

近藤原子力委員会委員長の海外出張報告

平成25年3月26日

1. 目的

国際原子力機関（IAEA）が主催する高速炉システム国際会議（FR13）に出席し、福島原発事故以降の我が国における高速炉研究開発戦略に関する発表を行うほか、当該分野の研究開発活動において協力関係にある米仏等の政府関係者や有識者と意見交換等を行う。

2. 主要日程

3月 3日（日） 東京発 → パリ着  
3月 4日（月） 高速炉システム国際会議（FR13）出席  
～7日（木）  
3月 7日（木） パリ発 →  
3月 8日（金） 東京着

3. 結果概要

（1）国際会議 FR13

FR13は、2009年にIAEAが主催し、日本政府がスポンサーとなって京都で開催されたFR09に続くもので、前回と同じくIAEAが主催し、フランス政府（代替エネルギー及び原子力庁(CEA)）がスポンサーとなり、フランス原子力学会の協力を得て開催された。登録参加者は34カ国から約700人、口頭発表論文数が378件、ポスター発表論文が187件で、FR09より規模の大きなものであった。

世界で現在稼働中の高速炉は、ロシアのBOR、BN-600、インドのFBTR、日本のJOYOとMONJU、中国のCEFRに限られる。しかしながら、インドで原型炉PBFR、ロシアでBN-800の建設が間もなく完了すること、フランスでは原型炉ASTRIDの概念設計活動が第二段階に入ったこと、韓国、中国、インドの各国で次に建設する実証炉の設計作業が進んでいること、ベルギーで加速器駆動の鉛ビスマス冷却炉MYRRHAのプロジェクトが承認されたこと、欧州における多国間協力でガス冷却炉ALLEGROや鉛冷却炉ALFRED、ロシアで鉛ビスマス冷却小型炉SVBR、鉛冷却炉BREST-300の設計研究が進んでいること、これらに関連しての原子炉技術や安全性、燃料・材料技術、核燃料サイクル技術、シミュレーション技術等の研究開発が着実に進展していることから、会

議における研究発表と議論は多方面で活発であった。

会議の冒頭に挨拶したビゴ-CEA 長官は以下のように述べた。

- 京都議定書があったにも関わらず、世界の CO2 排出量は 1990 年から 2009 年の間に 40%増加したが、この増加はなんとしても抑制しなければならない。このことから EC は 2020 年までに再生可能エネルギーのシェアを 20%上昇させ、CO2 排出量を 1990 年の 20%減に、エネルギー効率を 20%向上させるエネルギーロードマップ 2050 を 2012 年に公表したが、フランスはもっと大胆に、2050 年には原子力と再生可能エネルギーのみに依存する社会を目指すべきと考えている。
- 世界を見ると、福島事故にも関わらず約 60 基の原子力発電所の建設が進んでおり、今後とも国際社会において原子力発電規模は増大していく。原子力はいまやオプションではなく必要なものだ。高い水準の安全を求める国際基準に合致して設計、建設、運転される原子力発電所はオプションではない。そして、これにより持続可能性を追求するためには、核燃料サイクルを閉じることのできる第 4 世代の原子炉技術を実用化する必要がある。
- フランスでは今年、放射性廃棄物の深地層処分プロジェクト及びエネルギー転換に関する国民的討議を開始する。このエネルギー転換に関する討議に付される選択肢は 1) 最大の節約、2) 電化による化石燃料節約、3) 供給多様化による化石燃料依存度削減である。自分は多様化こそがエネルギー独立を保証できると考えるが、このためには原子炉技術と合わせて、再生可能エネルギーを使いこなすべく、その間欠供給特性を補完するエネルギー貯蔵技術、スマートグリッド技術が必要であり、CEA はこの開発利用の推進にも力を尽くしていく。

小生は、我が国の高速炉開発の考え方について説明することを求められたので、この機会を利用して以下を述べた。

- 2 年前の 3 月に地震と津波により東京電力福島第一発電所で過酷事故が発生し、広大な地域が放射性物質に汚染された結果、いまなお 16 万人の方が故郷を離れて将来に不安をいだきながら生活しておられる。国としてはこれらの方々にご帰還頂けるように除染の取組を進めているが、その際、誠に申し訳ないことに、作業に伴って発生する廃棄物の置き場を、被害を受けておられる皆様の土地に設置することをお願いせざるを得ず、ご理解を頂くのに時間が掛かっている。これまでに国際社会から暖かいご支援と連帯の表明をいただいたことまことにありがたく、深く感謝申し上げます。なお、福島製品の生産者や福島県の観光業者が風評被害に苦しんでおられるのは理不尽であり、

このことも含めて、引き続きご理解とご協力を賜りたい。

- 高速炉の研究開発活動のうち、2050年までに高速炉の実用化を目指す FaCT プロジェクトは3.11以後中断している。今後の取組の在り方は、原子力政策の一部として決定されるべきところ、これについては政府が改めて検討するとしたことから、未定である。が、我が国における原子力発電の規模は事故以前の水準から低下すると予想されるので、従来のように単独でこれの実用化を目指すのではなく、持続可能な原子力発電技術としてこれを開発していく国際社会の取組、特にそうした技術に相応しい安全性の実現や高速炉の特徴を生かして原子力発電から発生する放射性廃棄物の体積や発熱量の低減を目指す取組に、これまで培ってきた知識ベースや研究施設を含む研究開発力、産業界の設計能力を活用して貢献していくべきではと判断し、関係者にその方向で検討をお願いしている。

会議での議論を聴いていて、1) 第4世代国際フォーラムの取組が将来炉に相応しいと考えられる概念の検討という第一段階を終えて、それぞれの炉概念の実現可能性を高めるための取組を追求する第二段階が始まり、そのための実験炉等が具体的に検討され始めたこと、2) 安全設計の考え方が現実的になってきたこと、3) 金属燃料と化合物燃料はともに引き続き実用化が追求されていること、4) 使用済燃料の再処理技術では地層処分されるべき廃棄物の発熱量低減を目指し、マイナーアクチニドを燃料サイドに取り込む技術が水溶液プロセスにおいても特定され、これを実用化する際の課題の分析結果までがフランスから報告されたこと、が印象的であった。

このうち安全性については、2009年に原子力委員会は日本の高速炉研究開発グループに対して、21世紀中葉に実用化すべき原子炉は固有の安全特性に優れるべきこと、さらに、その頃にIAEAで開始された「新設炉は設計基準事故を超える事故についてその発生を防止する工夫やその影響を緩和する工夫を備えるべき」との議論はその方向で結論されるのが適切と判断して、これらのことを含む将来の高速炉の安全基準を国際社会で確立する作業をリードすることを提言した。今回の会議では、この取組が、福島事故の影響もあってであろうが、我が国のリードで、多くの国の賛同を得て前進し、具体的な基準が取りまとめられる方向にあることが確認できた。

また、これに対応して、実際に炉心内部に親物質層を、炉心出口にナトリウム層を設置して炉心のナトリウムボイド係数を小さくする取組や、設計基準事故対策が十分に機能しない状況 (design extension condition) における安全対策とこれに受動安全機能を採用する設計提案が種々報告されていた。さらに、「もんじゅ」における苦

労を世界が学んでと見るのは偏見かもしれないが、ナトリウム水反応に対する対策が安全確保に高い重要性を持つ課題として議論されていた。

一方、地層処分場におくる放射性廃棄物の毒性や体積の最小化に高速炉を用いる取組は、我が国においては当初より重要な開発課題とされてきたが、国際社会においては、従来はその必要性を巡って議論が多かった。しかし、今回の会議で、フランスの新型原型炉 ASTRID がこれを狙いのひとつに掲げ、廃棄物にいくアメリシウムを回収する機能を含む、水溶液を用いる再処理技術案を示し、これをブランケット燃料に加工して装荷する取組を示したことから、これが将来の高速炉システムの備えるべき必須の特性になる予感がした。これを燃焼させるだけでも廃棄体の発熱量が大幅に減少し、使用済み燃料の直接処分の場合に比べて処分場面積を大幅に（1/20？）に小さくでき、その社会的利益は経済性のみで計られるものではないとの関係者の発言から、原子力発電の持続可能性を高めようとする意思が感じられた。同時に、これが装荷されるのはそうした再処理能力が整備されてからのことであること、併せて示された各種予測計算から、これを実現した際には、世紀を超える長期にわたって、これらのインベントリーを抱える取組を安定的に追求していくことになるとの認識も重要に感じられた。

我が国としては、今後ともこうした基礎基盤的な分野で提案力を維持しつつ、人類が長期にわたって原子力発電のもたらす利益を享受するための取組に貢献するべきであろう。なお、次回のこの会議は2017年にロシアのセントペテルスベルグでロシアが主催して開催されることがアナウンスされた。

## （2）関係者との会談

会議の間には、各国の関係者と会談を持った。特に、米国エネルギー省のライオンズ次官補とは最近の両国の情勢や今後の日米原子力協力の進め方について、OECD 原子力機関のエチャバリ事務局長とは吉川 OECD 代表部大使を交えて双方の関心事について、時間を掛けて意見を交わした。

## 参考 会議で報告された各国の取組の概要

### 1. 中国

中国からは、2011年に臨界にした熱出力65MWのナトリウム冷却実験炉CEFRに関する研究開発の成果と、2015年までに概念設計を終える予定で開始されている60万KWクラスの実証炉CFR-600及び関連する燃料サイクルに関する研究開発が報告された。同国では、2050年には人口が15億人、国民が1人当たり石炭換算で3.5トン/年のエネルギーを使用すると予想。所要発電量の4分の1を原子力発電でまかなうとすれば、約4億KWの発電設備が必要になるとしている。この規模の原子力発電を運営するにはウランの確保が難しい場合には、増殖比の大きな高速増殖炉を2億KW、ウランが確保できる場合でも、廃棄物減容を目的とする高速炉を7千万KW程度有しているのが合理的と考えて、上述の実証炉を2023年には運開し、2030年にはこれを実用化段階に移行させたいとしている。また、このために必要な燃料サイクルに関しては、現在、パイロット規模の再処理工場を稼働させ、それを踏まえてMOX燃料サイクルと金属燃料サイクルの両方を並行して研究開発を行なっている。なお、CEFRでは、日本の常陽が休止中で世界的に高速中性子照射場が限られていることもあって、早くも様々な国際協力が進行しつつある。

また、この路線とは別に、中国科学アカデミー傘下の組織が加速器駆動原子炉の実現を目指して鉛冷却の高速炉の研究を開始した。このチームはベルギーのMYRRHA計画と交流しており、この計画に追いつくことを意識したアグレッシブなロードマップを提示していた。その用途に、MYRRHA炉が医療用のアイソトープ生産を掲げているのに対し、核融合炉用のトリチウム生産を掲げていることが興味を引いた。

### 2. インド

インドは従来から、国内にウラン資源は乏しいがトリウム資源は豊富であることから、展望される急速に増大するエネルギー需要に応える役割の一翼を原子力に担わせたいと努力してきた。当初軽水炉を導入したものの、NPTに加盟しないことを決定し、核実験を行なってからは国際協力が得られないこと、国内に産するウラン資源が限られることから、その後は重水炉を開発利用してきた。しかし、これらの原子炉の稼働率は利用可能なウラン量に左右される状況が続いており、この状況を打開することが絶えずインド政府の重要な政治課題になってきた。インドが米国との間で原子力協定を締結してNSG規制適用の例外化を勝ち取ったのは、この課題解決に向けた取組の一環である。最近になり、急速なエネルギー需要の伸びに対応するためには大型軽水炉の導入が不可欠と判断してロシアからこれを導入した。関係者は、中国と同様、2050

年段階には電力の 25%を原子力で賄うべく 10 億 KW 規模の原子力発電施設を整備したいとしているが、政府部内の意見は多様である。高速増殖炉に関してはすでに 20 年の運転経験がある 40MWt の高速実験炉 FBTR につづく 50 万 KWe の高速原型炉 PFBR の建設を進めており、これが来年には臨界になる予定である。関係者はその後、この設計の改良版を 2 基建設して技術を実用技術として安定化させるとし、すでに設計を開始しつつある。燃料サイクル技術の開発にも力を入れており、PBFR には中空ペレットを用いた酸化物燃料を用いることとし、すでに FBTR で 112GWd/t までの照射実績があるとしている。増殖性能を追求するため、ナトリウムボンドの金属燃料 (U-Pu 二元合金) の開発にも力を入れており、いずれ、まず FBTR をこれで運転し、次に 120MWe の実験炉を建設したいとしている。多くのセッションで世界の情報を良くこなした上で、堅実さと創造力を感じさせる優れた研究発表を行っていた。

### 3. ロシア

現状は原子力発電は 24GW の設備で、電力の 17% (北西部では 42%) を発生している。2030 年には倍増、2050 年には 4 乃至 5 倍の発電規模を目指すべきとの提案がある。しかし、2050 年のこの予測を実現するためには、使用済燃料の蓄積など解決しなければならない課題が多く、これを克服しなければ、原子力はオプションであって、必須という扱いはされないであろう。そこで、今後の原子力発電技術は” natural safety” criteria を満足するべきと考えている。これは 1) 住民移転が必要になる事故の排除、2) ウランの効率的利用、3) 廃棄物量を制限できるマルチサイクルの実現、4) 核不拡散性の高い技術、5) 経済性の確保 である。これを満たすのは高速炉と MA リサイクルが可能な燃料サイクルと考える。高速炉については、現在はナトリウム冷却炉 BN-600 を運転中で、BN-800 を建設中 (2014 年運開)、重金属冷却炉として多目的研究炉 MBIR、Pb-Bi 冷却実験炉 SVBR-100 を 2017 年に、BREST-300 を 2020 年に運転開始させることを目標に検討中。本命は BREST と思っている。再処理技術はピュレックス法で実務を行っているが、窒化物、金属燃料についてはまだ実験室レベルである。