

原子力発電所の運転及び解体に伴い発生する
廃棄物の物量、性状等に関する資料集

平成10年11月

財団法人 原子力環境整備センター

はじめに

原子力発電施設の運転及び解体に伴って発生する廃棄物の中には、放射性廃棄物としての特殊性を考慮する必要がない（クリアランスレベル以下の）物が存在する。

本資料集は、このようなクリアランスレベル以下の廃棄物に関する安全評価や測定による検認の検討に有用なデータを整備する目的でとりまとめられたものである。

資料集の構成

本資料集は、以下の5種類の資料から構成される。

1. 核種組成の設定方法について
2. 原子炉施設の運転に伴うクリアランスレベル以下の廃棄物の物量について
3. 評価上クリアランスレベル以下の対象であり再使用される可能性がある機器の台数分布調査
4. 表面汚染の剥離割合について
5. 濃度分布を考慮したクリアランス対象物の混合率について

1. 核種組成の設定方法について

核種組成の設定方法について

1. 放射化物の核種組成設定方法

(1) 中性子束分布の計算

ボルツマンの中性子輸送方程式を解く方法として、一次元 Sn 法コード「ANISN」と二次元 Sn 法コード「DOT-3.5」により、原子炉周りの中性子束分布の計算を行っている。原子炉周りの中性子束分布の計算値と放射化箔等を用いて実測した値^{1,2)}との比較を添付-1に示す。

(2) 構造材料の元素組成

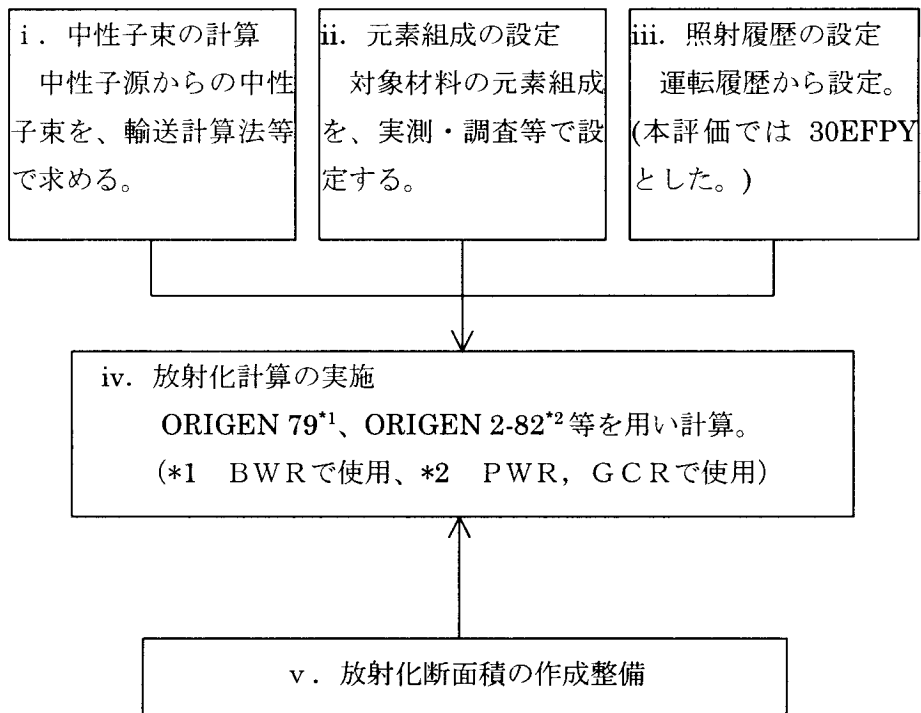
放射化される前の構造材料としては、ステンレス鋼、炭素鋼、コンクリートの3種類の材料を対象としており、NUREG レポート、化学便覧、規格値及び実測値等で示されている元素組成を引用している。設定した元素組成を添付-2に示す。また、BWRの原子力発電所で使用されているコンクリートの元素分析結果例を添付-3に示す。

(3) 放射化量計算

中性子束分布及び構造材料の元素組成のデータに基づき、「ORIGEN79」または「ORIGEN2-82」を用いて、放射化量を計算し、これに原子炉停止期間の減衰補正を行ったものの割合を放射化物の核種組成として設定している。

1) M. Nakai, Y. Hirahara, H. Hashimoto, and K. Ochiai, NEUTRON AND GAMMA RAY DISTRIBUTION IN BWR DRYWELL, 6th. International Conference on Radiation Shielding, Tokyo, Japan, May 16-20, 1983

2) 西川元之他、「PWRプラントの原子炉容器周辺の中性子束分布の測定と解析」、日本原子力学会、昭和62年秋の大会予稿集、A43



放射化放射性核種計算手法

2. 汚染物の核種組成設定方法

汚染生成物の評価のうち接液汚染については、機器の接液面に対する汚染生成物密度の沈着・剥離挙動評価による計算と、機器外表面線量当量率に基づいた内面汚染生成物密度の計算の2種類の手法によって実施した。

また、表面汚染については、汚染密度をプラントの管理等を勘案して仮定した。

(1) BWR 及び PWR の汚染放射性核種評価手法

a. 沈着、剥離挙動計算による接液汚染評価方法

プラントの接液系統設備内には、放射性物質を含んだ液体が包含されており、これら放射性物質は運転に伴って機器等設備内面に沈着し、内面汚染を生じさせる。ここで、物質挙動を表す沈着・剥離の係数は、系統水の温度、流速、流路面積、粘度、密度、pH等によって決定され、これらの係数が設定可能な範囲が沈着・剥離挙動モデルで計算評価できる。このような系統範囲に対しては、沈着・剥離挙動モデルを用いて計算評価した。

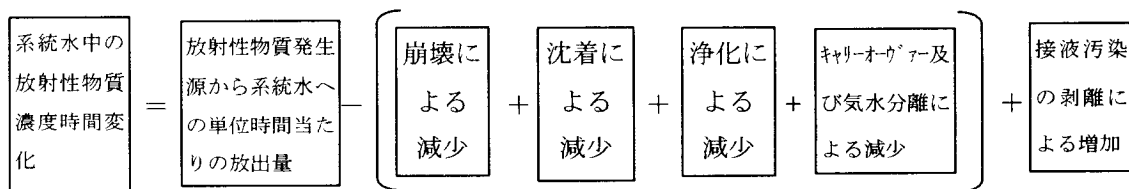
接液汚染に寄与する放射性物質は、以下の2種類存在する。

- ① 機器接液面から溶解した腐食金属が、炉心に沈着し放射化され、系統水中に放出された腐食生成物（以後CPと称す。）
- ② 燃料棒表面に製造時付着したUO₂粒子が炉心中中性子で照射され発生した核分裂生成物（以後FPと称す。）等で、系統水中に放出されたもの

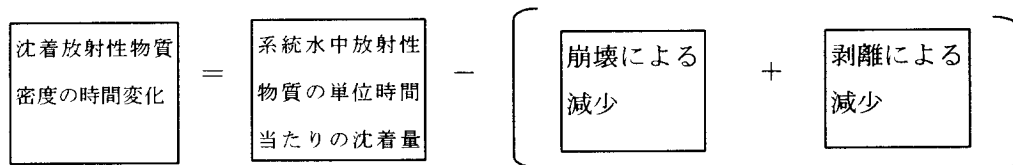
これらの放射性物質は、系統水中を系統設備の流れに従い下流へと移動し、各接液機器内面に沈着する。一度沈着した放射性物質は再度剥離し、再び系統水中を移動し、その一部は再び炉心に付着して中性子によって照射され、剥離して系統内面に沈着することを繰り返す。

汚染生成物密度の計算モデルは、基本的には次の式で表される。また、評価の流れを、図-1に示す。

<系統水中放射性物質濃度>



<汚染密度>



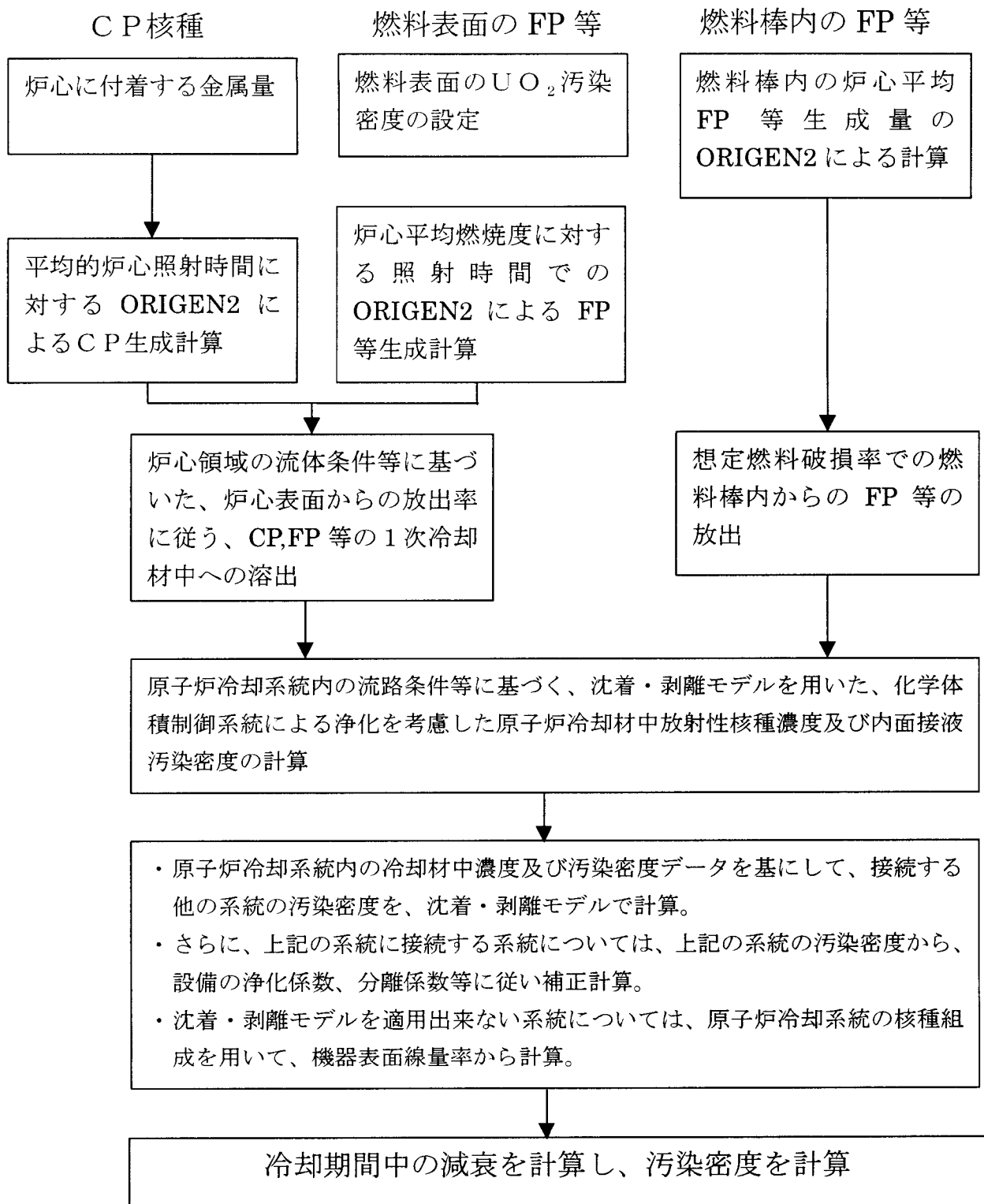
b. 外部線量率測定による接液汚染評価方法

機器外部線量当量率からの内面汚染生成物密度推定計算手法では、内面沈着汚染の核種組成を設定し、それらの核種に基づく γ 線エネルギーを用いて、線量計算手法を用い機器内面線源と表面線量当量率の相関係数を設定した。ここで、汚染密度の決定因子は、核種組成、機器形状、表面線量当量率の3点である。これらのうち、機器形状は設計データから調査した。表面線量当量率は、定検中の測定値等で設定した。

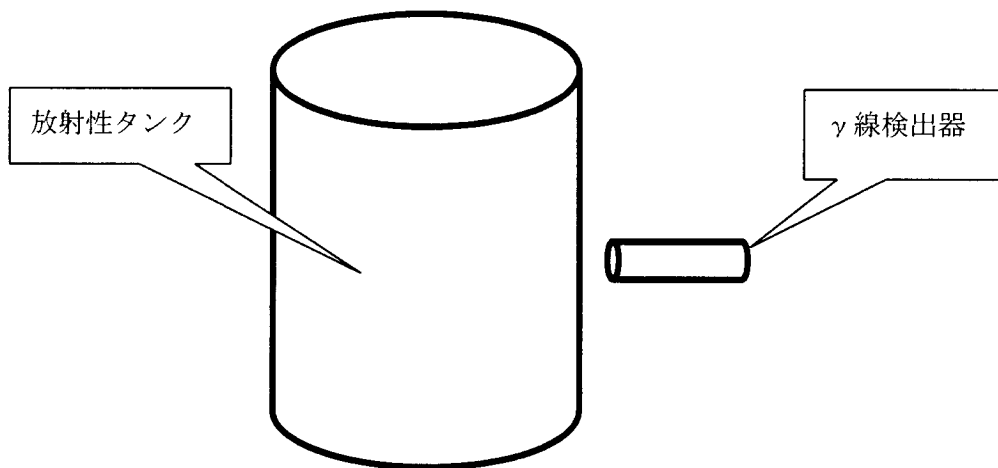
核種組成は、当該機器又は当該機器と同様の汚染状況にあると考えられる機器の、沈着・剥離計算評価結果に基づいて設定する方法と、炉水中の放射性物質濃度に基づいて設定する方法を用いて設定した。

設定した核種組成に基づいて、各核種の崩壊当たり γ 線エネルギーから、内面付着汚染の相対線源強度を計算した。この相対線源強度を入力値として、 γ 線線量当量率計算コードを用いて、表面線量当量率を計算した。この表面線量当量率と相対線源強度の比が、当該機器の内面汚染と表面線量当量率の相関係数となる。この相関係数を用いて測定した表面線量当量率から、当該機器の内面汚染密度を評価した。

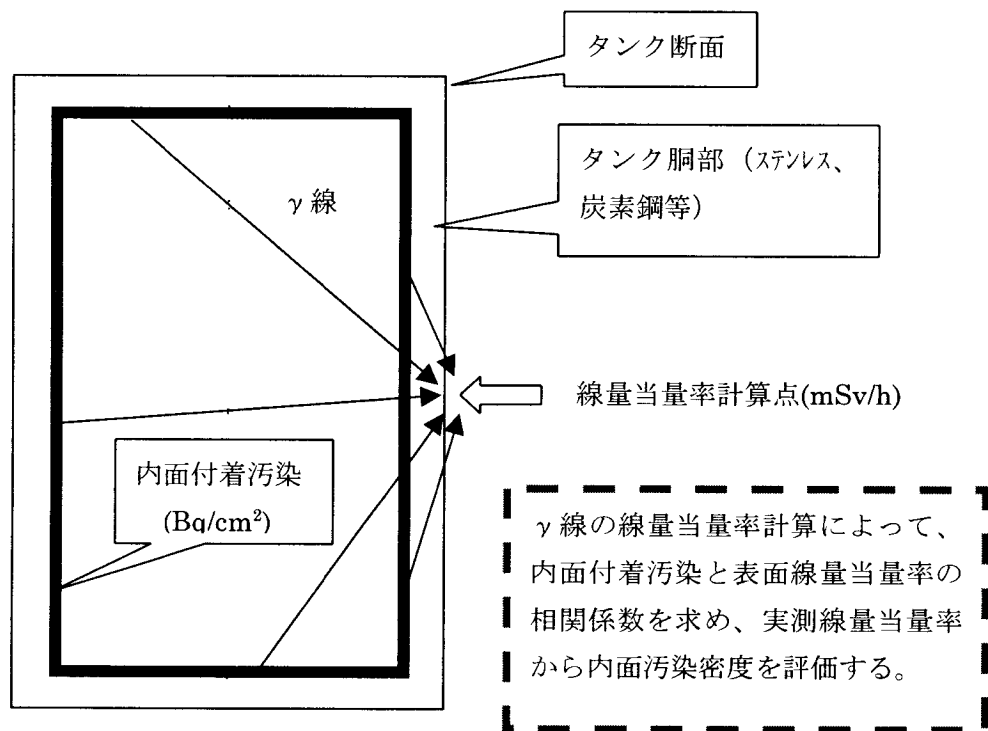
外部線量当量率測定による内面汚染密度計算評価の概念を、図-2に示す。



図－1 BWR及びPWRの汚染放射性核種の評価方法



(1) 放射性機器の線量当量率測定



(2) 計算による内面汚染密度の評価

図-2 外部線量当量率測定による内面汚染密度評価

(2) GCR の汚染放射性核種評価手法

a. 汚染核種組成の実測値等による評価方法

プラントの接液系又は一次系のような接ガス系設備内には、放射性物質を含んだ液体又は炭酸ガスが包含されており、これらの放射性物質は運転に伴って機器等設備内面に付着又は沈着し、内面汚染を生じさせる。汚染物質の核種構成は、各汚染源となる物質の寄与率に応じて決定される。

汚染に寄与する放射性物質は、以下の3種類存在する。

- ① 燃料に由来するFP等（代表核種 Cs-137）
- ② 放射化した構造材に由来する核種（代表核種 Co-60）
- ③ 放射化した黒鉛に由来する核種（代表核種 C-14）

各汚染源物質の核種構成はあらかじめ、ORIGEN コードによって計算される。これらの核種構成が異なる汚染源について、評価対象系統の代表核種実測値により各汚染源の寄与率を評価し、加算することによって核種構成を評価する。

機器内面の汚染物の核種構成の評価は、基本的に次の式で表される。

<汚染物の核種構成>

汚染物の代表核種実測値に基づき各寄与率を設定

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{付着汚染放射} \\ \text{性物質の核種} \\ \hline \text{構成} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{燃料起源の} \\ \text{核種組成} \\ \hline \text{Ai} \\ \hline \times \text{寄与率} \\ \hline \end{array} \div \begin{array}{|c|} \hline \text{構造材起源の} \\ \text{核種組成} \\ \hline \text{Bi} \\ \hline \times \text{寄与率} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline \text{黒鉛起源の} \\ \text{核種組成} \\ \hline \text{Ci} \\ \hline \times \text{寄与率} \\ \hline \end{array}$$

b. スミヤ実測による汚染密度評価方法

機器内面のスミヤによる Co-60 等の汚染密度の実測値により対象系統の汚染密度を設定した。ここで、汚染密度の決定因子は、核種組成、及び代表核種の汚染密度実測値の2点である。

核種組成は、当該機器又はは当該機器と同様の汚染状況にあると考えられる機器に関して、各汚染起源物質の寄与率の実測値を用いて設定した。

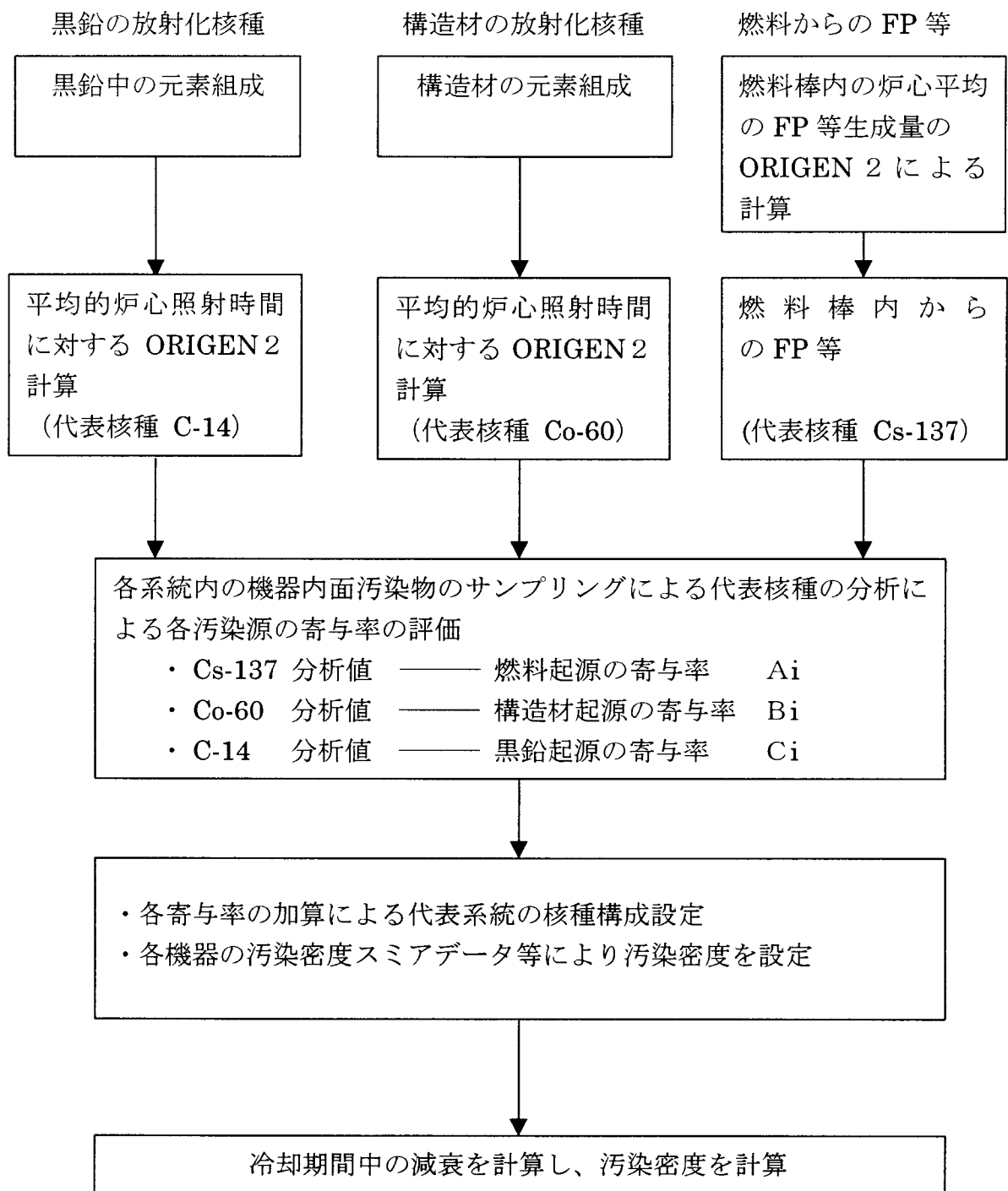
設定した核種組成に基づいて、機器内面スミア等による代表核種の実測値の比を設定し、評価対象系統の汚染密度を設定した。

汚染密度の評価方法を以下に示す。また、評価の流れを、図-3に示す。

<汚染密度>

Co-60 等の機器内面スミアデータにより汚染密度を評価

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{付着汚染放射} \\ \text{性物質の汚染} \\ \hline \text{密度} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{付着汚染放射} \\ \text{性物質の核種} \\ \hline \text{構成} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{内面スミアに} \\ \text{よる Co-60 の} \\ \hline \text{汚染密度の比} \\ \hline \end{array}$$



図－3 GCRの汚染放射性核種の評価方法

3. 核種組成

以上の評価手法及び条件で評価した放射化及び汚染放射性核種に基づいて、代表的核種組成を設定した。この核種組成を、廃止措置時の核種組成について表－1に、**BWR** 及び **PWR** の運転中の核種組成として0.5年冷却の値を表－2に、また **GCR** の安全貯蔵中の核種組成として6年冷却の値を表－3に示す。

表一 廃止措置時の核種組成 (1 / 3)
(BWR : 6年冷却)

核種	放射化物			汚染物
	ステンレス鋼	炭素鋼	コンクリート	
H-3	8.73E-04	3.17E-03	7.97E-01	7.13E-07
Be-10	1.57E-15	8.69E-11	2.52E-10	1.63E-10
C-14	2.99E-04	1.02E-04	5.88E-04	9.22E-04
S-35	1.89E-11	2.39E-11	2.75E-10	1.46E-11
Cl-36	5.18E-06	5.66E-06	2.53E-05	2.38E-06
Ca-41	3.13E-08	3.97E-08	2.05E-03	4.88E-08
Mn-54	2.12E-04	5.22E-04	6.77E-06	1.26E-03
Fe-55	3.75E-01	8.98E-01	1.41E-01	4.75E-01
Fe-59	1.10E-16	2.74E-16	3.40E-17	2.96E-16
Co-58	4.65E-11	5.63E-12	1.05E-14	4.71E-11
Co-60	4.00E-01	7.15E-02	1.72E-02	4.19E-01
Ni-59	1.72E-03	1.96E-04	4.46E-06	3.92E-04
Ni-63	2.22E-01	2.54E-02	5.78E-04	1.03E-01
Zn-65	3.44E-06	1.45E-06	3.24E-06	7.36E-06
Se-79	8.57E-12	1.26E-12	6.13E-11	2.15E-07
Sr-90	8.42E-07	1.79E-07	8.57E-06	8.38E-06
Zr-93	2.09E-10	2.97E-10	4.81E-09	2.70E-10
Nb-94	1.42E-06	5.27E-07	4.70E-07	1.18E-05
Mo-93	3.89E-06	1.44E-05	1.05E-07	4.91E-07
Tc-99	6.81E-07	4.42E-06	6.33E-09	4.00E-08
Ru-106	1.87E-08	4.61E-10	1.65E-08	2.02E-07
Ag-108m	7.43E-16	2.54E-19	1.94E-20	3.96E-06
Cd-113m	2.31E-10	1.07E-11	4.62E-10	2.17E-09
Sn-126	1.43E-11	9.60E-13	4.45E-11	5.15E-12
Sb-125	3.10E-06	1.07E-08	6.44E-07	5.34E-07
Te-125m	1.28E-06	4.38E-09	4.05E-09	1.03E-07
I-129	7.95E-13	7.19E-14	3.28E-12	9.17E-13
Cs-134	3.44E-08	5.19E-12	1.28E-11	3.97E-06
Cs-137	1.38E-06	1.89E-07	8.87E-06	9.17E-06
Ba-133	-	-	-	1.57E-05
La-137	-	-	-	1.97E-08
Ce-144	7.84E-09	1.39E-09	6.58E-08	8.47E-07
Pm-147	1.62E-07	2.54E-08	1.21E-06	1.38E-06
Sm-151	3.04E-08	6.47E-09	2.90E-07	1.79E-08
Eu-152	1.32E-08	5.50E-04	3.88E-02	7.32E-11
Eu-154	1.01E-05	5.37E-05	2.31E-03	9.41E-08
Ho-166m	3.15E-15	1.77E-18	2.70E-17	4.68E-07
Lu-176	1.83E-11	8.16E-12	2.24E-11	5.87E-16
Ir-192m	-	-	-	2.32E-08
Pt-193	-	-	-	3.19E-06
Ra-223	2.77E-11	9.95E-12	-	4.80E-16
Ac-227	2.77E-11	9.95E-12	-	4.79E-17
Pa-231	4.73E-11	1.85E-11	-	7.37E-16
U-234	2.43E-10	1.32E-13	-	7.76E-14
U-235	-	-	-	8.15E-12
U-236	4.76E-12	1.44E-12	6.28E-11	4.26E-12
U-238	-	-	-	4.48E-11
Np-237	2.25E-12	2.15E-13	9.41E-13	8.58E-13
Pu-238	3.66E-08	6.38E-13	1.87E-14	3.82E-10
Pu-239	1.31E-08	1.05E-08	2.67E-07	9.99E-09
Pu-240	2.39E-08	1.14E-11	3.17E-12	1.77E-09
Pu-241	1.05E-06	5.76E-13	9.81E-16	6.69E-08
Pu-242	1.75E-11	4.93E-21	1.49E-29	4.97E-14
Am-241	3.64E-08	2.10E-14	3.57E-17	4.80E-10
Am-242m	1.30E-09	1.68E-18	-	9.34E-14
Am-243	6.29E-11	2.09E-23	2.09E-38	2.65E-14
Cm-244	1.22E-09	2.40E-29	4.54E-47	1.20E-13
合計	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00

注) 放射化ステンレス鋼は、シュラウドの一部の核種組成
放射化炭素鋼は、原子炉圧力容器の一部の核種組成
放射化コンクリートは、熱遮へい壁の一部の核種組成
汚染物は、原子炉冷却材循環系内の汚染核種組成

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

表－１ 廃止措置時の核種組成（２／３）

（PWR：６年冷却）

核種	放射化物			汚染物
	ステンレス鋼	炭素鋼	コンクリート	
H-3	1.13 E-03	2.95 E-03	8.07 E-01	3.57 E-04
Be-10	1.17 E-10	4.91 E-16	6.77 E-09	1.36 E-11
C-14	3.23 E-04	7.93 E-05	3.64 E-04	3.68 E-03
S-35	4.31 E-11	2.53 E-11	1.10 E-10	4.00 E-26
Cl-36	6.14 E-06	3.77 E-06	2.07 E-05	1.50 E-21
Ca-41	6.65 E-08	6.13 E-08	6.08 E-04	3.26 E-11
Mn-54	1.66 E-03	9.11 E-04	2.71 E-06	1.41 E-04
Fe-55	4.58 E-01	7.76 E-01	9.90 E-02	2.94 E-01
Fe-59	1.51 E-16	2.26 E-16	3.59 E-18	1.32 E-17
Co-58	1.86 E-10	6.13 E-12	9.55 E-15	1.92 E-10
Co-60	2.81 E-01	1.98 E-01	3.51 E-02	2.29 E-01
Ni-59	2.34 E-03	1.60 E-04	1.11 E-05	4.20 E-03
Ni-63	2.55 E-01	2.02 E-02	1.41 E-03	4.69 E-01
Zn-65	1.01 E-05	1.64 E-06	4.46 E-07	1.51 E-11
Se-79	1.57 E-07	3.23 E-09	4.30 E-09	1.42 E-09
Sr-90	1.59 E-06	1.56 E-07	1.58 E-06	4.65 E-05
Zr-93	4.19 E-10	2.63 E-10	2.40 E-09	1.12 E-05
Nb-94	1.11 E-05	1.44 E-06	4.75 E-07	4.29 E-04
Mo-93	6.63 E-06	4.78 E-05	9.20 E-09	1.02 E-05
Tc-99	2.83 E-07	6.88 E-07	5.45 E-10	6.08 E-08
Ru-106	2.07 E-08	4.32 E-10	4.20 E-09	4.91 E-07
Ag-108m	9.10 E-06	9.37 E-06	2.46 E-07	4.22 E-14
Cd-113m	7.91 E-10	1.29 E-11	1.29 E-10	2.92 E-08
Sn-126	2.80 E-11	9.27 E-13	9.37 E-12	2.55 E-09
Sb-125	3.40 E-08	1.02 E-09	6.27 E-07	4.41 E-07
Te-125m	8.30 E-09	2.49 E-10	1.53 E-07	3.18 E-11
I-129	9.40 E-13	5.83 E-14	2.19 E-09	3.18 E-11
Cs-134	5.33 E-05	4.78 E-05	2.47 E-04	1.77 E-06
Cs-137	1.98 E-06	1.65 E-07	1.66 E-06	6.66 E-05
Ba-133	2.65 E-05	3.16 E-05	3.44 E-05	0.00 E+00
La-137	6.26 E-08	7.34 E-11	4.70 E-09	6.41 E-09
Ce-144	2.02 E-08	1.62 E-09	1.61 E-08	2.70 E-07
Pm-147	3.86 E-07	2.94 E-08	2.46 E-05	4.37 E-06
Sm-151	3.83 E-06	6.36 E-07	1.75 E-04	3.81 E-07
Eu-152	1.40 E-04	7.93 E-04	5.33 E-02	3.89 E-09
Eu-154	4.72 E-05	7.21 E-05	2.49 E-03	2.92 E-06
Ho-166m	1.98 E-06	1.55 E-06	3.98 E-07	4.22 E-12
Lu-176	8.55 E-13	4.49 E-12	8.99 E-08	0.00 E+00
Ir-192m	9.75 E-18	0.00 E+00	8.02 E-11	1.58 E-15
Pt-193	8.10 E-18	2.48 E-30	2.73 E-05	2.21 E-15
U-234	4.85 E-10	8.65 E-10	0.00 E+00	1.84 E-09
U-235	-	-	-	3.85 E-11
U-236	8.19 E-12	1.15 E-12	9.16 E-12	3.77 E-10
U-238	-	-	-	4.61 E-10
Np-237	7.25 E-12	5.01 E-15	5.16 E-19	4.29 E-10
Pu-238	4.39 E-09	1.17 E-13	4.73 E-19	2.84 E-06
Pu-239	8.74 E-08	2.82 E-09	3.39 E-08	4.02 E-07
Pu-240	1.50 E-08	1.23 E-11	2.11 E-14	5.00 E-07
Pu-241	2.01 E-07	1.41 E-11	8.08 E-19	6.04 E-05
Pu-242	1.93 E-13	6.19 E-19	5.27 E-30	2.53 E-09
Am-241	5.57 E-09	3.90 E-13	2.25 E-20	1.21 E-07
Am-242m	3.56 E-11	1.31 E-16	1.35 E-28	7.42 E-09
Am-243	1.06 E-13	1.46 E-20	5.20 E-40	2.99 E-08
Cm-242	3.02 E-11	1.10 E-16	4.55 E-31	7.33 E-09
Cm-244	4.04 E-13	5.21 E-21	1.03 E-48	2.06 E-06
合計	1.00 E+00	1.00 E+00	1.00 E+00	1.00 E+00

注）放射化コンクリートは1次遮へい127.5cmの核種組成

放射化ステンレスは上部炉心板の核種組成

放射化炭素鋼は原子炉容器の核種組成

汚染金属は原子炉容器内の汚染核種組成

（本評価値は、添付－２の元素組成に基づいて計算されたものである。）

表-1 廃止措置時の核種組成 (3 / 3)

(GCR : 10年冷却)

核種	放射化物			汚染物
	ステンレス鋼	炭素鋼	コンクリート	
H-3	1.07E-03	7.20E-03	8.99E-01	3.34E-03
Be-10	2.27E-11	6.06E-11	5.24E-10	3.51E-05
C-14	3.53E-03	1.29E-04	4.97E-04	5.84E-03
S-35	7.82E-17	1.24E-16	8.56E-16	6.51E-16
Cl-36	2.44E-06	1.02E-06	9.44E-06	3.01E-06
Ca-41	8.32E-08	3.59E-10	2.02E-03	5.84E-04
Mn-54	8.62E-06	3.79E-05	3.00E-07	7.35E-05
Fe-55	1.78E-01	7.80E-01	2.87E-02	6.68E-01
Fe-59	3.48E-26	1.53E-25	2.52E-27	7.35E-26
Co-58	2.27E-17	8.85E-19	2.69E-21	1.24E-16
Co-60	4.79E-01	1.99E-01	1.46E-02	1.84E-01
Ni-59	2.79E-03	1.09E-04	1.55E-06	9.85E-04
Ni-63	3.35E-01	1.32E-02	1.87E-04	1.35E-01
Zn-65	2.54E-07	2.63E-08	2.39E-07	7.18E-04
Se-79	1.29E-07	1.09E-09	4.17E-10	1.84E-08
Sr-90	2.36E-06	1.33E-07	2.38E-06	4.84E-04
Zr-93	5.06E-10	3.43E-09	3.46E-09	1.64E-08
Nb-94	5.80E-04	3.05E-08	9.37E-07	7.01E-05
Mo-93	2.22E-05	8.39E-06	9.52E-09	5.18E-06
Tc-99	5.28E-07	2.00E-07	8.61E-10	2.34E-07
Ru-106	7.97E-10	4.22E-11	5.57E-10	2.50E-06
Ag-108m	7.99E-06	2.34E-05	2.67E-06	7.85E-06
Cd-113m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.68E-09
Sb-125	1.50E-08	2.27E-08	1.17E-06	6.51E-06
Te-125m	3.66E-09	5.53E-09	2.85E-07	2.00E-24
I-129	1.11E-12	5.45E-14	9.52E-09	2.17E-08
Cs-134	2.82E-05	2.75E-06	4.17E-04	1.07E-05
Cs-137	2.61E-06	1.42E-07	2.56E-06	6.51E-04
Ba-133	5.32E-05	6.23E-09	1.28E-04	8.51E-06
La-137	8.61E-08	1.36E-11	1.30E-08	1.02E-08
Ce-144	7.08E-10	5.48E-11	6.68E-10	8.85E-07
Pm-147	1.65E-07	1.17E-08	3.13E-05	1.25E-04
Sm-151	7.34E-06	4.26E-06	3.54E-04	8.18E-06
Eu-152	3.07E-04	4.49E-04	4.86E-02	1.57E-04
Eu-154	4.84E-05	6.76E-05	3.41E-03	3.51E-05
Ho-166m	2.38E-06	6.91E-08	2.30E-06	3.51E-07
Lu-176	4.32E-12	3.16E-12	1.08E-09	1.39E-12
Ir-192m	1.73E-17	0.00E+00	2.51E-06	5.18E-10
Pt-193	2.47E-24	0.00E+00	1.38E-05	4.17E-12
Ra-223	1.81E-11	9.50E-12	1.34E-11	0.00E+00
Ac-227	2.49E-13	1.75E-13	1.85E-12	5.34E-14
Pa-231	3.42E-11	1.80E-11	2.57E-10	1.59E-12
U-234	2.17E-09	8.71E-11	6.56E-07	3.01E-07
U-235	9.58E-11	2.81E-12	3.04E-08	1.02E-09
U-236	1.66E-11	4.86E-13	1.76E-11	2.34E-09
U-238	2.15E-09	6.30E-11	6.60E-07	3.17E-08
Np-237	3.26E-12	9.54E-14	3.41E-12	8.51E-10
Pu-238	5.14E-10	1.51E-11	1.77E-12	2.67E-06
Pu-239	8.32E-08	2.44E-09	9.35E-08	8.01E-06
Pu-240	6.24E-09	1.83E-10	2.40E-11	7.35E-06
Pu-241	5.55E-13	1.63E-14	7.01E-18	4.17E-04
Pu-242	1.33E-14	3.89E-16	1.23E-25	3.51E-09
Am-241	1.07E-09	3.14E-11	1.21E-14	1.84E-06
Am-242m	1.92E-14	5.62E-16	0.00E+00	8.18E-08
Am-243	1.51E-15	4.37E-17	0.00E+00	7.35E-09
Cm-242	3.17E-12	9.30E-14	2.42E-22	1.84E-11
Cm-244	1.01E-15	1.49E-20	0.00E+00	1.27E-07
合計	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00

注) 放射化コンクリートは一次遮へい0~31cmの核種組成

放射化ステンレスは圧力容器断熱材の核種組成

放射化炭素鋼は圧力容器の核種組成

汚染物は一次冷却ガスシステムの汚染物の核種組成

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

表-2 運転中の核種組成 (1/8)
(BWR: 0.5年冷却 (1/4))

核種	コンクリート	核種	コンクリート	核種	コンクリート	核種	コンクリート
H-3	6.02E-01	SN-123	7.68E-09	HF-181	2.00E-06	PA-233	4.42E-06
BE-10	1.40E-10	SN-126	2.47E-11	HF-182	1.82E-17	PA-234M	
C-14	3.29E-04	SB-124	1.57E-05	TA-182	8.65E-05	PA-234	
P-32	1.48E-05	SB-125	1.47E-06	W-181	1.42E-07	U-232	9.20E-10
P-33	6.33E-05	SB-126	3.51E-12	W-185	2.79E-06	U-233	9.03E-08
S-35	1.16E-03	SB-126M	2.47E-11	W-188	8.10E-44	U-234	6.57E-10
CL-36	1.40E-05	TE-123	3.56E-28	RE-187	5.70E-50	U-235	
K-40		TE-123M	2.49E-17	RE-188	8.11E-44	U-236	3.48E-11
CA-41	1.14E-03	TE-125M	5.97E-07	TL-207	5.52E-09	U-237	2.56E-16
CA-45	3.62E-08	TE-127	9.28E-09	TL-208		U-238	
SC-46	2.65E-03	TE-127M	9.47E-09	TL-209	4.34E-12	U-239	
CR-51	3.12E-04	TE-129	3.31E-09	PB-209	1.97E-10	U-240	
MN-54	3.70E-04	TE-129M	5.22E-09	PB-210		NP-236	
FE-55	3.40E-01	I-129	1.82E-12	PB-211	2.76E-09	NP-237	5.22E-13
FE-59	5.58E-04	CS-134	4.50E-11	PB-212	2.76E-08	NP-238	
CO-58	1.74E-06	CS-135	1.25E-10	PB-214		NP-239	1.16E-38
CO-60	1.97E-02	CS-136	4.36E-13	BI-210		NP-240M	
NI-59	2.47E-06	CS-137	5.58E-06	BI-211	2.76E-09	NP-240	
NI-63	3.34E-04	BA-136M	6.99E-14	BI-212		PU-236	1.59E-22
ZN-65	5.25E-04	BA-137M	5.28E-06	BI-213	1.97E-10	PU-238	1.08E-14
SE-79	3.40E-11	BA-140	4.45E-10	BI-214		PU-239	1.48E-07
RB-86	1.19E-13	LA-138	2.60E-20	PO-210		PU-240	1.76E-12
RB-87	2.36E-15	LA-140	5.14E-10	PO-211	2.76E-11	PU-241	7.07E-16
SR-89	7.75E-06	CE-141	1.69E-07	PO-212	2.76E-08	PU-242	8.29E-30
SR-90	5.44E-06	CE-142	2.45E-15	PO-213	1.93E-10	PU-243	
Y-90	5.44E-06	CE-144	4.86E-06	PO-214		PU-244	
Y-91	9.59E-07	PR-142	2.45E-15	PO-215	2.76E-09	PU-245	
ZR-93	2.67E-09	PR-143	8.31E-10	PO-216	2.76E-08	AM-241	1.45E-17
ZR-95	6.33E-06	PR-144	4.86E-06	PO-218		AM-242M	
NB-93M	3.22E-08	PR-144M	5.86E-08	AT-217	1.97E-10	AM-242	
NB-94	2.61E-07	ND-144	1.11E-19	RN-219	2.76E-09	AM-243	1.16E-38
NB-95	1.21E-05	PM-147	2.87E-06	RN-220	2.76E-08	AM-244	
NB-95M	1.66E-08	PM-148	4.67E-15	RN-222		AM-245	
MO-93	5.80E-08	PM-148M	6.77E-14	FR-221	1.97E-10	CM-242	3.87E-22
TC-99	4.76E-09	SM-147	8.70E-16	FR-223		CM-243	7.46E-36
RU-103	1.80E-07	SM-148	4.42E-26	RA-223	2.76E-09	CM-244	2.52E-47
RU-106	3.98E-07	SM-149	4.78E-21	RA-224	2.76E-08	CM-245	
RH-103M	1.81E-07	SM-151	1.68E-07	RA-225	1.97E-10	CM-246	
RH-106	3.98E-07	EU-152	2.87E-02	RA-226		CM-247	
PD-107	1.13E-12	EU-154	1.99E-03	RA-228		CM-248	
AG-108	8.29E-22	EU-155	5.11E-08	AC-225	1.97E-10	CM-249	
AG-108M	1.07E-20	EU-156	4.78E-12	AC-227		CM-250	
AG-109M	2.56E-23	GD-152	5.50E-15	AC-228		BK-249	
AG-110	3.29E-14	GD-153	2.08E-08	TH-227	2.76E-09	BK-250	
CD-109	2.56E-23	TB-160	8.01E-15	TH-228		CF-249	
CD-113M	3.31E-10	HO-166M	1.50E-17	TH-229	1.97E-10	CF-250	
CD-115M	1.16E-10	TM-170	9.58E-09	TH-230		CF-251	
IN-114	5.50E-18	TM-171	1.73E-11	TH-231		CF-252	
IN-114M	3.12E-18	YB-169	9.86E-07	TH-232		CF-253	
IN-115	8.92E-22	LU-176	1.24E-11	TH-233		CF-254	
SN-117M	9.28E-10	LU-177	1.17E-08	TH-234		ES-253	
SN-119M	2.82E-07	LU-177M	5.08E-08	PA-231		合計	1.00E+00
SN-121M	2.35E-08	HF-175	6.08E-07	PA-232			

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

表-2 運転中の核種組成 (2/8)
(BWR : 0.5年冷却 (2/4))

核種	炭素鋼	核種	炭素鋼	核種	炭素鋼	核種	炭素鋼
H-3	1.04E-03	SN-123	4.64E-11	HF-181	4.08E-08	PA-233	6.46E-08
BE-10	2.10E-11	SN-126	2.32E-13	HF-182	3.72E-19	PA-234M	
C-14	2.46E-05	SB-124	6.39E-05	TA-182	1.14E-05	PA-234	
P-32	1.51E-07	SB-125	1.06E-08	W-181	6.15E-08	U-232	1.07E-11
P-33	1.10E-05	SB-126	3.29E-14	W-185	2.10E-06	U-233	1.32E-09
S-35	4.26E-05	SB-126M	2.32E-13	W-188	1.65E-45	U-234	9.45E-14
CL-36	1.37E-06	TE-123	3.41E-30	RE-187	1.17E-51	U-235	
K-40	3.54E-10	TE-123M	2.49E-19	RE-188	1.66E-45	U-236	3.47E-13
CA-41	9.59E-09	TE-125M	4.59E-09	TL-207	2.41E-12	U-237	2.99E-17
CA-45	1.07E-10	TE-127	8.59E-11	TL-208	4.47E-12	U-238	
SC-46	1.25E-05	TE-127M	8.76E-11	TL-209	6.32E-14	U-239	
CR-51	9.90E-05	TE-129	3.18E-11	PB-209	2.87E-12	U-240	
MN-54	1.25E-02	TE-129M	5.02E-11	PB-210		NP-236	
FE-55	9.41E-01	I-129	1.74E-14	PB-211	2.41E-12	NP-237	5.19E-14
FE-59	1.79E-03	CS-134	7.97E-12	PB-212	1.37E-11	NP-238	
CO-58	4.05E-04	CS-135	1.16E-12	PB-214		NP-239	5.05E-24
CO-60	3.57E-02	CS-136	4.16E-15	BI-210		NP-240M	
NI-59	4.74E-05	CS-137	5.15E-08	BI-211	2.41E-12	NP-240	
NI-63	6.43E-03	BA-136M	6.67E-16	BI-212	1.37E-11	PU-236	1.51E-18
ZN-65	1.02E-04	BA-137M	4.88E-08	BI-213	2.87E-12	PU-238	1.61E-13
SE-79	3.03E-13	BA-140	4.12E-12	BI-214		PU-239	2.53E-09
RB-86	1.08E-15	LA-138	2.30E-22	PO-210		PU-240	2.76E-12
RB-87	2.14E-17	LA-140	4.74E-12	PO-211	7.56E-15	PU-241	1.81E-13
SR-89	5.70E-09	CE-141	1.56E-09	PO-212	6.87E-12	PU-242	1.19E-21
SR-90	4.95E-08	CE-142	2.26E-17	PO-213	2.80E-12	PU-243	
Y-90	4.95E-08	CE-144	4.50E-08	PO-214		PU-244	
Y-91	8.85E-09	PR-142	2.26E-17	PO-215	2.41E-12	PU-245	
ZR-93	7.17E-11	PR-143	7.63E-12	PO-216	1.37E-11	AM-241	3.71E-15
ZR-95	1.60E-07	PR-144	4.50E-08	PO-218		AM-242M	4.16E-19
NB-93M	1.83E-06	PR-144M	5.39E-10	AT-217	2.87E-12	AM-242	4.16E-19
NB-94	1.27E-07	ND-144	1.02E-21	RN-219	2.41E-12	AM-243	5.05E-24
NB-95	3.16E-07	PM-147	2.62E-08	RN-220	1.37E-11	AM-244	
NB-95M	1.53E-10	PM-148	3.08E-15	RN-222		AM-245	
MO-93	3.47E-06	PM-148M	4.47E-14	FR-221	2.87E-12	CM-242	1.87E-17
TC-99	1.07E-06	SM-147	8.01E-18	FR-223	2.75E-14	CM-243	3.16E-27
RU-103	1.76E-09	SM-148	1.74E-26	RA-223	2.41E-12	CM-244	5.81E-30
RU-106	4.84E-09	SM-149	4.47E-23	RA-224	1.37E-11	CM-245	
RH-103M	1.76E-09	SM-151	1.63E-09	RA-225	2.87E-12	CM-246	
RH-106	4.84E-09	EU-152	1.78E-04	RA-226		CM-247	
PD-107	1.41E-14	EU-154	2.02E-05	RA-228		CM-248	
AG-108	4.88E-21	EU-155	7.73E-09	AC-225	2.87E-12	CM-249	
AG-108M	6.32E-20	EU-156	5.81E-14	AC-227	2.06E-12	CM-250	
AG-109M	4.16E-23	GD-152	3.41E-17	AC-228		BK-249	
AG-110	1.12E-13	GD-153	1.14E-08	TH-227	2.41E-12	BK-250	
CD-109	4.16E-23	TB-160	5.60E-16	TH-228	1.03E-11	CF-249	
CD-113M	3.37E-12	HO-166M	4.30E-19	TH-229	2.87E-12	CF-250	
CD-115M	1.24E-12	TM-170	1.46E-09	TH-230		CF-251	
IN-114	2.44E-17	TM-171	2.65E-12	TH-231		CF-252	
IN-114M	2.53E-17	YB-169	1.51E-07	TH-232		CF-253	
IN-115	9.41E-24	LU-176	1.97E-12	TH-233		CF-254	
SN-117M	2.35E-23	LU-177	1.85E-09	TH-234		ES-253	
SN-119M	1.40E-12	LU-177M	8.06E-09	PA-231	4.47E-12	合計	1.00E+00
SN-121M	3.38E-14	HF-175	1.24E-08	PA-232			

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

表-2 運転中の核種組成 (3/8)
(BWR : 0.5年冷却 (3/4))

核種	ステンレス鋼	核種	ステンレス鋼	核種	ステンレス鋼	核種	ステンレス鋼
H-3	4.35E-04	SN-123	9.22E-10	HF-181	3.27E-07	PA-233	2.10E-07
BE-10	5.73E-16	SN-126	5.20E-12	HF-182	2.99E-18	PA-234M	2.46E-13
C-14	1.09E-04	SB-124	3.36E-05	TA-182	1.61E-07	PA-234	2.46E-16
P-32	3.33E-08	SB-125	4.62E-06	W-181	1.80E-06	U-232	1.26E-09
P-33	6.50E-06	SB-126	7.82E-13	W-185	4.86E-05	U-233	2.63E-09
S-35	5.14E-05	SB-126M	5.20E-12	W-188	1.33E-44	U-234	8.81E-11
CL-36	1.89E-06	TE-123	1.42E-25	RE-187	9.35E-51	U-235	
K-40	1.29E-12	TE-123M	2.27E-14	RE-188	1.33E-44	U-236	1.73E-12
CA-41	1.14E-08	TE-125M	2.14E-06	TL-207	8.71E-12	U-237	1.20E-11
CA-45	1.12E-08	TE-127	2.55E-09	TL-208	4.19E-10	U-238	
SC-46	1.85E-06	TE-127M	2.61E-09	TL-209	1.45E-13	U-239	
CR-51	8.48E-03	TE-129	6.10E-10	PB-209	6.58E-12	U-240	4.69E-29
MN-54	7.62E-03	TE-129M	9.60E-10	PB-210		NP-236	
FE-55	5.91E-01	I-129	2.89E-13	PB-211	8.75E-12	NP-237	7.97E-13
FE-59	1.08E-03	CS-134	7.96E-08	PB-212	1.17E-09	NP-238	
CO-58	5.08E-03	CS-135	1.09E-11	PB-214		NP-239	2.29E-11
CO-60	3.00E-01	CS-136	1.76E-12	BI-210		NP-240M	4.69E-29
NI-59	6.27E-04	CS-137	5.69E-07	BI-211	8.75E-12	NP-240	
NI-63	8.41E-02	BA-136M	2.82E-13	BI-212	1.17E-09	PU-236	3.50E-14
ZN-65	3.67E-04	BA-137M	5.39E-07	BI-213	6.58E-12	PU-238	1.35E-08
SE-79	3.12E-12	BA-140	3.97E-11	BI-214		PU-239	4.78E-09
RB-86	2.57E-13	LA-138	1.60E-21	PO-210		PU-240	8.71E-09
RB-87	1.59E-16	LA-140	1.89E-05	PO-211	2.62E-14	PU-241	4.97E-07
SR-89	3.23E-08	CE-141	1.54E-08	PO-212	7.45E-10	PU-242	6.37E-12
SR-90	3.50E-07	CE-142	2.21E-16	PO-213	6.42E-12	PU-243	1.45E-21
Y-90	3.50E-07	CE-144	3.80E-07	PO-214		PU-244	4.69E-29
Y-91	5.62E-08	PR-142	2.21E-16	PO-215	8.75E-12	PU-245	
ZR-93	7.62E-11	PR-143	6.77E-11	PO-216	1.17E-09	AM-241	9.49E-09
ZR-95	2.03E-07	PR-144	3.80E-07	PO-218		AM-242M	4.84E-10
NB-93M	7.43E-07	PR-144M	4.55E-09	AT-217	6.58E-12	AM-242	4.84E-10
NB-94	5.16E-07	ND-144	1.16E-20	RN-219	8.75E-12	AM-243	2.29E-11
NB-95	5.90E-07	PM-147	2.51E-07	RN-220	1.17E-09	AM-244	
NB-95M	1.35E-09	PM-148	2.61E-11	RN-222		AM-245	3.23E-24
MO-93	1.41E-06	PM-148M	3.80E-10	FR-221	6.58E-12	CM-242	6.52E-08
TC-99	2.48E-07	SM-147	6.95E-17	FR-223	1.22E-13	CM-243	1.52E-11
RU-103	3.25E-08	SM-148	1.66E-22	RA-223	8.75E-12	CM-244	5.48E-10
RU-106	2.95E-07	SM-149	8.79E-24	RA-224	1.17E-09	CM-245	1.56E-14
RH-103M	3.27E-08	SM-151	1.15E-08	RA-225	6.58E-12	CM-246	2.12E-15
RH-106	2.95E-07	EU-152	6.44E-09	RA-226		CM-247	1.45E-21
PD-107	1.08E-12	EU-154	5.73E-06	RA-228		CM-248	1.23E-21
AG-108	2.15E-17	EU-155	8.24E-07	AC-225	6.58E-12	CM-249	7.96E-30
AG-108M	2.80E-16	EU-156	6.69E-10	AC-227	8.69E-12	CM-250	1.17E-34
AG-109M	7.41E-17	GD-152	9.68E-19	AC-228		BK-249	2.15E-19
AG-110	1.66E-08	GD-153	5.35E-07	TH-227	8.60E-12	BK-250	
CD-109	7.41E-17	TB-160	4.16E-11	TH-228	1.16E-09	CF-249	2.36E-21
CD-113M	1.09E-10	HO-166M	1.15E-15	TH-229	6.56E-12	CF-250	4.93E-21
CD-115M	3.29E-11	TM-170	2.47E-09	TH-230		CF-251	1.56E-23
IN-114	5.29E-13	TM-171	4.47E-12	TH-231		CF-252	8.99E-22
IN-114M	5.48E-13	YB-169	2.54E-07	TH-232		CF-253	2.55E-27
IN-115	1.44E-22	LU-176	6.65E-12	TH-233		CF-254	7.79E-29
SN-117M	2.27E-16	LU-177	6.24E-09	TH-234	2.46E-13	ES-253	5.03E-24
SN-119M	3.27E-11	LU-177M	2.71E-08	PA-231	1.72E-11	合計	1.00E+00
SN-121M	1.26E-12	HF-175	9.96E-08	PA-232			

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

表-2 運転中の核種組成 (4 / 8)
(BWR : 0.5年冷却 (4 / 4))

核種	汚染物	核種	汚染物
H-3	4.70E-07	Ba-133	6.90E-06
Be-10	5.03E-11	La-137	6.08E-09
C-14	6.25E-04	Ce-144	3.63E-06
S-35	3.33E-05	Pm-147	6.91E-07
Cl-36	7.33E-07	Sm-151	2.59E-09
Ca-41	1.50E-08	Eu-152	5.74E-11
Mn-54	3.36E-02	Eu-154	5.29E-08
Fe-55	6.37E-01	Ho-166m	1.62E-07
Fe-59	2.29E-03	Lu-176	1.78E-16
Co-58	2.66E-02	Ir-192m	7.28E-09
Co-60	2.66E-01	Pt-193	9.78E-07
Ni-59	1.21E-04	Ra-223	9.20E-20
Ni-63	3.31E-02	Ac-227	2.73E-19
Zn-65	6.85E-04	Pa-231	9.63E-18
Se-79	6.63E-08	U-234	2.19E-14
Sr-90	2.81E-06	U-235	2.73E-13
Zr-93	1.17E-10	U-236	1.18E-12
Nb-94	3.64E-06	U-238	2.48E-12
Mo-93	2.61E-06	Np-237	6.97E-13
Tc-99	2.05E-07	Pu-238	2.19E-09
Ru-106	1.10E-06	Pu-239	1.90E-09
Ag-108m	1.25E-06	Pu-240	1.75E-09
Cd-113m	1.22E-09	Pu-241	3.46E-07
Sn-126	2.20E-12	Pu-242	1.77E-12
Sb-125	6.37E-07	Am-241	2.49E-10
Te-125m	8.12E-08	Am-242m	1.12E-11
I-129	3.62E-13	Am-243	7.16E-12
Cs-134	9.54E-06	Cm-244	2.89E-10
Cs-137	3.50E-06	合計	1.00

注) 計算可能な核種を対象とした。

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

表-2 運転中の核種組成 (5/8)
(PWR: 0.5年冷却 (1/4))

核種	ステンス鋼	核種	ステンス鋼	核種	ステンス鋼
H-3	4.59E-04	PD-107	2.96E-13	TB-160	3.80E-05
BE-10	3.81E-11	AG-108M	3.06E-06	DY-159	7.36E-08
C-14	1.05E-04	AG-110M	5.63E-05	HO-166M	6.16E-07
SI-32	2.23E-22	CD-109	4.65E-16	TM-170	1.40E-14
S-35	1.05E-04	CD-113M	2.84E-10	TM-171	2.84E-11
CL-36	2.00E-06	CD-115M	1.15E-10	YB-169	1.61E-06
AR-37	1.41E-07	IN-114M	1.99E-19	LU-177M	1.71E-07
AR-39	5.90E-07	SN-119M	1.50E-10	HF-175	7.47E-07
CA-41	2.16E-08	SN-121M	5.05E-13	HF-181	2.06E-06
CA-45	2.20E-06	SN-123	1.42E-09	HF-182	1.70E-23
SC-46	6.10E-06	SN-126	7.56E-12	TA-182	4.29E-15
MN-54	4.66E-02	SB-124	8.78E-05	W-181	1.24E-05
FE-55	6.45E-01	SB-125	2.59E-08	W-185	1.40E-04
FE-59	1.34E-03	TE-123M	3.94E-15	W-188	2.88E-16
CO-58	2.12E-02	TE-125M	6.28E-09	PB-205	1.59E-12
CO-60	1.89E-01	TE-127M	2.73E-09	PB-210	1.11E-08
NI-59	7.64E-04	TE-129M	5.55E-10	BI-208	5.25E-27
NI-63	8.65E-02	I-129	2.30E-13	BI-210M	3.46E-27
ZN-65	9.87E-04	CS-134	1.12E-04	PO-210	1.07E-08
SE-75	1.21E-04	CS-135	1.09E-11	RA-226	4.39E-08
SE-79	5.12E-08	CS-137	5.52E-07	RA-228	3.58E-03
KR-81	5.43E-19	BA-133	1.23E-05	AC-227	2.44E-07
KR-85	3.90E-08	LA-137	2.04E-08	TH-228	3.52E-03
SR-85	2.62E-09	CE-139	1.35E-06	TH-229	1.31E-11
SR-89	6.76E-08	CE-141	1.50E-05	TH-230	6.67E-06
SR-90	4.86E-07	CE-144	6.13E-07	PA-231	6.77E-07
Y-91	1.17E-07	PM-145	4.56E-09	U-232	8.67E-14
ZR-93	1.33E-10	PM-146	1.28E-21	U-233	8.89E-09
ZR-95	5.04E-07	PM-147	3.84E-07	U-236	2.80E-12
NB-92	1.75E-10	PM-148M	5.17E-15	NP-235	3.95E-24
NB-93M	6.31E-11	SM-145	4.64E-09	NP-237	2.25E-12
NB-94	3.60E-06	SM-146	1.04E-15	PU-236	5.68E-22
NB-95	1.02E-06	SM-151	7.97E-07	PU-237	1.65E-23
MO-93	2.15E-06	EU-150	1.74E-23	PU-238	6.95E-18
TC-98	1.23E-23	EU-152	1.77E-04	PU-239	3.25E-08
TC-99	9.28E-08	EU-154	2.15E-05	PU-240	2.97E-17
RU-103	2.72E-08	EU-155	1.05E-06	PU-241	2.79E-24
RU-106	1.19E-07	GD-153	7.81E-12	AM-241	3.74E-26
RH-102	9.91E-22	TB-157	5.41E-08	合計	1.00

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

表－２ 運転中の核種組成（６／８）
 （PWR：０．５年冷却（２／４））

核種	炭素鋼	核種	炭素鋼	核種	炭素鋼
H-3	9.85E-04	CD-115M	1.07E-11	W-185	3.82E-06
BE-10	1.10E-10	IN-114M	5.01E-16	W-188	6.97E-11
C-14	2.15E-05	SN-119M	1.40E-11	IR-192	6.36E-22
SI-32	1.02E-15	SN-121M	5.00E-14	IR-192M	2.06E-26
S-35	6.26E-05	SN-123	1.70E-10	PT-193	7.88E-28
CL-36	1.05E-06	SN-126	7.09E-13	HG-203	3.97E-29
AR-37	9.59E-08	SB-124	7.25E-05	TL-204	9.76E-33
AR-39	2.15E-06	SB-125	2.84E-09	PB-205	1.80E-11
AR-42	5.72E-21	TE-123M	2.87E-08	PB-210	1.59E-16
CA-41	1.47E-08	TE-125M	7.10E-10	BI-208	5.26E-19
CA-45	1.45E-06	TE-127M	2.61E-10	BI-210M	3.46E-19
SC-46	1.42E-05	TE-129M	5.33E-11	PO-210	5.65E-14
MN-54	6.26E-02	I-129	2.17E-14	RA-226	6.28E-16
FE-55	8.58E-01	XE-127	1.32E-21	RA-228	6.71E-11
FE-59	1.80E-03	CS-134	6.89E-05	AC-227	4.20E-12
CO-58	1.30E-03	CS-135	1.12E-12	TH-228	7.66E-11
CO-60	6.95E-02	CS-137	5.25E-08	TH-229	2.07E-12
NI-59	4.70E-05	BA-133	6.20E-06	TH-230	9.51E-14
NI-63	5.36E-03	LA-137	5.06E-11	PA-231	1.15E-11
ZN-65	2.00E-04	CE-139	3.35E-09	U-232	1.23E-11
SE-75	2.23E-06	CE-141	3.94E-08	U-233	1.42E-09
SE-79	9.45E-10	CE-144	5.83E-08	U-236	2.58E-13
KR-81	1.80E-12	PM-145	7.16E-10	NP-235	3.20E-18
KR-85	3.69E-09	PM-146	1.07E-15	NP-237	2.06E-13
SR-85	1.81E-09	PM-147	3.61E-08	PU-236	4.62E-16
SR-89	7.11E-09	PM-148M	5.87E-13	PU-237	1.38E-17
SR-90	4.60E-08	SM-145	7.28E-10	PU-238	5.63E-12
Y-91	1.16E-08	SM-146	1.64E-16	PU-239	2.97E-09
ZR-93	1.31E-10	SM-151	1.73E-07	PU-240	2.41E-11
ZR-95	4.54E-07	EU-150	1.40E-17	PU-241	2.01E-11
NB-92	3.61E-10	EU-152	2.40E-04	PU-242	6.78E-19
NB-93M	6.21E-11	EU-154	3.06E-05	PU-244	4.24E-31
NB-94	3.97E-07	EU-155	2.68E-07	AM-241	2.77E-13
NB-95	9.55E-07	GD-153	9.43E-07	AM-242M	1.48E-16
MO-93	4.89E-06	TB-160	3.35E-05	AM-243	1.73E-20
TC-98	2.46E-16	HO-166M	4.54E-07	CM-241	9.11E-26
TC-99	2.10E-07	TM-170	5.28E-08	CM-242	1.66E-14
RU-103	2.63E-09	TM-171	1.55E-11	CM-243	4.26E-20
RU-106	1.19E-08	YB-169	6.88E-07	CM-244	3.75E-21
RH-102	8.31E-16	LU-177M	3.97E-08	CM-245	1.25E-27
PD-107	3.17E-14	HF-175	7.21E-08	CM-246	6.28E-31
AG-108M	2.83E-06	HF-181	2.00E-07	CM-247	2.97E-39
AG-110M	5.18E-05	HF-182	1.41E-17	合計	1.00
CD-109	3.80E-09	TA-182	2.10E-05		
CD-113M	2.65E-11	W-181	3.40E-07		

（本評価値は、添付－２の元素組成に基づいて計算されたものである。）

表-2 運転中の核種組成 (7/8)
(PWR : 0.5年冷却 (3/4))

核種	コンクリート	核種	コンクリート	核種	コンクリート
H-3	5.82E-01	CD-109	9.01E-08	TM-171	4.34E-05
BE-10	3.71E-08	CD-113M	6.17E-10	YB-169	1.12E-05
C-14	2.22E-04	CD-115M	4.80E-08	LU-177M	2.82E-07
SI-32	1.72E-18	IN-114M	1.97E-06	HF-175	4.30E-06
S-35	7.05E-04	SN-113	1.21E-06	HF-181	1.19E-05
CL-36	1.31E-05	SN-119M	1.80E-05	HF-182	1.60E-20
AR-37	2.14E-03	SN-121M	2.77E-08	TA-182	7.38E-04
AR-39	8.82E-03	SN-123	5.44E-07	W-181	3.31E-07
AR-42	2.35E-21	SN-126	1.69E-11	W-185	3.71E-06
CA-41	3.28E-04	SB-124	4.06E-05	W-188	1.26E-15
CA-45	3.22E-02	SB-125	1.53E-05	OS-194	6.39E-27
SC-46	4.97E-03	TE-121M	1.68E-06	IR-192	2.35E-06
MN-54	1.83E-02	TE-123M	1.02E-03	IR-192M	4.39E-10
FE-55	2.51E-01	TE-125M	6.74E-06	PT-193	4.14E-05
FE-59	5.27E-04	TE-127M	3.47E-04	HG-203	1.94E-07
CO-58	1.99E-04	TE-129M	3.84E-06	TL-204	1.40E-05
CO-60	5.19E-02	I-129	6.90E-09	PB-205	2.32E-12
NI-59	7.18E-06	XE-127	7.23E-17	PB-210	1.44E-10
NI-63	8.26E-04	CS-134	3.31E-03	BI-208	8.97E-13
ZN-65	1.04E-04	CS-135	2.63E-11	BI-210M	5.90E-13
SE-75	5.44E-05	CS-137	1.34E-06	PO-210	4.82E-08
SE-79	2.31E-08	BA-133	3.43E-05	RA-226	5.69E-10
KR-81	8.37E-17	LA-137	8.63E-09	RA-228	2.94E-04
KR-85	9.50E-08	CE-139	5.72E-07	AC-227	3.50E-09
SR-85	1.55E-05	CE-141	6.41E-06	TH-228	2.89E-04
SR-89	5.81E-06	CE-144	1.49E-06	TH-229	1.76E-10
SR-90	1.19E-06	PM-145	8.53E-07	TH-230	8.65E-08
Y-91	3.15E-07	PM-146	5.07E-19	PA-231	9.71E-09
ZR-93	3.48E-09	PM-147	1.07E-04	U-232	2.03E-13
ZR-95	1.31E-05	PM-148M	4.51E-14	U-233	1.20E-07
NB-92	6.72E-12	SM-145	8.69E-07	U-236	5.95E-12
NB-93M	1.65E-09	SM-146	1.96E-13	NP-235	1.37E-21
NB-94	9.68E-07	SM-151	1.67E-04	NP-237	4.78E-12
NB-95	2.59E-05	EU-150	6.72E-21	PU-236	1.98E-19
MO-93	3.49E-08	EU-152	3.39E-02	PU-237	5.92E-21
TC-98	3.81E-23	EU-154	4.11E-03	PU-238	2.42E-15
TC-99	1.76E-09	EU-155	1.95E-04	PU-239	6.89E-08
RU-103	6.46E-08	GD-153	1.45E-04	PU-240	1.03E-14
RU-106	2.69E-07	TB-157	8.89E-07	PU-241	1.60E-19
RH-102	4.22E-19	TB-160	1.75E-04	PU-242	7.80E-32
PD-107	9.51E-12	DY-159	1.21E-06	AM-241	2.21E-21
AG-108M	1.36E-06	HO-166M	2.15E-06	合計	1.00
AG-110M	2.50E-05	TM-170	1.07E-03		

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

表－２ 運転中の核種組成（８／８）
 （PWR：0.5年冷却（４／４））

核種	汚染物	核種	汚染物
H-3	2.15E-04	CS-137	3.35E-05
BE-10	6.04E-12	BA-133	0.00E+00
C-14	1.63E-03	LA-137	2.84E-09
S-35	1.47E-19	CE-144	1.59E-05
CL-36	6.65E-22	PM-147	8.31E-06
CA-41	1.44E-11	SM-151	1.77E-07
MN-54	5.39E-03	EU-152	2.29E-09
FE-55	5.36E-01	EU-154	2.02E-06
FE-59	2.16E-04	HO-166M	1.88E-12
CO-58	2.93E-02	LU-176	0.00E+00
CO-60	2.09E-01	IR-192M2	7.13E-16
NI-59	1.86E-03	PT-193	1.05E-15
NI-63	2.16E-01	U-234	8.14E-10
ZN-65	2.01E-09	U-235	1.71E-11
SE-79	6.32E-10	U-236	1.67E-10
SR-90	2.35E-05	U-238	2.05E-10
ZR-93	4.97E-06	NP-237	1.90E-10
NB-94	1.90E-04	PU-238	1.32E-06
MO-93	4.54E-06	PU-239	1.79E-07
TC-99	2.70E-08	PU-240	2.22E-07
RU-106	9.71E-06	PU-241	3.49E-05
AG-108M	1.93E-14	PU-242	1.12E-09
CD-113M	1.68E-08	AM-241	5.43E-08
SN-126	1.14E-09	AM-242M	3.37E-09
SB-125	7.95E-07	AM-243	1.32E-08
TE-125M	1.70E-07	CM-242	2.29E-07
I-129	1.41E-11	CM-244	1.13E-06
CS-134	4.97E-06	合計	1.00

注）計算可能な核種を対象とした。

（本評価値は、添付－２の元素組成に基づいて計算されたものである。）

表-3 安全貯蔵中の核種組成
(GCR: 6年冷却)

核種	放射化物			汚染物
	ステンレス鋼	炭素鋼	コンクリート	
H-3	8.04E-04	3.55E-03	8.66E-01	1.76E-03
Be-10	1.37E-11	2.39E-11	4.03E-10	1.48E-05
C-14	2.13E-03	5.10E-05	3.82E-04	2.46E-03
S-35	5.02E-12	5.22E-12	7.02E-11	2.92E-11
Cl-36	1.47E-06	4.02E-07	7.26E-06	1.26E-06
Ca-41	5.01E-08	1.41E-10	1.55E-03	2.46E-04
Mn-54	1.33E-04	3.83E-04	5.92E-06	7.92E-04
Fe-55	2.99E-01	8.58E-01	6.16E-02	7.85E-01
Fe-59	1.50E-16	4.30E-16	1.39E-17	2.21E-16
Co-58	2.20E-11	5.61E-13	3.34E-15	8.37E-11
Co-60	4.88E-01	1.33E-01	1.90E-02	1.31E-01
Ni-59	1.68E-03	4.29E-05	1.20E-06	4.15E-04
Ni-63	2.07E-01	5.36E-03	1.48E-04	5.85E-02
Zn-65	9.67E-06	6.56E-07	1.17E-05	1.91E-02
Se-79	7.76E-08	4.30E-10	3.21E-10	7.73E-09
Sr-90	1.57E-06	5.75E-08	2.01E-06	2.24E-04
Zr-93	3.05E-10	1.35E-09	2.66E-09	6.89E-09
Nb-94	3.49E-04	1.20E-08	7.21E-07	2.95E-05
Mo-93	1.34E-05	3.31E-06	7.33E-09	2.18E-06
Tc-99	3.18E-07	7.86E-08	6.62E-10	9.84E-08
Ru-106	7.57E-09	2.62E-10	6.76E-09	1.66E-05
Ag-108m	4.92E-06	9.43E-06	2.10E-06	3.38E-06
Cd-113m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.39E-09
Sb-125	2.52E-08	2.50E-08	2.51E-06	7.65E-06
Te-125m	6.16E-09	6.09E-09	6.12E-07	3.19E-17
I-129	6.67E-13	2.15E-14	7.32E-09	9.13E-09
Cs-134	6.51E-05	4.16E-06	1.23E-03	1.73E-05
Cs-137	1.72E-06	6.15E-08	2.16E-06	3.00E-04
Ba-133	4.15E-05	3.18E-09	1.28E-04	4.64E-06
La-137	5.19E-08	5.36E-12	9.98E-09	4.29E-09
Ce-144	1.50E-08	7.61E-10	1.81E-08	1.31E-05
Pm-147	2.86E-07	1.32E-08	6.93E-05	1.52E-04
Sm-151	4.56E-06	1.73E-06	2.81E-04	3.55E-06
Eu-152	2.29E-04	2.19E-04	4.63E-02	8.17E-05
Eu-154	4.04E-05	3.69E-05	3.64E-03	2.04E-05
Ho-166m	1.44E-06	2.73E-08	1.77E-06	1.48E-07
Lu-176	2.60E-12	1.25E-12	8.31E-10	5.83E-13
Ir-192m	1.06E-17	0.00E+00	1.96E-06	2.20E-10
Pt-193	1.58E-24	0.00E+00	1.12E-05	1.86E-12
Ra-223	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ac-227	1.70E-13	7.85E-14	1.62E-12	2.55E-14
Pa-231	2.06E-11	7.08E-12	1.98E-10	6.68E-13
U-234	1.31E-09	3.43E-11	5.05E-07	1.26E-07
U-235	5.77E-11	1.11E-12	2.34E-08	4.29E-10
U-236	9.99E-12	1.91E-13	1.35E-11	9.84E-10
U-238	1.30E-09	2.48E-11	5.08E-07	1.33E-08
Np-237	1.96E-12	3.76E-14	2.62E-12	3.58E-10
Pu-238	3.20E-10	6.13E-12	1.41E-12	1.16E-06
Pu-239	5.01E-08	9.60E-10	7.20E-08	3.37E-06
Pu-240	3.76E-09	7.21E-11	1.84E-11	3.09E-06
Pu-241	4.06E-13	7.77E-15	6.54E-18	2.13E-04
Pu-242	7.99E-15	1.53E-16	9.46E-26	1.48E-09
Am-241	6.49E-10	1.24E-11	9.33E-15	7.78E-07
Am-242m	1.18E-14	2.26E-16	0.00E+00	3.51E-08
Am-243	9.12E-16	1.72E-17	0.00E+00	3.09E-09
Cm-242	9.55E-10	1.84E-11	9.33E-20	3.87E-09
Cm-244	7.12E-16	6.82E-21	0.00E+00	6.22E-08
合計	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00

注) 放射化コンクリートは一次遮へい0~31cmの核種組成

放射化ステンレスは圧力容器断熱材の核種組成

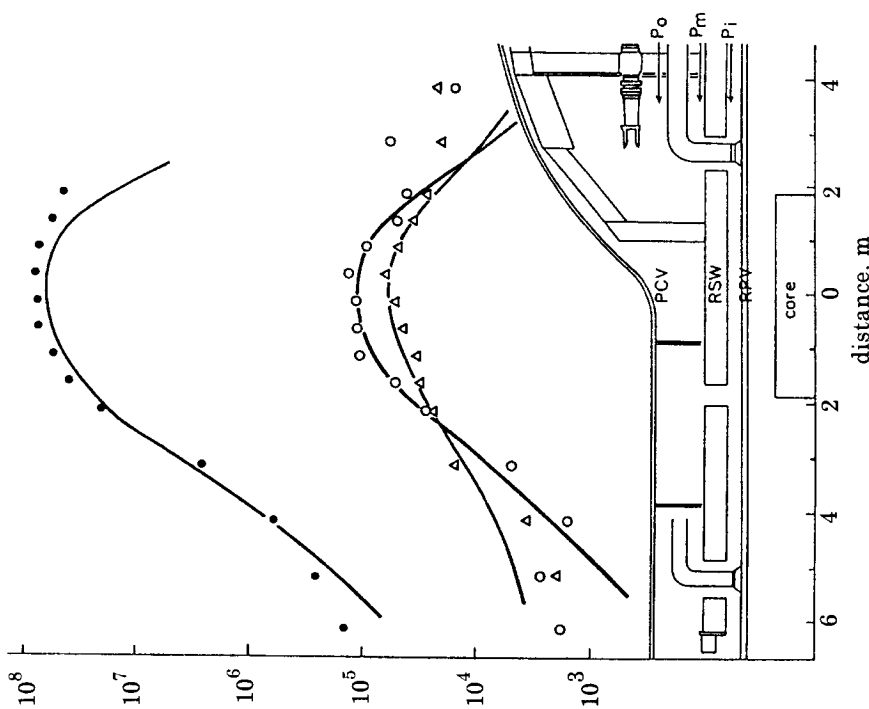
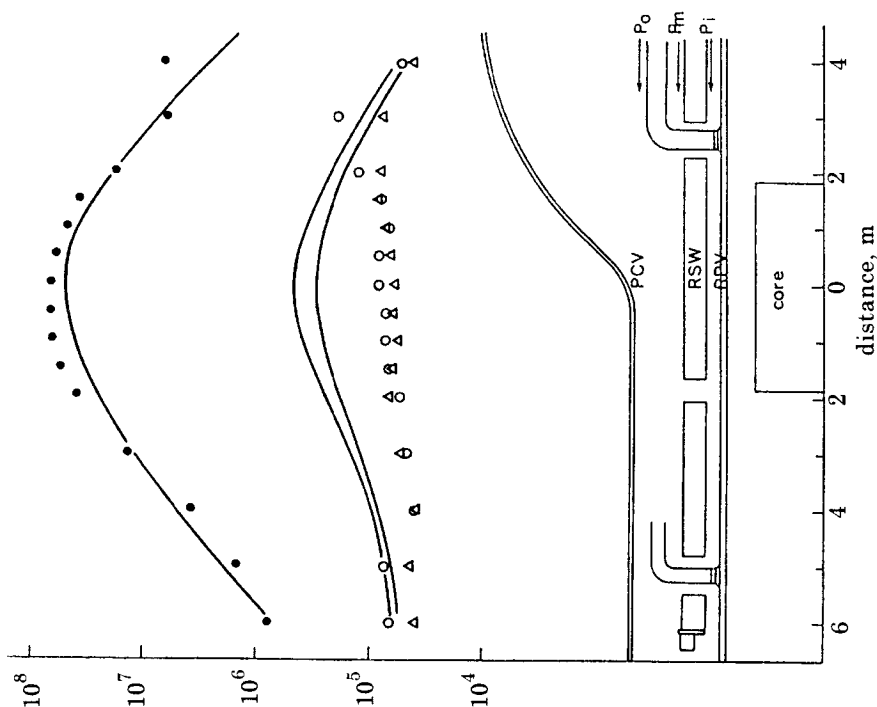
放射化炭素鋼は圧力容器の核種組成

汚染物は一次冷却ガス系統の汚染物の核種組成

(本評価値は、添付-2の元素組成に基づいて計算されたものである。)

添付-1 原子炉周りの中性子束分布の計算値と実測値の比較

(1) BWR



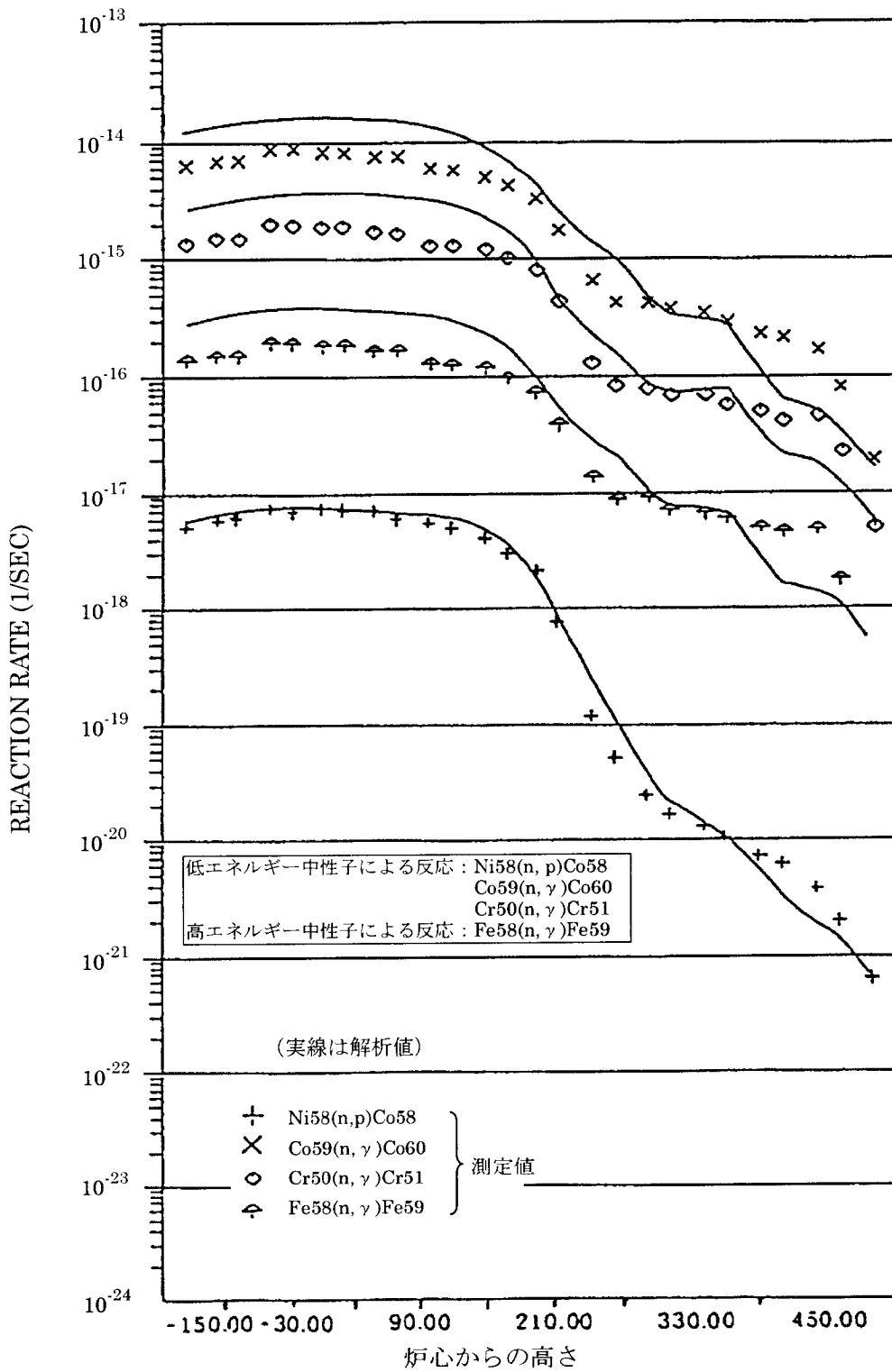
Au(bare) activity in the H-2 drywell
● Pi, ○ Pm-, and △ Po-positions

Reaction rate of $^{58}\text{Ni} (n, p) ^{58}\text{Co}$ in the H-2 drywell
● Pi, ○ Pm-, and △ Po-positions

80 万 kWe 級プラントの中性子反応率軸方向分布の計算値と測定値の比較

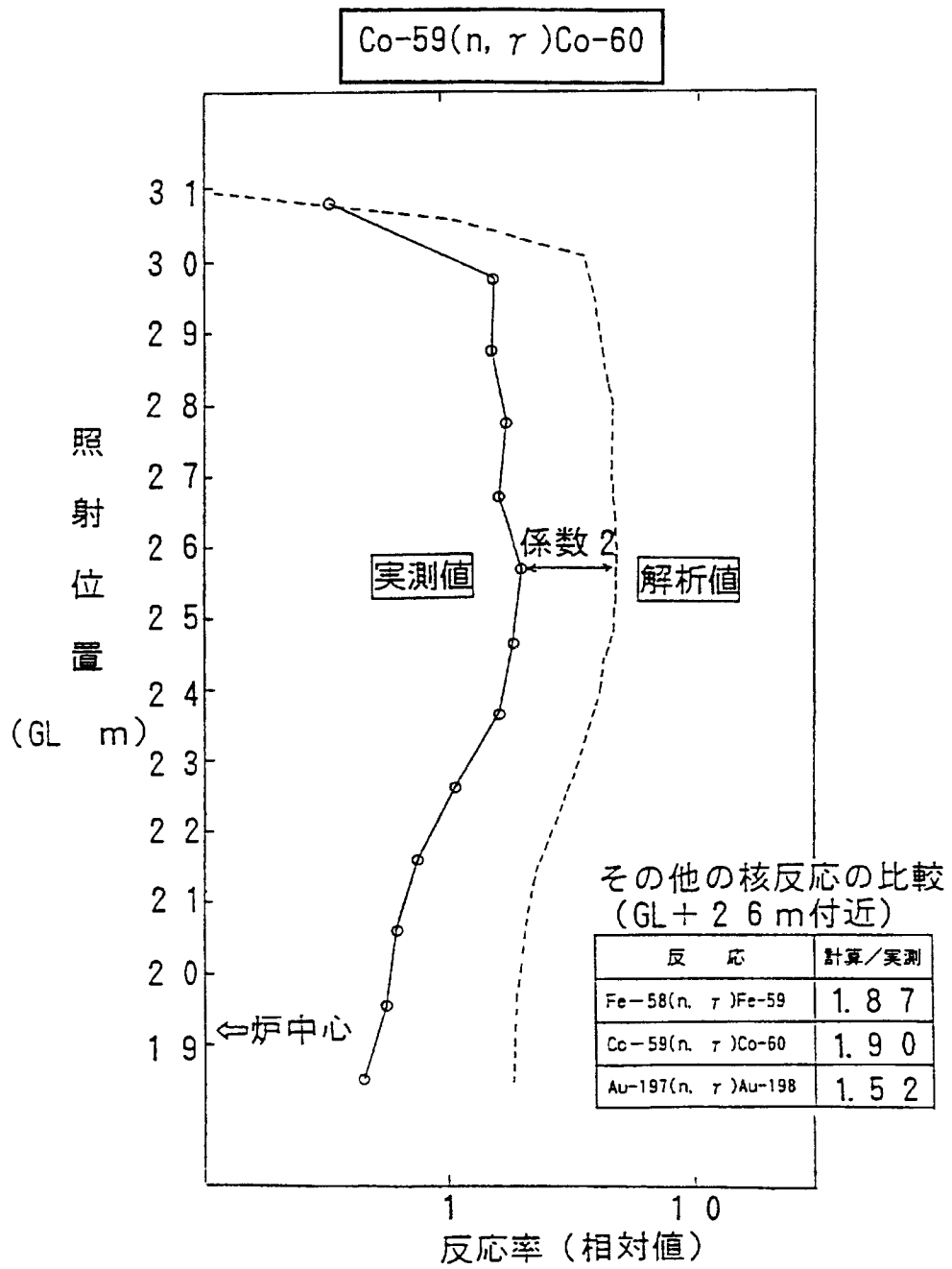
出典 : M. Nakai, Y. Hirahara, H. Hashimoto, and K. Ochiai, NEUTRON AND GAMMA RAY DISTRIBUTION IN BWR DRYWELL, 6th. International Conference on Radiation Shielding, Tokyo, Japan, May 16-20, 1983

(2) PWR



出典：西川元之他、「PWRプラントの原子炉容器周辺の中性子束分布の測定と解析」、
 日本原子力学会、昭和62年秋の大会予稿集、A43

(3) GCR



放射化反応率と放射化量の計算値と実測値の比較例 (GCR)

添付－２ 構成材料中の元素組成

(1) BWR

(重量%)

元素	ステンレス鋼		炭素鋼		コンクリート	
H					6.10E-01	* 1
Li	1.30E-05	* 1	3.00E-05	* 1	2.00E-03	* 1
Be						
B					2.00E-03	* 1
C	8.00E-02	* 2	2.50E-01	* 2		
N	4.52E-02	* 1	8.40E-03	* 1	1.20E-02	* 1
O					4.37E+01	* 2
F					6.25E-02	* 3
Na	9.70E-04	* 1	2.30E-03	* 1	7.39E-01	* 1
Mg						
Al	1.00E-02	* 1	3.30E-02	* 1	3.10E+00	* 1
Si	1.00E-00	* 2	4.00E-02	* 2	1.68E+01	* 1
P	5.00E-04	* 2	3.50E-02	* 2	5.00E-01	* 1
S	3.00E-02	* 2	4.00E-02	* 2	3.10E-01	* 1
Cl	7.00E-03	* 1	4.00E-03	* 1	4.50E-03	* 1
K	3.00E-04	* 1	1.20E-03	* 1	7.50E-01	* 1
Ca	1.90E-03	* 1	1.40E-03	* 1	1.83E+01	* 1
Sc	3.00E-06	* 1	2.60E-05	* 1	6.50E-04	* 1
Ti	6.00E-02	* 1	2.00E-04	* 1	2.12E-01	* 1
V	4.56E-02	* 1	8.00E-03	* 1	1.03E-02	* 1
Cr	1.84E+01	* 1	1.70E-01	* 1	1.09E-02	* 1
Mn	1.53E+00	* 1	1.02E+00	* 1	3.77E-02	* 1
Fe	7.06E+01	* 1	9.80E+01	* 1	3.90E+00	* 1
Co	1.41E-01	* 1	1.22E-02	* 1	9.80E-04	* 1
Ni	1.00E+01	* 1	6.60E-01	* 1	3.80E-03	* 1
Cu	3.08E-01	* 1	1.27E-01	* 1	2.50E-03	* 1
Zn	4.57E-02	* 1	1.00E-02	* 1	7.50E-03	* 1
Ga	1.29E-02	* 1	8.00E-03	* 1	8.80E-04	* 1
Ge					1.50E-04	* 1
As	1.94E-02	* 1	5.32E-02	* 1	7.90E-04	* 1
Se	3.50E-03	* 1	7.00E-05	* 1	9.20E-05	* 1
Br	2.00E-04	* 1	8.50E-05	* 1	2.40E-04	* 1
Rb	1.00E-03	* 1	4.80E-03	* 1	3.50E-03	* 1
Sr	2.00E-05	* 1	1.50E-05	* 1	4.38E-02	* 1
Y	5.00E-04	* 1	2.00E-03	* 1	1.82E-03	* 1
Zr	1.00E-03	* 1	1.00E-03	* 1	7.10E-03	* 1
Nb	8.90E-03	* 1	1.88E-03	* 1	4.30E-04	* 1
Mo	2.60E-01	* 1	5.60E-01	* 1	1.03E-03	* 1
Pd					3.00E-04	* 1
Ag	2.00E-04	* 1	2.00E-04	* 1	2.00E-05	* 1
Cd					3.00E-05	* 1
Sn					7.00E-04	* 1
Sb	1.23E-03	* 1	1.10E-03	* 1	1.80E-04	* 1
I					5.00E-05	* 3
Cs	3.00E-05	* 1	2.00E-05	* 1	1.30E-04	* 1
Ba	5.00E-02	* 1	2.73E-02	* 1	9.50E-02	* 1
La	2.00E-05	* 1	1.00E-05	* 1	1.30E-03	* 1
Ce	3.71E-02	* 1	1.00E-04	* 1	2.43E-03	* 1
Pr					8.20E-04	* 3
Nd					2.80E-03	* 3
Sm	1.00E-05	* 1	1.70E-06	* 1	2.00E-04	* 1
Eu	2.00E-06	* 1	3.10E-06	* 1	5.50E-05	* 1
Gd					5.40E-04	* 3
Tb	4.70E-05	* 1	4.50E-05	* 1	4.10E-05	* 1
Dy	1.00E-04	* 1			2.30E-04	* 1
Ho	1.00E-04	* 1	8.00E-05	* 1	9.00E-05	* 1
Yb	2.00E-04	* 1	1.00E-04	* 1	1.40E-04	* 1
Lu	8.00E-05	* 1	2.00E-05	* 1	2.70E-05	* 1
Hf	2.00E-04	* 1	2.10E-05	* 1	2.20E-04	* 1
Ta			1.30E-05	* 1	4.40E-05	* 1
W	1.86E-02	* 1	5.50E-04	* 1	1.40E-04	* 1
Au					4.00E-07	* 3
Hg					8.00E-06	* 3
Tl					4.50E-05	* 3
Pb	6.70E-03	* 1	8.20E-02	* 1	6.10E-03	* 1
Bi					1.70E-05	* 3
Th	1.00E-04	* 1	1.80E-05	* 1	3.50E-04	* 1
U	2.00E-04	* 1	2.00E-05	* 1	2.70E-04	* 1

* 1; NUREG/CR-3474

* 2; NUREG/CR-0672

* 3; 化学便覧

(2) PWR

(重量%)

元素	ステンレス鋼		炭素鋼		コンクリート	
H					3.99E-01	* 3
Li	1.30E-05	* 1	3.00E-05	* 1	3.81E-03	* 3
Be					1.24E-04	* 3
B					3.01E-01	* 3
C	8.00E-02	* 2	2.50E-01	* 5	4.47E-01	* 3
N	4.52E-02	* 1	1.00E-02	* 2	2.13E-02	* 3
O					4.06E+01	* 3
F					3.01E-02	* 3
Na	9.70E-04	* 1	2.30E-03	* 1	1.83E+00	* 3
Mg					1.92E+00	* 3
Al	1.00E-02	* 1	3.30E-02	* 1	6.54E+00	* 3
Si	1.00E-00	* 2	3.20E-01	* 5	2.06E+01	* 3
P	4.50E-04	* 2	3.50E-02	* 5	1.01E-01	* 3
S	3.00E-02	* 2	4.00E-02	* 5	1.29E-01	* 3
Cl	7.00E-03	* 1	4.00E-03	* 1	9.32E-03	* 3
K	3.00E-04	* 1	1.20E-03	* 1	1.04E+00	* 3
Ca	1.90E-03	* 1	1.40E-03	* 1	6.65E+00	* 3
Sc	3.00E-06	* 1	2.60E-05	* 1	1.87E-03	* 3
Ti	6.00E-02	* 1	2.00E-04	* 1	6.47E-01	* 3
V	4.56E-02	* 1	8.00E-03	* 1	1.42E-02	* 3
Cr	2.00E+01	* 4	5.10E-01	* 2	3.35E-02	* 3
Mn	2.00E+00	* 4	1.62E+00	* 5	2.90E-01	* 3
Fe	6.62E+01	* 6	9.64E+01	* 6	1.55E+01	* 3
Co	5.00E-02	* 6	2.00E-02	* 6	4.40E-03	* 3
Ni	1.05E+01	* 4	7.00E-01	* 2	8.81E-02	* 3
Cu	3.08E-01	* 1	1.27E-01	* 1	2.33E-02	* 3
Zn	4.57E-02	* 1	1.00E-02	* 1	2.11E-03	* 3
Ga	1.29E-02	* 1	8.00E-03	* 1	1.65E-03	* 3
Ge					1.51E-04	* 3
As	1.94E-02	* 1	5.32E-02	* 1	6.51E-03	* 3
Se	3.50E-03	* 1	7.00E-05	* 1	3.71E-04	* 3
Br	2.00E-04	* 1	8.50E-05	* 1	5.40E-05	* 3
Rb	1.00E-03	* 1	4.80E-03	* 1	4.09E-03	* 3
Sr	2.00E-05	* 1	1.50E-05	* 1	2.75E-02	* 3
Y	5.00E-04	* 1	2.00E-03	* 1	2.27E-03	* 3
Zr	1.00E-03	* 1	1.00E-03	* 1	1.16E-02	* 3
Nb	1.60E-02	* 2	1.88E-03	* 1	1.18E-03	* 3
Mo	2.60E-01	* 1	6.40E-01	* 5	9.82E-04	* 3
Pd					1.77E-05	* 3
Ag	2.00E-04	* 1	2.00E-04	* 1	4.04E-05	* 3
Cd					2.66E-05	* 3
Sn					3.99E-04	* 3
Sb	1.23E-03	* 1	1.10E-03	* 1	2.40E-04	* 3
I					4.43E-04	* 3
Cs	3.00E-05	* 1	2.00E-05	* 1	2.06E-04	* 3
Ba	5.00E-02	* 1	2.73E-02	* 1	3.50E-02	* 3
La	2.00E-05	* 1	1.00E-05	* 1	1.65E-03	* 3
Ce	3.71E-02	* 1	1.00E-04	* 1	3.65E-03	* 3
Pr					7.09E-04	* 3
Nd					1.95E-03	* 3
Sm	1.00E-05	* 1	1.70E-06	* 1	1.35E-04	* 3
Eu	2.00E-06	* 1	3.10E-06	* 1	8.90E-05	* 3
Gd					5.50E-04	* 3
Tb	4.70E-05	* 1	4.50E-05	* 1	5.48E-05	* 3
Dy	1.00E-04	* 1			3.81E-04	* 3
Ho	1.00E-04	* 1	8.00E-05	* 1	8.89E-05	* 3
Yb	2.00E-04	* 1	1.00E-04	* 1	3.31E-04	* 3
Lu	8.00E-05	* 1	2.00E-05	* 1	3.24E-05	* 3
Hf	2.00E-04	* 1	2.10E-05	* 1	2.68E-04	* 3
Ta			1.30E-05	* 1	9.90E-05	* 3
W	1.86E-02	* 1	5.50E-04	* 1	1.69E-04	* 3
Au					3.50E-07	* 3
Hg					1.77E-05	* 3
Tl					2.66E-05	* 3
Pb	6.70E-03	* 1	8.20E-02	* 1	1.04E-02	* 3
Bi					2.66E-05	* 3
Th	1.00E-04	* 1	1.80E-05	* 1	3.12E-04	* 3
U	2.00E-04	* 1	2.00E-05	* 1	9.98E-05	* 3

* 1; NUREG/CR-3474

* 2; NUREG/CR-0130

* 3; 4#-7 フラットの1次遮へい分析値

* 4; JIS SUS304

* 5; ASME SA-533Gr.B

* 6; 製造制限値又はFeの場合他の元素を差し引いた残量

(2) GCR

(重量%)

元 素	ステンレス鋼		炭素鋼		黒鉛		コンクリート	
H	-		-		-		7.8E-01	*1
Li	1.3E-05	*2	3.0E-05	*2	1.2E-06	*1	2.0E-03	*1
Be	-		-		1.0E-07	*1	1.4E-04	*5
B	-		-		5.0E-06	*1	2.7E-03	*1
C	1E-01	*4	9.1E-02	*1	remain		2.9E-01	*1
N	4.52E-02	*2	5.65E-03	*1	1.25E-02	*1	9.7E-03	*1
O	-		-		-		4.69E+01	*1
F	-		-		-		3.4E-02	*5
Na	9.7E-04	*2	2.30E-03	*2	1.0E-04	*6	1.4E+00	*3
Mg	-		-		8.8E-06	*4	6E-01	*3
Al	1E-02	*2	6E-02	*4	6.0E-05	*4	5.18E+00	*3
Si	8E-02	*4	3E-01	*4	3.2E-03	*4	3.26E+01	*3
P	4E-02	*4	4E-02	*4	-		1.09E-01	*5
S	3E-02	*3	2.4E-02	*1	8.2E-03	*1	9.3E-02	*1
Cl	7.0E-03	*2	1E-03	*1	2.0E-04	*1	6.0E-03	*1
K	3.0E-04	*2	4.9E-06	*1	-		1.65E+00	*1
Ca	1.9E-03	*2	2.8E-06	*1	3.2E-03	*1	8.34E+00	*1
Sc	3.0E-06	*2	1.7E-06	*1	-		7.0E-04	*1
Ti	5E-01	*4	6.07E-04	*1	4.9E-04	*1	1.9E-01	*1
V	4.56E-02	*2	8.0E-03	*2	1.2E-03	*6	1.5E-02	*5
Cr	1.9E+01	*4	2.5E-01	*4	2.8E-05	*4	1.5E-02	*3
Mn	1.5E+00	*4	1.5E+00	*4	2.0E-06	*4	1.3E-02	*3
Fe	6.443E+01	*4	9.67E+01	*1	7.1E-03	*1	1.91E+00	*5
Co	1E-01	*4	1.42E-02	*1	1.1E-05	*1	8.0E-04	*1
Ni	1.2E+01	*4	1.6E-01	*1	1.02E-03	*1	1.2E-03	*1
Cu	1.5E-01	*3	1.95E-01	*1	-		1.8E-03	*1
Zn	4.57E-02	*2	1.6E-03	*1	3.7E-05	*1	9.3E-03	*1
Ga	1.29E-02	*2	8.0E-03	*2	-		8.4E-04	*5
Ge	-		-		-		1.7E-04	*5
As	1.94E-02	*2	5.32E-02	*2	-		5.4E-04	*5
Se	3.5E-03	*2	1.0E-05	*1	-		5.0E-06	*1
Br	2.0E-04	*2	8.5E-05	*2	-		5.0E-05	*5
Rb	1.0E-03	*2	4.8E-03	*2	-		4.0E-03	*5
Sr	2.0E-05	*2	1.5E-05	*2	3.9E-05	*4	3.1E-02	*5
Y	5.0E-04	*2	2E-03	*2	-		2.3E-03	*5
Zr	1.0E-03	*2	5.73E-03	*1	-		5.1E-03	*1
Nb	9E-01	*4	1.6E-05	*1	-		6.2E-04	*1
Mo	3.5E-01	*4	4.52E-02	*1	2.0E-05	*1	1.0E-04	*1
Pd	-		-		-		2.0E-04	*1
Ag	2.0E-04	*2	2E-04	*1	7.0E-08	*1	2.0E-05	*1
Cd	-		-		1.0E-04	*1	1.0E-05	*1
In	-		-		4.7E-06	*4	7.0E-05	*5
Sn	-		-		5.0E-06	*1	3.2E-04	*1
Sb	1.23E-03	*2	1.1E-03	*2	-		2.7E-04	*5
Te	-		-		-		9.2E-02	*5
I	-		-		-		5.0E-04	*5
Cs	3.0E-05	*2	1E-06	*1	-		2.4E-04	*1
Ba	5E-02	*2	2E-06	*1	8.5E-05	*1	4.2E-02	*1
La	2.0E-05	*2	1.0E-05	*2	-		1.86E-03	*5
Ce	3.71E-02	*2	2E-06	*1	-		3.0E-03	*1
Pr	-		-		-		8.0E-05	*5
Nd	-		-		-		2.2E-03	*5
Sm	1.0E-05	*2	2E-06	*1	1.1E-06	*1	2.5E-04	*1
Eu	2.0E-06	*2	1E-06	*1	4.0E-08	*1	5.0E-05	*1
Gd	-		-		5.0E-07	*6	6.2E-04	*5
Tb	4.7E-05	*2	1E-06	*1	-		4.0E-05	*1
Dy	1.0E-04	*2	-		6.2E-07	*1	2.5E-04	*1
Ho	1.0E-04	*2	1E-06	*1	-		5.0E-05	*1
Yb	2.0E-04	*2	1.0E-04	*2	-		3.6E-04	*5
Lu	8.0E-05	*2	2.0E-05	*2	-		3.4E-05	*5
Hf	2.0E-04	*2	2.1E-05	*2	-		3.0E-04	*5
Ta	1E-01	*4	3E-06	*1	-		6.0E-05	*1
W	1.86E-02	*2	1.45E-03	*1	6.5E-07	*1	7.8E-04	*1
Au	-		-		-		4.0E-07	*5
Hg	-		-		-		2.0E-05	*5
Tl	-		-		-		3.0E-05	*5
Pb	6.7E-03	*2	8.2E-02	*2	1.2E-05	*6	2.0E-03	*1
Bi	-		-		1E-07	*1	3.0E-05	*5
Th	1.0E-04	*2	1.8E-05	*2	-		3.5E-04	*2
U	2.0E-04	*2	2.0E-05	*2	-		1.1E-04	*1

* 1 : 分析値

* 2 : NUREG-CR3474

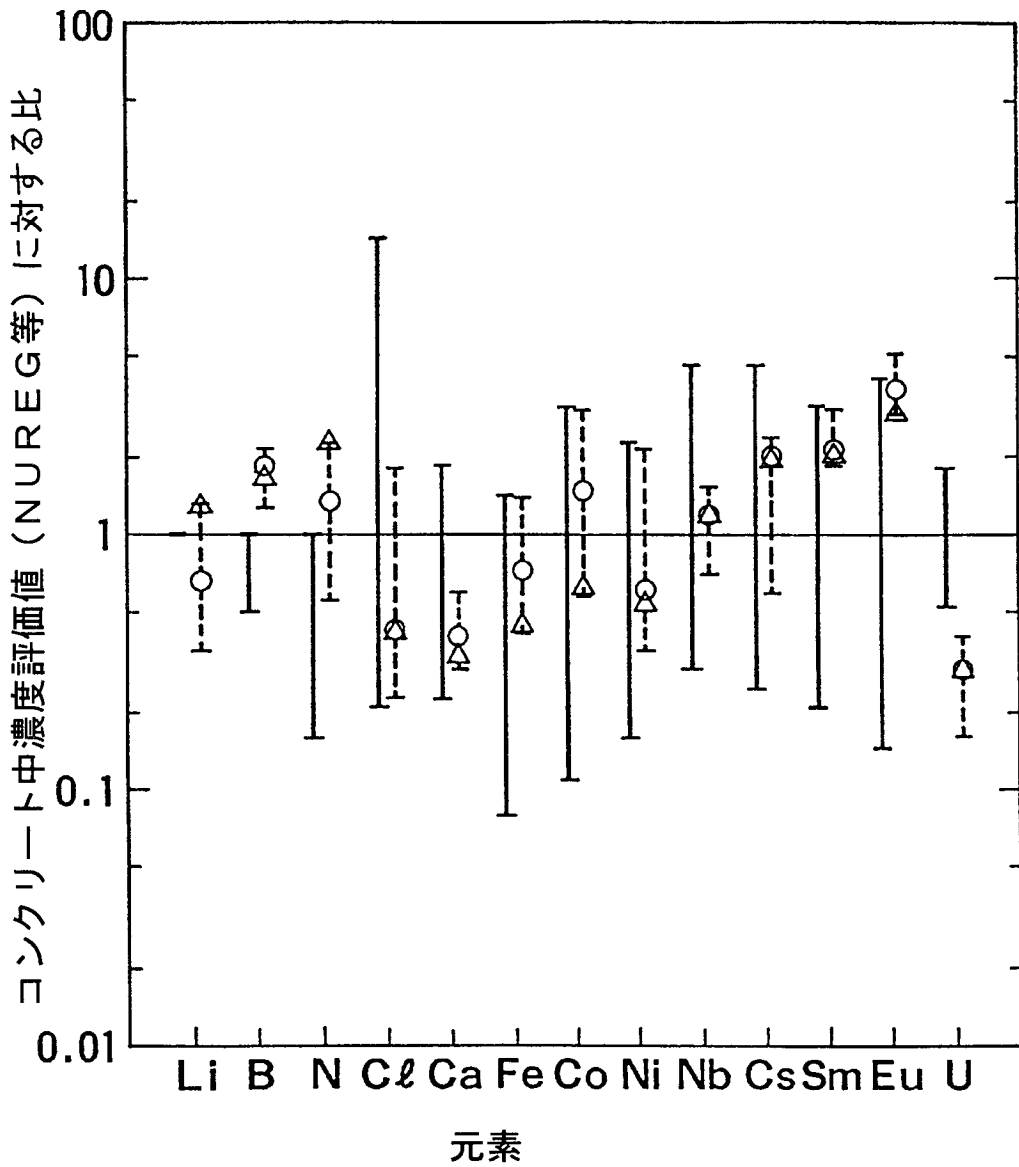
* 3 : J PDR分析値 (S63解体届)

* 4 : IAEA-SM-234/12

* 5 : 2~4の文献に基づく評価値

* 6 : Nucl.Sci.&Tech.1984

添付-3 原子力発電所コンクリートの元素分析例



- ┌──┐ コンクリート中濃度評価値 (NUREG) の幅
- Aプラントコンクリート
- △ Bプラントコンクリート
- ┌──┐ コンクリート材料の最大・最小組成による幅

コンクリート中元素濃度の幅

2. 原子炉施設の運転に伴う
クリアランスレベル以下の
廃棄物の物量について

原子炉施設の運転に伴うクリアランスレベル以下の廃棄物の物量について

1. はじめに

本資料では、原子炉施設(実用発電用原子炉)の運転に伴って発生するクリアランスレベル以下の廃棄物の物量についての調査結果について述べる。

2. 廃棄物の物量について

①実用発電用原子炉施設の運転に伴って発生する廃棄物(ドラム缶)の開缶調査において、廃棄物ドラム缶の表面線量率データ等を基にして、クリアランスレベル以下の廃棄物の物量を算出した。

なお、クリアランスレベルとしてはIAEA TECDOC-855を参考に0.3Bq/g未満を基準として考えた。

(算出条件)

- ・開缶調査したドラム缶の放射性物質の濃度分布を各ドラム缶の表面線量率データから算出した。算出にあたっては各ドラム缶の平均密度を考慮した換算係数を使用した。
- ・開缶調査したドラム缶に含まれる廃棄物ごとの放射性物質の濃度を各廃棄物の表面線量率を測定して評価した。換算には密度 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 、1辺10cmの立方体を想定したQADコードの計算により $9.4\text{MBq}/(\text{mSv}/\text{h})$ の換算係数を用いた。
- ・開缶調査したドラム缶ごとに上記の結果からクリアランスレベル以下の廃棄物の物量を0.3Bq/g未満を基準として積算した。
- ・ドラム缶単位の放射性物質の濃度区分ごとのクリアランスレベル以下の割合について、区分内のクリアランスレベル以下の重量の合計を区分内廃棄物物量の重量合計で除することにより濃度区分ごとのクリアランスレベル以下の割合を求めた。
- ・貯蔵ドラム缶(平成4年度末全電力合計288,739本)の放射性物質の濃度分布ごとに、それぞれクリアランスレベル以下の割合を乗じて、全体量を推定した。

その結果雑固体廃棄物中の約20%がクリアランスレベル以下の廃棄物に相当すると推定でき、貯蔵ドラム缶の実績本数を基にクリアランスレベル以下の全体量を推定した結果を表-1に示す。

②表-1に示すとおり、原子炉施設の運転に伴って発生するクリアランスレベル以下の廃棄物はBWR(110万kW級)、PWR(110万kW級)ともに運転期間を45年間と仮定すると、累積発生量として約0.03万トン/基であり実用発電用原子炉のBWR(110万kW級)の廃止措置に伴って発生する廃棄物量約55万トンに比べ、約0.05%である。

なお、原子炉施設の運転に伴って発生する廃棄物は上記の物量以外に不定期ではあるが発電所大型機器・設備の改造・取替等により発生(例:蒸気発生器取替工事によりクリアランスレベル以下のものも含めて約0.03万トン/基)している。

以上

表一1 原子炉施設の運転に伴って発生する廃棄物の物量(運転中1基あたりの累積発生量)

区分	炉型	(単位:万トン/基)	
		BWR(110万kW級) 雑固体	PWR(110万kW級) 雑固体
低レベル放射性廃棄物 (現行の政令濃度上限値を超えるもの 及び極低レベルを含む)		0.099	0.084
放射性廃棄物として取り扱う必要のない廃棄物		0.025	0.021
合計		0.124	0.105

(注)

1. 運転期間を40年とし、燃料取り出し1年、安全貯蔵期間を5年として、その間も発生すると仮定した。
2. 運転中廃棄物発生量は1985年以降に新設されたプラントの廃棄物発生量の平均値から算出した。
3. 上記の廃棄物の物量以外に不定期に発生する大型機器の改造・取替に伴って発生する廃棄物がある。

3. 評価上クリアランスレベル以下の対象であり
再使用される可能性がある機器の台数分布調査

評価上クリアランスレベル以下の対象であり再使用される可能性がある機器の台数分布調査

原子炉施設の解体等では、ホイストクレーン、計装用エアコンプレッサやポンプなど、汎用性がある機器が廃棄物として発生する。これらの中には、機器として再使用可能なものがあると考えられる。

ポンプは再使用が考えられるものの中で大きなものであり、原子力発電所で使用されている一般に再使用される可能性があるポンプ（PWR/BWR 大規模モデルプラント全体）について重量別の台数分布を調査した結果、図3に示す分布が得られた。同図より、重量が1 ton を超えるポンプは数が限られており、多くは0.2ton 以下のポンプである。

詳細の調査結果を以下に示す。

1.調査条件

- (1)PWR/BWR 大規模モデルプラント毎の調査及び PWR/BWR 大規模モデルプラント全体の調査を行った。
- (2)プラント廃止措置後に一般に再使用される可能性があるプラント構成機器の内、ポンプを対象として調査を行った。
また、水中吊下型ポンプ、高揚程/大容量ポンプ等の極めて特殊なポンプを除いた、一般に汎用的と考えられる主に横軸型ポンプを対象として調査した。
- (3)解体後除染も考慮した、評価上クリアランスレベル以下の対象機器について調査を行った。
尚、クリアランスレベルとしては、IAEA TECDOC-855 の値を用いた。

2.調査結果

(1)PWR/BWR 毎の調査結果

(1)-1. PWR

PWR 大規模モデルプラントにおける、評価上クリアランスレベル以下の対象であり一般に再使用される可能性があるポンプの重量毎の台数調査結果を表1に、また、台数分布図を図1にそれぞれ示す。対象ポンプ台数83台の内、0.2ton 以下のポンプが最も多く、対象ポンプ台数の約71%を占めている。ポンプ1台あたりの平均重量は0.24ton である。また、最大のポンプ単体重量は0.8ton である。

(1)-2. BWR

BWR 大規模モデルプラントにおける、評価上クリアランスレベル以下の対象であり一般に再使用される可能性があるポンプの重量毎の台数調査結果を表2に、また、台数分布図を図2にそれぞれ示す。対象ポンプ台数63台の内、0.2ton 以下のポンプが最も多く、対象ポンプ台数の19%を占めている。ポンプ1台あたりの平均重量は0.65ton である。また、最大のポンプ単体重量は1.5ton である。

(2) PWR/BWR 大規模モデルプラント全体の調査結果

上記(1)-1,2 の調査結果より、PWR/BWR 大規模モデルプラント全体における、評価上クリアランスレベル以下の対象であり一般に再使用される可能性があるポンプの重量毎の合計台数を表3に、また、台数分布図を図3にそれぞれ示す。対象ポンプ台数 146 台の内、0.2ton 以下のポンプが最も多く、対象ポンプ台数の約 49%を占めている。ポンプ 1 台あたりの平均重量は 0.42ton である。また、最大のポンプ単体重量は 1.5ton である。

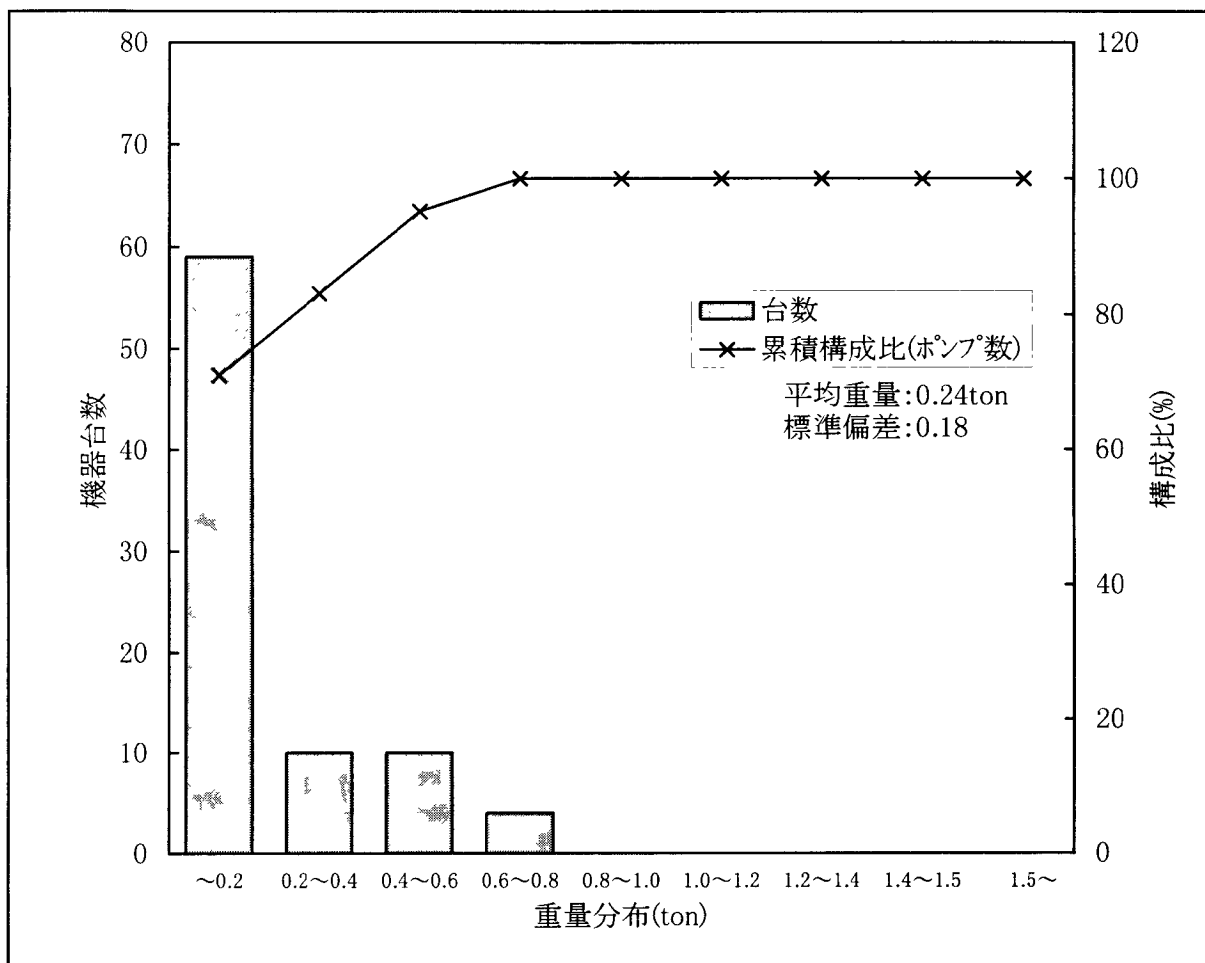


図1. 評価上クリアランスレベル以下の対象であり再使用される可能性があるポンプの台数分布図 (PWR大規模モデルプラント)

重量(ton)	台数	構成比(%)	累積構成比(ポンプ数)	総重量(ton)
~0.2	59	71.1	71.1	8.3
0.2~0.4	10	12.0	83.1	3.6
0.4~0.6	10	12.0	95.2	5.0
0.6~0.8	4	4.8	100.0	3.0
0.8~1.0	0	0.0	100.0	0
1.0~1.2	0	0.0	100.0	0
1.2~1.4	0	0.0	100.0	0
1.4~1.5	0	0.0	100.0	0
1.5~	0	0.0	100.0	0
計	83	100.0		19.9
平均				0.24

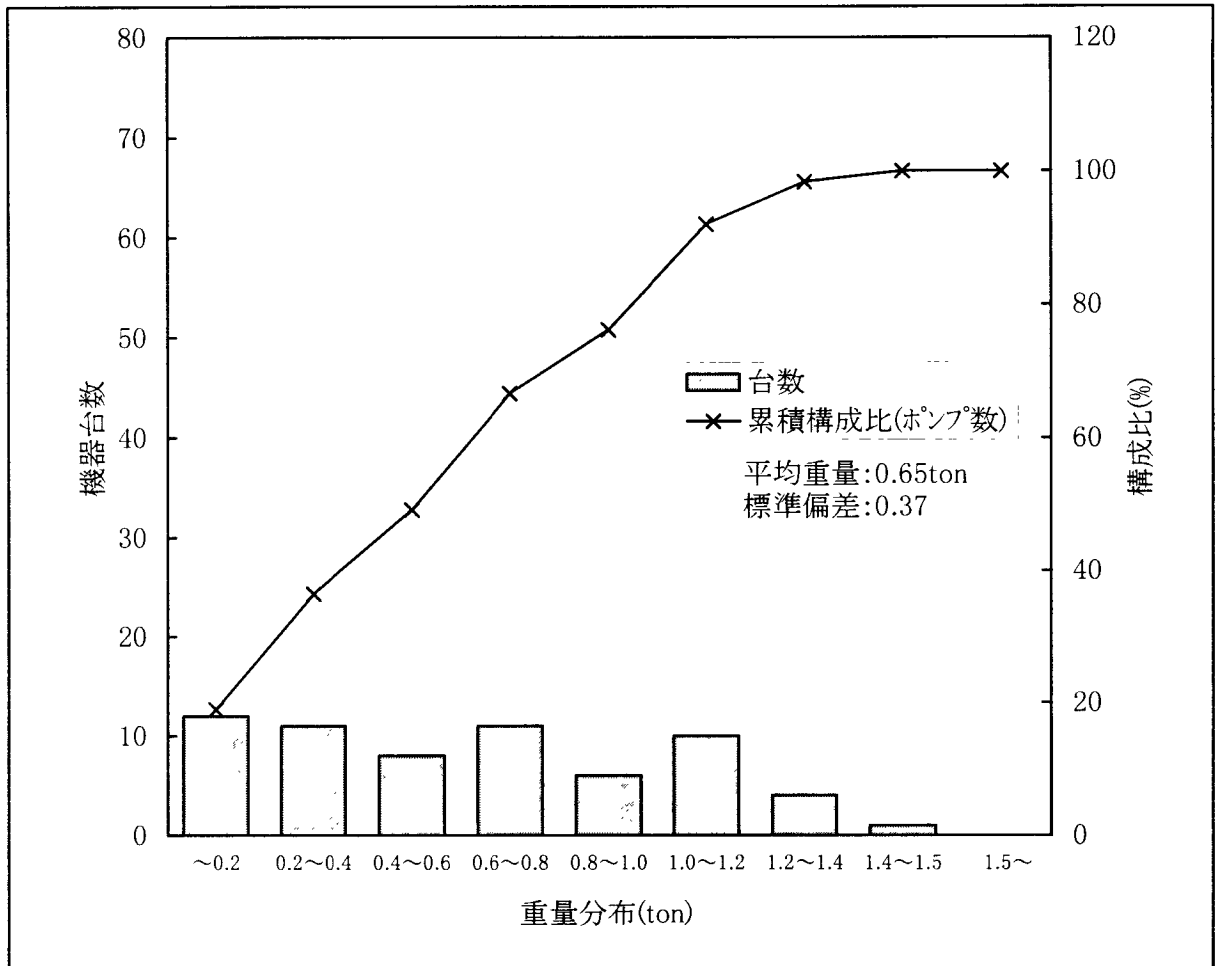


図2. 評価上クリアランスレベル以下の対象であり再使用される可能性があるポンプの台数分布図 (BWR大規模モデルプラント)

重量(ton)	台数	構成比(%)	累積構成比(ポンプ数)	総重量(ton)
~0.2	12	19.0	19.0	2.4
0.2~0.4	11	17.5	36.5	3.5
0.4~0.6	8	12.7	49.2	4.1
0.6~0.8	11	17.5	66.7	7.8
0.8~1.0	6	9.5	76.2	5.7
1.0~1.2	10	15.9	92.1	11.0
1.2~1.4	4	6.3	98.4	4.9
1.4~1.5	1	1.6	100.0	1.5
1.5~	0	0.0	100.0	0
計	63	100.0		40.8
平均				0.65

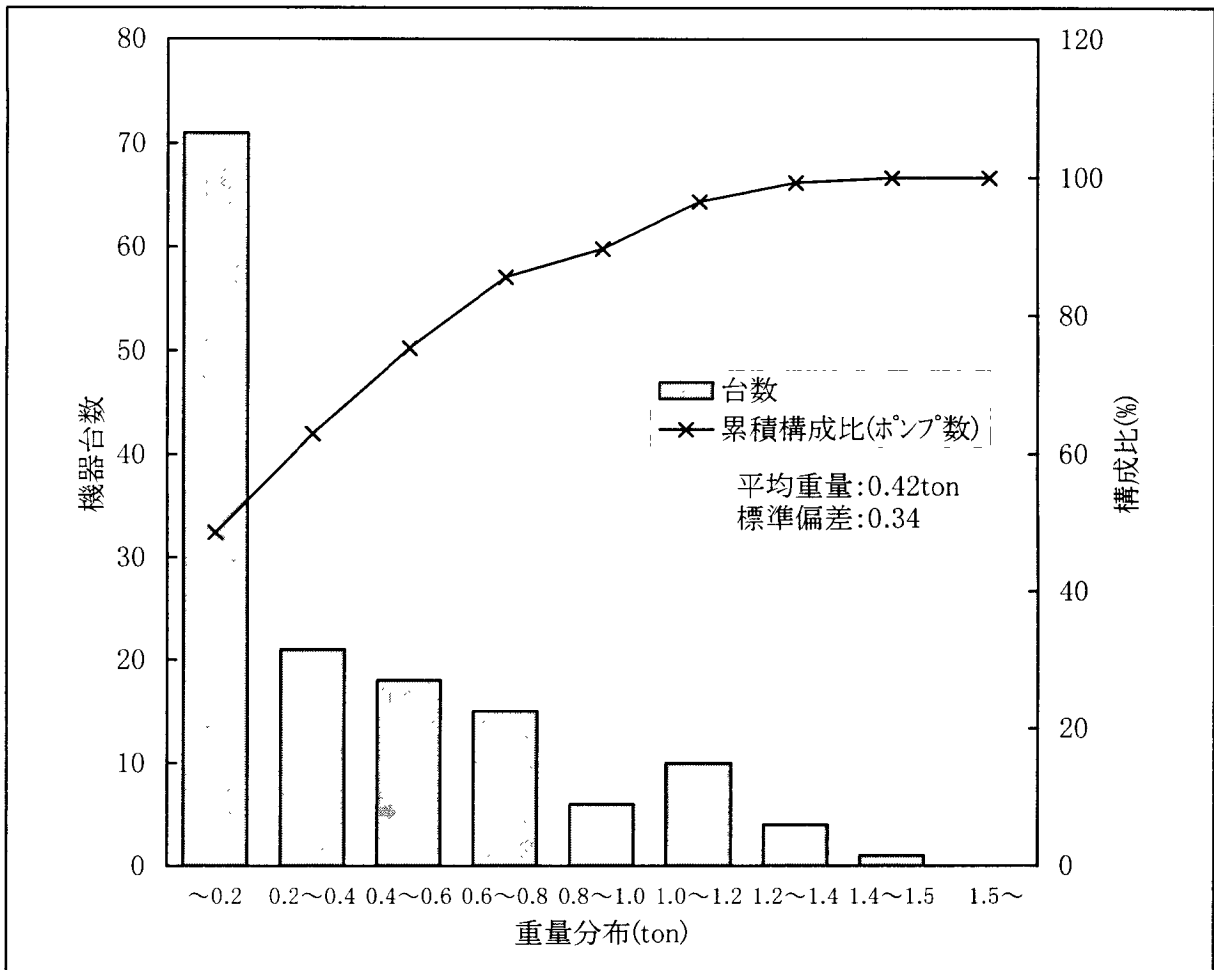


図3. 評価上クリアランスレベル以下の対象であり再使用される可能性があるポンプの台数分布図 (PWR/BWR大規模モデルプラント全体)

重量(ton)	台数	構成比(%)	累積構成比(ポンプ数)	総重量(ton)
~0.2	71	48.6	48.6	10.7
0.2~0.4	21	14.4	63.0	7.1
0.4~0.6	18	12.3	75.3	9.1
0.6~0.8	15	10.3	85.6	10.8
0.8~1.0	6	4.1	89.7	5.7
1.0~1.2	10	6.8	96.6	11.0
1.2~1.4	4	2.7	99.3	4.9
1.4~1.5	1	0.7	100.0	1.5
1.5~	0	0.0	100.0	0
計	146	100		60.7
平均				0.42

表1. 評価上クリアランスレベル以下の対象であり再使用される可能性がある
ポンプの重量毎の台数
(PWR大規模モデルプラント)

重量(ton)	台数	総重量(ton)
～0.2	59	8.3
0.2～0.4	10	3.6
0.4～0.6	10	5.0
0.6～0.8	4	3.0
0.8～1.0	0	0
1.0～1.2	0	0
1.2～1.4	0	0
1.4～1.5	0	0
1.5～	0	0
計	83	19.9
平均		0.24

表2. 評価上クリアランスレベル以下の対象であり再使用される可能性がある
ポンプの重量毎の台数
(BWR大規模モデルプラント)

重量(ton)	台数	総重量(ton)
～0.2	12	2.4
0.2～0.4	11	3.5
0.4～0.6	8	4.1
0.6～0.8	11	7.8
0.8～1.0	6	5.7
1.0～1.2	10	11.0
1.2～1.4	4	4.9
1.4～1.5	1	1.5
1.5～	0	0
計	63	40.8
平均		0.65

表3. 評価上クリアランスレベル以下の対象であり再使用される可能性がある
ポンプの重量毎の台数
(PWR/BWR大規模モデルプラント全体)

重量(ton)	台数	総重量(ton)
～0.2	71	10.7
0.2～0.4	21	7.1
0.4～0.6	18	9.1
0.6～0.8	15	10.8
0.8～1.0	6	5.7
1.0～1.2	10	11.0
1.2～1.4	4	4.9
1.4～1.5	1	1.5
1.5～	0	0
計	146	60.7
平均		0.42

4. 表面汚染の剥離割合について

表面汚染の剥離割合(模擬汚染の剥離試験)

金属廃棄物をトレンチ処分することを前提に、その表面付着物の飛散性について、模擬的な汚染を金属片に塗布し、落下衝撃を与え、その剥離率を測定する試験が実施されており、その概要を以下に示す。トレンチ処分対象廃棄物は極低レベル放射性廃棄物であり、処分時のハンドリングを想定した剥離性を試験するなどの違いはあるものの、表面汚染の剥離による移行割合の参考データとなり得るものである。

-----試験概要-----

1. 金属表面の汚染の性状

システムに長年接している金属にはクラッドが付着しているものがある。金属表面のクラッドは、内層酸化物、外層酸化物及び付着クラッドに大別できる。超音波洗浄によって除去されるソフトクラッド(外側)と、除去されないハードクラッド(内側)の2層に分けられ、衝撃を受けた場合に飛散する可能性があるクラッドは外側のソフトクラッドと考えられる。なお、ソフトクラッドの主成分はBWRで Fe_2O_3 、PWRで Fe_3O_4 と Fe_2NiO_4 であり、粒径はBWRで0.4~数 μm 、PWRで0.3~0.7 μm 程度であり、その付着量は多くても1.2 mg/cm^2 程度とされ、一般的にはこれが付着量の上限と考えられるとされている。

2. 剥離試験

①試験片の作製

30 $\text{mm} \times 30\text{mm}$ のステンレス片に、 Fe_2O_3 (ヘマタイト)混濁液を塗布し、蒸発乾固後、300 $^{\circ}\text{C}$ で30分間焼結させ、実際の付着量を踏まえた約1.5 mg/cm^2 を基準値とする模擬ソフトクラッドを付着させ、付着重量を測定する。なお、この条件で付着した模擬クラッドは、実クラッドと同様に超音波洗浄で除去できるが、実クラッドより付着力が弱いことを確認している。ステンレス片の厚さは3 mm と6 mm の2種類とし、自重による落下衝撃力の影響を確認している。

②落下試験

4 m の高さからドラム缶内のステンレス板に、試験片を垂直に自由落下させる。試験片を回収し、重量減量を測定し、剥離率を計算する。なお、落下試験は各条件ごとに5回行い、平均を採用している。

③剥離率

厚さ3 mm の場合、平均剥離率は0.8%であり、厚さ6 mm の場合、平均剥離率は0.7%であった。

3. 結果の検討

上述の剥離試験は金属表面の付着汚染の飛散挙動を評価するために実施されたものであり、剥離しやすいソフトクラッドを対象にしているものの、得られた剥離率は1%を下回っている。

試験結果(「トレンチ処分対象廃棄物の拡大に関する研究」(平成8～9年度))

落下による剥離率試験結果(クラッド付着量約1.5mg/cm²)

試験片厚さ(mm)	飛散率(%)	飛散率平均値(%)
3.0	0.7	0.8
	0.6	
	1.0	
	1.4	
	0.4	
6.0	0.8	0.7
	0.8	
	1.2	
	0.1	
	0.5	

5. 濃度分布を考慮したクリアランス対象物の
混合率について

濃度分布を考慮したクリアランス対象物の混合率について

クリアランス対象物の濃度は、全てクリアランス濃度にあるのではなく濃度分布を持っている。これを考慮した場合の混合率を、金属及びコンクリートについて各炉型毎に評価した。

金属についてはクリアランスレベル区分においてキー核種となる Co-60 濃度を参照することとし、IAEA-TECDOC-855 に与えられている同核種のクリアランスレベルの単一代表値 0.3 Bq/g 未満の濃度範囲を対象とした。コンクリートについては、総放射性物質濃度を参照することとし、コンクリートの核種組成と IAEA-TECDOC-855 に与えられている対応核種のクリアランスレベルの単一代表値を参考にして 3.7 Bq/g 未満の濃度範囲を対象とした。

1. 金属

クリアランスレベル区分においてキー核種となる Co-60 を対象に、クリアランス対象金属の濃度分布を考慮した混合率を評価した。クリアランス対象物の濃度分布を表-1 に、濃度分布を考慮したクリアランス対象物の混合率を表-2 に示す。

表-1 クリアランス対象物の濃度分布と平均濃度(金属)

Co-60 濃度 [Bq/g]	BWR 110 万 kWe 級		PWR 110 万 kWe 級		GCR 16 万 kWe	
	物量 [ton]	Co-60 の量 [Bq]	物量 [ton]	Co-60 の量 [Bq]	物量 [ton]	Co-60 の量 [Bq]
0.2~0.3	20	5.6E+6	0	0	0	0
0.1~0.2	2130	3.1E+8	41	6.1E+6	0	0
0.05~0.1	4460	3.1E+8	64	3.8E+6	30	1.7E+6
0.025~0.05	7620	2.7E+8	272	1.0E+7	1070	1.4E+7
0.01~0.025	3410	4.9E+7	1600	2.4E+7	0	0
0.01 以下	3690	5.4E+6	848	5.8E+8	0	0
総計	21330	9.5E+8	2825	4.4E+7	1100	1.5E+7
平均濃度	0.044 [Bq/g]		0.016 [Bq/g]		0.014 [Bq/g]	
平均濃度比	0.15		0.052		0.045	

表-2 濃度分布を考慮した混合率(金属)

	BWR110 万 kWe 級	PWR110 万 kWe 級	GCR 16 万 kWe
濃度分布を考慮しない混合率	0.72	0.081	0.14
濃度分布効果(平均濃度比)	0.15	0.052	0.045
濃度分布を考慮した混合率	0.11	0.0042	0.0064

2. コンクリート

クリアランス対象コンクリートの濃度分布を考慮した混合率を評価した。クリアランス対象物の濃度分布を表-3 に、濃度分布を考慮したクリアランス対象物の混合率を表-4 に示す。

表-3 クリアランス対象物の濃度分布と平均濃度(コンクリート)

総放射性物質 濃度 [Bq/g]	BWR110 万 kWe 級		PWR110 万 kWe 級		GCR16 万 kWe	
	物量 [ton]	放射性物質 の総量[Bq]	物量 [ton]	放射性物質 の総量[Bq]	物量 [ton]	放射性物質 の総量[Bq]
0.37~3.7 (1.4)* ¹	1560	2.3E+9	1090	1.6E+9	3950	5.7E+9
0.037~0.37 (0.14)* ¹	4420	6.4E+8	4060	5.9E+8	3760	5.4E+8
0.037 以下 (0.014)* ¹	2100	3.0E+7	4090	5.9E+7	2350	3.4E+7
総計	8080	2.9E+9	9240	2.2E+9	10060	6.3E+9
平均濃度	0.36 [Bq/g]		0.24 [Bq/g]		0.63 [Bq/g]	
平均濃度比	0.098		0.065		0.17	

* 1 : 放射化コンクリートの放射性物質の濃度は、炉心近傍を除けば炉心半径方向に指数関数的に減衰する。

そのため、例えば放射性物質の濃度が 0.37~3.7 Bq/g の範囲にあるコンクリートの平均濃度は対数平均値である 1.4 Bq/g と考える。

* 2 : 汚染コンクリートは、物量が数 10 トンと放射化コンクリートと比較して非常に少ないことから無視した。

表-4 濃度分布を考慮した混合率(コンクリート)

	BWR110 万 kWe 級	PWR110 万 kWe 級	GCR16 万 kWe
濃度分布を考慮しない混合率	0.016	0.020	0.077
濃度分布効果(平均濃度比)	0.098	0.065	0.17
濃度分布を考慮した混合率	0.0016	0.0013	0.013

以上