

QST - R - 9

# ダイバータ領域に導入される不純物ガス 由来の放射性生成核種の特性評価

Characterization of radioactive nuclides generated from impurity seeding gases for divertor radiative cooling in fusion DEMO

原型炉設計合同特別チーム

Joint Special Design Team for Fusion DEMO

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

# ダイバータ領域に導入される不純物 ガス由来の放射性生成核種の特性評価

原型炉設計合同特別チーム

染谷 洋二、丹治 和拓

平成 30 年 10 月

ダイバータ領域に導入される不純物ガス由来の放射性生成核種の特性評価

原型炉設計合同特別チーム

染谷 洋二、丹治 和拓

核融合原型炉ではダイバータ領域に集中する熱負荷を緩和するため、不純物ガス(Ne、 Ar、Kr、Xe等)の注入を検討しているが、炉内での中性子照射によりそれらが放射化す ると放射性ソースタームとなり、新たな安全上の問題になる可能性がある。本検討では、 最新の放射化断面積が整備された高エネルギー粒子誘導放射能計算コード(DCHAIN-SP) を用いて、核融合原型炉の運転条件を想定し不純物ガスから生成される放射性核種の特 徴を分析した。検討の結果、Neから生成される放射性核種においては、安全上問題とな る放射能濃度に達しない。Ar については、適用が可能と考えられるが、安全上問題とな る Ar-39(半減期:269年)の発生抑制のため、照射時間を調整する必要がある。一方、 Kr、Xe については、生成される放射性生成核種が多く、生成される核種は濃度限度を超 えることから、Kr の適用時には照射時間の制限や回収・保管等の対策を施す必要があ る。Xe については、昇華によって大気中を拡散しやすく人の感受性の高い放射性核種 (ヨウ素同位体、セシウム同位体など)が生成される傾向があり適用は避けるべきであ る。

# Characterization of radioactive nuclides generated from impurity seeding gases for divertor radiative cooling in fusion DEMO

Joint Special Design Team for Fusion DEMO

Youji Someya、Kazuhiro Tanji

Impurity gases such as Ne, Ar, Kr or Xe are injected to the main chamber of a fusion reactor to reduce the heat load to the divertor plate. Part of these noble gases are activated in the divertor area and can potentially be a risk of mobilization and release to the environment in case of an accident. This paper describes the assessment of the radioactive nuclides generated from the impurity gases. In the assessment, the neutron energy spectrum calculated from a three-dimensional MCNP-5 model is used to determine the induced radioactivity of the gases using a DCHAIN-SP code with the nuclear library FENDL/A-2. It is found that under practical irradiation condition, Ne and Ar can be used as impurity gases without a safety constraint. When using Kr, it is necessary to limit the irradiation time in the vacuum vessel, and/or take measures for radioactive decay by the recovery and storage of used activated gases. Xe is not recommended to use as an impurity gas for divertor radiative cooling because of toxic nuclides production.

Ē	目次	

1.	目的	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	評価方	法	ક	計	算	条	件		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
3.	計算結	果		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3
4.	考察	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	7
5.	まとめ	)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	32
6.	謝辞	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	33
7.	参考文	献		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	33

## 1. 目的

原型炉設計合同特別チーム(以下、特別チーム)で概念検討を進めている核融合原型炉に おいて、ダイバータ領域に集中する熱負荷を緩和するため、不純物ガスを使用することを検 討している。炉内に注入した不純物ガスは中性子照射により放射化し、可動性の放射性ソー スタームとなるため、新たな安全上の問題となる可能性がある。そのため、原型炉の運転条 件での放射化計算により、放射性生成核種の同定とそれらの特性を評価する必要がある。

本稿では、ダイバータ領域に適用が想定される不純物ガス(Ne, Ar, Kr, Xe等)につい て、核融合原型炉の運転条件での中性子照射による放射化計算を実施し、生成される放射性 核種の同定と照射期間や照射後経過期間に対する放射能濃度を評価した。さらに、日本の安 全規制に基づき、安全上問題になる放射性生成核種の取扱や対策を検討した。

## 2. 評価方法及び計算条件

## 2.1 評価方法

評価対象である原型炉概念でのダイバータ領域における中性子スペクトルを 3 次元中性 子輸送計算コード MCNP-5 [1]により算出し、この中性子スペクトルをインプットとし高エ ネルギー粒子誘導放射能計算コード DCHAIN-SP[2]を用いて不純物ガス(Ne、Ar、Kr、Xe)の 誘導放射能濃度を評価する。

次に、安全上問題となりうる放射性生成核種の検討に際しては、放射性気体廃棄物として の環境放出規制だけでなく、フィルター集塵後に処分することも想定して放射性固体廃棄 物の埋設区分の観点でも検討する。

放射性固体廃棄物については、既に整備されている発電所廃棄物における政令濃度区分 値 [3]や処分濃度上限値 [4]を参考にして検討する。一方、放射性気体廃棄物については、 排気中又は空気中の濃度限度 [5]の値(排気中又は空気中の濃度限度の値には、様々な化学 形態があることから、その中でも一番保守的な値)を参考にして検討する。

## 2.2 不純物ガス密度

核融合原型炉のダイバータ領域に注入する不純物ガスの密度は、ダイバータプラズマシ ミュレーションコード SONIC の評価結果を用いる。計算に用いた不純物ガス密度を表 2-1 に 示す。

不純物ガス元素	密度 (1/m³)
Ne	5.0 $\times$ 10 <sup>19</sup>
Ar	$1.0 \times 10^{19}$
Kr	$3.3 \times 10^{18}$
Xe	$3.3 \times 10^{18}$

表 2-1 不純物ガスの密度

## 2.3 使用コード及び核反応断面積

- 1) 中性子スペクトル計算
  - ・ 三次元中性子・光子輸送コード: MCNP-5
  - 核反応断面積: FENDL-2.1 [6]
- 2) 放射化計算
  - ・ 高エネルギー粒子誘導放射能計算コード:DCHAIN-SP
  - 核反応断面積: FENDL/A-2 [7]

## 2.4 中性子スペクトル

高エネルギー粒子誘導放射能計算コ ード DCHAIN-SP のインプットデータと して使用する中性子スペクトルは、三次 元中性子・光子輸送コード MCNP-5 にて原 型炉の3次元モデルのダイバータ領域内 の中性子スペクトルを用いた。その際、 MCNP-5 によって、中性子1個当たりで算 出した中性子スペクトルに、核融合出力 1.5GW に相当する中性子発生数 (5.33×10<sup>20</sup> n/sec)を乗じた中性子ス ペクトルを使用した。図2-1 に評価に使 用した中性子スペクトルを示す。



### 2.5 照射期間

ダイバータ領域に不純物ガスを注入後、排気されるまでの時間は約 100 秒程度であるが、 排気ガスから不純物ガスを分離した後に再度注入して絶えず循環させることを想定する。 そのため、放射化計算に設定する照射時間は、安全側の見積もりとして1年間の連続照射と した。

### 2.6 評価時間(計算結果出力時間)

連続照射中に不純物ガスから生成される放射性核種の種類と濃度を評価するために、照 射開始100秒後、1時間後、8時間後、1日後、1週間後(7日後)、1か月後(30日後)、3 か月後(90日後)、半年後(0.5年後)、及び1年後として、中性子照射により生成される 放射性核種の誘導放射能濃度を出力した。また、放射化ガスを集塵したフィルターを放射 性固体廃棄物として処分することを鑑み、照射(放電)終了直後、照射終了1日後、1週 間後、1か月後、1年後、3年後、5年後、10年後、30年後、及び50年経過後の誘導放射 能濃度を出力した。

## 3. 計算結果

# 3.1 ネオン (Ne) 由来の放射性生成核種

Ne の天然割合(Ne-20(90.48%)、Ne-21(0.3%)、Ne-22(9.3%))をインプット条件とし、核 反応により生成される核種を評価時間ごとに表 3-1(生成量が支配的な 10 核種)に示す。 さらに、ダイバータ領域に滞留する時間(照射時間)を 100 秒後、1 時間後、8 時間後、1 日 後、1 週間後(7 日後)、1 か月後(30 日後)、3 か月後(90 日後)、半年後(0.5 年後)、1 年後 とした時の Ne の放射性生成核種(生成量が支配的な 10 核種)を表 3-2 に示す。

	日召食	<b></b> 「 「 「 」	昭創物	71日後	昭創悠了	1.週間後	昭創物了	71か日後	昭創纮	了1年後
No		直後 放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	」 放射能濃度 (Bq/cc)
1	F-20	1.3E+02	H-3	5.1E-04	H-3	5.0E-04	H-3	5.0E-04	H-3	4.8E-04
2	O-19	3.0E+00	Na-24	2.9E-06	C-14	1.1E-06	C-14	1.1E-06	C-14	1.1E-06
3	F-22	2.0E+00	C-14	1.1E-06	Na-22	3.7E-07	Na-22	3.7E-07	Na-22	2.9E-07
4	F-21	8.3E-01	Na-22	3.7E-07	Na-24	3.7E-09	Be-10	2.4E-13	Be-10	2.4E-13
5	Ne-23	2.7E-01	F-18	3.7E-07	Be-10	2.4E-13	Na-24	3.0E-20		
6	N-16	1.6E-02	Be-10	2.4E-13						
7	F-18	3.3E-03								
8	N-17	9.8E-04								
9	H-3	5.1E-04								
10	No-24	075-00								
	INA 24	0.7E-00								
	照射終		照射終		照射終		照射終	」 了30年後	照射終了	」 了50年後
No	Na 24 照射終 核種	<u>了3年後</u> 放射能濃度 (Bq/cc)	照射終 核種	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc)	照射終 核種	了10年後 放射能濃度 (Bq/cc)	照射終 核種	             Bq/cc)	照射終 <sup>-</sup> 核種	 了50年後   放射能濃度   (Bq/cc)
No	Na 24 照射終 核種 H-3	<u>3年後</u> 了3年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.3E-04	照射終 核種 H-3	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.8E-04	照射終 核種 H-3	了10年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.9E-04	照射終 核種 H-3	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 9.4E-05	照射終 <sup>7</sup> 核種 H-3	↓ 了50年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.0E-05
No 1 2	Na 24 照射終 核種 H-3 C-14	3年後 了3年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.3E-04 1.1E-06	照射終 核種 <u>H-3</u> C-14	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.8E-04 1.1E-06	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14	了10年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.9E-04 1.1E-06	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 9.4E-05 1.1E-06	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14	┃ 了50年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.0E-05 1.1E-06
No 1 2 3	Na 24 照射終 核種 H-3 C-14 Na-22	o.72=00 了3年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.3E=04 1.1E=06 1.7E=07	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.8E-04 1.1E-06 9.9E-08	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.9E-04 1.1E-06 2.6E-08	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 9.4E-05 1.1E-06 1.3E-10	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.0E-05 1.1E-06 6.1E-13
No 1 2 3 4	Na 24 照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	73年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.3E-04 1.1E-06 1.7E-07 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.8E-04 1.1E-06 9.9E-08 2.4E-13	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.9E-04 1.1E-06 2.6E-08 2.4E-13	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 9.4E-05 1.1E-06 1.3E-10 2.4E-13	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.0E-05 1.1E-06 6.1E-13 2.4E-13
No 1 2 3 4 5	Na 24 照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	73年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.3E-04 1.1E-06 1.7E-07 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	75年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.8E-04 1.1E-06 9.9E-08 2.4E-13	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.9E-04 1.1E-06 2.6E-08 2.4E-13	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 9.4E-05 1.1E-06 1.3E-10 2.4E-13	照射終 <sup>-</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.0E-05 1.1E-06 6.1E-13 2.4E-13
No 1 2 3 4 5 6	Na 24 照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	- 5.72-06 了3年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.3E-04 1.1E-06 1.7E-07 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	75年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.8E-04 1.1E-06 9.9E-08 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.9E-04 1.1E-06 2.6E-08 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 9.4E-05 1.1E-06 1.3E-10 2.4E-13	照射終 <sup>一</sup> 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.0E-05 1.1E-06 6.1E-13 2.4E-13
No 1 2 3 4 5 6 7	Na 24 照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10		照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.8E-04 1.1E-06 9.9E-08 2.4E-13	照射終 <sup></sup>	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.9E-04 1.1E-06 2.6E-08 2.4E-13	照射終 <sup></sup>	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 9.4E-05 1.1E-06 1.3E-10 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.0E-05 1.1E-06 6.1E-13 2.4E-13
No 1 2 3 4 5 6 7 8	R属射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	<ul> <li></li></ul>	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	75年後 放射能濃度 (Bq/cc) 3.8E-04 1.1E-06 9.9E-08 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	710年後 放射能濃度 (Bg/cc) 2.9E-04 1.1E-06 2.6E-08 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	730年後 放射能濃度 (Bg/cc) 9.4E-05 1.1E-06 1.3E-10 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	750年後 放射能濃度 (Bg/cc) 3.0E-05 1.1E-06 6.1E-13 2.4E-13
No 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Na 24 照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	8.72-00 73年後 放射能濃度 (Bg/cc) 4.3E-04 1.1E-06 1.7E-07 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	75年後 放射能濃度 (Bg/cc) 3.8E-04 1.1E-06 9.9E-08 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	710年後 放射能濃度 (Bg/cc) 2.9E-04 1.1E-06 2.6E-08 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	730年後 放射能濃度 (Bg/cc) 9.4E-05 1.1E-06 1.3E-10 2.4E-13	照射終 核種 H-3 C-14 Na-22 Be-10	750年後 放射能濃度 (Bg/cc) 3.0E-05 1.1E-06 6.1E-13 2.4E-13

表 3-1 1年間照射後のNe由来の放射性生成核種

表 3-2 ダイバータ領域に滞留する時間(照射時間)ごとの Ne 由来の放射性生成核

	照射1	00秒後	照射1	時間後	照射8	時間後	照射	1日後	照射1	週間後
No	核種	放射能濃度 (Bq/cc)								
1	F-20	1.3E+02								
2	0-19	2.8E+00	O-19	3.0E+00	O-19	3.0E+00	0-19	3.0E+00	0-19	3.0E+00
3	F-22	2.0E+00								
4	F-21	8.3E-01								
5	Ne-23	2.2E-01	Ne-23	2.7E-01	Ne-23	2.7E-01	Ne-23	2.7E-01	Ne-23	2.7E-01
6	N-16	4.5E-08	N-16	1.8E-06	N-16	1.4E-05	N-16	4.3E-05	N-16	3.0E-04
7	N-17	2.9E-09	N-17	1.1E-07	F-18	2.1E-06	F-18	8.0E-06	F-18	6.2E-05
8	H-3	1.1E-09	F-18	6.3E-08	N-17	9.0E-07	N-17	2.7E-06	N-17	1.9E-05
9	F-18	5.4E-11	H-3	3.9E-08	H-3	3.1E-07	H-3	9.4E-07	H-3	6.6E-06
10	C-15	2.1E-11	C-15	7.8E-10	C-15	6.2E-09	C-15	1.9E-08	Na-24	1.5E-07
	照射1:	か月後	照射3	か月後	照射	半年後	照射	1年後		
No	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度		
1	E-20	125+02	E-20	1 20E±02	E-20	125+02	E-20	1.2E±02		
2	0-19	3.0E+00	0-19	3.03E+00	0-19	3.0E+00	0-19	3.0E+00		
3	E-22	2.0E+00	E=22	198E+00	E-22	2.0E+00	E-22	2.0E+00		
4	F-21	83E-01	F-21	826E-01	F-21	83E-01	F-21	83E-01		
5	Ne-23	2.7E-01	Ne-23	2.66E-01	Ne-23	2.7E-01	Ne-23	2.7E-01		
6	N-16	1.3E-03	N-16	3.87E-03	N-16	7.9E-03	N-16	1.6E-02		
7	F-18	2.7E-04	F-18	8.11E-04	F-18	1.6E-03	F-18	3.3E-03		
8	N-17	8.1E-05	N-17	2.42E-04	N-17	4.9E-04	N-17	9.8E-04		
9	H-3	2.9E-05	H-3	9.46E-05	H-3	2.1E-04	H-3	5.1E-04		
10	Na-24	7.0E-07	Na-24	2.14E-06	Na-24	4.4E-06	Na-24	8.8E-06		

# 3.2 アルゴン(Ar) 由来の放射性生成核種

Ar の天然割合(Ar-36(0.34%)、Ar-38(0.06%)、Ar-40(99.6%))をインプット条件とし、核 反応により生成される核種を評価時間ごとに表 3-3(生成量が支配的な 10 核種)に示す。 さらに、ダイバータ領域に滞留する時間(照射時間)を 100 秒後、1 時間後、8 時間後、1 日 後、1 週間後(7 日後)、1 か月後(30 日後)、3 か月後(90 日後)、半年後(0.5 年後)、1 年後 とした時の Ar の放射性生成核種(生成量が支配的な 10 核種)を表 3-4 に示す。

	照射	値後	照射終	了1日後	照射終了	71週間後	照射終了	ア1か月後 │	照射終	了1年後
No	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)
1	Ar-41	4.5E+01	Ar39	2.8E+00	Ar-39	2.8E+00	Ar-39	2.8E+00	Ar-39	2.8E+00
2	CI-40	2.2E+01	Ar37	9.8E-01	Ar-37	8.7E-01	Ar-37	5.5E-01	S-35	1.4E-02
3	S-37	1.8E+01	S-35	2.5E-01	S-35	2.4E-01	S-35	2.0E-01	Ar-37	7.3E-04
4	Ar-39	2.8E+00	Ar-41	5.0E-03	P-33	4.8E-04	H-3	3.7E-04	H-3	3.5E-04
5	CI-39	2.1E+00	K-42	3.5E-03	P-32	3.7E-04	P-33	2.5E-04	CI-36	5.2E-06
6	Ar-37	1.0E+00	P-33	5.6E-04	H-3	3.7E-04	P-32	1.2E-04	P-32	3.3E-07
7	S-35	2.5E-01	P-32	5.0E-04	CI-36	5.2E-06	CI-36	5.2E-06	Si-32	3.3E-07
8	CI-38	1.5E-01	H-3	3.7E-04	K-42	1.1E-06	Si-32	3.3E-07	P-33	2.7E-08
9	CI-38m	6.2E-02	CI-36	5.2E-06	Si-32	3.3E-07	K-42	5.6E-09	K-42	5.5E-09
10	K-42	1.4E-02	Si-32	3.3E-07	Ar-42	5.6E-09	Ar-42	5.6E-09	Ar-42	5.5E-09
	照射終	了3年後	照射終	了5年後	照射終了	了10年後	照射終了	了30年後	照射終了	了50年後
No	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)
1	Ar-39	2.8E+00	Ar-39	2.8E+00	Ar-39	2.7E+00	Ar-39	2.6E+00	Ar-39	2.5E+00
2	H-3	3.1E-04	H-3	2.8E-04	H-3	2.1E-04	H-3	6.9E-05	H-3	2.2E-05
3	S-35	4.3E-05	CI-36	5.2E-06	CI-36	5.2E-06	CI-36	5.2E-06	CI-36	5.2E-06
4	CI-36	5.2E-06	P-32	3.2E-07	P-32	3.2E-07	P-32	2.9E-07	P-32	2.7E-07
5	P-32	3.3E-07	Si-32	3.2E-07	Si-32	3.2E-07	Si-32	2.9E-07	Si-32	2.7E-07
6	Si-32	3.3E-07	S-35	1.3E-07	K-42	4.5E-09	K-42	3.0E-09	K-42	1.9E-09
7	K-42	5.2E-09	K-42	5.0E-09	Ar-42	4.5E-09	Ar-42	3.0E-09	Ar-42	1.9E-09
8	Ar-42	5.2E-09	Ar-42	5.0E-09	Ca-41	7.6E-12	Ca-41	7.6E-12	Ca-41	7.6E-12
9	Ar-37	3.9E-10	Ca-41	7.6E-12	K-40	3.1E-12	K-40	3.1E-12	K-40	3.1E-12
10	Ca-41	7.6E-12	K-40	3.1E-12	S-35	6.9E-14	AI-26	1.0E-20	AI-26	1.0E-20

表 3-3 1年間照射後のAr由来の放射性生成核種

表 3-4 ダイバータ領域に滞留する時間(照射時間)ごとの Ar 由来の放射性生成核種

	照射1	00秒後	照射1	時間後	照射8	時間後	照射	1日後	照射1:	週間後
No	核種	放射能濃度 (Bq/cc)								
1	CI-40	1.3E+01	CI-40	2.2E+01	Ar-41	4.3E+01	Ar-41	4.5E+01	Ar-41	4.5E+01
2	S-37	3.8E+00	S-37	1.8E+01	CI-40	2.2E+01	CI-40	2.2E+01	CI-40	2.2E+01
3	Ar-41	4.7E-01	Ar-41	1.4E+01	S-37	1.8E+01	S-37	1.8E+01	S-37	1.8E+01
4	CI-38m	4.3E-02	CI-39	1.1E+00	CI-39	2.0E+00	CI-39	2.0E+00	CI-39	2.0E+00
5	CI-39	4.2E-02	CI-38	6.0E-02	CI-38	8.9E-02	CI-38	8.9E-02	Ar-37	1.3E-01
6	CI-38	2.7E-03	CI-38m	4.3E-02	CI-38m	4.3E-02	CI-38m	4.3E-02	CI-38	9.0E-02
7	Ar-37	2.3E-05	Ar-37	8.3E-04	Ar-37	6.6E-03	Ar-37	2.0E-02	Ar-39	5.4E-02
8	Ar-39	8.9E-06	Ar-39	3.2E-04	Ar-39	2.6E-03	Ar-39	7.7E-03	CI-38m	4.3E-02
9	S-35	1.4E-06	S-35	4.9E-05	S-35	3.9E-04	S-35	1.2E-03	S-35	8.0E-03
10	CI-34	9.8E-07	CI-34	1.4E-06	CI-34	1.6E-06	K-42	1.4E-05	K-42	2.3E-04
	照射1;	か月後	照射3:	か月後	照射	半年後	照射	1年後		
No	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)		
1	Ar-41	4.5E+01	Ar-41	4.51E+01	Ar-41	4.5E+01	Ar-41	4.5E+01		
2	CI-40	2.2E+01	CI-40	2.19E+01	CI-40	2.2E+01	CI-40	2.2E+01		
3	S-37	1.8E+01	S-37	1.82E+01	S-37	1.8E+01	S-37	1.8E+01		
4	CI-39	2.0E+00	CI-39	2.05E+00	CI-39	2.1E+00	Ar-39	2.8E+00		
5	Ar-37	4.5E-01	Ar-37	8.35E-01	Ar-39	1.4E+00	CI-39	2.1E+00		
6	Ar-39	2.3E-01	Ar-39	6.94E-01	Ar-37	9.7E-01	Ar-37	1.0E+00		
7	CI-38	9.4E-02	CI-38	1.04E-01	S-35	1.5E-01	S-35	2.5E-01		
8	CI-38m	4.4E-02	S-35	8.72E-02	CI-38	1.2E-01	CI-38	1.5E-01		
9	S-35	3.3E-02	CI-38m	4.76E-02	CI-38m	5.3E-02	CI-38m	6.2E-02		
10	K-42	1.1E-03	K-42	3.36E-03	K-42	6.9E-03	K-42	1.4E-02		

# 3.3 クリプトン(Kr) 由来の放射性生成核種

Kr の天然割合(Kr-78(0.36%)、Kr-80(2.29%)、Kr-82(11.59%)、Kr-83(11.50%)、Kr-84(56.99%)、Kr-86(17.28%))をインプット条件とし、核反応により生成される核種を評価 時間ごとに表 3-5(生成量が支配的な 10 核種)に示す。さらに、ダイバータ領域に滞留す る時間(照射時間)を 100 秒後、1 時間後、8 時間後、1 日後、1 週間後(7 日後)、1 か月後 (30 日後)、3 か月後(90 日後)、半年後(0.5 年後)、1 年後とした時の Kr の放射性生成核種 (生成量が支配的な 10 核種)を表 3-6 に示す。

	ロ刀 白一	古公	ロ刀自由少友	フィロジ	ロ刀自士(シター)	フィン国目の名	ロ刀自士(シター)	ない日公	ロ刀自由少友	フィケベ
	(保守)	胆俊	只只知道令		只只知命令」	回回该	只只知命令」	川川月後	只只知道令	山中俊
No	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度
	10/12	(Bq/cc)		(Bq/cc)	12/12	(Bq/cc)	12/12	(Bq/cc)	12/12	(Bq/cc)
1	Kr-83m	1.3E+03	Kr-85	3.5E+01	Kr-85	3.5E+01	Kr-85	3.5E+01	Kr-85	3.3E+01
2	Kr-85m	6.7E+02	Kr-79	2.8E+01	Kr-79	1.6E+00	Rb-86	2.3E-01	Se-75	2.6E-02
3	Kr-81m	1.7E+02	Kr-85m	1.6E+01	Rb-86	5.4E-01	Rb-84	2.2E-01	H-3	5.2E-03
4	Kr-79	4.5E+01	Br82	3.0E+00	Br-77	4.9E-01	Se-75	1.8E-01	Kr-81	1.6E-03
5	Kr-85	3.5E+01	Br-77	2.8E+00	Rb-84	3.5E-01	H-3	5.5E-03	Rb-84	1.8E-04
6	Kr-79m	1.3E+01	Rb-86	6.7E-01	Se-75	2.0E-01	Kr-81	1.6E-03	Sr-85	3.1E-06
7	Br-83	5.5E+00	Rb-84	4.0E-01	Br82	1.8E-01	Br-77	6.0E-04	Rb-83	2.2E-06
8	Br82	4.8E+00	Se-75	2.1E-01	H-3	5.5E-03	Sr-85	1.1E-04	Kr-83m	1.8E-06
9	Br-77	3.7E+00	Kr-83m	1.7E-01	Kr-81	1.6E-03	As-74	3.5E-05	Rb-86	8.7E-07
10	Br-84m	3.5E+00	Br80	1.6E-02	Se-77m	5.9E-04	Rb-83	3.2E-05	As-73	7.1E-07
	照射終		照射終		照射終7	了10年後	照射終7		照射終7	
No	++1=	放射能濃度	++-17	放射能濃度	++±=	放射能濃度	++±=	放射能濃度	++±=	放射能濃度
	作然作里	(Ba/cc)	作这个里	(Ba/cc)	化沙什里	(Ba/cc)	化沙什里	(Ba/cc)	化沙什里	(Ba/cc)
1	Kr-85	2.9E+01	Kr-85	2.6E+01	Kr-85	1.9E+01	Kr-85	5.1E+00	Kr-85	1.4E+00
2	H-3	4.7E-03	H-3	4.2E-03	H-3	3.2E-03	Kr-81	1.6E-03	Kr-81	1.6E-03
3	Kr-81	1.6E-03	Kr-81	1.6E-03	Kr-81	1.6E-03	H-3	1.0E-03	H-3	3.3E-04
4	Se-75	3.7E-04	Se-75	5.4E-06	Se-79	1.5E-07	Se-79	1.5E-07	Se-79	1.5E-07
5	Se-79	1.5E-07	Se-79	1.5E-07	Se-75	1.4E-10	Rb-87	4.0E-11	Rb-87	4.0E-11
6	Rb-83	6.1E-09	Rb-87	4.0E-11	Rb-87	4.0E-11	Y-90	2.9E-16	Y-90	1.8E-16
7	Kr-83m	5.0E-09	Rb-83	1.7E-11	Y-90	4.6E-16	Sr-90	2.9E-16	Sr-90	1.8E-16
8	Ge-73m	1.3E-09	Kr-83m	1.4E-11	Sr-90	4.6E-16	Ni-63	9.3E-19	Ni-63	8.1E-19
9	As-73	1.3E-09	Ge-73m	2.4E-12	Rb-83	7.2E-18	Br-82	4.9E-23	Br-82	4.9E-23
10	Sr-85	1.2E-09	As-73	2.4E-12	Kr-83m	5.9E-18	Se-82	4.9E-23	Se-82	4.9E-23

表 3-5 1年間照射後の Kr 由来の放射性生成核種

表 3-6 ダイバータ領域に滞留する時間(照射時間)ごとの Kr 由来の放射性生成核種

	照射10	00秒後	照射1	時間後	照射8	時間後	照射	1日後	照射1;	週間後
No	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)	核種	放射能濃度 (Bq/cc)
1	Kr-81 m	1.7E+02	Kr-83m	4.3E+02	Kr-83m	1.3E+03	Kr-83m	1.4E+03	Kr-83m	1.4E+03
2	Kr-83m	1.4E+01	Kr-81 m	1.7E+02	Kr-85m	4.8E+02	Kr-85m	6.5E+02	Kr-85m	6.7E+02
3	Kr-79m	9.5E+00	Kr-85m	9.6E+01	Kr-81 m	1.7E+02	Kr-81m	1.7E+02	Kr-81m	1.7E+02
4	Kr-85m	2.9E+00	Kr-79m	1.3E+01	Kr-79m	1.3E+01	Kr-79	1.7E+01	Kr-79	4.4E+01
5	Br-79m	1.1E+00	Br-84m	3.5E+00	Kr-79	6.6E+00	Kr-79m	1.3E+01	Kr-79m	1.3E+01
6	Br-86	1.0E+00	Br84	2.4E+00	Br-83	4.9E+00	Br-83	5.5E+00	Br-83	5.5E+00
7	Br-84m	6.1E-01	Br-82m	2.4E+00	Br-84m	3.5E+00	Br-84m	3.5E+00	Br82	4.6E+00
8	Br-82m	4.1E-01	Br-77m	1.5E+00	Br84	3.2E+00	Br84	3.2E+00	Br-84m	3.5E+00
9	Br-77m	2.5E-01	Br-78	1.5E+00	Kr-87	2.7E+00	Kr87	2.8E+00	Br-77	3.3E+00
10	Br-78	2.4E-01	Br86	1.5E+00	Br-82m	2.4E+00	Br-82m	2.4E+00	Br84	3.2E+00
	照射1;	か月後	照射3:	か月後	照射	半年後	照射	1年後		
No	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度	核種	放射能濃度		
	14 00	(Bq/cc)	1/ 00	(Bq/cc)	14 00	(Bq/cc)	14 00	(Bq/cc)		
1	Kr-83m	1.4E+03	<u>Kr-83m</u>	1.35E+03	<u>Kr-83m</u>	1.4E+03	<u>Kr-83m</u>	1.3E+03		
2	Kr-85m	6.7E+02	<u>Kr-85m</u>	6.71E+02	Kr-85m	6.7E+02	Kr-85m	6.7E+02		
3	Kr-81m	1.7E+02	Kr-81m	1.70E+02	Kr-81m	1.7E+02	Kr-81m	1.7E+02		
4	Kr-79	4.5E+01	Kr-79	4.52E+01	Kr-79	4.5E+01	Kr-79	4.5E+01		
5	Kr-79m	1.3E+01	Kr-79m	1.27E+01	Kr-85	1.8E+01	Kr-85	3.5E+01		
6	Br-83	5.5E+00	Kr-85	8.90E+00	Kr-79m	1.3E+01	Kr-79m	1.3E+01		
7	Br82	4.8E+00	Br-83	5.47E+00	Br-83	5.5E+00	Br-83	5.5E+00		
8	Br-77	3.8E+00	Br-82	4.82E+00	Br-82	4.8E+00	Br82	4.8E+00		
9	Br-84m	3.5E+00	Br-77	3.76E+00	Br-77	3.8E+00	Br-77	3.7E+00		
10	Br84	3.2E+00	Br-84m	3.51E+00	Br-84m	3.5E+00	Br-84m	3.5E+00		

# 3.4 キセノン(Xe) 由来の放射性生成核種

Xeの天然割合(Xe-124(0.1%)、Xe-126(0.1%)、Xe-128(1.9%)、Xe-129(26.4%)、Xe-130(4.1%)、 Xe-131(21.2%)、Xe-132(26.9%)、Xe-134(10.4%)、Xe-136(8.9%))をインプット条件とし、 核反応により生成される核種を評価時間ごとに表 3-7(生成量が支配的な10核種)に示す。 さらに、ダイバータ領域に滞留する時間(照射時間)を100秒後、1時間後、8時間後、1日 後、1週間後(7日後)、1か月後(30日後)、3か月後(90日後)、半年後(0.5年後)、1年後 とした時のXeの放射性生成核種(生成量が支配的な10核種)を表 3-8に示す。

	日召身、	<b></b> 「 「 後	昭獻絃	了1日後	昭射線	71调間後	昭勳協工	71か日後	昭獻絃	了1年後
No	核種	回る 放射能濃度 (Ba/cc)	核種	放射能濃度 (Ba/cc)	核種	放射能濃度 (Ba/cc)	核種	<u>放射能濃度</u> (Bq/cc)	核種	<u>放射能濃度</u> (Bq/cc)
1	Xe-131m	7.0E+02	Xe-131m	6.6E+02	Xe-131m	4.6E+02	Xe-131m	1.2E+02	I-125	2.3E+00
2	Xe-133	4.0E+02	Xe-133	3.6E+02	Xe-133	1.8E+02	I-125	1.1E+02	Cs-134	9.4E-01
3	Xe-135	2.2E+02	Xe-129m	1.7E+02	I-125	1.5E+02	Xe-127	3.2E+01	Xe-127	5.5E-02
4	Xe-125	1.9E+02	I-125	1.6E+02	Xe-129m	1.0E+02	Xe-129m	1.7E+01	Cs-137	4.9E-02
5	Xe-129m	1.8E+02	Xe-133m	9.0E+01	Xe-127	5.0E+01	Xe-133	9.3E+00	Ba-137m	4.6E-02
6	I-125	1.6E+02	Xe-125	7.1E+01	I-126	2.2E+01	I-126	6.6E+00	H-3	4.3E-03
7	Xe-133m	1.2E+02	Xe-127	5.6E+01	Xe-133m	1.3E+01	Cs-134	1.3E+00	Te-125m	2.6E-03
8	Xe-135m	1.0E+02	Xe-135	3.6E+01	Cs-134	1.3E+00	Cs-136	2.0E-01	Te-127m	6.9E-04
9	Xe-127	5.7E+01	I-126	3.1E+01	I-131	1.0E+00	Te-125m	1.5E-01	Te-127	6.8E-04
10	Xe-134m	5.0E+01	I-131	17E+00	Cs=136	6.6E-01	I-131	1 4E-01	Te-121m	1.6E-04
1.0	7.0 10 111	0.001		1.1 🖬 🔍	00 100	0.00 01	101	1.16 01		1.00 01
	照射終		照射終		照射終	了10年後	照射終	了30年後	照射終	了50年後
No		了3年後 放射能濃度 (Bq/cc)		了5年後 放射能濃度 (Bq/cc)	照射終 <sup>1</sup> 核種	了10年後 放射能濃度 (Bq/cc)		<u>了30年後</u> 放射能濃度 (Bq/cc)	照射終 <sup>-</sup> 核種	了50年後 放射能濃度 (Bq/cc)
No 1	照射終 核種 Cs=134	了3年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.8E-01	照射終 反 核種 Cs-134	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01	照射終 「照射終」 核種 Cs=134	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.6E-02	照射終 「照射終」 核種 Cs=137	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.5E-02	照射終 照射終 核種 Cs-137	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02
No 1 2	照射終 <u> </u>	了3年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.8E-01 4.7E-02	照射終 核種 <u>Cs-134</u> Cs-137	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01 4.4E-02	照射終 照射終 <u>K種</u> Cs-134 Cs-137	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.6E-02 4.0E-02	照射終 感種 Cs-137 Ba-137m	了30年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.5E-02 2.4E-02	照射終 「照射終 核種 Cs-137 Ba-137m	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02 1.5E-02
No 1 2 3	照射終 <u> </u>	了3年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.8E-01 4.7E-02 4.4E-02	照射終 核種 Cs-134 Cs-137 Ba-137m	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01 4.4E-02 4.2E-02	照射終 照射終 <u>核種</u> Cs-134 Cs-137 Ba-137m	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.6E-02 4.0E-02 3.7E-02	照射終 照射終	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.5E-02 2.4E-02 8.5E-04	照射終	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02 1.5E-02 2.8E-04
No 1 2 3 4	底初級 照射終 <u>K種</u> Cs-134 Cs-137 Ba-137m H-3	73年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.8E-01 4.7E-02 4.4E-02 3.9E-03	照射終 核種 Cs-134 Cs-137 Ba-137m H-3	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01 4.4E-02 4.2E-02 3.5E-03	照射終	710年後 放射能濃度 (Bg/cc) 4.6E-02 4.0E-02 3.7E-02 2.6E-03	照射終 底	730年後 放射能濃度 (Bg/cc) 2.5E-02 2.4E-02 8.5E-04 5.5E-05	照射終 核種 Cs=137 Ba=137m H-3 Cs=135	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02 1.5E-02 2.8E-04 3.9E-05
No 1 2 3 4 5	底 13 m 照射終 衣種 Cs-134 Cs-137 Ba-137m H-3 I-125	73年後 放射能濃度 (Bg/cc) 4.8E-01 4.7E-02 4.4E-02 3.9E-03 4.6E-04	照射終 核種 Cs-134 Cs-137 Ba-137m H-3 Cs-135	了5年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01 4.4E-02 4.2E-02 3.5E-03 3.9E-05	照射終 核種 Cs-134 Cs-137 Ba-137m H-3 Cs-135	710年後 放射能濃度 (Bg/cc) 4.6E-02 4.0E-02 3.7E-02 2.6E-03 3.9E-05	照射終 底	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.5E-02 2.4E-02 8.5E-04 5.5E-05 3.9E-05	照射終 核種 Cs-137 Ba-137m H-3 Cs-135 Ba-133	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02 1.5E-02 2.8E-04 3.9E-05 3.8E-07
No 1 2 3 4 5 6		73年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.8E-01 4.7E-02 4.4E-02 3.9E-03 4.6E-04 3.9E-05	照射終 核種 Cs-134 Cs-137 Ba-137m H-3 Cs-135 Sb-125	75年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01 4.4E-02 4.2E-02 3.5E-03 3.9E-05 2.0E-05	照射終 核種 Cs-134 Cs-137 Ba-137m H-3 Cs-135 Sb-125	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.0E-02 4.0E-02 3.7E-02 2.6E-03 3.9E-05 5.7E-06	照射終 核種 Cs-137 Ba-137m H-3 Cs-134 Cs-135 Ba-133	了30年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.5E-02 2.4E-02 8.5E-04 5.5E-05 3.9E-05 1.4E-06	照射終 核種 Cs-137 Ba-137m H-3 Cs-135 Ba-133 I-129	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02 1.5E-02 2.8E-04 3.9E-05 3.8E-07 7.1E-08
No 1 2 3 4 5 6 7	照射終	73年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.8E-01 4.7E-02 4.4E-02 3.9E-03 4.6E-04 3.9E-05 3.3E-05	照射終 核種 Cs=134 Cs=137 Ba=137m H-3 Cs=135 Sb=125 Ba=133	75年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01 4.4E-02 4.2E-02 3.5E-03 3.9E-05 2.0E-05 7.4E-06	照射終	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.6E-02 4.0E-02 3.7E-02 3.7E-02 2.6E-03 3.9E-05 5.7E-06 5.3E-06	照射終 <u></u> <u></u> <u></u> <del></del> <del></del> <del></del> <del></del> <del></del> <del></del> <del></del> <del></del> <del></del> <del></del>	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.5E-02 2.4E-02 8.5E-04 5.5E-05 3.9E-05 1.4E-06 7.1E-08	照射終 核種 Cs=137 Ba=137m H-3 Cs=135 Ba=133 I-129 Cs=134	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02 1.5E-02 2.8E-04 3.9E-05 3.8E-07 7.1E-08 6.7E-08
No 1 2 3 4 5 6 7 8	照射終	73年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.8E-01 4.7E-02 4.4E-02 3.9E-03 4.6E-04 3.8E-05 3.3E-05 8.4E-06	照射終 核種 Cs=134 Cs=137 Ba=137 H=3 Cs=135 Ss=125 Ba=133 Te=125m	75年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01 4.4E-02 4.2E-02 3.5E-03 3.9E-03 2.9E-05 2.9E-05 7.4E-06 4.8E-06	照射終	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.6E-02 4.0E-02 3.7E-02 2.6E-03 3.9E-05 5.7E-06 5.3E-06 1.4E-06	照射終 核種 Cs-137 Ba-137m H-3 Cs-134 Cs-135 Ba-133 I-129 Sb-125	730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.5E-02 2.4E-02 8.5E-04 5.5E-05 3.9E-05 1.4E-06 7.1E-08 3.8E-08	照射終 核種 Cs=137 Ba=137m H-3 Cs=137 Ba=133 Ba=133 I=129 Cs=134 Sr=121m	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02 1.5E-02 2.8E-04 3.9E-05 3.8E-07 7.1E-08 6.7E-08 3.6E-09
No 1 2 3 4 5 6 7 8 9	照射終	73年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.8E-01 4.7E-02 4.4E-02 3.9E-03 4.6E-04 3.9E-05 3.3E-05 8.4E-06 8.4E-06	照射終 核種 Cs=134 Cs=137 Ba=137 H-3 Cs=135 Sb=125 Ba=133 Te=125m Te=121m	75年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.4E-01 4.4E-02 4.2E-02 3.5E-03 3.9E-05 2.0E-05 7.4E-06 4.8E-06 2.3E-07	照射終	710年後 放射能濃度 (Bq/cc) 4.6E-02 4.0E-02 3.7E-02 2.6E-03 3.9E-05 5.7E-06 5.3E-06 1.4E-06 7.1E-08		730年後 放射能濃度 (Bq/cc) 2.5E-02 2.4E-02 8.5E-04 5.5E-05 3.9E-05 1.4E-06 7.1E-08 3.8E-08 9.0E-09	照射終	750年後 放射能濃度 (Bq/cc) 1.6E-02 1.5E-02 2.8E-04 3.9E-05 3.8E-07 7.1E-08 6.7E-08 3.6E-09 2.8E-09

表 3-7 1年間照射後の Xe 由来の放射性生成核種

表 3-8 ダイバータ領域に滞留する時間(照射時間)ごとの Xe による放射性生成核種

	照射10	00秒後	照射1	時間後	照射8	時間後	照射	1日後	照射1;	週間後
No	核種	放射能濃度 (Bq/cc)								
1	Xe-134m	5.0E+01	Xe-135m	9.4E+01	Xe-135	1.0E+02	Xe-135	1.9E+02	Xe-131m	2.4E+02
2	Xe-125m	2.6E+01	Xe-134m	5.0E+01	Xe-135m	1.0E+02	Xe-125	1.4E+02	Xe-135	2.2E+02
3	Xe-135m	7.3E+00	Xe-125m	3.8E+01	Xe-125	6.1E+01	Xe-135m	1.0E+02	Xe-125	2.2E+02
4	Xe-127m	6.2E+00	Xe-135	1.4E+01	Xe-134m	5.0E+01	Xe-134m	5.0E+01	Xe-133	2.1E+02
5	Xe-137	5.7E-01	Xe-127m	9.8E+00	Xe-125m	3.8E+01	Xe-131m	4.0E+01	Xe-133m	1.1E+02
6	Xe-135	2.8E-01	Xe-125	8.8E+00	Xe-131m	1.4E+01	Xe-125m	3.8E+01	Xe-135m	1.0E+02
7	Xe-125	2.3E-01	Xe-137	2.2E+00	Xe-133m	1.2E+01	Xe-133	3.6E+01	Xe-129m	7.5E+01
8	I-128	6.0E-02	Xe-131m	1.7E+00	Xe-133	1.2E+01	Xe-133m	3.3E+01	Xe-134m	5.0E+01
9	Xe-131m	4.7E-02	Xe-133m	1.6E+00	Xe-127m	9.8E+00	Xe-129m	1.3E+01	Xe-125m	3.7E+01
10	Xe-133m	4.5E-02	Xe-133	1.5E+00	Xe-129m	4.6E+00	Xe-127m	9.8E+00	I-125	1.5E+01
	照射1;	か月後	照射3:	か月後	照射	半年後	照射	1年後		
No	核種	放射能濃度 (Ba/cc)	核種	放射能濃度 (Ba/cc)	核種	放射能濃度 (Ba/cc)	核種	放射能濃度 (Ba/cc)		
1	Xe-131m	5.8E+02	Xe-131m	6.95E+02	Xe-131m	7.0E+02	Xe-131m	7.0E+02		
2	Xe-133	3.9E+02	Xe-133	3.97E+02	Xe-133	4.0E+02	Xe-133	4.0E+02		
3	Xe-135	2.2E+02	Xe-135	2.20E+02	Xe-135	2.2E+02	Xe-135	2.2E+02		
4	Xe-125	2.2E+02	Xe-125	2.12E+02	Xe-125	2.0E+02	Xe-125	1.9E+02		
5	Xe-129m	1.6E+02	Xe-129m	1.78E+02	Xe-129m	1.8E+02	Xe-129m	1.8E+02		
6	Xe-133m	1.2E+02	I-125	1.27E+02	I-125	1.6E+02	I-125	1.6E+02		
7	Xe-135m	1.0E+02	Xe-133m	1.23E+02	Xe-133m	1.2E+02	Xe-133m	1.2E+02		
8	I-125	6.1E+01	Xe-135m	1.01E+02	Xe-135m	1.0E+02	Xe-135m	1.0E+02		
9	Xe-134m	5.0E+01	Xe-134m	4.96E+01	Xe-127	5.5E+01	Xe-127	5.7E+01		
10	Xe-125m	3.7E+01	Xe-127	4.63E+01	Xe-134m	5.0E+01	Xe-134m	5.0E+01		

## 4. 考察

不純物ガス(Ne、Ar、Kr、Xe)の放射化により生成する核種において、安全上問題となり うる核種について検討した。

放射性固体廃棄物については、発電所廃棄物における政令濃度区分値や処分濃度上限値 に規定されている核種が生成されているかを確認した。Neからは C-14、Arからは C1-36、 Krからは Sr-90、Xeからは I-129、Cs-137が該当するが、放射能濃度が低いため問題にな らないことが判明した。

放射性気体廃棄物については、Neからは問題になる核種はないが、Ar、Kr、Xeからは、 放射能濃度が高い核種があり、そのままでは環境中に放出できないことが判明した。

以下、不純物ガスごとに放射性生成核種の特徴を纏める。

### 4.1 Ne 由来の放射性生成核種について

表 3-1 より、一年間照射後から各冷却期間後(評価時間)での放射能濃度が上位 10 核種 に入る核種に対して、照射直後から照射終了 50 年後までの放射能濃度変化を図 5-1 に示す。 照射直後に生成量の多い F-20(半減期:11.07 秒)、F-22(半減期:4.23 秒)、F-21(半減 期:4.158 秒)、0-19(半減期:26.88 秒)は、半減期が秒単位であるために、図 4-1 に表示 されないないほど減衰している。F-18(半減期:109.77分)は、照射直後に生成量が多いも のの、照射終了 1 日にはほぼ無くなり、H-3(半減期:12.32年)が支配的な核種となる。 また、C-14(半減期:5700年)とNa-22(半減期:2.6027年)は、半減期が長いために残存 している。フィルター集塵後に放射性固体廃棄物として処分する際に、安全上問題となりう る放射性生成核種には政令濃度区分値、処分濃度上限値に規定されている C-14 が挙げられ るが、放射能濃度が 10<sup>-6</sup> Bq/cm<sup>3</sup>オーダーと低く安全上問題とならないことが分かった。

放射性気体廃棄物として安全上問題となりうる放射性生成核種を検討するために、排気中 又は空気中の濃度限度と評価時間(照射100秒後、照射1時間後、照射8時間後、照射1日 後、照射1週間後、照射1か月後、照射3か月後、照射半年後、照射1年後)に生成される

核種を比較し、濃度限度を超えてい る核種を抽出した。表 4-1 に濃度限 度を超えている核種を示す。

照射 100 秒後時点で濃度限度を超 えている核種は、0-19(半減期: 26.88 秒)、F-20(半減期:11.07 秒)、 F-21(半減期:4.158 秒)、F-22(半 減期:4.23 秒)、Ne-23(半減期:37.24 秒)の4核種である。特にF-20は、 濃度限度の約120万倍と高く、次に F-22が約2万倍と高い。



50年後までの放射能濃度変化

		1年照射	515-04		3.2E-11	2.0E-12 4.5E-09		2.4E-13	3.6E-08	2.5E-07	1.4E-07	1.1E-06	6.9F-06	32E-12	1.6E-02	9.8E-04	4.3E-07	3.0E+00	3.3E-00
		半年照射	2 1E-04	5	4.0E-12	2.9E-13 1.1E-09		3.0E-14	8.9E-09	6.4E-08	3.6E-08	2.8E-07	3 4F-06	4.7E-13	7.9E-03	4.9E-04	2.2E-07	3.0E+00	1.6E-03
		3か月照射	9.5F-05	22	4.8E-13	7.4E-14 2.5E-10		3.0E-15	2.2E-09	1.5E-08	8.7E-09	6.8E-08	1 7F-06	1.2E-13	3.9E-03	2.4E-04	1.1E-07	3.0E+00	8.1E-04
/2)		1か月照射	2 QE-05	, , ,	1.8E-14	4.6E-14 2.7E-11		1.3E-16	2.4E-10	1.7E-09	9.6E-10	7.6E-09	5.6F-07	62E-14	1.3E-03	8.1E-05	3.5E-08	3.0E+00	2.7E-04
の比較 (1		1週間照射	6.6F06	200	2.3E-16	45E-14 1.5E-12		1./E-18	1.3E-11	9.3E-11	5.3E-11	4.1E-10	13E-07	5.5E-14	3.0E-04	1.9E-05	8.2E-09	3.0E+00	6.2E-05
豊度限度の	亥種	1日照射	9 4F-07	20 JE 20	1.1E-18	4.5E-14 8.2E-14		6.3E-21	3.0E-13	2.3E-12	1.2E-12	9.3E-12	19F-08	4.7E-14	4.3E-05	2.7E-06	1.2E-09	3.0E+00	8.0E-06
農度及び湯	:超える核	88寺間県発射	31E-07	2	1.8E-19	3.0E-14 3.6E-14		4.3E-22	6.5E-14	4.1E-13	2.3E-13	1.9E-12	6.2F-09	3.1E-14	1.4E-05	9.0E-07	3.9E-10	3.0E+00	2.1E-06
の放射能泳	<b>良度限度</b> を	1時間照納	3 9F-08	5	9.6E-21	9.4E-15 1.3E-14		32E-24	32E-14	2.0E-13	1.9E-15	9.8E-13	7 8F-10	1.6E-14	1.8E-06	1.1E-07	4.9E-11	3.0E+00	6 6 8 8 8 8
射間ごとの	: 漂	100种少民身寸	115-00	2	3.6E-23	9.2E-15 1.1E-14		1.4E-25	1.3E-15	1.3E-13	8.2E-17	7.9E-16	21E-11	6.7E-14	4.5E-08	2.9E-09	1.4E-12	2.8E+00	5.4E-11
ナる評価時	*	別表第3 第3欄			1E-04	3E-06			3E-06	1E-04	1E-04		1E-04			1E-04	3E-06		
Ne 12 \$1		第5欄	7E-01 7E-01 5E-01	3E-03 3E-03			1E-05	4E-06				2E-04 1E-01 2E-02		7E-04	1E-04			7E-04	4E-03 2E-03 2E-03
表 4-1		別表第2 放射性同位元素の種類	元素は水素 メタン *	が 有機物(メダンを除く) 上記を除く化合物	記載がはし	12/4#28	酸化物、コケン化物及び硝酸塩以外の化合物	酸化物、ハロゲン化物及び硝酸塩以外の化合物	15載がよい	記載ない	記載がさし	蒸気 一酸化物 二酸化物 メダノ	12/2#22	[サブマージョン]	[サブマージョン]	1540/3L	言に載けるし	[(サブマージョン]	H LLI Na, Si, P, K, Ni, Rb, Sr, Mo, Ag, Te, L, Ca, Ba, La, W, Pr, Ti, Ph, Po, Fr07ンッ(比約, 1800)無難化合物の アッ(比約, 1800)再識化合物のフッ/比約数 び大部的のフラン/化合物(てつ) (化クラン, 201(ビクラニン/化合物(てつ) (化クラン, 201(ビクラニン)/化合物(てつ) Mg, AL, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fa, Cu, Ga, Ga, As, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Rh, Pd, Ga, As, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Rh, Pd, Ga, As, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Rh, Pd, Cd, Th, Pa, Nb, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, M407ンッ(比約, 1800)用酸(C合物) 072ッ(比約及び下浴性のグラン/化合物) Be, Ss, Co, Zn, Ca, ND, Nb, Nb, Lu, Ta07ンッ(比物及び下浴性のグラン/化 台物072ッ/比約
		半減期	19.30v	16.069	801 ms	839.9ms 6.700E-17s		1.38/E+6y	13.81s	20.20ms	17.33ms	5700y	2 449s	9.965m	7.13s	4.173s	620ms	26.88s	109.77 m
		nuclide	1	5	He-6	Li-8 Be-8		Be-10	Be-11	B-12	B-13	0-14	0-15 0-15	N-13	N-16	N-17	N-18	0-19	2 00 1 1

				Ę										
nuclide	半減期	別表第2 放射性同位元素の種類	第5種	別表第3 第3欄	100种则采纳	18寺間見発射	88寺間県発射	1日照射	1週間照射	1か月照射	3か月照射	半年照射	1年照射	_
F-20 11	11.07s	Setting and a		1E-04	1.3E+02									
F-21 4.	1.158s	記載がよい		1E-04	8.3E-01									
F-22 4.	1.23s	3C#1/3U		1E-04	2.0E+00	_								
Ne-23 37	37.24s	15400 BE		1E-04	2.2E-01	2.7E-01								
Ne-24 3.	3.38m	Beatvalu		1E-04	7.5E-23	2.1E-18	1.4E-16	1.0E-15	1.6E-14	7.6E-14	2.3E-13	4.8E-13	9.5E-13	-
Na-21 22	22.49s	記載が3し		1E-04	1.3E-20	2.7E-19	1.7E-17	1.5E-16	7.5E-15	1.3E-13	1.1E-12	4.1E-12	1.4E-11	_
Na-22 2.	2.6027y	すべての化合物	9E-05		5.3E-16	7.5E-15	4.6E-13	4.2E-12	2.0E-10	3.6E-09	3.0E-08	1.1E-07	3.7E-07	-
Na-24 14	14.997h	すべての化合物	4E-04		7.7E-15	22E-11	1.3E-09	9.5E-09	1.5E-07	7.0E-07	2.1E-06	4.4E-06	8.8E-06	_
Na-24m 2(	20.18ms			1E-04	1.2E-11	7.6E-10	62E-09	1.8E-08	1.3E-07	5.5E-07	1.7E-06	3.4E-06	6.8E-06	_
Na-25 5(	59.1s			1E-04	2.5E-23	2.7E-19	1.6E-17	1.2E-16	1.8E-15	8.8E-15	2.7E-14	5.5E-14	1.1E-13	-
Na-26 1.	.07128s			1E-04						2.2E-26	1.8E-24	3.1E-23	5.0E-22	-
		一般行物、大概行物、沢行物、コケンノナ酸合い、素素の、ションション、	2E-02											
Mg-27 9.	9.458m	観行物、大概行物、派行物、2022	1E-02								2.7E-25	4.6E-24	7.3E-23	
_		115代/火い時段4里												
														-
														-
														-
														-
														-
														-
														-
														-
_														7
														7
														7
														7
														7
														7
														-
														-
														-
														-
														-
														-
														-
														7

しかしながら、放射性固体廃棄物の検討でも記載したが、これら核種の半減期が短いため、 環境にすぐに放出するのではなく、十分に減衰(約1日程度)を待ってから環境に放出する 方法を検討することにより、安全上問題となりうる核種にはならないと考えられる。

同様に、照射1週間後時点で濃度限度を超えている N-16(半減期:7.13秒)、照射3か月 後時点で濃度限度を超えている N-17(半減期:4.173秒)、照射1年後時点で濃度限度を超 えている F-18(半減期:109.77分)についても、十分に減衰させてから環境に放出する方 法を検討することにより、安全上問題となりうる核種にはならないと考えられる。

最後に、照射 1 年間の仮定により安全側の過大評価であるが、上記に示した核種の他に F-18 が安全上問題となりうる。これは、濃度限度の約 2 倍程度になるものの、照射終了 1 日後には 4 桁近く放射能濃度が下がることから、他の核種と同様に十分な減衰をさせてか ら環境に放出する方法を検討することにより、安全上問題となりうる核種にはならないと 考えられる。

## 4.2 Ar 由来の放射性生成核種について

表 3-3 より、一年間照射後から各冷却期間後(評価時間)での放射能濃度が上位 10 核種 に入る核種に対して、照射直後から照射終了 50 年後までの放射能濃度変化を図 4-2 に示す。 図 5-2 に示すように Ar-41(半減期:109.61分)は、照射直後に生成量が多いものの、1 日 経つと Ar-39(半減期:269年)が照射終了 50 年後まで支配的な核種となる。Ar-39 の次に 多いのが、Ar-37(半減期:35.04日)であるものの、照射終了 1 年後からは S-35(半減期: 87.37日)となり、照射終了 3 年後には、H-3(半減期:12.32年)が Ar-39 に次ぎに多い核 種と分かった。フィルター集塵後に放射性固体廃棄物として処分する際に、安全上問題とな りうる放射性生成核種には政令濃度区分値に規定されている C1-36(半減期:3.01×10<sup>5</sup>年) が挙げられるが、放射能濃度が 10<sup>-6</sup> Bq/cm<sup>3</sup> オーダーと低いため、安全上問題にならないこ とが分かった。



図 4-2 Ar ガスの照射直後から照射終了 50 年後までの放射能濃度変化

放射性気体廃棄物として安全上問題となりうる放射性生成核種を検討するために、排気 中又は空気中の濃度限度と評価時間(照射100秒後、照射1時間後、照射8時間後、照射1 日後、照射1週間後、照射1か月後、照射3か月後、照射半年後、照射1年後)に生成され る核種を比較し、濃度限度を超えている核種を抽出した。表4-2に濃度限度を超えている核 種を示す。表4-2に示すように、照射100秒後時点で濃度限度を超えている核種は、Ar-41 (半減期:109.61分)、S-37(半減期:5.05分)、C1-38m(半減期:715m秒)、C1-40(半減 期:1.35分)、C1-39(半減期:56.2分)である。特にAr-41は、濃度限度の約950倍と高 く、次にS-37、C1-38mが約400倍である。濃度限度を超えているAr-41の半減期が約110 分であるため、照射終了1日後の値が5.0×10<sup>-3</sup>Bq/cm<sup>3</sup>となり濃度上限に近い値となる。そ のため環境にすぐに放出するのではなく、十分に減衰(約1日以上程度)を待ってから環境 に放出する方法を検討することにより、安全上問題となりうる核種にはならないと考えら れる。また、Ar-39に関しては、照射100秒程度では10<sup>-6</sup>Bq/cm<sup>3</sup>オーダーと低いため、安全 上問題となりえないと考えられる。濃度限度を超えてしまうのは、1か月照射後からである ため、運転時間を調整しつつ濃度限度を超えないような検討が必要と考える。

最後に、照射1年後に濃度限度を超えている核種は15核種ある。特に照射100秒後でも 濃度限度を約950倍と超えていたAr-41は、濃度限度を約9万倍と超えてしまう。しかし、 照射終了1日後の値が濃度上限に近い値となるため十分に減衰にさせてから環境に放出す る方法を検討することにより、安全上問題となりうる核種にはならないと考えられる。Ar-41の次に濃度限度を超えている核種は、S-35が約3千倍、S-37が約2千倍である。S-35は 半減期が87.37日と半減期が長いため、表4-3に示すように照射終了3年後でないと濃度 限度と同じオーダーにならない。Ar-41と同様に運転時間を調整しつつ濃度限度を超えない ような検討が必要と考える。また、Ar-39は濃度限度の14倍であるが、半減期が長いので そのまま濃度限度を超えたままになる。従って、運転時間(照射時間)を調整するか、濃度 限度を超えないように希釈するなどの対策が必要と考える。

				*	: 뻀	度限度を	き超えるを	亥種					
nuclide	半減期	別法第2 放射性同位元素の種類	第5種	<u>別表第3</u> 第3欄	100种外民制力	1時間照約	88寺間只孫約1	1日照射	1週間照射	1か月照射	3か月照射	半年照射	1年照射
ę	12.32y	元素は水素 メタン 丸数 有機物(メタンを除く) 上記を除く(ド合物	7E+01 7E-01 3E-03 3E-03 3E-03		1.1E-09	4.1E-08	3.3E-07	9.9E-07	6.9E-06	3.0E-05	8.9E-05	1.8E-04	3.7E-04
-15												3.1E-26	9.9E-25
-12											1.3E-26	4./E-25 9.0E-27	1.0E-23 2.9E-25
-18												1	6.3E-26
-19									6.7E-26	2.2E-23	1.8E-21 1.2E-26	3.1E-20 3.6E-25	4.9E-19 1.1E-23
-20									1.8E-24	5.9E-22	4.8E-20	82E-19	1.3E-17
-21									2.0E-25	3.2E-23	1.8E-21	2.8E-20	4.1E-19
-22 e-23					356-26	1.7E-23	3.6E-22	68E-21	4.4E-26 2.1E-18	1.7E-23 1.7E-16	12E-21 45E-15	2.0E-20 3.8E-14	32E-19 30E-13
e-24					221	2	3.1E-26	4.0E-25	9.9E-24	8.7E-23	12E-21	9.6E-21	7.5E-20
e-25							3.4E-25	4.3E-24	1.0E-22	5.2E-22	1.6E-21	3.3E-21	6.7E-21
a-21									00	00 L.	8.1E-27	1.4E-25	3.9E-24
a-22 a-24						505-05	1 6F-22	4.2E-27 41E-21	3.4E-26 3.4E-18	35F-16	2.2E-22 1 0E-14	3.9E-21 86E-14	69E-13
a-24m					9.3E-25	9.3E-24	4.3E-22	5.1E-21	1.5E-18	12E-16	3.3E-15	2.7E-14	2.2E-13
a-25						1.8E-24	9.0E-23	1.9E-21	6.4E-19	5.1E-17	1.4E-15	1.1E-14	9.1E-14
a-26					3.6E-26	6.9E-24	1.5E-22	2.7E-21	8.6E-19	6.7E-17	1.8E-15	1.5E-14	1.2E-13
a-28					2 GE-17	33E-15	7.1E-26 1.6E-14	9.0E-25 1 1E-13	2.1E-23 5.1E-12	9.4F-11	3.4E-22 8.4E-10	7.0E-22 3.5F-09	1.4E-21
0-28					2 4F-24	11F-19	3 4F-17	43F-16	1 0F-14	52F-14	1 6F-13	3.4F-13	6.8F-13
<b>e</b> -29					2.2E-20	3.9E-18	2.5E-16	2.3E-15	1.1E-13	2.1E-12	1.8E-11	7.6E-11	3.0E-10
-25						1.4E-26 5.9E-07	1.9E-25	2.3E-25	6.1E-25 0.4E-26	3.9E-23	1.8E-22 7.0E-02	1.5E-21 6.0E-22	2.3E-20
-26m					6.7E-27	3 45-25	5.9E-24	1 46-23	0.5E-01	2 DE-19	5.3F-18	44F-17	355-16
H-28					12E-17	12E-15	1.5E-14	1.3E-13	6.7E-12	12E-10	1.1E-09	4.5E-09	1.8E-08
H-29					7.9E-17	2.1E-15	2.6E-14	2.1E-13	9.7E-12	1.6E-10	1.3E-09	4.7E-09	1.8E-08
1-30					3.3E-16 3.4E-01	3.3E-15 4.1E-10	1.7E-14 1.6E-16	1.3E-13 6.0E-16	5.9E-12 5.5E-15	1.0E-10	8.3E-10 7.9E-14	3.1E-09 1.5E-13	12E-08
H-32					2.5E-20	4.3E-18	2.7E-16	2.5E-15	12E-13	2.2E-12	2.0E-11	82E-11	3.3E-10
-31	157.3m	酸化物、水酸化物、炭化物、硝酸塩及びアル ミノケイ酸ガラスのエーロゾル以外の化合 物	4E-03		61E-13	7.3E-10	2 8F-08	1 26-07	a 7E-07	42E-06	136-05	2.6F-05	505-05
5		がり 酸化物、水酸化物、炭化物、硝酸塩 アルミンケィ酸ガラスのエーロゾル	2E-03 1E-03		2	2	20 C	171 01	2	771	3	5.5 2	24F
i-32					2.5E-17	4.3E-15	2.8E-13	2.5E-12	12E-10	2.3E-09	2.0E-08	8.3E-08	3.3E-07
i-33	6.11s	記載がさし		1E-04	5.1E-10	2.0E-08	1.6E-07	4.8E-07	3.4E-06	1.4E-05	4.3E-05	8.8E-05	1.8E-04
-30					1.5E-15	2.6E-13	2.2E-12	6.6E-12	4.6E-11	2.0E-10	6.2E-10	1.3E-09	2.8E-09
-32	14.262d	Smのリン酸塩以外の化合物 Smのリン酸塩	1E-04 4E-05		5.7E-14	6.2E-11	3.9E-09	3.5E-08	1.6E-06	2.1E-05	1.0E-04	2.4E-04	5.2E-04
-33	05.354	Snのリン酸塩以外の化合物	1E-03		1 - L - L - L		00 L0 0	2.11 OC					

	年照射 1年照射	1E-04 62E-04 8E-05 12E-04	1E-04 4.3E-04		5E-01 25E-01		8E+01	1E-08 9.1E-08	1E-13 62E-13	ZE-U0 4.8E-U0
	3か月照射 半	1.5E-04 3.	1.0E-04 2.		8.7E-02		- 18E+01	9.1E-08 9.	1.5E-13 3.	2.4E-00
	1か月照射	4.9E-05 o 7E-06	3.5E-05		3.3E-02		1.8E+01	9.1E-08	5.1E-14	186100
	1週間照射	1.1E-05	82E-06		8.0E-03		1.8E+01	9.1E-08	12E-14	1./E-00
	1日照射	1.6E-06 3.2E-07	12E-06		12E-03		1.8E+01	9.1E-08	1.5E-15	1.00-00
	88寺間12355	5.4E-07	3.9E-07		3.9E04		1.8E+01	6.3E-08	3.9E-16	1.05-00
	1時間照射	6.0E-08	4.8E-08		4.9E-05		1.8E+01	3.5E-09	12E-17	B-14-
	100种外民务时	2.2E-10	12E-09		1.4E-06		9 8 8 8 8	3.2E-12	7.6E-21	8.85-01
*	別表第3 第3欄	1E-04	1E-04							
	第5欄			1E-03 2E-04	5E-03	96-00	9E-00 9E-02 2E-02 2E-02			
	別法第2 放射性同位元素の種類	記(載がえい) 1974年が131、		<u>素気(二酸化硫黄を含む)</u> 二硫化炭素	H LLINDAGE H LLINDAGE MAR Fa, Ni, Da, Al, Si, P, K, Ti, V, Cr, MAR Fa, Ni, Ga, Rb, Sr, Zr, Tc, Ru, Rh, Pd, In Ta, L, Ca, Ba, La, Gd, Hf, W Rd, Lay La, TL, Au, TL, Ph, Sa, Fr, AcO TRAPERERE, Col, Standider, SaoDim Will-Phytonic Layor Light, Layon Right, March 1990 NGH LHY-Light, Layon Right, March 1990 NGH LHY-Light, Light, LHY-Light, Layon NGH LHY-Light, Light, LHY-Light, Layon NGH LHY-Light, LHY-Light, LHY-Light, LAYON RIGH, March 1990 NGH LHY-LIANON LHY LHY-LIANON LHY-LIANON LHY-LIANON LHY	Eur Aon Yu Nu, Shu Cao Fu Mu, Pun, Sm, Eur The Dy, Ho, Er, Tim, Yh, Lu Ta, Bi, Ra, Th, Pa, Nu, Pu, Am, Cun, Bk, Cf, Er, Fim, MatOGK[七物と硫酸塩」CuO 無機 低合物の硫化合物 Cao, Na, Ag, Cd, Sr/D 硫化物, HaO 無機化合物の硫化物及び難 送, 不溶性のプランパと合物の硫化物及び離 塩	<u>蒸気(二酸化硫黄を含む)</u> <u>一酸化成黄を含む)</u> <u>一酸化成素</u> H Li Na, Me, AL Si, P, K Ti, V, Cr, Mh Fe, Ni Ga, Ru, Sr, Zr, Tc, Ru, Rh, Pu, In, Te, I, Ca, Ba, La, Gd, H, W, Re, Os, Ir, Pt, Au TI, Pa, Pr, Ac0 BiclifybyCatBrg, LeOT無難化合物の破壊 E, Ga, Ma, Ag, Cd, ScoDiamague, HeOT無難化 含物の硫酸症, HeOT再難化合物の硫化 2合物の硫酸症, HeOT再難化合物の硫化 <i>biotagete</i> , John Jag, Lao <i>BiotalitybyCatBrg</i> , Com <i>BiotalitybyCatBrg</i> , Com <i>BiotalitybyCatBrg</i> , Com <i>Eu</i> , Th, Da, Na, Pu, Au, Ca, Sco Zn, Ae, Y, Na, Sa, Ca, Pr, Na, Ju, Ta, Bi, Eu, Th, Da, Na, Pu, Au, Cm, Br, Cf, Ea, Th, Pa, Na, Pu, Au, Cm, Br, Cf, Ea, Fm, NaoNag(Lth), CathyOtagete, Com <i>Biolicht</i> , HaOTmaw(Lchb,CatBrg, <i>Biolicht</i> , HaOTmaw(Lchb,CatBrg, <i>Biolicht</i> , HaOTmaw(Lchb,CatBrg, <i>Biolicht</i> , HaOTmaw(Lchb,CatBrb,CatBrg, <i>Biolicht</i> , HaOTmaw(Lchb,CatBrb,CatBrb,CatBrb, <i>Biolicht</i> , HaOTmaw,Ch,ChethOtagete, Cum <i>Biolicht</i> , HaOTmaw,ChethOtagete, Cum <i>Biolicht</i> , HaOTmaw,Chetherbar, Biolichth, Lath, Lath, Shi, Cum <i>Biolicht</i> , HaOTmaw,Chetherbar, Cum <i>Biolicht</i> , HaOTmaw,Chetherbar, ChethOtagete, Cum <i>Biolicht</i> , HaOTmaw,Chetherbar, Cum <i>Biolicht</i> , HaOTmaw,Chetherbar, Lath, ChethOtagete, Cum <i>Biolicht</i> , Lath, Chethotagete, Cum <i>Biolicht</i> , Lath, Chethotagete, Cum <i>Biolicht</i> , Lath, Chethotagete, Cum <i>Biolicht</i> , Lath, Chethotagete, C			
	半減期	12.43s 47.3s	5.6s		P/2/9		B B G			
	nuclide	P-34	P-36		S-35		S-37	S-38	S-39	+5L0

		, , ,	; ; ;			農度限度	を超える	核種					
uclide	半減期	別表第2 かがす同位元素の種類	第5機	別表第3 第3編	100秒明矾	18寺間9段9寸	88寺間9段射	1日照射	1週間照射	1か月照射	3か月照射	半年照射	1年照射
		H. Li, Na, Si, P. K. Ni, Rh, Sr. Me, Ag, Ta, I, Ca, Ba, La, Gd, W. P., Ti, Ph, Po, Frong(LPM, Sao) 正義化合物の塩化物 Hieoの再報化合物の塩化物及び大部分の六 Hieoのアン(どき物の)塩(と物の立て)	2E-03										
89	37.24m	Be. Me. AI Ga. Sc. T. V. Cr. Mn. Fe. Co. Cu. Zn. Ga. Ge. As. Y. Zr. Nn. Tc. Ru. Rh. Pd. Gd. In. Sn. Sb. Ga. Pr. Nd. Pm. Sm. Eu. Tb. Dy. Ho. Er. Tm. Yb. Lu Hf. Ta. Re. Os. Ir. Au. Bi. Ra. Ac. Th. Pa. Ng. Pu. Am. Cm. Bk. Cf. Es. Th. Pa. Ng. Pu. Am. Cm. Bk. Cf. Es. Th. Pa. Ng. Pu. Am. Cm. Bk. Cf. Es.	3E-03	1	2.7E-03	6.0E-02	8.9E-02	89E-02	9.0E-02	9.4E-02	1.0E-01	12E-01	1.5E-01
-38m	715ms	ラメた合物の塩化物		1E-04	43E-02	43E-02	43E-02	43E-02	43E-02	4.4E-02	48E-02	5.3E-02	6.2E-02
		H. Li. Na. Si. P. K. Ni. Rb. Sr. Nb. Ag. Ta. L. Ca. Ba. La. Ga. W. Pt. T. Pb. Po. Frotgicht, San Lan Ga. W. T. Pb. Po. Frotgicht, San Lager Letto Frotgicht, Carbon Lack No. C. ABD 30 7 他のアディビと物の1室にと物のないたのかのデ	5E03										
68-	562m	Be. Mg. AL Ca. Sc. T. V. Cr. Mn. Fe. Co. Cu. Zn. Ga. Ge. As. Y. Zr. Nn. Tc. Ru. Rh. Pd. Cd. In. Sn. Sh. Ce. Pr. Nd. Pm. Sm. Eu. Tb. Dy. Ho. Er. Tm. Yh. Lu. Hf. Ta. Re. Os. Ir. Au. Bi. Ra. Ac. Th. Pa. Nn. Pu. Am. Cm. Bk. Cf. Es. Fm. MdO?篇21ft (Edg)(175)44). 不欲性07) \$5.0F2450.0F81434	8		42E-02	1.1E+00	2.0E+00	2.0E+00	2.0E+00	2.0E+00	2.0E+00	2.1E+00	2.1E+00
		H. Li, Na, Si, P. K. Ni, Rh. Sr. Mo. Ag. Ta, I, Ca, Ba, La, Gd, W. Pt, Ti, Ph, Po, Fr.の塩化物、Sa, La, Gd, W. Pt, Ti, Ph, Po, Huの再能化合物の塩化物及び大部分の六 Haon有能化合物の塩化物及び大部分の六	26-02										
40	1.35m	Be. Me. AI Ca. Sc. T. V. Cr. Mn. Fe. Co. Cu. Zn. Ga. Ge. As. Y. Zr. Nb. Tc. Ru. Rh. Pd. Cd. In. Sn. St. e. Pr. Nd. Pm. Sm. Eu. Th. Dy. Ho. Er. Tm. Yb. Lu. Hf. Ta. Re. Os. Ir. Au. Bi. Ra. Ac. Th. Pa. Nd. Pu. Am. Cm. Bk. Cf. Es. Fm. M400塩(比約, Hg0)無酸(1C5)7等). 不容性070	4E-02	1	1.3E+01	22E+01	22E+01	22E+01	22E+01	22E+01	22E+01	22E+01	22E+01
-41		///「「 日 4/0/24番1 にその			5 8F-10	3.25-08	9.7E-08	1 0F-07					
-42					2.7E-20	3.7E-17	12E-15	4.8E-15	3.7E-14	1.6E-13	4.8E-13	9.8E-13	1.9E-12
-37	35.04d	[(サブマージョン]	7E+02		2.3E-05	8.3E-04	6.6E-03	2.0E-02	1.3E-01	4.5E-01	8.3E-01	9.7E-01	1.0E+00
~-39	269y	[(サブマージョン)	2E-01		8.9E-06	32E-04	2.6E-03	7.7E-03	5.4E-02	2.3E-01	6 9F-01	1 4F+00	2 8F+00
-41	10001									101	22122		

	1年照射	5.6E-09	2.4E-12	1.4E-06	1.3E-07	3.1E-12	1.4E-02	3.0E-09	4.6E-16	1.6E-21	5.4E-26	1.05-12	3.4E-10	375-01	1.4E-21	15E-20	505-01	17-31E	1.1E-21	1.00-24	
	半年照射	2.8E-09	12E-12	3.6E-07	3.2E-08	/ 8E-13	6.9E-03	1.5E-09	2.2E-16	5.5E-23	0, 10,0	8.0E-13	525-07	6.3E-03	0.4E-03	2.6E-22	5 4 E - 00	J.IE-20	1.2E-22	1.45-20	
	3か月照射	1.4E-09	6.0E-13	8.7E-08	7.9E-09	1.9E-13	3.4E-03	7.1E-10	1.4E-16	1.7E-24		1.15-13	1.1E-18	0.35-05	335-25	39F-24	400-05	4.01 0.4	1.8E-24		
( <del>-</del> - /	1か月照射	4.6E-10	2.0E-13	9.7E-09	8.8E-10	2.1E-14	1.1E-03	2.3E-10	6.2E-17	7.7E-27	101 101	4.UE-13	3.UE-22			59E-27	22				
ノレビ甲乂 (4	1週間照射	1.1E-10	4.6E-14	5.3E-10	4.8E-11	1.1E-15	2.3E-04	3.9E-11	1.1E-17			0.41.05	0.4E-20								
種	1日照射	1.4E-11	5.9E-15	1.1E-11	9.7E-13	2.0E-17	1.4E-05	6.4E-13	1.8E-19		~ ~ ~ ~	3.UE-20									
意度及い調査が多数	88寺間 民利	3.5E-12	1.5E-15	1.1E-12	1.1E-13	2.0E-18	1.4E-06	2.0E-14	4.8E-21		<	/.IE-22									
度限度を	1時間照射	1.1E-13	3.7E-17	1.5E-14	1.9E-15	5.1E-19	5.0E-09	8.9E-18	7.6E-25		00 110	8./E-23									
	100种少照制	9.4E-17	2.8E-21	3.4E-16	2.0E-16	1.5E-19	1.2E-13	6.2E-24			101	1.0E-24									
	別表第3 第34週											Ī							Ī		
	第5機	2					2E-02					T									
7 - H X#	別法第2 約4世間位元素の挿紙						くてのとちにあ														
	半減期					1	12.321h 9 /														
	nuclide	Ar42	Ar-43	K-38	K-38m	K-40	K-42	K-43	K-44	K-45	K-46	Ca141	Ca-43	Sc-44	Sc-44m	Sc-45m	50-46	00-40	00-47	1 1	C+

## 4.3 Kr 由来の放射性生成核種について

表 3-5 より、一年間照射後から各冷却期間後(評価時間)での放射能濃度上位 10 核種に 入る核種に対して、照射直後から照射終了 50 年後までの放射能濃度変化を図 4-3 に示す。 Kr-83m(半減期:1.85時間)、Kr-85m(半減期:4.480時間)と照射直後から照射終了1日 後までは多くなるが、Kr-85m から壊変した Kr-85(半減期:10.752年)がそのまま照射終 了後 50 年後まで支配的な核種となる。既に Kr-85 は、再処理施設では放射性廃棄物(気体 廃棄物)と扱われている核種であり、日本原子力研究開発機構(JAEA)の東海再処理施設に おける Kr-85 の年間最大放出量の基準[8]は、8.9×10<sup>7</sup>GBq としている。



図 4-3 Kr ガスの照射直後から照射終了 50 年後までの放射能濃度変化

Kr-85 以外に多い核種として、Kr-79(半減期:35.04 時間)が照射終了1週間後まで、Rb-84(半減期:32.82 日)と Se-75(半減期:119.79 日)が照射1週間後から照射1年後まで あるが、半減期の違いから Se-75 は、照射終了3年後まで Kr-85の次に多い核種である。そ の後は、照射終了10年後まで H-3 に変わり、照射終了10年後からは、Kr-81(半減期: 2.29×10<sup>5</sup>年)に壊変する。フィルター集塵後に放射性固体廃棄物として処分する際に、安 全上問題となりうる放射性生成核種には処分濃度区分値に規定されている Sr-90(半減期: 28.90年)が挙げられるが、放射能濃度が10<sup>-6</sup> Bq/cm<sup>3</sup>オーダーと低いため、安全上問題とな らないことが分かった。

放射性気体廃棄物として安全上問題となりうる放射性生成核種を検討するために、排気 中又は空気中の濃度限度と評価時間(照射100秒後、照射1時間後、照射8時間後、照射1 日後、照射1週間後、照射1か月後、照射3か月後、照射半年後、照射1年後)に生成され る核種を比較し、濃度限度を超えている核種を抽出した。表 5-3 に濃度限度を超えている核 種を示す。照射 100 秒後時点で濃度限度を超えている核種は、23 核種ある。濃度限度を超 えている核種でも特に、Kr-79m(半減期:50 秒)が約 9 万 5 千倍と高く、次に Kr-81m(半減 期:13.10 秒)が約 2 万 8 千倍、Br-79m(半減期:5.1 秒)が約 1 万 1 千倍、Br-86(半減期: 55.1 秒)が約 1 万倍と続いている。しかしながら、上記した核種の半減期が秒オーダーであ るため、十分に減衰(約 1 日以上程度)を待ってから環境に放出する方法を検討することに より、安全上問題となりうる核種にはならないと考えられる。また、Kr-85 は、照射 100 秒 程度では 10<sup>-5</sup>Bq/cm<sup>3</sup>オーダーと低いため、安全上問題にならない。

他方、Kr-85 は既に東海再処理施設では気体廃棄物として取り扱われており、Kr 回収技術 の開発が進められている。回収方法としては、液化蒸留プロセスを採用したクリプトン回収 技術開発施設を建設し、昭和63年(1988年)からホット試験を開始し、回収技術の実証を 目的とした試験を継続している。また、回収した Kr を安定に貯蔵する技術として、ゼオラ イト封入法、イオン注入法について開発をしている[8]。このように、Kr-85 は濃度限度を 超えていないが、Kr の同位体の中で濃度限度を超えている Kr-79m、Kr-81m 等を回収し適切 に処理することも検討することが必要と考える。

次に、照射1年後に濃度限度を超えている核種は35核種ある。照射100秒後では、濃度 限度以下であった Kr-85が濃度限度を約300倍と超えており、Kr-85の半減期が10.752年 であるために、濃度限度を超えたままの状態で照射終了50年後まで続くことになる。運転 時間を調整するか、濃度限度を超えないようにKrを回収し適切に処理することも検討する ことが必要と考える。また、半減期が119.79日のSe-75が濃度限度を約2千倍、半減期が 32.82日のRb-84が濃度限度を約4千倍と超えているため、運転時間を調整しつつ濃度限度 を超えないような検討が必要と考える。

	1年照射 5.5E-03	8.7E-23 1.8E-22 7.6E-26 6.5E-27	22E-25 2.9E-24 1.1E-21 7.2E-21 8.4E-21	33E-21 6.1E-20 4.2E-25 1.1E-18 3.4E-17	72E-18 8.1E-17 6.5E-20 1.3E-21	9.3E-23 1.5E-18 7.5E-15 1.8E-12 4.9E-12	146-12 146-12 286-14 486-17 726-17 186-21 186-21 466-23	25E-15 25E-11 12E-11 12E-10	1.4E-10 2.4E-13 3.1E-13 3.1E-13 5.4E-15	1.0E-23 1.4E-18 2.1E-13
	半年照射 2.8E-03	3.7E-24 1.2E-23 7.5E-27	9.2E-26 6.1E-23 3.9E-22 4.5E-22	2.4E-22 1.5E-20 4.1E-26 7.2E-20 5.4E-18	7.0E-19 7.9E-18 6.3E-21 3.1E-22	2.9E-24 1.0E-19 9.9E-16 4.3E-13 1.2E-12	35E-12 35E-13 78E-15 78E-15 69E-18 69E-18 63E-22 43E-22 43E-22 1.7E-24	1.7E-16 6.8E-12 3.2E-12 2.2E-11	2.6E-11 5.7E-14 7.1E-14 2.7E-14	1.9E-24 3.2E-19 3.1E-14
	3か月照約1 1.4E-03	1.3E-25 7.1E-25	3.3E-24 2.1E-23 2.4E-23	2.1E-23 3.0E-21 3.9E-27 4.3E-21 8.3E-19	6.6E-20 7.0E-19 7.1E-22 7.1E-23	86E-26 78E-21 12E-16 86E-14 26E-13	756-13 756-14 196-15 4.16-19 6.26-19 9.86-23 9.76-23 9.76-23 5.86-26	1.1E-17 1.7E-12 8.1E-13 4.0E-12	49E-12 1.3E-14 1.6E-14 1.6E-14	3.6E-25 6.8E-20 4.4E-15
•	1か月照射 4.7E-04	9.3E-27	3.9E-26 2.3E-25 2.7E-25	6.5E-25 1.6E-22 5.3E-23 4.3E-20	1.9E-21 1.7E-20 1.3E-23 6.6E-24	1.8E-22 4.6E-18 4.6E-15 1.7E-14	9.56-14 9.56-15 9.56-21 9.56-21 9.26-24 9.16-24	1.7E-19 1.9E-13 8.9E-14 3.1E-13	38E-13 12E-15 17E-15 43E-16 43E-16	2.7E-16 2.7E-16 2.7E-16
,  ,	1)週間県発射寸 1.1E-04			45E-27 1.3E-24 1.6E-25 6.6E-25	2.3E-23 1.2E-22 9.0E-26 1.7E-25	15E-24 55E-20 3.8E-17 3.0F-16	8.7E-17 8.7E-17 6.8E-18 6.7E-23 1.0E-22 2.4E-25 2.4E-25 2.4E-25	7.0E-22 9.5E-15 8.7E-15 8.7E-15	9.8E-15 32E-17 82E-17 82E-17 9.4E-17	1.0E-22 1.5E-17
核種	1日 與發射 1.6E-05			15E-94	2.9E-26 2.0E-25	1.3E-22 2.2E-20 9.5F-19	2.8E-19 2.8E-19 4.8E-20 1.2E-25 1.8E-25	5.0E-25 1.3E-16 3.2E-17 4.0E-17	2.8E-17 82E-20 1.5E-18 7.0E-18	1.2E-25 5.5E-19
を超える	88층間믯흱숅j 5.2E-06			31E-26	62E-27	4.1E-24 2.9E-22 3.5E-20	5.4E-27	2.8E-26 1.0E-17 1.4E-18 1.9E-18	7.1E-19 2.6E-21 1.7E-19 1.7E-19 1.0E-18	5.6E-20
農度限度	18층1間!R원화] 6.5E-07					59E-27 72E-26 64F-23	0.4c-20 1.6E-23 3.7E-24	4.6E-27 4.1E-20 3.0E-21 1.3E-20	9.3E-22 4.7E-24 2.6E-21 2.7E-21 1.6E-20	2.5E-22
""	100科明朝封 1.8E-08							1.0E-24 6.4E-26 1.1E-24	1.5E-26 4.0E-27 3.7E-23 5.4E-23 2.6E-24	6.1E-27
*	<u>別表第3</u> 第3欄									
	第54 第54 7E-01 7E-01 8E-03 8E-	3								
	別法第2 元素は水素 メタン オタン 有職物(メタンを除く)									
	lide 半減期 12.32y		08-08	0,40		0400			E 0 0 E 0	0 ~ ~
	nucl H-3	Fe-59 Fe-61 Fe-63 Co-58	90000000000000000000000000000000000000	Ni-63 Ni-63 Ni-63	Ni-66 Ni-67 Ni-68	000-00 00-00 00-00	2	Zn-65 Zn-69 Zn-69 Zn-71	Zn-71 Zn-72 Zn-73 Zn-73 Zn-74	<u>Ga-67</u> Ga-67 Ga-68

				*	•••	濃度限度	を超える	核種					
nuclide	半減期	別法第2	第5種	別法第3	目的後期	18718 83.94	日1996日19488	1日照明	1通過問題1	1か月照射	3か月照相	半年照射	1年照时
a-72					1.1E-20	5.4E-16	25E-13	5.8E-12	73E-10	1.5E-08	13E-07	46E-07	1.4E-06
ia-72m					001 04	1.4E-25	7.7E-23	2.4E-21	9.55-19	376-17	39E-16	176-15	7.1E-15
10-74					0.0E-24	0.85-19	1./5-10	0.45-10	435-13	21-361	120-11	715-10	2 95-10
a-74m					116-23	415-20	445-18	745-17	135-14	40F-13	485-12	26F-11	1 4E-10
a-75					1.8E-23	43E-21	3.0E-19	2.6E-18	13E-16	25E-15	22E-14	9.7E-14	41E-13
a-76					23E-22	83E-21	53E-19	4.7E-18	23E-16	47E-15	4.6E-14	2.0E-13	85E-13
a-77					1.6E-23	3.1E-20	1 8E-18	13E-17	1.7E-16	7.7E-16	2.4E-15	4.8E-15	9.7E-15
e-67									41E-26	46E-24	13E-22	1.0E-21	7.5E-21
e-68							23E-26	17E-24	1.8E-21	2.1E-19	5.8E-18	46E-17	3.4E-16
69-69					1.1E-24	5.4E-20	29E-17	6.7E-16	1.1E-13	28E-12	2.8E-11	12E-10	4.7E-10
6-71					32E-16	4.1E-13	2.6E-11	23E-10	1.0E-08	12E-07	53E-07	1.1E-06	2.0E-06
e-71m	100	742829				2.4E-24	13E-21	2.7E-20	2.0E-18	1.7E-17	6.7E-17	1.6E-16	3.6E-16
e~73m	0.499%	BCBWAU STITUTE STORE SCONAU		16-04	85E-13	3.1E-11	2.9E-10	12E-09	2.5E-08	3.0E-07	2.05-06	62E-06	176-05
6-75	82.78m	酸化物、酸化物及びハロケン化物以外の 化合物	8E-03		7.0E-15	1.6E-10	6.1E-09	2.3E-08	1.7E-07	7.8E-07	2.6E-06	5.7E-06	1.3E-05
2		酸化物、酸化物及びハロケン化物	35-03	10.00	44.44	11 M	~ ~ ~ ~	1 20. 20		140 44	100.00	A 40 AA	
0-75m	47.7s			16-04	6.0E-13	5.4E-10	5.1E-09	1.6E-08	11E-07	48E-07	15E-06	3.4E-06	7.3E-06
6-77	11.30h	酸化物、酸化物及び、ロゲン化物以外の 化合物 酸化物、酸化物はたいにゲール物	8E-04		49E-15	6.7E-12	3.9E-10	2.7E-09	3.6E-08	1.6E-07	5.0E-07	1/0E-06	2.1E-06
e-77m	52.9s	1000 - 201010/2010 - 2010/30	5.00	1E-04	1.4E-12	1.1E-10	9.4E-10	2.9E-09	2.0E-C8	86E-C8	2.6E-07	52E-07	1.1E-06
0-78					35E-17	4 0E-14	12E-12	45E-12	3.5E-11	15E-10	45E-10	9.1E-10	1.85-09
679					52E-15	2.6E-13	2.1E-12	6.4E-12	45E-11	19E-10	5.9E-10	12E-09	255-09
e-79m					7.4E-15	49E-13	4.0E-12	12E-11	8.4E-11	3.6E-10	1.1E-09	23E-09	4.7E-09
6-70							78E-26	22E-24	18E-22	1.6E-21	63E-21	15E-20	3.4E-20
11-5					3.7E-27	8.8E-23	47E-20	1.0E-18	73E-17	63E-16	256-15	59E-15	1.3E-14
6-72	1000	すいてんしんね			3.7E-18	4.76-15	2.7E-13	2.0E-12	335-11	1.85-10	73E-10	1.8E-09	4.4E-09
6-13	P0208	9~(0)CB40	10-04		3.0E-16	495-13	395-11	386-10	185-08	2.7E-07	196-05	6.1E-06	1/6-00
S-14	P///1	9~(UNC61)	66-10		356-13	5.5E-12	535-10	495-09	165-07	146-08	9.7E-06	385-00	116-04
8/-S	1 0942d	9 × (0)(270)	26-04		3.4E-14	5.1E-11	53E-09	80E-08	61E-06	495-05	2.06-04	52E-04	13E-03
11-5	38 K3h	9 × (0)(124)	35-04		155-15	6.0E-12	6.6E-10	1.0E-08	1.05-06	9.7E-06	32E-00	65E-06	12E-04
6-78	90.7m	9 × (0710840	16-00		125-13	5.3E-10	196-08	73E-08	5.55-07	2.46-06	725-06	126-00	296-00
8-18	WUIM	911.CU/LG #3 00000000000000000000000000000000000	36-10	10 21	1./E-12	115-109	1.1E-US	325-08	126-0/	335-0/	80E-0/	1./E-08	00-44-00
101	5701	000000		T-	0.00-11	0 40-40	100-100	* 10.0	10-310	00000	0-20+	01E-00	0.05-00
0.0					0.05-14	0 000110	705-10	246-11	1.75-10	715-10	0.05-00	AAE-00	015-00
-80m					24F-14	115-12	85F-12	26F-11	1.85-10	77E-10	23F-00	485-09	0.4F-00
-71						41.71	105-04	265-23	0.15-01	285-20	115-19	2 dF-19	5.05-10
c2-22					205-24	2.4F~20	1 46-17	29E-16	2 dF-14	3.0F-13	1.25-12	27E-12	565-12
-		元素式セリン、観石誌、大観石誌及び浜子誌三年と毎週子では三年の日間等子やも	1E-00		1000	00 m m		A1 969		2	4. 54.	91.91.9	41 700
e-73	7.15h	元素状たしン、酸化物、水酸化物及の液子数	6E-04		2.4E-14	3.7E-11	2.6E-09	1.7E-08	1.8E-07	82E-07	2.5E-06	5.0E-06	1.0E-05
e-73m					2.8E-13	2.7E-10	5.0E-09	1.6E-08	12E-07	5.1E-07	156-06	3.1E-06	62E-06
;		床状れつン、酸石板、米酸石板成の液     一方地辺本の単築方の地	1E-04		~~~~		10 201				0.00 00		
0-12	DR/ RILL	100 100 100 100 100 100 100 100 100 100			SUP-4G	Contract of the local division of the local	D I have 10	1 Gloved Ld	D / head ld	Comments of the second	A New York		

5E-01         15E-01         15E-01         15E-01         15E-01           0E-01         10E-01         10E-01         10E-01           0E-01         10E-01         10E-01         10E-01           0E-01         27E-01         27E-01         27E-01           25E-01         26E-01         26E-01         26E-01           15E-16         14E-10         24E-01         24E-01           15E-16         17E-04         27E-04         28E-04           7E-04         17E-04         27E-04         28E-04           7E-04         17E-04         27E-04         28E-04           7E-04         17E-04         27E-04         28E-04           7E-04         17E-04         38E-04         38E-04           7E-04         38E-01         38E-04         38E-04
---

Γ

	いたいである。 たいでの。 たいでの。 たいである。 たいでのでの。 たいでのでの。 たいでの。 たいでのでの。 たいでのでの。 たいでの。 たののでのでのでのでのでの。 たいでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでのでの	California         11:00	<b>MO要</b> (ごわ波じ (ごわかの)(ごわか)(ごわか) (ごたいの)(ごたい) (ン. Zh. Na. Sh. Sa. Ca. (Dr. Ha. Er. (Dr. Ha. Er. (Dr. Ha. Er.	Am. Can. Bk. A. Haの無機化合 不欲性のクラン	L RL Sr. Mb ad. W R. TL 30. W R. TL 30. 開催化させの の現代は初点 0. 25社の度化的 人 Cr. Mb Fa. V. Zr. Mb Fa.	Shi Shi Cai	L Rb. Sr. Mb. 34. W. Pr. T. 00 mmkL28400 3E-04 28400 gl(28) 25 28400 gl(28)	V. Cr. Mh. Fa. V. Zr. Mh. Sr. Sh. Sh. Ch. D. Dr. Mh. Er. O. B. I. Me. Mh. Om. El. Am. Om. El. Am. Om. El. Am. Om. El. Am. Om. El.
Ag To, L. Co, Bo, La, Gd, W. Po, Po, Fr/の男化物, Seの無能 男化物, Huの有線化合物の男 大部分の介価のクラン化合材 と、M. Al Ca, So, TJ, Co, Bo, Mg, Al Ca, So, TJ, Co, Bo, Mg, Al Ca, So, TJ, Co, Do, Co, Ca, So, TJ, Co,	Co Cu Zn Ga Ga Au Y Z F Ru Rm, PH Cu Li Do S F Ru Rm, Sm Lu H, Ta, Ra, Ou Li Tm, Yu Lu H, Ta, Ra, Ou Li Ra, Ac Th Pa, Ma D, Am J Ct Ea, Fn, MMO男代代教, HG 特別更佳代教室の第271, 不能	ACENVA H. Li Na, Si P. K. N. Rb. Ag. Ta, I. Ca: Ba, La, Gd. W. Pb. Po. Frの髪化物 Saの無能	奥代坊、地の有機化合物の奥 人工がいなの有機化合物の奥 品の人名のシアシー化合物 Bas、Mg AL Cas、Sc. TL V. Co. Cas、Cas、Cas、Cas、TL V. Co. Cas、Cas、Cas、Cas、Cas、Cas、Cas、Cas、Cas、Cas、	Ra, Ac, Th, Pa, Na, Pu, Am, Cr, Ea, Fm, MAの果化物, Han 物の臭化物及び飄浴性, 不治 化合物の臭化物	4. Li Na, Si, P. K. Ni, Ri, A. Ta, L. Ga, Ba, La Gu, M. Pb, Po, Fr/の要代約: 56の第 要任約: hg/の有税任合物の要 及信約: 75.71任合物 B. Mg, M. Ga, Se, TV, Oc, Co, Se, Zr, Ga, Ga, Se, TV, Oc.	2000 Tic Ru Rh. Pd. Cd. In Sn. S Fr. Na, Pn. Sn. Eu. Th. Dv. Tm. Yb. Lu Hf. Ta, Ro, Cal. In Dv. Ra, Ac. Th. Pa, Na, Pd. An. I Ra, Ac. Th. Pa, Na, Pd. An. I PD. Eleft)及び部治性、不耐 化合物の臭化物及び部治性、不耐	H Li Na, Si P, K N Rh Az Ta, L Ca Ba, La Gd W Pa, Pa, F Ca Ba, La Gd W Pa, Pa, F Ca Ba, La Gd W Pa, Pa 東(比税, Haの有線(に合わの)類 大部分の六価のフラン(化合物)	BAN, M. L. C. S. S. T. V. Cr. 2005. Co. S. C. L. C. C. 2005. Doi: A. S. Y. S. S. C. L. Z. N. G. G. G. A. S. Y. S. S. S. L. L. D. D. T. M. P. S. S. L. L. D. D. T. M. P. S. S. L. L. B. A. S. S. L. L. P. C. S. A. M. MOZIELE, M. MOZIELE, M. MOZIELE, M. M. MOZIELE, W. S.

Γ

				4	•	灵汉收及	名面と	の汊悝					
nuclide	観境井	別法第2	部行權	別法第3	100秒984时	185[8]994	H999[0]488	1日98月1	1)通問99月	時期日心は	引知日日小化	并年照时	1年期时
Br-82m	6.13m	32407.30		16-04	4.1E-01	2.4E+00	2.4E+00	2.4E+00	2.4E+00	2.4E+00	2.4E+00	2.4E+00	2.4E+00
		H、Li Na, Si, P、K、Ni, Ra, Sr, Mo, Az To, Li Ca, Ba, La, Gu, W. Pr, T Az To, L: Ca, Ba, La, Gu, W. Pr, T Pa, Pr, Az Az Az Az Az Az Az 奥(七数, Haの有能に合物の奥(七教)の奥(七教)の 大部分のプランドに合物の奥(七教)	7E-03										
28-183 19	2.40h	Ba、Mg、AL Ca、So、T. V. Co、Mn、Fa、 Co、Cu、Zi、Ca、Ga、A、A、X、Zi、Ma、 To: Ru, Ph: Go, Li Nos, Sh. Ca、 Pr: Nd, Pm, Sm, Eu, Th. Dy, Ho, Er, Tim. Yu, Lu, HT, Ta, Ra Po, Bi, K, Au, Bi, Ra, Ac, Th, Pa, Nn, Pu, Am, Cm, Bi, Cot, Ea, Fim, MBの男化対, Hgの無機化合 分的の異化的ない書がす。不可能の	3E-00		4.0E-02	1.3E+00	49E+00	556+00	55E+00	55E+00	5.5E+00	55E+00	5.5E+00
		H Li Na, Si P, K. Ni, Rb, Sr, Mo, Ag Ta, Li Ca, Ba, La, Gd, W. Pr, Ti Pb, Po, Frの奥(けれ) Saの無能化を物の奥化物及び 長(比約, 46-007 ラン・化-されの奥化物及	SE-00										
Br-84	31.76m	Be. Mr. Al. Ca. Sc. T. V. Cr. Mr. Fe. Co. Cu. Zn. Ga. Ge. As. Y. Zr. Nb. Tr. Bi. Bh. Dd. Cd. In. So. St. Ca.			12E-01	2.4E+00	32E+00	32E+00	32E+00	32E+00	32E+00	32E+00	32E+00
		Pr. Na. Pm. Sm. Eu. Tb. Dy. Ho. Er. Tm. Yb. Lu. Hf. Ta. Ra. Oa. Ir. Au. Bi.	3E-03										
		Ra, Ac, Th, Pa, Na, Pu, Am, Cm, Bk, Ct, Es, Fm, MaO 奥仁松, HaO 睡眠仁治 財の奥仁松政区(踏浴柱, 不论柱のクラ)											
		H Li Na, Si P, K. Ni, Rb, Sr, Mo, Ag Ta, L Ca, Ba, La, Od, W. Pr, Ti Pb, Po, Frの実(にれ)、soの無確化を秒の要しか及び 大部分のディボのクランパトさめの要しか及び	2E-02										
Br-84m	6.0m	Ba, Mg, AL Ca, Sc, TL V, Cr, Mr, Fa, Co, Cu, Zn Ga, Ga, Aa, Y, Zr, Nb, Tc, Ru, Rh, Pd, Cd, In, Sn, Sb, Ca, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Tb, Dy, Ho, Er,			6.1E-01	35E+00	35E+00	35E+00	35E+00	35E+00	35E+00	3.5E+00	35E+00
		Tim, Ya, Lu, Hr, Ta, Re, Oe, Ir, Au, Bi, Ba, Ac, Th, Pa, Na, Pu, Am, Cm, Bi, Cif, Ea, Fin, MaO奥化枕, HaO原酸化合 物の酸化物及乙酸溶性、不溶性のクラン	1E-02										
Br-85	2.90m	3280/30		1E-04	8.0E-02	2.4E-01	2.4E-01	2.4E-01	2.4E-01	2.4E-01	2.4E-01	2.4E-01	25E-01
Br-86	55.1s	JE/1028		1E-04	1.0E+00	1.5E+00	15E+00	15E+00	15E+00	1.5E+00	15E+00	15E+00	15E+00
Krm	74.4m	(/E/->/4)	76-04		2.1E-02	6.0E-01	1.4E+00	1.4E+00	1.4E+00	1.4E+00	1.4E+00	1.4E+00	1.4E+00
K1-78	35.04h	- (/ L / - / - / - / - / - / - / - / - / -	36-93	10-31	215-02	88E-01	6.6E+00	176+01	446+01	45E+01	456+01	456+01	45E+01
Land	2 29E+5v	(サブマージョン) (サブマージョン)	10-31	16-04	47E-08	1.8E-07	1.4E-06	436-06	3.06-06	136-04	396-04	79E-04	1.66-03
Kr-81m	13.10s	(サブマージョン)	6E-00		1.7E+02	1.7E+02	1.7E+02	1.7E+02	1.76+02	1.7E+02	1.7E+02	1.7E+02	1.7E+02
Kr-83m	1.85h	(サブマージョン)	10+31		1.4E+01	43E+02	13E+03	1 4E+03	1.4E+03	1.4E+03	1.4E+03	1.4E+03	1.3E+00
IS L	44600	(サブマージョン)	5E-00		80E-00	325-103	2.8E-UX	8.0E-UC	0.36-01	3.0E+00	224+00	10+10	306+01
10 - 01	10001	1117 6461	NU		THP+FE I	Q RE+01	425+00	855+CD	R 75+00	6.7E+00	67E+00	6.7E+00	

nuclide         半減期         放射性同位元素の優減         熟売           Kr         8         第         放射性同位元素の優減         第           Kr         8         8         8         8         8           Rb=81         Rb         8         8         8         8         8           Rb=81         Rb         8	第5編 第5編 16-04 16-04 16-04 16-04 16-04 16-04 16-04	周掛第3 第3論 第3論	1004998841	185839881							
Kr=88         Kr=88         Rb=81         Kr=88         Rb=81         Rb=81         Rb=81         Rb=81         Rb=82         <	26-04 26-04 26-04 26-04 26-04 16-04 16-04 16-04		32E-23		E4286[2]468	1日98月	1308994	1か月照射	別が月晩日	半年熟的	1年照时
Rb-81 Rb-81 Rb-82 Rb-83 Rb-80 Rb-83 Rb-90 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-90 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-90 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-90 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-90 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-90 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-83 Rb-90 Rb-83 Rb-90 Rb-83	26-04 26-04 16-04 76-00 76-00 76-00 76-00	5	32E-23						2.5E-25	36E-24	42E-23
Rb-81m Rb-82m Rb-82m Rb-83m S-22m S-22m S-22m S-22m S-22m S-23m S-22m S-23	26-04 26-04 26-00 76-00 76-00 76-00	2	32E-23		12E-26	5.4E-24	3.4E-20	49E-18	12E-16	7.6E-16	4.0E-15
Rb-62 Rb-83 Rb-83 Rb-84 Rb-84 Rb-84 Rb-86	26-04 76-04 76-04 76-04 76-04 76-04 76-04 76-04 76-04	24 24	32E-23		1.3E-26	3.0E-24	9.7E-21	13E-18	3.0E-17	1.9E-16	9.9E-16
Book (100-000) (10	26-04 16-04 76-06 76-00 76-00 76-00 76-00	<u> </u>	32E-23	7.6E-22	3.7E-18	22E-16	13E-13	9.6E-12	1.8E-10	9.3E-10	355-09
Knews 2024 3、7、COVIGAT9 16-     Knews 2026m すべての化合物 10-     Knews 13642d すべての化合物 26-     Knews 13642d すべての化合物 26-     Knews 13642d すべての化合物 26-     Knews 13713m 13713m 137-     Knews 13713m 137-     Knews 13713m 137-     Knews 13713m 137-     Knews 13713m 13713m 13713m 13713m     Knews 13713m 13713m     Knews 13713m 13713m     Knews 13713m	7E-04 7E-04 3E-04 3E-04 1E-04	14 14	325-23	2.6E-23	86E-19	13E-16	17E-13	14E-11	2.7E-10	14E-09	52E-09
Rb-86         第 べての化合物         第 ペ ての化合物         1 = 1           Rb-86         18.842d         ず べての化合物         1 = 1           Rb-86         18.842d         ず べての化合物         1 = 1           Rb-86         18.842d         ず べての化合物         1 = 1           Rb-86         13.773m         ず べての化合物         1 = 1           Rb-80         17.73m         ず べての化合物         1 = 1           Rb-80         17.73m         す べての化合物         1 = 1           Rb-80         17.73m         す べての化合物         1 = 1           Rb-80         81.854d         7 < 70	25-00 26-00 2000 26-00 2000 2000 200000000	194		1.0E=1/	4.00-00	2./E=12	105-04	1.1E-0/	2.2E-08	.75.01	416-00
Rb-86 1917m 学べての化合物 記載(3)           Rb-86 1917m         アイブの化合物         記載(3)         1           Rb-87 1017m         すべての化合物         記載(3)         1           Rb-88 1017m         すべての化合物         記載(3)         1           Rb-80 1173m         すべての化合物         記載(3)         1           Rb-80 Re-90 Re-	7E-00 3E-04 1E-04	16-24	2 00-14	345-1U	7 1C-05	405-00	275-04	80E-00	405-02	1.15-01	9.1E-01
Rb-86m         1011m         記載(3)           Rb-87         1011m         第一〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	7E-00 3E-04 1E-04	16-04	6.8E-14	32E-09	135-06	2.2E-05	1.65-03	2 4E-00	135-01	325-01	7.05-01
Rb-87 Rb-98 Rb-90 Rb-90 Rb-90 Sr-88 Sr-88 Sr-88 Br-90 Sr-88 Br-90 Sr-88 Br-90 Sr-88 Br-80 Br-80 Br-90 Sr-88 Br-80 Br-91 Sr-87 Br-80 Br-91 Sr-87 Br-80 Br-91 Sr-87 Br-91 Sr-87 Br-91 Sr-87 Br-90 Sr-91 Sr-87 Br-90 Br-90 Sr-91 Sr-87 Br-90 Br-90 Sr-91 Sr-87 Br-90 Sr-91 Sr-87 Br-90 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-90 Sr-9	7E-00 3E-04		1.8E-10	7.4E-07	35E-06	1.85-04	1.7E-03	736-00	22E-02	45E-02	92E-02
Rb-88 11773m すべての化合物 7.5- Rb-80 Rb-90 R	7E-00 3E-04 1E-04		9.4E-19	1.0E-15	2.8E-14	1.0E-13	7.6E-13	33E-12	9.9E-12	2.0E-11	4.0E-11
Rb-80 Rb-90 Rb-90 Rb-90 Rb-90 Rb-90 Sr-82 Sr-85 Sr-90	35-04 16-04		3.4E-13	88E-09	45E-07	1.7E-06	13E-05	5.6E-05	1.7E-04	3.4E-04	6.8E-04
Rb=90 Rb=90m S=-83 S=-83 S=-83 S=-83 S=-85 S=-85 S=-85 S=-85 S=-85 S=-85 S=-85 S=-81 S=-85 S=-	85-04 15-04	Ť			4.8E-24	2.4E-22	1.0E-19	7.7E-18	1.8E-16	12E-15	6.4E-15
Rbr=00m Sr=83m Sr=83m Sr=83m Sr=83m Sr=83m Sr=83m Sr=85m Sr=85m Sr=87m	85-04 16-04	Ť					12E-26	3.8E-24	2.7E-22	3.8E-21	4.4E-20
S	85-04 15-04						2 0E-26	6.4E-24	46E-22	6.4E-21	7.4E-20
Sr-88 Sr-88 Sr-88 Sr-88 Sr-88 Sr-88 Sr-88 Sr-88 Sr-88 Sr-88 Sr-89 Sr-80 Sr-80 Sr-90 Sr-90 Sr-90 Sr-90 Sr-90 Sr-90 Sr-90 Sr-90 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-80 Sr-9	3E-04 1E-04	Ī		4.1E-26	1.0E-24	25E-22	5.7E-18	32E-15	19E-13	1.8E-12	12E-11
Sr-88/m Sr-85 848504 <u>チナ/酸ストロンチウム以外の化合物 3E-</u> Sr-85 848504 <u>チチノ酸ストロンチウム Sr-85 87 87 83 m Sr-87 87 87 87 hロンチウム Sr-80 2815 h Sr-90 5 Sr-90 5 Sr-91 2815 h Sr-80 6 Sr-90 5 Sr-90 7 Sr-90 6 Sr-90 7 Sr-90 7 Sr-9</u>	3E-04	Ī	72E-23	1.1E-20	6.4E-17	1.1E-14	3.3E-11	43E-09	1.0E-07	6.4E-07	33E-06
Sr-85         643504         チアン酸ストロンチウム以外の外に合物         38- 16- 16- 16- 16- 16- 16- 16- 16- 16- 16	3E-04	Ī	22E-23	4.6E-20	2.0E-16	12E-14	7.0E-12	5.4E-10	1.1E-08	7.0E-08	3.6E-07
Sr-Sim 67.63m <u>チダ、酸ストロンチウム以外の化合物 af-</u> Sr-Sim 67.63m <u>チダ、酸ストロンチウム</u> Sr-87m 2.815h <u>チダ、酸ストロンチウム</u> Sr-90 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Y-87m Y-87m Y-87m Y-87m Y-87m Y-87m Y-80m Y-80m Y-90			2.9E-22	1.3E-20	1.6E-16	3.0E-14	1.4E-10	43E-08	2.3E-06	22E-05	1.5E-04
Sr-85m 87.63m <u>デジ(酸ストロンデクム</u> Sr-87m 2.815h <u>デダ/酸ストロンデクム Sr-91</u> Sr-90 Sr-91 Y-88 Y-88 Y-88 Y-89 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80	4E-00	T									
Sr-87m 2815h <u>チダ/酸ストロンチウム以外の化合物 16-</u> Sr-90 Sr-91 チダ/酸ストロンチウム Sr-91 Y-88 Y-10 Y-7-0 ム Y-88 Y-88 Y-88 Y-10 Y-7-0 ム Y-89 Y-89 Y-89 Y-89 Y-89 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80 Y-80	3E-02		39E-24	2.0E-18	3.4E-14	2.8E-12	2.0E-09	1.4E-07	2.7E-06	1.5E-05	7.0E-05
Sr-89 Sr-90 Sr-91 Sr-91 Y-83 Y-83 Y-83 Y-80 Y-80 Y-90 Y-90 Y-90 Y-90	1E-02 8E-03		4.4E-22	5.5E-18	7.3E-14	7.1E-12	6.0E-09	45E-07	8.4E-06	45E-06	2.1E-04
Sr-90 Sr-91 Y-88 Y-88m Y-88m Y-87m Y-80m Y-80m Y-90m Y-90m Y-90m		Ī		6.4E-22	3.7E-18	1.6E-16	6.7E-14	5.1E-12	1.1E-10	7.6E-10	42E-09
Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-91 Sr-92						53E-26	1.6E-22	5.4E-20	3.8E-18	53E-17	62E-16
Y-85 Y-87 Y-87 Y-87 Y-87 Y-89 Y-90 Y-90 Y-90							9.4E-26	39E-23	2.9E-21	4.1E-20	4.8E-19
Y-88m Y-87 Y-87m Y-87m Y-89m Y-80m Y-80m Y-80m Y-80m								42E-27	1.4E-24	42E-23	89E-22
Y-87 Y-87m Y-87m Y-88m Y-90 Y-90m Y-90m									23E-25	6.8E-24	1.4E-22
Y-87m Y-88m Y-900 Y-90m		Ī					1.3E-25	65E-22	2.1E-19	6.4E-18	1.4E-16
Y-@ Y-@m Y-90 V-90m		Ī					4.4E-25	8.8E-22	2.0E-19	53E-18	1.1E-16
T-92m Y-90 V-90m V-90m		T		A 20 40	200 44	9.6E-26	22E-21	3.1E-18	63E-16	1.7E-14	3.4E-13
7-30 X-90m X-0	T	Ť		07-70	335-22	105-20	0/E-10	102-10	0 66140	1.4E=13	1 25-12
		Ī				80F-26	435-22	1.65-19	115-17	1.65-16	1 85-15
						V/V 4/V	20 PAL	79E-24	196-21	50E-20	9.05-19
Y-91m							83E-26	46E-23	39E-21	58E-20	69E-19
X-92									12E-25	32E-24	5.6E-23
Zr-87											45E-27
Zr-88									1.5E-26	1.1E-24	5.1E-23
Zr-88							39E-27	4.0E-23	1.8E-20	6.8E-19	1.8E-17
21-88m								1.1E-23	32E-21	1 0E-19	2.7E-18
Zr-90m							3.8E-26	1.1E-22	3.4E-20	1.1E-18	2.7E-17

## 4.4 Xeの放射性生成核種について

表 3-7 より、一年間照射後から各冷却期間後(評価時間)での放射能濃度上位 10 核種に 入る核種に対して、照射直後から照射終了 50 年後までの放射能濃度変化を図 4-4 に示す。 Xe からは多くの放射化核種が生成される。照射直後は Xe の同位体核種である Xe-131m (半 減期:11.84 日)、Xe-133 (半減期:5.2475 日)、Xe-135 (半減期:9.14 時間)、Xe-125 (半 減期:16.9 時間)、Xe-129m (半減期:8.88 日)、Xe-133m (半減期:2.198 日)、Xe-135 (半 減期:9.14 時間)、Xe-127 (半減期:36.346 日)、Xe-134m (半減期:290m 秒)が生成され る。また、Xe-125 が壊変した I-125 (半減期:59.407 日)も照射直後の生成量が多い。図 5-4 から、照射直後から照射終了 1 か月までは Xe-131mが支配的な核種となり、照射終了 1 か月後から照射終了 1 年後までは I-125 が支配的な核種となる。その後の照射終了 1 年後 からは Cs-134 が支配的となり、照射終了 10 年も経つと Cs-137 が支配的な核種となる。フ ィルター集塵後に放射性固体廃棄物として処分する際に、安全上問題となりうる放射性生 成核種は政令濃度区分値に規定されている I-129 (半減期:1.57×10<sup>7</sup>年)と、処分濃度上 限値に規定されている Cs-137 (半減期:30.08 年)が挙げられるが、I-129 の放射能濃度が 10<sup>-8</sup> Bq/cm<sup>3</sup> オーダー、Cs-137 の放射能濃度も 10<sup>-2</sup>Bq/cm<sup>3</sup> オーダーと低く安全上問題となら ないことが分かった。

ここで、I については Kr と同様に東海再処理施設において実績がある[8]。I の放出量を 低減させるために、銀系吸着材を用いたヨウ素フィルターを設置している。そのため、I に ついては、ヨウ素フィルターを用いて適切に放出することを検討する必要がある。また、Xe からの放射性生成核種は、人の感受性が高い放射性核種(ヨウ素同位体、セシウム同位体な ど))を生成する傾向が強くあるため、その使用は好ましくないものと考える。



図 4-4 Xe ガスの照射直後から照射終了 50 年後までの放射能濃度変化

放射性気体廃棄物として安全上問題となりうる放射性生成核種を検討するために、排気 中又は空気中の濃度限度と評価時間(照射100秒後、照射1時間後、照射8時間後、照射1 日後、照射1週間後、照射1か月後、照射3か月後、照射半年後、照射1年後)に生成され る核種を比較し、濃度限度を超えている核種を抽出した。表 5-4 に濃度限度を超えている核 種を示す。表 4-4 に示すように、照射100秒後時点で濃度限度を超えている核種は、22 核 種あり、その核種でも特に Xe-134m(半減期:290m秒)が約49万倍、Xe-125m(半減期:57 秒)が約3700倍、Xe-135m(半減期:15.29分)が約3600倍、Xe-127m(半減期:69.2秒) が約1200倍となっている。しかし、Xe-135m以外の核種の半減期が秒オーダーであり、Xe-135mについても半減期が約15分のため、十分に減衰(約1日以上程度)を待ってから環境 に放出する方法検討することにより、安全上問題とならない。

一方で、Xe-131m は、照射 100 秒程度では濃度限度の半分の放射能濃度であるが、照射 8 時間で濃度限度を超えてしまう。また、I-125 についても Xe-131m と同様に照射 100 秒程度 では濃度限度の四分の一程度の放射能濃度であるが、照射 8 時間で濃度限度を超えてしま う。 従って、Xe-131m については十分な減衰を待ってから環境に放出する方法を検討し、 I-125 については固体廃棄物と同様にフィルターなどで濃度限度を超えない方法を用いる 必要があると考える。

次に、照射1年間は安全側の評価になり過ぎになるが、照射1年後で検討する。照射1年 後に濃度限度を超えている核種は55核種ある。照射100秒後では、濃度限度以下であった I-125が濃度限度を約2千万倍と超えており、I-125の半減期が59.407日と比較的短いが、 濃度限度を超えたままの状態で照射終了3年後まで続くことになる。そのため、フィルター などで濃度限度を超えない方法を用いる必要があると考える。また、照射100秒後では、濃 度限度を超えていなかった Cs-134 が約7万倍となり、Cs-137 も約1600倍となるため、Cs をフィルターなどで除去する必要がある。

	1年照射 4.6E-03	42E-27 72E-27 6.6E-27	1.6E-21 2.9E-22 5.9E-21 1.9E-21	1.2E-21 1.2E-21 2.3E-19 1.0E-19	6.3E-26 6.3E-26 1.3E-21 8.9E-23 9.1E-24	9.96-21 7.16-21 2.26-20 1.76-19 8.06-20	3.06-20 5.26-20 1.86-19 2.56-19 5.36-19	2.9E-19 9.9E-26 9.9E-19 1.2E-16 1.2E-14 7.3E-15 7.3E-15	4000000 3000000 3000000 3000000 3000000 1000000	7.6E-26 4.0E-20
	半年照射 2.3E-03		2.0E-22 3.7E-23 7.6E-22 9.4E-22	2.4E-22 2.4E-22 3.2E-20 1.4E-20	6.7E-22 6.7E-22 6.7E-24 3.7E-24	12E-21 9.8E-22 4.1E-21 2.3E-20 1.1E-20	406-21 68E-21 25E-20 3.6E-20 7.3E-20	4.0E-20 1.4E-19 1.6E-17 3.1E-15 1.5E-15	116000 546013 546013 546013 546013 546017 506017 506017 506017 506017 506017	2.7E-21
	3か月現朝 12E-03		2.3E-23 4.4E-24 9.4E-23 3.0E-23	40E-23 40E-23 40E-21 18E-21	2.0E-23 2.0E-23 4.7E-25 1.4E-26	14E-22 13E-22 74E-22 29E-21 14E-21	50E-22 85E-22 3.1E-21 4.5E-21 9.2E-21	5.0E-21 1.8E-20 2.0E-18 7.8E-16 2.5E-16 2.5E-16	3000 - 14 3000 - 14 8060 - 14 8060 - 14 8060 - 14 4060 - 14 6200 - 18 2080 - 16 2080 - 16 2080 - 16 1600 - 17	1.7E-22
(1/6)	1か月照朝 3.9E-04		8.1E-25 1.6E-25 3.6E-24 1.1E-24	1.1E-24 2.1E-24 1.6E-22 7.2E-23	7.4E-25 9.0E-27	4.7E-24 7.2E-24 6.7E-23 1.1E-22 5.3E-23	206-23 34E-23 13E-22 37E-22	2.0E-22 9.0E-22 7.8E-20 8.3E-17 1.2E-17 2.7E-15	376-15 376-15 476-15 536-15 536-15 216-15 326-19 416-19 656-17 236-17 236-17	2.1E-24
ぎの比較	1〕通問!!???!		8.0E-27 4.7E-26 1.4E-26	1.4E-20 3.1E-26 2.2E-24 1.0E-24	7.7E-27	5.7E-26 2.5E-25 3.7E-24 1.4E-24 7.0F-25	2.7E-25 2.7E-25 4.6E-25 1.8E-24 2.6E-24 5.2E-24	2.8E-24 1.7E-23 9.9E-22 2.9E-18 1.9E-19 0.4E-46	2.16-10 2.16-10 5.56-17 5.56-17 0.706-17 0.76-17 1.36-17 1.76-20 1.76-20 1.76-20 1.76-20 1.46-19	6.0E-27
、濃度限度 核種	1日 県発動す 1.3E-05					2.0E-26	5.0E-27	62E-26 29E-24 78E-21 24E-22	246-1-10 1.596-19 1.566-19 8.256-20 8.266-20 3.766-22 3.766-22 3.466-21 3.466-21 3.466-21	
濃度及びを超える	88寺間県発動							1.1E-25 2.3E-22 4.3E-24	1066-19 1266-19 1266-21 3766-21 1366-21 3366-22 4366-22 1466-22 1466-22	
の放射能 夏度限度 初	1時間照約 5.4E-07							4.1E-25 5.9E-27 2.6E-27	2.7E-20 5.2E-23 5.2E-23 5.3E-23 5.3E-23 5.6E-21 5.1E-25 6.8E-25 2.1E-25 1.0E-23 1.0E-23	
。 マン 記 い い 記 に	100秒與発動す								62E-27 58E-27 54E-25 13E-25 82E-27	
る評価時	別表第3 第3橋									
Ke K \$H	第5編 7E+01 7E-01 5E-03 3E-03	3								
表 4-4 》	別法第2 放射性同位元素の種類 元素は水素 メタン する酸物(メタンを除く) 有酸物(メタンを除く)									
	半減期 12.32y									
	nuclide H-3	Rh-109 Rh-110 Rh-110m	Pd-109 Pd-109m Pd-111 Dd-111m	Pd-1118 Pd-112 Pd-113 Pd-113m	Ag-108 Ag-108 Ag-110 Ag-110	Ag-111 Ag-111m Ag-112 Ag-113m Ag-113m	Az-114 Az-114 Az-115 Az-115 Az-116	Ag-116m Cd-109 Cd-111m Cd-113m Cd-115m Cd-115m	Cd-117m Cd-117m Cd-118 Cd-119m Cd-120 Cd-121 Cd-121m Cd-122 Cd-122 Cd-123	In-111m In-112

			×	•⁄	·· 災	<b>浸收</b> 员 邻	て超んる	<b></b>					
nuclide #	「「「「「「」」」	別法第2日の一部第二部の連結	第5種	別法共3	100秒984时	1856 9341	4696181468	1日989月1	1週間間間	相照用いけ	3か月照相	半年舰射	1年照纬
-112m									49E-27	17E-24	13E-22	22E-21	32E-2(
-113m				T			- AF AF	400 04	07-10-50	835-24	195-22	1./E-20	1-38.5
-114m	+			T			125-23	736-26	785-22	505-01	125-19	9.65-19	8.7E-15
-115m						5.4E-23	9.6E-20	22E-18	3.8E-17	2.1E-16	1.16-15	3.7E-15	12E-14
-116					9.8E-25	88E-21	2.1E-18	22E-17	23E-16	1.16-15	5.1E-15	1.7E-14	5.7E-1
-116m					2.4E-26	4.7E-21	4.7E-18	6.3E-17	7.1E-16	2.8E-15	9.7E-15	2.6E-14	7.6E-1.
r-116n					2.8E-25	12E-21	2.7E-19	2.8E-18	33E-17	22E-16	1.4E-15	5.1E-15	1.96-1
-117					1.4E-23	5.4E-19	1.1E-16	12E-15	5.8E-14	83E-13	4.6E-12	12E-11	2.8E-1
-117m				Ì	82E-25	3.6E-20	1.1E-17	1.6E-16	85E-15	12E-13	7.0E-13	1.8E-12	45E-1
-118	+				7.7E-20	1.1E-16	72E-15	6.5E-14	30E-12	42E-11	2.4E-10	61E-10	1.4E-00
-118m				Í	84E-21	1.1E-15	C1-398	/ 85-14	355-12	0.16-11	285-10	/4E-10	1/6-0
-118n					8.6E-21	1.4E-17	89E-16	8.1E-15	37E-13	52E-12	29E-11	7.6E-11	1.8E-1(
-119					2.4E-23	3.05-19	785-17	1.65-15	1.4E-13	1.0E-12	2.7E-12	52E-12	12E-1
-118m					1.1E-24	53E-20	2.7E-17	6.3E-16	5.8E-14	4.4E-13	1.3E-12	3.0E-12	83E-1
-120					12E-24	87E-21	34E-18	5.6E-17	52E-15	13E-13	1 3E-12	57E-12	23E-1
-120m					32E-25	12E-20	63E-18	9.9E-17	75E-15	1.7E-13	1.7E-12	69E-12	2.7E-1
-120n					43E-26	2.8E-21	1.6E-18	23E-17	15E-15	29E-14	2.7E-13	1.1E-12	4.1E-1
121	+			T	146-24	435-21	0.000	0.00-18	125-10	1.1E-13	2.1E-12	115-11	3/1-1
m121-					135-20	0.45 04	125-13	1.05-10	4./5-15	0.000	0.05-13	335-12	126-1
771-1					7 45-24	17-340	00000	705-10	135-13	125-13	105-12	2 - 2 - 1 - 1	1-202 -
m221-					E 4 C-0E	7 85-00	A 10-00	FOC-10	101-101	151213	3 25-12	010-11	101-101
-123					975-24	1.65-20	115-10	1 05-13	47E-16	115-14	205-13	1 25-12	535-1
-123m				Γ	13E-24	50E-21	356-19	32E-18	15E-16	35E-15	63E-14	3.8E-13	1.7E-1
-124					15E-24	2.4E-21	1.6E-19	1.3E-18	39E-17	3.8E-16	1.8E-15	5.4E-15	1.96-14
-124m					3.7E-25	6.1E-22	4.0E-20	32E-19	86E-18	7.3E-17	3.1E-16	86E-16	2.8E-15
-125					7.8E-25	1.1E-21	75E-20	6.7E-19	29E-17	3.4E-16	1.5E-15	3.4E-15	7.3E-1
r-125m					19E-25	35E-22	24E-20	2.1E-19	9.1E-18	1.1E-16	47E-16	1.1E-15	2.3E-15
-126					3.7E-26	45E-23	2.0E-21	15E-20	63E-19	1.0E-17	7.1E-17	22E-16	6.4E-16
r-126m					22E-26	2.8E-23	12E-21	9.3E-21	39E-19	62E-18	43E-17	1.3E-16	39E-16
n-111											38E-27	13E-25	3.8E-24
n-113									8.0E-27	59E-24	73E-22	1.7E-20	3.8E-15
n-113m									72E-25	12E-22	5.4E-21	69E-20	92E-15
n-117m					22E-18	29E-15	1 9E-13	17E-12	72E-11	89E-10	39E-09	81E-09	15E-0
n-119m					1.1E-20	1.6E-17	62E-15	2.1E-13	33E-11	6.7E-10	49E-09	1.6E-08	42E-0
n-121					47E-17	6.0E-14	3.8E-12	33E-11	1.4E-09	19E-08	12E-07	3.8E-07	11E-00
n-121m					2.1E-21	2.8E-18	1.8E-16	1.8E-15	19E-13	1.0E-11	2.1E-10	13E-09	7.6E-06
n-123					13E-17	1.7E-14	1.1E-12	9.7E-12	48E-10	136-08	2.7E-07	1.7E-06	7.9E-0
m=123m				T	31E-14	305-11	001-00	1 36-03	14t-(8	115-07	9.45-0/	325-05	82E-0
n-120					0.45-11	9./E-14	325-12	2.85-11	126-09	1.45-08	0.2E-08	1.45-0/	236-0
mc2im	+				235-14	2./5-11	285-10	88E-10	075-10	2./2-18	8/15-108	105-0/	3.45-0
107				T	80E-20	22-346	426-20	0.15-19	1.1261	215-15	C1-2C1	01-304	1-321
-107-					100-11	405-14	405-10	1.15-12	0.05-11	305-11	110-10	0.4010	A AE-10
-128 					436-17	46F-14	1 05-12	29E-12	715-12	765-12	885-12	115-11	1.51
n-128m					68E-16	27E-14	2 0E-13	50E-13	12E-12	13E-12	15E-12	19E-12	26E-1
n-129					65E-17	1.0E-14	82E-14	23E-13	9.1E-13	12E-12	12E-12	12E-12	12E-1
m-129m													
11 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1					19E-17	7.3E-15	6.6E-14	19E-13	7.3E-13	9.3E-13	9.3E-13	9.3E-13	9.3E-1

$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$				*		: 影	度限度な	と超える	核種					
$ \begin{array}{                                    $	nuclide	半減期	別法第2	第5篇	別法第3 第3種	100秒954901	18569934	1929[5]688	1日照射	1週間即時	1か月照相	3か月照射	计组织专用	1年照相
$ \begin{array}{                                    $	Sb-116							4.7E-27	12E-25	22E-23	46E-22	2.1E-21	46E-21	9.3E-21
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Sb-116m								12E-26	25E-24	5.1E-23	23E-22	5.1E-22	1.0E-21
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Sb-117					1.15-26	5.0E+22	1.7E-19	2.4E-18	1.0E-16	885-16	3.1E-15	65E-15	1.3E-14
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Sb-118					3.1E-17	7.1E-15	655-14	22E-13	1.85-12	885-12	295-11	6.05-11	12E-10
SPE001         SPE001<	20-118m					07-31.0	0.40-1/	01-14.9	51-3CZ	3.02-13 6.05-700	125-12	3.12-12	1.4E-12	0 0C-00
Re-10/m         Methy with A - 1077 - 1078 Ref.         Re-0         S1E-01         S1E-00         S1E-00<	Sh-120					355-14	1.45-10	6.85-00	2 DE-DB	345-00	80E-00	305-07	805-00	01-207
Building building         Multitive multitive multitive submits         Multitive multitive submits         State on multitive submits         State on multitive submits	Sb-120m					21E-17	16E-13	406-11	42E-10	57E-00	25E-08	136-07	33E-07	806-07
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Sb-122	2 7238d	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫化物、硫化物、硫酸塩及び硝酸塩以外の化合物。	36-04		1.4E-16	72E-12	35E-09	7.9E-08	7.3E-06	5.5E-06	1.3E-04	1.7E-04	1.9E-04
bit for the first wettern. V127. V126. Metter Service         Inclusion         Metter Service         Non- one			酸化に恐、水酸化に次、ハロケノ化に次、酸化 物、硫酸塩及び硝酸塩	1E-04										
Building Servicity         Discretion         Building Servicity         Servicity         Discretion         Servicity         Discretion         Discretion <thdiscretion< th="">         Discretion</thdiscretion<>	Sb-122m	4.191m	200720		16-04	3.6E-14	40E-10	2.8E-08	2.1E-07	3.4E-06	1.4E-05	3.06-05	3.8E-05	3.8E-05
Monto         Mitche, Amelica, London         Jaccus         Jaccus <thjaccus< th="">         Jaccus         Jaccus</thjaccus<>			酸化物、水酸化物、ハロケン化物、酸化物、酸化物、酸酸塩及び硝酸酸以外の化合物	9E-06									000 00	
	00-124	007/00	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫化物、硫酸塩及び酸酸塩	2E-05		3,46-18	1,16-14	1.15-12	1./E-11	0.4E-08	4/05-07	0-2/7	079E-00	1.45-04
Burliam         Refer to the first statistic sector         S			酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫化物、硫酸塩の水、酸酸塩及び硫酸塩以降酸塩及び硫酸塩以降の少少物	3E-01										
Building	Sb-124m	93s	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化 物、酸酸塩及び酸酸塩	2E-01		23E-13	2.86-11	3.7E-10	23E-09	12E-07	21E-06	1.5E-06	43E-06	1.06-04
N-134         DOTA         RELTRA Section North Carle well         2E-00         15E-13         25E-10         15E-10         15E-00         15E-00 <td></td> <td></td> <td>酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化 物、硫酸塩及び硫酸塩以外の水合物</td> <td>4E-02</td> <td></td>			酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化 物、硫酸塩及び硫酸塩以外の水合物	4E-02										
Bu-125         275600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600         2356-10 2156-10         116-00         2356-10         146-06         746           Sh-126         12364         215600, 215600, 215600, 215600, 215600, 215600         2356-10         116-00         246-00         2356-10         146-06         746           Sh-126         11500         215600, 215600, 215600         2156-00         116-00         246-00         2356-10         146-05         746           Sh-126         11500         215600         1156-11         1356-10         1356-00         146-05         746           Sh-126         11500         246-00         2356-10         1356-10         146-00         266-00	Sb-124n	202m	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫化物、硫酸塩の乙酸酸塩の乙酸酸塩	2E-02		236-15	196-12	38E-11	2.5E-10	1.4E-08	2.4E-07	1.76-06	5 DE-08	12E-00
			酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫化物、硫酸塩の水酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩酸塩	9E-06										
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Sb-125	2.75856y	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、碱化物、酸塩及の酸塩及び酸塩酸塩の酸酸塩及び酸酸塩	3E-06		6.1E-18	6.6E-15	32E-13	35E-12	1.1E-09	955-08	22E-06	1.4E-05	7.4E-06
Se-120         Ref(力)、パロケン(七内、硫化         4E-06         11E-10         13E-11         13E-10         35E-06         35E-06         11E-00         44E-06         14E-06           2b-128m         1915m         数1.60% (2.01 m/c)         4E-06         15E-01         35E-10         35E-10         35E-07         19E-06         4E-06         16E-07         56E-07         26E-07         51E           2b-128m         19.15m         35.64% (2.01 m/c)         1E-04         35E-12         24E-10         35E-10         35E-07         19E-06         16E-06         35E-07			酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、酸塩塩及乙酸酸塩以外の化合物	1E-04						1				
Sb-126m         19.15m         Mil(17h, 107/107h) Kill         1E-04         37E-10         48E-06         15E-06         11E-07         80E-07         60E-06         20E-06         20E-07         60E-06         20E-07         60E-07         60E-06         20E-07         60E-07         60E-07         60E-07         60E-07         60E-06         20E-07         60E-07         60E-06         20E-07         60E-07         60E-06         20E-07         60E-07         60E-07         60E-07         60E-07         60E-06         20E-07         60E-07	SG-126	DC6.21	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫酸塩及び硝酸塩	4E-05		1,1E-16	1,96-13	1.75-11	1.36-10	0.4E-09	80E-08	1.1E-08	4,4E-05	1.36-00
Serior         Usion         Me(CHA, VintY-VicCA, GE, 00)         TE-04         3.7e-10         48e-14         3.7e-10         48e-14         3.7e-10         15e-06         15e-07         12e-06         21e-07         20e-00         21e-07         20e-07         21e-07			酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫酸塩及び硝酸塩以外の化合物	1E-02		100		200			200 00			
Sb-120         15         24E-10         19E-00         58E-00         42E-06         28E-07         19E-06         61E-06         115           Sb-127         1 <td< td=""><td>m071_00</td><td>801.01</td><td>酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫化物、硫酸塩及乙酯酸塩</td><td>6E-03</td><td></td><td>405-13</td><td>3.12-10</td><td># 0C-00</td><td>01-301</td><td>1.15-0/</td><td>0.02-01</td><td>0-2010</td><td>01-2017</td><td>0,15-00</td></td<>	m071_00	801.01	酸化物、水酸化物、ハロゲン化物、硫化物、硫化物、硫酸塩及乙酯酸塩	6E-03		405-13	3.12-10	# 0C-00	01-301	1.15-0/	0.02-01	0-2010	01-2017	0,15-00
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	Sb-128n	115	22807aU		1E-04	5.6E-12	24E-10	1.9E-09	5.8E-09	42E-08	2.8E-07	1.9E-06	6.1E-06	1.6E-06
Sb-128         Sb-128<	Sb-127					2.4E-16	385-13	25E-11	19E-10	45E-09	32E-08	1.1E-07	23E-07	47E-07
Survey $3.26-13$ $1.16-19$ $3.06-13$ $1.16-19$ $3.06-13$ $2.16-19$ $3.06-13$ $2.16-19$ $3.06-13$ $2.16-19$ $3.06-13$ $2.16-10$ $3.16-19$ $3.06-13$	Sb-128					456-15	6.0E-12	3.4E-10	22E-09	2.3E-08	77E-08	19E-07	36E-07	69E-07
Service         <	00-128m					2.45-13	5 AC-10	2125-08	402-08	2.4E-US	0.7E-08	105-01	4.0E-0/	8.85-U/
Sh-100         Sh-100<	08-120					0 45-10	1 00010	1 55-10	455-10	005-10	0.45-11	1 75-10	010-00	0.0E-10
Sb-130m         3b-130m         3b-130m         3b-130m         3b-131         3b-132         15b-12         15b	Sb-130					3.75-16	396-13	735-12	2.06-11	61E-11	176-10	456-10	896-10	1.86-09
Sb-131         65E-16         50E-13         65E-12         17E-11         41E-11         42E-11         42E-12         15E-12         15E-12<	Sb-130m					79E-16	3.0E-13	27E-12	75E-12	356-11	13E-10	3.85-10	7.8E-10	1.6E-09
Sh 13m         31E-13         21E-14         21E-13         61E-13         14E-12         15E-12         15E-11         15E-12         15E-11         15E-12         15E-11         15E-12         15E-11<	Sb-131					65E-16	5.0E-13	65E-12	176-11	41E-11	42E-11	42E-11	42E-11	42E-11
Solution         4 / f = 1 / f = 1         0	Sb-131m					3.15-17	21E-14	23E-13	6.1E-13	1.4E-12	156-12	156-12	1.5E-12	1.5E-12
Te-117         Ter 2         2.8E-22         9.9E-21         1.8E-17         1.8E-16         8.0E           Te-117         1.4E-55         2.8E-22         9.9E-21         1.9E-17         1.8E-16         8.0E           Te-117         45E-25         2.2E-22         5.9E-21         9.2E-19         1.8E-17         1.8E-16         8.0E           Te-118         2.5E-24         45E-20         2.2E-17         5.2E-16         1.9E-17         1.9E-16         3.8E           Te-118         2.5E-24         45E-20         2.2E-17         5.2E-16         1.9E-17         1.9E-16         3.8E           Te-118         2.5E-26         2.2E-17         5.2E-16         9.1E-14         1.9E-17         1.9E-16         3.8E	Sb-132					4/6-1/ K0E-17	01-3/9	135-13	205-13	012-13	1 05-12	105-12	105-12	1 05-10
Te-117m         45E-25         22E-12         53E-21         92E-19         19E-17         19E-17         19E-16         38E           Te-118         23E-24         45E-20         22E-17         52E-16         91E-14         19E-12         86E-12         19E-11         38E	Te-117						1.4E-25	2.8E-22	93E-21	19E-18	396-17	1.85-16	40E-16	8.0E-16
[e-18] 23E-24 43E-20 22E-17 22E-16 91E-14 18E-12 88E-12 18E-11 33E	Te-117m						45E-25	22E-22	53E-21	92E-19	1.9E-17	87E-17	19E-16	3.8E-16
	6-118					23F#24	455-20	22E+17	5 25-1F	0.16-14	105-17	0.65	1 05-11	

Γ

			*		:濃	<b>度限度</b> る	き超える	核種					
nuclide	能演步	別法第2	第5種	別法第3 第3種	100秒984时	185169941	1122(1122)	1日熟時	1389.024	目別日の	3か月照射	非年限时	1年照射
Te-121	P21.61	蒸気 酸化物 水酸化物及び硝酸塩以外の化 含物	2E-04 5E-04		7.1E-08	25E-06	2.0E-05	6.0E-06	3.8E-04	1.1E-00	1.7E-08	1.9E-00	2.0E-03
		酸化物、水酸化物及び硝酸塩 液気	38-04										
Te-121m	1642d	酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 合物	7E-06		6.1E-09	22E-07	1.7E-06	52E-06	3.6E-06	15E-04	3.8E-04	62E-04	8.5E-04
Ta-123		酸化物、水酸化物及び硝酸塩	36-09		185-22	52E-20	12E-17	136-16	23E-15	9.6E-15	22E-14	36E-14	48E-14
		蒸気	4E-05			12 320		2	2 2 2 2				
Te-123m	1192d	酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 合物 酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化	16-04 36-05		42E-09	15E-07	12E-06	3.86-06	29E-05	12E-04	3.4E-04	6.1E-04	9.9E-04
		蒸気 酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化	76-06							10.00			
le-123m	P(#//C	合物 酸化物、水酸化物及び硝酸塩	4E-06		126-08	296-00	456-04	1.36-03	9.05-00	3.4E-02	196-02	1.3E-01	2.1E-01
		<b>蒸</b> 気	2E-03										
Te-127	9.35h	酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 合物	3E-03		12E-05	42E-04	2.6E-03	49E-03	62E-03	7.1E-03	1.1E-02	1.9E-02	3.6E-02
		酸化物。水酸化物及び硝酸塩	96-04										
Te-127m	106.1d	奈気 酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 会物	2E-05 7E-05		3.6E-08	13E-06	1.0E-05	3.1E-05	2.1E-04	8.6E-04	2.3E-03	40E-03	7.0E-03
		酸化物、水酸化物及び硝酸塩	2E-05										
Te-128		14 14								57E-27	1.7E-26	35E-26	7.1E-26
Te-129	69.6m	冬気酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 合物	3E-03		2.6E-04	7.1E-03	1.6E-02	1.6E-02	1.7E-02	2.0E-02	2.3E-02	2.4E-02	2.5E-02
		酸化物、水酸化物及び硝酸塩	3E-03										
Te-129m	33.6d	系気酸に物、水酸化物及び時酸塩以外の化 合物 合われ、水酸化物及び時酸塩以外の化 合われ、水酸化物加工が加速時度	3E-06 8E-06		3.0E-07	1.1E-05	85E-05	25E-04	1.7E-03	5.7E-03	1.1E-02	12E-02	1.3E-02
Te-130								39E-27	2.7E-26	12E-25	35E-25	72E-25	1.4E-24
Te-131	25.0m	承収 酸化物、水酸化物及び時酸塩以外の化 合わ	2E-03		2.0E-04	37E-03	46E-03	48E-00	5.3E-00	5.3E-00	5.3E-00	53E-00	5.3E-03
		REALLAR 小(REALLAR)の(1988)を 一次気	46-05										
Te-131m	33.25h	酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 合物	1E-04		23E-06	8.1E-05	6.0E-04	1.5E-03	3.5E-03	3.5E-03	3.5E-03	3.5E-00	3.5E-03
		酸化物、水酸化物及び硝酸塩	1E-04										
Te-132	3.2044	研究 酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 会社	8E-06		12E-07	43E-06	33E-05	9.4E-06	3.8E-04	4.8E-04	4.8E-04	4.8E-04	4.8E-04
		酸化物、水酸化物及び硝酸塩	8E-06										
Te-133	12.5m	必気 酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 会特	2E-03 5E-03		32E-04	3.7E-03	41E-03	41E-03	4.1E-03	41E-03	41E-03	4.1E-00	41E-03
		酸化物、水酸化物及び硝酸塩	6E-03										
Te-133m	55.4m	※反 酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化	8-8		1000	Sector Sector	10000		10000	Sec. 10		Second Second	
	and a second sec				585-05	156-03	2.8E-03	2.86-03	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-03	2.8E-00

ſ

			*		:濃	<b>度限度</b> る	き超える	核種					
nuclide	開放半	別法第2 放射性同位元素の種類	開いた	別法第3 第3編	100秒9月4日	185[8]9391	1489[8]483	1B93H	1通信员任	開始見いない	印始目的	非年限的	1年9月
Te-134	41.8m	変気 酸化物、水酸化物及び硝酸塩以外の化 合物	1E-00 2E-00		8.1E-06	1.9E-04	3.0E-04	3.06-04	3.0E-04	3.06-04	3.0E-04	3.06-04	3.06-0
		酸化物、水酸化物及び硝酸塩	2E-00										
I-122	3.63m	部設 ヨウ化メチル ヨウ化メチル以外の化合物	1E-01 3E-02		12E-05	4.3E-06	45E-05	4.8E-05	5.0E-05	4.9E-05	48E-05	46E-05	43E-06
I-123	13 2235h	変気 ヨン化メチル ヨン化メチル以外の化合物	56-04 76-04 16-03		53E-05	1.8E-02	5.1E-01	1.5E+00	22E+00	22E+00	2.1E+00	2.1E+00	1.9E+00
I-124	4.1760d	蒸気 ヨン化ンチル ヨン化ンチル以外の化合物	9E-06 1E-05 2E-05		92E-06	3.3E-04	2.6E-03	7.4E-03	35E-02	62E-02	8.4E-02	9.3E-02	9.0E-02
I-125	58.407d	蒸気 ヨウ化ンチル ヨウ化ンチル以外の化合物	86-06 16-05 26-05		15E-06	2.1E-00	13E-01	9.3E-01	1.5E+01	6.1E+01	1.3E+02	1.6E+02	1.6E+02
I-126	12.93d	蒸気 ヨウ化ンチル ヨウ化ンチル以外の化合物	4E-06 5E-06 1E-06		1.5E-06	5.5E-06	59E-04	5.0E-03	4.7E-01	6.5E+00	22E+01	3.1E+01	32E+01
I-128	2499m	変換 ヨウ化ンチル ヨウ化ンチル以外の化合物	2E-03 8E-03 9E-03		6.0E-02	1.1E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.3E+00	1.4E+00	1.6E+00	2.1E+00
I-129	1.57E+7y	蒸気 ヨウ化ンチル ヨウ化ンチル以外の化合物	16-06 26-06 36-06		22E-13	8.1E-12	65E-11	1.9E-10	1,4E-09	595-09	1.86-08	3.6E-08	7.16-08
I-130	12.36h	蒸気 ヨウ化メチル ヨウ化メチル、ロ外の化会物	66-05 76-05		39E-04	2.1E-02	15E-01	32E-01	43E-01	4.3E-01	4.4E-01	45E-01	4.7E-01
I-130m	8.84m	2007 al		1E-04	2.7E-02	22E-01	23E-01	23E-01	23E-01	236-01	236-01	2.4E-01	25E-01
I-131	8.0252d	素気 ヨウ化メチル ヨウ化メチル以外の化合物	5E-08 7E-06 1E-06		1.9E-04	6.9E-03	5.4E-02	1.6E-01	8.7E-01	1.8E+00	1.9E+00	1.9E+00	1.86+00
I-132	2.285h	変数 ヨウ化ンチル ヨウ化ンチル以外の化合物	4E-04 6E-04 1E-03		8.0E-03	2.5E-01	9.5E-01	1.1E+00	1.1E+00	1.1E+00	1.1E+00	1.1E+00	1.1E+00
I-132m	1.387h	蒸気 ヨウ化ンチル ヨウ化ンチル以外の化合物	4E-04 6E-04 1E-03		1.6E-03	4.7E-02	12E-01	12E-01	12E-01	12E-01	12E-01	12E+01	12E-01
I-133	20.83h	蒸気 ヨウ化メチル ヨウ化メチルしみの化会物	36-09 36-09		1.9E-06	7.7E-04	61E-00	1.5E-02	2.6E-02	2.6E-02	2.6E-02	2.6E-02	2.6E-02
I-133m	9e	JE/492		16-04	655-04	65E-04	65E-04	65E-04	65E-04	85E-04	65E-04	65E-04	65E-04
I-134	52.5m	蒸気 ヨウ化メチル ヨウ化メチル以外の化合物	8 9 9 8 9 9		48E-03	1.3E-01	2.4E-01	2.5E-01	25E-01	2.5E-01	2.4E-01	2.4E-01	2.4E-01
I-134m	3.52m	154W/aL		16-04	756-03	27E-02	27E-02	27E-02	27E-00	2.7E-02	27E-02	27E-02	27E-00
I-135	6.58h	素気 ヨウ化メチル ヨウ化メチル以外の化合物	16-04 26-04 36-04		1.85-05	62E-04	366-00	5.7E-03	62E-03	62E-03	62E-00	62E-00	62E-00
1-136	83.4s At 0=	ECRYAL SPARTS -		16-04	13E-03	23E-00	23E-00	23E-00	23E-00	2.3E-03	23E-00	236-00	2.3E-00
Xe-123	2.08h	(サブマージョン)	16-00		206-00	62E-01	2.0E+00	22E+00	22E+00	22E+00	2.1E+00	2 0E+00	1.9E+00
Xe-125	169h	(rec-264)	36-00		23E-01	8.8E+00	6.1E+01	1.4E+02	22E+02	22E+02	2.1E+02	2 0E+02	1.9E+02
Xe-127m	578	(サブマージョノ)	7E-03		265+01	3.85+01	3.85+01	3 85+01	3.7E+01	3.7E+U1	3.6E+01	35E+01	33E+UI
					1 TE-US	405-02	-10-195-	1.15+00	7.05+00	256+01	466+01	55E+01	5.7E+0

ſ

				*		: 濃/	度限度 <sup>4</sup>	さ超える	核種					
nuclide	年減期	別法は特徴目的で一種の種	\$2 85	新小雄	別法第3	100秒9强强制	1851599641	14599 89 F88	1日熟時	1.2000000	目の月間目	別が月照明	并年晚时	1年9月
e-131m	11.846	[サブマージョン]		9E-00	2000	47E-02	1.7E+00	1.4E+01	4.0E+01	2.4E+02	5.8E+02	6.9E+02	7.0E+02	7.0E+0
e-133	524756	(ハデマージョン)		2E-00		42E-02	15E+00	12E+01	3.6E+01	2.1E+02	3.9E+02	4.0E+02	4 0E+02	40E+0
e-133m	2 1984	(サブマージョン)	-	2E-00		456-02	1.6E+00	12E+01	33E+01	1.1E+02	12E+02	12E+02	12E+02	12E+0
6-134m	290ms	[44-5-2-23-2] BCRV4	-	00.00	16-04	206401	10+2010	0.0E+01	101-101	2005401	0.000	0.05400	0.05400	01000
0-125m	16 00m	(++/		Series of		10-302	0.45401	105400	1.05400	105400	105400	1 05400	1 05400	10540
e-137	3.818m	(サブマージョン)	ľ	35-35		57E-01	22E+00	22E+00	22E+00	22E+00	22E+00	226+00	22E+00	22E+0
s-127												42E-26	52E-25	52E-2
s-128										4.0E-25	4.8E-22	3.1E-20	3.0E-19	2.4E-1
s-129									55E-25	43E-20	56E-17	3.3E-15	2.8E-14	21E-1
5-130		and the second second					6.6E-23	85E-19	83E-17	1.7E-13	2.05-11	2.0E-10	5.4E-10	136-0
100	DISIDE ACOLU	9 / < 0 / C = 10 + 20		AE-CG		335-24	005-18	235-14	1 XE-12	345-0A	395-01	100-001	0.00	205-0
e-134	2 0650	すべての子会社		20-06		705-16	365-11	205-08	5.95-07	1 45-04	65F-00	815-00	355-01	1 46+0
-134m	2 G10h	すべてのする社		SF-CO		785-13	405-08	155-05	205-04	RE-CO	SQE-ON	0.05-01	465-01	0.95-0
e-135	23F+6u	すくてのため結		2E-04		135-13	23E-10	156-08	9.9E-08	115-06	476-06	136-06	2.4E-C6	45E-0
s-135m	53m	すべての化合物		16-00		2.6E-13	13E-08	30E-06	256-06	306-04	13E-03	3.4E-03	6.6E-03	12E-0
s-136	13.044	すべての化合物		16-04		69E-14	42E-09	2.4E-08	5.0E-06	45E-03	6.1E-02	2.7E-01	5.7E-01	1.1E+0
s-136m	17.5s	228V.	E.		16-04	33E-11	956-08	63E-06	41E-05	47E-04	2 0E-03	5.3E-03	1.06-02	1.9E-C
s-137	30.08y	すべての化合物		36-06		22E-08	52E-06	46E-05	1.4E-04	9.7E-04	4.1E-03	12E-02	2.5E-02	5.06-0
s-138							21E-24	53E-21	1 85-19	6.8E-17	5.4E-15	156-13	12E-12	9.9E-1
s-138m							3.6E-24	3.1E-21	9.06-20	3.1E-17	25E-15	6.7E-14	5.6E-13	45E-1
s-139			+	T						2.1E-25	175-23	46E-22	385-21	315-2
101-102				Ī									45E-26	455-0
a-128											24E-24	2.8E-22	37E-21	37E-2
a-129									2.6E-25	7.06-21	6.6E-18	5.76-16	7.0E-15	6.85-1
a-129m									2.4E-25	6.6E-21	63E-18	5.3E-16	6.6E-15	6.5E-1-
a-131	11504	すべての化合物		SE-Or		46E-25	1.0E-22	1.7E-18	4.4E-16	63E-12	406-09	176-07	1.1E-06	52E-00
a-131m	146m	5~Cの化合物		36-00		43E-24	285-20	25E-16	23E-14	495-11	80E-09	1.8E-07	82E-07	36E-0
a-133	10201y	9 ~ COMCE #3		1-10		435-22	125-20	125-19	1.26-17	246-13	2.7E-10	335-08	6.7E-07	1.16-00
a-165m	10 7L	サントCOACD40 サンドのよう年		or or		305-21	0-10-9	11-320.	2.15-14	01-202	64E-08	00-204	00000	325-0
-126m	0,0004-	1980a 010010010	1	5	10.04	705-15	206-10	>7E-07	575-76	SOLUGA	205-00	200-00	R RE-CO	1 35-0
a-137m	0.550m	すべての社会社	-	9E-01		20E-00	485-08	425-05	135-04	005-04	305-00	105-00	2.3F-00	47F-0
a-139						155-26	135-23	505-20	215-18	87E-16	71E-14	196-12	165-11	135-10
a-140										405-24	115-21	60E-20	6.4E-19	59E-1
a-141											1.1E-25	5.8E-24	63E-23	5.8E-22
a-136												1.1E-24	8.0E-23	5.1E-2
a-136m												39E-25	2 8E-23	186-2
9-137												8.1E-27	5.7E-25	3.7E-2
s-138														7.85-21
-140				T					135-23	245-21	155-18	105-16	285-15	- 100 C
141				I						125-23	67-3CA	9.05-21	1/1-19	1-362
142			+	T								6.3E-26	1.1E-24	19E-2
e-13/				T									2.9E-7/	2-201
e-13/m			t	T							ADE AE	005.00	0 VE VV	
6-138			1	T						2 1 A 4	83E-20	805-22	6.2E-20	3./E-1
e-1.54m			+	T						2/E-2/	2-22	22-325	205-19	1-2/9
6-141				T							57-39R	2.35-21	5.3E-20	126-1
041-			t	T								00-00	100-24	100-00
-142m												NC 50	115.40	101 4
1 1 1 1												8 2E-26	305-04	C=35 -
	_											6.8E=26	39E-24	15E-2

ſ

5. まとめ

ダイバータ領域での熱負荷低減のために注入される不純物ガス(Ne, Ar, Kr, Xe)の放射 化計算を実施し、放射性気体廃棄物としての環境放出濃度や、フィルター集塵後の放射性固 体廃棄物としての処分区分を検討した。表 5-1 に安全上考慮すべき放射性生成核種の特徴 を示す。

Ne については放射性廃棄物の濃度規制の観点から安全上問題となる濃度に達しないこと が分かった。Ar については、Ar-39(半減期:269年)は放射性廃棄物の濃度規制の観点か ら安全上問題となるが、運転時間(照射時間)を調整することにより、濃度限度以下にする ことが可能と考えられる。一方、Kr、Xe については、生成される放射性生成核種が多く、生 成される核種は濃度限度を超える。Kr ついては照射時間の制限や回収・保管等の対策を施 す必要がある。Xe については、昇華によって大気中を拡散しやすくヒトの感受性の高い放 射性核種が高濃度で生成されるため適用は避けるべきである。

不純物	安全上考慮すべき核種	Htt. Aller	取扱の
ガス	(半減期)	行政	容易さ
	C-14 (5700年)	生成される核種の多くは短半減期核種であり、1	
Ne	Na-22(2.6027年)	年間の連続照射後でも約1日程度の冷却期間を経	$\bigcirc$
	Na-24(14.997 時間)	れば、安全上問題となる核種はない。	
	4 20 (260 年)	Ar の同位体核種が生成される。Ar-39 は 1 週間以	
	Ar = -39 (209 + -)	上の照射で濃度限度を超える。当該核種は半減期	
Ar	Ar=41 (109.01 万) C1 2C (2.01×105年)	が長い為に希釈後に排気する必要がある。また、	$\bigtriangleup$
	$C1^{-}30 (3.01 \times 10^{-} +)$	S-35は1時間以上の照射で濃度限度を超え、3年	
	5-55 (61.51 µ)	間の冷却期間を経て環境放出が可能になる。	
		Kr の同位体核種が生成される。運転停止後に Kr-	
	Sr-90 (28.9年)	83m, Kr-85m が 9 割を占め、Kr-85m からの壊変で	
	Se-75 (119.79 日)	Kr-85 が生成される。半減期が長い Kr-85 は、1	
Kr	Kr-79(35.04 時間)	日以上の照射で濃度限度を超えるので、照射期間	$\bigtriangleup$
	Kr-85(10.752年)	を調整する必要がある。また、回収技術が確立し	
	Rb-84 (32.82 日)	ているが、長い期間の保管管理が必要になり実用	
		的でない。	
	I-129(1.57×10 <sup>7</sup> 年)	天然に存在する Xe の同位体が 9 つと他の不純物	
	Cs-137(30.08年)	ガスより多く、そのために放射化により生成され	
Xe	I−129 等の I の同位体	る核種が多い。また、ヒトの感受性の高い放射性	$\times$
	Xe-125 等の Xe の同位体	核種が高濃度生成される傾向があり、使用は避け	
	Cs-137 等の Cs の同位体	るべき。	

表 5-1 不純物ガス (Ne、Ar、Kr、Xe) 由来の放射性生成核種の特徴

## 謝辞

本報告書を纏めるにあたり、多くの貴重なご助言とご指導くださいました核融合炉システ ム研究開発部の飛田健次部長(原型炉設計合同特別チームリーダー)、核融合炉システム 研究グループの坂本宜照グループリーダー(同チーム 物理設計グループリーダー)、同グ ループの日渡良爾主幹研究員(同チーム システム設計グループリーダー)に深く感謝申 し上げます。

## 参考文献

- X-5 Monte Carlo Team, MCNP A general Monte Carlo N-particle transport code, version 5, LANL report, LA-CP-03-0245, April 2003 (rev. March 2005).
- [2] T. Kai et al., DCHAIN-SP 2001: High energy particle induced radioactivity calculation code, JAERI-Data/Code 2001-016 (2001)
- [3] 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令
- [4] 「核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則
- [5] 放射線を放出する同位元素の数量等を定める件(平成十二年科学技術庁告示)
- [6] D. Lopez Al-dama, A. Trkov, FENDL-2.1: update of an evaluated nuclear data library for fusion applications, in: IAEA Report INDC(NDS)-46, 2004
- [7] A. B. Paschenko, Summary Report for IAEA Consultants Meeting on Selection of Evaluations for the FENDL/A-2 Activation Cross Section Library, IAEA/INDC(NDS)-341 (1996)
- [8] 東海再処理施設の安全性確認に関する報告書(JNC TN8440 99-002)

ダイバータ領域に導入される不純物ガス由来の放射性生成核種の特性評価 October, 2018

http://www.qst.go.jp