

「主要な放射性核種の選定」の概要

平成29年 6 月12日

日本原子力発電株式会社

1. 主要な放射性核種の選定方法(1/2)

基本的考え方

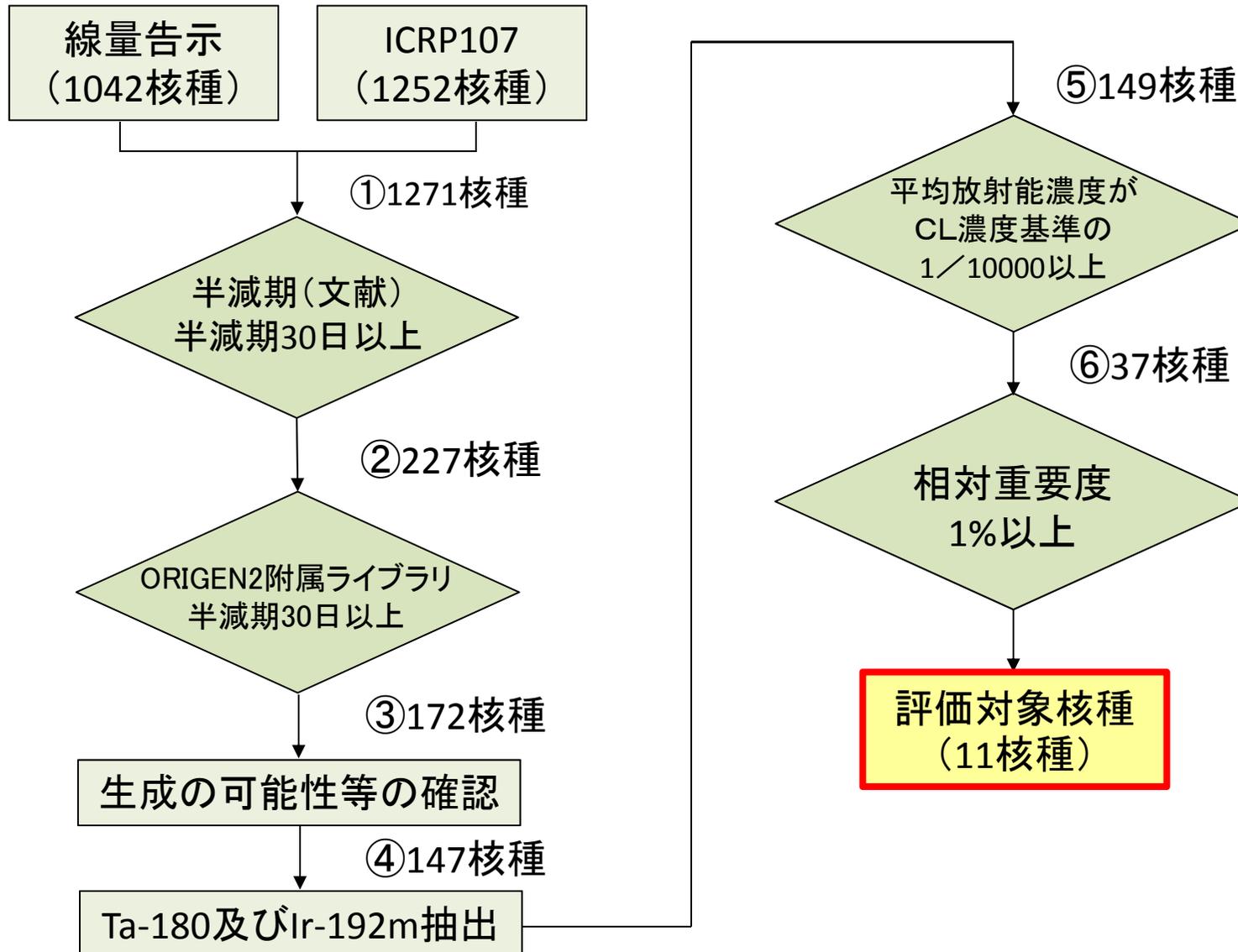
主要な放射性核種は、埋設対象となっている廃棄物中に含まれる放射性核種の中から被ばく線量への寄与の大きい放射性核種を選定する。

選定手順

- (1) 埋設する廃棄物中に含まれていると推定される放射性核種の抽出
- (2) 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定
- (3) 被ばく線量への影響度を用いた核種選定の対象となる放射性核種の抽出
- (4) 被ばく線量への寄与の大きい主要な放射性核種の選定

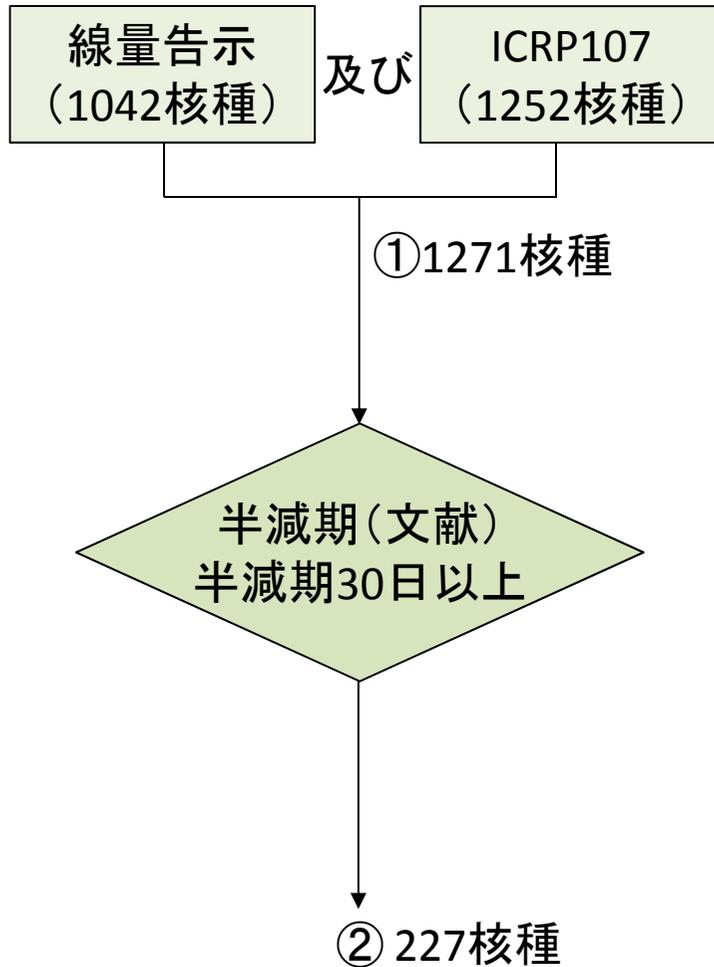


1. 主要な放射性核種の選定方法(2/2)



主要な放射性核種の選定フロー

2. 埋設する廃棄物中に含まれていると推定される放射性核種の抽出(1/4)

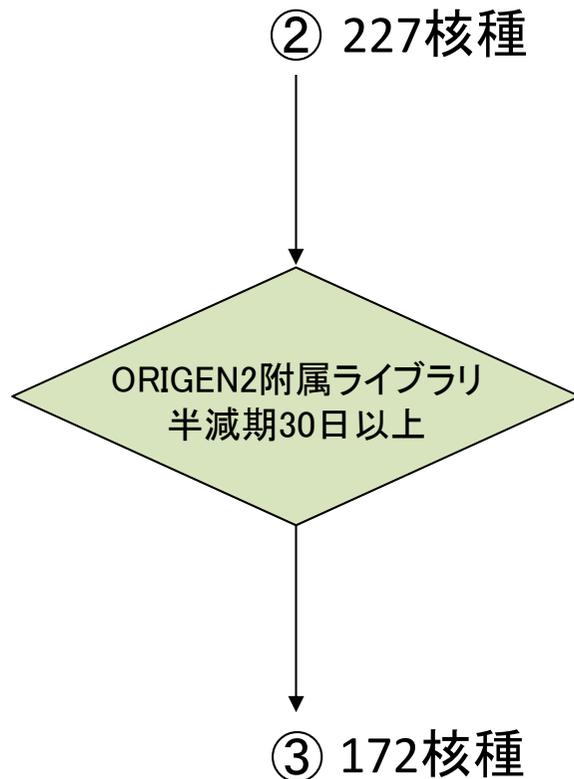


第1表 文献等により抽出した核種

核種数→ 核種↓	1042	1252	1271	227			172		
	線量告示	ICRP107	抽出核種	JENDL/TND-2012等			DECAY.LIB		
				半減期	単位	半減期 >30日	半減期	単位	半減期 >30日
H-3	○	○	○	12.32	—	○	3.897E+08	s	○
Be-7	○	○	○	53.22	—	○	—	—	—
Be-10	①	○	○	1510000	—	○	5.049E+13	s	○
C-10	○	○	○	19.31	—	○	—	—	—
C-11	○	○	○	1223.1	s	—	—	—	—
C-14	○	○	○	5700	y	○	1.808E+11	s	○
N-13	○	○	○	9.965	m	—	5.982E+02	s	—
N-16	○	○	○	7.13	s	—	7.120E+00	s	—
O-14	○	○	○	70.606	s	—	—	—	—
O-15	○	○	○	122.24	s	—	—	—	—
O-19	○	○	○	26.88	s	—	2.900E+01	s	—
F-17	○	○	○	64.49	s	—	—	—	—
F-18	○	○	○	109.77	m	—	—	—	—
Ne-19	○	○	○	17.22	s	—	—	—	—
Ne-24	○	○	○	3.38	m	—	—	—	—
Na-22	○	○	○	2.6027	y	○	8.211E+07	s	○
Na-24	○	○	○	14.997	h	—	5.400E+04	s	—
Mg-27	○	○	○	9.458	m	—	5.677E+02	s	—
Mg-28	○	○	○	20.915	h	—	7.528E+01	s	—
Es-254	○	○	○	273.7	d	○	2.387E+02	d	○
Es-254m	○	○	○	39.3	h	—	3.930E+01	h	—
Es-255	○	○	○	39.8	d	○	3.900E+01	d	○
Es-256	○	○	○	25.4	m	—	—	—	—
Fm-251	○	○	○	5.3	h	—	—	—	—
Fm-252	○	○	○	25.39	h	—	—	—	—
Fm-253	○	○	○	3	d	—	—	—	—
Fm-254	○	○	○	3.24	h	—	—	—	—
Fm-255	○	○	○	20.07	h	—	—	—	—
Fm-256	○	○	○	157.6	m	—	—	—	—
Fm-257	○	○	○	100.5	d	○	—	—	—
Md-257	○	○	○	5.52	h	—	—	—	—
Md-258	○	○	○	51.5	d	○	—	—	—

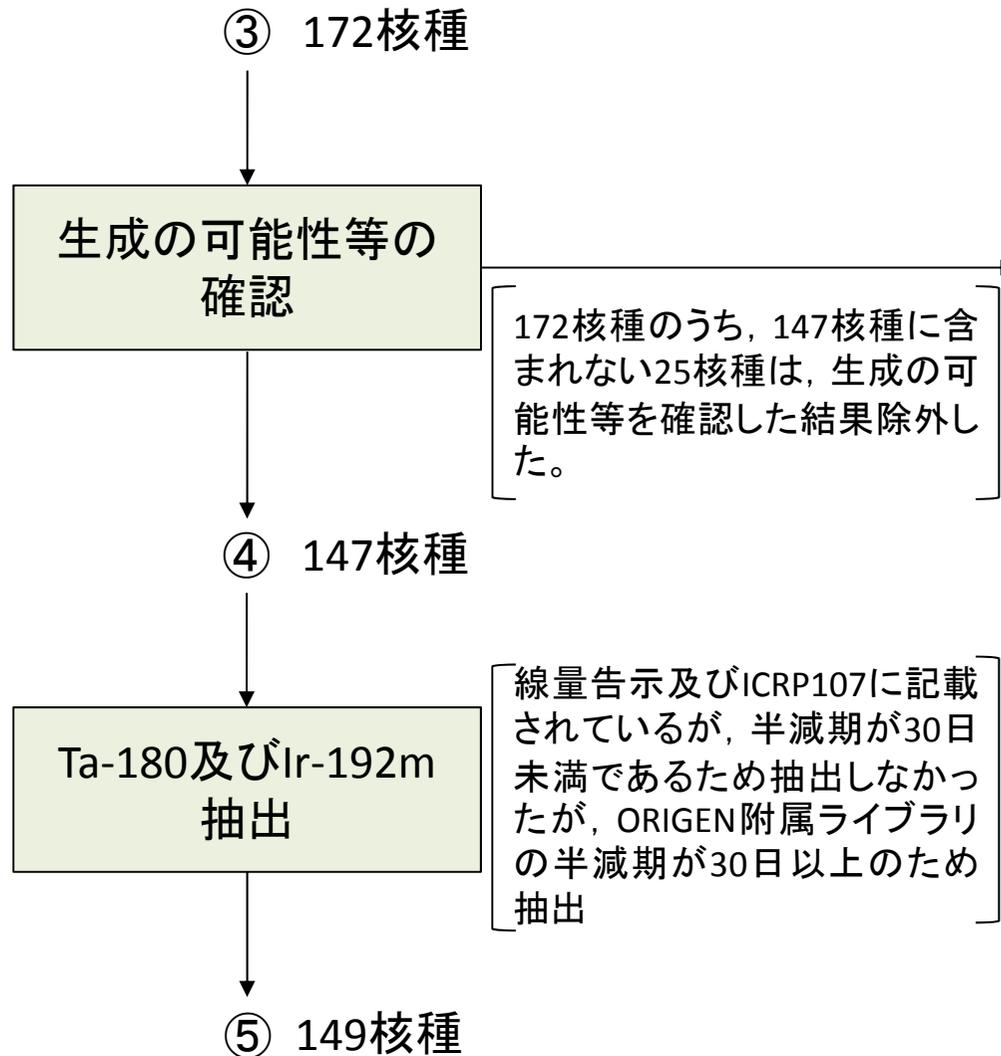
2. 埋設する廃棄物中に含まれていると推定される放射性核種の抽出(2/4)

第1表 文献等により抽出した核種



核種数→ 核種↓	1042	1252	1271	227			172		
	線量 告示	ICRP107	抽出 核種	JENDL/TND-2012等			DECAY.LIB		
				半減期	単位	半減期 >30日	半減期	単位	半減期 >30日
H-3	○	○	○	12.32	y	○	3.897E+08	s	○
Be-7	○	○	○	53.22	d	○			
Be-10	○	○	○	1510000	y	○	5.049E+13	s	○
C-10	○	○	○	19.31	s	○			
C-11	○	○	○	1223.1	s	○			
C-14	○	○	○	5700	y	○	1.808E+11	s	○
N-13	○	○	○	9.965	s	○	5.982E+02	s	○
N-16	○	○	○	7.13	s	○	7.120E+00	s	○
O-14	○	○	○	70.606	s	○			
O-15	○	○	○	122.24	s	○			
O-19	○	○	○	26.88	s	○	2.900E+01	s	○
F-17	○	○	○	64.49	s	○			
F-18	○	○	○	109.77	m	○			
Ne-19	○	○	○	17.22	s	○			
Ne-24	○	○	○	3.38	m	○			
Na-22	○	○	○	2.6027	y	○	8.211E+07	s	○
Na-24	○	○	○	14.997	h	○	5.400E+04	s	○
Mg-27	○	○	○	9.458	m	○	5.677E+02	s	○
Mg-28	○	○	○	20.915	h	○	7.528E+04	s	○
Es-254	○	○	○	275.7	d	○	2.797E+02	d	○
Es-254m	○	○	○	39.3	h	○	3.930E+01	h	○
Es-255	○	○	○	39.8	d	○	3.900E+01	d	○
Es-256	○	○	○	25.4	m	○			
Fm-251	○	○	○	5.3	h	○			
Fm-252	○	○	○	25.39	h	○			
Fm-253	○	○	○	3	d	○			
Fm-254	○	○	○	3.24	h	○			
Fm-255	○	○	○	20.07	h	○			
Fm-256	○	○	○	157.6	m	○			
Fm-257	○	○	○	100.5	d	○			
Md-257	○	○	○	5.52	h	○			
Md-258	○	○	○	51.5	d	○			

2. 埋設する廃棄物中に含まれていると推定される放射性核種の抽出(3/4)



第2表 25核種の生成可能性等の確認結果

	核種	半減期(年)	確認結果
1	Na-22	2.60×10^0	生成量が少ない
2	Ar-37	9.60×10^{-2}	希ガス核種 ^{※1}
3	Ar-39	2.69×10^2	希ガス核種 ^{※1}
4	Ar-42	3.29×10^1	希ガス核種 ^{※1}
5	V-49	9.04×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
6	V-50	1.40×10^{17}	超長半減期核種
7	Kr-81	2.29×10^5	希ガス核種 ^{※1}
8	Kr-85	1.08×10^1	希ガス核種 ^{※1}
9	Nb-91	6.80×10^2	生成量が少ない
10	Tc-97	2.60×10^6	生成量が少ない
11	Tc-97m	2.47×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
12	Te-123	9.20×10^{16}	超長半減期核種
13	I-125	1.64×10^{-1}	希ガス親核種(Xe-125)の娘核種 ^{※1}
14	Xe-127	9.98×10^{-2}	希ガス核種 ^{※1}
15	Pm-146	5.53×10^0	生成量が少ない
16	Eu-149	2.55×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
17	Eu-150	3.69×10^1	生成量が少ない
18	Os-185	2.58×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
19	Np-235	1.09×10^0	生成量が少なくかつ半減期が約1年
20	Pu-237	1.25×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
21	Cm-241	9.86×10^{-2}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
22	Bk-249	8.77×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
23	Cf-254	1.66×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
24	Es-254	7.55×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満
25	Es-255	1.07×10^{-1}	生成量が少なくかつ半減期が1年未満

※1 廃棄物中に有意に残留することはないため除外した。



2. 埋設する廃棄物中に含まれていると推定される放射性核種の抽出(4/4)

⑤埋設する廃棄物中に含まれていると推定される149核種

No.	核種	No.	核種	No.	核種	No.	核種	No.	核種	No.	核種
1	H-3	26	Zr-93	51	Sb-125	76	Eu-152	101	Ir-192	126	Np-236
2	Be-10	27	Zr-95	52	Te-121m	77	Eu-154	102	Ir-192m	127	Np-237
3	C-14	28	Nb-93m	53	Te-123m	78	Eu-155	103	Pt-190	128	Pu-236
4	Si-32	29	Nb-94	54	Te-125m	79	Gd-152	104	Pt-193	129	Pu-238
5	S-35	30	Nb-95	55	Te-127m	80	Gd-153	105	Hg-203	130	Pu-239
6	Cl-36	31	Mo-93	56	Te-129m	81	Tb-157	106	Tl-204	131	Pu-240
7	K-40	32	Tc-98	57	I-129	82	Tb-160	107	Pb-205	132	Pu-241
8	Ca-41	33	Tc-99	58	Cs-134	83	Dy-159	108	Pb-210	133	Pu-242
9	Ca-45	34	Ru-103	59	Cs-135	84	Ho-163	109	Bi-208	134	Pu-244
10	Sc-46	35	Ru-106	60	Cs-137	85	Ho-166m	110	Bi-210m	135	Am-241
11	Mn-54	36	Rh-102	61	Ba-133	86	Tm-170	111	Po-210	136	Am-242m
12	Fe-55	37	Pd-107	62	La-137	87	Tm-171	112	Ra-226	137	Am-243
13	Fe-59	38	Ag-108m	63	La-138	88	Yb-169	113	Ra-228	138	Cm-242
14	Co-58	39	Ag-110m	64	Ce-139	89	Lu-176	114	Ac-227	139	Cm-243
15	Co-60	40	Cd-109	65	Ce-141	90	Lu-177m	115	Th-228	140	Cm-244
16	Ni-59	41	Cd-113m	66	Ce-144	91	Hf-175	116	Th-229	141	Cm-245
17	Ni-63	42	Cd-115m	67	Nd-144	92	Hf-181	117	Th-230	142	Cm-246
18	Zn-65	43	In-114m	68	Pm-145	93	Hf-182	118	Th-232	143	Cm-247
19	Se-75	44	In-115	69	Pm-147	94	Ta-180	119	Pa-231	144	Cm-248
20	Se-79	45	Sn-113	70	Pm-148m	95	Ta-182	120	U-232	145	Cm-250
21	Rb-87	46	Sn-119m	71	Sm-145	96	W-181	121	U-233	146	Cf-249
22	Sr-85	47	Sn-121m	72	Sm-146	97	W-185	122	U-234	147	Cf-250
23	Sr-89	48	Sn-123	73	Sm-147	98	W-188	123	U-235	148	Cf-251
24	Sr-90	49	Sn-126	74	Sm-148	99	Re-187	124	U-236	149	Cf-252
25	Y-91	50	Sb-124	75	Sm-151	100	Os-194	125	U-238		



3. 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定(1/8)

東海発電所の廃止措置により発生する廃棄物は、「東海発電所廃止措置計画認可申請書」(平成25年3月8日認可, 以下「廃止措置計画書」という。)において, 残存放射性物質の放射エネルギー及び物量を評価している。

この放射エネルギーを原子炉停止から埋設までの期間を考慮した時点である原子炉停止20年後に減衰補正し, 埋設する廃棄物中の放射エネルギー及び物量を核種ごとに評価した。

埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定

3. 1 埋設する廃棄物の性状
3. 2 埋設する廃棄物の数量
3. 3 埋設する廃棄物中の放射エネルギーの評価
3. 4 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定



3. 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定(2/8)

3.1 埋設する廃棄物の性状

東海発電所の廃止措置により発生する固体状の廃棄物であって、放射化又は汚染された金属及びコンクリートである。

3.2 埋設する廃棄物の数量

1) 金属

機器や配管等の解体撤去等に伴って発生する約6,100tの廃棄物であり、鉄箱に封入する。

2) コンクリートブロック

建屋の解体に伴って発生する約9,400tのコンクリート廃棄物であり、プラスチックシートに梱包する。

3) コンクリートガラ

コンクリートのはつり等に伴い発生する約500tのコンクリートの破片等であり、フレキシブルコンテナに封入する。



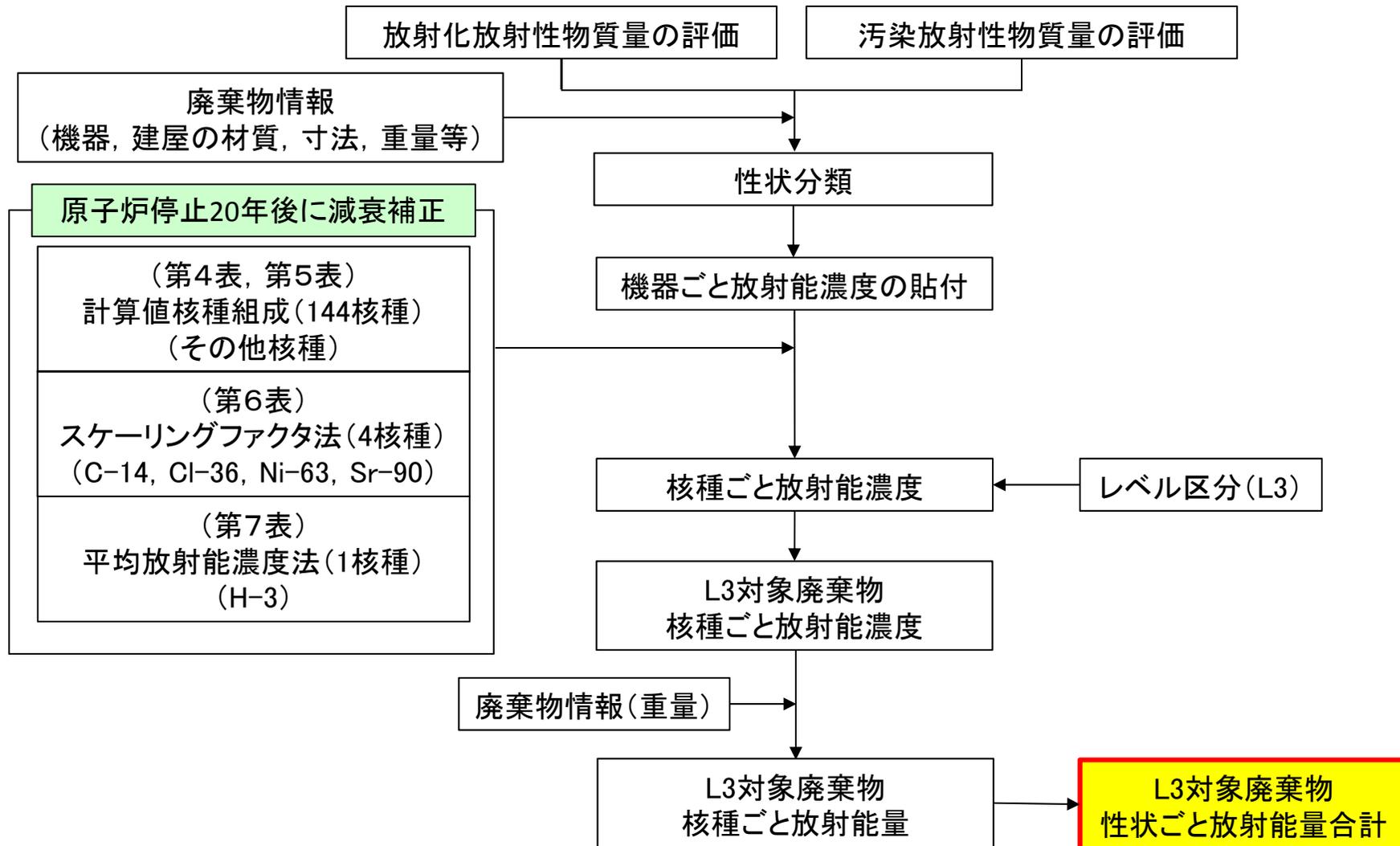
3. 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定(3/8)

3.3 埋設する廃棄物中の放射エネルギーの評価

廃棄物の性状ごとの放射エネルギーを合計した。基本的には「廃止措置計画書」を基に設定した核種組成比を使用し、埋設する廃棄物中の放射エネルギーを計算しているが、将来の放射能測定の際にスケーリングファクタ法あるいは平均放射能濃度法を適用されることが想定される核種については、現時点における最新値を用いて評価した。なお、スケーリングファクタ法及び平均放射能濃度法は、原子炉冷却材等で汚染された金属及びコンクリートについて適用した。



3. 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定(4/8)





3. 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定(5/8)

第4表 放射化の放射性核種組成比(原子炉停止20年後)

	核種	炭素鋼	ステンレス鋼	アルミニウム	コンクリート
1	B e - 10	6.2×10^{-10}	3.2×10^{-11}	2.3×10^{-08}	7.3×10^{-10}
2	S i - 32	4.5×10^{-13}	9.4×10^{-14}	1.6×10^{-18}	6.6×10^{-14}
3	S - 35	0.0	9.4×10^{-24}	0.0	4.8×10^{-21}
4	K - 40	3.7×10^{-12}	5.8×10^{-12}	2.3×10^{-09}	4.2×10^{-05}
5	C a - 41	3.7×10^{-09}	1.6×10^{-08}	1.0×10^{-06}	3.7×10^{-03}
6	C a - 45	0.0	0.0	0.0	1.8×10^{-13}
7	S c - 46	0.0	0.0	0.0	2.4×10^{-21}
8	M n - 54	1.6×10^{-08}	9.4×10^{-10}	2.3×10^{-09}	3.1×10^{-10}
9	F e - 55	5.3×10^{-01}	3.0×10^{-02}	7.4×10^{-02}	1.2×10^{-02}
142	C f - 250	0.0	0.0	0.0	0.0
143	C f - 251	0.0	0.0	0.0	0.0
144	C f - 252	0.0	0.0	0.0	0.0



3. 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定(6/8)

第5表 汚染の放射性核種組成比(原子炉停止20年後)

	核種	ガス系金属	ガス系コンクリート	廃液系金属及び 廃液系コンクリート
1	B e -10	3.0×10^{-05}	1.6×10^{-05}	1.9×10^{-07}
2	S i -32	1.8×10^{-10}	9.3×10^{-11}	1.1×10^{-12}
3	S -35	1.6×10^{-21}	8.3×10^{-22}	1.0×10^{-23}
4	K -40	7.6×10^{-09}	4.0×10^{-09}	4.8×10^{-11}
5	C a -41	1.1×10^{-03}	5.8×10^{-04}	7.0×10^{-06}
6	C a -45	8.1×10^{-15}	4.3×10^{-15}	5.2×10^{-17}
7	S c -46	3.8×10^{-23}	2.0×10^{-23}	2.5×10^{-25}
8	M n -54	1.0×10^{-08}	5.4×10^{-09}	6.5×10^{-11}
9	F e -55	6.8×10^{-02}	3.6×10^{-02}	4.3×10^{-04}
142	C f -250	1.8×10^{-13}	9.7×10^{-14}	6.2×10^{-15}
143	C f 251	1.8×10^{-15}	9.4×10^{-16}	4.8×10^{-17}
144	C f -252	8.1×10^{-15}	4.3×10^{-15}	9.4×10^{-17}



3. 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定(7/8)

第6表 スケーリングファクタ(原子炉停止20年後)

対象核種/key 核種	スケーリングファクタ
C-14/Co-60	3.6
Cl-36/Co-60	2.0×10^2
Ni-63/Co-60	9.5
Sr-90/Cs-137	1.9

第7表 平均放射能濃度(原子炉停止20年後)

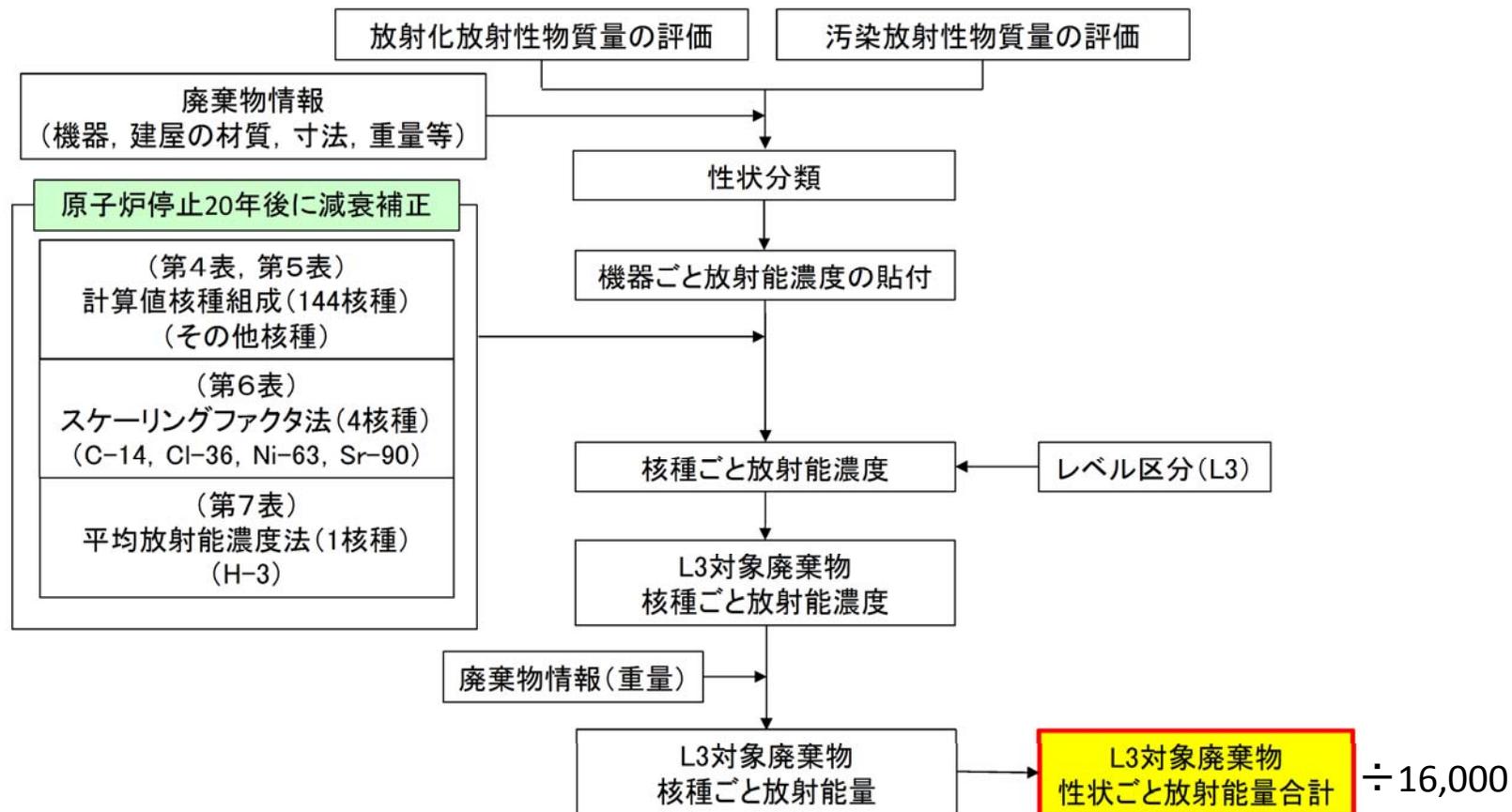
廃棄物の性状		H-3 平均放射能濃度 (Bq/t)
ガス系	金属	7.5×10^7
	コンクリート	1.1×10^6
廃液系	金属/コンクリート	2.0×10^5



3. 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定(8/8)

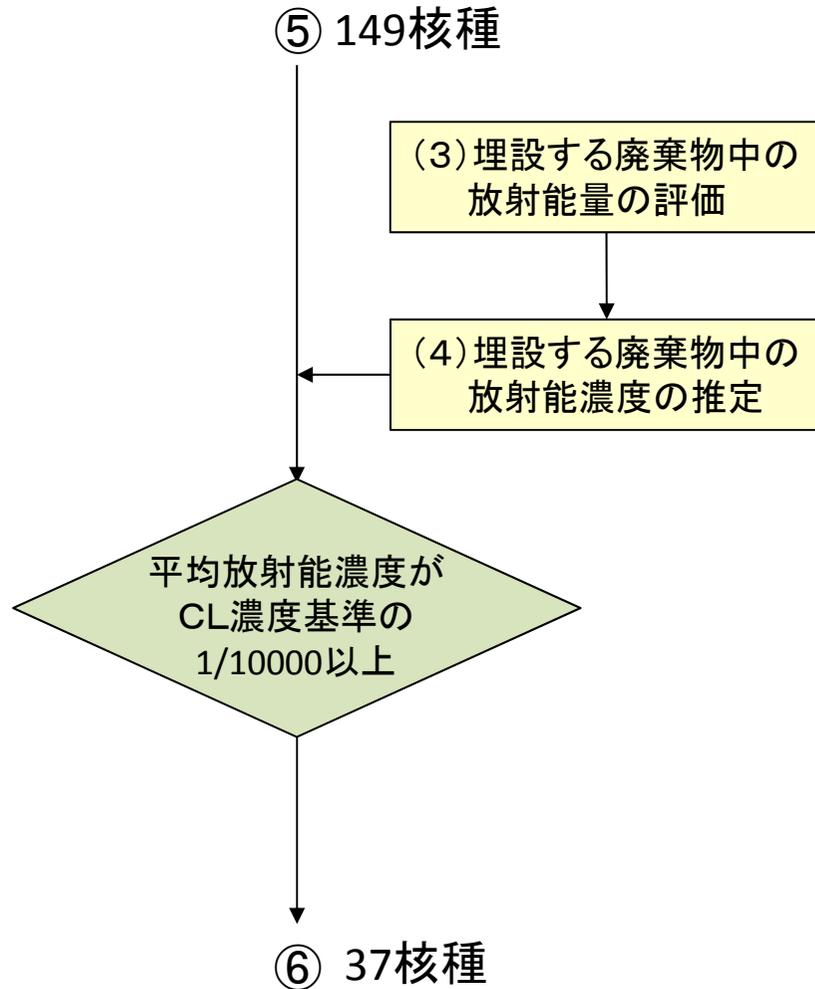
3.4 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定

3.3にて廃棄物の性状ごとに計算した核種ごとの放射エネルギーを最大廃棄重量の16,000tで除して核種ごとの放射能濃度を算出した。



4. 被ばく線量への影響度を用いた核種選定の対象となる放射性核種の抽出(1/2)

第3表 埋設する廃棄物中の放射能濃度の推定結果等



NO	核種	放射能量(Bq)	CL濃度基準 (Bq/g)			放射能濃度(D) (Bq/g)	D/C	D/Cが0.0001以上
			法令※1	IAEA※2	評価に使用する値(C)			
1	H-3	1.1E+12	100	100	100	7.0E+01	7.0E-01	○
⑤	③	③	③	③	③	④	④	⑥
5	S-35	3.6E-09		100	100	2.3E-19	2.3E-21	○
6	Cl-36	3.8E+10	1	1	1	2.4E+00	2.4E+00	○
7	K-40	3.2E+07		10	10	2.0E-03	2.0E-04	○
8	Ca-41	2.8E+09	100		100	1.7E-01	1.7E-03	○
9	Ca-45	1.3E-01		100	100	8.2E-12	8.2E-14	○
10	Sc-46	1.8E-09	0.1	0.1	0.1	1.1E-19	1.1E-18	○
11	Mn-54	5.0E+03	0.1	0.1	0.1	3.1E-07	3.1E-06	○
12	Fe-55	1.6E+11	1000	1000	1000	9.8E+00	9.8E-03	○
13	Fe-59	1.8E-38	1	1	1	1.2E-48	1.2E-48	○
14	Co-58	7.9E-23	1	1	1	4.9E-33	4.9E-33	○
15	Co-60	1.0E+11	0.1	0.1	0.1	6.6E+01	6.6E+01	○
16	Ni-59	3.5E+08	100	100	100	2.2E-02	2.2E-04	○
17	Ni-63	5.5E+10	100	100	100	3.4E+00	3.4E-02	○
18	Zn-65	6.1E+01	0.1	0.1	0.1	3.8E-09	3.8E-08	○
126	Np-236	6.6E-04			0.1	4.3E-14	4.3E-14	○
127	Np-237	1.4E+03		1	1	8.7E-08	8.7E-08	○
128	Pu-236	4.5E-01		1	1	2.8E-11	2.8E-11	○
129	Pu-238	4.6E+06		0.1	0.1	2.9E-04	2.9E-03	○
130	Pu-239	1.3E+07	0.1	0.1	0.1	8.4E-04	8.4E-03	○
131	Pu-240	1.1E+07		0.1	0.1	7.0E-04	7.0E-03	○
132	Pu-241	3.8E+08	10	10	10	2.4E-02	2.4E-03	○
133	Pu-242	5.6E+03		0.1	0.1	3.5E-07	3.5E-06	○
134	Pu-244	9.3E-05		0.1	0.1	5.8E-15	5.8E-14	○
135	Am-241	2.2E+07	0.1	0.1	0.1	1.4E-03	1.4E-02	○
136	Am-242m	1.2E+05		0.1	0.1	7.8E-06	7.8E-05	○
137	Am-243	1.3E+04		0.1	0.1	8.1E-07	8.1E-06	○
138	Cm-242	9.3E+04		10	10	5.8E-06	5.8E-07	○
139	Cm-243	8.0E+03		1	1	5.0E-07	5.0E-07	○
140	Cm-244	2.0E+05		1	1	1.2E-05	1.2E-05	○
141	Cm-245	7.3E+00		0.1	0.1	4.6E-10	4.6E-09	○
142	Cm-246	7.0E+00		0.1	0.1	4.4E-10	4.4E-09	○
143	Cm-247	1.5E-05		0.1	0.1	9.2E-16	9.2E-15	○
144	Cm-248	1.1E-04		0.1	0.1	6.7E-15	6.7E-14	○
145	Cm-250	2.9E-12			0.1	1.8E-22	1.8E-21	○
146	Cf-249	4.3E-04		0.1	0.1	2.7E-14	2.7E-13	○
147	Cf-250	2.0E-03		1	1	1.3E-13	1.3E-13	○
148	Cf-251	2.0E-05		0.1	0.1	1.3E-15	1.3E-14	○
149	Cf-252	8.8E-05		1	1	5.5E-15	5.5E-15	○

※1: 「製錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則」

※2: 「IAEA SAFETY GUIDE Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance」



4. 被ばく線量への影響度を用いた核種選定の対象となる放射性核種の抽出(2/2)

第8表 選定した37核種

	核種		核種
1	H-3	20	Cs-137
2	Be-10	21	Ba-133
3	C-14	22	Pm-145
4	Cl-36	23	Eu-152
5	K-40	24	Eu-154
6	Ca-41	25	Eu-155
7	Fe-55	26	Tb-157
8	Co-60	27	Ho-163
9	Ni-59	28	Ho-166m
10	Ni-63	29	Ir-192
11	Rb-87	30	Ir-192m
12	Sr-90	31	Pt-193
13	Zr-93	32	Tl-204
14	Nb-93m	33	Pu-238
15	Nb-94	34	Pu-239
16	Ag-108m	35	Pu-240
17	Cd-113m	36	Pu-241
18	Sb-125	37	Am-241
19	Cs-134		

5. 被ばく線量への寄与の大きい主要な放射性核種の選定

5.1 代表的な線量評価シナリオ

第9表 核種選定に使用した線量評価シナリオ(1/2)

被ばく経路	線量評価シナリオ		核種選定対象	基本シナリオからの変更パラメータ	
地下水	海産物摂取	基本	○	—	
		変動	○	—	
		自然	液状化浸漬	※1	浸透水量
			津波浸漬	※1	浸透水量 帯水層の厚さ
	海岸活動	基本	○	—	
		変動	○	—	
		自然	液状化浸漬	※1	浸透水量
			津波浸漬	※1	浸透水量 帯水層の厚さ
	井戸水飲用摂取	人為	井戸水利用	○	—

※1 核種に依存するパラメータが同一であるため、選定された被ばく経路(基本シナリオ)と相対重要度が同一である。

5. 被ばく線量への寄与の大きい主要な放射性核種の選定

第9表 核種選定に使用した線量評価シナリオ(2/2)

被ばく経路	線量評価シナリオ		核種選定対象	基本シナリオからの変更パラメータ	
土地利用	建設	基本	○	—	
		変動	全量掘削	※1	希釈係数
		自然	覆土喪失	※1	希釈係数
	居住	基本		○	—
		変動	全量掘削	※1	希釈係数
		自然	覆土喪失	※1	希釈係数
	家庭菜園	基本		○	—
		変動	全量掘削	※1	希釈係数
		自然	覆土喪失	※1	希釈係数
	農産物摂取	人為	跡地利用	※1	根からの吸収割合 市場係数
	畜産物摂取			○	—
	公園	基本		※2	—
		自然	覆土喪失	※2	—
	廃棄物露呈	自然		※2, ※3	—

※1 核種に依存するパラメータが同一であるため、選定された被ばく経路(基本シナリオ)と相対重要度が同一である。

※2 被ばくに寄与する核種の組成が同じであるため居住シナリオで代表できる。

※3 評価時期が居住シナリオと違うため必然的に長半減期核種の相対重要度が高くなるが被ばく線量に寄与する核種の放射エネルギーの減衰により被ばく線量は低くなることから主要な放射性核種の選定シナリオの対象外とした。



5. 被ばく線量への寄与の大きい主要な放射性核種の選定

5.2 線量評価に用いた評価式及びパラメータ

線量評価に用いた評価式

「東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請書」添付書類六の「5.3 線量評価」で使用した評価式と同一とした。

核種に依存しない共通的なパラメータ

「東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請書」添付書類六の「5.3 線量評価」で使用したパラメータと同一とした。



5. 被ばく線量への寄与の大きい主要な放射性核種の選定

5.2 線量評価に用いた評価式及びパラメータ

核種に依存するパラメータ

◎半減期

・「Masakazu NAMEKAWA, Tokio FUKAHORI eds.(2012): Tables of Nuclear Data(JENDL/TND-2012), JAEA-Data/Code 2012-014」

◎内部被ばく線量換算係数, 濃縮係数, 移行係数等

・「一般社団法人日本原子力学会(2014): 浅地中トレンチ処分の安全評価手法:2013, 日本原子力学会標準」

◎外部被ばく線量換算係数

・点減衰核積分法コード(QAD-CGGP2R)

◎分配係数

・「International Atomic Energy Agency(2010): Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments, IAEA TECHNICAL REPORTS SERIES No.472」,

・「International Atomic Energy Agency(2009): Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments, IAEA-TECDOC-1616」

・分配係数取得試験の結果

・「財団法人産業創造研究所(1996): 易溶性核種の挙動及びアスファルトの微生物分解挙動に関する研究(Ⅲ), PNC-TJ 1564 96-001, 動力炉・核燃料開発事業団 研究委託内容報告書」

・「加藤正平・梁瀬芳晃(1993): 海岸土壌及びコンクリート粉に対するコンクリート廃棄物中放射性核種の分配係数, JAERI-M 93-113」

・「D. Haigh, J.J.W. Higgo, G.M. Williams, P.J. Hooker, C.A.M. Ross, W.E. Falck, M.A. Allen, P. Warwick(1991): The effect of organics on the sorption of strontium, caesium, iodine, neptunium, uranium and europium by glacial sand, EUR 13519, Topical report, Nuclear Science and Technology」

・「International Atomic Energy Agency(1987): Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control-INTERIM REPORT, IAEA-TECDOC-401」

・「International Atomic Energy Agency(1998): Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research, IAEA-TECDOC-1000」

・「C. F. Baes III, R. D. Sharp, A. L. Sjoreen, R. W. Shor(1984): A Review and Analysis of Parameters for Assessing Transport of Environmentally Released Radionuclides through Agriculture, ORNL-5786」

5. 被ばく線量への寄与の大きい主要な放射性核種の選定

5.3 線量評価結果の相対的評価

第10表 線量評価シナリオごとの線量評価結果

■: 各シナリオにおける最大線量

核種	被ばく線量(μSv/y)									
	地下水					跡地				
	海産物摂取 基本	海産物摂取 変動	海岸活動 基本	海岸活動 変動	井戸水飲用 人為	建設 基本	居住 基本	家庭菜園 基本	畜産物 人為	
H-3	1.632E-03	3.948E-03	8.613E-09	2.084E-08	1.578E+00	5.383E-06	0.000E+00	2.151E-02	2.355E-01	
Be-10	4.931E-09	1.123E-07	4.611E-12	1.050E-10	1.555E-05	5.246E-08	3.501E-10	2.667E-08	3.658E-08	
C-14	5.969E-01	6.050E+00	3.408E-09	3.454E-08	5.989E+00	4.521E-05	2.694E-09	2.705E-02	2.884E-01	
Cl-36	2.855E-05	1.625E-04	3.344E-07	1.903E-06	2.447E+01	1.014E-02	3.391E-04	1.260E+00	9.609E+01	
K-40	2.488E-03	3.548E-02	6.684E-05	9.529E-04	1.887E-01	2.884E-03	5.053E-04	5.660E-05	1.757E-03	
Ca-41	5.138E-06	7.011E-05	1.177E-09	1.606E-08	5.297E-01	5.854E-07	0.000E+00	1.327E-03	1.982E-02	
Fe-55	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.318E-07	4.043E-10	1.044E-16	1.193E-09	8.997E-08	
Co-60	0.000E+00	7.209E-17	0.000E+00	1.518E-16	1.042E-03	2.181E-01	3.926E-02	2.999E-04	1.036E-02	
Ni-59	2.311E-06	5.304E-05	1.244E-09	2.855E-08	1.999E-03	3.321E-06	2.347E-07	4.850E-05	2.341E-03	
Ni-63	1.580E-08	7.863E-03	2.909E-13	1.448E-07	1.423E-01	3.208E-05	4.272E-13	1.248E-02	6.025E-01	
Rb-87	4.828E-08	1.058E-08	1.736E-13	3.803E-12	5.467E-04	2.123E-08	4.682E-11	4.707E-06	4.040E-04	
Sr-90	8.360E-06	2.209E-03	4.645E-09	1.227E-06	8.355E+00	1.427E-03	7.503E-05	2.788E-02	4.560E-01	
Zr-93	7.608E-05	1.639E-03	4.055E-08	8.734E-07	6.828E-02	3.728E-06	2.265E-15	1.883E-06	3.029E-06	
Nb-93m	0.000E+00	1.617E-09	0.000E+00	1.149E-12	1.085E-05	1.946E-08	0.000E+00	1.692E-07	4.707E-09	
Nb-94	6.250E-08	1.565E-06	3.951E-07	9.891E-06	2.635E-04	2.588E-03	3.146E-04	3.268E-07	9.091E-09	
Ag-108m	2.235E-07	9.467E-05	4.770E-08	2.021E-05	1.443E-03	1.363E-02	1.062E-03	2.114E-06	7.804E-06	
Cd-113m	0.000E+00	1.018E-07	0.000E+00	1.578E-11	3.615E-06	4.382E-09	2.201E-11	1.195E-06	1.825E-05	
Sb-125	0.000E+00	1.779E-08	0.000E+00	3.574E-09	1.399E-09	7.179E-10	4.402E-11	2.831E-14	2.665E-13	
Cs-134	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	6.778E-12	6.598E-10	7.036E-11	3.968E-12	3.216E-10	
Cs-137	0.000E+00	4.375E-10	0.000E+00	1.197E-09	1.594E-03	7.064E-02	4.951E-03	8.914E-04	7.225E-02	
Ba-113	6.718E-05	5.109E-04	6.039E-05	4.593E-04	2.701E-03	5.891E-04	2.252E-05	1.462E-06	1.627E-06	
Pm-145	0.000E+00	1.625E-15	0.000E+00	2.221E-16	5.248E-08	2.121E-06	1.236E-10	1.130E-09	2.445E-09	
Eu-152	1.233E-15	3.717E-02	2.631E-15	7.932E-02	3.160E-01	2.286E+00	3.155E-01	7.059E-05	1.453E-04	
Eu-154	6.165E-24	5.144E-04	1.005E-23	8.382E-04	4.770E-03	2.703E-02	4.095E-03	1.063E-06	2.189E-06	
Eu-155	0.000E+00	4.071E-08	0.000E+00	1.612E-08	4.293E-07	3.725E-07	7.454E-10	9.530E-11	1.962E-10	
Tb-157	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.700E-10	8.341E-06	2.042E-11	5.656E-10	8.618E-10	
Ho-163	3.112E-10	1.170E-08	1.033E-13	3.882E-12	6.973E-07	7.765E-10	0.000E+00	5.198E-10	7.921E-10	
Ho-166m	1.719E-08	2.602E-06	6.980E-08	1.057E-05	1.360E-04	2.146E-03	2.148E-04	1.275E-07	1.943E-07	
Ir-192	0.000E+00	5.272E-11	0.000E+00	1.258E-10	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	
Ir-192m	6.126E-06	5.246E-05	1.204E-05	1.031E-04	3.906E-03	1.083E-03	5.862E-05	1.675E-06	1.590E-06	
Pt-193	1.359E-08	2.569E-06	3.347E-13	6.327E-11	9.959E-05	1.883E-09	0.000E+00	7.186E-07	5.393E-07	
Tl-204	0.000E+00	2.981E-14	0.000E+00	1.747E-17	3.005E-09	5.249E-11	1.835E-14	3.268E-09	5.964E-08	
Pu-238	1.047E-23	1.063E-05	0.000E+00	2.045E-07	1.291E-03	2.374E-04	1.446E-10	5.082E-06	1.167E-06	
Pu-239	4.976E-05	1.342E-03	9.578E-07	2.583E-05	8.548E-02	1.164E-03	9.214E-09	2.492E-05	5.722E-06	
Pu-240	2.690E-05	1.109E-03	5.177E-07	2.135E-05	6.797E-02	9.940E-04	1.229E-09	2.128E-05	4.886E-06	
Pu-241	0.000E+00	4.671E-13	0.000E+00	8.441E-15	1.391E-04	5.190E-05	5.463E-10	1.184E-06	2.719E-07	
Am-241	2.519E-06	1.478E-02	2.264E-09	1.328E-05	1.125E-01	2.505E-03	1.596E-08	9.753E-05	2.018E-05	

相対重要度の算出

- 主要な放射性核種の選定のシナリオにおける対象核種の相対重要度の算出

$$\text{相対重要度} = \frac{\text{対象核種の線量}(\mu\text{Sv/h})}{\text{最大の線量を与える核種の線量}^{\ast 1}(\mu\text{Sv/h})}$$

※1: 重要核種

海岸活動シナリオの線量評価結果は、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」第9条の基準値(基本シナリオ: 10 μSv/y, 変動シナリオ: 300 μSv/y)に比べて4桁以上小さいことから被ばく線量への寄与は小さいとし、主要な放射性核種の選定シナリオの対象外とした。

第11表 相対重要度評価結果

E-38以下は「0.000E+00」と表示する。

5. 被ばく線量への寄与の大きい主要な放射性核種の選定

5.4 主要な放射性核種の選定(1/2)

第11表 相対重要度評価結果

核種	相対重要度						
	地下水			跡地			
	海産物摂取 基本	海産物摂取 変動	井戸水飲用 人為	建設 基本	居住 基本	家庭菜園 基本	畜産物 変動
H-3	0.0027	0.0007	0.0645	0.0000	0.0000	0.0171	0.0025
Be-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C-14	1.0000	1.0000	0.2447	0.0000	0.0000	0.0215	0.0030
Cl-36	0.0000	0.0000	1.0000	0.0044	0.0011	1.0000	1.0000
K-40	0.0042	0.0059	0.0077	0.0013	0.0016	0.0000	0.0000
Ca-41	0.0000	0.0000	0.0216	0.0000	0.0000	0.0011	0.0002
Fe-55	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Co-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0954	0.1244	0.0002	0.0001
Ni-59	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ni-63	0.0000	0.0013	0.0058	0.0000	0.0000	0.0099	0.0063
Rb-87	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sr-90	0.0000	0.0004	0.3415	0.0006	0.0002	0.0221	0.0047
Zr-93	0.0001	0.0003	0.0028	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Nb-93m	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Nb-94	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0010	0.0000	0.0000
Ag-108m	0.0000	0.0000	0.0001	0.0060	0.0034	0.0000	0.0000
Cd-113m	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sb-125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cs-134	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cs-137	0.0000	0.0000	0.0001	0.0309	0.0157	0.0007	0.0008
Ba-133	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0000	0.0000
Pm-145	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Eu-152	0.0000	0.0061	0.0129	1.0000	1.0000	0.0001	0.0000
Eu-154	0.0000	0.0001	0.0002	0.0118	0.0130	0.0000	0.0000
Eu-155	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tb-157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ho-163	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ho-166m	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0007	0.0000	0.0000
Ir-192	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ir-192m	0.0000	0.0000	0.0002	0.0005	0.0002	0.0000	0.0000
Pt-193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tl-204	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Pu-238	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
Pu-239	0.0001	0.0002	0.0035	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
Pu-240	0.0000	0.0002	0.0028	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
Pu-241	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Am-241	0.0000	0.0024	0.0046	0.0011	0.0000	0.0001	0.0000
α合計	0.0001	0.0029	0.0109	0.0021	0.0000	0.0001	0.0000

: 重要核種及びその10%以上の核種

: 重要核種の1%以上10%未満の核種

: 重要核種の0.1%以上1%未満の核種

5. 被ばく線量への寄与の大きい主要な放射性核種の選定

5.4 主要な放射性核種の選定(2/2)

線量評価シナリオ		最大寄与 (1.00)	第2位	第3位	第4位	第5位	第6位	第7位	第8位
海産物摂取	基本	C-14	H-3 (0.0027)						
	変動	C-14	Eu-152 (0.0061)						
井戸水飲用	人為	Cl-36	Sr-90 (0.34)	C-14 (0.24)	H-3 (0.065)	Ca-41 (0.022)	Eu-152 (0.013)	全α (0.011)	Ni-63 (0.0058)
建設	基本	Eu-152	Co-60 (0.095)	Cs-137 (0.031)	Eu-154 (0.012)	Cl-36 (0.0044)			
居住	基本	Eu-152	Co-60 (0.12)	Cs-137 (0.016)	Eu-154 (0.013)	Ag-108m (0.0034)			
家庭菜園	基本	Cl-36	Sr-90 (0.022)	C-14 (0.022)	H-3 (0.017)	Ni-63 (0.0099)			
畜産物	基本	Cl-36	Ni-63 ※1 (0.0063)	Sr-90 ※1 (0.0047)	C-14 ※1 (0.0030)	H-3 ※1 (0.0025)	Cs-137 (0.0008)		

※1 Cl-36の除染効果により放射エネルギーが想定より低減される可能性があるため保守的に相対重要度が0.001以上の核種を選定

重要核種と相対重要度0.01(畜産物シナリオは0.001)以上の核種(赤字)の抽出



主要な放射性核種(11核種)の選定

H-3, C-14, Cl-36, Ca-41, Co-60, Ni-63, Sr-90, Cs-137, Eu-152, Eu-154, 全α