

參考資料

【参考資料】処分場施設の点検・補修方法の例(本文37頁)

点検項目		点検方法	補修方法
コンクリート	ひび割れ	クラックスケールによるひび割れ幅調査 クラックチェッカーによる目視検査	表面被覆工法 充填工法 注入工法
	剥離	ハンマーによる打音検査	左官工法 吹付け工法 グラウト工法
	空洞	ハンマーによる打音検査 弾性波探査 電磁レーダー法	注入工法 充填工法
	強度	コアサンプリングによる圧縮強度試験 テストハンマーによる打撃 プルオフ法による引張強度試験	打換え・取替え工法 増厚工法 コンクリート巻き立て工法 鋼板接着工法 FRP接着工法 鋼板巻立工法 FRP巻立て工法
鉄筋	腐食	中性化深さ調査 塩化物イオン含有量調査 鉄筋腐食量調査 自然電位測定 分極抵抗測定	表面被覆工法 電気防食工法 脱塩工法 再アルカリ化工法 大断面修復工法

- ◆ 色々な種類の土壌等(珪砂5号、埼玉土壌、茨城県真砂土、ベントナイト)に対して、セシウムがどの程度吸着されるか、という実験が、国立環境研究所によって実施されています。
- ◆ その結果、放射性セシウムの吸着性は、珪砂5号<茨城真砂土<埼玉土壌<ベントナイトの順で大きいことがわかりました

吸着実験に用いた試料

<p>珪砂5号</p>  <ul style="list-style-type: none"> ✓ 石英を主成分とする標準砂 ✓ 0.4-0.6 mm の均一な粒子径 	<p>茨城真砂土</p>  <ul style="list-style-type: none"> ✓ 花崗岩などが風化してできた土 ✓ 礫分を多く含み、様々な粒子径をもつ
<p>埼玉覆土</p>  <ul style="list-style-type: none"> ✓ 埋立地の中間覆土に実際用いられた土 ✓ 真砂土よりも粒子径の大きい礫分有 	<p>ベントナイト</p>  <ul style="list-style-type: none"> ✓ ワイオミング産Naベントナイト ✓ 難透水性材料として遮水に幅広く利用

放射性セシウムの吸着実験

■ 土試料の吸着試験

溶出液を溶媒として使用することが特徴

1. 溶媒

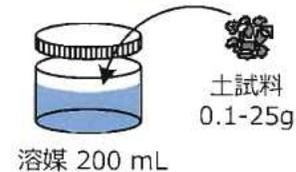
✓ 飛灰溶出液

- ・ $^{134}\text{Cs} = 522 \text{ Bq/L}$, $^{137}\text{Cs} = 621 \text{ Bq/L}$
- ・ pH = 11.9
- ・ EC = 1,890 mS/m

溶媒条件は一定にし、投入する試料量を変化させ、吸着等温線を評価する。

2. 吸着材

- ✓ 珪砂5号
- ✓ 埼玉覆土
- ✓ 茨城県真砂土
- ✓ ベントナイト



3. 実験条件

- ✓ 液固比 = 8-2,000
- ✓ 吸着時間 = 1日
- ✓ 攪拌条件 = 120 rpm 水平振とう

$$\text{吸着量 (Bq/kg)} = \left[\frac{\text{初期濃度 (Bq/L)} - \text{平衡濃度 (Bq/L)}}{\text{液固比 (L/kg)}} \right] \times \text{液固比 (L/kg)}$$

(試験実施機関: ㈱環境管理センター)

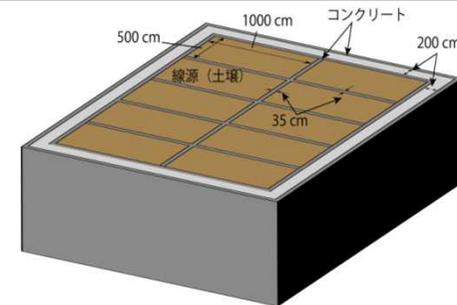
◆ 設定及び計算条件

○ 線源寸法及び材質

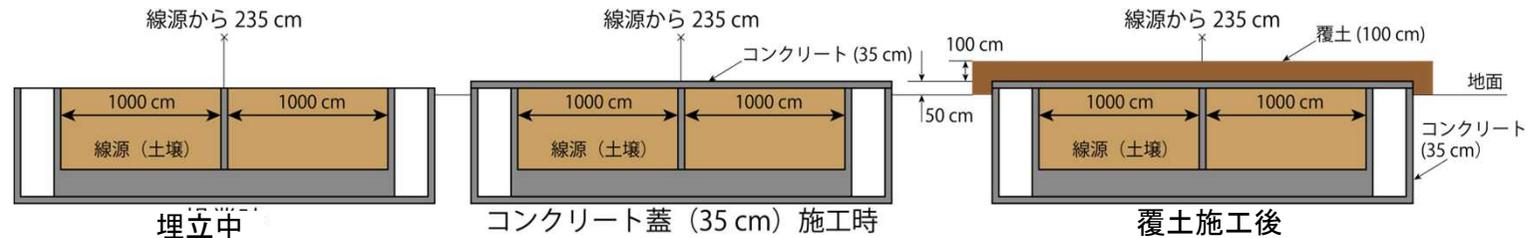
- ・ 1000cm × 500cm × 500cmの直方体が10個
- ・ 材質: 土壌 1.6g/cm³

○ 遮へい体材質及び形状

- 蓋 : コンクリート 2.1g/cm³、厚さ 35cm
- 覆土: 土壌 1.5g/cm³、厚さ 100cm



◆ 評価点



◆ 解析コード モンテカルロ手法計算コードMCNP-4C

◆ 計算結果

各時点における空間線量率
(線量換算係数※)(μ Sv/h per Bq/g)

	埋立中	コンクリート 蓋施工時	覆土施工後
Cs-134	2.7E-01	1.4E-03	8.6E-08
Cs-137	9.6E-02	4.0E-04	7.3E-09

※線量換算係数の解析は日本原子力研究開発機構安全研究センターによる。

Cs-134:Cs-137=1:1と仮定し、線源の放射性セシウム濃度を10万Bq/kgとした場合の各時点における空間線量率(μ Sv/h)

	埋立中	コンクリート 蓋施工時	覆土施工後
Cs-134+ Cs-137	18	0.090	4.7E-06
埋立中を「1」とした 場合の割合	1	200分の1	383万分の1 ≒400万分の1

◆ モンテカルロ手法計算コードMCNP-4C

MCNP(MCNP: Monte Carlo N-Particle Transport Code System)は、米国 Los Alamos 国立研究所(LANL)において開発されたモンテカルロ法による中性子、ガンマ線及び中性子・ガンマ線結合系を対象とする汎用の輸送計算コードである。幾何形状の設定の自由度が大きいことや、断面積の取り扱いに連続エネルギーを採用していること等の利点があり、モンテカルロ輸送計算コードの主流なものとなっている。また、米国では、使用済燃料貯蔵施設の審査指針であるNUREG-1567において、遮へい解析ツールとして記載されており、遮へい設計、線量評価等で使用されている。

【参考資料】埋立区画端からの距離毎の空間線量率のシミュレーション計算根拠(その1)

◆設定及び計算条件

○埋立中

- ・12のコンクリート躯体のうち1つの躯体のみ開放。
その躯体には建屋が設置される。
- ・それ以外の11躯体は厚さ35cmのコンクリートの蓋、
その上に覆土が100cm施工されている。

○埋立終了後

- ・全12躯体に厚さ35cmのコンクリートの蓋、その全面
に覆土を100cm施工

<線源寸法及び材質>

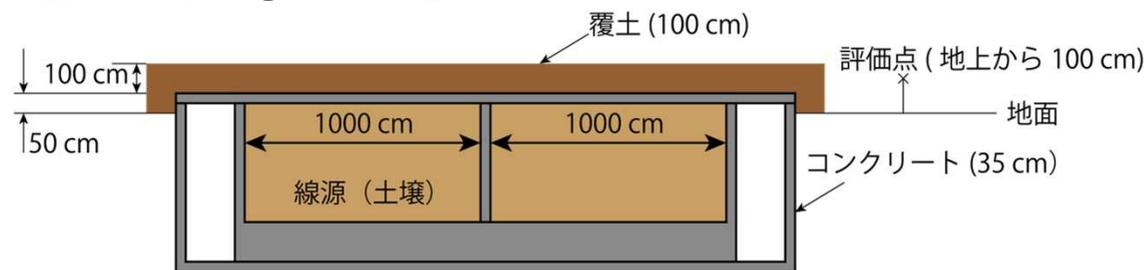
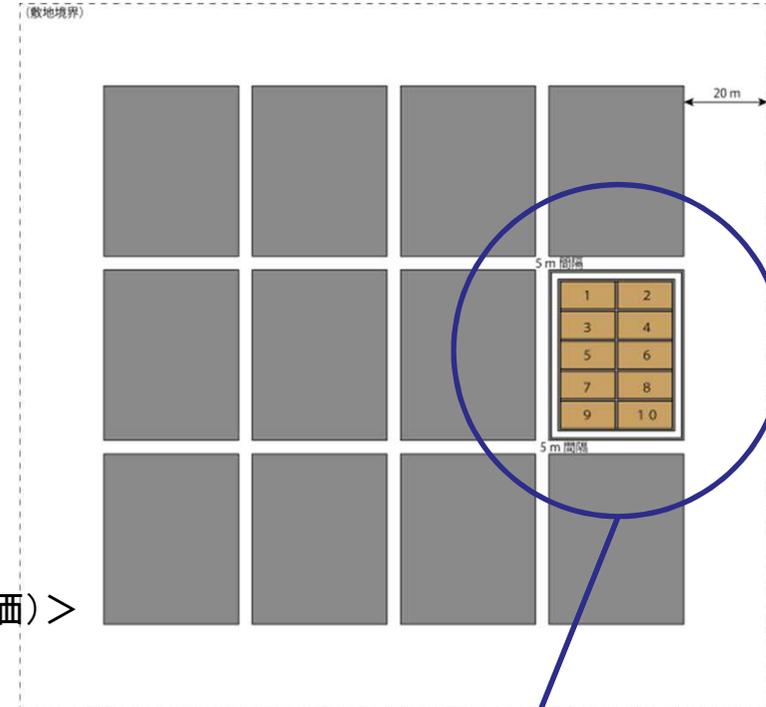
- ・1000cm×500cm×500cmの直方体が10個
- ・材質:土壌 1.6g/cm³

<建屋寸法及び材質(建屋の部材のうち金属部分のみを評価)>

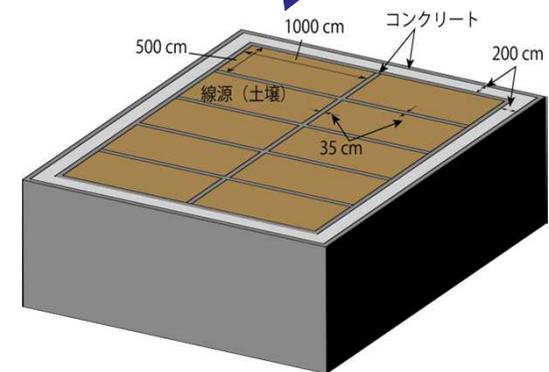
- ・3000cm×3600cm×1250cm
- ・屋根の厚さ:0.1cm ・壁の厚さ:0.035cm
- ・材質:鉄7.9g/cm³

<遮へい体材質及び形状>

- 蓋 :コンクリート 2.1g/cm³、厚さ 35cm
- 覆土:土壌 1.5g/cm³、厚さ 100cm



コンクリート1躯体の断面図(埋立終了後)



コンクリート1躯体(埋立中)

【参考資料】埋立区画端からの距離毎の空間線量率のシミュレーション計算根拠(その2)

◆評価点

- 埋立中 : コンクリート躯体端から0, 10, 30, 50, 100mで、地上より1mの地点
- 埋立終了後: コンクリート躯体端から2, 4, 6, 8, 10mで、地上より1mの地点

◆解析コード モンテカルロ手法計算コードMCNP-4C

◆評価結果

○埋立中の線量換算係数 ($\mu\text{Sv/h per Bq/g}$)

コンクリート躯体端からの距離	0m	10m	30m	50m	100m
Cs-134	1.8E-02	2.7E-03	8.0E-04	4.1E-04	1.3E-04
Cs-137	6.3E-03	1.0E-03	3.0E-04	1.5E-04	4.8E-05

※開放している1躯体のみで評価。埋立終了後の評価結果から、埋立中は覆土した躯体からの寄与は無視できるほど十分に小さく、開放している1躯体についてのみの評価で十分と言える。

○埋立終了後の線量換算係数 ($\mu\text{Sv/h per Bq/g}$)

コンクリート躯体端からの距離	2m	4m	6m	8m	10m
Cs-134	2.0E-09	2.0E-09	1.9E-09	1.7E-09	1.7E-09
Cs-137	2.1E-10	2.1E-10	2.0E-10	1.9E-10	1.8E-10

※コンクリート蓋及び覆土を施工した全12躯体からの寄与の足し合わせ。

※線量換算係数の解析は日本原子力研究開発機構安全研究センターによる。

Cs-134:Cs-137=1:1と仮定し、線源の放射性セシウム濃度を10万Bq/kgとした場合

○埋立中の各地点における空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

コンクリート躯体端からの距離	0m	10m	30m	50m	100m
Cs-134 + Cs-137	1	0.19	0.06	0.03	0.01

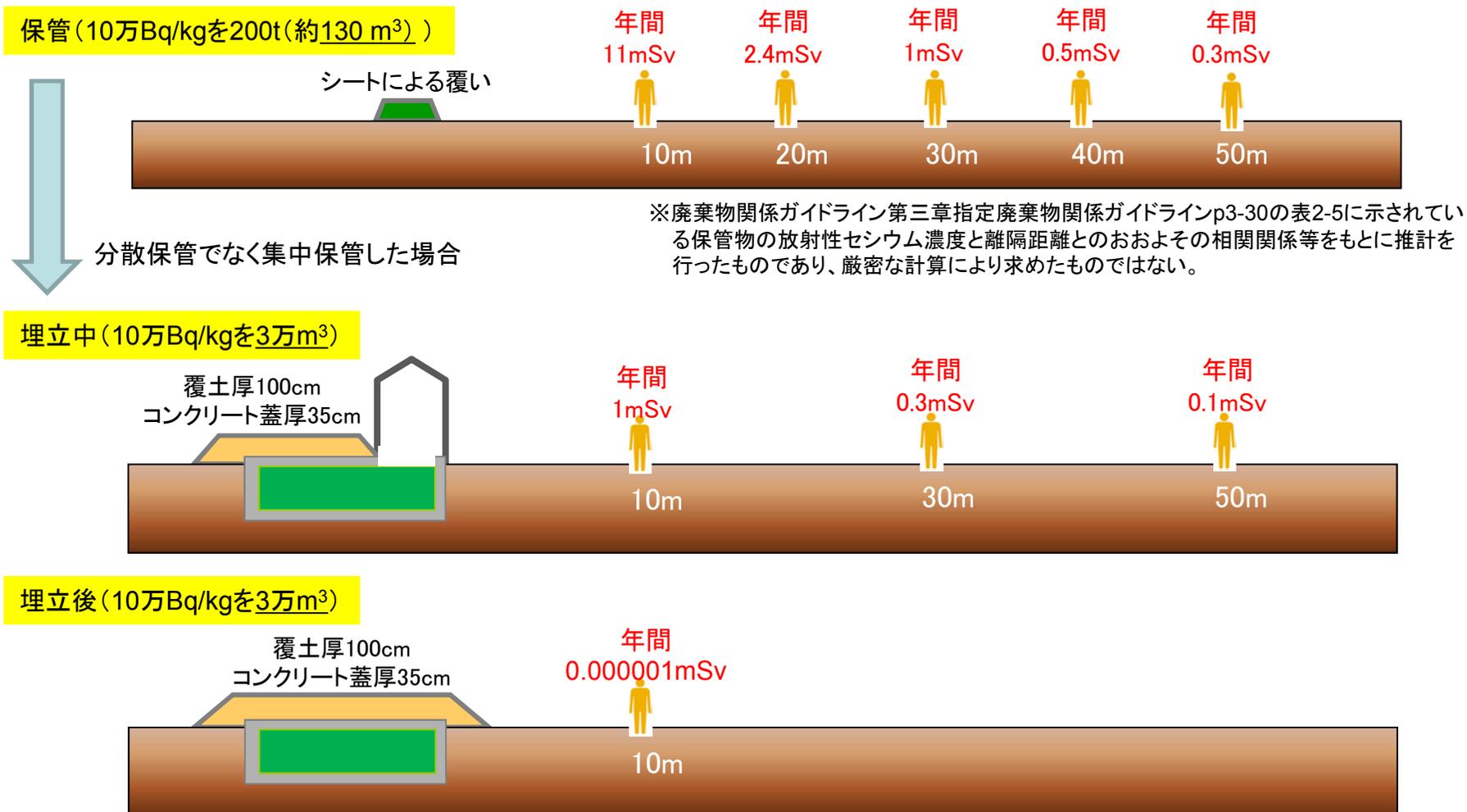
○埋立終了後の各地点における空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

コンクリート躯体端からの距離	2m	4m	6m	8m	10m
Cs-134 + Cs-137	0.0000001	0.0000001	0.0000001	0.00000009	0.00000009

【参考資料】保管による空間線量率の評価と処分場の比較

◆廃棄物を1箇所に集め、遮へいなどの対策を講じた最終処分場で処分することで周辺の空間線量の影響は大幅に低下します。

「仮に10万Bq/kgの指定廃棄物200トン¹を遮へいせずに保管した場合」の追加被ばく線量の評価結果と、「埋立中の処分場周辺」「埋立後の処分場周辺」の追加被ばく線量の評価結果の比較



◆追加被ばく線量年間1mSvの数値は、以下の考え方に基づいています。

記載文献等	記載内容	その根拠
放射性物質汚染対処特措法の規定に基づく放射線障害の防止に関する技術的基準について(放射線審議会への提出資料)(2011年12月2日)	処理に伴って周辺住民の受ける線量が1mSv/年を超えないようにする	東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等に関する安全確保の当面の考え方について(原子力安全委員会)
平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法 基本方針(2011年11月11日)	処理等に伴い周辺住民が追加的に受ける線量が年間1ミリシーベルトを超えないようにするものとする	東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等に関する安全確保の当面の考え方について(原子力安全委員会)
東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の影響を受けた廃棄物の処理処分等に関する安全確保の当面の考え方について(原子力安全委員会)(2011年6月3日)	処理等に伴い周辺住民の受ける線量が1mSv/年を超えないように	放射線防護に関する助言に関する基本的考え方について(原子力安全委員会)
ICRP1990年勧告(ICRP Publ.60)	年実効線量限度1mSvを勧告する。	①:低線量生涯被ばくによる死亡リスク ②:ラドン被ばくを除く自然放射線による年間の被ばく線量の差

発がんリスクの要因等

喫煙	1,000～2,000mSv相当
受動喫煙(※1)	100～200mSv相当
肥満(※2)	200～500mSv相当
野菜不足(※3)	100～200mSv相当
東京—ニューヨーク (航空機旅行(往復)での高度による宇宙線の増加)	0.2mSv程度
クロロホルム (水道水中に含まれ、発がん性が懸念されているトリハロメタン類の代表的な物質)	1日平均2リットルの水道水を飲み続けたとしても発がん性のリスクは、0.01%未満 (100mSvの放射線被ばくによる発がんのリスクは、このクロロホルム摂取よりも大きい)

(※1) 夫が非喫煙者である女性のグループに対し、夫が喫煙者である女性のグループのリスク。

(※2) BMI(身長と体重から計算される肥満指数)23.0～24.9のグループに対し、BMI \geq 30のグループのリスク。

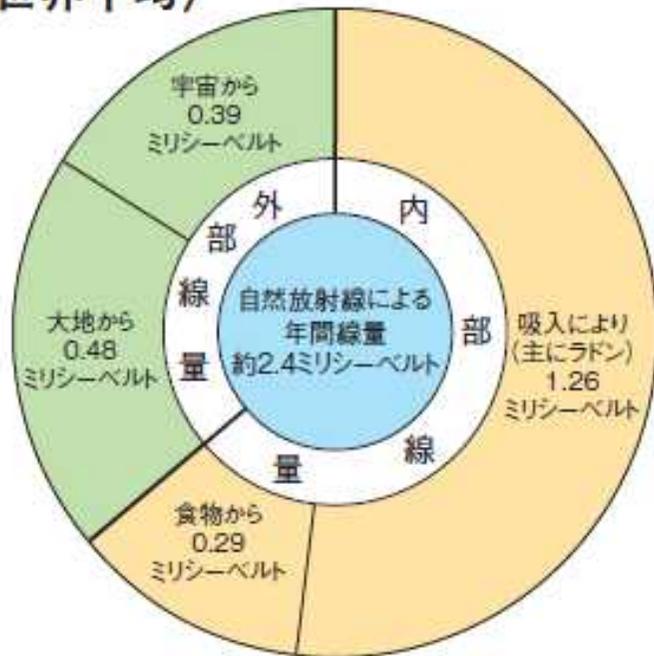
(※3) 1日当たり420g摂取のグループに対し、1日当たり110g摂取のグループのリスク(中央値)。

出典:内閣官房「低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ報告書」(平成23年12月22日)

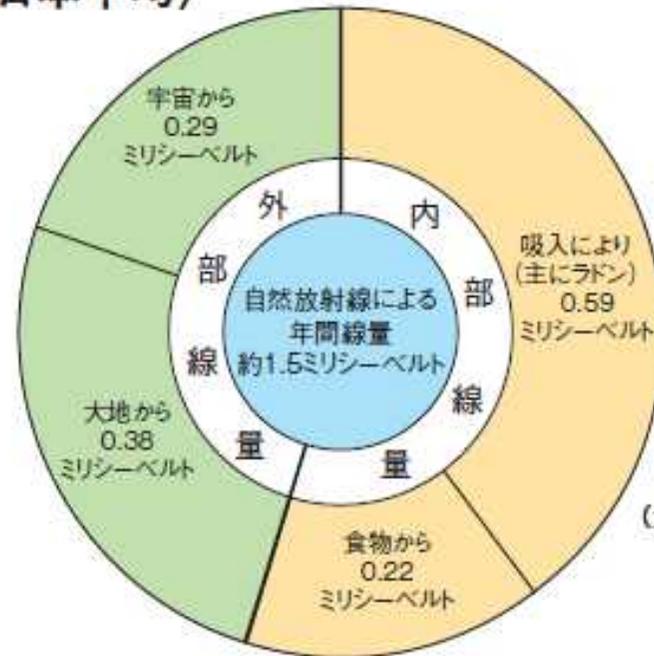
◆自然界から受ける放射線量

一人当たりの年間線量

〈世界平均〉



〈日本平均〉



(注) 2005年に日本分析センターから、自然界から受ける年間の放射線量2.2ミリシーベルトという数値が公表されています。

出典: 原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)2008年報告、(財)原子力安全研究協会「生活環境放射線」(1992年)より作成

出典: 文部科学省ホームページ

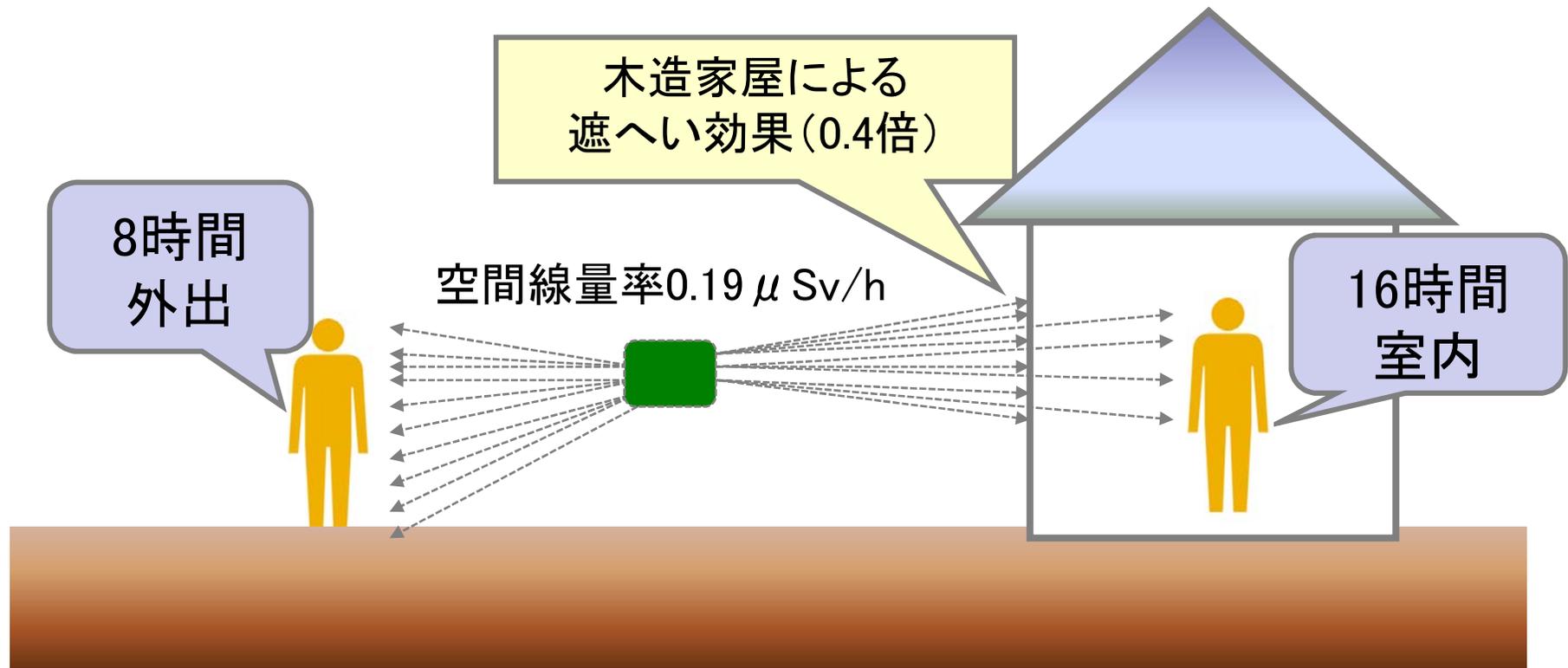
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afieldfile/2011/11/04/1313005_05_1.pdf

【参考資料】「年間1mSv ⇒0.19 μ Sv/h」の考え方 (本文34頁)

◆「年間1mSv ⇒0.19 μ Sv/h」※の考え方は、以下の計算式に基づいています。

$$\frac{1\text{mSv/年}}{365\text{日} \times (\text{外出}8\text{時間} + \text{室内}16\text{時間} \times 0.4)} = 0.19\mu\text{Sv/時間}$$

※ 1mSv=1000 μ Sv



- ◆福島第一原子力発電所の事故とは関係なく、以前から自然界の放射線は元々存在していました。
- ◆具体的には、大地からの放射線が年間 0.38mSv 、宇宙からの放射線が年間 0.29mSv です。(文部科学省「学校において受ける線量の計算方法について」より)
- ◆時間あたりに計算すると、大地からの放射線が $0.04 \mu\text{Sv/h}$ 、宇宙からの放射線が $0.03 \mu\text{Sv/h}$ です。これらは、もともと存在した放射線です。
- ◆NaIシンチレーション式サーベイメータにより空間線量率を測定する場合、事故による追加被ばく線量だけでなく、自然界からの放射線のうち、大地からの放射線分も合わせて測定することになります。(通常のNaIシンチレーション式サーベイメータでは宇宙からの放射線はほとんど測定されません)
- ◆ $0.23 \mu\text{Sv/h}$ とは、追加被ばく線量 $0.19 \mu\text{Sv/h}$ と、もともと存在した $0.04 \mu\text{Sv/h}$ を足し合わせた数値です。

$$0.04 \mu\text{Sv/h} + 0.19 \mu\text{Sv/h} = 0.23 \mu\text{Sv/h}$$

（もともと存在した
大地からの放射線）

（事故に因る
追加放射線）

（測定される
放射線）

- ◆モニタリングで、影響の防止を確認するための尺度となる大気中の放射性物質の濃度限度は、非常に低いものです。例えば、「外部被ばく及び内部被ばくの評価法に係る技術的指針」(平成11年4月放射線審議会)によれば、その濃度の大気を0歳から70歳までの間、吸い続けた時の被ばく線量が一般公衆の許容値以下となる濃度です。

$$\frac{^{134}\text{Cs濃度 (Bq/m}^3\text{)}}{20} + \frac{^{137}\text{Cs濃度 (Bq/m}^3\text{)}}{30} \leq 1$$

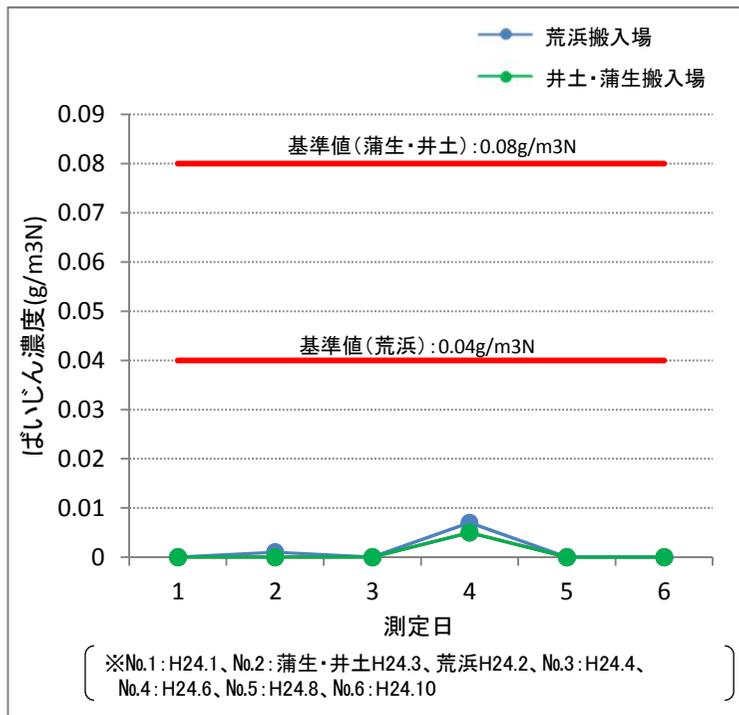
(処分場周辺の環境における安全性を確認するためのモニタリングの目安となる放射性セシウム濃度)

- ◆また、受入前、受入開始後に敷地境界において空間線量率を7日に1回測定します。受入期間中にバックグラウンド+0.19 $\mu\text{Sv/h}$ 以下(すなわち、追加被ばく線量が年間1mSvを超えない)であることを確認します。

【参考資料】焼却(安全確保の方法)

- ◆バグフィルタは、十分に性能を発揮することが確認されています(下図)。
- ◆ばいじん濃度は基準値を大きく下回っており、バグフィルタが十分に性能を発揮していることがわかります。

宮城県における仮設焼却炉の実績



出典: 仙台市ホームページ
http://www.city.sendai.jp/sumiyoi/gomi/keikaku/1202139_1571.html

既存の処理における排ガスの実績データ

施設名	施設	時期	Cs濃度 (Bq/m ³)					
			バグフィルタ入口			煙突		
			(ろ紙部)	(ドレン部)	(活性炭部)	(ろ紙部)	(ドレン部)	(活性炭部)
福島市 あぶくま クリーン センター	(※1)	平成23年10月	—	—	—	不検出 —	不検出 —	不検出 —
	(※2)	平成23年12月	—	—	—	不検出 —	不検出 —	不検出 —
	(※3)	平成24年2月	—	—	—	不検出 (0.2)	不検出 (1.2)	不検出 (0.6)
福島市 あらかわ クリーン センター	(※1)	平成23年10月	174	不検出 —	不検出 —	0.007	不検出 —	不検出 —
	(※2)	平成23年12月	224	不検出 (3)	不検出 (1.2)	0.008~0.015	不検出 <0.12	不検出 <0.05
	(※3)	平成24年2月	290	不検出 (2)	不検出 (0.9)	不検出 (0.16)	不検出 (1.0)	不検出 (0.6)
南相馬市 クリーン 原町 センター	(※1)	平成23年10月	—	—	—	不検出 —	不検出 —	不検出 —
	(※2)	平成23年12月	—	—	—	不検出 —	不検出 —	不検出 —
	(※3)	平成24年2月	—	—	—	不検出 (0.2)	不検出 (1.6)	不検出 (0.6)
いわき市 南部清掃 センター	(※1)	平成23年11月	—	—	—	不検出 —	不検出 —	不検出 —
	(※2)	平成23年12月	—	—	—	不検出 —	不検出 —	不検出 —
	(※3)	平成24年2月	—	—	—	不検出 (0.2)	不検出 (1.3)	不検出 (0.6)

出典: (※1) 第9回災害廃棄物安全評価検討会 資料5 表1より抜粋
 (※2) 第11回災害廃棄物安全評価検討会 資料9 表1-1より抜粋
 (※3) 第12回災害廃棄物安全評価検討会 参考資料1 表1-1より抜粋

※測定結果の「不検出」とは、検出下限未満を表し、
 下段の()内は検出下限値を表します。