

巻頭言

1 「モノ言う科学者に期待」

広瀬崇子



インタビュー

14 「原子力の基本は、安全最優先と透明性の確保」

原子力機構 副理事長 早瀬佑一氏に聞く

聞き手 小林容子

12年間にわたって運転を停止中の「もんじゅ」。その運転再開について、原子力機構の早瀬副理事長は「安全最優先と透明性の確保に最大限の意を払う」とした上で、「今年10月を目標にしたい」と述べる。社内の意識改革、スタッフの能力と動機づけの維持や向上、地元との交流、国際化への対応など、これまでの12年間の取り組みと、これからについて、話を聞いた。

時論

2 再生可能エネルギーと原子力発電

再生可能エネルギーの利用が急速に拡大しているが、その発電コストは高い。一方、原子力が受容されるかどうかは、一般の人たちに安心感を与えられるにかかっている。

牛山 泉

解説

20 急激な伸びを示すインドの電力量—順調なトリウムサイクル開発と大型軽水炉の導入計画

経済成長が著しいインド。急激な伸びを示す電力需要に対応するため、同国はトリウムサイクル開発に加え、海外から大型軽水炉を大幅に導入しようとしている。

西郷正雄

報告

25 「新潟県中越沖地震より得られた知見から更なる安全性の向上へ」

NISA/JNES シンポでは、設計余裕の見きわめや、情報発信のあり方について議論が交わされた。

編集委員会

講演 「2007年秋の大会」より

28 原子力グローバル化に向けた最新動向—原子力総合カンパニーとして「三菱自前の技術」による海外展開を

「エンジニアリング力」、「もの作り力」、「技術サポート力」を基幹とする三菱重工は、原子力総合カンパニーとして、日本での原子力プラントの建設経験と海外への機器輸出経験を活かし、「自前の技術」で原子力のグローバル化に取り組む。

山内 澄

講演 「2007年秋の大会」より

33 原子力のグローバル化に向けた最新動向—日立-GE 原子力事業統合の現場から

原子力導入以来のパートナーである GE 社との原子力事業を統合した日立製作所。同社は統合によりリソースの相互活用を進め、シナジーを発揮して競争力を高め、拡大するグローバル市場に対応することをめざしている。

吉村真人

表紙イラスト 目黒不動尊 / 東京都目黒区

天台宗 泰叡山(たいえいざん)瀧泉寺(りゅうせん寺)で目黒不動として親しまれている。門前町を含め、全体の位置関係は、江戸名所図会に描かれたものと変わっていない。どっしりとした仁王門をくぐり階段を上がると不動堂があり、厳粛な空気が漂っている。

絵 鈴木 新 ARATA SUZUKI
日本美術家連盟会員・JIAS 国際美術家協会会員

特別寄稿(2)

36 ガリレオ・ガリレイとその 生きた時代

近代科学の旗手として知られるガリレオは、物理学の世界でも振り子の同時性、落下の法則、相対性原理など多くの業績を残した。しかし、ピサの斜塔での実験など、彼をめぐる逸話の一部には、創作が混じっているらしい。
藤家洋一

連載講座 軽水炉プラント —その半世紀の進化のあゆみ(4)

38 日本の原子力発電の始まり

1963年10月、GE社が建設した動力試験炉JPDRが、日本で最初の原子力発電に成功した。そして65年11月には、コールドホール型を採用した原電の東海発電所1号炉が、運転を開始。日本の商業用原子力発電が、本格的な幕を開ける。

石川 寛

連載講座 高速炉の変遷と現状(6)

44 日本の高速炉開発の歴史(I)

1967年10月に動力炉・核燃料開発事業団が発足。その動燃は1977年4月に、国内初のナトリウム冷却型高速炉「常陽」の臨界を達成する。自主技術によって建設された「常陽」で得られた技術的な成果は、原型炉「もんじゅ」へと受け継がれる。

伊藤和元, 鈴木惣十



「常陽」の初臨界に沸く中央制御室

会議報告

50 ロシアの核燃料サイクル戦略がわかる —ISTC 科学諮問委員会セミナー

松井一秋

51 第3回放射性廃棄物管理における 天然および人工バリア材としての 粘土の役割に関する国際会議

笹本 広

4 NEWS

- 静岡地裁, 浜岡発電所の運転差止め請求を棄却
- 日本原燃, 新指針に基づき耐震安全性を確認
- 日本原燃, 高レベル放射性廃棄物ガラス固化試験開始
- 原子力委, アジア原子力協力フォーラム(FNCA)パネル会合を開催
- JAEA, ITER 協定に基づく国内機関として指定
- JAEA, 第2回機構報告会を開催
- J-PARC 3 GeV シンクロトロンでのビーム加速に成功(下に写真)
- ハルデン原子炉計画, 「日本加盟40周年記念セミナー」を開催
- 原産協会, 1月に「原子力産業セミナー」
- 海外ニュース

3 GeV でのビーム加速に成功したシンクロトロンの入射部
(News p. 8)



リレーエッセイ

- 54 「「拓魂」六ヶ所村に暮らして」宮川俊晴/
「怖くない放射線」西村純子

ジャーナリストの視点

- 57 「原子力と社会のはざままで」

中島達雄

- 19 From Editors
- 52 機関紹介・訪問 中津留可乃
- 53 支部便り 民谷 正
- 56 書評
- 58 英文論文誌(Vol.44, No.12)目次
和文論文誌(Vol.6, No.4)目次
- 60 会告 平成20・21年度代議員選挙に係る支部,
部会等推薦候補の推薦について
- 69 会報 原子力関係会議案内, 人事公募, 専門委報告,
新入会一覧, 主要会務, 編集後記

WEB WEBアンケート

8月号のアンケート結果をお知らせします。(p.55)
学会誌記事の評価をお願いします。<http://genshiryoku.com/enq/>

学会誌ホームページが変わりました
<http://www.soc.nii.ac.jp/aesj/atomos/>

「モノ言う科学者に期待」



専修大学法学部教授，原子力委員会委員（非常勤）

広瀬 崇子（ひろせ・たかこ）

津田塾大卒，国際基督教大行政学研究科修士課程修了，ロンドン大学博士号（国際関係論）。大東文化大国際関係学部教授などを経て，現職。

私は2007年1月に原子力委員（非常勤）を拝命した。原子力についての知識がないことに大きな不安を抱きながらも、「原子力ルネサンス」の時代にあって，日本の原子力政策は大きく前進し，さらには世界に向けて日本の原子力平和利用への強い信念を発信し，また，アジア諸国の原子力開発にも日本が貢献するものと，大きな期待を抱いていた。ところが，2007年の日本の原子力界は，むしろ暗いニュースが相次いだ。国民の原子力に対する理解は深まるどころか，不信感が助長されたようにすら感じられる。原子力問題に関する議論の多くは，感情論が先行し，時に政治的思惑が見え隠れする。大多数の国民はうんざりして，「だから原子力はイヤだ」となってしまう。

ところで，私の本職は国際政治，特にインド・パキスタン政治の研究および大学での教育である。これまで原子力にはほとんど縁のない世界に生きてきた私である。かろうじて原子力の世界との接点を探せば，おそらく核不拡散問題であるが，それでも1998年の印パ両国の核実験までは，核兵器製造に関する知識を全く持たずに，NPT（核不拡散条約）だのCTBT（包括的核実験禁止条約）だのに漠然と講義の中で言及していたに過ぎない。その私が，国際情勢の変化とともに次第に核の世界に引き込まれていくことになった。

印パ両国の核兵器保有宣言以後，私はにわか核問題の専門家となって，ウラン濃縮だの，プルトニウムだのとわかったような顔で話し始めた。そして，米印原子力合意が世界の注目を集めるようになると，さすがに知らないではすまされない状況になり，インドの原子力研究開発の歴史，原子力委員会の活動，核兵器開発，インドの核戦略，さらにはパキスタンの核拡散問題などについて調べ始めた。米印合意の交渉過程も注意深く追ってきた。その中で一点気づいたことがある。それはインドでは科学者が大きな発言力をもっており，しかも，彼らの発言は時に専門領域を超えて国際政治や戦略問題にまで及ぶということである。世論形成にも大きな影響力を持つ。科学者は尊敬されているのである。

2005年7月にワシントンでブッシュ米大統領とマンモハン・シン印首相が民生用の原子力協力で合意したと発表し，その後，両国間で具体的協定の内容をつめる交渉が行われたが，その間多くの科学者が新聞紙上などで積極的な発言を行った。その彼らの意見が交渉の進路を大きく左右したと言われる。高速増殖炉の扱いがインドに有利な形で決着した最大の要因は，カコドカル原子力委員長の高い意見表明とみられる。

現在，日本の原子力界は重大な局面を迎えている。大きく飛躍するべき時なのに，国民の理解が得られずに関係者が肩身の狭い思いをしているのが実情である。一方，国民の側からすると，一体誰の意見を信用したらいいのかかわからない。原子力問題に関する発言はいろいろな思惑があって，一方は常に批判，非難を繰り返すし，他方は何を言っても言い訳にしか聞こえない。このような状況下で求められるのは，科学者の純粋に学問的な立場からの意見である。インドと比べ，日本の科学者はあまりにも謙虚である。学会の科学者の方々には，社会的責任をもって，堂々と，専門家としての見地をもっともっと積極的に表明していただきたいと切に願う。

（2007年 10月20日 記）



再生可能エネルギーと原子力発電

足利工業大学副学長

日本太陽エネルギー学会会長 牛山 泉

近年、地球温暖化の有力な解決手段として太陽光や風力など再生可能エネルギーの積極的な導入が実施されている。筆者は、日本太陽エネルギー学会会長、また、日本風力エネルギー協会前会長でもあることから、太陽光発電と風力発電の現状と可能性を明らかにするとともに、原子力発電への要望を述べさせていただきたい。

日本ではまだ認識されていないが、世界的には風力発電は導入規模、経済性共に火力発電や水力発電と肩を並べ、すでに「通常の発電設備」のひとつとなっている。特に、デンマーク、ドイツ、スペイン、ポルトガルの4カ国は設備容量で10%以上、発電量で5%以上を風力発電で賄っている。原子力一辺倒と思われがちなフランスや、京都議定書を批准していない米国においてさえも、日本の約2倍の比率で風力発電を導入している。世界の風力発電の累積導入量は2007年上期で78 GWに達しており、100万kWの大型原子力発電所78基分に相当する。2020年までに世界の電力の12%を風力で賄うというGWEC(世界風力エネルギー会議)の構想が現実味を帯びてきている。

こうして、世界の太陽電池と風力発電設備の市場規模はこの数年で急速に拡大し、新設火力発電の主流である大型ガスタービンの市場と肩を並べつつある。今後もガスタービンの市場は、年間4,000万kW前後で横ばいの見通しであるのに対して、太陽電池と風力発電設備は当分の間、2桁の成長が見込まれており、2010年の市場規模は太陽電池が400~500万kW、風力発電が2,500万kWに達することになる。したがって、2010年の市場規模は、太陽電池が2兆4,000万~3兆円、風力発電設備が3兆7,500万円という巨大市場になり、完全にガスタービンを抜いて、太陽電池と風力発電が、新設発電設備の最大市場になることは間違いない。

このような市場急拡大の背景には各国政府の積極的支援がある。太陽電池に関しては、ドイツが2000年に導入した「フィード・イン・タリフ」(再生可能エネルギー源による発電電力の買取り制度)が市場を牽引し、2002年の原子力法の改正による脱原子力の動きがこれに拍車をかけている。2006年の買取り価格は1kWh当たり60~80円であり、この価格ならば太陽光発電により利益が出ることになる。このドイツと同様の制度が、イタリアやスペインなど欧州20カ国が導入したため、欧州の太陽電池の需要は今後も大きな増加が見込まれている。米国でも、2006年に可決された「100万戸ソーラー・ルーフ計画」

(総容量約300万kW)をはじめとして、太陽電池設置の動きが活発化している。

なお、2006年の世界の太陽電池の生産規模の上位6社は、シャープ43万kW、Qセル(ドイツ)25万kW、京セラ18万kW、サンテック(中国)15.8万kW、三洋電機15.5万kW、三菱電機11万kWとなっており、6社中の4社が日本企業であることは注目値する。

一方、風力発電に関しては、90年代にデンマーク、ドイツ、スペインなど欧州で、風力発電電力の固定価格買取制度による普及促進策が導入され、設置台数を増加してきた。米国では2005年に成立したエネルギー政策法で、風力発電電力1kWh当たり1.9セントを10年間税額控除するPTC(エネルギー生産税控除)の期限が2007年末まで延長されたため、風力発電事業への投資効果を高め、新規設備の導入では米国がドイツを抜いてトップに立っている。アジアでは、インドと中国の躍進が注目されるが、中国は2006年に施行された再生可能エネルギー法で風力発電を積極的に推進、2010年までに500万kWの導入を目標に掲げている。

このように再生可能エネルギーの導入は世界的に急ピッチで進められているが、依然として発電コストは高く、設備利用率などを勘案して発電量を調べてみると、将来にわたって火力や原子力発電への依存は避けられないことは明らかである。

最近、エネルギー関係者の間では「原子力カルネッサンス」が始まったといわれている。西欧の中世、ルネッサンスを契機に教会を介さずに人々が神との直接の対話を始めたように、一般の人々が原子力発電の必要性を本当に理解するには、原子力関係者が、「民主、自立、公開」の原則に立ち返って、一般人の使う言語で国民に語りかけなければならない。

従来の原子力発電プラントは「生産者・供給側の論理」で作られ運用されてきたが、今後は「消費者・需要側の論理」に立脚しなければ成り立たないことがはっきりしてきた。そして、生産者は男性原理で論理的に行動するのに対して、消費者は市民が主役で女性原理が支配的になり感性が重視されるようになる。ところが、日本原子力学会の女性会員比率はわずか2.5%で、他の先進国に比較すると1桁低いのが実情である。

大学でも、北海道大学、東京大学、早稲田大学などでは、専門家と一般の人々を結びつける「サイエンス・コミュニケーター」の養成が始まっているが、まさに原子力

の分野こそコミュニケーター養成が急務なのである。

従来、原子力発電の設置や事故の説明会で、電力会社は「安全性」を強調してきたが、地元住民は「安心」できるか否かを問題としてきたのである。したがって、一般の人々に対しては説得することではなくコミュニケーションができてることが不可欠といえる。

「原子力リネッサンス」が本格化すると、短期間に大量の原子力発電設備の製造、建設、運用が始まる。わが国には原子力発電設備に不可欠な超大型鍛造部品の供給能力を持つ世界有数の企業はあるが、深刻なのは原子力関連の人材不足である。

大学においても、少子化と理科離れの大波が押し寄せ、かつては工学部の花形だった土木系、原子力系などは全く人気がなくなり、定員割れを起こしている大学が多い。原子力発電に対するモチベーションの高い学生が集まらなくなったのは従来の原子力関係者の責任が重大であるといわざるを得ない。マスコミを通じて伝えられる原子力関連のニュースは、隠蔽、事故隠し、データ捏造、不祥事、等々、マイナスのイメージばかりで、巨大で複雑な原子力技術への不安感とそれを扱う技術者・関係者への不信感を募らせてきたからである。

近い将来、電力需要の頭打ちもあり、原子力発電プラントは新規建設から、既存プラントの保守運用の時代に移行する。原子力発電の場合には、製造・建設以上に保守運転の方が時間も圧倒的に長く、技術の継承も含めて忍耐と困難が伴うことになる。これには担当者の使命感と倫理感が不可欠といえる。

さらに、電力自由化の時代にあって、放射性廃棄物の処理費用までも含めて原子力発電の発電コストは本当に安いのか、また、温暖化対策に対して高温の使用済み燃料の長期に渡る冷却等を含めて本当に二酸化炭素を発生する量はわずかしかないのか、透明性のあるデータを公開することは、原子力不信のイメージ払拭のためにも不可欠であり、国民に対する、謙虚、誠実、虚偽のない説明責任が求められているのである。

20世紀最大の倫理哲学者マックス・シェーラーは、判断基準のキーワードに「持続性」と「満足の深さ」を挙げているが、私たちが将来の持続可能な社会を構築してゆくために、原子力発電を受容するか否かは、一般の人々に本当の安心感を与えられるか否かにかかっているといえよう。

(2007年 10月30日 記)



各機関および会員からの情報をもとに編集します。お近くの編集委員(目次欄掲載)または編集委員会 hensyu@aesj.or.jp まで情報をお寄せ下さい。資料提供元の記載のない記事は、編集委員会がまとめたものです。

静岡地裁、浜岡発電所の運転差止め請求を棄却

中部電力の浜岡原子力発電所1～4号機の運転差止めを求めて市民グループなどが起こしていた訴えについて、静岡地方裁判所は10月26日、原告の請求を退ける判決を下した。

この裁判は、市民グループ「浜岡原発とめよう裁判の会」と「浜岡原発とめます本訴の会」が、浜岡発電所1～4号機の運転停止を求めて行われていたもの。原告らは、被告である中部電力が想定している基準地震動が過小であることや、浜岡発電所の老朽化などを理由に、もし東海地震が起きた時には、多数の機器が同時に壊れる可能性が高く、重大事故に至る可能性があるとして主張。平成14年4月に運転の差し止めを求める仮処分を申し立て、15年7月には本案訴訟を提起していた。

これに対し静岡地裁は、まず安全評価の手法について「安全評価審査指針が定める単一故障の仮定による安全評価の方法は、不合理ではなく、これに従ってされた被告(中部電力)の安全評価に問題はない」と指摘。耐震設計の際に想定した設計用限界地震については「南海トラフ沿いのM8.5の地震等が想定されており、基準地震動の策定過程において十分安全側に立った地震の想定がされている」と判断した。

また原告らが、中央防災会議による想定東海地震のモデルは、平均より過小なモデルであると主張した点について、地裁は「中央防災会議のモデルは、十分な科学的根拠に基づいており」とし、基準地震動については「策定方法に不合理な点は認められず、被告が策定した基準地震動S1、S2は妥当なものだとして「設計上の安全余裕は十分に確保されている」と評価した。

さらに原告が、同発電所の地盤は悪く、東海地震に伴って不均一に隆起する可能性があるという主張に対しては、「本件原子炉施設の地盤は堅牢であり、原子炉敷地内に存在するH断層系は既に固結していると認められる。地震発生時に本件原子炉施設の

安全性に影響を及ぼすような地盤の変状を生じることとは考えられない」とした。

一方、経年劣化については、「施設では、点検・検査によってSCCの発生を捕捉できる体制が整っている」とし、配管の減肉現象、疲労、中性子照射脆化については「その発生・進展を抑制する対策が講じられており、段階的な点検・検査の枠組み等の被告の管理体制も適切に構築されていることから、原子炉施設の安全性に影響はなく、耐震安全性にも影響がない」と判断。最終的には「本件原子炉施設の運転によって、原告らの生命、身体が侵害される具体的な危険があるとは認められない」として、原告らの訴えを棄却した。

これに対し原告は、判決を不服として即時に控訴。同時に申し立てていた同内容の仮処分申請が却下されたことについても、抗告した。

この判決後、中部電力は「浜岡原子力発電所については、耐震性を含め安全性を十分に確保しており、当社といたしましては、引き続き、浜岡原子力発電所の安全性、信頼性の一層の向上を図り、安全の確保を最優先に安全・安定運転に努めてまいります」という社長コメントを発表。原子力安全委員会は「原子力安全委員会では、昨年9月に、地震学、地震工学等の最新の知見を反映して耐震設計審査指針を改訂しており、現在、新しい指針に照らして、既設の原子力発電所の耐震安全性の確認を進めているところである。浜岡原子力発電所各号機についても、上記の確認が行われているところであり、評価結果について、今後、原子力安全・保安院から報告を受け、当委員会としても耐震安全性を厳格に確認していきたい。原子力施設の耐震安全性については、新潟県中越沖地震の例に明らかのように、予断を持つことなく、地震・地震動の発生という自然の営みに常に学ぶという謙虚な姿勢が肝要と、原子力安全委員会は心得ている。当委員会としては、今後とも、その姿勢を貫き、原子力施設の耐震安全の確

保に、鋭意、取り組んでいきたい」との委員長談話を発表した。

また原子力安全・保安院は、「今後とも原子力施設に対して、最新の科学的知見を踏まえた厳格な安全規制を行うことにより、地元の方々を始め、国民の皆様の信頼を得られるよう努めてまいります。また、現在、事業者において実施している、改訂された『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』を踏まえたバックチェックについて、適切に実施するよう指導するとともに、評価結果については、その内容を厳正に評価していきたいと考えております」とコメントした。

さらに原産協会の服部拓也理事長は、「浜岡原子力発電所はすでに、想定される大地震にも耐えうる十分な耐震性を持っており、中部電力はさらなる耐

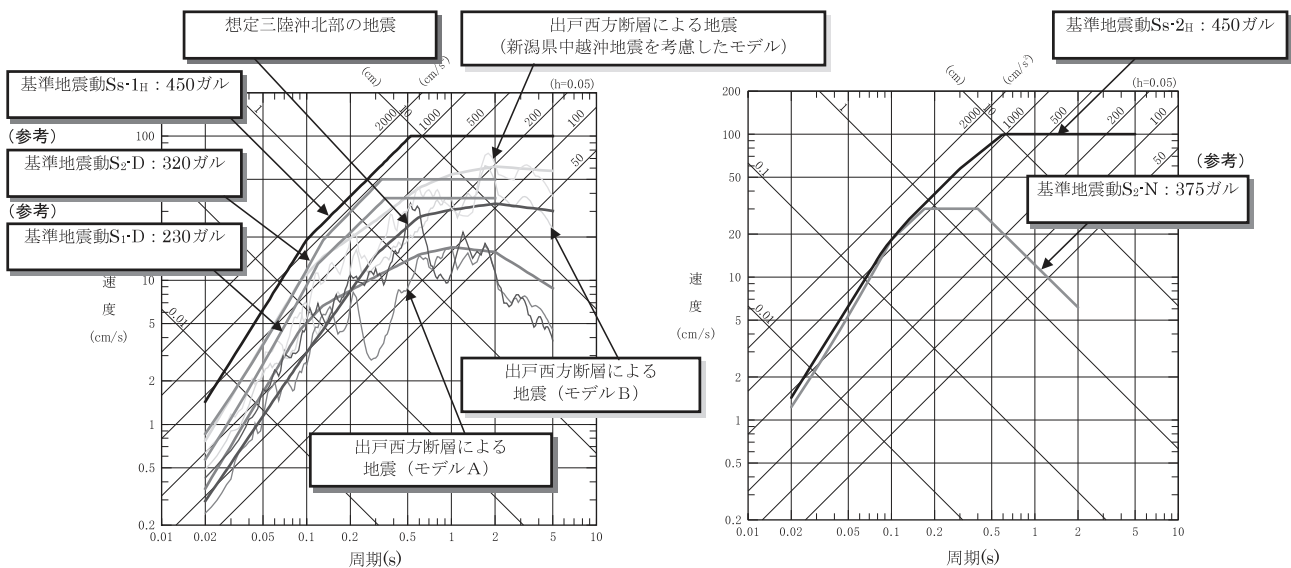
震強化の検討と工事を行っている。このことから、同発電所の耐震安全性は十分確保されているものとする。原子力発電はわが国のエネルギー安定供給の根幹を成すものであり、エネルギー・セキュリティの確保や地球温暖化防止に大きな役割を果たしている。地球温暖化の危機が身近に迫り、またエネルギー資源をめぐって各国が争奪戦を繰り広げるなか、わが国のみならず、経済成長著しいアジア地域、および世界の安定したエネルギー供給を担い、地球環境を保全しながら持続可能な発展を実現する鍵となる原子力発電は、ますますその必要性を高めている。当協会は今後も、社会の理解を得ながら原子力の利用を進める努力を続けていく所存である」とのコメントを発表した。

日本原燃、新指針に基づき耐震安全性を確認

日本原燃は11月2日、青森県六ヶ所村の再処理施設および返還ガラス固化体受入れ貯蔵施設について、昨年改定された新耐震指針に基づく耐震安全性評価の報告書を経済産業省原子力安全・保安院に提出した。新指針による評価報告は中部電力浜岡原子力発電所3・4号機に次ぐものとなる。

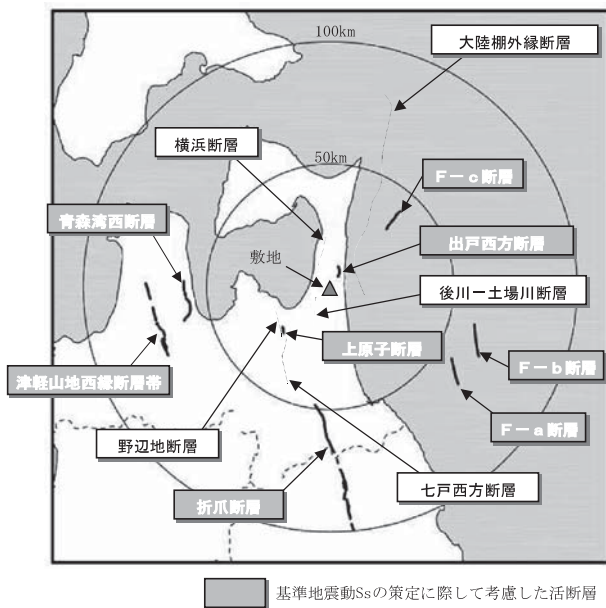
同社は、新耐震指針に基づき、陸域・海域の地質

調査を十分に行い、敷地より約130km離れた地点で発生すると考えられる「想定三陸沖北部の地震」および敷地北方約6kmと最も敷地に近い活断層「出戸西方断層」による地震を「敷地に大きな影響を与えると予想される地震」として選定し、評価した。加えて新潟県中越沖地震と同規模の地震を考慮して震源断層を評価し、さらに震源を特定しない地震動も



(a) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価
 太線 : 応答スペクトルに基づく地震動評価
 細線 : 断層モデルを用いた手法による地震動評価 (NS)
 モデルA : 地表断層長さを震源断層長さとしたモデル
 モデルB : 震源断層が地震発生層の上限から下限まで広がっていると想定したモデル

(b) 震源を特定せず策定する地震動評価
 (参考: 旧耐震指針)
 S₂-D、S₂-N : 既設再処理施設
 S₁-D : 既設再処理施設及び既設特定廃棄物管理施設



設定した上で、地下の岩盤上で最も大きな加速度となる基準地震動を450Galとした。

この基準地震動を用いて施設の耐震安全性を評価した結果、基礎地盤が十分な支持性能を有していること、安全上重要な建物・構築物、屋外重要土木構造物および安全上重要な機器・配管系の耐震安全性が確保されていることを確認した。

今後、この報告の妥当性については、原子力安全・保安院および原子力安全委員会の確認が行われる予定である。
(資料提供：日本原燃)

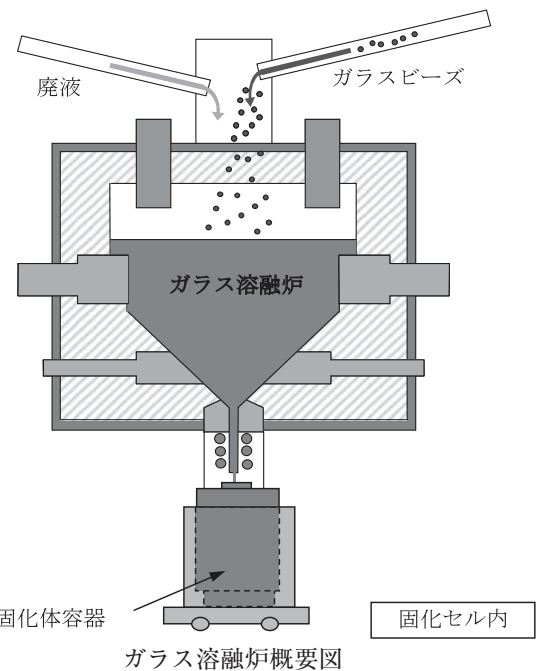
日本原燃、高レベル放射性廃棄物のガラス固化試験を開始

日本原燃は11月4日、アクティブ試験中の青森県六ヶ所村の再処理工場において、高レベル放射性廃棄物のガラス固化に係る試験を開始した。

再処理工場では、工程で抽出した核分裂生成物を含む高レベル廃液をガラス溶融炉へ供給し、ガラス原料と混ぜ合わせガラス固化体を製造する。製造後は、ガラス固化体貯蔵設備へ移送し、最終処分施設へ搬出するまでの間、保管することとしている。

日本原燃はアクティブ試験(実際の使用済燃料を用いた試験)を5段階に分けて行い、19年2月にしゅん工することを目指している。試験は8月末より第4ステップに入っており、第4ステップおよび第5ステップでは、ガラス溶融炉運転性能確認試験、処理能力確認試験を行い、試験期間中にガラス固化体を百数十本程度製造する見込みである。

日本原燃は、「六ヶ所村再処理工場が果たすべき役割の一つである廃棄物の減量化と適切な管理、ならびに資源小国のわが国が目指す原子燃料サイクル



の推進に向けて、さらに一歩前進したことになる」としている。
(資料提供：日本原燃)

内閣府 原子力委員会、アジア原子力協力フォーラム(FNCA) パネル会合を開催

内閣府の原子力委員会は平成19年10月30日から31日にかけて都内で、第1回FNCA「アジアの原子力

発電分野における協力に関する検討パネル」を開催した。FNCA(Forum for Nuclear Cooperation in

Asia)は、原子力技術の平和的で安全な利用を進め、社会・経済的発展を促進することを目的とする日本主催の地域パートナーシップ。オーストラリア、バングラデシュ、中国、インドネシア、日本、韓国、マレーシア、フィリピン、タイ、ベトナムの10ヵ国が参加している。FNCAでは従来、放射線利用など非発電分野での協力が主であったが、近年、参加国におけるエネルギー安定供給および地球温暖化防止の意識の高まりを受け、原子力発電の役割や原子力発電の導入に伴う課題などについて専門家および行政官が検討、討議する場として「パネル」会合を設置した。

今回のパネル会合では、原子力機構原子力研修センター長の杉本 純氏が議長を務める中、FNCA参加10ヵ国のエネルギー政策および原子力政策に関わる行政官および原子力発電における人材養成計画に係わる専門家が参加。日本からは近藤駿介委員長を始め5人の原子力委員と関係府省、関係機関などが参加し、「原子力発電分野における人材養成」をテーマに議論を行った。

会合では近藤委員長の歓迎挨拶に続き、参加各国が原子力発電に関わる各国の現状と将来の計画、それらの計画を展望した人材養成の状況や課題について報告。我が国からは原子力委員会委員長代理の田中俊一氏が、日本の原子力政策、人材養成への取組および課題について紹介した。その後、参加国間で、原子力発電への取組や進捗状況が異なるものの、カントリーレポートをベースに人材養成における協力



第1回FNCAパネル会合

の可能性について活発に意見交換。総括セッションにおいては、原子力発電の導入に向けた人材養成に関する情報共有を積極的に行うこと、その第一歩として、FNCA ウェブサイトを効果的に活用していくことなどが提言され、これらの結果を12月に東京で開催される第8回FNCA大臣級会合に報告を行うことを確認した。

さらに人材養成に関わる共通課題などに関する招待講演として、原子力安全研究協会顧問の松浦祥次郎氏が「原子力知識管理—安全な原子力利用の中心軸」について、また日本原子力発電フェローの藤江孝夫氏が「原子力発電を推進するための人材育成—日本原子力発電(株)の経験」、J-POWER(電源開発(株))取締役で元 CDM 理事会メンバーの藤富正晴氏が「地球環境問題と原子力」をテーマに講演を行った。(資料提供：内閣府原子力政策担当室)

原子力機構、イーター(ITER)協定に基づく国内機関の指定を受ける

2007年10月24日に「イーター事業の共同による実施のためのイーター国際核融合エネルギー機構の設立に関する協定」が発効した。これに伴って原子力機構は、同日、文部科学大臣からイーター国際核融合エネルギー機構に貢献する日本の国内機関としての指定を受けた。

原子力機構は2007年6月1日に、すでに「核融合の将来への幅広いアプローチ協定」に基づく日本の実施機関としての指定を受けていることから、今回の指定により、核融合研究開発を国際展開する体制



渡海喜三郎文部科学大臣(右)から指定書を受ける岡崎俊雄原子力機構理事長(左)

が整ったことになる。

今後の予定として2007年度中には、イーター事業*の建設活動において、日本が分担するトロイダルコイル(核融合プラズマを閉じこめるための磁場を発生する電磁石)の超伝導導体の製作を開始する。

(参考: <http://www.jaea.go.jp/02/news2007/071026/index.html>)

*イーター事業とは、核融合エネルギーの実現に向けて、国際熱核融合実験炉(イーター)計画を日本、米国、ロシア、中国、韓国、インドの6カ国と欧州を合わせた7極が35年間(建設期間、運転期間等)にわたって協力し、核融合エネルギーの科学的・技術的実現性を実証する国際事業である。

(資料提供: 日本原子力研究開発機構)

原子力機構、第2回機構報告会を開催

原子力機構は平成19年10月25日、東京有楽町の朝日ホールにおいて、「第2回原子力機構報告会 エネルギー安全保障と地球温暖化防止に向けて」を開催した。約800名の参加者で会場内は満席となり、盛況であった。

報告会では、岡崎俊雄理事長の開会挨拶に続いて、早瀬佑一副理事長が、「創立2周年を向えて—研究開発の現状と将来展望」と題して、2法人統合後2年を迎えた原子力機構の事業についての報告を行った。その後、次世代原子力システム研究開発部門長 永田敬から「『もんじゅ』改造工事の現状とFBR サイクル技術の将来展望」と題して、核融合研究開発部門長 常松俊秀から「核融合エネルギーの開発—世界の研究センターを目指して」と題して、それぞれの活動状況と今後の計画などについて報告した。

特別講演は、ハドソン研究所・首席研究員として幅広く活躍されている日高義樹氏が行った。日高氏は、「世界的に見たエネルギー政策における原子力発電の役割」と題して、世界のエネルギー事情およ



岡崎俊雄理事長の開会挨拶

び石油資源の現況、また原子力利用の過去および現在について、米国を中心とした世界情勢の観点から講演した。

(参考: <http://www.jaea.go.jp/02/news2007/071029/index.html>)

(資料提供: 日本原子力研究開発機構)

原子力機構と高エネ研、J-PARC 3 GeV シンクロトロンでの ビーム加速に成功

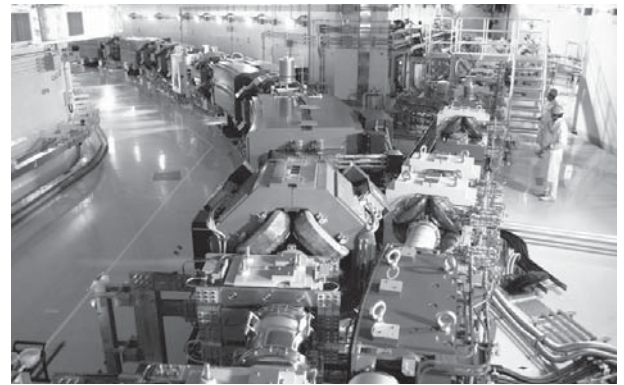
J-PARC センター(原子力機構と高エネ研の共同運営組織)は、平成13年から茨城県東海村で建設を進めてきた大強度陽子加速器施設(J-PARC: Japan Proton Accelerator Research Complex)において、初段加速器であるリニアックから第2段加速器である3 GeV シンクロトロンへのビーム入射および3 GeV でのビーム加速に平成19年10月31日に成功した。

J-PARC の3 GeV シンクロトロンは、リニアックから入射された181MeV(1億8,100万電子ボルト、光速の約50%のスピード)の陽子ビームを、2/100秒間で3 GeV(30億電子ボルト、光速の約97%のスピード)まで加速する陽子シンクロトロン。3 GeV シンクロトロンは、新磁性材料を活用して開発した従来比約2倍の加速電界を持つ高周波加速システムなど、随所に世界最先端の機器を使用した世

界最高性能をもつ装置である。

今後、さらに3 GeV シンクロトロンでのビーム軌道の調整を続けながら、徐々にビーム電流を上げていき、平成20年春頃には3 GeV シンクロトロンに続く「物質・生命科学実験施設」や第3段加速器の「50 GeV シンクロトロン」にビームを入射する予定。この陽子ビームを用いる実験施設では、平成20年度後半から21年度にかけて、中性子や中間子、ニュートリノなどを用いた種々の最先端科学分野での研究を順次開始する計画である。

(参考：<http://www.jaea.go.jp/02/press2007/p07102901/index.html>)



3 GeV シンクロトロンの入射部(19/10/19現在)

(資料提供：日本原子力研究開発機構)

ハルデン原子炉計画、「日本加盟40周年記念セミナー」を開催

我が国が OECD/NEA 国際協力プロジェクトであるハルデン原子炉計画に参加してから、今年で40年を迎える。これを記念して2007年11月5日、ノルウェー大使館でリサーチカウンスिलオブノルウェー、ハルデン原子炉計画、イノベーションノルウェーおよび原子力機構が共同で記念セミナーを開催した。

セミナーには、大学、電力、メーカー、研究機関等で今までに同プロジェクト関係者約100名が参加。オーゲ・B・グルットレ駐日ノルウェー王国大使による歓迎の挨拶の後に、ハルデン側から日本が参加するに至った経緯や、同計画で得た成果と今後の試験計画、日本側が国内のPWR およびBWR 燃料開発において果たした役割および日本原子力学会特別専門委員会が作成した軽水炉燃料の高度化に関するロードマップに関する講演が行われた。

ハルデン原子炉計画は、ノルウェーにあるハルデン炉(重水沸騰型炉、出力20MW)を利用し、原子炉燃料の照射研究およびマンマシン研究を実施するもの。1958年に発足し、2008年には50周年を迎える。

同プロジェクトは、参加国が共同で実施する合同照射試験を中心に精力的な研究活動を続けており、世界の原子炉燃料およびマンマシン研究の発展において多大な貢献をしてきた。現在も20カ国が加盟しており、最も成功した OECD/NEA プロジェクト

の一つといえる。

我が国は1967年以来継続して参加し、合同照射試験の立案、実施および評価に参画。計画段階であった国内初の動力試験炉 JPDR の燃料開発に必要な照射データの取得、燃料挙動解析コードの開発に役立ててきた。今後も、国産燃料の性能検証、高燃焼度燃料や MOX 燃料の安全性評価等における合同照射試験の成果の活用が期待される。なお今までにハルデンに長期の研究業務に携わった我が国の派遣者数は69名、照射試験は70プログラムに上る。

(資料提供：日本原子力研究開発機構)



歓迎の挨拶をするオーゲ・B・グルットレ駐日ノルウェー王国大使

原産協会，第2回「原子力産業セミナー」を今年1月に開催

原子力産業が継続的に発展していくためには、優秀な若い人材の確保が極めて重要であることから、原産協会は大学生を対象に、原子力産業の存在意義や将来展望をアピールし、働く場としての原子力産業の魅力を示すため、昨年2月に第1回「原子力産業セミナー」を開催、好評を博した。

そこで今年度は、1月26日、東京・新宿区の新宿エルタワー30階「サンスカイルーム」で、第2回セミナーを開催することとなった。理工系大学生を中心に300名程度の参加者を見込んでおり、原産協会では同セミナーに出展する企業・団体を募集している。

原子力産業界としては初の試みとなった昨年度のセミナーには、25社の企業・団体等がブース展示を行い、約200名の学生が来場、出展の企業や学生から好評を得た。参加企業からは、本セミナーへの参



加学生から実際の内定に結びついたとの声も頂いた。

お申込み・問合せ先は、原産協会・政策本部(担当：冨野)TEL03-6812-7101, FAX03-6812-7110, e-mail: nis2008@jaif.or.jp まで。

(資料提供：日本原子力産業協会)

海外情報 (情報提供：日本原子力産業協会)

[米国]

TVA, ベルフォンテ・サイトのCOLを今秋にも申請へ

テネシー峡谷開発公社(TVA)は9月27日、アラバマ州のベルフォンテ・サイトを対象とした建設・運転一体認可(COL)を、2007年秋にも米原子力規制委員会(NRC)へ申請する方針を固めた。2007年5月のブラウズフェリー1号機の運転再開により、米国の原子力カルネサンス具現化の口火を切ったTVAは、8月にはワッツ・バー2号機の建設再開方針を決定。今回さらにCOLの申請方針を決定したことで、米原子力産業界のトップランナーとしての地位を着々と回復している。

TVAは9月27日に開催された理事会で、2008年度(2007年10月～08年9月)予算を審議し、ワッツ・バー2号機建設コストとして3億1,700万ドルを手当て。同時に、ベルフォンテ原子力発電所建設プロジェクトのCOLを申請する方針を正式に決定した。

これはTVAが、原子力発電所の新規建設に向け

た新しい許認可プロセスの実証を目的として設立されたコンソーシアムであるニュースタート・エナジー・デベロップメントの一員として、アラバマ州ベルフォンテ・サイトへAP1000を2基建設するCOLを申請するもの。

2007年秋にもNRCへ申請され、早ければ2011年にもCOLを取得する見込みだ。ただし実際に建設を開始する際には、事前に理事会で再度協議することとされている。

COLを取得した段階でTVAは、①何もしない、②自社のみで建設する、③他社と共同で建設する、④COLを他社へ売却する—の4オプションを持つことになる。

アラバマ州選出のJ・セッションズ上院議員は、「ベルフォンテ・サイトのCOLが認可されれば、米国のエネルギー自立を促進する原子力産業界の中でも、TVAはリーダーシップ的な地位を占めることになる」と手放しで賞賛。アラバマ州のB・ライリー知事は、「ベルフォンテ原子力発電所が建設されれば、アラバマ州は産業誘致に有利となる十分な電力供給力を確保する。産業誘致を通して、州経済はさらに発展する」と強い期待を示した。

TVAは1974年、パブコック&ウィルコックス社製PWR(123万5,000kW)2基からなるベルフォン

テ1, 2号機を着工した。しかし、1979年に起こったTMI事故の影響で新たな安全規制が要求され、NRCによる運転認可の審査が大幅に遅れたことや、オイルショックに伴う電力需要自体の低迷などから、60億ドルを費やした建設工事は中断。1988年から、サイトは長期保存状態に置かれていた。

その後、2002年に米エネルギー省が発表した『原子力発電2010プログラム』(2010年までに新規原子力発電所の建設を目指すプログラム)を受け、04年にニュースタート・エナジー・デベロップメントなどのコンソーシアムが発足した。

そしてTVAは2005年9月、長期保存状態にあるベルフォンテ・サイトを候補サイトとし、ニュースタートによる原子力発電所建設プロジェクトを発表した。

COL申請にかかるコストは、DOEとニュースタートとで折半される。ニュースタートのM・クレイ社長は、「ニュースタートは今後も、NRCが実施するCOL審査に対し、素早く的確な対応ができるよう支援していく」とのコメントを発表している。

ベクテルがワッツ・バー2号機の 主契約者に

テネシー峡谷開発公社(TVA)はこのほど、ワッツ・バー2号機(ウェスチングハウス社製PWR)の建設再開プロジェクトのエンジニアリング/資機材調達/建設作業に関する主契約者として、米エンジニアリング大手のベクテル・パワー社を選定したことを明らかにした。同機は1973年に建設認可を取得しており、米国で乱立する多くの建設プロジェクトがいずれも正式な建設決定に至っていない中で、旧手続きに基づくものとはいえ、唯一の正式な建設プロジェクトといえる。

同プロジェクトは、1985年以来、建設作業が中断されているワッツ・バー2号機を、5年間、24億9,000万ドルを投じ、2008年に着工、13年に運開させるもの。すでに今年度(2007年10月~08年9月)予算として、3億1,700万ドルの建設コストが手当てされている。

TVAは2007年8月に同プロジェクトを正式決定した後、主契約者を選定するため、過去の実績に基づき5社を指名した競争入札を発表。うちベクテ

ル・パワー社とショー・グループ(ストーン&ウェブスター社)の2社が応札したが、「総合的に判断してベクテル・パワー社を選定した」(T・キルゴアTVA社長兼CEO)という。

またキルゴアCEOによると、2007年5月に完了したTVAのブラウンスフェリー1号機の運転再開プロジェクトでの実績も考慮されたという。同運転再開プロジェクトは4年半、18億ドルをかけて実施された大規模な改修工事で、規模としては新規建設にも匹敵。エンジニアリングおよび技術サービスをベクテル・パワー社が、改修作業をストーン&ウェブスター社らが担当していた。

ワッツ・バー2号機の工事進捗率は60%と見積もられており、原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋や冷却塔など主要施設はすでに建設済みだ。今後の建設作業は、細かな内部機器の点検・交換が中心となる。また、ツイン・ユニットである1号機と同様の出力増強(116万5,000kWから118万kWへ増強、いずれもネット出力)や改良工事も実施する。

今後TVAは、建設作業を開始する120日前までに、原子力規制委員会(NRC)にワッツ・バー2号機の建設再開を正式に通知。建設作業と並行してNRCへ、安全解析書の最終版や環境影響評価報告書等を添え、運転認可を申請する。またNRCも、同認可の発給に先立って独自の環境影響評価を実施することになる。

一方TVAは、ワッツ・バー2号機プロジェクトの懸念材料として、NRCによる運転認可発給時期の不確実性を挙げている。現在NRCは大幅な人員拡大など、新しい許認可手続き(10CFR52)に基づく新体制を整えているが、旧手続き(10CFR50)に基づいた審査に関しては不透明な要素が多いようだ。

[英国] コールドーホール炉の歴史に幕、 冷却塔を爆破解体

英国のセラフィールド社は9月29日、コールドーホール原子力発電所の冷却塔を爆破解体した。世界初の商業用原子力発電所で、コールドーホール型という呼称の由来となった同発電所のシンボルだった4基の冷却塔は、わずか数秒でガレキとなった。

コールダーホール1号機が運開したのは、1956年10月のことだ。世界初の商業炉であったため、運開セレモニーには女王陛下も臨席。原子力発電開発の先駆けとして、英国だけでなく世界から注目を集めた。

被覆にマグネシウムを採用した英国独自の金属燃料(マグノックス燃料)を装荷するガス冷却炉(マグノックス炉)で、出力は6万kW。同サイトではその後3基が建設されたが、2003年3月に全基が閉鎖された。日本初の原子力発電所である東海原子力発電所(出力16万6,000kW)に導入されたのも、このコールダーホール型である。

同サイトでは今後、ガレキの撤去作業、鉄筋とコンクリートの分離作業、敷地回復作業が実施される。なお英国では2006年5月にも、チャペルクロス原子力発電所の4基の冷却塔を爆破解体している。

英国のマグノックス炉閉鎖計画では、今後、オールドベリー発電所(23万kW×2基)が2008年に、ウィルファ発電所(56万5,000kW×2基)が2010年に閉鎖される予定である。

なおセラフィールド社は、プリティッシュ・ニュークリア・グループ(BNG)の旧セラフィールド部門で、英原子力廃止措置機関(NDA)との契約に基づき、セラフィールド・サイトの運営・管理を担当している。同社は、NDAとの現行契約が満了する来月中旬をメドに、売却される予定だ。

EDF エナジー社、新設を英政府に申し入れ

英国で電力小売事業を手がけているEDF エナジー社は10月8日、原子力発電所の新規建設について検討中の英国政府に対し、新設を認めるよう要請する内容のパブリック・コメントを提出した。その中で同社は改めて、「初号機を2017年までに運開させることが可能」とする見解を示した。英政府は2007年5月、原子力発電所の新設に関する評価報告書を発表。同報告書に対するパブリック・コメントを受け付けていた。

EDF エナジー社は、英国では今後15年間で大部分の原子力発電所と石炭火力発電所が閉鎖されることから、発電設備容量の不足分は、2015年末で3,300万kW、2025年末で3,300万~5,200万kWに達する

と予測。エネルギー・セキュリティやCO₂排出量削減の観点から、「原子力は今後とも英国の電源ミックスの中に組み入れられるべき」との考えを示した上で、原子力発電所新設の最終判断は民間事業者が下すべき事項だと指摘。政府の役割は新設に向けた側面支援に限定すべきだとし、政府からの補助金も一切不要だと強調した。

そして、資金面以外での政府の支援策が的確に実施されれば、2017年までに初号機を、2025年までに計4基の原子力発電所を、EDF エナジー社単体で、あるいは他の出資者と共同で運開させることが十分可能だと主張。

そのために必要な政府による支援施策として、①新規建設計画に関する申請手続きの合理化、②新設サイト特定のための戦略的サイト評価に関する保証、③採用炉型の事前設計認可の実施、④新たに生じる放射性廃棄物などバックエンド問題への対応一等を実施するよう要請した。

フランス電力公社(EDF)の100%子会社であるEDF エナジー社は2007年4月、英国での原子力発電所の新設を検討していることを発表。プリティッシュ・エナジー社(BE)と共同で、初号機を2017年以内に運開させる方針を明らかにしていた。そして2007年10月までに、新規建設に関する経営判断を下したいとの考えを示し、英国政府の明確な態度表明を促していた。

BEには単独で原子力発電所を建設する資金力がないが、原子力発電所の運転経験を積んだ技術者と、原子力発電所に最適なサイトを抱えている。EDF エナジー社は、新規原子力発電所をBEが所有するサイト内に建設し、発電所の所有権を両者で案分する計画のようだ。

採用炉型は仏アレバ社製EPR(160万kW)。同社は2007年6月に、事前設計認可を英当局に申請している。

[ブルガリア] ベレネ原子力プロジェクトの共同出資者に、5社が応札

ブルガリア電力公社(NEK)は10月17日、ベレネ原子力発電所への共同出資プロジェクトについて、入札を締め切り。エレクトラベル(ベルギー)、ENEL

(イタリア), RWE(ドイツ), Eon(ドイツ), CEZ(チェコ)の5社が応札した。

今後NEKは約1ヵ月かけ、各社からの提案を検討し、年内に共同出資契約を締結したい考えた。並行して、金融機関とのファイナンス面での交渉も実施する。

ベレネ原子力発電所(PWR, 100万kW級×2基)の建設再開プロジェクトは、アトムストロイエクスポルト社(ロシア)を主契約者とし、2008年の建設再開、2014年の初号機運開を目指し準備作業が進められている。

NEKは2007年5月、ベレネ発電所を所有するベレネ電力(BPC)を設立し、BPCへの自己出資比率を51%に限定すると発表。残る49%の出資者を選定するため2007年7月に、プロジェクトへの関心表明書を提出した10社のうち6社を指名し、入札を募集していた。

指名された6社のうち、EDF(フランス)が入札を見送った。

なおブルガリア政府は10月19日、同プロジェクトに対し6億ユーロの融資保証を付与することを明らかにした。ブルガリアとしては、プロジェクトに対する欧州委員会の承認を得て、欧州原子力共同体(ユーラトム)や欧州投資銀行(EIB)から融資を手当てしたい考えた。

[ルーマニア]

チェルナボータ2号機が運開—首相 新サイトでの建設も示唆

ルーマニアのチェルナボータ2号機(CANDU, 70万6,000kW)が10月5日、営業運転を開始。同国で運転中の原子力発電所は2基、合計出力141万2,000kWとなった。

同2号機は1983年に着工されたが、資金難により建設作業が中断された。その後、国営原子力発電会社であるニュークリアエレクトリカ社(SNN)は2003年に、カナダ原子力公社(AECL)、伊アンサルド社との間で建設再開契約を締結し、建設作業が再開。2007年5月には、初臨界を達成していた。

一方、2号機の運開セレモニーでスピーチしたルーマニアのC・タリチャーヌ首相は、2号機に続

き3,4号機の建設を再開するだけでなく、新規立地サイトの検討も開始することを明らかにした。

首相は建設が中断している5号機については、技術的な理由から、建設を再開させる予定はない、と明言。しかしエネルギー・セキュリティやCO₂排出量削減の観点から、「ルーマニアには3,4号機以外にも新規原子力発電所が必要だ」と指摘。新規建設に向けたサイト評価を実施する意向を示した。

なお首相は、チェルナボータ3,4号機の建設再開に向けた共同出資者の最終入札(2007年10月締切)には、計32の国内外企業から関心が寄せられていることも明らかにした。

[ハンガリー]

電力料金高騰が産業を圧迫

電力価格上昇により、ハンガリーの国内産業が停滞を余儀なくされている。同国最大の石油化学会社であるボルソドケム社はこのほど、「ハンガリーの電力価格は、欧州連合(EU)域内最高値に達している」として、経済省に是正措置を要請した。

同社のK・ググラールCEOは、「すでにEU平均より3割高い電力料金を支払っているのが現状だ」とし、2008年の国内電力価格が50%近く上昇する見通しのため、同社が2009年の着工を予定していた新規プラント建設プロジェクトは、「見直さざるを得ない状況だ」という。同プロジェクトは2億2,000万ユーロを投じ、プラスチック・プラントを建設するもので、4,000人分の雇用を生む一大プロジェクトだった。

ハンガリーを含む欧州東南部エリア全体が、急激な経済成長、発電所への投資不足などから電力不足状態に陥っている。特に、エリアの電力輸出者であるブルガリアのコズロドイ原子力発電所が、EU加盟と引き換えに、6基中4基を強制閉鎖された影響が大きいようだ。国外の電力輸出者と結ばれた送電網が少ないことも、致命的だ。

またハンガリーの電力部門民営化が不完全で、国営発送電会社であるMVM社と独Eon社、独RWE社の3社が支配的な地位を占めていることも一因だと指摘する向きもある。

インタビュー

「原子力の基本は、安全最優先と透明性の確保」



日本原子力研究開発機構 副理事長 早瀬佑一氏に聞く

平成7年12月のナトリウム漏れ事故以来、12年間、運転を停止している「もんじゅ」。その運転再開が、現実の日程にのぼってきた。日本原子力研究開発機構(原子力機構)の早瀬副理事長は、「安全最優先と透明性の確保に最大限の意を払う」とした上で、「今年10月の運転再開を目標にしたい」と述べる。また社会との関わりについては、「動燃時代は、社会との意識にずれがあった。かつての一方的な情報発信ではなく、双方向的な対話を進めている。世の中の人たちの考え方に耳をすまし、国民の負託にこたえていかなければならない」と語る。社内の意識改革、スタッフの能力と動機づけの維持や向上、

そして国際化への対応など、これまでの12年間の取組みと、これからについて、話を聞いた。

早瀬佑一 氏

昭和43年に東京大学工学部原子力工学科卒業後、東京電力に入社。福島第二原子力発電所長、同社取締役副社長(環境部・建設部・品質・安全監査部)を経て、平成19年1月から現職。



聞き手 日本原子力学会編集委員 小林容子

(株)テプコシステムズ

「もんじゅ」の運転再開は今年10月が目標

—「もんじゅ」は平成7年に2次系配管からナトリウムが漏れいする事故が発生して以来、運転を停止したままです。改造工事の現状と、今後の運転再開の見通しについて教えてください。

早瀬副理事長 平成7年12月8日に、「もんじゅ」で2次系ナトリウム漏れ事故が起きました。それ以来、私たちは、事故を起こした温度計の部分はもちろん、それ以外のところについても安全を高めるための総点検と設計の見直しをやってきました。またあの時には、ビデオ隠しなどによる不適切な情報の提供で社会的に大きく批判されました。このため安全総点検とあわせて意識改革として、組織や職員のどこに問題があったのかを徹底的に社内分析をし、社外の方々にも見ていただいて、そ

の結果を反映してきました。

このような経緯を踏まえて、平成17年2月に地元から、ナトリウム漏れ対策のための改造工事着手のご了解をいただき、その後、約21ヶ月に及ぶ改造工事に取り組み、平成19年5月に終わりました。

また工事をした部分の機能や性能を確認する試験を平成18年12月にスタートし、翌19年8月末に終了しました。直ちに次のステップである「プラント確認試験」に入りました。この試験の目的は、10年以上止まっていた「もんじゅ」の全体のシステムやシステムの健全性を再度確認するもので、141の項目からなり、今年8月頃までかけて実施中です。これで、技術的な点での試験や確認はほとんど完了します。これらの試験に合わせて地元の皆さんへ状況を逐一ご説明してまいります。ご理解がいただければ、運転再開ということになります。今年には運転

再開にこぎつけたいという目標をもっています。

これらの作業を含め、原子力の仕事というのは安全最優先と透明性の確保が、私は基本だと思っています。この2つなくしては、地元の皆様の、地域の方々の信頼を得ることはできません。それに最大限の意を払いながらやっていくことが、最終的に運転再開に結びつくと考えています。

2025年に実証炉，2050年に実用炉建設をめざす

—「もんじゅ」については、運転停止期間中の維持費だけで約千億円、さらに研究開発や建設、運転などを含めれば、相当な経費がかかっていると思います。今後も実用化のための研究を推進していくことを国民が理解するためには、これまでにかかった費用に見合う利点が必要ではないかと思えます。現状では軽水炉でさえも国民の理解が十分であるとはいえない中で、高速増殖炉(FBR)の研究についてどのように国民に理解してもらいますか。

原子力発電は今、世界中で大きな課題になっているエネルギーセキュリティの問題と地球環境問題を同時に解決するための、欠かせない手段だと思えます。日本でも、原子力政策大綱や原子力立国計画で、軽水炉をはじめ、高速増殖炉の今後の有用性、重要性について、明確にまとめられています。平成18年に閣議決定された第3期科学技術基本計画でも、FBRサイクル技術が国家基幹技術に選定されています。

開発の目標は、2050年ごろまでに高速増殖炉の実用化を図ること。それに先立って、2025年には実証炉を運転することで、これをめざし官民あげて今、研究開発を進めています。

なお、平成17年まで数年かけて官民で、高速増殖炉としてどういう設計が一番望ましいのかというフィージビリティスタディ、高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究を行いました。その結果を受けて、昨年からFaCTプロジェクト(FBRサイクル実用化研究開発：Fast Reactor Cycle Technology Development)を開始しました。このプログラムでは、まず、実証炉や実用炉の概念設計をまとめること、それを実現するために、これから



どういう技術開発が必要か、その技術をどうやって実証していくのかというロードマップを2015年までに国民の皆様を示していく予定です。

その中で、「もんじゅ」の役割は非常に大きなものになります。運転を再開すれば、FBRの基本的な特性

を確認することや、冷却材であるナトリウムの取扱い技術をしっかりと実証していくことができます。それが実証炉や実用炉の開発のベースになります。

また、実用化に向けては、安全性と信頼性、そして経済性を達成していかなければなりません。軽水炉や化石燃料の発電に比べても、肩を並べられる経済性が求められます。それをめざすのが、今のFaCTと、それに続く研究開発です。課題をしっかりと解決することによって、これまでの投資に見合うだけの回収、つまり経済的なコストで発電ができるようになり、同時にいつまでも天然ウランに依存することなく、長期にわたりエネルギーを安定に確保できるという面で、最終的に国民に十分還元ができることとなります。

—方向的な情報発信から、双方向の対話へ

—地元の理解も大事ですね。その地元の人とは、どのような方々なのでしょう。

一番近いのは立地市町、敦賀市と美浜町になります。次が、北陸トンネルが通っている木の芽峠の南側である嶺南地区。そして福井県、隣接の県。さらに原子力という意味では、日本国全体が、私たちのステークホルダー(利害関係者)だと考えています。

—地元の方々の理解を得るための活動や交流は、どのようなことをやっているのですか。

ナトリウム漏えい事故の時は情報提供が非常にまずく、私たちへの信頼は、まさに地に墜ちました。信頼回復のために、ありとあらゆることをやろうと、社内で検討し、それを実行に移しました。

一つ目は、「動燃」が、新しい組織「核燃料サイクル開発機構」に生まれ変わったことをわかっていただくこと。二つ目は、悪い情報でもいい情報でも、どんな情報でもとにかく隠さず公表するということ。三つ目が、一方通行ではなく、双方向の対話をする。このようなさまざまな手段を講じて、今まで12年間やってきました。

何点か具体的に申し上げますと、県内にある17市町(合併前は35市町村)の議会、行政、オピニオンリーダー、産業界の方、経済界の方を繰り返し訪問して、双方向の対話に努めてきましたし、地元の敦賀市の全戸を訪問して、直接、ご意見を伺うということもやりました。

さらに平成13年からは、「さいくるミーティング」を始めました。これは「いつでも、どこでも、誰とでも」というコンセプトの下に、「あっぷる」という名前の敦賀本部の女性職員のボランティアのグループを中心に、話を聞きたいから来てくれという要望があると出かけて行って、双方向の対話を行うものです。これは評判がよくて、今までに約660回、2万人の方々と、おつきあいをして

きました。

もう一つは、やはり百聞は一見に如かずということ
で、「もんじゅ」を直接見ていただくこと。今までに約10
万人の方々に、施設を見学していただいています。

このようなことで、私たちが今まで対話をした方々
は、「もんじゅ」や展示館に来ていただいた方々を含め
て、延べ人数で約160万人に上ります。

また、ナトリウムは非常に怖いというイメージがあり
ます。このため、「もんじゅ」のすぐ隣にある施設では、
ナトリウムを直接見るができるようにしました。ナ
トリウム金属をナイフで切ることができる体験コーナー
や燃焼の様子を見ていただくコーナーも作りました。も
ちろん、水につけたりすると、危険です。そういう情報
もお知らせして、見て体験していただく。そうすると、
ナトリウムとはこういうものかと、わかっていただけ
る、そのような取組みも行っています。

それから原子力に対する慎重派の方たちとも、何回も
討論を重ねてきています。意見は、すれ違っていること
がたくさんありますが、私たちはそれに対して、きちん
とお答えをしてくれています。昨年10月27日には、「も
んじゅ」を止めるべしというご意見の方々や地元の方々
が約250人集まって、敦賀短大で説明および討論会を開
催しました。耐震やプルトニウム、そして高速増殖炉の
そもそもの存在意義など、非常に厳しい質問も出まし
た。私たちはそれに対し、しっかりと丁寧にお答えしま
した。

地元の方々は、地元の新聞やテレビをはじめとしたマ
スコミの情報を非常に大切にしますので、私たちはマ
スコミの方々に対する情報提供、マスコミの方々に理解を
してもらう努力をずっと続けています。事故直後は毎
日、朝と夕方に2回記者会見をしていました、今は毎週
金曜日に、定例の記者発表を行うとともに、記者の方々
を対象とした施設の公開や勉強会なども行っています。

世論調査では、6割が運転再開を容認

—行政やマスコミ、オピニオンリーダー、地元の方々
など、さまざまなステークホルダーがおられ、それぞ
れの背景も関心事も違うと思います。交流をする上で、
ステークホルダーごとにポリシーや目標はあるのですか。

相手の方々が一番興味を持ちそうな点を中心に、まず
説明します。けれども、その後で出てくる質問や意見は、
千差万別です。高速増殖炉の説明を聞くのは初めてとい
う方には、そもそも高速増殖炉とは、という話をします
し、かなりよくご存じの方たちには、それに対応した説
明をします。

—事業者側が主張する安全と、住民の方が求める安心
感の隔たりは、かなり縮まったのでしょうか。



「自分たちの世界で完結するのではなく、世の中
の人たちの考えをしっかりと感じ取っていく。ま
た、国民の負託を受けているという、社会的な重
さを真剣に考えていきたい」

それは私たちではなく、地域の方々やマスコミ、ある
いは私たち以外の第三者が、判断することだろうと思
います。ただ、安心という部分は、原子力機構を信頼し
ただけいかどうかということ。つまり、原子力機構が
「もんじゅ」を動かすことについて、「わかった、おま
えたちに任せよう」といっていただけることが、安心感
を持てただけなことだと思うのです。

私たちが日ごろどういう仕事をやっているか、現場の
仕事ぶりなどを見ていただいて、一生懸命やっている
な、手は抜いていないな、隠していないな、嘘はいつ
ていないなということがわかるように、私たちも見せて
いく。それが安心に結びつくことではないかと思
います。

一つのいい例があります。「もんじゅ」の運転再開につ
いて、福井新聞が世論調査を行っているのですが、平成
13年8月の調査では、3割しか賛成がありませんで
した。

—平成13年8月というと……。

平成7年の事故から5年後です。ところが平成15年
には、5割ぐらいいなり、平成19年の調査では、6割が容
認という結果になりました。

—これまでの取組みが、成果として表れてきたよう
ですね。目標はどれくらいですか。

このような取組みにゴールはありません。これは、い
つまでも努力し続けなければならないと思っています。

情報は包み隠さず、迅速かつ正確に

—事故やトラブルが生じた場合の情報発信と情報公開
は、どうなっているのでしょうか。

私たちは、機械は故障する、人間は間違える、とい
うことを地元でも申し上げています。「もんじゅ」が運
転再開をした場合、なんらかのトラブルが起きることは私
たちも十分想定していますし、地元の方も多分何かあるだ

ろうと考えていると思います。

その場合の対応は、迅速さと正確さが最も大事だと思います。もちろん隠すとか、ごまかすなんていうのはとんでもない話です。

通報連絡の関係先は、「もんじゅ」の場合だと50ヶ所ぐらいあります。マニュアルを作り、ソフトウェアに組み込んでおいて、ボタン一つで全部に情報が流れるような仕組みも用意してあります。さらに、それがきちんと機能するように、機械のメンテナンスと人間の訓練をやっています。

そういうふうにして、可能な限り速やかに第一報を出せるようにしておく。時間とともに正確な情報がわかってきたら、第二報または第三報で順次お伝えをしていくという方法をとっています。

—詳しいことはわからなくても、まずは第一報をするということですね。その外部に情報発信するかどうかの判断は、どなたがなさるのですか。

自治体との間で連絡通報に関する安全協定があります。事故やトラブルの分類に従って、すぐに連絡すべきか、翌日の連絡でよいかなどが決めてあります。それでも発信するかどうか判断に迷うようなことが起きたら、とにかく発信するようにと指示しています。

例えば、昨年8月に、ナトリウム漏えいの信号が出ました。直ちに中央制御室にいる運転員が確認し、関係先へ連絡しました。ところが、よく調べたら、それは誤信号だったんです。そこで次に、さきほどのは誤信号だったということ連絡しました。最初は、信号が本当なのか誤信号なのかもわからなかったけれども、とにかくナトリウム漏えいという非常に重要な信号だったので、まずは連絡しました。それが、迅速なアクションのいい例だと思います。

—想定できない事故が起きた場合の対応はどうでしょう。

事故を想定したマニュアルをつくり、その影響まで書いたものを公表もしています。けれども事故は、マニュアル通りにはいきませんから、必ず応用動作が必要になる。そのために日ごろから、その応用動作ができるような研修や訓練をしています。



—「もんじゅ」が運転しているところは、運転員が70人ぐらいいたと聞いていますが、長く止まっていたので、電力会社などの出向元に帰ってしまって、当時を知る人はあまりいないという話も聞きました。そんな

中で、運転員の方の動機づけの維持はどうなのでしょう。

その点は、私たちも非常に重要な問題だと考えています。確かに12年間の間に、出向元に帰られた方がおおよそ3分の2くらいになり、当時を知っているのは運転員でいうと約20名くらいになっています。この12年間運転していなかったため、その間の経験が欠落しています。それを補うために、例えばシミュレータで、事故を模擬した訓練や研修をしています。「常陽」や「ふげん」でも、運転を一緒にしながら勉強をしてきました。このほかに、原子炉の型は違いますが、日本原電さんの敦賀発電所で、実際に運転経験を積ませていただきました。現場感覚を維持するために、そういうようなことをやっています。

—いつでも、応用動作ができるような体制は整えておくということですね。

現在、ナトリウムを12年ぶりに配管に入れて、循環し、プラント確認試験を行っています。つまり12年ぶりに、運転員はナトリウムの系統を含めて「もんじゅ」の運転ができるようになりました。この過程で、彼らはもう1回自分たちの技術をリカバーし、再確認する。そういう意味で、このプラント確認試験や、その前の工事確認試験は、非常に大事な機会なんです。みんな手応えを感じているようです。

「動燃時代は、外の社会と意識がずれていた」

—ハードの試験だけではなくて、運転員の技術向上というものにも役立つということですね。

次に、職場風土の改善についてお伺いしたいと思います。原子力分野に限らず、ほかの分野でもいろいろな企業の不祥事とかが起きていますけれども、その裏には、日本的な企業の職場風土が背景にあるとよくいわれています。動燃時代のビデオ隠しが起きた原因としてはどういう風土が考えられるのでしょうか。

大きくいって、2つあると思います。一つは職場風土の問題。もう一つは行動規範の問題です。

職場風土の問題では、社会との接点を忘れていたことが大きいと思います。原子力をやっている人間が、原子力のことだけを考えて仕事をやっていた。

行動規範という問題については、自分たちが原子力という非常に社会からも注目され、かつ、非常に大事な技術を扱っているという意識が薄かった。特に動燃時代には、高速増殖炉の開発という重要な仕事を、国民の負託を受けてやっているという意識が、かなり希薄になっていたのではないかと思います。

ではどうするかというと、いろいろな手立てがあります。例えば意識の問題については、異業種派遣というこ

とで、技術者をデパートに派遣して、お客さん対応を勉強してもらいました。社会との接点という意味で、世の中の風向きや温度などを、身をもって感じる。世の中の人がどういうことを考えているかがよくわかります。

それからもう一つ、さきほどの「さいくるミーティング」のような場で、地元の皆さんが、私たちのことをどう見ているのかを肌で知ること。これも、社会との接点の大きな部分だと思います。

風通しの悪い職場では、隣の部や課で何をやっているか、お互いに情報共有をしない。縦割り組織で、無責任体制になりがちです。だから、ビデオ隠しのような問題が起こる。自分たちのことは自分たちだけでケリをつけてもいいんだという意識があったがために、ああいう問題が起きたと思います。

逆にいえば、お互いに、どんないい情報でも悪い情報でも情報共有をして、困ったことがあれば、上や隣や下とも相談できるような、風通しがいい職場づくりが極めて大事だと思います。

—原子力を取り巻く社会環境におきましては、安全性の追求と信頼性の確立が重要だと思います。それについて企業の社会的責任(CSR)の観点からはどうでしょう。

かつての動燃あるいは今の原子力機構も、国の予算で基本的に動いており、「もんじゅ」を含めたすべての事業が、税金を使い、国民の負託を受けてやっています。国内で原子力エネルギーの研究開発をやっている公的機関というのは、私たちの組織だけです。

私たちは企業の社会的責任ということ、本当に真剣に考えるとともに、国民の負託にしっかり応える必要があると思います。CSRにとどまらず、私たちは私たちの持つ社会的な重さをまじめに、本当に真剣に考えていかなければならないと思います。

FBR 開発は国際分業体制で

—原子力学会誌では、WEB アンケートを毎月行っていますが、読者の方々は、国際化に関心が高い。「もんじゅ」における研究開発を今後、どのように国際的な研究開発に活用していくのですか。

原子力カルネッサンスといわれている今、FBR を再評価する動きが国際的にも大きくなっています。その典型が、米国です。米国はカーター政権時に、プルトニウム利用を中心とする高速増殖炉開発をやめてしまいました。ところがブッシュ政権になって、今後の資源の確保の問題や廃棄物の処分の問題などから、高速増殖炉や再処理について、考え直す動きが出てきました。

もう一つはフランスですが、ご承知のように、もともと高速増殖炉を非常に熱心にやってきました。さらにロシアや中国、そしてインドも今、高速増殖炉にかなり

熱心に取り組んでいて、それぞれ段階は異なりますが建設を進めています。

このような中で、高速増殖炉開発のプログラムは、国際協力という単純な言葉よりも、むしろ国際共同開発、国際分業でやらなければならない時代に入ったと思います。例えば日米仏3国で、新しい高速増殖炉を一緒に開発する。さらに国際分業という意味では、国際的に資源の最適化を図る。日本や米国、フランス、ロシアの4カ国でそれぞれが同じようなことをやるのではなくて、ITERのように国際分業で分担できる仕組みができ、それで協調がとれていければ、非常に効率的な研究開発ができると思います。その中で「もんじゅ」は大きな重要な役割を果たすものと思っています。

運転再開後は、「もんじゅ」は国際共有財産として、米国やフランスにも参加してもらい、いっしょに研究をやっていこうと考えています。

現実に進んでいる例では、日米仏で高速増殖炉用の新しい燃料をつくり、それを「もんじゅ」で燃やしてみようという計画があります。これは昨年9月に、米国エネルギー省(DOE)とフランス原子力庁(CEA)との間で合意したもので、「包括的アクチニドサイクル国際実証(GACID)プロジェクト」といいます。これはまさに国際分業で、米国が材料を提供し、フランスで燃料をつくらせて、日本で燃やすというプログラムです。

—最後に、原子力学会へのメッセージを。

学会にお願いしたいのは、次の世代を担う人材をどうやって確保するかということ。この問題を、私たちも研究開発機関として真剣に考えています。原子力学会にはさまざまな分野の人がいる。そういう人たちが知恵を出して、日本の将来の原子力を担う人材をどうやって育てて維持していくか、具体的に考えていかなければならない大きな課題です。

—そのためには、まず大学生に原子力分野に進んでもらわないといけない。さらには小中学生のころからエネルギーや原子力に対する興味を持っていただかないといけない。

小学生や中学生にも「もんじゅ」に来てもらって、見てもらっています。ナトリウムを切る体験もしてもらっています。私たちが小学校や中学校、高校に行って、エネルギーや環境問題について説明する活動も実施しています。

—出前授業ですね。

出前授業というよりも、先生がそのような授業をされるのを一緒になって支援する取組みです。さらに、いくつかの大学とは、協力協定を結んで、原子力分野での共同研究や環境エネルギー教育の支援について検討をして

います。ご指摘のように、できれば小中学生ごろからま
ず理科になじむ教育を強化し、さらにエネルギー問題、
環境問題を通じて原子力に興味を持ち、その中からそれ
を仕事にする優秀な若い人材が集まってくるとよいと思
います。

—そうなると思います。有益な話をありがとう
ございました。



From Editors 編集委員会からのお知らせ

○学会誌発行日が毎月1日と
なりました



— ホームページ更新情報 —

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/> (12/10 現在)

・学会誌ホームページが新しくなりました。記事執筆関係の
規程や手順書も掲載しておりますので、ご寄稿の際には一読
をお願いします。

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/atomos/index.htm>

・会員に広く読まれる学会誌づくりをめざして、学会 Web
アンケートを実施中です。ぜひご協力をお願いいたします
(<http://genshiryoku.com/enq/>)。

・英文論文誌について、全通過論文に対する英文 Editorial
Correction (素読校閲：主として文法上のミスの修正や冠
詞・接続詞などのチェック) を開始します。詳しくは、
<http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/publication/071001suyomikosei.html>
をご覧ください。



—最近の編集委員会の話題より—
(12月7日 第6回幹事会)

【学会誌関係】

- ・1月号から新企画「ジャーナリストの視点」を始めまし
た。全国各地で活躍されているジャーナリストの皆様から忌
憚のないご意見をお寄せいただく予定です。
- ・本号の早瀬氏に続いて、太田常任顧問(四国電力)ほか
インタビュー記事を企画中。
- ・学会創立50周年記念特集号について、部会・連絡会の
報告、これまでの学会活動や将来のビジョンなど、発行
形態や内容について今後検討することとしました。
- ・学会誌の収入資源の広告については年間契約の獲得や、
未だ広告を出稿していただいていない関係主要企業への
働きかけなど、引き続き努力を続けていきます。
- ・ニュース記事は出来るだけ新しいものを掲載できるよう、
編集工程を見直すこととしました。

編集委員会連絡先 hensyu@aesj.or.jp

急激な伸びを示すインドの電力量 順調なトリウムサイクル開発と大型軽水炉の導入計画

日本原子力産業協会 西郷 正雄

日本の原子力技術に関心のあるインド原子力発電公社(NPCIL^{a)}) 総裁ジェイン(S. K. Jain)氏の招待を受け、2007年1月中旬にインドのムンバイ地域とチェンナイ地域を訪問した。インドでは電力量が急激な伸びを示しており、その対応に火力発電の増設は当然のこと、エネルギー安定供給や地球温暖化防止に役立つ原子力発電や新エネルギーにも力を入れようとしている。従来の原子力政策に加え、この電力需要を賄いきるために、海外から大型軽水炉を大幅に導入しようとしている。

本稿では、訪印時に得られた情報を基に、インドの電力量需要の今後の伸びに合わせた原子力政策方針について述べることにする。なお、(ムンバイ地域 タラプール)および(チェンナイ地域 カルパッカム)での施設訪問で得られた情報については、誌面の都合上割愛する。

2007年1月15日より10日間かけて、日本原子力産業協会から会員の電力中央研究所 魚谷正樹氏、三井物産伊藤文隆氏および西郷の3名で、原子力委員会(AEC^{b)}) カコデゥカル(Dr. Anil Kakodkar)委員長、NPCIL ジェイン総裁の表敬訪問を含む次の機関を訪問した。

(ムンバイ地域 ムンバイ市内)

- ・原子力委員会(AEC)[カコデゥカル委員長(原子力エネルギー庁長官兼務)表敬訪問]
- ・インド原子力発電公社(NPCIL)[ジェイン総裁表敬訪問および上層部との会談]
- ・インド原子力産業協会(IAIF^{c)} [IAIF 会員5社との会談]
- ・Larsen & Toubro Limited. (L&T 社)[会談と工場訪問]

(ムンバイ地域 タラプール)

- ・タラプール原子力発電所(TAPS^{d)} [会談と施設訪問]

(チェンナイ地域 カルパッカム)

- ・インディラガンジー研究センター(IGCAR^{e)} [会談

と施設訪問]

- ・高速増殖原型炉(PFBR^{f)} [会談と施設訪問]
- ・原子力海水淡水化実証プラント(NDDP^{g)} [会談と施設訪問]

今回の出張の主目的は、2006年4月の原産年次大会で招待したジェイン総裁の「インドの経済発展に伴う電力量の伸びが今後も8~10%/年で継続するため大型軽水炉の大幅導入が必須」との発言に基づき、大型軽水炉の大幅導入の実現性を見極めることおよびインドの原子力政策について調査することであった。本稿では、インドのエネルギー需要の今後の伸びに合わせた原子力発電の需要見通しと原子力政策方針について、現地ヒアリングをベースに述べることにする。なお、核不拡散条約(NPT: Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons)非加盟国の核実験実施国に係る問題については、話が発散するおそれがあるために、あえて先方との話題から外した。

インドの全発電電力量および原子力発電の需要見通し

インドの全発電電力量は、第1表に示すように、2006~07年は712~724 TWh/年の見通しである。また、その発電電力量の構成は、第1図に示すように、火力(石炭・石油)72.2%、水力14.4%、天然ガス10.1%、原子力2.9%、その他0.4%である。今後もGDP成長率が8%から9%を維持するものと想定しており、2031~32年の発電電力量は3,628~4,493 TWh/年と、現在の5~6倍の発電電力量を見込んでいる。この見込みをカバーす

The Demand for Electricity Enormously growing in India —The Smooth Th-cycle Development and the Plan to Introduce of Large Scale LWRs : Masao SAIGO.

(2007年10月15日 受理)

^{a)} NPCIL : Nuclear Power Corporation of India Limited

^{b)} AEC : Atomic Energy Commission

^{c)} IAIF : India Atomic Industrial Forum

^{d)} TAPS : Tarapur Atomic Power Station

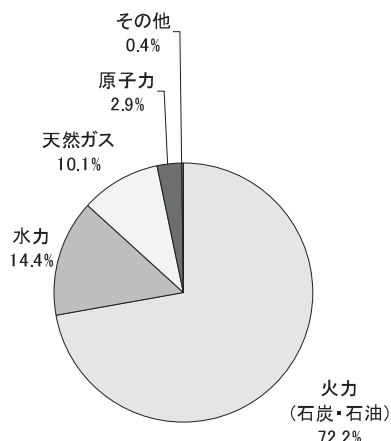
^{e)} IGCAR : Indira Gandhi Centre for Atomic Research

^{f)} PFBR : Prototype Fast Breeder Reactor

^{g)} NDDP : Nuclear Desalination Demonstration Plant

第1表 インドの全発電電力量の予測

	(TWh)	
	8%	9%
2006~07年	712	724
2011~12年	1,026	1,091
2016~17年	1,425	1,577
2021~22年	1,980	2,280
2026~27年	2,680	3,201
2031~32年	3,628	4,493



出所：Light Water Reactors in India an Economic Perspective, NPCIL

第1図 インドの発電電力量の構成 (2004~05年)

るためには、毎年10 GWe [= 1,000万 kWe] 強の発電所を建設しなければならない。ちなみに原子力はそのうちの1割強を目指しているため、毎年、大型軽水炉1基程度建設する必要がある。

インドが核実験を実施(1974年5月)する前には、米国GEより沸騰水型軽水炉(BWR 16万kWe×2基)とカナダの加圧型重水炉(CANDU 炉10万kWe 1基)[インドでの呼称：PHWR]を導入し、運転を開始していた。しかし、核実験実施の影響でカナダも米国もインドから撤退し、その後インドは独自で運転および開発を進めなければならなくなった。1998年5月11日にインドは2度目の核実験を実施し、隣国のパキスタンもそれに対抗するかのごとく同月28日に核実験を実施した。このことにより、核に対するNPT加盟国からの目は一層厳しくなり、ロシアの協力を除いて現在も同じ状況が続いている。

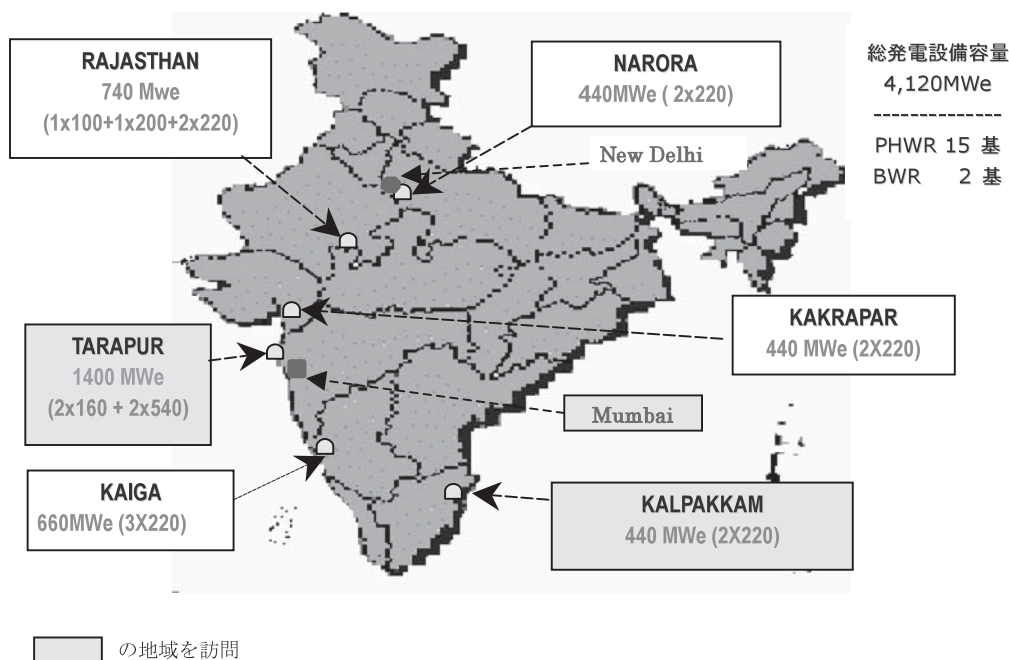
米国は民主国家で核不拡散を遵守しているインドに対し、2006年4月にライス長官は、原子力の平和利用協力関係を結ぶ方向に転換すると発言^{b)}した。その後、米印

原子力平和利用協力協定(123協定)が、2007年7月27日に合意され、現在、その締結に係わる条件^{d)}整備が進められようとしている。

現在、原子力発電所は、第2図、第2表に示すように、17基運転中(合計4,120 MWe [= 412万 kWe])、6基建設中(合計3,160 MWe、内訳 PHWR 3基、VVER 2基、PFBR 1基)であり、2008年末には、PFBRを除く5基が完成する予定である(合計6,780 MWe)。

^{b)} ライス長官が発言した原子力平和利用協力関係を結ぶ理由：①両国の戦略的協力関係の強化、②エネルギー安全保障の強化、③環境保護の促進、④ビジネスチャンスの増大、⑤国際的な核不拡散体制の強化。

^{d)} 締結に係わる条件：①インドとIAEA間の保障措置協定の締結、②NSGガイドラインのインド向けへの変更にNSGメンバー45ヶ国の支持取付け、③米国議会の承認。



第2図 運転中の原子力発電プラント (2007年10月現在)

第2表 インドの原子力発電所一覧表(運転中, 建設中; 2007年10月現在)

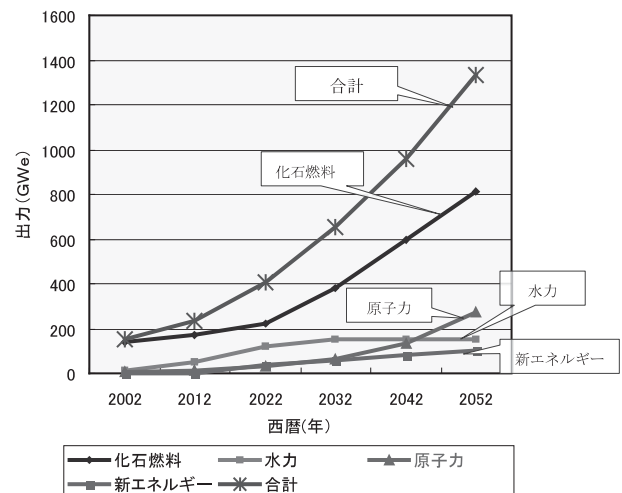
発電所名	炉型	状態	設備容量 (MWe)		営業運転 (年/月)
			ネット	グロス	
カイガ-1	PHWR	運転中	202	220	2000/11
カイガ-2	PHWR	運転中	202	220	2000/03
カクラバー-1	PHWR	運転中	202	220	1993/05
カクラバー-2	PHWR	運転中	202	220	1995/09
マドラス-1	PHWR	運転中	202	220	1984/01
マドラス-2	PHWR	運転中	202	220	1986/03
ナローラ-1	PHWR	運転中	202	220	1991/01
ナローラ-2	PHWR	運転中	202	220	1992/07
ラジャスタン-1	PHWR	運転中	90	100	1973/12
ラジャスタン-2	PHWR	運転中	187	200	1981/04
ラジャスタン-3	PHWR	運転中	202	220	2000/06
ラジャスタン-4	PHWR	運転中	202	220	2000/12
トラブール-1	BWR	運転中	150	160	1969/10
トラブール-2	BWR	運転中	150	160	1969/10
トラブール-3	PHWR	運転中	490	540	2006/08
トラブール-4	PHWR	運転中	490	540	2005/09
カイガ-3	PHWR	運転中	202	220	2007/05
カイガ-4	PHWR	建設中	202	220	2008/03
クダングラム-1	VVER	建設中	917	1000	2007/12
クダングラム-2	VVER	建設中	917	1000	2008/12
ラジャスタン-5	PHWR	建設中	202	220	2008/02
ラジャスタン-6	PHWR	建設中	202	220	2008/12
PFBR	PFBR	建設中	470	500	2011/05

第3表 インドの原子力発電設備容量の予測

	(GWe)	
	楽観的シナリオ	悲観的シナリオ
2012年	11	9
2022年	29	21
2032年	63	48
2042年	131	104
2052年	275	208

FBR, PHWRを含めた原子力発電設備容量の将来予測は、「海外から軽水炉を適切に導入する」計画では、第3図、第3表に示すように、2022年に21~29 GWe[= 2,100~2,900万 kWe], 2032年で48~63 GWe, 2042年で104~131 GWe, 2052年で208~275 GWe(総発電設備容量の約20%)である。

楽観的シナリオの2022年に29 GWeを達成させるためには、50万 kWeのPFBRが成功裏に実証されること、新たに建設する70万 kWeのPHWRの運転に必要なウランが確保できること、海外から軽水炉を今後10年間で800万 kWe[= 8 GWe]導入(今年ロシアとフランスから複数基導入することを確約)できることを前提にしている。



第3図 インドにおける発電設備容量の予測

ちなみに、「海外から軽水炉を大幅に導入する」計画では、2020年頃に40 GWeを目指しており、毎年2基程度大型軽水炉の建設に着手しなければならない。

インドの原子力政策

インドの原子力政策は、従来から計画している3段階

のトリウムサイクル原子力研究開発計画を成就することである。さらに将来、熱利用への活用に向けて、高温技術のCHTR(100 kWt, 被覆燃料粒子, 酸化ベリリウム減速, 鉛冷却高温炉)の研究開発なども進めることである。

しかしながら、今後の経済発展により2050年までにエネルギーは、現在の10倍程度に拡大していると考えており、それに合わせて電力量も10倍程度になるものと考えて、火力発電の増設は当然であるが、原子力、新エネルギーの開発にも力を入れることで取り組んでいる。インドでは、2050年には、石炭は世界の45%、炭化水素(石油, 天然ガス)は10%程度と、大量に消費するようになると想定しており、環境問題としてのCO₂排出問題、およびエネルギー安定供給への懸念を持っている。そのため化石燃料の消費を少しでも軽減するために、原子力発電の開発は必須であるとしている。

インドがトリウムサイクルを主軸にしているのは、自国に豊富に有するトリウム(Th)資源に対し、天然ウランは約6万トンしかなく、プルトニウム(Pu)利用, Th利用が不可欠とみているからである。また、PHWR, FBRの開発に加え、さらに先端的な開発が重要になると考えている。

現在までインドは、外国との原子力交流が途絶えていたために原子力の基本政策として、独自開発の「3段階トリウムサイクル原子力研究開発」を進めていた。しかし、今後、米印原子力平和利用協力協定が締結されると海外との交流が可能となる。原子力の平和利用として、世界各国との交流が進めば、海外から大型軽水炉などの技術を導入することができる。しかしながら、従来から

の基本政策「3段階トリウムサイクル原子力研究開発」は、順調に進んでいるため、その計画に影響を及ぼさないよう取り組んでいる。海外からの大型軽水炉の大幅な導入は、不足している電力を賄うことが目的で、燃料も海外購入することにより、本基本政策に影響を及ぼさないように計画している。

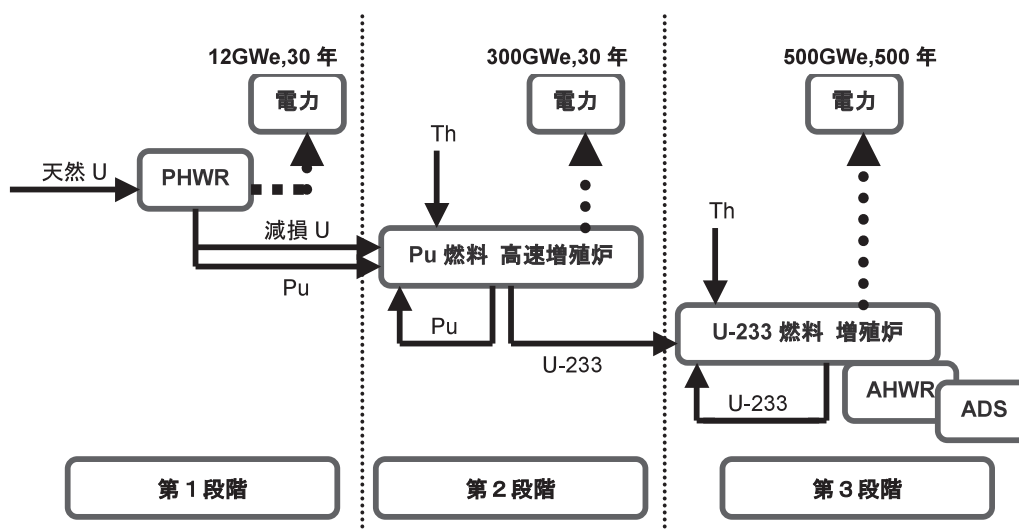
3段階トリウムサイクル研究開発

インドの持続可能な成長を支えるために、エネルギー戦略として、自国で豊富に産出できるThを燃料にするトリウムサイクルの完結を挙げており、そのプロセス(第2段階)にFBRの導入が不可欠である。

第4図に示すように、そのプロセスは、第1段階：天然ウラン燃料による発電とPu生産、第2段階：Pu燃料による発電と減損ウランからのPu生産およびトリウムからの²³³U生産、第3段階：²³³U燃料による発電と²³³U生産である。インド独自の3段階研究開発は現在、第2段階に入っており順調に進んでいる。

第3段階への移行開始は、2040年ごろと想定して研究開発を進めており、AHWR(300 MWe)は重水減速、沸騰水自然循環冷却の高転換炉である。第3段階には、天然ウランを用いるPHWRの設備容量をゼロにし、天然ウランには期待しないトリウムサイクルによるインド独自の持続可能な原子力エネルギー計画を目指している。

電気出力1,000 MWeの金属燃料FBRの研究開発も進めており、三元合金(U-Pu-Zr)金属燃料および乾式再処理技術の研究開発をしている。再処理施設との並置を想定している金属燃料FBRは、2017年までに実用化することを狙っている。金属燃料は、増殖性向上のためZr



出所：DAE September, 2006

第1段階：天然ウランを燃料とするPHWRによる発電とPu生産(一部、試験のためTh燃料を装荷)
 第2段階：Pu燃料のFBRによる発電と減損ウランからのPu生産、さらにThからの²³³U生産
 第3段階：²³³U燃料(初期にはPu燃料も装荷)のAHWRによる発電と、Thからの²³³U燃料生産
 なお、²³³U生産のために加速器駆動未臨界炉(ADS)の利用も想定

第4図 インドの原子力3段階研究開発

を6%(通常10%)とし、FBTRで照射試験を行う。以上の開発を進め、2020年までにFBR開発では世界のリーダーになることを目標としている。

最後に

インドの原子力政策は、「3段階トリウムサイクル原子力研究開発」を基本政策にし、「大型軽水炉導入」は、電力需要を賄う目的のつなぎの方針であるように受け止められる。しかし、インドの将来の発電設備容量から見ると、例えば、2020年に40 GWeを達成するとするならば、そのうちの30 GWe(75%)弱が大型軽水炉になり、つなぎの役割にはなり得ない。別の柱と位置付け二本柱として考えなければ、インドの原子力政策は成立しないであろう。11億人からさらに増え続け15億人になろうと

するインドにおいて、インフラを整備するだけでも経済成長は8~10%で数十年続くことは十分に想定されるため、大型軽水炉の海外からの導入については、長期的に発生するものと考えてよい。日本のメーカーは、米国、中国に次ぐ大型市場ととらえて取り組む必要があるであろう。

著者紹介

西郷正雄(さいごう・まさお)



日本原子力産業協会
(専門分野/関心分野)高温ガス炉, エネルギーと環境, 原子力の国際展開

広告記事(PRのページ)新設と募集のお知らせ

1. 広告記事(PRのページ)の募集

学会誌では、一般広告以外の広告記事(PRのページ)を新たに掲載することとしました

・掲載場所

- ① 従来の広告のページと同じ位置
- ② 「学会誌記事の最後で会報の前」(新規)

・掲載料金

- ① 従来の広告のページと同じ位置に掲載する場合は、一般の広告料と同じ
- ② 学会誌記事の最後(会報の前)は80,000円/頁

・広告記事のページ数：1~2頁(2頁の場合は「見開き」とする)

・掲載条件：広告記事ページの右上に(広告記事)または(PRのページ)と記載する

2. 広告記事原稿の提供等

・版下は広告出稿主が提供する

・カラーの場合は出稿主がカラー印刷代を負担する

・生原稿の場合は一般広告と同じ(版下・フィルム制作費として20,000円、版下支給の場合はフィルム制作費として5,000円を別途申し受けます)

(学会誌の広告記事としてふさわしくないと編集委員会が判断した場合は掲載をお断りする場合があります)

NISA・JNES 2007シンポジウムから

新潟県中越沖地震より得られた知見から更なる安全性の向上へ —設計余裕の見きわめや、情報発信のあり方について議論



原子力安全・保安院と原子力安全基盤機構は平成19年11月14日に都内で、「新潟県中越沖地震より得られた知見から更なる安全性の向上へ」と題するシンポジウムを開いた。約630人が傍聴した会合では、東大の班目春樹氏が「基準地震動の想定は柏崎刈羽の場合、2～3倍の間違いがあったが、重要な施設は数十倍の余裕をもっていたために、壊れなかった」と指摘。京大名誉教授の入倉孝次郎氏は「新潟県中越沖地震を引き起こした震源断層は、北部では北西傾斜の断層、南部では南東傾斜の断層が有力視される」と推定した。また原子力安全・保安院の加藤重治氏は「今回の地震を受けての健全性や、新耐震指針に照らした耐震安全性など、厳密に確認していく」と今後の対応を説明。フロアとの質疑では、情報発信のあり方について、災害時には他電力がサポートすることや、専門家がメディアへの情報発信を支援することが提案された。ここでは、このシンポジウムのあらましを紹介する。

想定を超えたが、設計余裕がそれを吸収

会合ではまず、中越沖地震における原子力施設に関する調査・対策委員会委員長を務める東京大学の班目春樹氏が、基調講演。基準地震動の想定について「原子力施設は放射性物質の遮蔽や内圧を保持するために、非常に頑丈に造ってある。このため耐震設計とは、あくまで耐震強度をチェックすることが主眼となる。その耐震設計を行う際にはまず、どのくらいの地震を考えなければならないかということで、基準地震動を策定しなければならない。この基準地震動が、柏崎刈羽の場合には2～3倍の間違いがあった」と指摘した。

また「地震時の挙動を決める因子には、減衰定数などのように正確な把握が難しいものが多い。その証明を要求される場合、実験値の下限を用いるなど非安全側にならないよう、設計の各段階で配慮しなければならない。また要求されるのは機能維持でも、実際には弾性設計となる。機能維持できる究極の限界の解析は難しい」と説明。さらに、想定を超えた地震が起きたにもかかわらず、

原子炉が壊れなかった理由については、「施設がもつ実際の余裕については、これまでの加震実験の結果からすれば、数十倍あると想像される」と推定。しかし、将来的には、「その余裕がどれだけあるか、各因子のばらつきも考慮し把握するような研究が望まれる」と述べた。

次に京都大学名誉教授の入倉孝次郎氏が、「新潟県中越沖地震についての地震学からの考察について」というテーマで登壇。地震学の最先端からの知見をこのように紹介した。

「新潟県中越沖地震を引き起こした震源断層は、OBS(改訂地震計)の結果に基づく余震分布の再決定から、破壊の始まりとなった北部では北西傾斜の断層、破壊の終端に近い南部では南東傾斜の断層が有力視されている。地殻変動データ、津波データについてもそのモデルで矛盾しない結果が得られる。とはいえ、その断層面の傾斜方向について最終的に判断をするには、産業技術総合研究所やJAMSTEC(海洋研究開発機構)、東京電力が行っている構造探査の結果を待つ必要がある」

「強震動の生成に関しては、前述のモデルでも説明で

きる。しかしながら、強震動の最大値の距離減衰関係、応答スペクトルの経験的關係との比較、柏崎刈羽原発で観測された3つのパルス波などを統合的に説明するには、震源モデルだけでなく、伝播経路特性やサイト特性に関する詳細な検討が必要である」

また今回の地震の強震動は、柏崎刈羽原発のようにひずみ集中帯近くに位置するサイトにおける基準地震動の評価のあり方に、大きな教訓をもたらすと指摘。今後の基準地震動の評価を考える際には、ひずみ集中帯の地表に見られる活断層や活褶曲の形状と地中の震源断層との関係について、さらなる研究が必要だとした。

さらに、今回の地震と同様に、ひずみ集中帯に発生した2004年中越地震の震源断層面の推定に適用された地表の地質構造やボーリングなどの地質構造データから、「バランス断面法」などで地下断層形状を推定する手法の早急な実用化を要望。「原子力発電所の耐震設計の観点からすると、柏崎刈羽の観測記録は、強震動に関するこれまでの経験的關係に比べて大きかった。その原因を明らかにすることにより、今回の地震の経験を生かした原子力発電所に対する強震動予測の考え方を確立する必要がある」と締めくくった。

情報発信のしかたには、不手際があった

続いて東京電力執行役員の武藤 栄氏が、「柏崎刈羽原子力発電所が受けた影響および対応状況」について説明。同氏は、「地震が起きた時に、1号機での最地下階での最大加速度は、設計値273ガルを2.5倍も超える680ガルを記録した。なお原子力安全にとって最も重要な機能は、『止める』、『冷やす』、『閉じ込める』こと。この3点については、地震発生後も設計通りの機能が確保された」と述べた。

「このうち『止める』については、運転中の3基および起動中の1基で、地震を感知後に全制御棒が挿入されてスクラムした。『冷やす』点では適切な原子炉水位を確保し、運転員が訓練通りに操作して、原子炉水を100℃未満に下げ冷温停止状態にすることができた。『閉じ込める』では、環境へ影響を与える放射性物質の放出はなかった」

また、変圧器の火災について「この経験を経て、当発電所では化学消防車を配備し、消防署へのホットラインを中央操作室に設置するなど、消火体制を強化した」と

説明。今後については「炉内の点検は平成20年2月までかけて実施。地質調査については、福島発電所も含め、平成20年3月までかけて行う」と述べた。

最後に原子力安全・保安院の加藤重治氏が登壇。地震発生後の情報発信については、「地震後に発電所の緊急対策室のドアが開かず、原子力安全・保安院の最初の会見は事故から2時間後に実施。避難する必要があるかどうかについては、県からの照会に回答する形で行われ、自発的に発表したものではなかった。6号機からの放射性物質放出の報告も遅れた」と述べた。

また保安院は、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会の下に、この問題に関する調査・対策委員会を設置。「地震が柏崎刈羽原子力発電所に及ぼした具体的な影響について事実関係の調査や自衛消防体制、情報連絡体制、地元に対する情報提供のあり方、今回の地震から得られる知見を踏まえた耐震安全性の評価、設備の健全性や今後の対応について審議しており、11月下旬を目途に報告書案を取りまとめる予定だ」と説明した。

さらに耐震安全性評価について「現在、今回の地震動の観測値がなぜ設計を上回ったかという要因の分析や、今回の地震による柏崎刈羽原子力発電所への影響および構造健全性の検討、今後の検討により想定される地震動に対する耐震安全性の検討を進めている」と紹介した。

一方、観測された最大加速度が設計時の想定を上回っていた点についても言及。

「原子炉建屋で測定された地震動データから、応答スペクトルに基づいて、建屋各階でかかった力を解析中である。実際の建屋の状態を踏まえて作成したモデルを用いた解析結果は、地震観測記録を比較的良好に再現できた。解析結果の最大応答せん断ひずみによると、原子炉建屋はおおむね弾性範囲に収まっている」

「発電所の受けた被害、国・事業者等の対応から、最大限の教訓をくみとり、今後の対策へ生かし、国際的にも共有していく。また今回の地震を受けての健全性や、新耐震指針に照らした耐震安全性など、着実かつ厳格に、柏崎刈羽原子力発電所の安全を確認していく。さらに原子力発電所等の耐震安全性を、新指針に照らして、最新の知見に基づいて、厳格に確認していく」と、今後の対応を述べた。

設計余裕があることを、事前に周知すべきでは

ひとわりの説明がすんだ後に、ファシリテータである東北大学の北村正晴氏が、サポート役の多摩大学の乾文子氏と連携して、これまでの議論を可視化しつつ論点を体系化し整理した。その上で、次のパネル討論の論点を、



- (1) 基本的な安全機能は機能した
- (2) 柏崎刈羽の今後の全体の安全確認に留意すべき点
- (3) 新潟中越沖地震から得られた知見でバックチェックに反映すべきこと
- (4) 地域住民、国民へ正しい情報を伝えるために
- (5) 平常時、異常時のリスク・コミュニケーションと整理した。

このうち、今後の安全確認に留意すべき事項として、首都大学東京名誉教授の西川孝夫氏が「原子力発電所の建屋や機器の余裕度はどれほどあるのが明示されていない。だから、想定を上回る地震が起これば、大変だということになってしまう。どれぐらいまでの地震に耐えられるのかという検証をしなければならない」と指摘。班目氏は「IAEAからも、目に見えないダメージが隠れているかもしれないと指摘された。全部をまんべんなく見るというより、重要度の高いところを重点的に、例えば非破壊検査などで見るのが大切だと考える。また地震の反省点としては、余裕があるからいいじゃないかということで、議論を打ち切ってきたところがある。それを見きわめる必要がある」と続けた。

また社会安全研究所副所長の首藤由紀氏も、「設計余裕については、事前にこれぐらいあるとは説明されていなかった。それがあれば、私たちは想定を超えたというだけでは、驚かなかったのかもしれない」と補足。さらに加藤氏は、「原子力施設の安全性は、耐震だけでなく、高経年化も考えなければならない。そこでは、最新の知見を反映していかなければならない」と述べた。

一方、情報発信について、武藤氏は「情報はそれが安全上、どのような意味をもつのかという、付加価値をつけて発信することができればと思う、ただ、現実的には多忙な時に、それがどれほどうまくできるか、はこれからのチャレンジ」と述べた。これに対し、首藤氏は、「一般災害と異なり、地震災害は被災地に負担をかけないことが大事。付加価値をつけることはいいことだが、準備が必要となる。現地では対応できないだろうから、本店が行うか、あるいは他電力が情報を共有して相互サポートできないだろうか」と述べた。

また風評被害について同氏は、「原子力施設の変圧器火災は事実。しかし、放射能がでなくても、原子力とは無関係に地震が起きただけで、風評被害はおこる。対策としては、不安を与えないような情報を発信し、万一、お客が減ったときには、関係者が協調して、地元に来てくださいというキャンペーンをすると有効かもしれない」と提案。これに対し班目氏は、「地震学と耐震工学とのコミュニケーションが悪く、不確かさの手の内を明かさなかった。それが今回はそのまま、外に出てしまった。地震はある程度想定できるものであり、それに耐える構造物を作ることもできる。リスク・コミュニ



ケーションについては、平常時から、何かあったらどうなるということ、伝えておかなければならない」と述べた。

災害に強い発電所をめざす

最後のセッションでは、会場参加者を交えて議論。フロアの参加者が、「再起動に向けてのハードルは何か」と質問すると、加藤氏は「安全が確認できるまで、運転を見合わせるとしている。科学的、合理的基準で判断をしていきたい。節目では地元で説明もし、理解を得なければならない」と回答。武藤氏は「何が一番のハードルなのか明確となるには今少し時間がかかるが、そのためにも新しい設計用基準地震動を決めることが、一つのポイント」と答えた。

また情報発信についての質問に対して加藤氏は、「サイト周辺には事業者や自治体のモニタがあり、当時も機能していた」と回答。別の会場参加者が、「事業者や自治体のモニタ結果は、インターネットで文部科学省のサイトから、リアルタイムで見ることができる」と補足した。

これを受けて首藤氏は、「その情報が一般の人に理解できるものなのかどうかを気にされるかもしれないが、まずは出すことが重要だ。余裕があれば、解説を加えていただければ、わかりやすい」。班目氏は「情報発信には不手際があった。こういう時には、専門家を紹介して、メディアに相場感を伝えることができるようになれば」と答えると、会場からは、「すでに学会では、そのような検討を進めている。緊急時には専門家をプールし、対応できればと思っている」との回答があった。

さらに武藤氏は、「緊急時には、組織横断的な体制をとり緊急時対策室に集合して対処する。今回は地震で事務本館が被害を受け、緊急時対策室に入らず消防等への緊急連絡回線も使えなかった。当初、ホワイトボードを外に出して対応した。現地のプレス対応は大切で、今後は本店から現地へ経営幹部を派遣することにしている。こうした今回の地震で得られた教訓については、内外の関係事業者と情報共有するとともに、この教訓をいかし、災害に強い発電所を作っていきたい」と、今後の対応を語った。

(編集委員会)

講演

原子力グローバル化に向けた最新動向

—原子力総合カンパニーとして「三菱自前の技術」による海外展開を

三菱重工業 山内 澄

日本原子力学会「2007年秋の大会」が9月27～29日の3日間、北九州国際会議場で開催された。海外情報連絡会企画セッションで、「原子力のグローバル化に向けた最新動向」をテーマに、三菱重工の「グローバル化を支える技術」、「主要機器輸出の実績」、「世界戦略炉の開発と市場投入」および「核燃料サイクルの確立と国際展開」について講演した。本稿では、この講演内容を紹介する。



I. グローバル化を支える技術

原子力の利用では、安全・安心の社会ニーズに応じて社会に受け入れられることが最も大切であり、このためにはプラントライフのすべてをカバーした総合技術力が重要である。三菱重工は、世界をリードする『原子力総合カンパニー』として、これを「エンジニアリング力」、「もの作り力」、「技術サポート力」を軸に具現化しており、これらがグローバル化を支える基幹部分と考えている。炉心などの原子炉中枢部、プラント全体、機器、燃料などを開発・設計する「エンジニアリング力」、また、開発・設計されたものを精度高く確実に製作し、プラント全体を確実に建設する「もの作り力」、そして、高経年化対応、安全性維持へのお客様である電気事業者のニーズに応える「技術サポート力」、これらの技術を総合することにより、グローバル社会のニーズである原子力プラントの安全・安心の確保と同時に、経済性の向上を実現することができると考えている。

1. エンジニアリング力

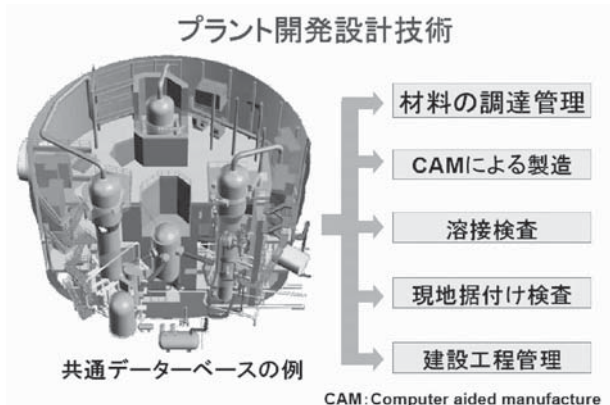
まず「エンジニアリング力」について説明する。三菱重工の持つ世界的に誇れる技術として、原子力プラントの根幹である炉心設計技術、安全解析技術がある。原子炉やプラントがいかに安定的に運転制御できるか、また、異常が生じた場合に原子炉安全保護系や安全設備が作動して、原子炉やプラントの安全がいかに確保されるかの解析などがその例として挙げられる。また、配管破断を想定した「1次冷却材喪失事故」の解析プログラムの実証を行うことのできる大規模実証装置を所有していること

The Recent Activities of Nuclear Power Globalization ; Global Deployment with Own Technologies as “Integrated Nuclear Power Supply Company” : Kiyoshi YAMAUCHI (2007年 10月25日 受理)

も安全解析技術の向上につながっている。

また、プラントの開発設計技術としての3次元データ活用の経験は長く、そこで培った技術力、すなわち上流である設計部門でのインプットの仕方、下流である発注部門や製作、建設部門での活用要領など、プラント全体の膨大なデータを正しく効率的に活用するためのシステムを確立し、その運用ノウハウを蓄積している。これにより材料の調達はもとより、CAM(Computer Aided Manufacturing)による製造、各種検査での承認、また、建設工程管理などを通して高精度な製作と短工期での建設、また、ヒューマンエラーの防止などに大きく役立っており(第1図参照)、優れた品質保証体制/品質マネジメントシステム(QMS)の確立につながっている。

PWR燃料の開発・設計においても、豊富な供給実績と高い信頼性を誇っている。1970年に関西電力美浜1号機に2体の燃料を初めて供給して以来、平成19年8月現在で累計約17,700体の製造実績がある。信頼性については海外燃料に比べ数桁低い破損率であり、電気事業者の厚い信頼を得ている。また、経済的で柔軟な運転を志向される電力会社のニーズに応え燃料の高燃焼化を着実に



第1図 エンジニアリング力

進めてきており、現在は55 GWd/t 高燃焼度燃料まで実用化されている。今後、更なる高燃焼度化に向け70~80 GWd/t の燃料開発に世界の先陣を切って挑戦する予定である。さらに、資源の有効活用として、再処理によるプルトニウム、ウランを MOX 燃料や回収ウランに活用する開発では、燃料設計のみならず、炉心設計、安全評価、プラント設備への影響評価、輸送容器の設計、燃料加工の検討などのすべての分野に経験を生かして取り組んでいる。

2. もの作り力

次に「もの作り力」について紹介する。三菱重工は原子力以外にもさまざまな重工業製品を手がけている総合機械メーカーであり、製造技術は広範囲にわたっている。例えば、原子力特有の大型機器の加工に対する技術として、最新鋭の加工技術である電子ビーム溶接を適用するなどして高精度の確保、信頼性の向上を図っている。電子ビーム溶接以外にもいろいろな溶接・溶着技術、遠隔自動溶接技術等、世界一流の技術を有している。また、超大型複合作業機による原子炉容器の工作も行っており、高さ10 m 強、直径5 m 強の超大型の容器を、自重による歪みを伴わないよう立てたまま加工することができる技術を有する。加工の高精度・高品質が認められ、欧州最大級の EPR (European PWR) の原子炉容器の工作も手がけている。第2図は原子炉容器の一体型胴とノズルの溶接状況である。治具を含めると総重量約200 トンの部材を回転させながら溶接施工できる世界初の工法として確立した。また、米国輸出向け大型蒸気発生器に多数の伝熱管を清浄度の高い環境下で挿入するための高精度の組立技術も有している。

プラント建設技術は製造技術と同様に、経験による技術の蓄積としての「もの作り力」が要求される。三菱重工では、鋼板コンクリート (SC) を使った工法やプレハブ大型ブロック化により、建設工期の短縮を実現してい



第3図 もの作り力(プラント建設技術)

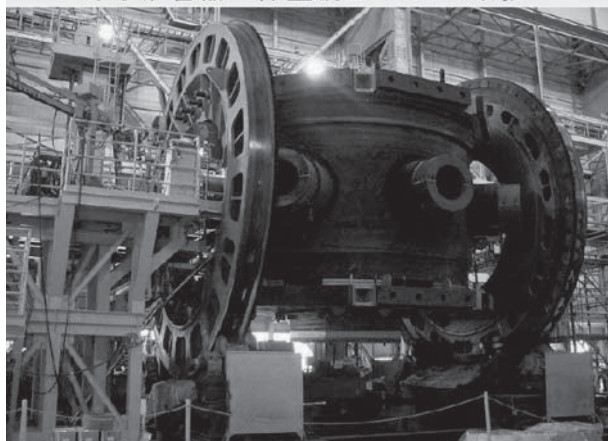
る。第3図は日本最新の PWR プラントである北海道電力 泊3号機の原子炉格納容器上部を据付けるところである。直径約40 m もの原子炉格納容器上部を現場で組み立て、超大容量クレーンで吊り上げ、原子炉格納容器の円筒部と周長で数 mm 以下の精度での据え付けを行うもので、平成17年9月に完了した。この上下の原子炉格納容器の精度を達成する製造技術と上部一体据付け建設技術を適用することにより、冬季での屋外建設が困難な北海道で、雪が降る前の建設工期を大幅に短縮することができた。

3. 技術サポート力

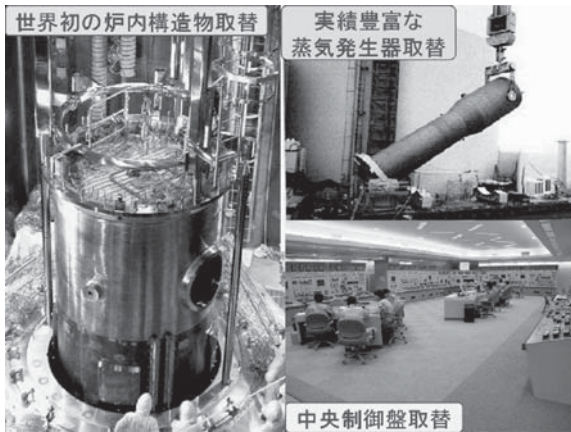
エンジニアリング力、ものづくり力に加えて、電気事業者のニーズに応える「技術サポート力」も重要な技術力である。既設プラントを最大限に有効活用するため、プラントの保全分野で、プラントの稼働率向上に寄与する高度な検査、総合予防保全の提案、補修工事、そして機器の取替えなどプラント全体を熟知しているからこそできる技術サポートが当社の「技術サポート力」である。三菱重工の保全技術の例に電磁誘導の原理を応用したインテリジェント ETC 検査がある。これは検出コイルを薄膜にし、多数設置することでプローブの回転を不要として探傷速度を上げるなどの革新技術が採用されており、世界トップクラスの検査装置である。

保全技術の集大成が大型機器の取替えである。三菱重工は製造技術とプラントの総合エンジニアリング技術の融合により、作業員が放射線下で作業する時間を最短で済ます短工期の大型取替え工事を数多く実現している(第4図参照)。左側は炉内構造物の取替え工事の写真で、この工事は世界で初めて当社が実現した。放射線管理区域で水中約20 m に1 mm 以下の精度で据付ける非常に高度な技術を要する取替え工事である。右上は蒸気発生器の取替えであり、国内11プラントで29基の取替えを実施しており、海外の電気事業者にも技術力と品質保証体制が認められた結果、取替え用の蒸気発生器を多数受注している。右下は電気計装分野の保全として、制御

原子炉容器一体型胴とノズルの溶接



第2図 もの作り力(製造技術)



第4図 技術サポート力

系のデジタル化と中央制御盤取替を同時に実施したものである。



Ⅱ. 主要機器輸出の実績

第1表は機器輸出実績をアジア、米国、ヨーロッパ別に並べたものである。米国向けの上部原子炉容器や蒸気発生器は既設プラントの取替え用として納入したものが多くを占める。欧州向けの原子炉容器は「もの作り力」で紹介したフィンランド向けEPR初号機である。欧州向けの蒸気発生器はフランスやベルギー向けであり、現在、ベルギーの原子力発電所の蒸気発生器の多くは当社製である。平成19年9月末には、中国向けのタービンが2基追加となった。今後、世界の原子力発電所の70%近くがPWR型であることから、三菱重工の機器製造技術と品質保証体制に対する期待はますます高まるものと考えている。



Ⅲ. 世界戦略炉の開発と市場投入

三菱重工は米国市場向け「大型戦略炉 US-APWR」の投入、欧米と東南アジア市場向けの「中型戦略炉 ATMEA1」の AREVA との共同開発、そして「小型戦

略炉 PBMR」の開発を軸に、3つの戦略的な炉型について世界最先端の技術でグローバル市場への展開を加速している

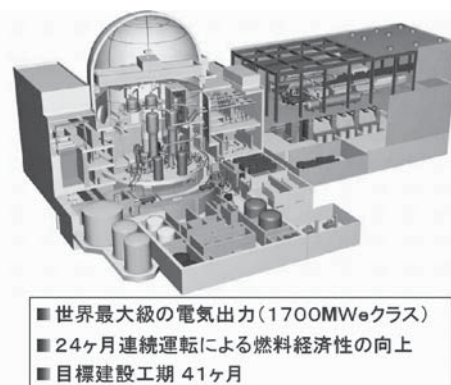
1. 大型戦略炉

現在、米国許認可が順調に進んでいる US-APWR は、米国電気事業者の早期建設ニーズに応えるため、日本国内向けにすでに基本設計が固まっている APWR をベースに米国市場に投入した。単機の電気出力1,700 MWe は世界最大の大型炉であり、24ヶ月連続運転が可能な炉心により、ウラン消費量が従来より18%少ない燃料経済性に優れたものになっている(第5図参照)。また、最も優先されるべき安全性については、パッシブ技術とアクティブ技術を組み合わせた安全系や航空機衝突対策など、世界トップレベルの安全性を有している。さらに、建設費低減という電気事業者の強いニーズに応え、建設工期も41ヶ月を目指し総合技術を結集して現地の状況を加味した検討に入っている。市場投入のスケジュールについては平成18年7月から米国原子力規制委員会(NRC)と DC(Design Certification: 設計認証)に向けた事前レビューを開始しており、国内審査済みのブループレナー軽水炉であることが認められ、米国 NRC や米国電気事業者とのコンタクトを加速した結果、短期間で DC 事前レビューを終了し、DC およびそれに続く COL(combined Construction Operating License: 建設運転同時認可)の審査を並行して実施する計画である。これにより2012年には US-APWR の1号機をルミナント社コマンチエピークサイトに建設開始を期待しており、今後、米国での後続プラントの建設についても活動していく予定である。US-APWR の主要技術は大出力と燃料経済性の両立と安全性・信頼性・保守性の向上である。炉心は日本国内既設プラントの燃料集合体(有効炉心長12 ft)より長い14 ft 燃料(米国とフランスで実績がある)を採用した。また、1,700 MWe 級の電気出力を実現するため蒸気発生器とタービンは高性能化を図っている。非常用炉心冷却システムは高性能蓄圧タンクなどを採用した簡素で多重性・独立性を強化した構成とし、オンラ

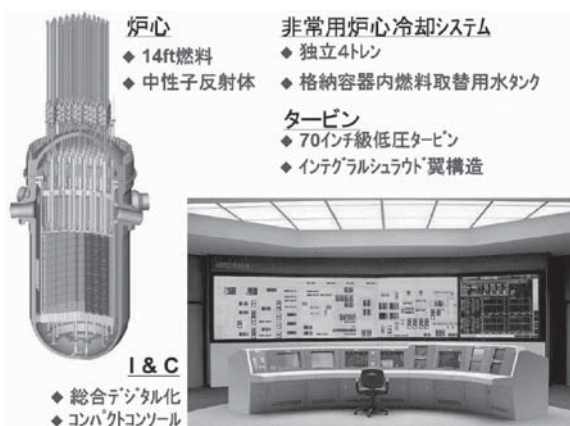
第1表 主要機器輸出の実績

	欧州	米州	アジア	合計
原子炉容器	1(1)	-	2	3(1)
上部原子炉容器	3	16(5)	-	19(5)
蒸気発生器	16(8)	6(4)	-	22(12)
1次冷却材ポンプ	-	-	8(4)	8(4)
タービン	2	2	8(4)	8(4)

(): 製造中または据付前の内数



第5図 大型戦略炉 US-APWR



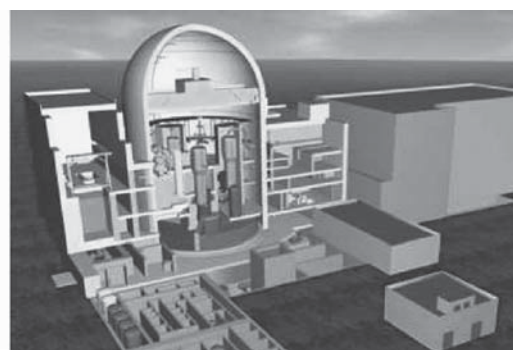
第6図 US-APWRの主要技術

インメンテナンスを可能にしている。さらに、プラント運転をコントロールするI&C(計測制御)設備はマイクロプロセッサと光多重伝送を全面的に採用した総合デジタルシステムとし、優れた性能を実現している。このデジタルシステムは世界の最先端であり、現在、米国でUS-APWRの事前審査を進めているNRCからリードケースとして審査したいと評価されている(第6図参照)。

2. 中型戦略炉

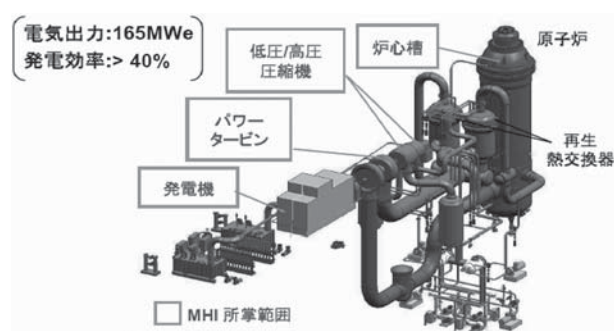
次に、AREVA社と共同開発中の「中型戦略炉 ATMEA 1」について紹介する。三菱重工とAREVA社は共に開発・設計・製造・建設・保守の全分野をカバーする総合原子力メーカーである。世界トップの総合力を持つ2大原子力メーカーが協調することで、魅力ある原子力プラントを非常に短い開発期間で市場投入するため現在開発を進めており、ATMEA 1の開発でシナジー効果が期待できる。両社で12の原子力工場を持っており、機器製作などでのボトルネックを回避できる。また、トータル120基を超える原子力プラント建設の経験、ノウハウを統合して、IAEA、米国、欧州、日本の規制に適合させ、幅広い建設サイトの送電線条件に柔軟に対応できる1,100 MWeの出力とした。航空機衝突にも耐え、シビアアクシデント時も原子炉格納容器の健全性を長期にわたり確保できることを設計コンセプトとしており、世界中で建設・運転可能な原子炉に作り上げる。すでに、プラントの概念設計は完了しており、11月に設立された合弁会社ATMEAで開発と拡販を加速する(第7図参照)。

「小型戦略炉 PBMR」は、南アフリカが進めている電力需要地近接型の高温ガス炉である。炉心溶融のないペブルベッド燃料を用い、冷却媒体には放射化しないヘリウムガスを使う原子炉である。ペブルベッド燃料は酸化ウランを黒鉛と混合して直径約6cmの球状に圧縮成型したものである。三菱重工は2001年からプロジェクトに参画しており、当社のガスタービン技術、原子力機器設



- 三菱重工とAREVA社のシナジー効果で開発期間短縮
- 設計・拡販のためのJV: ATMEA社を設立: 2007.11
- 電気出力: 1100MWeの送電端出力

第7図 中型戦略炉 ATMEA 1



- 三菱重工のガスタービン技術、原子力機器の設計・製造技術と、PBMR社のガス炉技術を融合
- 実証機: 南アフリカクバーグ(2013年運転開始)

第8図 小型戦略炉 PBMR

計・製造技術とPBMR社のガス炉技術を融合してプロジェクトを推進している。電気出力は165 MWeで地域ごとの電力需要に応じて増設可能なモジュール型としており、分散型電源として需要が期待されている。PBMRは南アフリカの電気事業者であるESKOM社がケープタウン西方のクバーグ原子力発電所サイトに建設予定で、2013年までに運転を開始する計画である。(第8図参照)

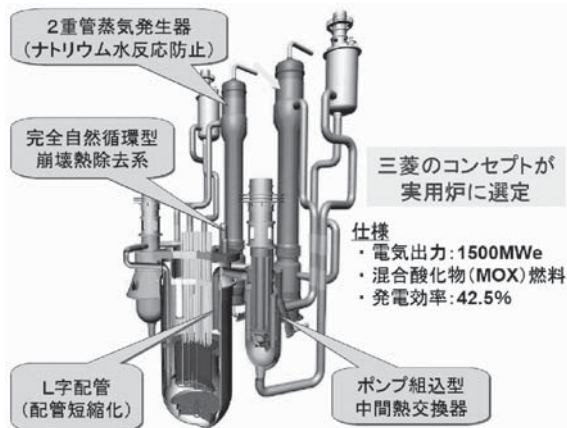


IV. 核燃料サイクルの確立と国際展開

最後に、核燃料サイクルの確立と国際展開について紹介する。核燃料サイクルの確立に関して三菱重工は高速増殖炉(FBR)分野や六ヶ所再処理工場に代表される核燃料サイクル分野で長年の広範囲な実績があり、豊富な経験と最先端の技術で国の施策に貢献してきた。

1. 核燃料サイクルの確立

FBRの実用化に向けて、実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」で三菱重工は重要な役割を果たした。これらの経験を通して高速中性子技術、ナトリウム取扱い技術、発電の実証技術を確認した。これらの実績と共に、また当



第9図 高速増殖炉(FBR)

社が提案したループ型炉は、自然循環型崩壊熱除去系や2重管蒸気発生器等の安全性と、L字配管採用に伴う配管の短縮化等による経済性の両立を実現したコンセプトであることが認められ、三菱重工は国のFBR開発の中核会社として選定された(第9図参照)。これを受け、核燃料サイクルの確立に向け、実証炉と実用炉の開発・設計を実施するエンジニアリング会社として、新たに三菱FBRシステムズ(MFBR)を設立し、平成19年7月より活動を開始した。

2. 核燃料サイクルの国際展開

また、米国においてプルトニウムなどを燃焼させるための先進リサイクル炉(ARR: Advanced Recycling Reactor)と、使用済み燃料を再処理・再利用するための設備である統合核燃料取扱センター(CFTC: Consolidated Fuel Treatment Center)の一括提案を募集する米国エネルギー省(DOE: Department of Energy)のGNEP(Global Nuclear Energy Partnership)構想にAREVA社と共同で提案し選定された。ARRは三菱重工がリーダーとなり、また、CFTCはリーダーのAREVA社と日本原燃が参加する体制で開発を推進す

る。ARRには冷却材に液体金属ナトリウムを使用したループ型高速炉概念を提案している。本提案は米国の構想への参画をいち早く決定した日本政府の意向を踏まえたもので、文部科学省、経済産業省、電気事業連合会、日本原子力研究開発機構、日本原燃などの協議を経て実施した。日本が開発を推進している高速増殖炉のコンセプトが世界標準となることを目指し、世界的な核エネルギー資源の有効利用や地球環境保全、核拡散のリスク軽減に貢献することを目論んでいる。



V. おわりに

今後、世界で高まる原子力発電のニーズに対して日本の原子力メーカーの活躍の場はグローバル化している。三菱重工は、原子力利用では「安全・安心」が最優先と考えており、原子炉中枢部、プラント全体、機器、燃料を自前の技術で供給し続けており、その経験を活かして世界のニーズに応えたいと考えている。また、これらの経験に基づくノウハウの蓄積を有することが、海外展開における海外企業の活用を信頼度高く行えると考える。グローバルな設計認証の取得や海外での建設経験の蓄積は、国内電気事業者の信頼に応えるためにも重要と考えている。今こそ「原子力総合カンパニー」として、日本での高度な規制や厳しい品質要求などで培われた経験を活かして、「自前の技術」で原子力のグローバル化に取り組む、世界の期待に応えていく所存である。

著者紹介

山内 澄(やまうち・きよし)



三菱重工業(株)

(専門分野/関心分野)原子力発電プラント、
原子力の安全・安心、核燃料サイクル

講演

原子力グローバル化に向けた最新動向

—日立-GE 原子力事業統合の現場から

日立-GE ニュークリア・エナジー 吉村 真人

本稿は日本原子力学会「2007年秋の大会」での講演内容をまとめたものである。海外情報連絡会企画セッションとして「原子力のグローバル化に向けた最新動向」というテーマでの講演であり、日立-GEの原子力事業統合の現場に携わっているものの視点から、グローバル化に対する取組みの状況を紹介した。

世界の原子力市場は、温室効果ガス問題と近年の化石燃料高騰等の影響もあって拡大基調にあり、多くの国で原子力の再評価が行われ、新規原子力発電所の建設計画が発表されている。市場のグローバル化に対応して、産業界においても国際的な企業間連携体制を確立することがグローバル事業を推進する上で重要な戦略となった。

日立製作所は原子力導入以来のパートナーである General Electric 社との原子力事業統合を進める決断をし、米国ならびに日本に新会社を設立して原子力事業拡大に取り組んでいるが、統合事業は緒についたばかりである。国際的な連携体制の中で日本の原子力技術をグローバルに展開するために何をすべきか、真のグローバル化に向けた課題を考えてみたい。



拡大する海外市場と国際協調の動き

世界各国で原子力が見直され、原子力発電所の新規建設計画が発表されている状況を第1図に示す。中でも米国は、多くの電力会社が新規建設の意向を表明しており、候補に挙げられているプラント数は約30基に上っている。この背景には、2005年8月に成立した包括エネルギー法案で新規原子力建設に対する税制優遇措置や融資に対する政府保証といった優遇政策が示されたことが大きく影響している。各電力会社は新規建設プラントの許認可申請に向けて具体的に動き始め、多くの電力会社が2008年中に許認可申請書を提出する目標を掲げており、早いものは2015年くらいに運転開始を目指している。

その他の国でも、カナダでは新規プラントの「サイト準備工事認可」申請が出され、英国では新規建設に向けて炉型認証手続きに入る候補炉型を選定中であるほか、インド、トルコ、エジプト、ベトナム、インドネシア等多くの国が原子力建設計画を持っている。

一方、原子力導入国の拡大に伴う核不拡散上の問題に対応して、国際的な仕組みの構築を進める動きがある。米国は2006年2月に、国際原子力エネルギー・パートナーシップ(GNEP)構想を発表し、この中で核燃料サイ

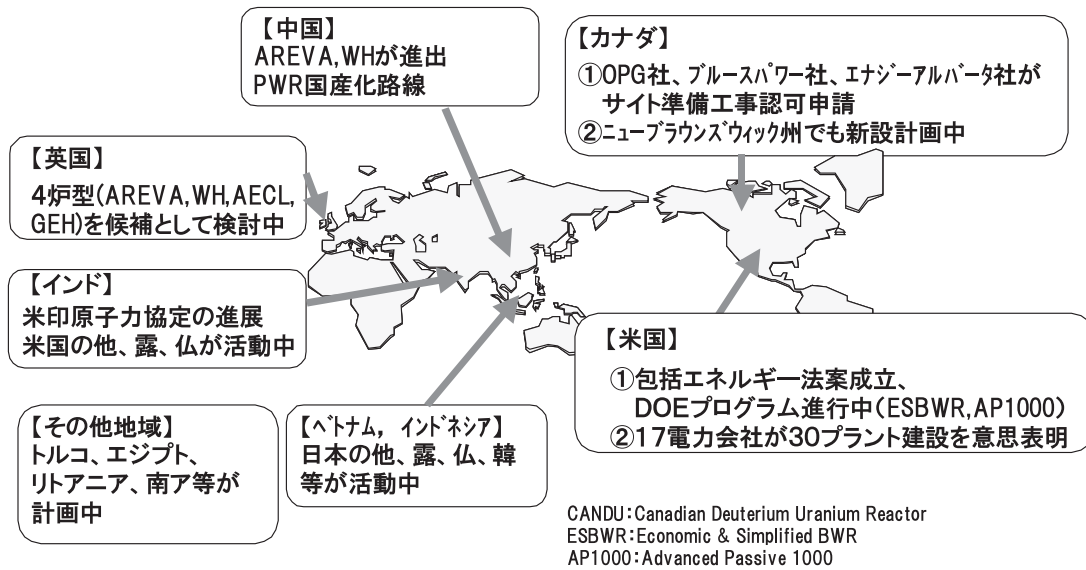
クル国以外の国では濃縮・再処理を行わず、核燃料サイクル国から適正な価格で燃料の供給を受けるという国際的な枠組みを提案している。また、ロシアは国際核燃料サイクルセンター構想を掲げ、各国で発生する使用済み燃料を受け入れる考えを示している。2007年7月には米露首脳が「原子力エネルギーと核不拡散のための共同行動宣言(Declaration on Nuclear Energy and Nonproliferation: Joint Actions)」を発表し、米露の活動を連携させる意向を表明している。このような動きに対応して、日本政府も原子力立国計画の中で原子力産業の国際展開支援と共にこのような国際的な枠組み作りへの積極的関与を行うとしている。

また、日米間では2007年4月に「日米原子力エネルギー共同行動計画」が策定され、この中でGNEPに基づく研究開発協力や米国における原子力発電所新規建設支援のための政策協調を行っていくことが述べられている。

以上述べてきたことは、拡大する原子力市場に 대응していく上で、原子力技術、製品を提供する供給メーカーにおいても国際連携が重要な戦略になることを示している。将来の途上国向けプラント供給に際しては、燃料の供給保証や原子力技術移転を行うにあたって、国際的な枠組みの中で製品・サービスの提供を行う体制が必要になる。日立製作所がGE社と原子力事業統合を進めた一因にはこうした背景があった。

Current Status of Nuclear Globalization ; Case of Hitachi-GE Global Alliance : Yoshimura MASAHITO.

(2007年 11月13日 受理)



第1図 海外原子力市場の動向



日立-GE 原子力事業統合の経緯と意義

日立製作所と GE 社の原子力事業統合については逐次公表されているが、簡単に時系列で経緯を整理しておく。事業統合に関する最初の発表は2006年11月13日に統合に向けた検討を始める意向書を交わしたことであった。その後、約半年の交渉を経て、2007年5月16日付けで統合に関わる基本合意書(Formation Agreement)が締結された。基本合意書に基づいて両社は新会社設立準備に入り、2007年6月4日に米国ならびにカナダにおける新会社(GE-Hitachi Nuclear Energy, 日立とGEの持分比率40:60)を設立、次いで2007年7月1日に日本新会社(日立-GEニュークリア・エナジー, 日立とGEの持分比率80.01:19.99)を設立し現在に至っている。

本統合によって両社は原子力事業におけるリソースの相互活用を進め、シナジーを発揮して競争力を高め、拡大するグローバル市場における事業拡大を実現することを目的としている。現在、世界の原子力市場では沸騰水型原子炉(BWR: Boiling Water Reactor)と加圧水型原子炉(PWR: Pressurized Water Reactor)が主要な炉型として競合しているが、過去に何回かの統合が行われた結果として、PWRの供給者はAREVA社-三菱連合と東芝-WH社という2大グループに集約された。日立の原子力技術はGE社からのBWR技術導入によってスタートし、以来GE社と共にBWR技術の発展を支えてきた。PWRに対抗してBWRを世界市場に展開するためには、日立、GE両社が戦略を共有し、経営資源を統合して総力を結集することが必要と考えた。

両社の連携には、お互いの強みを活かした補完関係によって、より統合された製品、サービスを提供する狙いがある。日立製作所の強みは「モノづくり」と、国内での

継続的な原子力発電所建設経験をベースとした「統合エンジニアリング力」、および将来の事業発展を支える「研究開発力」と位置づけている。これらの役割を統合会社の中で日立がきっちり果たすことで、プラント供給者としての総合力、競争力を高め、グローバル市場における事業拡大という目的を果たすことができると考えている。

共にBWR技術をコアとして事業展開してきた両社間には様々なシナジー創出の機会がある。例えば共同研究の推進や設計リソースの共有、共同購買の推進、製造設備の相互利用促進などが挙げられる。このようなシナジーを促進するための仕組みとして、現在、新会社間では「グローバル・アドバイザー・コミッティ」を設け、シナジー創出機会を議論し、実行するためのチーム活動を推進している。研究開発、設計、製造、調達といった業務フローの様々な側面で、お互いの良い所を取り入れて、より効率的な経営を実現しようとしており、この中で「モノづくり」、「統合エンジニアリング」、「研究開発」といった日立の強みを活かせる体制作りに取り組んでいるところである。(第2図)



第2図 日立-GEのシナジー創出に向けた取組み体制



真のグローバル化に向けた取組み課題

GE社との原子力事業統合によって、日立原子力技術をグローバルに展開するための事業体制を構築した。しかしこれはまだ枠組みを作ったというレベルであり、この仕組みの中で日立の原子力技術を市場で活かすためには、様々な課題がある。

当面注力している米国での新規建設プロジェクトを例に挙げると、第3図に示す大型モジュール工法のような建設エンジニアリング領域は、日立が国内の建設経験を通じて築いてきた技術であり、長年、新規建設が途絶えていた米国市場において、日立の経験の反映が期待されている分野である。しかし国内での成功経験を海外のプラント建設に活かされるか、実績として評価される結果を残せるかどうかは今後の取組みにかかっている。国内とは異なる建設プロジェクト体制の中で、どのように役割を分担し、どのようなリスクを引き受けるのか、海外のベンダーや据付業者との関係の中で先進的な建設工法や工程管理、工事管理といったノウハウを活かされるのかという課題である。国内の経験をそのまま移すのではなく、それぞれのプロジェクトの状況に応じた課題解決が必要であり、グローバルに通用するエンジニアリング力が求められている。

また、将来の途上国向けプロジェクトにおいては、燃料の安定供給、使用済み燃料や廃棄物処理に関するソリューション提供が必要であり、先に述べた国際的な枠組みの中で、日本企業がパートナーとして果たす役割を



第3図 大型モジュールによる先進建設工法

模索していくことになる。技術移転を含む現地化という側面では、日立が強みとしている領域について主体的な役割を果たしていく必要がある。

こうした課題をつきつめていくと、国際的な企業連携の中で、日本企業が、とりわけそこで働く日本人が果たすべき役割は何かということを考えさせられる。海外の原子力発電所建設においては必要資材の大半は現地調達、国際調達でまかなわれ、現地の建設業者によって工事が行われる。日本企業の人材が大挙して海外に行くわけではない。日立原子力技術を海外に展開することは、日立が強みとするコア・バリューは何かを見極め、それをグローバルに通用する形で、かつ高い技術水準で維持・発展させることと考える。

日立原子力技術のコア・バリューは、すでに述べたように「モノづくり力」、「エンジニアリング力」、「研究開発力」である。「モノづくり」に関しては、原子力特有機器の製造に関して、常に競争力を維持していかなければならない。「エンジニアリング力」は、国内での実績を活かした上でグローバルに通用する実力を身につけなければならない。また、「研究開発力」においては、グローバルに通用する研究開発提案を日立がリードしていくことが重要である。

これらの課題への取組みにおいて最も重要なのは人材、「ひと」である。グローバル人材の要件として語学力を含むコミュニケーション能力も大切だが、最も重要なのはグローバルに通用する専門性だと思っている。日立-GEニュークリア・エナジー社の一人ひとりがグローバルに通用する力量を発揮し、日立原子力のプレゼンスを示していくことが必要である。今後、立ち上がっていく海外プロジェクトでの実践に注目していただきたい。

著者紹介

吉村真人(よしむら・まさひと)



日立-GEニュークリア・エナジー(株)
(専門分野/関心分野)プロジェクトマネジメント、事業開発

特別寄稿(2)

ガリレオ・ガリレイとその生きた時代

藤家 洋一

ガリレオの生きた時代(1564~1642)はルネッサンスも終わりに近い頃であるが、実証主義、経験主義の考え方が生まれ、定着していった時代といえる。その幕開けは天文学にあり、天体観測による太陽系中心の議論が展開される。コペルニクスが太陽中心に星が回転している地動説を唱え、後世天動説からの地動説への展開のような大きな変化、転換をコペルニクスの転回と呼ばれるようになる。またケプラーは惑星の楕円軌道を観測により示すことに成功し、ガリレオも自ら望遠鏡によって天体観測を行い、太陽の黒点と木星を回る4つの惑星を見つけた。ガリレオは当然のことながら、天動説より星の運動を明らかに説明のしやすい地動説に傾斜していった。

近代科学の旗手として知られるガリレオは物理学の世界でも振り子の同時性、落下の法則、相対性原理など多くの業績を残している。彼の著作は、『偽金鑑識官』(豊田利幸他訳ガリレオ、中央公論社)、『天文対話』(青木靖三訳、岩波文庫)、『新科学対話』(今野武雄、日田節次訳、岩波文庫)など邦訳されたものも多く、またいずれも読むのに相当骨が折れる。

ピサの斜塔に登る

1998年に『原子力タイムトラベル』という一般読者向けの小冊子をまとめた。原子力の基本としてアインシュタインの相対性理論とボアを中心として構築された量子力学があることは専門家のよく承知するところだが、ガリレオの科学的、哲学的業績がこれにどうつながっているか考えることも楽しいことだ。相対性原理の提唱のみならず、量子論にまで彼の考えが及んでいるという人もいる(たとえば豊田利幸著『ガリレオ』中央公論社)。小冊子の中でガリレオのことをどう取り上げるかは重要だと考えたが、しかしその中で真実か単なる伝説か確認できず、俗説に従ったものがいくつかあった。その代表的なものは子供の頃から教えられてきたガリレオのピサの斜塔での落下実験や、宗教裁判で地動説を唱えることを断念させられたとき「しかし地球は動く」といったといわれる故事等だった。

「事実か伝説か」。少し時間的余裕のできた今、これらの検証に努めるのもいいのではと考えている。しかし人間の行動や発言についてその真偽を確認することはとて

つもなく難しい。何かわからないかと最近ピサを訪ね斜塔に登った。あらかじめ申し込めば斜塔に登ることが許されるようになっている。ところが2週間前に申し込むのを知らず、「エイままよ」とピサをたずね、窓口の方の厚意ですぐ入れる切符を2枚何とか手にすることができた。よほど強引にお願いしたのかも。60メートル近い傾いた螺旋状の階段を上るのは骨が折れたが、途中で下界を望むこともできる。しかしそこから球を落としたとはとても思えない。行き着く先の鐘楼には鐘が4つか5つあったように記憶する。そこから下が見える。もし球を落としたとしたらここだろう。と恐る恐る回廊に出てみた。下は見えるが果たしてここからどうやって2つの球を落とし、また同時に落ちることをどうやって確認したのだろうか?デモンストレーションならともかく、この場所を選んで実験する必然性に欠けると思ったのは自分が実験屋のせいかもしれない。以前からおかしいと思っていたとおりの単なる伝説なのかもしれない。案内嬢にそれとなく聞いてみた。「ガリレオはどうやって落下実験をしたのでしょうか」彼女は笑っただけで応えなかった。もう一人の案内嬢に別のところで聞いてみた。彼女は「ガリレオはここで望遠鏡を使って木星の惑星を発見しましたよ」と彼の功績を伝えてくれた。「ここで」の意味が、ピサの町のことか具体的に斜塔のことか確認はしなかった。

斜塔の下にはお土産屋が多い。もし実験が事実ならそれを伝える本か模型が観光土産になっているに違いないと本屋や土産物屋を探したが、レオナルド・ダ・ビンチのものは発明、発見の意味で面白さがあるのでいくつもあったが、ガリレオに関するものは見つけれなかった。本屋の親父に聞いてみたががないという。ガリレオの本は分厚く中身も相当難しい。あるとしたら落下実験に関するエピソード的なものだろうと思ったがそれもない。

それでも地球は動く

ガリレオの業績は素晴らしくまたその領域も広い。私が最初に感銘を受けたのは彼がその著書『偽金鑑識官』の中で宇宙を第二の聖書と呼び、ラテン語をいかに勉強しても理解できない、数学の知識、特に幾何学の知識があっ

て初めて宇宙、天体を理解できると専門性の大切さを説いているところであった。『偽金鑑識官』(1622年)という一見奇妙な題名はガリレオが『天文学的哲学的天秤』(ロッタリオ サルシ著)に含まれる事柄を繊細かつ正確な両天秤で秤量しなおしたという意味があるらしく、ここにガリレオの意地と自信が表れているといわれる。

ルネッサンス後期のガリレオを待っていたのは、ともにギリシャ時代のアリストテレスやプトレマイオスの支配する思想であり、運動論、宇宙観であった。その中でガリレオは多くの非難、弾劾の中に耐えながら生きたといえるだろう。しかし弟子を中心に彼を尊敬し、支持する人もまた多くいた。『天文対話』(1632年)―プトレマイオスとコペルニクスとの二大世界体系についての対話―はガリレオの考えを表現したもので、現代人が電車の中で斜め読みするのが不可能に近い長い論理展開になっている。

彼に関して伝えられる事柄で事実か伝説か、本人が行ったかあるいは作り上げられたものか、にわかに判断できないものがある。たとえば、宗教裁判で有罪判決を受けフィレンツェ郊外に幽閉されたとき、果たして彼は「それでも地球は動く」といったのかどうか？メジチ家のオスカナ大公の庇護下であり、「大公に仕える数学者でかつ哲学者」であると自分の立場を称した彼は大公の奥方にも手紙を出しており、まさにかつての宮廷音楽家に近い立場にあったように思われる。また見事な論理展開を見ると一方で大変な自信家であったように思える。その彼が「ほやきめいた」発言をしたか。それよりも二度にわたる宗教裁判の実態は何であったのか？これに従うのは不本意であったと思われるが、発言の記録はまだ見出しせない。この検証はこれからということになる。

落下の法則

ガリレオは天体の現象のみならず、地上の現象にも目を向けている。振り子の同時性の発見は若い頃の話であるが、落下の法則や相対性原理の構築は特筆されるものだろう。しかし、ピサの斜塔からボールを落として落下の法則を見出したといわれるが本当だろうか？日本人の多くがこれをそのまま信じているように思える。

ピサの斜塔は60メートル程度で、そこから2つの球を見事に同時に落としたとしても3秒程度で着地することになる。彼の発見した振り子の同時性は彼の生きている間には実用化されなかった。砂時計か水時計を使ったのであろうか？誰が地上で秒差を確認して判断したのだろうか？

多少不確かさが残るものの、結論をいえば、斜塔の話は晩年のガリレオに仕えた弟子ヴァヴェアーニが作り出した伝説のようである。実際のところガリレオは実験室かあるいは近くの斜面を使っていくつかの大きさや材質の違う球を転がしてその落下速度を見て落下の法則を見出しているようだ。このことを私に教えてくれたのはドイツの友人だが、確かに斜面を転がす実験では傾斜次第で球の落下に時間もかかり、空気抵抗も余り影響してこない。実験は目の前でできたと考えられるが、それにしてもあの美しい形の表現が実験結果だけから導き出せたか？彼の表現に従えば、単位時間ごとに1, 3, 5, 7, 9と転がる距離が規則的に大きくなっていくことに気がついたとき、時間の平方に比例することが見えてこよう。 $(S = 1/2gt^2)$ 。また実験の精度はそれほど検証に影響しなかっただろう。

彼は重い球と軽い球をひもで繋いで落としたり、その速度は両者の重さの和に対応した速度になるか、あるいは軽い球と重い球の速度の間になるのか問いかけることからアリストテレスの重いものほど速く落ちるといふ落下の考えに挑戦している。しかしガリレオがもしピサの斜塔から鉄の球と中空の木の球を同時に落としたとしたら、木の球のほうが浮力や空気抵抗のため遅く落下することは確かなので、アリストテレス説が肯定されることになったかも知れない。

相対性原理

運動の相対性についても、アインシュタインのように光速に近いところでの相対性ではなく、遅い速度での運動の相対性についてであるが、これについては彼の著書『天文対話』の中で相当なページ数を使って長々と説明している。要するに「走る馬から前方に矢を放ってその矢に追いつくことができない」あるいは「船のマストから物体を落とすと船が止まっていようが、動いていようが無関係で同じところに落ちる」ということの説明である。現代人では『天文対話』の論理展開を追うことは時間がかかり、大変気の疲れることと思われる。果たして実際に船のマストから物体を落として運動の相対性を確認できたのか？乗馬して槍を前方に投げ相対性を確かめることを行ったか。このところの論理展開はすんなりと受け入れられるところがあり、落下の法則を理解していればわざわざ実験的検証が必要はないような気になるのは不思議だ。

今回はハイゼンベルグについて何か書ければと考えている。

連載
講座軽水炉プラント
—その半世紀の進化のあゆみ

第4回 日本の原子力発電の始まり

元日本原子力研究所 石川 寛

I. 原研における日本初の原子力発電炉
JPDR

1. 軽水型発電炉の導入へ

日本原子力研究所(原研)では、研究炉計画とともに動力試験炉の研究開発は、重要な課題として取りあげられていた。動力炉の研究開発を原研で実施したいという期待は、研究所の敷地選定において、動力試験炉の設置可能な敷地の規模が考えられていたことや、研究法および定款において売電収入が予想されていたことなどからも明らかである。しかし、この段階では、まだ導入すべき炉の型式や出力規模などの詳細は決まっていなかった。

1955年11月に、米国との間に研究用原子炉の供給を受けるための日米原子力研究協定を結んだが、1958年には、これまで入手できないとされていた発電用原子炉とその燃料が、機密を解除されて平和利用のために供給されることになった。発電炉導入の前提条件として日米、日英の間に原子力協力協定締結が必要になる。1957年9月13日に、政府は米英と同時進行で交渉を開始し、1958年6月16日に米英と原子力協力協定が調印された。前者は研究、動力試験、発電用に、ウラン235が2.7tまでの濃縮ウラン供与を約し、後者はコールドーホール改良型動力炉導入を可能にするものであった。これらは国会で承認された後、同年12月5日に発効した。

米国は発電炉商戦で英国に遅れをとっていたが、軽水炉の優位がだんだんと明らかになってきた。1957年12月、日米協定により、米国から濃縮ウランを燃料とする軽水型動力試験炉を早期に原研に導入することが決定された。「PかBか」(P=PWR:加圧水型か、B=BWR:

沸騰水型か)の選択でもめたが、各種試験、実験などの技術的面および経済性などの面から、米国GE(General Electric Co.)社製の小型沸騰水型で、最大電気出力1万2,500kW(最大熱出力45MW)を選定、動力試験炉JPDR(Japan Power Demonstration Reactor)を導入することになった。GE社との契約交渉は、1959年4月から開始され10月に最終案が提出された。その内容は、電気出力1万2,500kWの原子力発電所が完成するまでの責任をすべてGE社が負い、原研は完成された形でこれを引き取るというターンキー方式であった。これは、「研究炉が、臨界時に引渡しを受けるとか、炉と燃料の製作者が別々で、必ずしも炉メーカーが全面的な責任を負っていなかった」などという、これまでの原研の契約形態とは大きな違いであった。

2. 動力試験炉(JPDR-I)

GE社との契約は、出力倍増計画など将来の試験研究に向けた諸条件が整った1960年9月に、正式に建設契約の調印が行われた。自然循環沸騰水型、熱出力45MW、電気出力12.5MW、濃縮度2.6%の UO_2 燃料、燃料棒配列 6×6 、燃料装荷量約4,200kg、72体であった。1960年12月に着工し、3年後の1963年8月には初臨界となり、10月26日に日本で最初の電気出力2,400kWの原子力発電に成功した。この日を記念して「原子力の日」と定められた。たまたま政府がIAEA(国際原子力機関)への加盟を決定した日も7年前の10月26日であった。

1963年12月には、100時間の12.5MW全出力運転を終了した段階で、GE社から正式に引渡しを受け、1965年4月には国の竣工検査に合格して使用認可を取得し、日本初の原子力発電所として運転を開始した。その後、運転経験の取得、各種原子炉特性の測定(核熱水力特性、動特性、プラント特性、原子力圧力容器照射脆化モニタリング、使用済燃料の非破壊/破壊試験および再処理、FP(Fission Product:核分裂生成物)放出挙動、国産燃料の照射試験などの研究開発が行われた。1966年の定期検査の時、圧力容器上蓋のステンレス鋼肉盛り部分の数ヶ所にクラックが発見され、修復作業を行った。1967年、68年の定期検査時には、圧力容器胴部内ノズル部ス

LWR-Plants - Their Evolutionary Progress in the Last Half-Century—(4)The Start of the Nuclear Power Generation in Japan : Hiroshi ISHIKAWA.

(2007年 8月6日 受理)

各回タイトル

第1回 原子力発電前史

第2回 軽水型発電炉の誕生

第3回 日本の研究用原子炉の始まり

テンレス鋼肉盛り部分にも同様のクラックを確認した。これらについては、研究所内に「JPDR 圧力容器寿命専門部会」が設置されて安全評価をする一方、監督官庁である通産省の許可のもと、1969年9月1日までの3年間、自然循環冷却方式による原子炉の運転(中断もあった)が行われた。1967年9月17日には、積算電気出力1億 kWh(発電時間1万171時間22分)を達成した。

3. JPDR-II 計画

JPDR を強制循環冷却方式にし、熱出力を45 MW から90 MW に倍増する JPDR-II 計画を進めるため、1969年10月に改造工事に着手した。この計画は、高出力密度において各種軽水炉燃料の照射試験を行い燃料の国産化に貢献すること、改造工事を通じ建設、運転・保守などの経験を得ること、および各種試験を通して発電用原子炉の特性を把握し、軽水炉の改良、国産化に貢献することが目的であった。(第1表¹⁾)

1965年6月、プロジェクトが正式に発足し、設計作業を開始し、1967年3月にこれらの成果などを基に原子炉設置変更許可申請書を提出した。燃料棒配列は7×7となった。しかし、前年の5月に JPDR で発見された圧力容器クラッド部のヘアークラックへの対策などで、国の安全審査に長時間を要し、設置変更許可の取得は1969年9月と、当初計画から大幅に遅れる結果となった。改造工事は翌10月から開始され、約2年後の71年12月に完了し、各種試験・検査を経て1972年2月18日に JPDR-II は臨界を達成した。5月末には発電を再開した。しかし、8月に50%の出力でヒートバランスなどプラントの性能確認を進めていたところ、炉心スプレイ配管から1

次冷却水が漏洩したので、運転を停止した。その後の調査から、前述の配管と類似の環境条件下にある給水系および停止時冷却系配管にも同様のクラックを確認した。クラックの発生原因については、原研内の「JPDR 配管クラック調査委員会」により究明され、いずれも応力腐食割れによるクラックであることが明らかになった。

これらの修復においては、材料の選択、溶接設計および溶接時の温度管理など、応力腐食割れ対策を考慮しながら作業を実施した。原因の調査から修理の完了まで約3年を要した。これらの経験は、その後の日本の商業用発電炉の応力腐食割れ対策における材料の選択、溶接設計施行管理などに関して貴重な知見となった。

その後、JPDR-II は安全性評価による安全性の増強対策を実施して、1975年6月に運転を再開したが、1976年3月、ダンプコンデンサ減温管の損傷が見つかり、同年3月18日(結果的に、この日をもって恒久的な運転停止、すなわち運転終了となった)に運転を停止した。また、同年4月にはクリーンドレインサンプルからの漏水など、様々な施設の不具合が続発し、その修復に時間を要することとなった。1979年3月には、圧力容器底部のインコアフラックスモニタ案内管からの1次冷却水の漏洩が見つかり、その修復は、原子炉本体に係る事象で、技術的な困難を伴うとともに、長期間の運転停止と相当の予算措置の必要性が見込まれた。また、原子炉の停止が長期に及ぶことによって JPDR-II の研究計画の意義を損なう可能性があった。このため運転計画の見直しが行われて、最終目標に達しないまま原子炉解体技術開発など他の研究開発に利用することとなった。

4. JPDR の解体

1979年7月、原研内に「JPDR 検討委員会」が設置されて検討の結果、「既存計画を変更して、原子炉1次系の健全性などに関する研究を推進し、併せて原子炉施設のデコミッションング技術の開発に関する試験を実施することが JPDR の使命に沿い、かつ時宜に適うものである」との意見であった。一方、原子力委員会は1980年に「廃炉対策専門部会」を設置して原子炉の廃止措置にかかる重要事項の審議を進め、1982年の原子力長期計画として、「役割を終えた JPDR を対象として原子炉の解体に必要な技術の開発とそれらの技術を適用した解体実地試験(解体撤去)を実施する」方針を示した。これらの方針を受け、原研は科学技術庁からの受託研究として、1981年度から原子炉解体技術の開発を開始し、1982年12月9日には科技庁に JPDR の解体届けを提出した。

原子炉解体技術開発では、1981年度から約5年かけて、原子炉の解体に必要な技術、すなわち、解体システムエンジニアリング、放射能インベントリー評価技術、放射能汚染非破壊測定技術、解体関連除染技術、放射線管理技術、解体工法・解体用機器開発、解体遠隔操作技

第1表 JPDR プラント諸元

分類	JPDR-I	JPDR-II
型式	自然循環沸騰水型	強制循環沸騰水型
熱出力(kW)	45,000	90,000
電気出力(kWe)	12,500	同左
出力密度(kW/l)	平均22.5	平均45 kW/l
原子炉温度(°C)	277	同左
原子炉圧力 (kg/cm ² ・g)	61.5	同左
燃料	低濃縮 UO ₂	同左
燃料濃縮度(%)	2.6	平均2.6 (2%7本, 2.7%42本)
燃料棒配列	6×6	7×7
燃料装荷量	~4,200 kg, 72体	同左
燃料最高温度(°C)	1,900	2,300
原子炉容器	8 mH, 2 mφ	同左
炉心寸法	147 cmH, 131 cmφ	同左
熱中性子束(平均) (n/cm ² /s)	1.42×10 ¹³	3.8×10 ¹³
炉心流量(t/h)	1,870	2,934



解体前(電気出力12万5,000 kW)



解体後

第1図 解体前と後におけるJPDR施設の概観

術および解体廃棄物処理・保管技術など原子炉解体に必要な技術開発を実施した。これらの技術開発がほぼ終了段階を迎えた1984年度末から1985年度初めにかけて、「原子炉解体技術検討委員会」によって、これらの技術の開発状況の評価が行われた。これを受けて、開発した技術を用いて1986年度からJPDRの解体撤去を開始した。約10年の歳月をかけ、圧力容器を切断撤去し全施設も解体撤去して、1996年3月末に完了した。開発した原子炉解体技術などの経験によって、将来の商用発電炉の解体が、現実的に可能であるとの見通しが得られた。(第1図¹⁾)

5. JPDR の成果

JPDR は日本で最初の動力用原子炉であり、その建設、運転、保守には原研の技術者のみならず、電力会社、メーカーなどからも282人に及ぶ技術者が参加するなど、国内の原子力関連機関の総力が結集された。JPDRでの貴重な経験を基に、これらの技術者の多くは日本の原子力界の各分野において現在もその中核として活躍している。また、JPDRの運転によって、BWRの炉心特性や動特性、熱水力特性などについて貴重なデータを得たほか、国産軽水炉燃料の照射を多数実施し、民間燃料メーカーの燃料製造技術の確立に資するとともに、燃料照射試験では人工欠陥燃料による核分裂生成物リリース実験とその影響評価を行い、さらに炉内計装機器の開発などにおいても大きな成果を得た。さらに、JPDRが確立した運転管理および保守技術は、その後の日本における軽水炉発電の運転・保守技術の基礎をなしたといえる。そのほか、圧力容器上蓋などステンレス鋼肉盛り部分でのクラック発生に端を発した炉内構造物の非破壊探傷欠陥検査技術とその開発は、その後JPDRや国内軽水発電炉に発生した配管の応力腐食割れの欠陥検査にも大きく貢献した。

JPDRの解体実施試験は、日本で最初の大がかりな原子炉解体であり、国際協力のもとに技術開発から実地での解体撤去まで、計画的、体系的に実施された。これには国内の原子力関連会社などから117人に及ぶ技術者も

参加し、解体に関する貴重な経験を得た。それとともに、役割を終えた原子力発電所が既存の技術の改良によって安全に解体できることを実証した意義は大きい。

JPDRは日本における原子力発電の先駆者として、建設、運転、保守の経験のみならず解体撤去という成果を残し、先行炉としての使命を全うしてその役割を終えた。

6. 軽水臨界実験装置 TCA

軽水臨界実験装置(TCA: Tank-type Critical Assembly)はJPDRとともに、GE社から導入された装置で、軽水型原子炉の炉心の特性を測定するため、GE社のバレット研究所で用いられていた装置をモデルとして建設され、1962年8月23日に臨界に達した。主な実験テーマとしては、ウラン燃料格子特性、JPDR模擬炉心特性、原子力船「むつ」炉心特性、軽水炉改良技術(APWR炉心特性、PWR高性能制御棒など)、高転換軽水炉(稠密格子)特性、プルトニウム軽水炉利用特性、臨界安全性、教育訓練などで、2003年8月末現在で、運転回数が11,440回となり、この種の臨界実験装置では、日本で最も長期間利用されている装置である。

II. 原子力船「むつ」

1. 原子力船開発までの経緯

米国では、軍事目的ではあるが潜水艦用原子炉の陸上原型炉が1953年に稼動し、最初の原子力潜水艦「ノーチラス」が1955年に完成した。これは発電用原型炉「シッピングポート」(1957年、PWR)、「ドレスデン」(1959年、BWR)に先んじている。上記のものを含め、計11基の陸上実験用原子炉が艦船用として建設され、各種の実験に利用されている。現在、米国、英国、フランス、ロシア(ソ連)および中国が原子力軍艦を保有しており、その数は約370隻、原子炉数約580基に及んでいる。

一般商船の原子力化については、米国の「サバンナ」(1962~70年)、西ドイツの「オットハーン」(1968~79年)が、それぞれ実験船として建造され、実験航海および商

業運行を行い、その計画を終了した。

日本における原子力船開発については、1956年8月、運輸省が「5年以内に実験用船用炉を試作または輸入し、昭和41年度(1966)までに2~3万馬力の原子力船2隻程度を建造する」との開発方針を決定した。これが9月の原子力委内定の長期基本計画にも反映され、「船舶用原子炉については、日本の造船および海運の重要性と世界のすう勢とに鑑み、速やかに実用化のための試作に着手することを目標に研究の推進を図る」とされている。1957年10月には「原子力船専門部会」ができて、1959年9月11日に「3船種5船型」を答申し、10月22日には、日本原子力産業会議が原子力船調査団を海外に派遣した。

2. 原子力船「むつ」の開発

1963年に設立された日本原子力船開発事業団は1967年に、船体については石川島播磨重工業(株)と、原子炉については三菱原子力工業(株)と建造契約を締結し、原子力船の建造を開始した。原子力船は1969年6月に「むつ」と命名され進水した。青森県むつ市に建設された大湊定係港に1970年に回航され、「むつ」は艤装工事、核燃料の初装荷を終えた。実験船として建造された「むつ」は、総トン数は8,242トン、満載排水量は10,383トンで、主機の蒸気タービンは、連続最大出力10,000馬力、常用出力9,000馬力であった。原子炉は加圧軽水冷却型で、熱出力36 MW 1基、炉心寿命9,000時間(全出力運転)、燃料は二酸化ウランペレット、濃縮度4.44%(外周)、3.24%(中心)、装荷量(UO₂)2.77 t、燃料集合体数32体(外周20体、中心12体)、被覆管低コバルト・ステンレス鋼であった。原子力船の開発は、スタートの時から、いろいろな困難につきまといわれ、1974年9月1日に太平洋上で実施した出力上昇試験において、「放射線漏れ」が発見され、社会的には大きな騒ぎとなった。この放射線漏れは、原子炉压力容器と1次遮蔽体の間隙からの高速中性子のストリーミングによるものであることが明らかにされた。(第2図²⁾)

3. 「むつ」の改修

その後、原子力船の開発は、「むつ」の改修、関根浜新定係港の建設に係る漁業補償、新港の建設着手の方向に進んだ。そして、1985年3月31日には、日本原子力船研究開発事業団を原研と統合することになった。遮蔽の改修が行われた後、むつ市大湊港に係船され、新母港関根浜港の完成を待って、1988年1月同港に回航された。

4. 実験航海

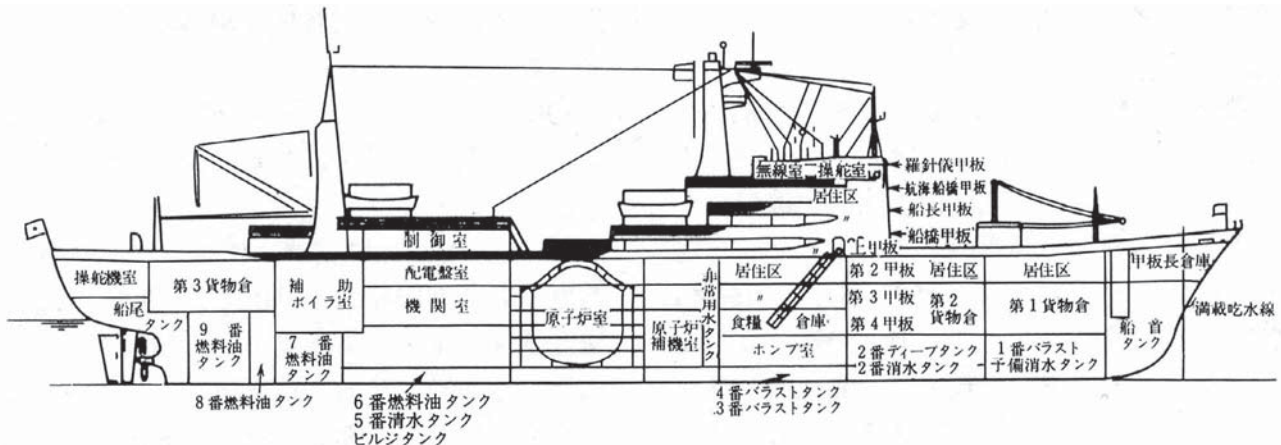
1991年2月25日から始まった第1次航海から、12月12日に終わった第4次航海までの実験航海で、110日、64,250 kmにわたる実験航海を完了した。これは地球を1周半する距離を、原子力で航海したことになる。原子炉運転時間は合計2,346時間、累積熱出力は6,158万 kWh となった。この実験航海により、静穏海域、通常海域、荒海域および高温海域を航行して、広範な海洋環境における自然条件、操船条件、船体運動ならびに原子炉プラントの運動およびプロセス量の変動の相互関係を究明するのに必要なデータを取得することができた。(第3図³⁾)

5. 「むつ」の解役

その後、1995年6月には、原子力船「むつ」の解役作業を終えた。さらに同船体は海洋科学技術センターへ譲渡



第3図 太平洋上を航海中の原子力船「むつ」
(第4次実験航海, 1991年12月)



第2図 原子力船「むつ」断面図

され、同センターで大型海洋観測研究船「みらい」として改造され、関根浜港を母港として運行されている。原子炉を、その遮蔽体とあわせて原子炉室全体を、同船から切離して一括撤去して陸揚げした。これらを安全に保管・展示するための原子炉室保管棟も1996年3月に完成した。その後、原子炉室は「むつ科学技術館」で一般公開用に改装され、特に原子炉容器などは鉛ガラスを通して見るできるようになっている。

6. 「むつ」の意義

「むつ」で予期しなかった「放射線もれ」が起こったが、技術的には「むつ」の遮蔽改修および安全性能点検によって得られた経験は、船用炉の開発のみならず、遮蔽を含め原子炉の安全性にも多大の貢献をし、新型炉の開発にも貢献した。また、実験航海では、地球を1周半する距離を、原子力で航海し、広範な海洋環境における自然条件、操船条件、船体運動ならびに原子炉プラントの運動およびプロセス量の変動の相互関係を究明するに必要なデータを取得することができた。

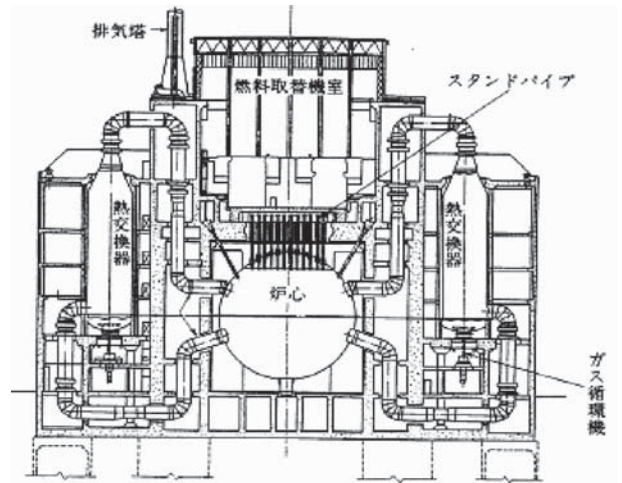
Ⅲ. コールドホール型発電炉の導入

1. コールドホール型発電炉導入の経緯

1956年5月16日に、英国原子力公社からクリストファー・ヒントン卿(当時産業開発部長)が来日し、世界最初の商業原子力発電所とされるコールドホール型発電炉(天然ウラン・黒鉛炉)について「1 kWhあたり0.6ペンス=2円52銭」と経済性を強調して、英国からの大型発電炉導入の動きが急速に高まった。同年5月23日にはコールドホール原子力発電所第1号炉が発電を開始した。同年10月に第1次訪英調査団(団長 石川一郎原子力委員)が英国、米国、カナダに派遣され、「実用発電炉として英国の黒鉛型の導入が有望であるとともに、軽水炉についてもその将来性を評価して、小型動力試験炉導入の必要性」を報告した。動力試験炉(軽水炉)は原研が担当することになったが、英国の大型商用発電炉(黒鉛炉)については、その受入れ母体として、9電力、電源開発、メーカーなどの共同出資で(株)日本原子力発電(原電)を設立することとなり、1957年11月1日に発足した。

2. 原電東海炉の初の商業発電

新会社は安川第五郎社長、一本松珠璣副社長ら21名の第2次訪英調査団を派遣し、電気出力16万6,000 kWの大型のコールドホール改良型動力炉(東海1号炉)を英国から輸入することを決め、富士電機製造(株)を組立ての責任会社を選んだ。敷地としては茨城県東海村が選ばれた。メーカーに英国 GEC(The General Electric Co.)社を選定した。1959年4月3日には、発注内示書が取り交わされた。(第4図²⁾)



第4図 原電東海コールドホール型発電炉の構造

耐震性、コンテナ、大気逆転層などの論議が起きたが、1961年3月に着工の運びとなった。しかし、1962年11月には、早くも次の発電炉(軽水炉)の敷地を福井県敦賀市に決定した。

1965年5月4日、東海村に建設中の原電の東海発電所が初臨界に達し、同年11月10日に2,000 kWの初発電に成功した。この本格的な発電炉は、翌1966年7月25日に運転を開始し、7月27日から11万 kWの連続運転に入った。この日、日本は本格的な商業的原子力発電の時代に入った。9月1日には12万5,000 kWの運転を開始し、翌1967年2月4日に定格出力16万6,000 kWの試運転に成功し、7月24日から最大出力16万6,000 kWの運転を開始した。10月5日には通産省の施設検査に合格して、全出力運転に入った。(第5図⁴⁾、第2表²⁾)

3. 原電東海炉の意義

原電は事業計画として、第1期工事に英国系の天然ウラン型原子炉を、第2期工事に米国系の濃縮ウラン型原子炉を建設することとして、1957年に設立された。英国から導入した東海炉は、天然ウラン燃料、炭酸ガス冷却炉で、日本最初の商業用発電炉であった。また、この炉は世界的に見ても開発の初期段階の原子炉であった。日



第5図 原電東海コールドホール型発電炉
電気出力(発電端)166 MW、(送電端)157 MW

第2表 原電東海コールドーホール型発電炉の設計諸元

項目	設計諸元
一般	
熱出力	587 MW
電気出力(送電端)	157 MW
発電所効率	26.7%
炉特性	
炉心出力密度 (燃料比出力)	0.81 kW/l (3.16 MW/t)
燃料平均燃焼度	3,600 MWd/t
圧力容器・炉心	
圧力容器寸法	球形内径 18,340 mm 厚み 80 mm
圧力容器材料	Al-Killed 鋼
圧力容器運転圧力	14.69 kg/cm ² ・g
炉心寸法	11.67 mφ, 6.76 mH
燃料チャンネル数	2,052(燃料2,048)
燃料	
燃料種類と重量	金属天然ウラン 186 t
燃料被覆	ヘリカルフィンと4枚の 直線スプリッタ
燃料要素	外径 40.8 mm 内径 23.7 mm(中空) 長さ 848.4 mm 8個/チャンネル
減速材・冷却材	
黒鉛重量	920 t
黒鉛温度	平均320℃, 最高437℃
炭酸ガス炉入口圧力	14.38 kg/cm ² ・g
炭酸ガス炉入口温度	206.5℃
炭酸ガス炉出口温度	386.3℃
炭酸ガス流量	10,944 t/h
炭酸ガス循環機	立形背圧タービン 立形遠心式
制御棒	ステンレス鋼 36本 ボロン鋼 62本
蒸気系	
蒸気温度	369/354℃
蒸気圧力	61.1/18.7 kg/cm ²
蒸気流量	460/660 t/h

本側にも英国側にも、経験不足で未解決の問題が残っていた。安全対策、地震対策などに、建設中や試運転の段階で困難な問題に遭遇した。この炉の建設・運転を通じて電力および関連産業界の技術の習得、向上、技術者の養成などが推進された。この東海炉は重要な役目を果たした後、1998年3月31日に運転を停止、廃止措置に入った。

英国で開発され、世界で最も早く実用化された原子力発電プラントである黒鉛減速、炭酸ガス冷却炉は、燃料被覆材であるマグネシウム合金の材料名をとってマグノックス炉とも呼ばれている。燃料として、金属の天然ウランを用いているので、出力密度(0.81 kW/l)が軽水

炉に比べて2桁低く、冷却材の炭酸ガス温度を高くできない面がある。この点の改善を図ったものが低濃縮ウランの改良型ガス冷却炉(AGR)である。さらに高温のガスの取出しを図った黒鉛減速、ヘリウムガス冷却、濃縮ウランの原子炉が高温ガス炉(HTGR)である。このマグノックス炉と同じように早い時期に実用化された原子炉には、ソ連が開発した黒鉛減速軽水冷却式の低濃縮ウラン酸化物を燃料とした原子炉がある。

IV. 軽水型商用発電炉が主流へ

原子力協力協定成立後、米国は英国に遅れをとらないように、発電炉売込みに拍車をかけた。やがて原電と肩を並べて、東京電力は沸騰水型、関西電力は加圧水型の発電炉導入に強い関心を抱くようになったのもそのためである。それぞれ火力発電で米国GE社、WH社と永年の提携関係を持ってきた背景は、今日でも9電力の軽水炉のPとBの色分けの基本をなしている。そして黒鉛炉から軽水炉へ、天然ウランから濃縮ウランへ、コールドーホール改良型から加圧水型や沸騰水型へ、英国から米国へと、日本の原子力発電路線は大きく方向転換をした。1957年10月11日、英国のウィンズケールの黒鉛炉が事故を起こし、大量の放射能を放出して、周囲を広範囲に汚染し、英国が原子力協力協定に、第三者損害賠償の免責条項挿入を同年12月に申し入れてきたことも、その一因である。

米国、英国に続いてカナダも原子力協定締結を日本に申し入れ、1959年7月2日に調印、1960年7月27日に発効した。この協定でカナダからのウラン供給の道が開かれた。

参考文献(下記文献を全般的に参考にした)

- 1) 日本原子力研究所史 日本原子力研究所, (2005).
- 2) 新版原子力ハンドブック, オーム社, (1989).
- 3) 原研40年史, 日本原子力研究所, (1996).
- 4) 原子力開発三十年史, 日本原子力文化振興財団, (1986).
- 5) 原子力がひらく世紀, 日本原子力学会, (1998).
- 6) 理化学研究所 六十年の記録, (1975).
- 7) 財団法人原子力研究所史, (1957).
- 8) 原研10年史, 日本原子力研究所, (1966).
- 9) 原研20年史, 日本原子力研究所, (1976).
- 10) 原研30年史, 日本原子力研究所, (1986).
- 11) 原子力船開発の歴史, 日本原子力研究所, (1995).

著者紹介

石川 寛(いしかわ・ひろし)

本誌, 49[11・12], pp.775参照。

連載
講座

高速炉の変遷と現状

第6回 日本の高速炉開発の歴史(Ⅰ)

日本原子力研究開発機構 伊藤 和元, 鈴木 惣十

Ⅰ. 日本の高速炉開発の萌芽

1. 開発計画の始まり

日本の高速炉開発計画の検討は、日本原子力研究所における「高速増殖炉研究開発委員会(1963年5月発足)」で始まった。第1段階：実験炉の建設・運転，第2段階：原型炉の建設・運転を経て，第3段階で実用化に至るとし，開発の柱を実験炉，ナトリウム技術，プルトニウム燃料とすることが提案された。

これを受けて原子力委員会は1964年2月に「高速増殖炉懇談会」を設置したが，第3回原子力平和利用国際会議(ジュネーブ会議，1964年8～9月)において，米国における軽水炉実用化の到来予測や各国の高速増殖炉開発計画の見通しが明らかになり，日本の動力炉開発の遅れが顕著になったため，1964年10月に「動力炉開発懇談会」を発足させた。

2. 動力炉開発懇談会

動力炉開発懇談会(以下、「動懇」)の任務は，核燃料問題も含めた総合的な検討の上に，動力炉の開発計画を樹立することとされ，審議は在来型炉から新型転換炉，高速増殖炉の開発はもとより，再処理を含む核燃料サイクルの全分野にわたり，きわめて精力的に審議された。1965年10月には「動力炉開発調査団」が欧米諸国の開発方針，体制，計画の実施状況を調査し，1966年3月に「動力炉開発の進め方(高速増殖炉実用化の見通し，新型転換炉の必要性，開発体制など)」を取りまとめた。

これを受け，1966年5月，原子力委員会は「動力炉開発の基本方針について」を決定し，その中で「高速増殖炉

の開発にあたっては，基礎的技術の蓄積に努めると共に，国際協力をも行って，自主開発の効率的推進を図る必要がある。その実施に当たっては，臨界実験装置などによる基礎的研究ならびに実験炉および原型炉の開発を推進するものとする。なお，実験炉は，将来，照射試験炉としても利用する。開発スケジュールとしては，昭和40年代半ばまでに実験炉の，昭和40年代の後半に原型炉の建設に着手する。高速増殖炉および新型転換炉の原型炉開発を担当する機関として，昭和42年度を目途に特殊法人の新設を行う」とした。

3. 動燃の発足と動力炉開発の基本方針

こうして動力炉・核燃料開発事業団(以下，動燃)が1967年10月発足した。動燃の動力炉開発業務に関する基本方針(1968年3月)および1次基本計画(同年4月)が，原子力委員会と内閣総理大臣により決定された。その主な内容は「高速増殖炉および新型転換炉をそれぞれ昭和60年代の初期および昭和50年代の前半に実用化するため，原型炉までの運転を開発目標とし，関係各界の総力を結集してその開発を推進するものとする」，「高速増殖炉について，実験炉はプルトニウムとウランの混合酸化物燃料(以下，MOX燃料)を用いる熱出力10万kW程度のナトリウム冷却型炉を昭和47年度頃臨界に至らしめることを目標として，概念設計，詳細設計をすすめ，引き続き建設に着手する。原型炉としては，MOX燃料を用いる電気出力20～30万kW程度のナトリウム冷却炉を昭和51年度頃に臨界に至らしめるものと想定して所要の設計研究を進める。これらの設計等と並行し，炉物理，ナトリウム工学，主要機器，核燃料，安全性の分野の研究開発を実施し，その成果を適宜設計および建設に反映せしめる」とされ，1967年度より設計，研究開発が開始された。

Ⅱ. 高速実験炉「常陽」の開発

我が国初のナトリウム冷却型高速炉である「常陽」は，動燃(現，日本原子力研究開発機構)により茨城県大洗町の大洗工学センター(現，大洗研究開発センター)の夏海湖畔に建設され，江戸時代に常陸の国を中国風に常陽と

Fast Breeder Reactor: The Past, the Present and the Future
—(6)History of Fast Reactor Development in Japan—Ⅰ:
Kazumoto ITO, Soju SUZUKI.

(2007年10月28日 受理)

各回タイトル

第1回 高速炉の誕生

第2回 高速炉型式の変遷

第3回 米国の高速炉開発の歴史(Ⅰ)

第4回 米国の高速炉開発の歴史(Ⅱ)

第5回 欧州・アジアの高速炉開発の歴史



第1図 太平洋を背景にした「常陽」施設群

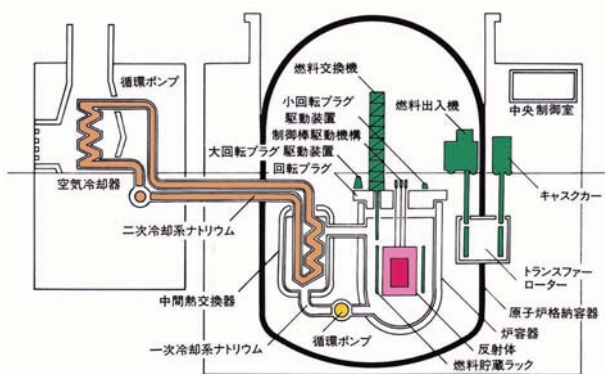
呼んだことにちなんで「常陽」と名付けられた(第1図)。「常陽」は、高速増殖炉(FBR)開発の第1ステップにあたる実験炉であり、その設置目的は次の2つである。第1は、自主技術によってナトリウム冷却型高速炉を設計・建設・運転し、それから得られる技術的経験を原型炉以降に活かすこと、第2はFBR開発に必要な燃料・材料の照射試験を行うための照射炉として使用することである。第2図は「常陽」で得られた成果の発表資料等のロゴマークとしてよく使われている「常陽」のシンボルマークで、中央部の青地は太平洋、その下の緑と白の部分は大洗海岸の白砂青松、そして昇り行く朝日は「常陽」そのものを表している。ちなみに、この図案は意匠登録がなされており、「常陽」以外には使用できないとのことである。



第2図 「常陽」のシンボルマーク

1. 「常陽」のプラント概要

「常陽」のプラント設備(第3図)は、原子炉建家、原子炉付属建家、主冷却機建家および使用済燃料燃料貯蔵建家で構成され、原子炉建家、すなわち原子炉格納容器の地上より下の部分に、原子炉容器が設置されている。原



第3図 「常陽」のプラント構成

子炉付属建家の3階には、「常陽」を遠隔操作する中央制御室がある。炉心で発生する熱は、2機の主中間熱交換器を介して1次系ナトリウムから2次系ナトリウムに伝えられる。「常陽」は発電を目的としていないため、3次冷却系に相当する水蒸気系および発電設備は有しておらず、2次系に伝えられた熱は、すべて主冷却機建家に設置された4台の主冷却機により直接大気に放散している。つまりは空冷式の原子炉である。

2. 「常陽」の設計と建設

1964年、当時の原研(現、日本原子力研究開発機構)において高速実験炉の設計が開始された。原研では、予備設計(1964年)、第1次概念設計(1965~66年)、第2次概念設計(1966年)が行われ、その成果は1967年10月に発足した動燃に引き継がれた。引き続き、第3次概念設計(1967~68年)、調整設計(1968年)が行われ、フランス原子力庁による設計および安全評価、いわゆる“フランスチェック”を受けた後、1970年2月に国の原子炉設置許可を得て建設が始められた。そして設計開始から13年後の1977年4月24日に、Mark-I炉心で我が国初のナトリウム冷却型高速炉の初臨界を達成した。それでは、「常陽」の建設から現在のMark-III炉心での運転までの歴史(第1表)を振り返ってみることとする。

1970年3月、動燃の大洗工学センターが開所され、この年に「常陽」の建設用地の掘削が完了した。翌1971年9月、原子炉格納容器(第4図)が立ち上がり始めた。

この原子炉格納容器は、頂部に半球型ドームを有する直径約30m、高さ約55mの円筒型である。また、同年12月には、日立製作所の臨海工場で製作された1次系ナトリウムのダンプタンク2基が現在の大洗町立南中学校下の海岸から陸揚げされた(第5図)。そして、「常陽」の各建家の建設が着々と進められた。第6図は1973年3月当時の建家の建設状況で、左の建物は運転管理棟、中央は原子炉付属建家と原子炉格納容器ドーム、右の建物は主冷却機建家である。建設工事は順調に進み、1973年8月には一番の大型機器である原子炉容器が据え付けられた。



第4図 格納容器の建設(1971年9月)

第1表 「常陽」のマイルストーン

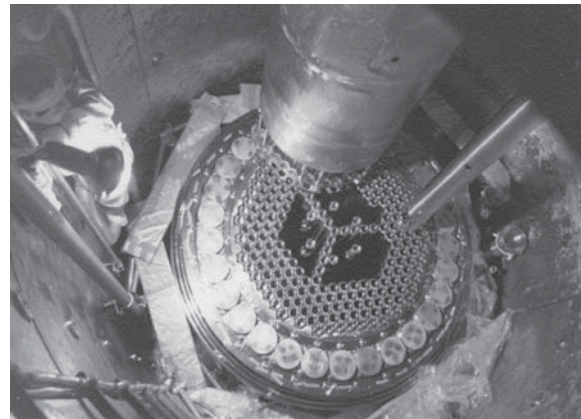
1977年 4月 ～1981年12月	MK-I 初臨界・・・	Pu増殖性を確認するための増殖炉心
1982年11月 ～1997年 9月	MK-II 初臨界・・・	FBR燃料・材料の照射試験用炉心
1997年12月 ～2000年 5月	移行炉心	・・・ 炉心を徐々に拡大して MK-III炉心 (高性能照射用炉心)に移行
2003年 7月	MK-III 初臨界・・・	FBR実用化に向けた研究開発の加速と 外部利用の拡大

積算運転時間 約 7万1千時間	積算熱出力 約62億4千万kWh
燃料集合体の使用実績	試験集合体の照射実績
<ul style="list-style-type: none"> ・MK-I 燃料集合体 116体 ・MK-II 燃料集合体 342体 ・MK-III 燃料集合体 130体 	<ul style="list-style-type: none"> ・照射燃料集合体 27体 ・材料照射用反射体 68体 ・温度制御型材料照射装置 2体 ・自己作動型炉停止機構実験装置 1体

(2007年8月1日現在)



第5図 1次系ダンプタンクの陸揚げ(1971年12月)



第7図 ナトリウム充填前の原子炉内部



第6図 原子炉建家の建設(1973年3月)

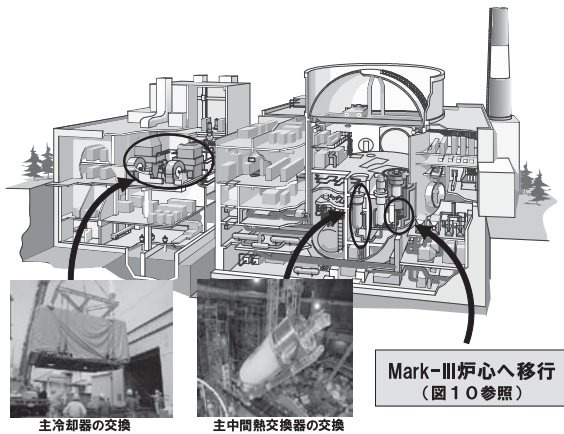


第8図 初臨界達成時の常陽中央制御室

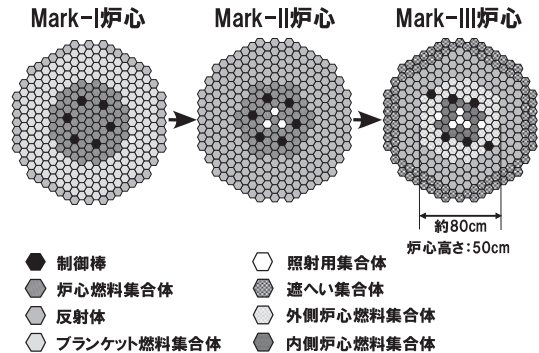
3. 初臨界達成，運転そして高度化

臨界3年前の1974年，昭和天皇・香淳皇后両陛下が「常陽」の格納容器内をご視察されるなど，高速炉開発に対する当時の期待は原子カルネッサンスと呼ばれる現在でも想像できないほどの高まりを見せていた。第7図は，1975年当時のナトリウム充填前の「常陽」の原子炉内の様子で，中央上部に斜めに見えるのは炉心上部機構で，その下には構成途中のMark-I炉心が見える。この後，1次冷却系に120トン，2次冷却系に約80トンのナトリウ

ムが充填され，炉心領域のステンレス鋼製のダミー集合体を順次炉心燃料集合体に置き換えて初臨界を達成した。このときの「常陽」の起動には，Beの (γ, n) 反応で生成する中性子が利用され，そのガンマ線源には原研大洗のJMTRで照射されたアンチモンが用いられた。かくして，1977年4月24日11時07分，「常陽」は我が国初のナトリウム冷却型高速炉として初臨界を達成した。第8図は，そのときの喜びに沸く中央制御室の様子である。引き続き，1982年11月にMark-II炉心の初臨界を



第9図 「常陽」高度化計画におけるプラント改造



第10図 「常陽」炉心の高度化の歩み

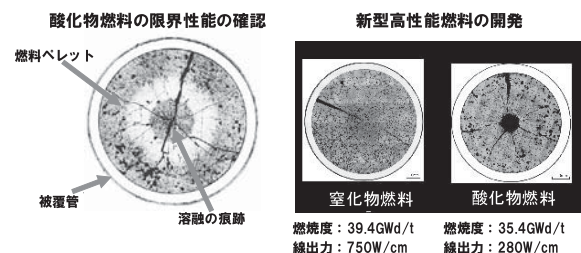
- ・ FBR燃料サイクルの輪を完成(1984年9月)
- ・ 増殖性能の確認 増殖比 : 1.03±0.03
- ・ 高速炉の燃料・材料の照射試験

達成した。以来、18年間にわたって Mark-II 炉心での運転を順調に続け、燃料・材料の照射試験を中心とする高速炉技術開発を進めてきた。

Mark-II 炉心までに蓄積した技術的知見を基に、「常陽」高度化計画、通称 Mark-III 計画(第9図)が2000年から2003年にかけて遂行された。この計画の目的は、「常陽」の照射性能を向上させて高速炉開発を加速することであり、約3年間かけて炉心を高性能にするとともに冷却能力を向上させた。具体的には、炉心を拡大し2領域化して炉心を高中性子束化させる一方、その結果として100 MWt から140 MWt への出力増加に対応するため、主中間熱交換器および主冷却機の全数を高性能の物に交換した。そして、Mark-I 炉心と同様に、総合機能試験、性能試験、出力上昇試験の各ステップを経て、2003年10月28日に Mark-III 炉心の定格出力140 MWt を達成した。この Mark-III 計画の技術開発成果が認められ、『Mark-III 計画による高速実験炉「常陽」の照射性能の向上』として2005年の日本原子力学会賞の技術開発賞に選ばれた。

4. 「常陽」における技術開発

「常陽」では、Mark-I 炉心で初臨界を達成して以来、緩むことなく性能向上が行われてきた。発電機能を持たない「常陽」では、照射炉としての高性能化、つまりは高中性子束化が目的であり、必ずしも出力そのものの増大を狙ったわけではないが、原子炉熱出力だけ見ても Mark-I 第I期炉心の50 MWt から Mark-III 炉心の140 MWt まで約3倍アップさせた。Mark-II 炉心では、「常陽」を増殖炉たらしめていた劣化ウランブランケットをステンレス鋼中性子反射体に置換した。これにより「常陽」は高速増殖炉から高速中性子照射炉となった。Mark-III 炉心では、燃料領域を拡大するとともに出力平坦化のため、プルトニウム富化度を変えた2領域炉心とした。そして、炉心マトリックスの最外周の2層には B,C 中性子遮へい体を約100体配置した。このほか Mark-III 炉心では、高中性子束の照射孔を設置するため、反応度



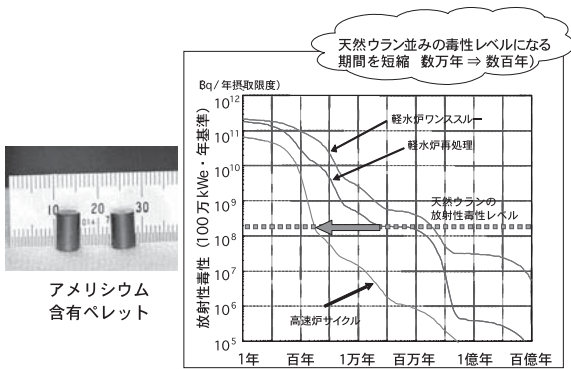
第11図 増殖比の確認、高性能燃料の開発

バランスを確保しつつ制御棒配置を変更した(第10図)。

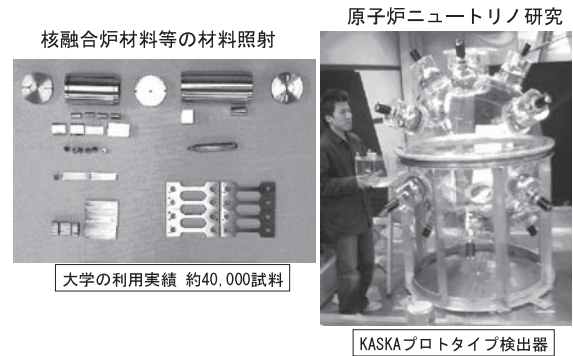
第11図に、「常陽」がこれまでに達成した数々の成果の一部を紹介する。第1段階の Mark-I 炉心では、高速炉の基本性能であるプルトニウムの増殖性能を確認した。そして、1984年9月には東海事業所で取り出されたプルトニウムが、少量ながら再び燃料として Mark-II 炉心に装荷されて、我が国の FBR サイクルの輪が完結した。Mark-II 炉心の主要な役割である照射試験では、MOX 燃料の限界性能を確認するための燃料溶融限界線出力試験に成功し、高速炉燃料の設計合理化に資するデータを取得した。また、新型燃料を開発では、原研との共同研究で窒化物燃料および炭化物燃料の照射試験を行った。従来の MOX 燃料と異なり、窒化物燃料は高い線出力においても顕著な組織変化を起こさず、優れた FBR 燃料になる可能性を有することを実証した。

軽水炉等の使用済燃料には、マイナーアクチニド(MA:アメリシウムなど)と呼ばれる放射能毒の強い放射性物質が蓄積される。この毒性が天然ウラン程度に下がるまでの期間は、軽水炉サイクルでは数十万年から数百万年であるが、高速炉で燃料とともに燃焼させて短半減期の核種に変換することにより数百年に短縮できる可能性がある。「常陽」では、この方法で MA 量を減らして、原子力発電で発生する放射性廃棄物が環境に与える負荷を低減させる研究を進めている(第12図)。

高性能な燃料被覆管を開発するためには、原子炉内で実機環境に可能な限り近い状態を模擬した試験を行う必要があり、このためには高精度で試料温度を制御しつつ



第12図 MA含有燃料の開発

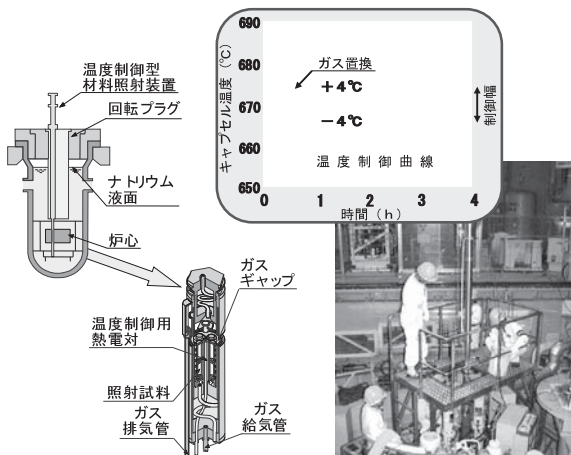


第15図 高速炉開発以外の分野での利用

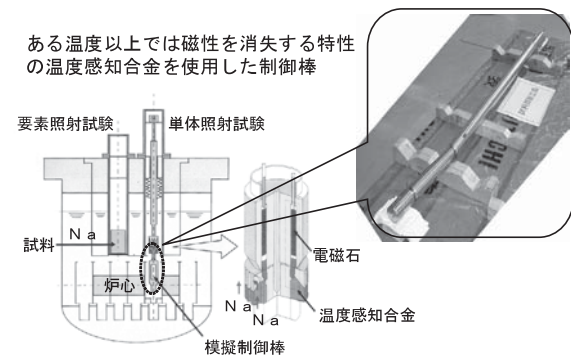
原子炉が止まるか、止まらないまでも出力の上昇を抑えることができる。この技術は高速炉のもつ固有安全性の向上に非常に有効であり、我が国の実用化炉の設計において採用されるなど、国内外から注目されている重要技術の一つである。

「常陽」は、高速炉開発以外の分野でも、核融合炉材料の開発や宇宙の謎を解くための研究に利用されている。第15図は、大学連合からの受託を受けて照射した核融合炉材料の数々である。またその右の写真は、原子炉で発生するニュートリノを検出するために、東北大学を中心とする大学の研究グループが「常陽」の格納容器外壁に設置した測定装置である。ニュートリノが検出できてその性質を明らかにできれば、宇宙創生の謎の解明が進むものと期待されている。

このように「常陽」ではFBR開発以外の分野でも利用されており、施設共用や共同研究等を通じて高速炉分野以外の分野でも幅広く活用されるものと期待している。



第13図 温度制御型照射技術の開発



第14図 SASSの開発(炉内機能試験)

中性子照射を行うことが不可欠である。「常陽」ではこのための照射技術の研究開発を進め、その成果の1つとして温度制御型材料照射装置 MARICO(第13図)を完成させ、目標温度670°Cに対して±4°Cの精度で照射試験をオンラインで行う技術を確認した。

高速炉のさらなる安全性向上を目指して、自己作動型炉停止機構 SASS(第14図)の開発を進めている。この炉停止機構では、ある一定温度以上になると磁力を失う性質を有する合金で制御棒を保持し、なんらかの異常で冷却材の温度が上昇すると制御棒を保持しなくなり、運転員が操作しなくても自然に制御棒が炉心の中に落下して

5. これからの「常陽」への期待と役割

高速炉サイクル開発の課題の1つは経済性である。「常陽」では高速炉サイクルの経済性向上のため、酸化物分散強化型と呼ばれる高性能被覆管(ODS)を用いた燃料の開発を進めることとしている。また、環境負荷低減を目指して、高速炉の特徴を活かしたMAの消滅処理の研究を行う。さらには、自己作動型炉停止機構による安全性向上や、燃料破損によるプラント稼働率の低下をできる限り少なくするための高性能な破損燃料検出技術の開発を進めていく。

このほか、高速炉サイクルの分野以外からの幅広い照射要求にも柔軟に対応していくため、高速炉の特徴を活かした照射機能の拡大と多様化にも努めていくこととしている(第2表)。

「常陽」を見学されたことがある方は気が付かれたと思うが、原子炉格納容器1階の運転操作床に羅針盤が描かれ、そこに高速炉技術の未来を象徴するローマの哲学者セネカ(紀元前45年頃～65年)のラテン語の詩の一節が描かれている(第16図)。

“small Latin and less Greek”(ラテン語は少し、ギリ

第2表 「常陽」の照射試験計画

年度	2005		2010		2015	
	運転工程					
1. FBRサイクルの経済性向上 (1) 高燃焼度化(ODS被覆管等) (燃料被覆管破損限界確認試験)	材料照射			ODS被覆管		
	燃料照射			ODS被覆管		
(2) 新型燃料(簡素化ペレット法燃料・金属燃料)						
(3) 長寿命制御棒(Naボンド型制御棒等)						
2. 環境負荷低減 (マイナーアクチニド添加燃料、長寿命FP)						
3. 安全性向上等に関する試験 (1) 自己作動型炉停止機構 (2) 燃料過渡試験 (3) 新技術実証試験(破損燃料検出技術の開発、ISI&R等)						
4. 外部利用(施設共用、照射機能拡大)						

シャ語はなお少し)と揶揄された英国の文豪とは比べるべくもない我々には確かとは判読できないが、曰く、

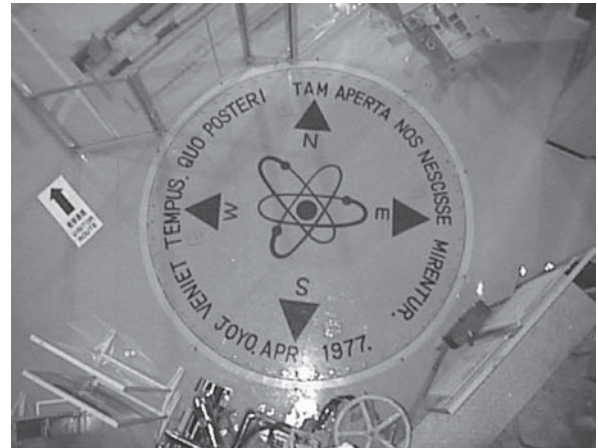
【“かくも明白な事実を我々が今やっと体験した”
ということに、子孫達が驚く時が来るであろう!】

「常陽」は、限りある資源の有効活用と地球環境問題を解決するため、高速炉サイクルの開発において欠くことのできない大切な役割をこれからも果たしていくこととしており、国内外から「常陽」に寄せられる期待はこれまでに増して高まりつつある。

(次回、「もんじゅ」, 「実証炉」へ続く)

—参考資料—

- 1) 「常陽」による高速炉技術開発の成果と将来展望, PNC TN 9410 92-081, (1992).
- 2) 特集「常陽」20周年, PNC TN 9418 97-006, (1997).
- 3) 山下芳興, 他, 「常陽」運転20年, エネルギーレビュー, (1999).
- 4) 特集 高速実験炉「常陽」の高度化計画(MK-III計画)と今後の展望, JNC TN 1340 2003-005, (2003年).



第16図 「常陽」運転操作床に書かれたセネカの詩

- 5) 「常陽」MK-III 14万キロワット達成記念報告会—「常陽」から「もんじゅ」へ, JNC TN 9200 2003-003, (2004).
- 6) 能澤正雄, “原研OB回顧録 高速実験炉の開発初期の頃”, 原子力機構・原研OB会報第51号, (2007).
- 7) 高速実験炉「常陽」臨界30周年記念報告書, 印刷予定.

著者紹介

伊藤和元(いとう・かずもと)



日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野) 高速増殖炉プラント
工学, 材料工学

鈴木惣十(すずき・そうじゅう)



日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野) 高速炉プラント技術
開発, 高速炉ドシメトリー

会議報告

ロシアの核燃料サイクル戦略がわかる —ISTC 科学諮問委員会セミナー—

10th Int. SAC Semin. on Advanced Nuclear Fuel Cycle for the 21st Century

2007年9月22日から27日(ロシア, ニジニ・ノボゴロド)

セミナーのタイトルにある「先進的核燃料サイクル」については現在、世界は日米仏主導のGNEP構想が焦点で、つい先週のIAEA総会で16カ国により基本合意ができたことと報道されているところである。GNEP基本構想生みの親と紹介されたアルゴンヌのレドラーからは、米国における先進再処理技術開発と称して発表があった。米国は再処理政策を再開するところで、その研究開発レベルは疑わしいと思っていた。しかし、ウラン・プルトニウム・ネプツニウムまではグローブボックスで扱えるが、TRU全体となると遠隔操作が必要とか、ヤッカ・マウンテンの処分についてテクネシウムは金属で、周りにジルコニウムを置いて酸化物にならないようにする、酸化テクネシウムは水に溶ける、など筆者にとって耳新しかった。2020年から22年にかけて再処理工場を稼働させるとして設計予算が110 M\$用意されている。

これに対して、ロシアは基本的には軌を一にする国際核燃料センターをプーチン大統領が提案しており、そのサイト候補まで挙げている。これについては米露間でサブ・ワーキング・グループ会合が2007年すでに2回開催されていると、IPPE(オブニンスクにある物理・発電工学研究所)のシェベスコフが紹介し、議論の中で最終処分と

現在の燃料供給市場との整合性などの課題があるとした。

この動きに対して、根本的に対立している向きもある。ひとつは特に米国が主導する世界の核不拡散体制そのものに反感を持つ国、あるいはグループである。今回の出席者の中では、カナダのロムニー・ダフィーもその一人で原子力技術の独占が果たして正しいのか、そのなかでカナダのポジション、ウラン生産国の立場を強調したいとする。もうひとつはサイクルと密接に関係する炉系、すなわち現在のところナトリウム冷却高速炉に集中する傾向が問題とする向きである。この中にもいくつか流れがあって、いうなれば高速炉はいるにしても、その手前に高温ガス炉、重水炉、溶融塩炉などをかませる軽水炉使用済み燃料をうまく利用し、高速炉への要求を下げつつ、最終処分必要量を減少しようというもの、ナトリウムは正のボイド反応度があり安全性に問題があって、鉛冷却など他のタイプの高速炉を押し向きである。

今回の発表でも、米国GA(ジェネラル・アトミックス)は幹部を含め4名は送り込んできていて、またヴォルガ川船上の宴会に参加者を招待し、高温ガス炉のTRU消滅効率の良さを喧伝した。ダフィーも重水炉の効用についてトリウムの利用について話をし

ている。溶融塩炉についてはロシアとフランス、チェコから発表があり、もともとの黒鉛減速によるエピ・サーマル中性子利用が中心であるが、ウラン・プルトニウム系で黒鉛減速をはずした高速バージョンも炉特性上は面白いといっている。フランス原子力庁のルノーはGIF、第4世代国際フォーラム、溶融塩炉・システム運営委員の一人で、10月初めの週にパリNEAで研究開発計画を議論するといっていた、日本からは島津北大教授がオブザーバー参加とのこと。高温ガス炉も溶融塩炉も、GIF6炉系のひとつであること、さらには欧州の共同研究開発計画であるフレームワーク・プログラムにも選ばれており、それなりに研究開発が続けられている。わが国の場合、高温ガス炉のアクティビティですら下降気味で選択と集中の弊害か。

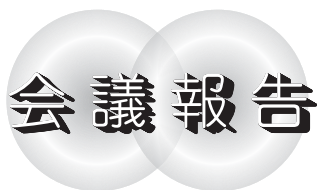
これに対して、当方は初日、24日の全般課題セッションにて、「エネルギー技術ビジョン2100と維持可能な発展のための原子力の役割」と題して、2100年のエネルギーと環境制約に基づくシナリオの紹介、わが国のエネルギーならびに原子力政策の骨格と、経済成長と整合しつつ環境保全を科学技術と国際協力などで達成しようとする「クール・アース50」の概要を紹介した。また、2日目、25日午後のセッション、鉛/鉛・ビスマス冷却炉と溶融塩技術のセッションの司会を行った。

日本からは、原子力機構の難波隆司氏によるわが国の高速炉開発および湊和生氏による分離・転換の報告があり、セミナー主催者としてISTC科学諮問委員会共同議長の村上裕氏と関泰氏が貢献された。

(エネルギー総合工学研究所・松井一秋, 2007年10月4日記)



(Photo provided by W.Gudowski of ISTC)



第3回放射性廃棄物管理における天然および人工バリア材としての粘土の役割に関する国際会議

3rd International Meeting of "Clays in Natural & Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement"

2007年9月17～20日(リール, フランス)

本会議は2002年に第1回がフランスのランスで開催され、第2回は2005年にトゥール、今回はベルギーとの国境近くのリールで開催された。主催はフランスのANDRA(放射性廃棄物管理機関)である。粘土は各国の人工バリア概念で緩衝材^{a)}等として検討されるとともに、天然バリアとしても高収着性等の点で高いバリア性能が期待できることから、その役割が注目されている。

本会議では、口頭発表は19のセッション、ポスター発表は8つのテーマに区分されて行われた。主催者側の報告によれば、24カ国から、451名の出席があり、合計286件の発表が行われた。以下に口頭発表の各セッションの概要をまとめる。

セッション1：開会講演として、ANDRAがフランス東部のビュールで実施している地下研での7年間の調査、OECD/NEAのClay Club(放射性廃棄物処分における粘土に関わる研究グループ)で検討されたスイスのモンテリー地下研に分布するオパリナス粘土層(OPA)を対象にした研究報告等があった。

セッション2A：粘土層での処分概念・戦略として、カナダにおける低・中レベル廃棄物処分場計画、MX-80ベントナイト(米国産の代表的なベントナイト)の代替としての欧州ベントナイトの諸特性の報告等が行われた。

^{a)}緩衝材とは、廃棄物処分場に定置される廃棄体と岩盤との隙間を充填する粘土または粘土と砂の混合物。候補材はベントナイトと呼ばれる粘土であり、その主成分はスメクタイトという粘土鉱物である。

セッション2B：収着/遅延および地球化学モデリングに関連して、反応輸送モデルによる人工バリアの長期予測、炭素鋼の腐食に伴い生ずる鉄の圧縮ベントナイト中での移行挙動予測等の報告が行われた。

セッション3A：広域スケールでの地質学的特性に関する研究として、ビュールに分布するカロボーオクスフォード(COx)泥質岩を対象にした各調査(地震探査、磁気探査等)報告がなされた。

セッション3B：熱-水-応力連成現象に関する研究として、ビュール地下研における試験結果とモデリング、チェコで実施されたモックアップ試験の報告が行われた。

セッション4：ガスと水の移行に関しては、スイスのグリムゼル地下研で行われたケイ砂混合ベントナイト中でのガス移行試験、粘土層を対象にしたガスと水の二相流解析等の報告があった。

セッション5：間隙水化学に関する研究として、ビュール地下研におけるCOx中間隙水の測定/分析手法開発・モデリング等の報告があった。

セッション6A：熱および酸化の影響については、スウェーデンのエスポ地下研での長期変質試験に基づく処分の観点からのベントナイトの最適化、ベルギーHADES地下施設でのブーム粘土層中に掘削された坑道周辺の酸化状態に関する調査とモデリング等の報告がなされた。

セッション6B、7B、12：水-応力連成現象に関する研究として、COxを対象とした掘削による応力変化解析、水-応力連成現象における緩衝材

化学的条件への影響等の報告があった。

セッション7A：鉄-粘土相互作用に関しては、既往研究レビュー、長期挙動予測のためのモデリング、粘土中に含まれる鉄の酸化還元状態に関する特性評価の報告があった。

セッション8：物質移行現象・モデリングについては、核種移行解析におけるベントナイト流出の影響評価、モンテリー地下研での非放射性核種拡散試験・室内拡散試験・モデリングとの比較等が報告された。

セッション9、10A、11A：掘削影響領域(EDZ、岩盤等の掘削に伴い諸特性が変化する領域)に関する研究として、COxおよびOPAを対象にした坑道掘削時における水理-力学挙動の類似性やEDZ中間隙水化学の変化等の報告がなされた。

セッション10B：アルカリ溶液による擾乱に関しては、高アルカリ溶液によるスメクタイトの溶解速度における平衡からのズレによる影響、塩水条件でのスメクタイトの変質等の報告があった。

セッション13：統合化・性能評価に関しては、核種移行パラメータの不確実性の影響、粘土層を対象とした場合の調査手法/知見/ノウハウ等の技術移転の可能性等について報告があった。

本会議を通じ、個別現象に対する理解が深まってきていると感じた。今後は、蓄積された膨大な知見や技術の統合化や移転(継承)が課題の一つである。次回は2010年に開催される予定。

(日本原子力研究開発機構・笹本 広、
2007年10月24日記)

原子力機関・研究所紹介

日本原子力研究開発機構での環境保全・資源化研究に従事して

広島大学大学院理学研究科
化学専攻修士課程2年 中津留 可乃

私は現在、日本原子力研究開発機構(原子力機関)の原子力基礎工学研究部門 環境・放射線工学ユニット 放射性廃棄物資源化研究グループに特別研究生として在籍している。私達のグループでは、放射性廃棄物の資源化や新しい環境保全技術の開発を目指し日々研究を行っている。私は、実は原子力機関に来るまでは全くといってよいほど原子力に関わったことがなく、無知な自分がこのような寄稿をするのは少々気がひけるのだが、素人の立場から見た私なりの率直な意見を述べたいと思う。

現在、私が行っている研究は、原子力分野で生まれた技術を環境保全に応用するという観点から、工業廃水から有価金属を抽出し、それをナノ粒子として資源化するというものである。その抽出法として、抽出溶媒相で生成する逆ミセルを利用した方法を用いているのだが、逆ミセルとは界面活性剤が親水基を内側に、疎水基を外側に向けた分子集合体である。その内側にはnmサイズの微小水相を持ち、水中の種々のイオンをその微小水相に取り込める。この逆ミセル抽出法はもともと使用済核燃料の再処理や高レベル放射性廃液の群分離処理への適用を目指して開発された、放射性核種に対する新

しい抽出技術である。またナノ粒子の調製においても逆ミセルを用いる方法があるため、目的成分の抽出とそのナノ粒子化の両方に逆ミセルを利用できる。現在、基礎研究として主にメッキ廃液(模擬廃液)中の金の抽出とナノ粒子化を行っている。この研究の最終目標は、工業廃水を材料にして高価な金属ナノ粒子を生産できる技術を完成することで、環境の浄化や資源循環型社会の構築に大きく貢献できると期待している。他にもグループでは様々な研究が行われているが、共通するのは環境保全や資源(放射性廃棄物も含めて)の再利用を念頭に置いていることである。資源の枯渇や種々の環境問題が深刻化し、環境調和型の生活が必要とされる今に、このような研究は必要不可欠であるし、そこに携わられていることをうれしく思う。

原子力機関を初めて訪れたときは、警備の厳しさに対して構内は緑に囲まれ花が咲き、噴水などもあって、原子力に対し恐れる思いがあった私はそのギャップに少々驚いた。しかし大学とよく似た風景を見て緊張が和らいだのを覚えている。ここでの研究生活を通してまず思ったことは、皆かなり忙しそうなのである。研究はもちろんだが雑務に追われて大変そうな印象を受

けた。しかしその中でも先輩方は研究に対するモチベーションが高く、飲み会の席などでも必ず研究の話になる。また、そういう場で普段はあまり関わりのない分野の方々との交流を深め、自分の研究に新しい視点を入れていることは見習いたい一面である。そして機構内では頻繁にセミナーや講演会が開催されているし、論文執筆に追われたり学会にも積極的に参加するなど、皆研究に対し意欲的であると感じられる。

核問題などの影響もあり、世間の原子力に対するイメージはあまり良くないと思うのだが、知らないものへの恐怖は誰にでもあるもので、当たり前かもしれないが、原子力の場合はそれを正しく理解し安全に使うことが大事なのだと思う。そのことを理解してもらえよう子供や一般向けのイベントが開催されていたり展示なども多彩である。安全管理も徹底しており、ここへ来て私の原子力に対するイメージはがらっと変わったし、かなりの偏見を持っていたのだと反省させられた。ここでは大変貴重な経験をさせていただき感謝するとともに、残りの生活でより原子力の知識を深められたらと思っている。

(2007年 10月25日 記)

支部便り

関東・甲越支部 第6回若手研究者発表討論会

—原子力・放射線 未来・夢・創造

2007年10月31日(水) (電力中央研究所 狛江地区31会議室)

若手研究者発表討論会の概要

日本原子力学会関東・甲越支部では、大学生、院生、若手研究者を対象に「第6回若手研究者発表討論会」を開催した。この発表討論会は、若手研究者同士の討論やベテランの学会員からのアドバイスなど、若手研究者の交流の場を提供することを目的として2002年から毎年開催されている。今年は「原子力・放射線 未来・夢・創造」をテーマに若手研究者の創造的で夢のある研究を募集し、大学、研究機関、メーカーの若手研究者・技術者から15件の発表(発表15分、質疑10分)があった。

当日は、支部会員、学生、研究者、一般参加者を含めて約40名が参加し、午前9時20分から午後6時まで、各発表に対して各界の経験豊富な方々から質問、コメント、アドバイスが出され、発表者との活発な意見交換が行われた。また、特別講演として、原子力システム懇話会の堀 雅夫先生より「原子力による運輸用エネルギー」と題し、自動車、飛行機を例にとり、原子力で生成される熱、電気、水素エネルギーの運輸用エネルギーへの適用可能性とその効果について講演があった。

懇親会、表彰式

発表討論会終了後、懇親会と発表者の表彰式が催された。研究奨励賞については、例年5名までの受賞となっ

ていたが、評価結果が非常に僅差となり、同点の評価結果が発生したため6名の受賞となった。受賞者については、受賞順に渡辺茂樹(原子力機構)、内藤 晋(東芝)、山本智彦(東京大)、光安 岳(日立)、高橋優太(新潟大)、市川健太(三菱FBRシステムズ)と決まり、関東・甲越支部より表彰状と副賞が授与された。

おわりに

発表討論会では、エネルギー、情報、化学、医療等、多彩な分野での原子力・放射線利用の創造的で夢のある研究が若手研究者から発表された。会場のベテラン学会員から、1件の発表につき、おおむね5件以上の質問やコメント・アドバイスがあり、10分間の質疑応答時間に収まりきれないものも多数見受けられた。また、受賞者が5名から6名と増えたことが示しているように、発表に対する評価結果も近接したものとなっていた。いずれの発表においても活発な討論が行われ、若手研究者に発表と討論、交流の場を提供することとした本発表討論会の目的は十分に達成された。今後、本発表討論会が様々な分野で活躍している若手研究者同士の交流・情報交換の場としてもますます活用されていくことを期待する。

(支部企画委員・民谷 正, 2007年 11月14日 記)

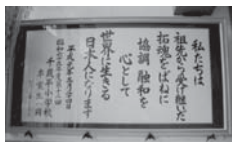


「拓魂」 六ヶ所村に暮らして

拓

2度目の青森県六ヶ所村での暮らしも、早いもので5年が過ぎた。八甲田山麓や奥入瀬溪流など5月の淡い新緑のぶな林には本当に心が癒される土地である。時折の温泉巡りそして山海の幸に恵まれ、ウナギ登りに上昇した血中の中性脂肪値を除けば、極めて快適に過ごしている。この課題のメタボリック対策というわけではないが、地元の千歳平小学校の子供達との楽しいサッカーも10年の歳月が過ぎた。その小学校の体育館の壁には、「拓魂」という文字と共に、「世界に生きる日本人」を宣言する卒業記念の言葉が掲げられている。平成元年のことである。

この地は、古人が魚を捕って暮らし始め、それを漁業として盛り上げ、農地を切り拓き、酪農を興し、一步一步生活の基盤を築き上げてきた。



村内には「拓跡」、「風雪百年」、「大地は尊し」などの石碑がこここにある。厳しい自然の中、辛苦にまみれ叡智を注ぎ大地を切り拓き、文化・文明を築き上げ、発展してきた。そのことの尊さを後世に伝えんとしたものであろう。

千歳平地区は南北に長い六ヶ所村の南方内陸部の高台に位置する。その住人はそれまでに切り拓き、やっと落ち着いて生活できるようになった土地を、国土総合開発の一つの「むつ小川原地域開発計画」に協力するために手放し、ここに新たに移住した人々である。そしてこの地に移っても、さらに前に進まんと「拓魂(フロンティア・スピリット)」を子供達に授け、壁に掲げた。

近代六ヶ所村は石油備蓄基地を受け入れ、輸入資源の国家リスク低減に貢献し、さらに原燃サイクル事業を受け入れ、国家エネルギー戦略の一翼を担う地となった。ここの人達の働きをなくして、日本を「原子力立国」と唱える者の輩出はなかったであろうと私は思っている。そして、今、六ヶ所村には44基の風車が林立し、その上さらに30基以上の建設が進められ、風力発電のメッカともなっている。社窓から望む吹越烏帽子岳の裾野には数日おきに風車の数が増えてくる。この地特有の強い西風は地吹雪を巻き上げ厳しい冬の生活を強いるが、それすら人類の生活に役立てようとあくなき挑戦が続く。エネルギーを直視した六ヶ所村の人々が掲げる「拓魂」。これを私は「みずみずしさ」と読みたい。

次は、風情溢れる札幌で過ごされている澤村貞史先生(北大名誉教授)にバトンをお渡しします。

宮川俊晴(日本原燃)

「怖くない放射線」

怖

原子力発電と原子爆弾の2つに、共通した「原子」の文字を使ってしまったことは、日本語の歴史上、最も大きな失敗だったと思う。例えば英語だと、Nuclear power generation と Atomic bomb は、別の単語を使っているし、中国語も「核電」と「原子弾」で別だと聞いた。日本ではその名前のせいで、実際以上に原子力発電と原子爆弾は似たものと思われており、原子力は怖いものと思われているのではないか。

「原子力」、「放射線」、「被曝」と続く恐怖感を持つ人が多いだろう。「原子力学会」も相当怖そうな研究をしている人たちの集まりと思われていることは、皆さんも経験上ご承知だろう。

さて、このうち、「放射線」という言葉のイメージを一新するスーパースターと私が密かに期待しているのが粒子線治療装置だ。メスを使わず、がん病巣だけを狙い撃ちできる治療装置で、患者さんの負担が少なく、社会復帰にも支障を来さない。この装置で使われる陽子線や重イオン線も、放射線の一種なのです、と説明すると、大抵の人に驚かれる。現在は国内で稼働しているもの、設計・建設中のもの合わせて10施設しかないが、今後この装置がもっと普及して、放射線という言葉がポジティブな意味で使われるようになってほしいと願っている。

現在、私はこうした自社の製品や技術力を多くの人に知っていただく仕事をしているが、報道を通じてこの装置の存在を知った人が、こういうものが実際にあるというだけで安心できるといってくださって、とてもうれしかった。

私もこの装置の説明を聞いたとき、すごいものを作ったものだと感じ、「私はがんになったら絶対粒子線治療を受ける!」と半ば興奮気味に宣言したのだが、ある医療関係者に「あなたは絶対がんにならないよ」といわれて、ちょっと意気をそがれた。さらに、その話を同僚にしたら、「明るい人はがんにならないっていうからね。周りの人ががんになるんですね」と笑っていた。確かに職場でいかに皆を笑わせるかに腐心している私だが、そのあまりのうるささがストレスになって同僚が思わないよう祈るばかりである。

西村純子(三菱電機)

時代のニーズに合った話題を丁寧に解説

タイムリーな記事が好評だった Web アンケート結果 8 月号

「原子力学会誌」8月号に対して寄せられた Web アンケートの結果をご紹介します。今回は137名の方から、回答がありました。

1. 高く評価された記事

Web アンケートでは、各記事の内容および書き方について、それぞれ5段階で評価していただいています。8月号で高く評価された記事について、「内容」、「書き方」に分けてそれぞれ上位4件をご紹介します。

第1表 「内容」の評価点の高かった記事(上位4件)

順位	記事の種類	タイトル	評点 (内容)
1	解説	我が国のカザフスタン向け原子力外交の本質と展望 —ウラン権益確保の裏に隠されたカザフスタンとの原子力協力の真の戦略性とは何か？	4.08
1	連載講座	高速炉型式の変遷	4.08
3	巻頭言	「科学技術と社会」関係再構築の時代に	3.88
4	時論	使用済燃料の管理に関する挑戦 —GNEP 閣僚級会合でのリードスピーチ	3.85

第2表 「書き方」の評価点の高かった記事(上位4件)

順位	記事の種類	タイトル	評点 (書き方)
1	巻頭言	「科学技術と社会」関係再構築の時代に	3.85
2	連載講座	高速炉型式の変遷	3.68
3	NEWS	NEWS 8月号	3.63
3	解説	我が国のカザフスタン向け原子力外交の本質と展望 —ウラン権益確保の裏に隠されたカザフスタンとの原子力協力の真の戦略性とは何か？	3.63

7月号につづき、高速炉の連載講座が好評です。巻頭言も、主張に共感する方が多かったようです。

2. 自由記入欄の代表的なコメント、要望等

(1) タイムリーな話題について、丁寧な解説があるの

で、原子力業界の動向を理解するうえで、非常に役立つ。

(2) 幅広い専門の読者に対応し、わかりやすく表現されている。読者に読ませるためには、今後もタイムリーな記事を選択することが大切だと思う。

(3) 米国原子力学会の Nuclear News のように、毎月コンセプトのはっきりしたテーマを掲げたら、さらに読みがいが出ると思う。

(4) 英語の略語は、極力、フルスペルを併記してほしい。

(5) 最近、学会誌が手元に届くのに時間がかかっているように思う。8月号なのに9月に入ってしばらくしてから届いた。何とかならないものか。行事紹介の一部の行事は、すでに終わってしまっていたものもある。

(6) 巻頭言に関して、技術と社会の問題を原子力という枠を取り払って再考してみる良いヒントとなった。

(7) カザフスタンの解説について、新聞等で報じられた内容がより総合的に理解できた。

(8) Web アンケート結果に関して、編集委員会からの回答がいつも不十分であると感じている。コメントに対しては、できるだけ誠実に答えてほしい。

3. 編集委員会からの回答

(1) 上記(5)のコメントに対して、8月号が特に遅延したのは、配送会社の移転の影響を受けたものですが、皆様にご迷惑をおかけしたことをお詫びいたします。すべての校正が完了してから、学会誌が読者の方に届くまでに要する日数は以下の通りです。

印刷所 : 約12日間

配送センター : 3~4日

郵便局 : 3日(特別割引料金適用のため)

今後の対策として、11,12月号を合併号として、来年1月号から、その月の月上旬に配送できるようにしました。また、行事予定に関しては、学会誌が読者の方に届く時期を考慮して、掲載月を決めていくようにいたします。(なお、前号の行事予定表と合わせてご覧いただき利用ください。)

(2) 上記(8)のコメントに対して、Web アンケートを

開始した初期の頃のコメントは、比較的容易に対応できるものが多かったのですが、回を重ねるごとにコメントや意見のレベルが高くなってきて、実作業に携わっているのはごく少数であり、内容によってはその対応について検討する時間も必要であり、すぐには対応できないものが多くなりました。そのため、誠実でないという印象を与えてしまったのではないかと推測しますが、このようなご意見は真摯に受け止めていきたいと思えます。

※9月号のWebアンケートにおきまして、システムの不具合により、一部の評価記事項目が欠落するという現象がありました。お詫びするとともに、今後はこのようなことのないように注意いたします。

学会誌ではこれからも、会員の皆様により質の高い情報を送りたいと考えております。記事に対する評価はもとより、さまざまな提案もぜひ、Webアンケートでお寄せ下さるようお願いいたします。



書評

欧州原子力と国民理解の深層 —賛否世論はいかに形成されるか

福澤義晴, B6判, 230 p. (2007.6), 郁朋社.
(価格1,575税込) ISBN 978-4873023847

本書の冒頭で著者はこう指摘する。「原子力反対の気運は、TMI(スリーマイル島)やチェルノブイリのような大事故の発生によって形成されたと考える人もいるかもしれないが、それは厳密には正しくない。TMI事故の発生より以前に、原子力発電反対の初期的な気運が国際世論として既に形成されていたからである。(1頁)」

この言葉からは、私も含め、原子力に携わっている人であれば、少なからず衝撃を受けることだろう。なぜならば、原子力反対の気運はTMI, チェルノブイリの二大事故によって作られた、と心のどこかで思い込んできたからである。著者によれば、初期的な原子力反対の気運が発生した原因は、第1次オイルショックのあと、政府主導のもと、原子力発電所の建設に邁進する電力会社の姿勢にあった。

本書は、大きく3部から構成される。第I部では、原子力という科学技術の成立とそこに起こったTMI, チェルノブイリという二大事故について歴史的流れを概観した後、原子力反対の初期的な気運の発生と、事故を契機としたこの気運

の発展のメカニズムを、人文・社会科学の視点から解説している。第II部では、欧州の代表的な大国であるドイツ、フランス、英国、イタリアにおいて、原子力反対の気運が、おのおのの国における社会や政治の構造変化と複雑にからみ合いながら、どのように展開し、そして現在の国民世論はどのようになっているのかを紹介している。

このような歴史的流れを踏まえて、第III部では、社会を構成する人々の心理が、社会や政治の構造変化から影響を受けてどのように変化してゆき、その結果として、原子力に対する賛成・反対といったような国民の理解に結びついていったのかを、丁寧に解説している。

論を展開してゆきながら、著者は述べる。「原子力のような巨大科学技術は社会の中に存在し、その国の社会構造とその変化の流れの中で成立している。(207頁)」、「このような科学技術と社会との関係を理解するためには、その科学技術の特徴的な中身の正確な理解と科学的な評価を前提に、人間は事物をどう理解するのかという人間の認知の特徴と、そのような人間が集まって構成される社会の中に現れる社会現象を分析する人文科学および社会科学の知識と方法論が必要とされる。(224頁)」これらの指摘と主張は、原子力に携わる者として、おのおのが正面から見据え、熟考し、取り組んでゆく責任があるだろう。(東大・木村 浩)



ジャーナリストの視点 Journalist's eyes

「原子力と社会のはざまで」

読売新聞 中島達雄

2007年7月16日に起きた新潟県中越沖地震で、東京電力の柏崎刈羽原子力発電所が被災した。変圧器の火災に始まり、想定外の大きな揺れの観測、微量の放射性物質の漏えいなど、マスメディアはその被災状況を大々的に報じ続けた。

原子力報道が大きさなのはいつものことだが、今回はちょっと度を超していたと思う。原因はいろいろある。一部メディアの暴走が他社の報道を引っ張ったこと、ほかに特段の大きなニュースがなかったこと、東京電力や経済産業省原子力安全・保安院の初期の対応がまずかったこと、などだ。

そして最も厄介なのは、こうした過剰報道が、さほど抵抗なく社会に受け入れられている事実だ。原子力関係者の価値観と一般市民の価値観が、大きく乖離している証拠だろう。この10年間ほど、原子力の事故やトラブルの取材をしてきたが、乖離がますます広がって、溝が深くなっているような気がしてならない。

中越沖地震は、参議院議員選挙公示の4日後に発生した。安倍首相と甘利経済産業相は地震当日に被災地を訪問し、東京電力から「外部への放射能の影響はない」との説明を受けた。ところが、夜になって、使用済み核燃料プールの水が日本海に流れ出ていたことが判明する。甘利経産相は、深夜にもかかわらず東京電力の勝俣社長を呼び付け、報道陣の前で謝罪させた。

冷静に考えれば、これは有権者向けのパフォーマンスだった。裏にはこういう計算があったはずだ。大臣が社長を呼んで注意すれば、マスメディアは大きく報じる。一般市民に対して、「国民の安全安心を守る頼もしい政府」をアピールできる。

本来、経産相と保安院は、設計用限界地震の想定が甘かったことを素直に認めたくえで、止める、冷やす、閉じこめるの3つの機能はなんとか保たれたこと、漏れた放射性物質はごく微量で影響は無視できることなどを、もっと強調するべきではなかったか。

結果的に経産相のパフォーマンスは票に結びつかず、参院選は自民党の惨敗だった。しかし、地震発生の翌日から数日間、柏崎市に滞在して取材をした印象では、原子力に対する地元の不安は日に日に高まっていったし、東京に戻ってからも「やっぱり原子力は怖い。安全だと言われても信用できない」という声をあちこちで聞いた。

「それはメディアの偏向報道のせいだ」と言われるかも知れない。確かにそれもあるだろう。責任逃れをす

るつもりはない。しかし、メディアの影響だけではなさそうだ、というのが私の実感である。

新聞社の内部でも、多くの社員が原子力に対して不信感を抱いている。もちろん、背景には、原子力事業者による度重なる隠ぺいや改ざんの歴史がある。マスメディアがわざと原子力の悪口を書いていると言うよりは、一般市民の感覚でニュースを作るところになってしまう、という感じだ。

ある新聞が一面トップで報じると、「ウチは何やってるんだ」となる。原子力担当記者が「漏れた放射性物質はごく微量です。健康や環境への影響はありません」などと反論しても、上司には聞き入れてもらえない。「漏れちゃいけないものが漏れたんだろ。おまえはいつから電力会社の広報になったんだ」と言われておしまいだ。こうしてどんどんニュースがおおげさになる。

数年前から原子力報道の特徴を分析し、そこから原子力関係者と一般市民の価値観の溝を埋める手段が見えてこないか、検討している。だが、今のところ、答えはそう簡単に見つかりそうにない。

人々は何をどう受け入れ、何をどう忌避するのか。この問題の根っこは、賞味期限切れ食品に対する過剰なバッシングや環境ホルモン騒ぎ、「発掘！あるある大事典」の捏造事件、「脳トレ」ブーム、スピリチュアルブームなどとも関係しているように思える。

最後に日本原子力学会にひとこと。2007年9月の「秋の大会」で中越沖地震についての報告会があり、一般参加も可能だったが、一般市民の疑問にはほとんど何も答えていなかったと思う。こういう所に価値観の違いがにじみ出る。もう少し工夫をお願いしたい。



中島達雄(なかじま・たつお)

読売新聞東京本社編集局科学部記者

1992年慶応義塾大学理工学部卒。読売新聞社入社後、浦和支局を経て1998年から科学部。JCO臨界事故、東京電力トラブル隠し、関西電力美浜3号機事故などを取材。2005年東大大学院工学系研究科原子力国際専攻に社会人入学、原子力報道の特徴について研究中。