

第3節 原子力利用の着実な推進

1 エネルギー利用

1. 原子力発電

(1) 原子力発電を取り巻く状況

原子力については安定供給性に資する他、発電過程で二酸化炭素を排出することがなく地球温暖化対策の面で優れた特性を有するとされ、平成14年6月に成立、施行されたエネルギー政策基本法に基づき平成15年10月に閣議決定されたエネルギー基本計画の中では、原子力については、安全確保を大前提に、核燃料サイクルを含め、基幹電源として推進することとしている。

また、平成17年2月16日の京都議定書の発効を受け、同年4月28日に閣議決定された「京都議定書目標達成計画」においても、原子力発電は、エネルギー供給部門の二酸化炭素削減対策として、極めて重要な位置を占めるものとして位置づけられ、着実に推進することとされている。

また、電気事業を取りまく近時の環境変化の一つとして電力自由化が挙げられているが、これについては、まず平成7年の電気事業法改正において、発電部門の自由化が行われ、発電設備を持つ企業が一般電気事業者に入札を通じて電力を販売できる卸電力入札制度が導入された。その後、段階的に事業者の範囲が拡大され、平成17年からは、全ての高压需要家（50kW以上）が小売自由化の対象となった。電力自由化は、①法的供給独占による需要確保や総括原価主義によるコスト回収の保証がなくなる、②競争の高まりを背景にコスト圧縮努力の一環として設備投資抑制圧力が高まる、③電気事業者各社は競合関係におかれることになり、事業者間競争の圧力が高まる、といった点で原子力発電投資に影響を与える可能性がある。このため、平成18年8月に総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会が取りまとめた「原子力立国計画」において、今後、全面自由化を行うかどうかなどの電気事業制度の在り方について経済産業省等で検討を行う際には、これらの影響に配慮して慎重な議論が行われることが適切であるとされている。

(2) 我が国の原子力発電の状況

昭和38年10月26日、原子力機構の動力試験炉 J P D R⁶（軽水型、電気出力12,500kW）が運転を開始し、我が国初の原子力発電が始まった（後にこの日を「原子力の日」と決める）。その後、我が国の発電設備容量は順調に伸び、昭和53年には1,000万kW、昭和59年には2,000万kW、平成2年には3,000万kW、平成6年には4,000万kW、平成9年には4,500万kWを超えた。

6 J P D R: Japan Power Demonstration Reactor

表2-3-1

我が国の原子力発電設備容量（平成18年12月末）

	基 数	総容量（グロス電気出力）
運 転 中	55	4,958 万 kW
建 設 中	3 (2)	256.5 (228.5) 万 kW
着 工 準 備 中	11	1,494.5 万 kW
合 計	69 (68)	6,709.0 (6681.0) 万 kW

（ ）内は研究開発段階の原子炉を除く

平成18年には、新規の原子力発電所として、3月に北陸電力（株）志賀原子力発電所2号機（135.8万kW）が運転を開始した。

同年末現在、運転中の商業用原子力発電所は55基、発電設備容量は4,958万kWとなっている。これは、米国、フランスに次ぐ世界第3位の設備容量である。

平成18年度電力供給計画などによると、現在建設中の商業用原子力発電所は、北海道電力（株）泊発電所3号機及び中国電力（株）島根原子力発電所3号機の2基、228.5万kWである。また、着工準備中のものは、東北電力（株）東通原子力発電所2号機、浪江・小高原子力発電所、東京電力（株）福島第一原子力発電所7、8号機、東通原子力発電所1、2号機、中国電力（株）上関原子力発電所1、2号機、電源開発（株）大間原子力発電所及び日本原子力発電（株）敦賀発電所3、4号機と合わせて合計11基、1,494万5千kWである。以上の運転中、建設中及び着工準備中のものを含めた合計は、商業用原子力発電所は68基、6,681万kW、研究開発段階原子炉（もんじゅ）を含めると、69基、6,709万kWである。

原子力発電は、平成17年度末、一般電気事業用の発電設備容量の20.8%、平成16年度実績で、一般電気事業用の発電電力量の31.0%を占め、我が国の電力供給において主要な役割を果たしている。

表2-3-2

我が国の原子力発電所の設備利用率推移

(単位：％)

年 度	BWR	PWR	総合平均
平成6年	77.8 [25]	75.2 [22]	76.6 [48]
平成7年	82.5 [26]	77.6 [22]	80.2 [49]
平成8年	83.5 [27]	77.5 [22]	80.8 [50]
平成9年	79.7 [28]	83.4 [23]	81.3 [52]
平成10年	84.6 [28]	83.7 [23]	84.2 [51]
平成11年	79.5 [28]	80.9 [23]	80.1 [51]
平成12年	79.9 [28]	84.1 [23]	81.7 [51]
平成13年	78.6 [29]	82.9 [23]	80.5 [52]
平成14年	61.9 [29]	89.1 [23]	73.4 [52]
平成15年	39.0 [29]	87.9 [23]	59.7 [52]
平成16年	63.4 [30]	76.5 [23]	68.9 [53]
平成17年	65.2 [32]	81.5 [23]	71.9 [55]

(注) ① 設備利用率(％)＝[発電電力量(kWh)の合計]／[(認可出力(kW)×暦時間数(h))の合計]×100
 ② 平成9年までの総合平均はガス冷却炉(GCR)を含めた値
 ③ []内は基数

(出典：平成18年度原子力施設運転管理年報)

表2-3-3

運転月数の推移(ガス冷却炉(GCR)を除く平均)

終了年度	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年	平成14年	平成15年	平成16年	平成17年
運転月数	12.5	12.6	12.4	12.7	12.9	11.5	12.2	11.8	11.4

(注)・年度内に定期検査が開始された各プラントの前回定期検査終了(総合負荷性能検査)から今回定期検査開始による発電停止までの期間(中間停止及びトラブルによる停止期間は除く)を平均したものを運転月数(日数/30日)とした。
 ・新規プラントの第一サイクルは除いた。

(出典：平成18年版原子力施設運転管理年報)

(3) 原子力発電の将来見通し

我が国の発電電力量の約3分の1を供給する原子力発電は、供給安定性に優れていること、また、地球温暖化対策に優れた特性を有していることから、平成15年10月に閣議決定した「エネルギー基本計画」において、原子力発電を基幹電源と位置づけ推進することとしている。また「原子力政策大綱」においても、中長期的に原子力発電が総発電電力量の30～40%という現在の水準程度かそれ以上の役割を担うことが適切である旨の方針が示されている。

原子力発電所の新增設については、平成18年に1基が運転を開始し、現在、2基が建設中であるなど進捗が見られる地点がある一方、平成14年の東京電力(株)の自主点検検査記録の不正記載や平成16年の関西電力(株)美浜発電所3号機の復水配管の破損事故等、原子力に対する国民の信頼を損なう問題が発生したこと、また、電力需要の伸び悩み等を背景として、計画から運転開始までのリードタイムがさらに長期に及んでいる。

平成18年度電力供給計画などによると、13基の新增設が計画されており、平成27年度までに9基 1,226.2万kWが運転開始し、63基 6,148.5万kWになると計画されている。

注) 経済産業省の総合資源エネルギー調査会需給部会において平成17年3月に取りまとめた「2030年のエネルギー需給展望（中間とりまとめ）」では、平成22年度までに運転開始する原子力発電所は、現在建設中の3基（うち東北電力（株）東通原子力発電所1号は平成17年12月、北陸電力（株）志賀原子力発電所2号は平成18年3月に運転開始）を加えた56基 5,049.2万kWと見込んでいる。

（４）世界の原子力の基本政策と原子力発電の状況

世界の原子力発電設備容量は、平成18年（2006年）12月末現在、運転中のものは435基、3億6,886万kWに達しており、建設中、計画中のものを含めると総計526基、4億5,950万kWとなっている。供給された電力量は2兆6,260億kWh⁷であり、これは全世界の電力の約16%にあたる。

※原子力発電の状況については第1章第2節にも記載

7 データ出典：IAEA

表2-3-4

世界の原子力発電の開発状況（平成18年12月末現在）

（MWe、グロス電気出力）

国・地域	原子力による 年間発電量	原子力 発電比率	設備利用率	運転中		建設中		計画中	
	GWh	%	%	出力	基数	出力	基数	出力	基数
1 米国	781	19%	90.8%	98,254	103	1,200	1	2,716	2
2 仏国	431	79%	81.1%	63,473	59	0	0	1,630	1
3 日本	281	29%	68.6%	47,700	55	2,285	2	14,945	11
4 ドイツ	155	31%	86.8%	20,303	17	0	0	0	0
5 韓国	139	45%	91.2%	17,533	20	950	1	8,250	7
6 ロシア	137	16%	73.3%	21,743	31	2,650	3	9,600	8
7 カナダ	87	15%	83.1%	12,595	18	1,540	2	2,000	2
8 ウクライナ	83	49%	81.0%	13,168	15	0	0	1,900	2
9 英国	75	20%	71.5%	10,982	19	0	0	0	0
10 スウェーデン	70	45%	87.7%	8,975	10	0	0	0	0
11 スペイン	55	20%	83.1%	7,442	8	0	0	0	0
12 中国	50	2%	86.8%	7,587	10	4,170	5	12,920	13
13 ベルギー	45	56%	89.4%	5,728	7	0	0	0	0
14 台湾	38	20%	88.3%	4,884	6	2,600	2		
15 チェコ	23	31%	76.5%	3,472	6	0	0	0	0
16 フィンランド	22	33%	95.3%	2,696	4	1,600	1	0	0
17 スイス	22	32%	77.8%	3,220	5	0	0	0	0
18 ブルガリア	17	44%	76.1%	1,906	2	0	0	1,900	2
19 スロバキア	16	56%	82.5%	2,064	5	0	0	840	2
20 インド	16	3%	68.2%	3,577	16	3,178	7	2,800	4
21 ハンガリー	13	37%	84.7%	1,773	4	0	0	0	0
22 南アフリカ	12	6%	78.1%	1,842	2	0	0	165	1
23 メキシコ	11	5%	92.3%	1,310	2	0	0	0	0
24 リトアニア	10	70%	89.3%	1,185	1	0	0	0	0
25 ブラジル	10	3%	70.1%	1,901	2	0	0	1,245	1
26 アルゼンチン	6	7%	78.0%	935	2	692	1	0	0
27 スロベニア	6	42%	98.3%	696	1	0	0	0	0
28 ルーマニア	5	8%	89.3%	655	1	655	1	0	0
29 オランダ	4	4%	95.5%	485	1	0	0	0	0
30 アルメニア	3	43%	76.3%	376	1	0	0	0	0
31 パキスタン	2	3%	68.9%	400	2	300	1	600	2
32 トルコ	0			0	0	0	0	4,500	3
33 イラン	0			0	0	915	1	1,900	2
合 計	2626	16%		368,860	435	22,735	28	67,911	63

原子力発電比率は総発電量に占める原子力による発電量の割合。

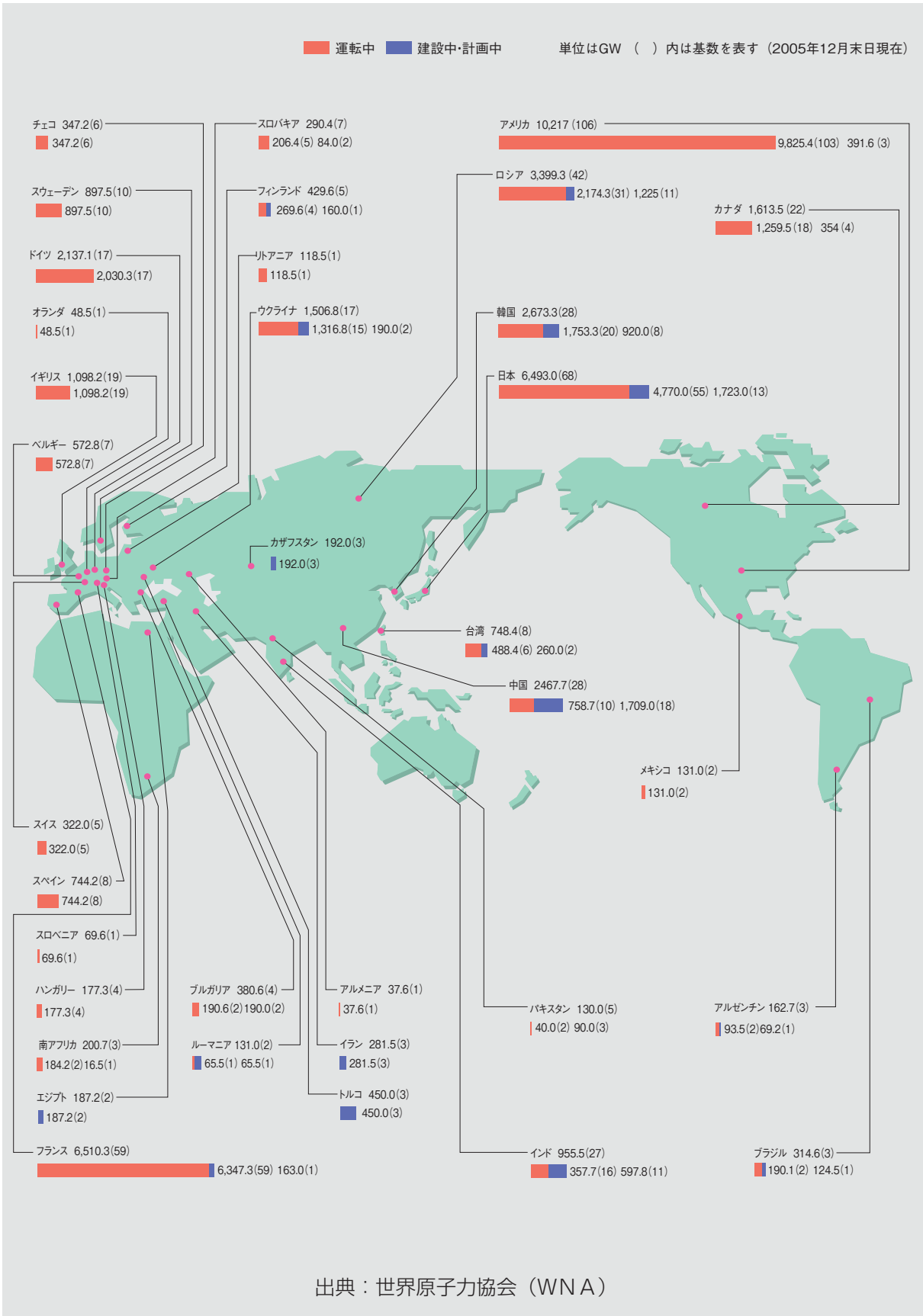
運転中～計画中の発電所データは2006年12月末現在、原子力による年間発電量、原子力発電比率、設備利用率は2005年の実績。

出典：WNA（世界原子力協会）、IAEA PRIS

図2-3-1

世界の原子力発電の開発状況

■世界の原子力発電の開発状況



①米国

米国では、1970年代に新規原子力発電所建設の発注が途絶えて以降は、既存の原子力発電所の定期検査のサイクルの長期化、出力増強等により発電電力量を増大（平成15年（2003年）までの10年間で100万kW級の原子力発電所約22基分相当）させることにより、エネルギーの安定供給を図ってきた。しかし、カリフォルニアのエネルギー危機等を背景に、平成13年（2001年）5月、ブッシュ大統領は国家エネルギー政策を発表し、省エネルギー、エネルギー基盤の強化、エネルギー供給の拡大、環境保全の加速、エネルギー安全保障の強化という5つの目標のもと様々な政策を進めることとした。

このような米国の姿勢は、平成22年（2010年）までに新たな原子力発電所を建設、運転開始することを目標とした「原子力2010計画の推進」として具体化されている。また、放射性廃棄物政策修正法に基づく手続きを経て、高レベル放射性廃棄物の処分場をネバダ州ユッカマウンテンに建設することが、平成14年（2002年）7月に決定された。

米国エネルギー省は、別途、「先進的燃料サイクル・イニシアチブ（Advanced Fuel Cycle Initiative：AFCI）」を立ち上げ、原子力発電所から出る高レベル放射性廃棄物の量の削減、使用済燃料中に含まれる放射毒性の強い長寿命核種の分離、使用済燃料を発電のための燃料として再利用することについて検討を行っている。

また、平成15年（2003年）2月、ブッシュ大統領は、「水素燃料イニシアチブ」を発表した。温室効果ガスを劇的に削減し、国家のエネルギー自立性を高める水素利用のメリットを主張した。平成27年（2015年）までに高温ガス炉等を使用した水素製造システムの構築を目指すこととしている。そして、平成17年（2005年）8月には「包括エネルギー法」が成立し、原子力発電については、新規原子力発電所の建設再開や、次世代原子炉の開発に対する支援が盛り込まれた。

平成18年（2006年）2月には「国際原子力エネルギー・パートナーシップ（GNEP）」を発表し、放射性廃棄物の削減等を目的に、核燃料サイクルや高速炉開発等に積極的に取り組む姿勢に転じた。

図2-3-2

米国 ユッカマウンテン処分場



（米国エネルギー省「民間放射性廃棄物管理プログラムプラン」より）

②欧州

欧州各国は、1970年代の石油危機を契機に、石油代替電源として大規模な原子力発電開発を行ってきた。その結果、西欧州全体では平成18年（2006年）12月末現在130基の原子力発電設備が運転され、E U加盟国の電力供給の約33%（平成17年（2005年）ベース）を賄っている。しかし、各国の事情に応じて政策にはばらつきがあり、エネルギー資源の乏しい仏国のように原子力発電に積極的な国がある一方、国内のエネルギー自給率が100%を超える英国のように原子力発電所の新設を行わない国がある。さらに、昭和54年（1979年）の米国でのスリーマイルアイランド原子力発電所事故及び昭和61年（1986年）のチェルノブイリ事故を境に、スウェーデン、ドイツなどの国々では脱原子力政策に転換し、再生可能エネルギー発電の導入が積極的に進められてきた。E Uレベルでは、既に平成12年（2000年）に策定されたE Uのエネルギー基本政策を記した「グリーンペーパー」や平成14年（2002年）6月に欧州委員会がまとめた「欧州のエネルギー供給安全保障戦略」最終報告において、原子力はエネルギー安定供給と温室効果ガスの排出量削減に寄与するものとして検討されるべきとの趣旨が示された。

ここ数年における原油価格の高騰やロシアからの天然ガスの供給量減少等を背景に、欧州におけるエネルギー安全保障に関する関心が更に高まってきている。E Uでは、既に平成12年（2000年）に策定された「グリーンペーパー」の見直しが進められ、平成18年（2006年）3月に発表された「グリーンペーパー」では、国境を越えたE Uのエネルギー市場の形成、持続可能で効率的、多様なエネルギー・ミックス、地球温暖化対策等の6つの分野に重点を置き、欧州エネルギー供給監視機関の創設や原子力を含む多様なエネルギー源の利点、欠点を分析する戦略的E Uエネルギー・レビュー等を行うことを示した。こうした中、原子力発電を促進しない方向にある国においても脱原子力政策の転換や見直しの機運が高まっている。

イ）仏国

エネルギー資源の乏しい仏国においては、原子力発電規模は米国に次ぐ第2位となっている。周辺各国のイタリア、英国、ドイツなどに約732億kWh（平成11年（1999年）総発電電力量の約14%）の電力を輸出している。また、使用済燃料を再処理して得られるプルトニウムをMOX燃料に加工して軽水炉で使用するプルサーマルが1980年代後半から行われている。また、PWRの改良を進め、N4シリーズの開発に続き、仏フラマトム社と独ジーメンス社の共同（現アレバAP）にてEPR（欧州加圧水型炉）を開発し、現在初号機をフィンランドに建設中であるとともに、仏国で最初のEPRをフラマンビル3号機（160万kW）として、平成19年（2007年）に着工し、平成24年（2012年）の運転開始をめざすことを発表している。計画が順調に進めば、仏国としては10年ぶりの新規原子炉となる。

平成9年（1997年）の社会党、共産党、緑の党の連立政権発足により、反原子力を提唱し、原子力推進政策に変化が見られるのではないかと注目されたが、平成14年（2002年）5月の大統領選挙では原子力推進派のシラク大統領が再選され、同年6月の国民議会総選挙で

も大統領支持派が勝利するなど、今後も原子力推進の方針が継続されるものと見られる。また、エネルギー政策法の策定プロセスに国民を参加させることを目的とした「エネルギー政策に関する国民討論」が平成15年（2003年）3月から5月にかけて行われた。この結果を受けて、エネルギー政策法が平成17年（2005年）7月に成立した。この中で、原子力は、安価なエネルギー価格の保障のために、引き続き主要エネルギーであることが明記された。また、シラク大統領は、平成18年（2006年）1月の所信表明演説において、2020年までに第4世代炉（高速炉）の原型炉の運転開始を行うと発表している。

ロ) ドイツ

ドイツは、原子力発電を行っているが、平成10年（1998年）の総選挙で、社会民主党（SPD）が、キリスト教民主同盟（CDU）を破り、緑の党と連立政権を樹立して以来、脱原子力政策をとってきている。その後、連邦政府は電力業界を始めとする産業界と、段階的な原子力発電の閉鎖について協議を行い、連邦政府と大手電力4社は平成13年（2001年）6月に原子力発電所の発電量の設定などを盛り込んだ取り決めに正式に署名した。原子力発電所の運転期間については、送電開始から基本的に32年とした上で、これまでの運転実績をベースに平成12年（2000年）以降の発電電力量を19基合わせて約2兆6,233億kWhと設定。この規定の発電量に達した原子力発電所から順次、閉鎖されることとなっており、平成15年（2003年）11月には、初めての原子力発電所の閉鎖が行われた。

しかし、天然ガス供給の30%をロシアに依存している現状等もあり、平成18年（2006年）4月のベルリンにおけるナショナルサミットにおいて、メルケル首相が、今後時間をかけて公の場で原子力について議論していく意向を示すなど、将来の原子力政策に対する情勢は不透明である。なお、同年、政府は国内の各界代表（産業界、労組、消費者団体）の参加を得てエネルギーサミットを開催し（4月、9月）、第一回会合において、原子力政策につき多くの時間が割かれた。

ハ) スウェーデン

昭和55年（1980年）6月の国民投票の結果を受け、平成22年（2010年）までにすべての原子力発電所を全廃するとの国会決議がなされたが、エネルギー供給の安定化と経済の国際競争力維持、雇用確保の観点から閉鎖の実施は先送りされてきた。平成10年（1998年）、与野党3党は、バーゼベック発電所1、2号機を平成10年（1998年）、平成13年（2001年）までに閉鎖することで合意されたが、その一方で、平成22年（2010年）までという原子力発電所の全廃期限は延期された。バーゼベック1号機の閉鎖については、電力会社が政府の決定を不服として最高裁に提訴したため、当初の予定から遅れて平成11年（1999年）に閉鎖した。

平成14年（2002年）6月、議会は政府が策定した新エネルギー法案を承認した。原子力発電所の段階的閉鎖の期限が撤廃され、政府と産業界の合意により、具体的なスケジュールが検討されることとなった。既に閉鎖が決まっていたバーゼベック2号機の閉鎖時期については、政府と産業界の協議が合意に至らなかったため、平成17年（2005年）5月に閉鎖された。

平成18年（2006年）9月の総選挙の結果、12年ぶりで政権が交代し、米国スリーマイルアイランド原子力発電所の事故を契機とする脱原子力政策から、原子力発電所の新規建設も廃止も行わない現状維持政策に転換した。

図2-3-3

スウェーデン フォルスマルク発電所



ニ) フィンランド

平成12年（2000年）11月、民営電力会社であるTVO社は国内5基目の原子力発電所の建設に関する原則決定を政府に求める申請を提出した。平成14年（2002年）1月、政府はこの建設を認める原則決定を行い、同年5月、議会において承認され、平成16年（2004年）2月、国内5基目となるオルキオ3号機（EPR、160万kW）の掘削・土木工事を開始した。また、オルキオに高レベル放射性廃棄物の処分場を建設することが決められている。

ホ) スイス

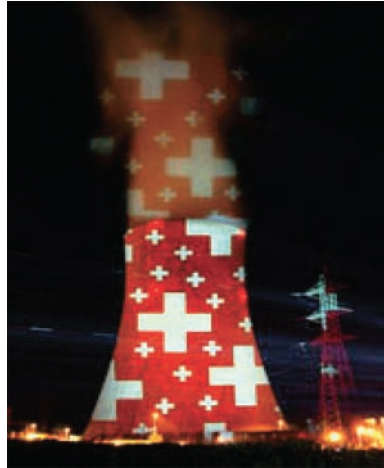
原子力発電開発に対する世論は、開発当初の1960年代から賛否両論に分かれている。原子力発電の是非を問う国民投票が過去4回行われ、平成2年（1990年）の国民投票では新規原子力発電所の建設を平成12年（2000年）まで10年間凍結することが選択された。この凍結の期限切れを受けて、平成11年（1999年）、社会民主党と緑の党は「凍結の10年延長」と「原子力に依存しない電力」の二つの発議を連邦評議会に提出した。平成15年（2003年）5月に行われた国民投票では、新たに2案提示されていた原子力の段階的廃止議案がいずれも否決され、原子力発電を継続することとなった。

連邦評議会は平成13年（2001年）2月、原子力をエネルギー源の選択肢として維持することや、使用済燃料の再処理を今後一切行わないことなどを内容とする改正原子力法案を議会に提出した。この法案は、上院において、再処理の禁止期間を10年延長へと修正された上で可決された。下院においては、再処理の禁止について否決された。その後、上下院

での調整が行われたが、再審議において、下院が10年間の再処理凍結案を可決するなどの歩み寄りを見せ、平成15年（2003年）3月、改正原子力法が可決、成立した。

図2-3-4

スイス ゲスゲン発電所



③東欧諸国

東欧諸国で原子力発電所を所有している国は、チェコ、リトアニア、ブルガリア、スロバキア、ハンガリー、ルーマニア、スロベニアの7か国である。平成18年（2006年）12月末現在、運転中の原子炉は20基、建設中は1基、計画中は4基である。東欧諸国は全般的にエネルギー資源を輸入に頼っており、旧ソ連時代から、エネルギー供給の要として原子力発電所が建設されてきた。総電力量に占める原子力発電の割合は、平成17年（2005年）において、リトアニアで70%、スロベニアで42%、ブルガリアで44%と、原子力発電への依存度が高いことが特徴である。東欧諸国で運転中の原子炉は、スロベニアの米国製原子炉1基とルーマニアのカナダ製原子炉1基を除いては、すべてが旧ソ連型の原子炉である。これら旧ソ連型の原子炉に対しては、安全上の懸念からEU加盟の条件として改良や閉鎖が要求されているが、発電の多くを原子力に依存しているため代替電源の確保などが難しく、対応に苦慮している国もある。ブルガリアでは、EUから平成18年（2006年）までの閉鎖を要求されている旧ソ連製のコズロドイ原子力発電所3、4号機（各44万kW）の代替として、ロシア製のベレネ原子力発電所3、4号機（各100万kW）の建設再開を決めた。

④ロシア

平成18年（2006年）10月に連邦特別プログラム「2007年から2010年までのロシア原子力産業コンプレックスの発展及び2015年までの展望」を連邦政府決定し、2013年から毎年2GW以上（1GW級の原子炉2基）の運転開始を目指し、総発電電力量に占める原子力発電の割合を2030年には25%に引き上げる予定とし、実施プロセスは下記の2段階である。

第1段階（2007－2010年）：

建設中の3基（うち1基は高速中性子炉BN800）の原子炉の完成。稼働中の原子炉の運転期間延長（15年延長）、平成19年（2007年）に1基、平成20年（2008年）から毎年2基ずつ標準型VVER（ロシア型PWR、NPP-2006（120万kW））を建設、天然ウラン鉱区開発、国外での標準炉の建設開始、研究開発（高速炉、革新炉、高温ガス炉、核燃料サイクル、使用済燃料処理）の促進等。

第2段階（2011－2015年）：

毎年2基ずつ標準型VVERを建設、国外での標準炉の初号機運開・2号機の建設及び2013年から国内天然ウラン採掘によるウラン自給率の向上等。

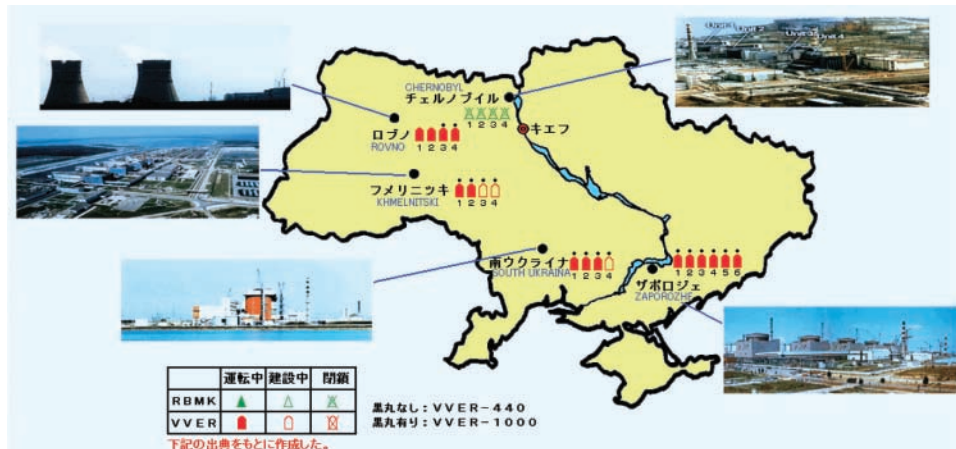
また、将来的な輸出も視野に入れた世界初となる海上浮遊型原子力発電所の建設に平成18年（2006年）6月に着手しているほか、「核燃料サイクル国際センター構想」（1章参照）の具体的施設として、民生用原子力用のウラン濃縮を行う国際センターをシベリア南東部の都市アングラスクに建設する意向を表明している。

⑤ウクライナ

昭和61年（1986年）のチェルノブイリ原子力発電所4号機の事故を受け、同機に加えて、2号機が平成3年（1991年）10月、1号機が平成10年（1998年）11月にそれぞれ運転を停止した。しかし、3号機は電力供給確保のため運転を継続したため、安全性を懸念する主要先進7カ国（G7）は、平成7年（1995年）12月、ウクライナ政府との間で、3号機の閉鎖及び代替電源の確保への支援・協力等を内容とする覚書を調印した。平成12年（2000年）12月、ウクライナ政府は同機を停止、閉鎖した。この閉鎖に伴う代替電源の確保として、ウクライナ政府はフルメニツキ2号機とロブノ4号機の2基の原子力発電所を完成させることとし、建設資金総額148,000万ドルは、EU、欧州復興開発銀行（EBRD）、輸出信用機関からの融資などで調達する計画であった。平成12年（2000年）12月には、EBRDは条件付で21,500万ドルの融資を決定したが、ウクライナ政府がEBRDの融資の全ての条件を満たせなかったため、この融資計画全体が白紙に戻されることとなった。EBRDとの交渉が難航する一方、ロシアがウクライナに融資を提案。平成13年（2001年）12月、ロシアとウクライナは両国の協力により2基の原子力発電所を完成させるための合意文書に調印し、建設が再開され、フルメニツキ2号機が平成17年（2005年）9月に、ロブノ4号機が平成18年（2006年）1月に営業運転を開始した。現在、ウクライナでは15基の原子力発電所が運転中である。さらに、平成27年（2015年）頃の運転を目指し2基の原子力発電所を建設中であり、ベースロード電源として、原子力の設備容量を平成42年（2030年）までに平成18年（2006年）の13GWから20GWに拡大するとしている。

図2-3-5

ウクライナの原子力発電所



⑥韓国

平成12年（2000年）に合意された第5次長期エネルギー開発計画によると、平成27年（2015年）までの計画では、12基の原子力発電所の新設が予定されている。その時点での原子力発電所の設備容量は2,605万kWとなり総発電設備の33%、発電電力量の44.5%を占めることになる。一方、昭和53年（1978年）に韓国として最初に運転開始した古里1号機が平成20年（2008年）に閉鎖を予定している。

平成4年（1992年）より次世代炉（APR1400）の研究開発が行われており、新古里3、4号機において採用することを決定し、2010年以降の運転開始を予定している。また、電気事業は過去40年間、韓国電力公社（KEPCO）が実施していたが、平成21年（2009年）からの完全自由化に向けて現在準備を進めている。

また、韓国における第二次原子力振興総合計画では、原子力産業の育成・振興の観点から韓国標準型炉の推進を打ち出しており、これに加えて140万kW級の次世代型PWRの開発にも取り組んでいる。こうした取り組みにより国内向けばかりでなく、設備や技術の輸出、更に長期的にはプラント単位の輸出をも志向している。一方、放射性廃棄物の管理については、中低レベル放射性廃棄物処分場を誘致し立地を受け入れる自治体に対する特別交付金の支給を含む施設誘致地域支援特別法が平成17年（2005年）3月に成立した。そして、処分場の誘致自治体における住民投票が平成17年（2005年）11月に実施された結果、慶尚北道の慶州市が立地自治体に決定し、平成20年（2008年）に施設竣工予定となっている。

さらに、韓国では、過去、数名の科学者によってレーザー法によるウラン濃縮実験等が行われていたことが判明し、平成16年（2004年）9月、同年11月のIAEA理事会で議論が行われた結果、未解明の事項についてIAEAが引き続き検証活動を行うこととなった。



⑦中国

平成13年（2001年）3月、全国人民代表大会会議において第10次5か年計画（平成13年（2001年）～平成17年（2005年））が承認されたが、この中で平成17年（2005年）までに総発電設備容量が3億9000万kWに達し、原子力の総発電電力量に占める割合も現在の1%から2.5%になると予測された。平成15年（2003年）9月に発表された国家発展・改革委員会の電力発展原則では、原子力の積極開発が盛り込まれた。

平成16年（2004年）3月に発表された国家電力網公司の「第11次電力産業五カ年計画」では、平成32年（2020年）時点の総発電設備容量9億5100万kWのうち原子力が3,600万kW（3.8%）まで引き上げる予定となっている。

平成18年（2006年）3月に国務院が採択した2005～2020年までの「原子力中期発展計画」は、2020年には原子力発電の設備容量を4,000万kWに引き上げ、建設中の設備容量を1,800万kWとするとしており、平成17年（2005年）12月の時点では、7基の建設計画がある。

⑧台湾

エネルギー資源に恵まれない台湾では、原子力発電に大きな期待を寄せている。特に、近年の電力需要の増大に伴い新たな電源確保が急務となっている。

同国で7、8番目の原子力発電所となる「第四（龍門）原子力発電所」については、昭和55年（1980年）に行政院の建設承認が得られた後、政府内の協議が長期化し、ようやく平成11年（1999年）に原子能委員会が龍門原子力発電所の建設を承認した。しかし、平成12年（2000年）3月の総選挙で、民主進歩党の陳水扁氏が勝利すると、計画の見直しが行われ、平成12年（2000年）10月、行政院は、建設中の龍門原子力発電所の建設を中止する旨の決定を発表。建設を推進する国民党を第一党とする立法院が激しく反発し、政局が混乱した。その後、行政院と立法院との間で協議が行われ、平成13年（2001年）2月に行政院が、「エネルギー不足を生じさせないことを前提とする将来的な脱原子力」を最終的な目標とすることを条件に建設の再開に応じ、平成13年（2003年）11年には本格的に工事が

再開された。

一方、政府に「脱原子力国家推進委員会」が設置され、原子力発電の段階的廃止を含む「脱原子力国家推進基本法案」が起草され、平成15年（2003年）5月に行政院で可決され、立法院における審議が行われている。

平成16年（2004年）3月に選挙が行われ、陳水扁現大統領が辛勝し、現政策を維持している。

⑨中東諸国

中東地域では現在運転中の原子力発電所はないが、電力需要の伸びが大きいことから、トルコやイランなどで原子力発電計画が進められている。トルコでは、かつての計画は財政上の理由により凍結されたが、ここに来て再び原子力発電所建設計画が浮上している。イランでは、ロシアとの協力でブシェール原子力発電所1号機の建設が進められている。イスラエルでは研究用原子炉が2基稼働中であるが、今後は、平成32年（2020年）を稼働目標年として原子力発電所を導入することが検討されている。また、最近、湾岸協力会議（GCC）諸国⁸において、共同で平和目的の原子力開発を検討する動きが出てきている。

⑩アフリカ諸国

アフリカ諸国では唯一南アフリカで2基の原子力発電所が運転中である。また、南アフリカが独自に進めている高温ガス炉⁹の実用化に向けた実証炉（11万kW）の建設を平成19年（2007年）から始める予定である。また、ウラン価格の高騰を背景にウラン鉱山開発も進められている。エジプトでは、平成18年（2006年）9月のエネルギー最高評議会で、平和利用を目的とした原子力開発計画を20年ぶりに再開し、10年以内に地中海沿岸のダバアに原子力発電所を建設することを決定している。また、原子力に関心の薄いその他のアフリカ諸国の中でも、チュニジア、モロッコなどは原子炉から発生する熱を利用した海水の淡水化を目的に原子力利用の検討を進めており、ナイジェリアでは原子力研究開発を本格的に進めようとの動きもある。

⑪豪州

世界最大のウラン資源埋蔵量を持つ豪州は、同時に豊富で安価な石炭資源を保有していることから、現在まで原子力発電は行われていない。しかしながら、近年、地球温暖化への対応の必要性に対する認識の高まりを背景に、原子力政策を巡る議論が活発化してきている。ハワード首相直属の原子力政策タスクフォースが平成18年（2006年）11月にまとめた報告書案は、最初の原子炉を平成32年（2020年）に稼働し、平成62年（2050年）までに25基の原子炉を保有することにすれば、原子力発電が豪州の電力需要の3分の1以上を供給し、原子力発電を導入しない場合に比較して温暖化ガス排出量を約18%削減可能としている。

8 アラブ首長国連邦、バーレーン、クウェート、オマーン、カタール、サウジアラビアの6カ国（平成19年2月現在）

9 南アフリカは、ペブルベッド型（球状燃料）閉サイクルガスタービン発電商用高温ガス炉（ペブルベッドモジュール炉（PBMR））を自国で開発し、導入を計画している。

⑫中南米諸国

中南米諸国では、メキシコ、アルゼンチン及びブラジルの3か国で原子炉が6基が運転中である。また、アルゼンチンで1基が建設中、ブラジルでは建設中断中のものが1基あるが、近年、ブラジルでは経済成長率が年4.5%あり、電力需要が高まってきていることから、平成25年（2013年）の運転開始を目指して平成19年（2007年）にもこれの建設再開が決定される見込みである。

※図2-3-3～図2-3-6の写真については、（社）日本原子力産業協会が各国の発電所から提供を受けたものを転載。

2. 核燃料サイクル

（1）天然ウランの確保

現在、世界のウランは、消費量の6割程度しか鉱山開発による供給が行われておらず、残りを解体核高濃縮ウランや民間在庫取り崩し等の二次供給により補っているのが現状。今後、中国、インド等の原子力発電の推進による世界的なウラン需要の増加等に加えて、解体核ウランの民生供給に係る米露間契約の終了（2013年）等によるウラン二次供給減少から、10年後にも需給逼迫が懸念され、世界的なウラン獲得競争が激化している。我が国の電気事業者はカナダ、豪州などから主として長期購入契約により天然ウランを確保している他、東京電力及び出光興産によるカナダのシガーレイク鉱山、関西電力及び住友商事によるカザフスタンのウェスト・ムインクドュック鉱山など、我が国企業による自主開発を進めている。今後とも供給国の多様化に努めるとともに、ウラン鉱山開発・探鉱プロジェクトへの参画など、自主開発輸入の比率を高めるためにも資源外交の強化、石油天然ガス・金属鉱物資源機構による探鉱事業へのリスクマネー供給、日本貿易保険や国際協力銀行等政策金融による支援などが大切である。

特に、我が国のウラン調達先は、豪州、カナダで6割を占める状況にあるところ、供給源多様化の観点から中央アジアからの供給ルートを開拓することが重要である。カザフスタンのウラン資源埋蔵量は世界第2位（全世界の約5分の1）にも拘わらず、我が国のカザフスタンからのウラン輸入量は1%に満たないため、カザフスタンからのウラン供給拡大の潜在性は大きい。他方、カザフスタンは、ウラン鉱山開発に加えて、国内の原子燃料加工工場の活用等、より高度な関係を築ける国との協力関係拡大を志向している。このため、平成18年8月に小泉前総理がカザフスタンを訪問した際に、原子力分野における戦略的パートナーとなることに両首脳間で一致し、ウラン鉱山共同開発や核燃料加工役務分野での協力、カザフスタンにおける軽水炉導入への協力、等を内容とする「原子力の平和的利用の分野における協力の促進に関する覚書」に署名した。

また、ウラン資源埋蔵量世界第10位であるウズベキスタンについても、同月に小泉前総理が訪問し、ウラン取引・開発が有望な分野となり得ること等について首脳間で一致した。

さらには、ウラン資源埋蔵量世界第1位である豪州についても、同年10月に日豪エネルギー高級事務レベル会合を開催し、ウラン資源開発を通じた関係強化の認識を共有した。

今後とも、こうした戦略的な資源外交を展開していくことが必要である。

表2-3-5 世界のウラン資源埋蔵量（平成17年（2005年）1月1日現在）

（単位：1,000 トンU）

国 名	確認埋蔵量 *
オーストラリア	1,143
カザフスタン	816
カナダ	444
アメリカ	342
南アフリカ	341
ナミビア	282
ブラジル	279
ニジェール	225
ロシア	172
ウズベキスタン	116
ウクライナ	90
ヨルダン	79
インド	65
モンゴル	62
中国	60
日本	7
その他	220
合 計	4,743

資料：OECD/NEA,IAEA,Uranium2005 :Resources,Production and Demand (2005)

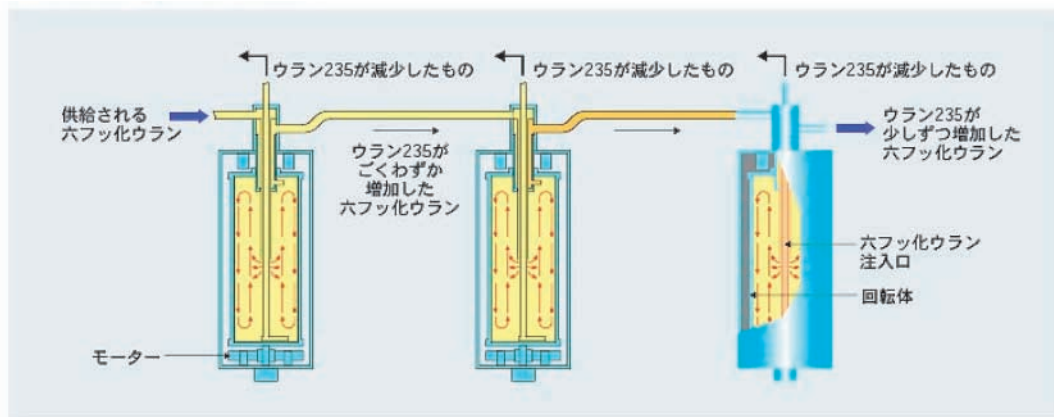
注）＊ここで確認埋蔵量とは、出典資料のReasonably Assured Resources (RAR) とInferred Resourcesの合計値

（2）ウラン濃縮

ウラン濃縮については、現在は世界的に大きな過渡期に位置している。すなわち、西側世界の主要なウラン濃縮企業であるユーロディフ（仏）およびUSEC（米）のガス拡散プラントは、その高い電力コストから競争力を失いつつあり、いずれも2010～2015年頃の商業運転を目指して遠心分離プラントの開発に取り組んでいる。現状では西側世界のウラン濃縮役務（約30,000tSWU）の約3分の1は、ロシアの原子力庁ROSATOMのウラン濃縮役務サービスおよびロシアの高濃縮ウランから変換された低濃縮ウランによって供給されている。また、世界のウラン濃縮役務需要は、天然ウラン価格の上昇にともなうテールアッセイの低濃度化などにより、増加の傾向にある。今後の世界のウラン濃縮役務市場は、上記2社の遠心機プラント開発の成否によって大きく変動する可能性を秘めている。このような状況において、我が国としては、濃縮ウランの安定供給を確保する観点ばかりではなく、我が国における核燃料サイクル全体の自主性を確保する観点から、経済性を考慮しつつ、ウラン濃縮の事業化を推進している。

図2-3-7

ウランの濃縮・遠心分離法の原理



日本原燃（株）の六ヶ所ウラン濃縮工場については、RE-1Aが回転胴底部部品へのウラン化合物の付着、剥離を原因とする遠心機の早期停止により生産能力が低下したために平成12年4月に計画的に運転を停止した。また、同様にRE-1Bが平成14年12月に、RE-1Cが平成15年6月に、RE-1Dが平成17年11月に、RE-2Aが平成18年11月に生産を停止し、現在300トンSWU／年の規模で生産運転を行っている。

また日本原燃（株）は、平成12年11月にウラン濃縮技術開発センターを設立し、より高性能で経済性に優れた新型遠心分離機開発に向けて研究開発を進めている。同社は、平成22年度頃からの導入を目指して新型遠心分離機を開発中であり、将来的には操業規模を1,500トンSWU／年とする計画である。

図2-3-8

青森県六ヶ所村 日本原燃（株）ウラン濃縮工場



また、再処理により回収されるウランについても、経済性及び利用可能量の観点から、再濃縮によるリサイクル利用を図っている。平成8年9月より平成9年5月までと、平成9年12月より平成10年3月までの2回にわたり、原子力機構のウラン濃縮プラントにおいて回収ウランの濃縮が行われた。

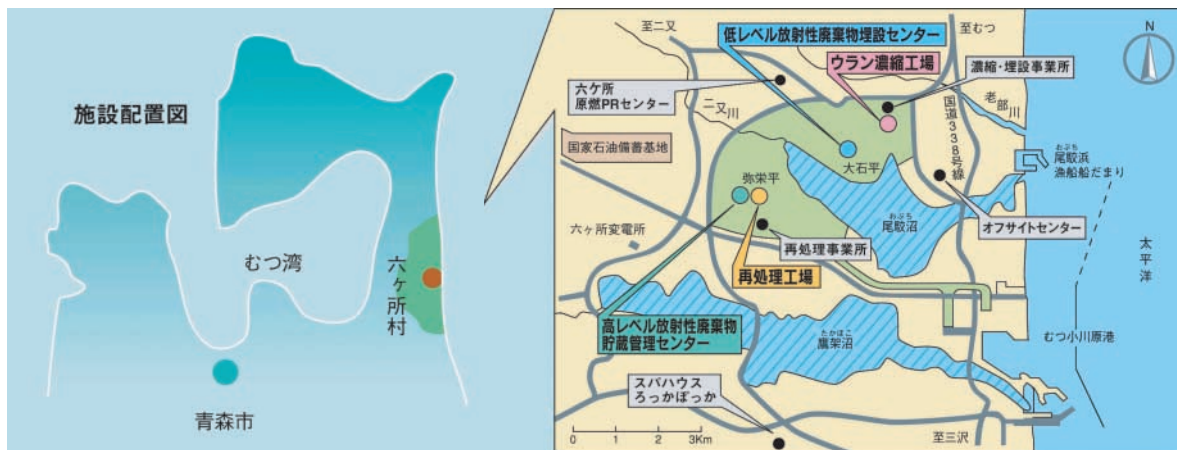
表2-3-6

回収ウラン利用実績（平成18年3月末）

電力	プラント	装荷時期	装荷体数
東北電力（株）	女川3号機	平成18年	68体
東京電力（株）	福島第一3号機	昭和62年	4体
	福島第二1号機	平成5年	24体
	柏崎刈羽6号機	平成18年	196体
関西電力（株）	大飯2号機	平成3年	20体
	美浜3号機	平成7年	52体
	高浜1号機	平成15年	24体
	高浜1号機	平成16年	24体
	高浜2号機	平成17年	24体
四国電力（株）	伊方3号機	平成15年	12体
九州電力（株）	川内2号機	平成17年	12体
日本原子力発電（株）	敦賀2号機	平成14年	24体

図2-3-9

青森県六ヶ所村 核燃料サイクル施設の配置



出所：日本原燃（株）パンフレットより

（3）燃料再転換・成型加工

濃縮されたウラン（六フッ化ウランの形態）を軽水炉用の核燃料として使用できる形にするためには、これを粉末（二酸化ウランの形態）にする「再転換」と、これをペレットに加工し、被覆管の中に収納して燃料集合体とする「成型加工」の工程が必要となる。

再転換業務については、現在、我が国では三菱原子燃料（株）のみが実施している。これにより、PWR用のウランについては、一部を海外で再転換した後に輸入している。また、BWR用のウランについては、そのほとんどを海外で再転換した後に輸入している。成型加工事業については、三菱原子燃料（株）、（株）グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン、原子燃料工業（株）の3社が、PWR用、BWR用ともに必要とされる燃料の大部分を国内で成型加工しており、高品質な製品を製造している。

（４）使用済燃料中間貯蔵

使用済燃料貯蔵対策については、今後長期的に使用済燃料の貯蔵量が増大するとの見通しを踏まえ、平成９年２月の閣議了解に基づき、科学技術庁（当時）、通商産業省（当時）及び電気事業者において検討がすすめられ、その中で、貯蔵対策必要量等について言及された。引き続き、使用済燃料の貯蔵事業が可能となるように法整備がなされ、平成11年６月に原子炉等規制法の一部改正が行われた。

現在、事業者が操業に向け施設の立地を進めている。その中、平成17年10月には、青森県、むつ市、東京電力（株）及び日本原子力発電（株）により、我が国で初となる使用済燃料中間貯蔵施設に関する協定が締結された。これを受け、同年11月、両社は使用済燃料の貯蔵・管理を目的とする新会社（リサイクル燃料貯蔵（株））を設立した。同社の計画では、最終的貯蔵量は5,000トンであり、平成22年頃までに操業開始の予定である。

（５）使用済燃料再処理

我が国は、使用済燃料の再処理は、これまで、原子力機構東海研究センター核燃料サイクル工学研究所再処理施設において行ってきた。我が国初の再処理施設である原子力機構同施設での使用済燃料の累計再処理量は、試験運転期間を含め昭和52年９月から平成18年12月末までに、約1,128トンUとなっている。その他、英国核燃料会社（BNFL（現在の再処理事業の実施主体はBNGS））及び仏国核燃料会社（COGEMA（現在のAREVANC））への再処理委託契約により実施してきた。

また、日本原燃（株）は、我が国初の商業用再処理施設として、青森県六ヶ所村に年間再処理能力800トンUの再処理工場を平成19年11月の操業開始に向けて建設中である。平成18年11月現在の建設工事進捗率は約98%であり、平成13年４月から通水作動試験（水・蒸気・空気を使った試験）、平成14年11月から化学試験（化学薬品を使った試験）、平成16年12月からウラン試験を開始するなど試運転を進め、平成18年３月からは使用済燃料を使ったアクティブ試験が開始された。再処理工場の使用済燃料受入れ・貯蔵施設については、平成12年12月から電気事業者の使用済燃料の本格搬入を開始し、平成18年12月の使用済燃料の受け入れ量は約2,143トンUとなっている。

一方、我が国の電気事業者は、英国核燃料会社BNGS及び仏国核燃料会社AREVANCと再処理委託契約を結んでいる。軽水炉使用済燃料については、BNGS及びAREVANCと合計約5,600トンUの再処理委託契約を結んでいる。さらに、ガス炉使用済燃料については、BNGSと約1,500トンUの再処理委託契約を結んでいる。これらの契約に基づき、平成13年６月までに、軽水炉使用済燃料及びガス炉使用済燃料の契約全量が既に英国及び仏国に輸送されている。

なお、使用済燃料は、再処理されるまで適切に貯蔵・管理することとしており、各原子力発電所の貯蔵プールには、平成18年９月末現在、合計11,650トンUの使用済燃料が安全に保管されている。初期に建設された発電所の貯蔵プールの中には貯蔵容量が比較的小さいものがあり、同じ発電所内で貯蔵容量に余裕のある他の原子炉の貯蔵プールに使用済燃料を移送したり貯蔵容量を増強するなど、対策が講じられている。

我が国における再処理技術に関する研究開発においては、原子力機構などにおいて行われており、同機構では、前述の東海研究センター再処理施設において、軽水炉及び新型転換炉「ふげん」の使用済燃料の再処理を通じて得た技術を日本原燃（株）六ヶ所再処理施設に反映させるなど、技術協力を進めている。また、現在高速増殖炉サイクル実用化研究開発の実施により、高速増殖炉サイクルの適切な実用化像とそこに至るための研究開発計画の提示に向けた研究開発を進めている。

表2-3-7

海外再処理委託の状況

(単位：tU)

	BNGS	AREVA NC	合 計
軽水炉	約 2,700	約 2,900	約 5,600
ガス炉	約 1,500	—	約 1,500

委託契約量は平成 13 年 6 月に全量搬出済み

図2-3-10

青森県六ヶ所村 日本原燃（株）再処理工場



表2-3-8

各原子力発電所（軽水炉）の使用済燃料の貯蔵量及び貯蔵容量

（平成18年9月末現在）

電力会社	発電所名	1炉心 (tU)	1取替分 (tU)	使用済燃料 貯蔵量 (tU)	管理容量 (tU)
北海道電力	泊	100	30	300	420
東北電力	女川	260	60	310	790
	東通	130	30	0	230
東京電力	福島第一	580	150	1,480	2,100
	福島第二	520	140	940	1,360
	柏崎刈羽	960	250	2,050	2,910
中部電力	浜岡	570	140	800	1,580
北陸電力	志賀	210	50	100	630
関西電力	美浜	160	50	310	620
	高浜	290	100	1,070	1,630
	大飯	360	110	1,210	1,900
中国電力	島根	170	40	320	600
四国電力	伊方	170	60	490	930
九州電力	玄海	270	100	680	1,060
	川内	140	50	720	900
日本原子力発電	敦賀	140	40	590	870
	東海第二	130	30	290	420
合計		5,160	1,430	11,650	18,930

注1) 管理容量は、原則として「貯蔵容量から1炉心+1取替分を差し引いた容量」。

注1) 四捨五入の関係で合計値は、各項目を加算した数値と一致しない部分がある。

(6) MOX燃料加工

我が国では、原子力機構を中心として、新型転換炉、高速増殖炉等のMOX燃料加工の研究開発を実施してきており、その加工実績も平成18年12月末までの累積でMOX燃料重量約170トンに達しており、ここで培われたMOX燃料加工技術は世界的にみても高い水準にある。

現在の燃料製造設備能力は、高速増殖炉燃料製造施設プルトリウム燃料第三開発室FB Rラインの5トンMOX／年である。

また、日本原燃（株）は、平成24年4月の操業を目指して我が国初の民間MOX燃料工場（最大加工能力は年間130トン－HM）を建設することとしており、平成17年4月、青森県、六ヶ所村及び日本原燃（株）の間で「MOX燃料加工施設に係る立地への協力に関する基本協定書」が締結され、同月、日本原燃(株)から経済産業大臣に対し、加工事業許可申請が出されている。

海外再処理により回収されるプルトリウムについては、基本的には欧州においてMOX燃料に加工し、我が国の軽水炉で利用する予定である。

(7) 軽水炉による混合酸化物(MOX)燃料利用(プルサーマル)

①我が国におけるプルサーマルの進展

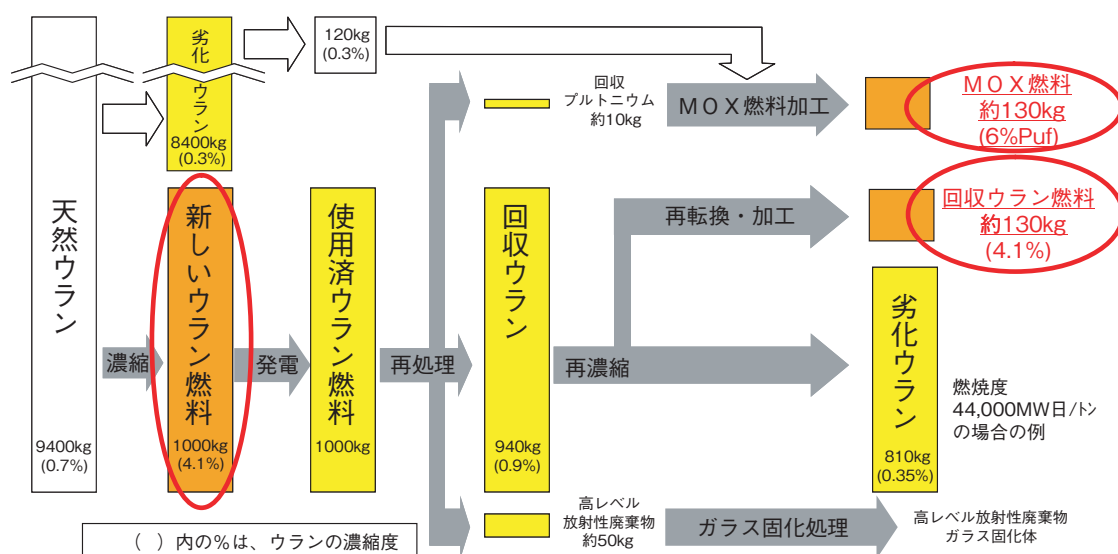
我が国では原子力発電の初期の段階より、軽水炉でウラン・プルトニウム混合酸化物(MOX)燃料を利用するプルサーマルの実施に向けて研究開発等の取組を進めてきた。軽水炉でのMOX燃料利用は、海外において既に約5,300体の実績(平成17年末)があり、我が国において実施した少数体規模での実証試験においても、良好な成果が得られている。

平成9年2月には、「現時点で最も確実なプルトニウムの利用方法であるプルサーマルを早急に開始することが必要である」とする閣議了解が行われ、これを踏まえて橋本総理大臣(当時)から、福島県、新潟県及び福井県の3県の知事に対し閣議了解の説明及び協力要請が行われた。電気事業者においても、これにあわせて平成22年度までに16～18基の軽水炉においてプルサーマルを順次実施するプルサーマル計画を取りまとめ公表した。またプルサーマルについては、「原子力政策大綱」及び「エネルギー基本計画」(平成15年10月閣議決定)において着実に推進することとされている。

九州電力(株)は、平成16年5月、玄海原子力発電所3号機のプルサーマル計画について「原子炉設置変更許可」申請を行うとともに、佐賀県及び玄海町に対し、事前了解願いを提出し、平成17年9月、「原子炉設置変更許可」を取得、平成18年3月には両自治体より事前了解がなされた。中部電力(株)は、浜岡原子力発電所4号機のプルサーマル計画について、静岡県、御前崎市等に説明の上で、平成18年3月に「原子炉設置変更許可」を申請し、平成19年1月現在、原子力委員会及び原子力安全委員会において審査が行われている。四国電力(株)は、平成16年5月、伊方発電所3号機のプルサーマル計画について、愛媛県及び伊方町に対し事前了解願いを提出し、同年11月、国への申請が了解された。同月、「原子炉設置変更許可」を申請し、平成18年3月に「原子炉設置変更許可」を取得、同年10月には両自治体よりプルサーマル計画に対して事前了解がなされた。中国電力(株)は、平成17年9月、島根原子力発電所2号機のプルサーマル計画を公表し、同日、事前了解願いを島根県及び松江市に提出し、平成18年10月に国への申請が了承されたことを受け、同月、「原子炉設置変更許可」を申請した。電源開発(株)は、青森県大間町において、全量MOX燃料を使用するフルMOXで原子力発電所の建設を計画し、平成16年3月、「原子炉設置許可」を申請し、現在、国の安全審査が行われている。

図2-3-11

プルサーマルによるウラン資源節約効果

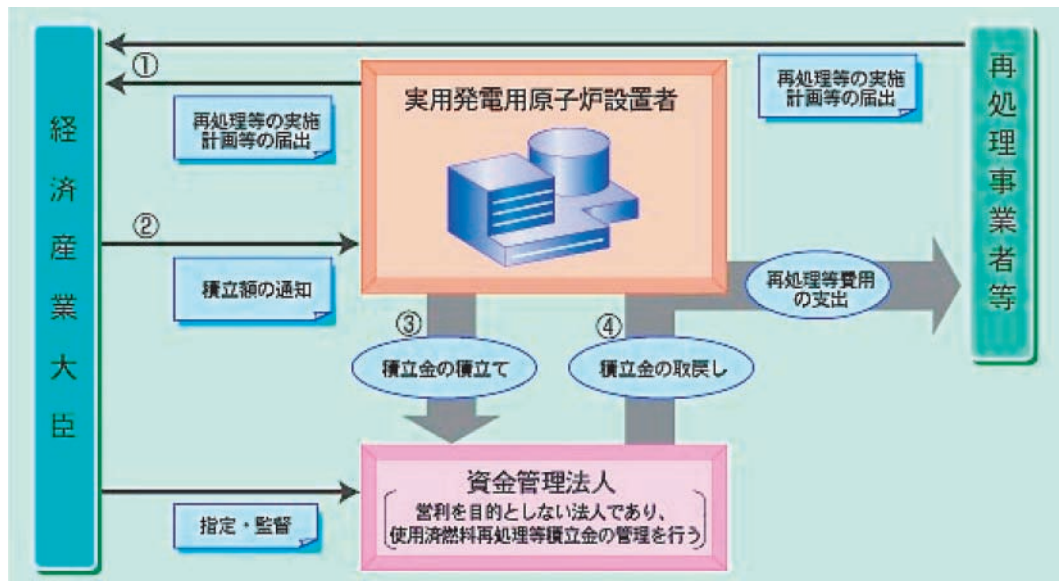


(新計画策定会議(第5回)資料第4号「核燃料サイクルによるウラン資源の節約について」より)

(8) 原子力発電における使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律

再処理等のバックエンド事業は極めて長期間にわたり多額の費用を要すること等から、平成15年10月に閣議決定されたエネルギー基本計画において、経済措置等の必要な措置を講ずることとされたことを受け、バックエンド事業全般にわたるコスト構造、原子力発電全体の収益性等の分析・評価を行うとともに、バックエンド事業についての経済的措置等の具体的制度・措置について検討を行い、平成16年8月に総合資源エネルギー調査会電気事業分科会中間報告「バックエンド事業に対する制度・措置の在り方について」において、再処理等に要する将来費用を、電気事業者があらかじめ少しずつ積み立てる仕組みを整備することが必要であり、当該積立金の管理・運営の実施主体としては、積立金の公共性に鑑み、外部の法人とすることが適当との報告をまとめた。本報告をもとに、原子力発電における使用済燃料の再処理等を適正に実施するため、平成17年5月に「原子力発電における使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律」(「再処理等積立金法」)が成立し、同年10月より施行され、着実に運用されている。

図2-3-12 再処理等積立金法のスキーム図



出典：経済産業省資料より作成

(9) 核燃料サイクルを巡る諸外国の動向

①使用済燃料の再処理

(イ) 仏国

自国内で再処理を実施するとともに、外国からの委託再処理も実施している。また、軽水炉でのプルトニウム利用など核燃料サイクルを積極的に推進しており、平成10年（1998年）12月に高速増殖実証炉スーパーフェニックスは閉鎖されたものの、核燃料サイクルの方針については変わっていない。

COGEMAは、ラ・アーグにUP-3（処理能力：軽水炉燃料1,000トン／年、操業開始：平成2年（1990年））及びUP2-800（処理能力：軽水炉燃料1,000トン／年、操業開始：平成6年（1994年））の2つの再処理工場を有している。

(ロ) 英国

セラフィールドの再処理工場B-205プラント（処理能力1,500トンU／年（天然ウラン））に加え、平成6年（1994年）1月よりセラフィールドにおいて、1,200トンU／年の処理能力を有する軽水炉燃料の再処理工場（THORP¹⁰）の操業を開始した。

10 THORP：Thermal Oxide Reprocessing Plant

図2-3-13

THORP（英国、セラフィールド）



（ハ）ドイツ

再処理・プルトニウム利用の推進が基本であったが、E C統合などの背景の下、平成元年（1989年）に自国内での再処理方針から、英国、仏国に再処理委託を行っていく方針に変更した。

また、平成14年（2002年）4月に施行された改正原子力法では、再処理のための輸送を平成17年（2005年）6月までとするとともに、中間貯蔵施設を設置することとした。

（二）ロシア

自国内で再処理を進めており、昭和51年（1976年）に運転開始した再処理工場R T - 1によりV V E R - 440の使用済燃料の再処理を実施している。

（ホ）中国

核燃料サイクル政策を進めており、使用済燃料は基本的に自国で再処理することとしている。このため、再処理のパイロットプラントの建設を進めており、さらに、大規模再処理工場を平成32年（2020年）頃に操業することを計画している。

②MO X燃料利用（第1章第2節を参照）

2 放射線利用

1. 各分野における進め方

（1）放射線利用環境の整備

①放射性同位元素及び放射線発生装置の利用状況

放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）に基づ

く放射性同位元素（R I）または放射線発生装置の使用事業所は、平成17年3月末現在、4,583事業所に達している。これを機関別に見ると、民間企業1,880、研究機関590、医療機関852、教育機関483、その他の機関778である。

また、密封放射性同位元素の使用事業所数は3,670である。コバルト60は医療用具の滅菌等の照射装置やレベル計に、ニッケル63はガスクロマトグラフ装置に、クリプトン85は厚さ計に、ストロンチウム90はたばこ量目制御装置に、セシウム137はレベル計、密度計等に、イリジウム192は非破壊検査装置に、アメリシウム241は厚さ計、密度計などに主に使用されている。医療機関においては、ヨウ素125、イリジウム192、金198などが密封小線源として利用されているほか、コバルト60及びセシウム137が遠隔照射治療装置及びガンマナイフ装置の線源として利用されている。

放射線障害防止法に定める放射線発生装置は、平成17年3月末現在、1,304台に達している。放射線発生装置の71.1%は医療機関に設置され、がん治療などに利用されている。また、25.6%が教育機関、研究機関、民間企業などに設置され、様々な研究開発に利用されている。

なお、放射線障害防止法の規制対象とならない低エネルギー電子加速器、イオン注入装置等も民間企業などに多数設置され、幅広く利用されている。

②関係機関における取組

文部科学省においては、地方の研究開発機関等の放射線利用に関わる人材育成の観点から、電源開発促進対策特別会計の委託事業を通じて、放射線利用技術に関するセミナーの開催、専門家の派遣、技術研修を実施している。

原子力機構高崎研究所においては、大型照射施設や各種の加速器により、宇宙、核融合炉等の先端材料、機能材料の開発、バイオ技術、環境保全技術の開発など、放射線利用に関する研究開発を進めている。

（社）日本アイソトープ協会においては、研究用、産業用、医療用の各種放射性同位元素の安定供給に努めるとともに、廃棄物の集荷・処理事業などを行い、放射性同位元素に関する供給から廃棄物処理までの一貫した体制を通して、放射性同位元素の利用者の負担の軽減を図り、放射性同位元素の利用の促進に寄与している。

（財）放射線利用振興協会においては、放射線利用に関する普及啓発活動、原子力機構の施設を利用した種々の試験照射等を実施している。

（2）放射線の生体影響研究と放射線防護

原子力関連施設の事故や医療被ばくなど、放射線利用の増加に伴う放射線被ばくの影響について、国民が大きな不安と関心を持つところとなった。そのため、より適切な放射線防護基準を策定し、安全な放射線利用を進めるとともに、国民に対し、放射線被ばくによる人体影響及びリスクに対する正確な理解を促す必要がある。

原子力関連施設の事故等の災害に対しては万が一の事態に備え、諸外国を含め治療等の対応技術に関する情報交換、研究協力及び人的交流等を行い、外部の高度専門医療機関も

交えた上で緊急時の被ばく医療のため、より効果的なネットワークを形成し、緊急時の医療体制・支援体制を確立しなければならない。

放射線医学総合研究所は緊急被ばく医療体制の中核機関として緊急時の医療体制・支援体制の確立を目指すとともに、高線量被ばく患者に対する効果的な治療法を開発するため、治療剤の標的となる候補の同定や革新的な線量評価法のプロトタイプ開発等の研究を行っている。

平成11年に茨城県東海村で起きたJCO臨界事故によって中性子被ばくの生物影響研究の重要性が改めて認識される中、放射線医学総合研究所では、中性子線等の生物学的効果比の年齢依存性に関する研究が行われている。また、科学的基盤に立脚したより合理的な放射線防護システムを確立するための研究を行うとともに、環境放射線管理、施設放射線管理及び線量管理を行っている。特に、原子力施設の事故により大気中への放射性物質の放出が予想される場合や、放出が実際に起こった場合に備え、米国のスリーマイル島原子炉事故後の昭和55年から緊急時環境線量情報予測システム（SPEEDI）を開発し、開発終了後、文部科学省が「緊急時迅速放射能影響予測 ネットワークシステム」として運営している。また、国外の事故に対応するために、SPEEDIの世界版（WSPEEDI）も開発しており、現在、さまざまな環境汚染事故に対応できる新しい環境中物質循環予測システムSPEEDI-MP（Multi-model Package）を構築中である。

（3）医療分野

放射線の医療への利用は、多くの医療機関でX線CT* や放射線によるがん治療技術で用いられるなど身近な存在となりつつある。放射線診療は、患者の身体的負担の少ない診療を実現する有効な手段の1つとして期待されている。

放射性同位元素を含んだ薬剤を投与し、その薬剤の人体内の動態や分布を画像化する技術（シンチグラフィ* やSPECT*、PET* など）等は既に実用化されており、人体の機能を画像化することも可能となっている。最近では、分子イメージング研究等の進展に伴い、人体組織の機能や形態を高い空間分解機能で画像化する、新しい技術による放射線診断技術の開発も進んでおり、ごく初期のがん病巣の発見、人体機能異常の解明、新しい治療薬の開発への貢献等につながることが期待されている。

放射線は、その細胞殺傷能力を利用してがん等の治療にも応用され、最近では、陽子線や重粒子線などの粒子線によるがん治療の研究開発も進んでいる。放射線医学総合研究所では平成6年6月より重粒子線がん治療装置（HIMAC）を使用して臨床試験を開始し、頭頸部、肺、肝臓、前立腺、骨・軟部等の腫瘍を中心に平成18年12月までに3,000例を超える臨床例を蓄積してきた。

平成15年に文部科学大臣と厚生労働大臣により策定された「第3次対がん10か年総合戦略」では、粒子線治療の臨床的有用性の確立及び治療装置の小型化等が重点研究課題として指定され、また、放射線医学総合研究所を中心に、重粒子線治療など放射線治療の研究

* 後述の用語解説を参照

開発を行うことが求められている。平成18年度からは群馬大学において重粒子線照射施設の建設が着手されるとともに、放射線医学総合研究所では、重粒子線がん治療の普及をめざすこととしている。

一方で、放射線診断及び治療の普及に伴い、放射線診断・治療時に誤って患者が過剰照射や過小照射を受けるという不適切な取扱事例も報告されており、放射線医療における適正照射を推進することが求められている。そのため、放射線治療に関連する5つの学会及び団体¹¹が、平成17年9月に「放射線治療における医療事故防止のための安全管理体制の確立に向けての提言」を取りまとめた。また、学協会等の関係団体において、医療現場における品質管理に関わる作業等に従事する「放射線治療品質管理士」や高度な放射線治療に従事する「放射線治療専門技師」並びに「医学物理士」の認定、各種ガイドラインの作成をはじめとする医療現場における放射線医療の品質管理の向上のための取組が進められている。また、平成18年6月に成立した「がん対策基本法」では、「国及び地方公共団体は、手術、放射線療法、化学療法その他のがん医療に携わる専門的な知識及び技能を有する医師その他の医療従事者の育成を図るために必要な施策を講ずるものとする。」とされており、放射線医療分野の人材育成が求められているところである。

図2-3-14

X線CT

X線CT

CTとは、Computed Tomographyの略で、コンピュータを使って断層撮像を行う装置。X線発生装置が身体の周りを360°回転しながらX線を照射し、身体を透過したX線の情報をコンピュータ処理することにより、断層画像が得られる。



11 日本放射線腫瘍学会、日本医学放射線学会、日本医学物理学会、日本放射線技術学会、日本放射線技師会

用語解説

● CT: コンピュータ断層撮影

人体周囲横方向の種々な角度からX線を照射し、その投影像をコンピュータにより処理して人体内部の二次元的な断面像を取得し、さらに照射位置をずらしていくことにより、3次元像を合成する装置。がんや脳卒中などの診断に用いられる。

●シンチグラフィ：核医学検査

人体にほとんど無害な少量のラジオアイソトープを含む標識化合物を血液中に注入することにより、それが組織に集積された様子を放出されるガンマ線を検出することで映像化するがん組織発見のための診断法。ラジオアイソトープの時間的な変動、取り込まれ方などで血流や、臓器の機能を推測することが可能。肝臓がんの発見に効果。

●SPECT: シングルフォトンエミッションCT (Single Photon Emission Computed Tomography)

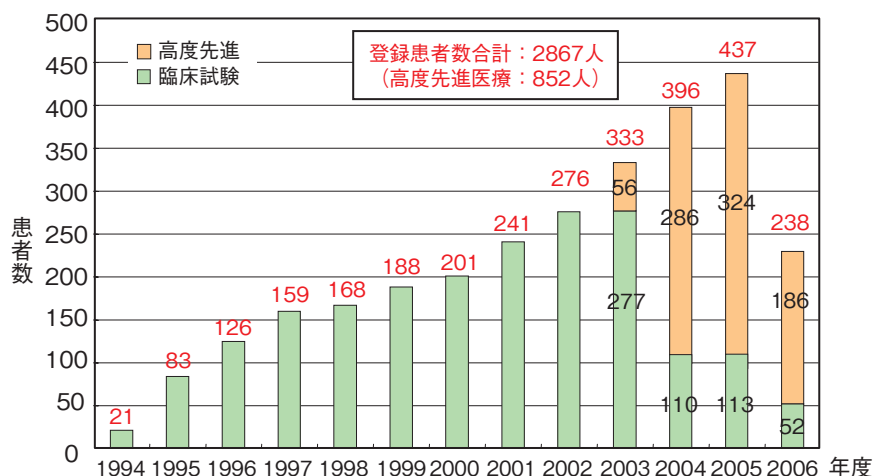
体内に投与された放射性同位元素から発生する γ 線を体軸の周囲から計測し、コンピュータを用いて体内放射能分布像を構成する方法。

●PET:(Positron Emission Tomography, 陽電子断層撮像法)

人体に投与された陽電子放出核種から発生する陽電子が対消滅して180度方向に二つ発生する γ 線を同時に計測することにより核種の分布を断面像として描く核医学診断法。

図2-3-15

重粒子線治療の登録患者数（1994年6月～2006年8月）



(4) 農業分野

農業分野では、品種改良、害虫防除、食品照射などの分野において放射線が利用されている。

植物の品種改良では、 γ 線などを直接照射することによって140を越える新品種が作り出されており、その中には低蛋白質の米が実るイネや黒斑病に強いナシ、斑点落葉病に強い

リンゴ、花の色や形が多彩なキク、病害虫に強く冬でも枯れない芝などがある。このように、放射線の利用により生み出された新品種は、農薬使用量の削減により農業関係者の経済的・身体的負担を軽減させるとともに、自然環境の保全にも大きく役立つほか、消費者の多様なニーズに合った商品の提供を実現する。最近ではイオンビームで品種改良する研究が急速に進められている。イオンビームはエネルギー付与の特徴から、今までにない新しい品種を高効率に作り出すことができるため、多彩な花色および花形のキクやカーネーションの新品種が作出され、既に商品化された。また、塩害に強いイネなど、環境耐性や環境浄化に役立つ新品種の作出も試みられている。

図2-3-16

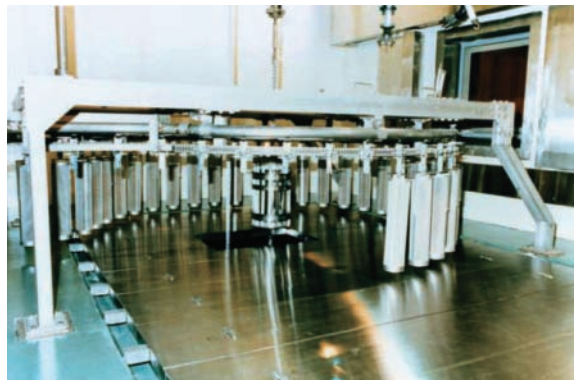
原品種のカーネーション(左)とイオンビームによって作出された新品種(右)



害虫防除では、不妊虫放飼法¹²によって沖縄県と奄美群島に生息するウリミバエを根絶する事業が昭和47年から行われてきたが、平成5年までにこれらの地域からの根絶が達成された。その結果、ウリミバエが寄生する果菜類の移動規制が解除され、県外等への出荷ができるようになった。

図2-3-17

ウリミバエの不妊化



12 不妊虫放飼法：人工的に飼育した害虫の雄のさなぎに適量の放射線を照射すると、それから羽化した成虫は正常な雌成虫と交尾することはできるが、受精させることはできなくなる。このような雄の成虫を自然界の害虫集団に継続的に大量に放飼すると、雌が受精能力のある雄と交尾する機会が少なくなり、受精卵を生む割合が減っていくので、ついに害虫集団は絶滅する。これを不妊虫放飼法という。応用対象としては、ウリミバエのほか、IAEAがタンザニアで計画しているツエツエバエがある。

(5) 食品照射

食品への放射線照射（以下、「食品照射」）については、食品や農畜産物に γ 線や電子線などを照射することによって、発芽防止、熟度遅延、殺菌、殺虫などの効果が得られ、食品の保存期間が延長される。特に収穫後の腐敗、害虫などによる食品の損耗にとって食品照射は重要な役割を果たし得ることから、平成5年（1993年）IAEA総会において「開発途上国における食品照射の実用化促進」決議案が採択され、世界では平成15年4月現在、53の国・地域において230品目が許可され、31ヵ国及び台湾で40品目が実用化農作物の損耗防止や食品衛生等のため食品照射が法的に許可されている。また、香辛料の放射線殺菌や鶏肉、魚介類などに付着している食中毒菌の放射線殺菌が欧米諸国で実用化されている。一方、オゾン層破壊原因物質の臭化メチル代替技術としての食品照射技術の利用について、研究が行われている。

我が国では、昭和49年から北海道士幌町でジャガイモの発芽防止のための照射が行われている。また、平成8年に全国的な食中毒の発生を引き起こした病原性大腸菌O-157に対して、放射線で効率的に殺菌できることが、原子力機構において確認されている。

原子力委員会食品照射専門部会は平成18年9月に報告書を取りまとめ、諸外国における許可・実用化の進展やその実績等から食品照射は有用性があり、また照射食品の健全性（毒性学的安全性、微生物学的安全性、及び栄養学的適格性）については、適正な線量等を守り照射を行った場合には健全であるという現在までの国内外における研究成果の蓄積などを踏まえ、一定の見通しがある等の結論を示している。さらにこれらを踏まえた上で、食品照射を食品の衛生確保等のための技術の選択肢の一つとされるためには、有用性が認められる食品への照射に関する食品安全行政の観点からの検討・評価や、食品照射の社会受容性向上のための情報公開及び広聴・広報活動の推進などの取組を進めることが有意義であることとしている。原子力委員会はこの報告を受け、同年10月に当該報告書を踏まえた取組が関係行政機関等によって進められることが必要であるとする旨の委員会決定を行った。

図2-3-18

ジャガイモへの照射



（出所：原子力機構ホームページ）

(6) 工業分野

放射線の透過性を利用して、製紙業界などにおける厚さ、密度、水分含有量の精密な測定や鉄鋼、航空機業界などにおける非破壊検査に広く利用されている。平成17年3月現在、厚さ計が432事業所で2,550台、レベル計が163事業所で1,339台、非破壊検査装置が106事業所で872台である。

一方、放射線との相互作用を利用して、材料に放射線を照射し、強度、耐熱性、耐磨耗性の向上などを図る材料の改質が行われている。

放射線工業利用のうち、半導体産業において、素子の微細加工技術は、露光、エッチング、不純物添加（ドーピング）、成膜等の要素技術で構成されており、それぞれに数多くの電磁波や粒子ビームが利用されている。それらの中には電子線、X線、イオンビーム等の電離能力をもった電磁波や粒子が含まれている。露光の主要工程である一括露光に関しては、現在短波長のレーザービームが主役であるが、素子の微細化の進展によって近い将来短波長化が更に進んでX線が主役になると見込まれている。また、電子線を用いた放射線（高分子）加工分野では、自動車タイヤ、テレビに使われる耐熱電線・ケーブル、熱収縮チューブ・フィルム、発泡プラスチック、分解・硬化・グラフト等の製造に利用されている。特に、放射線橋かけをメカニズムとしたラジアルタイヤの製造では、使用ゴム量の削減と品質の安定化が電子線照射によって達成されている。

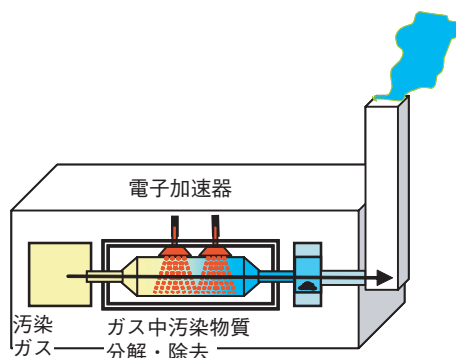
また、放射線による医療用具の滅菌は、化学殺菌のように残留有害物がないことなどから、注射針、注射筒、縫合糸など100種以上のものに実施されている。

(7) 環境保全分野

排煙、排水の処理など環境保全のためにも放射線が利用されている。酸性雨の原因になる排煙中の窒素酸化物や硫黄酸化物などは、電子線で排煙を照射することで除去できる。そのとき排煙にアンモニアを加えておくと、硝安や硫安などの肥料に変えることができる。この排煙処理技術は国内を始め、東欧や中国などにおいて応用が進められている。また、電子線がゴミ燃焼排煙中ダイオキシンの分解に有効であることも明らかにされ、実用化への検討が進められている。

図2-3-19

電子線を用いた排煙処理



(8) 基礎研究分野

ライフサイエンス分野では、DNA塩基配列の決定、蛋白質などの構造解明や合成、物質代謝、免疫応答など高度な分析が必要な研究において放射性同位元素（R I）が利用されている。その他、植物に対する施肥効果、家畜の代謝の研究などにも利用されている。また、植物の微量元素の吸収を調べるためには、放射化分析が利用されている。今後は、植物体内への複数元素の移行や分布の同時計測にマルチトレーサー¹³を利用することが期待されている。

一方、試料に含まれるR Iの崩壊状況を測定することにより、その年代を知ることができるため、考古学の分野でも利用されている。また、植物体内の光合成産物やカドミウムなどの微量物質の動きを動的に観察するためにポジトロン放出核種を利用した植物ポジトロンイメージング技術の開発が進んでいる。

13 マルチトレーサー：物質の中にR Iを混合し、その放射線を測定器で追跡して、その物質の動向を調べることをトレーサー法と言い、これに用いられるR Iをトレーサー（追跡子）という。加速器を利用すると、同時に複数のR Iを生成し、溶液の中に取り出すことができる。これをマルチトレーサーという。マルチトレーサーを用いれば、多数の元素の挙動を同じ条件の下で同時に追跡することができる。