

日本の原子力発電

～考えよう、日本のエネルギー～



経済産業省
資源エネルギー庁

1 世界のエネルギー事情

1-1 世界のエネルギー需要（地域別/資源別）1

1-2 主要国のエネルギー供給2

1-3 主要国のエネルギー自給率と石油輸入依存度3

1-4 有限な資源4

2 日本のエネルギー事情

2-1 日本のエネルギー消費の現状5

2-2 日本のエネルギー供給構造6

3 地球温暖化

3-1 地球温暖化とその影響8

3-2 日本の温室効果ガス排出量9

3-3 地球温暖化対策10

1 原子力発電の特性

1-1 原子力発電の供給安定性11

1-2 原子力発電の燃料リサイクル12

1-3 原子力発電の経済性12

1-4 原子力発電による地球環境保全（二酸化炭素（CO₂）排出の抑制）13

1-5 新エネルギーとの比較14

2 原子力発電の仕組み

2-1 発電方法15

2-2 燃料16

2-3 運転16

3 核燃料サイクル

3-1 必要性17

3-2 核燃料サイクル施設18

3-3 プルサーマルの必要性19

3-4 プルサーマルの安全性20

4 放射性廃棄物の処理・処分

4-1 処理・処分の概要21

4-2 処分の安全性 ―地層処分の概念22

4-3 処分の枠組み23

5 原子力発電の現状

5-1 世界の原子力発電の現状26

5-2 日本の原子力発電の現状28

5-3 見直しの動き（原子カルネッサンス）30

1 原子力発電の安全対策

1-1 安全確保の仕組み31

1-2 高経年化対策33

1-3 地震対策34

2 放射線の管理

2-1 日常生活と放射線36

2-2 放射線とその影響37

2-3 放射線の利用39

3 原子力発電の安全規制

3-1 安全規制の概要40

3-2 トラブルの評価42

4 廃止措置44

1-1 世界のエネルギー需要（地域別/資源別）

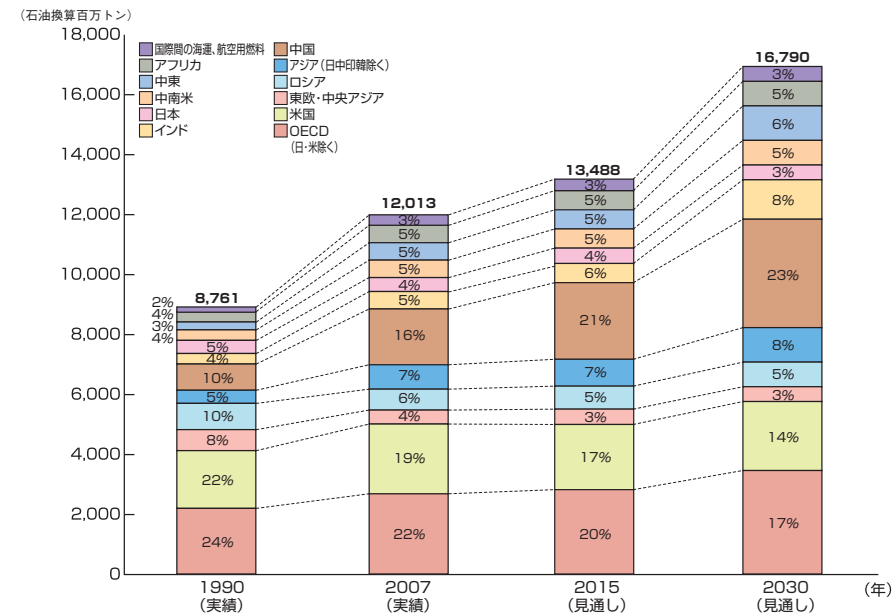
エネルギーは、わたしたちの生活のあらゆる分野で用いられています。このため世界のエネルギー需要は伸び続けており、1990年から2007年までの16年間に**約1.4倍**に増加しましたが、今後、人口増加と経済発展の相乗効果等により引き続き増大すると予測され、2030年には、1990年の約1.9倍、2007年の約1.4倍に増加すると予測されています。

地域的には、中国を中心としたアジアや中東地域の需要増加が大きく、2030年まで年平均で、それぞれ約3%増加すると予測されています。特に、アジア地域のエネルギー需要は、2030年には世界全体の**約4割**を占めると予測されています。

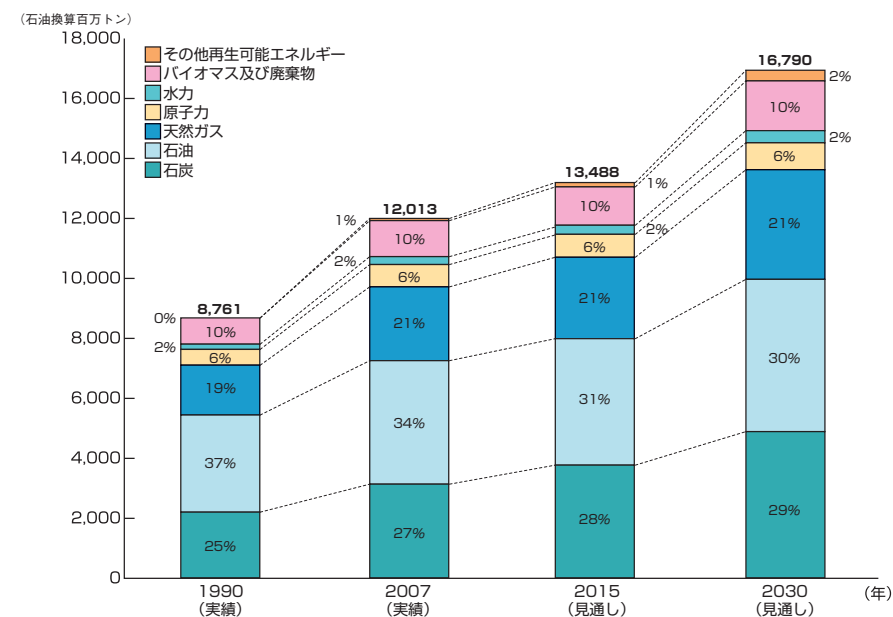
また、世界のエネルギー需要を資源別に見ると、石炭、石油、天然ガスの3種類の資源が、エネルギー需要全体の8割以上を占めています。

世界のエネルギー需要の推移と見通し

【地域別】



【資源別】



(注) 構成比の各欄の数値の合計は、四捨五入の関係で100にならない場合がある。

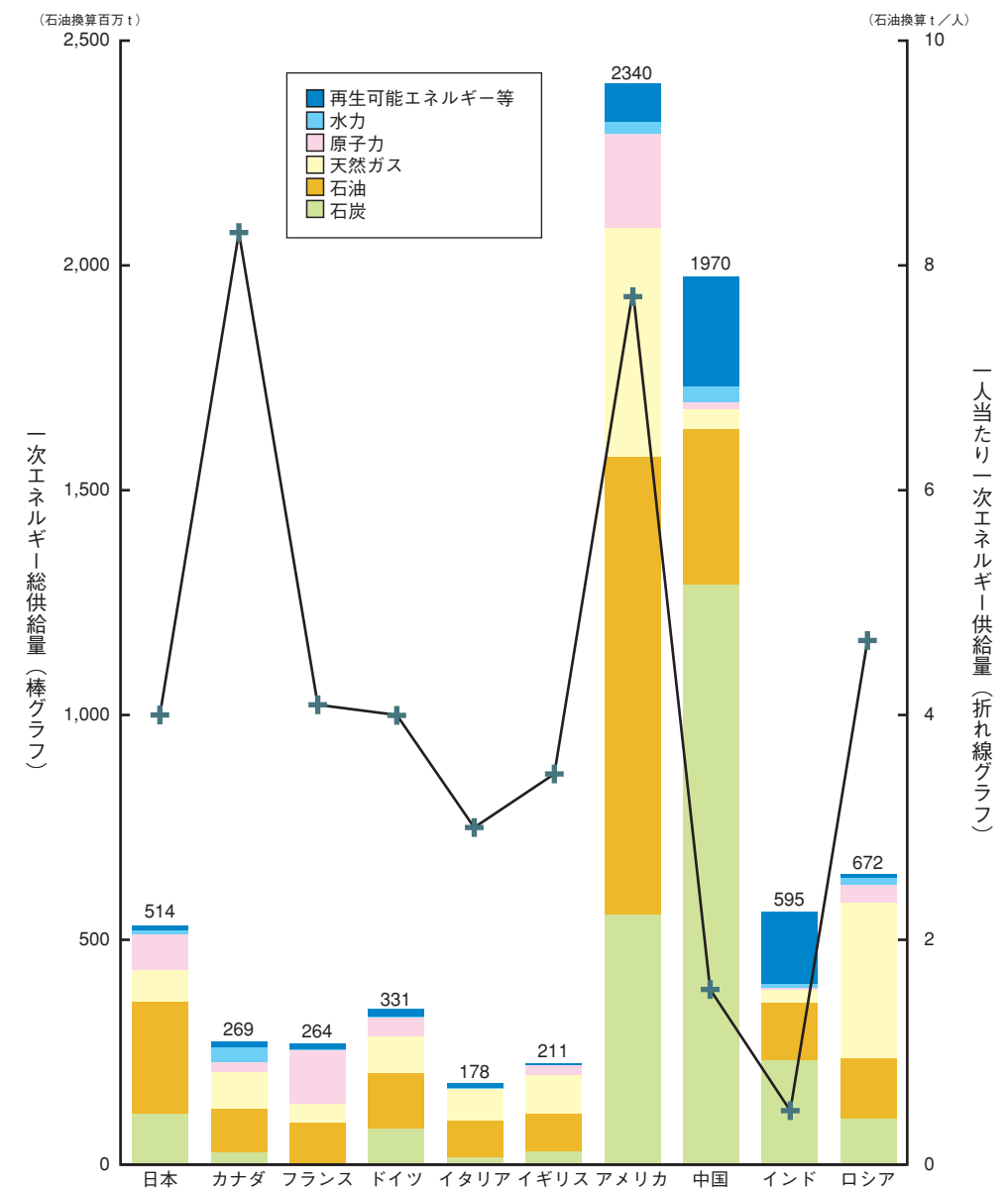
出典：OECD/IEA「WORLD ENERGY OUTLOOK 2009 EDITION」

1-2 主要国のエネルギー供給

主要国の一次エネルギー総供給量は、米国、中国、ロシア、インド、日本など人口の多い国ほど大きくなっていますが、一人当たりの供給量で見ると大きな較差があります。今後、中国、インドなどの経済発展に伴い世界の一次エネルギー供給が増加することが予測されます。

また、一次エネルギー総供給量の資源別構成は、日本、カナダ、フランス、ドイツ、イタリア、イギリス、米国の石油が占める割合が30%以上であるのに対して、中国は石炭が60%以上、ロシアは天然ガスが50%以上と国によって大きく異なっています。

主要国の一次エネルギー総供給量と一人当たり一次エネルギー供給量（2007年）



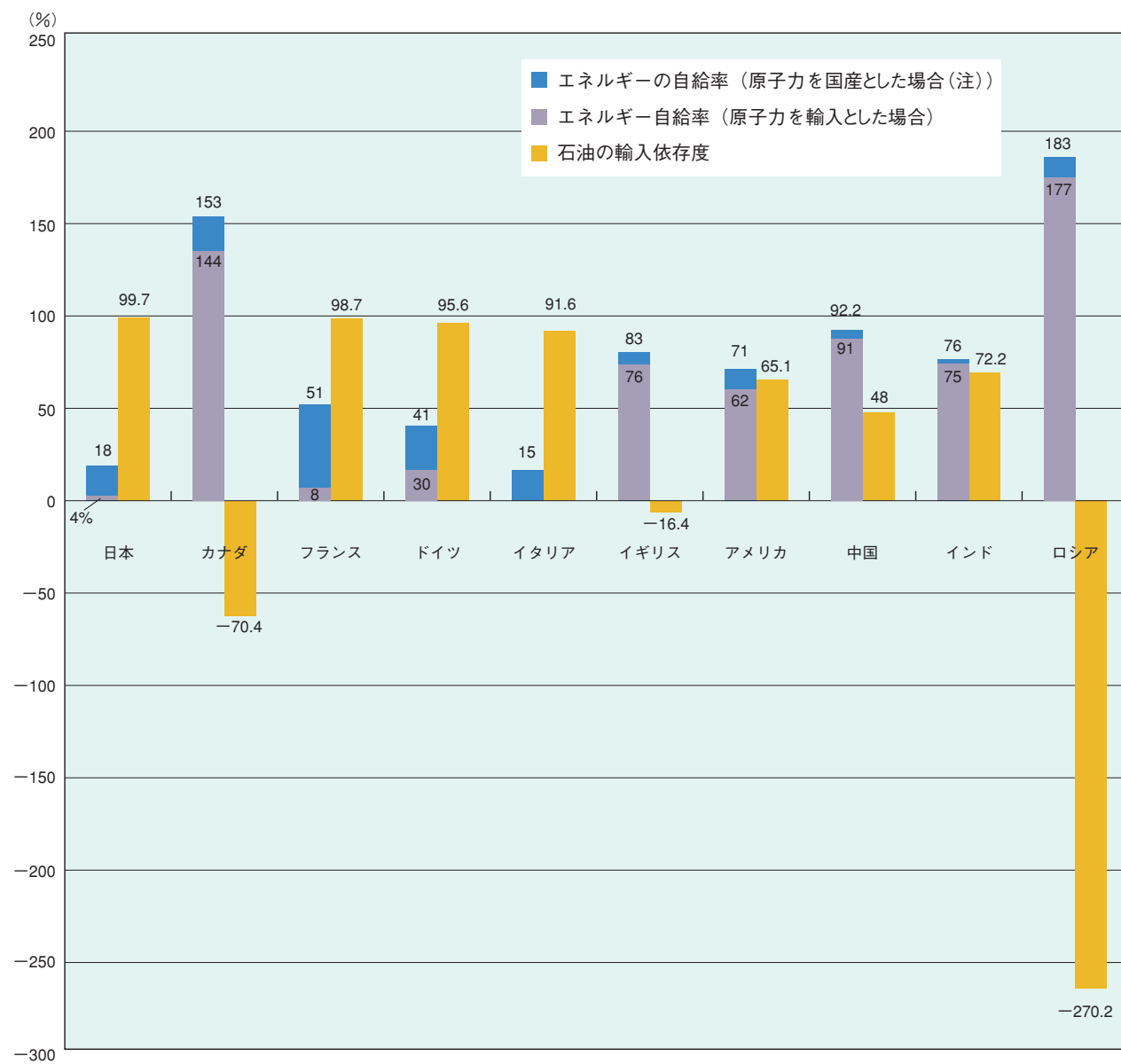
出典：OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2009」,
「ENERGY BALANCES OF NON- OECD COUNTRIES 2009」

1-3 主要国のエネルギー自給率と石油輸入依存度

主要国のエネルギー自給率は、日本とイタリアが20%以下と最低であるのに対して、カナダやロシアは100%以上であり、エネルギーに恵まれた国であることが分かります。

主要国の主要なエネルギー源である石油に関しては、日本、フランス、ドイツ、イタリア各国は輸入依存度が90%以上と殆ど輸入に頼っており、中でも日本はほぼ**100%を輸入**しています。

主要国のエネルギー自給率と石油輸入依存度（2007年）



出典：OECD/IEA「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2009」、
「ENERGY BALANCES OF NON- OECD COUNTRIES 2009」

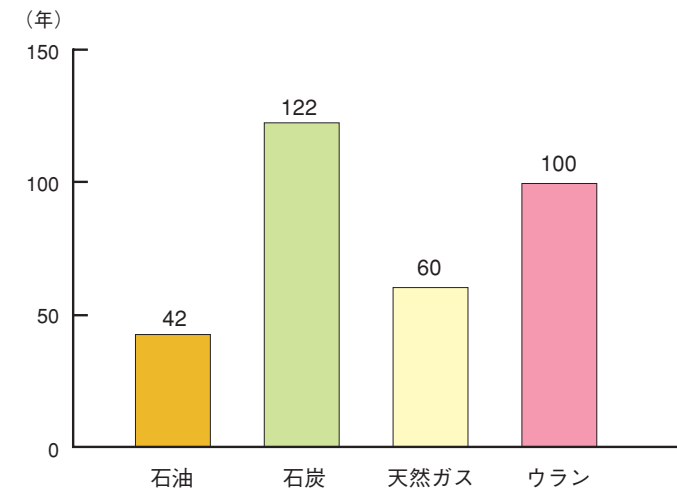
（注）原子力発電は、①燃料のエネルギー密度が高く備蓄が容易であること、②燃料を一度装荷するとその燃料は3～4年程度は燃焼し続けられること（ただし、およそ年1回行う定期検査の際に古い燃料から順に交換します）、③使用済燃料を再処理することで新たな資源として再利用できること等から、「準国産エネルギー」と考えることができます。国際エネルギー機関（IEA）が作成している統計資料である「ENERGY BALANCES」において、原子力は輸入としては扱わず、国産エネルギーに含める形で取り扱われています。

1-4 有限な資源

主要な資源である石油、石炭、天然ガスの確認可採年数は石油が約42年、石炭が約122年、天然ガスが約60年であり、また、原子力発電の燃料であるウランは**約100年**となっています。

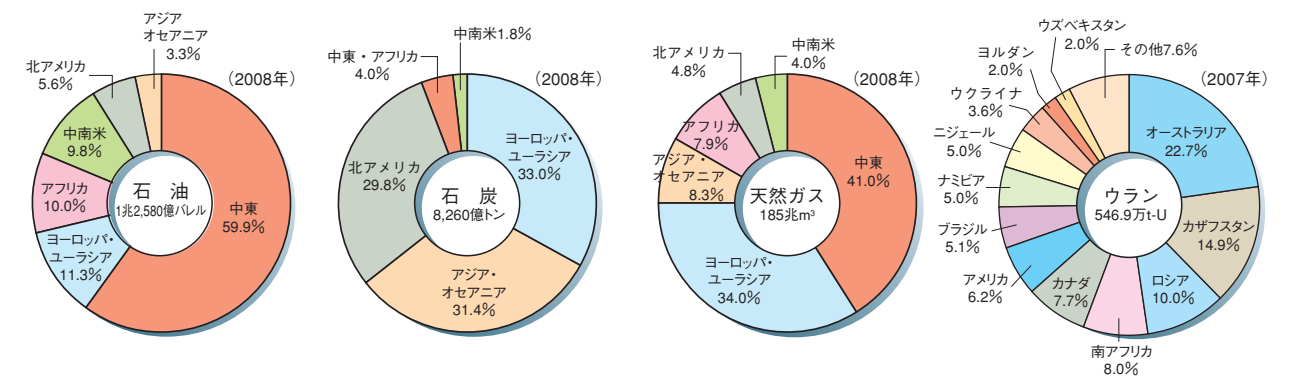
石油、石炭、天然ガスの各資源は旧ソ連、中東等限られた地域に存在しており、特に石油は約3分の2が中東地域に偏在しています。

エネルギー資源の確認可採年数



出典：BP統計2009、OECD/NEA「Uranium2007」

エネルギー資源の確認可採埋蔵量（石油、石炭、天然ガス、ウラン）



出典：BP統計2009、OECD/NEA「Uranium2007」

〔参考〕確認可採埋蔵量

現在の技術的・経済的条件の下で取り出すことができると確認されている資源の量を言います。この確認可採埋蔵量をその年の資源の年間生産量で割ると可採年数になります。（ウランの場合については、年間需要量で割ります。）一般的に「埋蔵量」、「確認埋蔵量」と示されているものは、確認可採埋蔵量のことです。

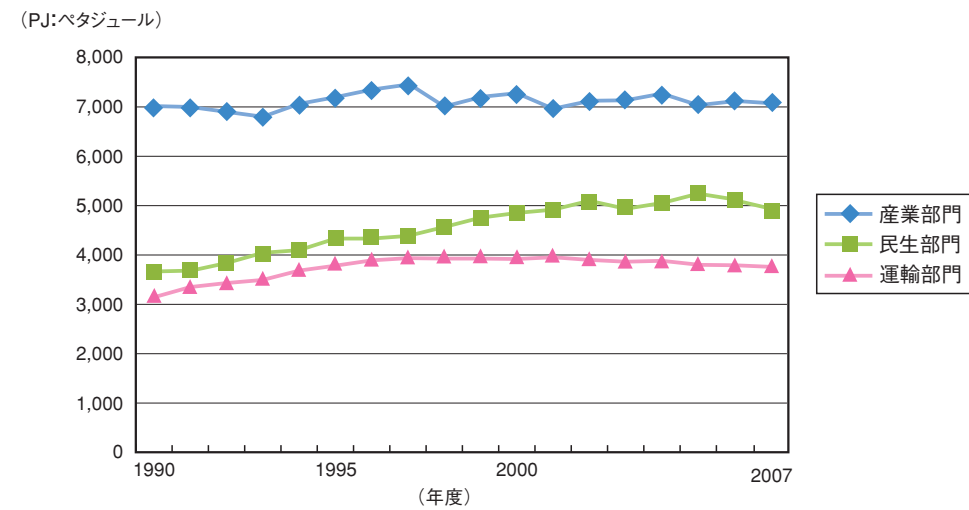
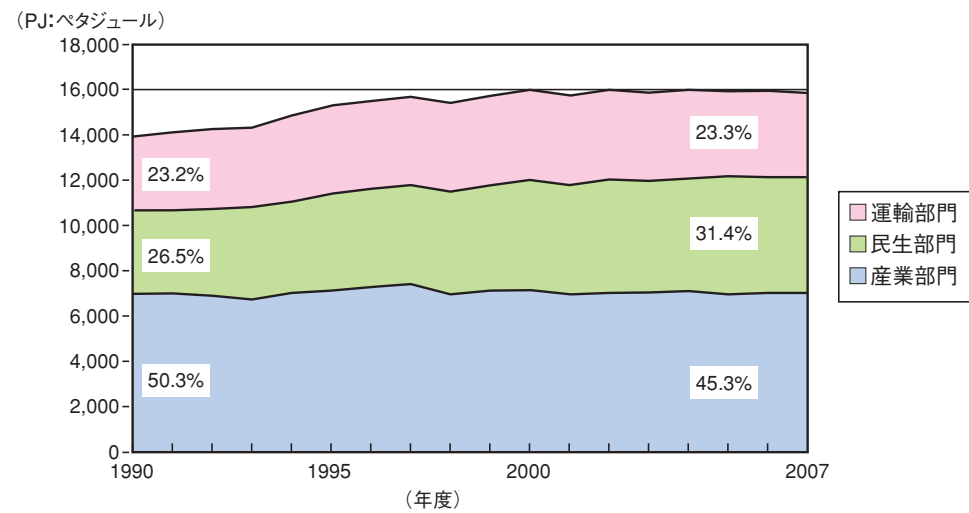
2-1 日本のエネルギー消費の現状

日本のエネルギー消費は産業部門が全体の消費量の約半分を占めていますが、産業部門の最近の水準は1970年代の石油危機以降の水準と同等であり、ほとんど増加していません。一方、家庭用やオフィス用などの民生部門と自家用車などの運輸部門のエネルギー消費量は豊かさを求める国民のライフスタイルの変化などを背景に着実に増大しています。

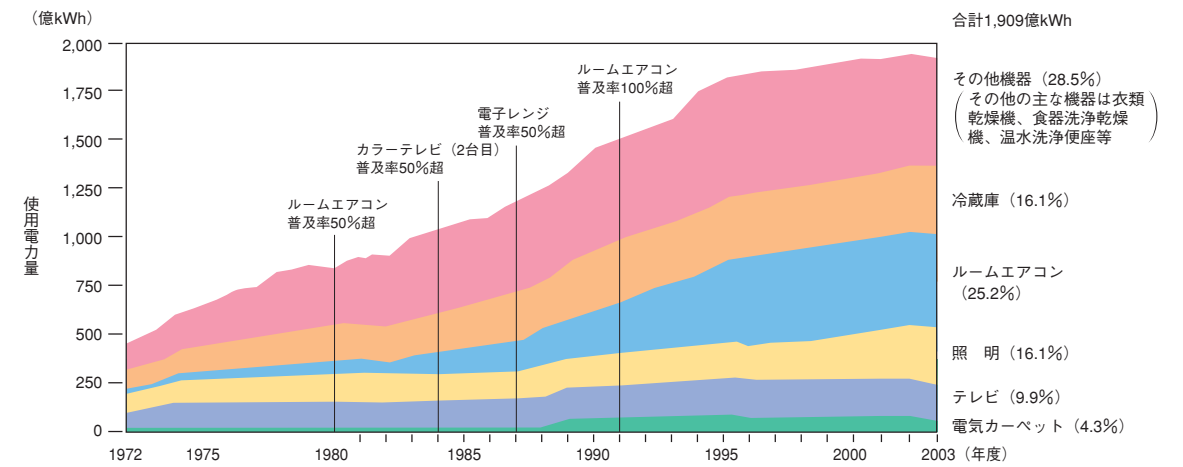
特に、家庭における電力消費量は、ほぼ一貫して増加が続いており、最近は1970年代初頭の消費量の約4倍に達しています。増加要因としては冷蔵庫や電子レンジ、エアコン・クーラー、衣類乾燥機等の電化製品の普及によるところが大きく、その背景には、より快適な暮らしを求める国民のライフスタイルの変化等があると考えられます。

また、電気は使い易いエネルギーであることから、電気を供給するために使われるエネルギー資源の比率（電力化率）は増加しており、一次エネルギー総供給量の4割以上になっています。

部門別最終エネルギー消費の推移

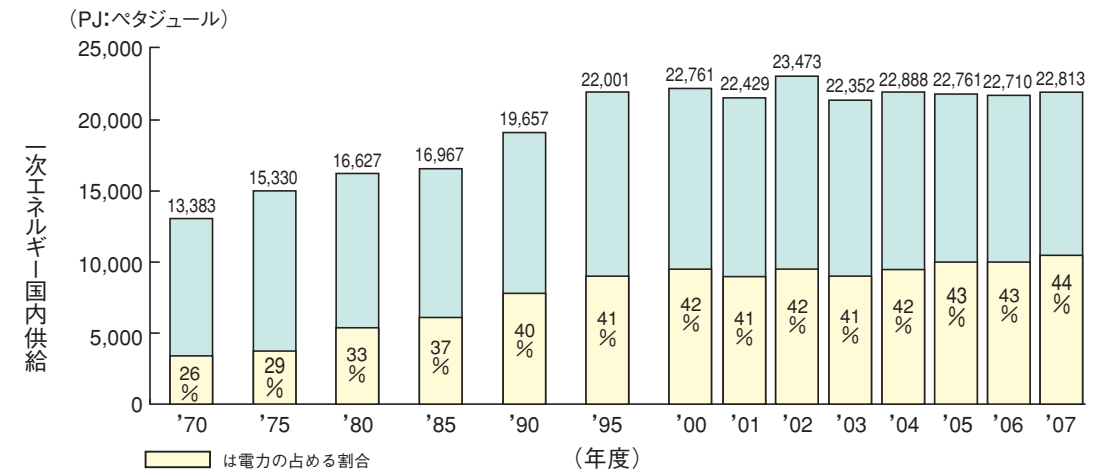


家庭用電力消費の伸び



(注) 1. () 内の数字は2003年度の構成比 (%)
(注) 2. 9電力会社の従量電灯A・B (家庭用電気機器別) 需要電力量について記載

一次エネルギーに占める電力の比率（電力化率）



(注) 1PJは10¹⁵J 原油約25,800キロリットルの熱量に相当

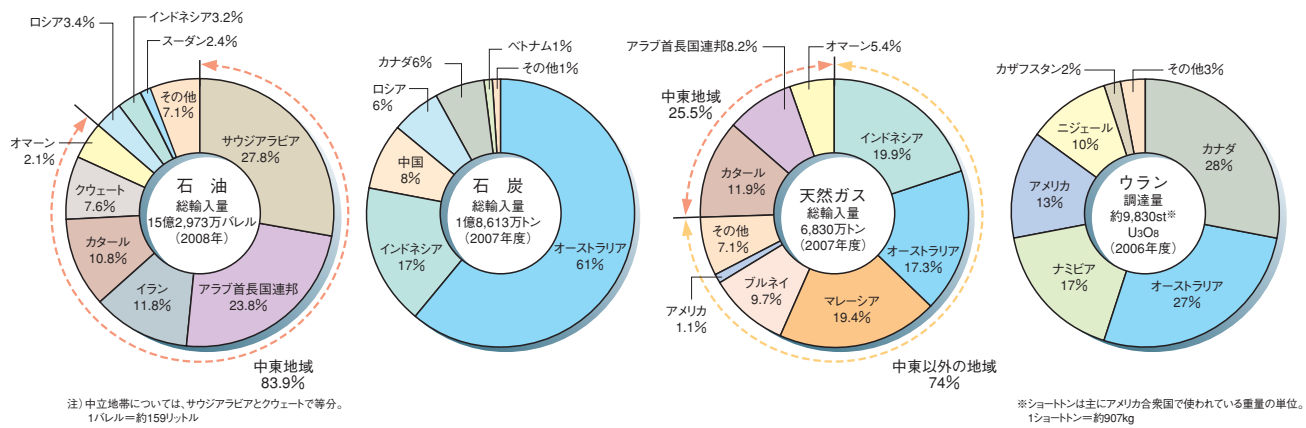
2-2 日本のエネルギー供給構造

日本のエネルギー供給構造は、その資源のほとんどを輸入に頼っており、自給率は4%と世界の中でエネルギー資源が極めて乏しい国です。また、これまでエネルギーの主力である石油の大半を中東に依存していましたが、石油危機を経験して以降、石油依存度を下げてエネルギーの供給安定性を高めるため、原子力を始めとする石油に代替する資源の利用に努め、エネルギー供給源の多様化を図ってきました。しかしながら、いまだに**エネルギー供給の約半分以上を石油に依存**している状況にあります。

日本の主要なエネルギーの輸入依存度（2007年度）

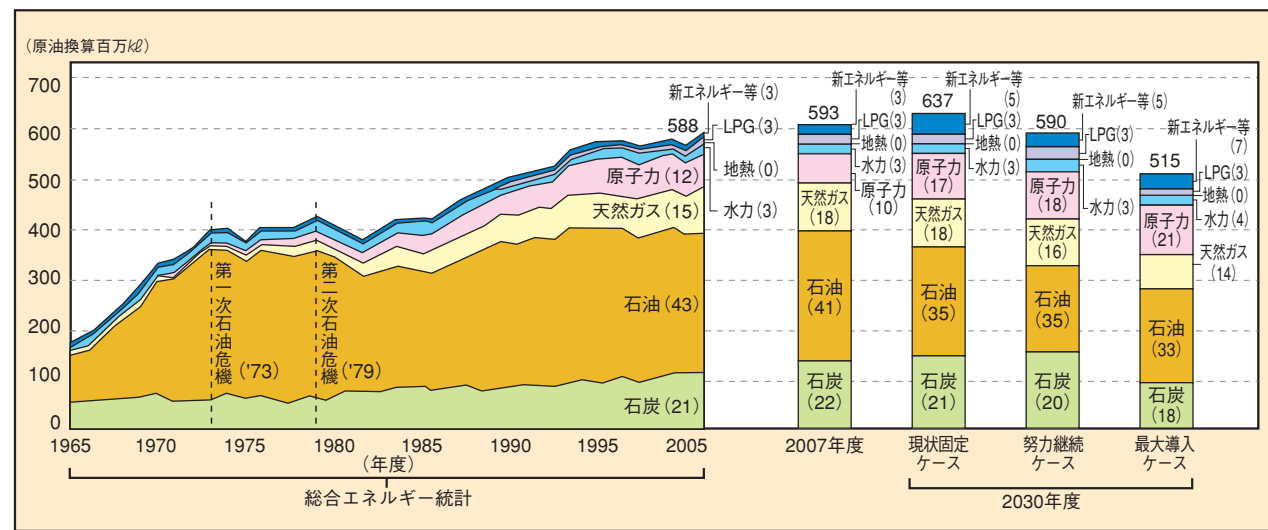
	石油	石炭	天然ガス	原子力（ウラン）
輸入依存度（%）	99.6	100.0	95.7	100.0

日本のエネルギー資源の国別輸入比率（石油、石炭、天然ガス、ウラン）



出典：財務省「日本貿易月報」、電気事業連合会、経済産業省「資源エネルギー統計」

一次エネルギー供給の見通し（資源別）



- (注) 1 () 内は、構成比。
2 構成比各部門の数値の合計は、四捨五入の関係で100にならない場合がある。
3 将来(2030年)の各ケースは次のように想定している。
- ①現状固定ケース
現状を基準とし、今後新たなエネルギー技術が導入されず、機器の効率が一定のまま推移した場合を想定。耐用年数に応じて古い機器が現状レベルの機器に入れ替わる効果のみを反映したケース。
 - ②努力継続ケース
これまで効率改善に取り組んできた機器・設備について、既存技術の延長線上で今後とも継続して効率改善の努力を行い、耐用年数を迎える機器と順次入れ替えていく効果を反映したケース。
 - ③最大導入ケース
実用段階にある最先端の技術で、高コストではあるが、省エネ性能の格段の向上が見込まれる機器・設備について、国民や企業に対して更新を法的に強制する一歩手前のギリギリの政策を講じ最大限普及させることにより劇的な改善を実現するケース。

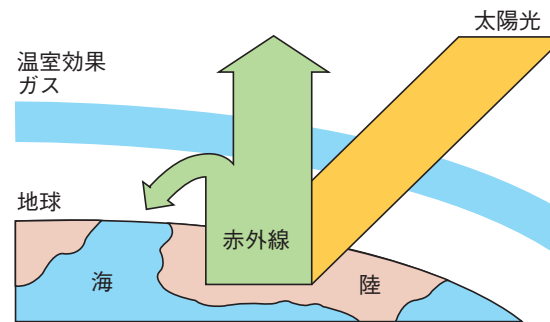
3-1 地球温暖化とその影響

日射エネルギーは、大気を通過して地表に吸収され熱に変わります。この熱エネルギーによって暖められた地表面からは赤外線が地球外に向けて放射されますが、大気中に存在する温室効果ガスがこの一部を熱として吸収することで地表面の平均気温を保ち、生命が活動するために適した環境を維持しています。これが「温室効果」です。

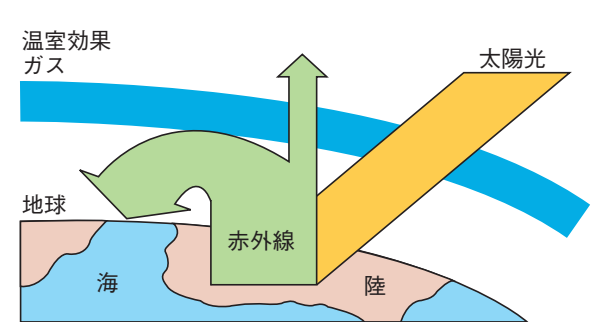
温室効果ガスには、二酸化炭素(CO₂)やメタンといったものがありますが、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)によると、地球が温暖化していることには疑う余地が無く、その原因は、人為起源の温室効果ガス濃度の増加だとほぼ断定されています。

温室効果の概念図

温室効果ガスは光をよく通すが赤外線(熱)を反射する。



更に温室効果ガスが増加すると...

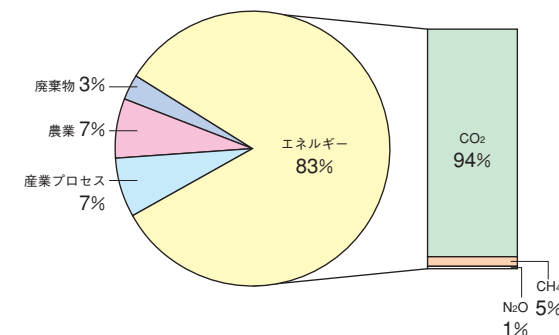


世界の現状の排出量は自然界の吸収量の2倍を超えており、このままだと、世界の温室効果ガス排出量は数十年に渡って引き続き増加するものと考えられ、1980～1999年と比較した今世紀末の地球全体の平均気温の上昇は、環境の保全と経済の発展が両立する社会では、**約1.8度C(1.1～2.9度C)**である一方、化石エネルギー源を多量に使用する社会では、**約4.0度C(2.4～6.4度C)に達すると予測**されています。

このような地球温暖化の結果、異常気象の頻発、気候システムの急激な転換、生態系への影響、数億人規模の水不足、農業への打撃、感染症の増加、災害の激化など私たちの経済・社会活動に様々な悪影響が複合的に生じる可能性が指摘されています。既に、地球温暖化によって水資源や脆弱な生態系などでは悪影響が生じており、今後の気象上昇に従って、より深刻な悪影響が世界のすべての地域で生じることが予測されています。

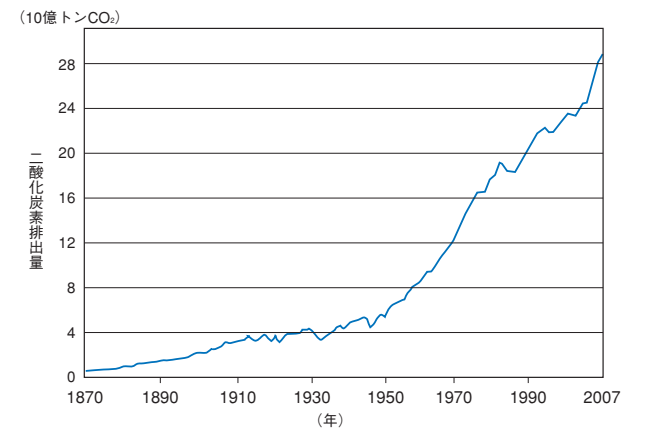
多くの影響は、排出削減により回避、遅延、低減することができ、今後20～30年間の削減努力と投資が必要です。

世界の温室効果ガスの部門別排出割合(2006年)



出典：UN Framework Convention on Climate Change

世界のエネルギー起源二酸化炭素の排出推移



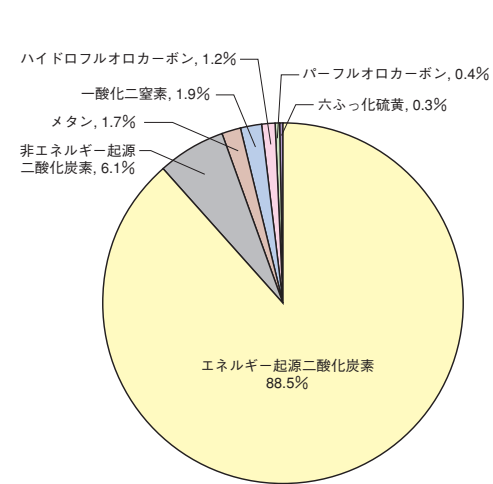
出典：Carbon Dioxide Information Analysis Center
Oak Ridge National Laboratory,
US. DOE. Tenn. U. S. A

3-2 日本の温室効果ガス排出量

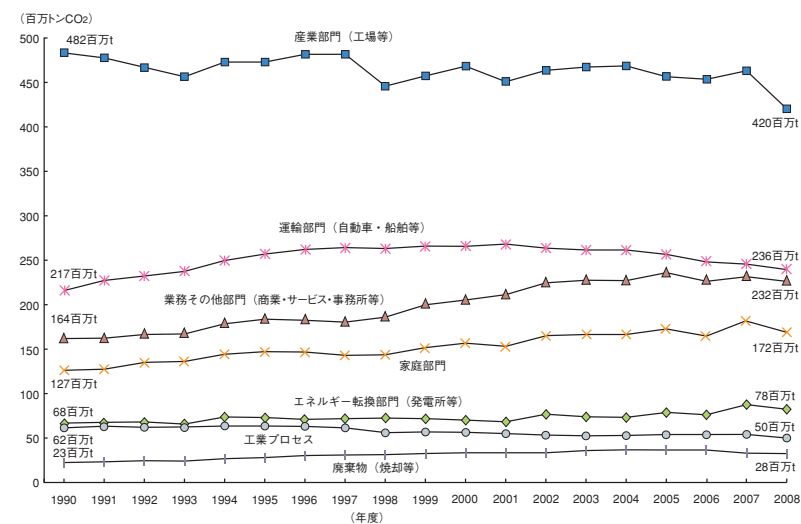
2008年度の日本の温室効果ガス排出量は、12億8600万t・CO₂となっており、エネルギー起源二酸化炭素が約90%を占めています。また、エネルギー起源二酸化炭素排出量を部門別に見ると、産業部門が約36.9%と最も多く、次いで運輸部門、業務その他部門、家庭部門の順になっていますが、1990年比は、産業部門は約13.0%減少しているのに対して、運輸部門、業務その他部門、家庭部門は、それぞれ、8.5%、41.3%、34.7%と増加しています。

また、日本のエネルギー起源二酸化炭素排出量を各国と比較すると、日本は、中国、米国、EU、ロシア、インドに次いで世界第6位の排出国となっています。

日本の温室効果ガス排出割合 2008年度(速報値)



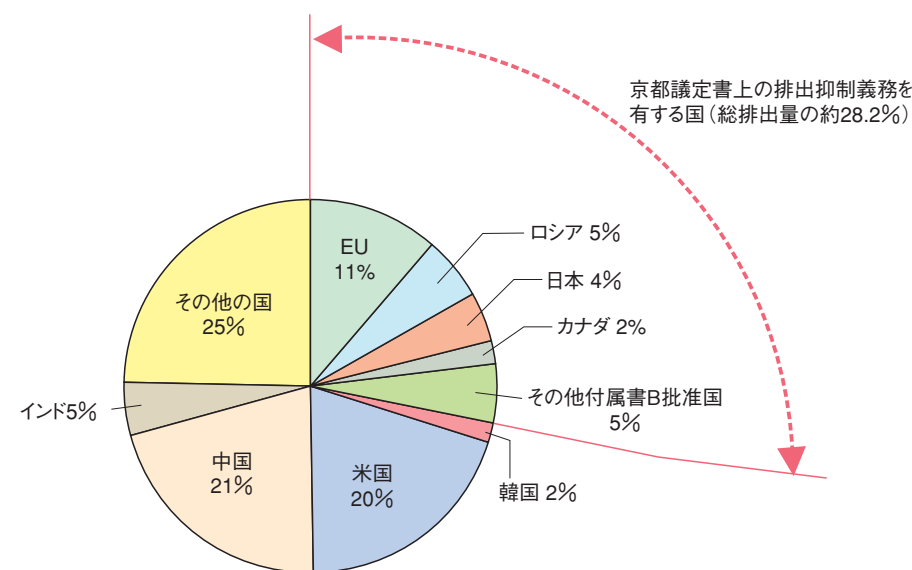
日本のエネルギー起源二酸化炭素排出量の部門別の推移



出典：2008年度（平成20年度）の温室効果ガス排出量（速報値）
（国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィスのデータをもとに作成）

出典：2008年度（平成20年度）の温室効果ガス排出量（速報値）について

世界のエネルギー起源二酸化炭素排出量の国別割合（2007年）



出典：OECD/IEA「CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION」（2009）

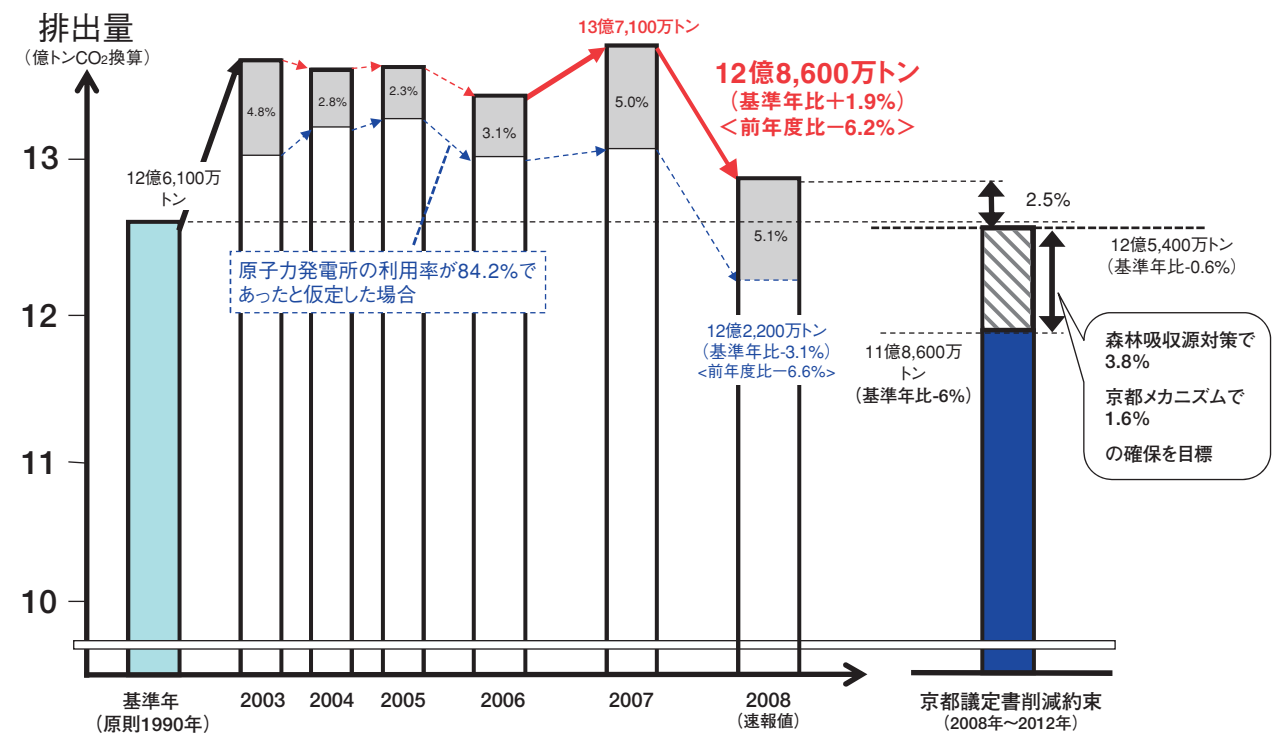
3-3 地球温暖化対策

地球温暖化問題克服には世界各国の協力が不可欠であることから、1990年代以降国際的な対応が行われてきました。1997年には国連気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）において、二酸化炭素を含む温室効果ガス排出量を先進国全体で少なくとも5%削減（1990年比）する議定書（「京都議定書」）が採択されました。日本は、地球温暖化対策の推進に関する法律（1998年法律第117号）に基づき、「京都議定書目標達成計画」を策定し（2005年4月策定、2008年3月全部改定）、同計画に基づき省エネルギー対策や二酸化炭素の排出量が少ないエネルギーである原子力の推進や新エネルギーの導入促進等の具体的な対策が進められています。

日本の具体的な温室効果ガス削減目標値は、「京都議定書」において、基準年（1990年）に比べ第一約束期間の2008年～2012年で、6%の削減をすることとしています。しかしながら、2008年度の温室効果ガス排出量実績は、基準年度に対して1.9%上回っています。現行対策のみでは、森林3.8%、京都メカニズム1.6%を含めても6%削減には、2.5%の排出削減が必要と見込まれています。

地球温暖化防止の具体的な方策である削減約束の達成のために、現行対策の推進と今後なすべき方策について、産業構造審議会環境部会や中央環境審議会地球環境部会などを中心に検討が進められています。

日本の温室効果ガス排出量見通しと不足削減量



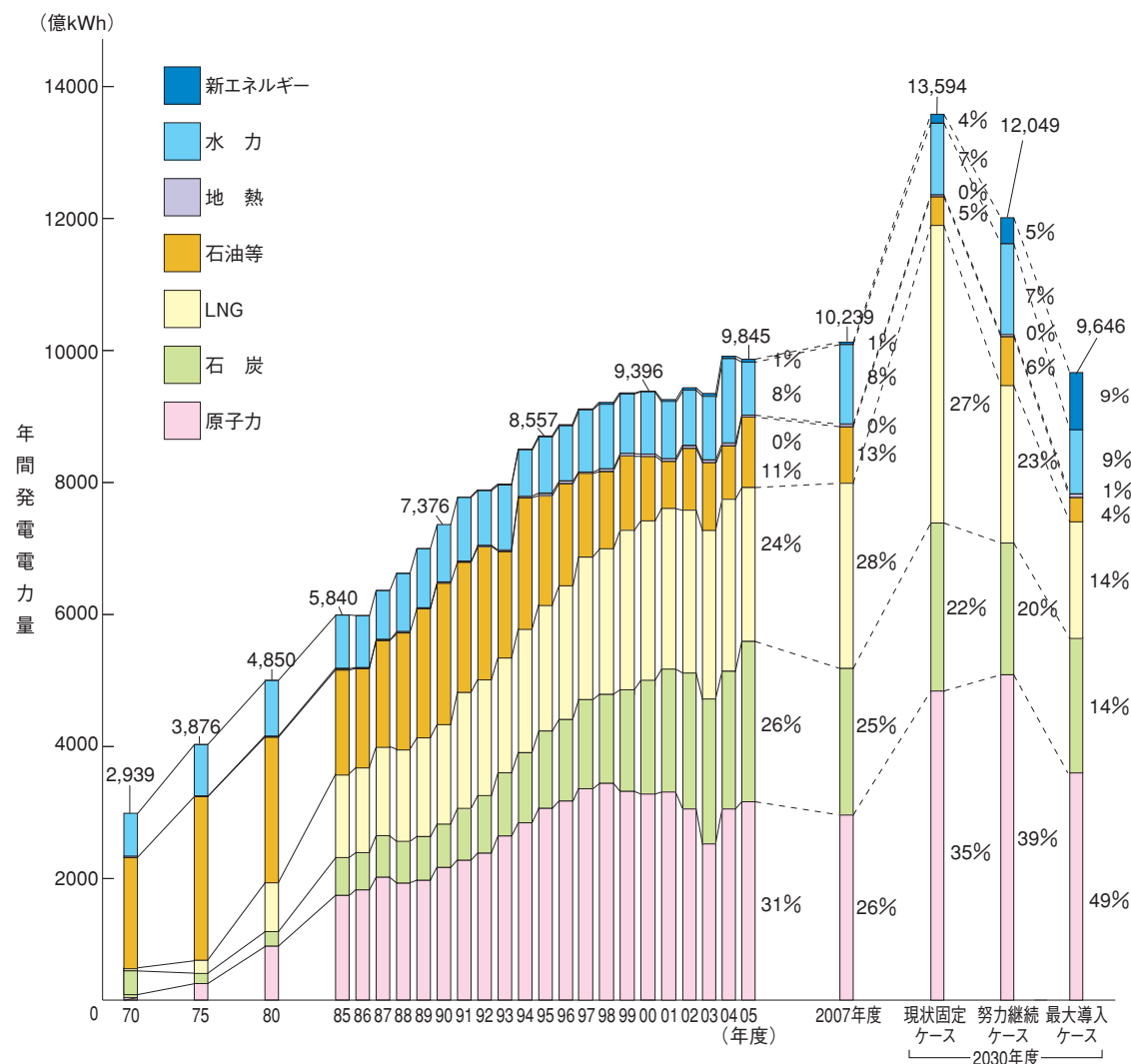
出典：環境省2007年度（平成19年度）温室効果ガス排出量（速報値）発表資料（平成20年11月12日）より作成

1-1 原子力発電の供給安定性

日本では、**電力の約3割が原子力発電によって供給**されています。これは、原子力発電の燃料であるウランが、**石油などの化石燃料と比べてごく少ない量で発電が可能**であること、燃料の備蓄が容易なこと、一度ウラン燃料を原子炉に入れると3～4年は取り替えずに発電できること、ウランが、オーストラリア、カナダ、カザフスタンを始め、比較的広い地域に分布していること等、エネルギーの供給安定性に優れているためです。

また、ウランをさらに安定して長期に輸入ができるよう、供給国の多様化を図るとともに、供給国と長期購入計画の締結を行っており、政府としても、資源国との関係強化や、リスクマネーの供給を通じて、ウランの安定供給確保を支援しています。

電源別発電電力量の実績（一般電気事業用）及び見通し



(注) 1. LNGには天然ガス、燃料電池及びメタノールを含む。
2. 石油等にはLPG、その他ガス及び瀝青質混合物を含む。
3. 新エネルギーとは廃棄物、太陽光及び風力等をいう。
4. 構成比の各欄の数値の合計は、四捨五入の関係で100にならない場合がある。
5. 将来（2030年度）の発電電力量については、卸供給事業者等が含まれていない点に留意する必要がある。仮にこれらを考慮した発電電力量とした場合、石油等をはじめとする火力が上方修正となる可能性がある。

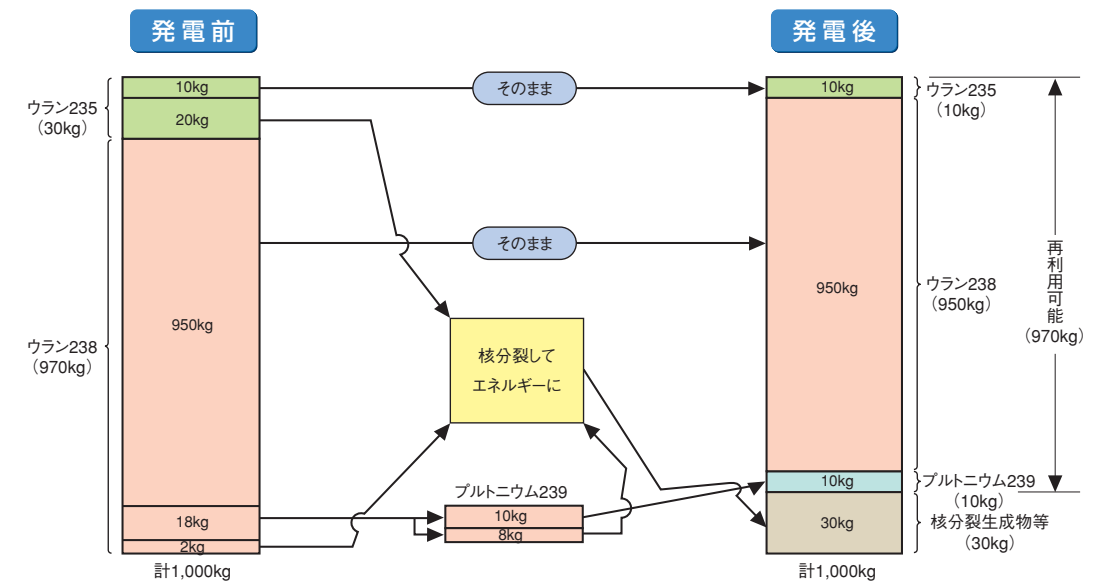
出典：電源開発の概要、「長期エネルギー需給見通し（再計算）」（2009年8月）

1-2 原子力発電の燃料リサイクル

日本の原子力発電所（軽水炉）で使用するウラン燃料は、天然ウランに含まれるウラン235を濃縮してつくられます。

新たに装荷された燃料は原子炉の中でウラン235の核分裂反応によって核分裂生成物が発生しますが、この時そのままでは核分裂しにくいウラン238の一部が中性子を吸収してプルトニウム239となり、このプルトニウム239の一部も核分裂することにより発電に寄与しています。こうして発電後の使用済燃料の組成はウラン235が1%、ウラン238が95%、プルトニウム239が1%、核分裂生成物が3%となっており、核分裂生成物以外（97%）は再処理することにより原子力発電の燃料として**リサイクルが可能**です。

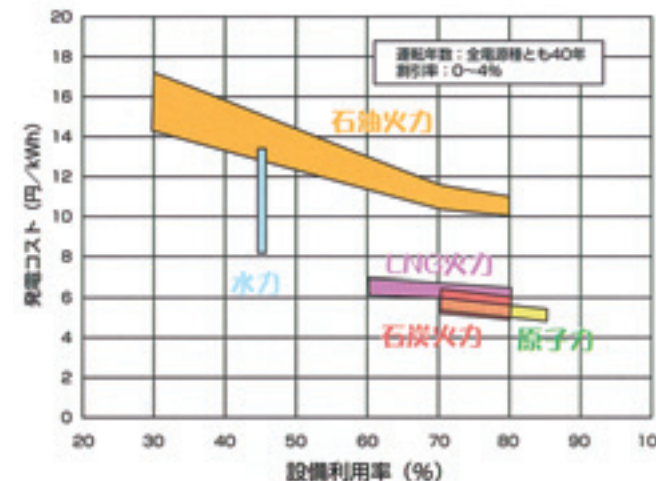
原子力発電で使われる燃料の変化



出典：鈴木篤之著「原子力の燃料サイクル」を基に作成

1-3 原子力発電の経済性

原子力発電は、全体の収益性を様々なケースについて分析・評価した結果、他の電源との比較において遜色はないとされています。



(注) 本コストは以下の条件を下に計算したものです。
(1) モデルプラント：下記条件に合う発電所
・運転開始が1999年度から2003年度
・出力規模 原子力118～136万kW 水力 1～2万kW
石油 35～50万kW LNG 144～152万kW
石炭 60～105万kW
(2) 運転年数：全電源とも40年
(3) 経済指数
・為替レート：121.98円／\$（2002年度平均）
・初年度燃料価格
○石油：27.41\$/b ○LNG：28,090円／t ○石炭35.5\$/t
・燃料価格上昇率は、IEA「WORLD ENERGY OUTLOOK」の最新値をもとに算定

※1 割引率：長期的投資効率を評価する等の目的で、将来価値を現在価値に割り引く際に用いる利率です。
※2 原子力発電のコストには、次の核燃料サイクルのコスト（円／kWh）が含まれています。

割引率	0%	1%	2%	3%	4%
コスト合計	1.83	1.64	1.53	1.47	1.43

（全操業期間で均等化した場合）

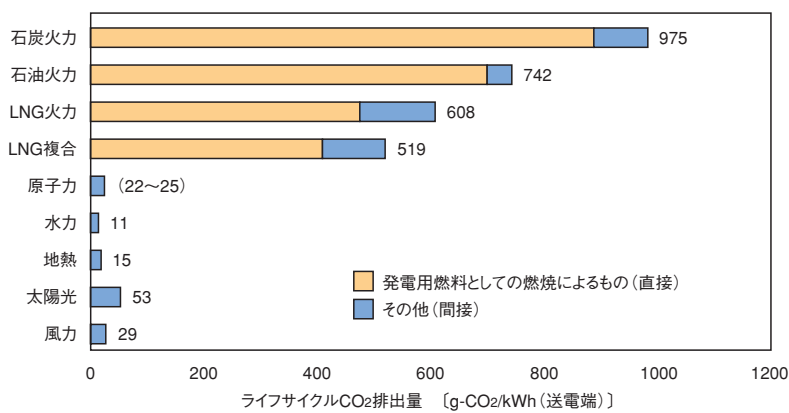
出典：総合資源エネルギー調査会電気事業分科会コスト等検討委員会報告書（平成16年1月）を基に作成

1-4 原子力発電による地球環境保全（二酸化炭素（CO₂）排出の抑制）

二酸化炭素の排出量を発電について見ると、各種発電方式の建設、燃料の採掘、輸送、精製、運転、保守等の全てに対して二酸化炭素排出量を考慮した、各種電源別の二酸化炭素排出量ライフサイクル評価の結果、原子力発電や再生可能エネルギーの水力発電、風力発電等は、非常に少ない排出量となっています。

再生可能エネルギーが気候や地理的な条件の制約を大きく受けるのに比べて、原子力発電は、そのような制約をうけないメリットがあり、地球温暖化防止のために原子力発電が果たす役割はきわめて重要です。

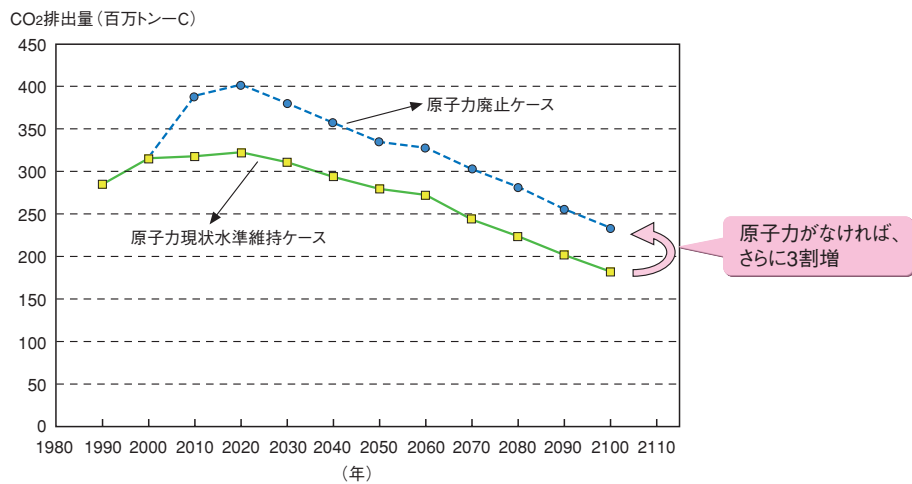
各種電源の発電量当たりのCO₂排出量



出典：原子力は、電力中央研究所報告書「ライフサイクルCO₂排出量による原子力発電技術の評価 平成13年8月」における「リサイクルシステム」についての評価
それ以外は、電力中央研究所報告書「ライフサイクルCO₂排出量による発電技術の評価 平成12年3月」

日本のCO₂排出量の見通し（大胆な省エネルギーと新エネルギーの導入を仮定）

仮に、2100年には、①省エネルギーの進展と人口減少により、GDP（国内総生産）当たり最終エネルギー消費が現在の約3分の1に減少し、②新エネルギーが現在の約180倍に拡大する、との大胆な前提を置いたとしても、原子力を廃止した場合は、原子力が現在の水準（総発電電力量の30～40%）程度で推移した場合に比べ**二酸化炭素排出量は3割増加**と考えられます。このため、省エネルギー、新エネルギーの導入を最大限に進めるとともに、原子力発電については、2030年以降も、**現在の水準以上の**役割を果たすことが求められます。



出典：2030年以降―財団法人日本エネルギー経済研究所試算、
1990年～2030年―総合資源エネルギー調査会「2030年のエネルギー需給展望（中間とりまとめ）」（2004年10月）

1-5 新エネルギーとの比較

太陽光発電や風力発電等の新エネルギーは、エネルギー自給率の向上や地球温暖化対策に資するほか、分散型エネルギーシステムとしてのメリットも期待できる貴重なエネルギーです。

一方、現時点では供給安定性や経済性などの課題を有しています。具体的には、原子力発電と、太陽光発電及び風力発電を比較すると、仮に電気出力百万kW級の原子力発電所1基分を太陽光発電や風力発電に置き換えようとする、**太陽光発電では山手線の内側と同程度の面積**が必要であり、**風力発電では山手線の内側の約3.4倍の面積**が必要となります。また、太陽光発電や風力発電といった自然エネルギーは天候などの自然条件に左右され、出力が不安定なことから、これらを大規模に導入しつつ安定した電力供給を得ようとする、それをバックアップする電源などが必要となります。

近年、家庭での太陽光発電の普及により、情報技術を積極的に用いて、供給者と消費者のあいだの電力伝送における課題を解決する「スマートグリッド」の概念が浮上してきました。これは、冷蔵庫などの一般的な家電製品や電気自動車、ヒートポンプ式給湯器に利用する一方、余った電力については蓄電池にためたり、電力会社実際に売ったりするという概念です。送電線網に影響を与えずに太陽光発電を有効利用できる売電の時間帯や電気自動車への充電時間帯などを検証することが計画されています。

原子力発電、太陽光発電、風力発電の比較

火力発電と原子力発電はプラント容量・発電所容量・平均利用率が大きくできるため、基幹電源に適している。

	原子力	化石エネルギー			再生可能エネルギー		
		石油	石炭	天然ガス	水力	太陽光	風力
プラント容量	～140万kWe	数10万kWe			数千kWe	～1万kWe	～数100万kWe
発電所容量	～800万kWe	～300万kWe			～数10万kWe		
平均利用率(%) ^{※1}	約75	－			約47	約10～15	約17～20
既存サイト例	柏崎刈羽	御坊	苫東厚真	袖ヶ浦	－	松山太陽光発電所	ウインドパーク美里
出力(万kWe)	821	180	165	360		0.43 ^{※3}	1.6
面積(km ²)	4.20	0.36	0.58	1.12		0.067 ^{※3}	0.15
建設期間	4～6年	1.9～3.3年	2.4～4.2年	1.9～3.3年	－	－	－
リードタイム ^{※2}	概ね20年以上	－	概ね10年程度		－	－	－
備考(用途等)	●主に基幹電源	●主にピーク供給	●主に基幹電源	●基幹電源・ミドル供給、及び、分散型エネルギー	●揚水等はピーク供給 ●流込式水力は基幹電源	●天候等により出力が変動しやすくバックアップ電源等が不可欠。 ●電源系統との連携システム必要。 ●主に分散型電源	

※1 原子力はH18原子力白書、'98～'05の平均より。水力、太陽光、風力はNEDO、H17エネルギー関連データ集より。
※2 立地申入れから運用開始までの期間。
※3 増設計画（平成32年完成予定）。現在は300kWeの出力。

出典：原子力委員会「地球環境保全・エネルギー安定供給のための原子力のビジョンを考える懇談会」報告書より

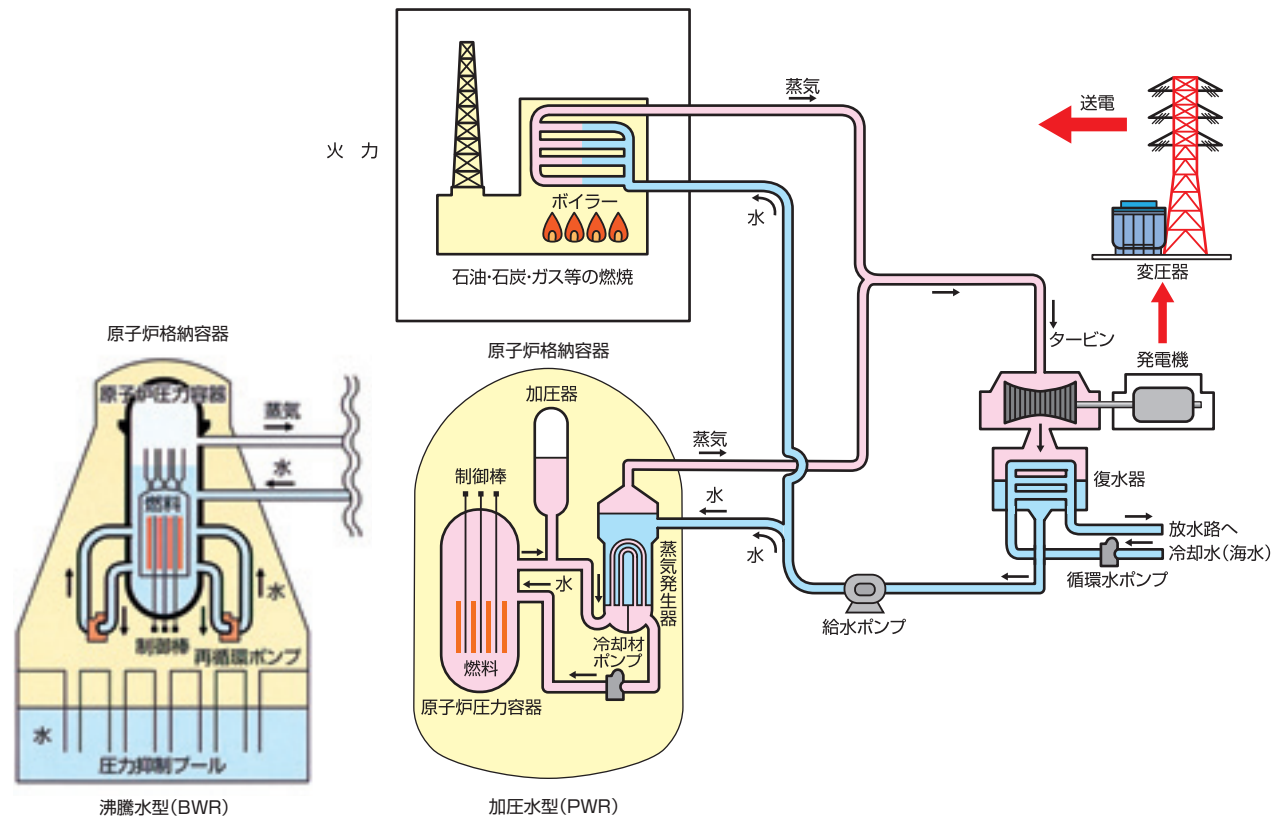
2-1 発電方法

火力発電所は、ボイラーで石油や石炭、天然ガスなどを燃やして高温高压の蒸気をつくり、この蒸気の力でタービンをまわして電気をつくります。

原子力発電所は、原子炉の中でウラン235などの核分裂反応を継続させ、発生する熱で高温高压の蒸気をつくり、この蒸気の力で火力発電所と同じようにタービンをまわして電気をつくります。

日本で使用している商業用の原子炉は、大きく沸騰水型原子炉（BWR：Boiling Water Reactor）と加圧水型原子炉（PWR：Pressurized Water Reactor）の2種類があります。これらをまとめて軽水炉（LWR：Light Water Reactor）と呼んでいます。BWRでは、原子炉で発生した蒸気を直接タービンに送り発電します。PWRでは、原子炉で発生した熱を一度蒸気発生器に伝え、そこで発生した蒸気をタービンに送り発電します。そのほかの基本的構成は同じです。

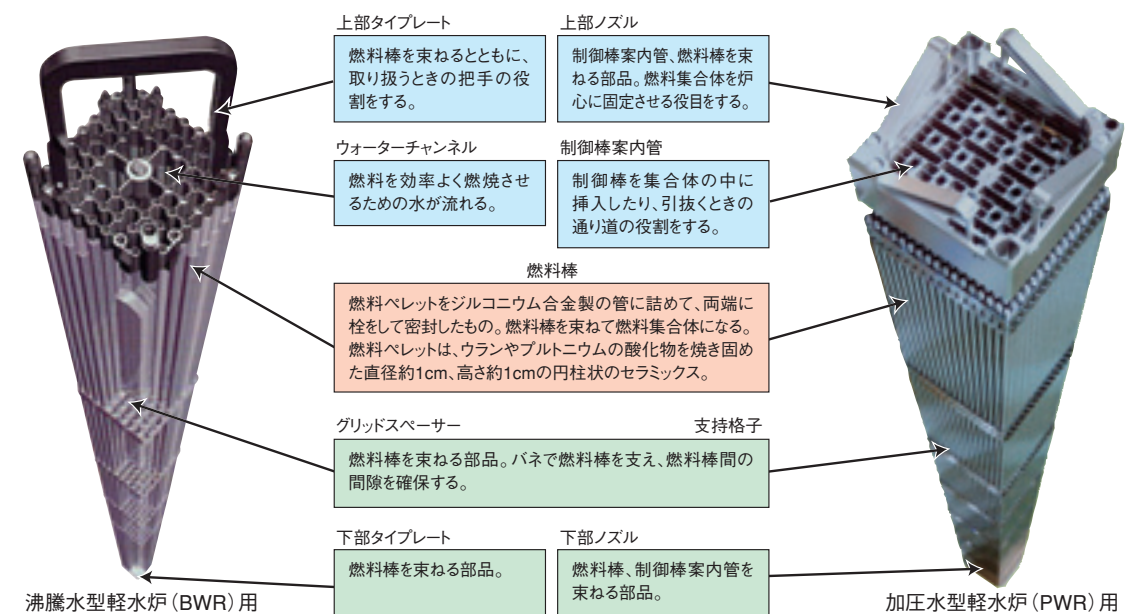
火力発電と原子力発電の違い／沸騰水型原子炉（BWR）と加圧水型原子炉（PWR）の比較



2-2 燃料

原子力発電では、ウラン235などの核分裂を起こす物質が燃料となります。軽水炉では、ウラン235が数%含まれるウランを酸化物にして焼き固めたもの（ペレットと呼びます）を使用します。このペレットを被覆管内に密封したものが燃料棒で、この燃料棒を束ねた燃料集合体が原子炉圧力容器内に装荷されます。

燃料集合体の概略構造



出典：日本原子力学会誌を利用、vol.46,No.5,P41～47「核燃料工学の基礎第一回核燃料の概要」（森一麻）より

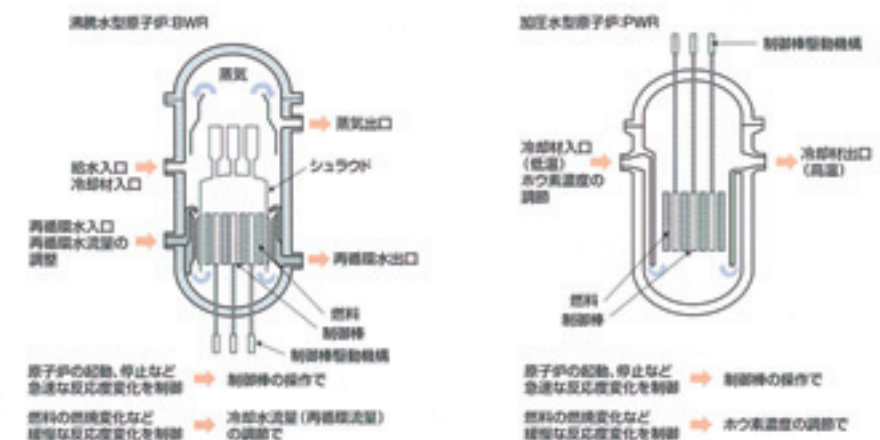
2-3 運転

原子力発電は、原子炉の出力を一定にするため、核分裂の量を一定に維持させるように制御をしながら運転します。この方法は、BWRとPWRでは異なります。

BWRでは、中性子を吸収するための制御棒の出し入れ（位置の調整）と、炉心を流れる冷却水の流量（再循環流量）の調節により、炉心の出力を制御し運転します。

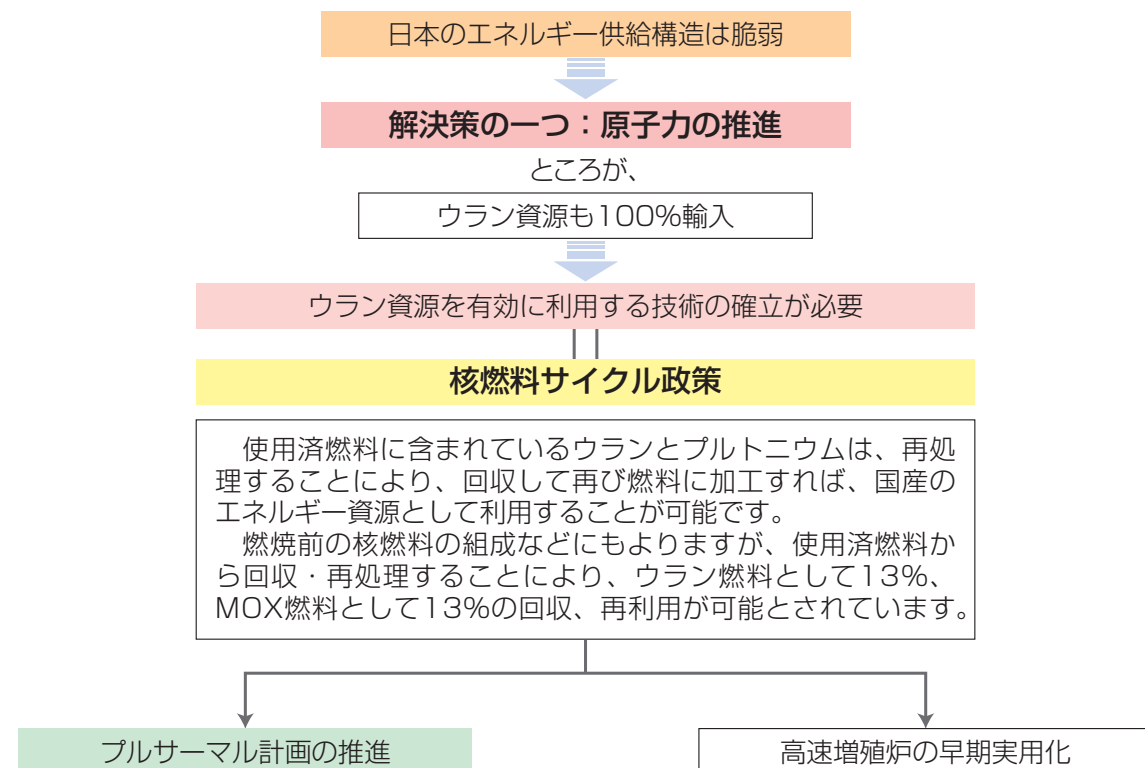
PWRでは、中性子を吸収するための制御棒の出し入れ（位置の調整）と、冷却水に中性子を吸収するホウ素を混ぜ、この濃度を調整することにより、炉心の出力を制御し運転します。

原子力発電の制御方法



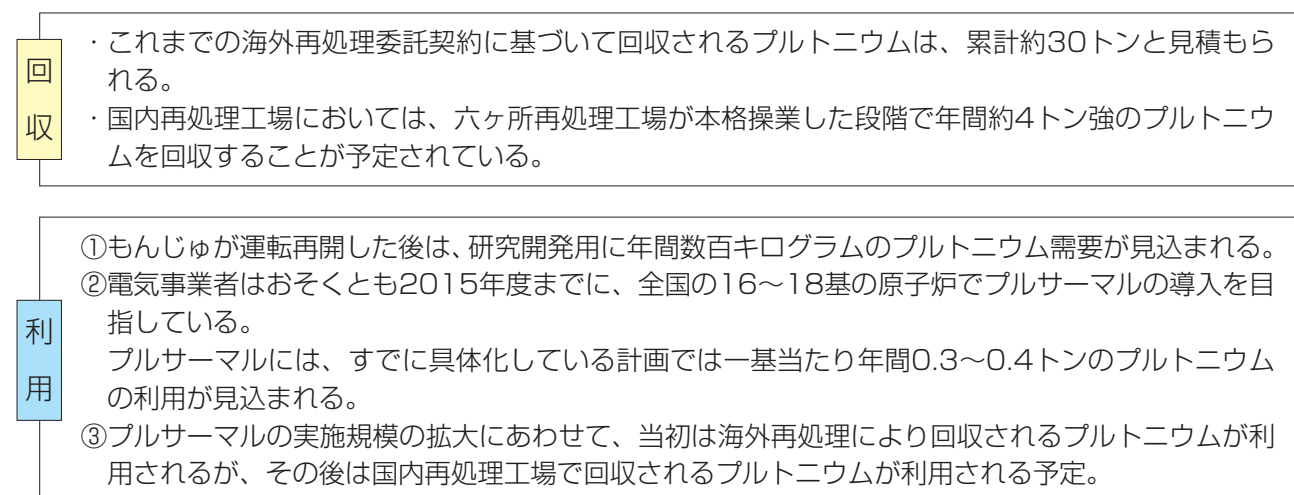
3-1 必要性

ウラン燃料などの核燃料をリサイクルする一連の流れを核燃料サイクルといいます。エネルギー資源の大部分を輸入に依存し、ウラン資源においては全量を輸入に依存する日本においては、ウラン資源の有効利用による長期的なエネルギー安定供給の確保、高レベル放射性廃棄物を減らす観点から、核燃料サイクルの確立に向けた取り組みを着実に推進することが重要です。



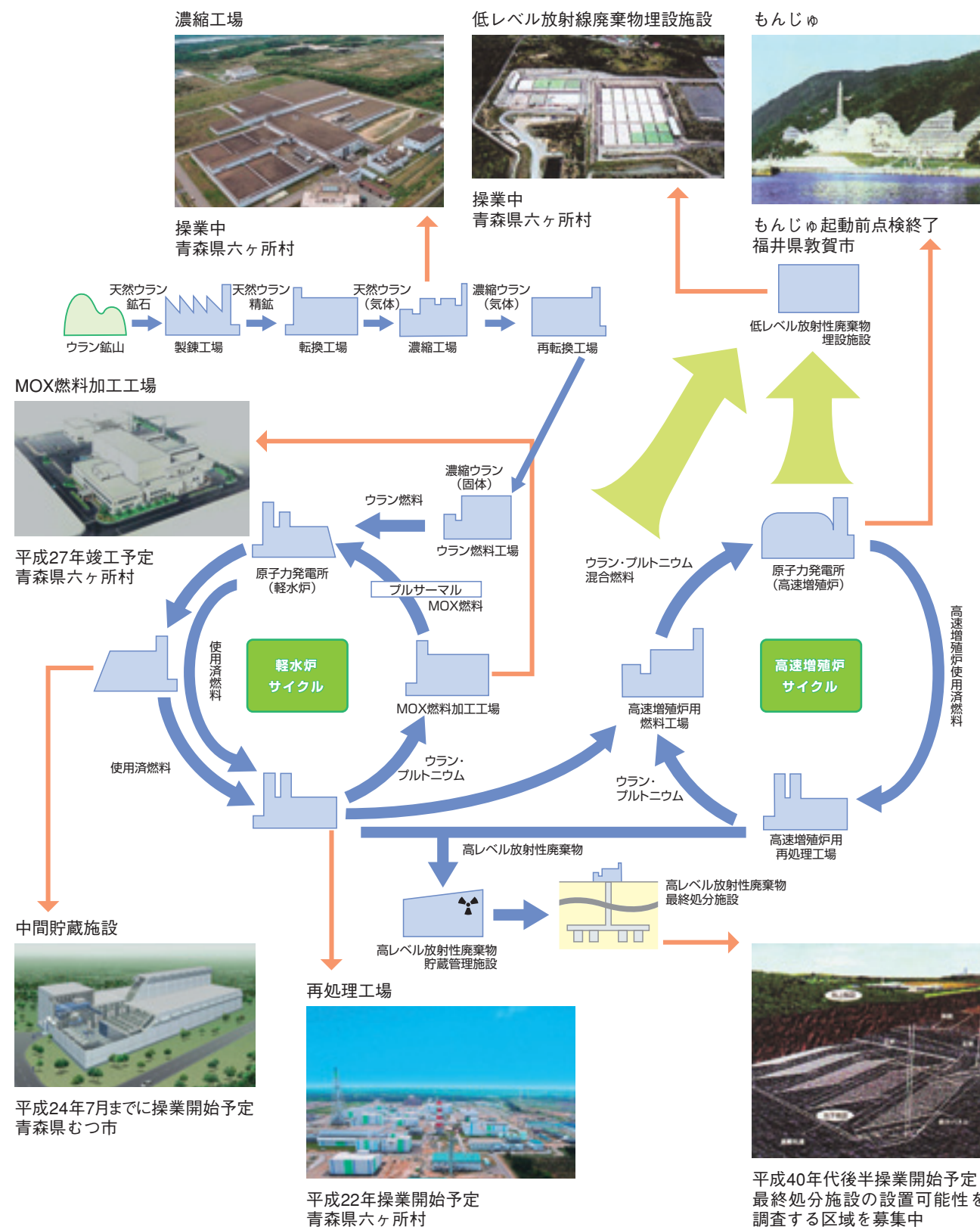
日本は「原子力政策大綱（2005年10月閣議決定）」において、「核燃料資源を合理的に達成できる限りにおいて有効に利用することを目指して、安全性、核不拡散性、環境適合性を確保するとともに、経済性にも留意しつつ、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用すること」を核燃料サイクル政策の基本方針としています。

日本のプルトニウム回収及び利用見通し量は、次の通りです。



3-2 核燃料サイクル施設

青森県において、ウラン濃縮工場、低レベル放射性廃棄物埋設センター及び高レベル放射性廃棄物貯蔵センターが操業中です。また、今後、使用済燃料再処理工場、使用済燃料中間貯蔵施設及びMOX燃料加工工場が操業予定です。高速増殖炉原型炉もんじゅ(福井県)は、平成21年度内の運転再開を目指しています(平成22年2月現在)。

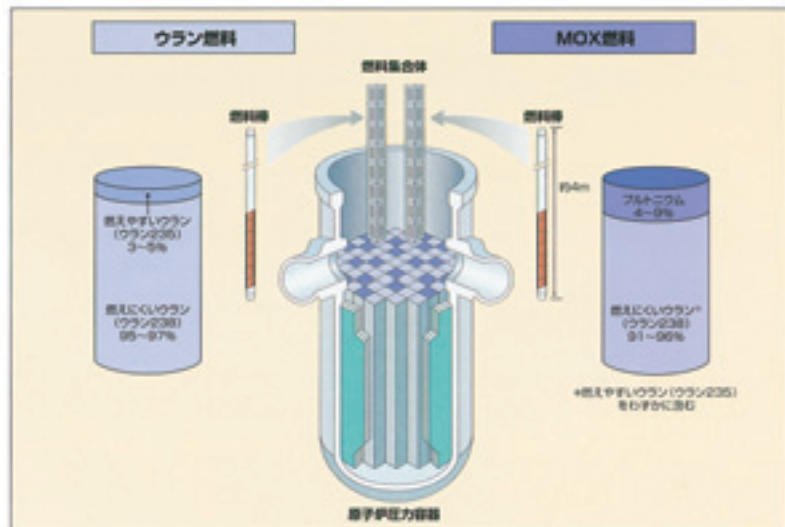


出典：日本原燃（株）ホームページ、リサイクル燃料貯蔵（株）ホームページ等

3-3 プルサーマルの必要性

プルサーマルとは、原子力発電所（軽水炉）でMOX（ウランとプルトニウムの混合酸化物）燃料を利用することをいいます。プルサーマルは、貴重なエネルギー資源を有効活用するための取組であり、エネルギー資源の大部分を輸入に依存する日本にとって、大きな意義があります。

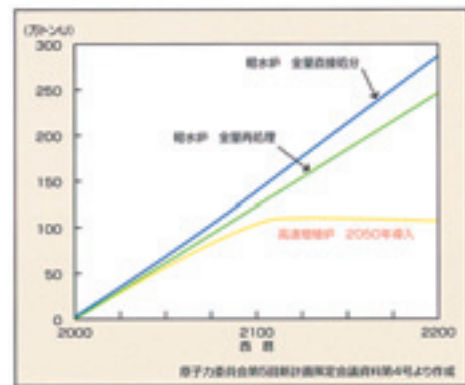
プルサーマルの使用例



再処理によるウラン資源の節約効果

核燃料サイクルは、再処理により使用済燃料からプルトニウムなどの有用な物質を分離回収し、これを再利用することによって、ウラン資源を有効に利用することができます。軽水炉でウラン燃料を使用し、それをそのまま処分（直接処分）した場合に比べ、再処理してプルサーマルで再利用した場合には、1～2割ウラン資源が節約できます。

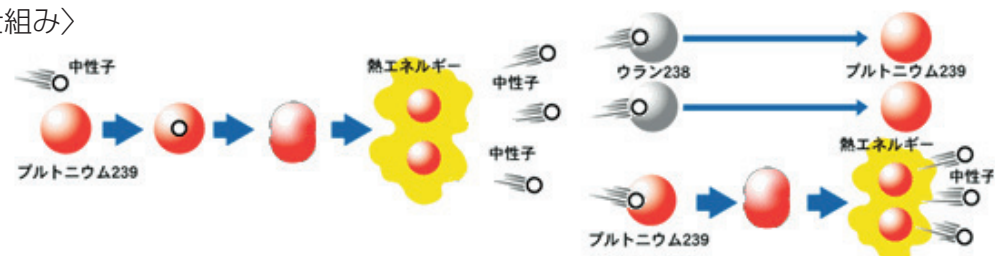
高速増殖炉を用いた核燃料サイクルが実用化されれば、より一層のウラン資源の有効利用を図ることができます。



高速増殖炉

天然ウランの99.3%は核分裂しにくいウラン238ですが、ウラン238は中性子を吸収することにより核分裂しやすいプルトニウム239に変わるといった性質があります。また、プルトニウム239等が中性子を吸収するとき、中性子のスピード（約秒速2万km）が速いほど、新たに飛び出す中性子数が多くなります。この二つを利用することにより、消費されたよりも多くの燃料を生み出すことができます。これを増殖といい、この仕組みを利用した原子炉が高速増殖炉です。**増殖によりウラン資源を有効利用**できます。

〈増殖の仕組み〉



出典：文部科学省ホームページ

3-4 プルサーマルの安全性

現在運転中の原子力発電所でもプルトニウムは発電に貢献しています。これは運転中にウラン238から生まれたプルトニウムの一部が核分裂するためです。現在、軽水炉でプルトニウムの核分裂により発生するエネルギーは全体の約1／3に達します。

世界では、1960年代からプルサーマルが開始され、MOX燃料集合体にして6,000体以上、延べ58基の原子炉で実績があり、その安全性は十分に確認されています。また、日本の新型転換炉「ふげん」で約24年にわたり772体、日本原子力発電（株）敦賀原子力発電所1号機で2体、関西電力（株）美浜発電所1号機で4体のMOX燃料利用実績があります。

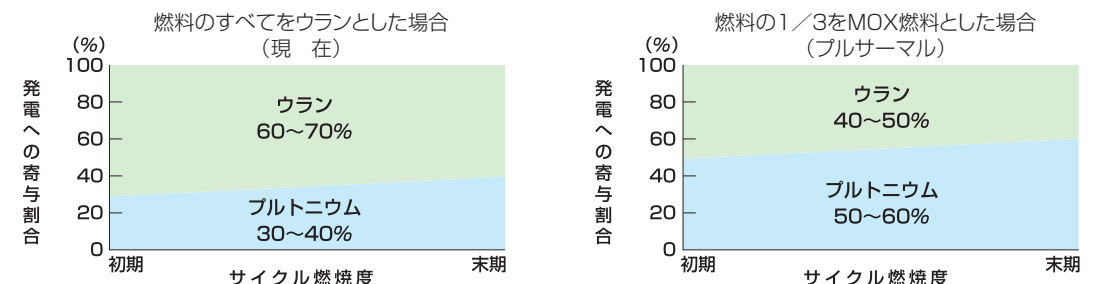
原子力安全委員会はMOX燃料の安全性について検討を行い、その結果を「発電用軽水型原子炉施設に用いられる混合酸化物燃料について」（平成7年6月19日原子力安全委員会了承）にまとめました。

そこでは、MOX燃料の特性はウラン燃料と大きな差はなく、MOX燃料の割合が炉心全体の1/3程度までの範囲ならば、**ウラン燃料の場合と同等の設計方針**で、原子炉を利用できるとしています。

現在でもプルトニウムは発電に貢献

原子力発電所においては、約1年間の運転で炉心燃料の約1／4～1／3を新しい燃料に取り替えますが、残りは継続使用します。

MOX燃料を使用していない原子力発電所においても、運転中にプルトニウムが生成されるため、継続使用している燃料中にすでに存在するプルトニウムによって発電がおこなわれています。

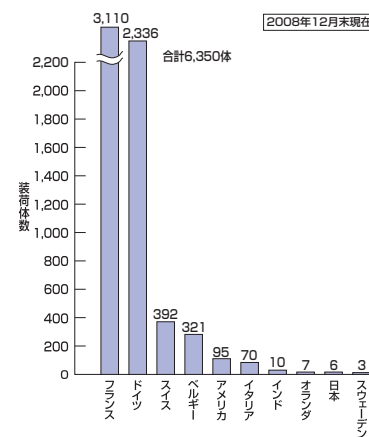


炉心におけるプルトニウムの発電への寄与割合（BWR平衡炉心の例）

MOX燃料の利用実績

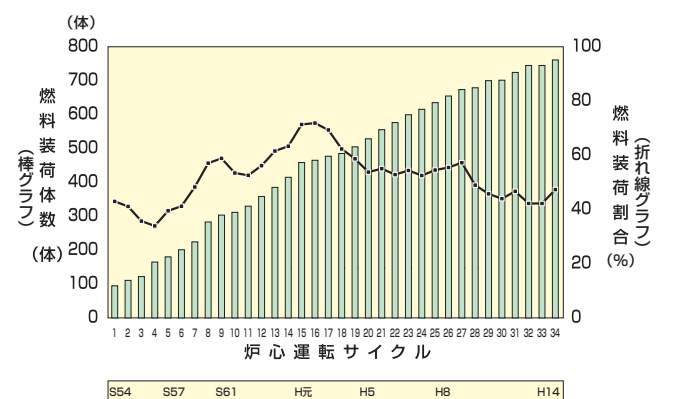
プルトニウムの利用は、国内外で多くの実績があります。

フランス、ドイツ、ベルギー、スイス等での軽水炉におけるMOX利用実績



「ふげん」におけるMOX燃料利用実績

MOX燃料装荷実績（772体、装荷比率34～72%）



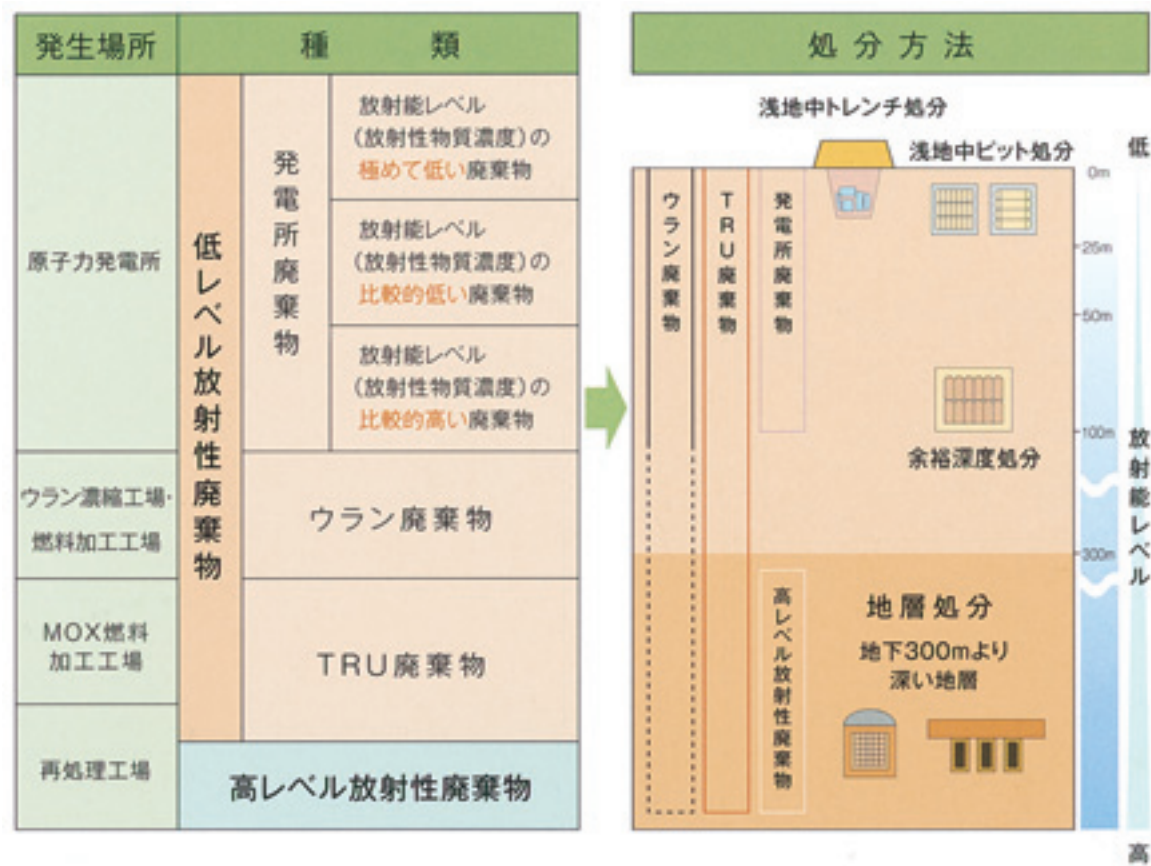
出典：「平成15年度研究開発課題評価（事後評価）報告書 評価課題 新型転換炉原子炉「ふげん」の開発」核燃料サイクル開発機構（2003年9月）

4-1 処理・処分の概要

放射性廃棄物は、「高レベル放射性廃棄物」と「低レベル放射性廃棄物」に大別されます。低レベル放射性廃棄物はさらに、放射性廃棄物の種類や濃度、発生場所によって様々な種類に分類・管理されます。放射性廃棄物の処理・処分にあたっては、これらの分類に応じて安全かつ合理的に行うことが重要です。処分の方法としては、放射能レベルに応じた深度や障壁（バリア）を選び、浅地中処分、余裕深度処分、地層処分に分けて処分が行われます。一部の放射性廃棄物の浅地中処分については、わが国でもすでに処分が実施されています。

高レベル放射性廃棄物と一部のTRU廃棄物は、地下300mより深い地層中に処分されます。

放射性廃棄物の種類と処分の概要

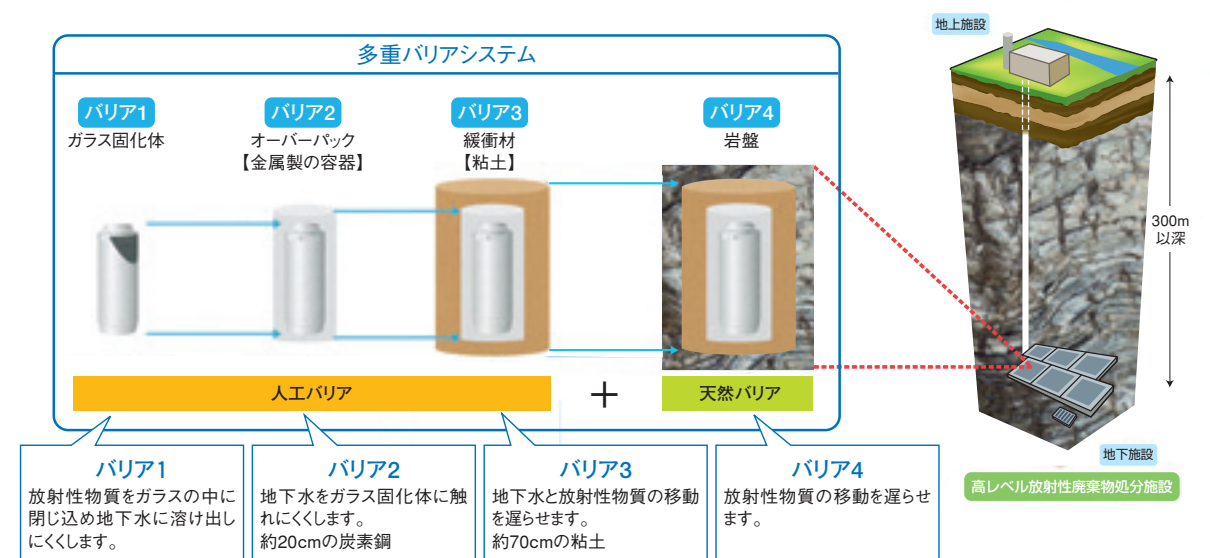


4-2 処分の安全性 ―地層処分の概念

地下の深い場所では地上に比べて津波、台風等の自然災害による影響を受けず、戦争・テロなどの人間の行為による影響も受けにくいという特長があります。また、地層処分は、地下水の流れが非常に遅い、酸素が少なく金属がさびにくいといった地下深くの環境に着目したものです。

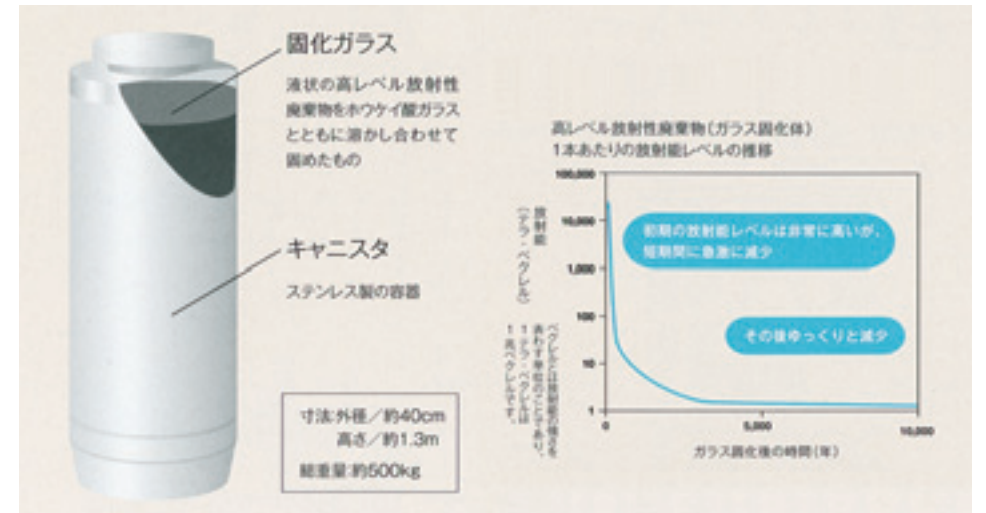
地層処分により、地下深くの安定した地層（天然バリア）に、複数の人工障壁（人工バリア）を組み合わせることで、放射性物質を閉じ込め、生活環境への影響を十分小さくします。

地層処分の方法



高レベル放射性廃棄物とは

使用済燃料の成分のほとんどは再利用可能なウランやプルトニウムであり、リサイクル（再処理）の過程で資源として回収されますが、再利用できない成分は廃液として残ります。この廃液は放射能レベルが高いことから「高レベル放射性廃棄物」と呼ばれます。日本では、これをガラス原料と溶かし合わせ、ステンレス製の容器（キャニスタ）に注入して安定な形態に固化処理しており、これを**ガラス固化体**と呼びます。

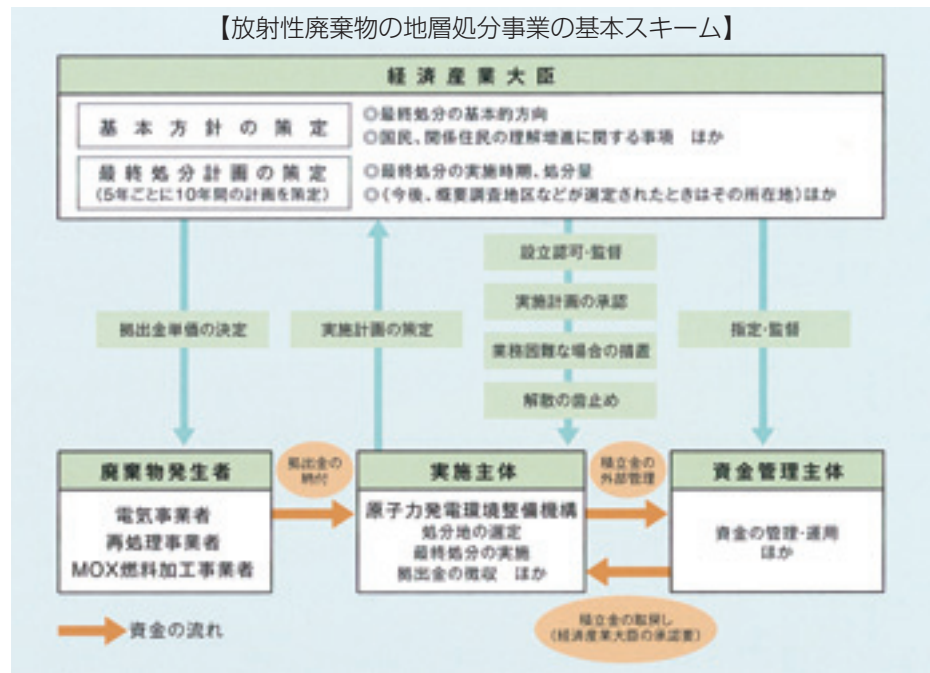


4-3 処分の枠組み

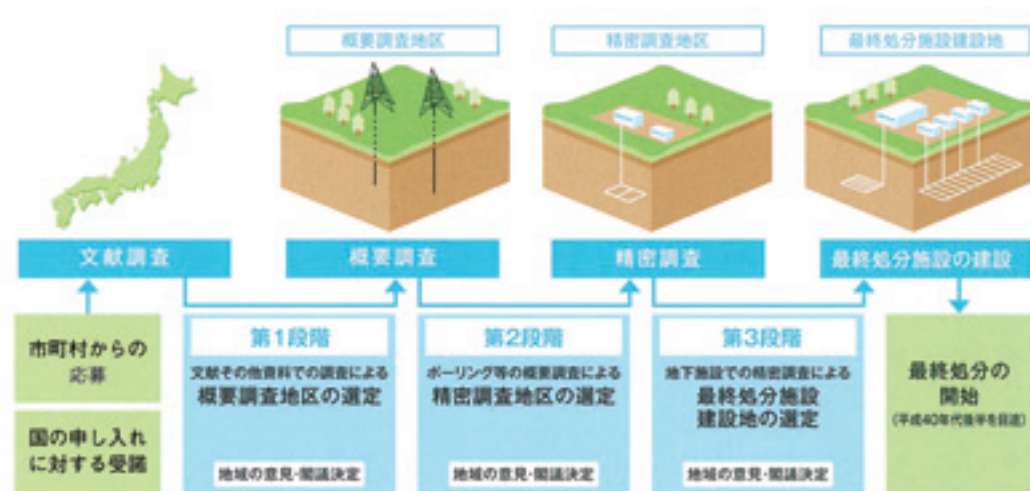
事業の基本スキーム

高レベル放射性廃棄物の処分を計画的かつ確実に実施するため、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（最終処分法）が平成12年5月に成立しました。同法に基づき、NUMOは、平成12年10月、処分実施主体として経済産業大臣の認可を受けました。NUMOは、経済産業大臣による監督を受けて、処分地の選定、処分の実施、拠出金の徴収などの業務を行っています。なお、処分事業に必要な資金については、電気事業者などが、原子力発電による発電量に応じて毎年積み立てを行っています。

また、平成19年6月の最終処分法改正により平成20年4月から処分の対象として、地層処分が必要なTRU廃棄物などが追加されました。



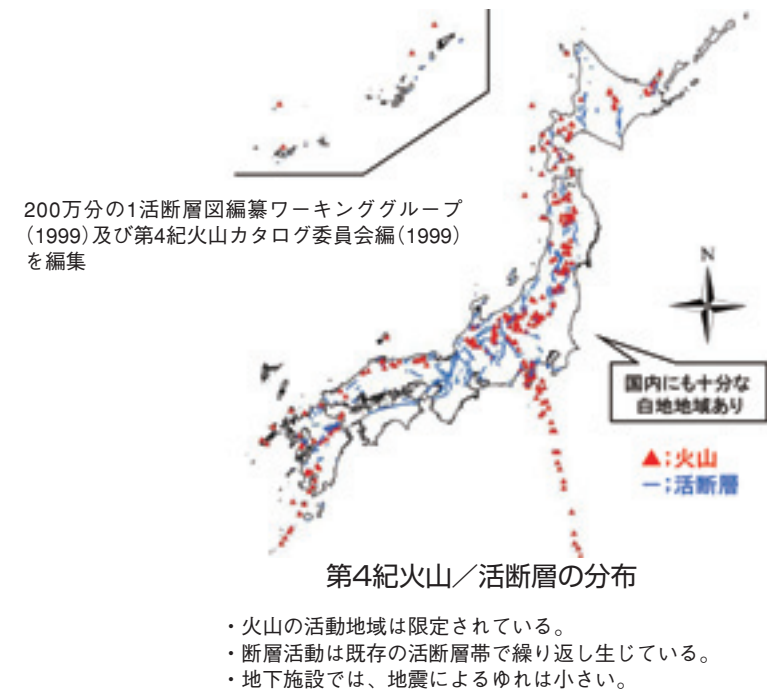
処分地の選定プロセス



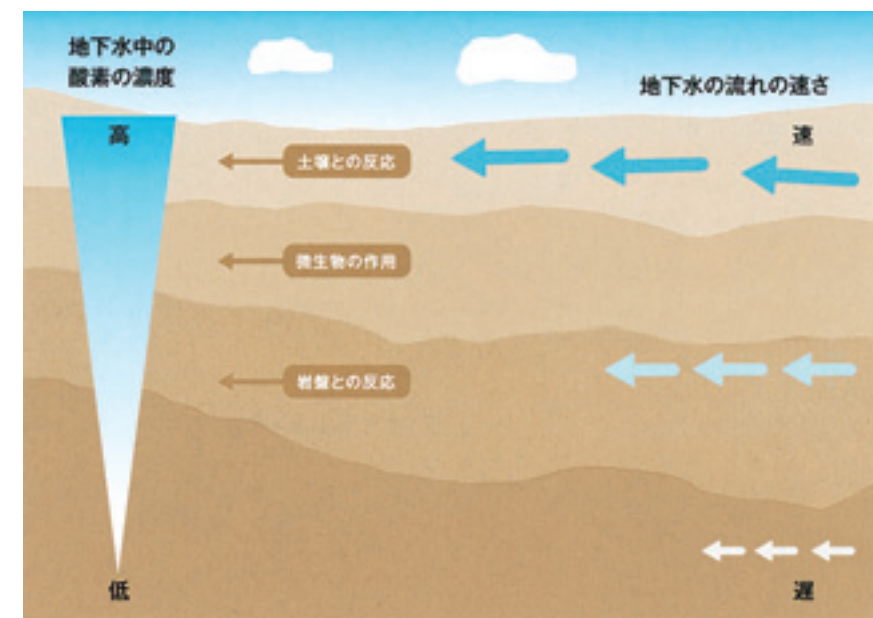
高レベル放射性廃棄物の安全性 — 安定な地質環境の選定 —

放射性廃棄物の処分は、地質環境が長期間にわたり安定していることが重要であり、断層活動、火山活動、地下水の性質など、処分に適切な地質環境の条件を選ぶことが重要です。

火山や活断層を避ける



地層処分に適した環境条件



地下深部での地下水の性質

地下深部では、酸素が少なく、地下水の流れが遅いため、長期間にわたり物質を閉じ込める能力を有する。

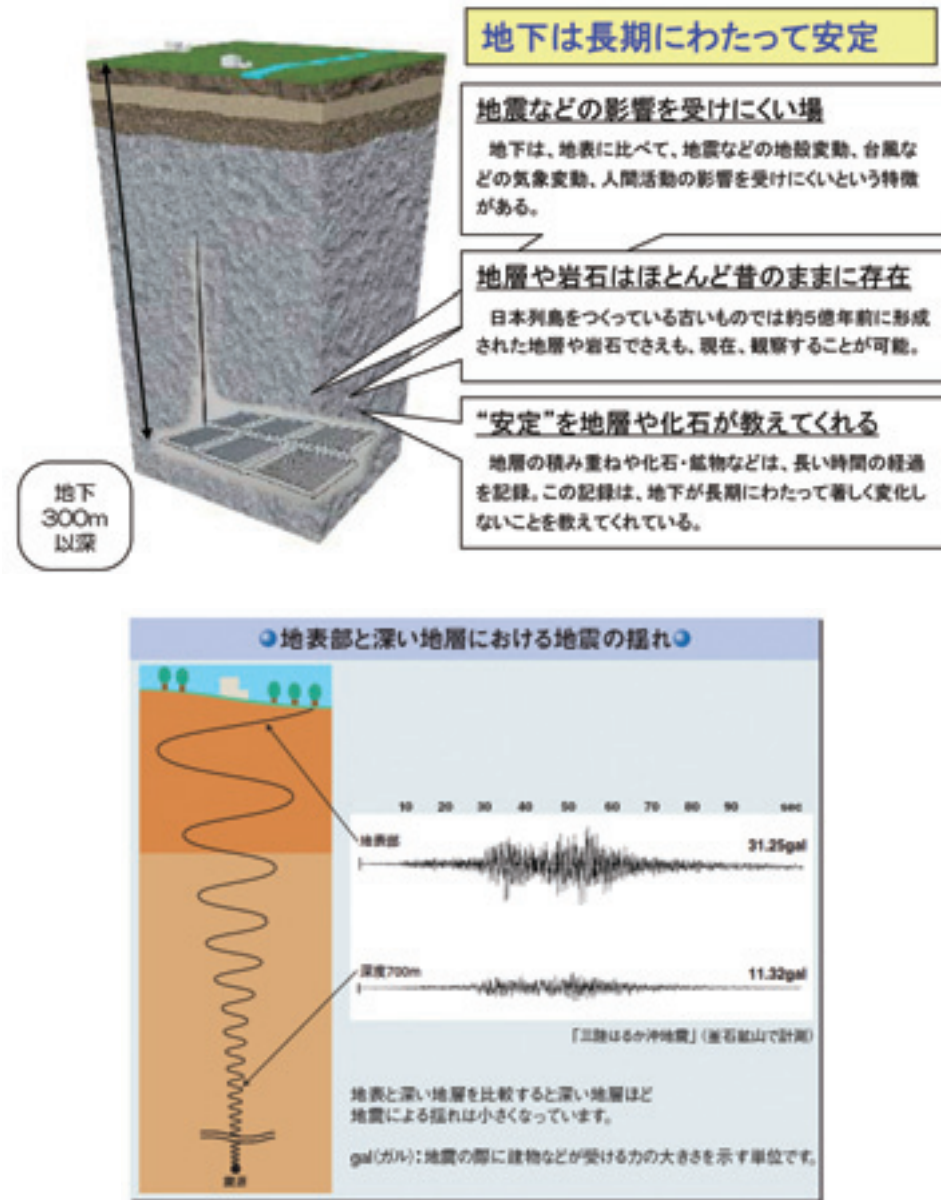
高レベル放射性廃棄物の安全性 — 耐震性 —

地震の揺れによる地層処分への影響については、地表の施設と比較しても影響を受けにくく、工学的な対処が可能と考えられています。また、地震により生じる地質環境の変化の影響については、地層処分の安全性に大きな影響を与えるものではないと考えられています。

安定した地下深部の岩盤を選び、人工バリアと天然バリアからなる多重のバリアを構築して、ガラス固化体を埋設（処分）。

我が国には、長期にわたって安定し、物質を閉じ込める機能を有する岩盤が存在します。このような岩盤を選び、地下300mより深い場所に処分場を建設し、ガラス固化体を埋設するのが、地層処分です。

長期にわたって安定した岩盤（天然バリア）と人工的な障壁（3つの人工バリア）との多重のバリアにより、ガラス固化体からの放射線と地下水に溶け出す放射性物質による影響を受けないう、長期にわたって人間の生活環境から隔離することが可能です。



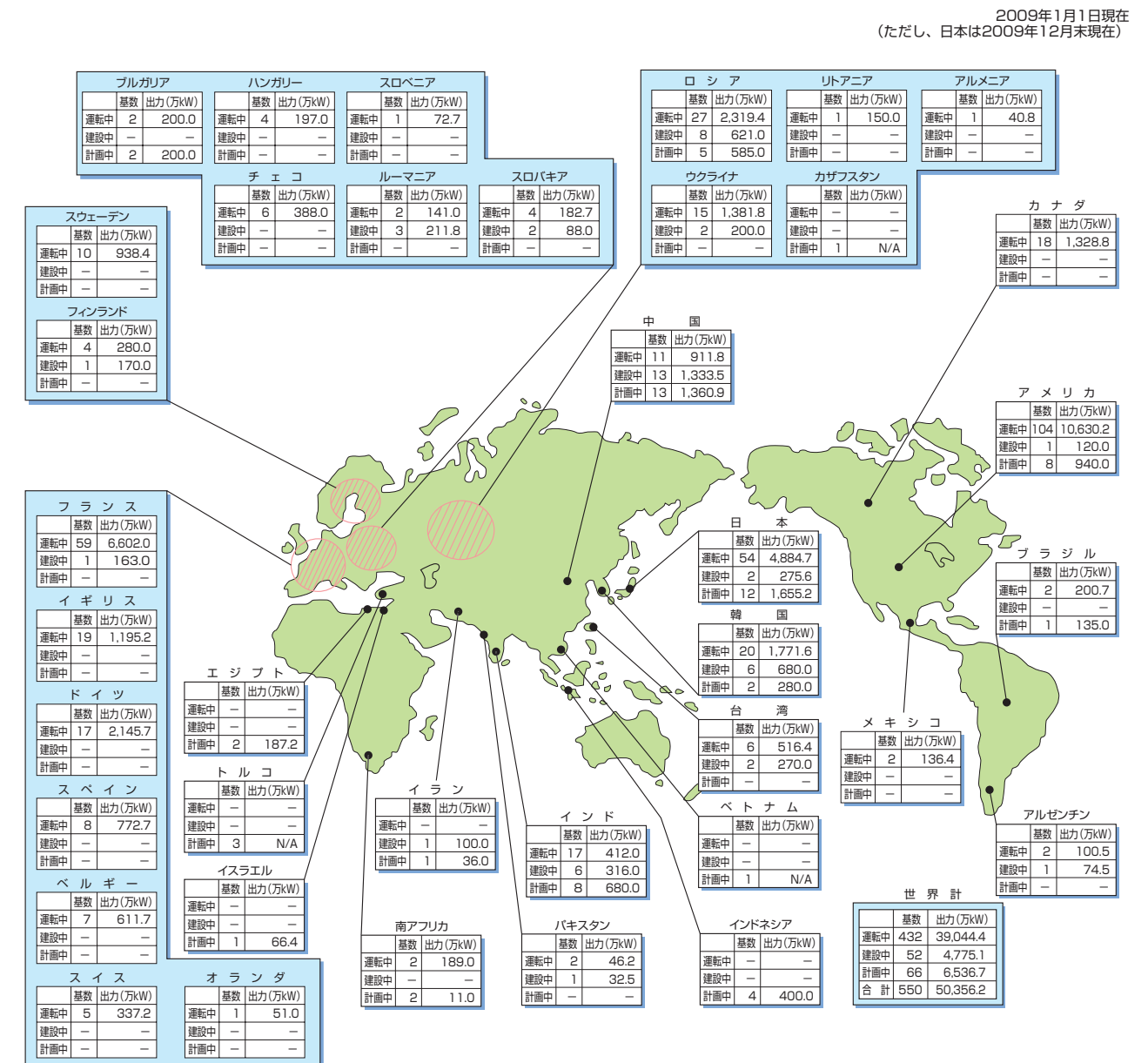
出典：日本原子力研究開発機構パンフレット「地層処分の技術」に一部加筆

5-1 世界の原子力発電の現状

2009年1月1日現在において世界で運転中の原子力発電所は、全部で432基、設備容量は約3億9044万kWです。そのほか建設中が52基、設備容量は約4775万kW、計画中が66基、設備容量は約6537万kWとなっています。

また、主要国の中で原子力が発電に占める割合はフランスが約80%と最も多く、フランスは、イタリア、スイス、ドイツなどの周辺国に電力を輸出しています。

世界の原子力発電の開発状況

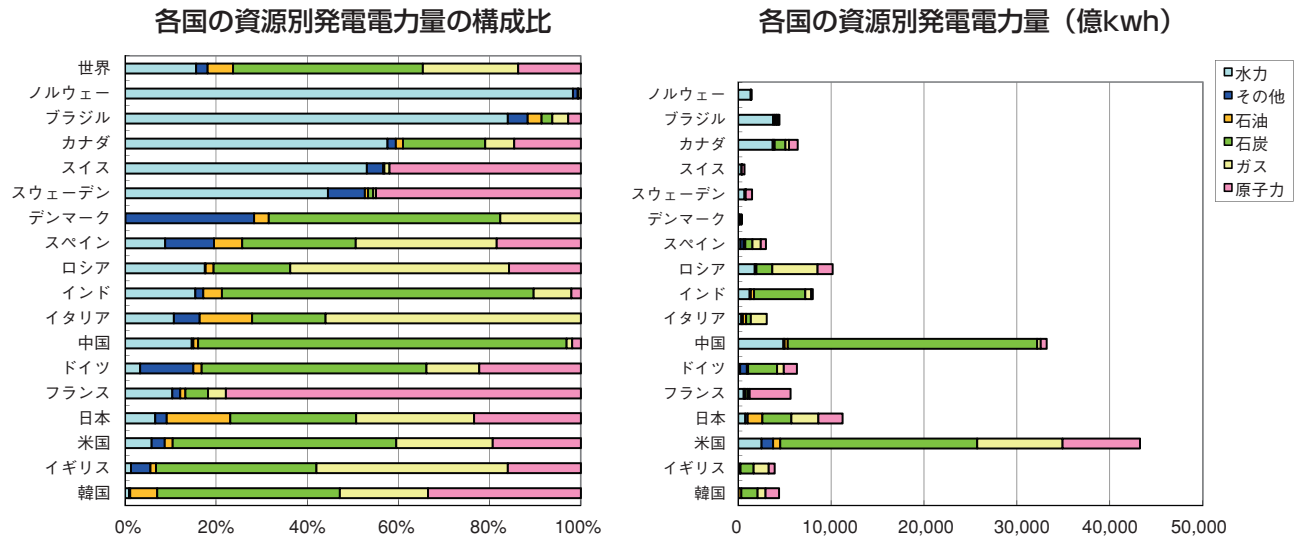


出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電関係の動向」2006年次報告を元に作成（※計画中は着工準備中を意味する）
なお、日本及び世界計の「運転中出力」は、浜岡5号タービン圧力プレート設置に伴う変更後の出力（平成19年3月13日より138.0万kWから126.7万kWに変更）に基づき算出。

各国の資源別発電電力量の構成比

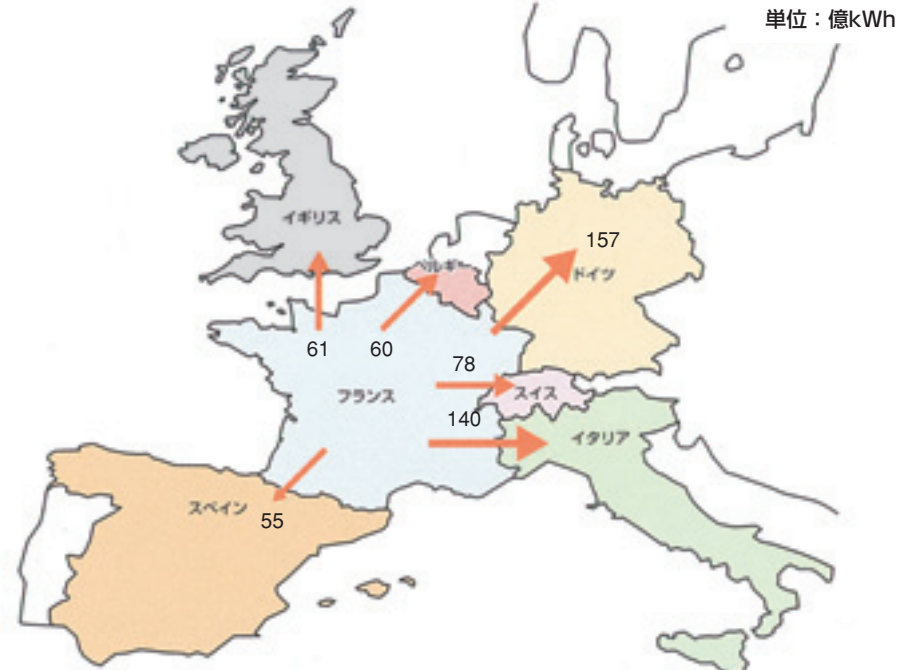
エネルギー資源を自国に豊富に持つ国、持たない国など、各国の事情によって資源別発電電力量の構成比が異なります。

水力＋その他（風力、廃棄物など）による発電量の構成比が大きい順に並べてあります。



欧州の電力のフランスを中心とした輸出入

国境を越えて送電線網が整備されている欧州では電力の輸出入が行われています。
フランスは電力の約11%（2007年）を隣国に輸出しています。

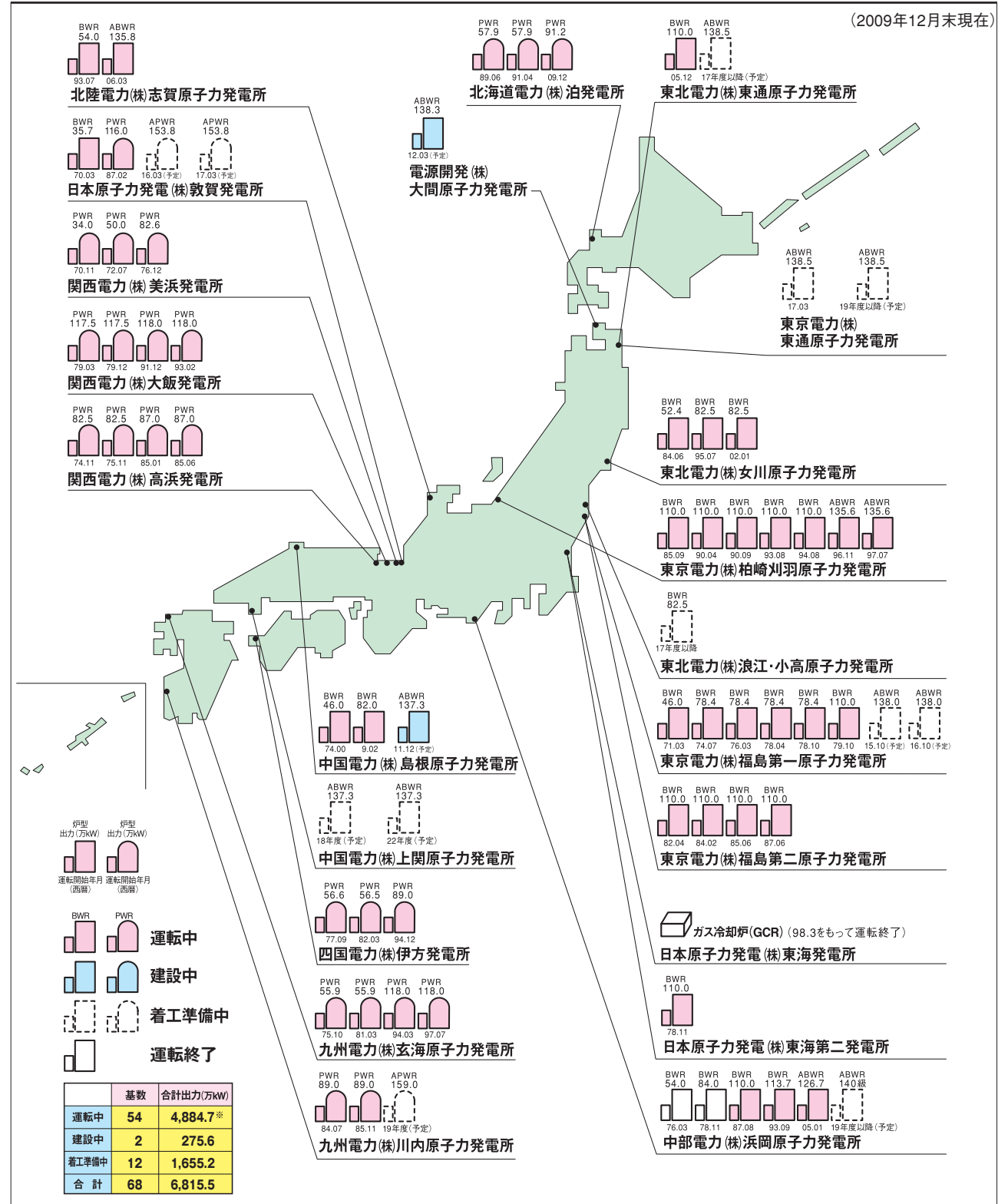


出典：海外電力調査会「海外電気事業統計2009年版」

5-2 日本の原子力発電の現状

2009年12月末において日本で運転中の原子力発電所は、全部で**54基**、設備容量は**約4900万kW**です。この規模は、アメリカ、フランスに次いで世界第3位の原子力発電保有国となっています。
また、2基が建設中、12基が着工準備中です。

原子力発電所の運転・建設状況と開発計画



出典：独立行政法人 原子力安全基盤機構「原子力施設運転管理年報 平成21年版」（平成20年実績）他

5-3 見直しの動き（原子カルネッサンス）

米国においては1973年のオイルショックの影響による経済の後退と電力需要の伸びの急激な減少を契機として原子力発電所の建設は停滞し、また、1979年の米国スリーマイルアイランド原子力発電所事故、1986年の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故等を契機に、米国に加えてその他の国々においても、原子力発電所の建設が停滞した状況がこれまで続いていました。しかしながら、近年になって、新增設が停滞していた米国、イギリス、フィンランド等でも、地球温暖化対策やエネルギー安定供給等の観点から、原子力発電所の新增設に向けた動きが見られるようになっており、原子力を見直す動きが世界的に進展しています。

アメリカ合衆国	1970年代以降、新規原子力発電所建設なし	▶ 30年ぶりに新規原子力発電所建設へ
イギリス、イタリア、スウェーデン	スリーマイルアイランド事故、チェルノブイリ事故以降、原子力に否定的	▶ 原子炉新規建設へ方向転換
中国、インド、ロシア	原子力のごくわずか、ロシアは約20年間新規建設ほとんどなし	▶ 各国とも20基以上の新設計画
スイス	チェルノブイリ事故後、脱原子力の国民投票	▶ 国民投票で脱原子力を否決 新規建設の必要性を認めている
国際エネルギー機関（IEA）	これまで原子力をタブー視	▶ 2006年来、初めて原子力の役割を積極的に評価

（2009年12月末現在）

地球環境問題の観点から原子力見直しの発言

・ジェームズ・ラブロック博士
（「ガイア理論」※提唱者）

『我々が取るべき地球温暖化対応の成否は、いかに適切に科学と工学技術を活用できるにかかっている。科学技術を破棄しての対策はあり得ないと断言できる。なかでも、多くの国々にとって、原子力は住みよい環境と文明活動を維持する強力な助けとなるはずである。』

出典：日本原子力文化振興財団主催、第43回「原子力の日」記念シンポジウムでの基調講演資料まとめより

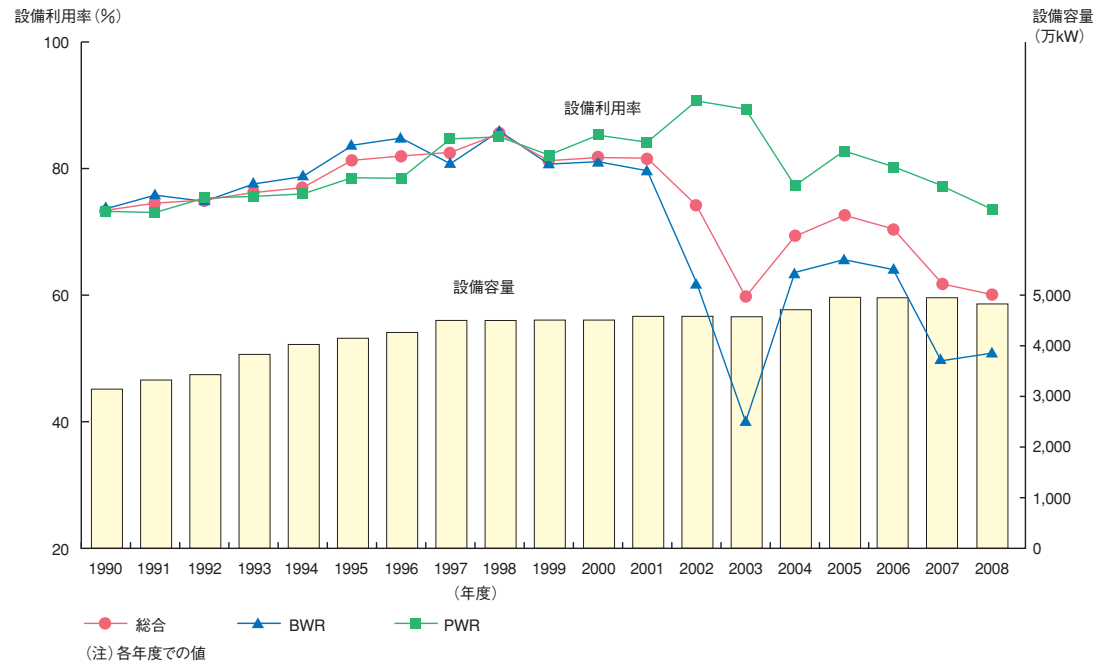
・パトリック・ムーア氏（グリーンピースの共同創設者で反原発から原子力推進に変更。）

（グリーンピースと決別し、原子力支持に転向した理由について問われたのに対し）
「科学的根拠を持たずに反対を打ち出すばかり。エネルギー問題では、原子力も化石燃料もダメ水力もダメ。再生可能エネルギーだけにすべきだと言う。しかし簡単な算数であれば実現が無理なのは明白。」

出典：電気新聞 2007年1月25日掲載記事より

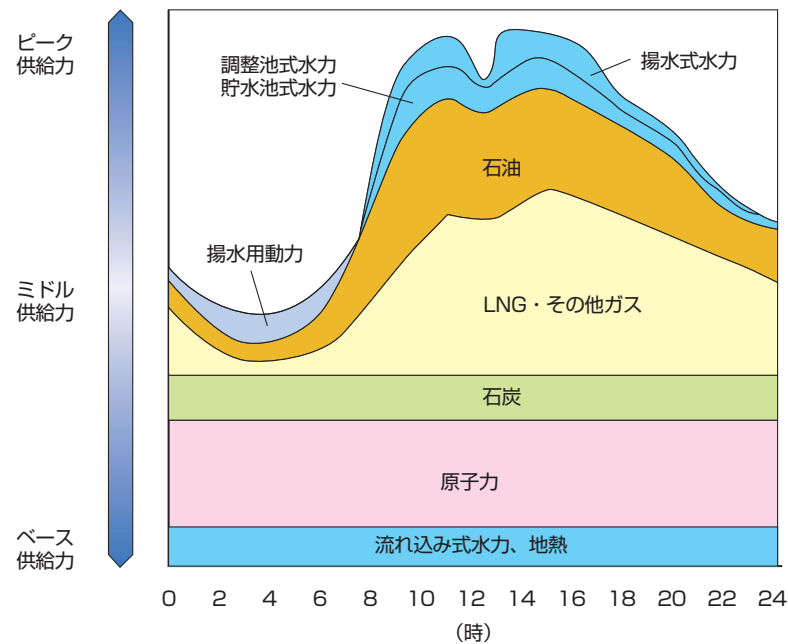
※「生命または生物圏が地球気候と大気形成を、生きていく上で最適な状態に調整・維持している」と提唱。

原子力発電所の設備容量と設備利用率の推移



各電源の使い方のイメージ

1日（あるいは1年間）の電気の需要は刻々と変化しますが、電気は現在の技術では、そのままでは貯蔵できないため、その需要に応じて発電所の出力を変化させています。この需要の変化で最も低いときの電力をベース電力といいます。逆に最も高いときの電力をピーク電力といいます。原子力発電は、ベース電力をまかなう発電設備の主力として使われています。

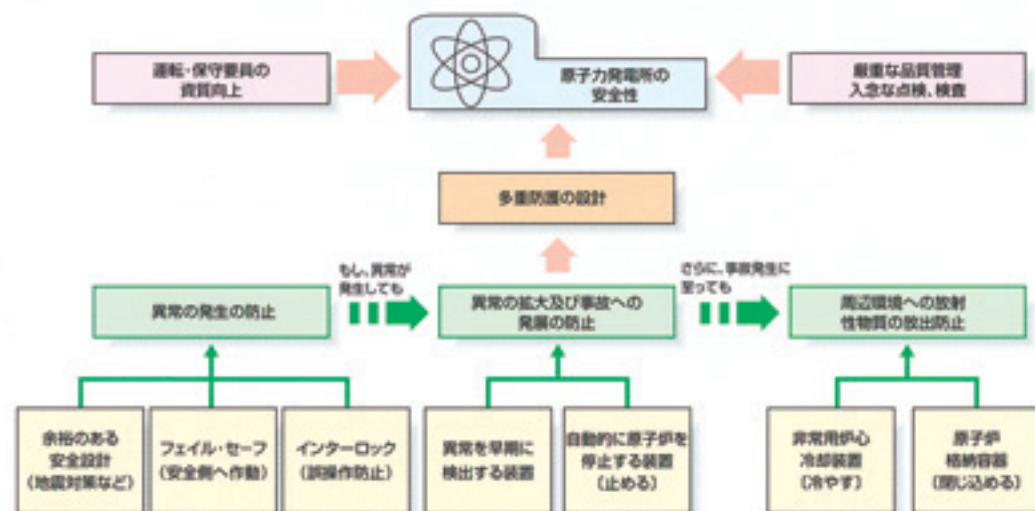


資料：電気事業連合会資料に加筆修正

1-1 安全確保の仕組み

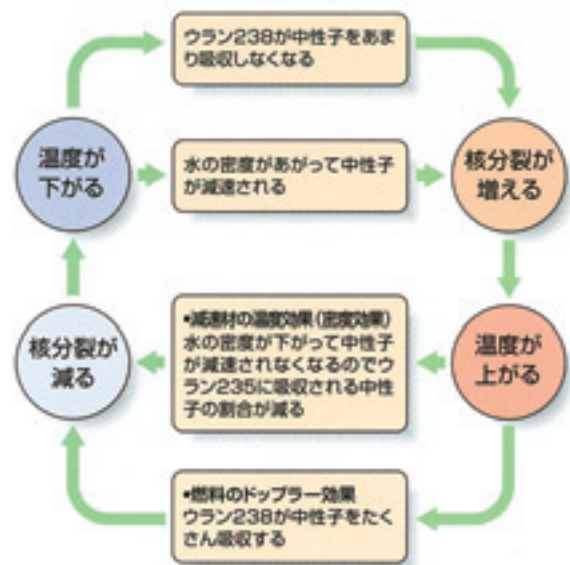
原子力発電所では、放射性物質の異常な放出による周辺公衆への影響を防止することが安全確保の基本です。このために、原子力発電所の設計においては多重防護の考え方を採用しています。具体的には、まず「異常の発生防止」に努め、もし異常が発生しても「異常の拡大及び事故への発展の防止」の措置をとり、更に、事故発生に至っても「周辺環境への放射性物質の放出を防止」という、何重にもわたる安全設計を行っています。

安全確保の仕組み

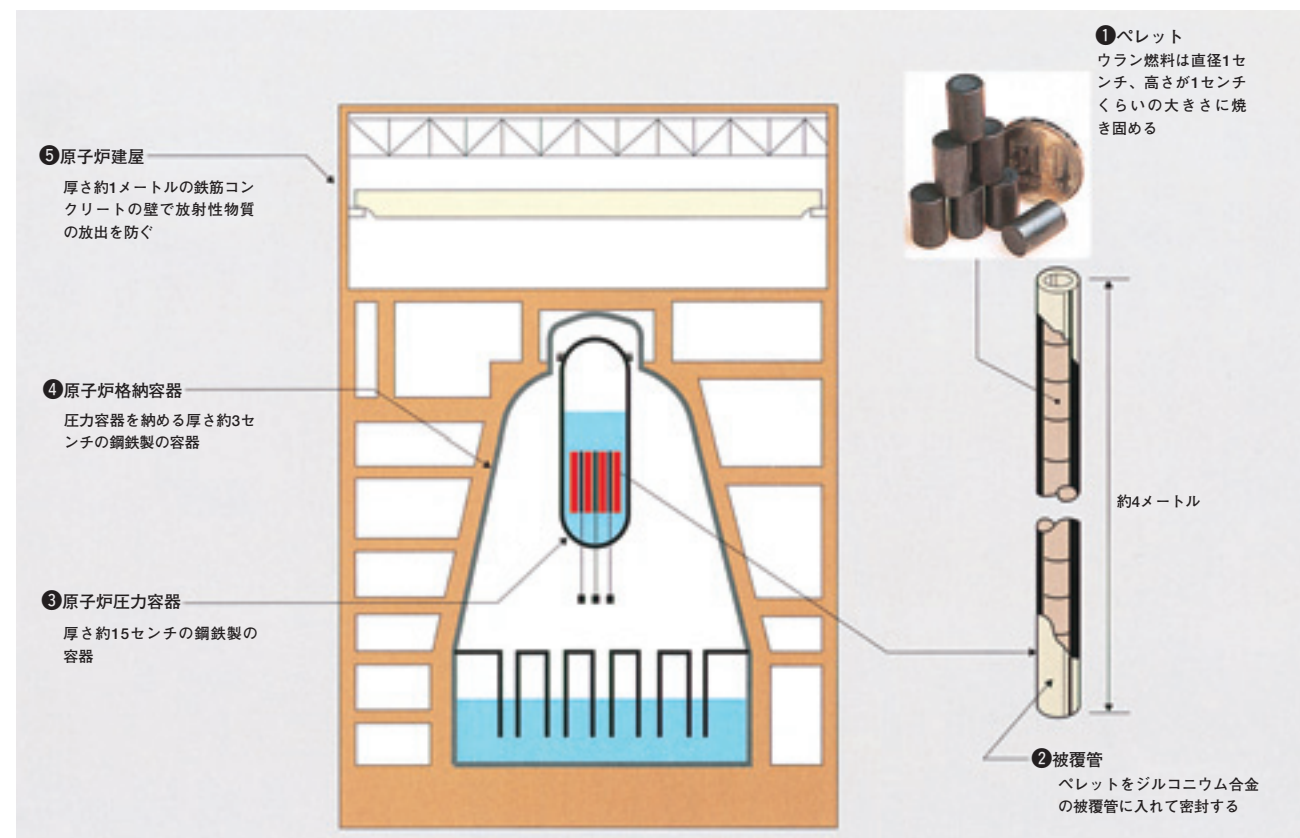


軽水炉の自己制御性

原子力発電所（軽水炉）は、核分裂数が何らかの原因により増加して原子炉の出力が増加すると、水が蒸気になり、中性子が減速されにくくなるので、核分裂が抑制されることにより自然に出力が抑制されます。原子力発電所（軽水炉）のこのような特性を「自己制御性」といいます。



放射性物質に対する5重の防壁（沸騰水型原子力発電所（BWR）の例）



- ① ペレット：発生する放射性物質を内部に保持し安定的に閉じ込めるため、ウラン化合物を円筒形（直径1センチ、高さ1センチ程度）に焼き固める。
- ② 被覆管：燃料ペレットから発生する放射性物質が外部に漏洩することを防ぐため、強度や安定性、冷却性に優れるジルコニウム合金を使用しペレットを密封する。
- ③ 原子炉圧力容器：炉心部を収納する鋼鉄製容器（厚さ約15～30センチ、耐圧性能約90気圧～175気圧）により、冷却材に溶け込んだ放射性物質が外部に漏洩することを防ぐ。万が一、被覆管が破損しても、これが防壁となり、放射性物質を外部に出さない。
- ④ 原子炉格納容器：万が一、放射性物質が原子炉圧力容器の外部に漏洩しても、機密性、耐圧性に優れた鋼鉄製（厚さ約3～4センチ）の容器で、これを閉じ込める。
- ⑤ 原子炉建屋：万が一、原子炉事故で放射性物質が原子炉格納容器の外部に漏洩しても、厚い（約1メートル）鉄筋コンクリート構造の原子炉建屋で放射性物質の外部への漏洩を防ぐ。

1-2 高経年化対策

日本では原子力発電所の高経年化対策として運転開始から30年を目安に、各機器に対して技術的観点から詳細評価を実施し、それ以後の具体的な保全計画を決めていくこととしています。

原子力発電所の高経年化対策

● 原子力発電所の高経年化に関する現在までの活動

原子力発電所には、運転を開始して30年を経過している発電所がある。

現時点でトラブル増加の傾向は見られないが、原子力発電所の高経年化への関心は高い。

国の対応

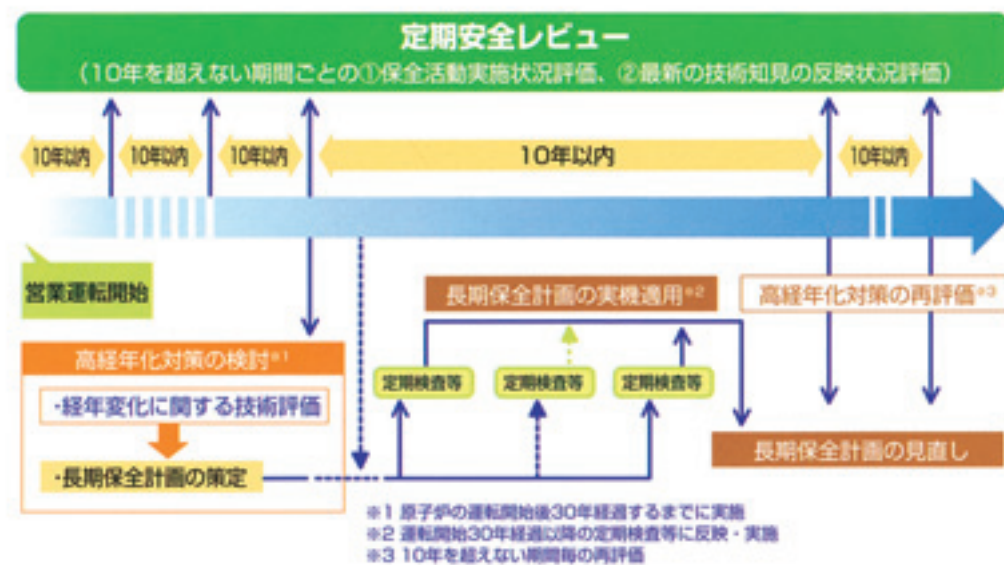
1996年4月 「高経年化に関する基本的な考え方」をとりまとめ
 1999年2月 「電気事業者の原子力発電所高経年化対策の評価及び今後の高経年化に関する具体的取組について」をとりまとめ
 ①初期の段階に建設された3プラントを対象に、長期間の運転を行った場合に支配的な要因となる安全上重要で保守・取替が容易でない機器について技術評価を行い、現状の設備保全の継続及び一部の点検・検査の充実により、高経年化プラントであっても、安全に運転を継続することは可能と考えられる。
 ②事業者に対し、運転開始後30年を目途に取替可能な機器も含めた原子力発電所の各機器に対し、技術評価と長期保全計画の策定を要請。
 2003年10月 高経年化に関する技術評価及び長期保全計画の策定を法定義務化した。

電気事業者の対応

1999年2月 事業者（東京電力、関西電力、日本原子力発電）は、3プラントの技術評価と長期保全計画を国に報告。
 2001年6月 事業者（東京電力、関西電力）は、2プラントの技術評価と長期保全計画を国に報告。
 2003年12月 事業者（関西電力、中国電力、九州電力）は、4プラントの技術評価と長期保全計画を国に報告。

報告内容は妥当と国は評価

定期安全レビューと高経年化対策検討との関連



出典：原子力安全・保安院ホームページ

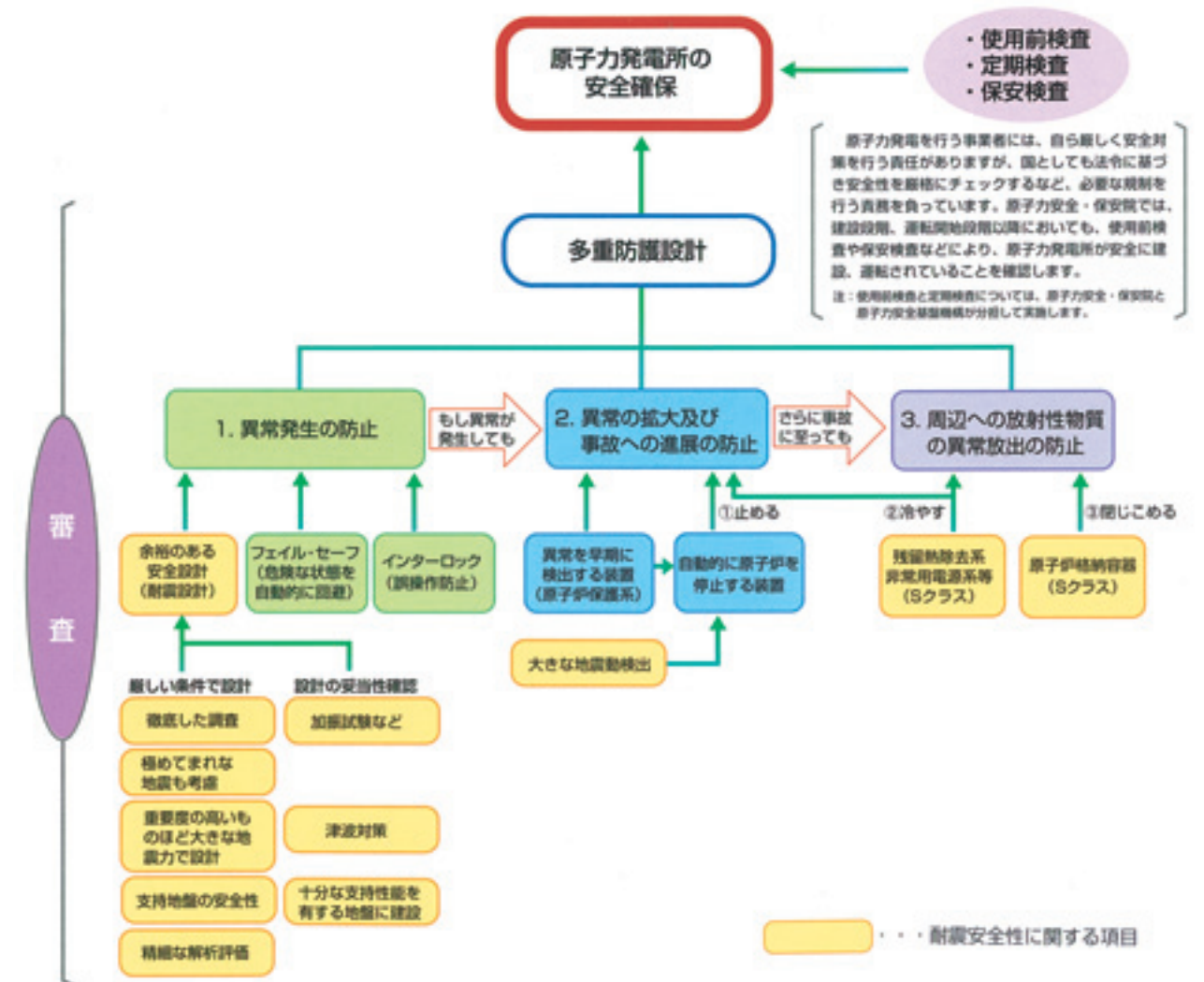
1-3 地震対策

地震に対する安全性の確保については、原子力発電所施設の耐震設計上の重要度分類に応じて、地震学、地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれではあるが、発生する可能性があると想定することが適切な地震動で生じる地震力に対して、その他の各種荷重との組合わせを考えて耐震設計を行い、主要施設が適切な余裕を有していることが求められます。

地震に対する安全性確認の具体的内容は、設計段階における①徹底した調査、②極めてまれな地震動をも考慮した設計、③想定した地震動が発生した時の重要な建物・機器の揺れについての詳細な解析評価④耐震安全上重要な施設を支持する地盤及び周辺斜面の安全性確認、⑤津波に対する安全性の確認などです。また、建設、運転段階における内容は、①安全上重要な建物・機器等が十分な支持性能を有する地盤に建設されていることの検査確認、②振動台や加震機による耐震性の実証及び耐震限界の把握等ですが、このような耐震設計上の配慮とは別に、一定以上の大きな揺れを感知した時は、制御棒を自動的に挿入し原子炉を停止させる（自動停止機能）装置が設置されます。

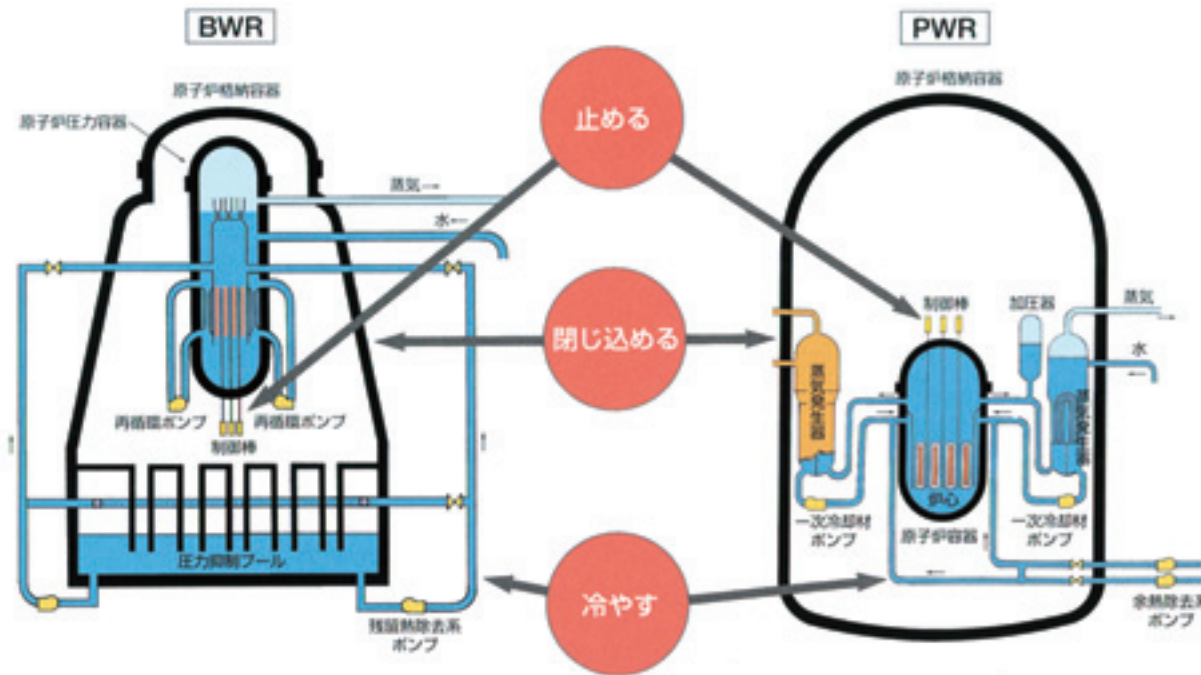
また、原子力発電所の耐震設計や主要施設の詳細設計内容等は経済産業省原子力安全・保安院が審査を行います。その審査結果の妥当性を原子力安全委員会が審査する「ダブルチェック体制」がとられています。

原子力発電所における地震に対する備え（安全確保のしくみと耐震設計）

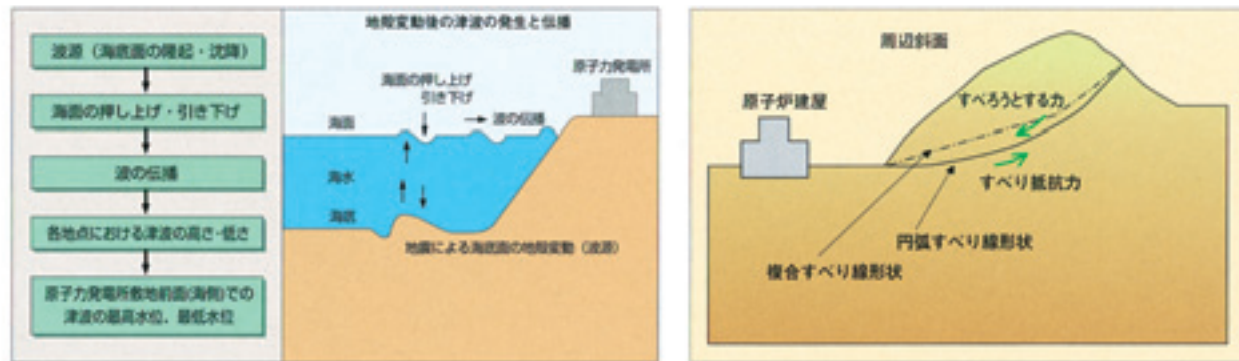


出典：原子力安全・保安院 原子力安全基盤機構「原子力発電所の耐震安全性」

原子力発電施設の耐震安全性の確認

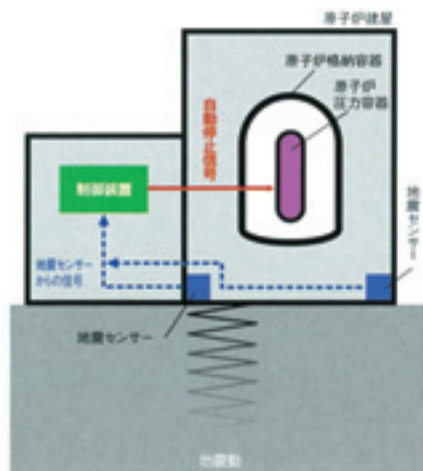


▲施設の機能維持の確認



▲津波に対する安全性確認

▲周辺斜面崩壊に対する安定性確認



▲地震時停止システム概念



▲振動台による実証試験の例

出典：原子力安全・保安院 原子力安全基盤機構「原子力発電所の耐震安全性」

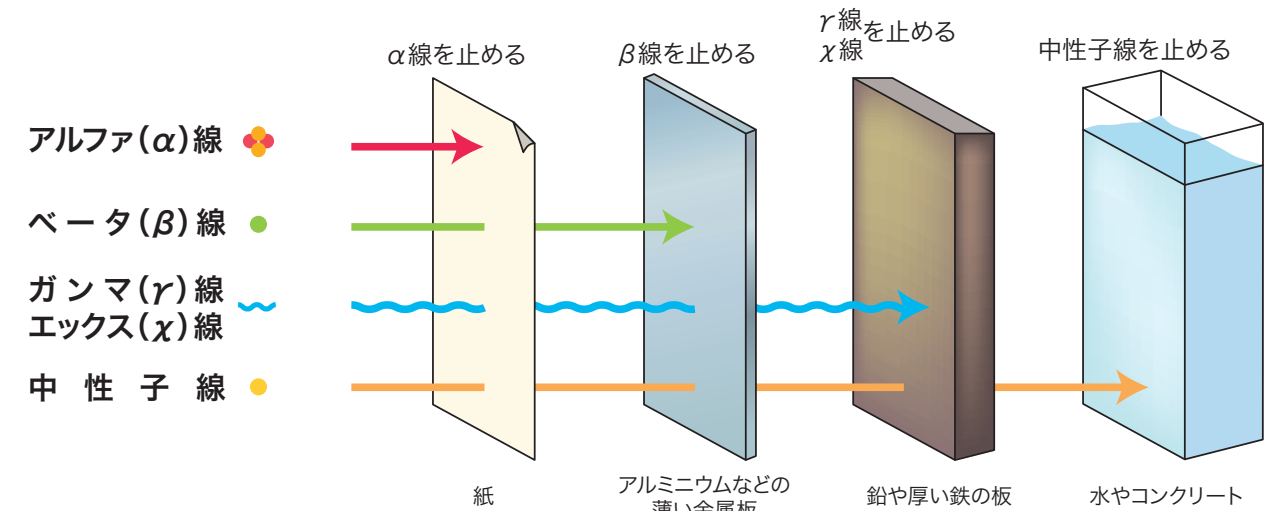
2-1 日常生活と放射線

日常、宇宙から地球上に降り注ぐ宇宙線を受けていますが、この宇宙線は、放射線の一種です。また、大地からも放射線を受けています。これは、大地の中の岩石などに放射線を出す物質が含まれているため、そのような岩石などからの放射線を受けています。

また、食物からも放射線を受けています。これは、食物の中に放射線を出す物質が含まれているためです。具体的には、全ての食物には栄養素であるカリウムが含まれていますが、カリウムの中には、放射性物質であるカリウム40がごくわずか含まれているため、食物を食べることにより放射線を受けています。

放射線の特徴

「放射線」にはアルファ線、ベータ線、ガンマ線、中性子線などいろいろな種類があります。共通した特徴の一つは通り抜ける能力（透過力）を持っていることですが、その能力は放射線の種類により異なります。アルファ線やベータ線は透過力は弱く、薄い紙やアルミ板で、ガンマ線や中性子線は厚い鋼鉄、コンクリート、水などでさえぎることができます。



ベクレル (Bq)

放射性物質が放射線を出す能力を表す単位

1 ベクレル = 1 秒間に1つの原子核が壊変することを表します。
たとえば 370 ベクレルのカリウム 40 は、毎秒ごとに 370 個の原子核が壊変して放射線を出してカルシウム 40 に変わります。

グレイ (Gy)

放射線のエネルギーが物質(人体)に吸収された量を表す単位

放射線が物質(人体)に当たると、持っているエネルギーを物質に与えます。
1 グレイ = 1 kg の物質が放射線により 1 ジュールのエネルギーを受けることを表します。

シーベルト (Sv)

受けた放射線による影響の度合いを表す単位

放射線の人体への照射による将来の影響を表します。放射線を安全に管理するための指標として用いられ、通常の原子力施設や環境の放射線のレベルで使用することができます。

2-2 放射線とその影響

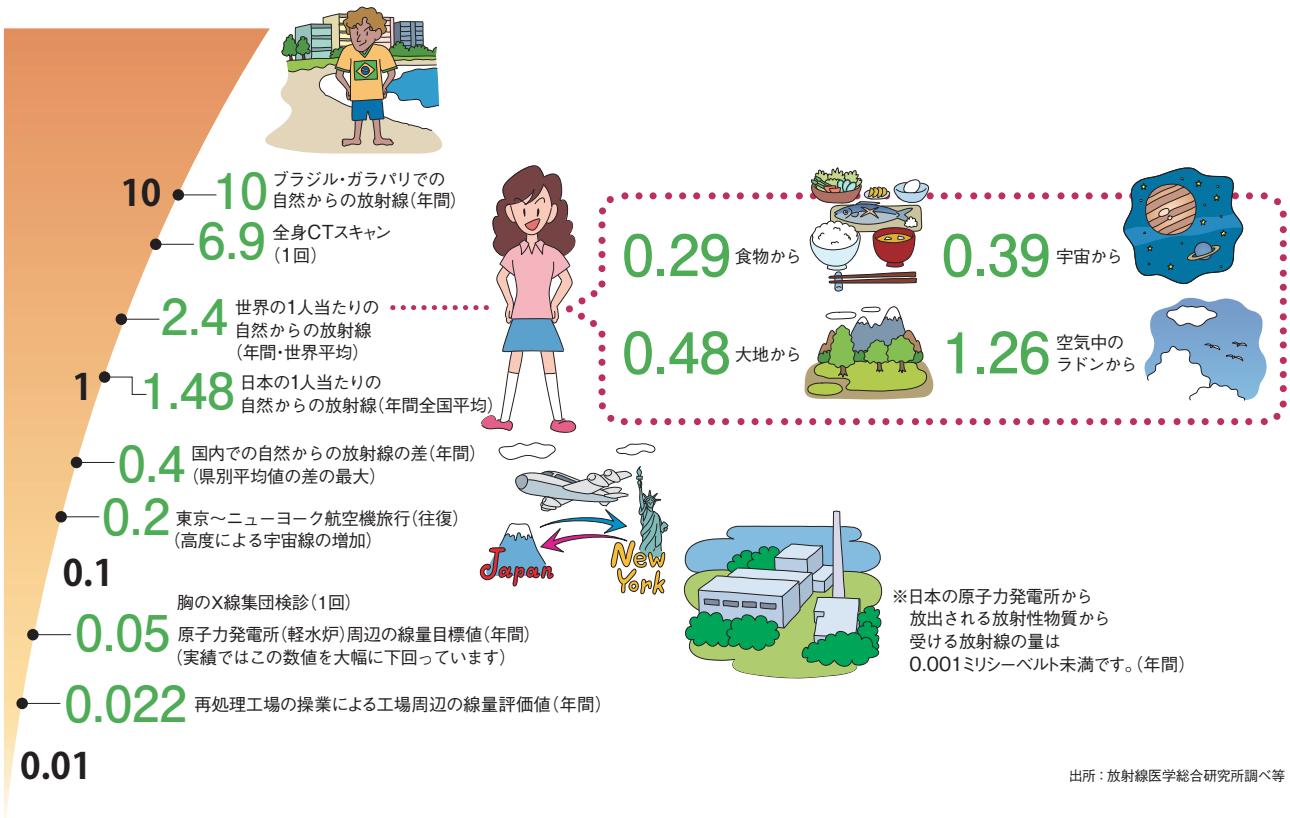
放射線が人体に与える影響は、受けた放射線の種類や量によって異なります。また、一度に大量の放射線を全身に浴びると、人体は害を受ける事がわかっていますが、200ミリシーベルトより低い放射線量では臨床症状が確認されていません。胸のエックス線集団検診では、1回に0.05ミリシーベルトの放射線を受けますが、健康に影響はありません。

わたしたちの身の回りには自然からの放射線のほかに人間が作り出した放射線があります。受ける放射線の量が同じであれば**自然からの放射線、人間が作り出した放射線にかかわらず影響は同じです。**

放射線とその影響

◆放射線の量

(単位：ミリシーベルト(mSv))



◆体に受ける放射線量とすぐに現れる症状の関係（多量のγ、X線を一時に全身に受けたとき）

7000mGy	死亡
1000mGy	悪心、おう吐(10%の人)
500mGy	末梢血中のリンパ球の減少
100mGy以下	これより低い線量での臨床症状は確認されていない

※ γ線、X線を全身に受けたとき、ミリグレイ(mGy)はそのままmSvに換算できます。(例えば100mGyは100mSvです)

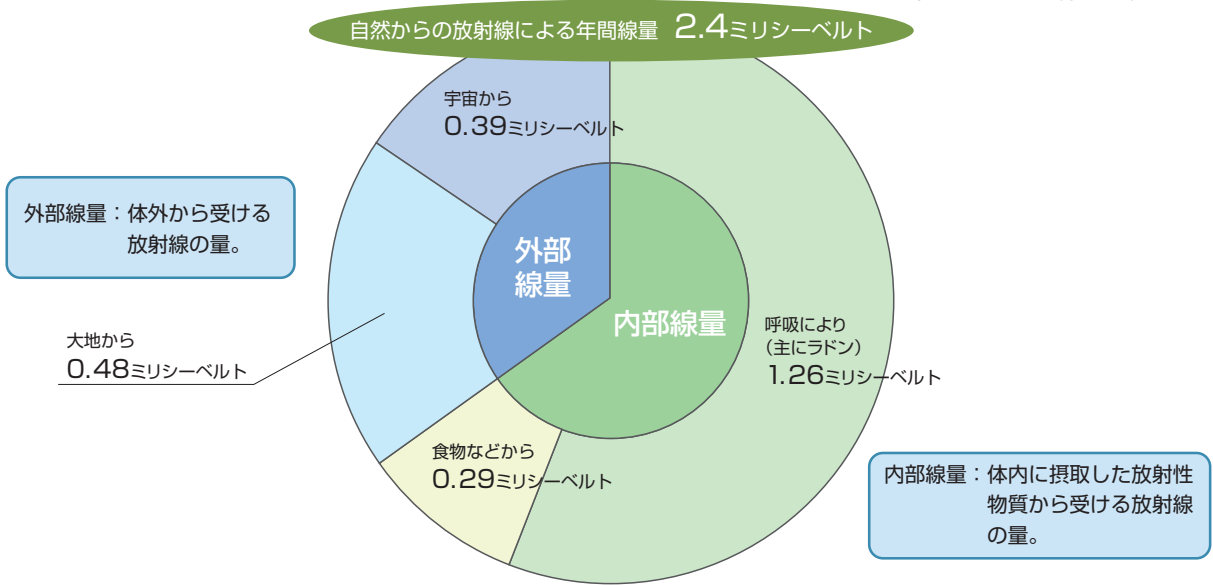
日本の原子力施設から受ける放射線の量

日本の原子力発電所から放出される放射性物質から受ける放射線の量（施設周辺の公衆の受ける放射線の量）は平成19年度で**0.001ミリシーベルト未満***です。また、青森県六ヶ所村の再処理工場の場合は、放出される放射性物質から受ける放射線の量は、年間で約**0.022ミリシーベルト****と評価されています。

わたしたちは、日常生活をしながら、宇宙から、大地から、食べ物から、また、呼吸によって空気から、自然からの放射線を受けています。その量は地域により差がありますが年間1～10ミリシーベルトの範囲で、世界平均では年間で約2.4ミリシーベルトです。原子力施設から受ける放射線の量は、自然界から受ける放射線の量と比べ大変少なく、また、自然からの放射線の地域差（例えば、岐阜県と神奈川県では約0.4ミリシーベルト差があります）などと比較しても非常に少ない量です。

1年間に受ける自然からの放射線

一人当たりの年間線量（世界平均）



〈自然界と原子力施設から受ける放射線の量比較〉

日常生活で受けている自然からの放射線量	年間約2.4ミリシーベルト（世界平均）
日常生活で受けている自然からの放射線量	年間約1.48ミリシーベルト（日本）***
自然からの放射線の地域差（岐阜県と神奈川県）	年間約0.4ミリシーベルト
日本の原子力発電所から放出される放射性物質から受ける放射線の量	年間 0.001ミリシーベルト未満* (実績)
青森県六ヶ所村日本原燃（株）再処理工場周辺から放出される放射性物質から受ける放射線の量	年間約0.022ミリシーベルト** (評価)

出典： *平成20年6月第45回原子力安全委員会資料第1号

**平成13年度第20回原子力安全委員会資料第6―1号 なお、この値は日本原燃（株）が算定し原子力安全委員会から妥当と確認された値です。日本原燃（株）再処理工場は、現在試運転中のため実績値はありません。

***原子力安全研究協会 平成4年8月「生活環境放射線（国民線量の算定）」

2-3 放射線の利用

放射線には、透過力（とうかりょく）のほかに物質を変質させる能力などがあります。わたしたちは放射線のこのような性質を上手に活用して、生活に役立たせています。

具体的には、アルファ線は、煙探知機（火災報知器）等に、ベータ線は、夜光塗料として時計の文字盤等に、ガンマ線は、注射器等医療用器具の滅菌やガン治療、ジャガイモの発芽抑制、害虫ウリミバエの撲滅に、また、エックス線は、レントゲン撮影等に用いられています。このほかにも、陽子線や重粒子線は粒子線がん治療に、電子線は、ラジアルタイヤの製作等に、また、重イオンビームは、高性能半導体の製作やカーネーションの新品種生産等に用いられています。

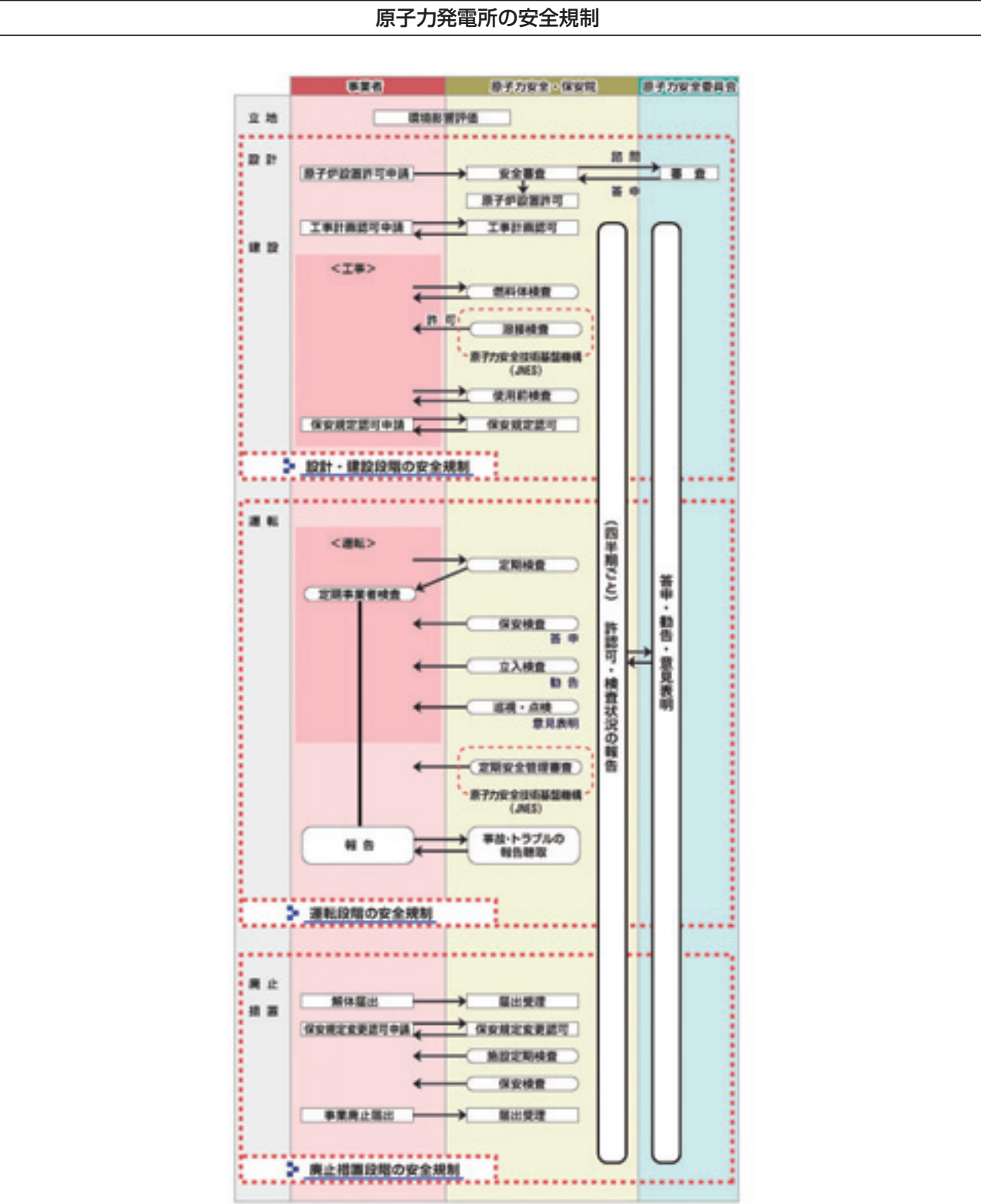
日常生活の中で用いられている放射線の具体例	
ラジアルタイヤ	電子線照射でゴム分子同士を橋かけすることにより、ゴムの流動性を抑えて硬化させ、加工性を格段に向上させることができます。
ばんそうこうやしょう油パック	ばんそうこうや目薬の容器、お弁当のしょう油パックなどを放射線で滅菌します。
半導体へのイオン注入	半導体に添加したい元素をイオン化したあと、高電圧をかけて加速し、半導体に打ち込むことで、注入部分の電気特性を変えます。超高集積回路の製作に使われています。
電化製品のコード	テレビやパソコンなどのゴムやプラスチックのコードは放射線で耐熱性を高めます。
ジャガイモ	ガンマ線の照射によりその発芽を防ぎ、保存性を高めます。照射によってジャガイモが放射能を持つことはありません。
ガラス	ガラスの花びんや宝石などに放射線をあてて色づけします。
花	放射線による品種改良によって、今までなかった色や形の花が作れます。
ボタン型アルカリ電池	カメラや電卓、時計に使われる電池の膜を放射線で強化して寿命を延ばします。
粒子線（重粒子線や陽子線）によるがん治療	今までの放射線治療と違って粒子線は正常な細胞を傷つけず、がん細胞のみをねらい撃ちすることができます。
環境を守る放射線	火力発電所やゴミ焼却炉から出る排煙に放射線を利用し、大気汚染物質を除去します。また排水や汚泥に放射線を利用して有害物質を分解・殺菌する技術の開発も進められています。

出典：（財）日本原子力文化振興財団「放射線の世界2008」など

3-1 安全規制の概要

原子力発電所に対する安全規制は、経済産業大臣を主務大臣として、原子力安全・保安院により原子炉等規制法及び電気事業法に基づき実施されています。

具体的には、設計・建設段階における原子炉設置に関する安全審査や使用前検査、運転段階における定期検査や保安検査、廃止措置段階における施設定期検査等で、特に安全対策が確実に講じられているかどうかについては、設計・建設、運転、廃止措置の各段階において許認可が必要になります。

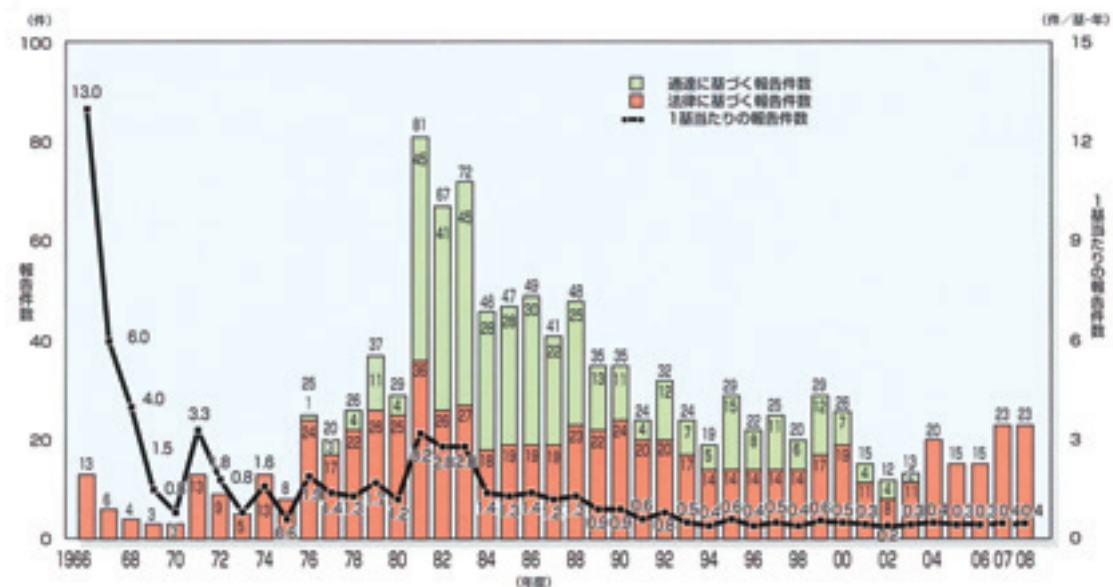


出典：原子力安全・保安院ホームページ

3-2 | トラブルの評価

原子力施設でトラブルが発生した場合、各事業者は直ちに国に報告し、国はトラブルの発生を公表して原因の究明及び再発防止対策の確認をおこないます。国への報告が義務づけられているトラブルには、原子炉等規制法及び電気事業法に基づくものがあります。報告されたトラブルは2008年度実績で合計23件であり、1基当たりでは約0.4件でした。また、日本の原子力発電所の計画外停止頻度（7000時間当りの計画外自動スクラム割合）は、2008年平均で0.07回/基・年であり、日本の原子力発電所の運転状況は他国と比較して良好な状態でした。

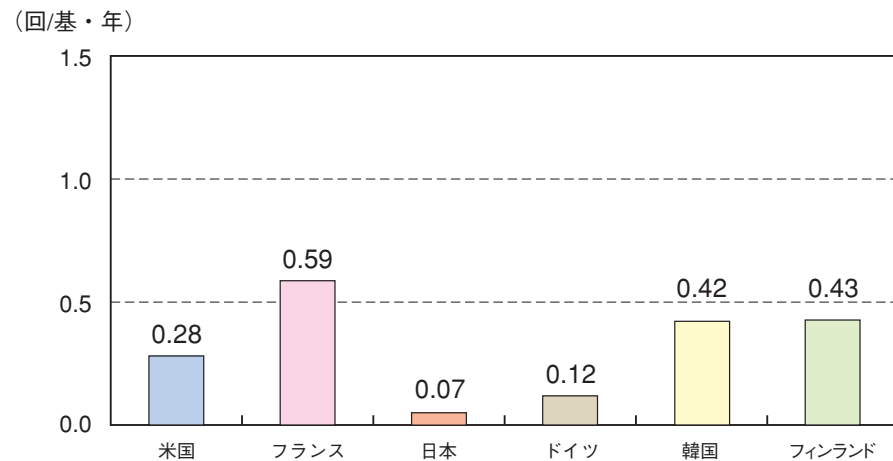
トラブル報告件数と1基当たりの報告件数



(注) 原子炉等規制法の規則改正（2003年10月）に伴い、通達に基づく報告は廃止された。

出典：独立行政法人原子力安全基盤機構「原子力施設運転管理年報」平成21年版（平成20年度実績）

計画外停止自動スクラム割合（2008年の値）



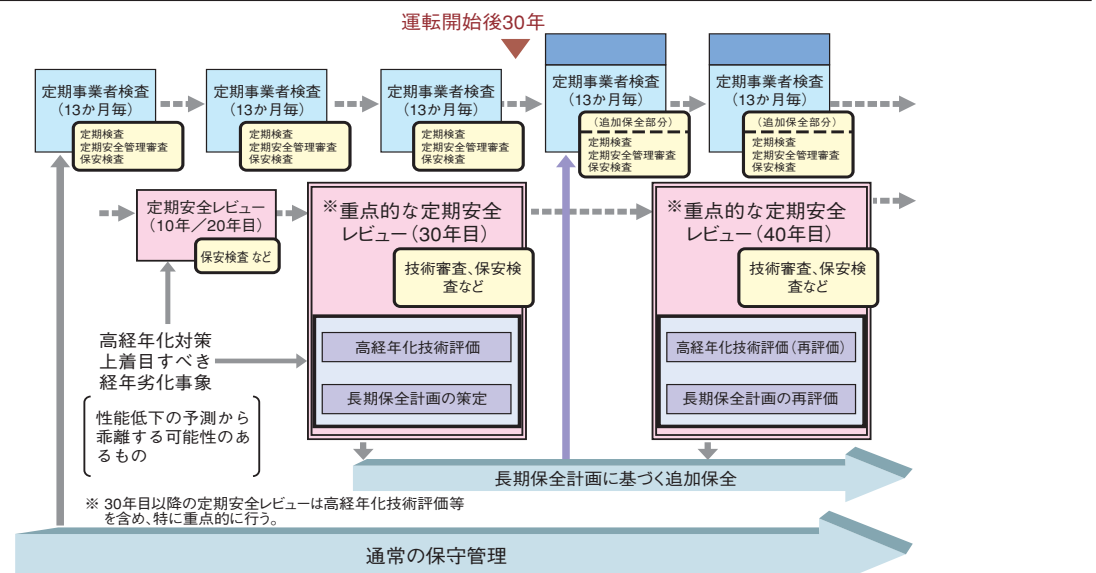
(注1) 原子力発電所の7000時間当りの計画外自動スクラム割合は次の計算式で計算した値である。
 原子力発電所の7000時間当りの計画外自動スクラム割合＝ $\frac{\text{運転期間中の計画外自動スクラム回数} \times 7000}{\text{原子炉運転時間}}$

出典：IAEA「PRIS」に基づき（独）原子力安全基盤機構が作成

運転段階の安全規制

原子力発電所では機器や設備について、法律で定められた定期的な検査や点検を行い、機能や性能の低下（これを「劣化」といいます）の状況を的確に把握し、適切な補修や取替えを行い安全性を確保します。このような安全確保活動をより慎重かつ適切に行なうため、高経年化対策として、起こりうる劣化などの特徴を最新知見に基づき把握した上で、通常の保全活動に加えて新たな保全策を行うなど、機能や性能を維持・回復するために必要な保守管理を確実に実施しています。

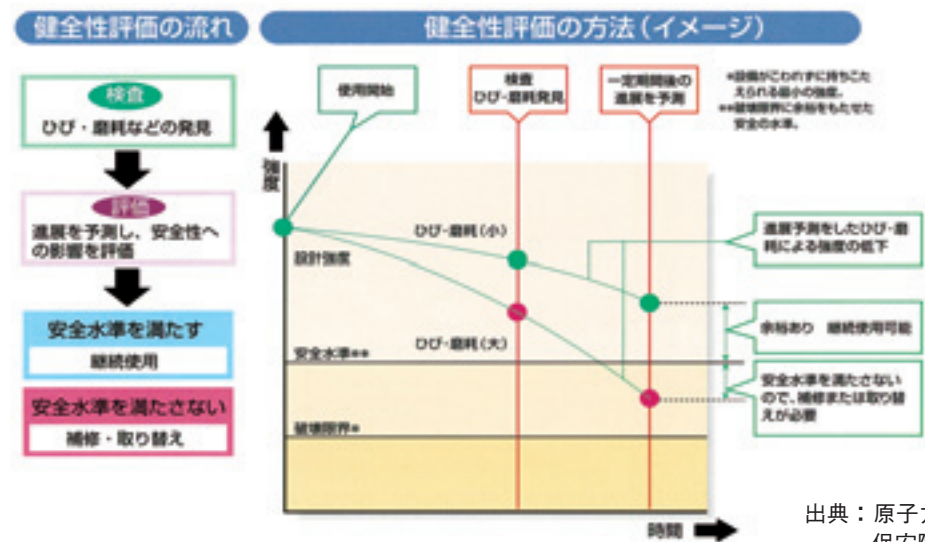
高経年化対策を含む保守管理の流れ



出典：原子力安全・保安院ホームページ

原子力発電所における設備の健全性を見極めるため、安全上重要な設備にひびや磨耗などが見つかった場合には、事業者はその進展を予測して安全性への影響（設備の健全性）を評価することが義務付けられています。この制度を健全性評価制度といい、この評価の結果、安全水準を満たすことが確認できれば使い続けることができ、水準を満たすことができない場合には、設備の補修や取替えが必要となります。健全性評価には、科学的・合理的に信頼できる規制基準として日本機械学会の「維持規格（発電用原子炉規格）」が活用されています。

健全性評価の方法



出典：原子力安全・
保安院ホームページ

国際原子力事象評価尺度とトラブル評価状況

原子力施設で発生したトラブルは、国際原子力事象評価尺度（INES）により0から7の8段階で評価が行われます。INESは、3種類の基準から構成されており、それぞれ基準1：所外への影響（放射性物質の外部放出など）、基準2：所内への影響（放射性物質の汚染や炉心損傷など）、基準3：深層防護の劣化（運転制限範囲からの逸脱や安全機能の喪失など）の評価を行い、そのうち最高のものを評価結果としています。

	レ ベ ル	基 準			評 価 例
		所外への影響	所内への影響	深層防護の劣化	
事 故	7：深刻な事故	放射性物質の重大な外部放出：ヨウ素131等価で数万テラベクレル以上の放射性物質の外部放出			チェルノブイリ原子力発電所事故 1986—旧ソ連
	6：大事故	放射性物質のかなりの外部放出：ヨウ素131等価で数千から数万テラベクレル相当の放射性物質の外部放出			
	5：所外へのリスクを伴う事故	放射性物質の限定的な外部放出：ヨウ素131等価で数百から数千テラベクレル相当の放射性物質の外部放出			スリーマイルアイランド原子力発電所事故 1979—アメリカ
	4：所外への大きなリスクを伴わない事故	放射性物質の少量の外部放出：法定限度を越える程度（数 mSv）の公衆被ばく			ウラン加工工場臨界事故 1999—日本
異常な事象	3：重大な異常事象	放射性物質の極めて少量の外部放出：法定限度の10分の1を越える程度（10分の数 mSv）の公衆被ばく	所内の重大な放射性物質による汚染／急性の放射線障害を生じる従業員被ばく	深層防護の喪失	旧動燃アスファルト固化処理施設火災爆発事故 1997—日本
	2：異常事象		所内のかなりの放射性物質による汚染／法定の年間線量当量限度を越える従業員被ばく	深層防護のかなりの劣化	美浜発電所2号機伝熱管破断事故 1991—日本
	1：逸脱			運転制限範囲から逸脱	浜岡原子力発電所1号機配管破断事故 2001—日本
尺度以下	0：尺度以下	安全上重要ではない事象		0＋ 安全に影響を与え得る事象 0－ 安全に影響を与えない事象	
評価対象外		安全性に関係しない事象			

（注）INESの正式運用開始（平成4年8月1日）以前に発生したもので、公式に評価されたものではない。
（注）0＋、0－の区分は、国内の実用発電用原子力施設のものに適用される。そもそもINESは国際比較するものではない。
特に、レベル1以下については、IAEAへの報告対象になっておらず、各国の評価は揃っていない。0＋及び0－は日本国内の原子力施設だけの運用である。

出典：平成19・20年版 原子力安全白書

4 廃止措置

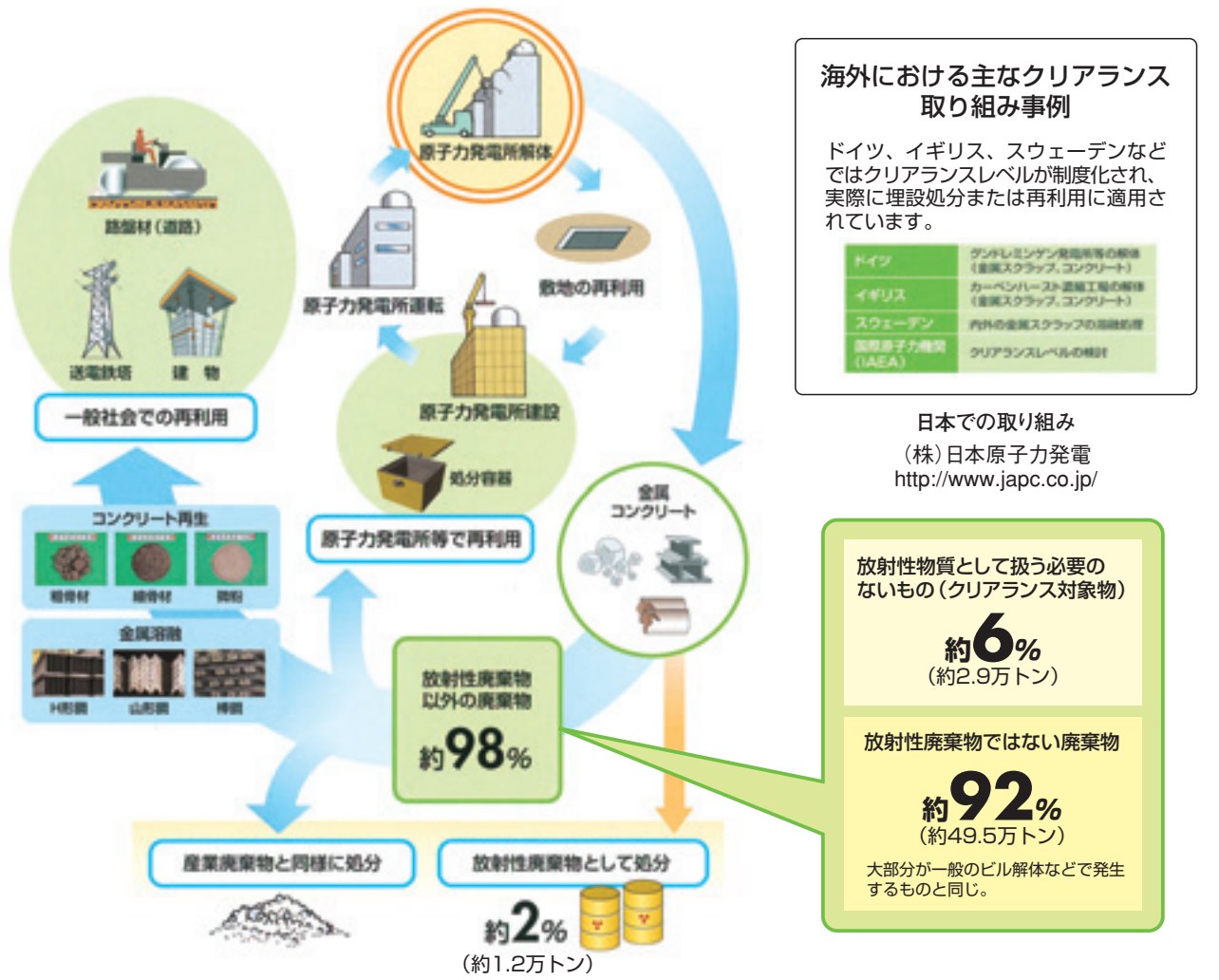
運転を終了した原子力発電所は安全を確認しつつ解体撤去され、跡地は再利用されます。放射性廃棄物以外の廃棄物は、資源として再利用したり適正な処分を行なっていくことも地球資源を守るための大きなテーマの一つです。

沸騰水型原子炉110万キロワット級の発電所1基を解体すると、約54万トンのコンクリートや金属の廃棄物が発生します。その大部分は、放射性物質に汚染されていないか、ごくわずかの放射性物質しか含まないもの（クリアランスレベル*以下のもの）です。これらは「放射性物質として扱うべきもの」から安全に区分してリサイクルや適正に処分していくことが循環型社会を目指す上で大切なことといえます。

原子力発電所の解体から生じた放射性廃棄物は専用の処分場で安全に処分されます。また、それ以外の廃棄物（コンクリートや金属）は普通の廃棄物と同様に、例えば、原子力発電所で再利用したり、一般社会の中で再利用することが考えられます。また、循環的な利用が行なわれないものは、適正に処分されます。

*放射性廃棄物として適切に処分する必要があるものと、普通の廃棄物として再利用や処分できるものを区分する放射能レベルを「クリアランスレベル」と呼びます

解体から生じた廃棄物の行方



出典：原子力安全・保安院「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について」を元に作成

原子力未来へつなぐエネルギー

第16回 原子力ポスターコンクール



文部科学大臣賞

なかだ よしふみ
中田 喜文さん (10歳 富山県)

ポスターで伝えたいこと

僕は電車が好きなので、原子力エネルギーの力で走る電車で、環境に良い未来を運ぶことが出来るようになればいいなと思いました。



経済産業大臣賞

なが い まゆ こ
永井 蘭子さん (13歳 埼玉県)

ポスターで伝えたいこと

日本で作られている電気は、原子力発電で約26%もまかなわれていて、電気を作る時にCO₂が出ないクリーンなエネルギーというのが印象に残りました。こうして温暖化ストップにつながっていくといいなという希望があります。

主催：文部科学省 経済産業省資源エネルギー庁

発行 資源エネルギー庁

制作 (財)日本生産性本部 エネルギー環境部
エネルギー・コミュニケーションセンター

TEL.03-3580-2277