

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	保 2) 埋設個別 03 R3
提出年月日	2023 年 8 月 28 日

廃棄物埋設施設 1 号埋設設備 6 群放射エネルギー管理の変更
に係る補足説明資料

目 次

1. 概要	1
2. 「廃棄物埋施設 1 号埋設設備 6 群放射エネルギー管理の変更」の理由に係る説明 …	1
参考 1 号廃棄物埋施設の群および埋設設備ごとの放射エネルギー管理の変更について	

1. 概要

本資料は、濃縮・埋設事業所廃棄物埋設施設保安規定（以下、「保安規定」という。）のうち「廃棄物埋設施設 1 号埋設設備 6 群放射エネルギー管理の変更」の理由について説明するものである。

2. 「廃棄物埋設施設 1 号埋設設備 6 群放射エネルギー管理の変更」の理由に係る説明

現在 1 号埋設設備には 1 群～6 群に 150,067 本（約 98%/2023 年 4 月末現在）の埋設を完了している。

埋設した放射エネルギーは、事業変更許可を受けた区画別放射エネルギー（1 群から 6 群の合計放射エネルギー）に対して十分下回っているが、6 群に埋設した C-14 の放射エネルギーは、6 群に埋設可能な放射エネルギー（区画別放射エネルギーの 1/6）の約 90%に達している（2023 年 4 月末現在）。

そのため、1 号埋設設備の群ごとの埋設放射エネルギー管理を見直し、区画別放射エネルギーの範囲内で埋設区画の残っている 6 群への割り当てを設定する。

なお、放射エネルギー管理の変更に係る検討結果及び線量評価結果を参考に示す。

以上

1号廃棄物埋設施設の群および埋設設備ごとの 放射エネルギー管理の変更について



日本原燃株式会社

令和5年8月28日

背景

- 1号廃棄物埋設施設の1群から6群の区画別放射エネルギー(1群から6群の合計放射エネルギー)は、事業変更許可申請書の本文に記載し、許可を得ている。
- この区画別放射エネルギーを超えないよう、保安規定において群ごとの放射エネルギーおよび埋設設備ごとの放射エネルギーに上限値を定めて、廃棄物を定置している。
- 1群から6群に埋設した廃棄物(150,067本)および受入れ済みの廃棄物(200本)のC-14の放射エネルギーは、1群から6群の区画別放射エネルギーの約70%である(2023年4月末)。
- 一方、6群に埋設した廃棄物(22,067本)及び受入れ済みの廃棄物(200本)のC-14の放射エネルギーは、6群に埋設可能な放射エネルギー(区画別放射エネルギーの1/6)の約90%に達しており、今後埋設予定の廃棄物のC-14の放射エネルギーが大きい傾向にあることを踏まえると、適切な放射エネルギー管理に変更する必要がある(2023年4月末)。
- 今後1号6群に埋設する廃棄物について、許可を受けた1群から6群の区画別放射エネルギーを超えないことを満足し、安全審査での線量評価結果に影響を及ぼさないよう、群単位の放射エネルギー管理に係る運用を変更し、比較的放射エネルギーが大きい廃棄物も埋設可能とし、埋設設備の有効活用を図る。

埋設放射エネルギーの状況



埋設設備群	埋設本数 [本]	放射エネルギー[Bq]											
		H-3	C-14	Cl-36	Co-60	Ni-59	Ni-63	Sr-90	Nb-94	Tc-99	I-129	Cs-137	全a
1群	25,600	4.32E+11	2.38E+11	2.44E+08	1.67E+12	7.46E+09	8.65E+11	9.57E+10	2.49E+08	1.86E+08	1.47E+06	2.31E+12	1.36E+10
		2.9%	58.0%	5.3%	1.3%	1.7%	1.6%	11.5%	6.1%	20.0%	11.3%	45.3%	48.0%
2群	25,600	4.44E+11	2.72E+11	1.76E+08	1.14E+12	9.42E+09	1.09E+12	9.14E+10	3.26E+08	1.96E+08	1.22E+06	1.85E+12	1.45E+10
		3.0%	66.3%	3.8%	0.9%	2.2%	2.0%	11.0%	8.0%	21.1%	9.4%	36.3%	51.2%
3群	25,600	2.85E+11	2.19E+11	1.58E+08	8.11E+11	7.11E+09	8.18E+11	5.11E+10	2.50E+08	1.97E+08	9.03E+05	1.19E+12	8.50E+09
		1.9%	53.4%	3.4%	0.6%	1.7%	1.5%	6.2%	6.1%	21.2%	6.9%	23.3%	30.0%
4群	25,600	1.92E+11	2.59E+11	1.75E+08	9.61E+11	9.44E+09	1.07E+12	7.79E+10	3.29E+08	1.98E+08	1.18E+06	1.52E+12	1.30E+10
		1.3%	63.2%	3.8%	0.7%	2.2%	1.9%	9.4%	8.0%	21.3%	9.1%	29.8%	45.9%
5群	25,600	1.88E+11	3.48E+11	3.26E+08	2.54E+12	2.21E+10	2.42E+12	8.39E+10	7.04E+08	1.67E+08	1.28E+06	1.64E+12	1.62E+10
		1.3%	84.9%	7.1%	2.0%	5.1%	4.4%	10.1%	17.2%	18.0%	9.8%	32.2%	57.2%
6群	22,067	2.07E+11	3.67E+11	4.60E+08	6.08E+11	1.01E+10	1.15E+12	8.99E+10	3.62E+08	1.59E+08	1.05E+06	1.55E+12	1.63E+10
		1.4%	89.5%	10.0%	0.5%	2.3%	2.1%	10.8%	8.8%	17.1%	8.1%	30.4%	57.5%
埋設地全体	150,067	1.75E+12	1.70E+12	1.54E+09	7.71E+12	6.56E+10	7.40E+12	4.90E+11	2.22E+09	1.10E+09	7.09E+06	1.01E+13	8.18E+10
		1.9%	68.0%	5.5%	0.9%	2.5%	2.2%	9.8%	8.9%	19.6%	8.5%	32.6%	48.1%
管理値 区画別放射エネルギー(1群あたり)		1.5E+13	4.1E+11	4.6E+09	1.3E+14	4.3E+11	5.5E+13	8.3E+11	4.1E+09	9.3E+08	1.3E+07	5.1E+12	2.8E+10
管理値 区画別放射エネルギー(1群~6群)		9.2E+13	2.5E+12	2.8E+10	8.3E+14	2.6E+12	3.3E+14	5.0E+12	2.5E+10	5.6E+09	8.3E+07	3.1E+13	1.7E+11

注)放射能評価プログラム誤り事象を受け、再評価した放射エネルギーを反映した値

- 埋設地全体でのC-14の埋設放射エネルギーは約70%であり、許可を受けた1群から6群の区画別放射エネルギー(1群から6群の合計放射エネルギー)に対しては裕度がある。
- 一方、6群に埋設した廃棄体本数は22,067本:約86%^{*1}であるが、C-14の放射エネルギーは約90%^{*1}であり、埋設本数に対して放射エネルギーが上回っている。
- 今後、平均的な放射エネルギー^{*2}の廃棄体を埋設した場合でも、現状の管理値を超過する。

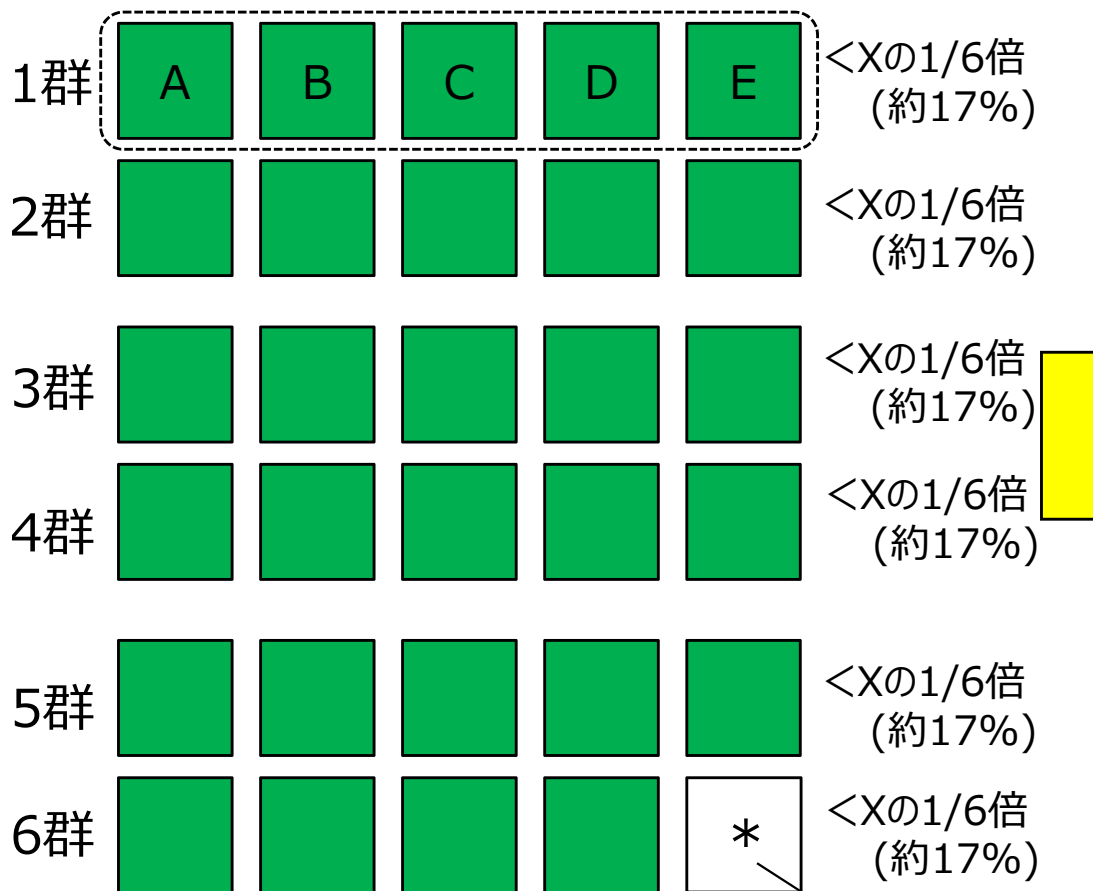
*1 : 6群に埋設可能な本数、放射エネルギーに対する割合

*2 : 許可を受けた放射エネルギーを総埋設本数で除した廃棄体1本あたりの放射エネルギー

変更後の放射エネルギー管理のイメージ

【現行の放射エネルギー管理】

区画別放射エネルギー（合計放射エネルギー）を確実に達成するために、群単位・埋設設備単位で平均的な値を上限として管理。

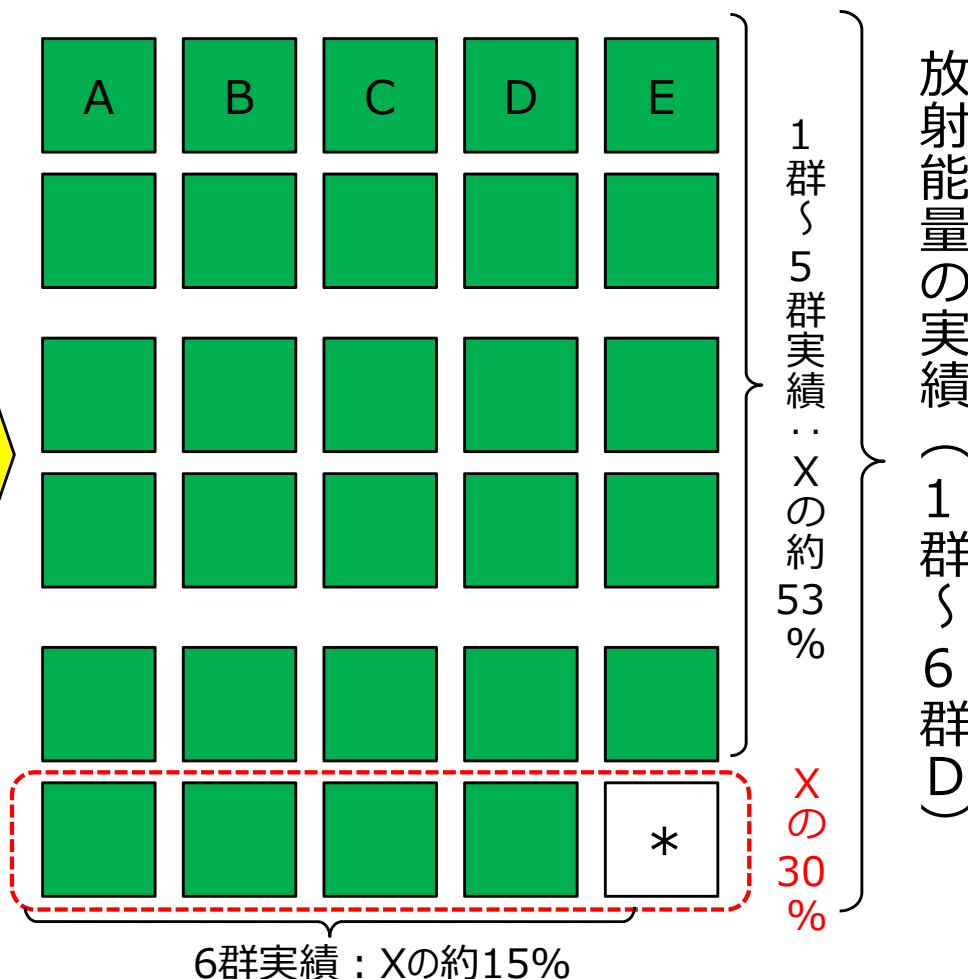


1群から6群の区画別放射エネルギー : X
(1群から6群の合計放射エネルギー)

<math>< X \times 2/30 \text{倍}</math>
(約6.7%)

【変更後の放射エネルギー管理】

これまでの埋設実績を考慮して、区画別放射エネルギーを超えないように6群に適切に上限を定めて管理。



放射エネルギーの実績 (1群～6群D)

* 6E埋設設備には1,600本定置済み

1群から6群の区画別放射能量

放射性物質の種類	最大放射能濃度 (Bq/t)	総放射能量 (Bq)* ¹	区画別放射能量(Bq)* ²			
			1群から6群 (均質・均一固化体)	7,8群 (充填固化体)	8群 (均質・均一固化体)	8群 (セメント破砕物充填固化体)
H-3	3.0×10^{11}	9.9×10^{13}	9.2×10^{13}	1.5×10^{12}	3.1×10^{12}	3.1×10^{12}
C-14	8.5×10^9	2.8×10^{12}	2.5×10^{12}	1.9×10^{11}	8.4×10^{10}	8.4×10^{10}
Cl-36	9.2×10^7	2.9×10^{10}	2.8×10^{10}	2.3×10^5	9.2×10^8	9.2×10^8
Co-60	2.7×10^{12}	9.0×10^{14}	8.3×10^{14}	1.5×10^{13}	2.8×10^{13}	2.8×10^{13}
Ni-59	8.8×10^9	2.7×10^{12}	2.6×10^{12}	4.9×10^9	8.7×10^{10}	8.7×10^{10}
Ni-63	1.1×10^{12}	3.5×10^{14}	3.3×10^{14}	5.4×10^{11}	1.1×10^{13}	1.1×10^{13}
Sr-90	1.6×10^{10}	5.4×10^{12}	5.0×10^{12}	6.5×10^{10}	1.7×10^{11}	1.7×10^{11}
Nb-94	8.5×10^7	2.7×10^{10}	2.5×10^{10}	7.9×10^8	8.3×10^8	8.3×10^8
Tc-99	1.8×10^7	5.9×10^9	5.6×10^9	7.2×10^6	1.9×10^8	1.9×10^8
I-129	2.7×10^5	8.9×10^7	8.3×10^7	8.1×10^5	2.8×10^6	2.8×10^6
Cs-137	1.0×10^{11}	3.3×10^{13}	3.1×10^{13}	7.1×10^{10}	1.0×10^{12}	1.0×10^{12}
アルファ線を放出する放射性物質	5.5×10^8	2.0×10^{11}	1.7×10^{11}	2.3×10^{10}	5.8×10^9	5.8×10^9

*1：1群から8群までの総放射能量は、1群から6群(均質・均一固化体)、7,8群(充填固化体)、8群(均質・均一固化体)及び8群(セメント破砕物充填固化体)の区画別放射能量の合計値を、有効数字2桁(3桁以下切り捨て)で示した値である。

*2：区画別放射能量は、線量評価に用いる値とし、本施設に埋設する廃棄体の種類ごとに設定する。

放射エネルギー管理の変更に伴う 線量評価への影響について

線量評価の概要

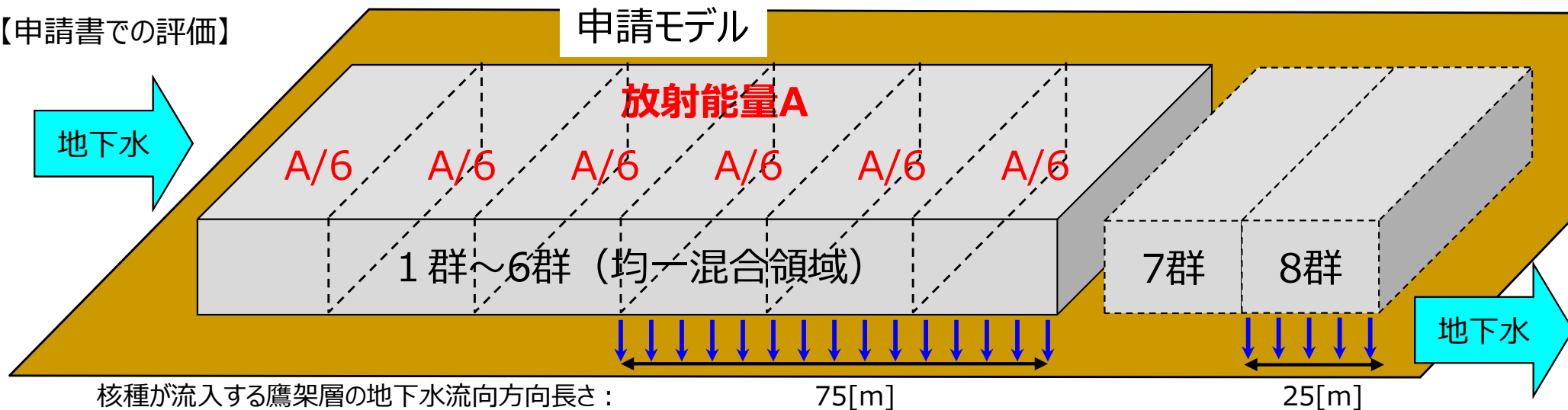


- 1号廃棄物埋設施設の廃止措置の開始前および廃止措置の開始後の線量評価において、廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出に関する評価は、埋設する廃棄体の特性等に応じて分割して評価している。
- 1号廃棄物埋設地の1群から6群は、埋設対象とする廃棄体が同じであるため、1つの領域としてモデル化し、埋設設備内の放射性物質の濃度が均一になるものとしている。
- 放射エネルギーは1群から6群に平均的(均等)に埋設されることを前提としているため、今回の放射エネルギー管理の変更に伴い、6群に放射エネルギーを多く埋設した場合の線量評価を実施した。
- 具体的には、1群から6群を1群から5群と6群とに分割し、放射エネルギーをそれぞれに設定して評価した。なお、放射エネルギーおよび領域を分割することによって影響を受けるパラメータ（例：分配平衡体積、地下水流量など）以外の線量評価パラメータは、事業変更許可時の値※を用いた。

※ 事業変更許可時とアスファルト固化体の本数割合に変更はなく、分配係数の設定値は変わらない。

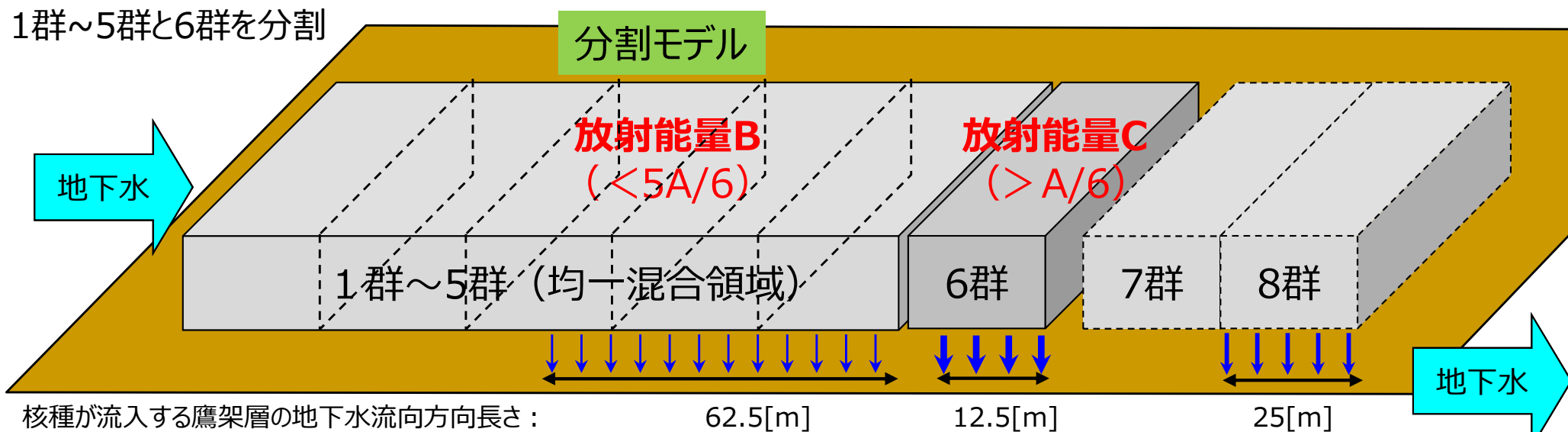
変更後の線量評価のイメージ図

【申請書での評価】

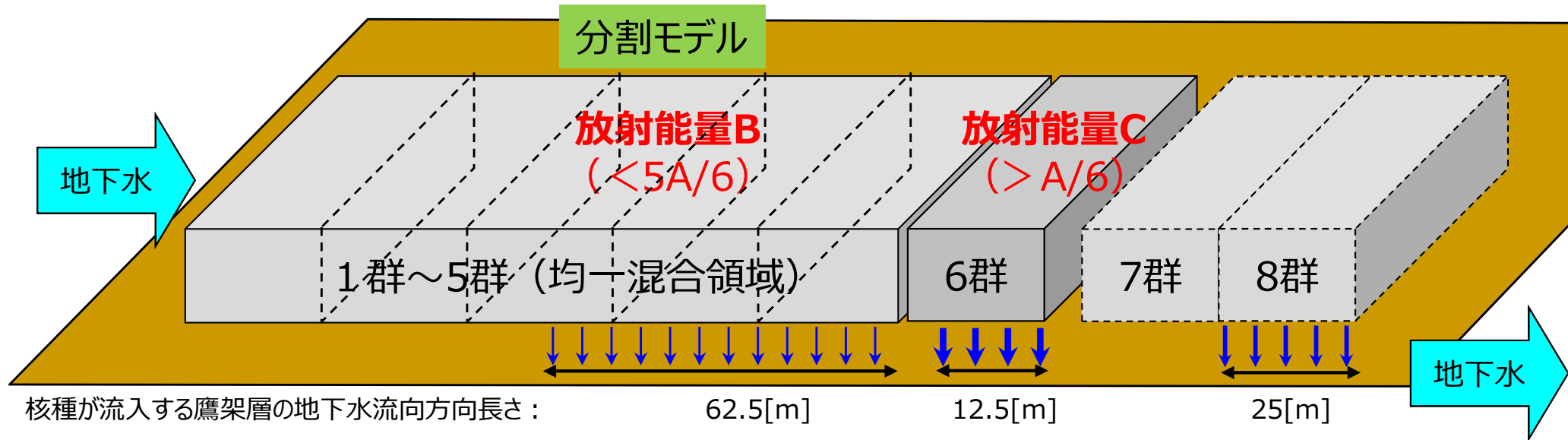


【変更後】

1群~5群と6群を分割

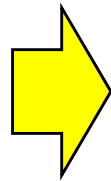


放射エネルギーの設定値



【変更前】

核種	放射エネルギー[Bq]	
	1-6群(A)	1群あたり
H-3	9.20E+13	1.53E+13
C-14	2.50E+12	4.17E+11
Cl-36	2.80E+10	4.67E+09
Co-60	8.30E+14	1.38E+14
Ni-59	2.60E+12	4.33E+11
Ni-63	3.30E+14	5.50E+13
Sr-90	5.00E+12	8.33E+11
Nb-94	2.50E+10	4.17E+09
Tc-99	5.60E+09	9.33E+08
I-129	8.30E+07	1.38E+07
Cs-137	3.10E+13	5.17E+12
全α	1.70E+11	2.83E+10
	100%	16.7%



【変更後】

核種	放射エネルギー[Bq]		
	1-5群(B)	6群(C)	1-6群計
H-3	6.44E+13	2.76E+13	9.20E+13
C-14	1.75E+12	7.50E+11	2.50E+12
Cl-36	1.96E+10	8.40E+09	2.80E+10
Co-60	5.81E+14	2.49E+14	8.30E+14
Ni-59	1.82E+12	7.80E+11	2.60E+12
Ni-63	2.31E+14	9.90E+13	3.30E+14
Sr-90	3.50E+12	1.50E+12	5.00E+12
Nb-94	1.75E+10	7.50E+09	2.50E+10
Tc-99	3.92E+09	1.68E+09	5.60E+09
I-129	5.81E+07	2.49E+07	8.30E+07
Cs-137	2.17E+13	9.30E+12	3.10E+13
全α	1.19E+11	5.10E+10	1.70E+11
	70.0%	30.0%	100%

放射エネルギーB
 $= 0.84 \times (5A/6)$
 $= 0.70A$

放射エネルギーC
 $= 1.8 \times (A/6)$
 $= 0.30A$

$B + C = A$

線量評価結果（その1）



単位：μSv/y

線量評価シナリオ		申請モデル (放射能量変更前) a		分割モデル*1 (放射能量変更後) b		b/a
<廃止措置の開始前> 平常時評価*2	水産物摂取	1.9 (1.835)	145y	1.9 (1.897)	125y	(1.034)
		0.20 (0.1988)	300y	0.20 (0.1987)	300y	(0.999)
<廃止措置の開始後> 最も可能性が高い 自然事象シナリオ						

- ・放射能量変更後では、核種の生活環境への到達が早まるため、平常時評価への影響が大きい
- ・申請書の記載値*3（平常時：約1.9μSv/y、最も可能性が高いシナリオ：約0.20μSv/y）は変わらない

- * 1：分割モデルの評価結果は分割モデルを用いた1-6群の評価値と申請モデルを用いた7-8群の評価値の合算（以降の計算結果も同じ）
- * 2：埋設する廃棄体の最大表面線量当量率(10mSv/h)および埋設設備の最上段に定置する廃棄体の表面線量当量率(2mSv/h)に変更はないため、平常時(操業時)の公衆、放射線業務従事者等への外部被ばく線量への影響はない。
- * 3：申請書の記載値は有効数字3桁目を切り上げた値（以降も同じ）

線量評価結果 (その2)



単位：μSv/y

線量評価シナリオ		申請モデル (放射エネルギー変更前)		分割モデル (放射エネルギー変更後)		b/a
		a		b		
<廃止措置の開始後> 最も厳しい自然事象 シナリオ	漁業従事者	3.3 (3.228)	300 y	3.3 (3.226)	300 y	(0.999)
	農業従事者 (米)	1.8 (1.706)	3,400y	1.8 (1.706)	3,400y	(1.000)
	農業従事者 (米以外)	0.89 (0.8822)	1,000y	0.89 (0.8819)	1,000y	(1.000)
	畜産業従事者	0.66 (0.6556)	1,150y	0.66 (0.6554)	1,150y	(1.000)
	建設業従事者	0.77 (0.7626)	1,200y	0.77 (0.7624)	1,200y	(1.000)
	居住者	0.82 (0.8184)	1,200y	0.82 (0.8182)	1,200y	(1.000)

・申請書の記載値 (漁：3.3μSv/y、農(米)：1.8μSv/y、農(米以外)：0.89μSv/y、畜：0.66μSv/y、建：0.77μSv/y、居：0.82μSv/y) は変わらない

線量評価結果 (その3)



単位：μSv/y

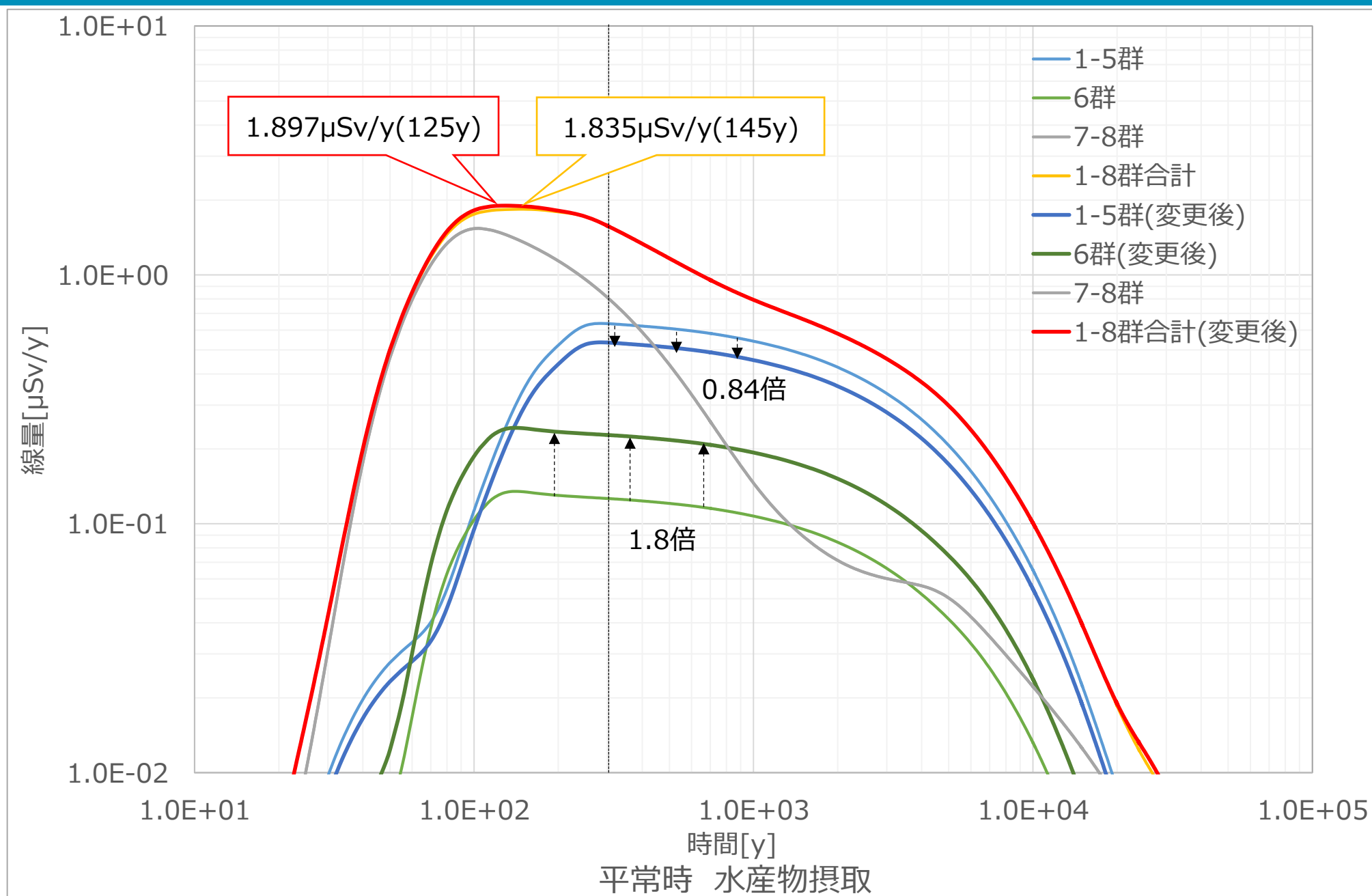
線量評価シナリオ		申請モデル (放射エネルギー変更前)		分割モデル (放射エネルギー変更後)		b/a
		a		b		
<廃止措置の開始後> 人為事象シナリオ	建設業 従事者	5.9 (5.849)	300y	15 ^{*1*2} (14.04)	300y	(2.400)
	居住者	42 (41.88)	300y	100 ^{*1*2} (99.79)	300y	(2.383)

・人為事象シナリオに関しては、最も放射エネルギーが大きい領域を掘削することを想定した場合においても、基準線量(1mSv/y)を下回り、線量は十分に小さく安全性に影響はない

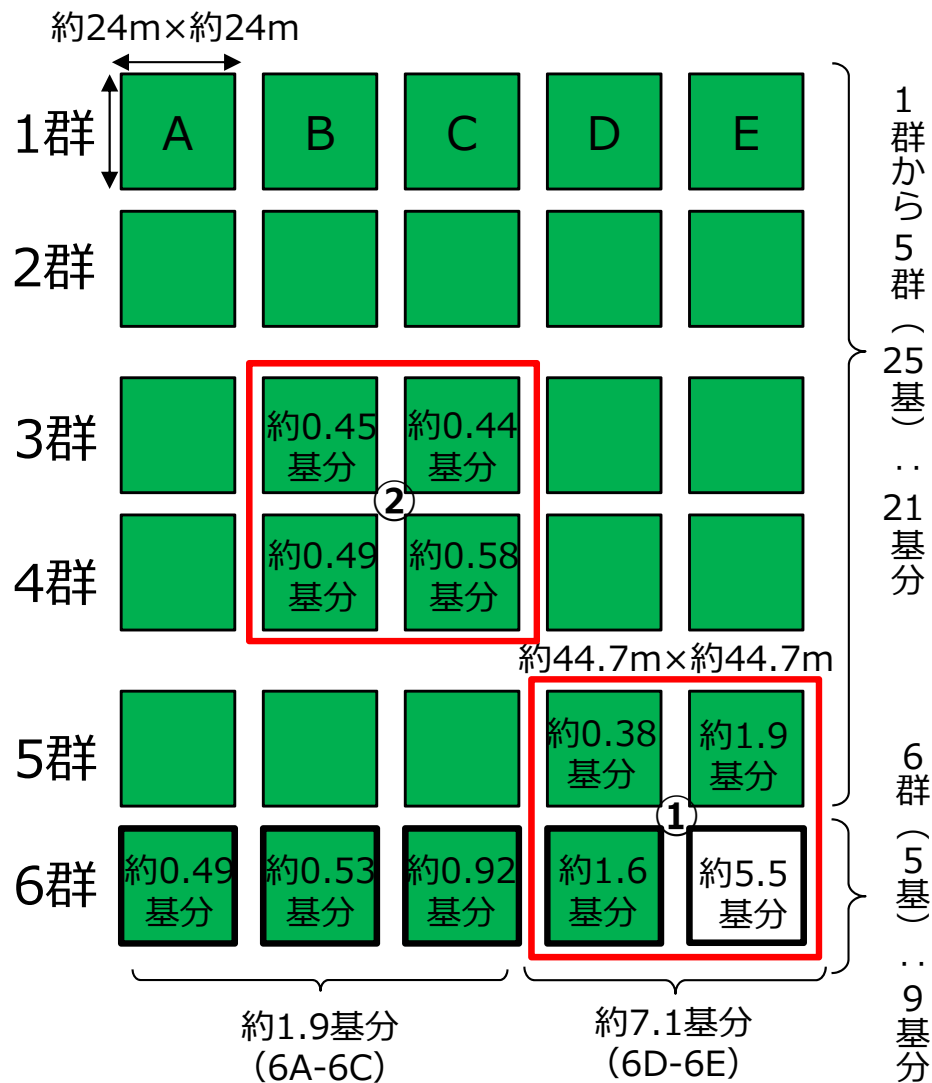
*1:掘削領域の放射エネルギーの比から算定した値。

*2:廃棄物埋設地の掘削によって生じる被ばくは、埋設設備単位の放射エネルギーの影響を受けるが、必ずしも特定の場所(埋設設備)を掘削するとは限らず、掘削する領域によって線量は変わりうるため、公衆の受ける線量は分布を有する。ICRP Pub.43の考え方を参考とすると、局所的に放射能濃度の高い場所を掘削したとしても、その線量が平均的な放射エネルギーで評価した評価値の3倍以内であれば、その評価値の代表性を損なうことはないと考えられる。この考え方は、事業変更許可申請書における線量評価においても参考としている。

平常時評価グラフ



人為事象シナリオにおける掘削領域ごとの放射エネルギー



C-14の放射エネルギーの分布

- 人為事象シナリオでの廃棄物埋設地の大規模な掘削は、底面積2,000m²となるようなオープン掘削を想定しており、およそ埋設設備4基分が掘削される条件となる。
- 領域①（放射エネルギーが大きい領域）および領域②（放射エネルギーが小さい領域）における放射エネルギーは下表のとおりとなり、領域①を掘削した場合、線量は約2.4倍（=9.4基分/4基分）となるが、3倍の範囲である。
- 仮に2.4倍となったとしても、人為事象シナリオの線量は十分に小さく、安全性に影響はない。

	掘削領域の放射エネルギー[Bq]	
	変更前	変更後
領域①	4基分*1(×2倍*2)	約9.4基分*1
領域②	4基分*1(×2倍*2)	約2.0基分*1

*1：1基分の放射エネルギー = 1群から6群の区画別放射エネルギーの1/30

*2：埋設設備ごとに2/30倍の放射エネルギーで管理している

線量評価への影響（まとめ）

- 放射エネルギー管理の変更に伴い、6群に放射エネルギーを多く埋設した場合の1号廃棄物埋設施設の線量評価を実施した結果、事業変更許可申請において実施した線量評価に一部影響があるものの、保守的な条件*1においても許可基準規則に定める線量基準を下回り、十分に線量が小さいことを確認した(下表)。

評価シナリオ		線量[μSv/y]		線量基準	
		放射エネルギー管理変更前	放射エネルギー管理変更後		
廃止措置の開始前 (平常時)	気体廃棄物の放出	約 3.5×10^{-6} *2	— *3	50μSv/y	
	液体廃棄物の放出	約 1.7×10^{-2} *2	— *3		
	廃棄物埋設地からの漏出	約1.9	約1.9		
	直接ガンマ線及びスカイシャイン線	約23 *2	— *4		
(異常時)	廃棄体落下	約 9.0×10^{-5} mSv	— *5	5mSv	
廃止措置の開始後	最も可能性が高い自然事象シナリオ	居住者	約0.20	約0.20	300μSv/y
		最も厳しい自然事象シナリオ	漁業従事者	約3.3	
	農業従事者(米)	約1.8	約1.8		
	農業従事者(米以外)	約0.89	約0.89		
	畜産業従事者	約0.66	約0.66		
	建設業従事者	約0.77	約0.77		
	居住者	約0.82	約0.82		
	人為事象シナリオ	建設業従事者	約5.9	約15 *1	
居住者	約42	約100 *1			

*1：人為事象シナリオにおいて、1号廃棄物埋設地の最も放射エネルギーが大きい領域を掘削することを想定。

*2：1号から3号廃棄物埋設施設の合計値。

*3：気体廃棄物および液体廃棄物の年間放出放射エネルギー量は、埋設放射エネルギーによらず線量告示に示される周辺監視区域外の水中の濃度限度を基に保守的に設定しているため、線量評価への影響はない。

*4：廃棄体の最大表面線量当量率(10mSv/h)および埋設設備の最上段に定置する廃棄体の表面線量当量率(2mSv/h)に変更はないため、線量評価への影響はない。

*5：落下により損傷する廃棄体2本の放射エネルギー濃度は最大放射エネルギー濃度を用いており、最大放射エネルギー濃度に変更はないため、線量評価への影響はない。

各線量評価シナリオの被ばく経路



自然事象シナリオにおける被ばく経路*1

被ばく経路		漁業 従事者	農業 従事者 (米)	農業 従事者 (米以外)	畜産業 従事者	建設業 従事者	居住者*2
水利用	尾駱沼中の水産物の摂取による内部被ばく*3	○	○	○	○	○	○
	沢水を利用して生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく	○	○	○	○	○	○
	沢水を利用する灌漑作業による外部被ばく及び内部被ばく	-	○	-	-	-	-
土地利用	廃棄物埋設地における屋外労働作業による外部被ばく及び内部被ばく	-	-	-	-	○	-
	廃棄物埋設地における居住による外部被ばく及び内部被ばく	○	○	○	○	○	○
	廃棄物埋設地を利用して生産される農耕農産物の摂取による内部被ばく	○	○	○	○	○	○

人為事象シナリオにおける被ばく経路*1

被ばく経路		建設業 従事者	居住者
水利用	廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による覆土の低透水性機能喪失後の廃棄物埋設地から漏出する放射性物質が移行する尾駱沼中の水産物の摂取による内部被ばく	-	○
	廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による覆土の低透水性機能喪失後の廃棄物埋設地から漏出する放射性物質が移行する沢の利用によって生産される灌漑農産物の摂取による内部被ばく	-	○
土地利用	廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業による外部被ばく及び内部被ばく	○	-
	廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壌上での居住による外部被ばく	-	○
	廃棄物埋設地における地下数階を有する建物の建設作業によって発生する土壌上で生産される農耕農産物(家庭菜園)の摂取による内部被ばく	-	○

*1：○：考慮する被ばく経路、-：考慮しない被ばく経路

*2：最も可能性が高いシナリオの評価対象個人は居住者のみ

*3：廃止措置の開始前の評価（平常時評価）において考慮する被ばく経路