

多核種除去設備の除去対象核種選定に関して御質問頂いた点に関する回答

1. 除去対象核種の選定過程毎の核種の数を示すこと。

F P核種の選定

選定前	約 1000 核種
手順 1	247 核種
手順 2	214 核種
手順 7	56 核種

C P核種の選定

選定前	20 核種
手順 3	6 核種

2. F P核種の選定手順 2 で除外した核種の一覧を示すこと

手順 2 において、除外した核種は以下のとおり。

- 告示に記載のない以下の 10 核種は、除去対象核種から除外されている。

1	Ba-136m	5	Po-212	9	Po-216
2	Ce-142	6	Po-213	10	At-217
3	Sm-149	7	Po-214		
4	Po-211	8	Po-215		

- トリチウム(H-3)は、多核種除去設備で除去できないことから、除去対象核種から除外されている。(1核種)
- 希ガスであるキセノン(Xe)、クリプトン(Kr)、ラドン(Rn)は滞留水中に含まれないと考えられることから、除去対象核種から除外されている。(12核種)

核種	備考
1 Xe 類	Xe-127, Xe-129, Xe-131m, Xe-133, Xe-133m
2 Kr 類	Kr-79, Kr-81, Kr-85
3 Rn 類	Rn-218, Rn-219, Rn-220, Rn-222

- 下記に示す核種については、滞留水中に容易に溶出しない、もしくはそれらの核種から生成されるため滞留水中には含まれないものとし、除去対象核種から除外されている。(10 核種)

核種		備考
1	Se 類	Se-77m, Se-79
2	Zr 類	Zr-93, Zr-95, Zr-97
3	Pd 類	Pd-107, Pd-109, Pd-112
4	Nb-95m	Zr 類 (Zr-95) より生成するため、滞留水中には存在し難いと評価
5	Rh-102	Pd-102 より生成するため、滞留水中には存在し難いと評価

※Se-77m, Zr-97, Pd-107, Pd-109, Pd-112 については、手順 2 で除外しなかった場合においても、手順 7 で除去対象核種から除外される。

3. F P 核種の選定で U、T h 等ほどの選定過程で除外されているか。

- Zr-95、Zr-93、Se-79

F P 核種の選定フロー手順 2 にて、水には溶解し難いとして除外されている。

- Fe-55

F P 核種として O R I G E N によるインベントリ評価の対象となっておらず、また、C P 核種として炉内、濃縮廃液タンクにおける測定実績もない。

- C-14、Ra-224、Pa-233、Pb-212、Th-228、Th-231、Th-234、U-232、U-234、U-235、U-236、U-238、Np-237

F P 核種の選定フロー手順 7 にて 365 日後の減衰補正を行った後、推定濃度が告示濃度限度に対して 1/100 未満であるため除外されている。

4. F P 核種の選定に用いた C s の実測値データの出典を示すこと。

プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋への移送に関する報告書「H23 年 5 月 15 日」

添付資料-11 p11-3 2号機 T/B における Cs-134(3/27 採取)の測定結果である $2.6 \times 10^6 \text{Bq/ml}$ を引用している。

5. C P核種の選定で評価している核種の一覧を示すこと。

震災前の炉水及び濃縮廃液タンク内保有水において測定を行っており，C P核種の選定に用いた核種は以下のとおり。

核種		核種	
1	N-13	11	Cu-64
2	F-18	12	Zn-65
3	Na-24	13	As-76
4	Cl-38	14	Ag-110m
5	Cr-51	15	Sb-124
6	Mn-54	16	W-187
7	Mn-56	17	Np-239
8	Co-58	18	Ni-59
9	Co-60	19	Ni-63
10	Fe-59	20	Nb-94

6. 希釈率の設定根拠を示すこと

・ F P核種の選定に用いた希釈率

地震発生時の原子炉保有水（原子炉冷却材再循環系等を含む）は 200m^3 程度であると想定され、これに対して、地震発生後の建屋滞留水は各号機 $17000\text{m}^3\sim 30000\text{m}^3$ 程度であると想定されることから、これらの値から原子炉保有水に含まれる放射性物質の濃度は100倍に希釈されたものとして評価を行っている。

・ C P核種の選定に用いた希釈率

地震発生前の濃縮廃液タンク保有水は 130m^3 程度であると想定され、これに対して、濃縮塩水受けタンクへの移送開始直後の集中ラド滞留水貯蔵量は 17000m^3 程度であったことから、濃縮廃液タンクブロー水は移送された滞留水により100倍に希釈されたものとして評価を行っている。

以 上

除去対象核種の選定

1. 除去対象核種の選定方針

多核種除去設備の処理対象水（淡水、RO 濃縮塩水及び処理装置出口水）は、1～3号機原子炉内の燃料に由来する放射性物質（以下、「FP 核種」という）及びプラント運転時の保有水に含まれていた腐食生成物に由来する放射性物質（以下、「CP 核種」という）を含んでいると想定される。多核種除去設備の設計として、処理対象水が万一環境への漏えいした場合の周辺公衆への放射線被ばくのリスクを低減するため、処理対象水に含まれる FP 核種及び CP 核種のうち、多核種除去設備で除去すべき高い濃度で存在する核種を推定することが必要となる。

よって、処理対象水に含まれる放射性物質の濃度を推定するにあたり、FP 核種については、炉心インベントリの評価結果から有意な濃度で存在すると想定される核種を選定し、そのうち、2011/3 に放射性物質の測定を実施している核種については、測定結果から滞留水中の濃度を推定し、測定していない核種については、炉心インベントリの評価結果から滞留水に含まれる濃度を推定した。

また、CP 核種については、プラント運転時の原子炉保有水に含まれていた核種が滞留水に移行していること、また、高温焼却炉建屋に滞留水を移送した際に、濃縮廃液タンクの保有水に含まれていた核種が混入したことが考えられることから、プラント運転時の原子炉及び濃縮廃液タンクの保有水に対する CP 核種の測定結果を用いて、滞留水に含まれる濃度を推定した。

FP 核種、CP 核種共に多核種除去設備の稼動時期が原子炉停止後より1年後(365日後)以降となると想定されたことから、半減期を考慮し原子炉停止365日後の滞留水中濃度を減衰補正により推定した。減衰補正により得られた原子炉停止後365日後の推定濃度が告示濃度限度[※]に対し、1/100を超える核種を滞留水中に有意な濃度で存在するものとして多核種除去設備の除去対象核種として選定した。なお、1/100以下となることから除外した核種の推定濃度と告示濃度限度との比の総和は、最大で0.05程度であることから、除外した核種の濃度は十分低いものとする。

※ 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示(別表第2 第六欄周辺監視区域外の水中の濃度限度)

2. 除去対象核種の選定方法及び選定結果

(1) FP 核種からの除去対象核種の選定方法及び選定結果

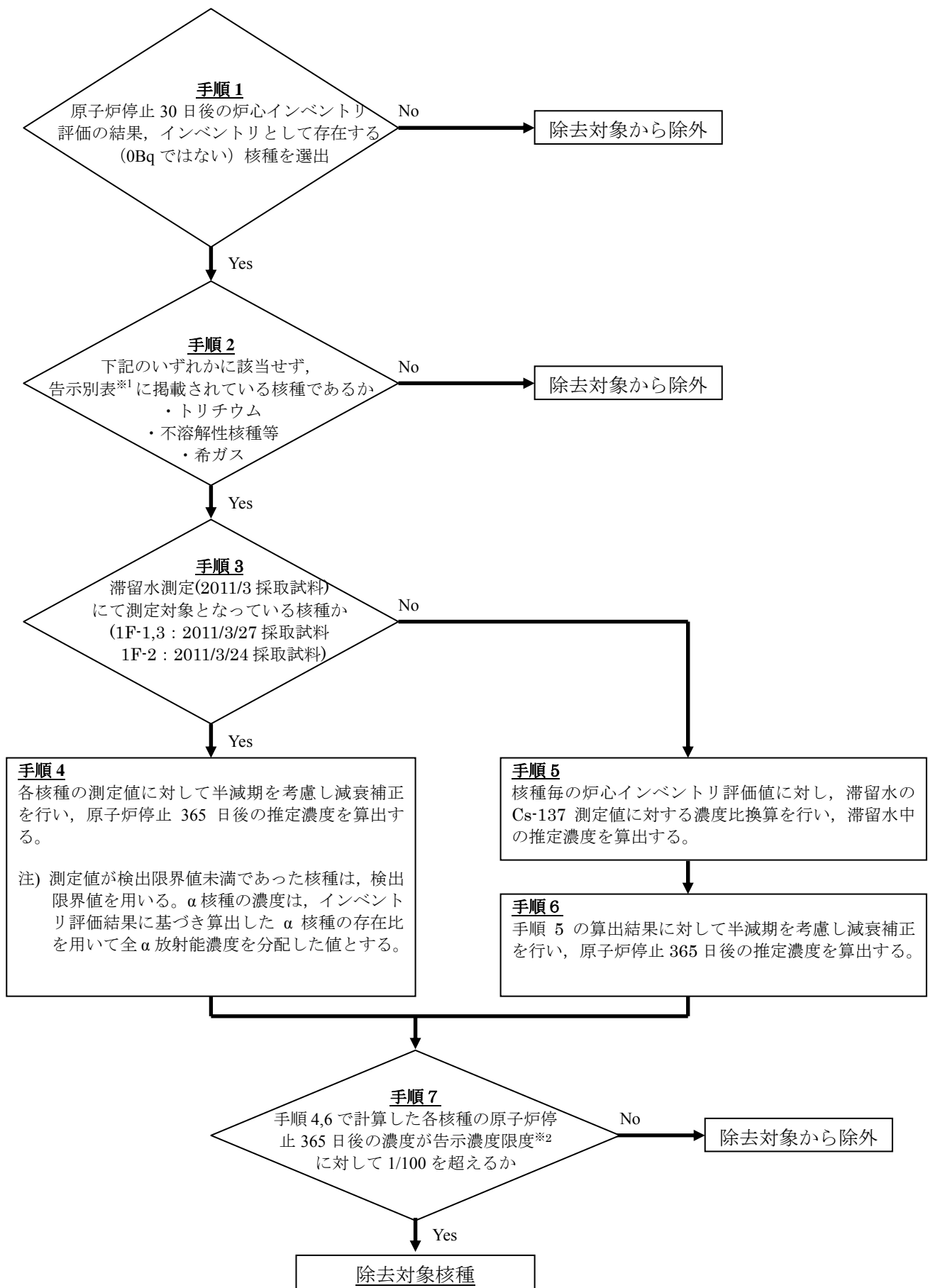
FP 核種からの除去対象核種の選定は、図1のフローに従い実施した。その結果、56核種を除去対象核種として選定した。

(2) CP 核種からの除去対象核種の選定方法及び選定結果

CP 核種からの除去対象核種の選定は、図2のフローに従い実施した。その結果、6核種を除去対象核種として選定した。

(3) 除去対象核種選定結果のまとめ

FP 核種から選定した56核種に、CP 核種から選定した6核種を加えた計62核種を除去対象核種として選定した(表1参照)。



- ※1 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示（別表第 2 第六欄）
- ※2 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示（別表第 2 第六欄）周辺監視区域外の水中の濃度限度

図 1 FP 核種における除去対象核種選定フロー

手順1

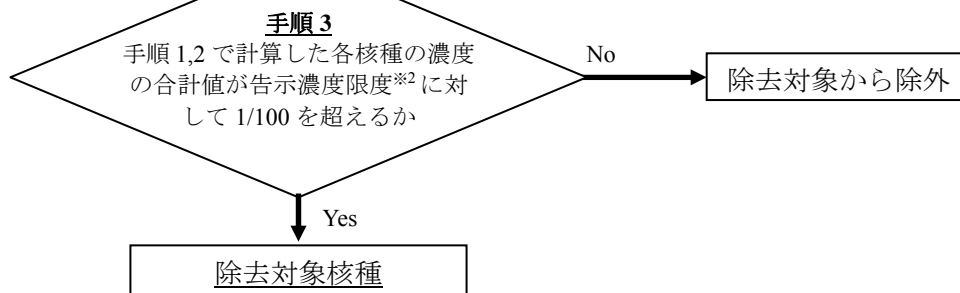
地震発生前（2009/1～2011/2）における1～3号機原子炉保有水の放射能測定で測定対象となっており、かつ、告示別表^{※1}に記載のある核種について、測定値の最大値を1/100（希釈）した後、半減期を考慮し減衰補正を行い、原子炉停止365日後の推定濃度を算出する。

注）均質・均一固化体における理論計算法及びスケーリングファクタ法に基づき濃度を推定できるNi-59、Ni-63、Nb-94については、理論計算法換算値及びスケーリングファクタを用いてキー核種であるCo-60の濃度から推定する。

手順2

地震発生前（2010/5～2011/2）に濃縮廃液タンク保有水の放射能測定で測定対象となっており、かつ、告示別表^{※1}に記載のある核種について、測定値の最大値を1/100（希釈）した後、半減期を考慮し減衰補正を行い、原子炉停止365日後の推定濃度を算出する。

注）均質・均一固化体における理論計算法及びスケーリングファクタ法に基づき濃度を推定できるNi-59、Ni-63、Nb-94については、理論計算法換算値及びスケーリングファクタを用いてキー核種であるCo-60の濃度から推定する。



※1 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示（別表第2第六欄）

※2 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示（別表第2第六欄）周辺監視区域外の水中の濃度限度

図2 CP核種における除去対象核種選定フロー

表1 除去対象核種一覧

No.	放射性物質の種類	線種	No.	放射性物質の種類	線種
1	Rb-86	$\beta \gamma$	32	Ba-140	$\beta \gamma$
2	Sr-89	β	33	Ce-141	$\beta \gamma$
3	Sr-90	β	34	Ce-144	$\beta \gamma$
4	Y-90	β	35	Pr-144	$\beta \gamma$
5	Y-91	$\beta \gamma$	36	Pr-144m	γ
6	Nb-95	$\beta \gamma$	37	Pm-146	$\beta \gamma$
7	Tc-99	β	38	Pm-147	$\beta \gamma$
8	Ru-103	$\beta \gamma$	39	Pm-148	$\beta \gamma$
9	Ru-106	β	40	Pm-148m	$\beta \gamma$
10	Rh-103m	$\beta \gamma$	41	Sm-151	$\beta \gamma$
11	Rh-106	γ	42	Eu-152	$\beta \gamma$
12	Ag-110m	$\beta \gamma$	43	Eu-154	$\beta \gamma$
13	Cd-113m	γ	44	Eu-155	$\beta \gamma$
14	Cd-115m	$\beta \gamma$	45	Gd-153	γ
15	Sn-119m	γ	46	Tb-160	$\beta \gamma$
16	Sn-123	$\beta \gamma$	47	Pu-238	α
17	Sn-126	$\beta \gamma$	48	Pu-239	α
18	Sb-124	$\beta \gamma$	49	Pu-240	α
19	Sb-125	$\beta \gamma$	50	Pu-241	β
20	Te-123m	γ	51	Am-241	α
21	Te-125m	γ	52	Am-242m	α
22	Te-127	$\beta \gamma$	53	Am-243	α
23	Te-127m	$\beta \gamma$	54	Cm-242	α
24	Te-129	$\beta \gamma$	55	Cm-243	α
25	Te-129m	$\beta \gamma$	56	Cm-244	α
26	I-129	$\beta \gamma$	57	Mn-54	γ
27	Cs-134	$\beta \gamma$	58	Fe-59	γ
28	Cs-135	β	59	Co-58	γ
29	Cs-136	$\beta \gamma$	60	Co-60	$\beta \gamma$
30	Cs-137	$\beta \gamma$	61	Ni-63	β
31	Ba-137m	γ	62	Zn-65	$\beta \gamma$