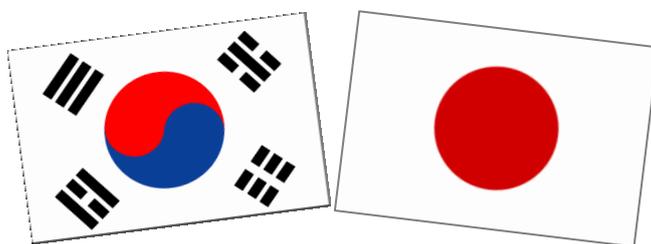


第33回日韓原子力産業セミナー 概要報告



2015年12月

一般社団法人 日本原子力産業協会



JAPAN ATOMIC INDUSTRIAL FORUM, INC

主催者

日本側 (一社)日本原子力産業協会

韓国側 韓国原子力産業会議

表紙写真：第33回日韓原子力産業セミナー風景

目次

1.	参加者名簿	2
2.	訪問日程	3
3.	会場・訪問先	4
4.	セミナー プログラム	5
5.	セミナー概要	6
5-1	開会セッション	7
5-2	セッション1 原子力発電所の運転と保守管理	13
5-3	セッション2 原子力発電所の廃炉と放射性廃棄物管理	22
5-4	セッション3 原子力発電所のリスク管理と安全性向上対策	31
5-5	閉会セッション	38
6.	テクニカルツアー	39
6-1	韓国原子力環境公団（KORAD）中低レベル放射性廃棄物処分場	39
6-2	新古里原子力発電所	41
6-3	斗山重工業（株）	44
7.	主な参加者所感	46
8.	参考資料 日韓原子力産業セミナー開催一覧	49

1. 参加者名簿

(敬称略)

団長	
高橋 明男	(一社) 日本原子力産業協会 理事長
発表者	
竹内 純子	NPO 法人国際環境経済研究所 理事・主席研究員 21世紀政策研究所 研究副主幹
竹本 尚史	東京電力(株) 福島第一廃炉推進カンパニー プロジェクト計画部 プロジェクト計画グループ 総括調査チームリーダー
笛吹 博巳	日本原子力発電(株) 敦賀発電所 技術センター長
片野 好章	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 バックエンド研究開発部門 原子炉廃止措置研究開発センター 技術開発部 技術調査課 課長代理
山田 基幸	原子力発電環境整備機構 技術部 部長
宮田 哲好	(一社) 原子力安全推進協会 安全性向上部 安全総括グループ 部長
参加者 (企業名 50 音順)	
毛利 哲也	(株) アトックス ロボティクス エンジニアリング部 係長
浅野 真毅	(株) 東芝 電力システム社 原子力福島・復旧サイクル技術部 プロジェクト第二担当 グループ長
西 優弥	(株) 東芝 礪子エンジニアリングセンター 原子力機械システム設計部 機械システム設計第四担当・主務
坂爪 貴彦	(株) 日本製鋼所 鉄鋼事業部 素形材営業部 第二グループ
持田 貴顕	日立 GE ニュークリア・エナジー (株) 原子力海外技術部 主任技師
白柳 春信	丸紅ユティリティ・サービス (株) シニアアドバイザー
阿部 真千子	(株) 三菱総合研究所 原子力安全研究本部 主席研究員
事務局	
小野瀬 祐子	(一社) 日本原子力産業協会 国際部 総括リーダー
リユー ダニエル	(一社) 日本原子力産業協会 国際部 主任
計 16 名	

2. 訪問日程

10月26日(月)

18:30- 日本(各地)→ソウル
現地団員会合 (ザ・パレスホテル ソウル)

【ソウル 泊】

10月27日(火)

09:00-17:35 日韓原子力産業セミナー (ザ・パレスホテル ソウル)
17:50-19:30 日韓合同レセプション (場所：同上)

【ソウル 泊】

10月28日(水)

08:00 ホテル出発
15:00-17:00 韓国原子力環境公団 (KORAD) 中低レベル放射性廃棄物処分場 訪問 (慶州)
夕刻 自由時間

【慶州 泊】

10月29日(木)

08:30 ホテル出発
14:00-17:00 新古里原子力発電所 訪問 (釜山)
夕刻 自由時間

【釜山 泊】

10月30日(金)

08:00 ホテル出発
09:30-12:00 斗山重工業 (株) 訪問 (昌原)
12:00-13:00 昼食会 (解団)
14:00- 解散、帰国

◎フライト

10/26 JL5235/KE2708 羽田 12:25 → 金浦 15:00

10/30 JL5160/KE713 釜山 16:20 → 成田 18:30

3. 会場・訪問先

◎セミナー会場

The Palace Hotel Seoul 「ザ・パレスホテル ソウル」

Add : 160 Sapyeong-daero, Seocho-go, Korea (Banpo-dong), 137-804

Tel: +82-2-532-5000 Fax: +82-2-532-0399

HP: <http://www.thepalaceseoul.co.kr/jpn/>

◎テクニカルツアー

10/28

韓国原子力環境公団 (KORAD) 中低レベル放射性廃棄物処分場

Add: 1138 Donghaean-ro, Yangbuk-myeon, Gyeongju-si, Gyeongsangbuk-do, Korea 780-893

Tel: +82-54-778-7042

10/29

新古里原子力発電所

Add: 96-1 Gilcheon-gil, Jangan-eup, Gijang-gun, Busan, Korea 46036

Tel: +82-51-726-2955

10/30

斗山重工業 (株)

Add: 22 Doosan Volvo-ro, Seongsan-gu, Changwon, Kyongsangnam-do, Korea 51711

Tel: +82-55-278-6114

◎宿泊ホテル :

10/26—10/27

【ソウル】 The Palace Hotel Seoul 「ザ・パレスホテル ソウル」 (セミナー会場と同じ)

10/28

【慶州】 Hanwha Resort Gyeongju 「慶州ハナリゾート」

Add: 30-3 Bukgun-Dong, Gyeongju-Si, Gyeongsangbuk-Do, Kyongju, Korea, 780-280

Tel: +82 2-729-5936

HP: https://www.hanwharesort.co.kr/irsweb/resort2/eng/scope/resort_02.html

10/29

【釜山】 Commodore Hotel Busan 「釜山コモドホテル」

Add: 743-80 Yeongju-dong, Jung-gu, Busan, Korea, 600-110

Tel: +82-51-466-9101 Fax: +82-51-461-9725

HP: <http://www.pusannavi.com/hotel/210/>

4. セミナー プログラム

時間	議題
09:00-09:30	受付
09:30-09:50	開会挨拶 (韓) 韓国原子力産業会議 (KAIF) ミン・ゲホン 常勤副会長 (日) 日本原子力産業協会 (JAIF) 高橋明男 理事長, 日本側代表団団長
09:50-10:30	基調講演 (韓) 韓国電力技術 (KEPCO E&C) パク・クウォン: 韓国の原子力の現状と将来展望 (日) 国際環境経済研究所 (IEEI)/21世紀政策研究所 竹内 純子: 日本のエネルギーの現状
10:30-10:50	休憩
10:50-12:30	セッション I: 原子力発電所の運転と保守管理 議長: (韓) リー・ソンギ 韓電原子燃料 / (日) 白柳 春信 丸紅ユティリティ・サービス 1. (韓) 韓国水力・原子力 (KHNP) チャン・ユンシク: 韓国における原子力発電所の長期運転戦略 2. (日) 東京電力 (TEPCO) 竹本 尚史: 福島第一原子力発電所の廃炉状況について 3. (韓) 韓電 KPS ド・ウィスン: 韓国における原子炉容器上部貫通部クラッキングとその補修 4. (日) 日本原子力発電 (JAPC) 笛吹 博巳: JAPC における設備診断技術の採用状況 (敦賀発電所における状態監視活動) 5. (韓) 韓電原子燃料 キム・ジェイク: 韓国における新燃料技術開発と原子炉性能の現状
12:30-14:00	昼食会
14:00-15:40	セッション II: 原子力発電所の廃炉と放射性廃棄物管理 議長: (韓) リ・ジェオク 韓国原子力環境公団 / (日) 持田 貴顕 日立 GE ニュークリア・エナジー 1. (韓) 韓国原子力研究院(KAERI) チェ・ウオング: 韓国における原子炉廃止措置の現状と見通し 2. (日) 日本原子力研究開発機構 (JAEA) 片野 好章: ふげん廃止措置プロジェクトの状況 3. (韓) 韓国原子力環境公団 (KORAD) リ・ジェオク: 韓国における放射性廃棄物管理政策と現状 4. (日) 原子力発電環境整備機構 (NUMO) 山田 基幸: 高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針の改定等について
15:40-16:00	休憩
16:00-17:15	セッション III: 原子力発電所のリスク管理と安全性向上対策 議長: (韓) ナ・ジャンファン 韓国水力・原子力中央研究所 / (日) 白柳 春信 丸紅ユティリティ・サービス 1. (韓) 韓国水力・原子力中央研究所 ナ・ジャンファン: KHNP におけるリスク管理と得られた知見 2. (日) 原子力安全推進協会 (JANSI) 宮田 哲好: JANSI における原子力安全性向上への取り組み 3. (韓) 韓国電力技術 キム・ミョンロ: 原子力発電所設計における PSA 知見の適用
17:15-17:35	閉会挨拶 (日) 日本原子力産業協会 (JAIF) 高橋明男 理事長 (韓) 韓国原子力産業会議 (KAIF) ミン・ゲホン 常勤副会長
17:50-19:30	日韓合同レセプション

5. セミナー概要

当協会と韓国原子力産業会議（KAIF）の共催により、「第 33 回日韓原子力産業セミナー」を、2015 年 10 月 27 日(火)～30 日(金)の日程で、韓国ソウルで開催した。日本側からは、高橋理事長を団長として、原産協会会員企業から計 16 名が、またホストである韓国側からは、KAIF のミン・ゲホン常勤副会長と韓国電力技術（KEPCO E&C）のパク・クウォン社長をはじめとする約 120 名がセミナーに参加した。

日韓セミナーは、当協会と韓国原子力産業会議との間の協力覚書に基づき、原子力開発・利用に関する情報・意見交換を行うことにより、日韓両国の原子力関連の産業レベルにおける協力を促進し、原子力関連産業の一層の発展を目的として、1979 年以来、KAIF との共催で日韓交互に開催している。

今回のセミナーにおいては、韓国側は韓国電力技術(KEPCO E&C) パク・クウォン社長より、「韓国の原子力の現状と将来展望」について、また、日本側からは、国際環境経済研究所(IEEI) 竹内純子理事・主席研究員より「日本のエネルギーの現状」と題して基調講演が行われた。テクニカルセッションでは、日韓両国におけるエネルギー・原子力政策、国民意識の変化等を踏まえつつ、3 セッションで各分野における両国からの発表と活発な議論が行われた。特に福島第一原子力発電所の状況に対する関心度が高く、午前の部においては、韓国側産業界関係者の多数の出席により会場がほぼ満員となった。

○開会挨拶

KAIF のミン・ゲホン常勤副会長と高橋理事長より、両国の原子力産業界がこのようなセミナーを通してお互いに Win-Win な関係を持続し醸成する大切さ、また、福島第一原子力発電所での引き続き困難な廃炉作業と汚染水対策についての取り組み・改善について発言され、日韓相互による協力継続の必要性について述べられた。

○基調講演

パク・クウォン社長からは、韓国の原子力産業の歴史、そして韓国が朝鮮戦争後から現在までの短期間にどのようにして原子力産業の育成を国策として実施してきたかについて分かりやすく説明された。日本においても原子力発電は国策民営で進められてきたが、韓国の方がよりシンプルに国の方針に基づき推進しており、産業界としての多様性は少ないが、そのシンプルさ故にこれだけのスピードで発展している。

一方、竹内純子理事・主席研究員からは、福島事故後の日本のエネルギー事情について、海外の方にも理解がしやすいロジックと端的なデータで説明された。また、CO₂ の排出量削減に係る国際社会における各国のせめぎ合いが重要であると述べた。

○テクニカルセッション

原子力発電所の運転と保守管理、原子力発電所の廃炉と放射性廃棄物管理、原子力発電所のリスク管理と安全性向上対策をテーマに、日韓の産業界を代表する発表とともに活発な質疑が行われた。

午前のセッション 1 では、韓国側より、原子力発電所の長期運転戦略や原子炉容器上部貫通部クラッキングとその補修について、また、新燃料技術開発と原子炉性能の現状などについて発表が行われ、日本側からは福島第一原子力発電所の廃炉状況と日本原電における設備診断技術の採用状況などについて紹介した。また、午後のセッション 2 では、ふげん廃止措置プロジェクトの状況および高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針の改定等について説明が行われた。韓国側からは、韓国における原子炉廃止措置の現状と見通し、また、放射性廃棄物管理政策と現状について発表があった。特に、日本側の原子炉施設の廃止措置に向けた取り組みとその動向については、近い将来に廃止措置への取り組みが始まる韓国側の関心が大変高く寄せられ、質問や意見が次々と出され、活発な意見交換が行われた。

最後のセッション 3 では、韓国側からは KHNP におけるリスク管理と得られた知見および原子力発電所設計における PSA 知見の適用などの発表が行われ、日本側からは JANSI における原子力安全性向上への取り組みについて紹介があった。

5-1 開会セッション

開会挨拶

◎ミン・ゲホン 韓国原子力産業会議（KAIF）常勤副会長



韓日両国間の原子力産業の協力と人的交流を通じて、原子力の平和利用を目的に1979年に始まったこのセミナーも、今年ですでに33回目の開催を迎えた。このセミナーが長年にわたり開催されるべく尽力いただいた日本側の原子力関係者に感謝を申し上げたい。

私は、原子力産業が数カ国のみで成果を出し、原子力発電所が効率的かつ安定的に運転されることだけでは、継続的に発展することはできないと考えている。今日のセミナーと同様なイベントを通じてお互いが Win-Win できる関係を頻繁に構築していくなかで、初めて強固な産業基盤ができ、発展すると考えている。特に、韓国より早く原子力開発が始まった日本の原子力産業は今後、韓国が直面するであろう様々な政策の変化や環境を既に経験し、蓄積してきていると考えている。そのような点で、日本の貴重な経験と情報を共有して韓国の原子力産業界が進むべき方向の一助とさせていただけることを心から期待する。

現在進められている原子力産業における重要な流れの一つは、世界各国が12月の気候変動枠組条約の締約国会議であるCOP21を控え、エネルギーの安定確保とクリーンエネルギーの割合拡大に向け拍車をかけるということである。ご存知のとおり、原子力は気候変動問題を解決することができる強力なエネルギー源の一つとして浮上しており、今後の役割が期待されている。

韓国もこのような原子力産業に対する期待に応えるべく、今年の月城1号機の運転期間延長の承認と新月城1,2号機の営業運転開始などで計24基の原子力発電所を安定的に運転しており、第7次電力需給基本計画では、2基の新規建設が確定した。現在韓国は、古里1号機の永久停止決定に伴い他の廃炉技術の確保と使用済燃料政策の最終決定と実施を通じて、核燃料サイクルの完結に力を結集していこうとしている。

原子力は経済的でクリーンなエネルギー源としての強みを持っているが、安全に対する信頼が確保されない場合、原子力産業の存立自体が危険に晒されかねないという教訓を私たちは、ここ数年で学んだ。日本も2011年の福島第一原子力発電所事故後、さらに強化された規制基準を設けて安全設備を補強するとともに、それら安全設備をきちんと使用できるよう、多くの努力を傾注したと伺った。これまでの努力が実り、最近再稼働した川内1,2号機を契機に、日本の原子力産業が新たな転機を迎えることを期待している。



今回のセミナーを通じて、韓日両国が激変する原子力の事業環境において健全に発展していくことができる解を見つける機会となることを願っている。また短い期間だが、原子力産業だけでなく、韓国について深く理解し、美しい韓国の情景を十分に味わっていただきたいと願っている。

最後に、今回のセミナーの開催に向けて尽力いただいた韓日双方の原子力産業の関係者の皆さんに御礼申し上げたい。

◎高橋 明男 日本原子力産業協会（JAIF）理事長，日本側代表団団長

このたび、日本側参加者の団長として、初めて訪韓し、第33回日韓原子力産業セミナーに参加させて頂くことを韓国側の原子力関係者に感謝を申し上げたい。私は、今年の6月末に日本原子力産業協会の理事長に就任する前は、東京電力の福島第二原子力発電所及び柏崎刈羽原子力発電所の所長をしていた。柏崎刈羽発電所の所長時代には、3.11の地震よりも大きな中越沖地震にあったが、その際、韓国の皆さんのご視察および大変な励ましをいただき、この場を借りて御礼申し上げる。



福島第一原子力発電所事故が発生してから早4年半が経過し、今なお多くの住民が避難生活をしているが、先月に福島第一原子力発電所から南へ約15kmにある「楢葉町」全体の避難指示が解除され、復興への着実な第一歩が印された。これを契機に解除が加速されるよう、原子力産業界をあげて協力していくこととしている。

また、福島第一原子力発電所において、政府・東京電力及び関係機関が一丸となって、ロードマップに従い、困難な廃炉作業に日々立ち向かっている。心配頂いている汚染水対策についても、大きな改善を図っている。韓国における日本の水産物の輸入制限を撤廃していただける様、こうした改善を、機会を得て丁寧にご説明してまいりたいと思っている。廃炉の状況については、我々は、事故の教訓や廃炉作業から得られる知見について、広く情報発信し、共有していくこととしている。

日本では、事故後新たに制定された厳しい新規規制基準を踏まえ、今年春には新たに5基の廃炉が決定された。これまで建設した57基の内、合計14基が廃炉となることから、廃炉の時代を迎えた。韓国でも、古里1号機の廃炉が計画されていると聞いており、こうした廃炉情報についても共有される事を期待したいと思う。

日本の電力各社は、厳しい新基準対応や自主的な安全性向上に懸命に取り組んでいる。約2年間にわたりすべて運転を停止していた日本の原子力発電所は、今年8月に九州電力の川内1号機が、また、つい先日の15日に同発電所2号機が再稼働した。日本政府はエネルギー基本計画の中で原子力をエネルギーの需要構造の安定化に寄与する「重要なベースロード電源」と位置づけ、今年7月には、2030年時点の電源構成の目標となるエネルギーミックスにおいて、原子力の比率を「20～22%」とする方針とした。この目標に向け、再稼働は勿論、寿命の延長といった課題に取り組んでいかなければならない。

世界では、人口の増加と経済発展により、増加を続けるエネルギー需要と深刻化する地球環境問題に対応するため、原子力発電開発は継続・拡大の方向にある。中でも、東アジア地域では、韓国や中国を筆頭に、計画が意欲的に進められており、今後も世界の原子力発電開発をリードしていくことになると思う。私ども日韓、そしてこの地域の原子力産業界が、今後とも情報交換・交流を密にして認識を共有し、安全性向上の取り組みを相互に学び合うなど、共通する諸課題の解決に向け、連携・協力を一層深めていくことが極めて重要であると考えます。

私ども原産協会はこれまで、韓国原産はもとより、中国、台湾の関係機関と協力覚書を結び、定期的に情報交換や施設訪問を行ってきた。そして、原子力開発における東アジア地域の重要性を踏まえ、一昨年より、日本・韓国・中国・台湾の原子力産業関連団体の参加による、「東アジア原子力フォーラム」を開催している。アジア地域の安定と持続的な発展のた

め、今後もぜひ皆さんの協力をお願いする。

最後に、今回のセミナーにおいても、韓国の皆さんそして日本側の発表を通じてお互いの知見や経験の共有を図り、両国の原子力発電の安全性の一層の向上と原子力技術の利用促進という共通の目標に向けて、皆さんにとって有意義な機会となるとともに、韓国と日本の絆がさらに深まることを祈念する。

基調講演

◎【韓国側発表】「韓国の原子力の現状と将来展望」

パク・クウォン 韓国電力技術 (KEPCO E&C) 社長

原子力産業は、自由競争市場メカニズムにより国家のリーダーが中心となって長期的な戦略のもとに発展してきた。その先駆者的役割を果たしたのが、日本では中曽根康弘元首相であり、韓国においては李承晩元大統領とウォーカーシスラー (Walker Lee Cisler, 1987~1994) という人物の出会いが決定的なきっかけとなった。韓国は国際社会の援助を受けて研究用原子炉を導入し、1960年代初めから意欲的に原子力発電所建設計画を策定することになった。当時の経済力では大変困難な計画だったが、国家予算の25%レベルに対応する莫大な資金である事業費は1,560億ウォンに上り、大韓民国5000年の歴史の中でも最も大規模な事業だった。1978年4月29日から商業運転に入ったのがまさに韓国最初の原子力発電所・古里1号機であり、日本より3年遅れ、世界では21番目に商用原子力発電の国となった。



韓国の原子力技術の自立政策の推進過程で大変参考になる3つの言葉がある。「単一集中的育成」、「役割分担システム」、そして「標準化」である。まず、「単一集中育成」は韓国内の限られた高級技術者と莫大な研究開発資金を効率的に活用して最大の効果を得るために、政府主導で、特定の機関にすべてのリソースを集中し電力技術の独自能力を備えていくという戦略である。

韓国は、1995年に原子力発電所の設計技術を確保することになり、同一型の標準的な10基の原子炉を建設することによって、原子力発電技術の先進国へと跳躍するようになった。また、1998年には、蔚珍3、4号機建設により、韓国の標準型原子炉を構築することになり、その継続的な建設を通じ、十分に確保された設計、建設、運営能力に基づいて世界市場進出に挑戦するようになった。そして、次世代型原子炉を開発するようになり、1400MW級加圧水型原子炉は、商標名



をAPR1400と呼んでいる。APR1400は、現在韓国で6基建設中で、2009年にUAE市場に進出した炉型でもある。また、原発技術の継続的な高度化を通じてAPR+という1500MW級の次世代大型原子炉の設計技術を確保した。世界市場でも容量が最も大きく、炉心熔融事故を完全に防ぐことができるように設計された安全な原子炉である。韓国が海外に依存していたいくつかの重要な技術も100%確保され、安全性が大幅に補強された。今後は、APR+を新規原子力発電所に適用し、2028年と2029年にそれぞれ1基ずつ運

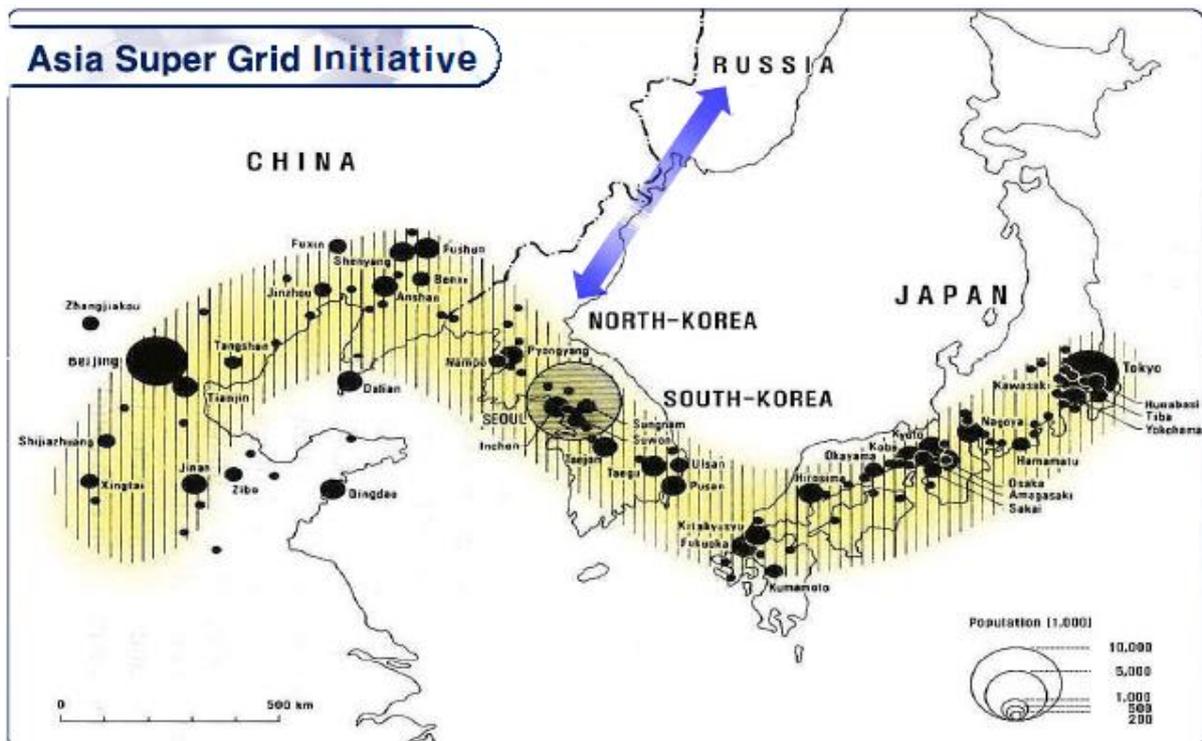
転に入る予定だ。

1980年代から1990年代までの韓国は、世界でも最も活発に原子力技術を開発して高度化させてきた。しかし、1980年代末頃から民主主義が成熟すると、先進国レベルで環境保護に対する国民の認識と市民社会の運動が活発になり始めた。科学的合理性ではなく、政治的論理に原発政策が影響を受ける現象が、最近深刻化している。1990年代後半からは、韓国経済の高度化と共に電力需要が低成長局面に転換されたことにより、大規模な原発の継続的建設の必要性についての経済、社会的な議論が活発になった。これらの課題は、環境問題、特に温室効果ガスの削減問題など、グローバル水準の環境問題と結合しながら重要課題として浮上した。

韓国は新気候変動枠組み条約システム（POST-2020）に備えて、2030年までに温室効果ガスを排出予測値（BAU）の8億5千1万トン比37%削減するという非常に意欲的な目標を設定した。韓国の国際的な責任と、これまで積み重ねてきた気候変動対応リーダーシップなどを考慮して、エネルギー新産業と製造業の技術革新の機会にしなければならないという次元で、当初25.7%の削減シナリオより11.3%上方修正した。韓国は、温室効果ガスの累積排出量16位、1人当たりの排出量OECD6位を占めており、もはやグローバルな環境問題に消極的な対応をすることができない状況もある。

2015年7月に策定された中長期電力需給基本計画によれば、韓国は2029年までに総供給設備容量136.6Gwと予備率22%確保を目標としている。原子力の割合は23.7%、再生可能エネルギーの割合は20%レベルを目標としているが、原子力設備の割合は、2035年までに29%まで拡大する計画である。今回の計画では、石炭火力設備の割合を最小限に抑えることと、これに代わって、二酸化炭素を排出しない原子力の割合を拡大していく計画であり、結論として韓国は、原子力と再生可能エネルギーの適切なシェアを通じた中長期の電力需給政策を推進している。

福島事故は、韓国にも大きな衝撃をもたらした。原子力発電の安全と信頼を高め、原子力産業の持続可能性のためにも、韓国、日本、中国はアジアで一番躍動的なエネルギーベルトでもある。このことから、原子力協力体系の構築について提案する。韓国は分断国家であり、北とは経済と産業が接続されていない。また、日本は国土が島で成り立っているために周辺国と電力の通流が全く行われていない。ヨーロッパでの統合電力網構想などのように、韓国と日本でも電力の通流が行われ、そして中国、ひいてはロシアまでを結ぶようなユーラシア Super Grid 協力を期待したい。



◎【日本側発表】「日本のエネルギーの現状」

竹内 純子 国際環境経済研究所 理事・主席研究員
21世紀政策研究所 研究副主幹

エネルギー政策の基本は3E+Sであり、エネルギー安定供給・安全保障、経済性、環境性とそのすべてにかかる安全性の確保を目指すものである。人間の行動には認知バイアスという概念があり、直近で起こったリスクを過大に評価してしまう。原子力は唯一 3E を達成しうる電源と言われてきており、自給率の向上に寄与し、安価な電力供給が可能である。したがって、総じて原子力技術を導入している国は安価な電力を手に入れることができ、非導入国とは顕著な差が見られる。

環境性に関する各電源の特徴や

コストについてのある試算によれば、原子力は、ライフサイクルにおけるCO₂排出量が化石燃料と比べて一桁少ない。日本の発電電力量と電源構成の変化状況を見ると、2011年以降は原子力の割合が減っているが、それで驚くような変化が起きているわけではない。再生可能エネルギーについて、どんなコストをかけても拡大するというような政策目標を立て非常な勢いがあるものの、水力を入れると10%弱にはなるが、いわゆる太陽光と風力が賄う電力はわずか

2.2%である。現状では化石燃料輸入への依存度が劇的に増加し、電源の9割を依存している。これは、1970年代のオイルショック時よりも悪い状況であり、日本経済を圧迫している。また、GDPに対する化石燃料使用コストが非常に膨らみ、貿易赤字にも繋がっている。2014年、日本は貿易収支約14兆円の赤字であったと言われているが、化石燃料、資源輸入に使うコストが大きな影響を与えていることは間違いなく、家庭用電気代、産業用電気代は2010年を底としてそれぞれ約2割と約3割上昇している。環境、CO₂排出量という観点からも影響が確認されている。これまで日本が1年間に排出するCO₂の量は、約13億トン程度だった。震災時に経験した計画停電のショックや電気料金の上昇も相まって、東日本大震災以降国民生活の中には相当の省エネが定着してきたにもかかわらず、電力会社からの排出量だけで1億トン増加している状況だ。

Power source characteristics

	Characteristics	Cost yen /kWh	Lifecycle CO2 emissions g-CO ₂ /kWh	Number of days (Domestic Storage)	Other
Coal	Base load	9.5	943	Approx. 30 days	
LNG	Middle	10.7	599	Approx. 14 days	Approximately 30% dependent on Middle East
Oil	Peak	22.1-36.0	738	Approx. 170 days	Approximating 83% dependent on Middle East
Nuclear	Base load	8.9-	20	Approx. 2.7 years	
Hydropower (conventional)	Base load	10.6	11		
Hydropower (pumped storage)	Peak				
Geothermal	Base load	9.2-11.6	13		
Solar		30.1-45.8	38		
Wind (land-based)		9.9-17.3	25		

Costs are taken from the Cost Investigation Committee (2011) =>

The latest investigations also need to be taken into account (working group has been established)

Lifecycle CO₂ emissions are referenced from 2010 documents from the Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)
<http://criepi.denken.or.jp/research/news/pdf/den468.pdf>

Table produced by presenter

5



安倍政権が昨年4月に新たなエネルギー基本計画を策定し、原子力は引き続き重要なベースロード電源であると明確に位置づけた。世論の反発からも、原子力への依存度を下げて行くといういわゆる玉虫色の表現であるが、今年末開催予定のCOP21では、温暖化対策に対する数値目標と具体的なエネルギーミックスを描くことが必要になる。日本と米国、EUの2020年以降の温室効果ガス排出削減目標を比較すると、各国とも基準年、目標年ともにバラバラであるが、これは、それぞれが自国の削減目標パーセンテージが大きく見えるように基準年を設定するためである。

その見通しについてだが、これは高い温暖化対策目標を出したいという意向が強く働いたため、達成には相当の無理がある。理由はいくつかあるが、まず、省エネの見込みが過大であること。2010年以前、わが国においてはGDPと電力消費量の間に関係が認められた。2000年から2010年の10年間、GDP成長率と電力需要の弾性値はほぼ1であった。震災以降省エネが定着しつつあるとはいえ、経済成長率1.7%という政府の見込みを前提とすれば、電力消費量は1兆3000億kWhを超える。それを省エネの進展を前提に電力需要は9800億kWhにしているが、これはオイルショック時並みの省エネを期待していることになる。第2の理由は、今後電力全面自由化される日本において、誰が、どうやってこの電源構成を実現するのかということである。これまでは日本の10電力会社がこれを達成してきたが、電力事業は今後相当変革が起こる。特に自由化された場合、日本の政治・規制の影響で先行きが不透明な原子力事業を20%以上確保することは相当に難しいと思われる。しかし、政府はエネルギーの3Eの観点から、原子力事業を支えざるをえない。

温暖化の国際交渉の中では、様々な低炭素テクノロジーが鍵ということが言われている。昨年出されたIPCCの第5次評価報告書でも、再生可能エネルギー、原子力、そして火力発電を使うならCCS(Carbon Capture and Storage)をつけた火力発電、その燃料をさら



にバイオマスにすることでマイナスエミッションにするBECCS技術などが書かれている。しかしながら、再生可能エネルギーについては問題点も出ている。高効率火力、そして原子力技術移転は核不拡散などの様々な問題があり、国連の温暖化交渉の場ではなかなか低炭素エネルギーとして表立って取り上げられることはないが、原子力は今後も世界で導入されていく技術である。日本としてもこれからこの産業をどう国内に維持していくかが問われているが、現在でも技術の優位性は変わらないのではないかと。最も経済的であり安定した低炭素の電源であるということで、いかに安心して安定的に利用できるような事業体制を構築していくか、ということが求められている。

5-2 セッション1 原子力発電所の運転と保守管理

議長：(韓) リー・ソンギ 韓電原子燃料 部長
(日) 白柳 春信 丸紅ユティリティ・サービス シニアアドバイザー

◎【韓国側発表】「韓国における原子力発電所の長期運転戦略」

チャン・ユンシク 韓国水力・原子力 (KHNP) プラント戦略プロジェクト室 室長

韓国における原子力発電所について、①韓国原子力発電所の現状（規制当局の枠組み、安全要求）、②月城1号機の運転継続への取組みと認可までの道のり、③将来の計画（規制変更等の要求）、の3テーマに分類され、実例を含めた具体的な取組み等について説明された。



韓国原子力発電所の現状

2014 年末現在の韓国総発電設備容量は、9 千万 KW であり、そのうちの約 22%である 2.1 千万 KW を原子力発電所から供給している。

現在、国内では 4 サイト（古里、ハンビット、月城、ウルチン（ハヌル））で計 24 基が操業中であり、更に、4 基建設中、4 基計画中となっている。24 基のうち運転継続中のプラントは、古里 1 号機と月城 1 号機となっている。月城 1 号機は、今年 2 月に許認可を取得し、6 月に運転継続に入ったが、古里 1 号機は、2 度目の運転継続申請を断念し、2017 年に 10 年間の延長運転期間満了後、廃炉とすることが決定している。

韓国の原子力の監督体制としては、①運転・振興、②規制、③国民監視活動の 3 つに大別される。運転・振興に関しては、MOTIE（産業通商資源部）が、エネルギー政策・計画を立案することとなっている。規制に関しては、各サイトに独立した事務所を設置し、専門的な審査を行っている。国民監視活動としては、各サイトの行政内に民間の環境監視機関団体を設置し、原発運転状態及び放射線モニタリングを実施している。また、原子力安全委員会（NSSC）が設置する地域事務所においても地域住民が参加する安全協議会を開催し、地域とコミュニケーションの活性化を図っている。

韓国は、運転継続に関し、2005 年 9 月に法的執行力を持つ基準を作成した。設置許可時に定める運転期間満了後、継続運転するためには安全性評価書を作成することとなるが、その安全性評価書は、IAEA が定める PSR（Periodic Safety Review）に対し、アメリカの NRC が定める LR（License Renewal）を追加し、強化された方式とした。

運転継続するためには、運転期間満了の 2 ～ 5 年前に安全性評価書の提出を行う必要がある。書類が提出されたら、NSSC は、18 ヶ月以内に審査を行う必要がある。審査に合格した場合、10 年間の追加運転許可が発行されることとなる。

月城 1 号機の運転継続

月城 1 号機の炉系は、PHWR（カナダ AECL 社設計 CANDU 炉）で出力は、67 万 KW で 1983 年に商業運転を開始した。炉の特徴として、水平型の圧力管群を持つが、その特徴から運転継続により炉が延伸するため設計寿命としては 30 年に制限されている。一方、炉の交換により、25～30 年の運転継続が可能となる。月城 1 号機では 2009 年 7 月にリプレースを行い、運転継続することとなった。

運転継続を行うにあたっては、安全性、経済性、社会的な受入が大前提であり、これらがすべて満足することが必要不可

欠な条件となる。

月城 1 号機の運転継続に向けて準備を行い、最終的に商業運転を開始するまで約 14 年の歳月を有している。2001 年 5 月から準備を開始し、安全性評価、大規模リプレースを経て、2009 年 12 月に許認可申請を行い、審査中の 2011 年に東日本大震災による福島第一原子力発電所事故により運転継続気運が低下する結果となり、更なる安全対策と福島対策を行うこととなった。その間に運転寿命が満了する結果となり、また、大統領選の公約でストレステストを実施することとなり、更なる追加期間が必要となった。これらをすべて行った結果、2015 年 2 月に漸く NSCC の認可を取得することができ、2015 年 6 月に商業運転を開始した。

安全対策として、法令に定められた安全性評価と設備改善のほか、追加安全確保として福島対策及びストレステストを実施し、更に、悪化した住民対策として、IAEA の安全性評価を受け、考えられる安全対策は全てやりきった。福島事故以来、国民に反原発の機運が高まっている中、大地震+津波+電源喪失等の最悪シナリオを想定し、56 項目の追加対策を実施した。

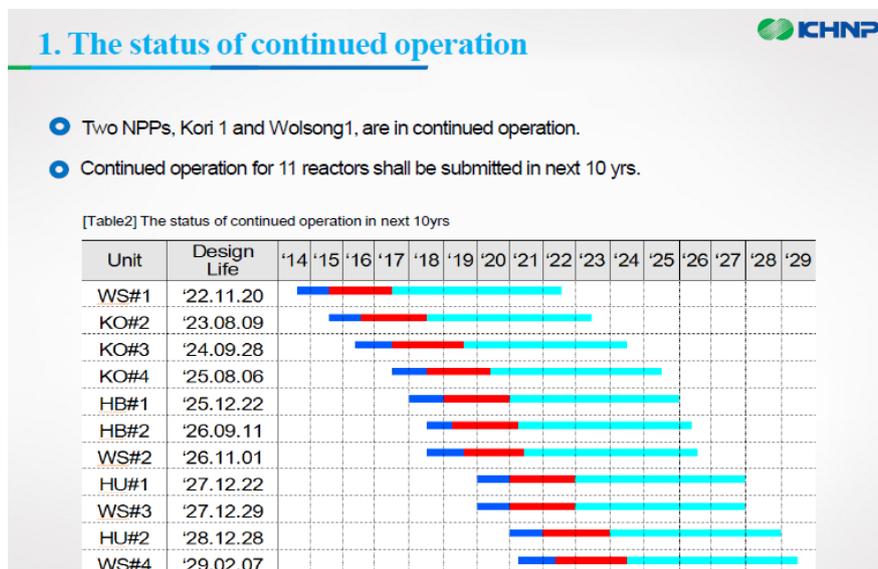
設備改善として、電源対策（可搬式電源装備）、外部水注入対策（可搬式ポンプ車）、水素掃気、フィルタベント等を追加設置した。

経済性評価としては、新規建設とのコスト比較（1/5）、LNG 追加費用、CO2 増加対策費用等の評価を行った。

社会的な受入に関しては、①住民への十分な説明、②国会承認、マスコミを利用したの国民への説明、③認可後の地元住民との合意の 3 ステップを踏んで手続きを完了させた。

将来計画

韓国は、現在古里 1 号機と月城 1 号機が延長運転継続中であるが、今後 10 年以内に 11 基の原発が運転継続のための申請を準備する必要がある。しかしながら、2 基の申請実績を踏まえると現状では非常に困難であり、将来に向けて提言が必要である。



改善項目は、種々多様であるが、今回は、特に、制度改善の必要性があると認識する。韓国では、延長運転は、10 年毎に実施することが決定しているが、米国では 20 年であるし、10 年毎に論争を行うことについては改善を提案する。住民合意形成のやり方については、現状は、号機毎に申請を行うこととなっているが、サイト一括での判断としてもよいのではと提案する。安全審査に当たって、情報公開要求があるが、現状

は、審査中の公開は行わないことになっており、また、認可後も機微情報であることから殆どマスキングした状態で、かつ、限定された場所での閲覧であるため、国民に対して透明性が欠けているため、延長運転に対して否定的なイメージが増長されている。そのため、これらの情報公開のやり方、仕組みについても改善を行い、透明性を確保したうえで前向きな対応としていくことを提案していきたい。

【質疑応答】

Q 1 (日本側) 日本でも住民合意が必要であると認識している。今回の延長運転に当たって、具体的にどのような方法で行ったか？あれば教えて欲しい。

A 1 (チャン) 前提条件として、相互の信頼関係の構築が非常に大切であると認識している。運転継続のために、どこをどのように改善するか、そのための安全対策はどうかとの説明を行った。月城サイトの場合、チーム毎に担当地域を決めて住民と親密な関係（親戚の様な）を構築し、コミュニケーションを図った。定期的（1回/月）に説明会を開催し、進捗状況を説明した。地域住民をサイトに招待して、全ての住民に直接進捗を確認して貰う機会を提供した。また、携帯のショートメールで、原発で何かトラブルがあった場合、直ぐに連絡するサービスを開始した。地域のオピニオンリーダーに協力を求める活動を展開し、信頼関係の構築を図っていった。今後も住民の意見を取り入れながら、同様な活動を継続していく予定である。

韓国も 1978 年 4 月の古里 1 号機運転開始から、約 40 年を迎え、運転継続プラントと廃炉を行っていくプラントを峻別しながら、今後も原子力発電を基幹電力として運転継続するための検討を重ねているようである。

◎【日本側発表】「福島第一原子力発電所の廃炉状況について」

竹本 尚史 東京電力 福島第一廃炉推進カンパニー プロジェクト計画部

プロジェクト計画グループ 総括調査チームリーダー

福島第一原子力発電所の最新の状況

1号機から3号機は注水による冷却を継続しており、原子炉圧力容器等の温度はいずれも安定した状態を維持している。一方、事故により損傷した原子炉建屋から放出される放射性物質の量は大幅に低減しており、現在では2011年12月の評価値と比較して約180分の1となっている。また、福島第一原子力発電所の港湾内外における海水中の放射性物質濃度については、事故以降に徐々に低下してきている。

汚染水対策の状況

(1) 汚染水対策に対する3つの基本方針

福島第一の汚染水対策について、3つの基本方針を定め、重層的な対策を実施してきている。

(2) 「汚染水を取り除く」対策の状況

● 汚染水の浄化

多核種除去設備等の汚染水を浄化する設備を導入し、汚染水の浄化を加速させてきた結果として、2015年5月に約62万トンのRO濃縮塩水処理を完了した。

● 海水配管トレンチからの汚染水の除去

海水配管トレンチはタービン建屋と連結されているため、トレンチからの汚染水除去の取り組みでは、試行錯誤の繰り返しであったが、2015年7月に完了することができた。

(3) 「汚染源に水を近づけない」対策の状況

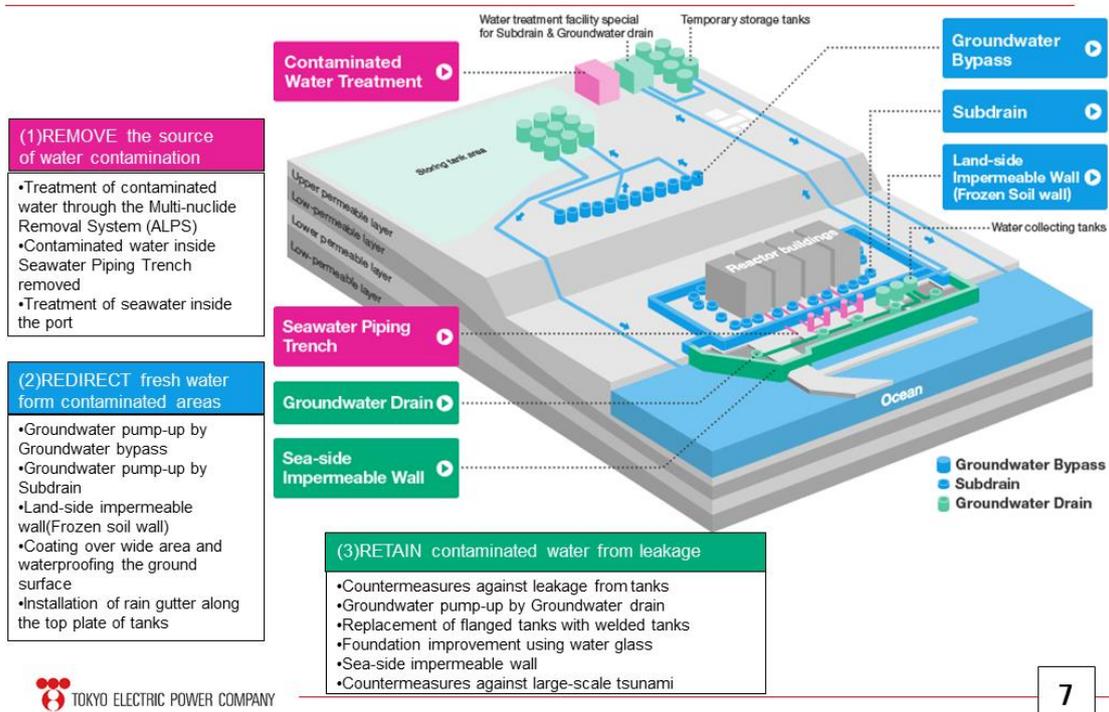
● サブドレンシステム

サブドレンから地下水を汲み上げることで建屋周辺の地下水の水位を下げ、建屋への地下水流入量が大きく減少するこ



とを期待している。2015 年 9 月よりこのシステムを稼働させた。

2. Measures against Contaminated Water (3 policies and concrete measures)



● 陸側遮水壁

原子炉建屋やタービン建屋の周りを巨大な氷の壁で取り囲むための設備を建設中である。試験的な凍結は 2015 年 4 月に開始しており、陸側遮水壁の完成により建屋への地下水の流入量が大きく減少することを期待している。

(4) 「汚染水を漏らさない」対策の状況

● 海側遮水壁

鋼管の矢板を地中に打ち込み、海側に遮水壁を形成することにより、汚染した地下水が海洋に漏れる量を大幅に低減することを期待している。海側遮水壁の工事はまもなく完了する。

使用済燃料プールからの燃料取り出し

(1) 4 号機の状況

損傷した原子炉建屋の壁を取り除き、燃料を取り出すために鉄骨製の構造物と燃料取り出し装置を設置した。1535 体の燃料の取り出しは大きなトラブルもなく、約 1 年という期間をかけ、2014 年 12 月に完了した。

(2) 3 号機の状況

使用済燃料プール内の大型瓦礫の撤去が終了すると、燃料取り出し用のカバーを設置する予定である。3 号機のオペレーティングフロアは線量が高いことから、作業員の被ばく線量を可能な限り低くするため、燃料取り出し用カバーの設置は短期間で実施することを計画している。

(3) 1 号機の状況

瓦礫等の飛散抑制を目的として、2011 年 10 月に原子炉建屋のカバーを設置した。今後の使用済燃料の取り出しのためには、このカバーの解体が必要であり、現在解体作業中である。

燃料デブリ取り出しに向けて

当初、原子炉格納容器を水で満たす冠水状態でのデブリ取り出しを前提として検討を進めてきたが、現在はあらゆる方法を検討の候補としている。

あらゆる方法を検討するためには、原子炉格納容器内のデータや状況をさらに増やす必要があり、各号機において格納容器内部の調査を実施している。

作業環境の改善

福島第一で働く一日あたりの作業員数は増加しており、今年の5月時点では1日あたり平均で約6800人となっている。安定した作業員の確保のためにも作業環境の改善は重要である。

(1) 除染の効果

事故後、発電所内はすべての場所において、全面マスクの着用が必要であったが、除染活動が進んだ成果として一部のエリアや一部の作業を除き、全面マスクの着用が不要となった。

(2) 大型休憩所の設置

福島第一で働く作業員の方々にとって休憩所や食事をする場所については大きな関心事であり、本年5月に約1200名を収容できる休憩所を完成させた。

(3) 給食センターの運用開始

福島第一で働く作業員の方に温かい食事を提供する給食センターの運用を今年6月より開始した。この給食センターでは地元の雇用を作り出し、ここでは福島県産の食品を使用している。

情報共有とコミュニケーション

福島県の地元の方々には廃炉の活動の状況を伝え、理解して頂くことが重要と考えており、できるだけ多くの情報を発信している。また、日本のみならず世界中の方々にも我々の活動の情報や得られた知見を共有していくことが私たちの使命であると考えており、今後もあらゆる機会や方法を通じて情報発信や理解活動を進めていく。

【質疑応答】

Q 1 (韓国側) 原子炉格納容器内の水位がわかってきているようだが、それを踏まえたデブリの取り出し方法についてどのように考えているのか。特にドライ状態での取り出しについても想定しているのか。

A 1 (竹本) 当初、私たちは冠水状態でのデブリの取り出しを前提として考えていたが、各号機の水位が調査によりわかってきており、現在は様々な方法でのデブリの取り出しについて検討を行っている。その中でドライ状態での取り出しも候補にあり、その場合には現在の注水による冷却方式の変更や遮蔽等の課題についても整理をしているところである。

Q 2 (韓国側) 廃炉費用について、当初想定していたのと比較して上回っているのか。最終的にはどれくらいの費用がかかるかと想定しているのか。

A 2 (竹本) 私たちは、当面の廃炉費用として十分な資金を確保しており、現時点で想定を上回っているとは考えていない。ただし、廃炉はこれからも長く続く上、私たちは原子炉格納容器の内部を含めて事故後の全てを把握しているわけではないので、これからわかってくる事実によっては廃炉費用が変わってくると考えている。その意味で、最終的にどれくらいの費用が必要かということについては現時点でお答えすることができない。

Q 3 (韓国側) 汚染水を処理した後のトリチウムの扱いをどのように考えているのか、また、ガレキの保管についてはどのような分類で管理しているのか。

A 3 (竹本) トリチウムについては、あらゆる処理、処分方法に関して日本のみならず世界の知見や技術を踏まえて検討し

ているところであり、今後どのような方法が受け入れられるかを含めて議論が進められる予定である。廃棄物に関しては、現時点では最終的な保管の形態ではないため、線量に応じて区分をして保管を行っているところである。

Q 4 (韓国側) 汚染した地下水の挙動について、敷地全体のモニタリングや浄化対策として検討、実施していることはあるか。

A 4 (竹本) まず、敷地全体の地下水が汚染しているわけではないことを理解していただきたい。1号機から4号機の海側の部分の地下水の汚染が高く、私たちは地下水のモニタリングを継続するとともに先程説明した海側遮水壁を設置し、海洋への流出を抑制するとともに汚染した地下水の回収や浄化を実施している。

◎【韓国側発表】「韓国における原子炉容器上部貫通部クラッキングとその補修」

ド・ウイスン 韓電 KPS 保守技術センター長



異種金属溶接部・CRDM ノズル部における PWSCC の歴史

CRDM ノズル部における PWSCC の歴史を振り返ると、1990 年代にフランスの Bugey 発電所で発見されて以降、米国内においても 2001 年に Oconee 発電所で軸方向の亀裂が発見された他、North Anna や Byron、Briad Wood といった発電所でも発見されている。一方で、韓国における異種金属溶接部の PWSCC は、2007 年にハンビット 3 号機/蒸気発生機の Drain line ノズル部、2010 年にハンビット 3 号機/原子炉容器の Vent line で発見されており、CRDM ノズル部の PWSCC は 2012 年にハンビット 3 号機、2013 年にハンビット 4 号機において発見されている。

ハンビット 3 号機/上蓋貫通部における亀裂の発見と措置について

2001 年以降、Boric Acid Corrosion (BAC) Program に従って原子炉容器 Head に対して毎サイクルごとに BMVT を実施しており、Vent line については Orifice により内部の検査を行うことができない為、表面の PT のみ実施していた。2010 年度に原子炉容器 Head の肉眼検査を行った際に Vent line からホウ酸結晶体の漏洩を発見。UT/ECT で Vent line 内部を調べたところ、大きく二つの亀裂があることが判明し、1 つ目は Buttering で ID から OD に向かって上部に伸びる約 22mm の亀裂、2 つ目は溶接部の端までは伸びていないものの約 16mm の軸方向の亀裂であった。

亀裂の原因を分析する為、更にマイクロ組織分析と破壊検査を実施したところ、結果として 3 つの亀裂を発見。全ての亀裂は ID から OD へ向かって伸びており、上述の 22mm の亀裂は溶接部を横断して漏洩ルートを形成していた。また分析の結果として、溶接による望ましくない熱処理が PWSCC を誘発したと結論づけた。

亀裂に対する措置として、Vent line を 690 の材質に変更したほか、有限要素モデリング方法を用いた溶接前応力解析の実施や、比較的腐食耐性の高い Alloy 690 への溶接金属の変更を適用した。

ハンビット 3、4 号機における CRDM Nozzle 部の亀裂の発見と措置

<ハンビット 3 号機>

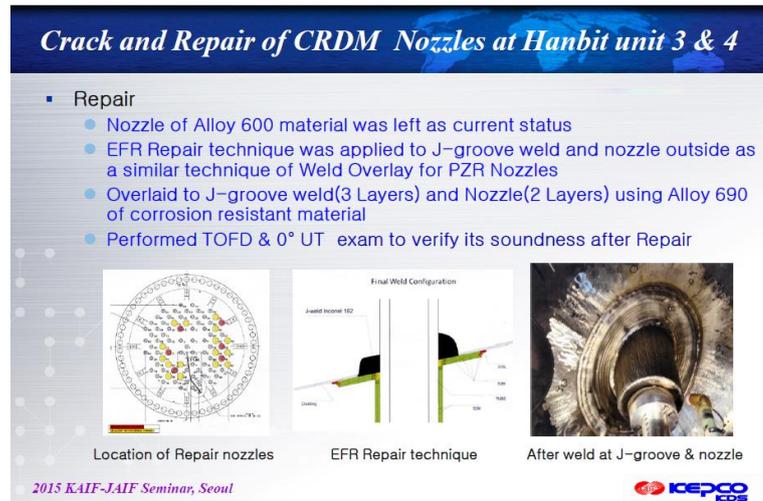
2012 年に 83 の貫通部に対して EPRI PD で用いられている Time of Flight Diffraction (TOFD) UT を実施した結果、6 つの貫通部に PWSCC と疑われる兆しが発見されたものの、その後の BMVT の結果を含めても、漏洩ルートやホウ酸析出物は検出されなかった。このうち、4 つの兆しについては、J-weld surface の PT の結果、PWSCC であることが明らか

かになり、全ての亀裂は Wet surface から進展していた。また、最も大きな亀裂は、軸方向の長さ 2.12 インチ（溶接幅 1.94 インチ）、亀裂の深さ 0.465 インチ（ノズル厚 1.013 インチ）というもので溶接部の端に届く程まで進展しており、大きな腐食につながる一手手前の状態であった。

<ハンビット4号機>

2013年に、ハンビット3号機と同様に83の貫通部に対して TOFD UT を実施した結果、PWSCC と疑われる兆しが発見された6つの貫通部全てが最終的に PWSCC であると確認された。また、2012年と2013年の結果を比較すると軸方向・深さ方向ともに亀裂の進展が確認され、Replica を用いて原因を分析した結果、溶接残留応力が PWSCC を誘発していることが分かった。また、全ての亀裂は OD から ID へ向かって伸びていたが、漏洩ルートが形成されていたものは無かった。

対策として、6つの貫通部に対して WEC の手法である EFR リペアプログラムを実施。現状の Alloy600 をそのまま残した上に、腐食耐性の強い Alloy690 を用いて、J-groove 溶接部は3層、ノズル部は2層の Overlay 溶接を施した。その後、補修後の健全性を確認する為、TOFD UT と 0°UT を実施した。



総括

2012年、2013年上記の検査手法を用いて検査を実施し、2014年9月にはハンビット3号機の原子炉容器 Head の交換も実施した。これらの亀裂の発見は韓国国民に対して大きな衝撃を与え、発電所名称の変更(霊光からハンビット)を余儀なくされたが、今回紹介した措置と Head の交換により事態を収拾することに成功した。

【質疑応答】

Q1 (日本側) 今回、発見された亀裂に対する補修方法を紹介して頂いたが、これらの亀裂に対する設計段階での対策があれば紹介して頂きたい。

A1 (ド) 貫通部の溶接に用いられる Alloy600 は、日本・米国のみならず世界中で亀裂の兆しが見つかる材料である為、韓電 KPS ではプラントを建設する際に運転による敏感度に応じて検査の周期を設定している（ハンビットの場合は毎年検査を行うことで設定された）。その結果、2012年にハンビット3号機、2013年にハンビット4号機においてそれぞれ亀裂が見つかり、亀裂を覆う為にシーリング溶接を実施した。

◎【日本側発表】「JAPC における設備診断技術の採用状況（敦賀発電所における状態監視活動）」

笛吹 博巳 日本原子力発電 敦賀発電所
技術センター長

日本原子力発電(JAPC)は、日本で最初の商業用原子力発電所を建設、運転するために、1957年に設立され、これまでに4基の原子力発電所を建設、運営してきた原子力発電専門の電力卸売り会社。

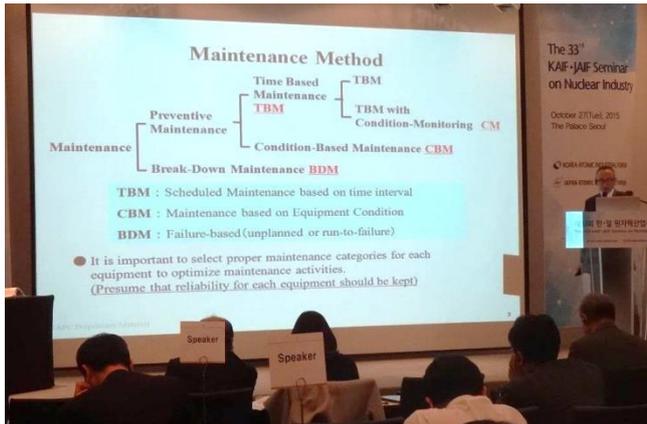
原子力発電所に係らず、設備の機能を維持するための保全方式は、一般的には、主に3つに分類される。



- ①ある一定の期間・運転時間毎に点検・修理を行う時間基準保全 (TBM)
- ②機器の状態を監視して機能が維持出来なくなる前に点検・修理を行う状態監視基準保全(CBM)
- ③機器の機能が喪失してから行われる事後保全(BDM)

これらから、安全・信頼性と経済性を考慮して最適な保全方式を選択している。その中で、状態監視(CM)は、時間基準保全の機器に対しても設備診断技術を適用し、より高い安全・信頼性を目指すものもある。

発電所の保全方式の変遷は、初期段階では火力発電所の保全経験とメーカーの推奨による時間基準保全で行われ、その後さまざまなトラブルの経験反映、品質管理の導入、時間基準保全、主体の予防保全の充実、機器設計の見直し等を行ってきたことにより、保全コストが増加してきた。



このような保全の状況に対し、日本の電気事業法が電力の卸売・小売市場の自由化を加速するために 1995 年に改正され、原子力発電も他の電源との競争力を維持するために保全に関するコストも削減する必要に迫られた。

日本原子力発電では、コスト低減に成功している米国の原子力発電所を調査し、体系的に保全の最適化を実施することが、運転成績の改善につながる方法であることを確認し、状態監視技術が保全最適化の主要技術の一つであることに注目し、導入した。

状態監視のための診断技術として、振動診断、潤滑油診断、赤外線サーモグラフィ、電動弁診断、ディーゼル機関診断を検討し、適用している。これらの作業は、導入検討から現場作業まで全てを自社内の専属チームで行ってきたが、定常化した業務の一部は社外へ委託している。現在では、保全業務の流れの一部として機能している。

日本原子力発電の状態監視技術適用の状況について、具体的な導入の歴史、社内体制、現在適用している各診断技術について、診断の流れ、詳細項目、事例等が説明された。

また、これらの状態監視技術により、採取・評価したデータを管理するために、専用のソフトウェアを開発し、運用している。最後に、状態監視を行う設備診断員の技量は、資格類の条件があるが、資格取得後の現場経験が重要であるとのこと。

【質疑応答】

Q1 (日本側議長) Time Based Maintenance (TBM) は非効率、不合理と言われて久しいが、自身が状態監視から得られた知見から理想的な保全とはどのようなものか。あるいは、日本は今後どういう保全を目指していくべきか考えをきかせてほしい。

A1 (笛吹) CBM が全てではなく、TBM も必要である。機器の状態が急変するようなこともあるので、状態監視(CM)も必要である。CBM も監視のコストがかかるので、将来的には無くし、TBM を適正な周期で設定していくことが理想である。将来的な保全の形としては、保全を担当している者が個々の設備診断技術を習得し、自身が保全を担当している機器の状態を把握し、最適な TBM 周期を設定していくことと考える。



◎【韓国側発表】「韓国における新燃料技術開発と原子炉性能の現状」

キム・ジェイク 韓電原子燃料 新燃料研究開発チーム長

まず、韓国で現在運転中・建設・計画中プラントの状況を概観する。運転中は 24 基、建設中は 4 基、計画中が 4 基である。運転中の 24 基の燃料タイプは WH 型が 8 基、韓国標準型が 12 基、CANDU 型が 4 基である。より具体的には CANDU を含め 5 つの設計タイプがあり、軽水炉用では、15 か月サイクルと 18 か月サイクルの製品があり、当社で製造している。

次に、韓国における燃料開発の歴史と戦略について話す。1970～80 年代まで燃料は輸入に依存していた。82 年に当社（KNF）が設立され、私たちが第 1 世代燃料と呼んでいる 80～90 年代の燃料は外資から技術を導入して国産化に取り組み、85 年に WH 社から設計・製造技術の導入を行ったものである。この頃は一部の部材は国産化を達成したが、低濃縮ウランの他、複数の部材、たとえばチューブは輸入に依存していた（2009 年に KNF で国産化に成功）。

第 2 世代燃料は 90 年末からの 5 年間、WH 社との共同開発を行ったものである。韓国標準型の PLUS-7（OPR1000 用）と WH 型の ACE-7 を開発し、2008 年からは KNF が国内のすべての炉への供給を開始した。第 3 世代燃料は 2005～2015 年の間、KNF が独自で燃料開発に取り組み、現在まで、国産燃料 HIPER16 および HIPER17 およびモジュール小型炉 SMART 用燃料の開発を行っている。

次に、現在開発中の新燃料について紹介する。開発の哲学は、精度を高め、熱出力を高めると同時に安全性を高めることだ。地震耐性や損傷、異物混入、摩耗への対応性能の向上、信頼度向上を目標としている。

ロードマップにあるとおり、設計、炉外試験、燃料棒燃焼試験（LTR）後、さらに 1 年間集集体燃焼試験（LTA）を行うなど 3 サイクルの試験を行う。過去の ACE-7、PLUS-7 の場合は 2 サイクルの試験を経て供給を開始してきた。HIPER16 は 2019 年の商用化を目標としており、HIPER17 も鋭意開発中である。

2005 年から KNF が開発した燃料は、当社が知財権（IP）を保有する。特筆すべきなのは集集体だけではなく、中核部品である被覆管の材料となる合金（HANA）の開発にも成功したことだ。97 年から合金の設計を開始し、6 種の候補を選定して 7 年間の燃焼試験を行って 3 種類に絞り込み、それぞれについて燃料集集体燃焼実験を行い、最終的に合金材料のうちの 1 種を HIPER16 用の材料に選定した。約 20 年かけた開発である。性能試験においては、8 サンプルのうち半数は従来の合金よりも優秀な性能が確認されるなど、世界レベルの性能が確保できたと考えている。なお、モジュール炉 SMART の燃料は HIPER16、17 の開発を経て 2009 年から 2011 年にかけて、3 年間開発を行ってきた。

現在注目されているのは、事故耐性燃料の開発である。設計基準超過事故に対する燃料耐性が求められており、KAERI が、水素発生をより抑えられる被覆管の開発を行っている。従来のジルカロイ被覆管の開発の次段階としてジルカロイ被覆管にセラミックコーティングを行う方法を研究している。実験の結果では、水素発生が従来の 30 分の 1 程度に抑えられた。このほか、KAERI はマイクロセルと呼ばれる UO₂ ペレットの開発にも取り組んでおり、これは発生ガスが外部放出されないよう内部遮断するコンセプトである。

【質疑応答】

韓国側聴衆から、新興国への燃料供給にあたっての、リースを含むファイナンス支援に関する質問があったが、燃料ビジネスはスピーカーの知見の範囲ではなく特段のコメントは得られなかった。

5-3 セッション2 原子力発電所の廃炉と放射性廃棄物管理

議長：(韓) リ・ジエオク 韓国原子力環境公団 (KORAD) 使用済燃料政策チーム 部長
 (日) 持田 貴顕 日立 GE ニュークリア・エナジー 原子力海外技術部 主任技師

◎【韓国側発表】「韓国における原子炉廃止措置の現状と見通し」

チェ・ウオング 韓国原子力研究院 (KAERI) 廃炉・除染技術開発部

まず韓国には、原子力発電所 24 基が稼働中であり、市場規模は 15 兆円である。このうち古里 (コリ) 1 号機 (587MWe) については 2017 年に運転を終了し、約 5 年をかけ使用済核燃料を中間貯蔵し、2023 年からは商用炉として最初の解体・廃止措置に移行する。また、月城 1 号機 (679MWe) については 30 年 + 10 年の延長申請を実施しており現在審査中である。以後の原発の運転寿命を考慮すると 2020 年までに 2 基、2020 年代には 8 基、2030 年代には 6 基、2040 年代には 4 基、2050 年代には 3 基を廃止措置に移行していくような状況である。



韓国の除染・解体及びサイト復元技術 (DD & R Tech) の主要技術としては、系統除染技術、遠隔解体、解体廃棄物処理及びサイト回復・調査を主として 2016 年までに技術開発し、2021 年までに技術実証し商用化していく考えである。国内の主要原子力発電所の解体が開始するまでに完了する予定である。昨年までに完了した主要技術は、遠隔実切断、有機物混合物蒸気改質、ウラン廃棄物処理及びサイト修復の最適化評価である。2016 年までには除染中の物質状態の評価、遠隔解体評価システム、高レベル液体廃棄物の処理及び汚染の拡大防止の技術開発を計画する。

現在実施中の主な技術開発は、廃止措置計画技術は廃止措置エンジニアリングシステム、除染技術は原子力発電所の全系統化学除染技術など、遠隔解体技術では重機による遠隔解体技術や高出力レーザーによる熱切断技術、廃棄物処理では液体廃棄物処分やウラン廃棄物処理装置、原子力サイトの復元技術では最終状況測定技術やシビアアクシデント後のサイト復元技術などの技術開発を実施中である。また DD & R Tech については 2015 年までに総合的なモックアップ施設を施工させる予定、実機デモや機器・装置の技術開発を実施する予定である。

1) 廃止措置計画技術

原子炉施設の放射線特性評価システムについては開発を完了し、エンジニアリングシステムの構築に向けた研究開発を実施している。

2) 除染技術

系統除染技術の開発では、一次系の化学除染技術と大型機器表面除染用の溶剤を開発している。HYBRYD 除染としてヒドラジンベースの無機化合物活用による除染技術開発を実施している。また、二次廃棄物の低減を図るための改良型除染技術開発では、溶剤抽出多孔性シリカナノ粒子 (SMS nanoparticles) による除染性能の向上を図っている。

3) 解体技術

遠隔解体技術については、解体工程に関するシミュレーション技術、重荷重マニピュレータなどの遠隔解体のための技術開発を実施している。また原子炉圧力容器などの大型設備の解体のためには高出力レーザーなどの熱エネルギーによる切断技術開発を実施している。メリットはカーブ幅が少なく二次廃棄物の発生が少なく、ファイバーレーザーを使用することにより遠隔

コントロールしメンテナンス性にも富む。そのため現在は 10kW 以上のレーザーヘッドを開発しモックアップへと移行する予定である。

改良型解体評価システムの開発は、CAD を利用して伸縮型切断アルゴリズムの開発や 3 D-VR シミュレーションスタジオの開発を実施し、経済性・安全性を考慮した解体支援システムを開発している。

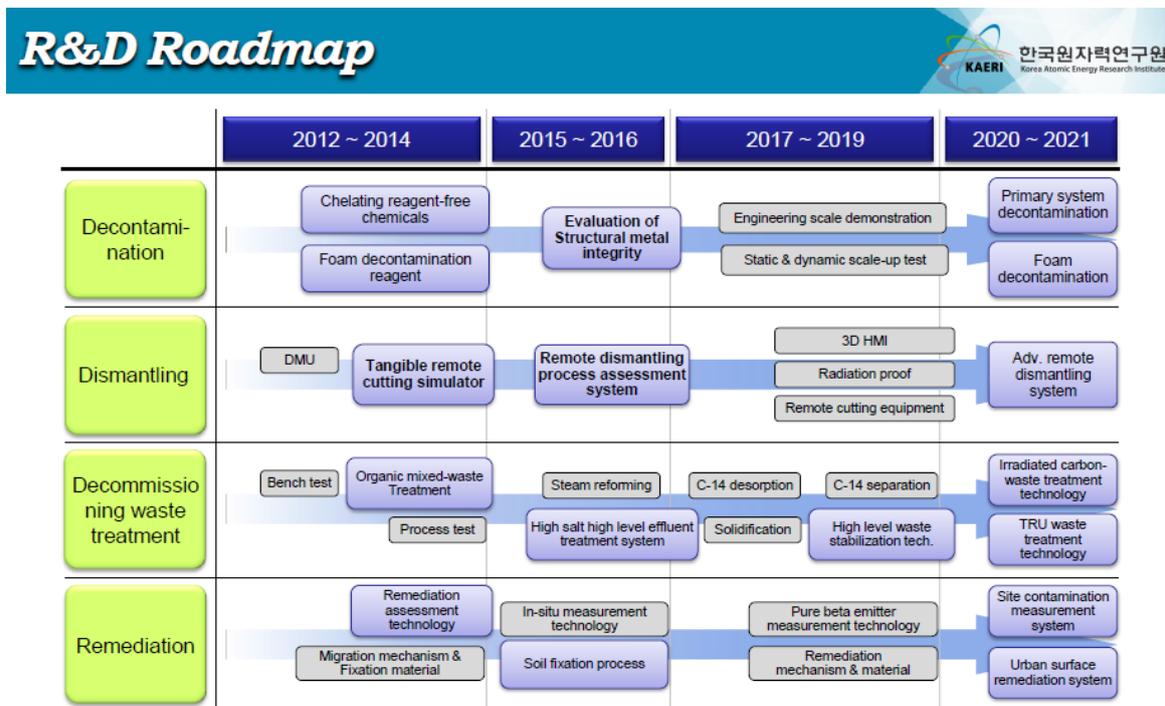
4)廃棄物処理技術

原子炉施設の解体時に一番多く発生する解体コンクリートや金属廃棄物の処理技術についての開発はほぼ完了した。シビアアクシデント時に発生する高放射性廃液を処理するためのプロセス開発では、Cs、Sr や I などの HYBRID 吸着剤を利用した収集、低レベル放射性核種の場合には凝集沈殿処理の収集などの技術開発を実施中である。

また、炭化物処理技術において、真空撤去、熱撤去工程があり、熱撤去では酸素高富化や蒸気改質などによる除去工程、炭素分離技術では CO₂ の捕獲還元反応やレーザーによる C-14 分離を開発している。

5)サイト復元技術

サイトの測定技術や敷地再利用のための安全性評価及びシビアアクシデント時のサイト復元技術（高分子素材による汚染拡大防止）について開発を実施している。まず敷地の汚染状況の調査は、現場における直接測定し 3D マッピングできる技術や汚染分布を評価できる技術開発を実施した。



【質疑応答】

Q1（日本側）レーザー切断に関して、切断時にはヒュームや排ガスが発生するが、その除去や処理はどのようにするのか。

A1（チエ）当然そのような廃棄物が発生するが、それらを収集し、安定化させるためのプロセスもレーザー切断の中で併せて検討しているところである。

Q1（韓国側）原子炉の廃止措置については、全世界では今後 2040 年までに 435 基が運転している中で、420 基がシャットダウンを経験していくことになるが、15 基は運転延長を見込んでのものか。

A1（チエ）最初に述べたとおり、設計運転期間であり、運転延長を見込んでのものではない。

◎【日本側発表】「ふげん廃止措置プロジェクトの状況」

片野 好章 日本原子力研究開発機構（JAEA）バックエンド研究開発部門

原子炉廃止措置研究開発センター 技術開発部 技術調査課 課長代理

日本の廃止措置状況における基本方針については、施設やサイトからの放射性物質の汚染除去と放射線管理が必要ない状況への回復、次世代への活用が廃止措置の基本方針となる。これらの方針のもと、ふげんを含む原子力施設の廃止措置が実施されている。

日本の廃止措置の状況

(1)廃止措置規制

日本の廃止措置では、運転終了前に廃止措置計画を策定し、その計画の認可を受ける必要がある。その計画に基づく保安規定を作成し、廃止措置期間においてはこの保安規定に基づいて廃止措置を実施するとともに保安検査も受けている。

(2)標準工程

運転終了後は、廃止措置プログラムに従って、使用済核燃料の搬出（ある場合）やプラントの除染を実施する。約5～10年間安全貯蔵し、施設や設備の解体撤去へと移行し、廃棄物を処理処分していく。



(3)廃棄物処理・処分

解体廃棄物であるコンクリートや金属については、①非放射性廃棄物・クリアランス物と②低レベル放射性廃棄物に区分される。①はリサイクルや一般産業廃棄物として処理、②は3つの区分に別けて処分していく。（L1からL3）

(4)日本の廃止措置状況

現在、国内では約15基が廃止措置フェーズにある。日本原子力研究所（JAERI）のJPDRは既に解体を完了した。ふげんは2003年に運転を終了し、2008年から廃止措置を開始している。また中部電力の浜岡発電所1・2号機は2009年から廃止措置を開始した。東京電力の福島第一原子力発電所の1～6号機も事故による廃止措置を開始し、昨年には日本原子力発電の敦賀発電所1号機を始め5基が廃止措置を開始した。

ふげんの廃止措置の状況

(1)ふげんの概要

ふげんは、重水減速沸騰軽水冷却圧力管型炉として1979年に運転を開始し、2003年に運転を終了した。MOX燃料を利用し、その利用数は772体を数え、核燃料サイクルの輪についても完結を達成した。また、2004年にはランドマーク賞を受賞し、2008年からは廃止措置計画の認可を受け、現在は廃止措置を実施している。

(2)ふげんの廃止措置計画と廃止措置技術開発

ふげんの廃止措置は主に使用済核燃料搬出、原子炉周辺設備解体、原子炉解体、建屋解体の4つのステージに区分し2033年までを予定している。現在は使用済核燃料搬出期間であり重水の搬出やタービン系の解体を実施している。

廃止措置技術開発については、廃止措置計画の支援システム技術や原子炉解体技術の開発や重水・トリチウムの除去技術などの技術開発を行うとともに、既存技術を活用し廃止措置を実施している。

(3)廃止措置の状況

これまでの解体は、主にタービン系の主蒸気管や第 3・4・5 給水加熱器などの解体撤去を実施し、解体撤去の切断工法は熱的、機械的切断を活用しながら実施した。昨年は B-復水器について解体撤去した。跡地に自動除染装置を設置している。

一方、汚染の除去については、原子炉やカランドリアタンクから重水を抜き出すとともにトリチウムの除去を実施し、現在は重水系やヘリウム系に残っているトリチウムの真空乾燥による除去作業を実施している。

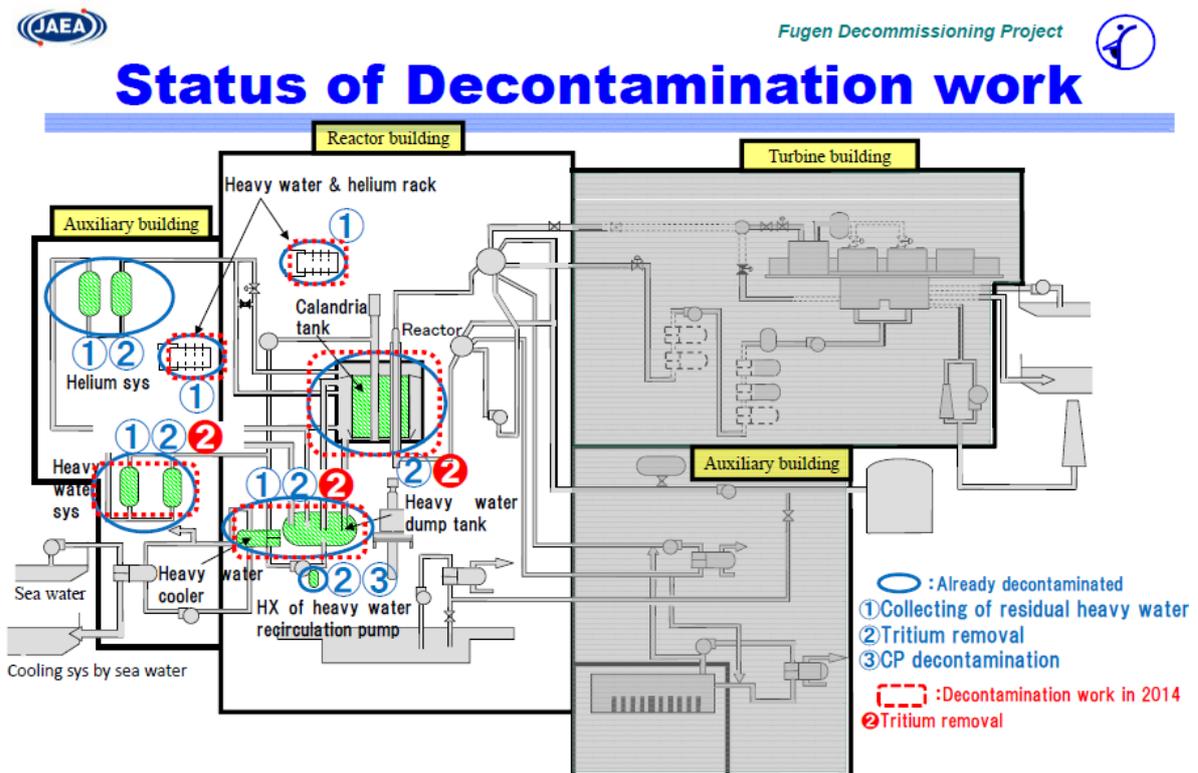
(4)解体廃棄物の処理

ふげんの解体廃棄物については、約 36 万トンが見込まれ、このうち約 5 万トンが低レベル放射性廃棄物となる。ただし、極低レベルの L3 廃棄物についてはクリアランスにより約 4 万 5 千トンから約 5 千トンに減量できる見込みである。

クリアランスの状況については、クリアランスについて国に許可を申請中であり、自動除染装置やクリアランスモニタ等は既に設置している。

(5)原子炉の解体について

現在、原子炉の解体工法や遠隔切断技術等について技術開発を実施しているところである。解体の工法としては上部に解体プールの設置や遠隔切断装置の設置などを検討している段階である。一方、切断技術についてもレーザー切断、プラズマ切断、アブレイシブウォータージェット切断及びバンドソーによる切断などのミックス活用を検討している。



【質疑応答】

Q1（韓国側）日本のプラント解体コストは。また、商用炉と比較しないのか。それぞれでコスト算定しているのか。

A1（片野）ふげんの解体費用は約 740 億円（当時）を計画している。各プラントで算定している。

Q2（韓国側）解体準備で使用済核燃料の搬出は非常に重要だが、今後再処理するのか。それとも長期保管するのか。政策的にその方向性は決まっているのか。

A2（片野）ふげんの場合、再処理工場を廃止措置することが決定したため、処理をどのようにするかは決定していない。海外再処理も含めて現在検討中である。

Q3（韓国側）日本の除染では低レベル廃棄物から高レベル廃棄物に行く順番なのか。また廃棄物クリアランスの基準は線量率か、それとも濃度か。

A3（片野）廃棄物のレベル区分における除染では、廃棄物の区分を高いレベルから低いレベルに落とし、廃棄物を減容するという考え方が一般的である。クリアランスのレベルについては線量率だけではなく濃度の双方の基準が一般的である。

◎【韓国側発表】「韓国における放射性廃棄物管理政策と現状について」

リ・ジェオク 韓国原子力環境公団（KORAD）使用済燃料政策チーム 部長

韓国では放射能の濃度によって高・中・低・極低レベルに区分しており、高レベルは Wait&See のスタンスをとり、中レベル以下は地層処分している。放射線廃棄物の管理における基本原則は、政府による直接管理、安全性の最優先、廃棄物の発生量の最小化、コストの生産者側負担、国民の信頼のもとで実施することである。

中・低レベル放射性廃棄物に関する管理の現状（2014年末）について、韓国において約 12 万 8184 ドラム缶が発生。現在ほとんど原子力発電所、原子力研究院などに保管され、その中の 1800 ドラム缶が中・低レベル処分場にて処分されている。



中・低レベル放射性廃棄物処分施設の敷地の選定手順

2004年12月第253回原子力委員会にて、中・低レベルの放射性廃棄物処分場と使用済核燃料施設を分離することになった。2005年に放射性廃棄物の処分施設の誘致支援に関する特別法を制定、2005年5月に民間委員を中心に敷地選定委員会を設置。2005年6月に誘致選定の告示をし、11月には誘致を申し込んだ4つの地域でそれぞれ住民投票を行い、賛成率の最も高い慶州地域が最終的に処分場として選出。敷地選定が成功した要因として、使用済核燃料に関する施設と中・低レベル放射性廃棄物処分場を分離することで住民の合意を得られたこと、地域に対する様々なインセンティブに関することを法律によって保障したこと、住民投票によって透明性がある政策決定が行われたことがあげられる。

Generation Status of LILW in Korea (As of Dec. 2014/ unit : 200 liter Drum)

Site(No. of reactors)		Storage Capacity	Stored
NPPs	Kori(4)	50,200	42,282
	Hanbit(6)	23,300	22,823
	Hanul(6)	18,929	17,467
	Wolsong(5)	13,240	10,209
	Shin-Kori(2)	10,000	534
	Sub-total	115,669	93,315
KORAD(RI Waste Storage)		9,750	3,207
KAERI		39,438	20,399
KEPCO-NF		8,900	7,287
Sub-total		58,088	30,893
Others		7,000	5,032
Total		180,757	128,184

中・低レベル放射性廃棄物処分場の施設

慶州は、月城原子力発電所付近に位置し、総面積：206万m²、全体処分総量：80万ドラム缶。第1段階が竣工、運営され処分場の容量は10万ドラム缶（地下サイロ型）。第2段階で12万5千ドラム缶（地層処分）を準備中。第2段階は建設計画中であり2019年12月にすべてが完了する予定。

使用済核燃料管理の現状及び公論化委員会の勧告内容

韓国では、毎年750tの使用済核燃料が発生し、2014年末で13806tが発生している。各原子力発電所の敷地内の一時保管施設に保管されており、保管容量の約78%を占める。一時保管施設が飽和状態を迎えるため、それに関する管理対策が急務となり、2013年から公論化委員会を運営するようになった。自治体の推薦をうけた15名で公論化委員会を2013年10月に立ち上げた。公論化委員会の活動内容は、2014年1月に公論化実行計画を策定して政府に提案。2014年5月から公論化が終了するまで、利害関係者や国民の多くの意見を聞くための様々なプログラムを行った。最終的に約27000人の利害関係者、住民、専門家が参加し、意見を提案した。36万人の国民が公論化委員会のホームページにアクセスした。2015年6月29日に「使用済み核燃料管理勧告案」を政府に提出しその活動を終了した。

公論化委員会が政府に提出した勧告内容

- ① 使用済み核燃料の最優先原則：国民の安全・政府の責任のもとで管理・次世代に重い負担をかけない。
- ② 原子力発電所に臨時貯蔵されている使用済核燃料の貯蔵容量が飽和する前に安定した貯蔵施設に移送すべき。
- ③ 使用済み核燃料の永久処分場を2051年までに建設・運営すべき。地下研究施設の敷地を2020年までに確保すべき。
- ④ 地域住民の生活向上のため、安定的な経済基盤を支える様々な支援が必要である。一例として環境監視センター設置、関連機関の移転、使用済み核燃料処分料の立地地域への提供するなど。
- ⑤ 処分施設の操業までの間、地下研究施設サイトに処分前貯蔵施設を建設し、処分前の使用済み核燃料を貯蔵可能にする。不可能な場合は、原子力発電所敷地内に短期貯蔵施設を建設すべきであり、国際共同管理施設を確保するため、政府は努力すべき。
- ⑥ 原子力発電所サイト内に短期貯蔵施設を建設する場合、それに関する保管の費用を地域に支払うべき。
- ⑦ 使用済み核燃料の管理技術の開発に関し優先順位を決め、段階別に細部計画を策定し実施すべき。
- ⑧ 使用済み核燃料を管理するために「技術管理公社」を立ち上げるべき。
- ⑨ 信頼性を確保するため使用済み核燃料特別法など法律の制定の提案、必要なら従来法の改善を求める。
- ⑩ 使用済み核燃料管理政策を策定し、実施する為、それに関連する関係官僚会議あるいはグループとして使用済み核燃料対策推進団の立ち上げなど。

政府は公論化委員会の提案に関して使用済み核燃料の管理様々な施策、地下研究施設の敷地選定手続き、住民地域の補償手続きなどを含む「使用済み核燃料管理基本計画」を年末までに策定していく予定。より実効性を高めるため関連省庁の協力をさらに構築していくべきだと考えている。

【質疑応答】

Q1（日本側）新しく地下研究所を造られるということで2020年というとなんか時間はないが、どこか候補としてあがっているのか。処分に関する研究開発・技術開発について具体的に取り組まれていることは何か。

A1（リ）現在、敷地の選定というのは2020年に関していろんな議論があり、候補地に関してはまだあがったことはない。いつまでに敷地を確保するかということも現在調整中である。技術開発・研究開発に関しても高レベルの物はまだ決定され



たことはない。処分とカリサイクルに関する全般的なものについても計画を立てるべきだと考えており、政府が考えている基本計画にこれから盛り込んでいく予定である。

Q2（韓国側）勧告内容の⑤⑥について。研究施設を含めた敷地選定に非常に苦勞すると思うが、日程を考慮するとサイト別にそれができるように余地を与えているのではないかと。サイトの敷地の内部・外部かもしれないが、中・短期的な管理の責任所在はどこになるのか。長期的な施設を設置する場合、住民に対して保管に関する料金を支払うようになって

いるが、使用済核燃料に関しては KORAD がやっている部分ではないか。

A2（リ）非常に難しい質問。その内容に関しては私が答えられる立場ではない。それは政府が答えるべきだと考える。短期貯蔵施設をサイト内で建設するというのを公論化委員会で提案したわけだが、そのまますんなりと受け入れられるわけではないので、KHNP がやるのか KORAD がやるのかそれはまだ決まったことではない。政府レベルで決まっていくことだと思う。

◎【日本側発表】「高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針の改定等について」

山田 基幸 原子力発電環境整備機構（NUMO）技術部 部長

日本では、高レベル放射性廃棄物（HLW）処分に関する研究開発が 1976 年から実施されてきたが、地層処分は日本において技術的に可能であるとの確認が 1999 年になされたのを受け、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が 2000 年に制定され、地層処分の事業環境が整備された。地層処分は、地下 300m 以深に人工バリアと天然バリアを組み合わせた多重バリアシステムにより長期にわたり放射性物質を閉じ込める。処分施設は地上施設、地下施設からなり、HLW と TRU 廃棄物を処分することとしている。



2000 年、法律に基づく事業の実施主体として設立された原子力発電環境整備機構（NUMO）は、全国を対象として地層処分施設の設置可能性を調査する区域の公募を 2002 年より開始した。NUMO は約 100 名の職員からなり、文献調査、概要調査、精密調査の 3 段階の調査プロセスにより処分地の選定を進め、処分事業の実施を担う。2002 年の公募開始後、2007 年には高知県東洋町から正式に応募がなされたものの、調査受け入れの賛否をめぐって町を二分する論争に発展し、結果として応募が取り下げられた。現在に至るまで、さまざまな理解活動や広聴・広報活動を続けてきたものの、いまだ文献調査を開始するには至っていない。

一方、2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震とこれに伴う福島第一原子力発電所の事故によって、原子力事業全般、また地層処分に対しても国民の懸念が高まることとなった。このような状況等を踏まえ、最終処分に関する政策の抜本的な見直しに向け、さまざまな議論を踏まえ、特定放射性廃棄物に関する基本方針の改定が 2015 年 5 月に閣議決定された。

この基本方針の改定の主な点は、

（1）現世代の責任と将来世代の選択可能性

・廃棄物を発生させてきた現世代の責任として将来世代に負担を先送りしないよう、地層処分に向けた対策を確実に進

める。

- ・基本的に可逆性・回収可能性を担保し、将来世代が最良の処分方法を選択可能にする。幅広い選択肢を確保するため代替オプションを含めた技術開発等を進める。

(2) 全国的な国民理解、地域理解の醸成

- ・最終処分事業の実現に貢献する地域に対する敬意や感謝の念や社会としての利益還元の必要性が広く国民に共有されることが重要。
- ・国から全国の地方自治体に対する情報提供を緊密に行い、丁寧な対話を重ねる。

(3) 国が前面に立った取組

- ・国が科学的により適性が高いと考えられる地域（科学的有望地）を提示するとともに、理解活動の状況等を踏まえ、調査等への理解と協力について、関係地方自治体に申入れを行う。

(4) 事業に貢献する地域に対する支援

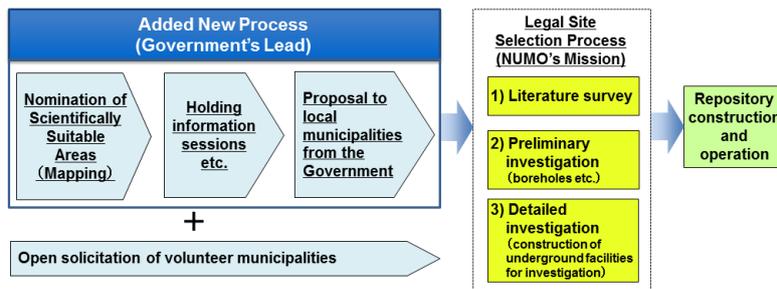
- ・地域の主体的な合意形成に向け、多様な住民が参画する「対話の場」の設置及び活動を支援する。
- ・地域の持続的発展に資する総合的な支援措置を検討し講じていく。

(5) 推進体制の改善等

- ・事業主体である NUMO の体制を強化する。
- ・信頼性確保のために、原子力委員会の関与を明確化し、継続的な評価を実施する。原子力規制委員会は、調査の進捗に応じ、安全確保上の考慮事項を順次提示する。
- ・使用済燃料の貯蔵能力の拡大を進める。

Revised Site Selection Process

- ・ The Government decided to add a new process in advance of the legal site selection process, in which the Government will nominate "Scientifically Suitable Areas".
- ・ Most of the nomination factors were proposed in the latest session of the Government's technical WG.



新たな基本方針では、科学的有望地を提示するなど、国が前面に立って取組を進める新たなプロセスが追加された。

この科学的有望地の具体的な要件・基準については、国の検討会で専門家による検討が実施されているが、地球科学的観点を中心に、9月に検討の成果がほぼ整理されてきている。地球科学的観点を中心とした検討では、地質環境特性及びその長期安定性に関する検討や地下施設・地上施設の

建設・操業時の安全性に関する検討から回避すべき要件等があげられ、輸送時の安全性に関する検討から好ましい要件があげられている。今後は社会科学的観点を加えて、議論が継続される。

【質疑応答】

Q1（韓国側）候補地の選定にあたっての地域の意見はどのように反映されるのか。

A1（山田）調査には3段階あるが次の調査段階に進むには、知事・市町村長の意見を聴き、反対であれば次に進まないこととしている。

Q2（韓国側）科学的有望地については実際のところどこまで調査が進んでいるのか。

A2（山田）3段階の調査の前段階として科学的有望地の提示等のプロセスが追加されたものであり、今現在調査を行っ

ているものではない。

Q3（韓国側）反対の人に対してはどのように対応を図るのか。

A3（山田）対話をしっかり進めていくことが大事だと考えている。

5-4 セッション3 原子力発電所のリスク管理と安全性向上対策

議長：(韓) ナ・ジャンファン 韓国水力・原子力 中央研究所 (KHNP CRI) システム信頼性技術チーム長
(日) 白柳 春信 丸紅ユティリティ・サービス シニアアドバイザー

◎【韓国側発表】「KHNP におけるリスク管理と得られた知見」

ナ・ジャンファン 韓国水力・原子力 中央研究所 システム信頼性技術チーム長

昨年4月、日本のJANSIとの会合でも類似のテーマで話しており、確率論的リスク評価（PSA）分野では日韓で既に定期的な会議を持ち、意見交換を行ってきている状況でもあり、今回は特にPSAの実例の紹介と示唆を中心に話します。

リスク評価とリスク管理は別の業務だ。リスク評価は決定論的・確率論的分析によってプラントのリスク要素を抽出するプロセスであり、一方、リスク管理は運転・整備や設計などの諸段階でリスク低減を行うプロセスだと理解している。



まず韓国におけるリスク管理の導入状況について紹介する。韓国では、PSAはTMI後に導入が進められた。まず、古里3、4号機へのレベル1PSAに加え、一部限定的にレベル2まで導入された。その後2001年8月に政府・規制機関がシビアアクシデント政策声明を示したことを受け、リスク評価のためのPSA、リスク管理のためのRIMS（Risk Management System；全出力時用）、ORION（Outage Risk Indicator of NPP；運転停止時用）が開発されてきた。また、建設中プラントについても確率論的リスク評価を実施している（初期は停止・低出力時=LPSD PSAを実施）。最近では、新古里についてレベル3PSAまで実施するなど、徐々に活用が広がっている。RIMS、ORIONの他、シングルポイント脆弱性モデル（SPV: Single Point Vulnerability）や韓国独自の信頼性DB（PRinS: Plant Reliability Data Information System）も2007年までに開発された。近年について言えば、福島事故後の2012年からFP/LPSD PSAモデルの開発が進められてきた。一方、規制側では福島事故後続措置として運転中のプラントについては定期安全レビュー（PSR）時のPSA適用、建設中プラントについてはSAR（安全解析報告書）第19章にPSAを含めることが2014年に法制化された。LPSDについては2015年末までに全機について実施を予定している。

リスク管理全般のチャートフローを見ていただくとわかるとおり、最新の技術に基づく原子炉災害シーケンス解析（SOARCA）のようなマルチリスク解析が今後必要になると考えている。これに加え、オフサイトのシーケンス解析も必要と考え、取り組みを検討している。

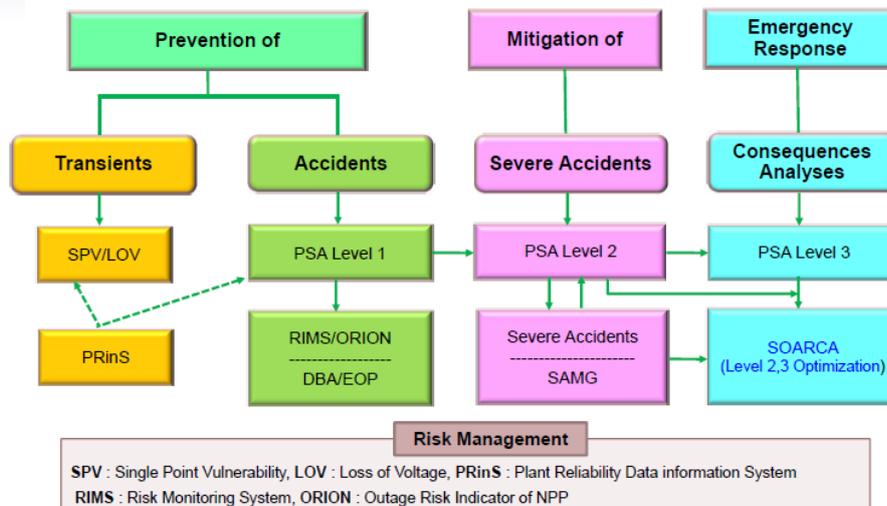
次に、PSAのリスク管理への活用状況を紹介する。設計変更や運転手順書の改善へのフィードバック、また、リスク情報活用についてはリスク情報を活用した格納容器総合漏えい率試験（RI-ILRT）、供用期間中検査（ISI）、定期点検周期（STI）や、構造・系統・機器（SSC）の安全重要度分類、メンテナンス規則への反映など、様々な部分でPSAが活用されている。PSA要素の標準化に向け、WH型炉などについては専門家の意見も取り入れ、韓国の状況を加味した全般的なPSAモデルの開発に取り組んでいる。

建設中プラントについては、従来はレベル2PSAまでは実施されていたところ、新古里3、4号機についてはレベル3PSAまで追加し、外部事象PSAも追加した。新古里5、6号機からは、LPSD内部事象も含めた範囲へと広げる。建設中プラントのPSAを経験する中、許認可プロセスでのPSAの品質（実効性）にはまだ改善が必要と思っている。

次に運転中プラントへのリスク管理にかかるPSAモデルの活用事例を紹介する。複数の整備計画が重複することでリスクが

一定の水準を超えたときにこれを分散させてリスクを低減させるバランス分布を行っている例がある。また、LPSD の PSA では炉心損傷頻度（CDF）などの定量的評価を実施して裕度を判断し、リスクを色で示しながら、黄色からオレンジ、赤の状況になると措置を取ることを要求している。RIMS プログラムの適用例についても示す。OPR1000 の原子炉補機冷却水系（CCW）のファン整備について RIMS による PSA 解析を実施したところリスクが 16 倍も増加したことが判明し、臨時措置を取り、プラント運転員にもフィードバックを行い、リスク緩和措置を取った。これは PSA について全社員が認識を共有できた例だ。このほか、PSA の適用による設計などへのフィードバック例としては、第 2 世代炉の CCW にリスク要因が見つかり配管・バルブを改善した例、格納容器再循環サンプへの切り替えを自動化した例、電源喪失に備えて追加的に代替交流電源設備（ACCDG）を設置することとした例、RCP シール仕様を変更することとした例などがある。

Overview of Risk Management



建設中プラントについては、安全性を高めるための設計へのフィードバックが基本だ。建設中プラントの安全性は第 2 世代炉に比べ CDF、早期大量放出頻度ともに改善されていると思うが、たとえば SBO 対応については国内のデータは少なく、フィードバックとして新規建設分については、ユニットごとに代替電源設備を追加設置することとした。

最後に、結論を述べる。当

研究院での長年の研究により、リスク評価技術は世界的レベルに達した一方で、リスク管理についてはまだ限定的で、改善が必要だ。それは、評価や管理ツールが、現場作業者の関与なく、研究の場で独自に開発されたことに理由がある。また、発電所でのリスク管理人材も十分ではない。その他、リスク情報を活用した意思決定に対する経営層の理解・支援や安全文化の醸成が必要であり、また、規制についても改善・向上の必要がある。

PSA は米国型のシステムを大いに参考にして世界に展開されてきたが、特にリスク管理については各国で十分に活性化しておらず、それには前述のような共通の要因があるように思われ、各国で共同の努力が必要だ。韓国内では 2015 年 6 月の法制化により PSR、SAR での PSA の活用が義務づけられたことで、設計基準事象および設計基準超過事象に備えた設備がすべて盛り込まれる。今後はこうした規制の枠組みの中でリスク管理が可能になると考えている。

PSA は深層防護、安全解析、運転手順書のほか、運転員の柔軟性や運転経験、故障データなど複雑で不確実性が高い多数の分野を扱っている。これらは現場とつながることが重要だ。また今後は一層リスク管理の条件が強化されると考えており、特にハードウェア面だけでなく、人的な教育に関するさらなる改善が求められよう。

そこで日韓間でのリスク管理、運転経験に関する情報共有や DB の共有を提案したい。PSR など定期的な安全評価のプロセスにおいて、どんなリスクを減らせるのかといったことについて情報や研究の交換ができればと思う。リスクプロファイルを安全に関する枠組みとして理解し運転に活用できればリスク管理がさらに活性化することだろう。

【質疑応答】

Q（日本側） 研究側に閉じずに、現場に近いところで研究が進められていることに感銘した。いつ頃からそうした体制になったのか。

A (ナ) 韓国と日本は事情が異なるので褒めて頂くには及ばない。リスク評価は世界的レベルと言えても、管理はまだ改善が必要だ。また、日本は原子力を扱う電力会社が複数あるのに対し、韓国は KHNP だけであり、直接の現場とのつながりは緊密にならざるを得ない。マンノウハウが重要であり、多くの要素が関連してくる。すべてを理解してプラントに適用するには時間がかかる。評価プラス管理が機能しているかについても自信はなく、まだ不十分だと思っている。安全向上に努力していきたいが、運営や整備など、日本が長けている部分については、情報交換を行うなどして学びたい。そうすればさらにリスク管理は強化できると考えている。

◎【日本側発表】「原子力安全推進協会における原子力安全性向上への取り組み」

宮田 哲好 原子力安全推進協会 (JANSI) 安全性向上部 安全総括グループ 部長

JANSI について

原子力安全推進協会 (JANSI) は、福島第一発電所の事故の後、このような事故を二度と起こしてはならないという日本の原子力事業者の総意の下、事業者から独立して安全性向上を牽引する組織として 2012 年 11 月に設立された。米国の INPO の活動を参考に、5 年間ですべての活動を軌道に乗せる計画で活動している。JANSI のミッションは、「日本の原子力産業界における、世界最高水準の安全性の追求～たゆまぬエクセルシオの追求～」である。ここでいうエクセルシオは、その時点時点でのエクセルシオを意味し変わっていくものである。JANSI がエクセルシオを示し事業者がそれに向けた活動を行い、エクセルシオに到達したならば JANSI はさらに高いエクセルシオを示すことにより継続的に安全性を高めていく。

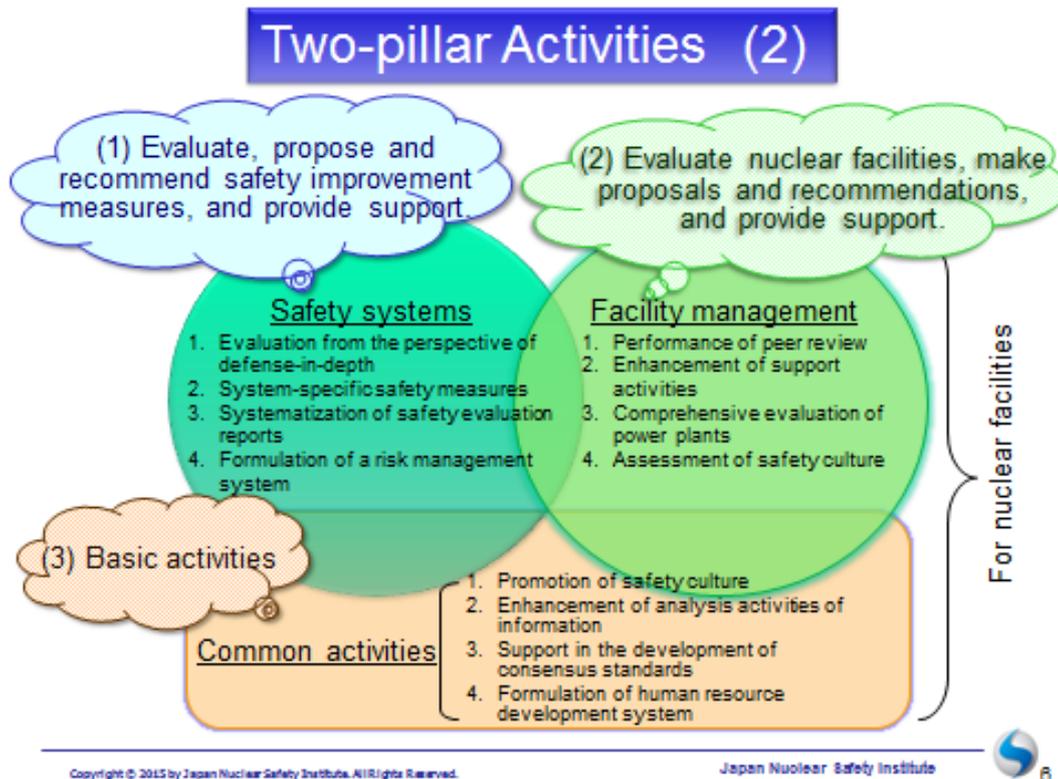
JANSI は事業者の自主規制組織であり自主改善組織である。このような機能を発揮していくためには事業者との間にいくつかの取り決めが必要であり、その取り決めをまとめたものが「協働の原則」である。協働の原則には「独立性の堅持」、原子力施設の停止を勧告できる「強い権限」、「CEO との意識の共有」などを定め、CEO と確認しあっている。

JANSI では福島第一発電所の事故の教訓から、活動の二本柱を定めている。一つ目は、事故原因の観点から、弱かった配置設計や設備設計といった安全システムを改善していくことが目的である。そこで、JANSI が事業者の安全性向上策を評価し、更なる改善策を提言・勧告し、それらの活動を支援していくことを一本目の柱としている。もう一つは、事故対応時の施設運営について得られた多くの教訓を確実に反映していくことが目的とし、事業者の施設運営の評価、提言・勧告、支援していくことを二本目の柱としている。具体的な活動内容は下図に示す通りで、一本目の柱の活動の中心は深層防護の観点からの安全対策の評価、二本目の柱の活動の中心はピアレビューである。



安全性向上活動

一本目の柱である安全性向上活動は、大きく四つの活動からなっている。一つ目は深層防護の観点から事業者の安全対策を評価し、改善策を提言・勧告していくこと。現在は喫緊の課題としてシビアアクシデント対策の評価を行っている。二つ目は個別課題の対応策の検討で火災防護を中心に行っている。三つ目は安全評価書の体系化で、これまでまとまっていなかった安全に関する資料を体系的に取りまとめるためのガイドラインを作成している。四つ目は事業者のリスクマネジメント体制の構築を支援する活動である。



シビアアクシデント対策に関する活動

福島第一発電所の事故は、深層防護の第4層の対策が十分でなかったことが事故を緩和ができなかった大きな要因である。そこで JANSI としては喫緊の課題として、日本のシビアアクシデント対策の改善に取り組んでいる。

JANSI では、日本で採用すべきシビアアクシデント対策を見出すために二つのアプローチをとっている。一つは IAEA の SRS-46 を活用して事業者のシビアアクシデント対策を評価し不足している対策を抽出すること、もう一つは海外プラントで採用されているシビアアクシデント対策を調査し日本と比較することである。これらの結果から日本の実情に合った効果的なシビアアクシデント対策を検討し、事業者に提言している。

海外の状況については、公開情報による調査を行ったのち、プラントの訪問調査を実施している。調査結果を国内プラントの状況も含めてデータベース化している。

IAEA の SRS-46 は規制のためのものではなくて、事業者が自分のプラントを深層防護の観点から評価することを目的に作られたものであり、JANSI としては、従来とは異なる視点、つまり、電力やメーカーとは異なる視点でプラントを評価するために IAEA の SRS-46 を活用することとした。

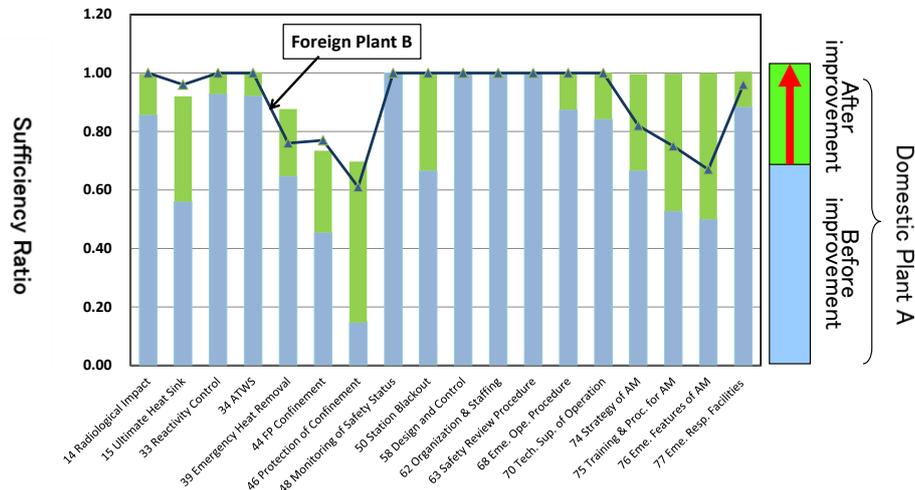
IAEA の SRS-46 は、68 の OT (Objective Tree) で構成されており、それぞれの OT には、維持されるべき安全機能が示されており、それを脅かすチャレンジ、チャレンジが発生するメカニズムとそれに対するプロビジョンがツリーの形で示されている。

JANSI では、プラントのシビアアクシデント対策の評価のために、深層防護の第4層に関わる OT のうち特に重要と考えられる 18 の OT を抽出し評価を行っている。最初に、日本のシビアアクシデント対策の特に弱いところを把握するためにプロビジョンの充足度を評価した。これはプロビジョンに当てはまる対策が一つでもあれば○、なければ×、という単純な評価である。その結果の一例が下図である。青い線が福島第一発電所の事故前の状況、それが現在の改善が終了すれば緑の状態となり大きく改善されることがわかる。

1st evaluation of SRS-46

- Sufficiency ratios after improvement of domestic plant increased. It means that safety of Japanese plants have drastically improved.
- Japanese plants attained a level comparable to foreign plant after the improvement

Note: Low level of sufficiency ratios for foreign plants is due to limited information



Copyright © 2013 by Japan Nuclear Safety Institute. All rights reserved.

Safety Institute



JANSI では、自主的安全性向上の観点からいくつかの提言をしており、その内容は非公開としている。

今後とも、プラントの評価を実施し安全性向上策を提言していく活動を継続していくことにより、自主的安全性向上活動を牽引していく。

【質疑応答】

Q1（韓国側）日本はプラントによって対策が異なっていると聞いているが、JANSI がどのような形で提言をしているのか。

A1（宮田）日本は電力によって考え方が異なっているところがあり、対策も異なっている。JANSI からの提言も、具体的な対策を指示するのではなく、こういうところが弱いので、それに対する対策をとるように提言している。対策の例は示しているが、実際にどのような対策をとるかは電力が決めるようにしている。

Q2（韓国側）JANSI は人も金も電力にかなり依存しているので、独立性の堅持はできているのか。

A2（宮田）確かに人も予算も電力による部分が多いが、内部の人事や予算配分は JANSI で決めることによって独立性を堅持している。

Q3（日本側）充足度評価で充足度が低いところがあるが、低い理由の具体例を教えてください。

A3（宮田）プロビジョンには考えられる対策が挙げられているため、すべてのプロビジョンを実施する必要がないものがある。例えば、格納容器の水蒸気による緩やかな過圧というメカニズムに対するプロビジョンには、サブプレッションプールの冷却やフィルターバントのほかに格納容器の外部冷却も挙げられている。これらはすべて実施する必要がないので、そういうプロビジョンがあるところは充足度が下がっている。これは海外プラントでも同じ傾向となっている。

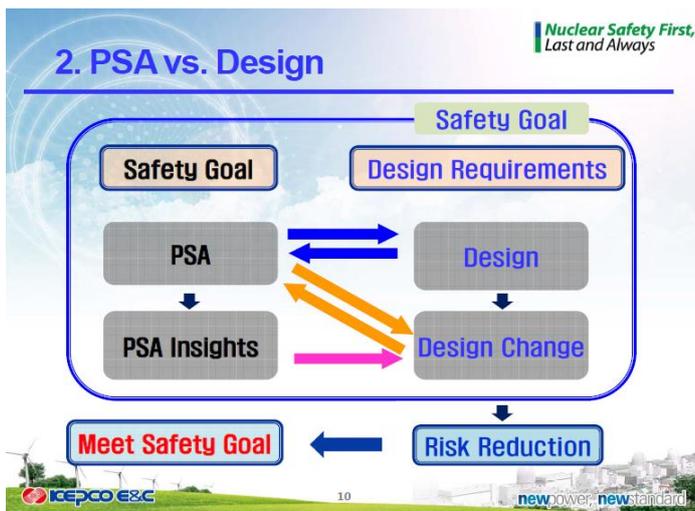
◎【韓国側発表】「原子力発電所設計における PSA 知見の適用」

キム・ミョンロ 韓国電力技術 副社長・安全評価技術グループ長

PSA（確率論的安全評価）は 1994 年原子力安全目標政策声明として公表された。2001 年には、全ての原子力発電所、建設中の原子力発電所で PSA とリスク管理を実現する重大事項政策声明が発表された。安全目標 CDF（炉心損傷頻度）、LERF（放射性物質の早期大量放出）も定義される。2016 年まで新しい安全目標を開発する作業が行われている。

PSA は 80 年代の後半から事例研究を通じて行われた。90 年代の初め古里 3,4 号機、靈光 1,2 号機を対象として一番最初にフルスケールの PSA を行った。90 年代の末には設計の最適化の中に PSA が盛り込まれるようになった。2014 年以降は安全性に関する報告書内容に PSA が含まれるようになり、Ch19 にも含まれるようになった。

PSA は本来、原子力発電所の安全性を評価する役割を持っている。韓国電力技術では、設計の最適化の意思決定のツールとして使用している。PSA を活用することによって設計最適化を図ることができ、安全性も改善できた。リスクを管理し、RI-ISI・AOT・STI にも使われるようになった。



設計の最適化そして安全性の改善において、設計の変更の対象となる PSA を利用した安全評価を行い、安全性の向上や安全性に少ししか影響を与えていないものはその通り行われる。もし安全性を低減させる場合にはその設計自体を廃棄した。PSA は脆弱性を識別するために、事故のシナリオを分析し、原子力発電所の事故の可能性や重要性を推定するツールであり、リスク管理はその重要度に応じた危険因子の管理により、安全性を確保するための技術である。PSA とリスク管理は、全体的な原子力発電所の設計と運用に採用し、その有効性を示してきた。

設計ガイドライン 2.2 条では、PSA の目的として規制要件を満たすため、安全目標を満たしていることを実証するため、安全性を高めるための設計と建設に PRA 由来の洞察を提供するため、プラント運転で使用するための基本リスクモデルを提供するためとされている。

設計ガイドライン 6 条では、PSA から出てきた洞察は設計に反映しなければならないとなっている。PSA の結果と洞察により、安全性を向上させる設計の変更候補を同定し、設計変更候補の感度分析を行い、設計変更候補の適用性を確認し、可能であれば事業主、事業に関する責任者に報告し設計を変更する。設計変更は再び PSA モデルにアップデートされる。

設計ガイドライン 7 条では、設計に関する変更内容について安全性の側面から PSA の評価を通じて従来掲げていた安全性の目標が本当に達成できるかどうかとなっている。

つまり発電所の建設をするなかで多くの設計項目の内容に関して PSA を利用して設計変更を実際実施した場合、安全性にどのような影響が及ぶか評価する。

実際の設計の改善状況について新古里 1,2 号機では非常用冷却水系統の追加による安全性の影響、補助給水系統の制御キャビネットおよび電源の割り当ての変更、サイト内の補助弁圧機の配置の設計変更、一次機器冷却系統の空調

機の二重化、二次系統を利用した急速冷却運転の手続きの変更などを行った。新古里 3,4 号機では電力系統の設計の最適化、代替交流ディーゼル発電機建屋の構造変更、加圧器パイロット駆動の安全放出バルブのバックエンドの 3WAY バルブ追加設置などがある。APR1400 では安全に関するバッテリーの容量の増加、非常用ディーゼル発電機の燃料貯蔵容量の増大、一時冷却構造の中に設置されている空調機の設計容量の拡大、代替交流ディーゼル発電機と非常用ディーゼル発電機間でユニットごとに交換できる共有設計の適用などがある。

福島事故後、原子力発電所の安全性に関して社会的な容認が非常に重要となった。新古里 5,6 号機の場合に韓国電力技術と韓国水力原子力は PSA の洞察からでた様々な内容がすでに安全目標を満たしているにも関わらず最大限それを設計に反映できるように取り組んでいる。長期的に PSA の洞察を使ったリスク情報に基づいた原発の設計ができるよう研究開発している。これからもより安全な建設のために PSA をさらに深めていくつもりである。

【質疑応答】

- Q1（日本側）PSA は盛んに世界で研究されていてどんどんアップデートされている。最近の研究議論、実用化のなかでも課題としてコモンコースフェーディア、ヒューマンファクター-レイティッドを PSA にどうやって取り込んでいくのが議論になっている。韓国ではこういったことに関してどのような意見をもっているのか？また UAE の規制にもかかわられたということでインターナショナルな意見としていろいろ聞かれていると思うのでその辺のご意見を伺いたい。
- A1（キム）韓国水力原子力は、PSA、リスクを管理し、運営をしている会社である。ユーティリティーとして管理をしている。韓国電力技術はその PSA を開発する業務をしている。韓国原子力研究院で PSA の研究をしている。現在、その部分をハローワークしている状況であり、韓国の中で実質的に評価をすることは非常に難しく、アメリカで開発され広く使われている CF の分析理論を使っている。ヒューマンファクター、ヒューマンエラーという部分に関しては最初に開発された内容を韓国原子力研究院で韓国型のヒューマンエラーの開発方法を開発し、現在活用している。
- UAE に関して全世界的な観点から PSA の活用については個人的にはあまり多くのことを知らない。しかし韓国、UAE 等それぞれの国によって規制の条件が違ふと考える。それを実施する細かい部分や技術に関する定義とかは大きく違わないが、トップレベルから見るとオールモード、オールイベントに関する評価について韓国では多少限られた事項のイベントに絞られる。他の所では、広がった部分まで作るべきではないかと話も出ている。また韓国で適応している設計の情報とかデザインのフリーズデータも海外の原発と多少違ふ部分もあり、分析をする時の考慮条件だと思われる。

5-5 閉会セッション

閉会挨拶

◎高橋 明男 日本原子力産業協会（JAIF）理事長、日本側代表団団長

本日のセミナーには、多くの方々にご参加頂き、心から厚くお礼申し上げます。両国における関心事項を取り上げ、長時間にわたり熱心な発表が行われ、双方にとってとても有意義な場となった。短い時間ではあったが、原子力発電所の保守管理やリスク管理、さらなる安全性向上対策、そして廃止措置や放射性廃棄物管理の現状など、種々のテーマについて情報交流ができたことを大変喜ばしく思う。

今回のセミナーを通じて、印象に残った点として、次の点を挙げたい。原子力推進の基本である原子力安全を中心に、両国の専門家が共通する様々なトピックについて意見交換を行うことは、原子力発電所の安全性向上と原子力の健全な発展に大いに貢献してきたものと考えている。また、廃炉の時代を迎えた日本と韓国は、国民の理解と社会の支持が不可欠であり、今後両国の協力がさらに重要となろう。

日本代表団は明日テクニカルツアーに出発し、中低レベル放射性廃棄物処分場、新古里原子力発電所、斗山重工業を視察する予定である。このような機会を与えて下さったことに感謝する。

最後に、今回のセミナー開催に際し、尽力いただいた日韓双方の原子力産業会議の関係者の皆さんに対し、心よりお礼申し上げます。今後の日韓原子力産業界の協力関係の益々の発展を願うとともに、次回日本で再会できることを楽しみにしている。

◎ミン・ゲホン 韓国原子力産業会議（KAIF）常勤副会長

ご多忙中にもかかわらず、今回のセミナーに最後までご参加いただき、改めて感謝を申し上げます。

今回のセミナーでは、両国の原子力産業の懸案事項や関心分野を中心に12件の発表があった。これらについて、真剣かつ有益な議論が行われたことにより、すべての参加者にとって有意義なセミナーになったことと思う。

今回のセミナーを通じて、韓日両国が変化する原子力の事業環境において、健全に発展していくことができる解を見つける機会となることを願っている。今後もこのセミナーが、さらに充実、発展して韓国と日本の原子力産業界をつなぐ架け橋の役割を果たし、両国の交流の場として継続されることを願っている。

明日から日本代表団は、韓国の原子力関連施設の見学ツアーに出発する。この機会を通じて韓国の原子力産業と韓国文化について、さらに深く理解いただき、良い思い出を作られることを願っている。すべての参加者の皆さんに今一度感謝申し上げます。



6. テクニカルツアー

6-1 韓国原子力環境公団（KORAD）中低レベル放射性廃棄物処分場

日時：2015年10月28日（水）15:00～17:00

1. 概要

KORAD 中低レベル放射性廃棄物処分場は、韓国南東部日本海側に位置し、月城発電所に隣接している。また、敷地は約2平方kmある。

処分容量は将来分計80万本（ドラム缶）であるが、第1ステージの処分場は、垂直円筒サイロ型（6サイロ）10万本容量で、2015年7月より運用している。サイロは地中に設けられ、海水準下80mでサイロのトップとなる深度に設けられ、サイロ高さは50m、サイロ直径は約24mである。

なお、第2ステージの処分場は、12万本容量が計画されている。



KORAD 処分場（パンフレットより編集）



ビジターセンター KORADIUM

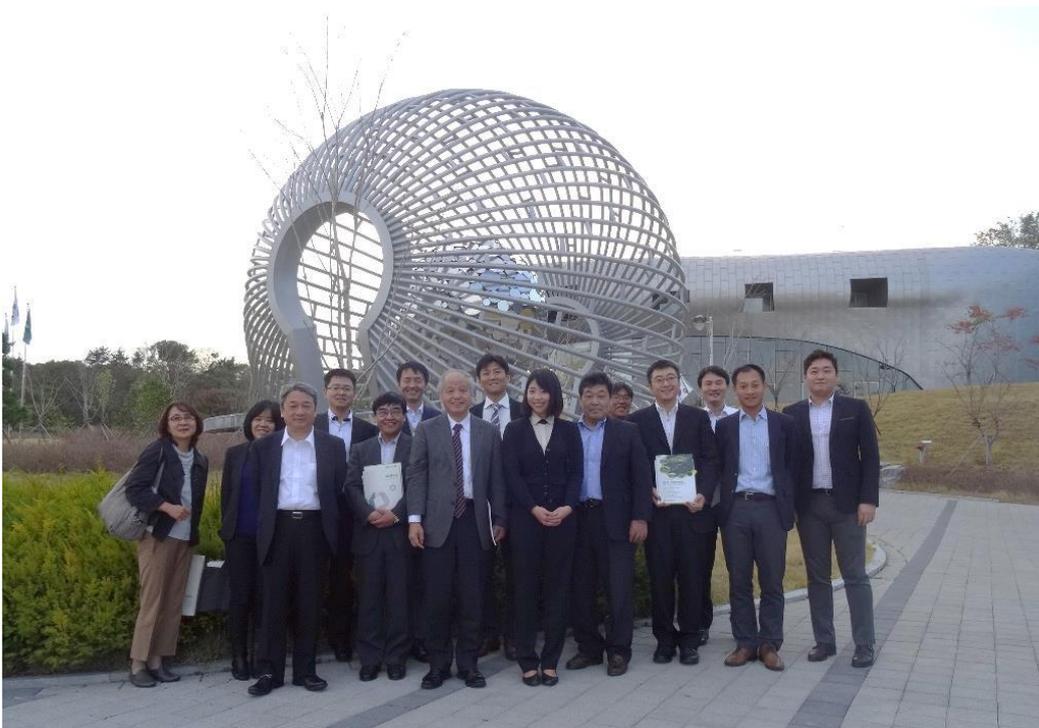
2. 訪問時に聴取した事項等

- ・ソウルからバスで約4時間半で慶州市内、市内より50分で日本海の海岸（海水浴場あり）、海岸近くが処分場
- ・途中、市内より40分程のところに韓国水力原子力発電会社（KHNP）の本社、及び本社から5分程のところに社宅を建設中
- ・地下水は建設中で1800トン/日、現在1300トン/日が発生
- ・6つのサイロのうち、2つのサイロが運用中であり、2つのサイロはそれぞれ月城発電所と古里発電所として用いられている
- ・発電所、病院、研究所を問わず韓国国内で発生する低中レベルの放射性廃棄物は全てこの処分場で受け入れる
- ・ドラム缶はコンテナ（8本入り）で海上輸送され陸上輸送される（ただし、処分場敷地内には岸壁はない）
- ・固体廃棄物についてドラム缶内を充填固化されているわけではないとのこと
- ・受け入れ検査では表面の線量率測定、汚染検査、外観検査の他、サンプリングにより核種測定やX線検査を実施

- ・受け入れ検査後、ドラム缶は肉厚 10 c m のコンクリート製のコンテナに収納され、地下施設に移動し、サイロの上部からコンクリートコンテナごとクレーンにて吊り下げ、定置される
- ・見学では斜路からサイロに至る坑道の分岐場所で構内バスを降りて出入り管理室。オーバーシューズ+綿手+実験衣+線量計+ヘルメットの装備。
- ・コンクリート製コンテナの積み上げ高さは 27 段、約 35m まで積み上がることになる
- ・サイロ下部には排水サンプがあるとのこと
- ・サイロ内張りの鉄筋コンクリート厚は 1~1.6m
- ・サイロの埋め戻しは礫、上部は礫+コンクリート、サイロ入り口通路はコンクリートとのこと
- ・退出時の汚染検査は退出モニタ

3. その他(感想)

- ・次の見学グループが入れ替わりで待っていたが、見学者は多く、前日には約 500 人が来所し修学旅行生も来ていたとのこと。
- ・我々の一行とほぼ同じときには、小学生 20-30 人ぐらいのグループがビジターセンターにおり、見学者が多いのを実感した。



ビジターセンター前にて

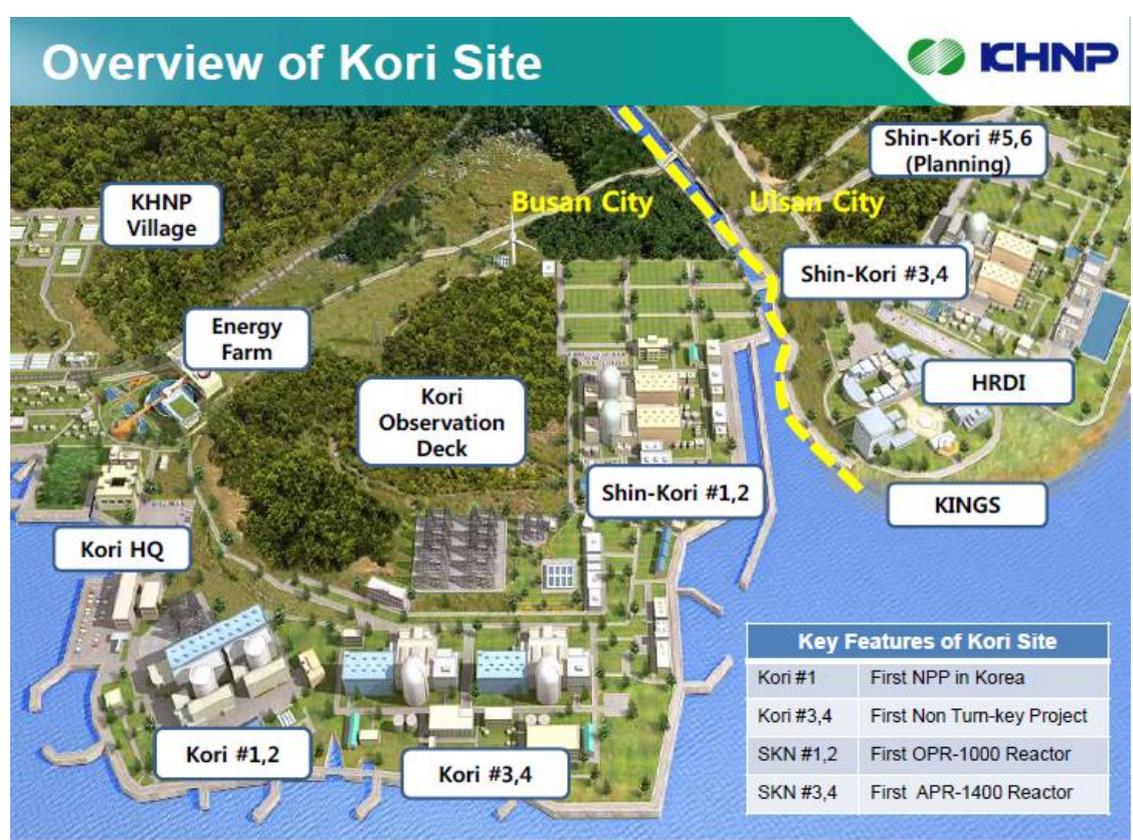
6-2 新古里原子力発電所

日時：2015年10月29日（木）14:00～17:00

新古里原子力発電所は、韓国第2の都市である釜山の東に位置し、釜山市内から車で約1時間の位置にあり、隣接地には古里発電所4基が稼働している。

現在稼働している1、2号機は、OPR1000が採用され、1号機は2011年2月に営業運転を開始し、2号機は2012年7月に営業運転を開始している。

また、同敷地内には最新鋭のAPR1400を採用した3、4号機の建設がほぼ終わっており、3号機については、まもなく運転許可が得られれば、すぐにでも燃料装荷できる状況であり、来年5月の営業運転開始を目標としている。5、6号機もAPR1400を採用する予定であり、2022までに6号機の商業運転を目指している。（配置は下図参照）



(発電所紹介)

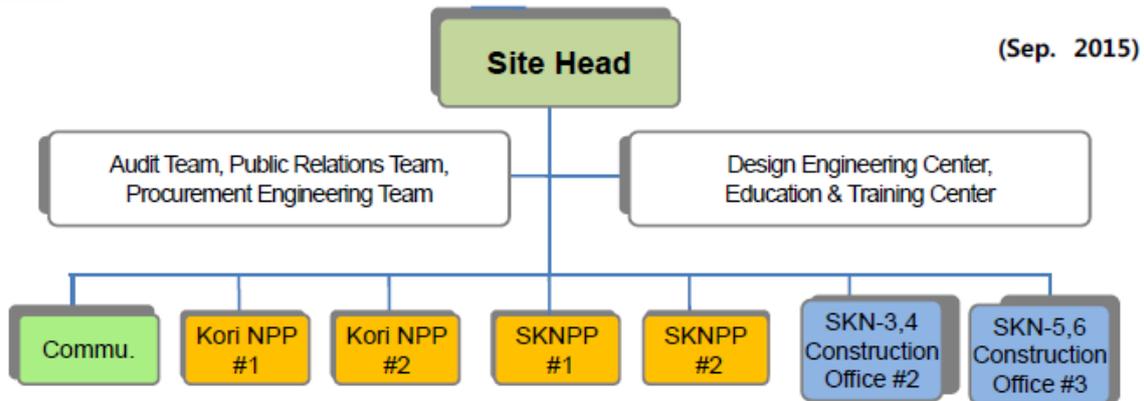
はじめに古里サイト全体を紹介するプレゼンテーションが行われた。発電所の歴史や組織に加えて運転状況や古里1号機の廃止についての説明を聞くことができた。

【古里サイトの組織】

古里サイトの組織は、原子炉2基に対して一人の所長、一つの事務所という管理体制である。

現在、古里サイト全体で作業員は3731名であり、そのうちKHNPの社員は2331名（うち運転員が466名）、メンテナンス作業員が1080名、建設作業員が320名である。

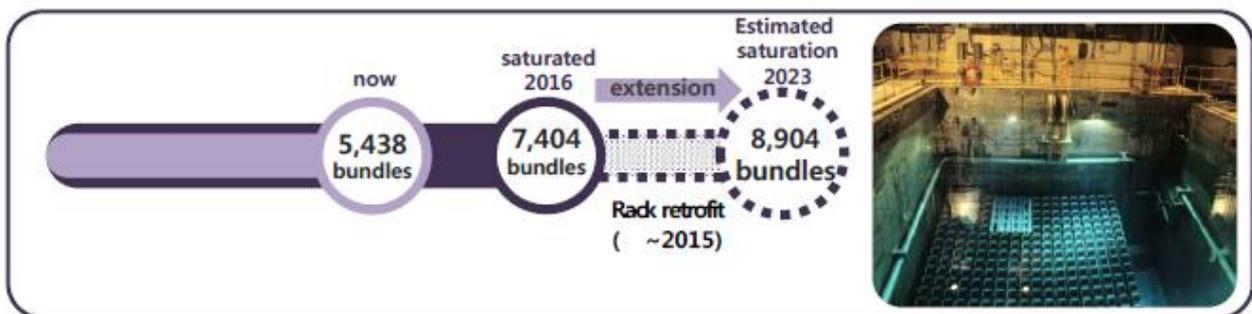
Organization of Kori Site



【使用済燃料の管理】

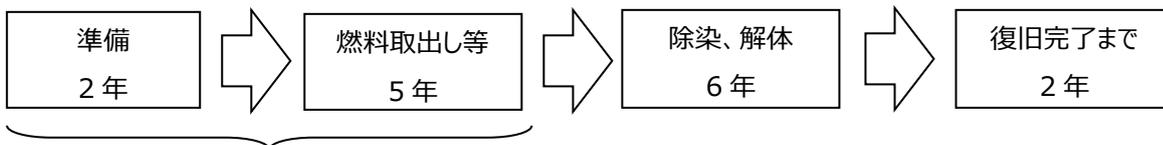
使用済燃料の数は、現在が 5438 体であり、2016 年には 7404 体、2023 年には 8904 体となる。

廃炉となるプラントでは当面は各号機の保管場所に保管するが、廃炉が進んでくると順次隣の号機に燃料移動させる計画であるが、国からは別の保管施設を作ることが求められているとのこと。



【古里 1 号機の廃止】

古里 1 号機については、2017 年 6 月 18 日に運転を終了する予定であり、現在の計画では約 15 年をかけて廃炉を完了させるとのことであるが、具体的な検討はこれからであり、詳細な計画はできていない。

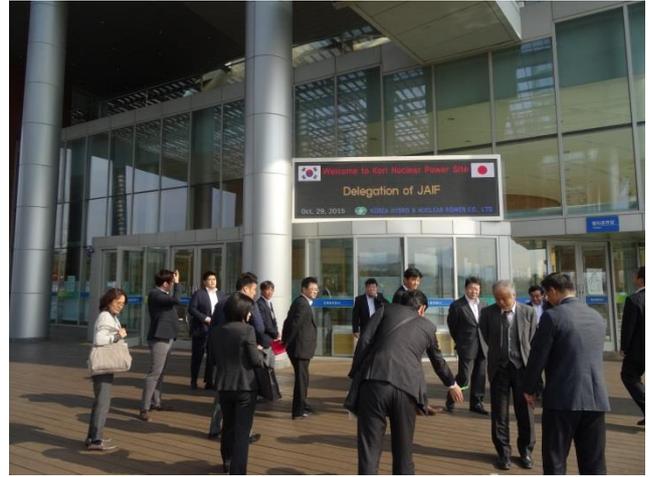


この間に具体的な検討と許認可取得

(現場見学)

運転中である新古里 2 号機の見学コース（ガラス越しに設備を見ることができる見学専用コース）を視察した。中央制御室、タービンフロア等の設備を見学した。1 プラントあたりの当直員は日本より 1、2 名多いが 3 交替 6 班体制は日本と同様であった。

続いて新古里 3、4 号機を山側から望むことのできるギャラリーで新古里 3、4 号及び APR1400 についての説明を受けた後に建設がほぼ完了している 3、4 号機を海側から見学した。APR1400 のドーム型の原子炉建屋は、大きく迫力のあるものであった。その外壁にはカモメをデザインした壁画が描かれていた。トラブル等で 3 号機の運転開始が遅れているものの作業員は、燃料装荷を目前にしてとても自信に満ちあふれているという印象であった。



古里発電所 Energy Farm(デジタルセンター)



デジタルセンターにて概要説明



新古里 3、4号機外観

6-3 斗山重工業（株）

日時：2015年10月30日（金）09:30～12:00

1. 概要および見学

斗山重工業内で事業内容の概要説明映像（日本語）を視聴し、併せてエントランス奥に設置された事業紹介用のパネルや模型等を用いての個別説明を受けた。そのあと工場視察に移り、鍛造工場、タービン工場及び原子力工場の計3か所を見学した。パネルや模型は、撮影が自由に許可されたが、工場内は撮影禁止であった。

斗山重工業グループは40,000人ほどで、今回訪問した工場では5,000人が働いている。主な事業は、原動機、原子力、海水淡水化、鋳鍛造、建設の5つの事業部に大別され、火力（石炭やCCPP等）、原子力プラント（APR1400、AP1000等）の蒸気発生器、タービン、ローターや原子炉の製造から建設をEPCとして、風力発電では3MW級のWinDS3000tm、海水淡水化事業は蒸発（MSF法）法と浸透圧法（RO法）を組み合わせたハイブリッド淡水製造プラント（一日の処理量45万ton/day）をUAE等国内外に展開している。三菱重工と同等、若しくはそれ以上に国営企業色が強く、タービン素材、風力発電、淡水プラント等は国策として国の開発費を利用して共同開発を行っている。視察内容は以下の通り。



本社の展示室にて施設説明

●鍛造工場

現在プレス機は1,200、1,600、4,200、13,000tonの4種類を持っておりインゴットの最大重量550tonまで扱うことができる。1つの鍛造工程にかかる時間は30分～4時間程度で、加工中に800～900℃まで温度が下がると2時間半ほど再加熱し、再加工を行う。原子力製品の場合は形状が複雑なため、このプレスと加熱の工程を10サイクルほど実施する。鍛造工場加工したものは、他工場及び他社へ搬送し組み立てることになる。クランクシャフト類は、220基/年製造し、約80%を斗山エンジニアリングに、10%を中国に供給している。

現在の13,000tonのプレス機は、来年10月ごろに17,000tonのプレス機にリプレイスする予定である。プレス機は、設計、部品製造等を斗山で行い、組立はチェコ企業に外注しているとのこと。

●タービン工場

タービン、タービンブレード、ローターを主に製造しており、三菱重工や川崎重工とのライセンス供与やGE、UAEから受注するなどしている。ガスタービンは10台/年製造しており、Co-generationやソウルコンバインドサイクル用（韓国独自開発品）のものを製造、ローターは60～80台/年製造しており、GEからのOEM生産やUAEから受注生産している。タービンも60台/年ほど製造しており、原子力プラント用のHPタービンなどを製造している。タービンブレードは新ハヌル1号機向けに52インチのブレードを製造しており、現在57インチのタービンブレードも開発中である。ブレードは発電機工場で製造する。

●原子力工場

1983年ハンビット4号機の蒸気発生器の製造をはじめとして、国内はもとより中国の秦山・三門、アメリカのボーグル、UAEのバラカ向けに主に蒸気発生器と原子炉の製造を手掛けている。2015年現在、蒸気発生器の製造が100基目（ハンビット）、原子炉の製造が30基目（米VCサマー）を達成した。

蒸気発生器は AP1000 や APR1400 用のものを製造しており、APR1400 については伝熱管 13,500 本を日本やスウェーデンから購入後に本工場で組み上げている。原子炉圧力容器は 5 基／年、蒸気発生器は 10 基／年の製造能力を有しており、PWR 発電所を年間 5 基供給可能である。原子炉圧力容器は、1 基当たり 36 ヶ月で製作する。原子炉は 7 つのパーツから組み上げており、熱処理炉や水圧テスト装置もあり素材生産から出荷まで一貫した製造が可能である。

2. 所感

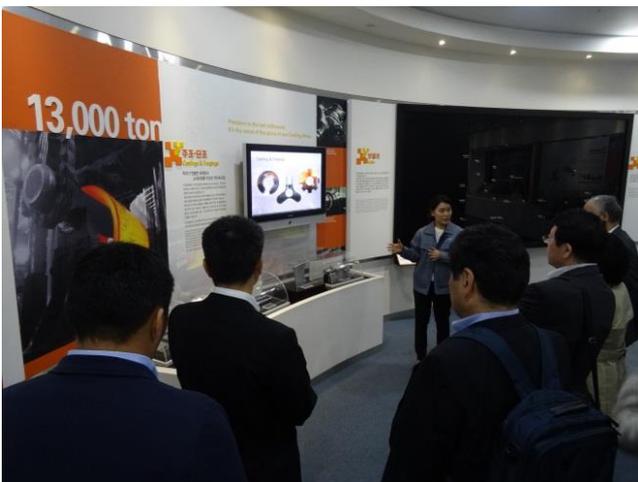
斗山重工業は 1962 年設立であるが、50 余年の年月を経て近年は海外を中心に事業を展開している。施設の見学してみると非常に活況であり、工場稼働を見ても製品があふれており、どんどん進歩している感じがした。冒頭のビデオから、斗山が世界のエネルギーを通じて世界を、生活を変えていくと説明の端々でアピールがあったが、その意気込みは非常に感じられた。

原子力をはじめとした発電プラント関係に一番注力しているように見受けられ、初の蒸気発生器の製造から 30 年程でプレス機の鍛造製造能力強化や、素材生産から熱処理炉や水圧テストまで一貫した設計製造を可能にする EPC 事業の強化に注力しているように見受けられた。設備を海外より一通り導入し、一貫した製品製造が可能な体制を構築した後その製造プロセス技術に注力しているところなどは、例えば日韓のこれまでの半導体製造競争の歴史に似ているところも多い。裏を返せば、例えば蒸気発生器の伝熱管はすべて社外からの調達であるように、素材や製造装置に対する知見や技術は弱く単純組立工場の色合いが依然強いと思われる。ただし、17,000ton のプレス機を自社で設計するまでのステップに来ていることや、コスト面での優位性など市場で脅威となる部分もあることが分かった。

また、発電事業、淡水事業等、世界に向けたビジネス戦略が国策として見て取れ、それに呼応した企業となっており、AREVA をイメージさせるような会社であると感じた。R&D に関して国からのバックアップを受けている様子がある。輸出に関しても、圧力容器等を積極的に中国への輸出などを展開している。

キャスクに関し、質問したところ、斗山として現時点ではキャスクの設計・製造は行っていないが、キャスク工場は現存し、将来的には SF の乾式貯蔵の要求も高まると思われるため、有望なビジネスチャンスと認識している。従って、将来的には、再度キャスク事業への参画を考えているとの回答であった。

最後に、今回の見学を案内してくれた技術者（女性）は日本語がペラペラで、かつ、製品に対しての説明や質問の受け答えにもしっかりしていて非常に優秀だった。



2016 年には 17,000ton のプレス機を導入予定で、工期短縮と品質向上を狙う。



APR-1400 の模型。案内者は工場内でも的確な説明や受け答えをしていた。

7. 主な参加者所感

● 今回のセミナーは、日・韓における原子力産業の置かれた状況の違いが如実に表れていて、非常に勉強になった。過去のセミナー参加者は韓国側が多数であり、日本での状況を勉強し、追いつけ追い越せとなっていたと感じるが、今回の発表内容や施設見学では、日本にはない、プラントを建設している自負と勢いを感じた。廃棄物処分場、新古里の新設プラント、斗山重工業の工場と、今の日本に欠けている部分を見た気がする。但し、これまで日本が培ってきた技術や品質面での重要性は、まだまだ、負けていないという感じもあり、今後は、日本も奢ることなく、原子力推進の隣国として更なる切磋琢磨を続けていくことが必要であると思った。お互いに良いところを学び、意見交換を続け、トラブル情報等を共有していくことが、安全性向上に向けて重要になってくると思った。また、同行者の方々は、いろいろな経験、知見を有しており、韓国側からの説明に対する質問等改めて学ぶ部分があり、非常に有意義な時間だった。今後は韓国も、廃止措置、廃棄物処理等の分野での協力関係の構築が必要となってくると考えられる。

● セミナーについては、英文資料と同時通訳により、日韓双方の意思疎通がかなりできた。発表時間についても適当であったと考える。また、韓国原産（KAIF）の対応もすばらしくセミナーとしては成功であったと考える。2年毎に双方を行き来することも適当であり、今後も継続すべきと思う。原子炉施設の廃止措置・放射性廃棄物処分について、韓国の進み方にはすさまじい勢いを感じるとともに、日本が追い越されている感じがあった。将来的に、日本側から韓国に開催を希望したいとの立場になってしまうのではないかと危惧する。3か所のサイトツアーからもそれが良く伺えた。KORADの今年稼働した廃棄物処分場、KHNPの新古里発電所、斗山重工業のプラント機器製造など、全てプロダクトに関連する施設は力強く感じた。日本にもそういう時代があったように思う。

● 一般的に見た場合、戦略・政策といった広い分野の発表から非常に狭い専門分野の発表もあり、セミナーの目的が分かりにくいものとなっていたと思う。広い分野を対象として実施するのか、分野を限定して実施するのか、セミナーの性格を決めたほうがいいと感じた。また、テクニカルツアーでは、どの施設でもしっかり対応していただき、韓国の原子力産業界の活気を直接感じられ、非常に良かったと思う。初めての韓国だったが、十分満足することができた。

● 普段は机上で研究・調査していることが多いだけに、現場を熟知されている皆さまの知見と、その場その場での的確なコメント、ご質問には大変多くを学ばせていただき、またとない貴重な機会となった。

● KORAD 処分場では思っていたよりも施設の内部まで見学することができて良かった。そのためか、訪問団からの質問も技術的なものが多く、時間が足りなかったように思った。今後は移動方法を見直し、現地時間を多くとるようなスケジュールにしてはどうかと思う。

● 隣国でありながら全く知らなかった韓国の原子力産業の現状について触れることができ、大変充実した5日間となった。普段、韓国の原子力産業の現状について意識することはなく、日本の原子力発電所が設備基準、運用、安全性で世界でも最高レベルで海外の原子力発電所は、劣っているとさえ思っていた。このセミナーに参加させていただき、一部分だとは思いますが、韓国の原子力産業について見聞きをし、こんなに進んでいたのかというのが正直な実感だ。国を挙げて原子力産業を推進し、海外への原発の輸出等でこれからどんどん規模が拡大していく様子を肌で感じる事ができた。福島事故のあと、日本の原子力発電所の建設、運転が停滞している中、韓国内では、原子力産業を推進するためのしっかりと地盤が出来上がっており、

原子力発電所の建設、技術開発のサイクルの速さは脅威にも感じた。今後も韓国の原子力産業の動向について注目していきたいと考えている。

● 原子力事業は、今後、世界的にみても、廃炉と廃棄物処理の課題が顕在化していき、それに伴い運転と保守の内容も変化していくような、次のフェーズに移行すると思われる。今回のセミナーを通して日本に一番足りないものは、原子力事業がこれからも技術的に未知の分野であることを広く国内に周知することであると思った。法律を施行し体制を整え技術を開発するのと併せて、国民の協力を広く得ていく仕組みを構築・運用していくことが、原子力の、ひいては日本のエネルギー政策の強化につながることにとなると考えさせられ、もはや、単なる責任問題ではないことを皆で認識していく必要があると思われた。

一見、韓国の方が進んでいるような印象を受けるが、技術面もさることながら、政策面でも様々な課題があるように見受けられた。特に、処分場の立地周辺住民への経済的なインセンティブの内容を見るに、韓国では財務での駆け引きありきの政策となっていないか危惧するところもあった。いずれにせよ、日韓双方とも不断の努力を続けなければならないのは共通なところであり、良きライバルとして、引き続き協力していければと思う。百聞は一見に如かずというが、韓国でセミナーを聴講し施設を見学できたことはそれだけでも非常に有益であった。文化や風土はすべての物事の基盤にあるものであり、改めて足を運ぶことの大切さを再認識した。またこのような機会があれば、ぜひ参加したいと思う。

● セミナーに参加させて頂き、初日のセミナーで日韓の原子力業界の最新動向や知見に触れることが出来たことはもちろん、放射性廃棄物処分場や新古里原子力発電所、斗山重工業の昌原工場見学を通じて韓国原子力産業の『現場』を体感させて頂いたことは、改めて韓国の原子力産業の勢いを実感する大変貴重な機会となった。原子力産業の発展には政府主導による資本と人材の集中が不可欠ということは初日のセミナーでも日韓双方の関係者が言及していたことであるが、こうした現場の勢いから、韓国では日本以上に原子力開発と海外展開が官民一体となって推進されている実情を感じることができた。また、今回日本より参加されていた皆様は豊富な知識・経験を有した方々ばかりであり、そのような方々と5日間行動を共にできたことは、現地で見聞きした内容以上に有意義な体験であったと共に、こうして得ることができた繋がりを今後も大切にしていきたいと考える。

● 原子力発電プラントの建設、運転の分野において両国は良いライバルであると同時に、これまでとは異なる双方向の関係を築けるかもしれないと感じた。斗山重工業の工場の中に入る機会を得たことは誠に喜ばしく、ひとえに事務局のおかげと感謝している。しかし、目にした光景はややショッキングで、世界の建設案件を受注する活況から日本は取り残されてしまった、とさえ感じた。韓国の他に中国の台頭も考えると、日本は“先を行く技術での勝負、質での勝負”に生き残りを賭けるのだろう。これまで、オペレーター立場で原子力産業界を見てきたが、今回、新たな視点を与えてくれた原産協会のミッションに感謝したい。

● テクニカルツアーで一番強く感じたことは、韓国の原子力産業界は垂直統合型の形態となっており、その意味で国の方針が浸透しやすく、国内の建設計画も産業界に対する国費の投入も計画的に無駄なく行うことができ、国際戦略も国全体が一丸となって進められる状況なのだということである。比較すると日本はプラントの炉型や各層の企業を含めて水平分業的な形態である。どちらの形態にもメリット、デメリットがあると思われるが、韓国では少なくとも今は全てが良い方向に進み、追い風となっていると感じられた。今回のテクニカルツアーを通じて、我々も日本の強みを前面に出し、原子力産業界が盛り上がるよう頑張らなければならないと奮起させられた。

● 韓国側からの発表で印象的だったのは、住民への理解活動を積極的に行っていることを強調していたことだ。また、日本

側の発表に対する韓国からの質問で、福島第一原発事故対応やふげんの廃止措置のコストについて聞かれていたこと、韓国側の燃料改良に関する発表に対しては、燃料の保険とリース化についての質問が出る等、コスト意識の高さを感じた。

編集後記

今回の第33回日韓原子力産業セミナー開催に際しましては、昨今の原子力情勢により、益々、参加者の減少が懸念されておりましたが、会員企業様のご理解とご協力により、スムーズかつ適度な人数のお申込みを頂き、日本代表団を編成することができました。ご参加頂いた皆様には大変なご協力を頂き、和気藹々とした中にも緊張感をもってセミナーと出張日程をこなすことができ、思い出深い日韓セミナーになりました。特に、大変ご多忙のなか快くご発表をお受け頂いた日本側関係機関・ご発表者の方々に深く感謝申し上げますとともに、ご参加頂いた会員企業の皆様に厚く御礼申し上げます。当協会では、今後も引き続き日韓の原子力協力・交流に努めたく、引き続きご支援賜りますようお願い申し上げます。



日本原子力産業協会 国際部

8. 参考資料 日韓原子力産業セミナー開催一覧

回数	開催年月	開催場所	日本団長名 (敬称略)	韓国開催 参加者数		日本開催 参加者数	
				韓国側	日本側	韓国側	日本側
第1回	1979年4月	プサン	一本松・原電	60	11		
第2回	1980年11月	東京	一本松・原電			20	42
第3回	1981年10月	ソウル	石橋・九電	200	11		
第4回	1982年12月	東京	石橋・九電			16	?
第5回	1983年10月	ソウル	石橋・九電	160	18		
第6回	1984年10/11月	東京	石橋・九電			24	?
第7回	1985年10月	ソウル	石橋・九電	280	20		
第8回	1986年10月	東京	石橋・九電			16	?
第9回	1987年11月	ソウル	白石・九電	260	21		
第10回	1988年10月	東京	白石・九電			25	?
第11回	1989年10月	ソウル	白石・九電	260	31		
第12回	1990年10月	東京	白石・九電			22	?
第13回	1991年10月	ソウル	白石・九電	240	21		
第14回	1992年10月	東京	白石・九電			32	50
第15回	1993年10月	ソウル	白石・九電	250	26		
第16回	1994年10月	東京	白石・九電			38	70
第17回	1995年10月	ソウル	白石・九電	250	38		
第18回	1996年10月	東京	森・関電			27	50
第19回	1997年9月	ソウル	前田・関電	240	23		
第20回	1998年10月	東京	前田・関電			24	80
第21回	1999年10月	ソウル	岸田・関電	130	25		
第22回	2000年10月	東京	山崎・電発			22	60
第23回	2001年9月	ソウル	山崎・電発	230	21		
第24回	2002年10月	東京	坂本・北海電			28	110
第25回	2003年10月	ソウル	菅・北海電	220	28		
第26回	2004年10月	東京	松本・九電			51	95
第27回	2005年10月	ソウル	樋口・九電	260	22		
第28回	2006年10月	東京	樋口・九電			42	63
第29回	2007年10月	プサン	服部・原産協	170	27		
第30回	2009年10月	東京	服部・原産協			46	74
第31回	2011年11月	ソウル	服部・原産協	100	25		
第32回	2013年10月	東京	服部・原産協			24	60
第33回	2015年10月	ソウル	高橋・原産協	120	16		