

IAEA/TWGFPT 2010 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)

平成 22 年 7 月 21 日

TWGFPT 日本代表委員

(独) 原子力安全基盤機構 (JNES)

上村勝一郎

kamimura-katsuichiro@jnes.go.jp

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 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 は毎年総会が開催されてきたが、昨年は本 WG の改組のため休会された。より効果的な活動ができるようにと参加国を原子力発電を実際にやっている 25 カ国に絞り、参加者は実働しうる者との条件をつけ構成メンバーも約半数入れ替わった。今回は新組織の第 1 回会合ということで、今後の本会議の運営方法についての討議が行われた。また、例年の TWGFPT 関連の各種活動の進捗状況の報告、今後の計画の検討を行ったが、国別の原子力状況報告はなかった。

2. 会議の概要

開催期間：2010 年 4 月 27 日(火)～29 日(木)

開催場所：オーストリア ウィーン IAEA 本部

参加者：IAEA (V. Inosemtsev, G. Dyck, H. Forsstroem, U. Basak, A. Zeman, N. Tricot, V. Onufriev)、EU/ITU (P. Van Uiffelen)、OECD/NEA (N. Gulliford)、アルゼンチン (L. A. Alvarez)、ベルギー (H. Druenne)、ブラジル (J. L. Chapot)、ブルガリア (M. A. Manolova)、カナダ (L. W. Dickson)、中国 (C. Liu)、フィンランド (R. Terasvirta)、フランス (P. Blanpain)、ドイツ (L. Heins)、ハンガリー (I. Nemes)、日本 (K. Kamimura)、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 (V. M. Troyanov)、スロバキア (V. Chrapciak)、スペイン (J. M. Alonso Pacheco)、ウクライナ (O. Godun)、イギリス (D. Farrant)、以上 20 カ国 3 国際機関の 28 名

3. 会議での報告・討議の要点

- ・ 今後の本 WG の活動・運営の基本方針について討議し、総会では全参加国からの country report の報告を一定のフォーマットで事前に作成・提出することにより合理化し、4 件ほどの重点トピックスについての討議に重点を置くこととした。
- ・ 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。
- ・ 原子力エネルギーシリーズの最高順位の一つである文書“核燃料サイクルの目的：原子力エネルギー基本理念達成”の原案について討議し、8 項目の基本原則を決めた。
- ・ 2010 年～2011 年 活動計画及び 2012 年～2013 年のニーズに関する討議を行い、2010 年に 2 件の専門家会議を、2011 年に 2～4 件の専門家会議を開くことを決めた。
- ・ 「LOCA 及び RIA 条件下における燃料ふるまいとモデリング」専門家会議は、JAEA がホストとなって日本（東海）で開くが、2011 年 5 月又は 2012 年 5 月のどちらに開くか IAEA 事務局で確認・調整の上決定することとなった。
- ・ 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。
5%濃縮度限度、高燃焼度の経済性と運転経験、HTR 燃料、トリウム燃料、GenIV 材料開発の必要性(炉内試験と計装を含む)(超臨界水炉と高速炉を対象)、 PHWR 燃料許認可

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. H. Forsstroem 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。
- ・ Forsstroem 氏は 5 年間部長を勤められたが、5 月に退職される予定である。また、Dyck 氏はカナダの AECL の出身で、昨年 9 月に Ganguly 氏の後任として着任した。
- ・ 今回の会合から参加国が少し入れ代わったとともに構成メンバーが約半数代わったこともあり、自己紹介は少し時間をかけて行った。
- ・ 議長には、これまでのノルウェーハルデンプロジェクトの Ms. M. Mcgraph に代わって、英国 NNL の Mr. D. Farrant が選出された。

(2) 新メンバーによる各国の状況紹介

①ハンガリー (Mr. I. Nemes : Paks 原子力発電所)

- ・ 現在 1 サイト 4 基の WWER-440
- ・ 108%の出力アップを実施
- ・ 原子力は全電力の 43%
- ・ 荷働率は約 90%
- ・ 乾式貯蔵施設に 4000 体貯蔵中、空きは 1000 体分
- ・ 燃焼度制限値を集合平均で 49 から 54GWd/t に上げた。

- ・ 2003年に燃料洗浄装置で30体の集合体をLOCA破損させる事故を起こしたが、今は処理を終了している。
- ・ 新規発電炉としてPWR1600を考え、2020年にPaks 5、2025年にPaks 6を運開する計画

②ブルガリア (Ms. M. Manolova : INRNE)

- ・ Kozlody 1~4 NPP (WWER-440) で1994~2006年に多くの燃料破損を経験した。
- ・ 主原因は水化学、グリッドフレッキング、製造欠陥である。

③中国 (Mr. Ch. Liu : CNS)

- ・ 11基運転中、20基建設中(主にPWR)、29基計画中
- ・ 高速実験炉CEFR用にMOX燃料を開発、被覆管はCr-Ni鋼
500kg/年の製造能力あり。
- ・ CJNF : AFA3GタイプのPWR燃料600tU/年の製造能力、被覆管はM5。
WWER-1000タイプ燃料200tU/年の製造能力、被覆管はE110。
- ・ CNNF : CANDUタイプの燃料200tU/年の製造能力、被覆管はZry-4。
- ・ 使用済燃料は11基から370t/年発生。
- ・ パイロットタイプの再処理施設(50t/年)がホット試験中。
商業再処理施設(800t/年)を2025年運開予定で計画中。
- ・ 燃料のR & D
 - ・ NシリーズのZry被覆管を開発中
 - ・ 回収ウランを2010年3月にQinshan IIIに装荷した。
 - ・ Th燃料、HTR燃料の開発も行っている。翻訳
- ・ 原子力発電は2020年に70~80GWに達する予定。

(3) IAEA 活動状況の報告(その1) (Mr. V. Inosemtsev : IAEA)

①DHC-2(2005年~2009年)

- ・ 遅れ水素破損に関する共同研究プログラムが終了し、TECDOCがまもなく発行される。
- ・ DHC-1は圧力管を対象としたがDHC-2では被覆管を対象としている。
- ・ 同一母材サンプルを参加各機関に配布し、先進的なピンローディング手法でDHC速度と温度との相関実験を行い、比較検討した。
- ・ その成果は以下のように発表している。

ASTM Zr シンポジウム in 中国 : 2010年5月17日

WRFPM2008 : Nuclear Energy and Technology, Vol 41, No.2, 2009

ASTM Zr シンポジウム 2007 : ASTM Zr International, Vol 5, No.2, 2008

②FUWAC

- ・ 水化学に関する共同研究プログラムの最終会議が2009年12月にフィンランドで開かれ、終了した。
- ・ 2010年2月ウィーンでコンサルタント会議を開き、報告書取りまとめの協議を行った。
- ・ 現在、最終報告書を編集中である。

③SMoRE(2008年~2012年)

- ・ 照射効果の加速器シミュレーションと理論モデルに関する共同研究プログラムが進行中。
- ・ 照射欠陥の物理的理解を目的としたもので、現在 15 カ国、19 機関が参加している。
- ・ 2010 年 6 月に第 2 回会議を開いて中間結果の討議をする予定。

④「先進的燃料ペレット材料と燃料棒設計」に関する専門家会議

- ・ 2009 年 11 月 23 日～26 日にスイスの PSI で開催された。
- ・ 5%EU のリミットを越えることに焦点をあてた専門家会議の必要性が指摘された。

⑤Zr-book

- ・ 7 名の専門家が分担して執筆した Zr 材料のレビューブック
- ・ ほとんどの章はでき上がっているが、IAEA 事務局の担当分ができておらず、発行が遅れに遅れている。
- ・ 当 WG としては、IAEA に対して早期に完成させるよう要請することにした。

⑥INFIS DB(Integrated Nuclear Fuel Cycle Information System Data Base)

- ・ 燃料サイクル分野の IAEA におけるデータベースシステムの紹介があった。
- ・ HOTLAB と称する PIE 施設のデータベースの up date が進行中であるが、出張者は日本の施設に関する各機関のコンタクトパースンの連絡先について調査依頼を受けた。

(4) IAEA 活動状況の報告(その 2) (Mr. P. Uffelen : ITU)

①FUMEX-III (燃料挙動のモデリングに関する共同研究プログラム)

- ・ 代表的な照射データを与え、各機関の持っている挙動解析コードを用いてベンチマーク計算を行い比較検討し、モデル、コード改良に反映することを目的としている。
- ・ FUMEX- II では被覆管の歪計算に参加機関間で大きなバラツキがあった。
- ・ 現在参加機関は 21。(日本からは JAEA、NFI、JNES が参加)
- ・ 第 2 回会議を 2010 年 6 月 1 日～4 日 イタリアのピサで開催予定。

(5) IAEA 活動状況の報告(その 3) (Mr. L. Alvarez : アルゼンチン CNEA)

①PHWR と CANDU 燃料に関する専門家会議

- ・ 2009 年 11 月 9 日～12 日アルゼンチンのブエノスアイレスで開催
- ・ 参加者 53 名、23 件の発表
- ・ PHWR/CANDU 燃料の近年の使用実績は良好でたまたまに製造欠陥でわずかの破損があるのみ。
- ・ PHWR/CANDU の場合は、LWR と異なり燃料ベンダーは各国に 1 つずつであり競争がないこともあり、極めて協調的である。

(6) IAEA 燃料破損レビュー 1994 年～2006 年 (Mr. V. Onufriev : 元 IAEA)

①1994 年～2006 年の世界の水炉燃料破損データの統計的整理とその原因、メカニズム及び対策等に関するレビュー報告書

- ・ 2010 年初めに印刷原稿が完成し、IAEA の出版部門で印刷準備中である。出版は 6 月頃の予定。
- ・ 日本の燃料破損率は世界一低く、欧米より 1～2 桁小さいが、出席者より出張者に対しこ

の原因についての質問があった。

- ・ これに対して、出張者(レビュー本の執筆者の一人)の見解として主要破損原因の1つであるデブリフレティングについては、日本の炉ではプラント建設時のQCがよくデブリが少ないことが大きな原因と考えられる旨述べた。

(7) IAEA 原子力安全局の活動における原子力エネルギーシリーズの発行 (Mr. N. Tricot: IAEA)

①燃料安全に関連して以下のような図書が発行されている旨の紹介があった。

- ・ NR-R-1 Design requirement
- ・ NS-G-1, 12 Design guide
- ・ TECDOC-1381 WWER & PWR の燃料安全クライテリアの比較
- ・ TECDOC-1578 燃料挙動の計算機解析
- ・ GS-R Part 4 施設の安全解析

②2009年12月より高燃焼度燃料の安全要件に関する TECDOC 作成作業がスタートした。

(8) TWGFPT 運営の改善についての討議

①今後の本WGの活動・運営の基本方針について討議し、以下の点を確認した。

- ・ 本WGの総会は2年ごとに開くこととし、その間に1回ずつ中間会議を開くこととした。
- ・ 新たな総会は2011年から開くこととし、今回のWGはその準備のための中間会議と位置付けた。
- ・ 各総会では4件ほどの重点トピックについて討議することとし、そのトピックスの摘出及びそれぞれの取りまとめ担当はその前に中間会議で決めることとした。
- ・ 各参加者はcountry reportを一定のフォーマットで作成し、総会の2カ月前までにIAEA事務局へ送付する。
- ・ IAEA事務局は入手した情報を一覧表に整理し、総会の6週間前までに全WGメンバーに送付する。
- ・ 各トピックの取りまとめ担当は送られた情報から総会での発表用のPPTを作成し、2週間前までにIAEA事務局及び全WGメンバーへ送付する。

②討議の結果2011年総会のトピックスは次の4件とした。

- ・ 2006年～2010年の燃料破損のレビュー(V. Onufriev)
- ・ PHWR/CANDU 先進燃料サイクル(L. Dickson)
- ・ 高燃焼度化の課題(P. Blanpain)
- ・ 水化学(M. Mcgraph)

なお、議論の中で次の2点の意見があった。

- ・ 混合炉心問題(Mixed core problem):
同一炉心に異なるタイプの燃料を装荷して運転した場合に生じる問題は重要なテーマであるが、燃料ベンダーが情報を出すことに電力事業者の理解を得るのが難しいことから、本WG総会のトピックとして取り上げるのは難しい。別途共同研究プログラム等の形を考える必要がある。

- ・ MOX 燃料は、関心のある国が限定されるので、共通のトピックにするのは難しい。その他として次回総会では、以下の発表もしてもらおうこととした。
- ・ OECD/NEA の活動 (IFPE を含む) (J. Gulliford)
- ・ EC/JRC の R & D (P. V. Uffelen)
- ・ 燃料の品質と信頼性に関する NES の指針 (P. Rudling)

(9) 原子力エネルギーシリーズの最高順位の一つである文書“核燃料サイクルの目的：原子力エネルギー基本理念達成”に関する討議

- ・ IAEA 原子力エネルギー局では発行文書の体系化とその体系にそった文書の作成発行を進めている。
- ・ 文書体系：①Basic Principles ②Objectives ③Guides ④Reports
- ・ 今回は IAEA 事務局より燃料工学と性能に関する基本文書②Objectives の原案が提示されたが、この内容・文章について検討を行い、本 WG としては、次の 8 項目の基本原則を是とした。

基本原則 1：利益

信頼できかつ経済的な原子力エネルギー達成のため効率的な燃料材を開発し、設計及び製造技術を実現する。

基本原則 2：透明性

燃料材及び構造材の特性並びにそれらの照射下でのふるまいに関する十分な情報を提供する。

基本原則 3：人と環境の保護

燃料製造、取扱い及び運転のすべての段階における人と環境の保護のための設計と技術の提供を確実なものとする。

基本原則 4：防護

燃料製造、取扱い及び運転のすべての段階における安全と防護を確実なものとする。

基本原則 5：核不拡散

核不拡散の特性を強め、IAEA 保障措置を実現する燃料設計と製造技術の開発と実施。

基本原則 6：長期

持続的な原子力の利用を可能とし、並びに異なる照射環境下で成分、構造及び物性間の関係を理解できるようにするため、適切な燃料の選択及び適切な R & D 環境の利用可能性を確実なものにする。

基本原則 7：資源の有効利用

核分裂及び増殖物質の有効利用のために新燃料、設計及び製造技術を開発する。

基本原則 8：継続的改良

燃料の効率性及び信頼性を継続的に改良することを意図した管理及び品質システムを開発する。

(10) 2010年～2011年 活動計画及び2012年～2013年のニーズに関する討議

①2010年 専門家会議

- ・ 2010年12月の第1週にアルゼンチンで「燃料の品質管理と信頼性」に関するTMを開く。
- ・ 2010年11月にウクライナで「水化学と被覆管腐食(燃料破損を含む)」に関するTMを開く。

②2011年 専門家会議

- ・ 2011年5月23日～27日にスロバキアのスモレニスで「ホットセルPIEとプールサイド検査」に関するTMを開く
- ・ 2011年6月にロシアのモスクワで「高速炉燃料の設計、製造及び照射挙動」に関するTMを開く。

次の2件のTMについては、2011年又は2012年のどちらに開くかIAEA事務局で確認・調整の上決定する。

- ・ 「LOCA及びRIA条件下における燃料ふるまいとモデリング」2011年5月又は2012年5月、日本(東海)
- ・ 「PHWRの通常運転時及び事故時の燃料健全性」2011年又は2012年6月、ルーマニア(ブカレスト)

③2012年～2013年 新提案の専門家会議

- ・ 5%濃縮度限度(NP、NSと共催)
- ・ 高燃焼度の経済性と運転経験
- ・ HTR燃料(B4と共催)
- ・ トリウム燃料(B4と共催)
- ・ GenIV材料開発の必要性(炉内試験と計装を含む)
(超臨界水炉と高速炉を対象) ノルウェー(ハルデン)
- ・ PHWR燃料許認可(NSと共催)

5. 次回予定

次回2011年総会は、4月27日(水)～29日(金) IAEA本部で開催することとした。

以 上