

# 排ガス中の放射性物質濃度の 測定方法及び測定結果

第2回 放射性物質汚染廃棄物に関する安全対策検討会

平成27年1月26日(月)

於: フクラシア東京ステーション H会議室

京都大学大学院地球環境学堂

高岡昌輝



# 廃棄物処理施設におけるCs問題の顕在

- 平成23年6月27日：東京二十三区清掃一部事務組合：放射能測定結果及び焼却飛灰の一時保管について
- 平成23年5月1日：福島県災害対策本部：県中浄化センターにおける下水汚泥の放射能量調査結果について

- アルカリ金属のうち反応性が最大(理化学辞典)。
- 水と激しく反応
- 常温、空气中で酸化

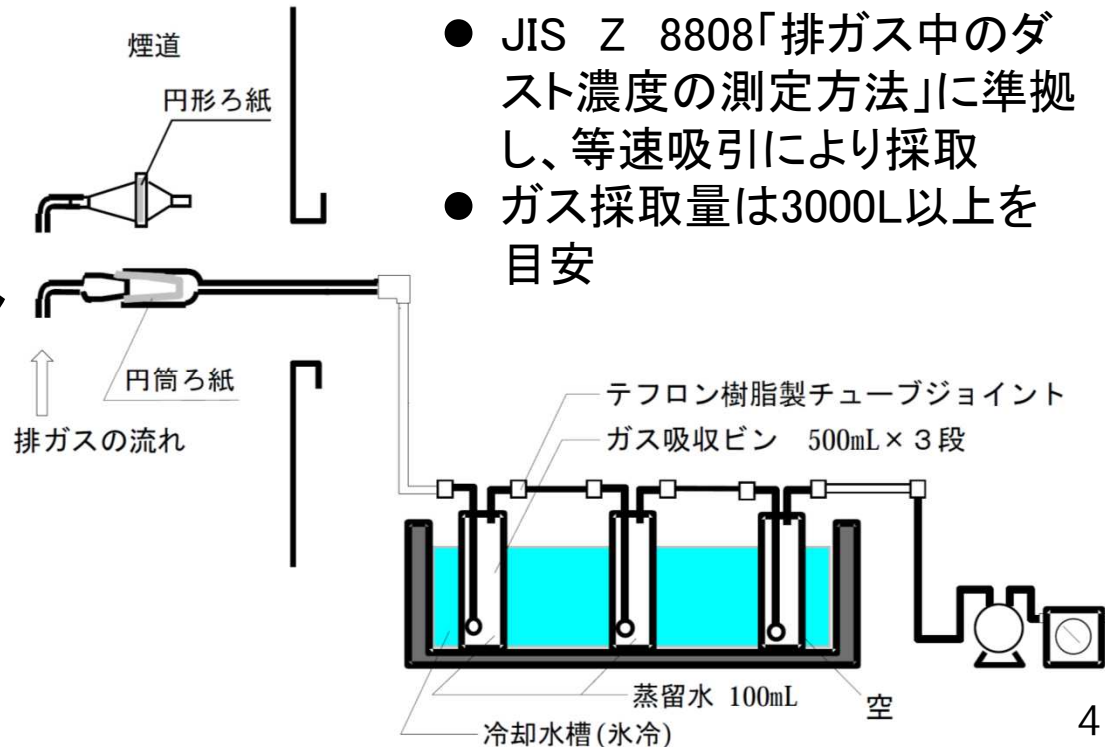
	Cs	CsCl	CsI	Na	NaCl	NaI
原子量 (g/mol)	132.905	168.358	259.81	22.99	58.442	149.894
沸点 (K)	963.15	1573.15	1553.15	1156	1738.15	1577.15
融点 (K)	301.15	919.15	894.15	370.98	1073.95	924
イオン化エネルギー(eV)	3.8939			5.13908		

# 排ガス中放射性セシウムの測定

- 排ガス中のCsの測定方法は事故以前まで一般廃棄物焼却施設での公定法はない。
- 研究者、自治体や分析会社においては大きく2つのアプローチから測定方法を模索
- 都市ごみ焼却施設から排出される金属やダイオキシン類濃度を測定するための方法(JIS K0083およびJIS K 0311)をベースにした方法(以下、[ガイドライン法](#))
- 発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針に基づいた方法(JIS Z 4601放射性ダストサンプラおよびJIS Z4336放射性ヨウ素サンプラ)をベースにした方法(以下、[放射性ダストサンプラ法](#))

# ガイドライン法

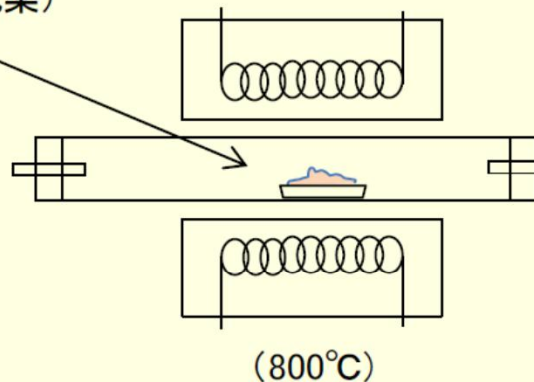
- ❑ 廃棄物資源循環学会災害廃棄物対策・復興タスクチームが2011年6月に災害廃棄物の燃焼試験を行っており、その際にJIS K0083 に基づいた方法により円筒ろ紙、吸収瓶、活性炭カラムを組み合わせた方法を使用
- ❑ 廃棄物等の放射能調査・測定法暫定マニュアル
- ❑ 参照規格としてJIS K0311のダイオキシン類の測定方法
- ❑ 放射能濃度等測定方法ガイドライン(Csのみ対象) → 活性炭の省略



高温に加熱して塩化セシウムを  
ガス化させる

環状電気炉

塩化セシウム(試薬)



セシウムガス発生装置

- 安定セシウムで実験を行ったところ、高温で一旦ガス化したセシウムは、 $200^{\circ}\text{C}$ の円筒ろ紙によって 固体粒子として全て捕集され、ガス状セシウムは検出されなかった。

排ガス採取装置

$200^{\circ}\text{C}$ に保温した  
円筒ろ紙

円筒ろ紙( $200^{\circ}\text{C}$ )

吸収びんを3本つなぐ

吸収びん(蒸留水)×3本

15L/分で  
吸引する

粒子状

ガス状

ガス状

ガス状

氷冷水槽

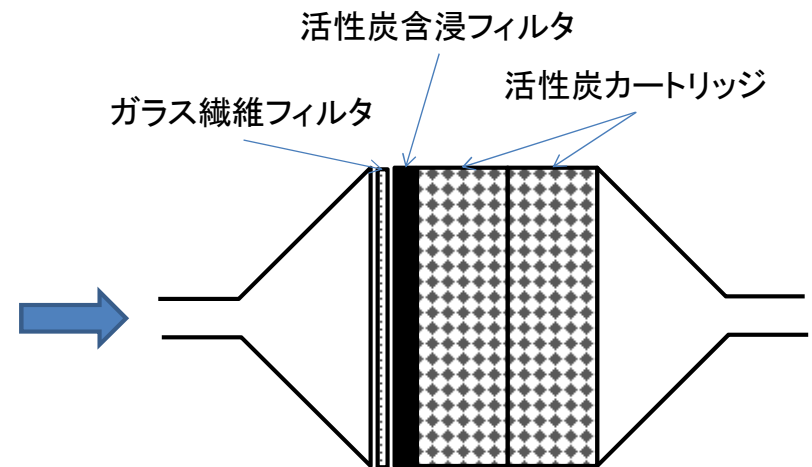
イオンクロマトグラフでセシウムを分析  
(低濃度レベルについては、ICP/MSで分析)

図2 セシウム捕集実験装置

出典:放射性物質の測定方法に関する確認について(大阪市、平成24年10月11日)

# 放射性ダストサンプリング法

- 原子炉施設の平常運転時において環境に放出される気体廃棄物及び液体廃棄物中の放射性物質の放射エネルギーを測定するための標準的な方法を昭和53年9月29日原子力委員会が定めたもの
- JISにおいてはJISZ4601 放射性ダストサンプリングが**昭和33年**に制定され、その後**5回の改正**を経て今日に至っている。この規格が原子力施設及び放射線施設の作業環境、排気系、周辺環境などにおいて粒子状物質による放射能濃度を求めるための方法
- 放射性ヨウ素のサンプリングについてはJIS Z 4336。ろ材の違い
- 東京都下水道局が下水汚泥焼却施設の排ガスを測定した事例



# 比較並行試験

『ガイドライン準拠法』『放射性ダストサンプリング法』『カスケードインパクト法』による比較並行試験（2011年9月）

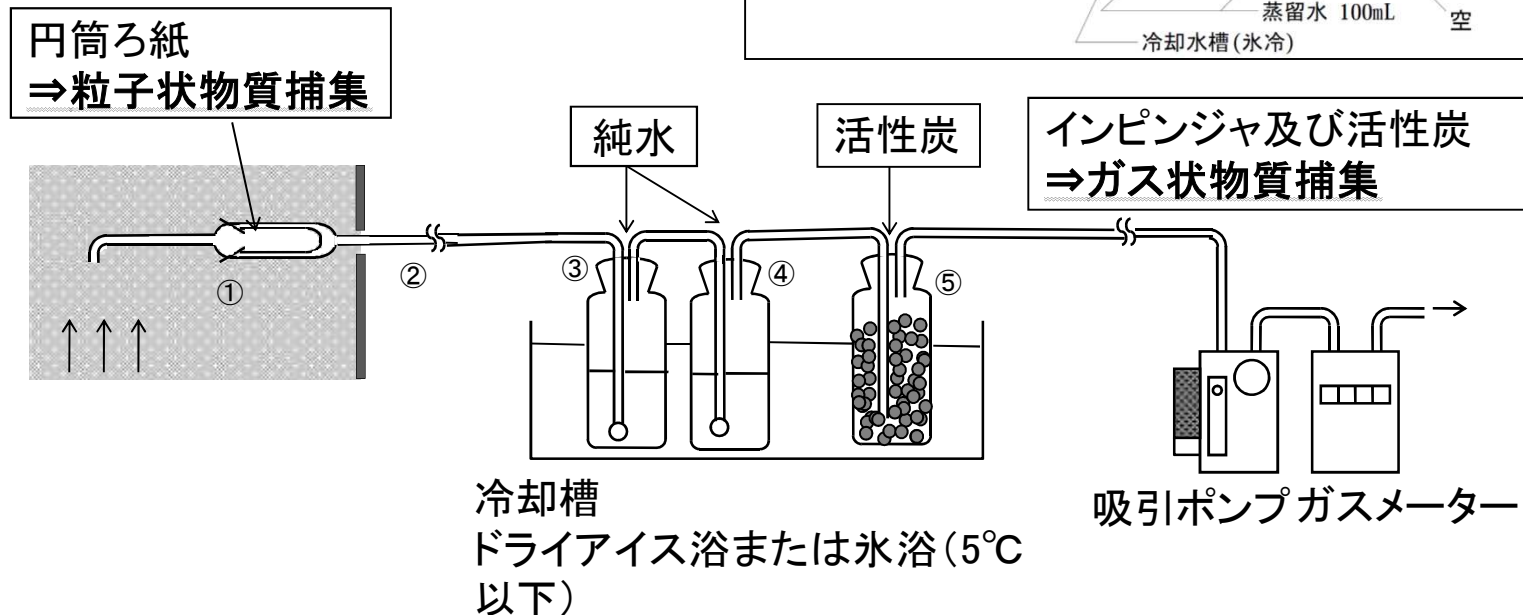
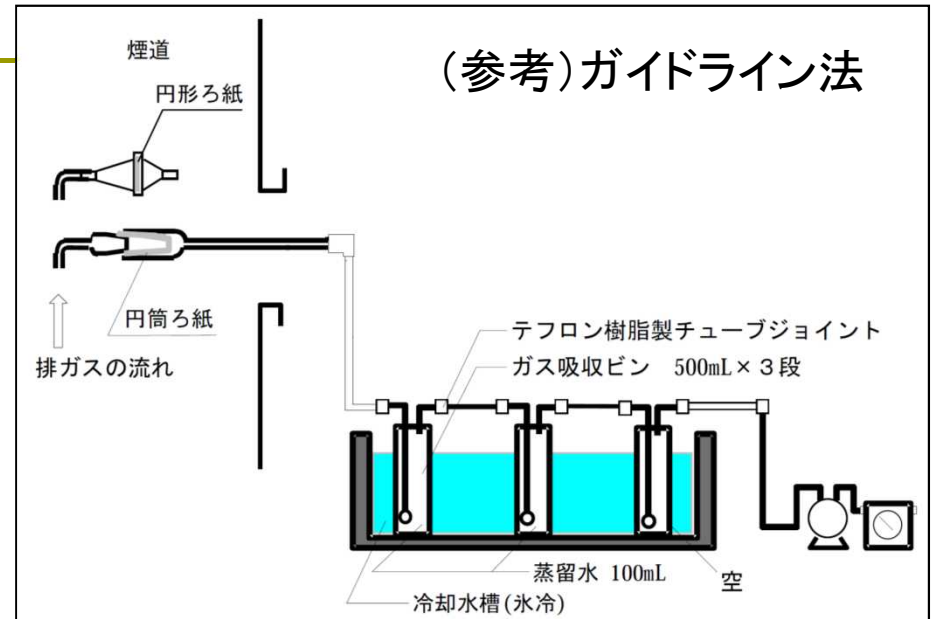
飛灰: 68,900Bq/kg、  
焼却灰: 10,340Bq/kg



- ガイドライン準拠法、放射性ダストサンプリング法
  - バグフィルタ入口: 1時間の等速吸引、バグフィルタ出口: 4時間の等速吸引
- カスケードインパクト法
  - バグフィルタ入口: 5分間の等速吸引、バグフィルタ出口: 48時間の等速吸引
- 分析はGe半導体検出器 (SEIKO EG&G社製型式SEG-EMS)

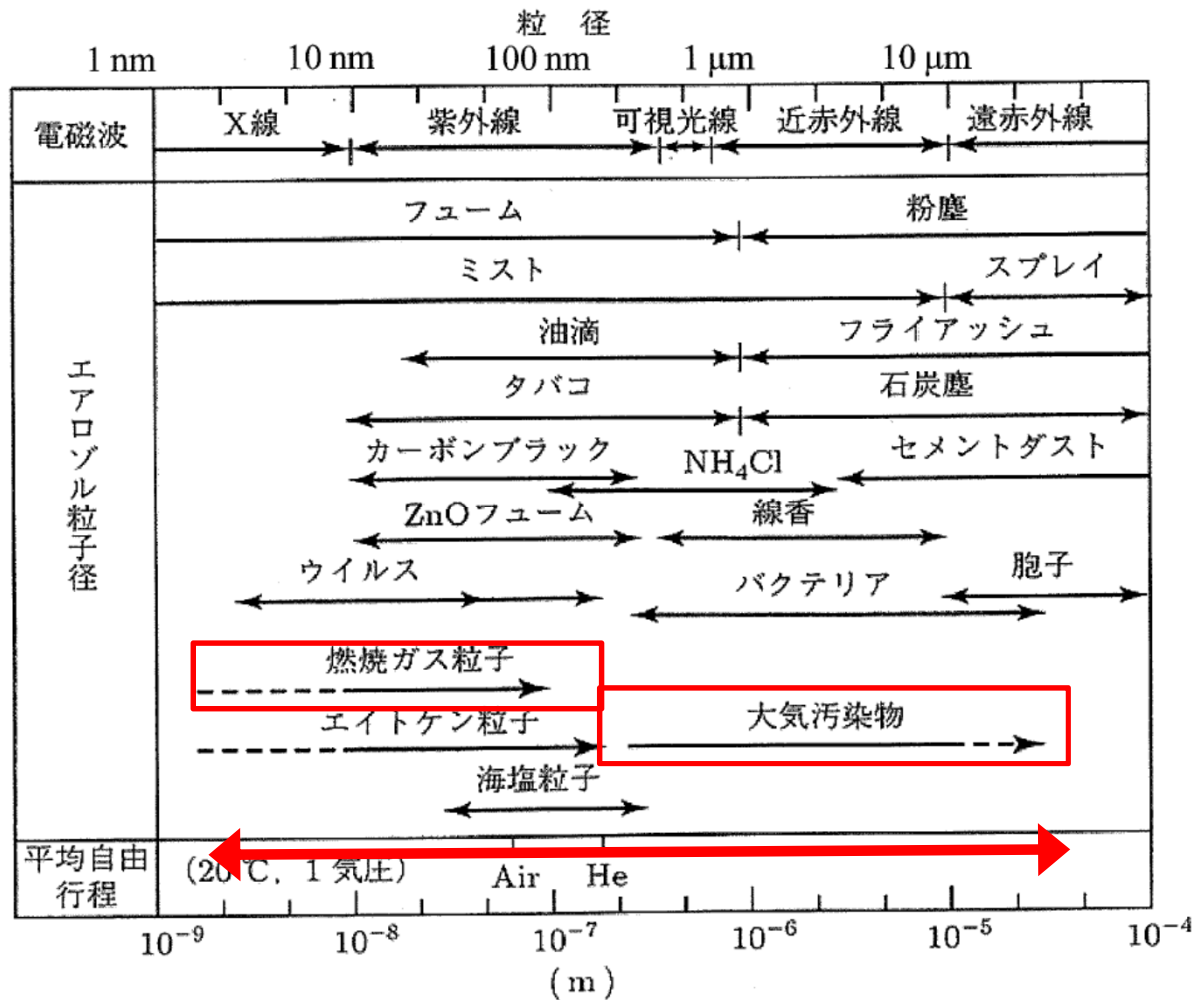
# ガイドライン準拠法の実験条件

- ガイドライン準拠法は、ガイドライン法を基本とし活性炭を設置(下図⑤)  
⇒ガス状物質の確実な捕集





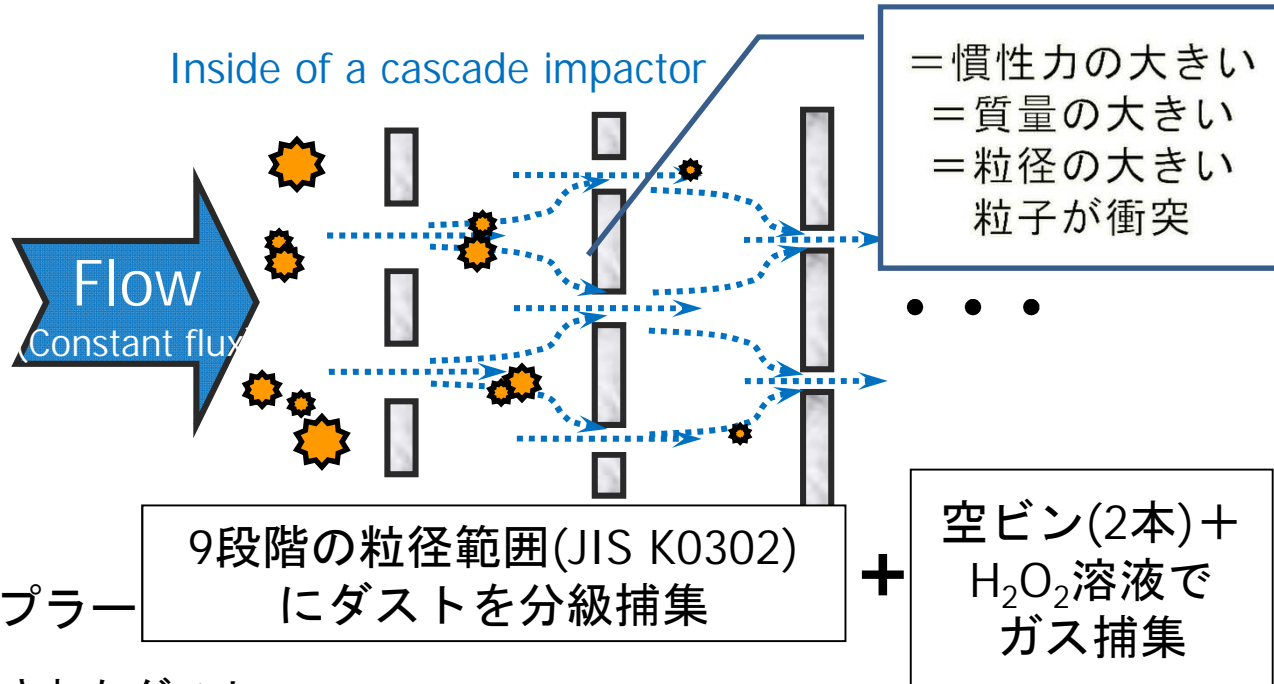
# 焼却施設における 燃焼ガス粒子の粒径範囲



# カスケードインパクト法による 粒径別ダストのサンプリング方法



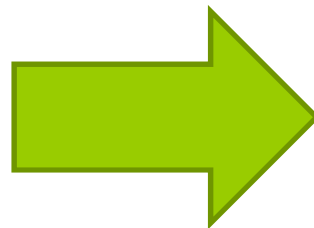
アンダーセンスタックサンプラー  
(集塵機前)



捕集されたダスト



捕集紙(サンプリング後)



ろ紙ごと放射性物質を測定

# 比較並行試験の様子（BF前）





# ガイドライン準拠法による 排ガス中放射性セシウム濃度

バグフィ  
ルタ入口

※ガス状物質  
は検出下限  
値未満

バグフィ  
ルタ出口

回数	吸引ガス量 ( $m^3_N$ )	部位	放射性物質濃度 ( $Bq/m^3_N$ )		
			Cs-134	Cs-137	合計
1	0.528	円筒ろ紙	351	411	762
		インピンジャ(純水)	<0.6	<0.7	<1.3
		活性炭	<2	<1.6	<3.6
		合計	354	414	767
2	0.445	円筒ろ紙	416	480	896
		インピンジャ(純水)	<0.9	<0.6	<1.5
		活性炭	<2.6	<2.4	<5.0
		合計	420	483	903
回数	吸引ガス量 ( $m^3_N$ )	部位	放射性物質濃度 ( $Bq/m^3_N$ )		
			Cs-134	Cs-137	合計
1	2.74	円筒ろ紙	<0.1	<0.1	<0.2
		インピンジャ(純水)	<0.2	<0.2	<0.4
		活性炭	<0.4	<0.4	<0.8
		合計	0.7	0.7	<1.4
2	2.654	円筒ろ紙	<0.1	<0.1	<0.2
		インピンジャ(純水)	<0.2	<0.2	<0.4
		活性炭	<0.5	<0.4	<0.9
		合計	0.8	0.7	<1.5

# 放射性ダストサンプリング法による 排ガス中放射性セシウム濃度

バグフィ  
ルタ入口

回数	吸引ガス量 ( $m^3_N$ )	部位	放射性物質濃度 ( $Bq/m^3_N$ )		
			Cs-134	Cs-137	合計
1	0.682	ノズル洗液	49	63	112
		サンブラ	199	235	434
		ドレン	<1	<1	<2
		合計	249	299	548
2	0.737	ノズル洗液	78	94	172
		サンブラ	182	227	409
		ドレン	<1	<1	<2
		合計	261	322	583

バグフィ  
ルタ出口

回数	吸引ガス量 ( $m^3_N$ )	部位	放射性物質濃度 ( $Bq/m^3_N$ )		
			Cs-134	Cs-137	合計
1	3.469	ノズル洗液	<0.5	<0.5	<1
		サンブラ	<0.4	<0.4	<0.8
		ドレン	<0.2	<0.1	<0.3
		合計	1	1.1	<2.1
2	3.301	ノズル洗液	<0.4	<0.3	<0.7
		サンブラ	<0.4	<0.4	<0.8
		ドレン	<0.2	<0.1	<0.3
		合計	1	0.8	<1.8

# カスケードインパクタ法による 排ガス中放射性セシウム濃度

バグフィルタ入口(吸引排ガス量:0.066m<sup>3</sup><sub>N</sub>) バグフィルタ出口(吸引排ガス量:40.773m<sup>3</sup><sub>N</sub>)

粒径範囲(μm)	放射性物質濃度(Bq/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )			粒径範囲(μm)	放射性物質濃度(Bq/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )		
	Cs-134	Cs-137	合計		Cs-134	Cs-137	合計
11 以上	16	23	39	9.2 以上	<0.02	<0.02	<0.04
6.9 ~ 11	15	20	35	6.0 ~ 9.2	<0.02	<0.02	<0.04
4.6 ~ 6.9	6	8	14	4 ~ 6.0	<0.02	<0.02	<0.04
3.1 ~ 4.6	3	3	6	2.7 ~ 4	<0.02	<0.02	<0.04
2.0 ~ 3.1	3	3	6	1.7 ~ 2.7	<0.02	<0.01	<0.03
0.98 ~ 2.0	10	13	23	0.83 ~ 1.71	<0.02	<0.02	<0.04
0.55 ~ 0.98	14	17	31	0.46 ~ 0.83	<0.02	<0.02	<0.04
0.40 ~ 0.55	15	14	29	0.33 ~ 0.46	<0.02	<0.02	<0.04
0.40 以下	29	28	57	0.33 以下	<0.02	<0.01	<0.03
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 吸収液	<10	<10	<20	ドレン	<0.04	<0.06	<0.1
合計	121	139	260	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 吸収液	<0.02	<0.02	<0.04
				合計	0.24	0.24	0.48

●「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」等で示された濃度限度Cs-134:20Bq/m<sup>3</sup><sub>N</sub>、Cs-137:30Bq/m<sup>3</sup><sub>N</sub>を十分下回ることがわかり、BFの能力を確認。

# おわりに

---

## □ 測定結果について

⇒BF前後での測定結果を見ると、BF後の測定結果は全て検出下限値未満であることが確認できた。

⇒3つの測定方法の中で、ガイドライン準拠法がBF前において $903\text{Bq}/\text{m}^3_{\text{N}}$ と最も高い放射性物質濃度となった。

⇒ガイドライン準拠法において、インピンジャ(純水)・活性炭での放射性物質濃度は全て検出下限値未満であることが確認できた。

## □ 測定手法について

⇒ガイドライン準拠法において、インピンジャ(純水)・活性炭での放射性物質濃度は全て検出下限値未満であった。このことから、ガス状物質の捕集を目的としたインピンジャ(純水)については実質的には省略可能であるが、ろ紙が破損した場合のバックアップの役割として設定する必要があると思われる。