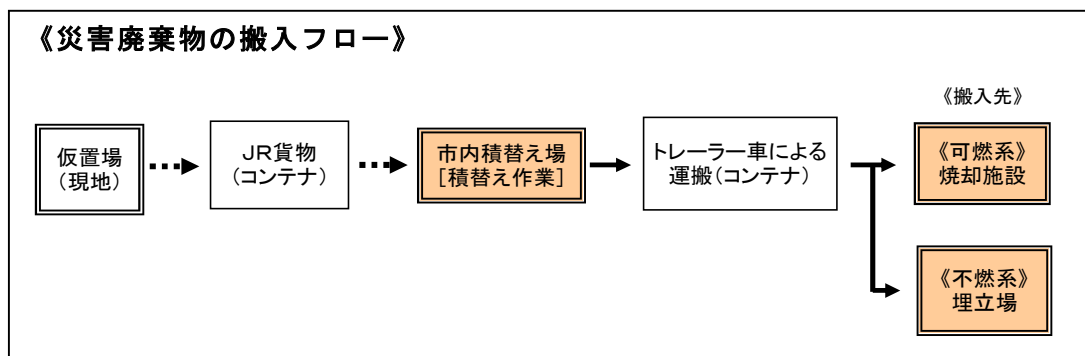


放射性セシウムの挙動と現処理施設の処理性能

I 災害廃棄物の処理・処分方法

1. 災害廃棄物の搬入方法



① JR貨物によるコンテナ輸送



② トレーラーによる運搬



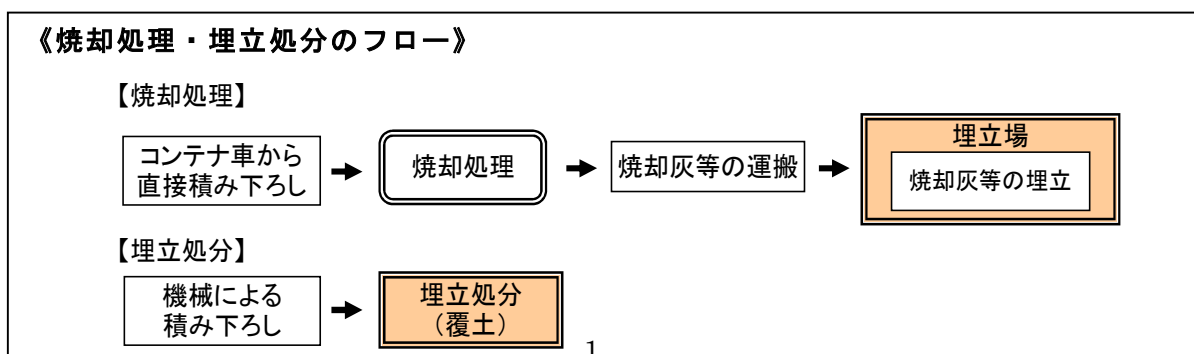
③ フレコンバック積み方式



④ 廃棄物の分別作業（仮置場）

※①②東京都災害廃棄物処理フロー、③JR 貨物 HP、④大阪府域における東日本大震災の災害廃棄物処理に関する指針より

2. 処理・処分方法



Ⅱ 放射性セシウムの挙動と現処理施設の処理性能

1. 焼却過程における放射性セシウムの挙動

放射性セシウムの一部は揮発あるいは液化して排ガスに移行し、残りは焼却灰中に残留する。排ガス中に移行した放射性セシウムは、排ガスの冷却過程で凝結し、約 200℃ 以下に制御されているバグフィルター付近では、主に塩化セシウムの形態でばいじんに吸着しているとされている。

本市焼却施設のバグフィルター（集塵装置）の入口温度は 160～180℃で管理されており、ばいじん除去率は 99.95%～99.98%以上であるため放射性セシウムを 99.9%以上除去することが可能とされる。

また、放射性セシウムの飛灰への移行は、岩手県・宮城県の 12 清掃工場の測定結果から移行率が 72%であり、国が当初ストーカ炉で考えていた 50%を大きく上回っている。このことによって、放射性セシウムが飛灰（固化灰）に高濃度に濃縮され、放射性物質濃度が焼却廃棄物の 24 倍になる。

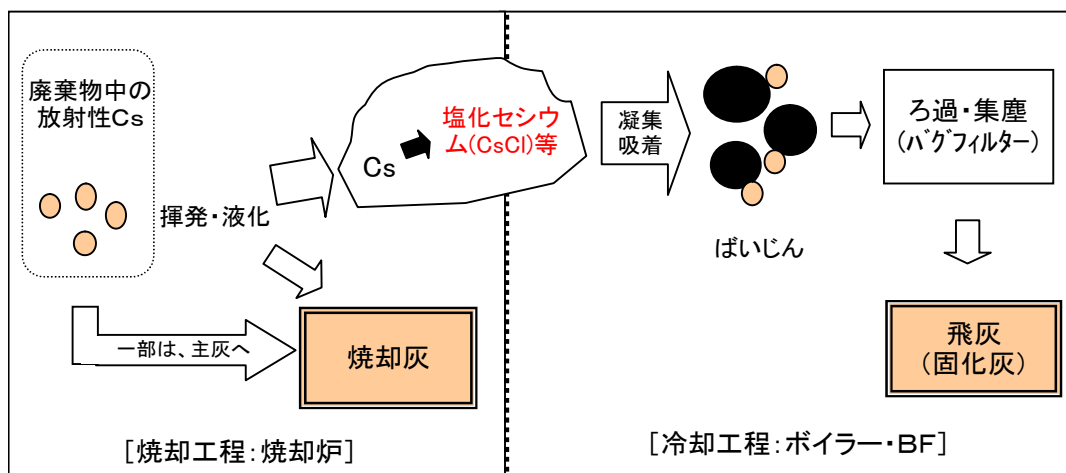


図 1 焼却処理過程における放射性 Cs の挙動

表 1 集じん装置（BF）のばいじん除去率（実績）

【単位：mg/m³N】

	入口濃度	出口濃度	除去率
西部 EC	2.0～5.0	<0.001	99.95%～99.98%
東部 EC	3.0～6.0	<0.001	99.97%～99.98%

放射性セシウムの物性から推定される挙動¹⁾

(1) 放射性セシウムの物性

- ・周期律表ではアルカリ金属に属するため、環境または処理において原子よりは電解質（塩）として存在する可能性が高い。
- ・セシウム (Cs) の沸点は 650℃であり、ハロゲン化すると沸点(1300℃)、融点(646℃)が高くなるため、常温に近い温度では気体として存在する可能性がほぼない。
- ・塩化セシウムの蒸気圧はダイオキシソ類に比べて 9～11 桁程度低く、凝集してばいじんに吸着する性質はダイオキシソ類よりはるかに強い。
- ・イオン化エネルギーが低く、陽イオンになりやすく、環境中では酸素、水、他の元素や化学物質と反応し、塩化物、炭酸塩、硝酸塩などの塩類もしくはイオンとして存在するのではないかと推察される。
- ・塩類の溶解度が非常に高く、浸出水などの水環境系へ Cs⁺イオンとして溶解する可能性が高い。
- ・Cs⁺イオンは土壌（特に粘土質）に吸着しやすく、覆土層（50cm）を通過するトラベルタイムが 50 年以上期待できる。

(2) 集じん装置による放射性セシウムの除去率

環境省が収集している排ガスモニタリング結果において、放射性セシウムが検出された施設はいずれも電気集塵機を備えた施設であり、バグフィルターを備えた施設では全て検出下限未満になっている。

放射性セシウムの除去率は、バグフィルターを設置している施設で 99.9%以上である。

集じん装置による放射性セシウムの除去率

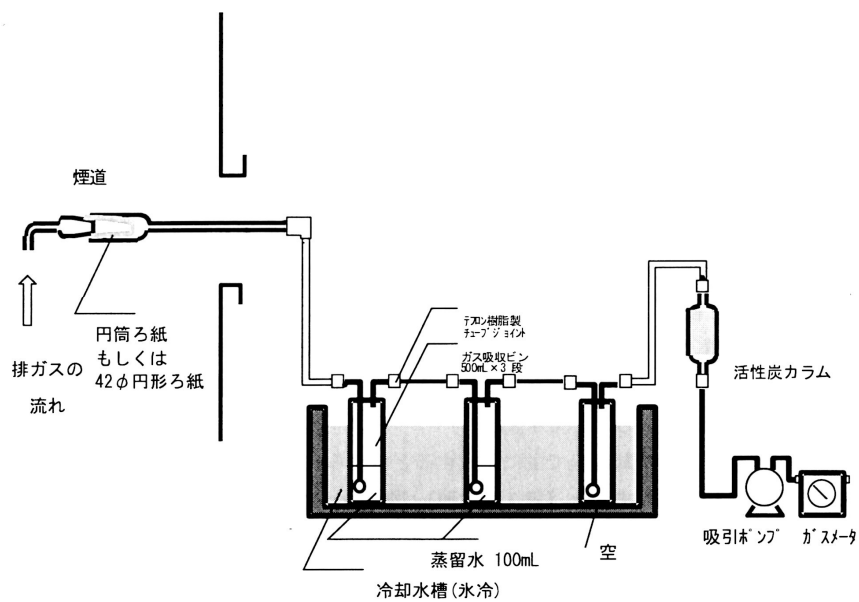
	入口濃度(Bq/m ³)		出口濃度(Bq/m ³)		除去率(%)	
	Cs134	Cs137	Cs134	Cs137	Cs134	Cs137
あらかわクリーンセンター (BF:福島県)	78	96	<0.008	<0.006	<99.99	<99.99
	98	126	0.008	<0.007	<99.99	<99.99
A市清掃工場(BF)	58	70	<0.054	<0.053	<99.91	<99.92
B市清掃工場(BF)	58	76	<0.1	<0.1	<99.83	<99.87
須賀川地方保健 環境組合(EP)	33	42	0.2	0.2	99.39	99.52
	43	57	0.2	0.2	99.53	99.65

※ B F : バグフィルター、E P : 電気集塵機

(3) 測定結果（ガス態）

環境省などの多くの測定結果のなかで、一部検出されているバグフィルター入口の場合でもサンプリング装置の最も上流部の円筒ろ紙で検出されており、その後のドレン部や活性炭部では、検出された例はありません。つまり、測定できるレベルではガス態は存在していないことである。

《サンプリング方法》



1) 溶出時における放射性セシウムの挙動

焼却灰と飛灰の溶出試験を行うと、溶出挙動が著しく異なる。焼却灰中の放射性セシウムは水に溶けにくく、飛灰中のセシウムは容易に溶出する。この結果は、セシウムが灰中に移行する過程で、焼却灰と飛灰でセシウムの化学形態が異なることが影響している。飛灰への化学形態は、廃棄物の焼却過程で生成した塩化セシウムが飛灰粒子に凝集・吸着しているもので、焼却灰への化学形態はセシウムがアルミノシリケート ($\text{CsAlSi}_2\text{O}_6$) の形で取り込まれていると考えられる。

溶解度が高い塩化セシウムが付着している飛灰からはセシウムの溶出量が高く、Cs が取り込まれた焼却灰から少なくなる。

溶出率を比較すると、一般廃棄物飛灰が極端に高く他の廃棄物は概ね低い傾向にある。

一般廃棄物飛灰 >> 焼却灰、下水污泥飛灰、災害廃棄物

固化灰については、成形したものは効果が大きいですが、団粒程度では大きな効果は望めない。

焼却施設の処理工程において、放射性セシウムを含む廃棄物と水が接触する箇所は、ごみ污水ピットからのごみ污水、灰污水ピットからの灰污水及び炉室床排水がある。ごみ污水は炉内噴霧されており、灰污水は東部環境エネルギーセンターでは炉内噴霧、西部環境エネルギーセンターでは排水処理と炉内噴霧が可能になっているため、放流水に放射性物質が溶出することは殆どないと考えられる。

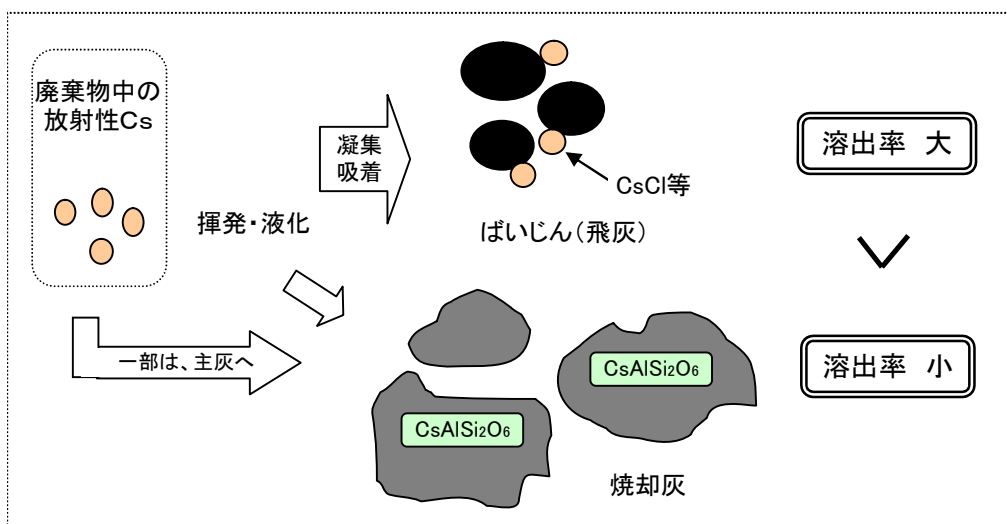


図2 焼却灰・飛灰からの放射性Csの溶出挙動

放射性セシウムの物性から推定される挙動¹⁾

(1) 放射性セシウム溶出量

放射性セシウムの溶出特性は、廃棄物の種類ごとに異なることから、それぞれの特性に応じた対策をとる必要がある。

①飛灰 64～89%（飛灰と飛灰処理物に差異はほとんど見られない）

ただし、セメントで成形固化したものが 13.1%と団粒化したものより、成形固化したものに溶出抑制に優位性がみられる。

②焼却灰 5.6%以下

③その他の廃棄物 数%未満

（一般廃棄物熔融スラグ、下水汚泥焼却灰、下水汚泥焼却飛灰、上水発生土、災害廃棄物(大谷石、セメントブロック、スレート瓦、木材、トタン、石膏ボード、瓦、塩化ビニール管、土壌)）

(2) 下水汚泥焼却飛灰

飛灰への移行については、共存する塩素濃度や炉内温度、セシウムの由来（土壌由来か、草木類に付着、吸収されたものの由来か）などによって影響されると推察される。

下水汚泥焼却飛灰から放射性セシウムが一般廃棄物の焼却飛灰と比較して溶出量が小さい理由は、下水汚泥の焼却では CsCl ガスの生成は少なく、 Cs の溶出性が低い $\text{CsAlSi}_2\text{O}_6$ が主に生成されると予想される。

2. 埋立過程における放射性セシウムの挙動

1) 土壌による放射性セシウムの吸着能力

国の「第5回 災害廃棄物安全評価検討会資料」によると、放射性セシウムの吸着能力は、珪砂5号<茨城真砂土<埼玉土壌<ベントナイトの順に高くなる。

得られた分配係数から、Cs-137が覆土層を通過するトラベルタイムは、土壌により異なり粘土質のものは50年を超える。

分配係数の高い土壌を中間覆土に使うと、放射性セシウムの通過を大幅に遅延し、放射能の自然減衰の効果を期待できる。さらに、放射性セシウムを含む廃棄物層への水の浸入を防止することで、遅延効果は更に高まり、放射性物質濃度を低減させることができる。

《計算事例》

(降雨量 1,800mm/年のうり、600mm/年が浸透したときの、0.5m厚の覆土を Cs-137 が通過するのに必要な時間)

埼玉土壌	52 年
ベントナイト	97 年

《覆土の選定》

覆土層には、溶出した放射性物質を吸着させる目的があり、土壌層には「吸着能」と「通水性」の2つが求められる。吸着能のみを考慮すれば、粘土質土壌が最も性能が良いことになるが、粘土分(75 μ m以下の粒径)が多いと、通水性が悪く、浸透水が吸着層内に入り込まない可能性が高いため、吸着層の役目を果たさない。よって、適切な土壌が入手できなければ、吸着能と通水性の両機能を有する材料を配合して人為的に作る必要がある。

《埋立箇所の選定》

埋立場には廃棄物の腐敗を促進するため狭い範囲にガス抜き管が設置されている。埋立箇所の選定にあたって、浸透水がガス抜き管からの直接短絡しないよう十分な配慮が必要である。適正な位置によって、他の覆土層による遅延効果が見込まれ、放射性物質濃度を低減させることができる。

2) 浸出液処理過程における放射性セシウムの挙動

焼却灰には、数 mg/kg 程度の安定セシウムが含まれており、飛灰からの溶出率は放射性セシウムと同様に高いため、適正な覆土を施してない場合やガス抜き管から短絡している場合には相当程度浸出してくる。

処理性能についてみてみると、安定セシウムが検出されている浸出液処理施設では、原水と処理水に顕著な差が見られない（表 3）。このことから浸出液等に陽イオンとして溶存するセシウムは、凝集沈殿、砂ろ過、生物処理、活性炭吸着、キレート処理ではほとんど処理できないことがわかる。

表 3 現在の浸出液処理施設における処理状況

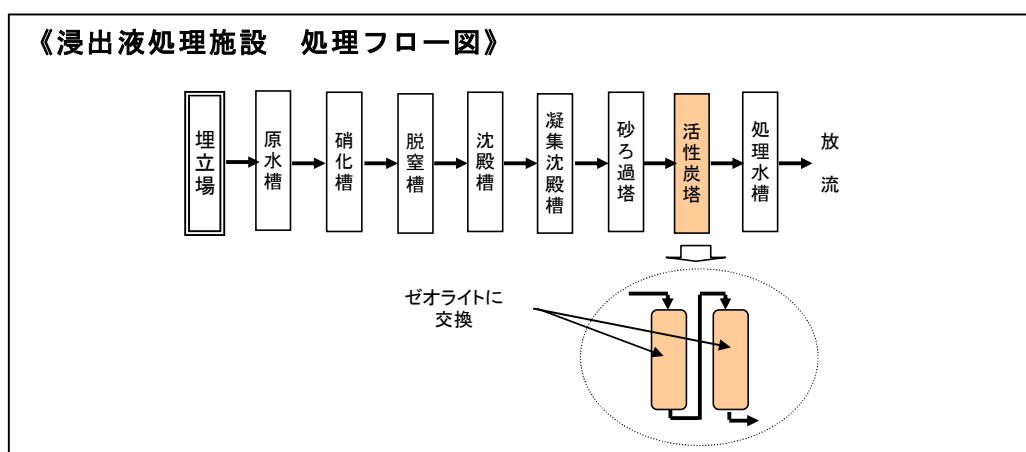
	原水	処理水
A 施設	42	35
B 施設	16	18
C 施設	<1	2
D 施設	<1	2
E 施設	<1	<1
F 施設	28	25
G 施設	70	72
H 施設	<1	<1

【単位：安定 Cs-133(μg/l)＝自然存在比 100%】

《有効な除去方法》

(a) ゼオライトによる吸着法

活性炭塔の活性炭をゼオライトに取り替え、放射性物質を吸着させる方法である。



(b) ゼオライトの直接投入による吸着

硝化槽にゼオライトを直接投入し、活性汚泥と混合させることによって放射性物質汚染水と接触・吸着させ、凝集沈殿槽で汚泥として取り除く方法である。効果は小さいが緊急対策として位置づける場合においては有効な方法である。