

第3回高速増殖炉に関する日仏専門家会合の結果について

平成11年4月23日
科学技術庁原子力局

1. 日時、場所 平成11年4月15日
科学技術庁 特別会議室

2. 出席者 別紙参照

3. 議事概要

(1) オープニング

森口課長より開会宣言がなされ、議事次第の承認後、バレ局長より6月から後任として同席しているトゥールニョル・ド・クロ氏が就任し本会議の代表を務めることの紹介があった。

続いて、森口課長より、高レベル放射性廃棄物ガラス固化体が青森県に無事到着したこと、今後、長期計画見直しの本格的な検討作業に入り、これには高速増殖炉の研究開発は大きなテーマとして取り上げられること及び仏国との共同研究の成果を最大限活用したい旨、円卓会議、サイクル機構の中長期事業計画、米国との協力、プルサーマル計画の進展についての発言があった。

バレ局長は日本のプルサーマル計画の進展に満足の意を示し、続いて、仏政府がスーパーフェニックス閉鎖の再確認と同時に原子力発電及び高速炉の重要性が再確認された（フェニックスの再運転許可、4基の原発におけるあらゆるプルトニウム濃度のプルサーマル燃料での運転許可）こと、高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する研究を行う地下研究所の選定、ドイツ政権交代による仏への影響、欧州内での電力市場の公開などの発言があった。

(2) 研究開発の現状

サイクル機構・相澤理事より中長期事業計画のうち高速増殖炉及び関連燃料サイクルの研究開発の進め方について、ルクレール高速炉計画担当官より仏における高速炉研究開発の状況について説明があった。仏側の主な発言及び発表内容は次のとおり。

- ①仏としては、サイクル機構が今後、国内外の研究者、技術者を集めた国際的な研究開発の中核と位置づける大洗工学センターに技術者を送るなど積極的に協力していきたい。
- ②「フェニックス」は2004年まで運転され、MA及び長寿命核分裂生成物の消滅などの研究を計画している。
- ③仏は、今後、ナトリウム冷却炉以外の代替オプション（He冷却炉、Pb冷却炉、Pb-Bi冷却炉、超臨界圧水冷却炉など）の検討などの基礎研究を従来より重視することとしている。
- ④サイクル機構の「常陽」MK-III炉心での運転、「もんじゅ」の運転再開とこれらの炉を利用していくことは、2004年以降の仏国の高速炉の研究開発の継続にとって不可欠である。

（3）長期に亘る高速増殖炉に関する協力について

長期に亘る日仏高速増殖炉に関する協力についてパレ局長が作成した文案に基づき議論し、その結果を取りまとめ、近く両国関係機関の署名を得ることとなった。（別紙参照）

この文書は、高速増殖炉のもつ特質を活かした研究開発を、お互いの認識の一致のもと共同で進めるために作成したものである。この協力は、特に、日仏両国の経験、知識並びに「常陽」、「もんじゅ」、「フェニックス」等の日仏両国の研究開発及び工学施設を十分活用することとしている。

（4）共同研究の進捗状況報告

日本側の各研究担当者より、共同研究の検討状況（目的、ワークスコープ、スケジュール等）について説明がなされ、意見交換が行われた。

（5）協定について

①協力の枠組み

共同研究を進めるにあたって、当面はサイクル機構－CEAの先進技術協力協定をベースに行うことで関係各機関とも異存のないことを再確認した。

②枠組みの運用について（中長期的視点）

サイクル機構－CEA間の枠組みを利用していくことについて、電中研はCEAと新たに協定を結ぶことも考えていること、原研は現在CEAとの間に持っている協定には高速増殖炉に関するものは入っていないので、サイクル機構－CEAの枠組みの中で研究を進めるが、今後、両機関の大型装置を利用するときなどは、既存の原研－CEAの協定の中身を変えることで対応

すること、原電は今後、高速増殖炉研究開発分野におけるサイクル機構との協力を強化しようとしており、サイクル機構－CEAの枠組みの中で研究を進めることで問題ないことなどサイクル機構以外の各機関から中長期的視点にたった意見が示された。

(6) ロシアとの協力について

第2回会合において、ロシアとの協力は当面、日露、仏露の二国間で進め、状況を見ながら三国間で協力するという事で合意したが、この認識は変わらないことが確認された。

また、バレ局長より、現在の三国間の状況を踏まえ、次の二つの専門家間の会合が提案され、これを検討すべく両国の担当者をそれぞれ指名した。

①運転技術者の情報交換会議

②ナトリウム技術の安全性の改善に関する会議

(7) 次回会合

第4回会合は、今年秋にフランスで開催することで合意した。

要約

1. 工業国の中でフランスと日本は、極端に化石エネルギー資源を欠いている。この25年間で両国は、省エネルギーを促進するとともに、エネルギー供給を多様化して輸入化石エネルギー源への依存度を減少させるために原子力を開発してきた。
2. 原子力は、現在日本のエネルギー供給の12%を、フランスでは約30%を占めている。日本のABWRとフランスのN4は、今日稼働中の原子力プラントの中で最新型のものである。両国は、原子力をエネルギーセキュリティと資金及び雇用のバランスに対して好影響を与える、信頼性のある、安全かつ競争力があるものと考えている。さらに、原子力プラントは、SO₂、NO_xを放出せず、浮遊煤も無く、温室効果ガスも発生させない。
3. 一方、原子力は、特に、高レベル廃棄物や長寿命放射性廃棄物の処分に関して、社会的受容性の問題に直面している。
4. 天然ウランの全エネルギー含有量のたった1%しか利用していない現在の軽水炉技術では、適正価格で利用可能な世界のウラン資源で、長期に亘り全世界における原子力開発を支えることはできない。軽水炉技術は、ウラン資源と従来の石油資源をほぼ同等とする技術である。
5. 原子力が世界のエネルギー需要のかなりの部分に長期に亘って持続的に供給するためには、ウランが有する全エネルギーを利用し、さらには同位体濃縮過程の派生物として軽水炉によって残された劣化ウランを燃やすことさえも中性子バランスで可能とする高速増殖炉の開発及び利用が、将来のある時期に必要となるであろう。
6. 高速増殖炉は、高次ブルトニウムを燃やすことができる。
7. さらに、もし廃棄物管理の基本的考え方の一部として高速増殖炉の運転が取り入れられたとしたら、高速増殖炉は、はるかに高い中性子束によって長寿命放射性廃棄物をより効率的に核変換させることができるであろう。
8. 高速増殖炉は、今日、経済的に競争力が無く、主要な目標達成には長期間を要する。従って、高速増殖炉の研究開発は、幅広く、開放的で、柔軟でなければならない。
9. このような将来展望から、フランスと日本は、両国の相補的なノウハウ、経験及び施設を十分利用して、高速増殖炉の研究開発に関する長期に亘る戦略的協力を構築かつ強化することを決定した。この協力は、同様の目標を分かち持つ国々の間に次第により広汎な協力を構築していくための核となるものである。

1－世界のエネルギー状況

第1次オイルショック後の1970年代の中頃、ほとんどの工業国は、石油（大部分はOPEC）への輸入依存度を減少させる方法として原子力を開発する大がかりな計画を策定した。原子力にける期待は高く、20世紀末までに100万kWeの原子力プラント約2000基（2000×1GWe）が全世界で運転されているであろうと予測された。

これらの計画は実現せず、2000年での数値は、400Gweを僅かに下回るであろうということが明らかとなった－それでも全世界の電力の17%を賄っている。フランスと日本は、策定した原子力開発計画のほとんどを実際に実行してきた数少ない国の一つである。これは単に偶然の一致というわけではない。なぜならば、工業国の中でフランスと日本は国内の化石資源が特に乏しいからである（表1）。

表1（未完）

	フランス	日本	USA	ドイツ
面積（1000平方キロメートル）	550	316	9163	349
人口（百万人）（1995）	58	126	263	82
1次エネルギー使用 （石油換算メガトン/年）	241	504	1288	339
1人当たりエネルギー使用	4.1	4.0	7.9	4.1
1人当たり電力使用 （キロ・ワット時）	6777	7587	12797	6330
輸入エネルギー割合（%）	50	85		
1997年 原子力発電量（テラ・ワット時）	396	320	657	170
全電力に対する割合（%）	78	35	20	36
1次エネルギーに対する割合（%）	32	12	7	12
CO2放出量（トン/人・年）		9.9	20	

主に 70 年代及び 80 年代初頭にかけて実施された著しい省エネルギーの努力によって、フランス及び日本では 1 人当たりのエネルギー消費が北米の半分以上に抑制された。

米国、フランス、日本は、それぞれ重要な原子力計画を進め、実施してきたが、現在のそれぞれの状況は非常に異なっている。

米国では、1974 年以降、プラントの発注は無く、原子力の全容量は今後 10 年間で減少する見込みである。

フランスは、丁度自国の原子力計画を完了したところであり、今後 15 年間は新たなプラントは必要無い（EPR 初号基 1 ユニットは別として）。

日本は、着実な計画で進めており、2010 年度までに、さらに 20 基のプラントを建設する計画である。

全ての弾力的なメカニズムを考慮したとしても、先進国は原子力の重要な貢献無しには、リオ、京都、ブエノスアイレスで付託した温室効果ガス放出目標を達成することはできないであろう。

2-ウラン利用と高速増殖炉

中性子と重い核種（トリウム、ウラン、プルトニウム、他のマイナーアクチニド）との相互作用は、複雑でかつ中性子のエネルギー又は速度に強く依存する。核分裂と異なったタイプの中性子捕獲反応との間に競合があり、この競合も中性子エネルギー及び対象となる原子核によって変化する。

この複雑なバランスの結果、核分裂で発生する中性子が減速材で減速されない（即ち、高速増殖炉）が、逆に、はるかに多い核分裂性物質の初期装荷量を必要とする原子炉炉心内で、より多くの余剰中性子が存在することになる。

このより多くの余剰中性子によって、高速増殖炉では、核分裂によって 1 個の核分裂性物質が消費する度に、少なくとも 1 個の核分裂性物質がおや物質への中性子捕獲によって生成される。高速増殖炉は、この親物質であるウラン 238 の核分裂性プルトニウムへの変換によって、時間とリサイクルにより、世界の天然ウラン資源の全エネルギー含有量を抽出することができる。

これに対して、軽水炉では、核分裂当たりたった 0.6 個の核分裂性物質が生成されるのみであり、従って、リサイクルしたとしても天然ウランのエネルギー含有量のたった 1%しか利用できない。

しかし、軽水炉で利用されずに残された 99%のエネルギーは、絶対に失われない。即ち、このエネルギーは、後に、高速増殖炉で回収することができる。

もし軽水炉だけで使用されたとすると、競争力ある抽出コストで利用できる世界のウランエネルギー資源は、世界の石油埋蔵量と同じオーダーになり、時間的にかなり限定された見通しとなるであろう。

もし高速増殖炉の展開を介してウランの全エネルギー含有量を抽出することができれば、ウラン利用は全世界の石炭の埋蔵量と同じオーダーになる。さらに、高速増殖炉の発電コストに占めるウランのコストが非常に小さいとすると、しかるべき時期に必要とされるならば、非常に低品位の鉱石を利用することができ、又は海水の利用も可能で、これはウラン資源を無尽蔵とする。高速中性子は、現実的に持続可能な核分裂による原子力への重要な鍵である。

3 一廃棄物の核変換と高速増殖炉

フランスでは、1991年12月に議会によって制定された法律が、2006年までの放射性廃棄物管理の分野で実施すべき研究開発を規定している。この法律は、研究開発の3つの柱を定義しており、その第1番目が分離と核変換に関するものである。

核変換は、長寿命放射性原子核を基本粒子との反応を介して別の（又は他の幾つかの）安定な核種、短半減期核種に変換する種々の現象を指す一般的な用語である。電氣的に中性であることから、中性子は核変換の道具として選択できるものである。

日本は、オメガ（OMEGA）計画で有名であるが、マイナーアクチニドの核変換に熱心な研究開発でのリーダーである。

炉物理特性から、高速中性子は、より高い中性子束と捕獲に対する核分裂の割合がより良好なため、熱中性子に比べて核変換を起こさせるのにより適した原子炉である。従って、この過程が放射性廃棄物管理の基本的考え方の一部として選択される場合には、核変換に対する高速増殖炉の潜在的能力としての寄与に関する完全な評価を追求していくことが重要である。

加えて、高速増殖炉でのプルトニウム利用は、軽水炉でのプルトニウム利用に比べて高次アクチニドの生成がはるかに少ないことに注目すべきである。さらに、高速増殖炉は劣化プルトニウム（使用済み軽水炉 MOX 燃料から回収されたプルトニウムのような）を装荷することができ、何回でもリサイクルすることができる。

4 一経済性、安全性、信頼性

世界規模での原子力の成長は、60年代及び70年代の期待を満足させるものではないので、ウランに対する需要は低い。従って、ウランは廉価で豊富であるように見える。その結果、高速増殖炉は、現時点では経済性の観点から軽水炉と競合できるレベルに達しているとは言えない。

高速増殖炉は安全であり、それは確認されてはいるが、しかし、より高い信頼性（例えば、供用期間中検査、保守補修）を求めて技術は改良されるべきである。同様に、安全に対する動的機器への依存をより少なくすることも有益かもしれない。

現に存在する「常陽」、「もんじゅ」、「フェニックス」炉の運転から得られる経験を十分に使用しつつ、幅広く、開放的で、柔軟な国際的研究開発を実施するた

めに、実用化までの時間が増したことを十分に活用すべきである。

5-結論

フランスと日本は、今日、高速増殖炉研究開発を手がける数少ない国々の中におけるリーダーである。この開発は、資源利用と廃棄物管理の2つの主要な関心点を示した如く、原子力が長期的に持続していくことができるために戦略的重要性が高い。

これらの将来展望の結果、フランスと日本は、両国の相補的なノウハウ、経験及び施設、特に「常陽」、「もんじゅ」、「フェニックス」を十分に利用して、高速増殖炉の研究開発に関する長期の戦略的協力を構築かつ強化することを決定した。この協力は、同様の目標を分かち持つ国々の間に次第により広汎な協力を構築していくための核となるものである。

第3回高速増殖炉に関する日仏専門家会合出席者

日本側

- ・ 森口 泰幸 科学技術庁原子力局動力炉開発課長
- ・ 国吉 浩 通商産業省資源エネルギー庁公益事業部
原子力発電課新型炉開発企画官
- ・ 相澤 清人 核燃料サイクル開発機構理事
- ・ 野村 茂雄 核燃料サイクル開発機構東海事業所
環境保全研究開発センター先進サイクル研究開発部長
- ・ 中川 正幸 日本原子力研究所エネルギーシステム研究部長
- ・ 植田 正弘 日本原子力発電（株）研究開発本部高速炉開発部長
- ・ 魚谷 正樹 （財）電力中央研究所原子力政策室部長

フランス側

- ・ ベルラン・バレ 原子力庁原子炉局長
(Bertrand BARRE)
- ・ アラン・トゥルニョール・ド・クロ 次期 原子炉局長
(Alain TOURNYOUL du CLOS)
- ・ ローラン・コスタ 原子力庁原子炉局長補佐国際協力担当
(Laurent COSTA)
- ・ ジャック・レクレール 原子力庁原子炉局高速炉計画担当官
(Jacques LECLERE)
- ・ ジャン・クロード・ムニョ 原子力庁原子炉局 U-Pu 計画担当官
(Jean-Claude MOUGNIOT)
- ・ フランソワ・リュック・リネ 原子力庁国際局極東担当官
(François-Luc LINET)
- ・ ジャン・ジャック・ラヴィグニエ 在日仏大使館原子力担当参事官
(Jean-Jacques LAVIGNE)

日仏間の共同研究項目リスト

1. 将来炉における経済性向上ならびにプラント性能の向上に関する共同研究
 - (1) 高速増殖炉及び関連サイクル技術の重要性指標の構築に関する共同研究
 - (2) 実用化を目指した長寿命の高速増殖炉燃料仕様に関する共同研究
 - (3) 三次元免震技術の高速増殖炉プラントへの適用性に関する共同研究
2. 将来炉における安全性の向上に関する共同研究
 - (1) 社会的受容性の高い高速増殖炉を目指す合理的な安全論理の構築に関する共同研究
 - (2) 冷却材バウンダリ等に対する熱応力荷重の評価手法の高度化に関する共同研究
 - (3) 炉心変形に伴う影響の評価手法に関する共同研究
3. 「常陽」および「フェニックス」炉を用いたブルトニウム、マイナーアクチニドの燃焼、及び、長寿命核分裂生成物の核転換（消滅）に関する共同照射試験研究
4. 高速増殖炉関連技術の維持発展に向けた各種関連試験施設の必要性に関する共同研究
5. 将来炉の設計概念、機器-系統の構成、燃料材料、冷却材等の主要目に関する比較検討を目的とする共同研究
6. 将来を展望した各種の高速増殖炉の導入シナリオに関する共同研究