

第4章 原子力研究開発の推進

先人の努力により実用化された原子力エネルギー技術は、我が国においてエネルギー安定供給とエネルギー消費に伴って排出される温室効果ガス量の低減に貢献し、また、放射線利用技術は、学術の進歩、産業の振興、人類の生活の福祉向上に大きく寄与している。

これまで継続して実施されてきている原子力研究開発活動は、これらの技術進歩に多大な貢献を果たしてきており、我が国を含む人類の持続可能な発展に貢献できる可能性を有する新たな知見や革新技术を産み出すとともに、人々に学術分野や医療を含む産業分野でそれらを効果的に活用する意欲を与えるものである。

我が国では、(独)日本原子力研究開発機構(原子力機構)をはじめとする研究機関、大学、民間等様々な主体が、平和の目的に限り、安全の確保を大前提に、効果的かつ効率的に行うことに留意しつつ、現在利用されている技術の陳腐化に備えて、あるいは新たな利用分野の開拓を目指して、新しい原子力科学技術を実用化していくための原子力研究開発に精力的に取り組んでいる。

(1) 原子力研究開発に関する政策の基本的考え方

原子力政策大綱では、原子力研究開発は、その役割と研究開発の有する不確実性等を踏まえ、実現時期が遠い将来となると考えられる長期的な視点に立った研究から、既に実用化された技術の改良・改善という短期的な視点に立った研究開発まで、異なる段階の研究開発を並行して進めることが適切であるとした上で、表4-1に示すように各段階に応じて取り組むべき課題に言及している。

また、原子力研究開発を進めるにあたって必要となる大型の研究開発施設は、原子力分野のみならず、科学技術活動の幅広い分野において重要な役割を果たすとともに、これを有効利用することで、科学技術のセンター・オブ・エクセレンス(COE)を形成する可能性も有していることに留意し、施設の建設・運用にあたっては、関係者が連携・協力してユーザーの利便性向上のための環境を整備していくことが重要であること、加えて、原子力研究開発を将来にわたって着実に進めていく上では、様々に創出された知識やそれを獲得するまでの経験を次の世代に適確に継承するとともに、その過程を通じて、新たな知識・経験を創出する機会を得ていくための知識・情報基盤を整備していくことにも取り組むことが重要であるとしている。

表4-1 原子力研究開発の段階と取組課題の事例

| | |
|---|--|
| <p>○基礎的・基盤的な段階</p> <p>我が国の原子力利用を分野横断的に支え、その技術基盤を高い水準に維持したり、新しい知識や技術概念を獲得・創出することを目的とし、また、研究者・技術者の養成にも寄与するところが大きい研究開発。</p> <p>国や研究開発機関、大学によって、国際協力を効果的に活用しつつ、主体的に推進されるべき。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力安全研究 ・ 原子力の共通基盤技術（核工学、炉工学、材料工学、原子力シミュレーション工学等） ・ 保障措置技術 ・ 再処理の経済性の飛躍的向上を目指す技術 ・ 分離変換技術 ・ 量子ビームテクノロジー 等 |
| <p>○革新的な技術概念に基づく技術システムの実現可能性を探索する段階</p> <p>基礎的・基盤的な研究開発で生まれた革新的技術概念に基づく技術システムの実現可能性を探索する研究開発。</p> <p>国は実用化に至るまでに要する費用との関係において、予想される実用化に伴う公益の大きさに応じて取組の在り方を定めるべき。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ ITER 計画等核融合エネルギーを取り出す技術システム・高温ガス炉とこれによる水素製造 ・ 小型加速器がん治療システム 等 |
| <p>○革新的な技術システムを実用化候補まで発展させる段階</p> <p>原子力利用や広範な科学技術分野に革新をもたらす可能性が大きい革新技術システムを実用化候補にまで発展させる研究開発。</p> <p>国及び研究開発機関が産業界ロードマップを共有し、大学や産業界の協力・協働を得つつ、主体的に取り組むべき。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 高速増殖炉及びそのサイクル技術 等 |
| <p>○革新技術システムを実用化する段階</p> <p>実用化候補技術システムの中から実用化するために計画・実施される研究開発。</p> <p>原則として、そのシステムによる事業を行う産業界が、自ら資源を投じて実施するべき。国は、公益の観点から重要と考える場合等に限って、費用対効果を評価し、支援を行うべき。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 放射性廃棄物処分技術 ・ 改良型軽水炉技術 ・ 軽水炉の全炉心ウラン・プルトニウム混合酸化物（MOX）利用技術 ・ 放射線を利用した環境浄化技術 等 |
| <p>○既に実用化された技術を改良・改善する段階</p> <p>既に実用化された技術を改良・改善する研究開発。</p> <p>事業者が自ら資源を投じて実施すべき。成果が多く事業者間で共有されることが望ましい場合や、公益に資するところが大きい場合には、国がその内容を評価しつつ、共同開発等の仕組みを整備して、これを支援・誘導することが妥当。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 既存軽水炉技術の高度化 ・ 遠心法ウラン濃縮技術の高度化 ・ MOX 燃料加工技術の確証 ・ 高レベル廃液のガラス固化技術の高度化 等 |

（２）原子力研究開発に関する取組と現状

①各段階の原子力研究開発の取組

イ）基礎的・基盤的研究開発

原子力を支える基礎的・基盤的研究は、物理・化学分野、医学・ライフサイエンス分野、環境科学分野、燃料・材料その他の工学的分野等広範にわたり、様々な機関において推進されている。

〈原子力試験研究費制度の見直し〉

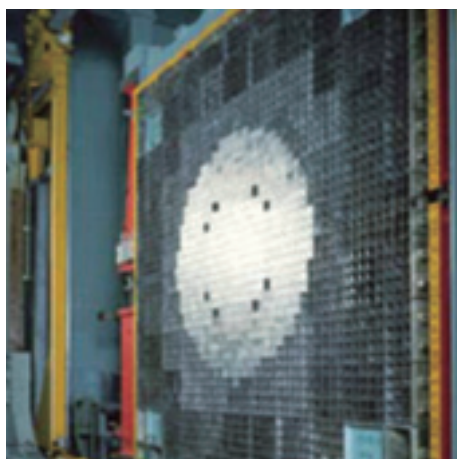
原子力試験研究費制度は、これまで長年にわたり、各府省所管の国立試験研究機関や独立行政法人が実施する原子力分野の基盤的研究を支援してきたが、研究資金の競争的資金化や大学等における原子力に関する研究基盤の縮小といった研究を取り巻く状況の変化に対応するため、文部科学省では、従来の制度を見直し、平成20年度から新たな競争的資金制度を創設する予定である。大学等にも開かれた競争的な制度へと新たに改革することにより、原子力分野の研究者・技術者の養成や技術基盤の強化への一層の貢献が期待される。

〈原子力機構の取組〉

原子力機構は、核工学・炉工学研究、燃料・材料工学研究、環境・放射線工学研究、先端基礎研究、高度計算科学技術研究等、原子力の持続的な利用と発展に資する基礎的・基盤的研究等を総合的に推進している。

核工学・炉工学研究では、高速炉臨界実験装置（FCA）（図4-1）を用いた超ウラン元素含有炉心の特性評価や、中性子を用いた流体を可視化する技術成果に基づいて、炉心設計技術の高度化のための高精度解析システムの整備が進められている。また、原子炉設計のほか、放射線医療や宇宙物理研究等に広く利用されている汎用評価済み核データライブラリー（JENDL）については、近く核データ誤差評価機能を充実させた新版 JENDL-4 が公開される予定である。

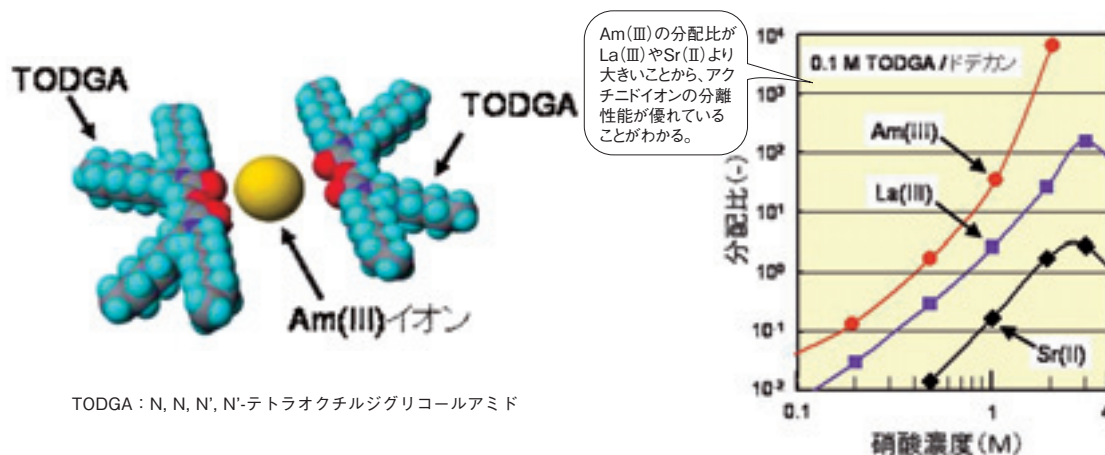
図4-1 高速炉臨界実験装置（FCA）と主な利用実績



| 主実験期間 | 実験目的 |
|------------------------|-------------------|
| 1967－1969 | ウラン系基礎実験 |
| 1972－1974 1975－1980 | 高速増殖原型炉「もんじゅ」模擬試験 |
| 1992－1994 | 酸化物燃料高速炉標準炉心特性実験 |
| 1999－2001 | ADS 基礎実験 |
| 2002－2004 | 低減速炉模擬実験 |

燃料・材料工学研究では、新型燃料と再処理技術に関する基礎的研究を実施している。再処理技術に関する基礎的研究として、ネプツニウム、アメリシウム、キュリウム等のマイナーアクチニド（MA）について、物理的・化学的特性の測定体制を整備し、抽出分離剤 TODGA（図4-2）の開発が進められた。TODGA は、MA 核種の分離性能に優れ、可燃性の溶媒であることから使用済み溶媒の処理が容易であり、次世代の分離・溶媒抽出剤として期待されている。

図4-2 TODGA 抽出剤と MA 分離性能（左:TODGA、右:アクチノイドイオンの分離性能）



環境・放射線工学研究では、放射性物質等の環境動態を解明するための包括的予測モデル・システムの構築を行っている。その基礎として、日本海における物質循環や、炭素-14の環境挙動に関する各種測定を行っている。また、国際的核不拡散体制の強化に資する極微量同位体比分析技術の開発や、中性子・高エネルギー放射線被ばく評価手法の開発等を行っている。医療分野で広く使われている米国核医学会線量評価用放射性核種データ集の最新版には、原子力機構で開発したデータベースが組み込まれている。

先端基礎研究では、将来の原子力科学の萌芽となる未踏分野の開拓を進めることを目的に、超重元素核科学、アクチノイド物質科学、極限物質制御科学、物質生命科学の四つの分野で研究を行っている。

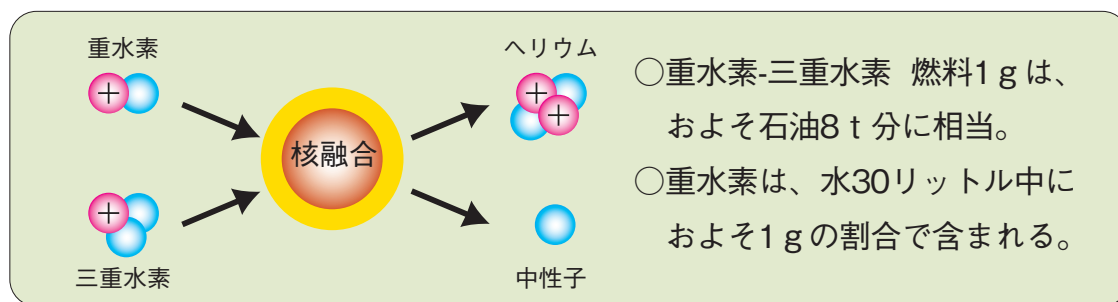
高度計算科学技術研究では、原子力分野における様々な開発に貢献する計算手法やデータベースの構築、グリッド技術による並列分散計算技術の開発、超高速コンピューティングニーズに効率的に対応できるシステムの開発を行っている。

また、軽水炉技術を中心とする研究開発を産業界と協働で実施するため、原子力エネルギー基盤連携センターを設け、官民協力による技術開発を実施している。

ロ) 革新的な技術概念に基づく技術システムの実現可能性を探索する研究開発 〈核融合研究開発〉

核融合エネルギーは、軽い原子核同士（重水素、三重水素）が融合してヘリウムと中性子に変わる際、質量の減少分がエネルギーとなって発生するものである（図4-3）。

図4-3 核融合の原理と発生エネルギー



〈核融合エネルギーの特徴〉

- 豊富な資源 …燃料となる重水素と三重水素を生成する原料となるリチウムは海水中に豊富に存在し、地域的な偏在がなく、資源の枯渇の恐れがない。少量の燃料から膨大なエネルギーを得ることができる。
- 安全性 …燃料の供給を停止することにより、核融合反応を速やかに停止することができるなど、安全対策が比較的容易。
- 高い環境保全性…発電の過程において地球温暖化の原因となる二酸化炭素を発生しない。低レベル放射性廃棄物は発生するが、従来技術で処理処分が可能。

核融合エネルギーを実現できれば、エネルギーの長期的な安定供給と環境問題の克服を両立させることが期待されることから、核融合研究開発は、1950年代に本格的に開始され、段階的に推進している。

我が国では、現在、原子力委員会が策定した「第三段階核融合研究開発基本計画（平成4年）」等に基づき、原子力機構、核融合科学研究所及び大学等の相互の連携・協力により核融合研究開発を進めている。

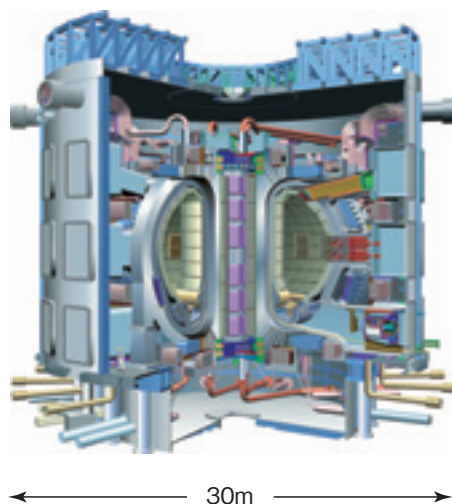
また、原子力委員会核融合専門部会では、我が国の核融合研究開発全体のあり方や長期展望について検討を行い、平成17年10月26日、報告書「今後の核融合研究開発の推進方策について」を取りまとめた。これを受けて、原子力委員会は、同年11月1日、「中核装置である ITER（国際熱核融合実験炉）の建設に向けて具体的な取組を進めることとなった現時点以降における第三段階計画については、この報告書に示された推進方策に基づいて推進されるべきものとする。」との考えを示した「第三段階核融合研究開発基本計画における今後の核融合研究開発の推進方策について」を決定した。

ITER 計画は、核融合実験炉の建設・運転を通じて平和利用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指す国際共同プロジェクトであり、現在、日本、欧州、米国、ロシア、中国、韓国及びインドの7極が参加している。

平成19年（2007年）10月に ITER 協定が発効し、ITER 計画を実施する国際機関である ITER 機構が正式に発足、初代機構長に前クロアチア大使である池田要氏が就任し、本格的に活動を開始している。我が国は、ITER 機構に対し積極的に人員を派遣するほか、

ITER の建設に当たり、欧州に次ぐ割合の機器を製作するなど、ITER 計画の推進に大きな役割を担っている。

図4-4 ITER の概要



ITER 機構の発足（平成19年（2007年）10月）

さらに、原型炉の実現のために必要である炉工学研究や ITER だけでは実施できないプラズマ物理研究等、ITER 計画を補完・支援する先進的研究開発プロジェクトである「幅広いアプローチ」を、日欧協力により、我が国において実施している。幅広いアプローチ協定は平成19年（2007年）6月に発効したところであり、今後、ITER 計画や「幅広いアプローチ」を通じて、我が国が世界の核融合研究の発展に大きく貢献していくことが期待されている。

また、我が国では、ITER 計画等の多国間協力に加え、二国間協力も推進している。平成19年（2007年）12月には、米国、欧州、韓国に続き、中国と核融合研究協力実施取決めを結び、研究協力や研究者の交流を実施している。

国内においては、将来の原型炉を見据えて、トカマク方式、ヘリカル方式、レーザー方式の3方式を中心とした核融合研究開発を進め、世界を先導する成果を上げている。

原子力機構は、トカマク型臨界プラズマ試験装置（JT-60）を用いて、プラズマ温度の世界記録（52億度）を達成し、また、ITER 計画への貢献が評価され、ロシア版ノーベル賞と言われる国際グローバル・エネルギー賞が代表者に授与されている。平成19年1月には、高圧力プラズマを安定的に維持するために必要な条件を解明し、ITER の運転領域を将来の核融合炉の高出力密度に向けて広げる見通しを得た。また、同年12月には、ドイツからの JT-60 の遠隔実験を実現し、ITER 遠隔実験に目途を得た。ITER 用の高周波加熱装置の開発では、同年4月に、その主要装置（ジャイロトロン）の高効率発振の機構を解明し、その出力及び効率の世界記録（出力1 MW、効率55%）を達成し、ITER の加熱装置の性能向上に大きく貢献した。その他にも、理論・シミュレーション研究、核融合炉材料研究や核融合炉の安全性に係る試験等を実施している。

大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所においては、我が国独自のア

イディアに基づくヘリカル方式による世界最大の大型ヘリカル装置を建設し、全国の関連分野の研究者の共同利用・共同研究に供するとともに、新しいプラズマ領域の研究を世界に先駆けて行っている。同装置は、平成10年度から本格的な実験を開始し、平成19年2月には、体積平均ベータ値（プラズマ圧力と閉じ込め磁場の比）5%の高压力プラズマの生成に成功するなど、今後の動向について世界から注目を集めている。

また、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターにおいては、レーザー方式の先駆的・基礎的研究を実施している。この他、他大学、独立行政法人等において、各種閉じ込め方式による基礎的研究、炉工学にかかる要素技術等の研究が進められている。

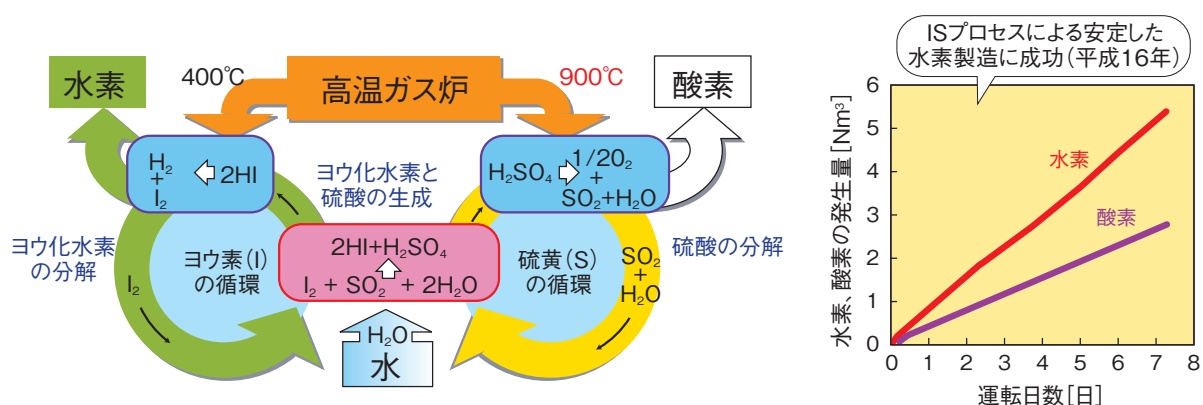
〈革新的原子力システム〉

i) 高温ガス炉研究開発

高温ガス炉は、固有の安全性をもった原子炉設計が比較的容易であるだけでなく、1,000℃程度の高温の熱を供給できるため、発電のみならず水素製造のための手段として利用するなど、原子力エネルギー利用に選択肢を与えることが期待されている。

原子力機構では、高温ガス炉の基盤技術の確立を目指した研究開発として、高温工学試験研究炉（HTTR）での運転・試験を進めており、平成16年4月には、世界に先駆け原子炉出口冷却材温度950℃を達成した。平成19年には、定格出力での30日間連続運転や1次冷却材流量低下試験等を実施し、世界最高水準の高温ガス炉燃料の性能を実証するとともに、安全性をはじめ高温ガス炉の諸特性に関するデータを取得・蓄積した。また、水を原材料として水素を製造する高温熱分解水素製造技術（ISプロセス）について、耐熱・耐食材料・機器・水素製造効率に関する要素技術の確証に向けた研究開発を進めている（図4-5）。これらのような研究開発を通して、二酸化炭素を放出しない高温ガス炉水素製造技術の開発を着実に進めている。

図4-5 ISプロセスの概要



また、平成19年12月には、原子力機構と（株）東芝の間で「高温ガス炉技術の現状と今後必要な技術開発の整理と評価」および「商用高温ガス炉のフィージビリティスタディ」を内容とした研究協力協定を締結した。双方の連携により、高温ガス炉の商用化への道筋が示されることが期待される。

ii) 革新的水冷却炉の研究開発

原子力機構、メーカー等は、プルトニウムの増殖率を高め、燃料の多重リサイクルを可能にすることにより、ウラン・プルトニウム資源の有効利用を図る革新的な低減速水冷却炉の開発に向けて、炉物理試験、限界熱流速試験、被覆官材料開発等の革新的水冷却炉実用化に向けた技術開発を連携しつつ進めている。

また、東京大学と（株）東芝を始めとするメーカー等との産学連携の下、超臨界圧水冷却炉の開発が進められている。超臨界圧水冷却炉は、現在数多くの火力発電プラントで用いられているタービン・ボイラー技術を活用した軽水炉であり、単純でコンパクトな構造及び熱効率の向上等を実現することにより、開発、建設及び運転コストの低減を目指している。

iii) 公募型研究制度

文部科学省においては、公募による競争的環境のもと、産学官のポテンシャルを最大限発揮できる環境を整備し、革新的原子力技術の研究開発を推進するため、平成17年度から競争的資金制度を適用した公募事業「原子力システム研究開発事業」を実施している。本事業により、原子力の基盤的研究における産学官の連携の強化や関連技術の蓄積を図るとともに、革新的原子力技術の開発を実施している。

経済産業省においては、原子力発電及び核燃料サイクルに関する革新的かつ基盤的技術であって実用化につながる研究開発テーマを競争的環境の下で広く提案公募方式により募集し、将来の原子力技術の発展及び多様化につながる研究開発を進めてきた。平成19年度からは、産業界からのニーズを踏まえて大学等が実施する原子力を支える基盤技術分野の研究活動の支援や、将来の原子力人材の育成を実施している。

iv) 国際協力

実用化に至るまで長期間と膨大な資源が必要となる革新的な原子炉や核燃料サイクル技術（革新的原子力システム）に関する研究開発については、これを一国で進めるよりは、人的・資源的に国際分担を行い、成果を共有する国際的枠組みで進めることが合理的であるという認識の下、現在、第4世代原子力システムに関する国際フォーラム（Generation IV International Forum：GIF）、革新的原子炉及び燃料サイクルに関する国際プロジェクト（International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles：INPRO）、国際原子力エネルギー・パートナーシップ（Global Nuclear Energy Partnership：GNEP）等の国際協力の枠組みを活用して研究開発を進めている。

－ GIF －

米国エネルギー省の提唱により発足した、「核拡散抵抗性の確保」、「持続可能性」、「安全性及び信頼性の向上」及び「高い経済性」の達成を目標とする次世代の原子炉概念の選定と、その研究開発を国際共同作業で進めるためのフォーラムであり、平成13年（2001年）に発足し、日本を含む12か国と1機関（アルゼンチン、ブラジル、カナダ、中国、仏国、日本、韓国、ロシア、南アフリカ、スイス、英国、米国及びユーラトム（欧州原子力共同

体))が参加している。現在、第4世代原子力システムに求められている達成目標を満足し、2030年までに実用化が可能と考えられる6候補概念(①ガス冷却高速炉、②溶融塩炉、③ナトリウム冷却高速炉(MOX燃料、金属燃料)、④鉛冷却高速炉、⑤超臨界圧水冷却炉、⑥超高温ガス炉)の選定を終了し、今後の国際共同作業を進めるための準備検討を行っているところである。我が国は、最高決定機関である政策グループ会合の副議長を務めるなどして、主導的立場から積極的に参画している。

－INPRO－

増加するエネルギー需要への対応の一環として、安全性、経済性、核不拡散抵抗性等を備えた革新的システムの導入環境の整備等について支援を行うことを目的として、平成13年(2001年)5月に国際原子力機関(IAEA)の呼びかけにより発足した。平成19年(2007年)12月現在、ロシア等27か国と欧州委員会(EC)が参加しており、我が国は平成18年(2006年)から参加している。現在、2050年までを見通した、将来の原子力エネルギー技術、概念の比較方法及び基準を選定するとともに、ユーザー要求を定めるための検討を行っている。

－GNEP－

⇒第5章「国際的取組の推進」参照

－DOE/JAEA/CEAのナトリウム冷却高速炉プロトタイプに向けた協力－

日本原子力研究開発機構、フランス原子力庁(CEA)及び米国エネルギー省(DOE)は、ナトリウム冷却高速実証炉／プロトタイプ炉(以下、「実証炉／プロトタイプ炉」という。)開発への取組みの協力を強化するため、平成20年(2008年)1月31日に実証炉／プロトタイプ炉の協力覚書に署名した。

三機関は、将来の原子力システムの開発を目的とするGIF、及びクリーンで安価な原子力の使用を拡大するためのGNEPで既に協力関係にあるが、更に、本覚書により実証炉／プロトタイプ炉を導入するという最終的な目標に向けての研究開発協力を行う。

ハ)革新的な技術システムを実用化候補まで発展させる研究開発

この段階に位置するのは高速増殖炉及びそのサイクル技術(以下、「高速増殖炉サイクル技術」)の実用化に向けた研究開発である。

高速増殖炉サイクル技術は、格段に高いウラン資源の利用率を実現できるのみならず、再処理により回収されたMAも燃焼することができるので、発生エネルギー当たりの高レベル放射性廃棄物の発熱量及び長期にわたる潜在的環境影響を低減できる。このため、この技術を軽水炉システムに匹敵する安全性や経済性を有するものにできれば、原子力エネルギーの大規模かつ継続的な利用を可能にし、我が国のエネルギー安定供給の確保のみならず、人類の持続可能な発展にも貢献できる可能性が高い。そこで、我が国は、2050年よりも前の商業炉の開発を目指して、安全性、経済性等に関する性能目標を定めて研究開発を進めてきており、第3期科学技術基本計画(平成18年3月閣議決定)においても、国家的な大規模プロジェクトとして基本計画期間中に集中的に投資すべき基幹技術として選定された。

〈高速実験炉「常陽」〉

実験炉「常陽」は、昭和52年4月初めの臨界以来順調な運転を続け、高速増殖炉の開発に必要なデータや運転経験を着実に蓄積し、初臨界以来、平成19年12月末現在で、累積運転時間が約70,798時間、累積熱出力が約62.4億kW時に達しており、588体の運転用燃料、220体のブランケット燃料及び101体の試験燃料等を照射し、高速炉炉心での燃料集合体や燃料ピンの安全性と照射特性を明らかにしてきており、これまでの安定かつ安全な運転と、その中での数々の照射データや高速増殖炉プラントデータの取得が評価され、平成18年11年にランドマーク賞を受賞した。「常陽」では、環境負荷低減のためのマイナーアクチニド含有燃料、高速炉燃料の長寿命化を目的とした酸化物分散強化型燃料被覆管材、自己作動型原子炉停止機構の電磁石構成要素等の照射試験等の実施が予定されているが、平成19年6月、燃料交換機ホールドダウン軸荷重異常が発生したことにより運転を停止しており、早急に運転を再開すべく準備を行っている。

〈高速増殖原型炉「もんじゅ」〉

高速増殖原型炉「もんじゅ」は、高速増殖炉サイクル技術のうち最も開発が進んでいるMOX燃料とナトリウム冷却技術を用いた、発電設備を有する我が国唯一の高速増殖炉プラントである。平成7年12月の2次冷却系ナトリウム漏えい事故以来、プラントは停止状態にあるが、原子力機構は、平成17年2月、福井県及び敦賀市より安全協定に基づく事前工事了解を受け、平成19年5月に原子炉施設の安全性向上を目的とするナトリウム漏えい対策に係る改造工事を完了させた。現在は、改造工事に係る工事確認試験を終え、プラント全体の健全性の確認を行うためプラント確認試験を実施しており、所期の目的の達成に向け、平成20年度中の運転再開を目指し準備を進めている。

図4-6 高速増殖原型炉「もんじゅ」

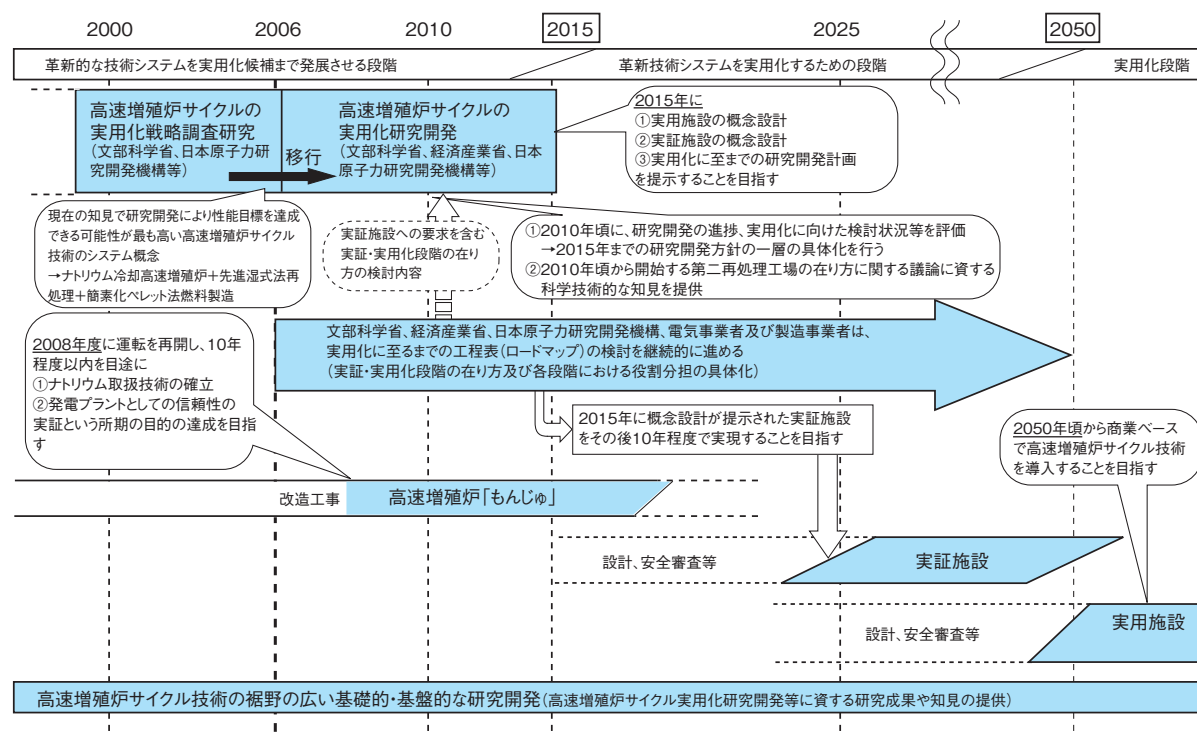


〈高速増殖炉の実用化に向けた取組〉

我が国では、原子力機構を中心として高速増殖炉サイクル技術の研究開発を着実に実施してきた。また、平成18年8月に経済産業省の総合資源エネルギー調査会原子力部会において「原子力立国計画」が取りまとめられるとともに、文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力分野の研究開発に関する委員会においては、原子力機構が電気事業者とともに実施してきた「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ」の最終報告書を受けて、同年10月「高速増殖炉サイクルの研究開発方針について」が取りまとめられた。これらを受けて、原子力委員会は「高速増殖炉サイクル技術の今後10年程度の間における研究開発に関する基本方針」（平成18年12月26日：原子力委員会決定）を提示した。

図4-7

原子力委員会の定める「高速増殖炉サイクル技術の今後10年程度の間における研究開発に関する基本方針」を踏まえた実用化に至るまでの取組のイメージ



これらの方針等を受けて、現在の知見で実用施設として実現性が最も高いと考えられる実用システム概念（主概念）として「ナトリウム冷却高速増殖炉、先進湿式法再処理、簡素化ペレット法燃料製造」の組み合わせを選定するとともに、これまでの調査研究から高速増殖炉サイクルの本格的な実証・実用化に向けた研究開発段階として「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を開始した。

高速増殖炉サイクル実用化研究開発では、主概念を中心に研究開発を進め、「もんじゅ」における成果をも反映し、安全性、経済性、資源有効利用性、環境負荷低減性、核拡散抵抗性に係る開発目標を達成できる高速増殖炉サイクルの実用施設及びその実証施設の概念設計並びに実用化に至るまでの研究開発計画を2015年に提示することを目指して研究開発

を進めることとしている。なお、2010年には、実用施設に採用する革新技術の採否について判断を行うこととしている。

図4-8 高速増殖炉システムにおける技術開発課題

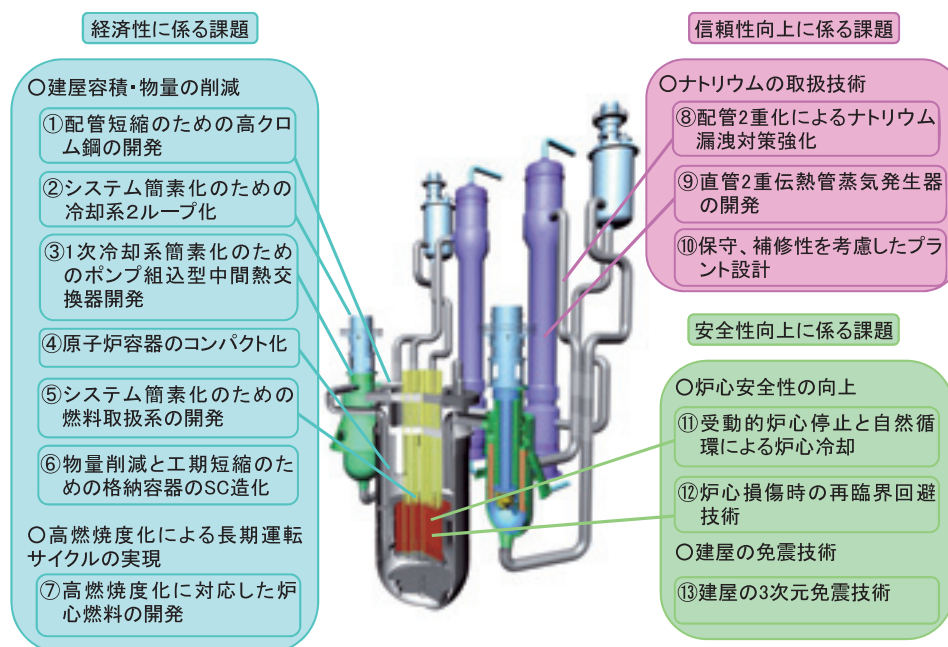
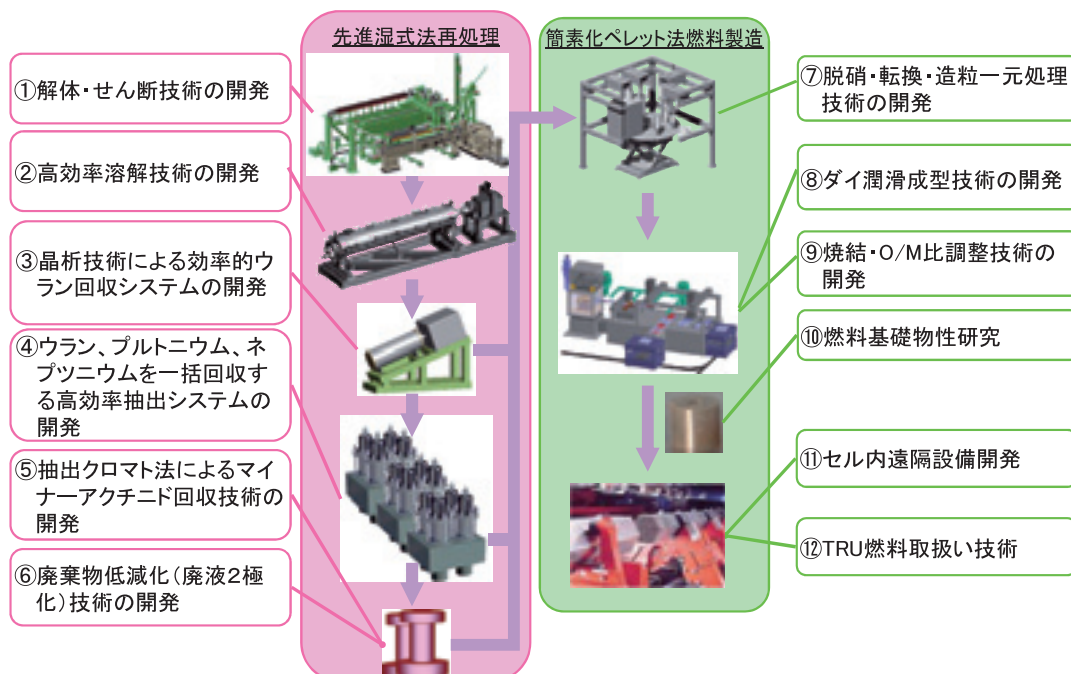


図4-9 燃料サイクルシステムにおける技術開発課題

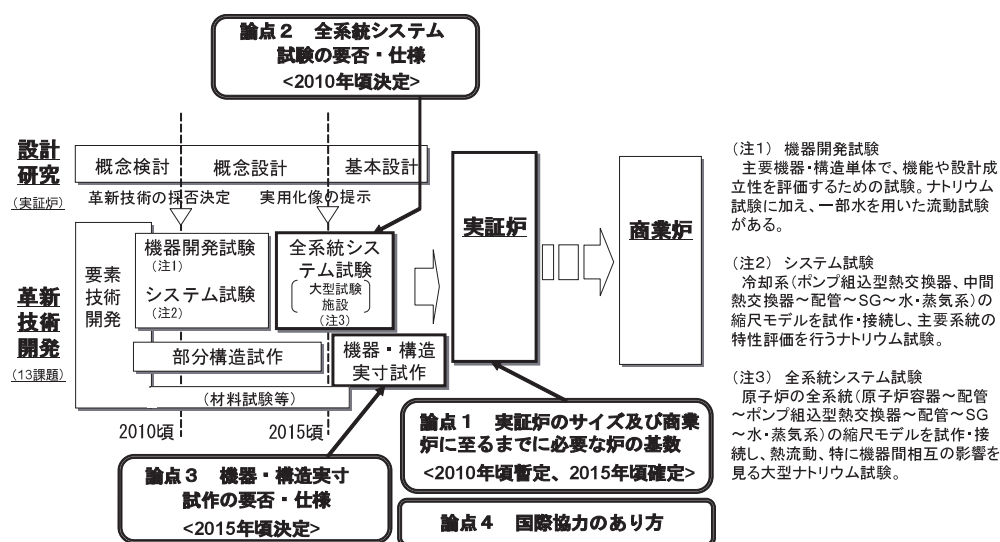


また、研究開発側と導入者側が連携協力し、研究開発段階から実証・実用化段階に円滑な移行を図るべく、経済産業省、文部科学省、電気事業者、メーカー、原子力機構の関係者からなる、「高速増殖炉サイクル実証プロセスへの円滑移行に関する五者協議会」(以

下、「五者協議会」という。)を設置し(平成18年7月)、所要の検討を開始した。平成18年12月には、五者協議会において、高速増殖炉実証炉の基本設計開始までの研究開発体制に係る方針を決定し、これまでの護送船団方式を脱却し、明確な責任体制のもとで効率的に高速増殖炉開発を実施できるよう、中核メーカー1社に責任と権限及びエンジニアリング機能を集中することとした。これを受けて、原子力機構は、中核企業選定委員会を設置し、応募企業の選定審査を進め、平成19年4月、高速増殖炉実証炉の基本設計開始までの中核企業として三菱重工業(株)を選定した。また、同社が高速増殖炉開発会社として設立した三菱FBRシステムズ(株)が同年7月に事業を開始した。

また、五者協議会において、「高速増殖炉の実証ステップとそれに至るまでの研究開発プロセスのあり方に関する中間論点整理」を取りまとめ、原子力委員会においても報告がなされた(図4-10)。

図4-10 高速増殖炉の実証ステップと、それに至る研究開発プロセスのイメージ



※ 太枠は、論点に位置付けられるステップを示す。

なお、将来これらの論点について判断する際には、その時点の予算に係る状況、国内外のエネルギー情勢や投資環境(ウラン需給等)、燃料サイクルの研究開発の進捗状況、海外の技術動向、国際協力の進展状況等も含め、実証主体の在り方や実証炉に対するリスク分担の在り方の議論も踏まえつつ、総合的に検討を行うことが必要であるとされている。

さらに、五者協議会では、2010年頃から原子力委員会において開始される第二再処理工場に係る検討に向けた準備として、軽水炉サイクルから高速増殖炉サイクルへの移行期における燃料サイクルについて予備的な調査・検討を進めた。さらに、原子力機構を中核と位置付けた検討体制を整備することを五者で決定した。

二) 革新技術システムを実用化するための研究開発

2030年前後に到来が予想される、現在稼動している原子力発電所の高経年化等による代

替炉建設時代までの間、我が国の原子力産業の技術・人材の厚みを維持・発展させることはエネルギー政策上の深刻な課題となっている。経済産業省は、平成18年度から、電気事業者・メーカー・学識経験者等の参画を得つつ、官民一体となって次世代軽水炉開発戦略調査を実施し、世界標準を獲得し得る高い革新性を有する技術、参画するメーカー各社に共通性のある基盤的技術を基本原則として、次世代軽水炉の技術開発項目等を検討した。本調査結果を踏まえ、平成20年度より官民一体となって本格開発に着手することとしている。

電源開発（株）は、国の補助のもと、大間原子力発電所の稼動に向けた全炉心 MOX 炉の技術開発を着実に推進させ、平成19年度は、実機プラントでの特性確認試験用設備に向けた関連機器の設計及び資材発注を行うとともに、一部設備製作を実施している。

原子力機構は、民間事業者からの要請に応じて、六ヶ所再処理工場への技術者の派遣による人的支援、要員の受け入れによる養成訓練を継続して行っている。また、東海再処理施設において、平成18年度から「ふげん」の MOX 燃料の再処理試験を実施しており、加えて、高燃焼度燃料の再処理試験を行うための準備を進めている。

ホ）既に実用化された技術を改良・改善するための研究開発

日本原燃（株）は、我が国におけるウラン濃縮技術や生産能力の維持・向上のため、国際的なレベルに比肩する経済性と技術レベルを有する新型遠心分離機の開発を国の補助のもとに進めており、原子力機構による六ヶ所ウラン濃縮工場への技術者派遣による人的支援も併せて行われている。また、同社は、我が国初の民間 MOX 燃料工場の円滑な設計、建設、操業に資するため、同工場で採用する各種技術の適合性の確証等の研究開発を進めており、原子力機構は、同社の要請に応じ、MOX 燃料粉末調整設備に関する確証試験を継続して実施している。

②大型研究開発施設の活用

イ）加速器

加速器は、基礎科学の進歩や学術研究、工業、農業、医療活動等の放射線利用分野の拡大に貢献するとともに、先端的な放射線利用である量子ビームテクノロジーを発展させる上で、重要な基盤施設である。

原子力委員会では、研究開発専門部会の下に加速器検討会を設置し、平成16年4月に「加速器の現状と将来」と題する報告書をまとめた。

SPRING-8

高輝度で遠赤外線から X 線までの広い波長領域の光を発生する放射光は、物質・材料科学や生命科学等の広範な基礎研究分野のための有力な研究手段となる。平成9年10月に供用を開始した大型放射光施設（SPRING-8）においては、原子炉材料の応力腐食割れの機構解明やアクチノイド抽出分離材料の評価等の利用研究が本格的に進められており、我が国の科学技術、産業技術の発展に大きな役割を果たしている。

図4-11 大型放射光施設 (SPring-8)



RI ビームファクトリー

(独)理化学研究所では、水素からウランまでの全元素の放射性同位元素 (RI) を世界最大の強度でビームとして発生させ、それを解析、利用することで、元素の起源解明等の基礎研究から RI を利用した幅広い応用研究と産業技術に飛躍的発展をもたらすことが期待される RI ビームファクトリー計画を推進しており、平成20年度からの本格実験開始を目指して実験設備の整備が進められている。

図4-12 RI ビームファクトリー (RIBF) 超伝導リングサイクロトロン



TIARA

原子力機構高崎量子応用研究所に設置されているイオン照射研究施設 (TIARA) では、イオンビームのマイクロ化、シングルイオンヒット技術等のユニークな技術を開発し、細

胞レベルでの分析や材料微細加工等に応用できるビーム利用技術の展開が図られている。

HIMAC

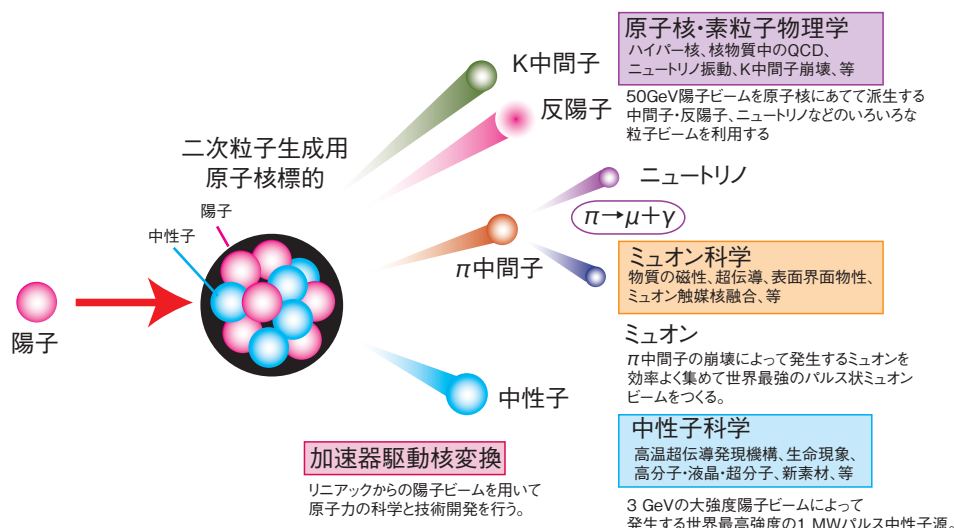
重粒子線がん治療装置（HIMAC）は、医療用としては世界初の重粒子線がん治療装置であり、（独）放射線医学総合研究所では、平成6年6月より重粒子線治療の臨床試験を実施してきた。平成9年3月には重粒子医科学センター病院が開設され、本格的な臨床試験の場として運営されている。

平成16年度から二か年計画で重粒子線がん治療の普及に向けた医療用重イオン加速器の小型化に関する研究を進め、現行の HIMAC の入射器と比較して大きさが約5分の1の小型線形加速器の開発及びビーム加速試験に成功した。これらの成果を踏まえ、平成18年度より群馬大学において、HIMAC の約3分の1の重粒子線照射施設の建設が進められている。

J-PARC

大強度陽子加速器（J-PARC）計画は、核破碎反応により生成される中性子、ミュオン、K 中間子、ニュートリノ等の多様な2次粒子を用いて、広範な領域の科学技術の研究を進めようという実験施設の整備計画である。この計画は、平成13年度から原子力機構と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との共同プロジェクトとして建設が進められており、平成18年には施設運営を円滑に行う組織としてJ-PARC センターが発足し、平成20年度からビーム供用を開始する予定である。本加速器により、タンパク質等の構造解析等の物質・生命科学研究、物質の起源を探るための原子核・素粒子物理学研究、長寿命核種を短寿命核種や安定核種に変換する技術開発等への多様な貢献が考えられている。

図4-13 大強度陽子ビームによる多様な粒子ビームの生成

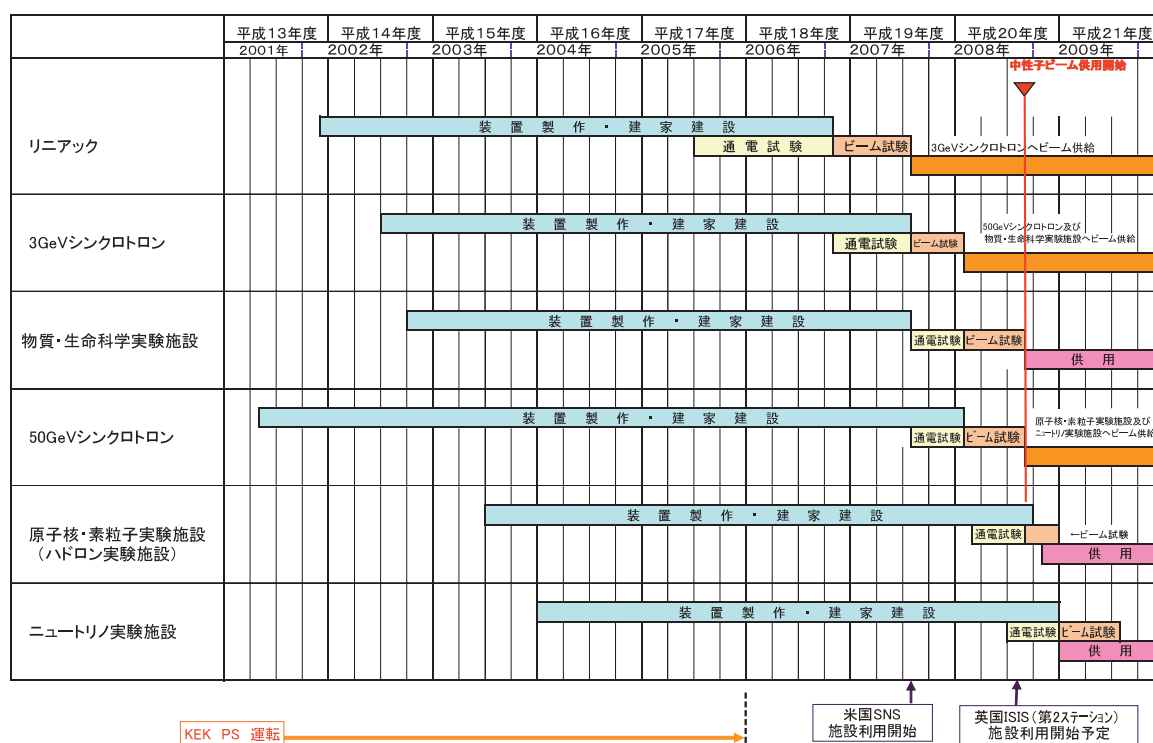


平成19年6月には、文部科学省科学技術・学術審議会大強度陽子加速器計画評価作業部会において、平成20年度後半からのJ-PARCのビーム供用開始を控え、施設の運用体制や利用体制を中心に評価を実施し中間評価報告書を取りまとめた。

図4-14 大強度陽子加速器（J-PARC）



図4-15 J-PARC 計画 今後の予定



ロ) 試験研究用及び研究開発段階にある原子炉施設

研究炉や試験炉、ホットラボ等の施設は、我が国の原子力研究開発基盤を支えるとともに、原子力人材を養成する場として必須となるものである。平成19年末現在、我が国の試験研究用及び研究開発段階にある原子炉施設は、16の施設が原子力機構や大学等により設置されており、原子炉の設計や安全性等原子力に関する研究開発のほか、ナノテクノロジー・材料等広範な研究開発に利用されている。

図4-16 試験研究用及び研究開発段階にある原子炉施設立地地点（平成19年12月末現在）



JMTR

JMTR は昭和43年に初臨界を達成して以来、発電用軽水炉燃材料等の照射試験、大学を中心とした基礎研究、人材育成、ラジオアイソトープの製造等に広く利用されてきた。平成18年に一旦停止した後、平成19年度から老朽化した機器の更新を開始しており、平成23年度から再稼働する予定である。設備の改修、更新にあたっては、利用ニーズに対応した新たな照射設備を整備し、再稼働後は、我が国の公共資産として産業界等に広く開放し、軽水炉の高経年化対策や次世代軽水炉の開発のほか、ITER 開発等の科学技術水準の向上に貢献するとともに、医療用アイソトープの製造や中性子による NTD シリコンの製造等、産業利用にも供される予定である。

JRR-3、JRR-4

原子力機構のJRR-3は、中性子ビーム実験及び材料照射ができる高性能汎用研究炉として、原子力の基礎研究、大学の共同利用、民間利用に広く供され、中性子散乱実験、材料照射試験、医療用ラジオアイソトープ製造、NTD シリコン半導体の製造等に利用されている。平成19年11月には、40年以上にわたる安定かつ安全な運転を通して、我が国の原子力技術の確立及び先進的な中性子科学分野の進展に貢献したことが評価され、ランドマーク賞を受賞するなど優れた成果を上げている。また、JRR-4は、利用者の希望により、出力、運転時間、パターンを変更することができる特長を生かし、医療照射（BNCT）、原子力技術者の研修等に利用され、JRR-3とJRR-4の利用者は、平成19年度は、延べで15,255人・日に達している。

③知識・情報基盤の整備

原子力に携わる人材の高齢化の中、昨今は知識管理の問題が世界的に顕在化し、また、建設・運転の機会減少による原子力知識の伝承が困難になりつつある。そうした中、様々な機器の経年劣化事象に関するデータ等の情報を関係者で共有するために、産学官において有効活用できる情報ネットワークを構築する必要があることから、平成17年12月に、産学官の有機的連携を調整するための委員会が（独）原子力安全基盤機構（JNES）に設置された。

また、IAEA においては平成16年9月の第1回原子力知識管理に関する国際会議で、「暗黙の知識」を顕在化する研究成果等が報告されるなど、国際的にも原子力知識管理についての動向が活発化しており、各国、各地域、国際間において、大学・産業界・研究機関・規制機関との連携が進み人材育成ネットワークが構築されつつある。

その他、原子力機構の整備している食品照射データベースシステムをはじめとして、各法人、研究機関等において知識基盤の整備が図られているところである。例えば、原子力機構においては、上述の食品照射データベースシステムや、各種の核データを取りまとめたJENDLの整備がなされており、我が国の原子力研究開発利用において、統一の参照データとして広汎な活用がなされているところである。