

第1回講演会開催報告

開催日時：平成28年6月30日（木）16：00～17：30

開催場所：早稲田大学 西早稲田キャンパス 62号館W棟1階 大会議室

講師：段 烽軍 主任研究員（キヤノングローバル戦略研究所）

演題：中国における原子力開発の現状

1. 講演概要

約60名の参加者を得て、キヤノングローバル戦略研究所の段烽軍主任研究員による講演会を開催した。

- 中国の原子力発電所は主に海沿いに分布しており、2016年6月20日時点で商業運転中の原子炉が33基（31,317MWe）、建設中が21基（23,927MWe）ある。運転中の原子炉（軽水炉）の炉型としては、他国から導入した技術をベースに中国で改良したCNP600、CPR1000が多数を占める。建設および建設計画中の炉型は第三世代炉であるAP1000、EPR、ACPR1000、HPR1000が中心であるが、計画中の原子炉についてはAP1000を中国が改良するCAP1400に置き換わる可能性がある。また、高温ガス実証炉（HTR）も建設中である。
- 中国での原子力利用は1970年代に自国での開発と他国からの技術導入を並行して進めることで始まった。1980年代からエネルギー需要が増え始め、インフラ建設ブームを迎えた2000年代には原子力大規模利用の長期計画が立てられた。2011年の福島事故後一時的に新規建設着工が中断されたが、中国では異常気象やPM2.5等の環境問題があり、原子力の大規模導入方針は維持され、エネルギー源としての位置付けが高まっている。
- 技術開発の基本方針は2020年までの大型軽水炉（PWR）、2050年までの高速炉、2050年からの核融合炉、の開発である。一方で、高温ガス炉、トリウム熔融塩炉、進行波炉および小型軽水炉も開発して多様性を持たせる。今後、国内向け炉型をCAP、国外展開向け炉型をHPR（華龍一号）として開発を推進する。
- 技術開発体制の中心は原子力のライセンスを持つ以下の三社である。一社目は、旧国防系であり、軽水炉（CNP→ACP→HPR）、高速炉、進行波炉を扱う中国核工業集団（CNNC）、二社目は、旧電力系であり、軽水炉（CPR→ACPR→HPR）を扱う中国広核集団（CGNPC）、最後は、軽水炉（AP1000→CAP）を扱う国家電力投資集団（SPIC）である。その他、研究開発機関として、清華大学（軽水炉、高温ガス炉）、上海応用物理研究所（トリウム熔融塩炉）がある。
- 原子力推進政策のひとつとして2007年に原子力エネルギー中長期発展計画が策定された。2013年に再修正された2020年までの目標は58,000MWhの電力供給と第4世代技術の自主開発である。推進政策のもうひとつにエネルギー技術革命イノベーション行動

計画がある。本計画は 15 項目から成り、この内の 2 項目（先進原子力技術イノベーション、バックエンドと燃料サイクル技術イノベーション）が原子力関係である。中国にはウラン資源と濃縮技術はあるが、燃料棒製作技術がない。本計画では特に核燃料が注力技術である。

- 大型軽水炉の主要開発動向としては、AP1000 をベースとして中国がスケールアップする CAP1400、華龍一号と呼ばれていた HPR1000、核燃料技術が挙げられる。CAP1400 の開発主体は SPIC であり、国産化を目指す。ただし、国産化できても知財権は米国にある点が課題である。HPR の開発主体は華龍公司（CNNC（50%出資）と CGNPG（50%出資）の合資会社）であり、知財権が中国にあるため国外展開も望める。ただし、CNNC が開発を進めてきた ACP1000 と CGNPG が開発を進めてきた ACPR1000 の技術の融合に課題がある。核燃料技術開発については、CNNC、CGNPG、SPIC の大手三社が主体となり進められている。
- 高速炉については、試験炉 CEFR（北京）が運転中であり、実証炉 CFR-600（霞浦）、商業炉 CFR-1000 が計画されている。試験炉 CEFR（20MWe）は、中国の国家ハイテク研究開発計画である 863 計画での最重要プロジェクトとして開発された。開発の主体は CNNC 傘下の CIAE である。2000 年に建設を開始して、2014 年には全出力連続運転に至っている。試験炉 CEFR をスケールアップした実証炉 CFR-600（600MWe）は 2017 年建設開始、2023 年運転開始の予定で進められている。商業炉 CFR-1000 は、2030 年の商業運転開始を目指し、2015 年には概念設計までが完了している。
- 進行波炉については、かつてビル・ゲイツが日本と中国（CNNC、CGNPG、SPIC の大手三社）を訪問しており、進行波炉への高速炉技術の適用のため CNNC とテラパワーが MOU を締結している（2015 年）。また、石炭産業の神華集団と CNNC が協定を結んでいる（2016 年）。
- 小型軽水炉については、CNNC 傘下の CIAE が開発する ACP100（100MWe）と CGNPG が開発する ACPR50s（50MWe）がある。ACP100 は、主に陸上での民間熱利用を想定しているが、洋上での資源開発等も視野に入れた多目的利用をアピールポイントとしており、2016 年に実証炉の建設開始が予定されている。ACPR50s は、洋上での離島支援や資源開発に主眼を置き、2016 年に中国船舶重工集団と協定を結んでいる。実証炉の建設予定は 2017 年である。
- 高温ガス炉は中国における新型炉開発のエース的存在である。開発当初の予算は高速炉開発の 1/10 程度であったが、現在までの成果を考慮すると高温ガス炉が一步リードしていると言える。開発の黎明期（1974 年～1985 年）は、原子力の平和利用が掲げられる中、清華大学が主体となり基礎研究としてドイツ技術の継承や人材育成に注力した。成長前期となる 1986 年～2003 年には、863 計画や電力供給不足を背景として黎明期と同様に清華大学を中心とする研究機構にて試験炉 HTR-10（3MWe）の設計、建設、運転が行われた。成長後期（2004 年～2015 年）に入ると実証炉 HTR-PM（211MWe）開発

のために合弁会社（電力大手の華能集団をオーナーとし、原子力プラント建設大手の中国核工業建設集団（CNEC）と清華大学が参加）が設立され、国家重大特別プロジェクトに認定された。実証炉 HTR-PM の設計、建設が進められ、2017 年に運転開始の予定である。

- 高温ガス炉の今後（2016 年以降）を拡大型と位置付ける。開発が更にスピードアップし、700℃プロセスヒート供給実証プロジェクトの実施や冷却材出口温度 950℃への高温化が見込まれる。中国国内での商業プラントの建設や運転、国外輸出等が成果として期待できる。かつての原子力プラント建設計画には、川の水を冷却水として中国内陸部の揚子江沿岸に多くの軽水炉を建設する計画もあったが、2011 年の福島事故後、汚染水問題の関係で内陸部の計画は止められた。冷却に水を用いない高温ガス炉が内陸部向けとして有利との意見もある。その他、商業炉計画としての石島湾プロジェクト、海外展開として 2016 年にはサウジアラビアとの高温ガス炉建設に関する MOU 締結などが進められている。また、基準や標準化の整備も行われている。

2. 主な質疑応答

Q：高温ガス炉の冷却材出口温度 950℃への高温化について、開発期間や技術面での見通しはあるか。

A：2020 年までを目標としている。技術面での見通しは明確ではないが、日本の研究者の中には本開発が中国の技術的な強みになると感じている方もいる。

Q：今後、ロシア型加圧水型原子炉（VVER）の技術を導入する計画はあるか。

A：1980 年代に CNNC はロシア、カナダ、フランスの技術をバランス良く導入した。ロシアでは 2015 年に高速炉 BN-800 が商用運転を開始する等、技術力がある。今後、中国がロシアの技術を導入することはあり得る。

Q：ライセンスに対する取り組みはあるか。

A：ライセンスの問題があるため、中国国内にて開発した華龍一号で海外展開を図る。

Q：中国での規制機関の状況はどのようになっているのか。

A：規制委員会、環境省、エネルギー局が協力して安全審査をしている。

Q：上海応用物理研究所が開発しているトリウム溶融塩炉の動向を伺いたい。

A：2017 年に 2MW の試験炉、2025 年に 10MW の実証炉が各々臨界の予定である。

Q：高速炉に関し、実証炉の運転開始から商業炉の運転開始までの期間が短い、実証炉で得られた技術的知見を商業炉に反映できるのか。

A：実証炉の運転期間と商業炉の建設期間とをオーバーラップさせ、learning by doing で進めるので反映できる。

Q：2011年の福島事故後、なぜ内陸部の建設計画が止められたのか。

A：汚染水問題のため止められた。万が一上流域で過酷事故が発生した場合、揚子江全域の農業・用水が死活問題となる。現在、内陸部建設計画の推進派もいるが、少数派である。

Q：人材育成に対する大学等の取り組みを伺いたい。

A：開発当初は大学等では教員不足であったが、現在は、1980年代に教育を受けた人たちが新たに教員になり、学生数も急激に増加している。中国の原子力産業は高賃金であるため、原子力関係の学科に学生が集まる傾向にある。また、原子力関係の学科を持つ大学も増えている。

Q：原子力のライセンスを持つ三社と他の電力会社とは協力関係にあるのか。

A：ライセンサー三社は、大手電力会社や地元電力会社等と協力して事業に取り組んでいる。

Q：発電所の稼働率向上に対する取り組みを伺いたい

A：中国プラントの稼働率は80%を超えていて高い。稼働率向上は原子力開発の前提であるので注力している。

Q：小型軽水炉をモジュールとして使用するのか。

A：モジュール化すると、建設時や運転時の現場での展開が早くなるので、開発のひとつの方向である。

Q：小型軽水炉を船のエンジンとして使用するのか。

A：船のエンジンだけでなく、洋上のアプリケーションに動力を供給する。1基目は上海沖で2017年に着工する。

Q：高温ガス炉では燃料サイクルの計画があるのか。

A：清華大学は、高温ガス炉では燃料サイクルを不要としている。使用済燃料をそのまま最終処分する。このことは、水を使用しないことと共に高温ガス炉の特長である。

Q：海外展開に対する具体的な方策は何か。

A：国内の力を集結して華龍一号を開発し、これで国際競争力を高める。海外展開は原子力の他に、航空、宇宙、軍事産業でも進められている。

Q：中国での電力料金は一律なのか、それとも自由化されているのか。

A：中国ではまだ電力が不足しており、発電した電気を使用するユーザが必ずいる。そのため電力のマーケットができていない。したがって、電力料金は政府が決めており、一律である。

以上