

## 「わが国の核燃料サイクル政策について」

原子力委員会委員長代理  
齋藤 伸三

原子力委員会では、昨年6月より、「原子力の研究、開発および利用に関する長期計画」、しばしば、原子力長計と略しますが、この長計の策定に向けた審議を進めています。これは、広い範囲にわたる原子力政策について、その方針を決めるものですが、この中、核燃料サイクルについては、32名の策定会議メンバーや国内的にも最大の関心事でありましたので、まず、この課題から審議をすることとし、これまでの大半をこれに費やし、昨年11月に核燃料サイクルの中間とりまとめが出来上がりました。本日は、どのような審議を経て核燃料サイクルの基本方針をとりまとめたかを中心にお話したいと思います。

本日の話の構成としては、まず、原子力エネルギー利用の位置付けを二酸化炭素問題、ウラン資源問題も含めてお話し、続いて、改めてご説明するまでもありませんが、核燃料サイクルとは何かについて簡単に触れ、そして、本題の新計画策定会議における核燃料サイクル中間とりまとめの内容について少々詳しくご紹介しようと思っています。その後、核燃料サイクルと密接に関連し重要な課題である放射性廃棄物の処分に関し、現状をお話し、最後にまとめたいと考えています。

### 1. 原子力エネルギー利用の位置付け

まず、原子力エネルギー利用の位置付けですが、平成14年にエネルギー基本法が成立し、これを受けて、平成15年10月にエネルギー基本計画が閣議決定されています。この中で、エネルギー政策における原子力の位置付けとして、原子力発電は、

- 燃料のエネルギー密度が高く、備蓄が容易であること
- 燃料を一度装荷すると、一年程度は交換する必要がないこと
- ウラン資源は政情の安定した国々に分散していること
- 使用済燃料を再処理することで資源燃料として再利用出来ること

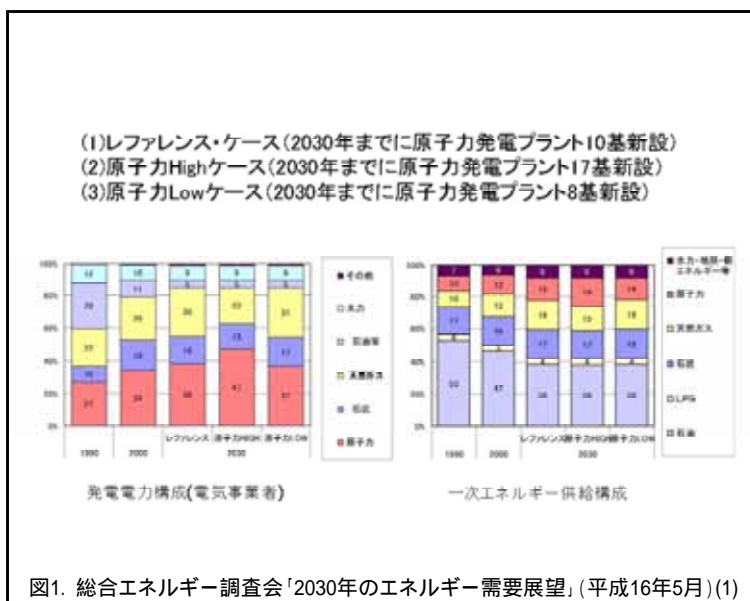
等から、国際情勢の変化による影響を受けることが少なく供給安定性に優れており、資源依存度が低い準国産エネルギーとして位置付けられるエネルギーであり、また、発電過程で二酸化炭素を排出することがなく地球温暖化対策に資するという特性を持っているとしています。すなわち、安定供給性と環境保全の面から原子力は優れたエネルギーと位置付けている訳です。そして、これらの点を踏まえ、安全確保を前提として、原子力発電を今後とも基幹電源と位置付け引き続き推進することとしています。

また、経済産業省資源エネルギー庁の総合エネルギー調査会では、昨年の5月に「2030年のエネルギー需要展望」を提示しています。原子力発電については、1月18日に目出度く、浜岡5号機が運転開始となりましたので、ここに記載の数字が1基ずつ減り、現在建設中の3基を含め、計画中のプラントがほぼ順調に建設され、2030年までに9基が新設されるケースをレファレンス・ケースとしています。この場合には、設備容量で約47GWから58GWに増えることになります。これに対し、一層の建設を見込んだ場合には、16基の新設が期待され、かつ、プラントの稼働率を他のケースの85%に対し90%とした場合がハイケースであり、新設がもっとも進まない7基としたのがローケースであります。

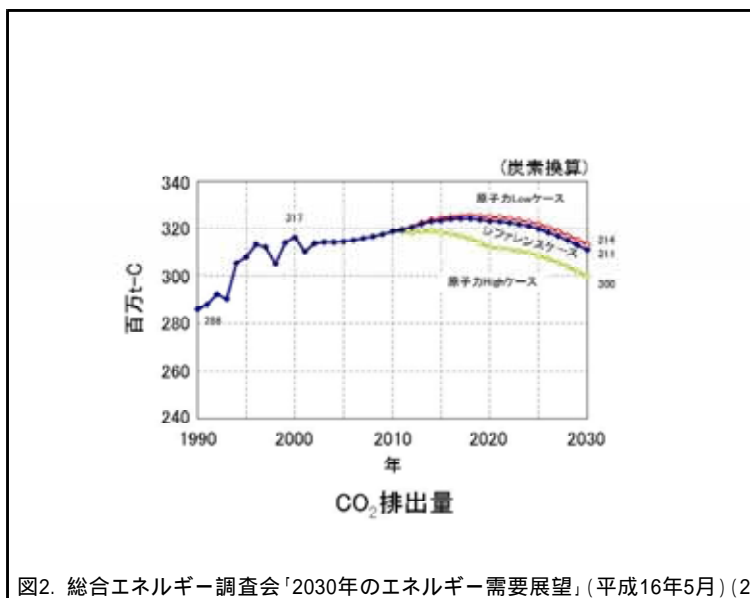
まず、発電電力量構成で見ますと、2000年では、原子力が34%であったものが、2030年にはレファレンス・ケースで38%、ハイケースで47%、ローケースで37%となり、石油火力は半減し、原子力の増分の多寡は、化石燃料の中で二酸化炭素の排出量が相対的に低い天然ガスで補われていることになります。

一次エネルギー全体で見ますと、資源的にも、また開発途上国の著しい需要の伸びからも安い石

油の時代は終焉し、石油依存度は約50%から38%までに減少し、その分を原子力と天然ガスで埋め合わせていくであろうとの展望であります。(図1)

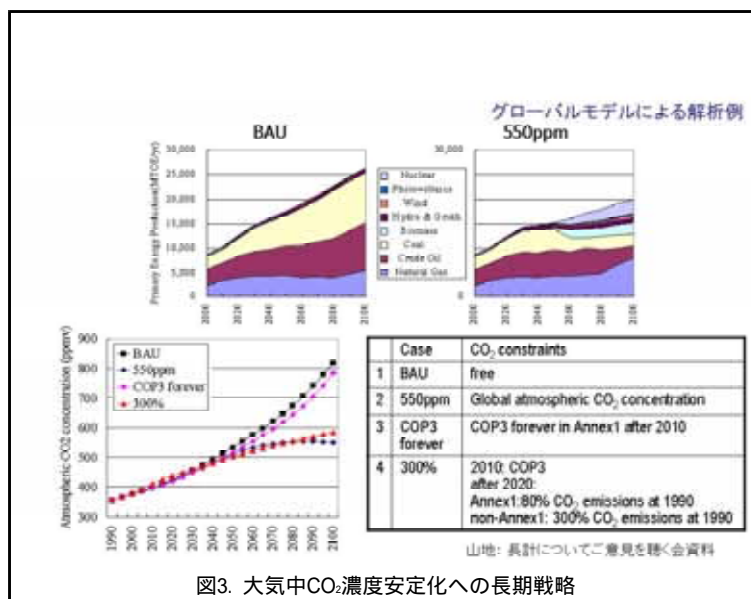


これを二酸化炭素排出量で見ますと、2000年比でいずれの場合も過渡的には増加し、2030年時点ではほぼ同程度か、ハイケースでは、5%程度減少します。しかし、京都議定書で約束した凡そ2010年に1990年比6%減を遵守するためには排出権取引も必要となるでしょう。(図2)



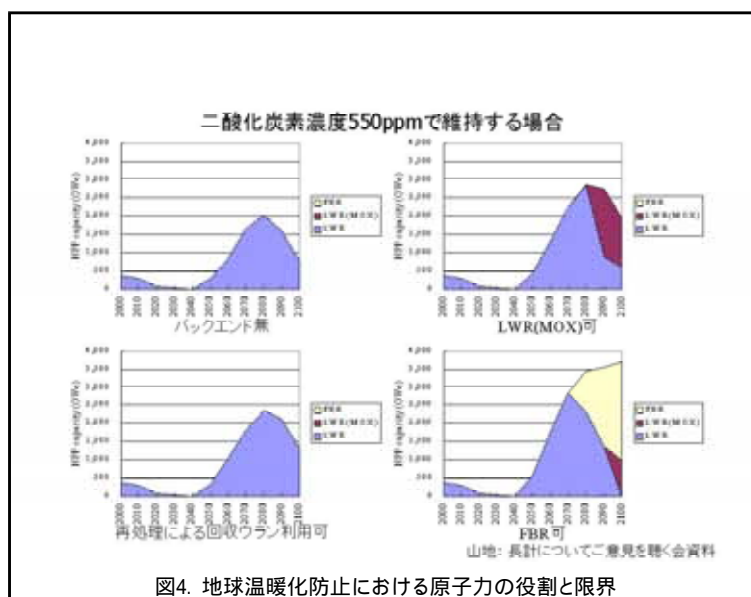
ここで、2100年までの全地球的規模の長期的な大気中の二酸化炭素濃度と原子力の役割について、長計についてご意見を聴く会の第一回に、東京大学の山地先生から提出いただいた資料でご説明したいと思います。まず、大気中の二酸化炭素濃度の変化について4ケースの計算を行っています。代表的な二例でお話しますと、BAUはBusiness As Usualで二酸化炭素の排出量制限を設けないと、天然ガス、原油、石炭で一次エネルギーが賄われ、二酸化炭素濃度は800ppm以上にまで上昇し、地球温暖化が極度に進むものと思われます。これに対し、二酸化炭素濃度を550ppm、すなわち、産業革命が始まった頃の値の2倍に抑えろとしますと、一次エネルギー消費量をBAUの場合よりも減らすとともに、現有の原子力発電所をその寿命まで使用した後、2040年頃から再び、原子力を導入しないと達成出

来ないことになります。その他、石炭、原油の消費量を徹底的に抑え、天然ガスやバイオマスの使用を増やすことが要求されます。(図3)



さて、そこで地球温暖化防止のために、二酸化炭素濃度を550ppmで維持するとして、原子力が果たせる役割と限界について4つのケースの検討がされています。有効ウラン資源量としては、IAEAとOECD/NEAの調査結果に基づいた既知資源量の3倍を仮定しています。いずれのケースも、原子力発電所の建設費が2000ドル/kWe以上では2040年までは原子力発電所の新設はなく、2040年以降、急速に原子力が導入され、軽水炉のワン・スルーの場合、使用済燃料を再処理して回収ウランも利用した場合、プルトニウムも1回使用した場合でそれぞれ原子力発電の利用量、利用期間が異なります。そして、原子力で持続的に高発電容量を維持していくには、2070年頃から高速増殖炉を導入することが必要と評価しています。

これはあくまでも、一つのモデル解析ですが、大気中の二酸化炭素濃度をある値に抑えるためには、原子力発電を必要とし、2000年代後半には高速増殖炉導入も考えておかねばならないことを理解しておいていただきたいと思います。(図4)



ところで、ウラン資源量やその需給バランスの将来予測はどうなっているのでしょうか？世界のウラン資源量については、先ほどのIAEAとOECD/NEAが共同で2年毎に公表しています通称レッドブックの最新の2003年版によりますと、既知ウラン資源量は1kg当たり130ドル以下のもので459万トンであり、この量は2002年の需要量を尺度にしますと、二次供給を含め85年分に相当します。その他、追加推定量も含めると、1440万トンとされています。しかし、現在、年間のウラン需要量が約6万8000トンであるのに対し、一次生産量及び在庫量は約4万8000トンで、その他は解体核高濃縮ウラン等で賄われています。今後20年を見通した場合、一次生産量が伸びないと世界の需要量との差は年間3万トンから4万トンになります。(図5)

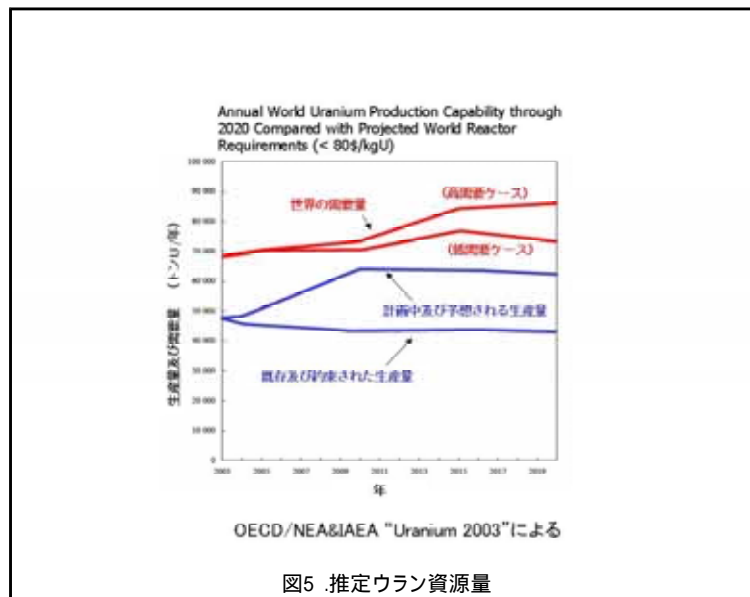


図5 .推定ウラン資源量

一方、世界原子力協会でも同様のウランの需給バランスの予測を行っています。現在のウラン一次生産量は4万トン弱ですが、これをベースに高供給シナリオと低供給シナリオに対し、需要を標準と高低の3ケースの場合を2025年まで予測しています。現在、需要の4割強は、解体核高濃縮ウラン、テイル再濃縮、リサイクル物質、ロシアの低濃縮ウラン及び西側諸国の在庫取り崩しで賄われています。しかし、10年後には、これらの二次供給のうち、残るのは、テイル再濃縮と再処理が継続、進展した場合のリサイクル物質のみで、高供給シナリオで低需要の場合のみ需給が何とかバランスするとの予測になっています。今後、中国における需要急増が予測され、わが国にとってウランの入手は価格も含め厳しいものになると予測されます。(図6)

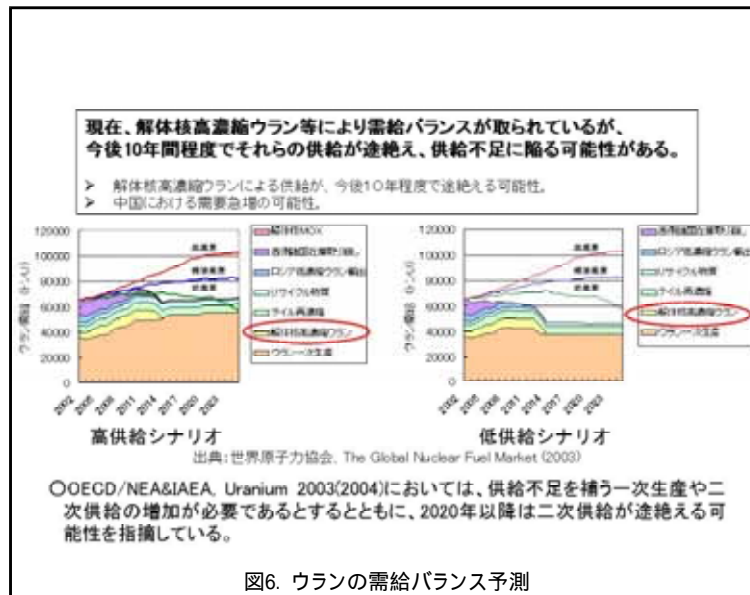


図6. ウランの需給バランス予測

ここで、過去30年余りのウラン価格の変動を見てみますと、第一次石油ショック以前は、1ポンドあたり6ドルでしたが、石油ショック後は急激に上昇し44ドルになり、スリーマイル事故後は急落して、その後は比較的落ち着いていました。しかし、この4年間で約3倍に値上がりし、最近のNuclear Fuelsによりまして、昨年1年間で61%上昇し、エネルギーセキュリティの長期的不安及び昨年は過去最高の発電量を記録した米国内の原子力発電所の順調な運転と今後の出力増加計画等が要因と見られています。(図7)

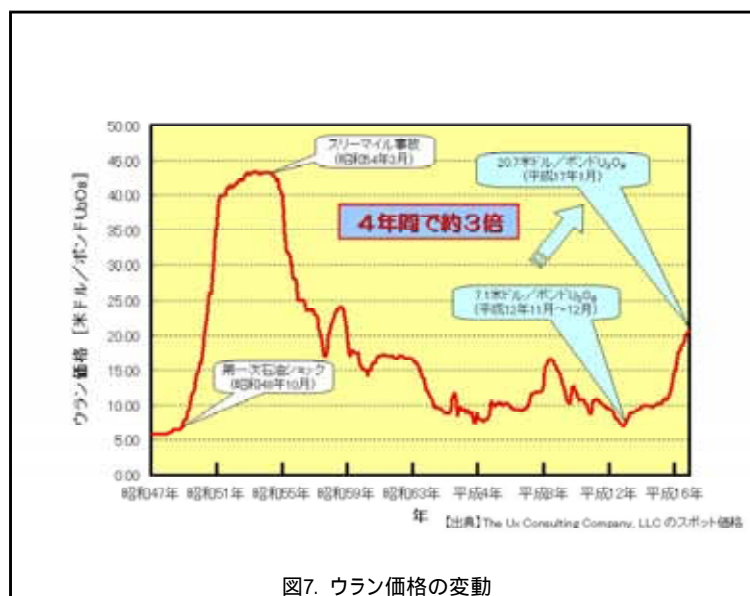


図7. ウラン価格の変動

## 2. 核燃料サイクル

さて、ここで改めてご説明するまでもないと思いますが、核燃料サイクル政策に関してお話する前置きとして、簡単に核燃料サイクルについて触れておきたいと思います。

ウラン燃料は、ウラン鉱石を精錬して粉末状のウランとし濃縮した後、酸化物燃料として成型加工して軽水炉で使われます。そして、使用済燃料を一定期間冷却した後、深地層に処分するのが直接処分であります。これに対して、使用済燃料を再処理して有用なプルトニウムやウランを分離し、混合酸化物(MOX)燃料に加工して原子炉で再利用するのが核燃料サイクルで、このうち、一般に軽水炉で再び



利用するのを軽水炉燃料サイクルと言い、高速増殖炉で廻すのを高速増殖炉燃料サイクルと呼んでいます。軽水炉でプルトニウム燃料を用いることを、和製英語でプルサーマルと言っていますが、フランス、ドイツ、スイス、ベルギー等では、単一サイクルですが、軽水炉燃料サイクルについて、既に豊富な経験を有しています。高速増殖炉燃料サイクルについては、未だ、これを実現した国はありません。(図8)

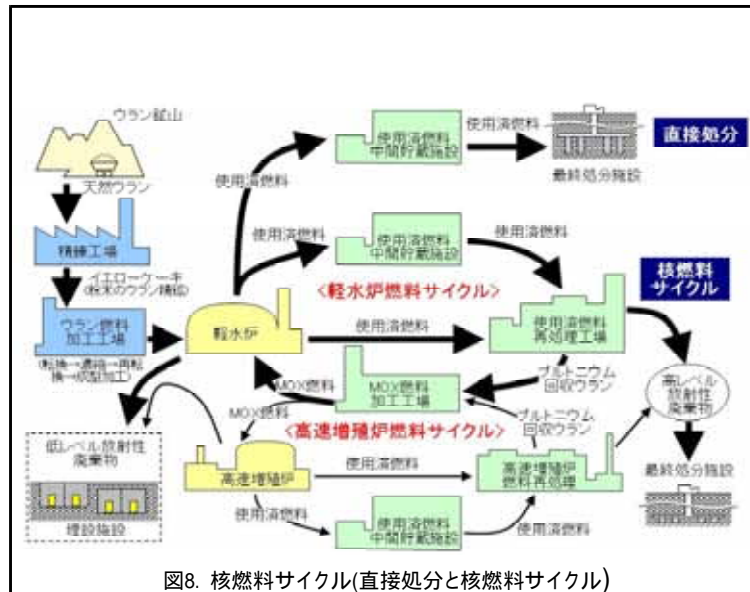


図8. 核燃料サイクル(直接処分と核燃料サイクル)

軽水炉燃料サイクルを行った場合、ウラン燃料をどの程度有効に利用出来ることになるかを、PWRで1回リサイクルさせるとした場合についてご説明したいと思います。4.1%濃縮のウラン燃料1000kgを原子炉で燃やしますと1000kgの使用済燃料が出てくる訳ですが、これを再処理しますと0.9%まで濃縮度が低下した回収ウランが940kgと約10kgのプルトニウムが得られ、その他高レベル放射性廃棄物は50kgとなります。この10kgのプルトニウムを用いて軽水炉用のMOX燃料にしますと約130kgとなり、また、回収ウランを4.1%まで再濃縮しますと、やはり約130kgの軽水炉用ウラン燃料が得られることになり、全体として約26%のウラン資源の節約が出来ることとなります。軽水炉でも、さらにもう1～2回廻すことも不可能ではありませんし、また、高転換軽水炉を用いれば多重サイクルも可能ですが、ここでは、そこまで立ち入らないことにします。(図9)

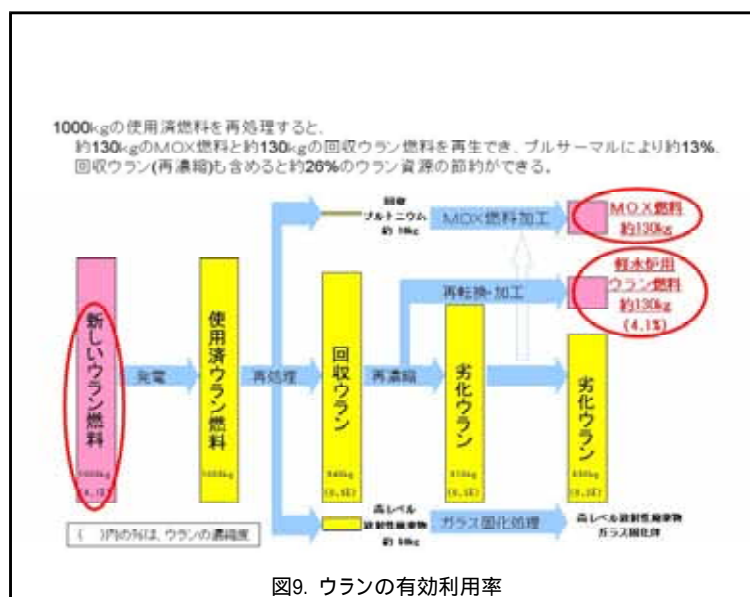


図9. ウランの有効利用率

ウランの有効利用率については、先ほどのレッド・ブックにも表が載せられており、既知ウラン資

源の利用年数は、二次供給を含めて軽水炉ワンス・スルーでは85年、軽水炉サイクルでプルトニウム利用のみを考えると100年、高速増殖炉によるリサイクルを想定すると2550年となっています。高速増殖炉の場合は、軽水炉ワンス・スルーの30倍となっていますが、これは、増殖比、倍增時間、再処理やMOX燃料製造過程等における損耗、冷却・貯蔵期間におけるPu-241の自然崩壊等に依存し、一般に30～60倍と評価されています。

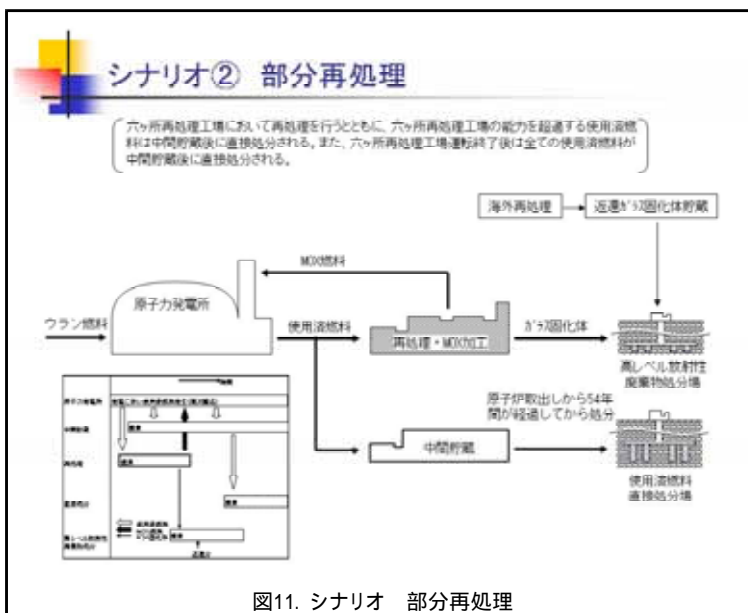
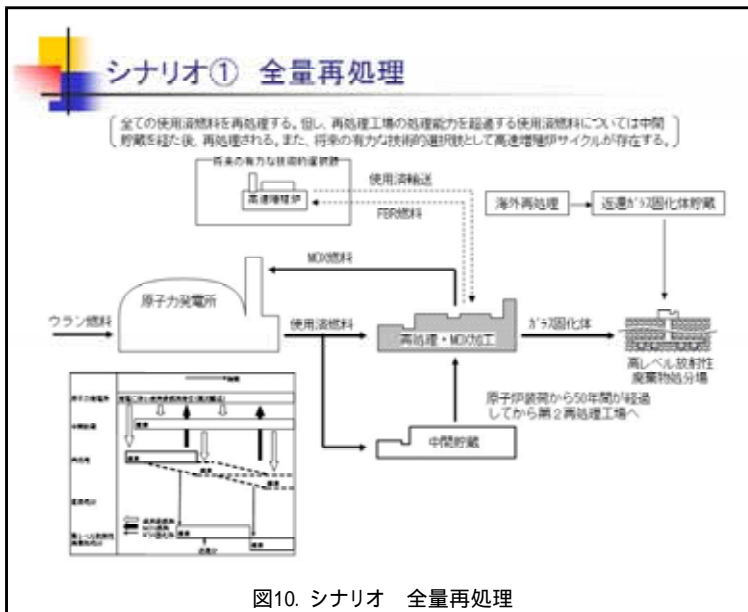
次の話題に移る前に、現行の長計における核燃料サイクル政策について触れておきますと、核燃料サイクル技術は、原子力が長期にわたってエネルギー供給を行うことを可能にするものであることから、使用済燃料を再処理し回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用していくことを国の基本的考え方ととしています。そして、高速増殖炉サイクルは、ウラン資源の利用率を飛躍的に高めることが出来ること等から、将来の有力な技術的選択肢として位置づけ、適時適切な評価の下にその研究開発を着実に進めることとし、再処理によって得られるプルトニウムは、当面のところ、プルサーマル及び高速増殖炉等の研究開発において利用されるとしています。

### 3. 新計画策定会議における核燃料サイクル中間とりまとめ

さて、本題の新たな原子力長期計画の策定において、昨年、約5ヶ月をかけて審議した我が国における核燃料サイクル政策について、その審議経過も含めてお話ししたいと思います。

核燃料サイクルについては、一部の委員及びご意見を聴く会等で世界のウラン資源量を考えれば再処理せずに直接処分が良いのではないかと、再処理しリサイクルの方がコストが高くなるのではないかと、高速炉の実用化が見通せないのに何故サイクルをやるのか等々、現行政策について疑問が投げかけられました。そこで、この際、核燃料サイクルについて、定量評価出来るものは定量的に算出し、総合的に評価することとしました。このために、代表的な4つの基本シナリオを設定し、10項目の視点から客観的に評価することとしました。4つの基本シナリオは、現行の政策の考え方である全量再処理、六ヶ所再処理工場の能力を超える使用済燃料については中間貯蔵後直接処分、これは六ヶ所再処理工場の処理能力が年間800トンであるのに対し、現在、毎年約1000トンの使用済燃料が出てきますので、約200トンを直接処分に廻すことになります。全量直接処分、当面、中間貯蔵し、その後直接処分か再処理かを決定する当面貯蔵であります。そして、評価の視点としては、安全の確保、エネルギーセキュリティ、環境適合性、経済性、核不拡散性、技術的成立性、社会的成立性、選択肢の確保、政策変更するとした場合の課題、海外の動向の10点としました。なお、経済性評価等においては、長期的観点から一般性を持たせるため第2再処理工場の建設も視野に入れて、評価期間は2000年から2060年とし、この間の原子力発電電力量は、総合資源エネルギー調査会の「2030年のエネルギー需給展望」のリファレンスケースを基に約25兆kWhと想定しています。

4つの基本シナリオについて図で示します。いずれのシナリオでも同じですが、フランス、英国に依頼している再処理に伴い高レベル放射性廃棄物が返還されることとなっており、約2200本と言われているガラス固化体の処分場を必要とします。シナリオでは、全量直接処分ですから、六ヶ所再処理工場の廃止措置の問題があり、シナリオでは、これを廃止するのか、経費をかけて維持するのかと言う問題もあります。(図10～13)





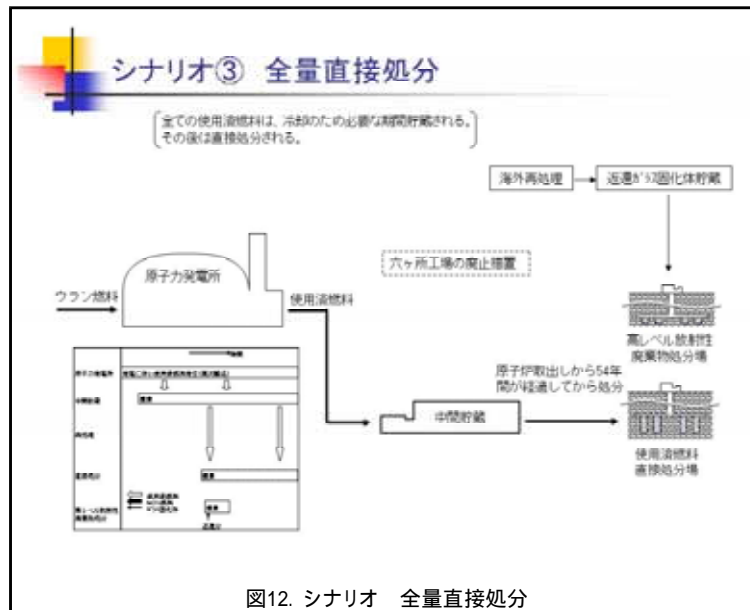


図12. シナリオ 全量直接処分

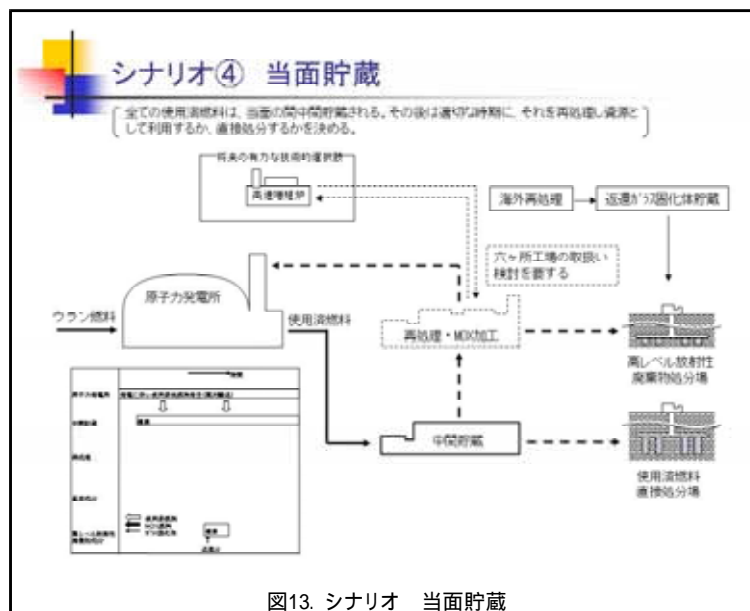


図13. シナリオ 当面貯蔵

次に、基本シナリオの評価ですが、先ほどの10種類の視点を4つに分類して行うこととしました。一番目は、シナリオが成立するための前提条件として必要不可欠な視点である「安全の確保」と「技術的成立性」です。二番目は、シナリオ間の政策的意義の比較衡量を行うために有用な視点である「エネルギーセキュリティ」、「環境適合性」、「経済性」、「核不拡散性」及び「海外の動向」です。三番目は、シナリオの実現に対する現実的な制約条件としての視点である「社会的受容性」と「政策変更に伴う課題」です。そして、四番目は、シナリオに備わっている将来の不確実性への対応能力、すなわち、柔軟性の視点からの「選択肢の確保」であります。これらについて、それぞれ説明をします。

まず、前提条件として必要不可欠な視点である「安全の確保」ですが、各シナリオに必要な原子力施設や処分場等は、安全確保が第一であり、所定の安全が確保されなければ、設置が認可されない訳で、この視点に立てば、所要の安全確保が達成可能といえます。

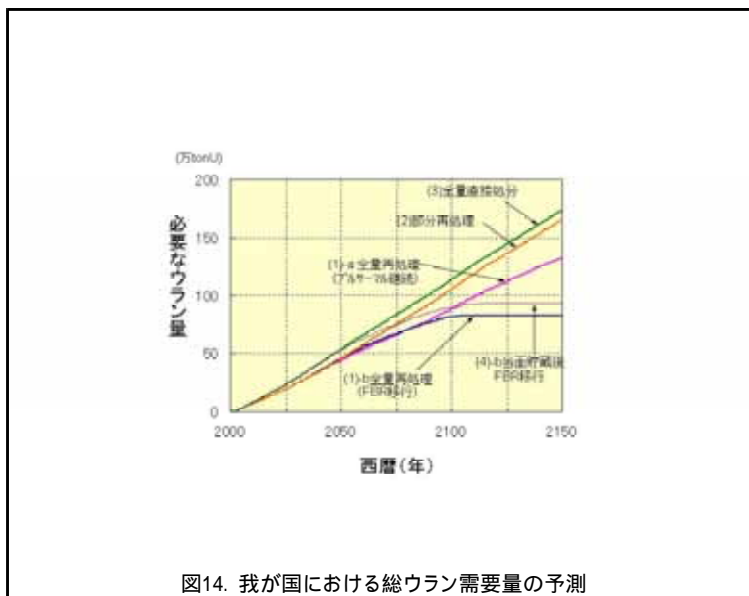
また、「技術的成立性」については、再処理技術は国内外に豊富な経験があり、ガラス固化体の処分についても、既に、実施主体があり着実に進められているところであります。これに対して、直接処分については、国内の処分環境における処分の妥当性を判断する技術的知見の蓄積が不足しており、

制度整備も行われていません。また、シナリオ4については、長期間にわたって技術選択が先送りされることから、技術基盤や人材を長期間にわたって維持することは困難と考えられます。

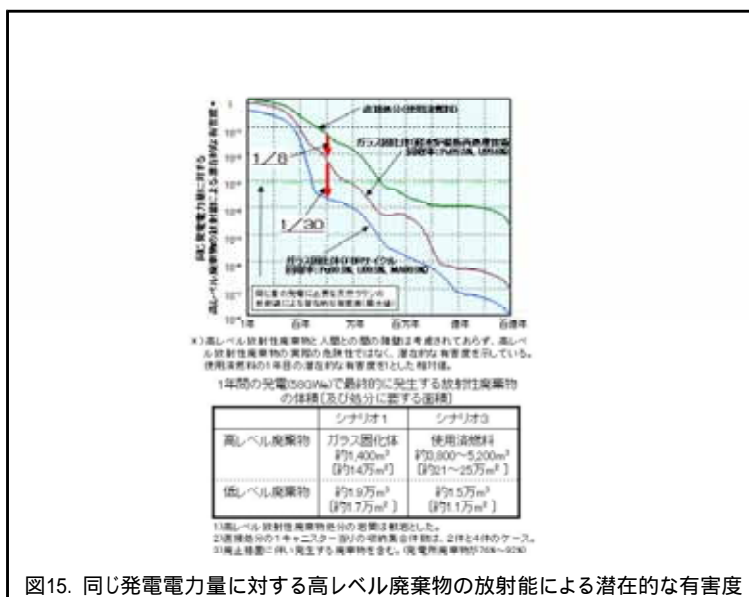
以上より、シナリオ1が最も技術的課題が少ないものと判断されます。

次に、政策的意義の比較衡量の視点から5点についてお話いたします。

まず、「エネルギーセキュリティ」の面からしますと、シナリオ1は、プルトニウムと回収ウランの利用を考えますと25%程度のウラン資源の節約効果があります。さらに、高速増殖炉サイクルが実現すれば、優位性は格段に高まります。これに対して、シナリオ3は、一切燃料のリサイクルをしない訳ですから資源の節約効果は全くないことになります。(図14)



「環境適合性」の面では、シナリオ1は再処理することにより、例えば、1000年後の高レベル放射性廃棄物の有する放射能による潜在的な有害度は直接処分の約1/8になります。また、再処理することにより高レベル放射性廃棄物の体積は3～4割、その処分場の面積は1/2～2/3となることから、資源をなるべく有効に使用し、廃棄物量を減らすと言う循環型社会に適合する優位性を有していると言えます。(図15)



次に、「経済性」の面ですが、直接処分については、我が国でこれまで本格的に計算したことはなく、策定会議では、このために技術小委員会を設置して処分場の設計検討も含め精力的に取り組みました。直接処分の評価では、ガラス固化体の場合と比較して、設計及び工学的技術上の固有の課題並びに核種移行評価上の固有の課題が多々あります。これらについては、なるべくガラス固化体の場合と同等の保守性を持たせて評価するように努めました。

直接処分のコスト評価については、前提条件の詳細は省略しますが、全処分量はPWR型燃料で32000トンとし、種々のケースについて設計し、コストを算出しました。すなわち、処分場として軟岩と硬岩に分けて考え、軟岩の場合は深さ500m、地温30℃、空洞安定性に関する制限として処分孔ピッチは処分孔径の3倍とし、硬岩の場合は深さ1000m、地温45℃、処分孔ピッチは処分孔径の2倍としています。そして、キャニスターを縦置き、横置きとした場合、キャニスター当りの燃料集合体の本数を2体あるいは4体、サイトを1サイトあるいは2サイト等のケースについて評価しました。しかし、横置き定置方式ではキャニスターの重量が大きく緩衝材との間に空隙が発生する可能性があり、ここでは、あくまでも補足検討とすることにしました。総費用は、最低が硬岩ケース1で5.33兆円、最高が軟岩ケース3で9.46兆円となります。(表1)

表1. 直接処分コストの評価

| 岩種 | ケース   | 定置方法 | 収納本数 | サイト数 | 緩衝材温度(℃) | キャニスター定置間隔(m) | 処分坑道間距離(m) | 間隔の決定因子 | 処分場面積(km <sup>2</sup> ) | 総費用(兆円) |
|----|-------|------|------|------|----------|---------------|------------|---------|-------------------------|---------|
| 軟岩 | 1     | 縦    | 2体   | 1    | 67.8     | 8             | 24         | 力学      | 17.4                    | 780     |
|    | 2     |      | 4体   | 1    | 90       | 10            | 32         | 熱       | 142                     | 603     |
|    | 3     | 横    | 2体   | 2    | 67.8     | 8             | 24         | 力学      | 9.4<br>(1サイト分)          | 9.46    |
|    | 補足検討1 |      | 2体   | 1    | 90       | 7             | 12         | 熱       | 9.1                     | 409     |
|    | 補足検討2 |      | 4体   | 1    | 90       | 10            | 31         | 熱       | 140                     | 384     |
|    |       |      |      |      |          |               |            |         |                         |         |
| 硬岩 | 1     | 縦    | 2体   | 1    | 90       | 6             | 21         | 熱       | 11.5                    | 5.33    |
|    | 2     |      | 2体   | 2    | 90       | 6             | 21         | 熱       | 6.2<br>(1サイト分)          | 7.34    |
|    | 補足検討1 | 横    | 2体   | 1    | 90       | 7             | 17         | 熱       | 11.1                    | 454     |

横置き定置方式はキャニスターと緩衝材との間に空隙が発生し除熱特性が異なる可能性等、定量化困難な課題があったため、補足検討ケースとして扱った。

これを総発電電力量で割りますと0.19～0.32円/kWhとなり、ウラン燃料費0.61円/kWh、中間貯蔵費0.14円/kWhを加えたサイクルコストは0.9～1.1円/kWhとなります。全量再処理した場合には、一昨年の資源エネルギー庁の電気事業分科会「コスト等検討小委員会」の評価結果も参考にして算出した結果、サイクルコストは1.6円/kWhとなりました。なお、シナリオ4では、中間貯蔵し、2047年以降は、中間貯蔵していたものも含め使用済燃料の半数は第2再処理工場で再処理し、半数は直接処分するものとしてサイクルコストを算出しています。(表2)

表2. シナリオ間のコスト比較

単位: 円/kWh

| 項目      |                  | シナリオ① | シナリオ②     | シナリオ③     | シナリオ④     |
|---------|------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| サイクルコスト | フロント             |       |           |           |           |
|         | ウラン燃料            | 0.57  | 0.57      | 0.61      | 0.61      |
|         | MOX燃料            | 0.07  | 0.05      | —         | 0.00      |
|         | バック              |       |           |           |           |
|         | 再処理              | 0.63  | 0.42      | —         | 0.16      |
|         | HLW貯蔵輸送処分        | 0.16  | 0.10      | —         | 0.06      |
|         | TRU廃棄物<br>処理貯蔵処分 | 0.11  | 0.07      | —         | 0.03      |
|         | 中間貯蔵             | 0.04  | 0.06      | 0.14      | 0.13      |
|         | SF直接処分           | —     | 0.12～0.21 | 0.19～0.32 | 0.09～0.16 |
|         | 合計               | 1.6   | 1.4～1.5   | 0.9～1.1   | 1.1～1.2   |
| 発電コスト   |                  | 5.2   | 5.0～5.1   | 4.5～4.7   | 4.7～4.8   |

\* 発電所の建設、運転等のコストは、3.6円/kWhとした。

したがって、シナリオ3は、シナリオ1に比べて、現在のウラン価格の水準、現段階で得られる技術的知見の範囲では、核燃料サイクルコストが0.5～0.7円/kWh安いと試算されることから、「経済性」の面で優位性があることとなります。しかし、政策変更に伴う六ヶ所再処理工場の既投資額及びその廃止措置費用等を勘案すると優位性が失われる可能性は少なからずあります。(図16)

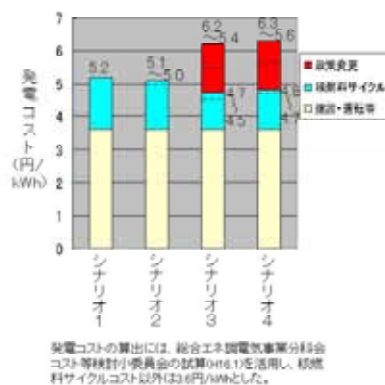


図16. 各シナリオのコスト比較

四番目に「核不拡散性」に移りますと、我が国は、これまで原子力施設の保障措置、核物質防護措置等に関し厳格にIAEAの規定に従って実施し、また、忠実に査察を受け入れてきましたので、昨年、査察が緩やかになる統合保障措置システムが認められたところであります。シナリオ1については、再処理工場、MOX燃料加工工場とも、これまでと同様に核不拡散性を高く維持することは可能であります。シナリオ3の直接処分では、数100年後から放射線量の面からは人間が接近することが可能になりますので、侵入活動に対するモニタリングや核物質防護について、国際的に合意出来る手段の開発と実施が必要となりますが、その手段を施せば、核不拡散性を維持することは可能と考えられます。一方、シナリオ4においては、一時中断すると、これらの技術開発やIAEA、米国等との交渉をやり直す必要性が高く、そのために相当な資源と期間を要することになります。しかし、要する努力、期間等に差はあるものの、いずれのシナリオにおいても核不拡散性を維持することは可能であると考えられます。

最後に、「海外の動向」ですが、各国は、地政学的要因、エネルギー資源の多寡、原子力発電の規模、有する技術力、将来動向、原子力発電のコスト競争力等を考慮して再処理路線あるいは直接処分路線の選択を行っていると言えるかと思います。総じて、原子力発電を継続的に利用し、原子力発電の規模が大きいかあるいは大きくなるフランス、ロシア、中国等は再処理路線を選択しています。米国は、現在、高レベル放射性廃棄物を減量する観点から先進的再処理技術の研究開発を進めています。(表3)

表3. 海外における使用済燃料の処分

| ①全量再処理               | ②部分再処理  | ③全量直接処分  | ④当国貯蔵    |
|----------------------|---|--|----------|
| ○フランス<br>○ロシア<br>○中国 | ○ドイツ<br>(1989年に国内再処理工場の計画を放棄、国外再処理は2005年7月まで実施)<br>○スイス<br>(国外再処理を2006年末まで実施)<br>○ベルギー<br>(1974年の国内再処理工場の運転停止以降、1991年まで国外再処理を実施。) | ○米国<br>(ただし、ユッカマウンテンの施設は、再取り出し可能)<br>○韓国<br>○カナダ<br>○スウェーデン<br>○フィンランド | 主要国ではない。 |

次に、現実的な制約条件となる二つの視点について分析したいと思います。まず、「社会的受容性」、言い換えますと立地困難性ですが、シナリオ1では、当面必要とする施設については、大方、立地地域に受け入れられており、2050年頃までに第2再処理工場が必要になります。また、各シナリオ共通ですが、高レベル放射性廃棄物処分場については、現在、原子力発電環境整備機構、NUMOが公募中です。シナリオ2、3等に関係する直接処分場は、直接処分に関する十分な知見が得られるまでは、立地活動自体困難と思われる。シナリオ4は、将来の姿が描きにくく、立地は進まないことになります。また、シナリオ1以外では、中間貯蔵施設が、使用済燃料のその先の処理方策が見えないと立地は困難になることが懸念されます。以上より、シナリオ1が社会的受容性が最も高いと判断されます。

もう一つの「政策変更に伴う課題」ですが、シナリオ1は、現行からの変更はありません。シナリオ2では、使用済燃料の直接処分に関する研究開発及び処分場の確保が新たに必要となります。シナリオ3では、シナリオ2と同じ課題の他に、政策変更により原子力発電所立地地域との信頼関係を損なう可能性が出てくるのが懸念されます。さらに、当面、各原子力発電所からの使用済燃料の搬出が出来なくなり、運転を停止せざるを得ないプラントが次々に出てくることになります。また、既設の関連施設への投資等の経済的損失への対応も必要となります。シナリオ4も、使用済燃料の搬出が困難となる問題の他、政策決定をしないことにより、技術開発の方向性が不明瞭で技術力の低下をもたらし、かつ、再処理に対する国際的合意を失う可能性があります。

結論としては、このような政策変更に伴う課題が多々あることを認識した上で、他の視点も含め総合的に判断すべきものと考えます。

基本シナリオの評価の最後の視点である「選択肢の確保」、すなわち、将来の不確実性への対応能力について考察しますと、シナリオ1は、再処理事業に関連して様々な状況変化に対応出来る人材、

技術、知識ベース等の技術革新のインフラやわが国が再処理を行うことについての国際的理解が維持されることから、「将来の不確実性への対応能力」が高いと言えます。一方、シナリオ2、3は、近い将来、確実に原子力発電の規模が大幅に縮小し、核燃料サイクルも中止するような場合には、シナリオ1よりも対応が容易になるかと思えます。シナリオ4は、将来において取るべき道を決めるとするものでありますから、論理的には、最も柔軟性を持って選択肢が確保されるはずですが、現実には、長期間事業化しないまま、種々の技術的インフラや国際的理解を維持することは大変困難なことと思われま

した。したがって、今後のエネルギー確保、技術開発動向、国際情勢をはじめとする経済社会の将来動向には不確実性が存在することから、わが国に体力がある現在のうちに「将来の不確実性への対応能力」を確保することに役立つ事業や投資を進めておくことが望ましく、この観点からシナリオ1が最も優れていると言えます。

以上より、総合的に評価しますと、

政策的意義を比較衡量すると、再処理路線は、直接処分路線に比較して、政策変更に伴う費用を考慮せず、かつ、現在のウラン価格の水準や技術的知見の下では、「経済性」の面では劣りますが、「エネルギーセキュリティ」、「環境適合性」、「将来の不確実性への対応能力」等の面で優れており、また、将来のウラン需給が逼迫する可能性を見据えた上で、原子力発電を基幹電源に位置づけて長期にわたって利用していく観点から総合的に見て優位と認められます。

また、原子力発電を基幹電源として維持するためには、国及び民間事業者等が核燃料サイクルの実現を目指して、長年かけてこれまでに蓄積してきた技術、立地地域との信頼関係、わが国が再処理を実施することに係る様々な国際合意等の社会的財産を維持することが前提条件となります。一方、再処理路線から直接処分路線に政策変更を行った場合、立地地域との信頼関係の維持が極めて困難となり、さらに、使用済燃料の中間貯蔵施設と最終処分場の立地が進展しない状況が続くことが予想されます。それにより、原子力発電所からの使用済燃料の搬出が難しくなり、原子力発電所を順次停止せざるを得ない事態の発生が懸念され、原子力発電を基幹電源として維持できなくなる恐れが大であります。

## 基本方針

わが国における原子力発電の推進にあたっては、経済性の確保のみならず、循環型社会の追及、エネルギーセキュリティの確保、将来における不確実性への対応能力の確保等を総合的に勘案すべきとの観点から、核燃料資源を合理的に達成出来る限りにおいて有効に利用することを目指すものとします。すなわち、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核燃料サイクルを進めることを基本方針とします。

## 当面の政策の基本的方向

当面は、利用可能になる再処理能力の範囲で、使用済燃料の再処理を行うこととし、これを超えて発生する使用済燃料は中間貯蔵することとします。中間貯蔵された使用済燃料の処理方針は、六ヶ所再処理工場の運転実績、高速増殖炉及び再処理に係る研究開発の進捗状況、核不拡散を巡る国際的な動向等を踏まえて、2010年頃から検討を開始します。そして、この検討は、基本方針を踏まえて柔軟性にも配慮して進めるものとし、その処理に必要な施設の建設、操業が六ヶ所再処理工場の操業終了に十分間に合う時期までに結論を得ることとします。

国は、この方針に則って、必要な研究開発体制、所要の経済的措置の整備を行うとともに、安全の確保や核不拡散に対する誠実な取組み、国民や立地地域との相互理解を図るための公聴、広



報等への着実な取組みを行うべきであると考えます。特に、プルサーマルの推進や中間貯蔵施設の立地について一層の努力が必要であります。

民間事業者には、基本方針に則り、これらの国の取組みも踏まえて、安全性、信頼性の確保と経済性の向上に配慮しつつ、責任を持って核燃料サイクル事業を推進することを期待しています。特に、六ヶ所再処理工場に関しては、安全を第一に、円滑に操業されることを期待しています。また、プルトニウムを分離する前に、その利用計画を公表し、誠実に実施していくことが要請されます。国及び民間事業者は、長期的には技術の動向、国際情勢等に不確実な要素が多々あることから、それぞれに、あるいは協力して、これらに対応するための調査研究を進めていく必要があります。

#### 4. 放射性廃棄物処分

最後に放射性廃棄物の処分についてお話をしておきたいと思います。

核燃料サイクルを進めていく上で、燃料のリサイクルを行うとともに、放射性廃棄物の最終処分は欠かすことの出来ない重要な課題です。新計画策定会議では、この課題については、今後、審議する予定であります。そこで、本日は、廃棄物の処分に関する現状をご紹介しますことにさせていただきます。

一般に、固体状放射性廃棄物は、高レベル放射性廃棄物と低レベル放射性廃棄物に分けられます。高レベル放射性廃棄物は、使用済燃料の再処理に伴う廃液をガラス固化体としたものです。一方、低レベル放射性廃棄物は、4種類に分けられ、原子力発電所の運転及び廃止措置により発生する発電所廃棄物、再処理プラントやMOX燃料製造プラントの運転及び廃止措置により発生する超ウラン元素(TRU)廃棄物、ウラン濃縮プラント、ウラン燃料製造プラントの運転、廃止措置により発生するウラン廃棄物と、研究機関、大学、RI利用事業者、病院等で用いる研究炉、試験炉、加速器等の運転、廃止措置及びRIの利用に伴うRI・研究所等廃棄物であります。

まず、高レベル放射性廃棄物の特性とその処分に向けた取組みの現状についてお話しします。使用済燃料を原子炉から取り出した時点では、燃料1トン当り約100億GBqの放射能を有していますが、当然のことながら、半減期の短い核種は急速に減衰し、再処理後には、100分の1以下となります。ガラス固化体として約50年程度冷却した後、地層処分することになりますが、この時点で、放射能レベルは、さらに1桁下がります。その後、地層処分上、考慮すべき主要な核種は、核分裂生成物では、半減期が数100年から数10万年のサマリウム-151やテクネチウム-99等約10核種と超ウラン元素であるプルトニウム-240、キュリウム-245, 246及びアメリシウム-243に始まりアルファ崩壊で生成する4N系列から4N+3系列にある核種であります。ガラス固化体の放射能がウラン鉱石の放射能レベルにまで減衰するのは1万年以上後となります。(図17)

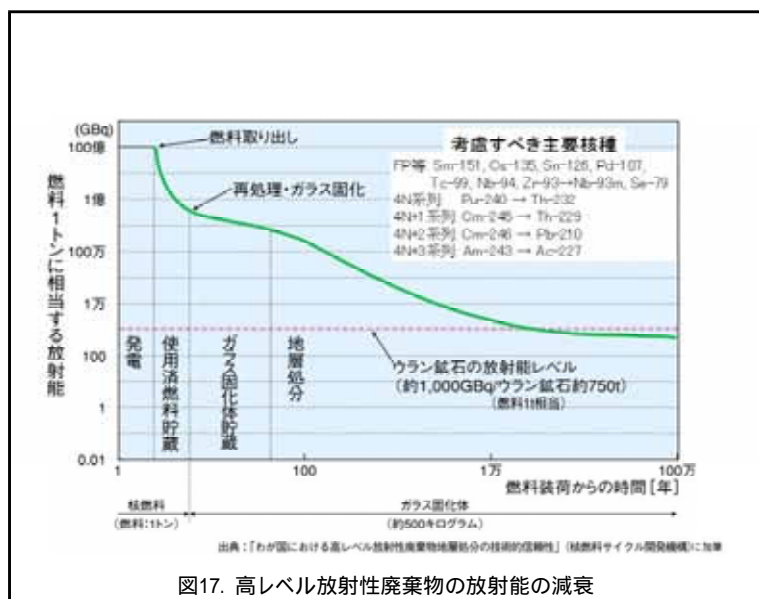


図17. 高レベル放射性廃棄物の放射能の減衰

廃棄物処分に向けた取組みとして、原子力委員会は、1998年に「高レベル放射性廃棄物の処分に向けての基本的考え方について」をまとめております。そして、2000年には、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が制定され、これに基づき、実施主体として「原子力発電環境整備機構」、略称、原環機構、NUMOが設立されました。原環機構の任務としては、最終処分場の選定、施設の建設、維持、閉鎖、閉鎖後の管理及び拠出金の徴収等ですが、拠出金は別の指定法人が管理、運用することになっています。事業は、長期に亘るものですから、電力会社及び高レベル放射性廃棄物を発生する核燃料サイクル開発機構は、毎年、ガラス固化体1体当りの処分費を評価して拠出金を納付することとなっています。(図18)

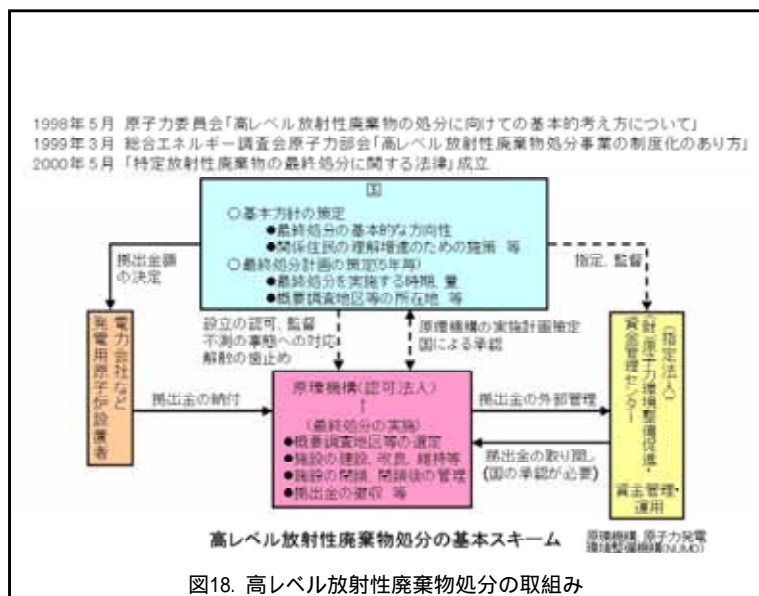
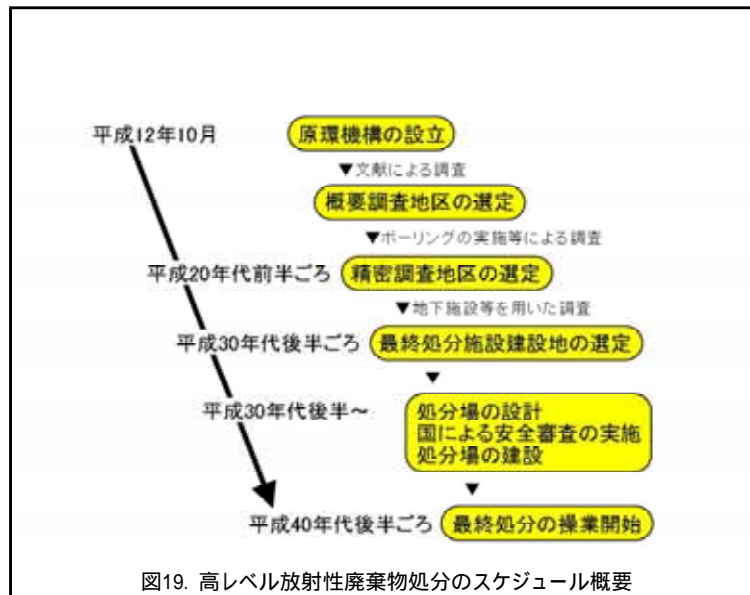


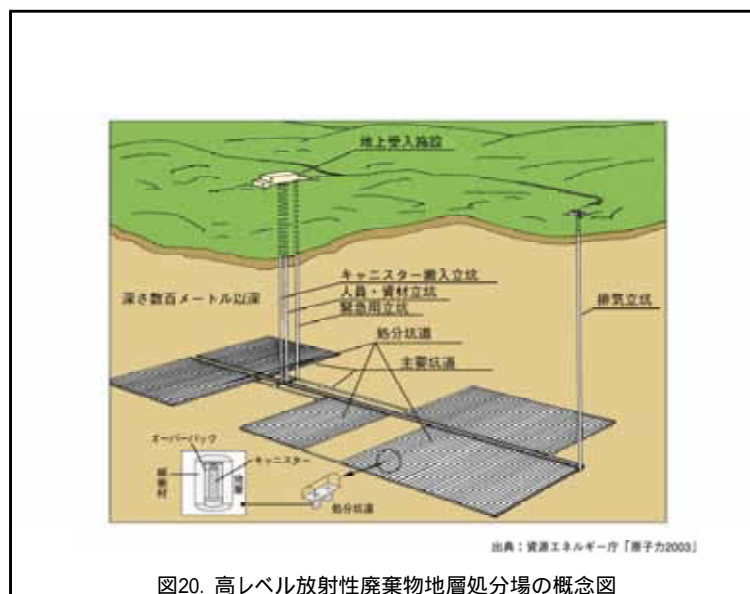
図18. 高レベル放射性廃棄物処分の取組み

処分のスケジュールとしては、原環機構は、現在、処分場の公募を行っています、応募がありましたら文献による調査を行い、活断層、火山帯等問題がなければ、概要調査地区の選定をし、ボーリングにより地質、地盤の調査を実施します。そして、平成20年代前半ごろ、精密調査地区を選定し、地下施設等を用いた詳細調査を行い、平成30年代後半ごろには、最終処分建設地を決定することになっています。その後、処分場を建設し、平成40年代後半ごろには、操業開始を目指しています。(図19)

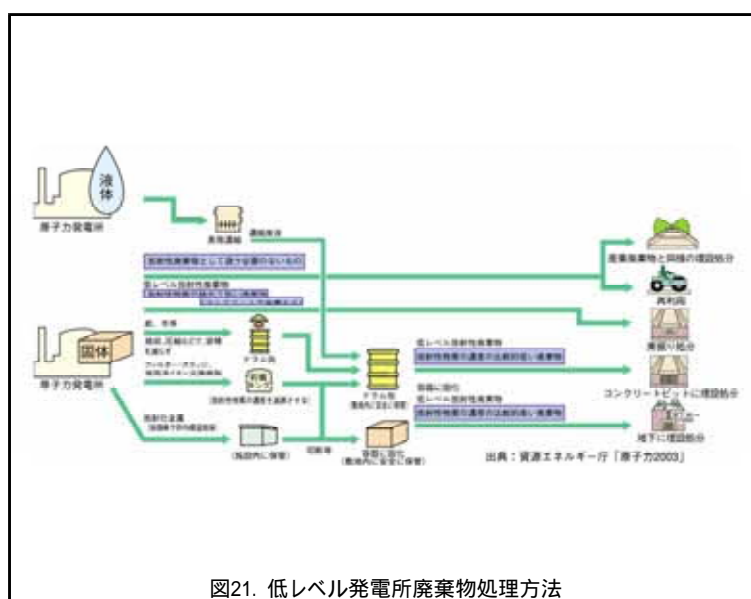


地層処分の概念について、簡単に説明しますと、高レベル放射性廃棄物が、将来如何なる時点においても、人間とその環境に影響を与えないようにすることが基本的原則、鉄則です。このために、二つの要素を考える必要があり、一つは廃棄物自体が、直接人間に影響を与えないように、人間との離隔距離を将来とも保つことであり、もう一つは廃棄物中の核種が地下水に溶け出ることを想定しても、人間とその環境に影響を与えないようにすることです。人間との離隔については、埋設場所は地殻変動等の影響が小さく、地下資源の存在可能性が低く、適切な深度を確保することです。一方、放射性核種の溶出については、多重バリアシステムを構築し、廃棄物と地下水が触れにくく、触れたとしても核種が溶けにくく、かつ、移動しにくいように考えることが必要となります。

地層処分場については、原子力発電を実施している各国において、それぞれ、検討が進められていますが、基本的には異なるところはなく、深さ300m以上の地下に処分地を設けるもので、立坑としてキャニスター搬入用、人員・資材用、排気用、緊急用等を設置します。そして、地下には主要坑道と処分坑道を設け、処分坑道に沿って一定の間隔でオーバーパックしたキャニスターに緩衝材を巻き埋設します。キャニスターにオーバーパックしたり、緩衝材の準備作業等は地上受入施設で行うことになります。(図20)



次に、低レベル放射性廃棄物の処分についてお話しします。発電所廃棄物としては、日常的な運転及び廃止措置に伴って、気体、液体、固体の廃棄物が出てきますが、ここでは、固体廃棄物に限定しますと、まず、放射性廃棄物として扱う必要のない金属、コンクリート等がありますが、これらは、成型加工したり、道路の敷石等として再利用するか、産業廃棄物と同様の埋設処分をすることになります。国も放射性廃棄物として扱う必要のないレベル、クリアランスレベルの規制関係法令を整備中であります。コンクリート、金属等でクリアランスレベル以上でも放射能レベルの極めて低い廃棄物は、素掘り処分となります。これらについては、既に廃止措置をした日本原子力研究所の動力試験炉、JPDRで経験を有しています。また、液体廃棄物を蒸発濃縮した濃縮廃液、紙、布等の可燃性廃棄物の焼却灰、フィルタースラッジ、イオン交換樹脂等はコンクリートで固めドラム缶に封入し、放射能濃度の比較的低い廃棄物としてコンクリートピットに埋設処分します。さらに、制御棒や炉内構造物等は切断し、容器に固化して収め、放射能濃度の比較的高い廃棄物として地下50～100mに埋設処分します。(図21)



六ヶ所村には、既に低レベル放射性廃棄物埋設センターが1992年より操業しており、これまでに約16万本のドラム缶が埋設されています。地下8mの岩盤上にコンクリートピットを設置してドラム缶を収め、約4mの土で覆っています。(図22)

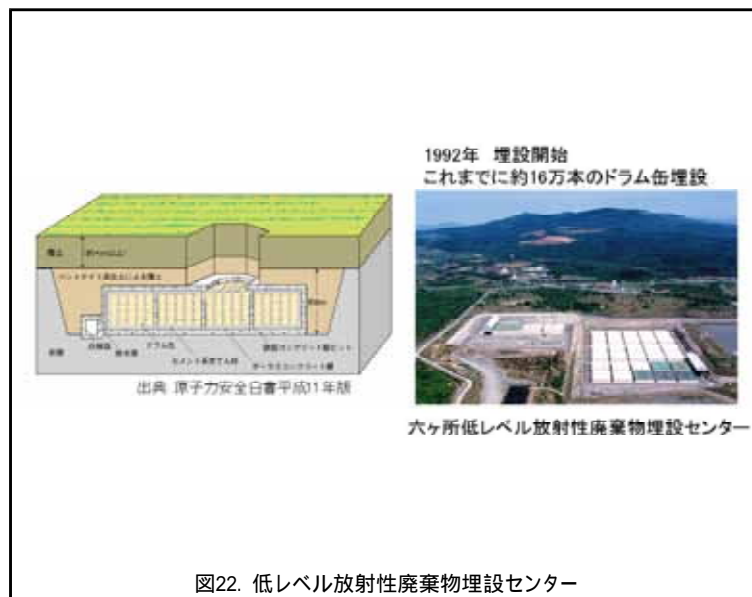


図22. 低レベル放射性廃棄物埋設センター

TRU廃棄物は、現在、核燃料サイクル開発機構に10万本強あり、今後、日本原燃の事業の進展により増えていくものですが、その処分については、2003年に、原子力委員会は、審議の結果を「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の考え方について」としてまとめています。その中で、濃度の比較的低いものは、浅地中処分が適用可能であり、アルファ核種の濃度が高いものは、物理化学的性状及び含まれる核種の種類、濃度に応じて適切に分類し、人工バリアを設置し、地下空洞内にまとめて処分することが妥当であるとしています。今後、規制面から具体的に検討、整備されることになります。

ウラン廃棄物は、現在、わが国には約9万本ありますが、この処分方法についても原子力委員会は、2000年に「ウラン廃棄物処理処分の基本的考え方について」をまとめています。その中で、放射性核種濃度等に応じた適切な区分を行い、それぞれに応じた処分方策を講じることを求めています。そして、発生者が密接に協力し処分の具体化に取り組むとともに、規制者側にも安全基準の検討を期待しています。

RI・研究所等廃棄物に関しては、原子力委員会は、1998年に「RI・研究所等廃棄物処理処分の基本的考え方について」をまとめています。処分方法は放射性廃棄物の性状、濃度等により、基本的にはこれまで述べてきたものに従うことになると思います。この廃棄物の発生者は、大学、研究機関、RI使用事業者等数1000に及びますが、原研、サイクル機構、RI協会で1997年に事業推進準備会を設立し、国全体としての廃棄物量の把握、事業の進め方等について検討を重ねてきています。また、文部科学省においても、これを受けて、処分事業の実施主体に関する基本的考え方等を検討しています。

以上、放射性廃棄物の処分に向けた取組みの現状についてお話してきましたが、それぞれの廃棄物について処分方針、規制上の検討状況及び法令の準備状況をまとめて表に示します。(表4)



表4. 放射性廃棄物処分のための諸制度整備状況

| 廃棄物の区分     |                        | 原子力委員会           |                      | 原子力安全委員会         |        | 安全規制関係法令等          |       |
|------------|------------------------|------------------|----------------------|------------------|--------|--------------------|-------|
|            |                        | 処分方針             | 安全規制の考え方             | 適度上層連絡           | 安全審査指針 | 許可                 | 規制・告示 |
| 高レベル放射性廃棄物 | 高レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年4月)  | 報告(暫定)<br>(2000年11月) | 2000年            | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 燃料棒・燃料の経燃物(高レベル放射性廃棄物) | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
|            | 使用済燃料(高レベル放射性廃棄物)      | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
|            | 使用済燃料(高レベル放射性廃棄物)      | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
|            | 使用済燃料(高レベル放射性廃棄物)      | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
|            | 使用済燃料(高レベル放射性廃棄物)      | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
|            | 使用済燃料(高レベル放射性廃棄物)      | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
|            | 使用済燃料(高レベル放射性廃棄物)      | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
|            | 使用済燃料(高レベル放射性廃棄物)      | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
|            | 使用済燃料(高レベル放射性廃棄物)      | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   | 整備済み<br>(2000年11月) | 中後整備  |
| 低レベル放射性廃棄物 | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |
|            | 低レベル放射性廃棄物             | 報告<br>(2000年10月) | 報告<br>(2000年9月)      | 報告<br>(2000年10月) | 中後検討   |                    | 中後整備  |

最後に、本日の話をまとめますと、

エネルギー資源小国のわが国は、エネルギー自給率は僅か4%であり、現在、原子力発電は全発電電力量の約3分の1を供給し、これを準国産エネルギーと見做すと、自給率は約20%となります。また、原子力発電により、わが国全体の二酸化炭素排出量を約17%削減しており、地球環境保全の面でも多大な貢献をしています。2003年に閣議決定されたエネルギー基本計画でも、安定供給の確保、環境への適合等の観点から原子力は優れ、将来にわたって重要な基幹電源として位置づけています。

わが国における原子力発電の推進にあたっては、エネルギーセキュリティの確保、循環型社会の追求、将来における不確定性への対応能力の確保等から、安全性、核不拡散性を確保し、経済性にも留意しつつ、使用済燃料を再処理し回収されたプルトニウム、ウラン等を有効に利用する核燃料サイクルを進めることを基本政策とします。

原子力発電及び核燃料サイクルを将来にわたって円滑かつ着実に進めていく上で、電力自由化の下での原子力発電の継続的な実施、使用済燃料中間貯蔵施設及び放射性廃棄物処分場の円滑な立地、六ヶ所再処理工場の安全かつ安定的な運転とプルサーマル実施の促進、高速増殖炉及びそのサイクル施設の着実な開発と実用化の見通し等の課題に産業界、国、研究開発機関等が真剣に取り組んでいく必要があります。