

2020年7月31日

関西電力株式会社

コメント回答資料（評価対象核種の選定について）

コメント No.	日付	コメント内容
3	6/15	評価対象核種の選定において、幅広く核種選定が行われていることを説明すること。
10	6/26	評価に用いる放射性物質の種類に関してプラントの運転状況を踏まえて、二次的な汚染の履歴や機構、計算に用いたパラメータ等、選定に至った理由を詳細に説明すること。

## 【回答】

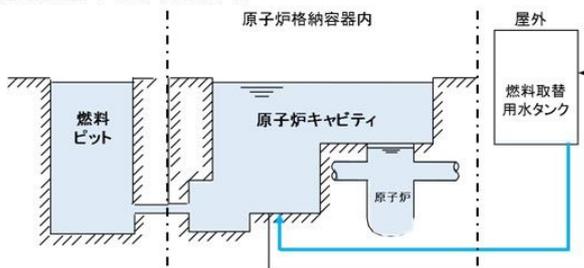
## 1. 評価対象核種の評価手順

## 1-1. 汚染の形態の選定

放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクは、燃料取り扱い時の原子炉キャビティ水張り用ほう酸水の水源および事故時の非常用炉心冷却設備作動時の注入用ほう酸水の水源として設置されている設備である。プラント停止後に原子炉容器を開放し、燃料取替用水タンク水にて原子炉キャビティ等を水張りし、燃料取替後に原子炉キャビティ等の水を燃料取替用水タンクに移送する。この操作の際に、原子炉容器内の1次冷却材に含まれる放射性物質が燃料取替用水タンク内に移行することから、燃料取替用水タンクの汚染の形態は二次的な汚染である。図1に燃料取替用水タンクの運用図を示す。

なお、放射化汚染が発生しないことについては、コメント No.2 および 11 の回答資料の通り。

【定期検査中(燃料取扱中)】



【プラント運転中】

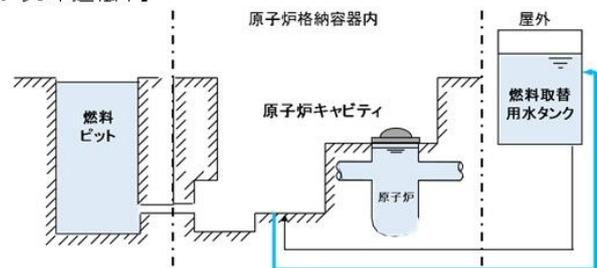


図1 燃料取替用水タンクの運用

## 1-2. 評価対象核種の評価手順

評価対象核種の評価手順は以下の通り。また、二次的な汚染の放射性物質組成の評価手順を図 2 に示す。

- ① 1次冷却材中に持ち込まれる **CP** 核種および **FP** 核種の放射エネルギーを算定するために炉内に持ち込まれる金属組成およびウラン燃料組成を設定。
- ② ①で設定した炉内に持ち込まれる金属 (**CP** 核種) 及びウラン燃料組成 (**FP** 核種当) を基に、放射化計算コード「**ORIGEN2**」を使用し、1次冷却材中の **CP** 核種および **FP** 核種の放射エネルギーを算定し、放射性腐食生成物及び核分裂生成物の核種組成比を算出。
- ③ ②で算出された数値は、炉内に存在するイオン状及び粒子状成分の合計値である。二次的な汚染は粒子状成分が構成材に沈着することにより生じることから、粒子状成分の組成比を算定するために、②で算出した核種組成比に粒子状成分割合を乗じて、二次的な汚染の粒子状成分の各放射性物質組成比を算出。
- ④ ③で算出された数値に、実機廃棄物の汚染状況と整合させるために、代表試料の放射化学分析結果より算定した **Cs-137/Co-60** の比を用いて、**CP** 核種及び **FP** 核種の割合を補正。
- ⑤ 評価対象核種を選定するために、④で算出した放射性物質組成から、規則 33 核種の  $\sum D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合を算定し、規則 33 核種の  $D_k/C_k$  が大きいものから順に核種  $j$  を追加し、追加した核種の  $D_j/C_j$  の総和が規則 33 核種の総和である  $\sum D_k/C_k$  に占める割合が **0.9** 以上となるように評価対象核種を選定。

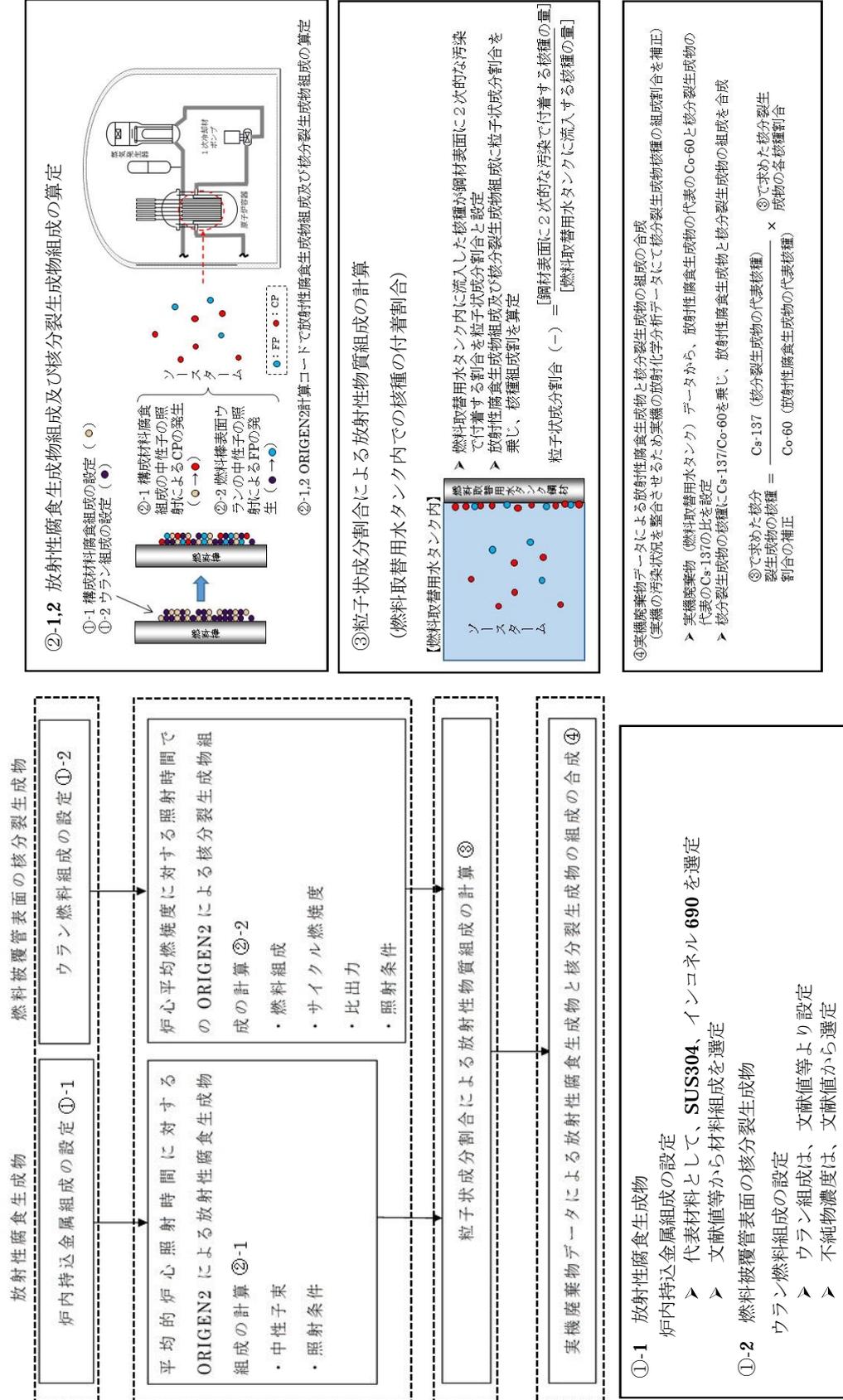


図 2 二次的な汚染の放射性物質組成の評価手順

### 1-3. 評価手順の妥当性

クリアランス審査基準 3.1(1)イ②項の要求事項である「二次的な汚染を放射化計算法等に基づいた計算及び評価によって算出する場合については、放射性物質の種類が幅広く選定されるよう、合理的な範囲で当該計算及び評価がなされていること。」については、評価対象核種の選定において、核種が幅広く選定されるよう、評価条件を設定し評価している。具体的には表 1 に示す。

評価対象核種の選定の評価においては、評価条件を、実用炉許認可での使用値、公開文献値、および実機分析データを使用することを基本とし、それ以外の評価条件については妥当性を確認した上で使用している。

また、先行認可済プラントと評価手法の比較検討を実施しており、同様の評価手法であることを確認している。表 2 に先行認可済プラントの評価手法および本申請における評価手法の比較を示す。

表 1 評価対象核種の選定における考慮項目

項目		内容	備考
炉内持込金属組成の設定	SUS304 の元素組成設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>不明元素を [ ] と設定</li> <li>検出限界値以下の元素は、検出限界値を設定</li> </ul>	2-1.項参照
	インコネルの種別選定	<ul style="list-style-type: none"> <li>Co 含有量が少ないインコネル 690 を選定</li> </ul>	2-1.項参照
ウラン燃料組成の設定		<ul style="list-style-type: none"> <li>不純物組成を公開文献より設定</li> </ul>	2-2.項参照
粒子状成分割合の設定		<ul style="list-style-type: none"> <li>実機プラント状況を考慮し、Co-60 を [ ] と設定</li> </ul>	6-2.項参照

### 1-4. 放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクの汚染の程度について

大飯 1, 2 号炉の燃料取替用水タンクは、二次的な汚染により Co-60 等の放射能濃度が高いことから、撤去後に機械除染を行った上で保管容器に収納し、廃棄物庫にて保管廃棄している（機械除染は 2005 年度に実施）。

機械除染を行った対象物については、表面汚染密度の測定により、クリアランスレベル以下（Co-60 の  $D_k/C_k$  が 1 未満）であることを確認している。

具体的には、GM 汚染サーベイメータにて除染を行った対象物の表面汚染密度を測定し、表面汚染密度 (cpm) に Co-60 への換算係数 (Bq/cpm/cm<sup>2</sup>) を乗じ、Co-60 の表面汚染密度 (Bq/cm<sup>2</sup>/(Co-60)) を求める。Co-60 の表面汚染密度に対象物の面積 (cm<sup>2</sup>) を乗じた後、対象物の重量 (g) 及び Co-60 クリアランスレベル (0.1(Bq/g)) を除して Co-60 の  $D_k/C_k$  を求めた (2005 年時点での値)。

測定結果は、1 号炉の燃料取替用水タンクで [ ]、2 号炉の燃料取替用水タンクで [ ] と幅を持った評価結果となっている。これは、表面汚染密度は燃料取替用水タンクの全面を同程度まで除染しているが、燃料取替用水タンクの構造上、上部材料の厚さが薄く、底部材料が厚いことによる対象物の重量の差異により生じている。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 2 先行認可済プラントの評価手法および本申請における評価手法の比較

評価手順	先行認可済プラント (平成 31 年 3 月 19 日付原規第 1903191 号で認可)	大飯 1, 2 号炉 (本申請)
1. 放射化汚染による放射能濃度	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射化量計算の入力データ (中性子フルエンス率等) を解析コード「DORT」および「ANISN」を使用し、「ORIGEN-S」にて放射化量を算出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクには放射化汚染は発生しない</li> </ul>
2. 二次的な汚染による放射能濃度		
(1) 元素組成の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>CP 核種 (炉内持込金属) 組成の設定には、ステンレス鋼を選定</li> <li>FP 核種 (ウラン燃料) 組成の設定には、天然ウランを選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CP 核種 (炉内持込金属) 組成の設定には、ステンレス鋼およびインコネル 690 を使用</li> <li>FP 核種 (ウラン燃料) 組成の設定には、許認可ウラン燃料を設定</li> </ul>
(2) 核種組成比の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射化計算コード「ORIGEN2」を用いて放射化量を計算</li> <li>代表核種 (放射性腐食生成物: Co-60、核分裂生成物: Cs-137) の放射能濃度をそれぞれ 1 Bq/g として、放射能濃度を設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射化計算コード「ORIGEN2」を用いて放射化量を計算</li> <li>各核種の粒子状成分割合を組成に乘じ、放射能濃度比を設定</li> </ul>
(3) CP 核種と FP 核種の補正	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機廃棄物の分析値により設定した代表核種の比率 (Cs-137/Co-60) を用いて、CP 核種 (放射性腐食生成物) と FP 核種 (核分裂生成物) を補正</li> <li>揮発性核種 (C-14, Cl-36, I-129) については、代表サンプルの分析値等により核種組成比を設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機廃棄物の分析値により設定した代表核種の比率 (Cs-137/Co-60) を用いて、CP 核種 (放射性腐食生成物) と FP 核種 (核分裂生成物) を補正</li> <li>C-14, Cl-36, I-129 については、全てクラッド状態で存在すると設定 (粒子状成分割合を <input type="checkbox"/> と設定)</li> </ul>
(4) 核種組成比から放射能濃度への変換	<p>評価対象核種の選択に用いる規則 32 核種の放射能濃度について、Co-60 の D/C=1 に対する放射能濃度として整理</p>	<p>評価対象核種の選択に用いる規則 33 核種の放射能濃度について、上記で設定した放射性物質組成から、規則 33 核種の ΣD/C に対する D/C の割合を整理</p>

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 2. 炉内持込金属組成及びウラン燃料組成の設定方法

### 2-1. 炉内持込金属組成の設定方法

#### (1) 燃料取替用水タンクの使用履歴

放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクは、プラント建設時に設置され、**2005**年の定期検査で取替えを実施している。燃料取替用水タンクの設置から、取替までの大飯1，2号炉の運転履歴を表**2,3**に示す。表**2,3**に示す通り、燃料取替用水タンクを取替えるまでの間、1次系冷却材が接液する蒸気発生器の取替えを実施し、伝熱管の材質をインコネル**600**からインコネル**690**に変更している。なお、原子炉容器上蓋の取替も実施しているが、1次冷却材が接液する部分の材質変更は実施していない<sup>\*1</sup>。

※1：平成**10**年**9**月**9**日付け平成**10・08・19**資第**36**号にて認可された工事計画書による。

表2 大飯1号炉運転履歴

(■：定期検査、▼：燃料取替用水タンク取替、▲：蒸気発生器取替、■：原子炉容器上蓋取替)

西暦	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987							
工程	運開 3/27	10/13	7/8	2/10	6/30	9/28	12/18	11/1	4/14	4/1	8/26	7/11	12/23	12/25		
西暦	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996							
工程	6/23	8/14	3/9	9/30	5/17	12/18	6/8	5/28	10/21	9/16	▲	4/25	5/30	9/10		
西暦	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005							
工程	10/23	1/17	2/19	6/6	7/31	■	11/25	12/12	3/12	4/14	6/4	6/4	7/31	9/20	▼	12/8

表3 大飯1号炉運転履歴

(■：定期検査、▼：燃料取替用水タンク取替、▲：蒸気発生器取替、■：原子炉容器上蓋取替)

西暦	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987							
工程	運開 12/5	7/20	12/26	6/16	12/4	12/8	3/28	3/1	7/21	9/3	12/17	2/16	7/15			
西暦	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996							
工程	8/5	12/5	1/5	4/9	3/25	7/22	9/14	2/5	2/21	6/16	8/14	12/18	2/3			
西暦	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005							
工程	▲	7/20	8/29	■	1/28	3/10	5/12	6/1	9/8	10/21	12/18	2/9	3/24	3/16	▼	6/24

#### (2) 構成材料の選定

炉内持込金属組成の設定のために必要な1次系構成材料については、公開文献<sup>\*2</sup>に基づき、接液面積比が大きいインコネル**690**（蒸気発生器伝熱管）および**SUS304**を選定した。表**4**に公開文献より抜粋した**PWR**の1次系構成材料を示す。なお、ジルカロイ-4については、**SUS304**およびインコネル**690**と比較して、耐腐食性に優れた材料であることから、構成材料からは除外した。

表 4 PWR 1 次系構成材料

材料	接液表面積 (%)	主な使用箇所
インコネル 690	70	蒸気発生器伝熱管
ステンレス鋼	5	配管等
ジルカロイ-4	25	弁、CRDM 等

※ 2 : 原子炉水化学ハンドブック (日本原子力学会編 2000 年 12 月 27 日)

(3) 蒸気発生器取替の影響について

蒸気発生器取替に伴う評価対象核選定への影響を検討した。表 5 に取替前後の蒸気発生器の主な仕様を示す。

表 5 新旧蒸気発生器の主な仕様

項目	旧蒸気発生器	新蒸気発生器
伝熱管材質	インコネル 600	インコネル 690
伝熱面積	<input type="text"/>	<input type="text"/>
伝熱管本数	<input type="text"/>	<input type="text"/>

※ 4 : 蒸気発生器の伝熱面積は、平成 5 年 3 月 23 日付け 5 資庁第 1609 号にて認可された工事計画書による。

蒸気発生器取替後、放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクを取替えるまでの間、数サイクル運転していることから、蒸気発生器の伝熱管材質としてはインコネル 690 を選定した。

なお、インコネル 690 およびインコネル 600 の化学成分を表 6 に示す。表 6 に示す通り Co 成分の割合が異なり、インコネル 600 の方が Co 成分は多いことから、Co 成分が少ないインコネル 690 を構成材料として選定することで、評価対象核種の選定において、幅広く核種を選定することが可能である。

表 6 インコネル 690 及びインコネル 600 の化学成分

--

(4) 金属組成の設定方法

金属組成の設定においては、SUS304 とインコネル 690 を比較して、SUS304 の方が CP 核種の親元素となる元素組成の割合が多く、CP 核種の発生量は SUS304 の寄与が大きいと想定されることから、SUS304 については不明元素も考慮して金属

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

組成を設定した。

a. インコネル 690 の元素組成設定

インコネル 690 の元素組成は実機プラントでの分析結果<sup>※5</sup>および公開文献<sup>※6</sup>を基に表 7 の通り設定した。なお、不明組成を仮に [ ] と設定した場合でも核種組成への影響は小さいことを確認している。インコネル 690 の不明元素の影響確認結果を 6-3.項に記載する。

b. SUS304 の元素組成設定

SUS304 の元素組成は実機プラントでの分析結果<sup>※7</sup>を基に表 7 の通り設定した。分析結果については、分析データの 99%信頼区間の上限値を推定対数正規分布の算術平均値相当として使用している。なお、評価対象核種選定にあたっては、幅広く核種が選定されるよう、検出限界未満の組成は検出限界値を設定、不明組成については一律 [ ] と設定した。

(5) 炉内持込金属組成の設定方法

a. 接液面積の設定

インコネル 690 の接液面積については、既工事計画書に記載の蒸気発生器の伝熱面積 [ ]、合計 4 基であることから、下式により算定した。

$$(\text{インコネル 690 接液面積}) = [ ] \times 4 \div 20,000[\text{m}^2]$$

SUS304 の接液面積については、表 4 に記載の接液面積比（インコネル 690 : 70%、SUS304 : 5%）を基に、インコネル 690 の接液面積から下式により設定した。

$$(\text{SUS304 接液面積}) = 20,000[\text{m}^2] \times 5 \div 70 \div 1,500[\text{m}^2]$$

b. 腐食速度比の設定

腐食速度比については、公開文献<sup>※8</sup>に記載の腐食量を示す下式により設定した。

$$(\text{SUS304 腐食速度}) = 0.071 \times t^{0.17}[\text{mg}/\text{cm}^2]$$

$$(\text{インコネル 690 腐食速度}) = 0.032 \times t^{0.1}[\text{mg}/\text{cm}^2]$$

ここで、t は腐食時間[h]である。

以上から、インコネル 690 と SUS304 の腐食速度比は、

$$\frac{\text{インコネル 690}}{\text{SUS304}} = \frac{0.032 \times t^{0.1}}{0.071 \times t^{0.17}} = 0.451 \times t^{-0.07}$$

となることから、腐食時間の増加とともに、腐食量の比が大きくなる。 [ ]

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



c. 炉内持込金属組成の設定

(4)項で設定したインコネル 690 および SUS304 の元素組成を基に、a.項で算定した構成材料の接液面積、および b.項で算定した構成材料の腐食速度比を用いて炉内持込金属組成を設定した。炉内持込金属組成の算定には下式を用いて設定している。下式より設定した炉内持込金属元素組成を表 8 に示す。

【炉内持込金属組成算定式】

$$(\text{炉内持込金属組成}) = \Sigma (\text{構成材料元素組成} \times \text{構成材料接液面積} \times \text{腐食速度比})$$

- ※ 5 : 平成 27 年度電力共通委託「3 号埋設施設対象廃棄物の放射能評価に係る業務委託」
- ※ 6 : 平成 11 年度 原子力発電施設解体放射性廃棄物 基準調査報告書 (原子力環境整備センター)
- ※ 7 : 平成 25 年度電力共通委託「放射能濃度評価手法の妥当性評価及び余裕震度処分対象廃棄物のインベントリ評価に関する業務委託」
- ※ 8 : 平成 13 年度 原子力発電所水質等環境管理技術信頼性実証事業 事業報告書 (原子力発電技術機構)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 7(1/2) 構成材料元素組成

--

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 7(2/2) 構成材料元素組成

--

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 8 炉内持込金属元素組成 (1/2)

--

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 8 炉内持込金属元素組成 (2/2)

--

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 2-2. ウラン燃料組成の設定方法

### (1) ウラン燃料組成の設定方法

ウラン燃料同位体組成を公開文献値<sup>\*1, 2</sup>より表 9 の通り設定した。U-234 および U-238 の設定重量比については、U-234 の重量比を **a wt%**、U-238 の重量比を **b wt%** とし、公開文献<sup>\*3</sup>に記載の U-234 と U-238 の重量比(それぞれ 0.02wt%と 97.0wt%。)が変わらないと仮定し、

$$a + b = 100 - 4.1$$

$$b = (97/0.02)a$$

これを解くと、**a = 0.02**、**b = 95.88** となることから、U-234 および U-238 の設定重量比を **0.02wt%** および **96wt%** と設定した。

表 9 ウラン燃料同位体組成

核種	原子量 <sup>*1</sup>	設定重量比 (wt%)
U	約 238.03 (天然) 約 237.93 (濃縮後)	約 87 <sup>*2</sup>
	U-234	約 234.04 0.02
	U-235	約 235.04 4.1
	U-238	約 238.05 約 96
O	約 16.00	約 13 <sup>*2</sup>
不純物	—	約 0.036 <sup>*2</sup>

※1：理科年表

※2：ORNL/TM-6051

表 10 に記載の U および O の設定重量比を基に、その他不純物の組成比を ORNL/TM-6051 に基づき、ウラン燃料元素組成を表 10 の通り設定した。

表 10 ウラン燃料元素組成

元素	UO <sub>2</sub> 組成 (wt%)	出典
Li	1.0E-04	ORNL/TM-6051
B	1.0E-04	
C	8.9E-03	
N	2.5E-03	
O	1.3E+01	
F	1.1E-03	
Na	1.5E-03	
Mg	2.0E-04	
Al	1.7E-03	
Si	1.2E-03	
P	3.5E-03	
Cl	5.3E-04	
Ca	2.0E-04	
Ti	1.0E-04	
V	3.0E-04	
Cr	4.0E-04	
Mn	1.7E-04	
Fe	1.8E-03	
Co	1.0E-04	
Ni	2.4E-03	
Cu	1.0E-04	
Zn	4.0E-03	
Mo	1.0E-03	
Ag	1.0E-05	
Cd	2.5E-03	
In	2.0E-04	
Sn	4.0E-04	
Gd	2.5E-04	
W	2.0E-04	
Pb	1.0E-04	
Bi	4.0E-05	
U	8.7E+01	表 9

### 3. 放射性腐食生成物組成及び核分裂生成物組成の算定

#### 3.1 放射性腐食生成物組成の算定方法

2.1 項で算定した炉内持込金属組成、中性子束、炉心照射条件を用いて放射化計算コード「ORIGEN2」により、放射性腐食生成物組成を算定した。放射性腐食生成物の評価条件および設定根拠を表 11 に示す。

表 11 放射性腐食生成物の評価条件および設定根拠

項目		評価条件	根拠
中性子束 (n/cm <sup>2</sup> /s)			大飯 1, 2 号炉の定格熱出力相当の中性子束分布を基に設定
炉心照射条件	燃焼パターン		
	サイクル数		

#### 3.2 核分裂生成物組成の算定方法

2.2 項で算定したウラン燃料組成、サイクル燃焼度、比出力、炉心照射条件を用いて、放射化計算コード「ORIGEN2」により、核分裂生成物組成を算定した。核分裂生成物の評価条件及び設定根拠を表 12 に示す。

表 12 核分裂生成物の評価条件および設定根拠

項目		評価条件	根拠
サイクル燃焼度 (MWD/MTU)		15,400	設置許可書に記載の熱出力 (3,411MW) とウラン重量「89t」を用いて、 $3,411 \times 395 \text{ 日 (13 ヶ月運転の日数)} \div 89 = 15,400 \text{ (MWD/MTU)}$ と設定
比出力 (MW/MTU)		38.4	設置許可申請書に記載の熱出力 (3,411MW) とウラン重量「89t (詳細値 88.8t)」を用いて $3,411 \div 88.8 \div 88.8 \div 88.8 = 38.4 \text{ (MW/MTU)}$ と設定
炉心照射条件	燃焼パターン		
	サイクル数		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

**3.3 放射性物質組成の算定結果**

**3.1 項及び 3.2 項**の評価条件を基に算定した放射性物質組成を表 **13** に示す。

表 **13** 放射性物質組成

(大飯 1 号炉 2005 年 9 月 20 日時点、大飯 2 号炉 2005 年 3 月 16 日時点)

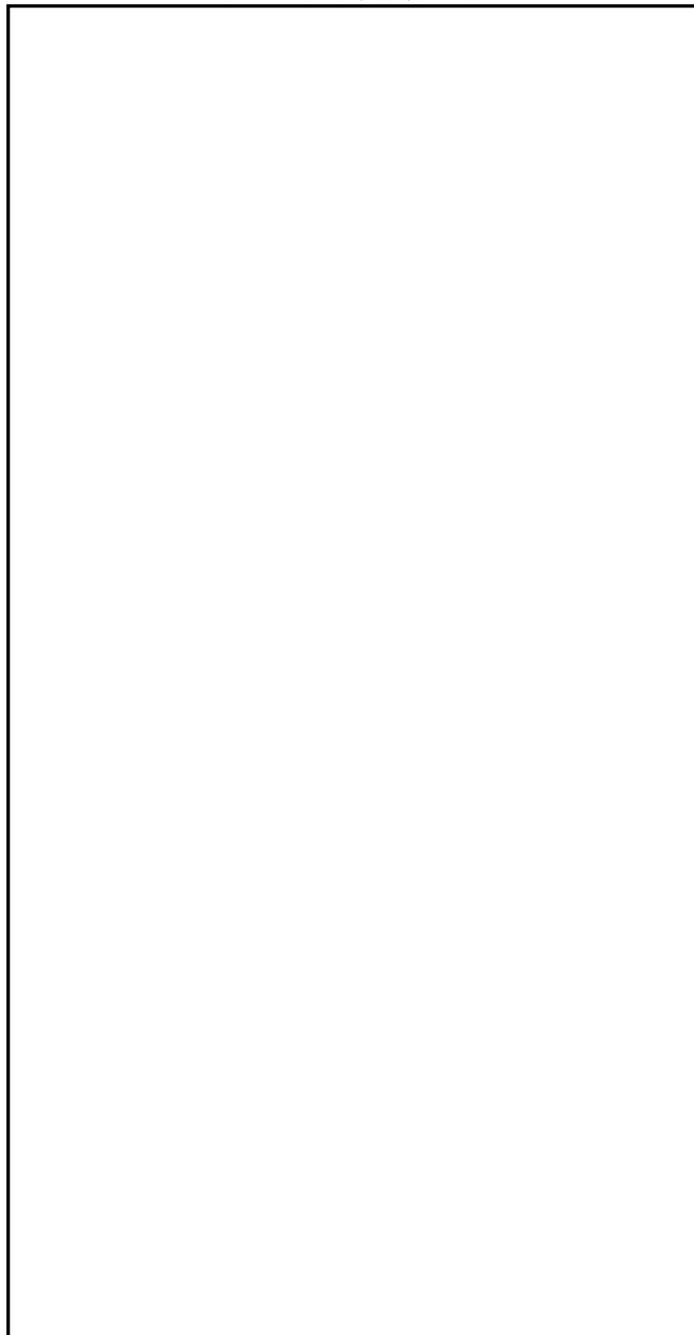
--

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

#### 4. 粒子状成分割合の設定

3.項で算定した放射性腐食生成物組成及び核分裂生成物組成の計算結果は、炉内に存在する核種のイオン及び粒子状成分の合計値である。ここで、1.項で選定した汚染の形態である二次的な汚染は、1次冷却材系統の機器や配管、粒子状成分が沈着することにより生じることから、粒子状成分割合を3.項で算定した放射性物質組成に乗じる。表14に設定した各核種の粒子状成分割合を、表15に各粒子状成分割合の設定根拠を示す。

表14 粒子状成分割合



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 15 各粒子状成分割合の設定根拠

--

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

5. 放射性腐食生成物と核分裂生成物の放射性物質の組成の補正

3.3 項で算定した放射性腐食生成物組成と核分裂生成物組成を実機廃棄物の汚染状況と整合させるため、燃料取替用水タンク廃材の代表試料の放射化学分析の結果より算定した **Co-60** および **Cs-137** の放射能濃度比を用いることにより補正する。

なお、代表試料の放射化学分析結果より設定する **Co-60** および **Cs-137** の放射能濃度比は算術平均に片側 95%信頼区間上限で設定することで幅広く核種選定可能なよう考慮している。図 3 に実機廃棄物の分析結果を示す。

図 3 より、**Co-60** および **Cs-137** の放射能濃度比は、 と設定した。



図 3 **Co-60** と **Cs-137** の放射能濃度の相関（実機廃棄物の分析結果）

設定した **Co-60** および **Cs-137** の放射能濃度比を用いて放射性腐食生成物と核分裂生成物を補正し、下式により放射性物質組成を算出した。算定結果を表 16 に示す。

$$Z = \alpha X \times \theta \alpha Y$$

**Z** : CP/FP 補正後のソースターム

$\alpha$  : 粒子状成分割合

**X** : CP ソースターム

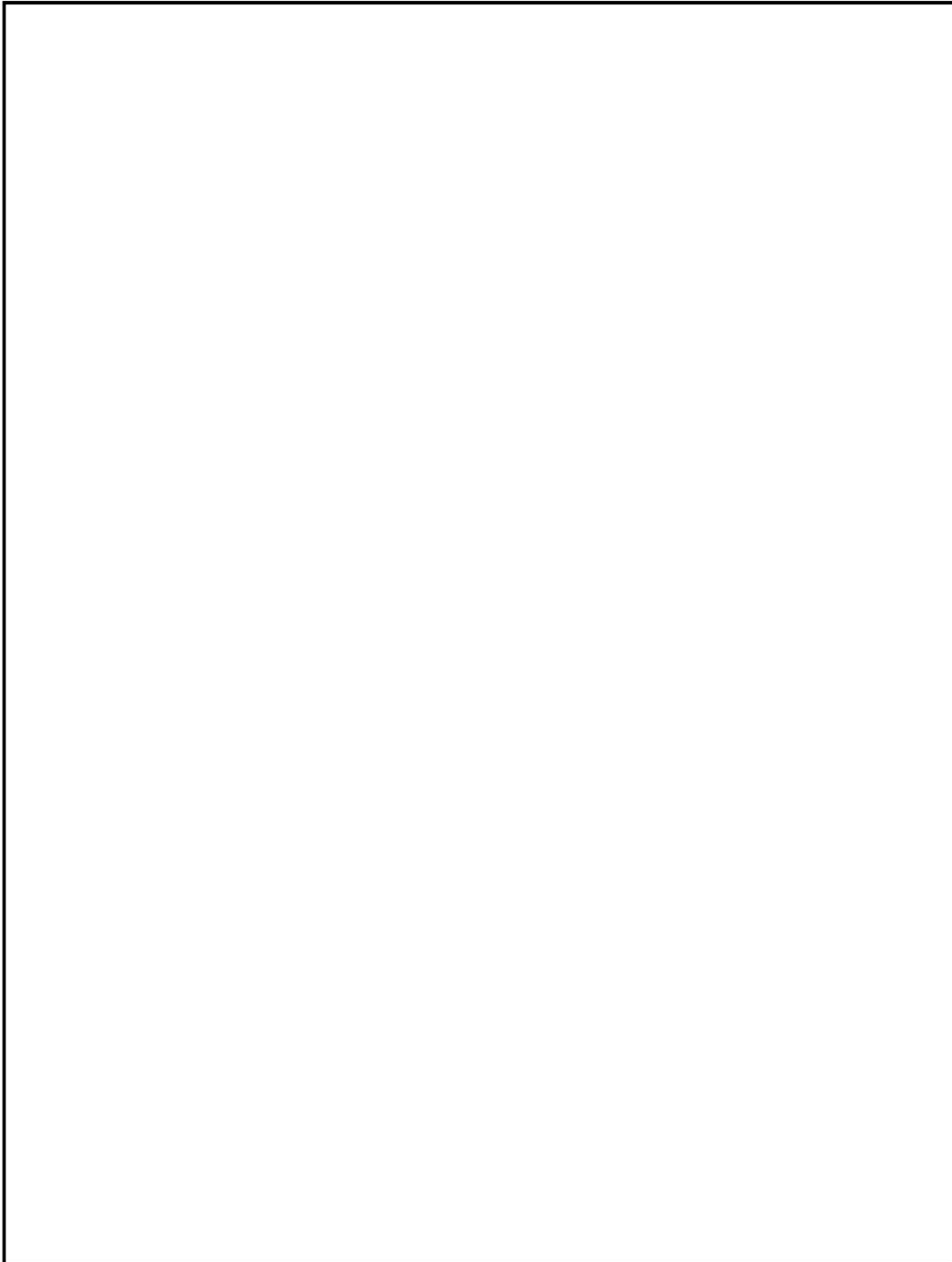
**Y** : FP ソースターム

$\theta$  : FP ソースターム補正式

$$\theta = \frac{\text{粒子状成分割合考慮後の CP ソースタームの Co-60}}{\text{粒子状成分割合考慮後の FP ソースタームの Cs-137}} \times \text{実機サンプルデータより測定した } \frac{\text{Cs-137}}{\text{Co-60}}$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 16 大飯 1 号炉二次的な汚染の放射性物質組成



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 16 大飯 2 号炉二次的な汚染の放射性物質組成

--

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

## 6. 評価対象核種の選択

### 6.1 前項までに設定した評価条件での評価結果

評価対象核種の選択に当たっては、規則 33 核種の放射性物質組成 ( $D_k$ ) を規則別表第 1 第 2 欄の放射能濃度 ( $C_k$ ) で除した値 ( $D_k/C_k$ ) の総和 (以下「 $\Sigma D_k/C_k$ 」という。) を求める。規則 33 核種の  $D_k/C_k$  が大きいものから順に核種  $j$  を追加し、追加した核種の  $D_j/C_j$  の総和が規則 33 核種の総和である  $\Sigma D_k/C_k$  に占める割合が 0.9 以上となることを確認する。

5.項で算定した放射性物質組成 ( $D_k$ ) 規則別表第 1 第 2 欄の放射能濃度 ( $C_k$ ) で除した値 ( $D_k/C_k$ ) を表 17 及び表 18 に示す。表 17 及び表 18 に示す通り、Co-60 の  $D_k/C_k$  が規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に占める割合が 0.9 以上になると評価されることから、大飯発電所の放射能濃度確認対象物の評価対象核種を Co-60 とした。

### 6.2 粒子状成分割合を とした場合の評価対象核種選択への影響確認結果

放射能濃度確認対象物である燃料取替用水タンクの汚染の形態として選定した二次的な汚染は、1 次冷却材系統の機器や配管、粒子状成分が沈着することにより生じることから、粒子状成分割合を、分析結果等を基にして算定している。ここで、1 次冷却材中に含まれる核種全てが、1 次冷却材系統の機器や配管に沈着すると仮定 (全核種の粒子状成分割合を  と設定) した場合の評価結果を表 19 及び表 20 に示す。表 19 及び表 20 に示す通り、全核種の粒子状成分割合を  とした場合、粒子状成分割合が小さい核種の割合が増加するものの、Co-60 の割合が増加することから、評価対象核種の選定には影響が無いことを確認している。

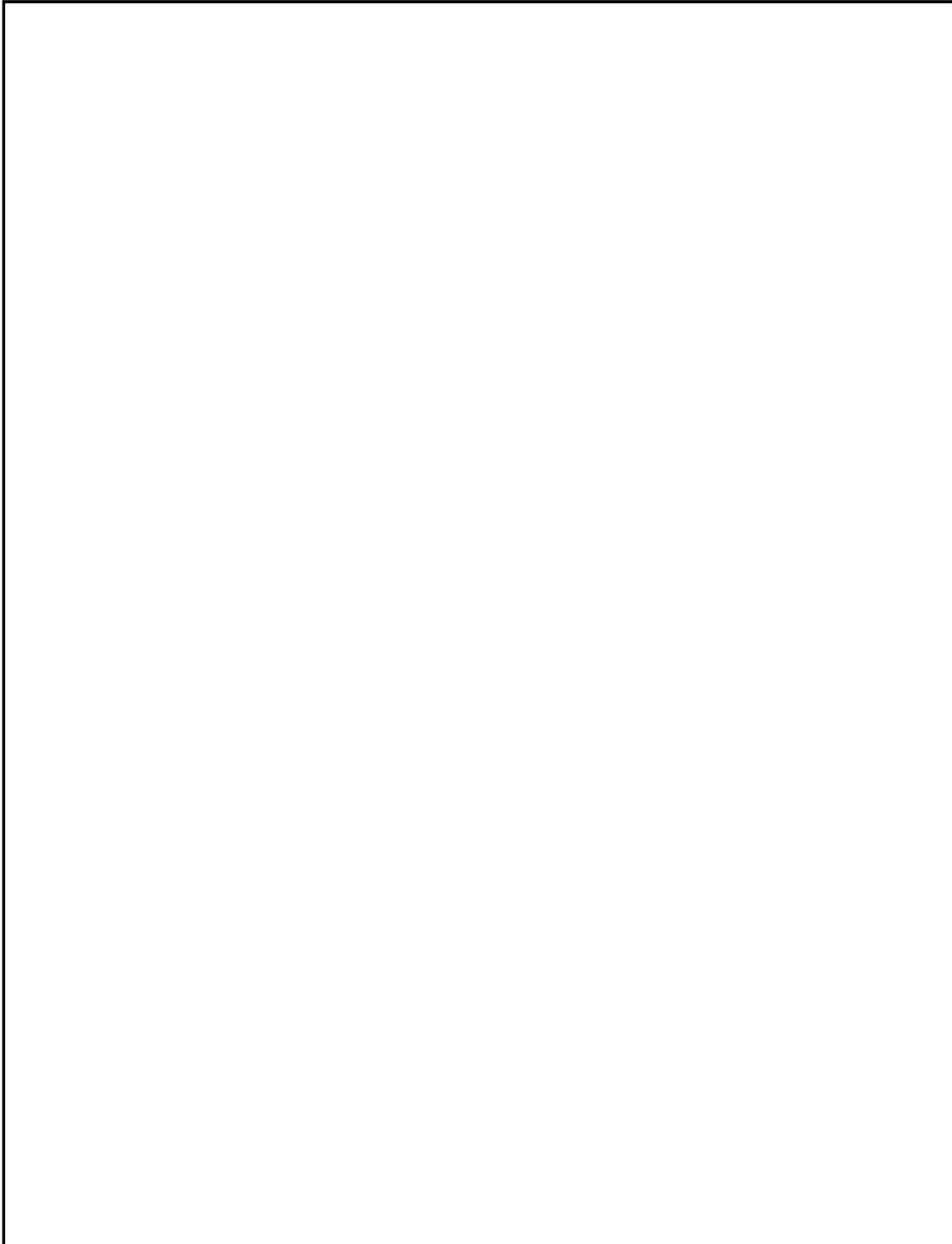
### 6.3 インコネル 690 の不明元素を とした場合の評価対象核種選択への影響確認結果

炉内持込金属組成の設定においては、1 次系構成材料である SUS304 とインコネル 690 を設定しており、SUS304 においては不明元素を  と設定しているが、インコネル 690 においては、不明元素は核種組成への影響が小さいことを確認しているため、考慮しないこととしている。不明元素に  を入力することにより、核種組成比が変更となるものの、表 21 及び表 22 に示す通り、評価対象核種の選定には影響が無いことを確認している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 17 規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合(1/2)

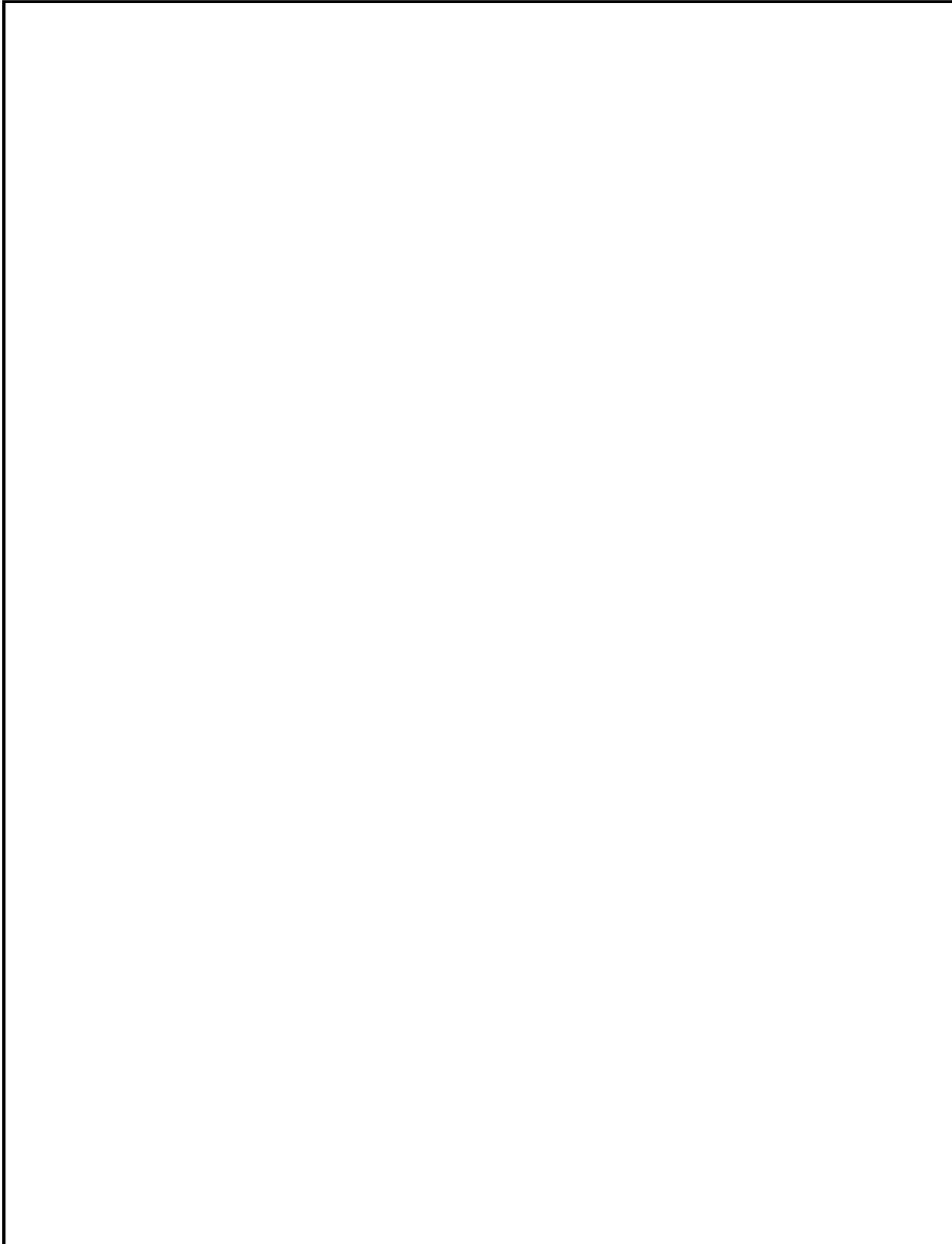
(大飯 1 号炉 2019 年 6 月 1 日時点)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 17 規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合(2/2)

(大飯 1 号炉 2024 年 6 月 1 日時点)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 18 規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合(1/2)

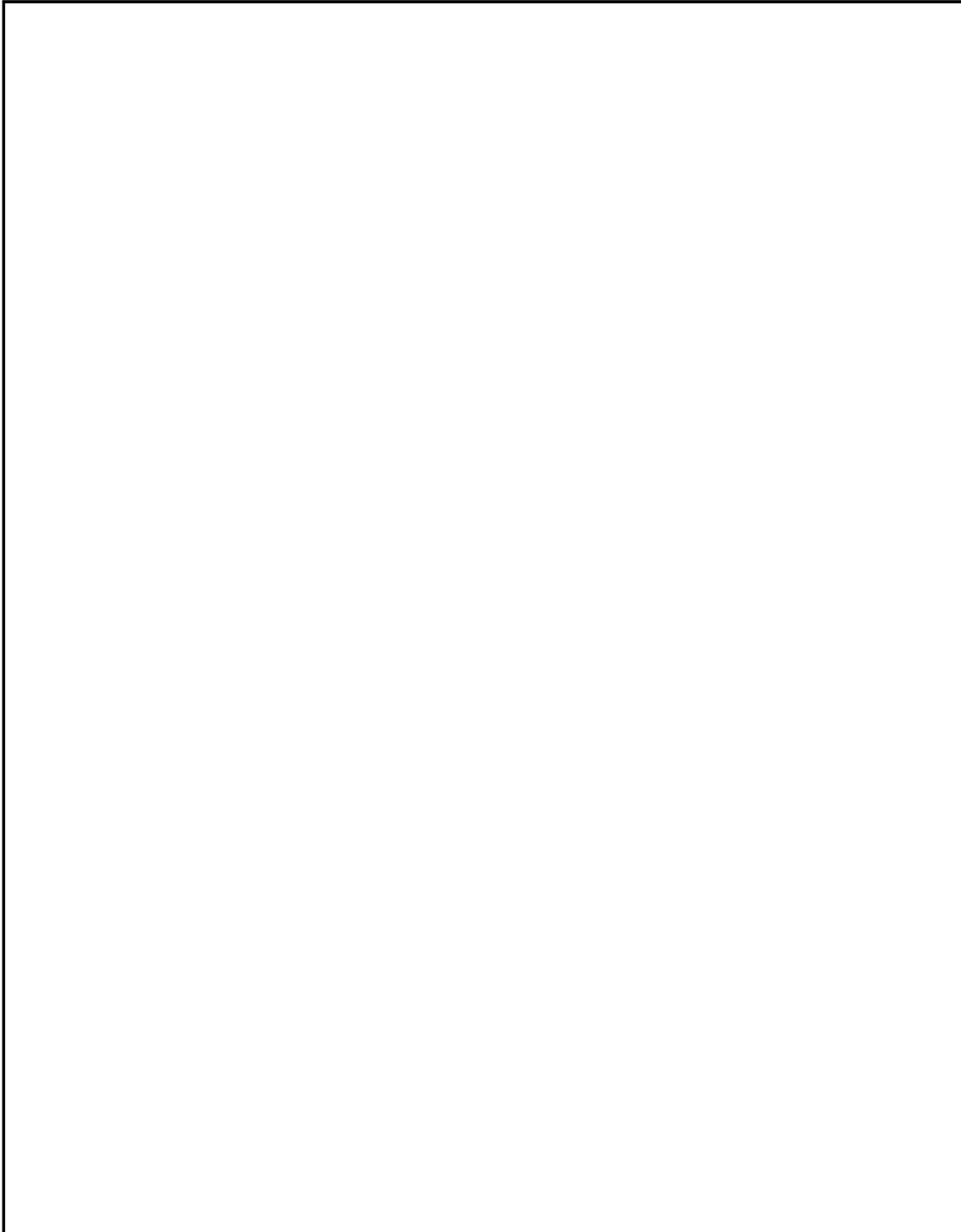
(大飯 2 号炉 2019 年 6 月 1 日時点)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 18 規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合(2/2)

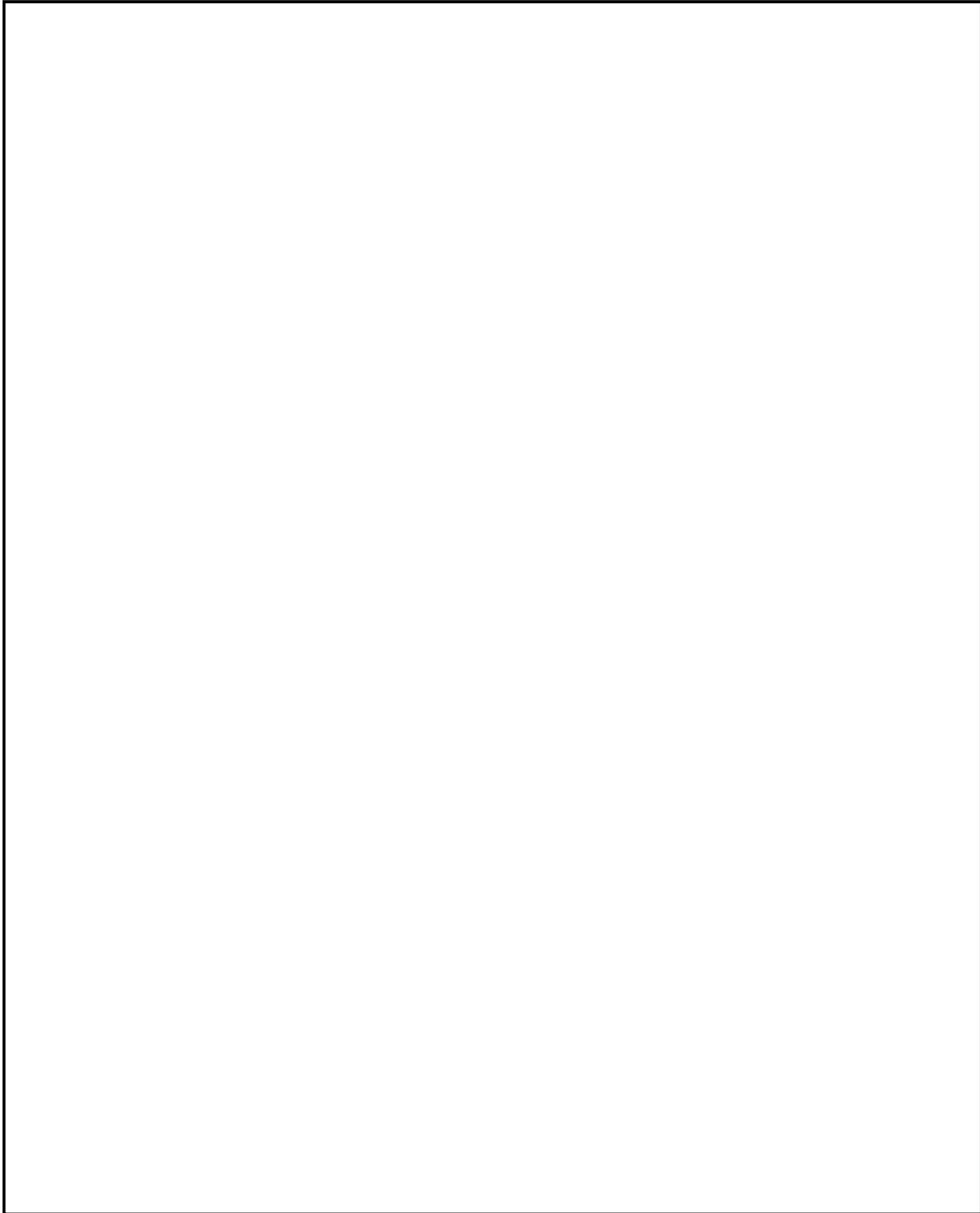
(大飯 2 号炉 2024 年 6 月 1 日時点)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 19 規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合比較 (粒子状成分割合の検証)

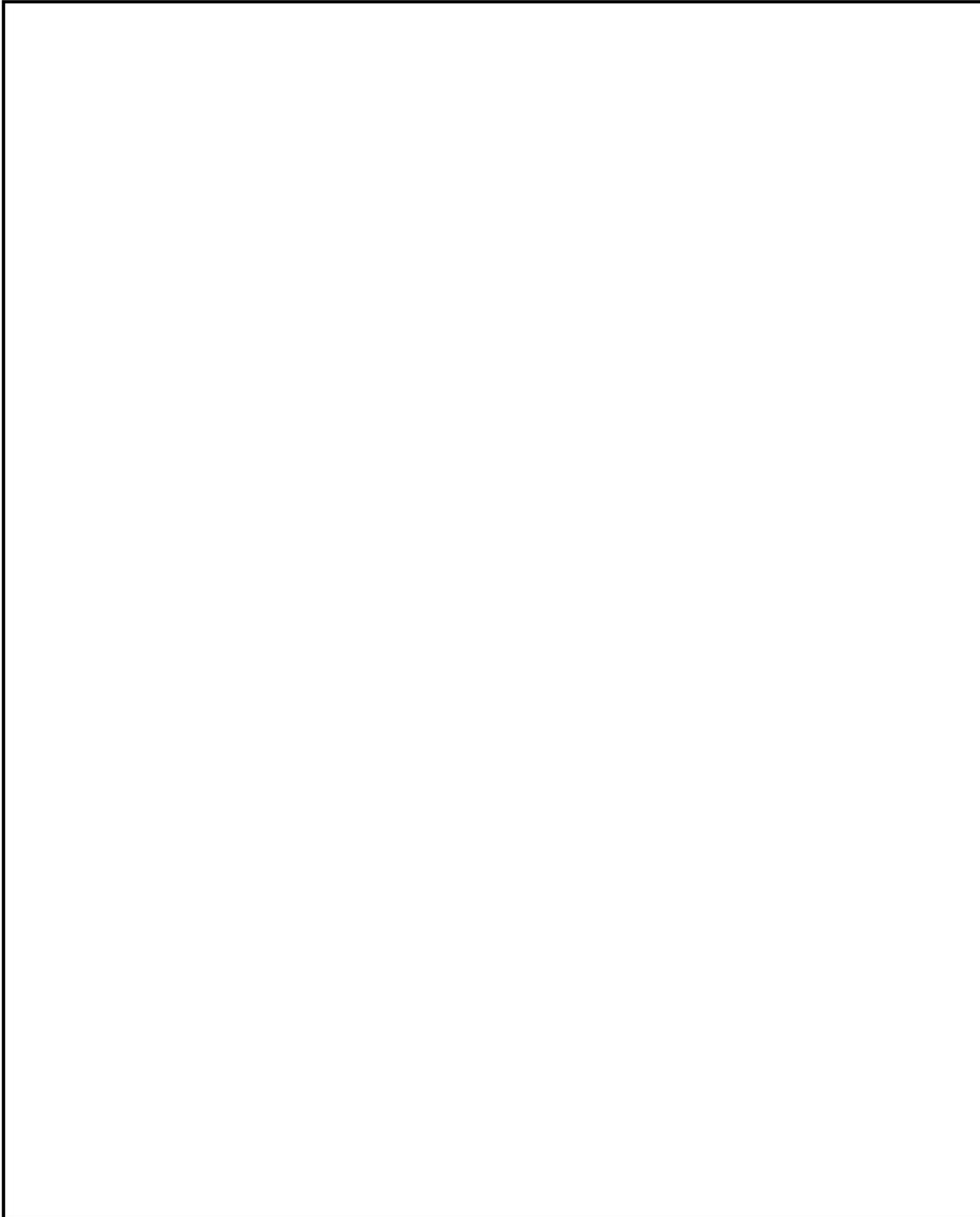
(大飯 1 号炉 2019 年 6 月 1 日時点)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 20 規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合比較 (粒子状成分割合の検証)

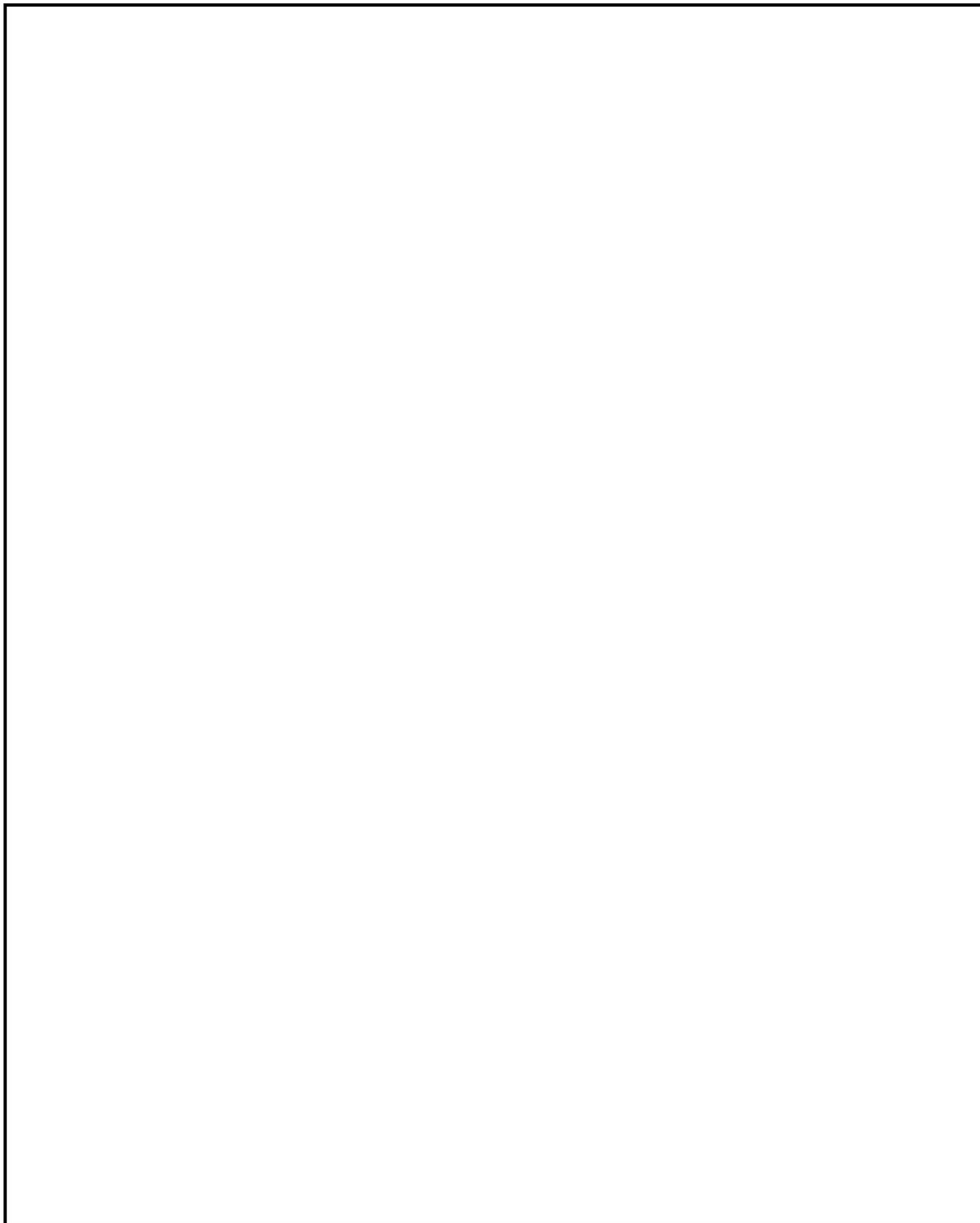
(大飯 2 号炉 2019 年 6 月 1 日時点)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 21 規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合比較 (インコネル 690 の検証)

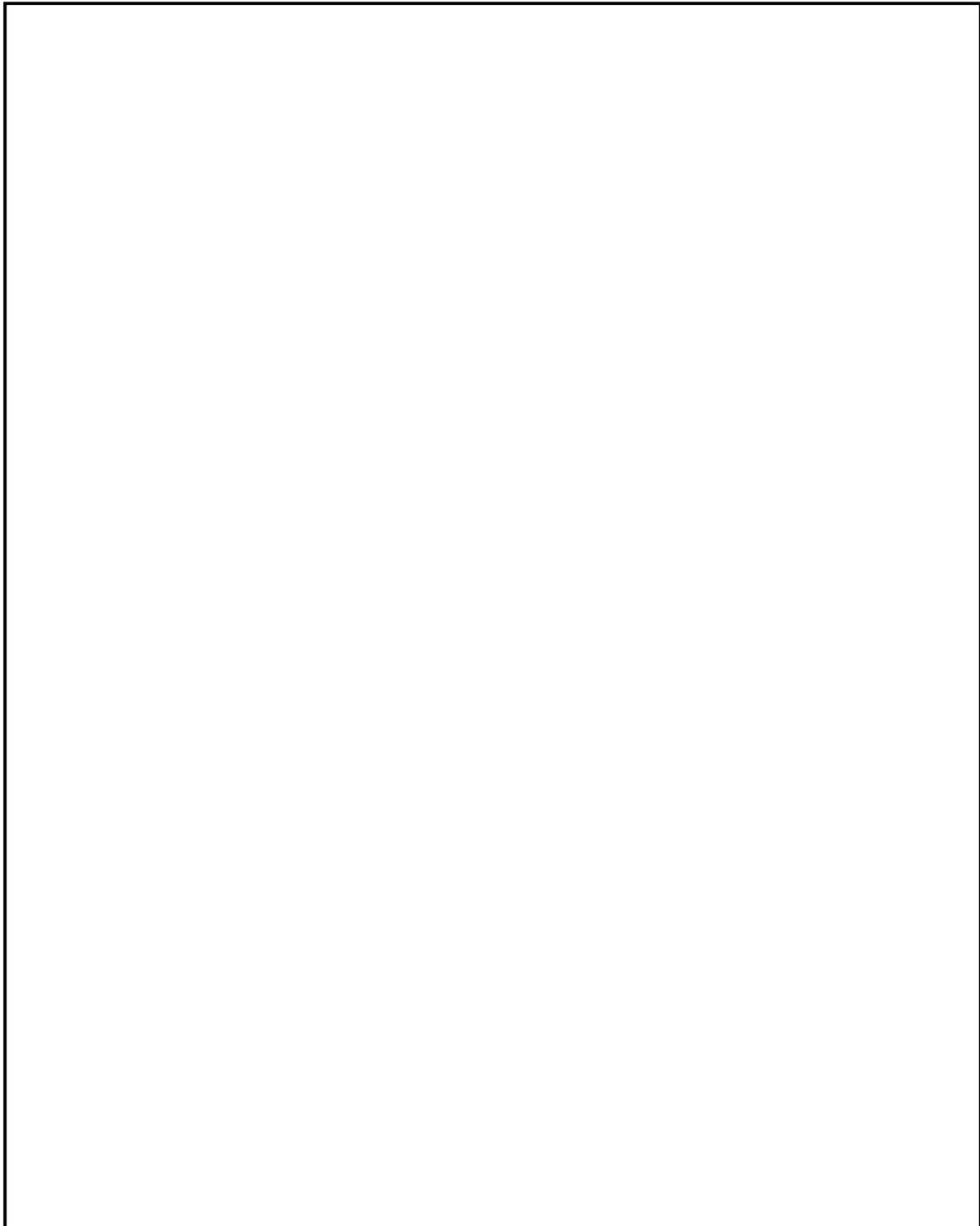
(大飯 1 号炉 2019 年 6 月 1 日時点)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表 22 規則 33 核種の  $\Sigma D_k/C_k$  に対する  $D_k/C_k$  の割合比較 (インコネル 690 の検証)

(大飯 2 号炉 2019 年 6 月 1 日時点)



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。