

## 大庭原子力委員会委員の海外出張報告

平成22年7月6日

### 1. 目的

スイス グリムゼルテストサイトを訪問し、放射性廃棄物処分研究の現状と課題について意見交換を行うとともに、フランス CEA カダラッシュ研究所、ヴァルロー研究所において、フランスにおける原子力研究開発に関する意見交換を行う。また、フラマンヴィル発電所3号機として建設中のEPR及びラ・アーグ再処理工場を視察し、パリにおいて原子力政策担当者とフランスにおける原子力発電の現状と今後についての意見交換を行う。

### 2. 日程

6月13日(日)	成田発 → チューリッヒ着
14日(月)	グリムゼルテストサイト視察 チューリッヒ発 → マルセイユ着
15日(火)	CEA カダラッシュ研究所視察
16日(水)	CEA ヴァルロー研究所視察 アヴィニヨン → パリ
17日(木)	原子力政策関係者との意見交換 パリ → シェルブール
18日(金)	フラマンヴィル建設サイト及びラ・アーグ再処理工場視察 シェルブール → パリ
19日(土)	パリ発 →
20日(日)	成田着

### 3. 報告

#### 3-1 グリムゼルテストサイト (GTS: The Grimsel Test Site・スイス)

GTSは、放射性廃棄物管理組合(Nagra)により1984年に設置された。研究サイトは結晶質岩で構成される硬岩層にあり、豎置及び横置配置それぞれの試験が行われている。GTSでは、研究サイトの視察を行うとともに、スイスにおける廃棄物処分研究及び廃棄物処分を含む原子力の現状と課題について、Director of International Service and ProjectsのDr. Stratis VomvorisとGTSのProject Manager GeosciencesであるDr. Andrew James Martinとの意見交換を行った。

GTS の設置は、最終処分の候補地とはしないことが前提となっている。また、放射性物質をトレーサーとして使う試験を行っているが、当初は住民から反対を受けたものの、説明を丁寧に行ってきた結果、現在は大きな反対や不安の声は少なくなっており、地元との関係は比較的良好であると考えられる。

GTS における研究開発は、日本、韓国、欧州各国などの 10 か国及び EC が研究プログラムに参画して共同で実施されており、経済性とともによれたノウハウが共有できるメリットがある一方、国毎に異なる処分概念に対応した試験の計画立案や手続きが煩雑になるなど、多国間の調整作業に課題がある。GTS での試験は、全体の 25 年間で 6 フェーズに分けて計画され、これまでに実験手法の確立、岩盤自体の性質の評価、放射性核種の移行・透過プロセスの検証などが行われてきた。現在は第 4 フェーズにあり、核種移行挙動、モニタリング技術の開発、人工バリアに関する試験等が行われている。埋設廃棄物の回収可能性については、アクセス坑道を埋め戻すまでの数十年間程度は可能であるとしている。後継者となる若手研究者の育成について、ベルン大学と協力して修士課程の学生の GTS での試験を支援しているが、Nagra への就職にはなかなか結びついていない、とのことである。

スイスでは、現在、5 基の原子力発電所が稼働しており、全発電電力量の 40%を原子力が占めるとともに、水力発電が全体の 58%を賄っている。温室効果ガスの低減で今後最も有効なのは原子力と見られており、再生可能エネルギーを飛躍的に増やしていくことは、スイスでは現実的ではないと考えられている。

低・中レベル放射性廃棄物 (L/ILW: Low- and Intermediate- Level Waste) 及び高レベル放射性廃棄物 (HLW: High Level Waste) の処分について、スイスでは 2008 年に政府が独自の処分場選定プロセスを採択しており、以下の 3 段階のステージで選定作業を進めることとなっている。

ステージ 1 Nagra が複数の候補地域を選定・調査し、政府が承認した上で国民の意見を聞きつつ、2 箇所の候補地域を選定。このステージでは純粋に技術的・地層学的な側面からの地域選定となる。

ステージ 2 Nagra が L/ILW 及び HLW 処分施設を建設するサイトの候補地をそれぞれ最低 2 箇所、候補地域内で選定。このステージでは、社会的経済的要因、環境への負荷も加味しての包括的な判断に基づき、サイト候補地の選定を行う。

ステージ 3 政府が L/ILW 及び HLW 処分施設を選定し、認可手続きに入る。

現在は、Nagra の提示した 6 ヶ所の候補地域が妥当であるとの評価が行われ、本年夏頃より候補地域に関する国民へのヒアリングが実施される。2011 年の中旬には、ステージ 1 に

関する政府の判断が行われる予定となっており、2014年月中旬には、ステージ2のL/ILW処分施設2箇所及びHLW処分施設2箇所を選定する予定となっている。最終的な認可手続きは、2016～2018年頃に開始される予定である。

### 3-2 CEA カダラッシュ研究所

カダラッシュ研究所は、CEAが運営する9箇所の研究施設の1つであり、CEAの研究設備の半数が設置され、主として核分裂炉及び核融合に関する研究が行われている。カダラッシュ研究所では、Tore Supra、ジュール・ホロヴィッツ炉（JHR: The Jules Horowitz Reactor）、CABRI実験施設、ITER機構の視察を行うとともに、研究者と意見交換を行った。

#### (1) Tore Supra

Tore Supraでは、Institute for Magnetic Fusion ResearchのDeputy Head of InstituteであるBarnard Saoutic氏から説明を受けた後、同氏との意見交換を行った。Tore Supraは、1988年より稼働する欧州を代表するトカマク型プラズマ実験装置である。長時間のプラズマ保持を狙う設計となっており、6分間以上のプラズマ保持時間の記録を持つ。第一壁には、アクティブ冷却設備が設置されており、10MW/m<sup>2</sup>の熱回収が可能であるとしている。また、トロイダル磁場コイルにはNbTi合金製素線の超伝導コイルが採用されており、運転時は1.8ケルビンの超流動状態の液体ヘリウムで冷却される。なお、ITERにはTore Supraとは異なる方式の超伝導トロイダル磁場コイル（Nb<sub>3</sub>Sn合金製素線）が採用されており、日本が製作を担当している。事前に視察を行った日本のJT-60SAでは、両方式ともに採用され、欧州及び日本が製作を担当する。

欧州の核融合研究はEURATOMが中心となって実施されているが、EURATOMの核融合研究予算の45%がTore Supraに配算されており、Tore Supraの運営費の80%を占めている。この他、イタリアでは磁場によるプラズマの閉じ込めについて、ドイツでは第一壁とプラズマとの相互作用について、英国では、JET（The Joint European Torus）装置を用いた研究がEURATOMのプログラムとして実施されている。

#### (2) ジュール・ホロヴィッツ炉（JHR）

JHRでは、JHRプロジェクトのDeputy Project ManagerであるYves Belpomo氏からの説明を受け、意見交換を行った。Belpomo氏によれば、JHRは、燃料・材料の照射試験及びアイソトープ製造を行うことを目的とした熱出力100MWの研究炉であり、1966年に初臨界を迎えたOSIRIS炉（CEAサクレー研究所に設置）の代替として計画されたとのことである。施設は原子炉建家（RB: Reactor Building）及び補助建家（NAB: Nuclear Auxiliary Building）から構成され、それぞれが免震構造を有する。RB及びホットセルを設置したNABは水路によって接続され、原子炉で照射された試料は、水路を介して、NAB

内のホットセルへ搬送される。

建設は、昨年 first concrete が打設され、約 10 日前に免震装置上に RB 建家及び NAB 建家のマットコンクリートの打設が行われたところであった。施設の建設資金は、CEA、EdF、AREVA 及びフランス内外のコンソーシアム（JHR の建設資金を直接投資している機関・企業）より提供を受けるとともに、医療用アイソトープの製造が目的の一つとなっているためフランスの特別大型国債を利用することができ、ほぼ調達の見込みが立っている。建設のスケジュールに関しては、装置の物納を予定している一部のコンソーシアムから、経済危機の影響による納品の遅れが示唆され、2014 年の運転開始に向け、若干の遅れが生じる可能性が懸念されていた。JHR 建設への協力については、コンソーシアムとともに、計画を支援する、関連パートナー（Associate Partner）があり、日本では日本原子力研究開発機構が関連パートナーとなっている。

医療用アイソトープの製造については、モリブデン-99 の世界的な供給不足が課題となっているが、JHR が稼動すれば欧州での需要の 50%は JHR より供給が可能となる。医療用アイソトープの製造に注力することで予算の安定確保が見込めるものの、JHR は第 II 世代から第 IV 世代原子炉に関する燃料・材料試験を主なミッションとしており、燃料・材料試験を優先した設計となっている。なお、現在は OSIRIS 炉でモリブデン-99 を製造しているが、JHR が稼動後は、老朽化のため OSIRIS 炉は廃炉とする計画である。

運転時の人員については、原子炉の運転及び保守管理に 60~100 名程度の技術者が必要となる。また、コンソーシアム及び関連パートナーからの研究者を含め、約 100 名程度の研究者が常駐できる体制となっている。試験については、研究者自身が直接 JHR で試験を行うほか、委託により JHR を訪れずに試験を行う方法も検討されている。

### (3) CABRI（過渡出力時燃料挙動研究炉）

CABRI では、IRSN（フランス放射線防護・原子力安全研究所）の Major Accident Prevention Division の Division Director である Jean-Claude Micaelli 氏らから説明を受けつつ視察を行うとともに、意見交換を行った。CABRI は ASN（フランス原子力安全機関）傘下の IRSN が運営する、熱出力 25MW のスイミングプール型原子炉であり、1963 年より運用されている。当初は高速炉燃料の事故時の過渡挙動に関する試験を行うため、ナトリウムループが炉中央に設置されており、1970 年代には仮想的炉心崩壊事故に関する国際共同実験等が行われていた。2002 年以降、スーパーフェニックスの閉鎖に伴いナトリウムループを撤去し、現在は、新たに設置された高温高圧水ループを用いて PWR の安全性試験研究に利用されている。PWR の安全性研究に関する国際プログラムには、OECD を中心に日本を含む 12 カ国が参加している。また、現在検討が進められている第 IV 世代原子炉のためのデータ取得についても、議論が行われているとのことである。

本施設で取得したデータは、予算を多く拠出する ASN だけでなく、CEA や EdF などの産業界にも広く提供されている。推進側と規制側の独立性については、IRSN は試験結果の

みを提供し、データをそれぞれの機関が独自に解釈することで担保している。実際に、データの解釈が推進側と規制側で異なる事例も見られているとのことであった。

#### (4) ITER 機構

ITER は平和目的のための核融合エネルギーの科学的及び技術的な実現可能性を実証することを目的とした国際共同プロジェクトであり、EURATOM、日本、中国、インド、韓国、ロシアおよび米国が参加している。装置は参加極が調達した構成機器により製作され、カダラッシュに用意された幅 400m 長さ 1000m の敷地内に設置する予定となっている。現在は敷地の整地作業が行われている。

今回は、ITER 機構 Deputy Director General の Carlos Alejandre 氏の案内により建設予定地の視察を行った後、概要説明を受けるとともに、意見交換を行った。ITER の基本設計はベースライン文書に取り纏められており、現在は参加極間での文書の合意に向けた調整作業が行われている。装置の建設は、ベースライン文書の合意を前提に、今秋開催される公聴会の後に開始されることとなっている。

ITER を設置するカダラッシュは地震がほとんど発生しない地域だが、ITER については、耐震性が考慮された設計が採用されている。物納される構成部品は、人口密度の少ない地域を選定し、陸上を運搬する計画である。その際の運搬費用については、すべてホスト国である EU が負担することで合意されている。最新の予算見積では、EU は総額で 72 億ユーロを負担することになっており、このうちの 20%をフランスが、80%を EURATOM が拠出することになっている。しかしながら、現時点で、追加財政措置について EU からの承認が留保されており、7月に開催される欧州競争力理事会における追加予算措置承認の判断を受けて、7月末に改めて臨時 ITER 理事会を開催し、方針を決定する予定である。

#### 3-3 CEA ヴァルロー研究所

ヴァルロー研究所では、燃料サイクル・廃棄物を中心に研究開発が行われている。2005年より、一般への情報提供を目的とした施設 VISIATOME を開設し、教育関係者と連携して科学の授業を行うなど、国民への理解促進に努めている。特に、廃棄物に関する研究の現状・成果を地域住民に知らせていくことが、施設の主目的の一つとなっている。

VISIATOME の広報担当である Joel Boher 氏の説明によれば、ヴァルロー研究所は、(1) 活動・事業を着実かつ安全に推進し、問題を起こさないこと、(2) 事故等についてリアルタイムで情報を発信するとともに、平常時においても適切に情報提供を行っていくこと、の二点を特に配慮した運営を行っているとのことである。また、環境についても特に留意しており、近隣のローヌ川の上流・下流および地中海の抜き取りサンプルを一年間で 35,000カ所行い、検査結果はインターネットを通じて公表している。さらに、ヴァルロー研究所とは独立に政府が同様の検査を行っており、二重のチェック体制が取られている。州に属する地域情報委員会 CLI に対しても適宜情報提供を行っているとのことであった。

VISIATOME での意見交換の後、核種分離研究施設 ATLANTE の視察を行った。ATLANTE は、17 のラボと 7 つのセルから構成される研究施設であり、200 名の研究者と 70 名の支援スタッフを擁している。ラ・アーク再処理工場における処理工程の最適化の研究、高燃焼度 UOX、MOX、研究炉燃料の再処理に関する実証試験、ウラン・プルトニウムを単離せず共抽出する抽出法（COEX 法）に関する研究などが行われている。また、将来技術としてウラン、プルトニウムのマルチリサイクルやマイナーアクチノイドを含む核燃料サイクルに関する研究が行われており、発電用燃料に均質にマイナーアクチノイドを分散した燃料や、マイナーアクチノイドをターゲットとする燃料の研究などが実施されている。旧 GNEP の枠組みの中で計画されていた、日仏米共同の GACID 計画で使用するマイナーアクチノイド含有燃料の製造に関する開発も、ATLANTE で実施されている。

今回は、マイナーアクチノイドの抽出剤の分析を行っているラボ（LN-1）及びラ・アーク再処理工場の処理行程を小型化した行程研究セル（CBP）を視察した。CBP での試験では、一般的に 1 つの試験プログラムに対して準備期間 3 ヶ月、試験 1 週間、分析作業に 3 ～ 6 ヶ月を要し、年に 3 ～ 4 のプログラムが実施されている。最近では、マイナーアクチノイドであるアメリシウム（Am）の分離に関する試験が行われている。

### 3-4 原子力政策関係者との意見交換

17 日には、パリにおいて原子力政策関係者との意見交換を行った。

#### (1) エコロジー・エネルギー省

エコロジー・エネルギー省の気候エネルギー総局原子力課長である Thomas Branche 氏とフランスのエネルギー政策について意見交換を行った。

EU 全体のエネルギー政策を定めた SET-Plan に CO<sub>2</sub> 削減への原子力の役割が明記された背景は、現在のエネルギー状況、温暖化問題の現実から不可避であるとの判断に基づくものであった。一方、再生可能エネルギーに注力した背景については、原子力か再生可能エネルギーかという選択より、省エネ、需要の制御への取り組みとともに、フランスのエネルギーの独立性のため、発電方法の多様化を狙う意図があったとのことである。

また、原子力の CDM への組み込みについては、3 月に行われた「民生原子力利用に関する国際会議」におけるサルコジ大統領の演説が議論を始める第一歩となったこと、今後、世界銀行や IMF に対して原子力を予算化するよう働きかけを行っていくことが言及された。ただし、原子力の CDM への組み込みには、EU 内でも数カ国（オーストリア、アイルランド、ドイツ）から否定的な意見が出されているとのことである。

原子力の国際展開については、EPR がフィンランド、中国で建設されており、英国、米国、イタリアでそれぞれ交渉が進められている。他にも、入札のオファーが AREVA に来ている状況である。なお、政府内には、輸出戦略を立案する組織が置かれているとのことであった。

使用済 MOX 燃料の再処理については、ラ・アーク再処理工場で数回実施し、UOX 燃料

よりやや困難ではあったが、成功した実績を有する。ただし、再処理したプルトニウムのマルチサイクルが困難であることから、第 IV 世代原子炉で利用することとし、現在は再処理は行っていない。また、海外の使用済 MOX 燃料の再処理の受入れについても、同様の課題があると考えているとのことである。

最終処分場の選定については、ANDRA によりビュール地下研究所周辺 250km<sup>2</sup> から 30km<sup>2</sup> に絞られたところである。この 30 km<sup>2</sup> の範囲内には、4 つのコミュニティーがあり、反対を表明している首長がいるものの、地域からは合意が得られている。今後、2013 年に公開討論会を実施し、関連する地方自治体から公式見解を聞く予定となっている。

## (2) CEA/サクレー (本部)

CEA における研究開発について、Nuclear energy division の Deputy for International Strategy である Dominique Ochem 氏、International Affairs Division の中国・日本・韓国・オーストラリアの Area manager である Patrick Blanc-Tranchant 氏、人材育成について Director of Nuclear Education and Training である Claude Guet 博士と意見交換を行った。

本出張の直前に、仏国とロスアトムとの間で高速炉と燃料サイクル分野での協力協定が締結されたとの報道があったが、ロスアトムとは元々協定が存在し、今回はその更新を行ったものとのことであった。個別の課題については、協議を進めているところである。また、日印原子力協定への働きかけの報道については、仏印、米印で協定があるのになぜ日印間で同様の協定が締結されていないのか、との考えが示されたものであり、圧力などを掛ける意図は無かったものと思われるとのことであった。なお、フランスの原子力の国際展開の戦略については、政府内に原子力政策評議会 (CPN) という国際展開を議論する場がある。原子力政策で決定する場としては、所管省庁や産業界もメンバーとなっている原子力エネルギー委員会が必要に応じ開催されるとのことであった。

日本の FaCT に関して、FBR については日本とフランスは類似の戦略を持っているため、フランスも研究協力を継続して行きたいと考えており、もんじゅでの照射についても期待しているとのことであった。また、実用化に向けたスケジュールも類似しているため、ナトリウム冷却高速炉のプロトタイプである ASTRID に関する設計、コンポーネントの共有や、燃料工場の共有等の協力について、JAEA と話し合いが検討されている。なお、ASTRID については、2012 年に行う決定で建設が認められる可能性があるが、現在は様々なオプションを分析している段階である。

使用済 MOX 燃料の再処理に関しては、取り出されたプルトニウムは軽水炉では利用せず、高速炉で利用することとしている。高速炉サイクルは、核燃料物質の有効利用のために燃料再処理に対する依存度が軽水炉サイクルより高くなるため、信頼度の高い再処理が必要になってくると考えている。

原子力の人材育成に関して、2008 年に原子力工学の修士号を有するエンジニアの雇用需

要について調査を行ったところ、1,200名の卒業生が必要とのことであった。それに加え、各国からの教育の要請もある。実際に修士を採用したのは300名であり、遠隔教育を含めた原子力の高等教育の強化を行うことで、今年は900名が卒業予定である。またパリ11大学、パリテックなどを母体とし、原子力エネルギーインターナショナルマスターを創設した。このコースは、2009年9月から92名（うち半数が外国人）で開始した。このコースは、予算、内容、教師の派遣などに関して、産業界の関わりが深い。講義はすべて英語で行われる。また、前述のサルコジ大統領の演説で触れられていたサクレー国際大学は、学院とインターナショナルマスターからなる研究学園を作るという構想である。これは、フランスにおける原子力教育の玄関口となることが想定されている。頭脳流出の問題については、この取組みは幅広く外国人をも受け入れ、かつそれらの人々の一部がフランスに残るケースも考えられることから、人材・頭脳取得の機会でもあると考えている。

### 3-5 EdF フラマンヴィル発電所3号機建設現場

フラマンヴィル発電所サイトでは、概要説明を受け、意見交換を行った後、建設現場の視察を行った。発電所は、崖に作られたオフショア・プラットフォームのサイトであり、防波堤で周囲を囲まれた内側に4基の原子炉を建設出来る余裕を持ち、1300MWe級の1、2号機が稼働するとともに、2013年の商業運転開始を目指して国内第一号のEPRとなる3号機の建設が進められている。電気出力は1650MWであり、航空機の衝突にも耐えるよう、格納容器には鋼製のレイヤーが追加されている。EdFでは発電炉の標準化を進めており、EPRもシリーズ化することでコストと建設スケジュールの効率化を図っている。EPRの設計寿命は60年とされており、従来炉の40年より大幅に延長されている。

建設は、タービン建屋の外観がほぼ完成しているほか、原子炉格納容器、安全系建屋、燃料建屋等の建設が進められていた。建設工程は、約6か月程度の遅れが生じている。遅れの原因は、格納容器床面に敷設する金属ライナーの溶接等によるものとのことである。

### 3-6 AREVA ラ・アーク再処理工場

ラ・アーク再処理工場では、AREVA社のDeputy DirectorであるRoland Jacqjet氏から概要説明を受け、意見交換を行った後、施設の視察を行った。ラ・アーク再処理工場は、敷地面積3,000ヘクタールの中にUP2-800及びUP3と呼ばれる2つの再処理施設を有している。処理能力の合計は1,700tUだが、最近の年間処理量は1,100tU前後となっている。累計処理量は、21,000tUに達する。

前述のように、使用済MOX燃料の再処理実績は有するものの、この使用済MOX燃料はドイツの電気事業者のもので、事業者の判断により行ったものであった。再処理事業の結果はCEAに提供しているが、現在フランスが使用済MOX燃料を貯蔵することとしているのは、この事業の成果を受けてのものではなく、プルトニウムを第IV世代原子炉で利用するという考え方によるものである。



再処理工場では、Back-End Business Group 中の Strategy and International Projects の Business Director である Patrick De Poulpique 氏らとの案内により、乾式燃料取り出し施設、燃料貯蔵プール、UP3 のガラス固化施設、中央制御室を視察した。乾式燃料取り出し施設では、キャスクからの燃料の取り出しから貯蔵用バスケットへの収納まで全てセル内において遠隔操作で行われる。また、移送を乾式で行うことで、廃液の削減、キャスク外面の汚染防止等の利点があるとのことであった。施設の使用済燃料貯蔵プールは4基あり、全体で 18,000tU の燃料が貯蔵能力を有している。英国セラフィールドの再処理工場同様、処理能力に対して十分な貯蔵能力を有していることが特徴的であった。

以 上