

エネルギー政策及び原子力政策の推進について (プルサーマルのエネルギー政策上の必要性等)

平成16年6月30日
経 済 産 業 省

日本のエネルギー政策の基本目標

安定供給：資源小国としての普遍的な重要課題

エネルギー供給の半分を占める石油の中東依存度は約9割
さらに、昨夏の電力需給問題に象徴される国内におけるエネルギー供給の信頼性・安定性確保も新たな課題として浮上

環境保護：国際的責務としての温暖化対策

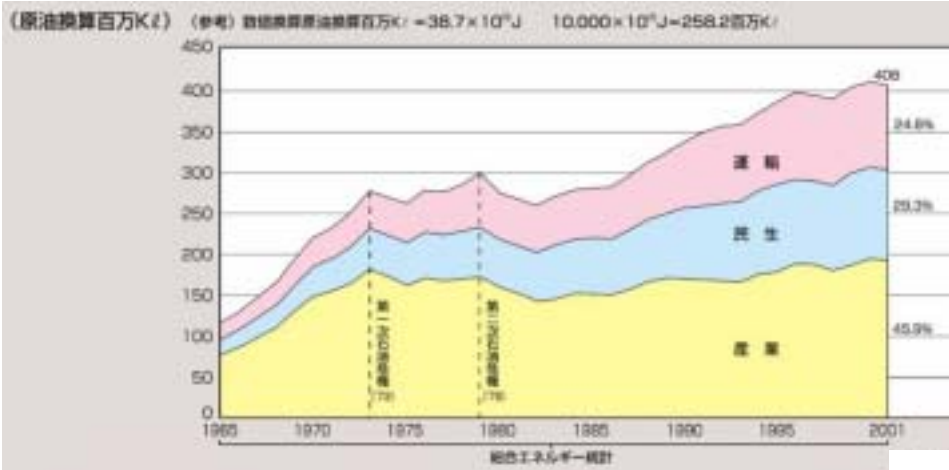
温室効果ガスの約9割がエネルギー起源のCO₂
京都議定書を守るために、2010年頃にエネルギー分野のCO₂を1990年レベルに抑えることを政府として決定

効率性：エネルギー選択の拡大、国際競争力強化

日本の電力・ガス料金は、他の先進国と比べて高く、国際競争力の面で不利
高コスト構造を是正し、日本の産業の国際競争力を高める必要

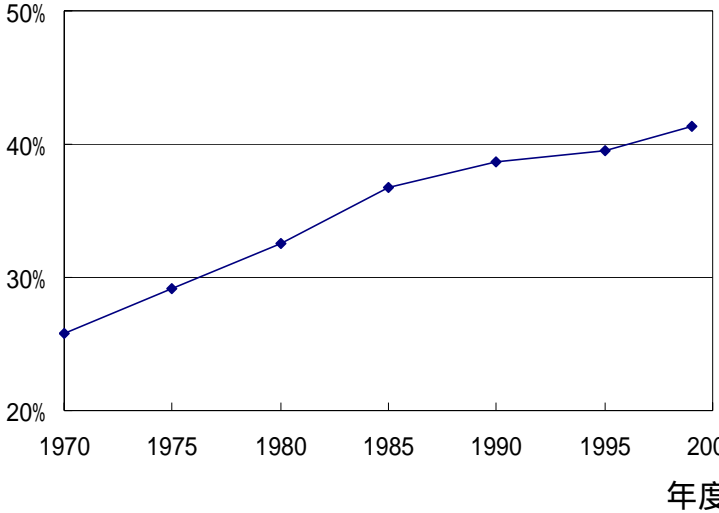
日本のエネルギーの現状

日本の最終エネルギー消費の推移

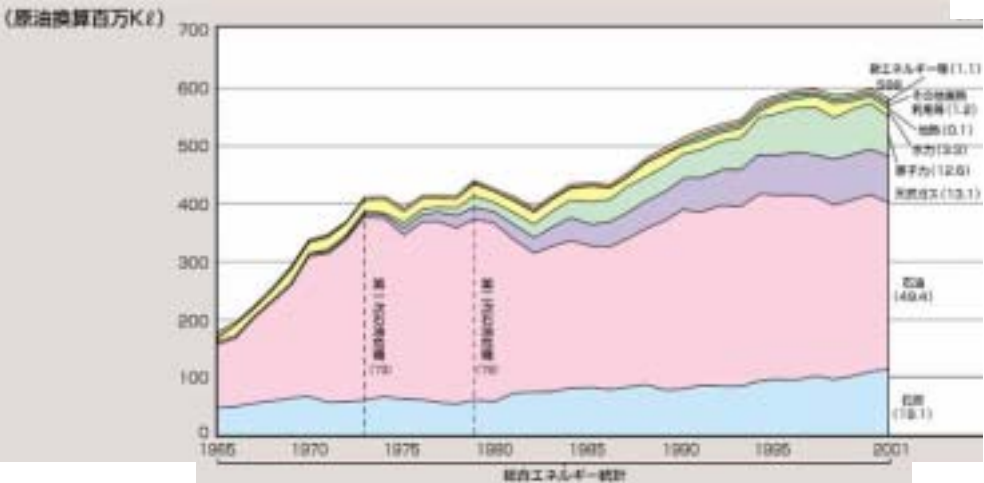


電力化率の推移

電力化率



日本の一次エネルギー供給の推移



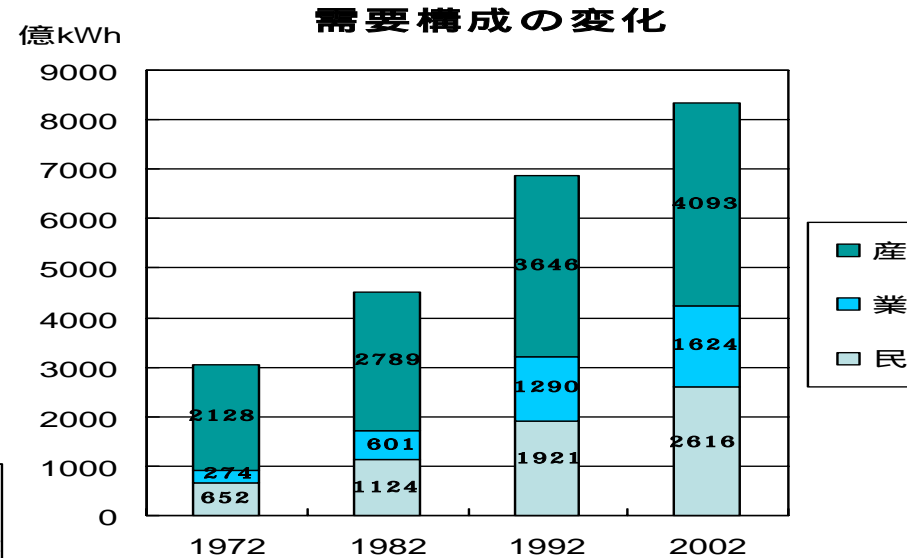
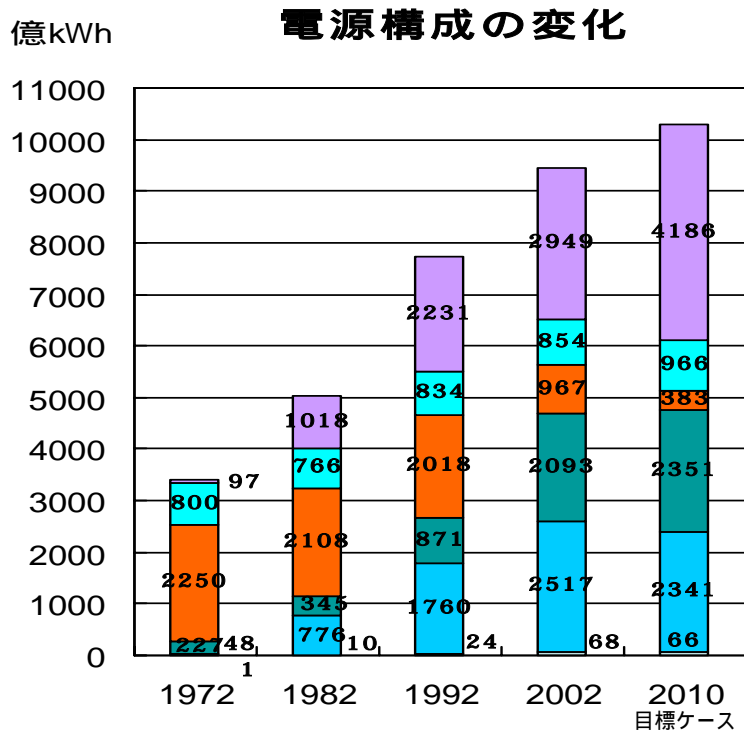
$$\text{電力化率} = \frac{\text{発電用エネルギー使用量}}{\text{一次エネルギー総供給量}}$$

エネルギー政策と電源構成の変化

- 安定供給や環境の観点から、石油代替エネルギーの導入を推進。
- 主要な担い手は、原子力とLNG。

	1972年度	2002年度
石油	64%	9%
LNG	1%	27%
石炭	7%	22%
原子力	3%	31%

- 環境上の課題は、汚染対策の観点からCO₂排出抑制へと変化。
- 一方、電気事業は競争環境へ。
電源の選択が、必ずしもコストとCO₂排出抑制とが両立しないというジレンマがある。



(参考) 電力自由化の進展

1995年: 発電部門を自由化

2000年3月: 総電力供給量の約26%(2,000kw以上の需要家)の小売自由化

2003年6月: 電気事業法改正

平成16年4月: 約40%(500kw以上の需要家)

平成17年4月: 約63%(50kw以上の需要家)

エネルギー政策基本法及びエネルギー基本計画の概要

エネルギー政策基本法は、エネルギー政策の大きな方向性を示すことを目的として、議員立法として国会に提出され、2002年6月7日に成立、同月14日に公布・施行となった。

エネルギーの需給に関する施策についての基本方針（第2条～第4条）

安定供給の確保（供給源の多様化、自給率の向上、エネルギー分野における安全保障）
環境への適合（地球温暖化の防止、地域環境の保全、循環型社会の形成）
市場原理の活用（上記2点の政策目的を十分考慮しつつ、規制緩和等の施策を推進）

エネルギー基本計画（第12条）

エネルギー政策基本法において明らかにされた「安定供給の確保」、「環境への適合」及びこれらを十分考慮した上での「市場原理の活用」という基本方針に則り、10年程度を見通して、エネルギーの需給全体に関する施策の基本的な方向性を定性的に示すもの。

平成15年10月7日、閣議決定、同日国会報告。

第1章 エネルギーの需給に関する施策についての基本的な方針

第2章 エネルギーの需給に関し、長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策

第3章 エネルギーの需給に関する施策を長期的、総合的かつ計画的に推進するために重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策

第4章 エネルギーの需給に関する施策を長期的、総合的かつ計画的に推進するために必要な事項

原子力の開発、導入及び利用の基本方向

(1)原子力の開発、導入及び利用

原子力発電

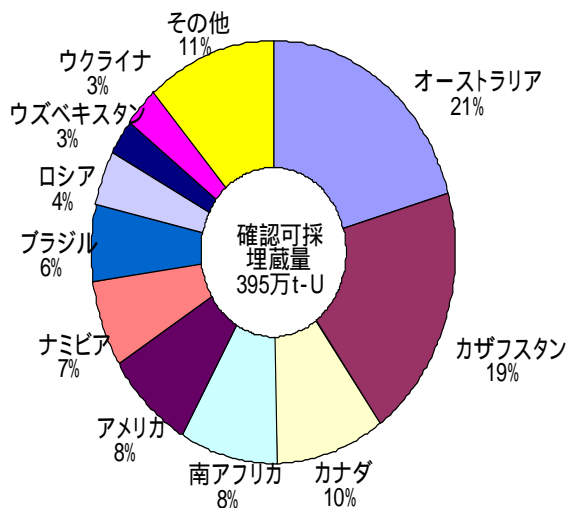
・原子力発電は、ウラン資源の安定供給面、及び二酸化炭素を排出しないという地球温暖化対策の面等で優れた特性を有し、安全確保を大前提に基幹電源として推進。

核燃料サイクル

・核燃料サイクルは供給安定性を更に改善するもの。核燃料サイクルの推進を国の基本的考え方としており、安全の確保と核不拡散を前提として、着実に取り組むことが必要。

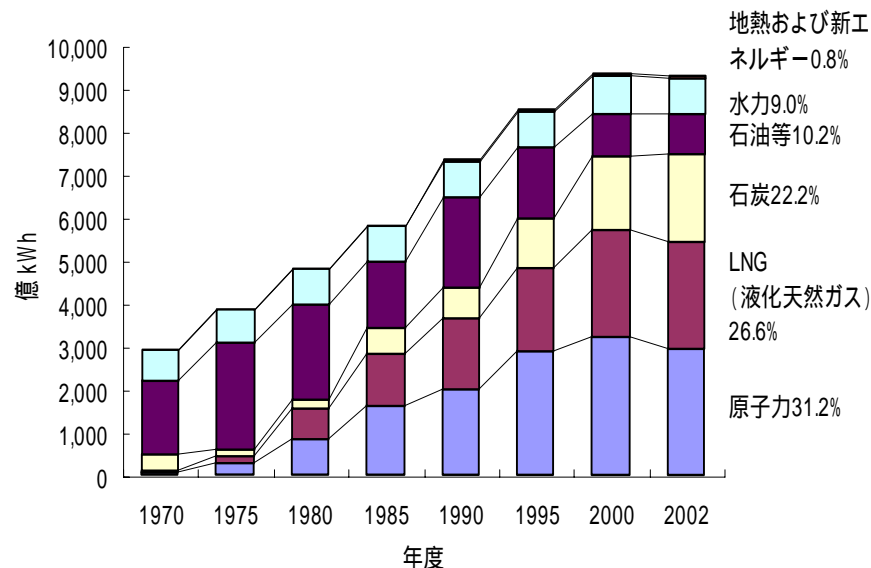
・**プルサーマル**を当面の中軸として、国民の理解を得つつ着実に推進。

ウラン資源確認可採埋蔵量(1999年)



出典: URANIUM 1999 Resources, Production and Demand

我が国の電源別発電電力量の推移(一般電気事業用)

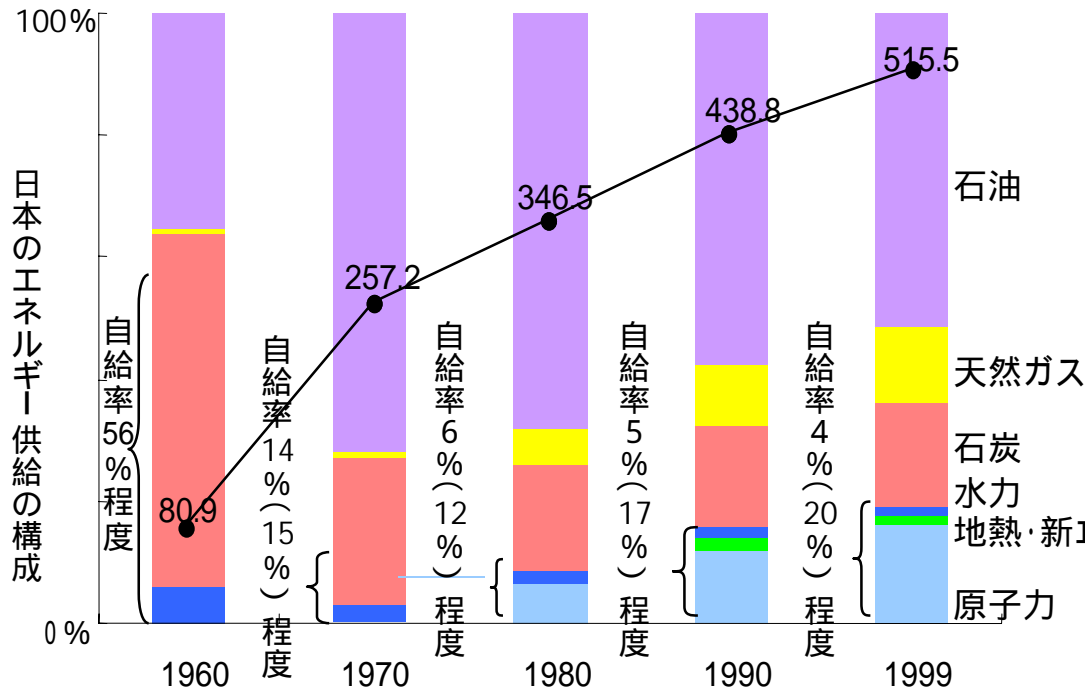


出典: 電源開発の概要、平成15年度電力供給計画の概要

注: 石油等には、LPG、その他ガス及び瀝青質混合物を含む。

原子力はエネルギー自給に貢献

燃料のエネルギー密度が高く、備蓄が容易。
 燃料を一度装荷すると1年程度は交換する必要がない。
 ウラン資源は、政情の安定した国々に分散している。
 使用済燃料を再処理することによって、資源燃料として再利用できる。



日本のエネルギー自給率の変化

1999年の我が国のエネルギー自給率は20%。
 (英国: 123%、米国: 74%、フランス: 50%、ドイツ: 39%)
 出典: ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES, 2001, IEA/OECD
 原子力を含めなければ、我が国のエネルギー自給率はわずか4%。

折れ線は日本の年間エネルギー供給量 (単位: 石油換算百万トン)

出典: ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES (1998-1999)

環境への適合

原子力発電は、発電過程で二酸化炭素を排出することがなく、地球温暖化対策に貢献。

[各種電源の発電量当たりCO₂排出量(g - CO₂ / kWh) (ライフサイクル排出量)]

石炭火力: 975

石油火力: 742

LNG火力: 608

LNG複合: 519

原子力: 22 ~ 25

水力: 11

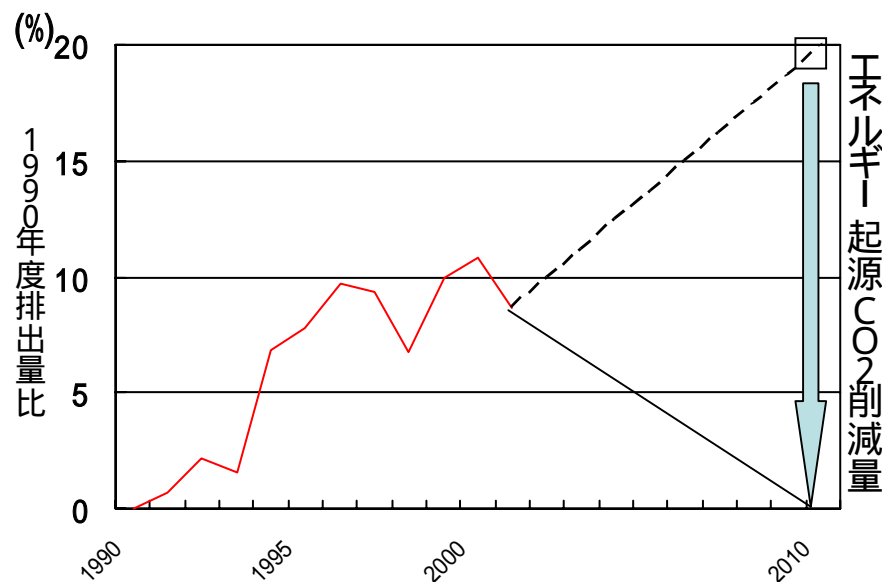
地熱: 15

太陽光: 53

風力: 30

(発電時だけでなく、建設時等も含めた排出量)

エネルギー起源のCO₂排出量は目標をオーバー



原子力発電所

135万KW 1基で0.7%のCO₂削減効果

(参考)

昨年の東電の原子炉停止により90年度の日本における全CO₂排出量の約1.8%分のCO₂が増加した。

(参考)

鉄鋼高炉一基でCO₂排出量は

約500万t-CO₂ / 年 (90年度排出量の約0.4%)

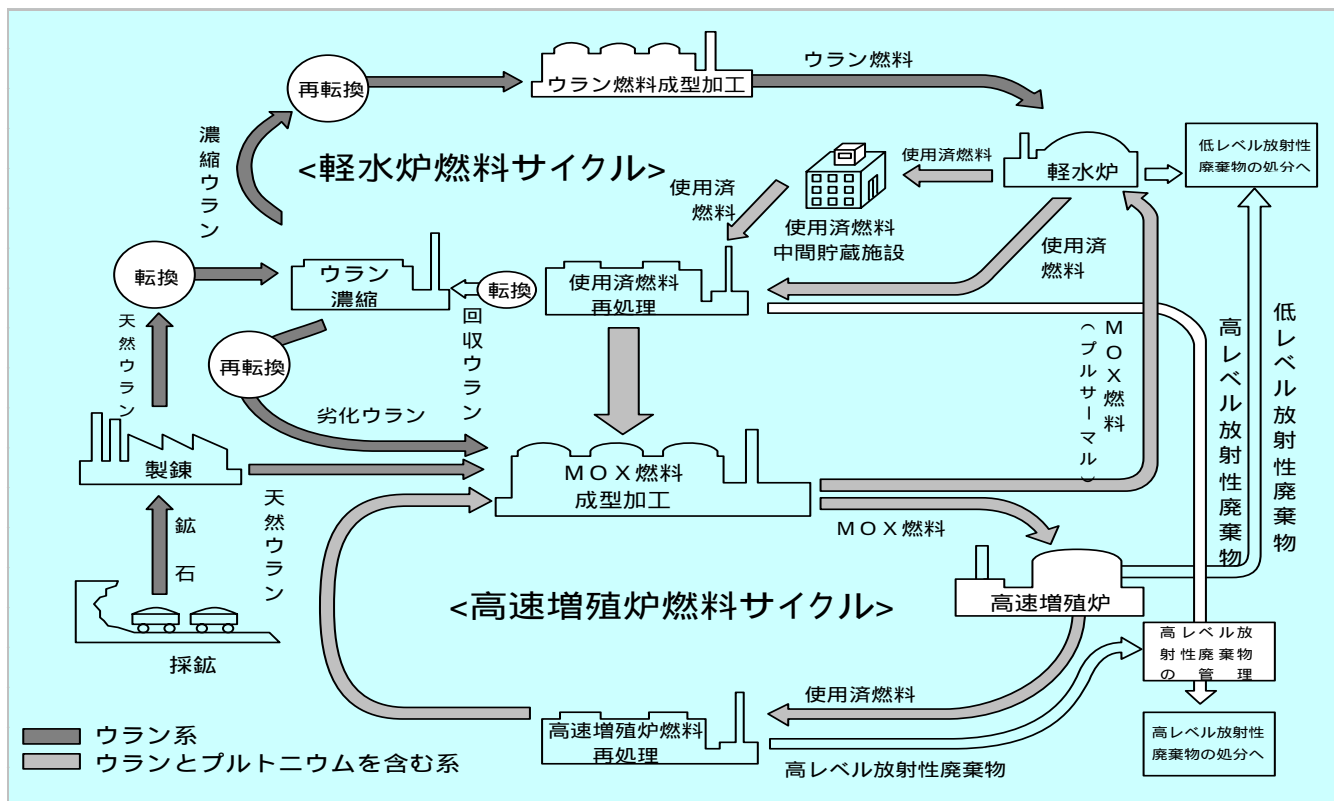
(平成12、13年の国内高炉31基の平均値)

核燃料サイクルの今後の施策

核燃料サイクルについては、安全性の確保と核不拡散を前提としつつ、推進する。その際、国民の理解を得るための取組、原子力発電立地地域との共生を進める。

使用済燃料の再処理等のバックエンド事業については、その投資リスクの大きさが懸念されていることなどから、平成16年末までに適切な制度及び措置を検討し、必要な措置を講ずる。

核燃料サイクルのイメージ



核燃料サイクルの基本方針

「原子力開発利用長期計画」(原子力委員会。2000年11月24日**策定**)

「核燃料サイクル技術は、供給安定性等に優れているという原子力発電の特性を技術的に向上させるとともに、原子力が長期にわたってエネルギー供給を行うことを可能にする技術であり、それが国内で実用化されていくことによって、原子力の我が国のエネルギー供給システムに対する貢献を一層確かなものにすると考えられる。これらのことから、国民の理解を得つつ、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していくことを国の基本的考え方とする。」

「エネルギー基本計画」(平成15年10月閣議決定)

「原子力発電所から出る使用済燃料を再処理し、有用資源を回収して再び燃料として利用するものであり、供給安定性等に優れているという原子力発電の特性を一層改善するものである。このため、我が国としては核燃料サイクル政策を推進することを国の基本的考え方としており、これらのプロセスのひとつひとつに着実に取り組んでいくことが基本となる。

その際、安全の確保と核不拡散が前提となることは言うまでもなく、さらに、原子力発電全体の経済性や国民の理解の確保が重要な要素であることから、これらを踏まえた確に、核燃料サイクルを進めることとする。」

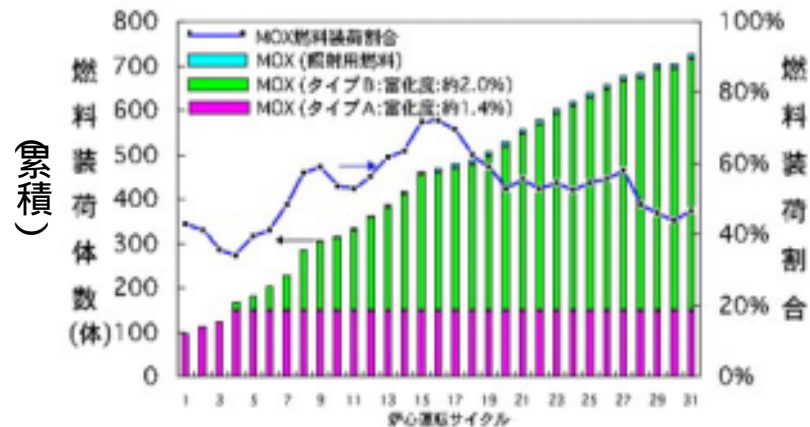
プルサーマルについて

エネルギー基本計画において、プルサーマルは、使用済燃料の再処理によって生じるプルトニウムの確実な利用という観点から着実に推進することとしている。
 安全の確保を大前提に、地元の方々のご理解を得つつ、一步一步進めていくことが重要。

- 関西電力(株)美浜発電所一号機(PWR)、日本原子力発電(株)敦賀発電所一号機(BWR)でプルサーマルの実証試験が行われ、試験後も燃料が健全であったことが確認されている。
- 我が国が独自に開発した新型転換炉「ふげん」(1979~2003.3)においては、24年間でMOX燃料を700体以上(世界最高)利用。
- 世界でも、10ヶ国で40年以上にわたるMOX燃料の利用実績有(累積装荷体数:約4000体)。
- 以上のプルサーマルの利用実績を積み重ねている間に、プルトニウムを起因とする事故は生じていない。

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
関西電力 美浜1号機				MOX燃料装荷	MOX燃料装荷	MOX燃料装荷		照射後試験			
日本原子力発電 敦賀1号機		MOX燃料装荷	MOX燃料装荷	MOX燃料装荷			照射後試験				

日本における軽水炉でのMOX燃料利用実績
 出典:関西電力ホームページ



「ふげん」におけるMOX燃料使用実績

参考1 MOX燃料の海外での使用実績

国名	装荷時期	累積装荷数	軽水炉の炉型	実施基数
アメリカ	1965～1985	91	加圧水型・沸騰水型	6基
ドイツ	1966～	1420	加圧水型・沸騰水型	14基
フランス	1974～	1822	加圧水型	21基
スイス	1978～	280	加圧水型	3基
ベルギー	1963～	289	加圧水型	3基
イタリア	1968～1981	70	加圧水型・沸騰水型	2基
オランダ	1971～1987	7	沸騰水型	1基
スウェーデン	1974～1979	3	沸騰水型	1基
インド	1994～2000	10	沸騰水型	2基
合計		3992		53基

(2002年12月末現在 経済産業省調べ)

プルサーマルの位置付け

(原子力利用長期計画、エネルギー基本計画)

「原子力開発利用長期計画」(原子力委員会。平成12年11月)

「プルサーマルは、ウラン資源の有効利用を図る技術であるとともに、原子力発電に係る燃料供給の代替方式であり、燃料供給の安定性向上の観点から有用で、海外では既に1980年代から利用が本格化されており、我が国でも国内での基礎研究や1980年代後半から実用炉で行われた実証試験の成果等を踏まえて、2010年までに累計16から18基において順次プルサーマルを実施していくことが電気事業者により計画されており、実現の緒についたところである。」

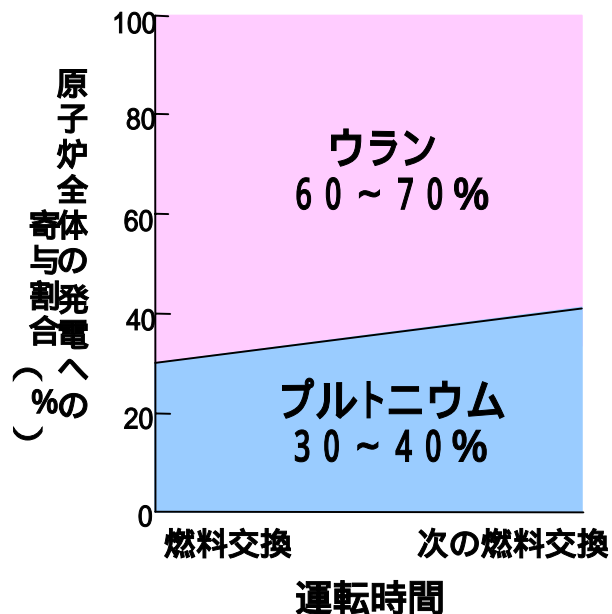
「エネルギー基本計画」(平成15年10月閣議決定)

「核燃料サイクルの重要な前提である使用済核燃料の再処理によって発生するプルトニウムの確実な利用という点で、当面の中軸となるプルサーマルを着実に推進していくものとする。」

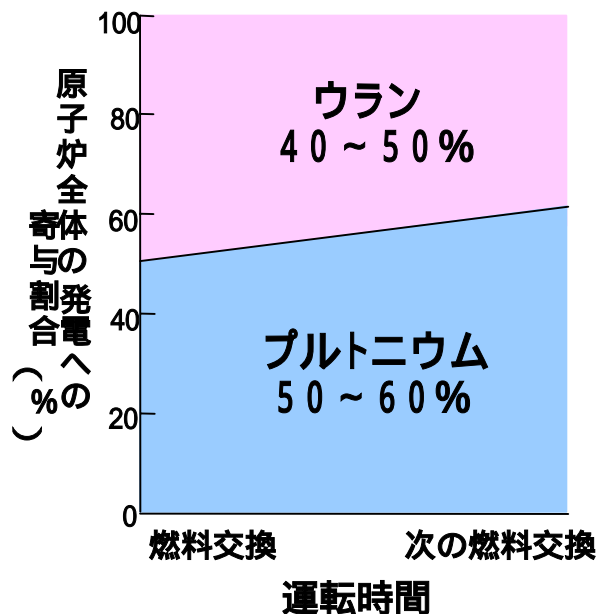
現在の原子力発電所でもプルトニウムが発電に寄与しています

- ウラン燃料でも、発電中にその一部がプルトニウムに変化して燃えており、このプルトニウムによる発電量は全体の約3割になる。
- 現在の原子力発電所でも、ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料（MOX燃料）を原子炉の3分の1程度以内で用いるのであれば、現在と同等の安全性を確保しながら運転できる。

燃料のすべてをウランとした場合



燃料の1/3をMOX燃料とした場合(プルサーマル)



原子力発電所では、ほぼ1年毎に、全体の1/4～1/3の燃料を交換します。残りの燃料は既に1年以上燃えており、この間にウランから変化したプルトニウムを含んでいます。このため、燃料交換時でも原子炉全体のプルトニウムの量はゼロになりません。

原子力発電の経済性

一定の前提条件のもとに各電源の発電コストを試算した結果、原子力はリサイクルのコストを含めても、他の発電方式に比べて遜色ありません。

MOX燃料の場合、ウランの採掘、製錬、濃縮などの費用が不要です。

プルサーマルが原子力発電のコストに与える影響は小さいものとなります。(0.07円/kWh)

- 原子力の発電コストに占める燃料コストは約1割 (0.66円/kWh)
- しかも、現在計画されているプルサーマルが進んだ場合でも、日本全体の原子力発電の燃料に占めるMOX燃料の割合は約1割 (プルサーマルが計画されている発電所は全体の約1/3) × (そこで使う燃料のうちMOX燃料は最大1/3)

発電コストの比較(円/kWh)

原子力	水力	石油火力	天然ガス火力	石炭火力
5.3	11.9	10.7	6.2	5.7

- ・ 1999～2003年度に運転開始したモデルプラント(原子力については118～136万kW)を想定し、次の一定の前提条件の下で試算した発電原価。
- ・ 各種電源の比較の観点及び実績等を踏まえ、運転年数は40年に統一すると共に、設備利用率も80%(水力のみ45%)に統一。
- ・ 原子力のコストには以下の核燃料サイクルコストも含む。

出典:コスト等検討小委員会から電気事業分科会への報告
(平成16年1月)

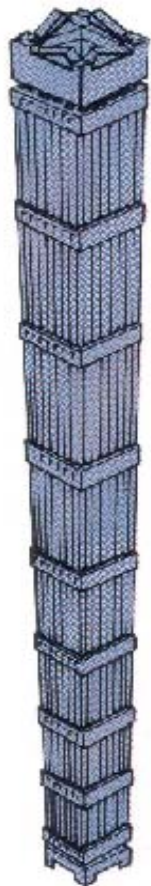
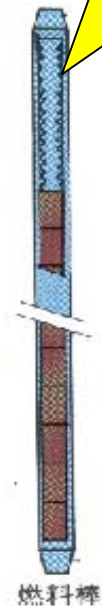
核燃料サイクルコストの試算結果

ウラン燃料	0.59
MOX燃料 (フロント計)	0.07 0.66
再処理(輸送込み)	0.50
HLLW貯蔵・輸送・処分	0.15
TRU処理・貯蔵・処分	0.09
再処理デコミ	0.03
中間貯蔵(輸送込み)	0.04
(バックエンド計)	0.81
(燃料サイクル計)	1.47

(単位:円/kWh)

参考 2 ウラン燃料とMOX燃料について

構造や外観・寸法は同じです。MOX燃料には初めから燃料ペレットの中にプルトニウムが入っています。



燃料棒被覆管

燃料棒配列

燃料ペレット材質

U-235濃縮度

Pu含有率(Pu-f)

最高燃焼度

ウラン燃料

ジルカロイ-4

17 × 17

UO₂

約4.1%

0%

48000
(MWd/t)

MOX燃料

ジルカロイ-4

17 × 17

UO₂、PuO₂

約0.2%程度

約6.1%程度

45000
(MWd/t)

先行事例等

参考3 - 1 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 (安全審査指針 平成7年6月19日 原子力安全委員会了承)

1. 目的

軽水炉に取替燃料の一部としてMOX燃料を装荷することに係る安全審査の際の指標を作成する観点から、安全設計、安全評価及びその他関連事項について検討を行った。

2. 検討範囲

検討の前提として、MOX燃料は取替燃料の一部として使用し、MOX燃料を装荷した炉心の特性を従来のウラン燃料炉心のそれと大幅に変えない設計方針のものとした。具体的にMO料の基本構造はこれまで十分な使用実績のあるウラン燃料と同一とし、核分裂性プルトニウム富化度は最も高いペレットで約8%(プルトニウム含有率約13%)という範囲のものまで、また、MOX燃料の炉心装荷率は1/3程度までを検討対象とした。燃料集合体最高燃焼度は、ウラン燃料を超えない範囲(45,000MWd/tまで)とした。なお、混合するプルトニウムについては、使用済みのウラン燃料及び金属天然ウラン燃料から得られた原子炉級プルトニウム(注)を対象とした。

3. 検討結果

3.1 燃料及び装荷炉心の一般的な特徴

MOX燃料の軽水炉における核的特性及びその物性、照射挙動は、ウラン燃料に比べ差があるものの、これらは把握されており、これまでに得られている経験、データ等からは、安全に係わる特段の問題は生じていない。しかし、安全設計及び安全評価に当たっては、以下に示すMOX燃料の特徴に留意する必要がある。

(1) 核的特性

ボイド係数、減速材温度係数及びドップラ係数がより負となる。

制御材及び可燃性毒物の反応度値が相対的に低下する。

中性子スペクトルの軟らかい所に隣接したMOX燃料は、中性子スペクトルの相互干渉 等により出力が高くなる傾向がある。

ペレット径方向出力分布において周辺部の出力分担がより高くなる。

即発中性子寿命がより短く、遅発中性子割合がより小さくなる。

燃焼に伴う反応度低下の割合がより小さくなる。

ヘリウム生成量及び核分裂収率が若干異なる。 等

(2) 物性、照射挙動

ペレットの融点及び熱伝導率がプルトニウム含有率の増加に伴い低下する。

ペレットのクリープ速度がプルトニウム含有率の増加に伴い増加する。

核分裂生成ガス(FPガス)放出率は現時点の見解ではウランペレットよりも若干高めである。

ペレット内のプルトニウム含有率の不均在製造時に生じ得る可能性がある。 等

3.2 燃料の使用実績並びに照射後試験結果について

軽水炉においては、取出時点までの積算値で見れば、ウラン燃料でも核分裂量の約1/3は燃焼中に生成したプルトニウムの寄与であり、燃焼末期について見れば、一般的にプルトニウムの寄与率がウランのそれを上回っている。現在では、フランス、ドイツ、スイス等で実用規模で継続的に使用されている。これらについては、ウラン燃料と異なる燃料破損の事例は報告されていない。

MOX燃料の使用についてはこれまで相当の実績があり、また、安全上の課題も特には見当たらないことから、今後、軽水炉において取替燃料の一部としてMOX燃料を使用する上で基本的な技術は確立されているものと判断する。

参考3 - 2 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 (安全審査指針 平成7年6月19日 原子力安全委員会了承)

3.3 熱・機械設計について

MOX燃料は、燃料棒の寸法と配列、被覆管の材質と肉厚、スペーサ又はグリッドの形状等の基本構造がこれまで良好な使用実績を有するウラン燃料と同一であるので、MOXペレットを使用すること以外は、ウラン燃料と基本的に変わるところがない。ただし、3.1項で述べたとおり、物性及び照射挙動が変化する要因があるため、燃料設計においてはこれらを適切に取り込む必要がある。プルトニウムを含有するペレットの主要な物性はこれまでの研究等により把握されており、また、MOXペレットの照射に伴うふるまいについても、その製造方法の相違までも含めて照射後試験等により詳細なデータが採取されている。MOX燃料についても、ウラン燃料に用いているものと同様の燃料設計手法等にMOX燃料の特性を適切に取り込むことにより挙動を評価することが可能である。

3.4 核設計について

MOX燃料を装荷することは、プルトニウムが燃料の燃焼初期からより多く存在することになるため、3.1項で述べたように核的特性が変化する要因となる。したがって、炉心の核設計においてこれらを適切に考慮する必要がある。PWRにおいては、核設計方針としてウラン燃料では集合体内のウラン濃縮度はほぼ一定であるが、MOX燃料では集合体内のプルトニウム富化度に分布を持たせることとしているので、核設計手法としては、その影響及びウラン燃料集合体とMOX燃料集合体が混在した時の相互の影響を十分取り扱えるよう、従来の手法を改良したもの又は新手法を採用することとしている。これらの設計手法は、モデルの構成、解析手法、臨界実験装置での実験と評価結果及び商用軽水炉での照射実績との比較評価等から見て、MOX燃料及びその装荷炉心の設計評価に適用することは妥当であると判断する。代表的な炉心における設計例の検討の結果から、MOX燃料集合体の装荷率が1/3程度であれば、ウラン燃料炉心と同等の特性を有する炉心設計は可能と考えられる。

3.5 安全評価について

原子炉施設の安全評価の妥当性を確認するために想定すべき代表的な事象についても、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」(以下「安全評価審査指針」という。)に示された事象をそのまま用いることができると判断する。

4. 結 論

現在までに得られている知見を基に、軽水炉において取替燃料の一部として使用が予想されるMOX燃料及びそれを装荷した炉心について検討を行った結果、検討範囲としたMOX燃料の特性、挙動は、ウラン燃料と大きな差はなく、また、MOX燃料及びその装荷炉心は従来のウラン燃料炉心と同様の設計が可能であると認められるので、安全評価に当たって、従来ウラン燃料炉心に用いている判断基準並びにMOX燃料の特性を適切に取り込んだ安全設計手法、安全評価手法を適用することは差支えないものと判断する。すなわち、MOX燃料の特性、プルトニウムの組成変動及びMOX燃料の装荷率等を、評価モデル、入力値等に適切に取り入れることにより、安全設計及び安全評価ができるものと判断した。

プルサーマル計画の法令上の主要手続き

電気事業者

国

意思表示

原子炉設置変更許可申請



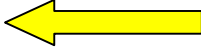
安全審査

原子力安全・保安院
による審査

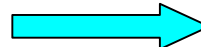


原子力安全委員会及び原子力委員
によるダブルチェック

許可

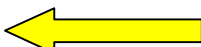


工事計画認可申請

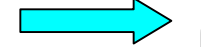


審査(品質保証等)

認可



輸入燃料体検査申請



審査及び検査
(品質保証)
(記録確認・外観検査)

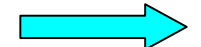
加工時のチェック

燃料加工
燃料輸送

合格



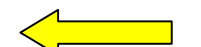
使用前検査申請



使用前検査

燃料装荷

合格



原子力についての理解促進活動（広聴・広報活動）

原子力エネルギーに関する客観的な情報を積極的に提供。
様々な媒体、機会を通じて、国民一人一人に対し知識の普及に努める。
立地地域と消費地域住民の相互理解、エネルギーに関する教育の充実に取り組む。

< 広聴・広報活動への取組みの例 >

シンポジウム、講演会等

情報の提供と知識の普及を進めるため、シンポジウム、講演会等を実施。

例：「エネルギー・にっぽん国民会議」

知事、有識者が、全ての人々がエネルギー問題を自分自身の問題として考えていくための方策を議論し、情報を発信。

「エネルギーのことを考えよう」シンポジウム（H15/7：熊本）

双方向の国民対話の促進

インターネット上に原子力情報の総合窓口「原子力情報ナビ」を開設。

電子メール等による「原子力なんでも相談室」を開設。

産消交流

女性の相互交流、スポーツ交流等を実施。

エネルギー教育の支援

エネルギー教育実践モデル校の指定、エネルギー教育の支援。

副読本、ビデオ等の生徒向け副教材や講師派遣等の事業。

施設見学会

エネルギー関連施設の見学会を実施。

パンフレット・資料の作成・配布、新聞等のメディア広報など

ホームページ、広告、パンフレット等を用いた情報提供等を実施。