

処分場の廃棄体定置面積に関する補足

- 廃棄体貯蔵期間と処分場の面積の関係について
- 処分場岩種及び定置方法の影響
- 分離工程における元素移行率の影響

平成20年10月1日

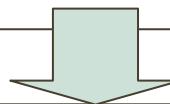
日本原子力研究開発機構

1. 廃棄体貯蔵期間と処分場の面積の関係について

－ 検討の目的と検討条件 －

問題提起:

処分場の面積を低減するなら、核変換しなくとも、ガラス固化体が十分に冷えてから廃棄すれば良いのではないか？



4つのFBR再処理オプションについて、廃棄までの貯蔵期間と処分場面積の関係を検討

検討条件

- **FBR115GWd/HMt**, 4年冷却
- 4つのFBR再処理オプション (ADSを用いても結果はほぼ同等)
 - ① PT導入無し (**FBR(Np)**) → 従来ガラス固化体
 - ② MAリサイクルのみ (**FBR(MA)** or **FBR(Np)+ADS**) → 従来ガラス固化体
 - ③ FP分離のみ (**FBR(Np)+P**) → Sr-Cs焼成体 + MAを含むガラス固化体
 - ④ MAリサイクル+FP分離 (**FBR(MA)+P** or **FBR(Np)+ADS+P**) → Sr-Cs焼成体 + 高含有ガラス固化体
- 廃棄前の貯蔵期間5～500年
- 硬岩・1000m深度・豎置/横置
- その他
 - 焼成体を含め、全ての廃棄体の寸法は従来ガラス固化体と同一。

1. 廃棄体貯蔵期間と処分場の面積の関係について

－ ガラス固化体とSr-Cs焼成体の製造条件 －

全ての廃棄体の寸法は、高さ103cm、直径42cmで統一

ガラス固化体：

- ・初期発熱量： 2.3kW/本 以下
- ・廃棄元素重量割合： 15wt% 以下

高含有ガラス固化体：

高レベル廃液から白金族元素、発熱性元素を除去した後のガラス固化体には廃棄元素を高密度で充填できるとした^(*1)

- ・初期発熱量： 2.3kW/本 以下
- ・廃棄元素重量割合： 35wt% 以下

Sr-Cs焼成体^(*2, 3)

- ・初期発熱量： 制限しない
PWR由来で10kW/本程度
FBR由来で5.5kW/本程度)

・廃棄元素重量割合：

- Sr群： 10wt% (チタン酸に吸着)
- Cs群： 14wt% (ゼオライトに吸着)

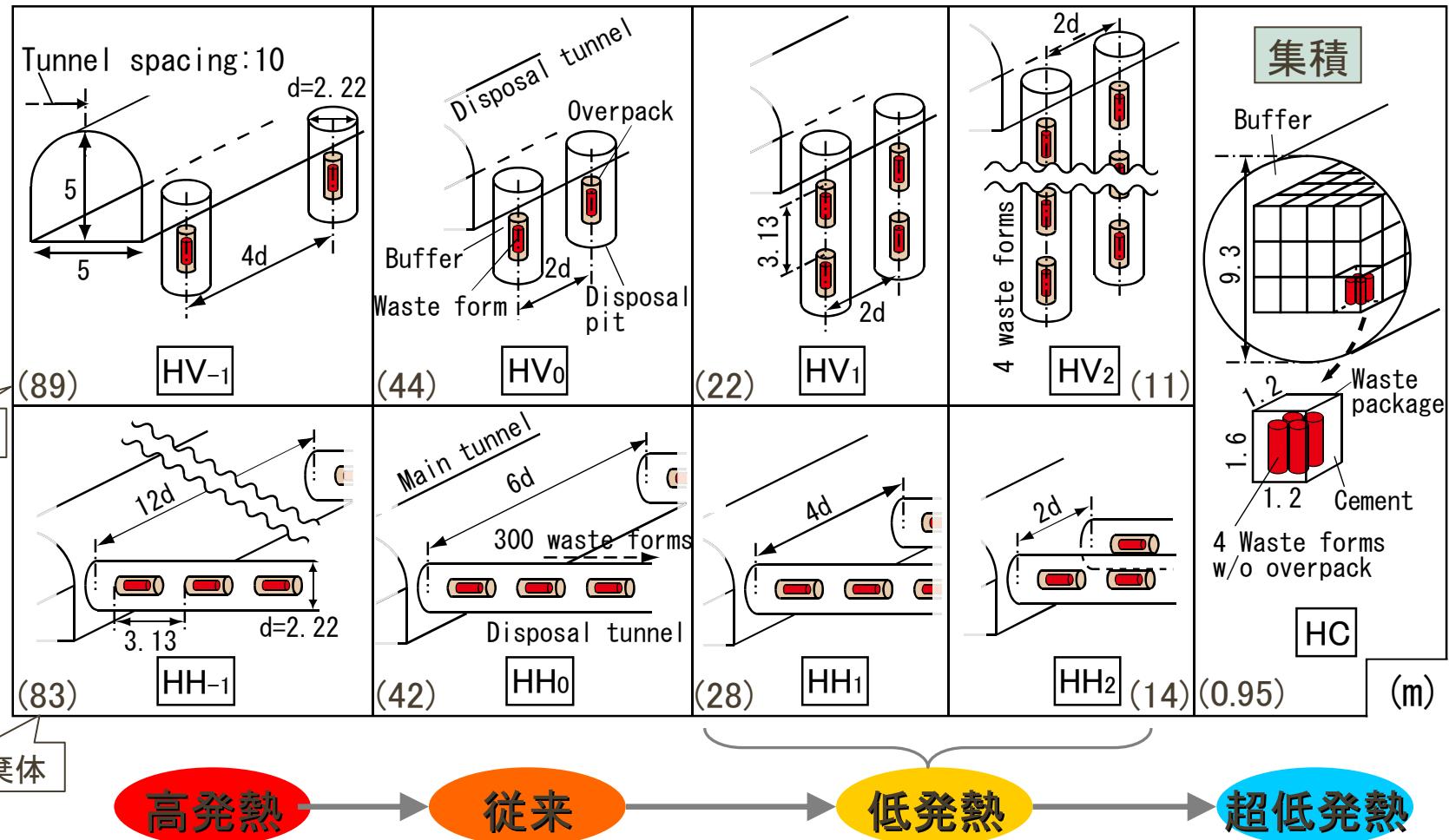
*1 米谷雅之、他、動燃技法, 98 (1996).

*2 久保田益充、他、JAERI-M 85-066 (1985).

*3 M. Kubota, et. al, *J. Radioact. Waste Manag. Nucl. Fuel Cycle*, 7, 303(1986)

1. 廃棄体貯蔵期間と処分場の面積の関係について

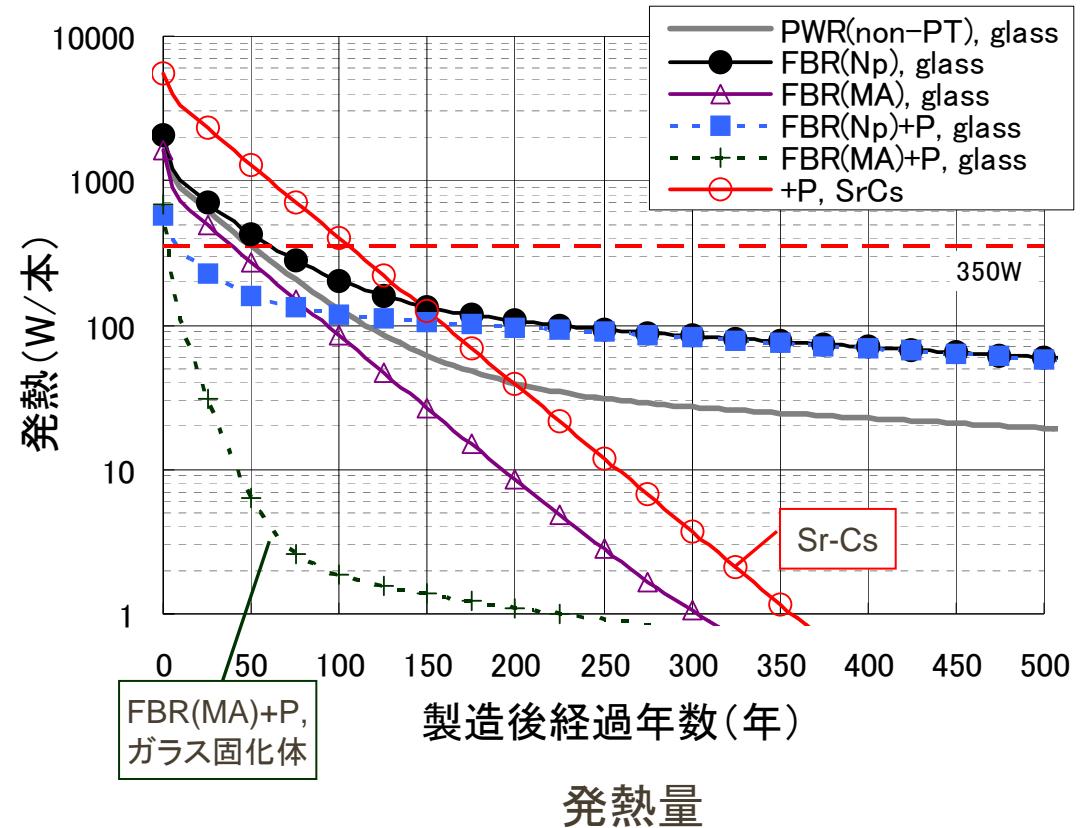
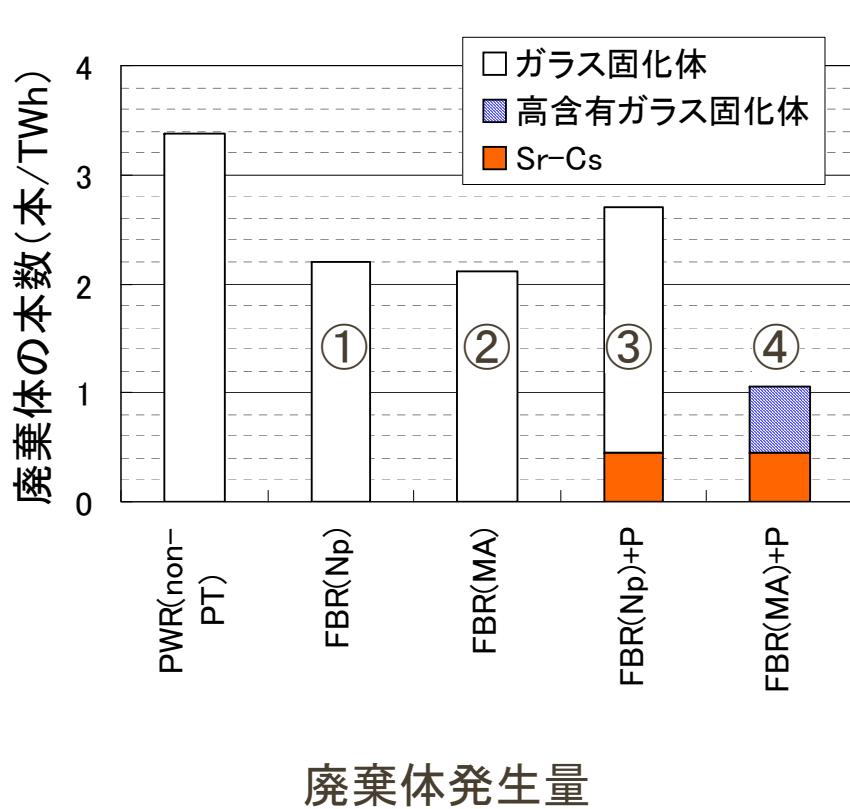
— 処分法概念(硬岩系) —



温度解析では、地下1,000mを仮定

1. 廃棄体貯蔵期間と処分場の面積の関係について

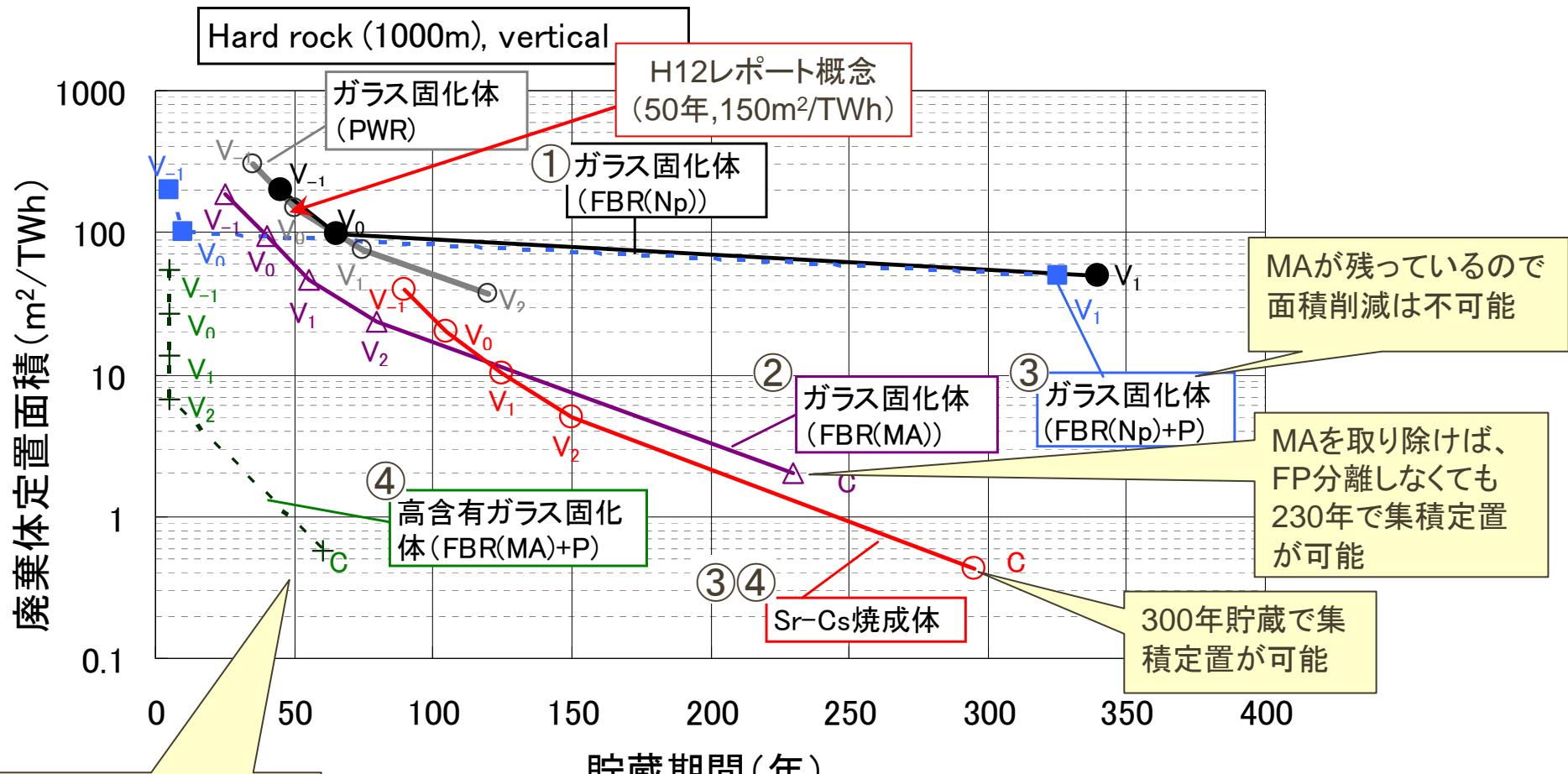
－ 発生する廃棄物量 －



- FBR(MA)+FP分離の場合のみ、本数が減る。
- Sr-Cs焼成体の発熱量は極めて大(初期5.5kW)。
- FBR(MA)+FP分離シナリオのガラス固化体の発熱量は極めて小

1. 廃棄体貯蔵期間と処分場の面積の関係について

－ 貯蔵期間と処分場規模の関係(硬岩・豎置) －

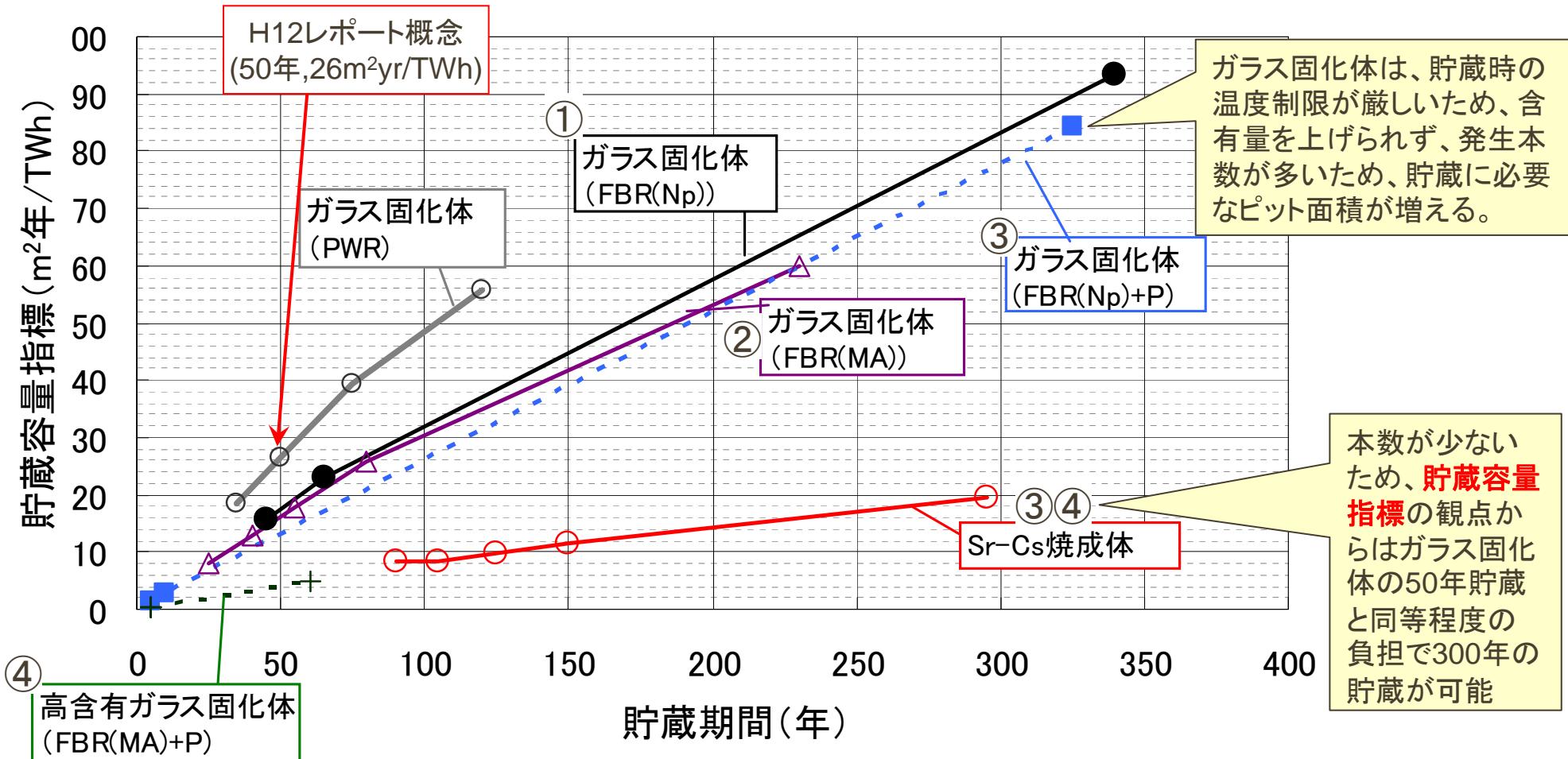


- MAを核変換することによって、 $100\text{m}^2/\text{TWh}$ を大きく下回る処分場規模を実現できる。

1. 廃棄体貯蔵期間と処分場の面積の関係について

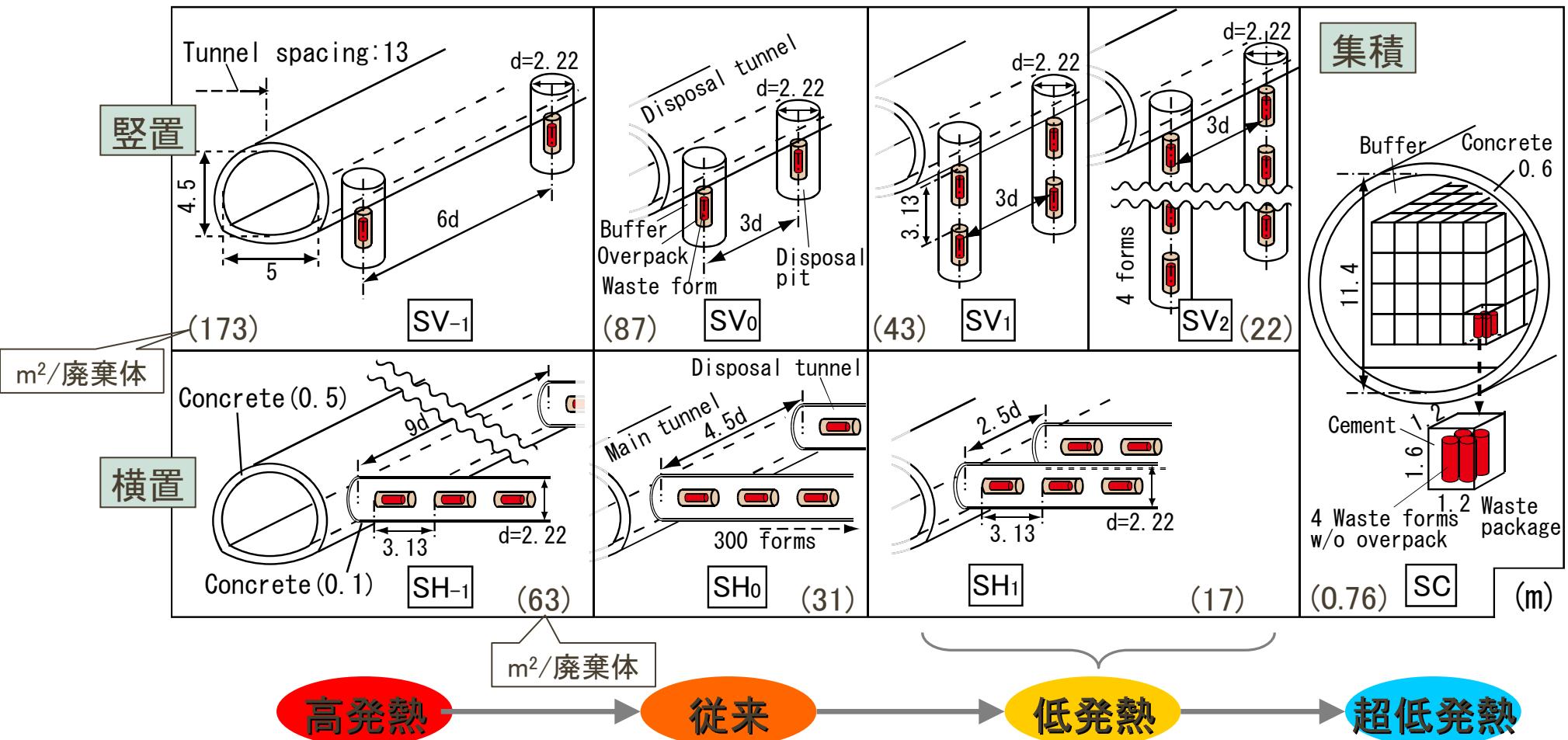
－ 長期貯蔵の負担の比較 －

貯蔵容量指標、Storage capacity index = 乾式貯蔵に必要なピット面積 × 貯蔵年数。(m²年)



2. 処分場岩種及び定置方法の影響

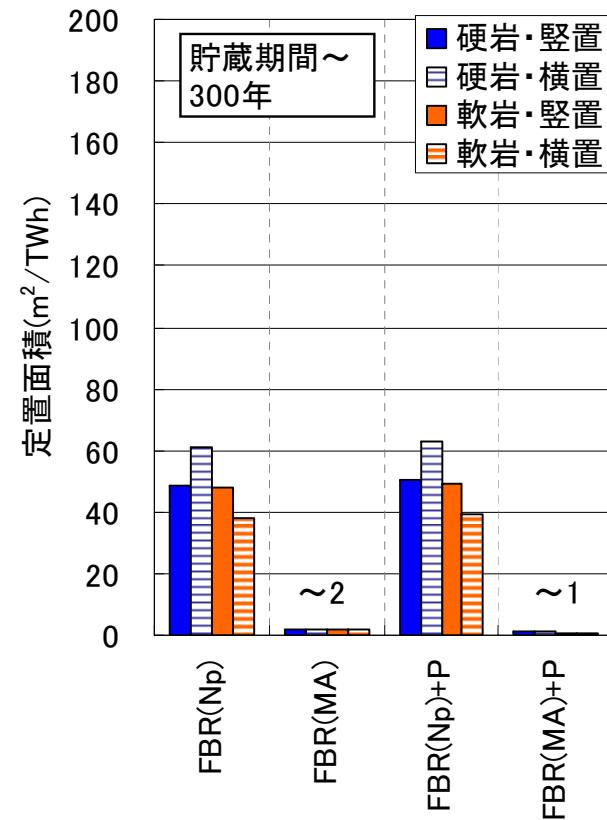
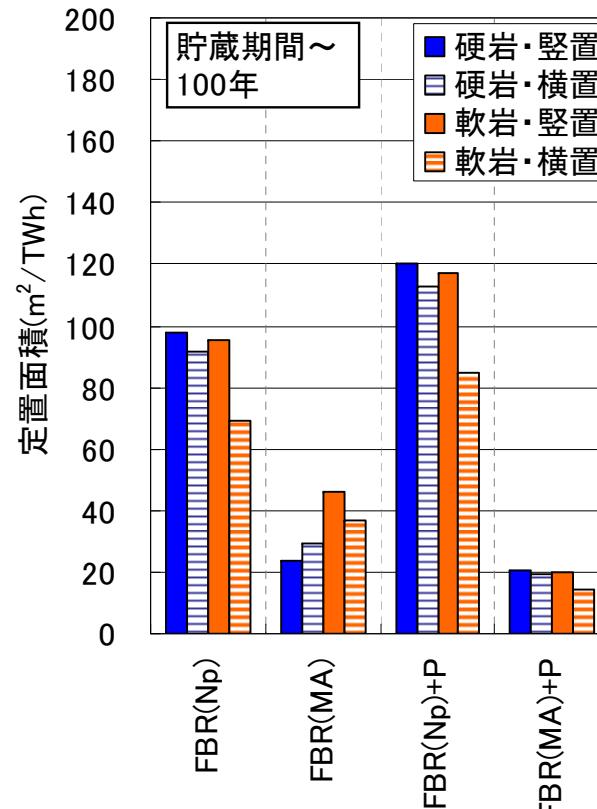
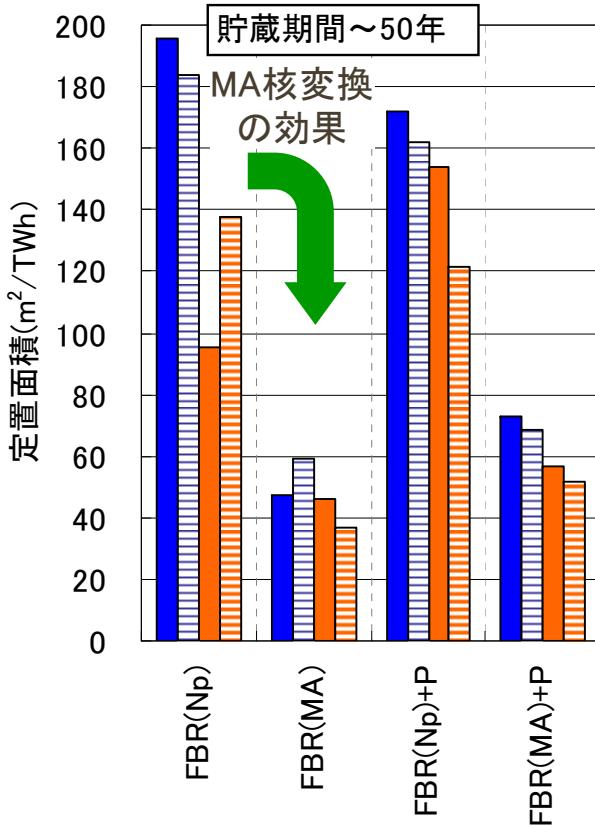
－ 軟岩系への処分法概念 －



温度解析では、地下500mを仮定

2. 処分場岩種及び定置方法の影響

— 貯蔵期間を同程度とした場合の定置面積の比較 —

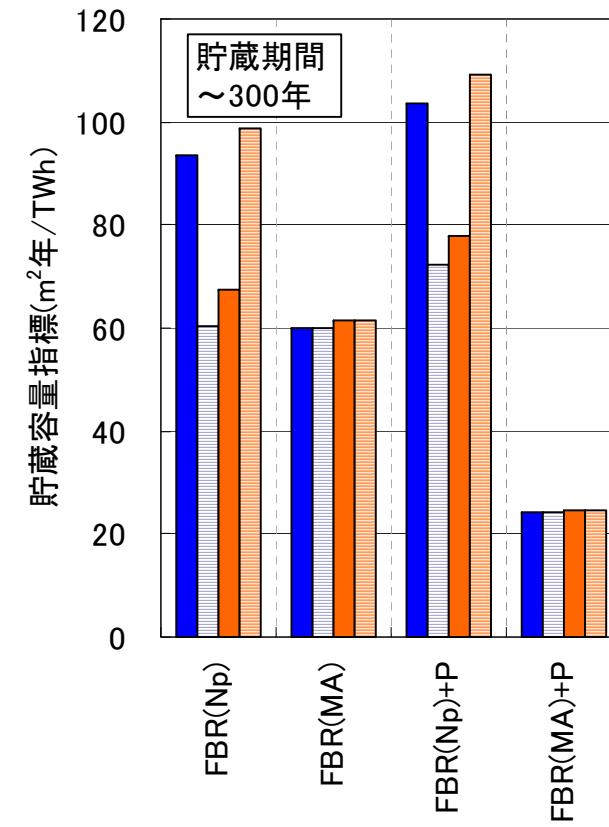
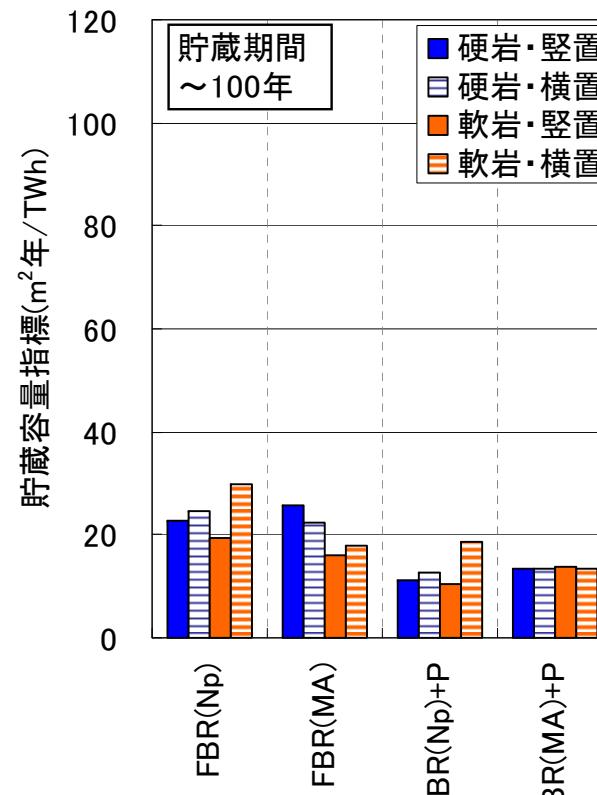
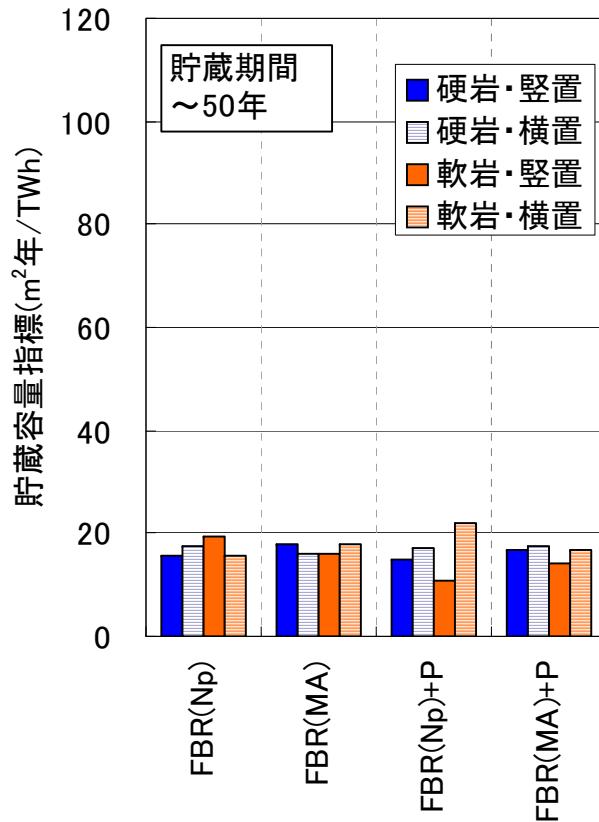


※厳密には50、100、300年の貯蔵期間となっていない。詳しい条件は後述。

岩種や定置方法ごとに差があるものの、同程度の貯蔵期間を想定した場合、MA核変換の効果が顕著に見られる。なお、軽水炉使用済み燃料からの従来ガラス固化体が硬岩・豎置において占める定置面積は、 $150m^2/TWh$ である。

2. 処分場岩種及び定置方法の影響

— 貯蔵期間を同程度とした場合の貯蔵容量指標の比較 —



※厳密には50、100、300年の貯蔵期間となっていない。詳しい条件は後述。

300年の貯蔵を想定した場合FBR(MA)+Pケース以外の貯蔵容量指標は非常に大きくなる。なお、軽水炉使用済み燃料からの従来ガラス固化体の貯蔵容量指標は、 $26m^2$ 年/TWhである。

2. 処分場岩種及び定置方法の影響

－ 定置面積比較の詳細（貯蔵期間50年）－

各ケース・各岩種・各定置方法に対する貯蔵期間と定置方法

岩種	配置	FBR(Np)	FBR(MA) 又は FBR(Np)+ADS	FBR(Np)+P		FBR(MA)+P 又は FBR(Np)+ADS+P	
		ガラス固化体	ガラス固化体	ガラス固化体	Sr-Cs焼成体	高含有ガラス 固化体	Sr-Cs焼成体
硬岩系	豎置	HV ₋₁ 45年 200m ² /TWh	HV ₁ 55年 50m ² /TWh	HV ₀ 10年 100m ² /TWh	HV ₀ * 50年 70m ² /TWh	HC 60年 0.6m ² /TWh	HV ₀ * 50年 70m ² /TWh
	横置	HH ₋₁ 50年 180m ² /TWh	HH ₁ 50年 60m ² /TWh	HH ₀ 15年 90m ² /TWh	HH ₀ * 50年 70m ² /TWh		HH ₀ * 50年 70m ² /TWh
軟岩系	豎置	SV ₁ 55年 100m ² /TWh	SV ₂ 50年 50m ² /TWh	SV ₁ 5年 100m ² /TWh	SV ₁ * 50年 60m ² /TWh	SC 60年 0.5m ² /TWh	SV ₁ * 50年 60m ² /TWh
	横置	SH ₋₁ 45年 140m ² /TWh	SH ₁ 55年 40m ² /TWh	SH ₀ 35年 70m ² /TWh	SH ₀ * 50年 50m ² /TWh		SH ₀ * 50年 50m ² /TWh

上段：定置方法

中段：貯蔵期間

下段：単位発電量あたりの所要定置面積

*ガラス固化体と同じ大きさで、最大含有率の焼成体は、最低80～90年の貯蔵の後にしか処分できない。ここでは、50年の後に処分できる含有率に抑制することを仮定した。

2. 処分場岩種及び定置方法の影響

－ 定置面積比較の詳細（貯蔵期間100年）－

各ケース・各岩種・各定置方法に対する貯蔵期間と定置方法

岩種	配置	FBR(Np)	FBR(MA) 又は FBR(Np)+ADS	FBR(Np)+P		FBR(MA)+P 又は FBR(Np)+ADS+P	
		ガラス固化体	ガラス固化体	ガラス固化体	Sr-Cs焼成体	高含有ガラス 固化体	Sr-Cs焼成体
硬岩系	豎置	HV ₀ 65年 100m ² /TWh	HV ₂ 80年 25m ² /TWh	HV ₀ 10年 100m ² /TWh	HV ₀ 105年 20m ² /TWh	HC 60年 0.6m ² /TWh	HV ₀ 105年 20m ² /TWh
	横置	HH ₀ 70年 90m ² /TWh	HH ₂ 70年 30m ² /TWh	HH ₀ 15年 90m ² /TWh	HH ₀ 105年 20m ² /TWh		HH ₀ 105年 20m ² /TWh
軟岩系	豎置	SV ₁ 55年 100m ² /TWh	SV ₂ 50年 50m ² /TWh	SV ₁ 5年 100m ² /TWh	SV ₁ 95年 20m ² /TWh	SC 60年 0.5m ² /TWh	SV ₁ 95年 20m ² /TWh
	横置	SH ₀ 85年 70m ² /TWh	SH ₁ 55年 40m ² /TWh	SH ₀ 35年 70m ² /TWh	SH ₀ 105年 15m ² /TWh		SH ₀ 105年 15m ² /TWh

上段：定置方法

中段：貯蔵期間

下段：単位発電量あたりの所要定置面積

2. 処分場岩種及び定置方法の影響

— 定置面積比較の詳細（貯蔵期間300年） —

各ケース・各岩種・各定置方法に対する貯蔵期間と定置方法

岩種	配置	FBR(Np)	FBR(MA) 又は FBR(Np)+ADS	FBR(Np)+P		FBR(MA)+P 又は FBR(Np)+ADS+P	
		ガラス固化体	ガラス固化体	ガラス固化体	Sr-Cs焼成体	高含有ガラス 固化体	Sr-Cs焼成体
硬岩系	豎置	HV ₁ 340年 50m ² /TWh	HC 230年 2.0m ² /TWh	HV ₁ 325年 50m ² /TWh	HC 300年 0.4m ² /TWh	HC 60年 0.6m ² /TWh	HC 300年 0.4m ² /TWh
	横置	HH ₁ 210年 60m ² /TWh		HH ₁ 195年 60m ² /TWh			
軟岩系	豎置	SV ₂ 235年 50m ² /TWh	SC 235年 1.6m ² /TWh	SV ₂ 220年 50m ² /TWh	SC 300年 0.3m ² /TWh	SC 60年 0.5m ² /TWh	SC 300年 0.3m ² /TWh
	横置	SH ₁ 360年 40m ² /TWh		SH ₁ 345年 40m ² /TWh			

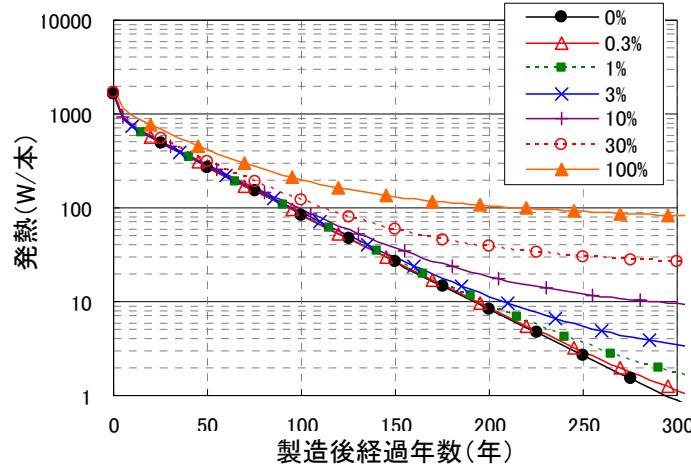
上段：定置方法

中段：貯蔵期間

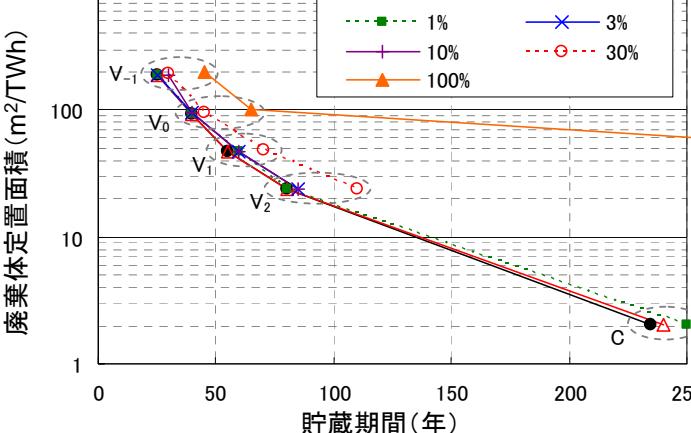
下段：単位発電量あたりの所要定置面積

3. 分離工程における元素移行率の影響

— ガラス固化体へのMAの移行率 —



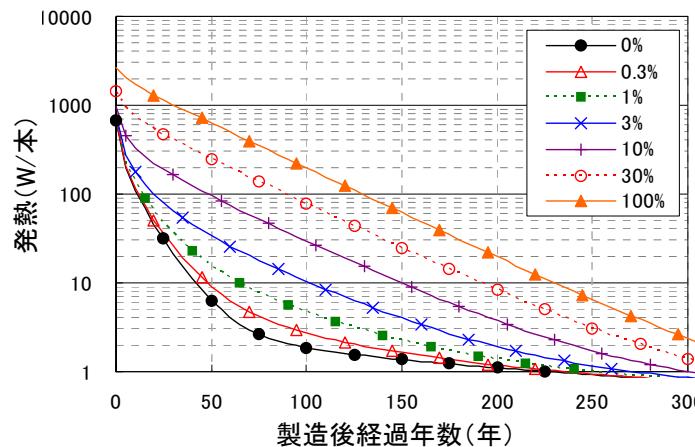
ケース	定置方法	MA移行率	影響
FBR(MA)ガラス固化体	HV ₋₁ ~ HV ₂	≤10%	影響なし
		30%	貯蔵期間5~30年延長
		100%	影響大。(FBR(Np)ケースと同じ)
	HC	≤1%	影響なし
		≥3%	集積定置不可
FBR(MA) +P 高含有ガラス固化体	HV ₋₁ ~ HV ₂	≤10%	影響なし
		≥30%	影響大(HV ₋₁ 370年貯蔵)
		100%	35%の含有率は非効率(HV ₋₁ 370年貯蔵)
	HC	≤0.3%	影響小(貯蔵期間延長)
		≥1%	集積定置不可



処分場の規模に着目した場合、HV₋₁ ~ HV₂定置に対してはMA移行率10%以下、集積定置に対してはMA移行率0.3~1%以下が目標となる。

3. 分離工程における元素移行率の影響

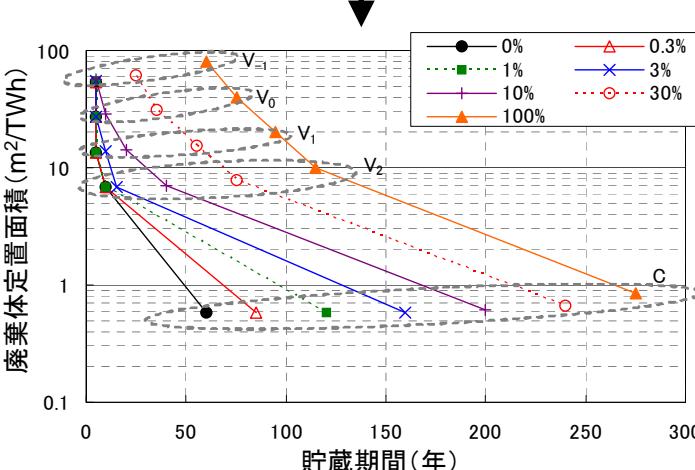
— ガラス固化体へのSr-Csの移行率 —



ケース	定置方法	Sr-Cs 移行率	影響
FBR(Np)+P ガラス固化体	$HV_{-1} \sim HV_2$	$\leq 30\%$	影響なし
		100%	貯蔵期間10~20年延長
FBR(MA)+P 高含有ガラス固化体	$HV_{-1} \sim HV_2$	$\leq 1\%$	影響なし
		3~10%	貯蔵期間5~35年延長
	HC	30~100%	貯蔵期間20~110年延長
	HC	$\leq 0.3\%$	影響小(貯蔵期間25年延長)
		1~10%	貯蔵期間60~140年延長
		30~100%	貯蔵期間180~215年延長

$HV_{-1} \sim HV_2$ 定置に対してはSr-Cs移行率1%以下、集積定置に対してはSr-Cs移行率0.3%以下が目標となる。

ただし、貯蔵期間延長による対応が可能。



まとめ

1. 廃棄体貯蔵期間と処分場の面積の関係について

- Am-241(半減期432年)を含む高レベル放射性廃棄物の発熱は長期間続く
- MAを核変換することで、残った廃棄体元素は主にSr及びCs(半減期約30年)が支配し、30年の貯蔵期間延長で発熱は1/2に減衰
- 従って、処分場の廃棄体定置面積が発熱に支配される場合、貯蔵期間を延ばせば、コンパクトな処分が可能
- 一方、長期の貯蔵にはコストを要するが、Sr-Csを分離して貯蔵に適した形態とすることで、長期貯蔵の負担を回避できる可能性がある
- MAを核変換し、かつ、Sr-Csを分離した後のガラス固化体は、短い貯蔵期間で集積的な処分が可能

2. 処分場岩種及び定置方法の影響

- 岩種及び定置方法で程度に差はあるものの、いずれの場合でも、廃棄体定置面積に対するMA核変換及びSr-Cs分離の効果は期待できる

3. 分離工程における元素移行率の影響

- 集積定置を狙う場合の元素移行率の目標は、MAで0.3～1%、Sr-Csで0.3%
- 集積定置以外なら、MAで10%、Sr-Csで1%。