

# 放射性物質を含む廃棄物の適正な処理処分 (技術資料：概要版)

これまでの調査・研究で明らかになったことを、できるだけ分かりやすくご説明します。



国立環境研究所  
資源循環・廃棄物研究センター

## はじめに

こちらは

「放射性物質の挙動からみた適正な廃棄物処理処分(技術資料)」  
を出来るだけ分かりやすくご説明した**概要版**になります。

「放射性物質の挙動からみた適正な廃棄物処理処分(技術資料)」については  
下記のホームページからダウンロード出来ます。

国立環境研究所ホームページ東日本大震災関連ページ

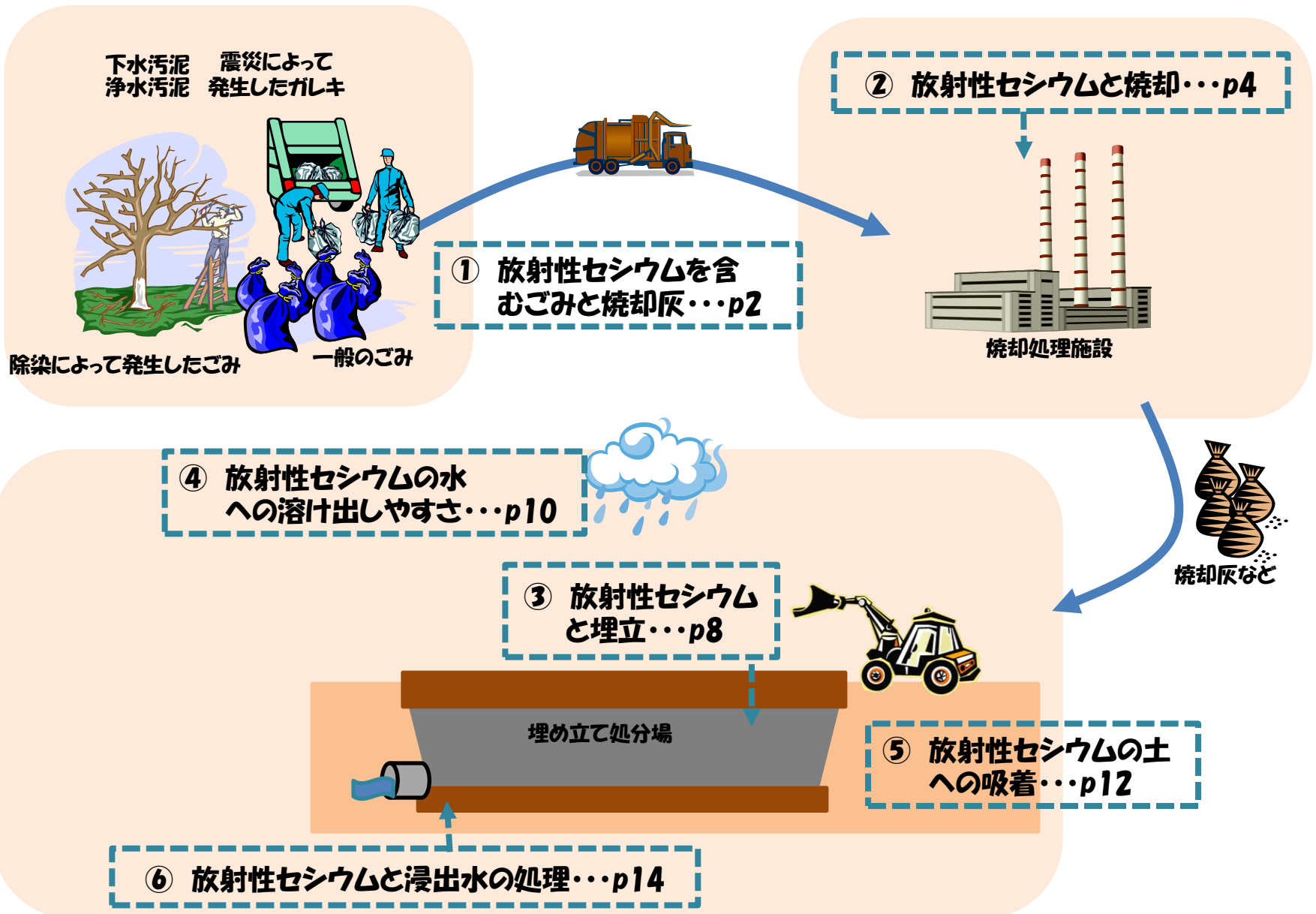
**放射性物質の挙動からみた適正な廃棄物処理処分(技術資料)第二版**

[http://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo\\_r2\\_120326s.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo_r2_120326s.pdf)

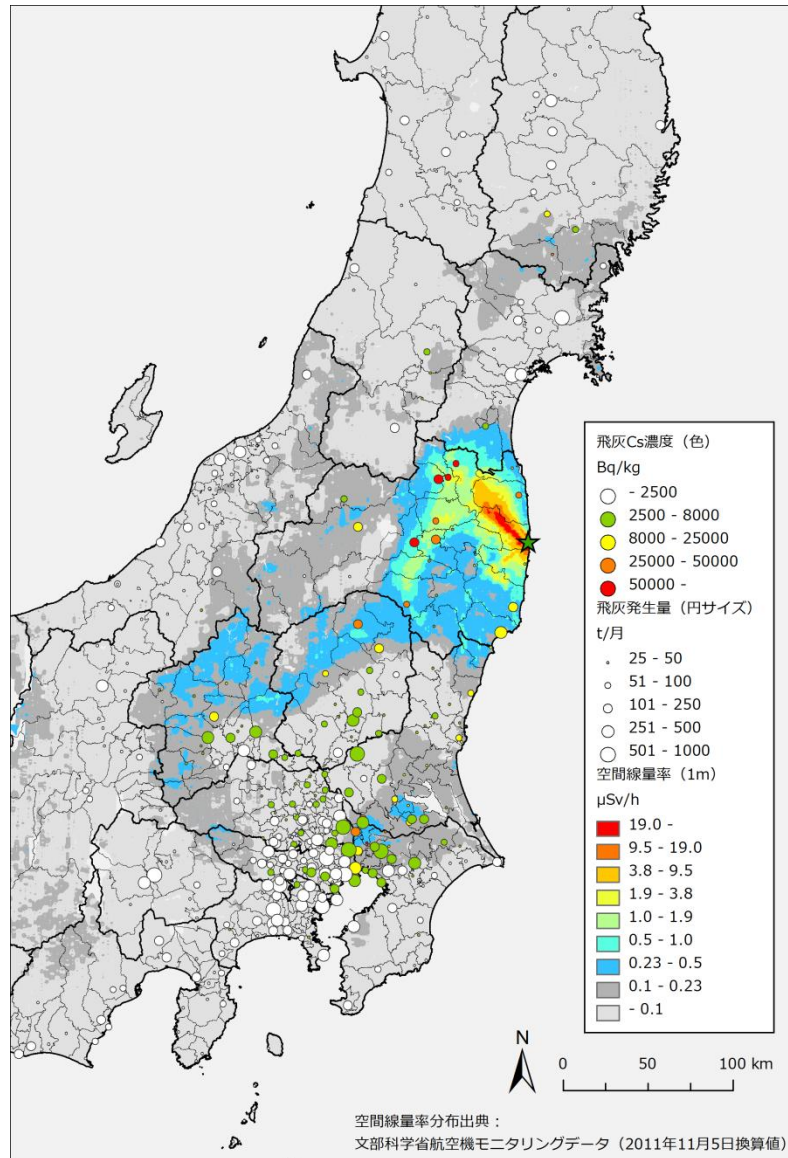
**第10章追補版**

[http://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo\\_r2\\_s10+\\_120416.pdf](http://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo_r2_s10+_120416.pdf)

# 放射性物質と廃棄物処理(目次)



# ① 放射性セシウムを含むごみと焼却灰



## 放射性セシウムを含む焼却飛灰<sup>※1</sup>の発生状況

福島第一原子力発電所の事故にともない、東日本の多くの地域では、ごみを燃やした後に発生する**焼却灰に放射性セシウムが含まれる**ようになりました。

これは、放射性セシウムが降り注いだ草木等が、剪定されたり、落ち葉として集められたりして、ごみとして焼却されたことが主な原因だと考えられています。

左の地図は、東日本における放射性セシウムの空間線量<sup>※2</sup> (2011年11月換算値)と、放射性セシウムを含む焼却飛灰の発生量、および濃度(2011年7月測定値)を示したものです。

地図の色や○印は次のようなことを表しています。

- 印の色 … 飛灰に含まれる放射性セシウムの濃度
- 印の大きさ … 飛灰の発生量
- 地図の色 … 放射性セシウムの空間線量<sup>※2</sup>率

左の地図をよく見てみると、以下のようなことが分かります。

- 放射性セシウムの空間線量<sup>※2</sup>が高いところでは、ごみを燃やした後の焼却飛灰にもたくさんの放射性セシウムが含まれている。
- 関東地域でも黄色やオレンジ(1キロあたり8000ベクレル超)の施設がある。また、緑色(1キロあたり数千ベクレル)の比較的大きな○印も多く、これらについても適切な処分や管理が必要。

焼却灰中の放射性セシウム濃度は時間経過とともに少しずつ下がってきていますが、今後、除染活動にともなって、たくさんの草木類がごみとしてでてくると考えられます。そうすると、焼却灰に含まれる放射性セシウムの濃度も上がる可能性があります。



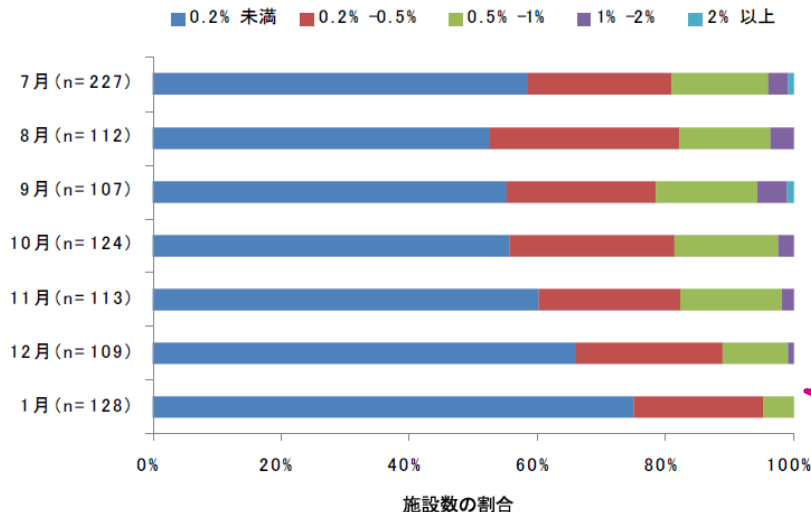
※ その他の詳しい分析結果は次ページに！

※1 焼却灰には、焼却炉の底に残る主灰と、排ガス中のばいじんを捕集した飛灰があり、放射性セシウムは飛灰に高濃度に濃縮されます。 ※2 空間線量とは、空間における放射線の量のことです。

# ① 放射性セシウムを含むごみと焼却灰 土からごみへの移動

国立環境研究所では、放射性セシウムを含む焼却灰の調査を行うため、1都15県（岩手、宮城、秋田、山形、福島、茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、新潟、山梨、長野、静岡）のごみ焼却施設について、様々なデータを集めて分析しました。以下にそのひとつをご紹介します。

## 土からごみに移動した放射性セシウムの割合

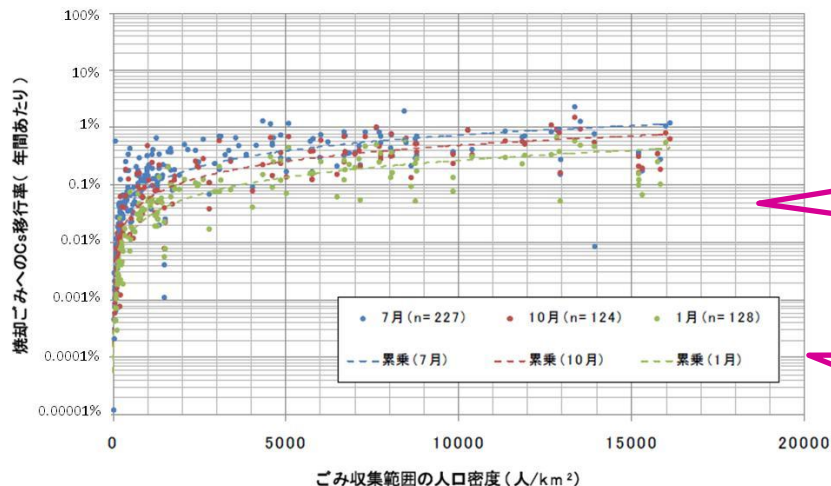


福島第一原子力発電所の事故で環境中に放出された放射性セシウムは、風や雨に乗って運ばれた後、その多くが草木や土の上に落ちたと考えられます。

左上のグラフは、土に付着した放射性セシウムのうち、どれぐらいの割合が、ごみとして焼却施設に入ってきているのか(移行率)を分析した結果です。なお、計算は以下のような式で行いました。

$$\text{焼却ごみ Cs 移行率} = \frac{\text{焼却ごみ Cs 濃度(Bq/kg)} \times \text{年間焼却処理量(kg/年)}}{\text{ごみ収集対象範囲の土壌 Cs 濃度(Bq/m}^2\text{)} \times \text{面積(m}^2\text{)}}$$

季節による多少の変動はありますが、土に付着した放射性セシウムのうち、ごみ焼却施設に入ってきているのは、多くても1年間で全体の1～2%未満であることが分かります。

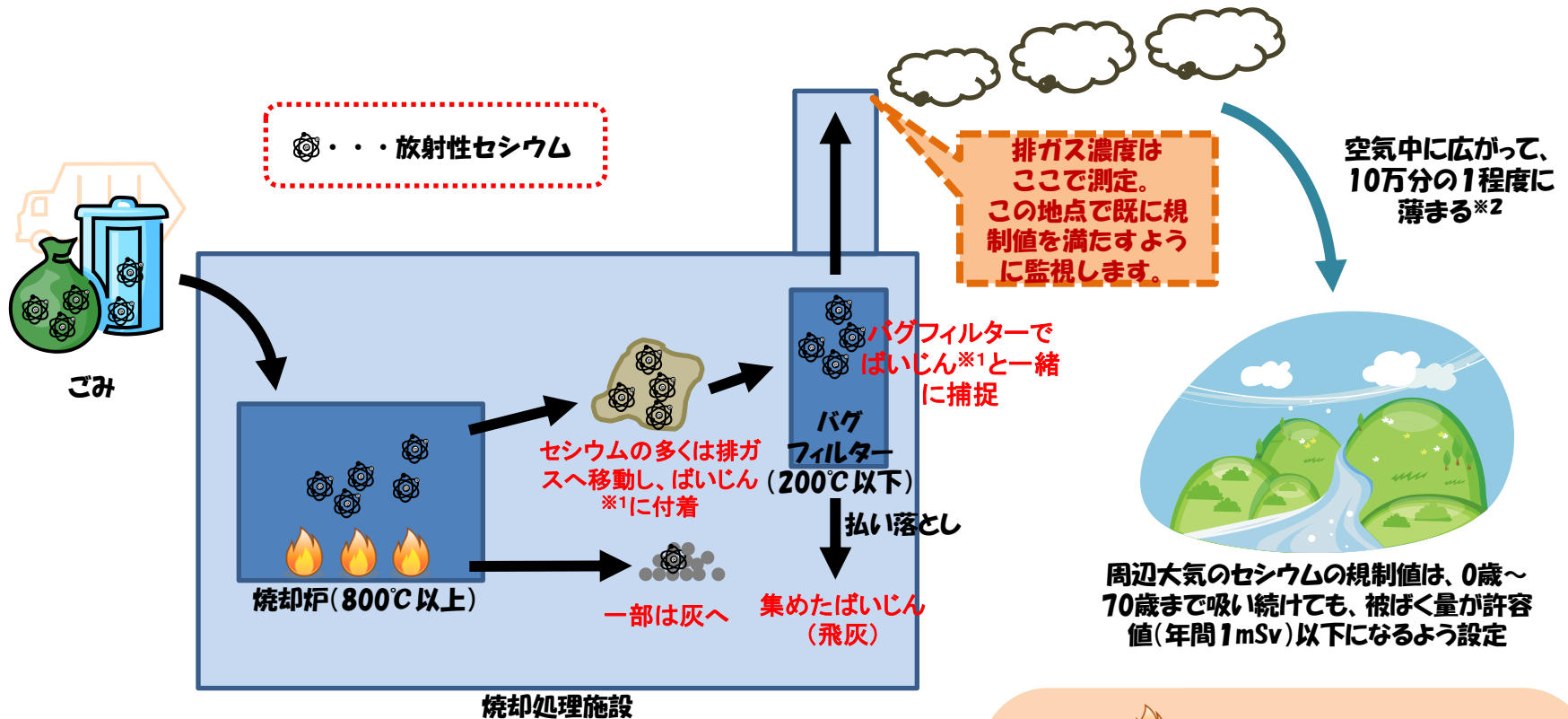


左下のグラフは、縦軸に土からごみへの放射性セシウムの移行率を示し、横軸にごみを収集している地域の人口密度を示したものです。

人口密度の大きい地域ほど、ごみへの移行率が高い(=放射性セシウムが土からごみへとたくさん移動している)ことが分かります。これは、人口密度の高い地域ほど、放射性セシウムがくっついた草木や土壌が除去・移動されている可能性を示しています。

人口密度が5,000人/km<sup>2</sup>を超える地域では大きな差はなく、土からごみへの移行率は1%程度にとどまっています。

## ② 放射性セシウムと焼却 その1



### 焼却施設内での放射性セシウムの動き

- ごみと一緒に焼却炉に入った放射性セシウムは、800°C以上の高温で燃やされ、多くは揮発、もしくは液滴となって排ガスへ移動します。
- 排ガスに移動しなかった残りの放射性セシウムは、ごみの燃え残り(灰)に留まります。
- 排ガスに移動した放射性セシウムは、主に塩化セシウム(セシウムに塩素がくっついた状態: CsCl)の形で、ばいじん※1に付着すると考えられます。
- 200°C以下に冷やされたバグフィルターという筒状の布のフィルターで、ばいじん※1と一緒に放射性セシウムも捕まえられます。

※1 ばいじんとは、排ガスの中に細かい固体の粒子のことです。

※2 環境省におけるシナリオ評価より。天候や煙突の高さ等、諸条件によって変化します。

### 排ガスの規制値

- 焼却処理施設周辺の空気や水を0歳～70歳まで吸ったり飲んだりしても、被ばく量が年間1mSvを超えないよう、基準値が設定されています。
- しかし運用上は、煙突を出た直後に濃度を測定し、この地点で既に基準値を満たすよう監視されています。
- 実際には、煙突を出た後、我々のもとに届くまでに、10万分の1程度に薄められます※2。

焼却中の放射性セシウムの動きについては次ページに!



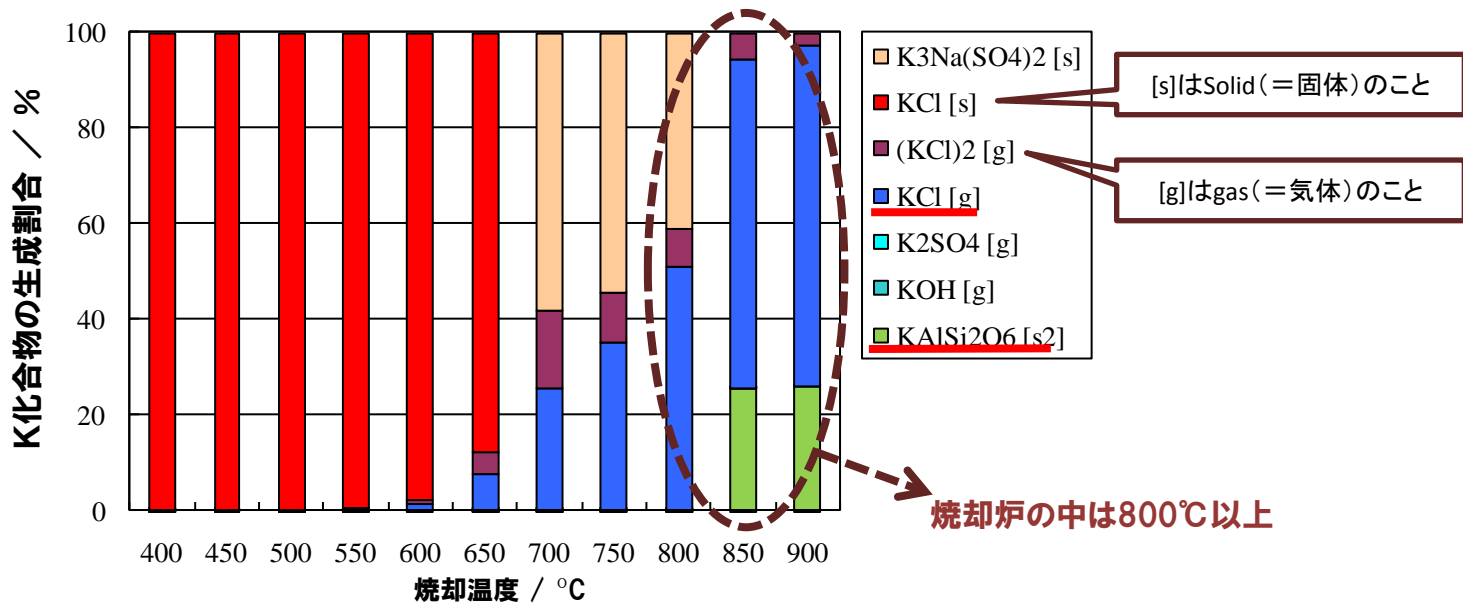
## ② 放射性セシウムと焼却

# 焼却中の放射性セシウムの動き



国立環境研究所では、ごみ焼却中の放射性セシウムの動きを詳しく知るため、「熱力学化学平衡計算」と呼ばれる計算方法を使って解析を行いました。以下にその一部をご紹介します。

セシウムは計算に利用できるデータが少ないため、今回はセシウム(Cs)と同じ仲間であるカリウム(K)をセシウムに置き換えて、計算を行いました。



### 飛灰に含まれる放射性セシウム

焼却中の温度800°C以上に注目して上のグラフを見ると、最も割合が大きいのは「KCl(塩化カリウム)」の気体であることが分かります。

K(カリウム)をCs(セシウム)に置き換えると、**塩化セシウム(CsCl)**となり、これが**ガス中に含まれる放射性セシウムの形態**だと思われま



### 主灰に含まれる放射性セシウム

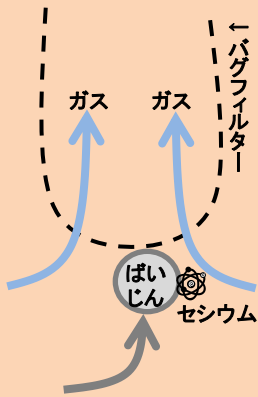
上のグラフから、800°C以上の焼却炉内で固体として存在するのは、アルミナシリケートと呼ばれる構造のKAISi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>であることが分かります。

K(カリウム)をCs(セシウム)に置き換えると、**CsAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>が燃え残り(主灰)に含まれる放射性セシウムの形態**だと思われま

## ② 放射性セシウムと焼却 その2



### バグフィルターの役割



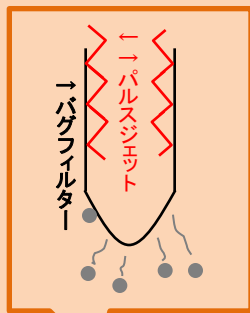
バグフィルターとは、焼却炉から出た排ガス中の**ばいじんを除去するために設置された設備**です。

ろ布と呼ばれるフェルトのような布が筒状になったもので、大規模な施設ではこれが数百本も設置されています。

左図のように、バグフィルターは**ガスは通しますが、ほとんどのばいじんは大きすぎて通れません**。

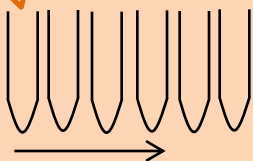
バグフィルター付近の温度は200℃以下ですが、このとき**セシウムは**

**ガス状ではなく、ばいじんに着している**ので、バグフィルターでばいじんと一緒に取り除かれます。



バグフィルターが、張りついたばいじんの重さなどで破れることがないよう、「パルスジェット」と呼ばれる、ばいじんの“払い落とし”を行います。これは一度にすべてのフィルターに行われるのではなく、順番に行われます。

ですので、全体としてフィルターの機能が損なわれることはありません。



たくさん設置されているバグフィルターから、順番にばいじんを払い落とします

※ 排ガス中の放射性セシウムの測定結果は次ページに！



### セシウムの除去率と被ばくのリスク



少しでもセシウムがガスとして漏れ出ると危ない…？

バグフィルターでの除去率が99.9%なら、漏れ出た0.1%はどうなるの？



これまでの調査では、バグフィルターを備えた焼却炉の煙突出口において、放射性セシウムが通常の測定条件で検出されたことはありません。

仮に一部の放射性セシウムが煙突から漏れ出たとしても、私たちのもとに届くまでに、空気中に広がって、元の濃度の10万分の1程度に薄められる\*ので、無視できるレベルになります。

“人への被ばく”という観点で大切なのは「**バグフィルターの除去率が何%か**」ではなく、「**排ガスに含まれるセシウムの規制値が守られているか**」です。「排ガスに含まれるセシウムの規制値」とは、次のようなものです。

0歳

→

70歳

同じ人が0歳～70歳まで、毎日その空気を吸っても、被ばく量が許容値(年間1mSv)以下

**セシウム134 : 20ベクレル/m<sup>3</sup>**  
**セシウム137 : 30ベクレル/m<sup>3</sup>**

※両方ある場合は以下の式を満たすこと  

$$\text{セシウム134の濃度} / 20 + \text{セシウム137の濃度} / 30 \leq 1$$

\* 環境省におけるシナリオ評価より。天候や煙突の高さ等、諸条件によって変化します。



## ② 放射性セシウムと焼却

# 排ガスに含まれる放射性セシウムの除去率



下の表は、実際のごみ焼却施設や熔融施設で測定した、排ガス処理設備での放射性セシウム除去率です(下表に挙げられている施設では、1キロあたり8000ベクレルを超える焼却飛灰が発生していました)。

施設	対象プロセス	入口濃度(Bq/m <sup>3</sup> )		出口濃度(Bq/m <sup>3</sup> )		除去率(%)		集塵装置	調査実施者	調査時期
		Cs134	Cs137	Cs134	Cs137	Cs134	Cs137			
福島県 あらかわCC	焼却	78	96	<0.008	<0.006	99.99<	99.99<	BF	環境省	10月
		98	126	0.008	<0.007	99.99	99.99<			12月
須賀川地方 保健環境組合	焼却	33	42	0.2	0.2	99.39	99.52	EP	環境省	10月
		43	57	0.2	0.2	99.53	99.65			12月
A市清掃工場	焼却	58	70	<0.054	<0.053	99.91<	99.92<	BF	国環研	10月
B市清掃工場	焼却	58	76	<0.1	<0.1	99.83<	99.87<	BF	国環研	12月
	熔融	677	844	<0.1	<0.1	99.99<	99.99<			
C市清掃工場	焼却	15	20	<0.012	<0.013	99.92<	99.94<	BF	国環研	2月
	焼却	64	85	<0.018	<0.017	99.97<	99.98<			3月
	熔融	39	51	<0.01	<0.011	99.97<	99.98<			2月
	熔融	98	133	<0.013	<0.013	99.99<	99.99<			3月
D市清掃工場	熔融	335	404	<0.4	<0.3	99.88<	99.93<	BF	A社	9月
	熔融24h 採取	220	330	<0.05	<0.07	99.98<	99.98<			3月

バグフィルターのこと

電気集塵機のこと

「熔融」とは、ごみの焼却によって発生した残渣や飛灰を高温で液体にした後、冷やして「熔融スラグ」と呼ばれる固体にすることです。

注:濃度はろ紙部のみ、環境省調査は出口濃度は煙突出口、国環研調査はBF出口(但し、煙突出口ガスは検出下限未満)

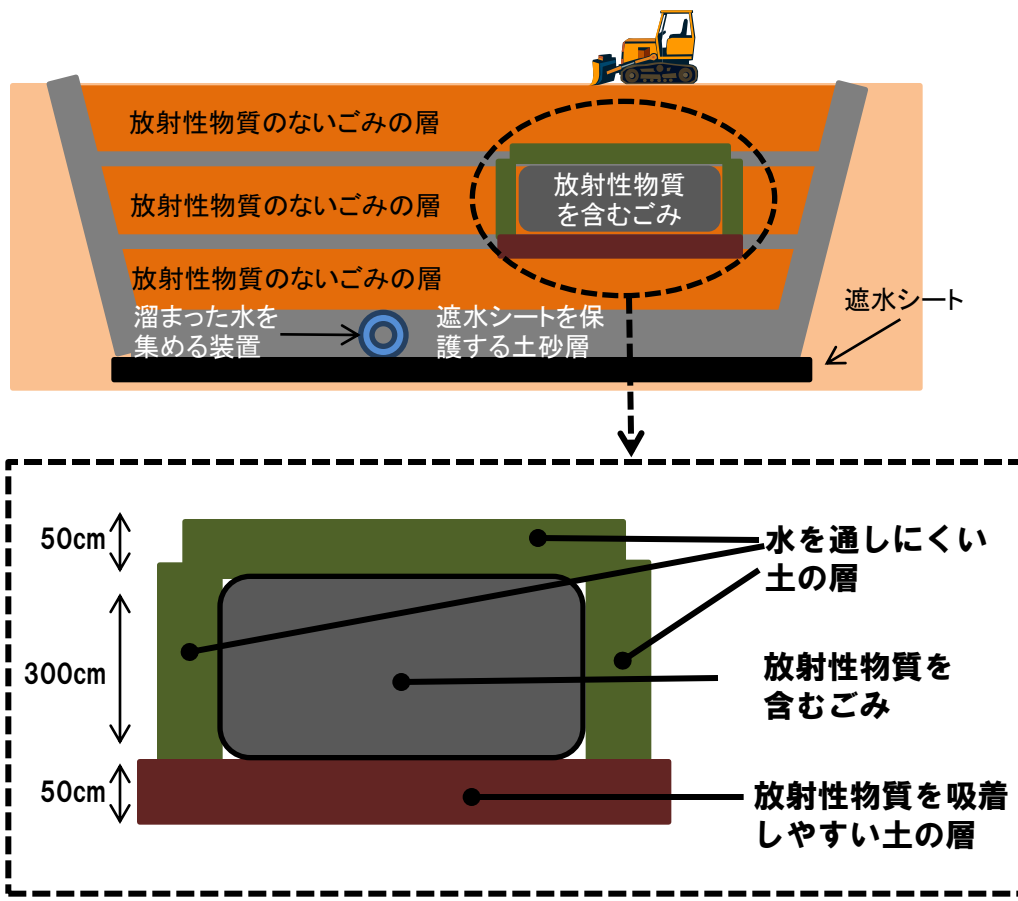
いずれの施設でも、表ページで紹介した規制値を大幅に下回る結果となりました。



### ③ 放射性セシウムと埋立

#### 1キロあたり8000ベクレル以下の放射性物質を含む廃棄物の埋め立て方法

ごみを焼却したあとに出てくる灰等には、放射性物質が含まれていますので、適切な方法で埋め立て処分しなければなりません。埋め立てる廃棄物に含まれる放射性物質の濃度が、1キロあたり8000ベクレル以下の場合、既存の埋め立て処分場に埋め立ててよいとされています。ただし、埋め立てに際しては、以下のような配慮が必要です。



#### ■下部の層

放射性物質を含むごみの下部には、たとえ放射性物質が水と一緒に染み出してきても吸着できるように、**放射性物質が吸着しやすい性質をもった50cmの土の層**を敷きます。

#### 上部の層

**ばいじん**のように、含まれる放射性セシウムが溶けやすい状態であれば、**水を透しにくい性質をもった土の層**を上部に作ります。こうすることで、水が入り込んで放射性物質が流れ出し、周辺の地下水などを汚染するのを防ぎます。

#### ■浸出水の処理

埋め立て処分場の最下部には、**水を透さない遮水工(しゅすいこう)**と呼ばれる層が設置されています。ごみから染み出てきた水は、ここで集められ、処理されます。ただし、**従来の処理方法では放射性セシウムは除去できない**ので、新たな技術の適用が必要です。

**水が入り込むのを防ぐ、下部の土で吸着する、染み出た水を集めて処理する、という複数の防御策を講じます。**

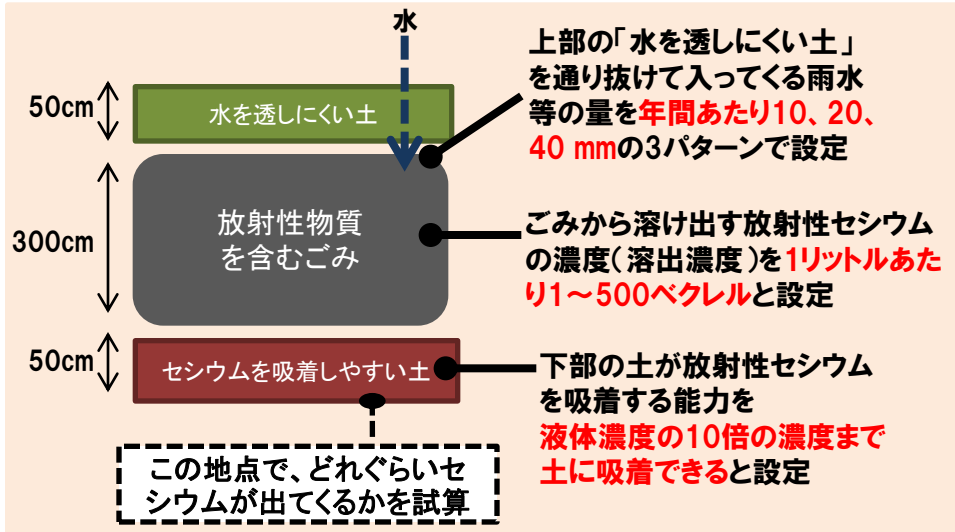
**さらに、放流水や周辺の地下水を定期的に検査して、放射性物質が漏れ出していないかどうか確認することが大切です。**

埋め立て後の影響評価については次ページに！

### ③ 放射性セシウムと埋立 埋め立て後の影響評価

国立環境研究所では、放射性セシウムを含むごみを表面に示した方法で埋め立てた場合の、浸出水への影響評価を行いました。

埋め立てたごみからどれくらい放射性セシウムが溶け出してくるのかは、ごみに含まれる放射性セシウムの量、ごみと接する水の量、ごみの種類等、様々な条件によって変化します。今回行った影響評価では、以下のような条件を設定しました。

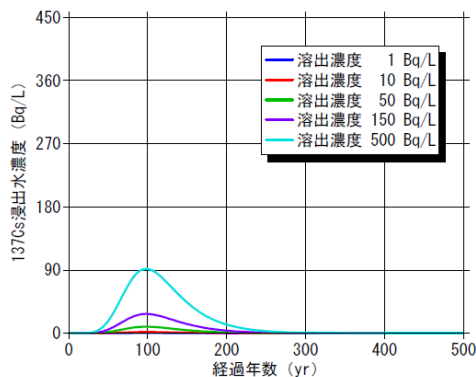


上部の「水を透しにくい土」の層は、埋め立て後25年から少しずつ機能が低下してくることを想定し、この層を通り抜けて入ってくる雨水等の量は、50年後には当初の5倍になると模擬的に計算しました。

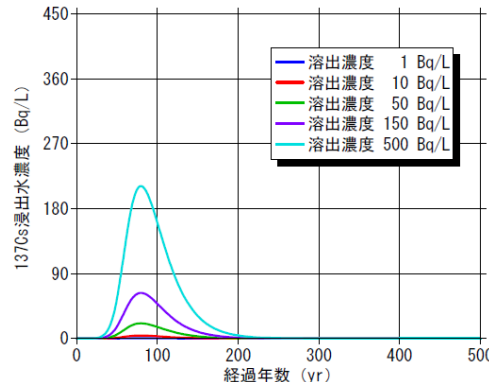
年間あたり 10 mm → (50年後には) 50 mm  
 年間あたり 20 mm → (50年後には) 100 mm  
 年間あたり 40 mm → (50年後には) 200 mm

(実際には、粘土等を用いた層であればそれほど機能が低下することはありません。)

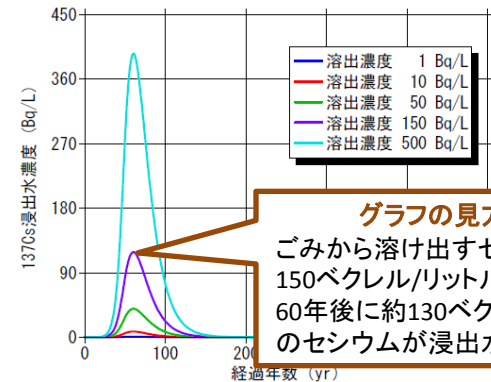
上記の条件で計算した結果は以下のとおりです。



上部の土層を通り抜ける雨水等の量が10mm → 50mmのとき



上部の土層を通り抜ける雨水等の量が20mm → 100mmのとき



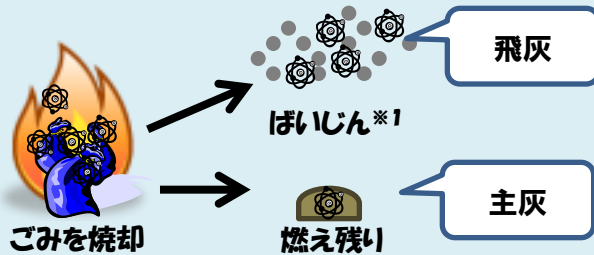
**グラフの見方(例)**  
 ごみから溶け出すセシウムが150ベクレル/リットルの場合、約60年後に約130ベクレル/リットルのセシウムが浸出水に出てくる。

上部の土層を通り抜ける雨水等の量が40mm → 200mmのとき

## ④ 放射性セシウムの水への溶け出しやすさ

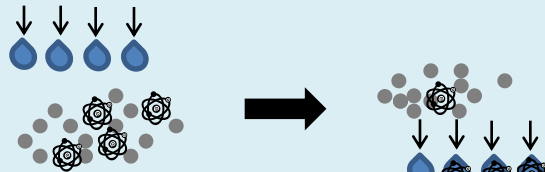
### ごみの焼却灰（飛灰、主灰）

ごみの焼却灰には、飛灰（ひばい）と主灰（しゅばい）の2種類があります。飛灰とは、ごみを燃やしたときのばいじんのことで、主灰とは、ごみを燃やしたあとの燃え残りのことです。



#### ■ 飛灰に含まれる放射性セシウムの水への溶け出しやすさ

飛灰に含まれる放射性セシウムは、**とても水に溶け出しやすく**、実験※2によると、飛灰中のセシウムの**64～89%**が6時間で水へと溶け出すことが分かりました。



焼却飛灰を埋め立てる際には、できるだけ水が入り込まないようにすることが大切です。



#### ■ 主灰に含まれる放射性セシウムの水への溶け出しやすさ

同じ焼却灰でも、飛灰と違って、主灰に含まれる放射性セシウムは、水に触れてもあまり溶け出しません。実験※2によると、主灰中のセシウムのうち、水に溶け出したのは最大でも**5.6%**でした。

※1 ばいじんとは、排ガスの中に細かい固体の粒子のことです。

### 下水汚泥の焼却灰

下水を処理すると汚泥と呼ばれる廃棄物が発生します。通常は焼却処理されて灰が残ります。この灰にも放射性セシウムが含まれています。実験※2によると、下水汚泥の焼却灰に含まれる放射性セシウムのうち、水に溶け出すのは**検出できないレベル**でした。

### 浄水発生土

原水から水道水を作るときに取り除かれた土砂や、水処理のために投入された薬品の沈殿物を集めて乾燥させたものを浄水発生土といいます。実験※2によると、この土に含まれる放射性セシウムのうち、水に溶け出すのは**検出できないレベル**でした。

### 土壌

放射性セシウムを含む土を採取し、実験※2をしたところ、土に含まれるセシウムのうち、水に溶けだすのは**検出できないレベル**でした。

### 災害ごみ（主に不燃系）

放射性セシウムを含む災害ごみ（セメントブロック、瓦、木材等）を用いて実験※2をしたところ、これらの災害ごみに含まれるセシウムのうち、水に溶けだすのは**検出できないレベル**でした。

ごみの焼却飛灰以外は、水に触れたとしても、放射性セシウムが溶け出す割合は非常に低いことが分かります。

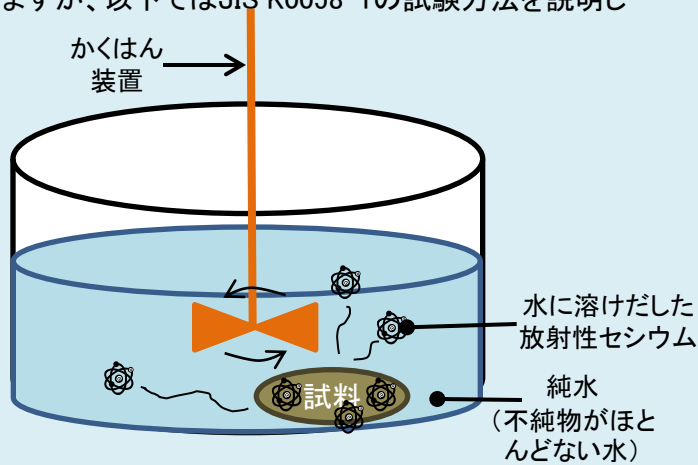


※2 水への溶け出しやすさを測定する実験の詳細は次ページに！

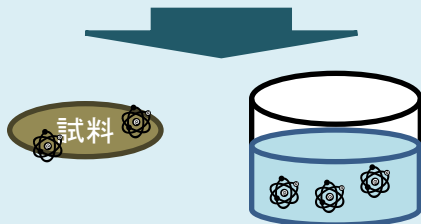
## ④ 放射性セシウムの水への溶け出しやすさ “溶出試験”とは？

国立環境研究所では、放射性セシウムの水への溶け出しやすさを測定するために、「溶出試験(ようしゅつしけん)」を行いました。

この試験は、廃棄物に含まれる様々な物質の、水への溶け出しやすさを測定するために行われます。いくつかの試験方法がありますが、以下ではJIS K0058-1の試験方法を説明します。



容器に測定する試料と、試料の重さの10倍の量の純水を入れ、プロペラで6時間かき混ぜます。



ろ過して水と試料を分けて、もともと試料にあった放射性セシウムのうち、水に溶けだした放射性セシウムがどれくらいあるのかを測定します。

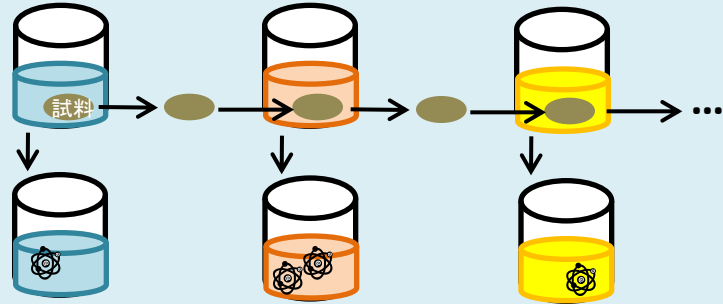
※測定の結果は表面に示しています。

左に示した実験以外にも、国立環境研究所では、条件をいろいろ変えて実験を行い、放射性セシウムの「溶け出しやすさの特徴」を研究しました。

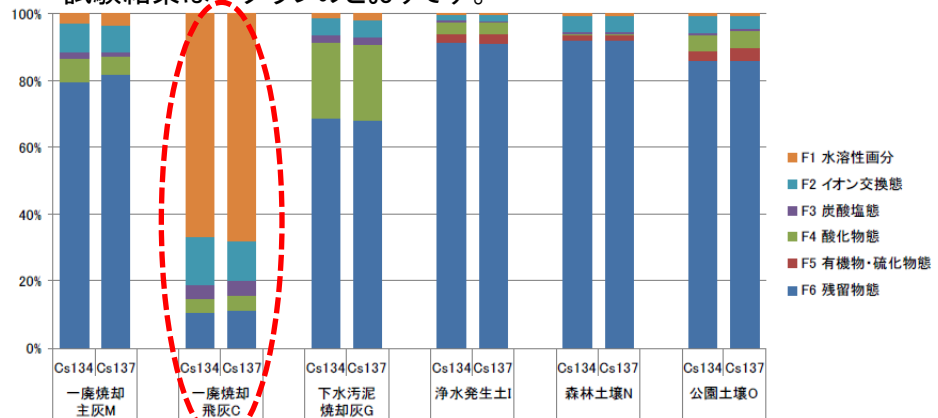
その一例を以下にご紹介しましょう。

### ■ 逐次抽出試験(ちくじちゅうしゅつしけん)

試料を順番に様々な種類の溶液に入れて、どの溶液に放射性セシウムが溶け出しやすいのかを調べます。これによって、**放射性セシウムがどのような状態で試料中に存在しているのか**推察することができます。



試験結果は下グラフのとおりです。



表面の結果を裏付けるように、焼却飛灰には水溶性画分(=水に溶けやすい形態の放射性セシウム)が多く含まれていることが分かります。



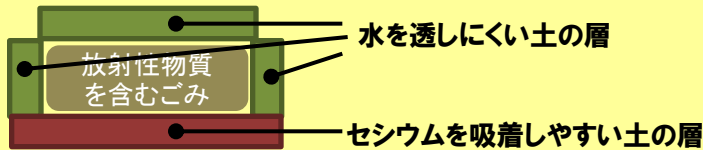
## ⑤ 放射性セシウムの土への吸着



### 土の役割

ごみを最終処分場に埋め立てるときには、放射性セシウムが水に溶け出して外に漏れないよう、ごみの上面と側面に水を透しにくい層をつくります。

また、ごみの下面には、放射性セシウムが漏れてきても、できるだけ周囲に拡散しないよう、セシウムが吸着されやすい土の層をつくります。



放射性セシウムが土にくっつきやすいことは、チェルノブイリ事故の調査などで明らかにされています。

放射性セシウムは時間が経つと少しずつ自然に濃度が下がってくるので、**うまく土に吸着させることができれば、環境中に拡散することなく、濃度を低下させることができます。**



### 様々な土の吸着度合い

様々なタイプの土や吸着材を用いて実験\*を行ったところ、放射性セシウムを吸着しやすい材料は以下のとおりでした。



1 粉状のゼオライト(鉱物の一種)

2 粒状のゼオライト

3 ベントナイト(粘土鉱物の一種)

4位 埼玉で採取した土壌(粘性土質を含む土)

5位 茨城で採取した真砂土(花崗岩が風化した土)

6位 珪砂(石英を主成分とする標準砂)

ごみの下面の土壌層には、セシウムへの吸着性と、ある程度の透水性(水の透しやすさ)が必要です。適切な土が入手できない場合は、複数の土や吸着材を配合して、理想にちかい土をつくることも考えられます。



### 共存イオンの影響

ごみから染み出してきた水の中には、放射性セシウムだけでなく、その他の様々な物質(=共存イオン)が存在します。

これらの物質のうち、カリウムと安定セシウム(放射能を持たないセシウム)は、放射性セシウムと同じように、ベントナイトやゼオライトに吸着されることが分かりました。

**土が吸着できる量には限りがあるので、あまりカリウムや安定セシウムばかり吸着すると、肝心の放射性セシウムがうまく吸着されなくなる恐れがあります。**

土への吸着性を考える際には、このような共存イオンの影響に注意しなくてはなりません。



※ 土への吸着実験の詳細は次ページに!



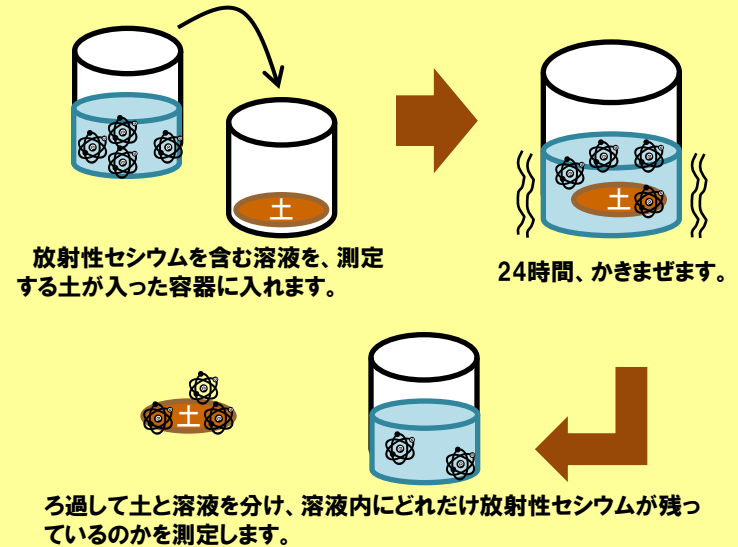
## ⑤ 放射性セシウムの土への吸着 土への吸着実験



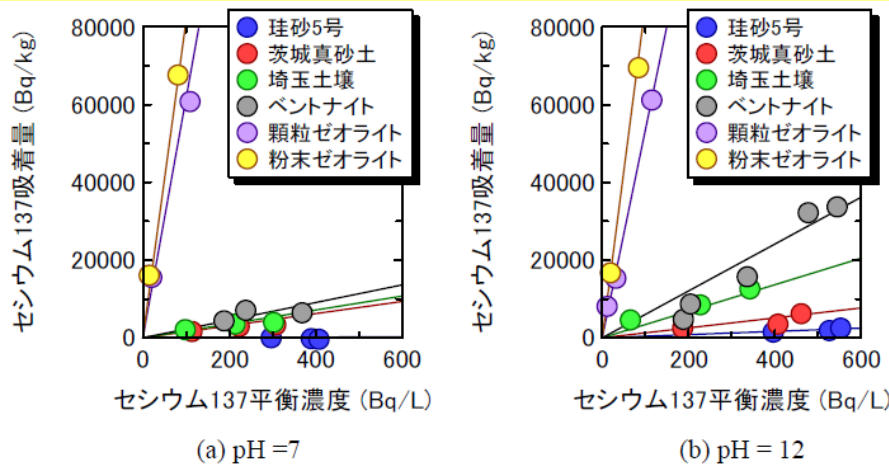
国立環境研究所では、土や吸着材について放射性セシウムの吸着度合いを調べるために、吸着実験を行いました。  
実験に用いたのは、以下の6種類の土です。



吸着実験の手順は以下のとおりです。



吸着実験の結果の一部を以下にご紹介します。



左の2つのグラフは、セシウム137の吸着実験の結果を表しています。左側のグラフは溶液が中性(pH=7)のとき、右側のグラフは溶液がアルカリ性(pH=12)のときです。  
いずれのグラフも横軸はセシウム137の平衡濃度で、縦軸がセシウム137の吸着量です。**グラフ上の線の傾きが急であるほど、吸着性が高い**ことを意味します。

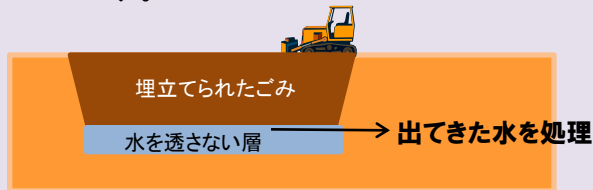
ご覧のとおり、**粉末ゼオライトと顆粒ゼオライト**の吸着性が際立って高いことが分かります。

## ⑥ 放射性セシウムと浸出水の処理

### 浸出水（しんしゅつすい）とは

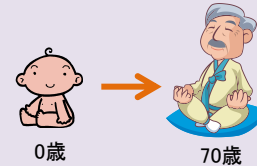
ごみを埋め立てる最終処分場には、ごみから染み出した水分が地下水等を汚染しないよう、一番底の部分に水を透さない層（遮水シート）が設置されています。

浸出水とは、この層で集めて処理される、**ごみから染み出してきた水のこと**です。



### 放射性セシウムの規制値

集められた浸出水は、処理された後、川などに放流されます。放流するときには、放射性セシウムが、以下の規制値を超えないこととされています。



同じ人が0歳～70歳まで、毎日その水を飲んでも、被ばく量が許容値（年間1mSv）以下になるよう設定されたセシウムの濃度

→ セシウム134 :1リットルあたり60ベクレル  
セシウム137 :1リットルあたり90ベクレル

### 放射性セシウムを含む浸出水の処理方法

浸出水を処理する施設には様々な処理工程が備えられていますが、放射性セシウムは既存の方法ではなかなか取り除くことができません。ですので、放射性セシウムを浸出水から取り除くための、特別な処理方法を考える必要があります。

現在のところ、以下に紹介する2種類の処理方法が有効だと考えられます。

#### ■ゼオライトによる吸着

ゼオライトとは鉱物の一種で、様々な物質を吸着する性質を持っています。この性質を利用して、浸出水に含まれる放射性セシウムを取り除くことができます。



ただし、ゼオライトは一定量のセシウムを吸着すると、それ以上は吸着しなくなるので、**定期的にゼオライトを交換する必要があります**。

#### ■RO膜（逆浸透膜）による除去

RO膜とは、海水から塩類などを除いて真水にするときに用いられる膜の一種です。この膜は、水だけを透し、放射性セシウムやその他の不純物は透しません。



放射性セシウムを高い確率で除去することができますが、処理後に、**高濃度の放射性セシウムを含む「濃縮水」が発生します**。この濃縮水の取り扱いを含めて検討しなければなりません。

浸出水の処理は大変なので、埋め立てるときにしっかりと閉じ込めて、最初から水が入り込まないようにすることが大切です。



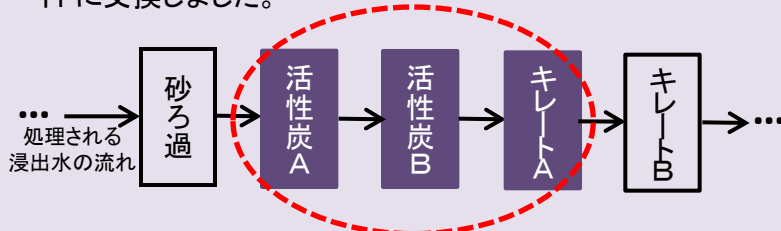
※ ゼオライトとRO膜の処理実験の詳細は次ページに！

## ⑥ 放射性セシウムと浸出水の処理 浸出水の処理実験

国立環境研究所では、浸出水の処理にゼオライトが効果的かどうか確かめるため、**実際の埋立処分場にある浸出水処理施設で実験**を行いました。

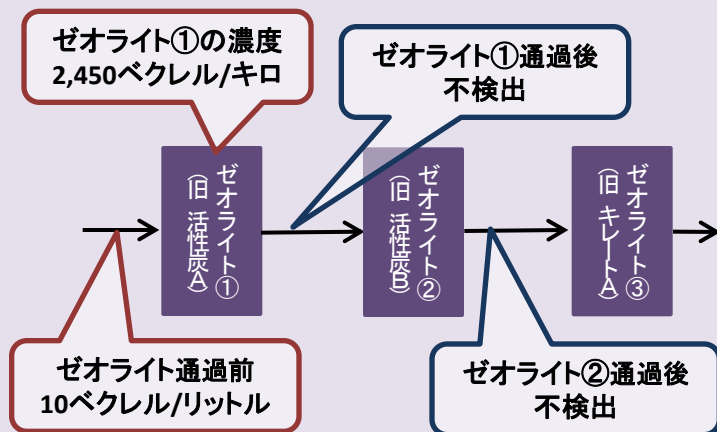
なお、実験を行った埋立処分場の浸出水に含まれる放射性セシウム濃度は、最大でも1リットルあたり31ベクレルであり、規制値を下回る値でした。

実際の実験では、下図のように、浸出水処理工程で用いられる、ろ過材の一部(活性炭A、活性炭B、キレートA)をゼオライトに交換しました。



この3つにゼオライトを詰めて、浸出水を24時間処理

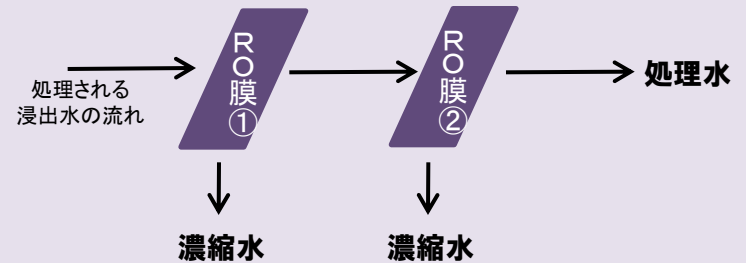
浸出水を24時間流した後の測定結果は以下のとおりです。



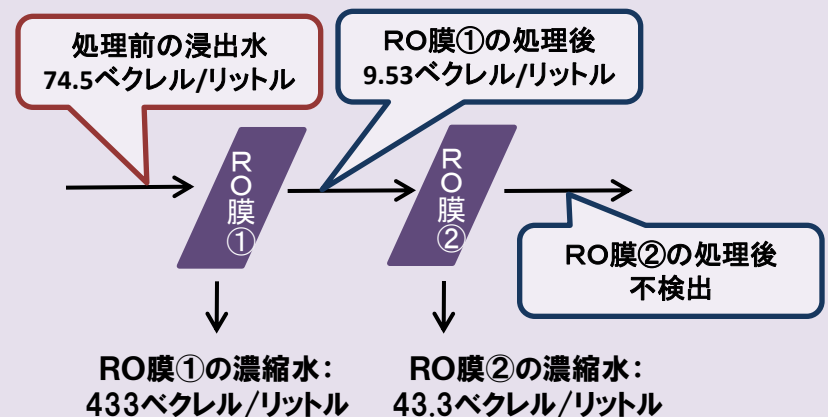
国立環境研究所では、RO膜についても、実際の埋立処分場から発生した浸出水を用いて、現場試験を行いました。

実験に利用したRO膜は、海水の淡水化などに用いられるものと同じ膜です。

実験では、下図のように、RO膜を2段階で取り付けた装置を利用しました。



浸出水を処理後の、各地点の測定結果は以下のとおりです。



# 參考資料

# 参考：放射性セシウムと焼却

## 原発ごみの焼却炉と都市ごみの焼却炉の違い

原子力発電所で発生する、高濃度の放射線に汚染されたごみを焼却するため、専用の焼却炉があります。このような焼却炉には、放射性物質を取り除くために、高性能のフィルターが設置されています。

では、都市ごみに放射性物質が入っているなら、私たちの都市ごみ用焼却炉にも、同じような高性能フィルターを設置すべきなのでしょうか？

実は、この2つの焼却炉は、焼却するごみの量や、汚染の度合いが全く違うのです。

### 原発から発生するごみ※ (高レベルを除く)



ごみの量： 1日あたり **1～4トン**  
放射能のレベル： 1キロあたり **平均100,000ベクレル**  
使用しているフィルター： **高性能フィルター**

### 放射性物質を含む都市ごみ



ごみの量： 1日あたり **数100トン**  
放射能のレベル： 1キロあたり **1,000～2,000ベクレル**  
(灰の濃度が1キロあたり数万ベクレルの時の推計値)  
使用しているフィルター： **バグフィルター**

上の説明を見ても分かるとおり、**都市ごみに入っている放射能のレベルは、原子力発電所から出てくるごみの放射能レベルと比べて、非常に低い**のです。そのため、同じような高性能フィルターを設置しなくても、排ガスの放射線量を同じレベルにまで下げることができます。

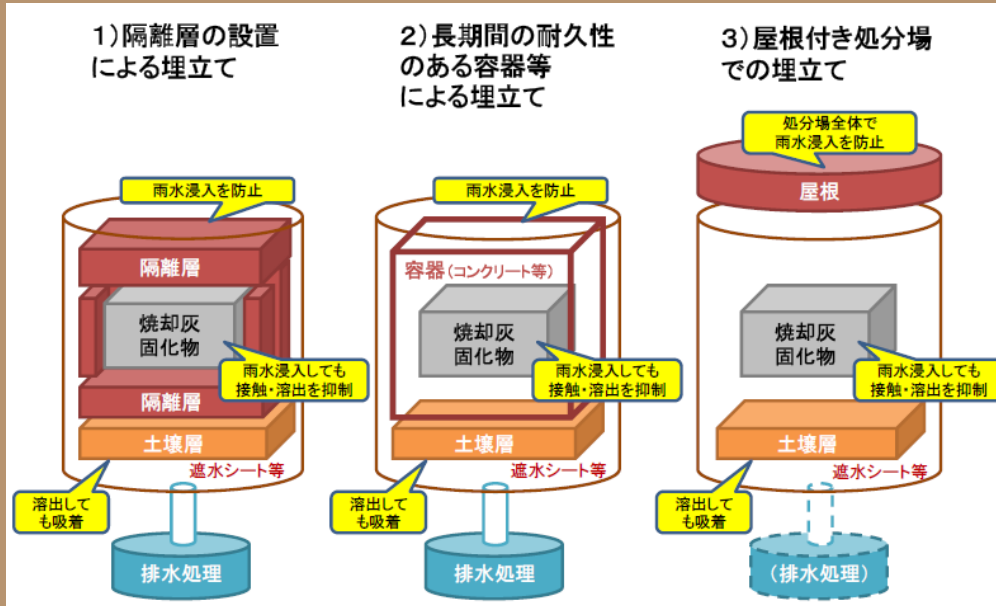
ただし、今後、福島第一原子力発電所のごく周辺にある、高濃度に汚染されたごみを焼却する場合には、都市ごみ用のバグフィルターでは十分ではないかもしれません。そのような場合には、高性能のフィルターを一緒に使ったり、バグフィルターを2重にするなどの検討が必要です。

※ 発電所のメンテナンスなどで発生するごみ。衣服、養生用ポリエチレンシート等。

## 参考：放射性セシウムと埋立



### 1キロあたり8,000～100,000ベクレルの放射性物質を含む廃棄物の埋め立て方法



埋め立てる廃棄物が、1キロ当たり8,000ベクレル以上の放射性物質を含む場合には、左図のように、より厳重な対策を施して埋め立てます。

- ・放射性物質と水を触れさせない
- ・下部の土で放射性物質を吸着させる
- ・染み出た水を適切に処理する

という原則は、8000ベクレル以下の場合と同じです。



### 1キロあたり100,000ベクレル以上の放射性物質を含む廃棄物の埋め立て方法

埋め立てる廃棄物が、1キロあたり100,000ベクレル以上の放射性物質に対しては、コンクリートの分厚い壁に囲まれた遮断型埋立地に処分する方法がありますが、詳細な部分については今後十分な検討が必要です。

現在の「低レベル放射性廃棄物」の埋設処分においては、1キロあたり100,000ベクレル以上はコンクリートピット処分が行われます。上限は1キロあたり1000億ベクレルまでであり、低レベルと言っても今回の事故に伴って広く生じた放射性物質を含む廃棄物よりも極めて高い濃度までが対象になります。



# 参考：放射能の基礎知識



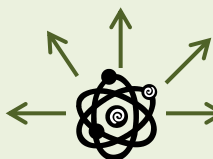
## 主な放射線の種類と特徴

種類	特徴
α(アルファ)線	空気中では数センチしか飛ばず、紙1枚で止めることができる。ただし、体内に入ると周りの細胞に影響を及ぼす。
β(ベータ)線	アルミ箔や、厚さ数センチのプラスチックで止めることができる。
γ(ガンマ)線 X(エックス)線	透過力が強く、止めるには10センチ程度の鉛やコンクリートが必要。
中性子線	透過力が強く、水やパラフィンなどで進む速度をおとすことができる。

福島第一原発の事故で放出された主な核種であるセシウム137(半減期:30年)とストロンチウム90(半減期:29年)は、β線とγ線を放出します。



## 放射線の単位



### ■ベクレル(Bq)

その物体が持つ放射能の強さを表します。



### ■シーベルト(Sv)

放射線が人の体に影響を及ぼす度合いを表します。同じ放射線量でも、核の種類や、どこに浴びたかによって、影響は違ってきます。



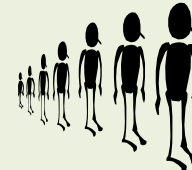
## 健康への影響

放射線の健康影響には、大きく分けて以下の2種類があります。



### ■身体的影響

被ばくした人に直接現れる影響のこと

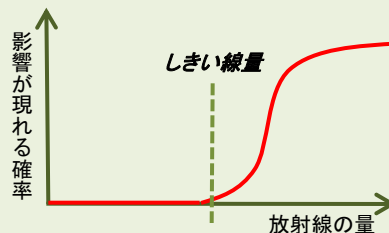


### ■遺伝的影響

次の世代以降に現れる影響のこと

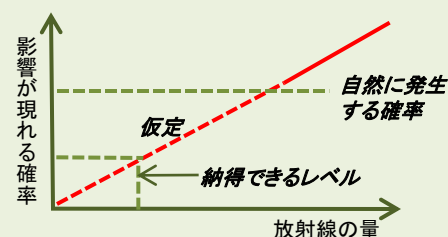
さらに身体的影響には、以下の2種類があります。

- 急性障害(嘔吐、下痢、発熱、脱毛、出血等)  
一度に大量の放射線を浴びた場合に見られる影響です。
- 晩発性障害(発がん、寿命短縮、白内障等)  
少量の放射線を長期間浴びた場合に見られる影響で、数年、数十年といった長い潜伏期間を経て障害が現れます。



### ■確定的影響

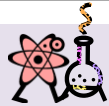
急性障害と発がん以外の晩発性障害は、ある放射線量(しきい線量)を超えると健康に影響がでます。しきい線量以下にすることで、影響を防ぎます。



### ■確率的影響

発がんや遺伝的影響には、しきい線量は無いものと仮定し、納得できるレベルにまで線量を低くします。

# 参考：放射性物質の特徴



## 仲間と性質

- Cs(セシウム)の仲間  
セシウムは**アルカリ金属**というグループ

同じグループの仲間  
Li(リチウム)、K(カリウム)、  
Na(ナトリウム)など

同じグループの仲間  
は、同じような性質  
をもっています。

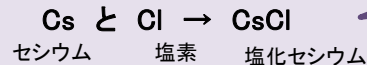
- Sr(ストロンチウム)の仲間  
ストロンチウムは**アルカリ土類金属**というグループ

同じグループの仲間  
Mg(マグネシウム)、  
Ca(カルシウム)など

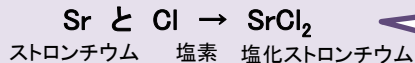


アルカリ金属も、アルカリ土類金属も、環境中では**単独で存在するよりも、他の原子とくっついた状態で存在する**可能性が高いのです。

例えば・・・



同じ仲間のNaClは、皆さんご存知の食塩です。



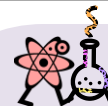
同じ仲間のCaCl<sub>2</sub>は、寒い地域で活躍する融雪剤です。

## ※「蒸気圧」って…?

ある温度のとき、その物質が液体や固体の状態から気体になろうとする力(圧力)のこと。

つまり・・・

- 蒸気圧が低い → 液体や固体の状態が存在することが多い
- 蒸気圧が高い → 気体になりやすい



## 温度と放射性セシウムの状態

- 高温(焼却炉の中：800℃以上)のとき

- セシウムの沸点(液体から気体へ変わる温度)は690℃
- 塩化セシウムの沸点は1300℃
- 蒸気圧\*が高い

焼却炉の内部では、気体(ガス)の状態  
で存在する可能性も。

- 低温(焼却炉の出口付近：150～170℃)のとき

もっとも焼却炉内に存在していると思われる塩化セシウムについて、150～170℃の蒸気圧\*を計算してみました。

150℃のとき・・・ 0.00000000000275 パスカル(←圧力の単位)  
170℃のとき・・・ 0.0000000000337 パスカル(←圧力の単位)  
ものすごく低い!

焼却炉の出口付近では、ガス状ではなく、  
灰などの固形物にくっついている可能性が高い。

これまでの調査でも、バグフィルターを備えた焼却炉の煙突付近でガス状の放射性セシウムが検出されたことはありません。



企画・作成担当

国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター

客員研究員 森 朋子