 7 サイクル(集合体最高燃焼度 75 Gwd/t)までの照射試験を行い、照射後の PIE を実施した結果について報告があった。WH からは、次世代軽水炉向け燃料(シビアアクシデント耐性、さらなる経済性向上)の候補材について、被覆管・ペレット各々を、物性値(融点/熱伝導等)、濃縮度、断面積等の観点からリストアップし、さらにこれら被覆管・ペレットの組み合わせによるサイクルコストの評価を踏まえた考察についての報告がなされた。ORNL からは、未照射 SiC および FeCr 合金サンプルの、高温水蒸気中における腐食試験結果に関する紹介があり、SiC の高温水蒸気中(800 °C~1400 °C)の酸化反応は、Zr 合金と比較して 10^{-2} のオーダーで低く、FeCr 合金についても同等であったとの報告がなされた。AREVA からは、M5 をベースとした低 Sn 候補材(Zr1Nb0.3Sn0.1Fe、Zr1Nb0.3Sn0.2Fe、Zr1Nb0.5Sn0.1Fe)の照射データに関する紹介があり、Zr1Nb0.3Sn0.1Fe のクリープは、被覆管径方向・軸方向共に M5 と比較して小さく、燃料のコンポーネント材として使用することで燃料曲りを抑制できるとの報告があった。

Design and Materials IV: New Concepts

ORNL (アメリカ)、EPRI (アメリカ)、WH (スウェーデン)、AREVA (イギリス)、AREVA (フランス) から合計 5 件の発表があった。

ORNL からは、既存の軽水炉燃料で用いられている一般的なウラン酸化物ペレットの代替として、TRISO-SiC(SiC マトリクスに被覆ウラン燃料を分散させた燃料)を用いる概念設計が報告された。SiC は熱膨張率が UO_2 よりも小さく、かつ高い熱伝導率を有するなど優れた特性を有しているため、通常運転時のみならずシビアアクシデント時にもより高い健全性を確保できることが示された。EPEI からは、SiC/SiC 燃料チャンネルの適合性検討結果が報告された。現在 BWR で問題となっているチャンネル曲りに対しては依然として懸念が残るが、衝撃荷重に対する裕度も有し、中性子経済上も優れていることから有望な材料であることが紹介された。WH からは、WH で実施した燃料

改良 (SVEA-96 Optima2→SVEA Optima3) について報告された。改良したスパーサーをより多くの箇所に配置すること、改良型 ZIRLO を用いることでより高い性能となったことが紹介された。AREVA (イギリス) からは、新型の ATRIUM11 (BWR 用 11×11 燃料) についての報告がなされた。2012 年に約 900 本の燃料棒が装荷されるとのことである。また、それらスケジュールとあわせて PIE 技術の改良等も計画している。AREVA (フランス) からは、EPR による先進的な燃料管理方法についての報告がなされた。EPR は大型、低い LHGR であり、自己リサイクリングが可能な炉であり、Pu の有効利用が可能であるとの紹介がなされた。

Design and Materials V: Methods and Tests

CEA(フランス)から 2 件、Studsvik (スウェーデン)、JSC(ロシア)から各 1 件、合計 4 件報告された。

CEA から Zry-4 被覆管のヨウ素 SCC に関する実験結果が報告された。再結晶化焼鈍された Zry-4 板状試験片を室温でヨウ素メタノール溶液に浸漬して定速引張試験を行った。初期き裂は粒界から、特に応力に対して垂直方向の粒界から発生した。また、ヨウ素濃度が高い場合は塑性変形の開始とほぼ同時にき裂が発生した。冷間加工材の場合は、残留応力が存在するためにほとんどゼロ変形でき裂が発生した。これらの観察結果をもとに SCC における初期き裂発生メカニズムが検討された。同じく CEA から Zr 合金および M5™ の照射下クリープ試験 (GRIZZLI 照射試験) について報告された。この試験では内圧を負荷された被覆管を材料試験炉、OSIRIS で照射し、燃料寿命末期を想定した条件下における照射下クリープ挙動を調べた。照射済被覆管から切り出された試験片についても試験が可能である。中性子束は $2 \times 10^{18} \text{n/m}^2$ 、周方向応力は 0-180 MPa、照射温度は 350°C で、照射前後に試験片寸法を測定してクリープひずみを測定する。測定値と実験式による予測値に良い一致が見られたとのこと。Studsvik からは The shielded laser ablation equipment connected to an Inductive Coupled Plasma Mass Spectrometry instrument (LA-ICP-MS) による高燃焼度軽水炉燃料の FP 測定について報告された。本測定では Mo、Tc、Cd、Cs、I、Xe、Ce、Gd さらに U から Cm のアクチノイドが測定できる。本測定はすべての同位体を測定できるわけではないが、効率的で迅速で低コストな測定手法になり得るとのこと。最後にロシアから VVER および RBMK 燃料の照射後試験結果をまとめたデータベース “FEDS” の構造と機能が紹介された。応用例として VVER-1000 被覆管のクリープひずみを取り上げ、FEDS を用いて数学モデルの係数を求めた。

Design and Materials VI

KEPCO (韓国)、PSI(スイス)、Sellafield(イギリス)、AREVA (フランス)、WH Electric Sweden AB(スウェーデン)から合計 5 件報告された。

KEPCO から集合体曲り測定データの解析結果が報告された。OPR-1000 type および WH type の燃料集合体を対象として集合体曲りを測定し、OPR-1000 では S 字状に WH type では C 字状に曲がること、曲り方向は使用期間中に変わり得るもので曲りは単調増加とは限らないこと、曲りは Fluence independent のようで、ある値以上には増加しないようであることなどが報告された。

燃料集合体仕様や燃料被覆管材質等と集合体曲りとの関係についても検討された。AREVA からは軽水炉燃料の最適化について報告された。被覆管は M5、ペレットは Cr_2O_3 添加が基本である。M5 についてはすでに報告済みで、今回のメインは Cr_2O_3 添加ペレットであった。 Cr_2O_3 添加ペレットについては 75 Gwd/t まで照射データが蓄積されており、大粒径化による FP ガス放出低減および PCI 性能向上などが報告された。特に PCI 性能については、 Cr_2O_3 燃料で 20 本のランプ試験が行われ、300 W/cm 以下で無破損であること (UO_2 燃料の場合は 200 W/cm 以下) が報告された。さらに Cr_2O_3 燃料は製造時のペレット割れ欠けも少なく PCI 性能に優れるとのこと。PSI からは MOX 燃料中の Pu の化学形態に関する測定および解析結果が報告された。未照射および照射済 MOX の Extended X-ray Fine Structure (EXAFS) analysis によると固溶体中では Pu は 4 価を保ち、3 価のものは 10% 以下であった。(U, Pu) O_2 固溶体の熱力学評価によれば、Pu は分離相では PuO_2 として存在するが、固溶体中あるいは 1000 K 以下では 15% 以下が $\text{PuO}_{1.6}$ あるいは $\text{PuO}_{1.5}$ で存在し得る。この熱力学評価および EXAFS 分析はともに従前に得られていた Pu XANES (X-ray Absorption Near Edge Spectroscopy) による分析結果と一致しているとのこと。WH Sweden からは制御棒、CR99 の照射実績について報告された。商用炉で長期間照射された Cr99 仕様の制御棒の外観観察およびスウェリング測定を行った結果、100% 局所減損に至ってもボロンリークは一切ないことなど健全性が確認された。最後に Commercial Advanced Gas-cooled Reactor (CAGR) の照射後金相観察結果が Sellafield から報告された。CAGR 燃料はステンレス被覆管、 UO_2 中空ペレットである。

Modeling I: Fuel Rod Thermal Mechanics

GDF SUEZ (ベルギー)、JAEA (日本)、EDF (フランス)、INL (アメリカ)、VTT (フィンランド) から合計 5 件の発表があった。

GDF SUEZ は、開発を継続している FRACPCON/FRAPTRAN の検証を FUMEX-III にて行い、主要な結果を報告した。NSRR 実験 FK-1 の解析では、パルス出力とともに被覆管の軸方向伸びが生じるが、実測値が緩やかな変化を示すのに対し、計算値は急速に立ち上がるという差があり、PCMI を含んだ燃料ふるまいの再現が難しいことを示唆している。JAEA からは、FP ガスバブルの成長に速度論モデルを適用してペレット固相内ガス原子濃度および粒界ガスインベントリの実測と計算の比較を行った。その結果、リム組織におけるガス集積の効果を適切に反映することが必要であることを報告した。EDF からは、被覆管の内面酸化膜の波打ち生成と酸化膜内応力との関係の解析を発表した。INL からは、欠けのあるペレットが燃料温度や被覆管の応力に及ぼす影響を 3 次元 FEM によって解析し、被覆管の破損 criteria を設定することに役立つと発表した。VTT からは、RIA 解析コード SCANAIR による NSRR 実験 FK-1 および LS-1 (BWR 燃料) の解析結果が報告され、破損クライテリアを CSED とした場合、破損・非破損が被覆管の降伏応力および耐力に強く依存することを報告した。

Modeling II: Fuel Rod Thermal Mechanics

AREVA (フランス) から 2 件、CEA (フランス)、ITU (ドイツ)、ANATECH (アメリカ)、VNIINM (ロシア) から各 1 件、合計 6 件の報告があった。

CEA は燃料解析コード ALCYONE の開発と、主に FGR に関する検証を公表した。これは 1D-FEM コードであり、検証のために不確定性解析を行う予定。ITU 及びイタリア、ベルギー、スロバキアの TRANSURANUS 燃料コードユーザーグループは、TRANSURANUS による FUMEX-III 解析の主要結果を公表した。燃料中心温度、Xe 濃度の分布は全体としてよく再現されたが、LOCA 時の被覆管の破裂予測はやや実測より早い時刻となる。NSRR 実験 FK-2 の解析では被覆管とペレットスタックの軸方向伸びについて大きめの初期ギャップを想定した場合が実測に近くなると報告した。AREVA は、通常運転時および過渡時の燃料棒の力学解析における不確定性の評価と Best-estimate の方法について、入力をランダムに変化させた計算の統計的解析手法を公表した。これは Monte-Carlo 法と Non-parametric 順序統計であり、その有効性は BE コードと良いデータベースの存在にかかっていると報告した。また、多くの機能を持つ燃料設計コードおよびデータベース GALILEO を開発し、多くの照射データによる検証を行い、良好な予測性能を得た。また不確定性評価の方法も開発し、全体で燃料購入者の要求に十分応えうると報告した。ANATECH は、水が浸入した破損燃料の被覆管の内面水素化における燃料棒内軸方向ガス移動を解析するモデルを FALCON に組み込んで、燃料温度の変化からギャップガス変化を計算し、実測との比較検討を公表した。VNIINM からは START-3 コードが紹介された。FUMEX-III のデータによる検証を行い、Fission gas のペレット内保持モデルと FGR モデルの精度の向上を報告した。

Modeling III: Thermal Hydraulics and Coupling

KNF (韓国)、NPIC (中国)、China Nuclear Power Technology Research Institute (中国)、WH (アメリカ) から各 1 件、AREVA (フランス) から 2 件、合計 6 件の発表があった。

KNF は燃料棒の振動解析コード ROVIN を開発した。様々なモードおよび周波数における振動解析を行い、設計値および既存コードの結果と比較し、検証結果を公表した。NPIC はスペーサグリッド周りの冷却材の二相流の流動を CFD (流体力学コード) によって解析し、実測値と比較検討し、複雑な集合体チャンネルにおける蒸気バブルを持つ流れをシミュレートすることに成功したことを公表した。China Nuclear Power Technology Research Institute は、スペーサグリッドの混合ベインの水流攪拌効果を CFD による解析において燃料棒の表面熱伝達に対するベインの角度と形状の最適値を見いだしたことを公表した。WH は、PWR 燃料のグリッドによる被覆管フレッキングを解析した。CFD により乱流を引き起こす効果を評価し、燃料棒の振動と摩耗を VITRAN および VIPER コードで解析し、PIE データと矛盾しないとした。また流体力学と振動、摩耗を一体で扱う別のコード (CASL GTRF) も提示し、今後、検証を行うと報告した。AREVA は NEPTUNE_CFD と STAR-CCM+コードで PWR 集合体のスペーサグリッド周りの DNB と CHF のシミュレーションを行い、蒸気バブルのふるまい評価を公表した。またボイド率を実測と比較し、この方法が有効であることを報告した。また、CHF 相関式を開発している。測定結果のデータベース、それに基づく PWR と BWR 燃料の相関式の開発、相関式予測値と実測値の比較を行い、信頼性が高いことを報告した。

Modelling IV: Multiphysics

WH (アメリカ) から 2 件、ENUSA(スペイン)、VTT(フィンランド)、AREVA(フランス)から各 1 件、合計 5 件の発表があった。

WH は、PWR 燃料の Crud induced power shift (CIPS) と Crud induced localized corrosion (CILC)に関する Multi-physics モデルを開発し、構成要素のモデル間のカップリングを高め、軸方向オフセットについて解析と実測を比較した結果、解析値はやや実測値を下回ったことを発表した。開発は継続される。また、炉心への集合体の装荷パターンの開発における燃料ふるまいのリスク評価を行うシステムの開発を発表した。これは PCI やフレットィング、CIPS および CILC を計算するコードと CFD コードを含み、CIPS/CILC に伴うリスクを評価する。これらは燃料棒の潜在リスクの軽減に役立つ。ENUSA は、集合体の照射中の変形を炉心スケールで評価するコード SAVAN 3D の開発を発表した。元となった SAVAN コードの解析値は実測値をほぼ予測したが、SAVAN 3D はこれを 3D 体系に拡張したもので、炉心全体の解析能力を持つ。集合体の設計に役立つと報告した。VTT は、炉物理コード Serpent と燃料ふるまい解析コード ENIGMA とを結合し、ピンセル体系で燃料の熱的・機械的ふるまいと核反応との相互作用をタイムステップごとに両コードを連成して計算し、燃料温度と共鳴吸収や捕獲断面積、燃焼度との相互作用、体系による差などを調べた結果を発表した。連成コードシステムは燃焼度計算や炉物理解析における燃料ふるまいの影響を評価することができる結論した。AREVA はアメリカのプラントの CRUD 腐食のリスクを最小化するリスク評価手法の開発を発表した。これは燃料棒表面における中性子、熱水力、水化学の相互作用をモデル化したコードシステムである。標準的な炉を想定して CILC/CIPS のシミュレーション評価を行い、燃料の全照射期間における CRUD の変化を予測した。

Spent Fuel and Transportation I

ITU (ドイツ)、ENUSA(スペイン)、AREVA TN International(フランス)、CIEMAT(スペイン)、Studsvik Scandpower (アメリカ、ドイツ)から合計 5 件の発表があった。本セッションでは、発表 6 件中 5 件が使用済み燃料の乾式貯蔵に関するものであった。

ITU は電中研(日本)と連名で、漏洩燃料の乾式貯蔵中の酸化に伴う体積膨張に関して高燃焼度 UO_2 の大気中酸化試験を実施し、 UO_2 から FP により安定化された U_4O_9 を経て U_3O_8 に至る過程を発表した。ENUSA は、乾式貯蔵中及び輸送時を想定した照射済み Zry-2 被覆管の熱クリープ速度を測定するとともに、冷却時の水素化物再配向挙動と強度試験結果を発表した。AREVA TN International は、乾式中間貯蔵は東日本代震災や米国の 2011 年地震時にも問題は生じず安全性に優れているとし、金属キャスク TN24(日米欧)、キャニスターシステム NUHOMS(アメリカ)及び TN NOVA(ヨーロッパ)などの実績を示した。CIEMAT は、乾式貯蔵中の燃料健全性評価のため、FRAPCON-3.4 をベースに被覆管クリープ、DHC を含む水素化物挙動を取り込んだ解析ツールの開発状況を発表した。Studsvik Scandpower は、乾式貯蔵の安全性、経済性の観点から、炉心管理システム(CASMO 及び SIMULATE5)の解析を起点とし、残留発熱量解析コード SNF 及び熱機械解析コード ENIGMA を用いた解析システムと燃料挙動解析例を発表した。スロバキア工科大学は、燃料貯蔵プール及び輸送キャスクの臨界安全に関し、格子ピッチ等の寸歩誤差や燃料濃縮度等のばらつき等をパラメータとして MCNP5 により臨界解析を行い、最も保守的なケース(全数 4.87 %濃縮度)が

k_{eff} の基準値 0.95 をわずかに超える (0.955) が他は全て基準を下回るとの結果を発表した。

Spent Fuel and Transportation II and Fabrication & Seismic Simulation

IAEA (オーストリア)、AREVA (フランス)、Axpo(スイス)、OKB Hydropress(ロシア)から合計 4 件の発表があった。本セッションでは、使用済燃料管理に関する発表が 2 件、燃料製造時の品質管理及び地震時の燃料振動に関する発表がそれぞれ 1 件あった。

IAEA は、研究炉の使用済燃料のバックエンド処理について、濃縮 U の供給国(アメリカ、ロシア)への返送計画への協力の他、中間貯蔵、長期貯蔵、処分等のオプションも含めて東欧諸国を主体にした協力・支援の活動状況を発表した。AREVA は、福島事故を踏まえて従来の使用済燃料の管理方針を再考し、貯蔵主体の管理による貯蔵量増大のリスクを指摘してリサイクル(MOX、濃縮回収 U)による貯蔵インベントリーの低減などを挙げた。また、燃料製造における品質確保に関し、Axpo は製造プラント、設備、工程、製品、作業員、及び部材供給者に適用してきた認証と審査について手法及び実績を照会した。OKB Hydropress は、VVER 及び PWR の燃料集合体(単体)とバッフルを模擬したループを加震し、地震時の燃料集合体に加わる振動と加重を測定し、燃料集合体に塑性変形は生じないとの結果を発表した。

Five lessons learned in Japan

三菱原子燃料株式会社
燃料技術本部 燃料技術部
副部長 Scott FRANZ

I am from the US working for Mitsubishi Nuclear Fuels and I have lived in Japan for almost three years. There are many aspects of the Japanese culture which I have found to be amazing and wonderful. I will list the five most important things that have made the strongest impression on me.

1.) Japan is wired!

Everywhere I go, I see Japanese people with some form of device in their hands. The trains are full of cell phones and game machines. One of the most impressive things that I have seen Japanese people do is ride a bicycle in the rain, holding an umbrella, AND talk on a cell phone all at the same time!

I have seen people listen to music, watch TV, send email, play games, buy movie tickets, get directions and even talk to other people using their cell phones in Japan. It seems that talking on a phone today is one of the things we do the least!

Americans do use their cell phones for a great many things but I have seen Japanese people do much more.

I also find that my Japanese cell phone is VERY complicated compared to a US cell. I believe the reason is that when a device or tool needs to be able to do a great many things, the tool becomes more complicated. It's quite clear that a Japanese cell phone can do more than what American cell phones can do simply based on the depth and complexity of the interface.

2.) Japan is safe and clean.

One day when I was walking to work, I saw a man about a block in front of me get off his motorcycle and put a cover over it. Then he left. When I got to the motorcycle, I could see that he had accidentally dropped the key to the motorcycle on the street. Not knowing what I should do, I pushed the key under the motorcycle with the hope that he would be able to find it when he came back. The motorcycle (and the key) were parked there for three days and nobody touched them. On the fourth day when I was walking to work, I saw the man come down, find his key and leave on his motorcycle.

There must have been hundreds of people walk by that motorcycle who saw the key but they respected that it belonged to somebody and they left it alone. I have seen this kind of thing in many places where somebody has lost something and when it is found, it's usually put somewhere nearby in view so that the owner can hopefully return and collect it. I love this aspect of Japanese culture!

I also feel quite safe when I am walking around in Tokyo. I do remain vigilante concerning a pick pocket but I am never concerned about being attacked or injured. I might also pose as a challenging target for an attacker since I am 195 cm tall. However, very few people talk about people being knifed or hit over the head and robbed. Violent crime in Japan is much lower than in the US and it is truly wonderful.

One of the things which I immediately noticed about Tokyo is that it's very hard to find a garbage can on the street. In the US, there are garbage cans in lots of public places and they are quite

convenient. Consequently, many people unwrap things and eat things which generate garbage while they walk because they know they will be able to find a garbage can easily.

However, in Tokyo, it's hard to find a garbage can! If you have something you need to throw away, you must keep it with you until you go home, go to the office, or find a very rare garbage can somewhere.

What is truly amazing about this difference is that even though there are very few garbage cans, Tokyo is VERY clean. When I have visited Paris or New York (and other large cities), they are smelly and there is trash on the ground and in many cases, you need to be careful where you walk. Tokyo is extraordinarily clean compared to any other large city I have ever been in. This is doubly amazing when I consider that there are no garbage cans!

3.) Japanese people are made of rice, fish, and soy beans.

One of the first things that happened when I started my life in Japan was that I was asked to help people with their English. One of the things I did was to assign homework to describe what kinds of food was their favorite, what kinds of things were grown in the local areas, etc.

A common theme that came out of that experience is that I was told that Japanese people are made of rice, fish, and soy beans. These three ingredients are not only the most favorite things for Japanese people to eat but it is clear that Japanese people have a fundamental connection to these three things.

Japanese people have relied on rice through history as an important part of their livelihood. Rice has been a currency, a food, and in many ways, shaped some of the way Japanese culture has become what it is today.

Fish is also an amazing Japanese delight. In the US, the vast majority of the land is not near the sea. As a result, most Americans do not live in a place where fresh fish can be acquired. This means that most of the fish that Americans eat is not actually very good.

When I came to Japan, I did not like fish. However, I have eaten many kinds of fish since I've been here and have learned that the reason that I didn't like fish is because it was not prepared well and not fresh. The way fish is cooked in Japan and the variety of fish available has changed my interest in fish a lot and I am glad that I've had the experience of knowing how fish can be good.

Soy sauce is wonderful. When rice and fish are mixed with soy sauce, everything is better! The additional value of tofu also increases the usefulness and popularity of soy beans. We should also never forget having soybeans as a snack at a restaurant!

I have guessed that if two cups of rice, two fish, and ten soybeans were put into a jar, then the jar was set beside the ocean for nine months, a Japanese baby would come out of the jar! I have been told many times from many different people that Japanese people are made of these three ingredients so I am quite sure this is the correct recipe for making the perfect Japanese person.

4.) Earthquakes are normal in Japan.

In the US, Southern California is one of the few places where an Earthquake is a common experienced. There are some places in Alaska which are also seismically active (but there are very few people who live in those areas). Consequently, the vast majority of the people who live in the US have never experienced an Earthquake because they don't live in Southern California.

Before I came to Japan, I asked people who had already lived here what I should expect. One of the first things everybody mentioned was Earthquakes. After I came to Japan, I asked my new colleagues about Earthquakes. I was VERY curious about it. Unfortunately, it was quite difficult for people to explain what an Earthquake experience is like.

When something is common for one group of people, it's sometimes hard to explain it to someone else who has no real understanding. The fundamentals of what happens during an Earthquake are very basic (the Earth moves and the buildings sway and if the Earthquake is

strong enough, some things may fall down). Everybody knows these things. What is hard to describe is what it feels like. Experiencing an Earthquake is not only physical but also emotional.

An Earthquake feels differently to each person. Some people are scared. Other people are calm. Some people are just nervous. Some people get dizzy. Everybody reacts in their own way during an Earthquake and that makes it hard to explain what its like because there is no consistent answer.

Another unusual aspect about Earthquakes is that each one is a little different. Sometimes it's a sharp vertical bump. Other times it's a slow horizontal sway. Sometimes it's very small. Other times it's large. Each Earthquake is different and we never know when one will happen or what it will feel like. This also makes it hard to describe an Earthquake.

Since the major Earthquake which we had in 2011, I have learned to not be nervous when an Earthquake happens. I have found that staying calm and being patient makes the experience of an Earthquake easier. I would not say that I am used to Earthquakes but I don't get nervous anymore when they happen.

I plan on living in Japan for one more year and I will probably experience about 20 more Earthquakes in that time. That will be ok, but it's not something I'm curious about anymore.

5.) Japanese people eat food the way humans should. Americans just eat MEAT!

One of the first conversations I had with one of my new Japanese colleagues was about American food. I was listing all of my favorite things to eat and before I could finish my list, my friend said that the most important thing Americans want to eat is meat! I then realized that everything I had listed was just meat (Roast Beef, Barbeque Ribs, Fried Chicken, Sausage, Steak)!

I thought more about how Americans identify what is good food and how they describe if a restaurant is good or not. As a general rule, Americans focus their interest around meat. In fact, one of the most American types of food is Barbeque which is almost entirely meat (pork ribs, roasted chicken, sausage, beef brisket). A nice restaurant in the US is commonly judged by how good the steak is that they serve.

When I ate meals with my Japanese friends, the first thing that I realized is that the portions of the food which are served is about half of that in the US. Vegetables also make up a larger portion of the meals in Japan. It's also quite clear that Japanese people physically look much more healthy than Americans. The main reason is that Japanese people eat an amount of food that is reasonable for a normal person but Americans eat far more than they need!

In the US, there is a lot of fertile land for farming and food is readily available and very cheap. In the summertime, I commonly will buy 20 kilos of cherries just for myself. This would cost about 4000 Yen in my home town. A 450 gram steak with mushrooms, a salad, and vegetables is usually about 3000 Yen (depending on the restaurant). Americans usually get about half a kilo of French Fries when they order a hamburger.

As a result, the amount of food Americans eat is far more than necessary! In addition, Americans eat a lot of meat. When I take my Japanese colleagues to the US on business, I take them to places which are representative of American food and the common theme is that we always have much more food than we need and that it's all meat!

My experience in Japan has taught me that I don't need to eat nearly as much as I used to and I have made changes to my eating habits.

In conclusion, there are many other aspects of Japanese life which are also important but the five things I have listed here have made the biggest impact for me. I am very grateful to have had the opportunity to come and live in Japan. I have learned and shared my life with people who are amazing and wonderful! When I return to the US, I will take back many aspects of Japan with me which have improved my life and will hopefully also improve the lives of some of the people that I will live with.



Ⅲ. 関係機関便り

福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた研究開発 ー日本原子力研究開発機構原子力科学研究所における取り組みー

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 湊 和生

1. はじめに

東京電力(株)福島第一原子力発電所の1号機から4号機の廃止措置等に向けた取り組みについては、平成23年12月に、政府・東京電力中長期対策会議が、「東京電力(株)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」(中長期ロードマップ)を決定し、また、「東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた研究開発計画について」(研究開発計画)が策定された。全体の研究開発は、使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発、燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発、放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発、及び遠隔操作機器に係る技術開発に分類され、それぞれの研究計画が策定されている。平成24年7月には、「中長期ロードマップ」、「研究開発計画」が一部改訂され、これに基づき、19の個別プロジェクトなどが進められてきている。

原子力機構は、事故の直後から、様々な面で福島での事故に係る活動を行ってきており、また、中長期ロードマップに従い、個別のプロジェクトに主体的に、または東京電力(株)、メーカー等と連携・協力しながら取り組み、研究開発・技術開発を進めてきている。

2. 福島技術開発特別チームの設置

原子力機構は、福島第一原子力発電所の事故対応に関する業務を平成24年度においては経営上の最優先課題に掲げており、平成24年4月1日からは、原子力科学研究所(原科研)、核燃料サイクル工学研究所(核サ研)、及び大洗研究開発センター(大洗研)に、それぞれ福島技術開発特別チームを設置し、原子力機構における中長期ロードマップのプロジェクトに係る研究開発・技術開発を福島技術開発特別チームの下で一体的に実施している。

原科研、核サ研、及び大洗研の福島技術開発特別チームは、それぞれ、得意分野の研究開発・技術開発を実施しており、各特別チームは、適宜、拡充されながら、いくつかのグループから構成されている。各福島技術開発特別チームの組織構成を図1に示す。3つの拠点に分かれて特別チームが設立されているが、テーマごとに、他拠点のグループと連携協

力しながら、一体的に研究開発・技術開発に取り組んでいる。原科研福島技術開発特別チームは、主に、原子力基礎工学研究部門、安全研究センター等から、炉物理・炉工学、燃料・材料、分離、放射化学などの研究員等で構成されている。現状では兼務者が多いが、平成 24 年 10 月 16 日現在で、職員等は 76 名である。核サ研福島技術開発特別チーム及び大洗研福島技術開発特別チームの人員は、それぞれ 63 名及び 33 名である。

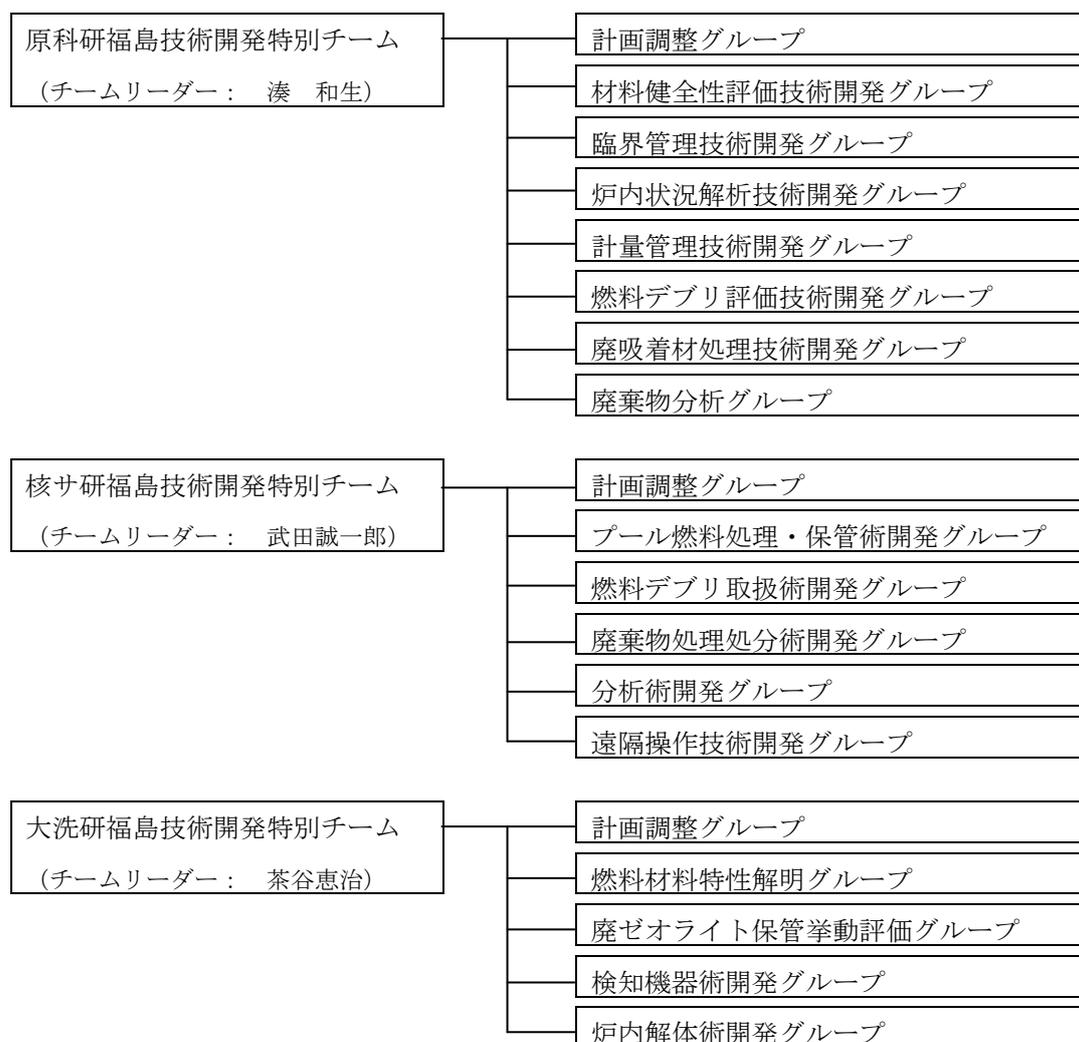


図 1 原科研、核サ研、及び大洗研の福島技術開発特別チームの組織構成

また、理事長を本部長とする福島技術本部には、福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた研究開発・技術開発の総合調整等を行う復旧技術部が東京にあり、3 拠点の福島技術開発特別チームと密に連携している。なお、福島第二原子力発電所に駐在し、福島第一原子力発電所サイト内における汚染状況の調査、汚染水・瓦礫試料等の採取、輸送等を行う福島技術現地対応グループが、復旧技術部の下に 6 月 1 日に設置されている。

3. 原科研福島技術開発特別チームの活動

原科研福島技術開発特別チームでは、使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発、燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発、及び放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発において、表 1 に示す個別プロジェクトに係る研究開発・技術開発に取り組んでいる。それらの実施にあたり、原子力機構内においては、原科研福島技術開発特別チームだけでなく、核サ研福島技術開発特別チーム及び大洗研福島技術開発特別チームのグループと分担及び連携協力しながら進めている。

表 1 原科研福島技術開発特別チームが取り組んでいる個別プロジェクト

○ 使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発 ・使用済燃料プールから取り出した燃料集合体他の長期健全性評価
○ 燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発 ・圧力容器／格納容器の健全性評価技術の開発 ・燃料デブリの臨界管理技術の開発 ・事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握 ・模擬デブリを用いた特性の把握 ・デブリ処置技術の開発 ・デブリに係る計量管理方策の構築
○ 放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発 ・汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発 ・放射性廃棄物の処理・処分技術の開発

核燃料関連の研究開発、技術開発は、主に事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握、模擬デブリを用いた特性の把握において実施している。

事故進展解析技術の高度化による炉内状況の把握では、シビアアクシデント解析コードによる事故進展評価をとおして、燃料デブリ取り出し等の廃止措置に貢献するために、従来知見の状況、従来知見と福島第一原子力発電所の事故の比較、及び最近の解析技術の進歩を考慮して、事故時の炉内熱水力条件、燃料集合体における溶融進展、溶融物が落下した圧力容器下部ヘッドの変形及び破損等を評価するための要素試験、模擬試験及び解析モデルの開発等を実施している（図 2）。そのうちの事故時の燃料集合体における溶融進展の評価においては、燃料損傷に関する基礎試験及び解析により、BWR 炉心での燃料損傷過程を評価するための基礎データ（液相形成や被覆管の酸化、熱力学データ等）の取得を進めている。また、研究炉等を用いた燃料溶融試験を計画しており、冷却材喪失時の現象と影響

因子についての理解を深め、解析コードの高度化に必要な燃料損傷・溶融モデルを構築する予定である。さらに、燃料からの核分裂生成物 (FP) 放出に関する試験を行い、ソースターム解析に必要な燃料からの FP 放出と凝縮状態に関する知見を得るとともに、海水の影響評価等を進めている。

模擬デブリを用いた特性の把握では、燃料デブリのサンプリング及び取り出しに向けて、U-Zr-O系を基本とした模擬デブリの調製、炉内外材料との高温反応試験、生成物の性状分析、熱・機械物性測定を行い、燃料デブリの特性を把握する計画である。とくに、压力容器内外で燃料デブリの性状は広範囲にわたることが予想されるので、生成条件（元素組成、温度履歴、酸素分圧等）と性状（相、組織、密度等）の相関についてのマッピングデータ、各種材料（海水塩、 B_4C +SUS、コンクリート）との高温反応生成物の性状評価、取り出し・保管時に必要な硬度、熱伝導率等の物性データの取得を進めている（図3）。

4. おわりに

福島第一原子力発電所の事故は世界的に経験のないものであり、海水を冷却に使ったことの影響などわかっていないことも多くある。炉内の状況把握も困難を極めている。このため、廃止措置を実行している現場に対し、我々がいかに役立つ技術や情報を提供できるかが重要である。基礎的な事実を積み上げ、しっかりとした科学的根拠を示しつつ技術や知見を得ることに努めている。

福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた取り組みは、今後 30-40 年は続くことになり、人材の確保、育成が欠かせない。若くて優秀な人材をこの分野に惹きつける工夫も必要であろう。大学、研究機関、産業界の連携がなければ成し遂げられないと考えている。

また、我が国でシビアアクシデントの実験的研究をあまり行ってこなかったため、実験装置・施設の整備も必要になってきている。シビアアクシデントの研究を地道に継続して実施してきた欧州をはじめ海外の研究者たちと情報交換を密に行うとともに、国内外の施設を活用した国際協力を推進することも必要であると考えている。

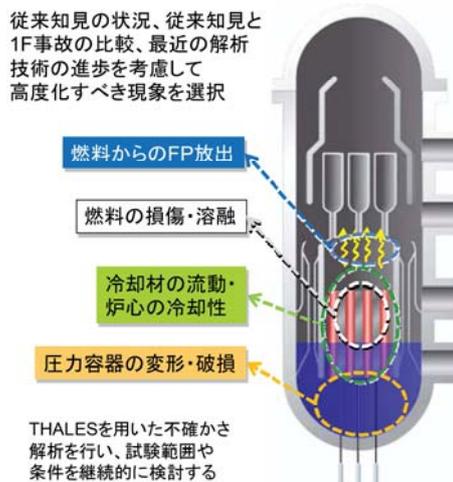


図2 解析技術の高度化に資する試験

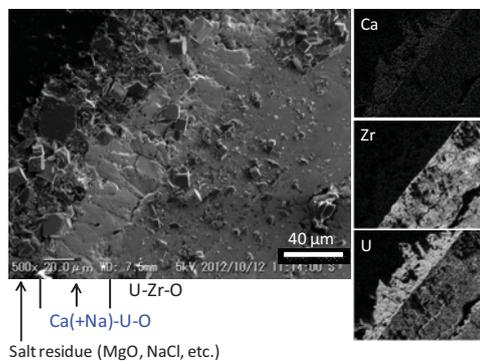


図3 模擬デブリと海水塩の反応の例

IV. 夏期セミナー紹介

第2回 軽水炉燃料・材料・水化学夏期セミナー報告

【報告者】核燃料部会 夏期セミナー幹事 日本原燃(株) 大江 晃

【開催日】2012年7月11日～13日

【開催場所】島根県松江市松江しんじ湖温泉「ホテル一畑」

核燃料部会、材料部会および水化学部会の3部会からなる合同夏期セミナーは今回で2回目となり、126名（内、核燃料部会から21名）の参加者をもって無事開催された。

今回のセミナーでは大学や研究機関、産業界の講師の方々から、福島第一原子力発電所事故に関する内容を含む専門的かつ幅広い分野のご講演をいただいた。セミナー期間中に実施されたポスターセッションでは、部会の枠を超えて活発で有意義な議論が行われた。

セミナー最終日には、中国電力(株) 島根原子力発電所の3号機の見学を実施し、格納容器の内部など稼動前の発電所ゆえに普段立ち入れることができない場所まで案内していただいた。

セミナー参加者（集合写真）



【開催場所】

※ホテル一畑（島根県）

本セミナーの開催地であるホテル一畑は、しんじ湖の目の前に立地しており、ホテルの露天風呂からはしんじ湖と松江市を一望できるようになっている。また、朝食は豊富な種類のバイキングと夕食は地産の蛸を用いたお味噌汁や出雲そばを堪能することができた。

ホテル一畑



【基調講演】

水化学部会から勝村部会長(東京大学)、材料部会から室賀部会長(NIFS)、そして核燃料部会は岩田部会長(事業構想大学院大学)からそれぞれの分野毎に今後部会として求められていることを中心にご講演いただいた。岩田部会長のご講演では、「人工物としての核燃料の学術」というタイトルで、東日本大震災と福島第一原子力発電所の事故を経験し、我々日本の原子力技術者がどのような方向に進んでいくべきかを経済、社会、環境および科学技術などの視点を通して示していただいた。

【講演（設計の基礎）】

講演（設計の基礎）では水化学、材料、核燃料のそれぞれの分野における設計方法、課題となっている内容および最近の研究内容についてご講演いただいた。

水化学分野では、JAEAの内田氏とMHIの志水氏からそれぞれBWRとPWRの水化学設計についてご説明いただいた。水化学分野では原子炉中の水質を管理することにより、作業者の被ばく低減、原子炉構造材の腐食低減、放射性廃棄物の低減等を試みていることとその具体的方法をご説明していただいた。

材料分野では、NFDの鹿野氏と東北大学の阿部先生からそれぞれご講演をいただいた。原子炉材料は照射環境という他の材料分野にはない環境下の設計であり、ご講演では使用部材の照射脆化や鋭敏化などのデータの紹介とHAZの照射脆化に係わる研究内容についてご説明いただいた。

核燃料分野では、国内燃料メーカーのGNF-Jの早川氏からBWR燃料を、NFIの小野氏からPWR燃料についてそれぞれ燃料の照射挙動、健全性評価方法および安全性能に係わる開発状況についてご講演があった。開発状況の紹介では、高燃焼度化に伴い課題となっている被覆管の水素吸収を抑える新しい被覆管の開発や異物による燃料破損を防ぐために燃料下部に取り付ける異物フィルタのご紹介があった。

【講演（技術トピックス）】

JAEA の永瀬氏からシビアアクシデント時の燃料のふるまいについて、TMI-2 の冷却材喪失事故時のデータを中心にご講演いただいた。燃料被覆管(ジルカロイ)の高温時の酸化反応、ステンレス・インコネルとの反応から TMI-2 事故により発生した熔融デブリの様々な分析結果についてご説明いただいた。

JAEA の永石氏からは水の放射線分解について、1 次収量の各種依存性から固体（金属板・コロイド・微粉末）共存下及び高濃度汚染水中での水素発生についてご講演いただいた。

【特別講演】

東京工業大学の尾本先生から福島第一原子力発電所事故に関する発電所内外の状況、放射性物質の放出に至る要因分析および将来のエネルギー政策についてご講演いただいた。講演では、今回の事故が大量の放射性物質の放出という結果となった原因について、安全設計に係わる 4 つの対策（自然災害への設計対応、プラントの全交流電源喪失および最終ヒートシンク喪失に対する対応、事故管理（事故の進展の防止と影響の緩和）、緊急時の計画と危機管理）をすり抜けて発生に至ったと述べられた。さらに根本的原因が、個人・組織・社会相互の意思疎通の不足や安全文化に対する意識不足などであることをご指摘いただいた。

【講演（事故と材料、水化学、核燃料）】

東日本大震災に伴い発生した福島第一原子力発電所事故後の取り組み状況を材料、水化学、核燃料の 3 つの立場の方々からご講演いただいた。

材料分野では、使用済み燃料プールにおける腐食について東北大学の渡辺先生と JAEA の山本氏からご講演をいただいた。微生物による腐食電位への影響やヒドラジン、殺菌剤による微生物の影響への低減効果、 γ 線照射下のヒドラジン脱酸素効果およびジルカロイの孔食電位の塩化物イオン濃度・温度依存性等を通して、プールライナーの隙間腐食の対策や燃料被覆管の孔食腐食の可能性についてご説明いただいた。

水化学分野では、事故により発生した大量の汚染水から放射性物質を除去するサリーシステムの概要を東芝の池田氏から、また汚染水から塩分を除去する逆浸透膜装置の概要について日立 GE の浅野氏からご紹介いただいた。どちらのシステムも事故発生から非常に短い時間で納入に至り、実績と成果を挙げられているという点は驚嘆するものであった。

核燃料部会からは大阪大学の山中先生から「今、核燃料研究者がなすべきこと」というタイトルで核燃料分野の現状と今後、特に基礎研究分野における現状の課題を踏まえ、核燃料分野の技術者が研究していくべき課題についてご講演をいただいた。また、シビアアクシデントは起こらないという考えを捨て、シビアアクシデント時の挙動把握のための各種データの取得を行うべきであるという指摘がなされた。スライドによる講演後、多くの

時間を 3 部会合同の議論の場として提供していただき、核燃料分野の産官学の連携に対する問題提起など、様々なご意見と有意義な討論がなされた。

講演風景



【ポスターセッション】

ポスターセッションでは、12 タイトルのポスター発表について、活発な議論が行われ、先生方からは貴重なご意見を頂戴することが出来た。アンケートにおいても、本ポスターセッションが非常に良かったという声が挙がっている。

ポスター発表タイトル

- ・ γ 線定常照射によって生じる海水の放射線分解生成物の発生量に関するモデル計算 (JAEA) ☆最優秀賞・・・別紙参照
- ・ Zr-O-H系における水素の溶解拡散および析出挙動(九大)
- ・ 重イオン照射したバナジウム合金の超微小押込み試験(総研大)
- ・ 模擬炉心デブリの調製と評価 (JAEA)
- ・ MOX 燃料製造試験(JNFL)
- ・ 東海第二発電所における亜鉛注入効果について(日本原電)
- ・ 敦賀発電所2号機 高性能クラッド除去樹脂の適用(日本原電) ※優秀賞
- ・ 高温高圧水の放射線化学反応初期過程の研究(東大) ※優秀賞
- ・ BWR 模擬環境中で分極法により形成した酸化皮膜の組成分析(日立)
- ・ パルスレーザーによるタンゲステン中の水素放出(九大)
- ・ 放射性滞留水処理システムの設置と運転への支援(電中研)
- ・ 原子炉容器鋼の照射脆化に対する応力下照射の影響(原子力安全システム研究所)

ポスターセッション



【情報交換会】

はじめに大石先生から情報交換会の開会の挨拶をいただいた。その後、各テーブル対抗の利き酒大会やポスターセッションの優秀賞発表などがあり、初対面の方々との新たな交流を深める場としておおいに活用された。

情報交換会



利き酒大会



【見学会】

セミナー最終日の7月13日には、中国電力（株）島根原子力発電所3号機の見学を実施し、39名の方々に参加していただいた。技術課 梶谷様をはじめとし、中国電力の皆様のご案内で3つの班に分かれ、津波対策の防波堤および防水扉、中央制御室、原子炉格納容器内部等の普段見ることができないような原子炉の細部まで見学することができた。

その後、島根ワイナリーに移動し、昼食のバーベキューを満喫し、ワインの試飲とお好みのワイン選びを楽しむことができた。

【謝辞】

本夏期セミナーは、水化学部会に幹事部会としてご尽力いただきました。日立GEニュークリア・エナジー(株)の長瀬様をはじめ、幹事を務められた方々に深く感謝いたします。核燃料部会のセミナー事務局は北海道大学および日本原燃(株)が担当致しました。講師、座長をはじめ、本セミナーの運営にご協力いただきました関係者の皆様に、この場を借りて御礼申し上げます。また、見学会では、中国電力（株）の方々には、貴重な施設見学をアレンジしていただき、御礼申し上げます。

(別紙)

☆ 最優秀ポスター賞

「 γ 線定常照射によって生じる海水の放射線分解生成物の発生量に関するモデル計算」

(JAEA) 端 邦樹 様

【概要】

海水へのガンマ線照射による放射線分解生成物の発生量に関して、モデル計算による予測を行った。水分解ラジカルとの反応に寄与すると考えられる Cl^- 、 Br^- 、 HCO_3^- を取り入れたモデル海水を設定し、各イオンの有無が放射線分解生成物の発生量に与える影響を評価した。モデル海水における生成物の発生量は NaCl 水溶液のものとは異なり、 NaBr 水溶液のものとはほぼ一致するという結果が得られた。

【ご本人感想】

始めて日の浅い研究ではありますが、現在私が取り組んでいる内容を各部会の方に知ってもらうため、また燃料や材料の分野からのご意見をいただき今後の方針に役立てさせてもらうために今回のポスターを出させていただきました。賞をいただけたことは大変光栄に感じておりますが、それ以上にたくさんの方に関心を持っていただけたことをうれしく思っております。今後の研究の励みとなりました。



核燃料部会内規

平成 24 年 3 月 29 日 核燃料部会員メール審議制定

(目的)

第 1 条 本内規は「核燃料部会規約」第 1 条および第 3 条に基づき、核燃料部会（以下「本部会」と称す）の運営について定める。

(部会長の職務)

第 2 条 部会長は、本部会を運営する運営小委員会の委員長として、運営小委員会を統括する。
2 部会長は、日本原子力学会代議員の任に当たるものとする。

(副部会長の職務)

第 3 条 副部会長は、部会長を補佐して、部会長がその職務に当たることが出来ない場合には、部会長の職務の代行をする。
2 副部会長は、運営小委員会の副委員長として委員長を補佐する。
3 副部会長は、日本原子力学会代議員の任に当たるものとする。
4 副部会長は、部会等運営委員会の委員の任に当たるものとする。

(部会長等の選任)

第 4 条 部会長および副部会長を選任する際には、その出身母体が大学法人、国の機関および産業界から偏ることなく構成されるよう配慮する。
2 部会長および副部会長は、本部会員の互選により選出し、部会全体会議の承認を得る。
3 部会長、副部会長および幹事の任期は 1 年とする。ただし、再任を妨げない。
4 運営委員は、本部会員の中から委員長がこれを指名して、部会全体会議の承認を得て決定する。

(運営小委員会の業務担当)

第 5 条 広報（部会報を含む）、庶務（財務を含む）、国内企画（横断活動、「春の年会」・「秋の大会」企画）、核燃料セミナー、国際活動、部会賞選考の業務をそれぞれ担当する幹事を運営小委員会にて選出し、運営小委員会の承認を得た後、部会全体会議に報告する。

(広報幹事の任務等)

第 6 条 広報幹事は、本部会の活動、研究等に関する情報を適宜発信する。
2 広報幹事は、本部会のホームページを作成し、管理する。
3 広報幹事は、本部会報を年 2 回発行する。

(庶務幹事の任務等)

第7条 庶務幹事は、運営小委員会の事務を担当し、運営小委員会の開催、部会全体会議の開催等その他必要な事項全般を担当する。また、本部会の予算の策定および管理並びに決算を行い、その結果を部会全体会議に報告する。

(国内企画幹事の任務等)

第8条 国内企画幹事は、核燃料に関わる事業のうち国内事業を企画し、組織する。

- 2 国内企画幹事は、事業の運営について、必要に応じて他部会等とも連携する。
- 3 本部会が国内で開催主催または共催する国際会議について、これを担当する国際活動幹事に協力する。

(核燃料セミナー幹事の任務)

第9条 核燃料セミナー幹事は、原則年1回、核燃料セミナーを企画し、組織する。

- 2 核燃料セミナー幹事は、他部会等と共催する場合等は、必要に応じて関係幹事と連携する。

(国際活動幹事の任務)

第10条 国際活動幹事は、核燃料に関わる国外の学協会等の諸機関との交流促進に係る事業を企画し、組織する。

- 2 国際活動幹事は、国際会議等、国外諸機関と主催または共催する国際会議等、関連する事業を企画して、組織する。
- 3 国際活動幹事は、本条2項に示す国際会議等の運営について、必要に応じて、他部会等とも連携する。
- 4 本部会が国内で主催または共催する国際会議については、国際活動幹事が担当の主体となり、必要に応じて関連幹事の協力を得る。

(核燃料企画小委員会の設置)

第11条 国内企画、核燃料セミナーおよび国際活動のそれぞれの活動を潤滑に行うために、核燃料企画小委員会を設置する。

- 2 核燃料企画小委員会の委員長は、運営小委員会の副委員長が担当する。
- 3 核燃料企画小委員会は、核燃料企画小委員会委員長が国内企画幹事、核燃料セミナー幹事、あるいは国際活動幹事の下承を得て召集する。
- 4 核燃料企画小委員会は、上記幹事が担当する業務のうち、必要な事項について議論、検討し、企画のまとめ、組織の構築に関して幹事を補佐する。
- 5 核燃料企画小委員会の委員は、本部会員の中から核燃料企画小委員会委員長がこれを指名して、運営小委員会の承認を得て決定する。
- 6 核燃料企画小委員会の活動は、運営小委員会に都度報告する。

(核燃料部会部会賞)

第12条 原子力平和利用を目的とした核燃料工学に関する学術および技術を顕彰することを目的

として、核燃料部会部会賞を授与する。

2 核燃料部会部会賞の表彰については「核燃料部会賞表彰内規」に別途定める。

(改定)

第 13 条 本内規の改定は、運営小委員会の発議に基づき、部会全体会議で審議し、部会等運営委員会および理事会に報告する。

附則

1 この内規は平成 00 年 00 月 00 日から施行する。

2 改定履歴

- ①平成 21 年 12 月 9 日 核燃料部会運営委員会決定
- ②平成 22 年 9 月 15 日 第 35 回核燃料部会総会承認
- ③平成 24 年 3 月 29 日 学会管理の内規に変更



核燃料部会部会賞表彰内規

平成 24 年 3 月 29 日 核燃料部会員メール審議制定

(目的)

第 1 条 本内規は「核燃料部会規約」第 1 条、第 3 条ならびに「部会・連絡会・支部表彰制度規程」第 1 条および「核燃料部会内規」第 12 条に基づき、核燃料部会部会賞（以下「部会賞」と称す）の表彰について定めるものである。

(趣旨)

第 2 条 部会賞は、原子力平和利用を目的とした核燃料工学に関する学術および技術を顕彰することを目的とする。ただし、相応しい成果や貢献がない場合は、部会賞は授与しないものとする。

(表彰の種類, 対象)

第 3 条 部会賞は、毎年 1 回、原子力平和利用を目的とした核燃料工学に関する学術および技術上の優秀な成果ならびに優れた貢献をなした者に対して授与する。

- 2 部会賞の種類は別に定める。
- 3 部会賞受賞者は、原則として核燃料部会員とする。

(選考方法)

- 第 4 条 受賞者の選考は、運営小委員会が行う。
- 2 運営小委員会は、この選考を円滑に行うため、部会賞選考小委員会を設置する。
 - 3 部会賞選考小委員会について必要な事項は、別に定める。

(表彰時期)

第 5 条 受賞者には、本賞を「春の年会」または「秋の大会」において贈呈する。

(選考結果報告)

第 6 条 表彰決定後、選考過程および選考結果を理事会へ報告する。

(改定)

第 7 条 本内規の改定は、運営小委員会の発議に基づき、部会全体会議で審議し、部会等運営委員会および理事会に報告するものとする。

附則

- 1 この内規は平成 24 年 4 月 1 日から施行する。
- 2 改定履歴

核燃料部会部会賞実施要領

1. はじめに

本要領は、核燃料部会部会賞（以下、部会賞という）の贈呈にあたり、核燃料部会部会賞表彰内規（以下、内規という）の詳細を定めたものである。

2. 賞の種類

- 1) 部会賞の種類は、当面の間、核燃料部会奨励賞（以下、奨励賞という）とし、必要に応じて適宜改訂する。
- 2) 内規第 3 条に基づき、原則として毎年 1 回授与する。ただし、相応しい成果や貢献がない場合は、部会賞は授与しないものとする。

3. 奨励賞

- 1) 奨励賞は、推薦期限を起点とする過去 3 年間に公表された原子力平和利用を目的とした核燃料工学に関する学術および技術上の優秀な成果を対象とし、これをなした核燃料部会員に授与する。
- 2) 奨励賞は、将来の活躍が期待される若手研究者（原則、当該年度の 4 月 1 日現在において 42 歳以下とする）により核燃料工学に関する国際会議や学術誌、技術誌で発表された独創的で優れた成果を対象とする。

4. 本賞と副賞

部会賞の受賞者には、本賞のみを贈呈する。

5. 部会賞選考委員会

- 1) 内規第 4 条 2 項の規定に基づき、運営小委員会のもとに部会賞選考小委員会（以下、選考小委員会という）を置く。
- 2) 選考小委員会は、部会賞受賞候補者を選考し、運営小委員会に提案することを任務とする。
- 3) 選考小委員会は、選考小委員会委員長（以下、委員長という）、副委員長、委員および幹事をもって組織する。委員は、核燃料部会の運営小委員より選任する。ただし、受賞候補者及び推薦者は委員になることはできない。
- 4) 委員長は副部長に、副委員長、委員及び幹事は運営委員の中から選任し、部長が委嘱する。なお、必要に応じ学識経験者を委員に追加することができる。
- 5) 委員長は必要に応じて委員会を開催して会務を総括し、幹事は委員長を補佐して会務

を整理する。委員長に事故ある時は、副委員長がその職務を代理する。

6. 募集方法

- 1) 選考小委員会は、「学会誌」、核燃料部会ホームページ、核燃料部会電子メールにより公告して、部会員に周知するとともに、核燃料部会員に受賞候補者の推薦を求める。
- 2) 部会長は、受賞候補者を推薦することができる。

7. 推薦方法

核燃料部会員は、受賞候補者を推薦する場合、対象とする成果若しくは貢献の内容、推薦理由等を記載した推薦者 1 通にその写し 5 部および論文別刷りなどの参考資料各 5 部を添えて委員会幹事へ送付する。

8. 選考方法

- 1) 選考小委員会は推薦のあった部会賞応募者について選考を行う。なお、学識経験者を選考者に追加することができる。
- 2) 選考小委員会は、選考結果を踏まえて評価書を作成し、運営小委員会に提出する。
- 3) 運営小委員会は、選考小委員会の報告を審議して、受賞者を決定する。

9. その他

この要領に定めるもののほか、選考小委員会の運営に関し必要な事項は、選考小委員会の定めるところによる。

VI. 編集後記

核燃料部会報第48-1号(夏版)を会員の皆様にお届け致します。

執筆者の方々には、投稿に際し快くお引き受けくださり、興味深い記事を御紹介頂きましたことに対し、この場を借り厚く御礼申し上げます。

さて、前号(2012.5)の発行から約半年が経過しようとしていますが、この間、2つの大きな出来事がありました。1つは政府及び国会の東京電力福島原子力発電所の事故調査報告書が出されたこと(2012.7)、もう1つは、新たな原子力規制委員会が発足したこと(2012.9)です。

私は、新たに発足した原子力規制委員会の元、福島事故の調査報告書において抽出された教訓を自分なりに咀嚼し、世界最高水準の安全性を目指す組織の一員になりたいという気持ちを新たにしたところです。

最後になりましたが、編集事務局として今後も部会報の一層の充実に努めて参りますので、会員の皆様におかれましても変わらぬご協力をお願い申し上げます。

今後とも、この部会報が、会員あるいは関係者の皆様方にとって、有意義なものとして継続、発展していきますようお願いしております。

2012年度部会報担当：東京電力(株) 大山 勝義