

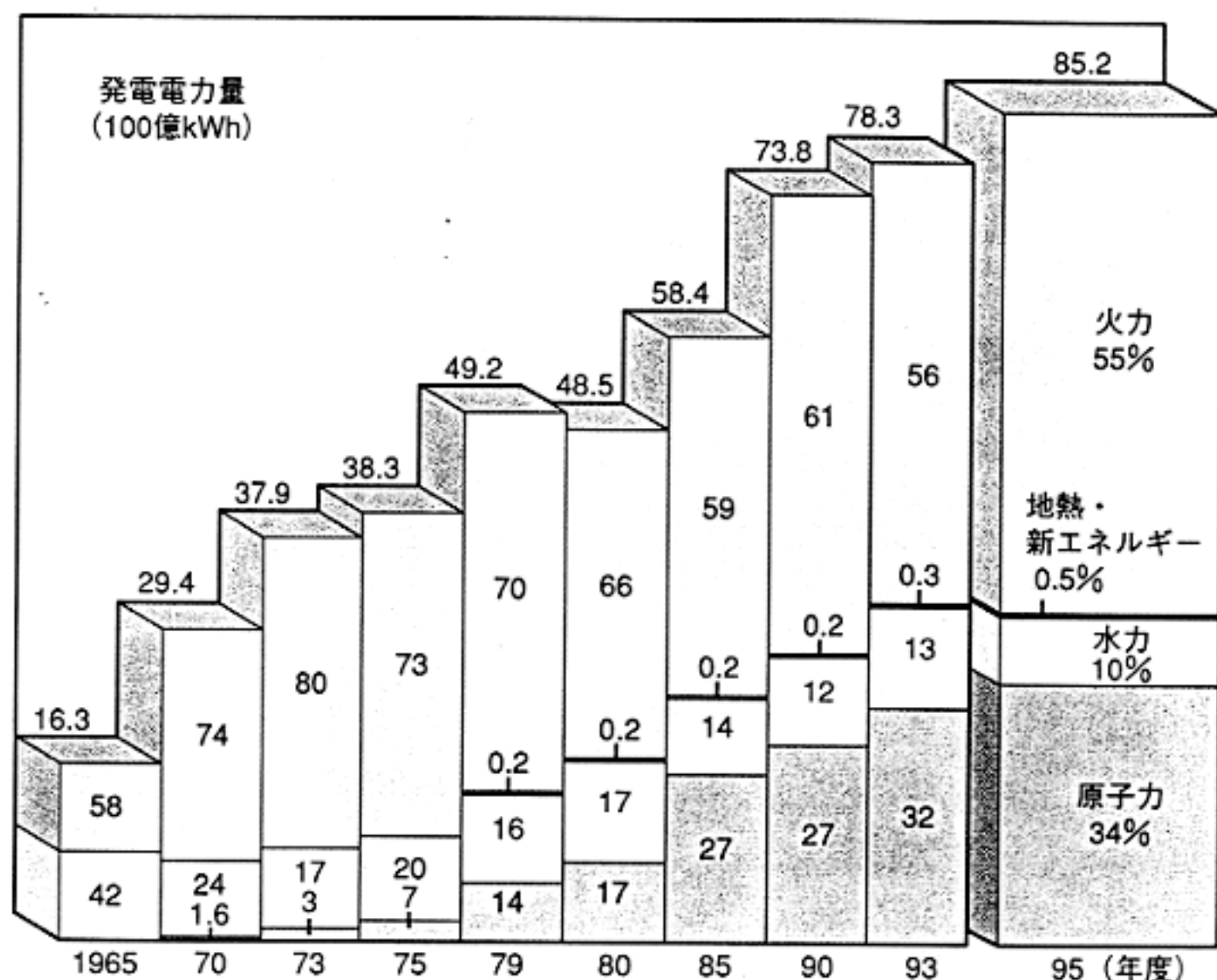
高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方

－付属資料－

(案)

わが国の発電電力量のうち 原子力発電が約 3 分の 1 を占めています

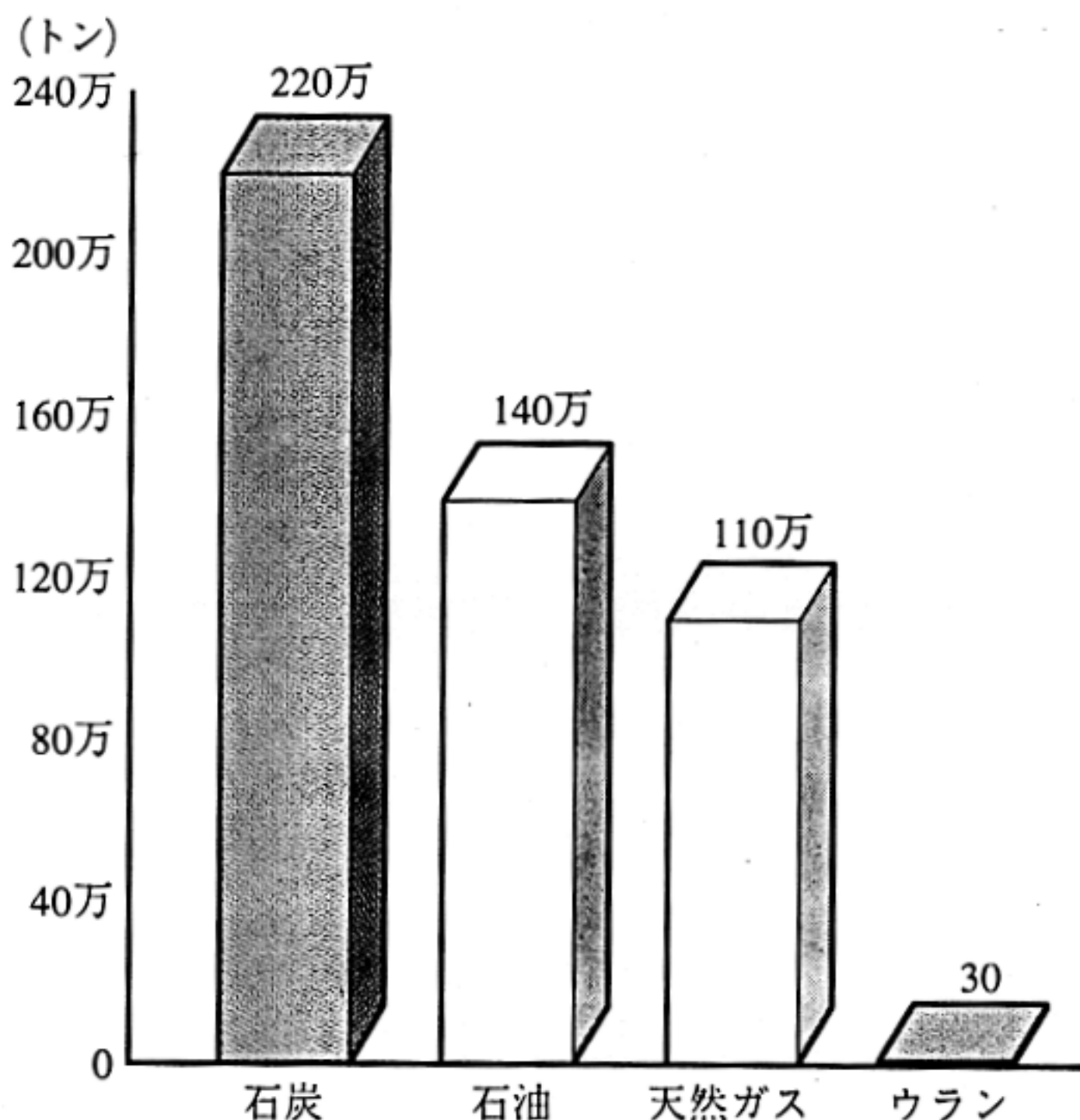
わが国の発電電力量の推移



わが国の発電は、水力中心の時代から、次第に火力中心の時代となり、その後、オイルショック以降、高価で供給の不安定な石油に代わって原子力、天然ガス、石炭などの石油代替エネルギーを用いた発電の割合が増加してきました。1995年には、原子力が34%、火力が55%、水力が10%程度の割合となっています。

原子力発電は火力発電に比べて 非常に少ない燃料で発電することができます

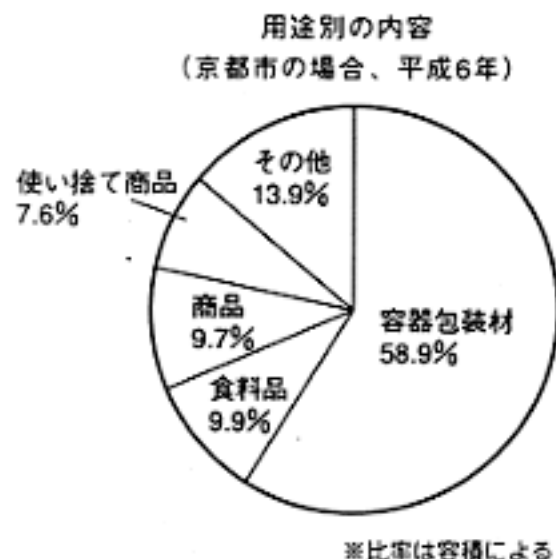
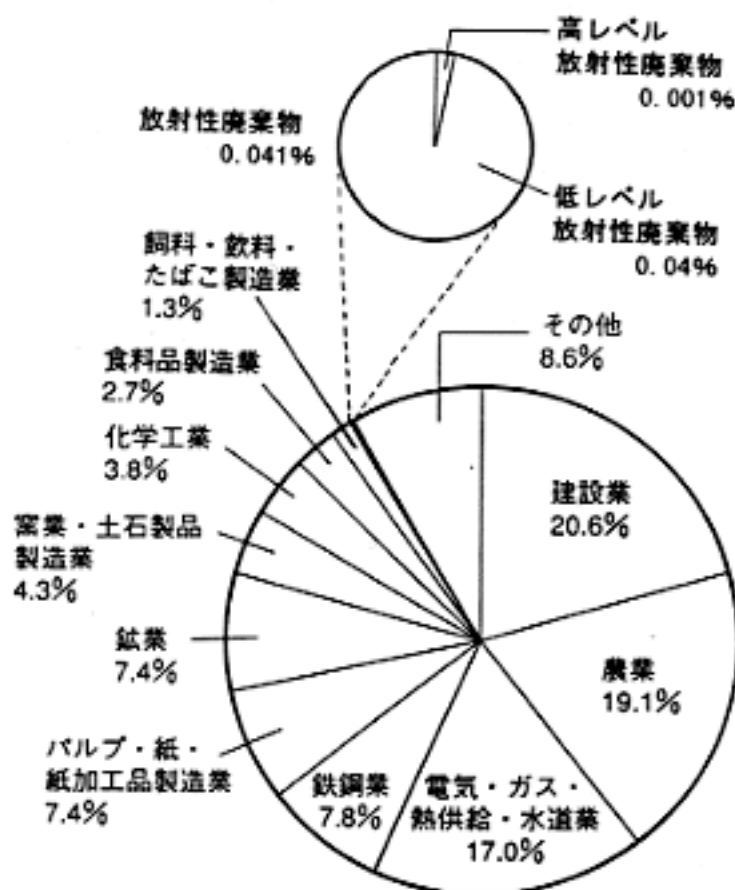
100万キロワットの発電所を1年間運転するために必要な燃料の比較



ウラン燃料を使う原子力発電の特徴の一つとして、化石燃料を使う火力発電と比べ、数万分の1という極めて少量の燃料で同じ量の発電が可能である点があります。この特徴により、燃料の輸送や備蓄が容易となるため、安定な供給を確保する上でも優れた発電方式であるといえます。

わが国で1年間に発生する廃棄物

1年間に発生する廃棄物量



産業廃棄物(平成5年)

	産業廃棄物(平成5年)	一般廃棄物(平成5年)
●排出量	3億9700万トン	5030万トン
●最終処分量	8400万トン	1496万トン
●再資源化量	1億5600万トン	220万トン
●処分場の数	2687ヶ所	2321ヶ所

一般廃棄物(平成5年)

放射性廃棄物

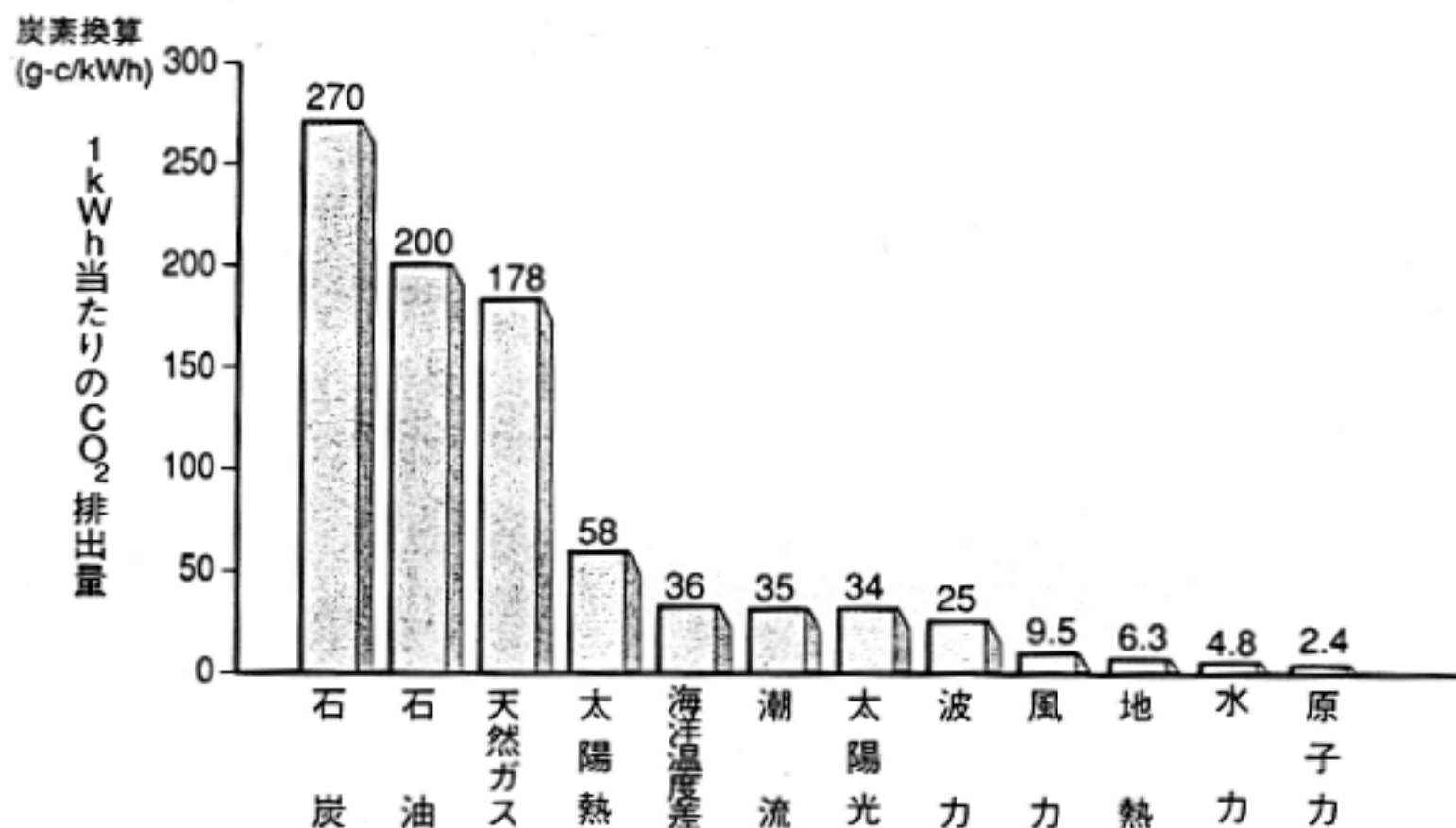
高レベル放射性廃棄物 ¹⁾		低レベル放射性廃棄物 ²⁾	
ガラス固化体	1,000本	200リットルドラム缶	100,000本
(約1,130トン)		(約4万トン)	

- 1) 発電電力量実績から、1億kWh当たりの高レベル放射性廃棄物発生量を約0.351本として算出した。
- 2) わが国の人口を1億2500万人とし、100万kWの原子力発電所を1年間稼働すると100万人分の年間消費電力をまかなえるとした場合。

原子力発電で発生する廃棄物は非常に少なく、その量としては、高レベル放射性廃棄物で産業廃棄物及び一般廃棄物の約10万分の1、低レベル放射性廃棄物で約1万分の1と非常に少なく、廃棄物が管理しやすいという利点にもつながっています。

原子力発電によって放出される二酸化炭素は 非常に少ない量です

各発電の二酸化炭素排出量

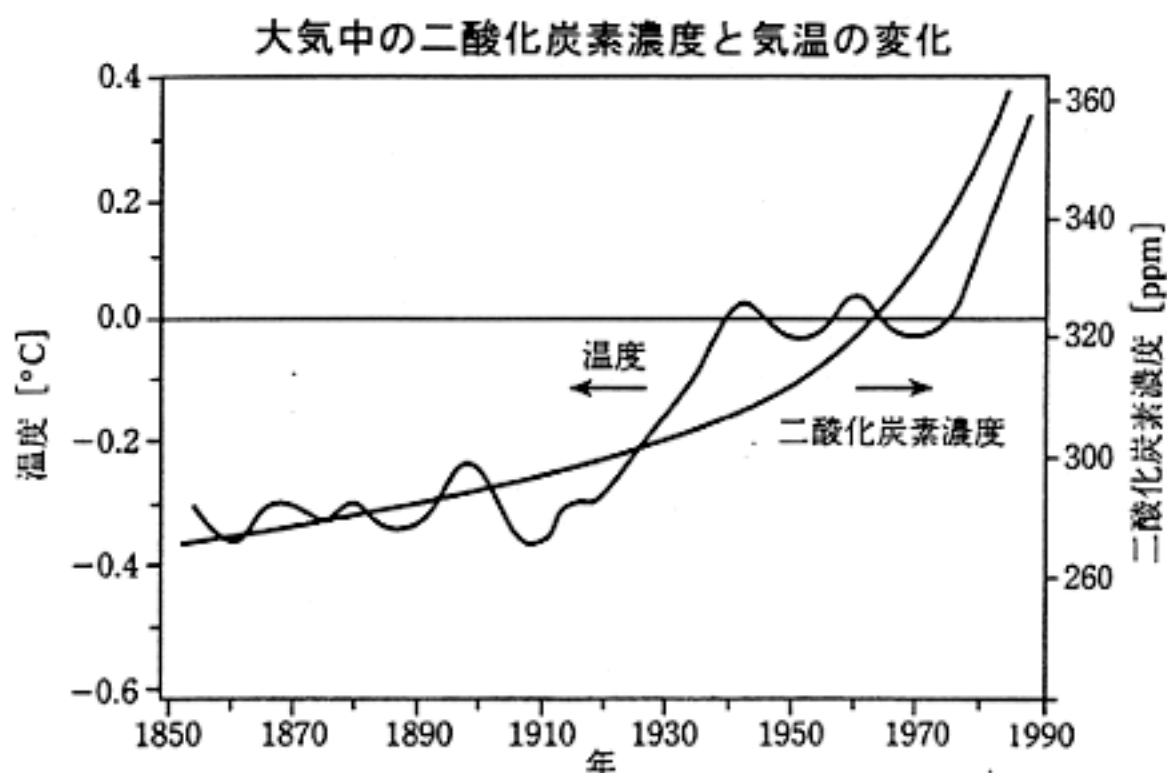
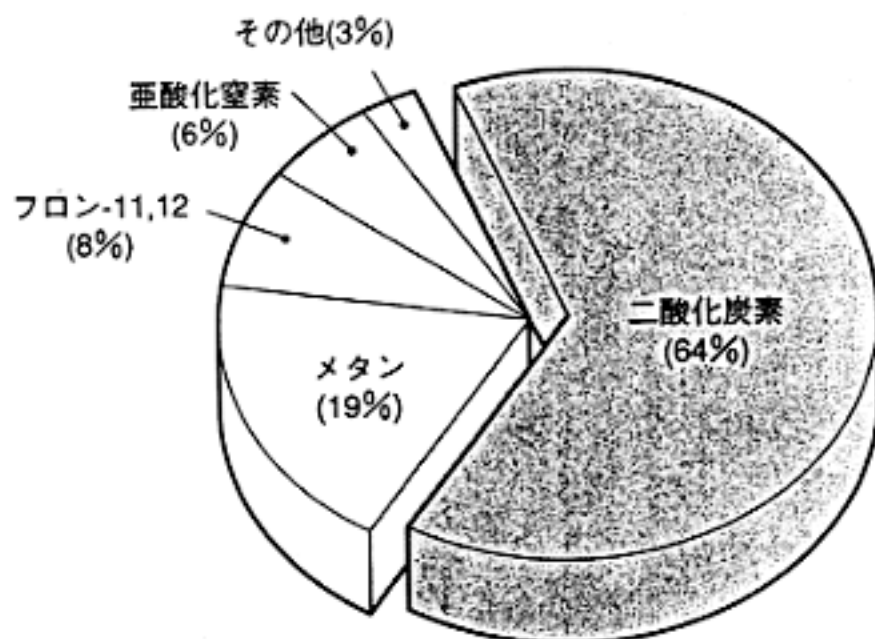


石炭、石油などの化石エネルギーの消費に伴って排出される二酸化炭素、窒素酸化物、硫黄酸化物などは、地球温暖化、酸性雨などの地球環境問題の原因の一つとなっており、エネルギーの消費と環境問題は密接な関係があります。

発電量当たりの二酸化炭素発生量の多いものは、石炭、石油、天然ガスといった化石燃料の燃焼により二酸化炭素を排出するものであり、原子力は水力、地熱などと同様に発電の過程で二酸化炭素等を発生しない非化石エネルギーで、二酸化炭素発生量の最も少ない部類に入ります。

大気中の二酸化炭素濃度の上昇が 地球温暖化の原因の一つといわれています

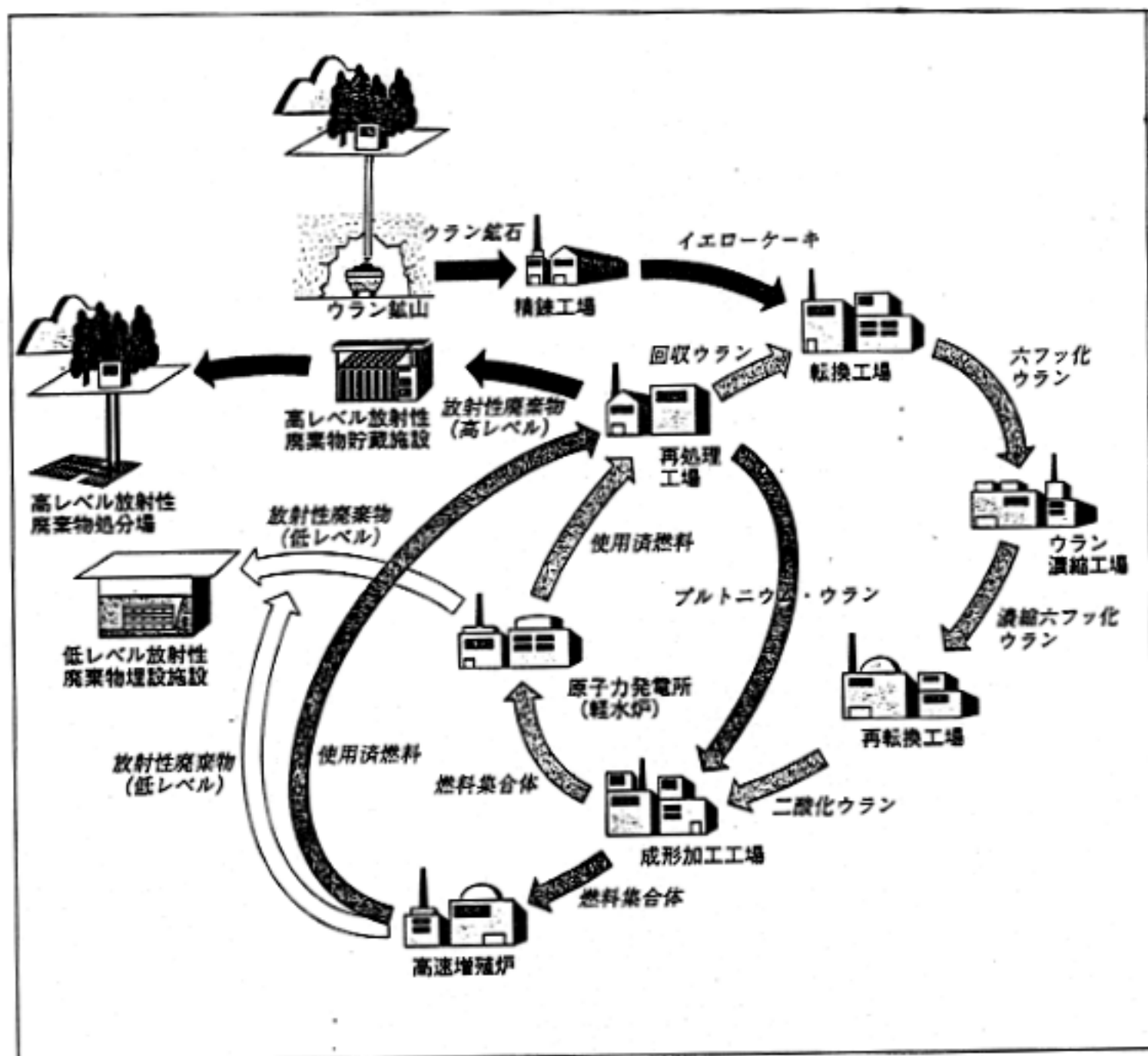
地球温暖化への温室効果ガスの寄与



赤外線を吸収して地球温暖化をもたらすガスを温室効果ガスといい、二酸化炭素、フロン、メタン、亜酸化窒素などがあります。

全温室効果ガスが地球温暖化に及ぼす影響のうち、二酸化炭素の影響は64%と最も大きく、地球の平均気温と大気中の二酸化炭素濃度の経年変化を重ね合わせてみると、相関関係があることがわかります。

核燃料サイクルとは

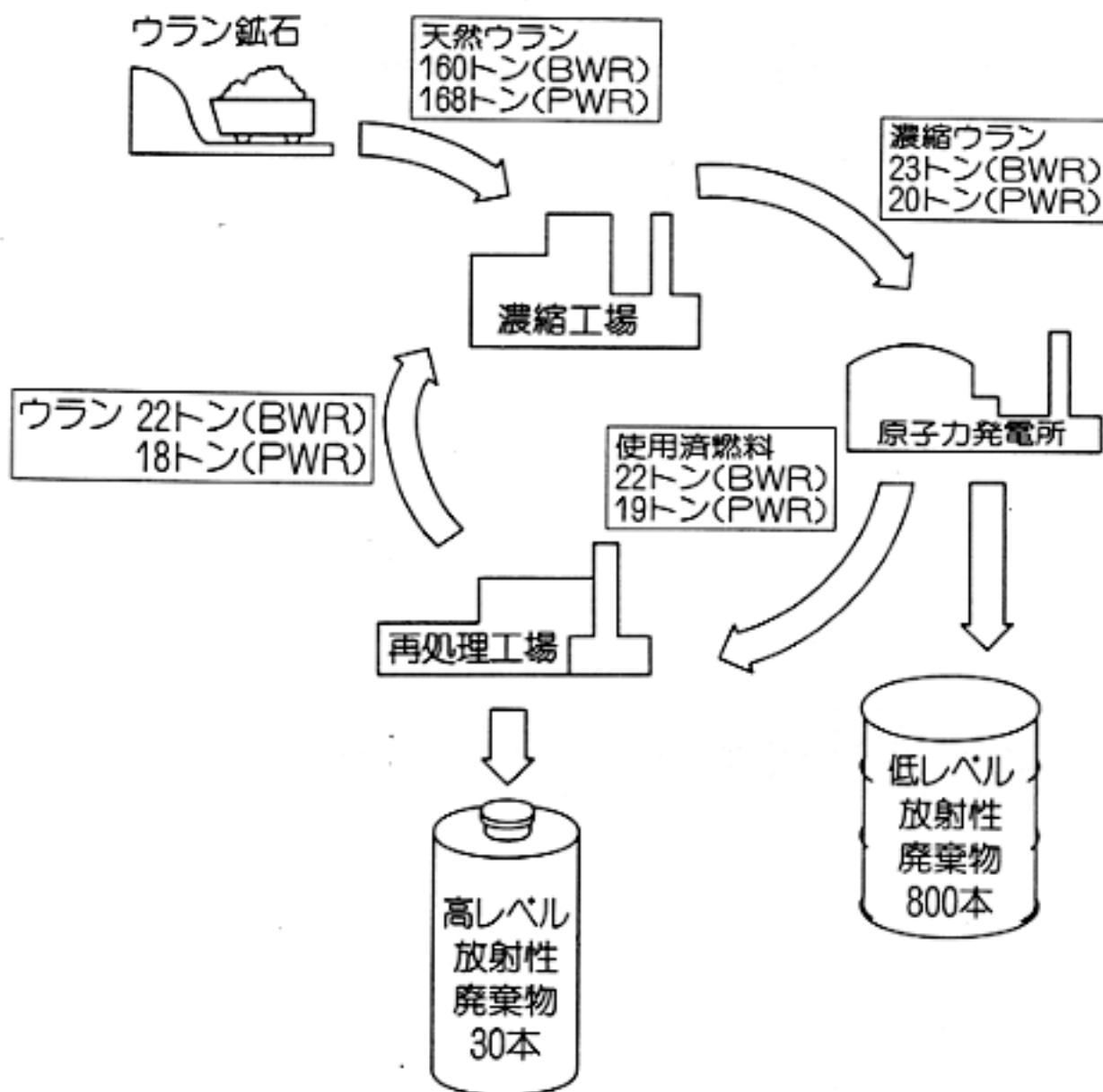


原子力発電には、ウランが燃料として使われます。ウランは石油や石炭と違って、一度使った燃料の中に、燃え残りのウランと、新たに生じたプルトニウムが含まれています。このウランとプルトニウムを燃料として再び利用すれば、資源の有効利用がはかれます。図に示すような、このための一連の流れを核燃料サイクルと呼びます。

高レベル放射性廃棄物は、原子力発電所の使用済燃料から、再処理によりウランとプルトニウムを取り出す際に分離されます。高レベル放射性廃棄物を安全かつ確実に処理処分することが、原子力発電にとっては重要な課題です。

核燃料サイクルから発生する廃棄物

100万kWの原子力発電所を1年間運転した場合の廃棄物の発生量



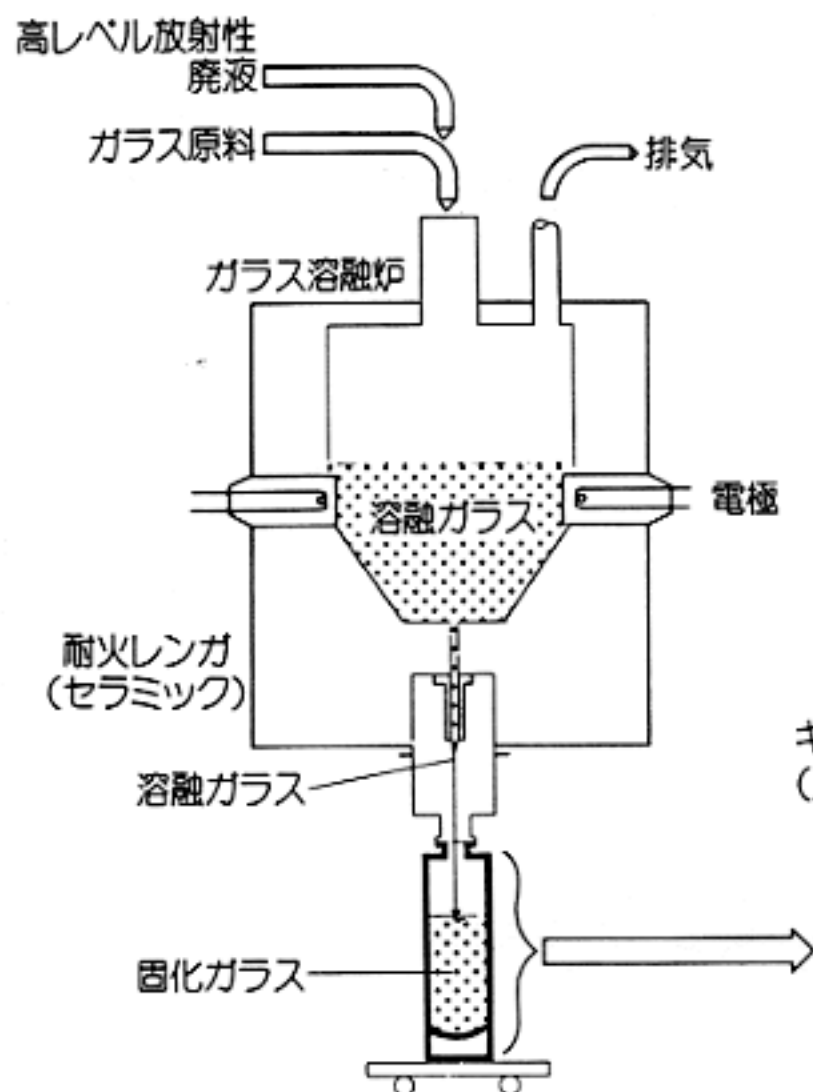
<ガラス固化体（高レベル放射性廃棄物）の発生量の見積り>

1年間の全発電電力量(1991年実績)は8,900億kWh(自家発電を含む)、人口(1991年10月1日推計)は1.24億人ですので、1人当たりの総消費電力量は、年間約7,000kWh/人となります。

また、100万kWの発電所1基の発電電力量は年間70億kWh(稼働率80%として $1,000,000 \times 24 \times 365 \times 0.8 = 70$ 億kWh)。これは100万人分の電力量に相当します。

このとき発生するガラス固化体は約30本ですので、約3万人の年間消費電力に対して1本のガラス固化体が発生することになります。

高レベル放射性廃棄物 (ガラス固化体) ができるまで



ガラス固化体仕様

	動 燃	日本原燃 (フランス COGEMA社仕様)
体積	約110ℓ	約150ℓ
重さ	約300kg	約400kg

(容器は含まない)

キャニスター
(ステンレス製ガラス固化体容器)



高レベル放射性廃液中の放射性物質は、長期間にわたり安定して封じ込めることに優れているガラスと一緒に溶かし、混ぜ合わせます。そして腐食に強いステンレス製の容器「キャニスター」に入れて固め、ガラス固化体にします。

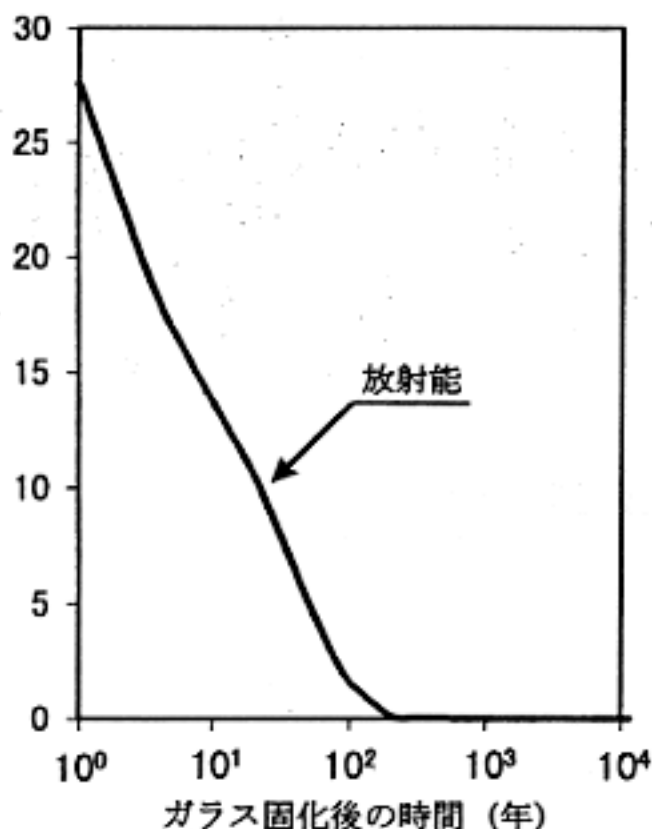
ガラスには水に非常に溶けにくく、長期間にわたり変質しにくいという性質があります。このことは、古代の遺跡から、ガラス製品が輝きや鮮やかな色彩をほとんど失わずに出土していることからわかります。

高レベル放射性廃液をガラスにより安定な形態に固化すると、色ガラスの成分と同じように、ガラスと一体化したものになります。

高レベル放射性廃棄物の放射能は 時間とともに減衰します

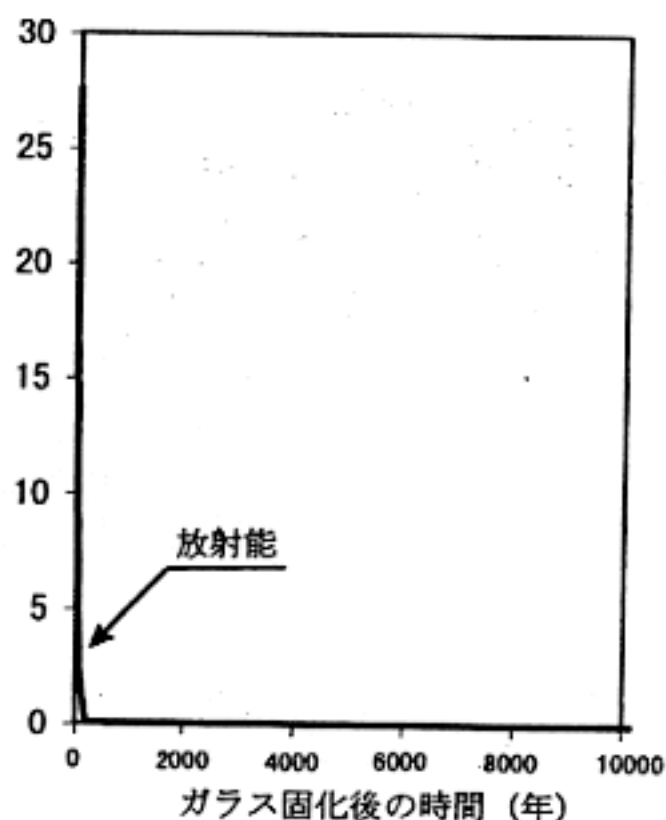
ガラス固化体 1 本当たりの放射能の時間変化（計算例）

放射能
[$\times 10^6$ GBq/本]



① 時間軸(横軸)を対数のスケールで表したもの

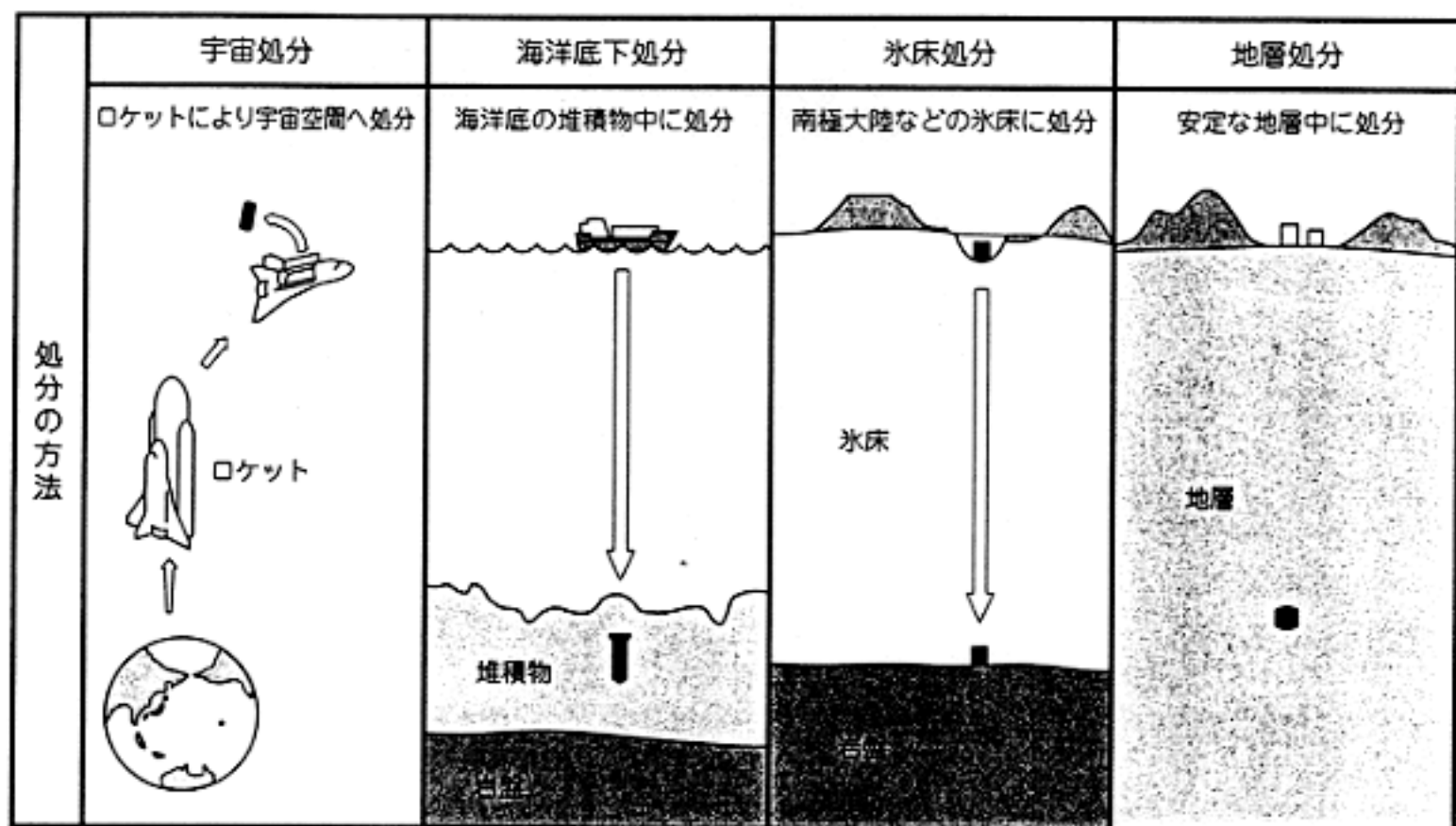
放射能
[$\times 10^6$ GBq/本]



② 時間軸(横軸)を通常の整数のスケールで表したもの

高レベル放射性廃棄物は、初期の頃は非常に高い放射能を有するのが特徴ですが、寿命の短い放射性物質が大半を占めているため、数百年で急激に放射能は減少します。また、放射能は低くても寿命の長い放射性物質も含まれています。

なぜ「地層処分」なのか？



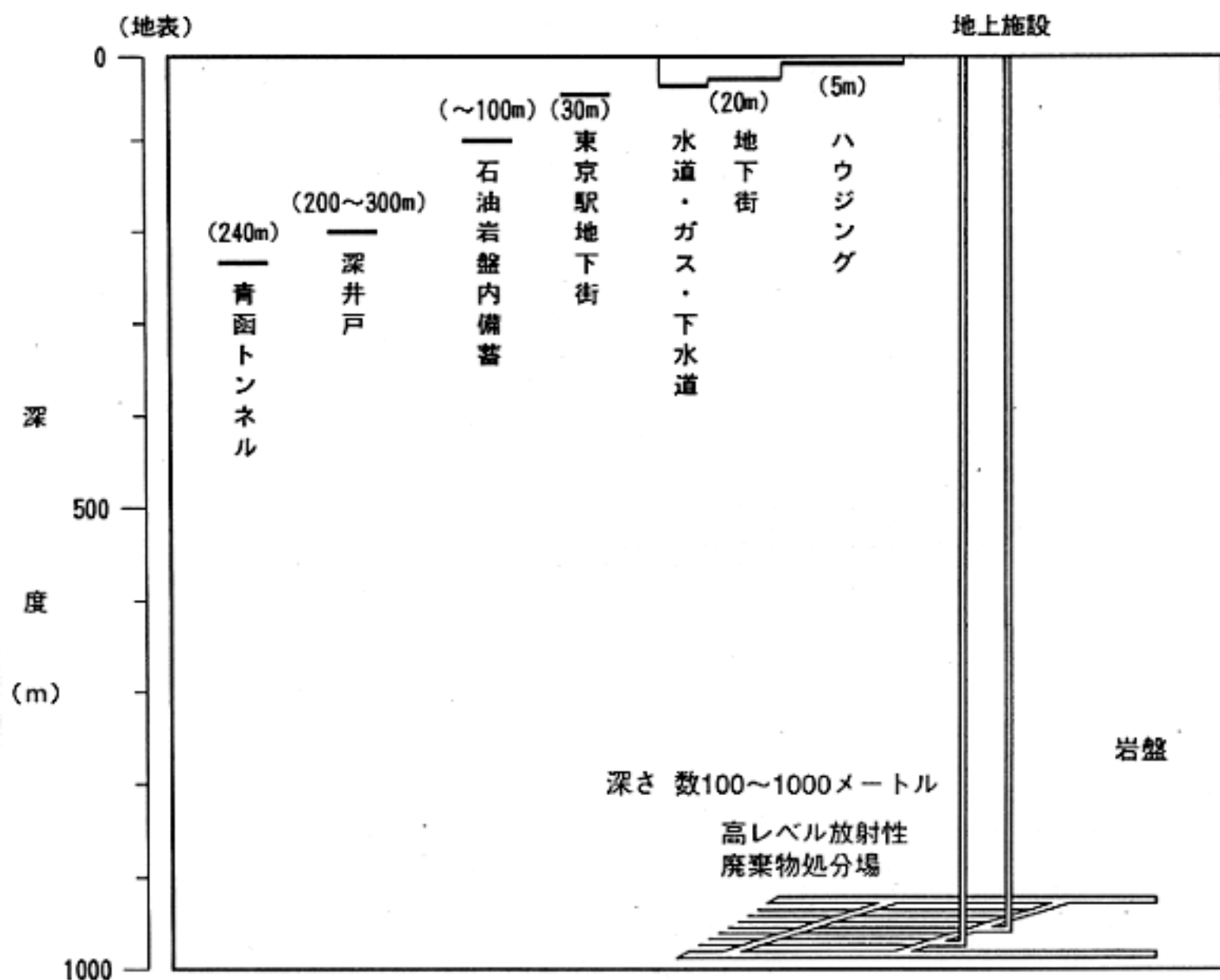
高レベル放射性廃棄物は、放射線が外に漏れないようにして、安全に保管されています。しかし、非常に長い時間にわたって保管することはできないので、人間のいない遠く離れた場所に閉じ込めておく必要があります。

高レベル放射性廃棄物を閉じ込めておくのにふさわしい、人間がいない遠く離れた場所としては、宇宙や、南極の厚い氷の下、深い海の底、地下深い地層の中などが考えられます。

これらの場所のうち、地下深い地層の中は、遺跡や銅鐸、まがたまなど、そして石油や石炭、金属などの資源が長い間保存されており、物質を閉じ込めておく能力が非常に高いことがわかります。

そこで、各国は、地下深い地層の中に高レベル放射性廃棄物を閉じ込めること（地層処分）に着目し、これを基本方針としています。

高レベル放射性廃棄物はわれわれの生活圏から 離れた深い地層中に隔離します



高レベル放射性廃棄物は、長い期間放射能を持っていますので、人間の活動が及ばない深い地下に処分することが望ましいといえます。人間の地下利用は、高層建築物の基礎杭で65メートル程度、地下鉄工事の深い所でも50メートル程度です。

したがって高レベル放射性廃棄物は、これらの活動が及ばない地下数百メートル以上の深い所に処分されることになっています。

高レベル放射性廃棄物は 何重ものバリアで保護されます

天然バリア

岩石が放射性核種を吸着することによって、核種の移動を遅くするとともに、地下水が放射性核種を分散・希釈します。

人工バリア

ガラス固化体：

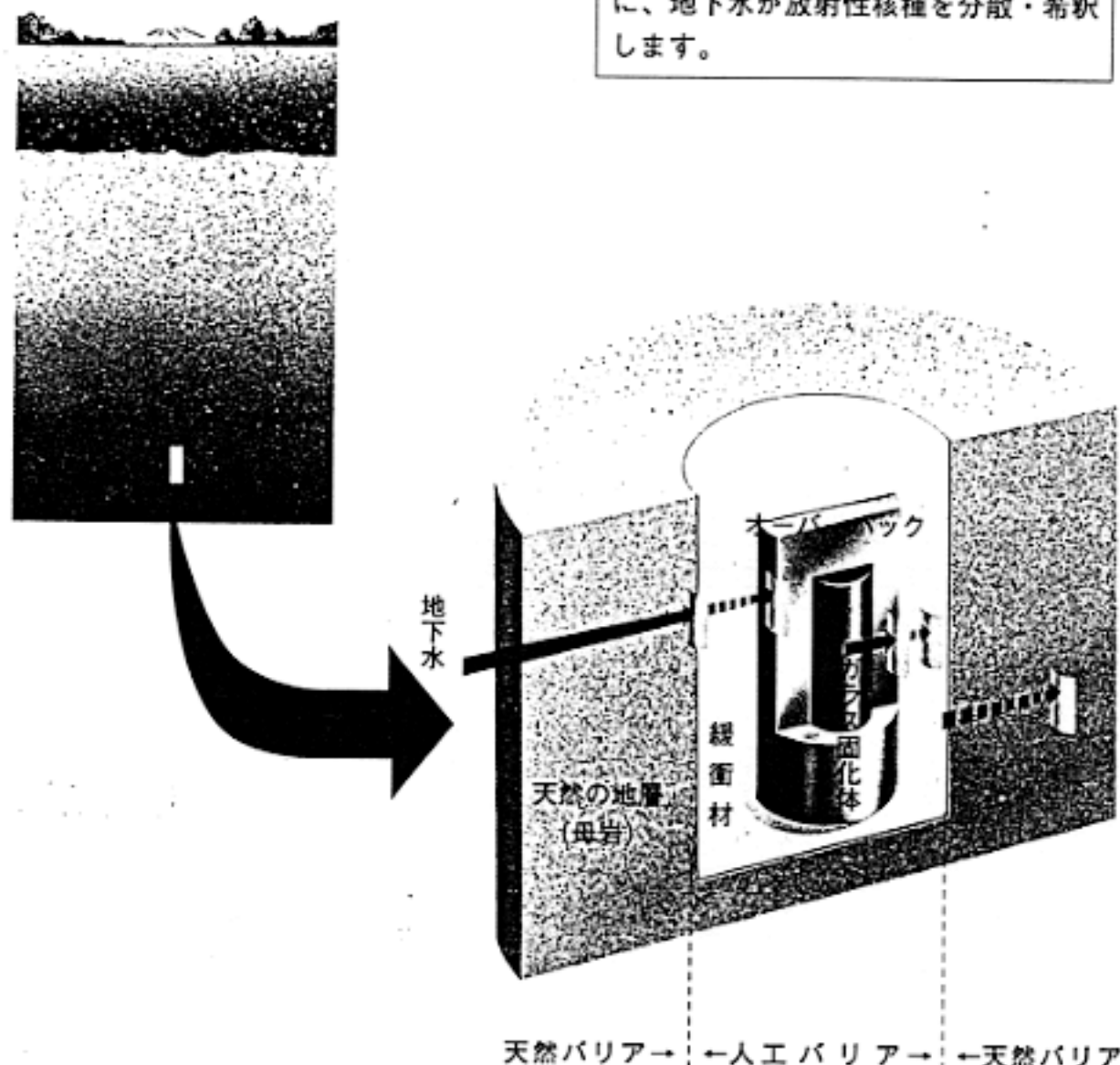
放射性核種をガラス質の形態中に固化することにより、放射性核種の地下水中への溶出を抑えます。

オーバーパック：

頑丈で安定な材質を用いることによりガラス固化体と地下水の接触を妨げます。

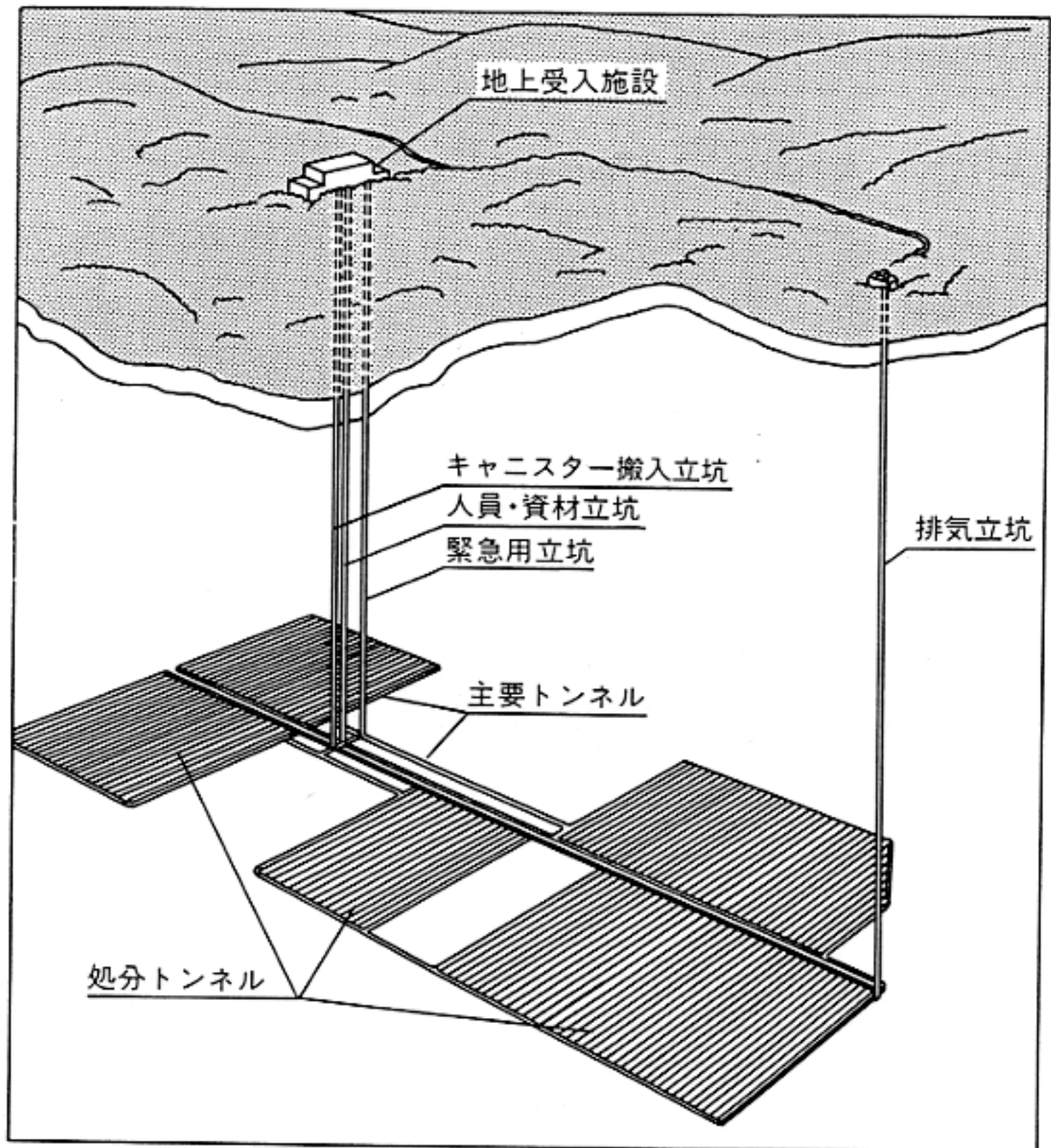
緩衝材：

廃棄物と地下水との接触を抑えると同時に、地下水中に溶け込んだ放射性核種を吸着することによりその移動を抑えます。



地層処分では、廃棄物（ガラス固化体）はキャニスター、オーバーパック、緩衝材などの人工的な障壁（人工バリア）で何重にも包み込まれ、地下水との接触を遅らせ、地下水への放射性核種の溶出を少なくし、放射性核種が周辺の地層中に移行することを妨げます。また、周囲の地層は、移行した放射性核種に対して吸着するなどして、その動きを遅くする働きがあります（天然バリア）。このように、天然バリアと人工バリアを組み合わせた多重バリアシステムによって、高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性が確保されると考えられています。

処分場の概要と大きさ



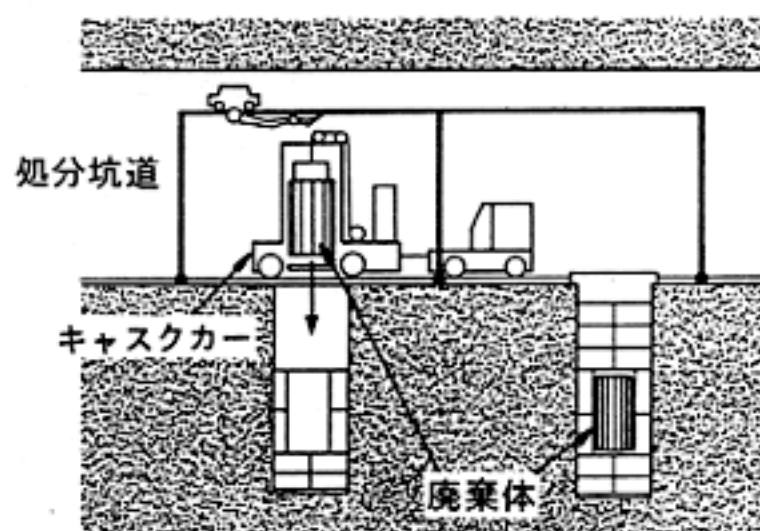
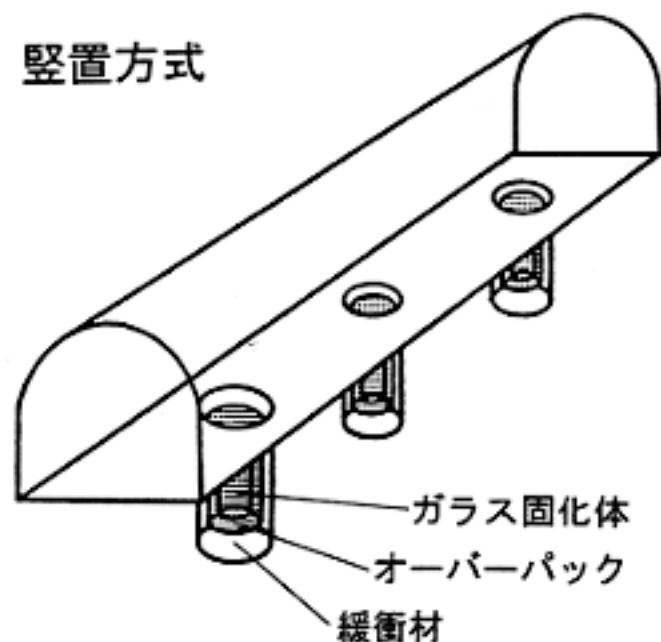
深さ：数百メートル以上

規模：ガラス固化体4万本を平面状に埋設する場合
約4km²（約2km四方）程度

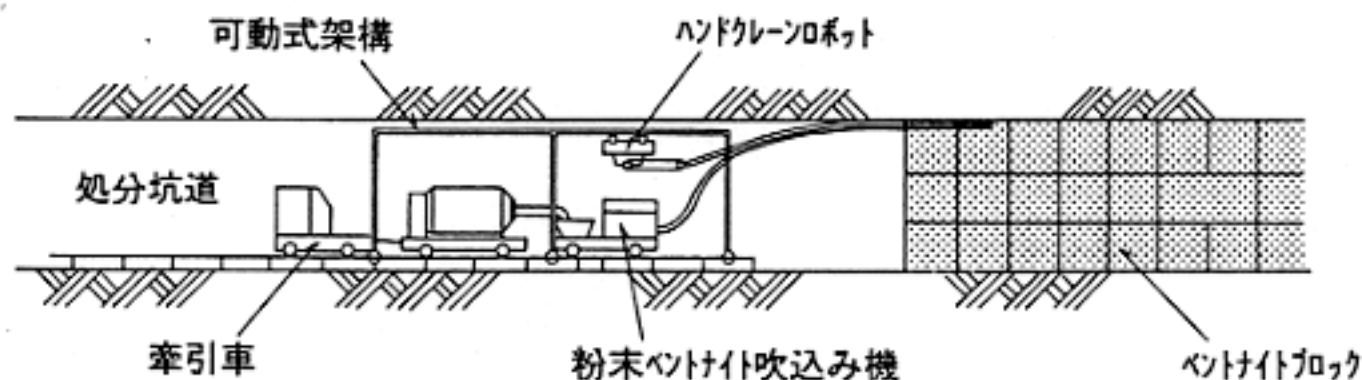
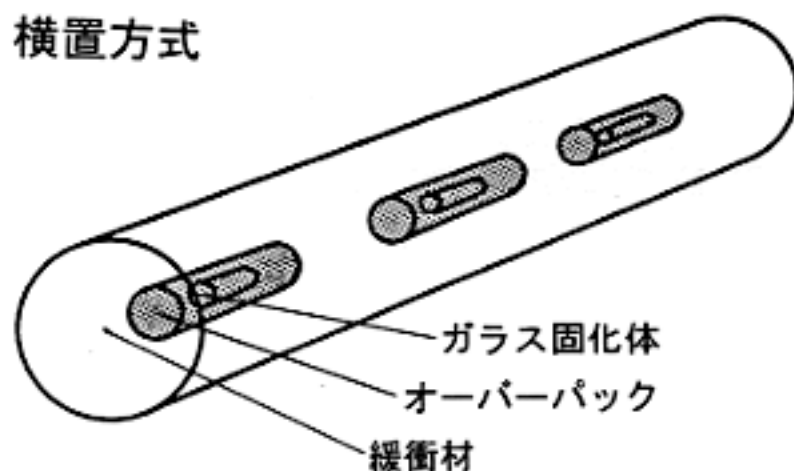
ガラス固化体7万本を平面状に埋設する場合
約7km²（約2.7km四方）程度

高レベル放射性廃棄物の埋設

縦置方式

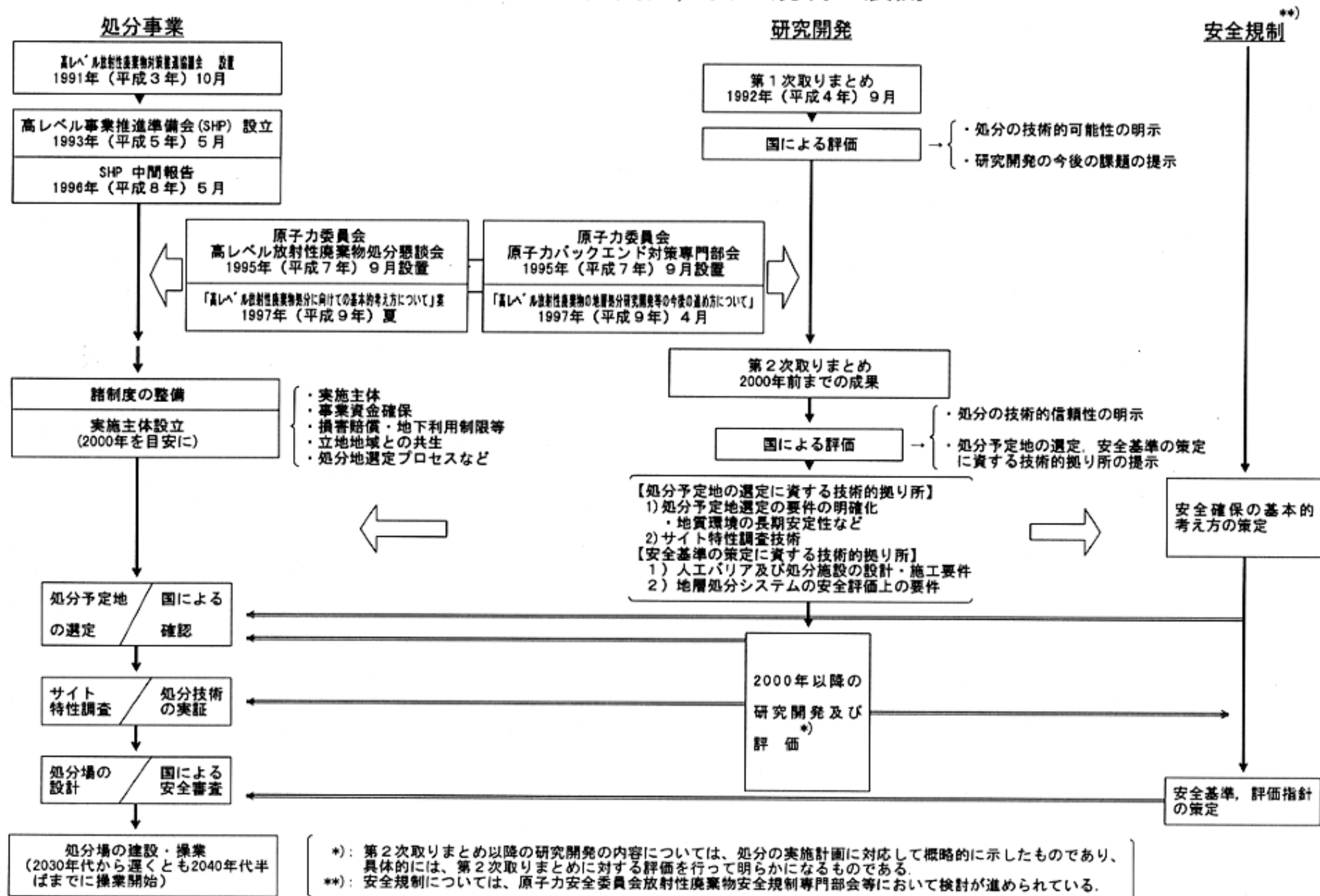


横置方式

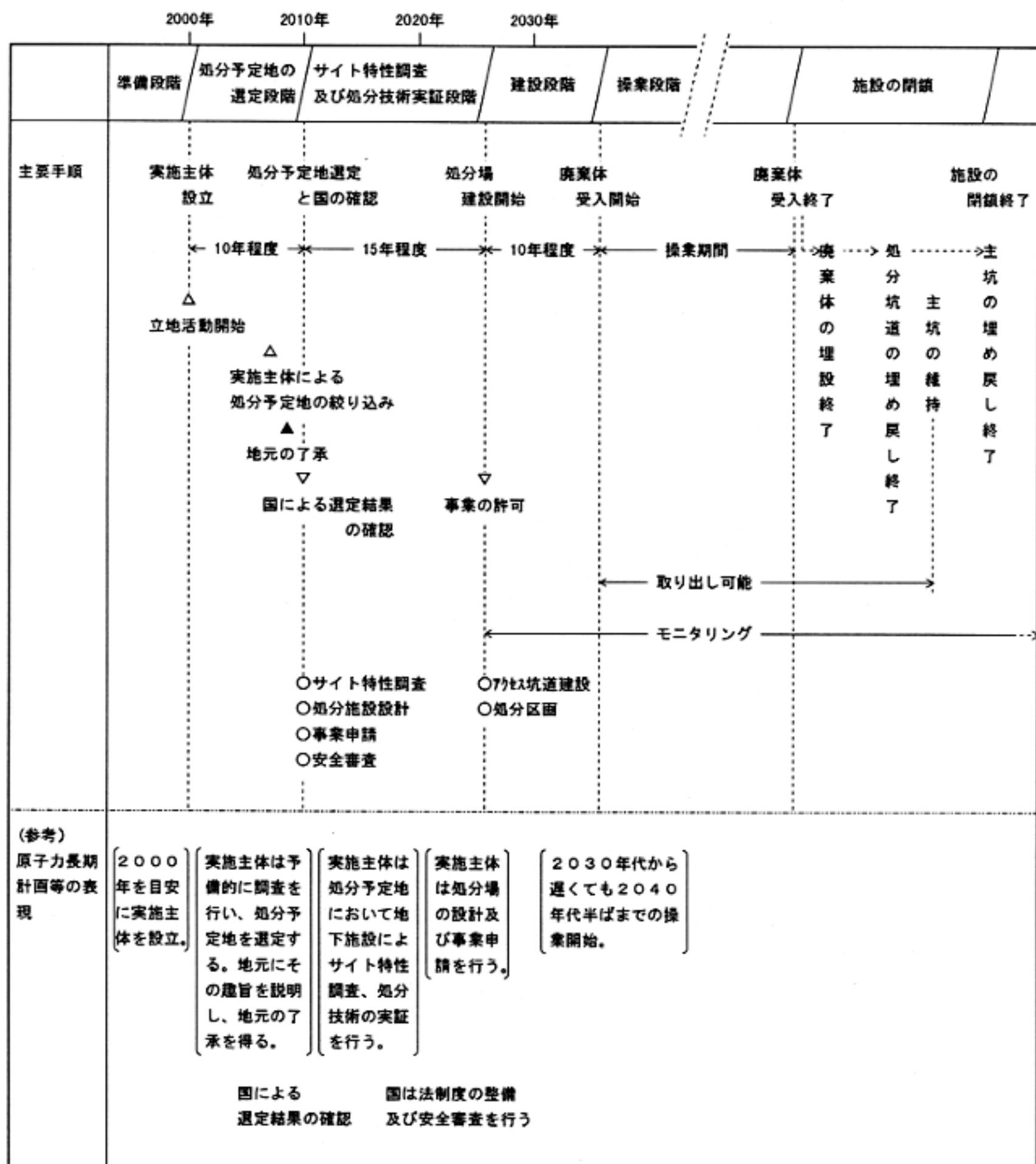


- ①緩衝材のベントナイトはレンガ状にして積み上げられます。
- ②できた空間にオーバーパックされたガラス固化体が定置されます。
- ③さらに上側をベントナイトのレンガで覆います。
- ④レンガと岩石の隙間や処分坑道は、粉体状のベントナイトの吹き付けで充填されます。

処分事業と研究開発，安全規制の展開



処分事業スケジュール例（概括表）



SHP「中間取りまとめ」(平成7年度)を基に作成

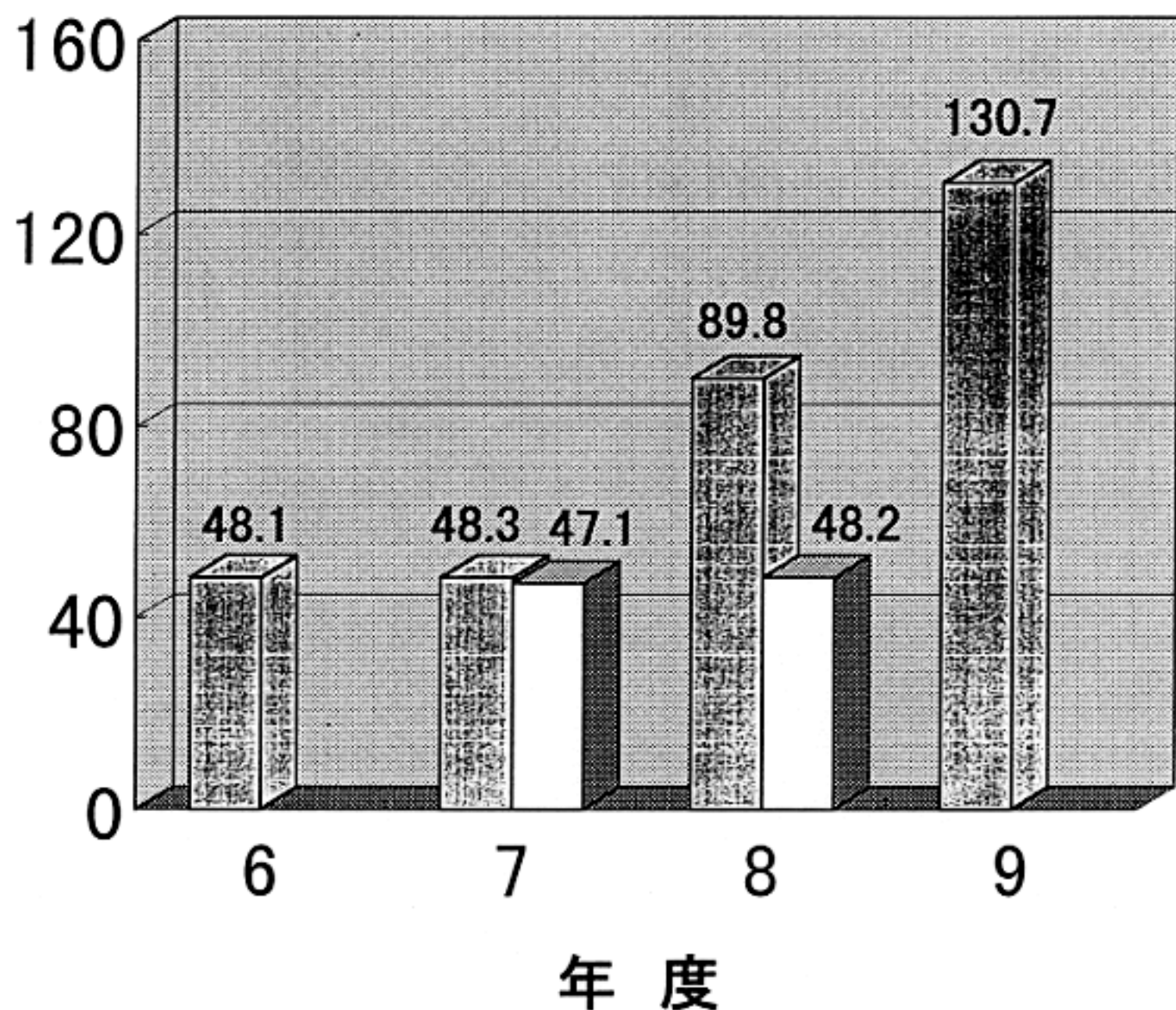
処分費用試算

処分ケース		ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
	処分深度 (m)	500	500	500	500
	処分岩種	結晶質岩	堆積岩	結晶質岩	堆積岩
	定置方式	処分孔 縦置方式	処分坑道 横置方式	処分孔 縦置方式	処分坑道 横置方式
	アクセス方式	斜坑	斜坑	斜坑	斜坑
	オーバーハング厚 (cm)	30	30	30	30
	緩衝材厚 (cm)	33	98	33	98
	廃棄体処分本数 (本)	70,000	70,000	38,000	38,000
	埋設間隔 (m)	3.4	4.5	3.4	4.5
工程別費用 (割合)	選定・調査	0.15	0.10	0.17	0.14
	建設	0.21 (約0.7兆円)	0.35 (約1.8兆円)	0.20 (約0.6兆円)	0.31 (約1.1兆円)
	操業	0.54	0.46	0.51	0.45
	その他	0.10	0.09	0.12	0.10
	合 計	1.00 (約3.5兆円)	1.00 (約5.2兆円)	1.00 (約2.8兆円)	1.00 (約3.7兆円)
処分坑道長さ		約260km	約330km	約150km	約190km

SHP「中間取りまとめ」(平成7年度)関連資料

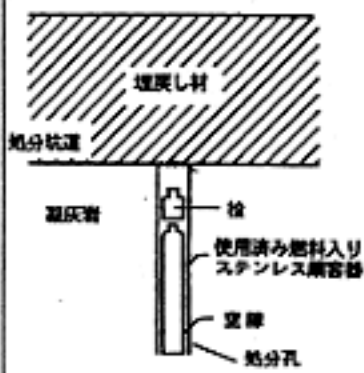
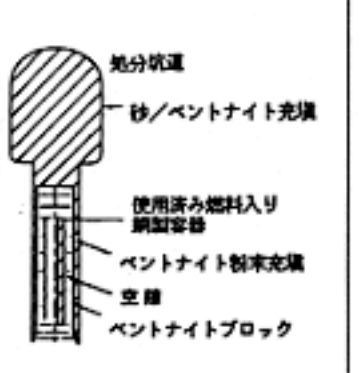
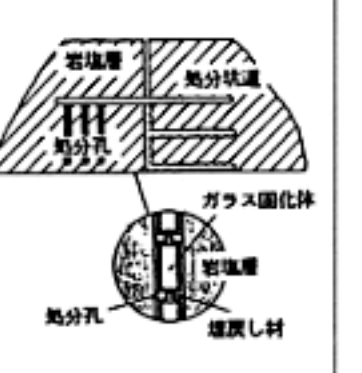
高レベル放射性廃棄物処分 研究開発等関連予算の推移

予算(億円)



注)  補正予算

高レベル放射性廃棄物処分に関わる海外の動向(その1)

	アメリカ	カナダ	スウェーデン	ドイツ
処分概念				
処分の形態	使用済燃料 ガラス固化体	使用済燃料	使用済燃料	使用済燃料 ガラス固化体
実施主体	連邦エネルギー省 (DOE)	未定 ※オタワ・ハート・ロック社を中心 に検討中	スウェーデン核燃料 廃棄物管理会社 (SKB)	連邦放射線防護庁 (BfS)
研究主体	〃	カナダ原子力公社から 民営化検討中	〃	〃
資金負担	発電事業者が高レベル 廃棄物基金(NWF)に 払込	発電事業者が引当金と して内部留保	発電事業者が納付金を 国債局の基金に納付金 を納付	発電事業者がBfSに 対し分担金を負担
地下 研究施設 [所在地]	ユッカマウンテン探査・地下 研究施設(EFS) [ユッカマウンテン処分場サイト]	ホワイトシエル地下研究所 (URL) [ホワイトシエル]	ハート・ロック研究所 (HRL) [オースカーシャム]	ゴアレーベン探査施設 [ゴアレーベン処分場サイト]
手順	1985 DOEミッションプラン (処分場選定計画) 1987 ユッカマウンテン処分場候補地 に選定 1988 サイト特性調査計画 1991 地表からのサイト特性調査開始 1994 探査研究施設での掘削開始 1998 サイト適正評価 2000 環境影響評価報告書	1981 核燃料廃棄物管理プログラム 1994 環境影響評価報告書(EIS) 1994 環境評価レビュー・レポートの -96 評価 1996 処分概念について公開 -97 199X 処分概念可否についての政府判断	1983 安全評価書(KBS-3) 1986 研究開発計画書(R&D-86) (3年毎に改訂、SKIがレビュー) 1990 HRL建設開始 1992 安全評価書(SK91) SKB研究開発実証計画 (RD&D-92) 1993 予備的サイト特性調査開始 1995 SKB研究開発実証計画改訂 (RD&D-95) 199X 環境影響評価書	1979 ゴアレーベン最終処分プロ ジェクトホーリング開始 1984 安全研究報告書(PSE) 1988 性能評価書 (CEC PAGIS) 1991 ゴアレーベン安全評価書(当 初予定)ただし、進捗が遅れ現在 に至る
埋設開始 予定	2010年	未定	2008年(実証処分) 2020年(フルスケール)	2008年

高レベル放射性廃棄物処分に関わる海外の動向(その2)

	スイス	フランス	イギリス	日本
処分概念			未定	
処分の形態	ガラス固化体 使用済燃料	ガラス固化体	ガラス固化体	ガラス固化体
実施主体	スイス放射性廃棄物 管理協同組合 (NAGRA) (処分場の実際の建設・運営を除く)	フランス放射性廃棄物 管理機関 (ANDRA)	未定	未定
研究主体	〃	〃		動燃事業団が中核
資金負担	組合員である発電事業者 が分担金を拠出	発電事業者がANDRAに 出資金を拠出	発電事業者が引当金と して内部留保	未定
地下 研究施設 [所在地]	グーリムセル テストサイト(GTS) [グーリムセル] モンテリー テストサイト(MTS) [モンテリー]	候補地を3カ所選定 [オート・マルヌ、ムーズ県、 ガール県、ウーヴェンヌ県]	未定	超深地層研究所 貯蔵工学センター(計画中)
手順	1978 NAGRA放射性廃棄物管理計画 1985 安全評価書 (Gewahr-85) 1992 NAGRA放射性廃棄物管理計画 改訂 1994 安全評価書:結晶質岩 (Kristallin I) 2000 堆積岩の評価を含む総合安全評価 書	1983 CEA放射性廃棄物全体計画 1988 性能評価書 (CEC PAGIS) 1995 地下研究施設候補地3カ所に絞る 1996 候補地での地下研究所の許可申請 ならびに公聴会 1998 地下研究施設建設開始 2006 総合評価報告書	貯蔵期間は50年間としている。地層処分 研究開発に関する手順は示されていない。 地層を特定しない実現可能性に関する基礎 研究段階にある。	1976 放射性廃棄物対策について (原子力委員会) 1989 研究開発の重点項目とその進め方 (原子力委員会) 1992 第1次とりまとめ (H3レポート) 1993 国(原子力委員会)の評価 1994 「原子力開発利用長期計画」改訂 1999 第2次とりまとめ 2000頃 国の評価
埋設開始 予定	2020年(早期ケース) 2049年(遅延ケース)	未定	未定	2030~2040年代半ば