

## 第4節 原子力科学技術の多様な展開

科学技術には、自然の摂理を明らかにし、あるいは人工世界を極めようとする、いわば知的好奇心に基づく基礎研究と、経済、社会や生活者のニーズに対応した応用目的を有する研究開発という二つの側面があり、原子力科学技術もこの二つの側面を有している。加速器や高出力レーザーは、これらを観測手段として活用することにより物質の究極の構成要素や自然の法則を探ったり、ライフサイエンスや物質・材料系科学技術等の様々な科学技術分野の発展を支えるものである。一方、核融合や革新的な原子炉の研究開発は、将来のエネルギーの安定供給の選択肢を与え、経済、社会のニーズに応えるものである。これらの研究開発を進めるに当たっては、創造性豊かな研究を育む環境を整備し、これらを支える基礎・基盤研究との均衡ある発展を図りつつ、効率的に進めることが重要である。

### 1 加速器

物質の起源の探索、生命機能の解明、新材料の創製等に有効な手段となる大強度陽子加速器計画については、原子力委員会、学術審議会共催で行った評価を踏まえ適切に推進する。また、RIビーム加速器施設については、着実に建設を進める。一般に、大型加速器計画は、常に国際的競争状態に置かれており、技術主導の性質を持つことから、提案・評価後、遅滞なく評価結果を反映させることが重要である。

#### (1) 加速器の開発・利用を巡る状況

原子力委員会では、加速器分野における我が国全体の現状の把握、利用分野のニーズを踏まえた加速器開発、そして加速器利用に係る人材育成についての検討を行うため、研究開発専門部会の下に加速器検討会を設置し、調査・検討を行ってきたところであるが、平成16年4月27日に、加速器利用分野の紹介、4加速器（大強度陽子加速器（J-PARC）、RIビーム加速器（RIBF）、大型放射光施設（Spring-8）、重粒子線がん治療装置（HIMAC））の評価と課題及び今後の加速器建設や加速器を用いた研究開発の進め方に関する提言を報告書「加速器の現状と将来」に取りまとめた。本報告書により、日本や世界の加速器を用いて行われている研究や応用について概観し、今後の加速器利用研究の進め方として、次の提言を行った。

- ・ 加速器は先端的研究を行う装置であり、その建設や利用には多額の経費を必要とすることから、アカウンタビリティーの観点からも、一般の国民にも分かるような形でその目的や成果等について、社会への情報発信を強化する必要があるため、大学、研究機関、産業界においてはその趣旨を踏まえた活動を充実すること。
- ・ 今後の加速器科学を支えるための人材育成が必要であることから、大学においては加

速器に関連するカリキュラムを充実、産業界においては大学等との連携を充実すること。

- ・加速器科学に関して各事業の国際分担や建設計画、利用の方針等を総合的に検討するための、産業界も含めた多方面の専門家による組織を設置することについて、そのあり方を含め、実施官庁において検討を行うこと。

さらに同年7月13日には、原子力委員会として当該報告書を尊重して推進していくこと等を旨とする「加速器検討会報告書「加速器の現状と将来」について」を取りまとめたところである。

## (2) 加速器の開発・利用に係る取組

### イオンビーム発生・利用に関する研究開発

放射線としてイオンビームを発生させ、利用する技術に関しては、その手段として主に加速器が用いられている。加速器は、平成8年6月原子力委員会放射線利用推進専門部会において報告された「加速器利用研究の推進について」に沿った各種加速器の整備・利用の促進が図られ、原子核研究のみならず広範な分野で利用されている。イオン照射研究施設(TIARA)においては、重イオンビームのマイクロビーム化、シングルイオンヒット技術等の新しい技術を開発し、細胞レベルでの分析、材料微細加工等に應用できるビーム利用技術の展開を図っており、今後新たな進展をもたらす分野を拡大するものと期待されている。

### 放射光の発生・利用技術開発

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など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)は、原子力分野における技術蓄積を基盤として整備され、原子炉材料の応力腐食割れの機構解明などの利用研究が本格的に進められている。

### 陽電子ビームの発生・利用技術開発

陽電子は電子と逆のプラスの電気を帯びていることから、物質最表面における原子の配列や運動状態の解析、金属材料の表面電気ポテンシャルの決定、超薄膜や異なる物質の境界面の構造や結晶格子の欠陥の解析への応用が期待されている。日本原子力研究所先端基礎研究センターでは、既に、エネルギーが揃った極めて平行性が高いビーム発生技術が開発され、物質表面原子の運動状態を示す一次ラウエ帯の計測に成功している。さらに、高強度ビームやパルス状ビームの発生技術の開発と次世代半導体や光触媒等の材料開発のための構造解析への応用が進められている。

### 大強度陽子加速器開発

大強度陽子加速器開発は核破砕反応という原子核の反応によって生成される中性子、ミ

ユオン、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年から日本原子力研究所と高エネルギー加速器研究機構との共同プロジェクトで建設が進められており、超伝導物質、電池の電極、磁性体、溶液、高分子、タンパク質等の構造解析、医薬品開発等の物質・生命科学研究、物質の起源を探るための原子核・素粒子研究及びニュートリノ研究、また中性子を長寿命核種に当て、短寿命核種や安定核種に変換する技術開発などへの多様な貢献が考えられている。

#### R I ビームの発生・利用技術開発

R I ビームについては、加速器の高エネルギー化及び大強度化により利用できる加速粒子の種類が飛躍的に拡大し、これまで実現できなかった核反応や新核種・元素の合成はもちろん、物質及び材料、生物、基礎医学など幅広い研究分野への利用が期待される。我が国では理化学研究所を中心として世界最先端の研究が進められており、例えば中性子ハロー、中性子スキンの存在がR I ビームを利用した研究により発見された。また宇宙における元素合成の解明が進められている。

また、理化学研究所は、現有の重イオン加速器を入射器として、ウランまでのすべての核種についてのR I を世界最大の強度でビーム化する加速器施設「R I ビームファクトリー」を平成9年より建設している。

建設の第1期計画は、平成7年度からの要素技術開発にはじまりR I ビーム発生装置の整備を主体とし、第2期計画はR I ビームの特徴を活かし、高度に利用する実験施設を建設する2段階での施設整備を予定している。第1期計画の施設整備は平成18年度までには終了する予定であり、第1期計画の段階で、R I をつくってビームを発生させることが可能となるので、この段階で重要な研究は開始できる。

第2期計画は、第1期計画の進捗状況を踏まえ、その開始の是非を決定することになっている。

## 2 核融合

未来のエネルギー選択枝の幅を広げ、その実現可能性を高める観点から、核融合の研究開発を推進する。今後達成、解明すべき主な課題は、核融合燃焼状態の実現、核融合炉工学技術の総合試験等があり、国際熱核融合実験炉(I T E R)計画はこの観点から重要である。なお、その推進に当たっては、「国際熱核融合実験炉(I T E R)計画について」(平成14年5月閣議了解)に基づいて進めていくことが必要である。また、核融合科学を広げる研究については、適切なバランスを考慮しつつ進めることが重要である。

### (1) 核融合エネルギー

核融合エネルギーは、軽い原子核同士が融合して別の原子核に変わる際に、質量の差分がエネルギーとなって出るもので、太陽エネルギーも核融合反応により発生している。

表2-4-1 核融合エネルギーの特徴

燃料となる重水素は海中に豊富に存在し、三重水素(トリチウム)は埋蔵量の多いリチウムより生成可能であり、資源の地域的な偏在がない。  
核的暴走が無いなど核融合反応の原理的な性質により、安全対策が比較的容易である。  
地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出が少ない。  
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である。

### (2) 核融合研究開発

核融合研究開発は、1950年代から本格的に開始され、これまで段階的に推進されてきている。

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)」と「原子力長期計画(平成12年)」、また文部科学省の科学技術・学術審議会学術分科会の下に設置された核融合研究ワーキンググループが取りまとめた「今後の我が国の核融合研究の在り方について(平成15年1月)」に基づき、日本原子力研究所、大学及び試験研究独立行政法人等の整合性に留意し、相互の連携・協力により研究開発が進められている。

また、原子力委員会核融合専門部会では、I T E Rに関する政府間協議の進行や欧米における早期実用化を目指した核融合研究開発の加速化(Fast Track)に関する議論を見守りつつ、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も現在検討を行っている。

日本原子力研究所においては、トカマク方式について実用化を目指した研究開発を進めている。特に、世界の大型トカマクの一つである臨界プラズマ試験装置(J T - 60)に関

しては、平成10年6月にはプラズマの総合性能を表す指標であるエネルギー増倍率（外部からの加熱入力エネルギーと核融合反応により生じる出力エネルギーの比）の世界最高記録1.25を達成するとともに、平成13年11月にはプラズマの中心部分に電流の流れない領域「電流ホール」を発見し、本領域に核融合プラズマを安定に保持できることを示し運転の効率化への道を拓いた。さらに平成15年6月にはITERで必要とされる高圧力プラズマをこれまでの世界記録の3倍となる24秒間維持するなど世界に先駆けた成果を上げており、さらなるプラズマ閉じ込めの性能向上による定常運転を目指した研究を行っている。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かかる試験等を実施している。

大学共同利用機関である核融合科学研究所においては、我が国独自のアイデ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研究・共同利用に供するとともに、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16年1月には、ヘリカル方式としては世界で初めてのイオン温度1億1300万度のプラズマの生成に成功し、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、その他の大学・試験研究独立行政法人等においては、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。

さらに、国際協力による研究開発も積極的に進められており、国際共同プロジェクトであるITER計画をはじめとして、日米エネルギー研究開発協力協定、日・欧州原子力共同体核融合協力協定等に基づく二国間協力並びにIAEA及びOECD/IEAの下での多国間協力が行われている。

### (3) ITER（国際熱核融合実験炉）計画

ITER（国際熱核融合実験炉）計画とは、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る。昭和60年（1985年）の米ソ首脳会談において提唱され、日本、EU、ロシア、米国（平成11年（1999年）まで）の国際協力により、昭和63年（1988年）から概念設計活動、平成4年（1992年）から工学設計活動が行われてきた。工学設計活動の最終報告書は、平成13年（2001年）7月に承認され、9年間に亘る工学設計活動は終了した。一方、原子力委員会核融合専門部会は最終報告書案についての検討を行い、ITERは平成13年（2001年）3月に設定された技術目標を満たし得るものであるとの評価を行った。その他、今後のITER建設及び運転に向け、国際協定の策定等を含む政府間協議が平成13年（2001年）11月より開始されている。

我が国における今後のITER計画の進め方について、社会的・経済的側面を考慮し、長期的展望に立ち、また国際社会の中での役割も見通した幅広い調査審議を進めるため、原子力委員会は、平成8年（1996年）12月、ITER計画懇談会を設置した。ITER計画

懇談会は、平成13年(2001年)5月、原子力委員会に対し、今後の我が国のITER計画への取り組みに関する検討結果を報告した。これを踏まえ、同年6月の委員会決定において、ITER計画については、ITER計画懇談会の報告書を尊重して推進していくことが適当と結論し、また、ITERの我が国への誘致を念頭においたサイト選定調査及び他極との協議を行うことが必要と考え、検討結果や検討状況も勘案して必要な判断を行うこととするとの見解を示した。

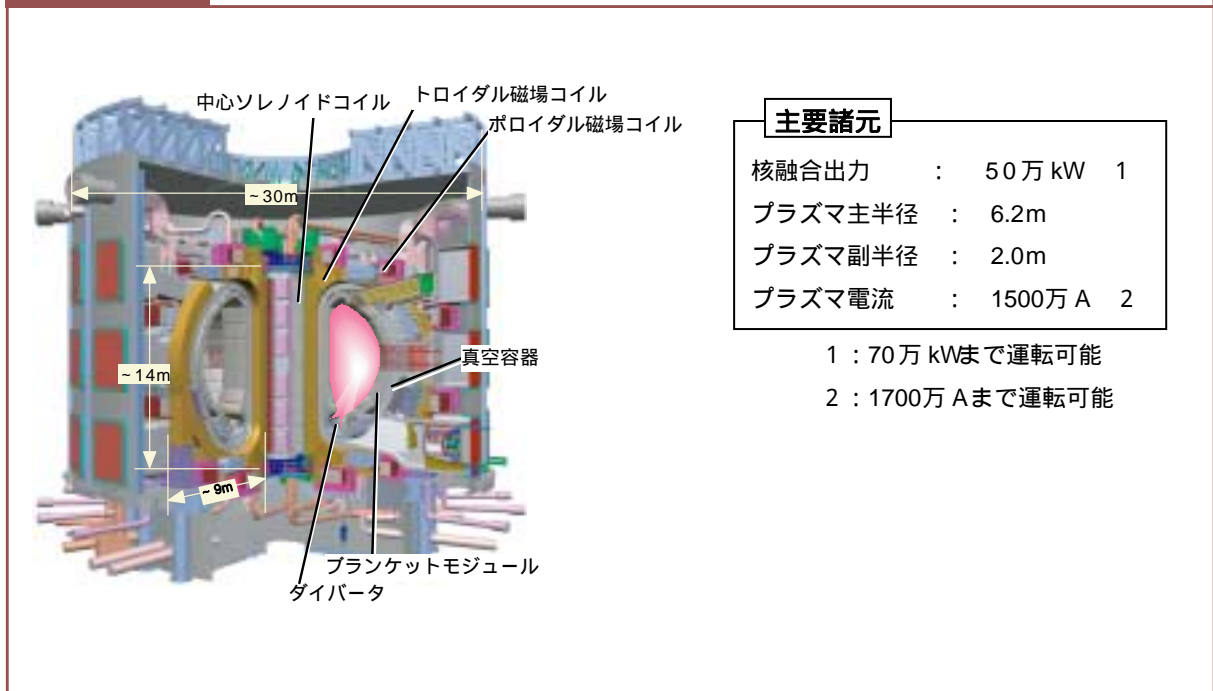
文部科学省において、サイトの公募が行われ、提案のあった北海道、青森県、茨城県の3地域においてサイト選定調査が実施され、青森県及び茨城県が適しているとの結果が得られた。一方、総合科学技術会議においては、平成13年(2001年)6月より、我が国のITER計画への参加、誘致の意義、経費負担等について、原子力委員会での検討結果を踏まえつつ、科学技術政策上の観点から検討を行った。その結果、平成14年(2002年)5月、ITER計画について政府全体で推進するとともに、国内誘致を視野に、政府において最適なサイト候補地を選定しITER政府間協議に臨むこと、参加極間の経費分担については経済規模を反映したものとすべきとの結論をまとめた。同年同月、青森県上北郡六ヶ所村を国内候補地として提示して政府間協議に臨むことを閣議了解した。

ITER計画に関する政府間協議は、平成13年(2001年)11月に我が国、EU、ロシア及びカナダの4極が参加する第1回政府間協議が開始され、これまで9回の政府間協議が実施された。政府間協議では、ITER共同実施協定等に関する検討が進められるとともに、我が国に加えて、カナダ(クラリントン)、フランス(カダラッシュ)、スペイン(バンデヨス)がITERサイト候補地を提案した。これら候補地に対するサイト共同評価が行われ、平成15年(2003年)2月に開催された第8回政府間協議では、どの候補地においてもITER計画が実施可能であるとの結果が報告された。

議会の反対により平成11年(1999年)7月にITER計画から撤退して米国では、ITER計画への復帰に向けた動きが起こった。その結果、全米科学アカデミー等による検討を経て、平成15年(2003年)1月に米国はITER計画への再参加を表明し、同年2月に開催された第8回政府間協議より参加している。中国も同じく第8回政府間協議から参加しており、その他、韓国が同年6月にITER計画への参加を表明、各極に承認された。

ITER建設地については、日本の六ヶ所村、フランスのカダラッシュ、スペインのバンデヨス、カナダのクラリントンを候補地とし、平成15年(2003年)6月には建設地決定に向けた第1回六極次官級会合が開催された。その後2回の六極次官級会合(第3回会合から、欧州の候補地をフランスのカダラッシュに一本化)を経て同年12月に第1回六極閣僚級会合が開催(カナダは資金負担に関し自国内の調整がつかず撤退)されたが、米国と韓国は日本誘致を支持したものの、ロシア及び中国はEU誘致を支持したため、建設地の合意には至らなかった。その後、平成16年(2004年)2月の六極次官級会合、同年3月のサイトに関する技術フォーラム、3回にわたる日欧次官級協議を経て、同年6月に第5回六極次官級会合、同年11月にも六極次官級会合が開催されたが、建設地の合意には至らず、現在我が国としては、六極の枠組みの下、日本誘致が実現するよう、引き続き関係国と連携しつつ協議を進めているところである。

図2-4-1 ITERの概要



### 3 革新的原子力システム

21世紀を展望すると、次世代軽水炉とともに、高い経済性と安全性を持ち熱利用等の多様なエネルギー供給や原子炉利用の普及に適した革新的な原子炉が期待される。このため、炉の規模や方式にとらわれず、多様なアイデアの活用留意しつつ、国、産業界及び大学が協力して革新的な原子炉の研究開発についての検討を行うことが必要である。

#### (1) 国際的取組

将来のエネルギー需要や社会的ニーズを満たすため、世界各国で革新的な原子炉及び核燃料サイクル技術（革新的原子力システム）の研究開発が進められている。その研究開発に当たっては、他分野の大型研究開発と同様、一国のみで開発を進めるよりは、人的・資源的に国際分担を行い、成果を共有するという考え方が広まっている。

現在、国際的な革新的原子力システム開発としては、第4世代原子力システム<sup>11</sup>に関する国際フォーラム（Generation IV International Forum : GIF）と革新的原子炉及び燃

11 第4世代原子力システムとは  
第1世代(初期の原型炉的な炉)、第2世代(PWR, BWR, CANDU炉など)、第3世代  
(ABWR, AP600, EPRなど)に続く原子力システム。平成42年頃に実用化を念頭。

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）の2つがある。

GIFは米国エネルギー省の提唱により、平成12年（2000年）に発足し、日本を含む10ヶ国と国際機関（アルゼンチン、ブラジル、カナダ、フランス、日本、韓国、南アフリカ、スイス、英国、米国、ユーラトム）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「持続可能性」「安全性/信頼性」「経済性」「核拡散抵抗性」の要件を満たし、平成42年（2030年）までに実用化が可能と考えられる6候補概念（ガス冷却高速炉、溶融塩炉、ナトリウム冷却高速炉（MOX燃料、金属燃料）、鉛冷却高速炉、超臨界圧水冷却炉、超高温ガス炉）が選定されたところであり、国際共同研究の組織構築のための検討を行っている。

一方、INPROはIAEAの呼びかけにより、平成16年（2004年）11月現在でロシアなど21ヶ国・国際機関（アルゼンチン、アルメニア、ブラジル、ブルガリア、カナダ、チリ、中国、チェコ、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、韓国、パキスタン、オランダ、ロシア、南アフリカ、スペイン、スイス、トルコ、欧州委員会）が参加し、平成13年（2001年）5月に発足しており、我が国はオブザーバーとして参加している。現在、平成62年（2050年）までを見通した、将来の原子力エネルギー技術、概念の比較方法およ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。

## （2）我が国の取組

我が国においては、民間、大学、国の研究機関において、様々な革新的原子力システムの研究開発が進められており、文部科学省及び経済産業省においても、産学官連携による革新的原子力システムの研究開発を推進するため、公募型研究制度を実施している。

文部科学省においては、非軽水炉の革新的技術開発等を対象とし、経済産業省においては軽水炉の革新的技術開発等を対象としている。両省は運用面での連携を行うことにより、原子力研究開発全体が効果的に実施されるようにしている。

原子力委員会は、このような国内外の情勢や革新的原子力システムの必要性及びそれに対する社会の期待を踏まえ、革新的原子力システムの研究開発のあり方を検討するため、原子力委員会研究開発専門部会の下に革新炉検討会を設置し、平成12年1月以来7回の会合を開催した。検討会は、今後開発する意義のある革新的原子力システムの概念をまとめるとともに、研究開発に当たっての重要なポイントをまとめた報告書「革新的原子力システムの研究開発の今後の進め方について」を作成した。

国の研究機関においては、特殊法人である日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構の原子力二法人が革新的原子力システムの研究開発を進めている。具体的には、日本原子力研究所において、低減速軽水炉の研究開発、高温工学試験研究炉（HTTR）の研究開発が進められている。また、核燃料サイクル開発機構において、高速増殖原型炉「もんじゅ」の研究開発、及び高速増殖炉サイクルの実用化像の具体化を目指した実用化戦略調査研究が進められている。（「第2章第3節8．高速増殖炉サイクル技術」参照）

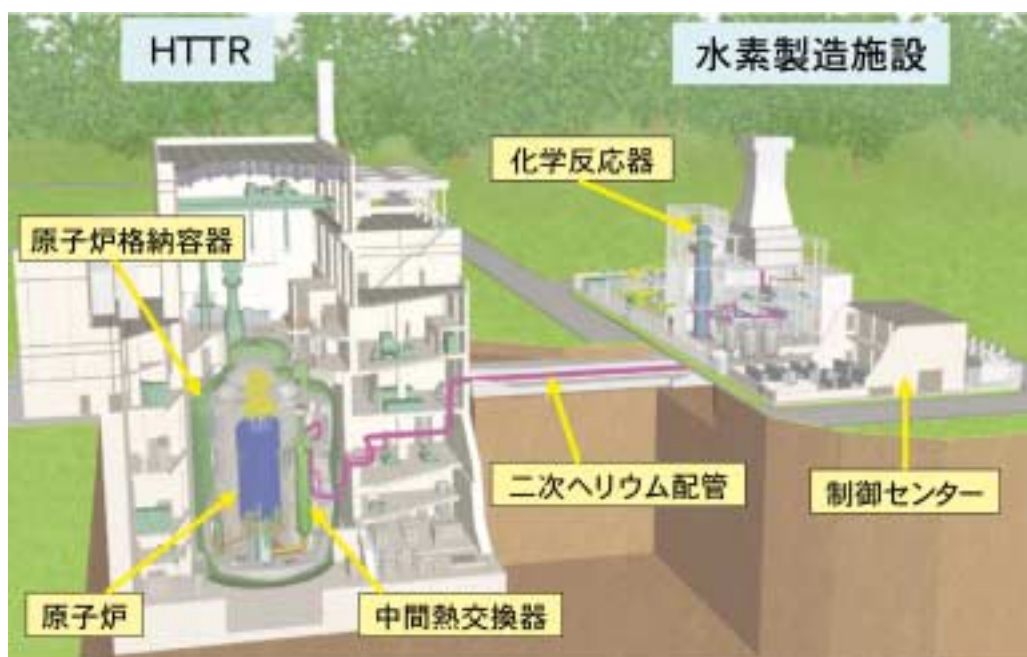


## ガス冷却炉研究開発に係る取組

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り、1000 程度の高温の熱が供給できるため、発電のみならず水素製造などさまざまな分野での原子力エネルギーの利用の選択肢を与えることが期待される。日本原子力研究所では、高温ガス炉の基盤技術の確立、高度化及び高温工学に関する先端の基盤研究を進めるため、高温工学試験研究炉(H T T R)を建設し出力上昇試験を進めてきたが、平成13年12月に最大熱出力30MWを達成するとともに、我が国で初めて850 の高温ヘリウムガスを原子炉から取出すことに成功した。さらに、平成16年4月に世界に先駆け原子炉出口冷却材温度950 を達成し、6月には高温試験運転に係る使用前検査合格証を取得した。これによりH T T Rの設置許可申請に係る原子炉の性能試験をすべて終了した。

現在、発電については、高温ガスを利用する直接サイクル再生型ヘリウムガスタービンを用いた高効率発電による経済性の向上を目指し、1次ヘリウムガス系にタービンを入れるガスタービン発電システムの研究が行われている。また、水素製造技術に関しては、ISプロセス<sup>12</sup>の工学基礎試験、並びに原子炉と核熱利用設備を接続するためのシステムインテグレーション技術の研究が行なわれている。

図2-4-3 H T T Rと水素製造プラント



12 ISプロセス：高温ガス炉から得られる高温の核熱を用いて水を分解して水素を製造する熱化学水素製造法。水の熱分解は通常では4000 以上の高温が必要であるが、硫黄とヨウ素を熱化学反応の循環物質とすることで、1000 以下の温度で実現する。IS プロセスは原料の水をヨウ素及び二酸化硫黄と反応させてヨウ化水素 (HI)と硫酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)を生成するブゼン反応及びヨウ化水素を熱で水素とヨウ素に分解する反応、硫酸を酸素、水、二硫化硫黄に分解する反応で構成される。日本原子力研究所では、ISプロセスの基本反応及び分離操作を組み合わせた実験室規模の水素製造実験を行い、反応に関与する二酸化硫黄やヨウ素などの循環物質をほとんど損なうことなく連続的に水を分解できることを世界で始めて実証した。さらに、実験室規模の連続水素製造の研究を行い、175時間により毎時31リットルの水素発生に成功した。

#### 水冷却炉研究開発に係る取組

現在我が国の主要な電源として実績を有する軽水炉技術をベースとして、エネルギーの長期安定供給を目指す低減速軽水炉の開発が進められている。低減速軽水炉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、経済性の向上を図るという特長がある。日本原子力発電（株）、日本原子力研究所、（株）東芝、（株）日立製作所等においては、連携しつつ、炉物理試験、限界熱流束試験、被覆管材料開発等の低減速軽水炉開発に向けた技術開発を進めている。

東京大学、（株）東芝、（株）日立製作所においては、同様に連携しつつ、超臨界圧軽水炉の開発が進められている。超臨界圧軽水炉は、現在多くの火力発電プラントで用いられている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により、開発、建設及び運転のコストの低減を目指したものである。

このほか、民間においては、次世代軽水炉として、スケールメリットにより建設単価を引き下げることを目指す改良発展型の大型軽水炉の開発が進められている。

#### 公募型研究制度

国においては、特殊法人である日本原子力研究所と核燃料サイクル開発機構の原子力二法人における革新的原子力システムの研究開発に加えて、公募型研究制度を実施している。

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14年度より革新的原子力技術の開発（公募型研究）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、将来期待される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、平成12年度より、原子力発電及び核燃料サイクルの安全性・経済性を向上させる革新的・独創的な実用原子力技術を発掘し、さらに、競争環境下での技術開発を促進する観点から、大学、研究機関、民間企業又はこれらの連携体を対象として技術開発テーマを広く公募により募集する制度を実施している。

## 4 基礎・基盤研究

原子力科学技術の基礎研究は原子力の多様な可能性を引き出し、将来の技術革新につながるようなシーズを生み出す。また、この分野の基盤研究は原子力分野のプロジェクト研究及び他の科学技術分野の発展に寄与する。国は、これらの研究について競争的な資金の活用も考慮し、研究者の独創性を重視し、適切な評価を行いつつ推進することが必要である。

原子力を支える基礎・基盤研究は、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など広範にわたり、国立試験研究機関、独立行政法人、特殊法人及び大学などにおいて推進されている。

(1) 国立試験研究機関等における原子力試験研究

各府省所管の国立試験研究機関及び独立行政法人において、物質・材料、生体・環境影響、知的、防災・安全の4基盤技術分野について各行政ニーズに基づき行う「先端的基盤研究」及び原子力委員会（原子力試験研究検討会）のトップダウンで行う「総合的研究（原子力基盤クロスオーバー研究）」が行われており、その成果は、原子力分野の研究開発水準の向上とともに、各府省の行政施策に反映されている。原子力委員会は、関係行政機関の原子力利用に関する経費の見積り及び配分計画に関することを所掌する立場から、研究課題の評価を実施している。平成16年度は6府省23機関において105課題の研究が行われている。（表2-4-2参照）

原子力基盤クロスオーバー研究は、特に複数の研究機関の研究ポテンシャルを有機的に結集して取り組む必要がある研究テーマについて、研究機関間の積極的な研究交流のもとに研究開発を推進する制度である。平成元年に発足し、平成15年度まで第3期の研究（放射線生物影響、ビーム利用、原子力用材料開発、ソフト系科学技術、計算科学技術の5領域において8研究テーマ）を実施した。平成16年度からは、原子力委員会（原子力試験研究検討会）のトップダウンによる研究として制度の抜本的見直しを行い、新たなクロスオーバー研究として、2研究テーマを実施している。（表2-4-3参照）

表2-4-2 国立試験研究機関及び独立行政法人における主な原子力試験研究の課題名（平成16年度）

分野	主な研究テーマ	府省名	機関名
物質・材料基盤技術	高熱伝導性同位体材料に関する研究	文部科学省	(独)物質・材料研究機構
	励起中性粒子線によるスピン偏極計測に関する研究	文部科学省	(独)物質・材料研究機構
	超伝導磁気分離技術を用いた放射性物質分離法に関する研究 超高強度レーザーによる高エネルギー粒子・放射源に関する研究	文部科学省	(独)物質・材料研究機構
	高熱伝導性同位体材料に関する研究	経済産業省	(独)産業技術総合研究所
	SR光およびイオンビームによる微構造3次元セラミックスの作成と新機能発現の研究	経済産業省	(独)産業技術総合研究所
生体・環境影響	線照射を利用したナノキャピティをもつハイドロゲルの調製とタンパク質製剤への応用に関する研究	厚生労働省	国立医薬品食品衛生研究所
	放射線に対する細胞内センサーと生体防御に関する研究	厚生労働省	国立感染症研究所

分野	主な研究テーマ	府省名	機関名
体生・環境影響 技盤基術	マイクロSPECTを利用した機能画像の定量化と循環器疾患の実験的治療研究への応用	厚生労働省	国立循環器病センター
	低エネルギー電子ビーム利用による臭化メチルくん蒸代替食品貯蔵害虫防除技術の開発	農林水産省	(独)食品総合研究所
	ガス交換能を有する肺胞モデルの開発と健康影響評価への応用	環境省	(独)国立環境研究所
知的基盤技術	原子力材料用分散知識ベースの創成に関する研究	文部科学省	(独)物質・材料研究機構
	先端領域放射線標準の確立とその高度化に関する研究	経済産業省	(独)産業技術総合研究所
	原子力ロボットの実環境技能蓄積技術に関する研究	経済産業省	(独)産業技術総合研究所
	複雑形状部ストリーミング安全評価手法に関する研究	国土交通省	(独)海上技術安全研究所
	遮蔽計算コードシステムの高度化に関する研究	国土交通省	(独)海上技術安全研究所
防災・安全基盤技術	緩衝材の地震荷重下における動的特性に関する研究	文部科学省	(独)防災科学研究所
	高選択性分離膜による放射性廃液処理と放射性廃棄物エミッションの低減化の研究	経済産業省	(独)産業技術総合研究所
	RI廃棄物のクリアランスレベル検認技術の確立に関する研究	経済産業省	(独)産業技術総合研究所
	原子力施設の新システムによる免・制震化技術の研究	国土交通省	(独)建築研究所
	使用済燃料の中間貯蔵システムにおける放射線遮断に関する研究	国土交通省	(独)海上技術安全研究所

表2-4-3 原子力基盤クロスオーバー研究の技術領域、研究テーマ及び実施機関

研究テーマ	機関名
照射・高線量領域の材料挙動制御のための新しいエンジニアリング	物質・材料研究機構、東京大学、(財)電力中央研究所、日本原子力研究所他
低線量域放射線に特有な生体反応の多面的解析	放射線医学総合研究所、近畿大学、東北大学、理化学研究所他

## (2) 日本原子力研究所における基礎・基盤研究

日本原子力研究所においては、先端基礎研究センターにおいて、放射場科学、重元素科学及び基礎原子科学の3領域における先端基礎研究を推進している。また、大学などの研究との連携強化を図りつつ、光量子・放射光科学、中性子科学、物質科学、原子力環境科学など、原子力の新たな可能性を切り拓くための基礎研究に積極的に取り組んでいる。

光量子科学研究に関しては、平成7年に拠点となる関西研究所を設置し、平成11年、京都府木津地区に光量子科学研究施設整備を完了するなど研究体制の強化を図り、X線レーザーなどの先進的レーザー開発とその利用研究を推進している。

また、核データの評価、炉物理、材料、燃料、熱流動など、原子力エネルギー利用を支える基盤研究分野の今日的課題を解決するための研究を推進するとともに、中部電力浜岡発電所1号機の配管破損事故、東京電力及び東北電力の原子力発電所における一連の炉心シュラウド及び再循環配管のひび割れ問題、関西電力美浜発電所3号機の配管破損事故といったトラブル発生時には、国が実施した原因調査等の活動で中心的役割を果たした。

このような基礎研究の推進に当たり、平成8年に発足した博士研究員流動化促進制度により外部の若手研究者を有効に活用するなど、柔軟かつ競争的な研究環境の整備に努めている。

表2-4-4 日本原子力研究所における主な基礎・基盤研究のテーマ (平成16年度)

分野	研究テーマ
中性子科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>中性子利用による物質・生命科学研究 (超伝導体の磁気構造研究、生体物質、高分子の構造解明等) [大強度陽子加速器の物質・生命科学実験施設を建設中]</li> </ul>
光量子・放射光科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>光量子光源(先進的レーザー)の開発 (極短パルス超高ピーク出力レーザーの高出力化、X線レーザーの短波長化及び高コヒーレント化、自由電子レーザーの高出力化・広帯域波長可変)</li> <li>光量子基盤技術に関する研究 (光量子源の高出力化と利用研究に必要な光学素子、複合集積型素子、軟X線多層膜鏡、高品質大型レーザー結晶等の開発)</li> <li>光量子源の利用に関する研究 (レーザー加速による電子加速及びイオン発生技術の開発、超高強度場における光・物質相互作用による高エネルギーX線、高エネルギー粒子発生、X線レーザーによる生体物質等の微細構造の超高速現象の観測・解明)</li> <li>放射光利用研究 (放射光を利用した極限環境物性研究、構造物性研究、重元素科学研究、表面化学研究、電子物性研究、物質構造シミュレーション)</li> </ul>
高度計算科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>共通並列処理技術の研究開発 (並列計算手法の開発、整備等の並列処理技術の共通基盤化)</li> <li>原子力分野における複雑現象の解明 (数値トカマク研究開発、光量子・物質相互作用シミュレーション開発、第一原理計算・分子動力学・格子ボルツマン法などを用いた材料物性、熱流動現象を対象とした大規模シミュレーション研究)</li> <li>ITBL(IT-Based Laboratory)計画の推進 (ITBLの利用推進、ITBL基盤ソフトの運用・管理、生命機能情報解析手法の高度化、ITを活用した地域数値環境システムの開発)</li> </ul>
先端基礎研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射場科学 (ソフトマター中性子散乱の研究、先端偏極中性子散乱によるスピン・格子物性の研究など6テーマ)</li> </ul>

分野	研究テーマ
先端基礎研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 重元素科学 (単一原子による重元素核化学の研究、超ウラン化合物の化学の研究など6テーマ)・基礎原子科学 (多体ハドロン理論によるマクロ現象の研究、軌道縮退の大きな系における多体電子理論の研究など5テーマ)</li> </ul>
原子力環境科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大気・陸域・海洋における環境動態研究</li> <li>・ 高度分析科学研究</li> <li>・ 核不拡散対応分析技術開発</li> <li>・ 環境保全技術開発</li> </ul>

研究用原子炉については、原子炉設計そのものに係る研究開発のほか、中性子源としての照射利用、中性子ビームを利用した研究開発等の広範な分野での利用が進められている。この炉を用いて、軽水炉の高度化、高速増殖炉及び核融合炉開発等のための燃料及び材料の照射研究、微量物質の放射化分析、熱中性子等を利用した医療のための照射技術の開発、放射性同位元素の製造・利用研究が進められている。

また、高分子化学、ライフサイエンス、材料科学等の一層広範な研究開発分野においては、高性能の熱中性子及び冷中性子ビーム等の回折及び散乱現象等の利用が進められているほか、中性子ラジオグラフィについてもこれまで主に用いられてきた熱中性子に加え、冷中性子を用いた研究が進められている。

図2-4-7 改造により性能が向上したJRR-3Mの建屋(上)と炉室(下)



表2-4-5 日本原子力研究所の研究用原子炉の利用状況

研究炉名	用途	主な研究	使用者
JPDR (動力試験炉)		平成5年3月に解体終了	
JRR - 2		平成8年12月に運転終了	
JRR - 3M	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ビーム実験</li> <li>・照射試験</li> <li>・放射化分析</li> <li>・RIの生産</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中性子散乱による物性研究</li> <li>・燃料、材料の照射研究</li> <li>・中性子ラジオグラフィによる研究</li> </ul>	日本原子力研究所、大学、国立試験研究機関、民間会社、その他
JRR - 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>・医療照射</li> <li>・放射化分析</li> <li>・照射試験</li> <li>・教育訓練</li> <li>・RIの生産</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生物医療照射研究</li> <li>・基礎研究</li> <li>・燃料、材料の照射研究</li> </ul>	同上
JMTR	<ul style="list-style-type: none"> <li>・照射試験</li> <li>・RIの生産</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軽水炉燃料の出力急上昇試験</li> <li>・原子炉圧力容器鋼の照射研究</li> <li>・高温ガス炉用燃料</li> <li>・材料の照射研究</li> <li>・核融合実験炉用ブランケットの開発</li> </ul>	同上
NSRR (原子炉安全性研究炉)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉の工学的安全性研究</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・軽水炉高燃焼度燃料及びATR照射済燃料の照射研究</li> </ul>	日本原子力研究所
HTTR (高温工学試験研究炉)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高温工学試験研究</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>平成10年11月臨界</li> <li>・高温ガス炉技術の基盤の確立と高度化を図るための研究</li> <li>・高温工学に関する先端的研究</li> </ul>	日本原子力研究所、大学、国立試験研究機関、民間会社(予定)