



# 熱処理技術の評価等について

2023年2月28日

環境省環境再生・資源循環局

1. 熱処理技術実証の概要
2. 用語の定義
3. 熱処理技術の概要整理
4. 実証試験のインプットとアウトプットの整理
5. 実証技術の評価
6. 組合せに対する留意点
7. マッピング
8. 論点

# 1. 熱処理技術実証の概要

分類	対象	技術	H23(内閣府)	H24	H25~H27	H28	H29	H30	H31	R2~
実証試験	土壌	溶融				バーナ式 模擬分級細粒分 3t/日				
		焼成	キルン式 除去土壌 2kg/h			キルン式 除去土壌 10t/日				
		焼却					ストーカ式 土壌・木質チップ混焼 20kg/h			
		前処理 (乾燥)						— 分級細粒分 1m <sup>3</sup> /バッチ		
	灰	溶融		バーナ式 主灰・ばいじん 25kg/バッチ						
		焼成				キルン式 ストーカ主灰、流動床ばいじん 10t/日				
実設備	灰	溶融							<ul style="list-style-type: none"> <li>・表面溶融: 75t/日 × 2炉</li> <li>・コークスベッド: 75t/日 × 2炉</li> </ul>	

凡例: 技術のタイプ  
処理対象物  
実証規模



直轄型



公募型

## 2. 用語の定義

### ■ 本資料における用語の定義を示す

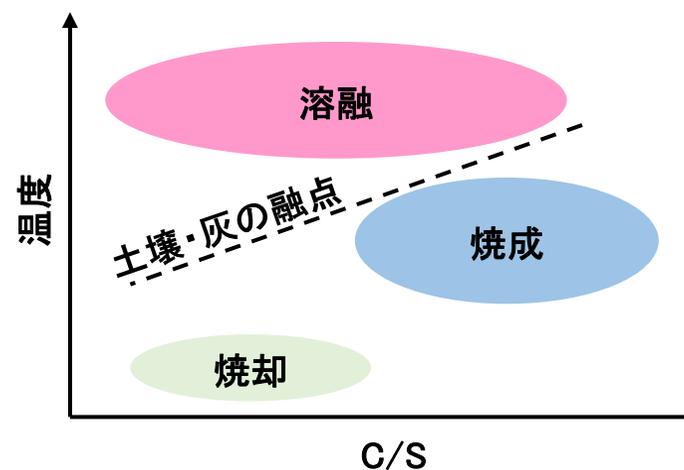
用語	定義
主灰	熱処理によって発生する灰
ばいじん	熱処理によって発生する微粉末
処理後物	処理によって主に処理対象物由来で生成されるものの内、除染、あるいは減容が期待されているもの(溶融:スラグ、焼成:生成物、焼却:主灰)
二次廃棄物	処理によって主に処理対象物以外のもの由来で発生するもの(廃薬品、汚泥、排ガス、排水、設備の消耗品・交換品(ろ布、バグフィルタ等))
パイロットスケール	実機と同様の規模を備えたレベル
ベンチスケール	パイロットスケール機を設計、製造するためのデータを取得できるレベル
ラボスケール	ビーカー等を用いた基礎試験レベル
除染率(%)	処理対象物を熱処理(ばいじんとして分離)することで、放射能濃度が下がった割合 $= (\text{処理対象物放射能濃度} - \text{生成物放射能濃度}) \div \text{処理対象物放射能濃度} \times 100$
減容化率(%)	処理対象物を熱処理(ばいじんとして分離)することで、放射能濃度が高いものの容積が減った割合 $= (\text{処理対象物容積} - \text{ばいじん容積}) \div \text{処理対象物容積} \times 100$
減量化率(%)	処理対象物を熱処理(ばいじんとして分離)することで、放射能濃度が高いものの重量が減った割合 $= (\text{処理対象物重量} - \text{ばいじん重量}) \div \text{処理対象物重量} \times 100$
熱処理効果(倍)	処理対象物の放射能濃度とばいじんの放射能濃度の倍率 $= \text{ばいじん放射能濃度} \div \text{処理対象物放射能濃度}$
放射エネルギー収支	処理対象物(土壌、灰)中の放射エネルギーを100とした時の、生成物、ばいじん等の放射エネルギー
重量収支	処理対象物(土壌、灰)の処理重量を100とした時の、添加物、生成物等の重量

### 3. 熱処理技術の概要整理

#### ■ 熱処理技術の原理・特性を示す

項目		溶融	焼成	焼却
原理		溶融初期にCsを気化して分離し、ばいじん中に濃縮する。	Csを気化して分離し、ばいじん中に濃縮する。	Csを気化して分離し、ばいじん中に濃縮する。
特性	温度	1,400°C以上	1,100°C程度(低温) 1,300°C程度(高温)	700~900°C程度
	添加剤	気化促進および融点調整のため塩基度調整剤を添加する	気化促進および融点調整のため塩基度調整剤を添加する。溶融より塩基度調整剤を多く添加する傾向。	気化促進のため塩基度調整剤を添加する
	処理後物	スラグ、ばいじん 塩基度調整剤添加によりスラグ量が増加する	生成物、ばいじん 塩基度調整剤添加により生成物量が増加する	主灰、ばいじん 熱量を補う助剤のため主灰・ばいじん量が増加する

※ C/S: 熱処理投入物(土壌あるいは灰等、ならびに塩基度調整剤の混合物)のCaOとSiO<sub>2</sub>の重量比



### 3. 熱処理技術の概要整理

#### ■ 減容に適用可能と考えられる一般的な土壌の熱処理技術を示す

分類	溶融		焼成		熱脱着	焼却
	電気式	燃料燃焼式	高温式	低温式		
技術	プラズマ式 交流アーク式 電気抵抗式 誘導式	表面溶融式(回転式、放射式) シャフト炉式 バーナ式	キルン式	キルン式	ジオスチーム式	ストーカ式 流動床式 回転炉式
減容化原理	電気から得られる熱エネルギーを用いて加熱し、Csをばいじんに濃縮することで減容化する。	燃料の燃焼熱を用いて加熱し、Csをばいじんに濃縮することで減容化する。	燃焼ガスを用いて加熱(1,300℃程度)し、Csをばいじんに濃縮することで減容化する。	燃焼ガスを用いて加熱(1,100℃程度)し、Csをばいじんに濃縮することで減容化する。	水蒸気を用いて加熱(700℃程度)し、分離したセシウムをフィルター等で捕集する。	燃焼熱を用いて加熱し、Csをばいじんに濃縮することで減容化する。
処理後物の状態	スラグ	スラグ	生成物(土壌様物質)	生成物(土壌様物質)	土壌、土壌様物質	主灰
除去土壌、灰処理に対する主な留意点	前処理	・塊状になった土壌、灰の解砕が必要 ・塩基度調整が必要	・塊状になった土壌、灰の解砕が必要 ・塩基度調整が必要	・塊状になった土壌、灰の解砕が必要 ・塩基度調整が必要	・塩基度調整が必要	・塩基度調整が必要
	運転管理	・電力使用量が多い	・燃料使用量が多い	・塩基度調整剤使用量が多い ・燃料使用量が多い	—	・熱量調整が必要
実機の実績	汚染土壌処理業許可の設備 <sup>1)</sup>	260t/日(電気抵抗式)	100t/日(表面溶融) 60t/日(表面溶融) 145t/日(シャフト炉)	500t/日未満:10炉※ 500以上1,000t/日未満:5炉※ 1,000以上5,000t/日未満:19炉※ 5,000t/日以上:1炉※	—	—
	双葉町仮設灰処理施設		75t/日×2炉(表面溶融) 75t/日×2炉(コークスベッド)			200t/日(可燃物処理)
実証実績	—	公募(H24、H28)	・直轄(H28、H29) ・公募(H29、H23内閣府)	—	—	公募(H29)

※ セメント製造との併用を含む

# 4. 実証試験のインプットとアウトプットの整理

## ■ 実証試験のインプットとアウトプットを示す

□ 土壌処理
 □ 灰処理

分類		溶融			焼成				焼却
技術		バーナ式			キルン式				ストーカ式
実施年度		H28 (公募)	H24 (公募)		H23 (内閣府公募)	H28~29 (直轄)			H29 (公募)
装置規模		3t/日	25kg/バッチ		2kg/h	10t/日			20kg/h
温度		1,300~1,400°C	1,650°C		1,300°C	1,300~1,350°C			750~850°C
イン プット	処理対象物放射能濃度 (Bq/kg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬除去土壌 (陶土残土+炭酸セシウム): Cs濃度0.32~0.38%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮設焼却炉主灰: 6,600</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮設焼却炉ばいじん: 23,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土壌 (詳細不明): 56,000、67,300</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>除去土壌 (農地、宅地): 8,600~18,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮設焼却炉 (ストーカ炉) 主灰: 20,000~56,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮設焼却炉 (流動床炉) ばいじん: 25,000~44,000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬除去土壌 (購入鹿沼土+炭酸セシウム): Cs濃度0.57%</li> </ul>
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩基度調整剤 (CaCl<sub>2</sub>、Ca(OH)<sub>2</sub>)</li> <li>おがくず</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩基度調整剤 (CaI<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩基度調整剤 (CaCl<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩基度調整剤 (詳細不明)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩基度調整剤 (CaCl<sub>2</sub>、Ca(OH)<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩基度調整剤 (CaCl<sub>2</sub>、Ca(OH)<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩基度調整剤 (CaCl<sub>2</sub>、Ca(OH)<sub>2</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>木質チップ</li> <li>RDF</li> <li>塩基度調整剤</li> </ul>
アウト プット	処理後物放射能濃度 (Bq/kg)	Cs濃度0.0070~0.0086%	430	160	45未満	10~99	7~30	9~46	Cs濃度0.11~0.45%
	ばいじん放射能濃度 (Bq/kg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>第1ばいじん (Cs濃度2.8~3.1%)</li> <li>第2ばいじん (Cs濃度0.00005~0.00012%)</li> </ul>	115,000	122,000	不明	16万~30万	13万~30万	19万~34万	Cs濃度0.48~1.2%

# 4. 実証試験のインプットとアウトプットの整理

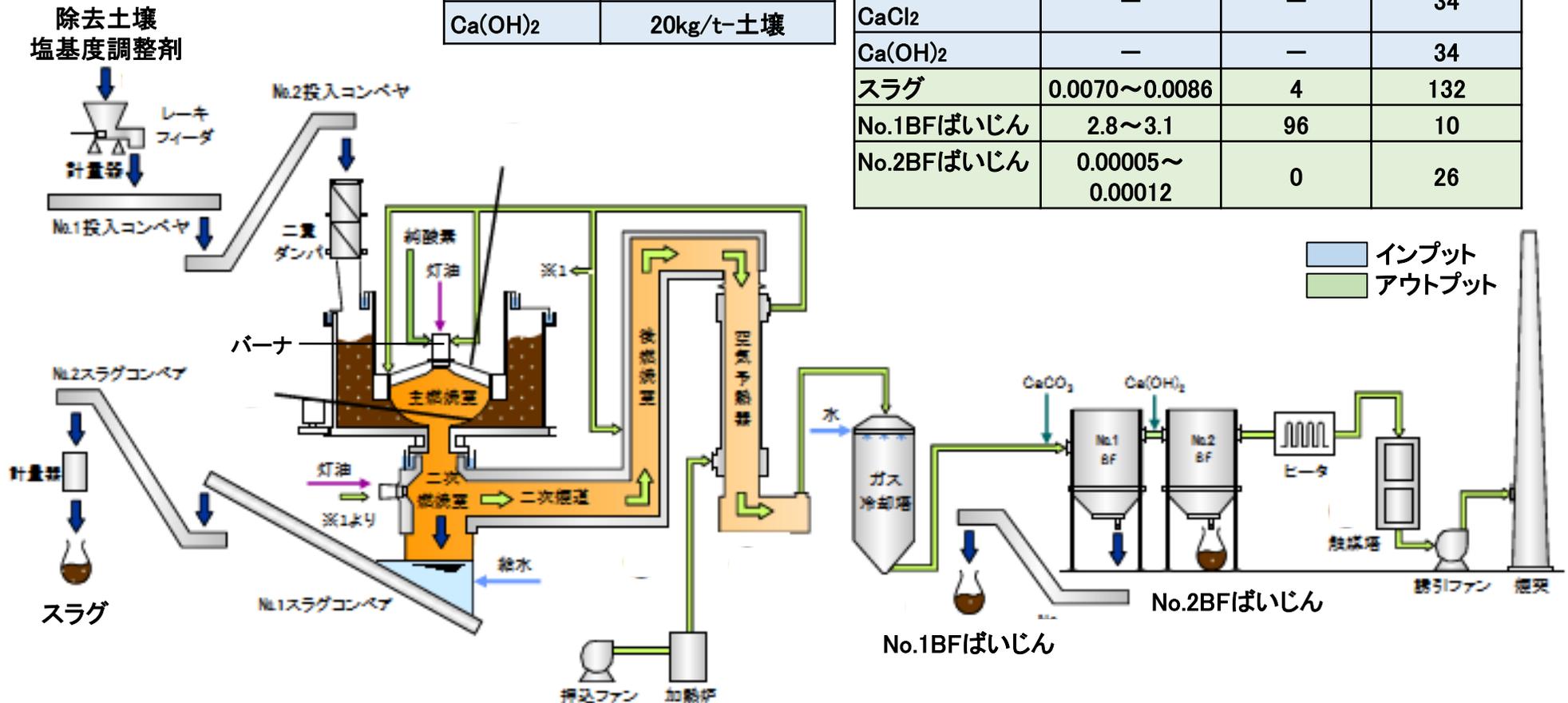
## ■ 溶融(公募:H28)のインプットとアウトプットを示す(土壌処理)

	溶融	焼成	焼却
土壌処理	○		
灰処理			

### 【コールド試験】

重油	306L/t-土壌
電力	308kWh/t-土壌
上水	2m <sup>3</sup> /t-土壌
CaCO <sub>3</sub>	285kg/t-土壌
Ca(OH) <sub>2</sub>	20kg/t-土壌

	Cs濃度 (%)	放射能量収支 (%)	重量収支 (%)
除去土壌	0.32~0.38	100	100
塩基度調整剤 CaCl <sub>2</sub>	—	—	34
Ca(OH) <sub>2</sub>	—	—	34
スラグ	0.0070~0.0086	4	132
No.1BFばいじん	2.8~3.1	96	10
No.2BFばいじん	0.00005~0.00012	0	26

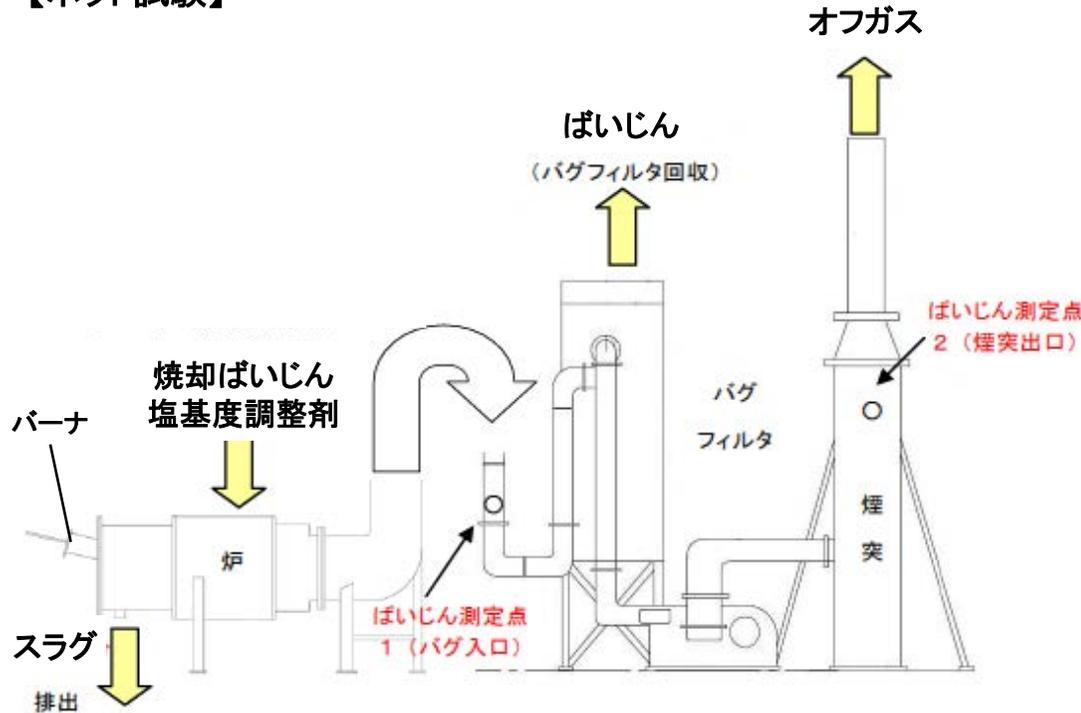


# 4. 実証試験のインプットとアウトプットの整理

## ■ 溶融(公募:H24)のインプットとアウトプットを示す(灰処理)

	溶融	焼成	焼却
土壌処理			
灰処理	○		

### 【ホット試験】



	放射能濃度 (Bq/kg)	放射エネルギー収支 (%)	重量収支 (%)
焼却ばいじん	23,000	100	100
塩基度調整剤 (CaCl <sub>2</sub> )	—	—	29
スラグ	157	1	121
ばいじん	121,500	40	8
装置内残留	—	(59)	—

重油	168L/t-ばいじん
電力	不明
上水	不明
中和剤等	不明

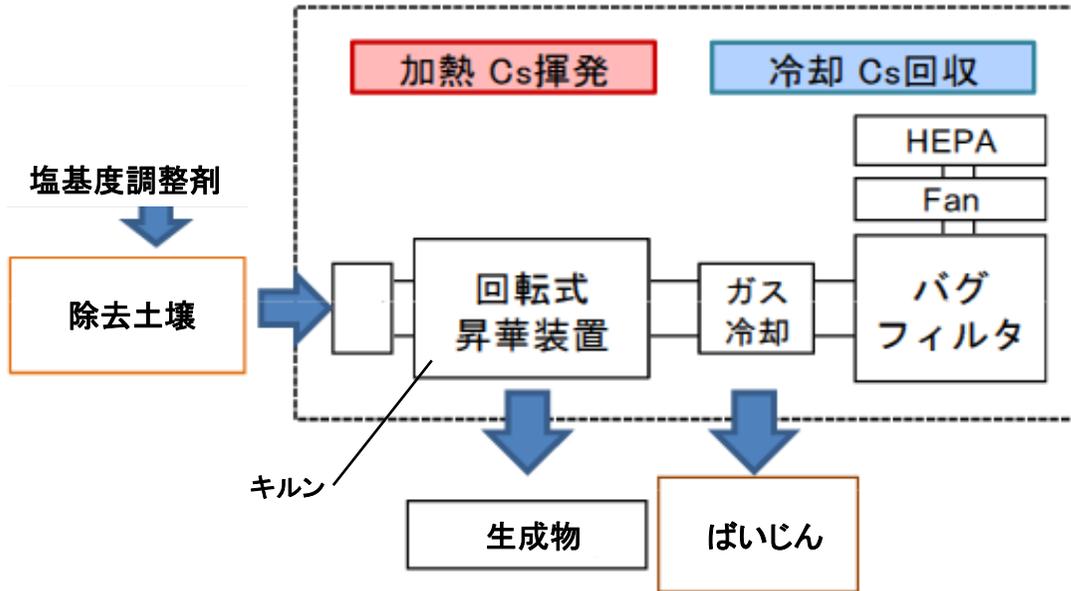
インプット  
 アウトプット

# 4. 実証試験のインプットとアウトプットの整理

## ■ 焼成(公募:H23)のインプットとアウトプットを示す(土壌処理)

	溶融	焼成	焼却
土壌処理		○	
灰処理			

【ホット試験】



	放射能濃度 (Bq/kg)	放射能量収支 (%)	重量収支 (%)
除去土壌	56,000~67,300	不明	不明
塩基度調整剤	—	—	不明
生成物	<45	不明	不明
ばいじん	—	不明	不明

重油	不明
電力	不明
上水	不明
中和剤	不明

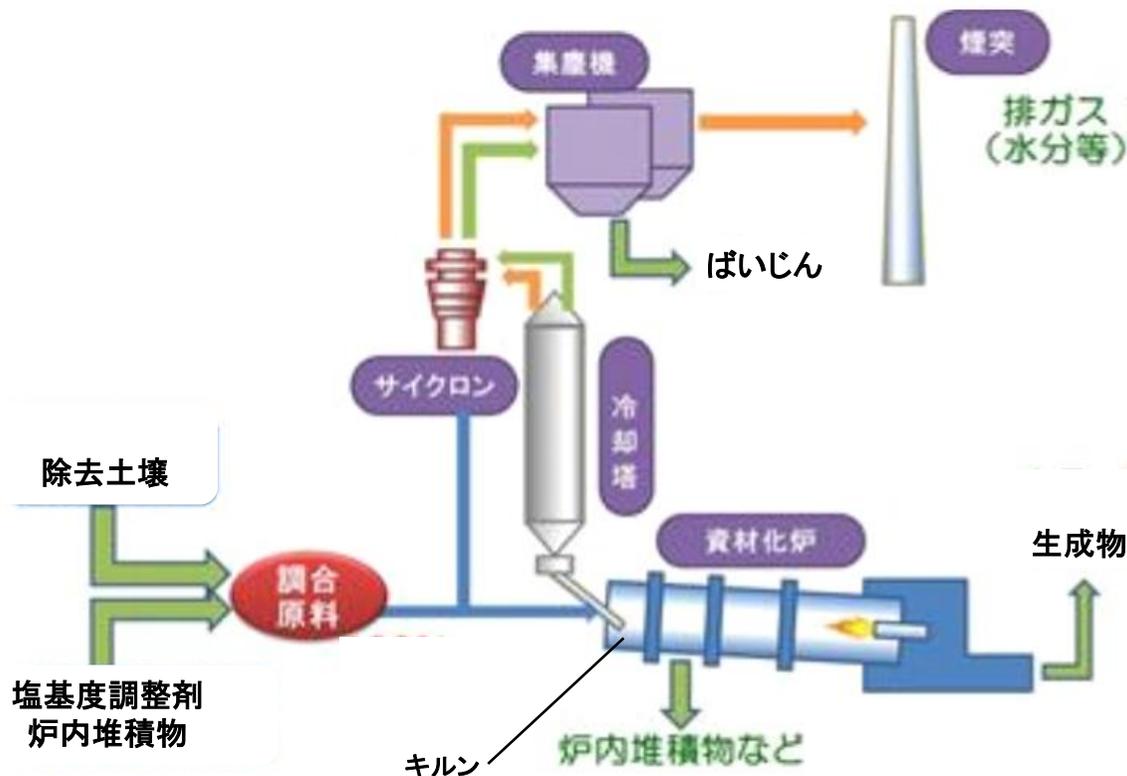
インプット  
 アウトプット

# 4. 実証試験のインプットとアウトプットの整理

## ■ 焼成(直轄:H28~29)のインプットとアウトプットを示す(土壌処理)

	溶融	焼成	焼却
土壌処理		○	
灰処理			

### 【ホット試験】



	放射能濃度 (Bq/kg)		放射エネルギー収支 (%)	重量収支 (%)
除去土壌 (農地、宅地)	8,600 ~ 18,000	5,580	100	100
塩基度調整剤	—			118
炉内堆積物	不明			99
土壌中水分	—	—	—	32
生成物	37	0.5	255	
ばいじん	190,000	81	9	
炉内堆積物	18,100	19	22	
水分等	—	—	63	

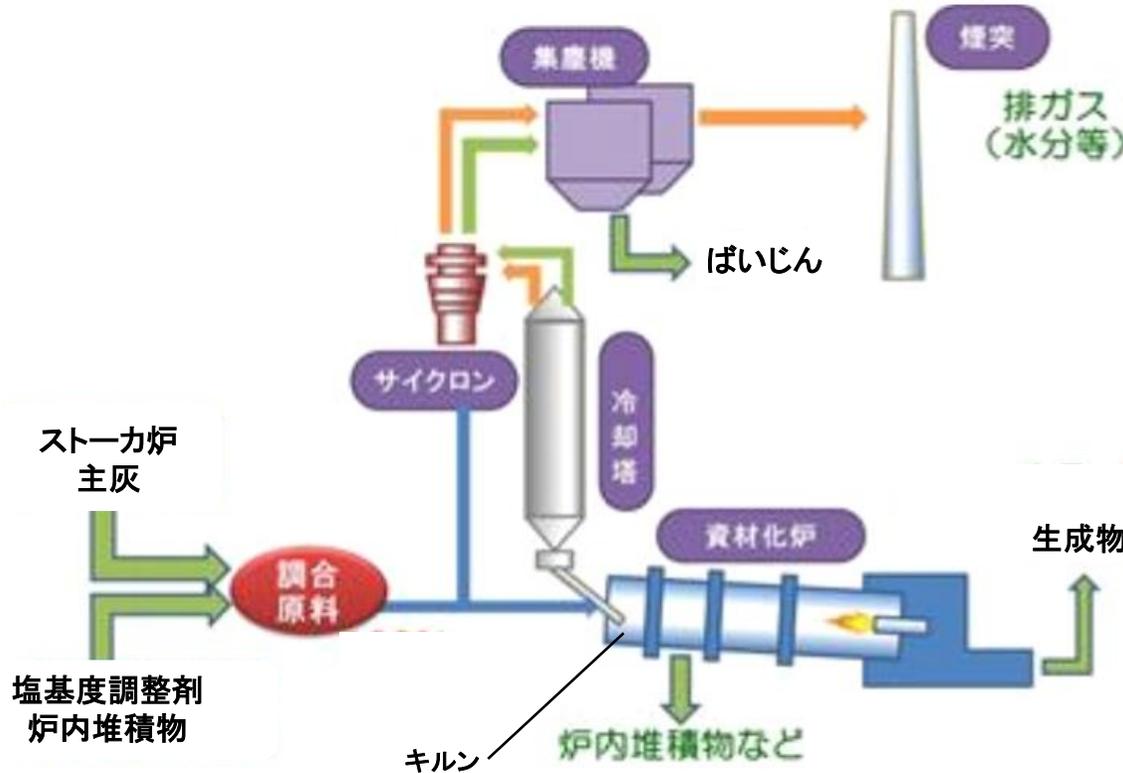
重油	564L/t-土壌	■ インプット ■ アウトプット
電力	1,409kWh/t-土壌	
上水	不明	
中和剤等	不明	

# 4. 実証試験のインプットとアウトプットの整理

## ■ 焼成(直轄:H28~29)のインプットとアウトプットを示す(灰処理)

	熔融	焼成	焼却
土壌処理			
灰処理		○	

### 【ホット試験】



	放射能濃度 (Bq/kg)		放射エネルギー収支 (%)	重量収支 (%)
主灰 (ストーカ炉)	20,000 ~ 56,000	8,640	100	100
塩基度調整剤	—			116
炉内堆積物	不明			14
土壌中水分	—	—	—	7
生成品	16	0.2	180	
ばいじん	233,000	84	7	
炉内堆積物	15,600	15	19	
水分等	—	—	30	

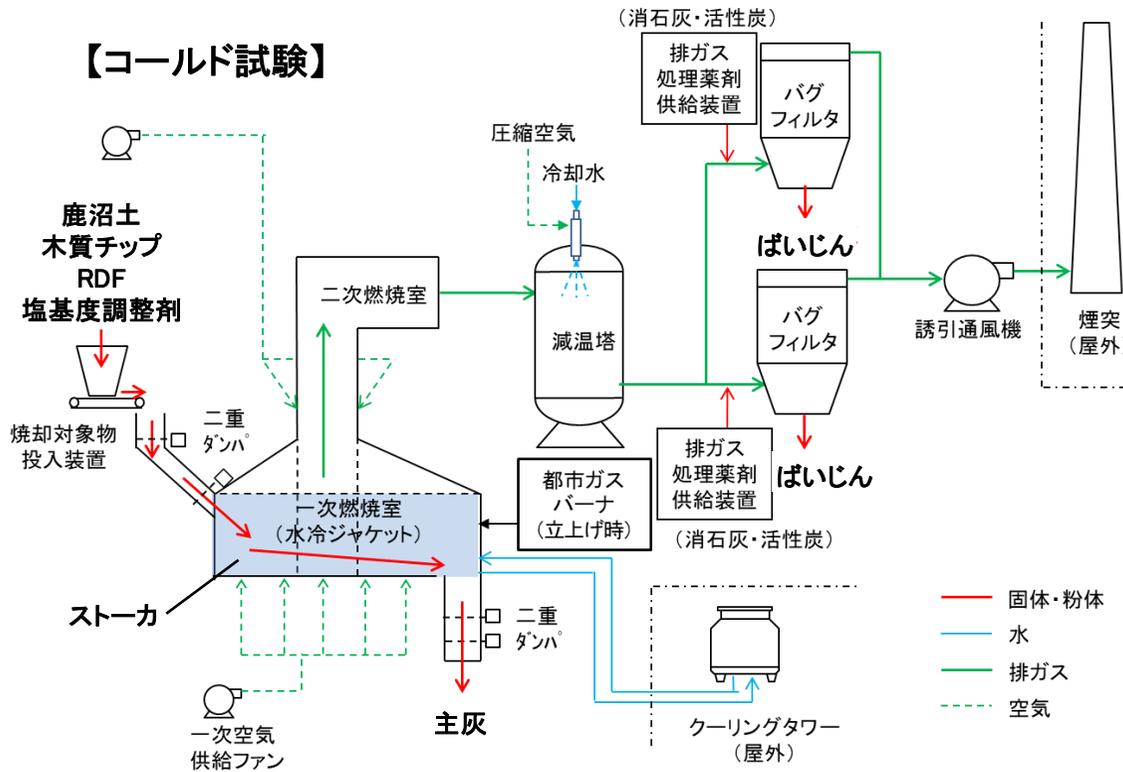
重油	802L/t-灰
電力	2,108kWh/t-灰
上水	不明
中和剤等	不明

■ インプット  
■ アウトプット

# 4. 実証試験のインプットとアウトプットの整理

## ■ 焼却(公募:H29)のインプットとアウトプットを示す(土壌処理)

	熔融	焼成	焼却
土壌処理			○
灰処理			



	Cs濃度 (%)	放射エネルギー収支 (%)	重量収支 (%)
鹿沼土 (CsCO <sub>3</sub> 混合)	0.57	100	100
木質チップ	—	—	450
RDF	—	—	450
塩基度調整剤 (低融点塩化物)	—	—	30
主灰	0.11	34 (13*)	199
ばいじん	0.48	66 (87*)	90

※主灰を水洗浄し、洗浄後水を排ガスに噴霧した後

	Cs濃度 (%)	放射エネルギー収支 (%)	重量収支 (%)
重油	—	—	—
電力	—	—	—
上水	—	—	—
Ca(OH) <sub>2</sub>	184kg/t-土壌		
活性炭			

インプット  
 アウトプット

本技術は、以下2つの機能を有する

- ① 処理対象物に低融点塩化物を混合することにより、焼却時のセシウムの揮発を促進する
- ② 焼却主灰中のセシウムの水溶性を向上させることにより、焼却主灰を水洗浄し、洗浄後水を焼却ガスに噴霧することでセシウムをばいじん中に濃縮する

出典 1) 宇部興産、日立造船; 低融点塩化物を利用した分離促進剤のセシウム除去効果、第25回廃棄物資源循環学会研究発表会(2014)  
 2) 日立造船、宇部興産; 低融点塩化物を利用した分離促進剤のセシウム除去効果(第2報)、第26回廃棄物資源循環学会研究発表会(2015)  
 3) 日立造船、国環研; セシウム分離促進技術を用いた焼却処理の実証およびトータルシステムの検討、第29回廃棄物資源循環学会研究発表会(2018)

## 5. 実証技術の評価(評価項目について)

- 評価項目を示す。赤文字の評価項目は、次頁以降に評価結果(案)を示す。

評価対象	要素技術	評価項目
各要素技術共通の評価	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・①パイロットスケール※の試験成果あるいは実設備の実績</li> <li>・②実機レベルでの実施可能性</li> <li>・③作業員、環境への安全性等の確保</li> <li>・④運搬等の扱いやすさ(追加の遮へい体の必要性など)</li> <li>・⑤二次廃棄物、ばいじんの量、処理方法(施設解体も含む)</li> <li>・各技術のコスト、システム化したコスト、最終処分を含むコスト、追加の施設・設備解体を含むコスト</li> <li>・放射能の収支(減衰を含む)</li> </ul>
各技術ごとの評価	分級、化学処理、熱処理、灰洗浄	<ul style="list-style-type: none"> <li>・⑥減容化率</li> <li>・⑦処理後物の再生資材としての活用の可能性</li> <li>・⑧処理能力や処理条件</li> <li>・⑨立地条件(プラント用水や電力の確保等)</li> </ul>
	安定化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最終処分要件(Cs溶出、重金属溶出、長期安定性等)</li> </ul>
	最終処分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最終処分の量・方式(ピット処分、トレンチ処分)、場所(理解醸成、用地取得)</li> <li>・最終処分における管理方法</li> <li>・最終処分費用(用地取得、建設、運搬、維持管理)</li> </ul>
	再生利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生利用の用途(要求品質(材質、安全))、量、時期</li> <li>・再生利用可能な放射能濃度8,000Bq/kg以下の定義(どの量の平均か)</li> </ul>

## 5. 実証技術の評価(熱処理技術)(案)

### ■ 実証技術の評価(案)を示す

評価項目	評価基準	溶融 (バーナ式) (実証試験対象物: 土壌・灰)	焼成 (キルン式) (実証試験対象物: 土壌・灰)	焼却 (ストーカ式) (実証試験対象物: 土壌)
①パイロットスケールの試験成果あるいは実設備の実績	◎:パイロットスケールレベル・実設備の実績あり ○:ベンチスケールレベルの実績まで △:ラボスケールレベルの実績のみ	◎ 3t/日のパイロットスケールで実施済み。双葉町の仮設灰処理施設が稼働中。	◎ 10t/日のパイロットスケールで実施済み	○ 0.48t/日のベンチスケールレベル
②実機レベルでの実施可能性	◎:想定される規模の実機が存在する、 ○:複数系列化により対応可能 △:商業設備のスケールアップが必要	◎ 双葉町の仮設灰処理施設が稼働中	◎ 想定される必要能力300t/日を備えた実用レベルの焼成設備が存在する。	◎ 想定される必要能力300t/日を備えた実用レベルのストーカ式焼却炉が存在する。
③作業員、環境への安全性等の確保	◎:汎用的な対応で容易に確保可能、 ○:汎用設備で対応可能であるが、設備が複雑あるいは比較的規模が大きい △:特別な対応が必要	◎ 鉄板等の追加遮蔽を行うことで機器表面から1m地点での空間線量率を0.1mSv/h以下にできる	◎ 外部・内部被ばく問題なし。放射性Cs濃度、ばいじん濃度等問題なし。	— ベンチスケールではホット試験未実施
④運搬等の扱いやすさ	◎:汎用的な対応で容易に対応可能、 ○:汎用的な対応が良いが、施策等が複雑 △:特別な対応が必要	◎	◎	◎

## 5. 実証技術の評価(熱処理技術)(案)

### ■ 実証技術の評価(案)を示す

評価項目	評価基準	溶融 (バーナ式) (実証試験対象物: 土壌・灰)	焼成 (キルン式) (実証試験対象物: 土壌・灰)	焼却 (ストーブ式) (実証試験対象物: 土壌)
⑤二次廃棄物、ばいじんの量、処理方法	◎: 量が比較的少なく、処理方法の目処が立つ ○: 処理方法の目処は立つが量が多い △: 処理方法の検討が必要	◎ ・ばいじん発生量: 処理土壌重量の約10% ・解体時廃棄物: 耐火物550t (100t/日設備の場合)	◎ ・ばいじん発生量: 処理土壌重量の約16% ・耐火物の放射能濃度: ~252,000Bq/kg	◎ ばいじん発生量: 処理土壌量の約10~20%
⑥減容化率※1	◎: 75%以上(第9回戦略検討会資料4記載のケース3の熱処理の減容化率) ○: 50%以上75%未満 △: 50%未満	◎ 82~84%	◎ 72~89%	○ 13~91%
⑦処理後物の再生資材としての活用の可能性	◎: 用途案に対する品質(安全性、安定性等)を確認済み ○: 品質を確認中 △: 品質確認が必要	◎ 土壌環境基準、土壌含有量基準を満足している。コンクリート用溶融スラグ骨材試験を実施し、JIS A5031をに示されている要件を満たしていることを確認した(一部未実施)。	◎ 除去土壌(8,600~18,000Bq/kg)に対し、100Bq/kg未満にできることを確認した。また、盛土材、セメント骨材としての適用性を確認した。	— ベンチスケールではホット試験未実施
⑦' 除染率	◎: 92%以上(第5回戦略検討会資料3-2記載のばいじん濃度を8,000Bq/kgまで除染) ○: 73%以上(第5回戦略検討会資料3-2記載の脱水ケーキ濃度を8,000Bq/kgまで除染) △: 73%未満	◎ 93~99.3%	◎ 99.7~99.9%	○ 20.8~80.6%

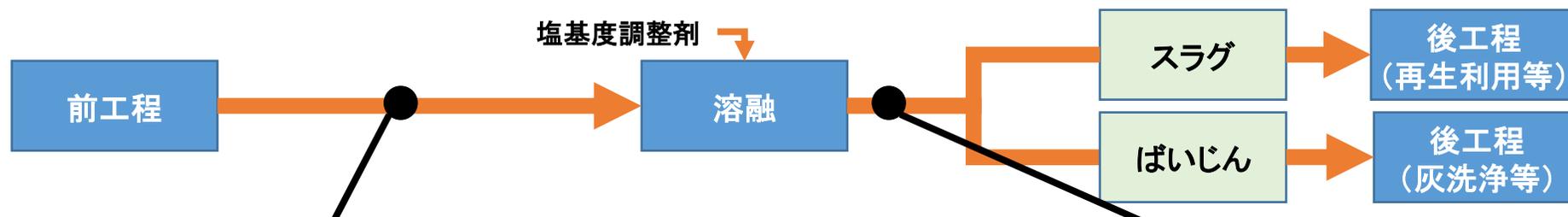
## 5. 実証技術の評価(熱処理技術)(案)

### ■ 実証技術の評価(案)を示す

評価項目	評価基準	溶融 (バーナ式) (実証試験対象物: 土壌・灰)	焼成 (キルン式) (実証試験対象物: 土壌・灰)	焼却 (ストーブ式) (実証試験対象物: 土壌)
⑧処理能力や 処理条件	設備の稼働、運転において、 ◎: 資源がかなり有効活用されていると思われる ○: 資源がそこそこ有効活用されている △: 資源があまり有効に活用されていない	△	△	○
		<ul style="list-style-type: none"> <li>低融点、高溶流度にするために大量の塩基度調整剤を必要とする。</li> <li>生成物量が土壌量の約1.4倍になっている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転管理において、C/Sを2.0以上に維持することが望ましく、処理対象土壌の組成を予め把握する必要がある。</li> <li>塩基度調整剤を大量に投入するため、生成物量が土壌量の2.5~4倍になっている。</li> </ul>	土壌および灰の熱量が低い ため、助燃剤が必要
⑨立地条件 (プラント用水 や電力の確保 等)	◎: 用水、電力を必要とする ○: 大量の用水、電力を必要とする △: さらに大量の用水、電力を必要とする	○	△	◎
				電力等の他に、助燃剤が必要

## 6. 組合せに対する留意点(溶融)

### ■ 他技術との組合せにおいて、溶融処理技術の設備、運転に関わる留意点

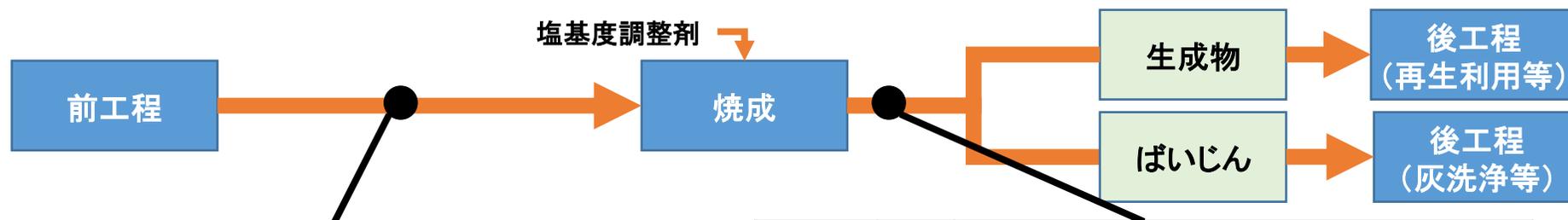


前工程	項目	留意点
掘起し	設備	解砕が必要
湿式分級	運転	含水比が高いと燃料が多く必要
乾式分級		無し
化学処理	設備	酸性、あるいはアルカリ性の場合、中和処理が必要となる可能性あり。
	運転	含水比が高いと燃料が多く必要
		塩基度調整剤への影響の確認が必要

後工程	分類	留意点
再生利用	—	スラグの再生利用に関し、用途案への適性を確認中
後処理	—	塩基度調整剤や熱処理方式の違いによって、灰洗浄などの後処理に及ぼす影響の確認が必要
共通		無し

## 6. 組合せに対する留意点(焼成)

### ■ 他技術との組合せにおいて、焼成処理技術の設備、運転に関わる留意点

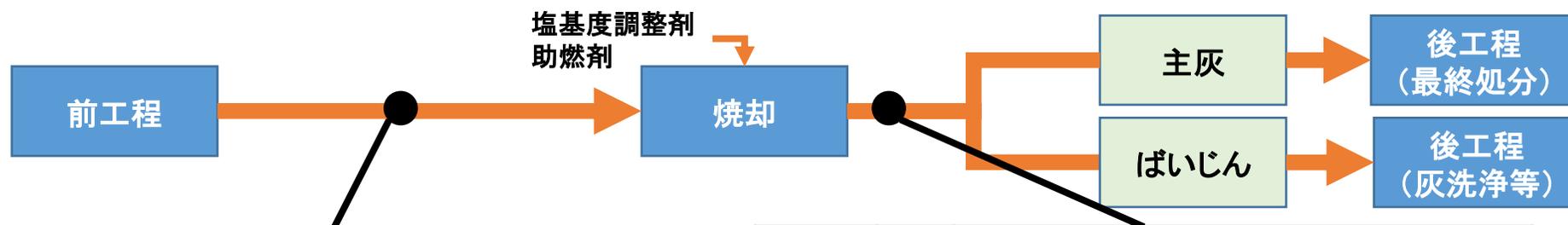


前工程	項目	留意点
掘起し	設備	解砕が必要
湿式分級	運転	含水比が高いと燃料が多く必要
乾式分級		無し
化学処理	設備	酸性、あるいはアルカリ性の場合、中和処理が必要となる可能性あり。
	運転	含水比が高いと燃料が多く必要
		塩基度調整剤への影響の確認が必要

後工程	分類	留意点
再生利用	運転	塩基度調整剤により生成物量が増加する。
後処理		無し

## 6. 組合せに対する留意点(焼却)

### ■ 他技術との組合せにおいて、焼却処理技術の設備、運転に関わる留意点



前工程	項目	留意点
掘起し	設備	解砕が必要
湿式分級	運転	含水比が高いと燃料が多く必要
乾式分級		無し
化学処理	設備	酸性、あるいはアルカリ性の場合、中和処理が必要となる可能性あり。
	運転	含水比が高いと燃料が多く必要
		塩基度調整剤への影響の確認が必要

後工程	分類	留意点
再生利用		無し
後処理		無し

# 7. マッピング

## ■ マッピングの目的

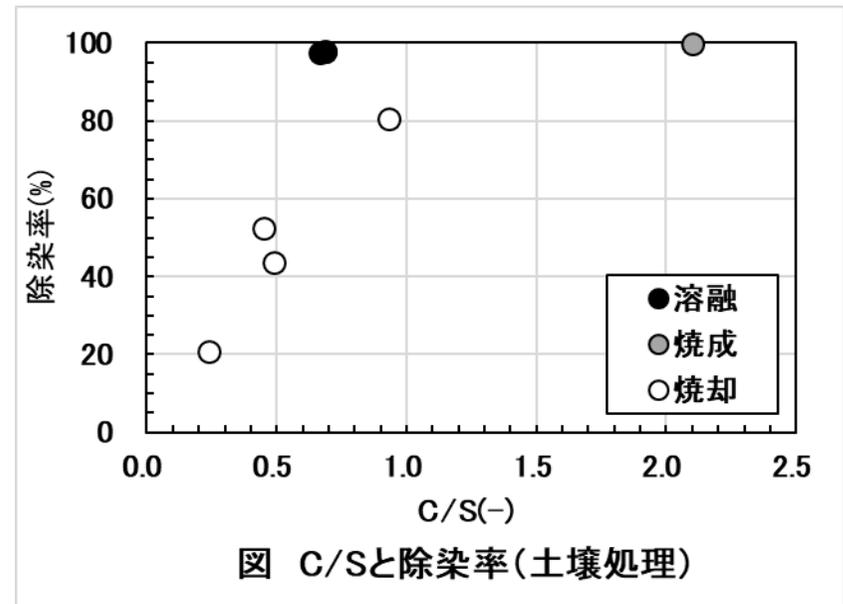
- ✓ 除去土壌、ばいじんの減容化等に関する技術を俯瞰的に確認できるようにする。
- ✓ 複数の技術を同じ軸で比較することで、その特徴をわかりやすく示し、技術の抽出に活用する。
- ✓ 各技術の改善点を可視化し、今後の実証事業で確認・開発する事項の検討に活用する。

## ■ C/Sと除染率

- ✓ 土壌処理：塩基度調整剤添加によってC/Sが高い場合に除染率も高くなっている。  
(溶融と焼却の除染率はCs濃度の減少率)

【処理対象物の放射能濃度あるいはCs濃度】

処理対象	溶融	焼成	焼却
土壌	Cs濃度 0.32~0.38%	放射能濃度 8,600~ 18,000Bq/kg	Cs濃度 0.568%



# 7. マッピング

## ■ C/Sと処理後物発生比、ばいじん発生比

- ✓ 土壌処理: C/Sが低い場合に処理後物発生比が低くなっている。  
ばいじん発生比は、焼却が若干高め。C/Sを0.9とした場合に特に高くなっている。

【処理対象物の放射能濃度あるいはCs濃度】

処理対象	溶融	焼成	焼却
土壌	Cs濃度 0.32~0.38%	放射能濃度 8,600~ 18,000Bq/kg	Cs濃度 0.568%

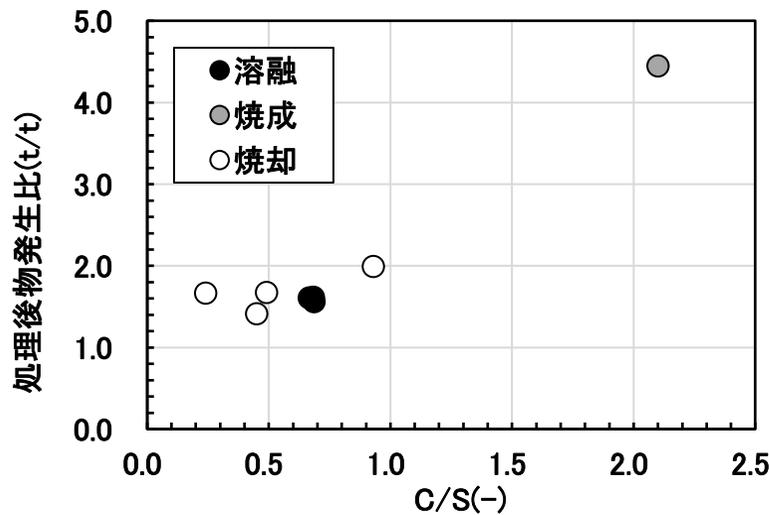


図 C/Sと処理後物発生比(土壌処理)

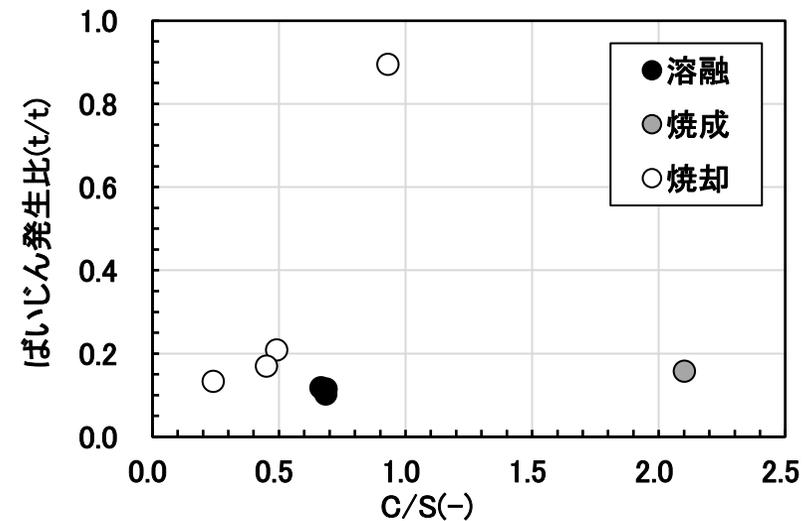


図 C/Sとばいじん発生比(土壌処理)

# 7. マッピング

## ■ 除染率と処理後物発生比、ばいじん発生比

- ✓ 土壌処理: 焼成の処理後物発生比、ならびに焼却の除染率80%の場合のばいじん発生比が比較的高い。
- ✓ 灰処理: 除染率が高い場合に処理後物発生比、ばいじん発生比が高い傾向。

【処理対象物の放射能濃度あるいはCs濃度】

処理対象	熔融	焼成	焼却
土壌	Cs濃度 0.32~ 0.38%	放射能濃度 8,600~ 18,000 Bq/kg	Cs濃度 0.568%

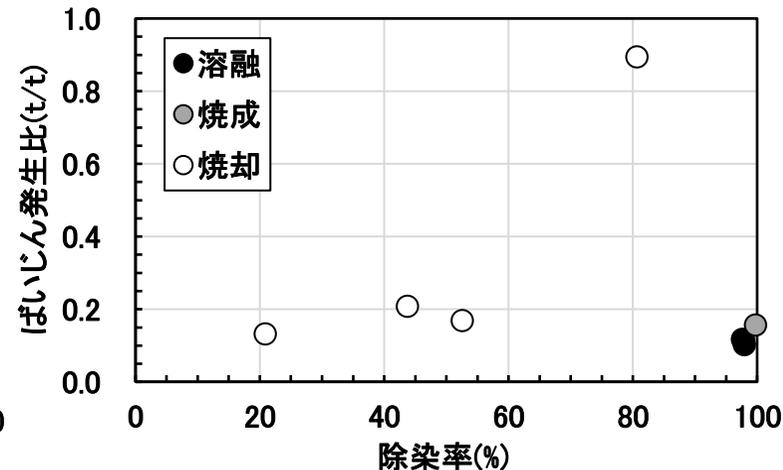
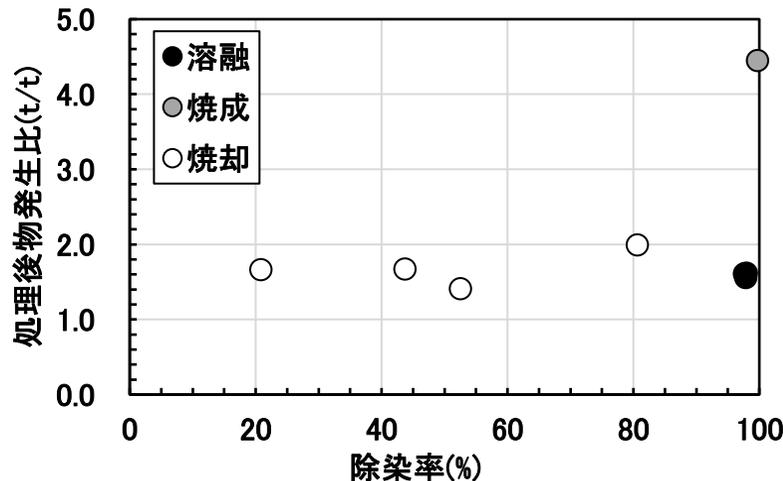


図 除染率と処理後物発生比(土壌処理)

図 除染率とばいじん発生比(土壌処理)

【処理対象物の放射能濃度】

処理対象	熔融	焼成
灰	6,600~ 23,000Bq/kg	20,000~ 56,000Bq/kg

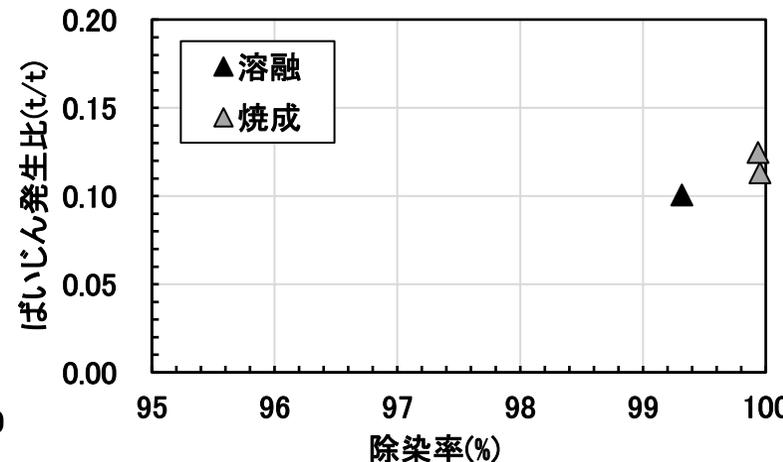
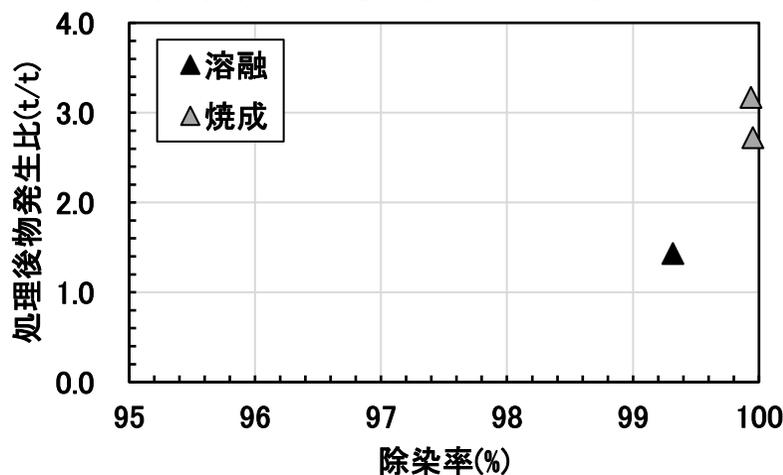


図 除染率と処理後物発生比(灰処理)

図 除染率とばいじん発生比(灰処理)

# 7. マッピング

## ■ 減容化率と除染率

- ✓ 土壌処理: 減容化率は溶融が優位。除染率は溶融と焼成が同等。(溶融と焼却の除染率はCs濃度の減少率)
- ✓ 灰処理: 減容化率、除染率ともに焼成が優位。

【処理対象物の放射能濃度あるいはCs濃度】

	溶融	焼成	焼却
土壌処理	Cs濃度 0.32~0.38%	放射能濃度 8,600~ 18,000Bq/kg	Cs濃度 0.568%
灰処理	6,600~ 23,000Bq/kg	20,000~ 56,000Bq/kg	—

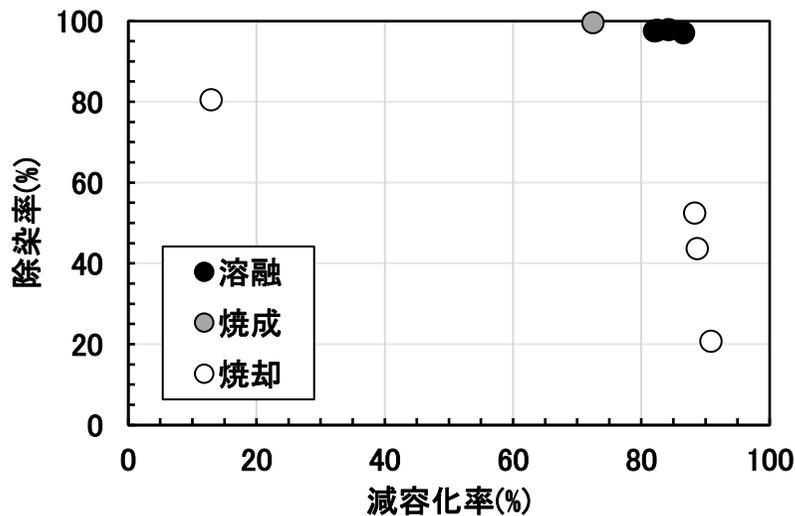


図 減容化率と除染率(土壌処理)

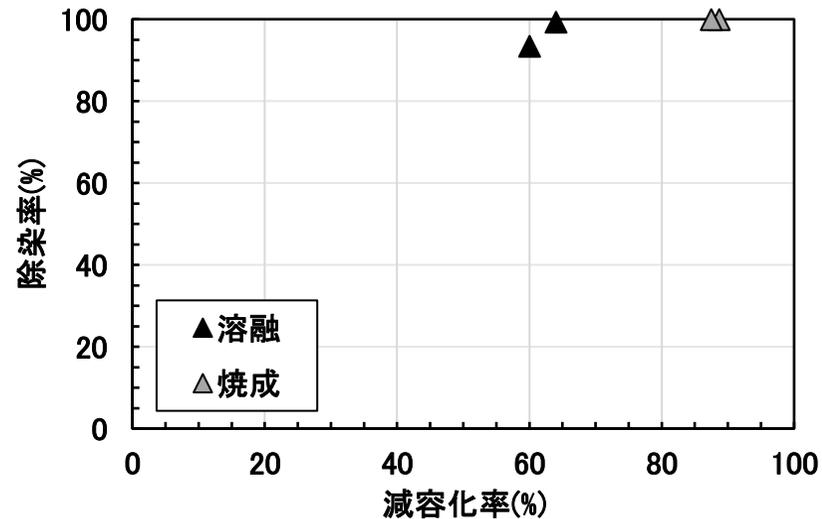


図 減容化率と除染率(灰処理)

# 7. マッピング

## ■ 減容化率と処理後物放射能濃度

- ✓ 土壌処理: 減容化率は溶融が優位。処理後物放射能濃度は焼成が優位。
- ✓ 灰処理: 減容化率、処理後物放射能濃度ともに焼成が優位。

【処理対象物の放射能濃度あるいはCs濃度】

	溶融	焼成	焼却
土壌処理	Cs濃度 0.32~0.38%	放射能濃度 8,600~ 18,000Bq/kg	Cs濃度 0.568%
灰処理	6,600~ 23,000Bq/kg	20,000~ 56,000Bq/kg	—

実証試験で得た安定Cs濃度(%)の減少率を用いて、土壌放射能濃度を50,000Bq/kgと仮定した場合の処理後物放射能濃度を計算したもの。

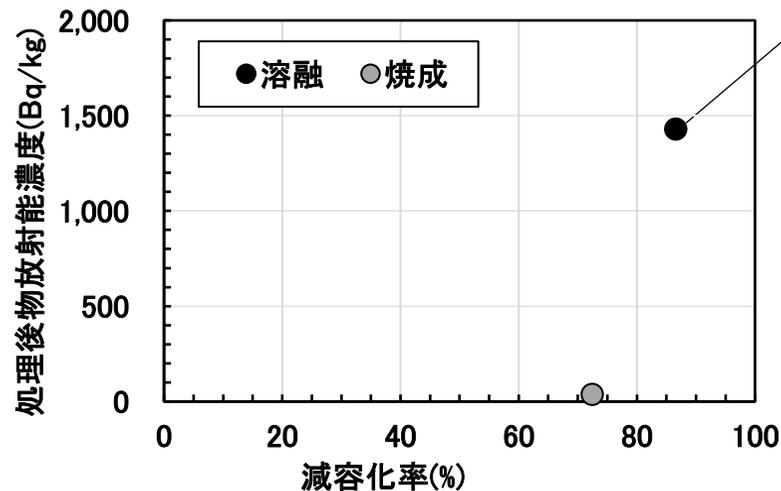


図 減容化率と処理後物放射能濃度(土壌処理)

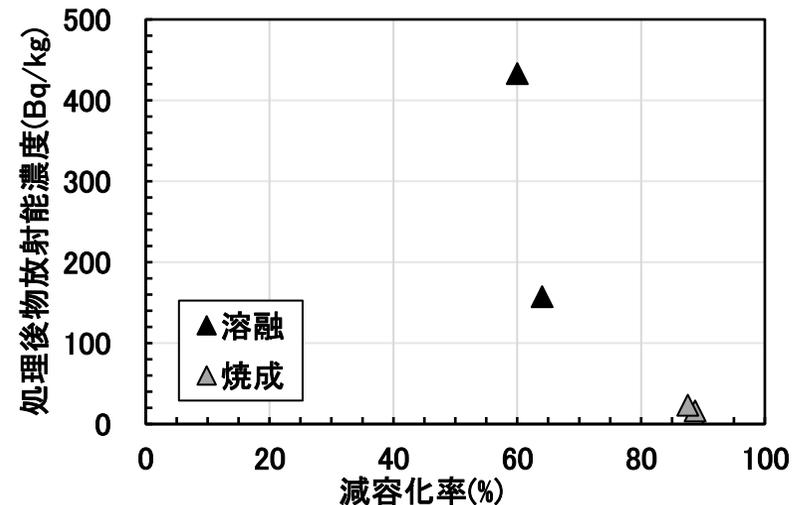


図 減容化率と処理後物放射能濃度(灰処理)

# 7. マッピング

## ■ 減容化率とばいじんの放射能濃度

- ✓ 土壌処理: 溶融の方がばいじん放射能濃度が高い。焼成の方が熱処理効率が高い。
- ✓ 灰処理: ばいじん放射能濃度、熱処理効率ともに焼成の方が高い。

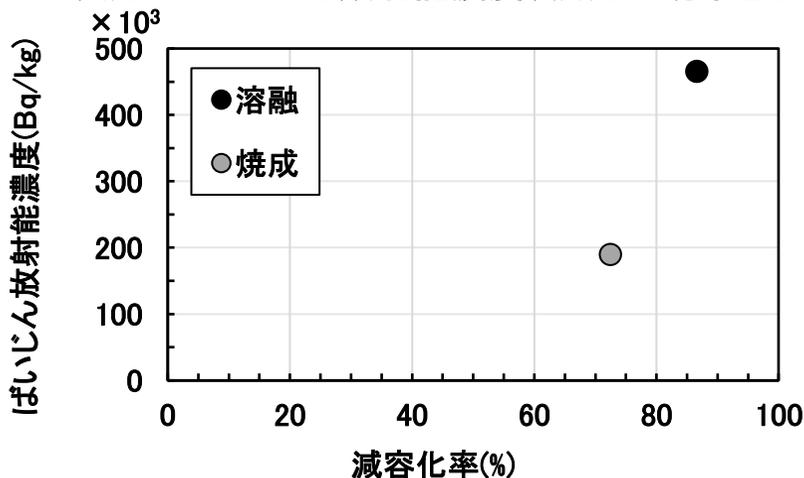
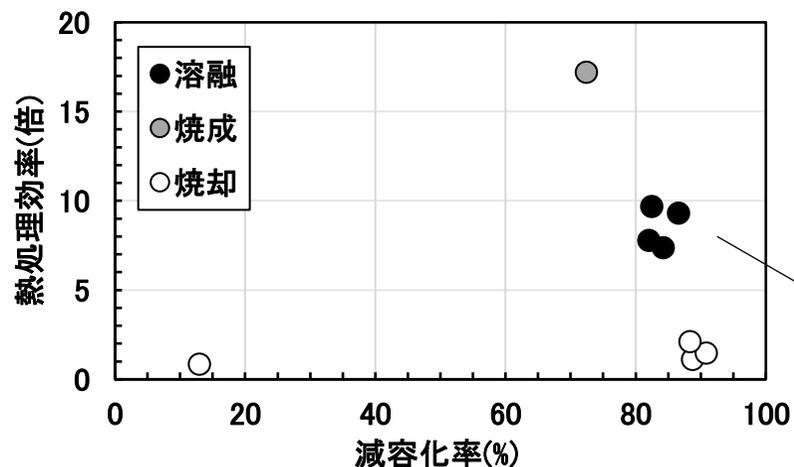


図 減容化率とばいじん放射能濃度(土壌処理)



溶融、焼却の熱処理効率は、Cs濃度の倍率

図 減容化率と熱処理効率(土壌処理)

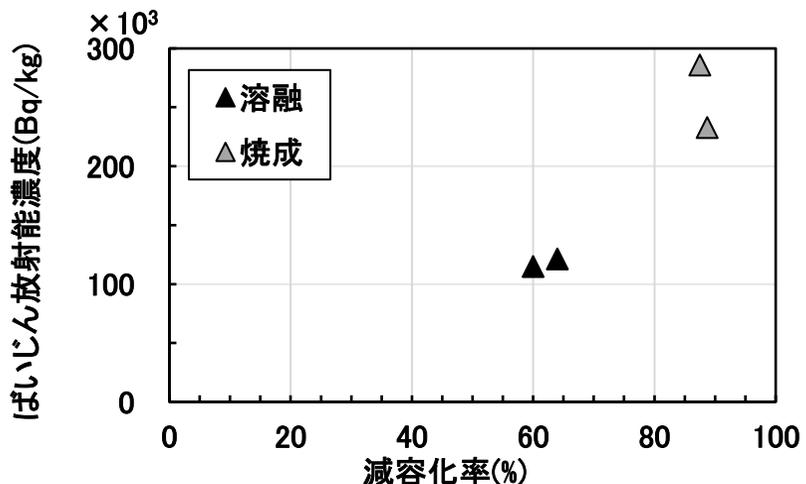


図 減容化率とばいじん放射能濃度(灰処理)

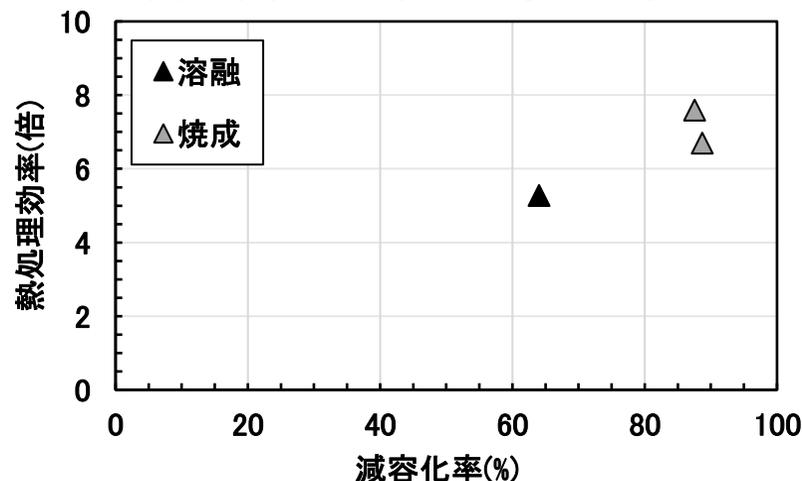


図 減容化率と熱処理効率の関係(灰処理)

# 7. マッピング

## ■ 減容化率と処理後物発生比の比較

- ✓ 土壌処理: 処理後物発生比は、溶融、焼却が低い。ばいじん発生比は、溶融、焼成、焼却に大差はないが、若干溶融が少ない。
- ✓ 灰処理: 処理後物発生比は、溶融が低い。ばいじん発生比は、溶融、焼成に大差はないが、若干溶融の方が少ない

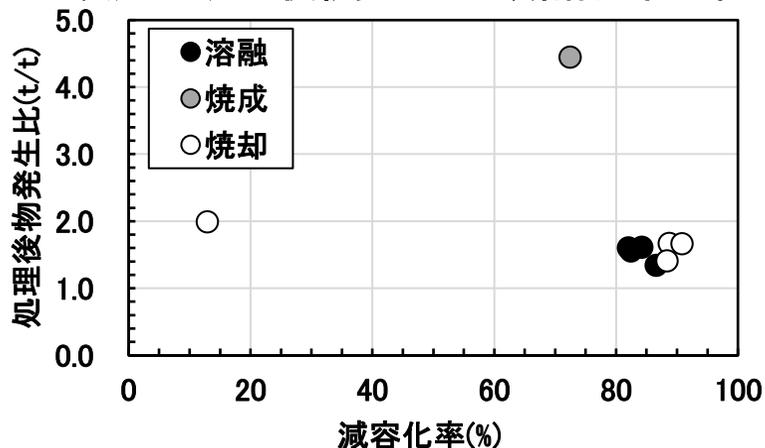


図 減容化率と処理後物発生比(土壌処理)

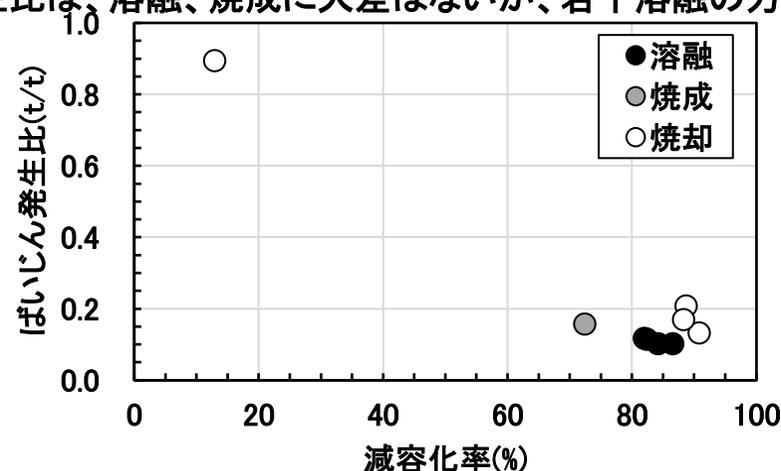


図 減容化率とばいじん発生比(土壌処理)

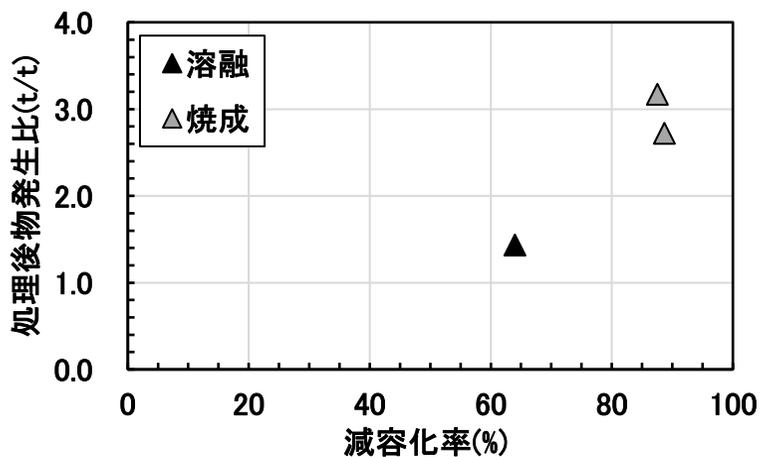


図 減容化率と処理後物発生比(灰処理)

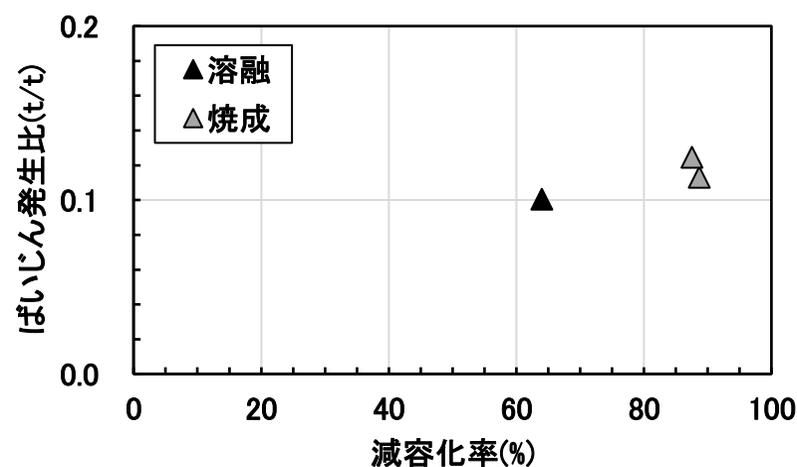


図 減容化率とばいじん発生比(灰処理)

# 7. マッピング

## ■ イニシャルコストの比較

- ✓ コストには実証当時の単価を反映
- ✓ コストに含まれている内訳の精査が必要

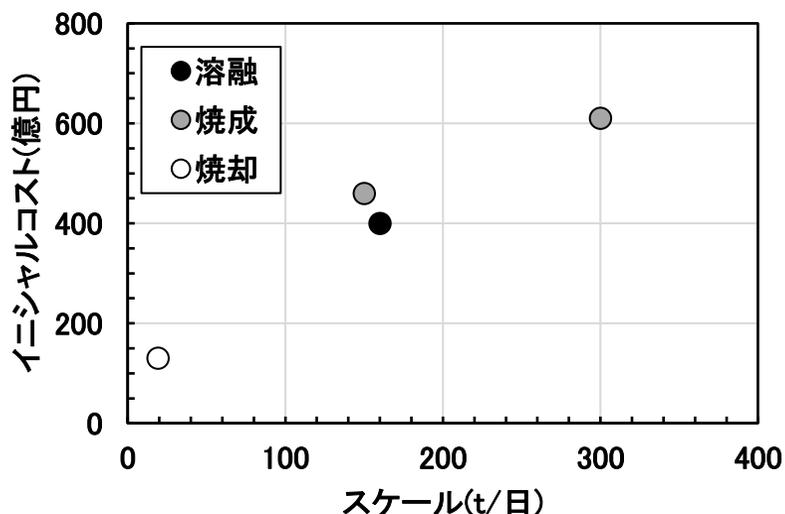


図 イニシャルコスト(土壌処理)

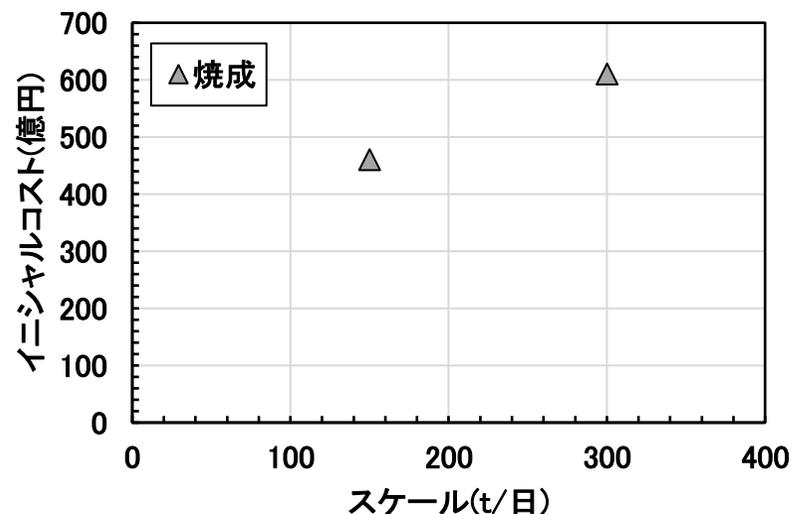


図 イニシャルコスト(灰処理)

処理対象	技術	スケール(t-土 壤/日)	ニシャルコスト(億円)
土壌	溶融	160	400
	焼成	150	460
		300	610
	焼却	20	130

処理対象	技術	スケール(t-灰/ 日)	ニシャルコスト(億円)
灰	焼成	150	460
		300	610

# 7. マッピング

## ■ ランニングコストの比較

- ✓ コストには実証当時の単価を反映
- ✓ コストに含まれている内訳の精査が必要

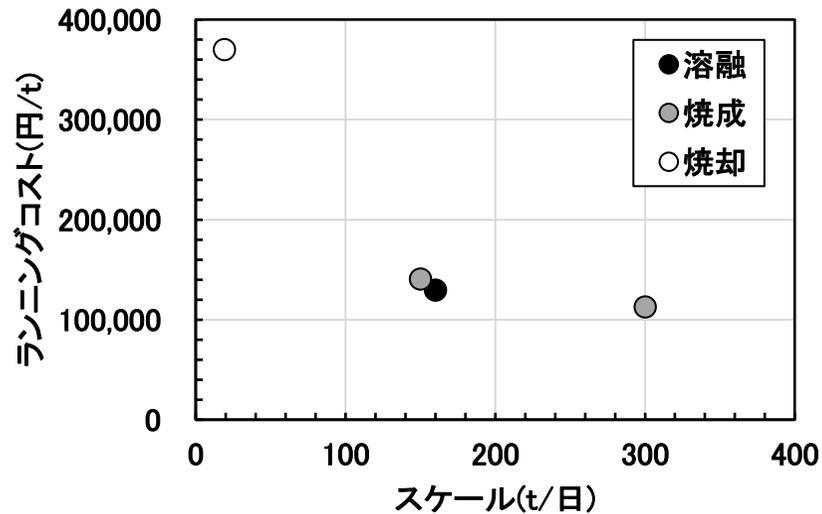


図 ランニングコスト(土壌処理)

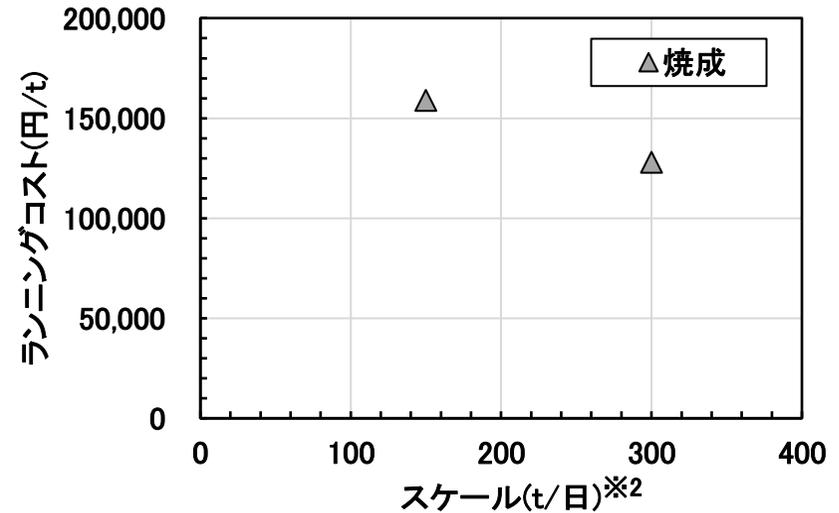


図 ランニングコスト(灰処理)

# 7. マッピング

## ■ 総費用の比較

- ✓ コストには実証当時の単価を反映
- ✓ コストに含まれている内訳の精査が必要
- ✓ 土壌処理: 処理土壌量が増加するにしたいが、焼成(300t/日)の総費用が比較的優位になる。
- ✓ 灰処理: 処理灰量が増加するにしたいが、焼成(300t/日)の総費用が比較的低優位になる。

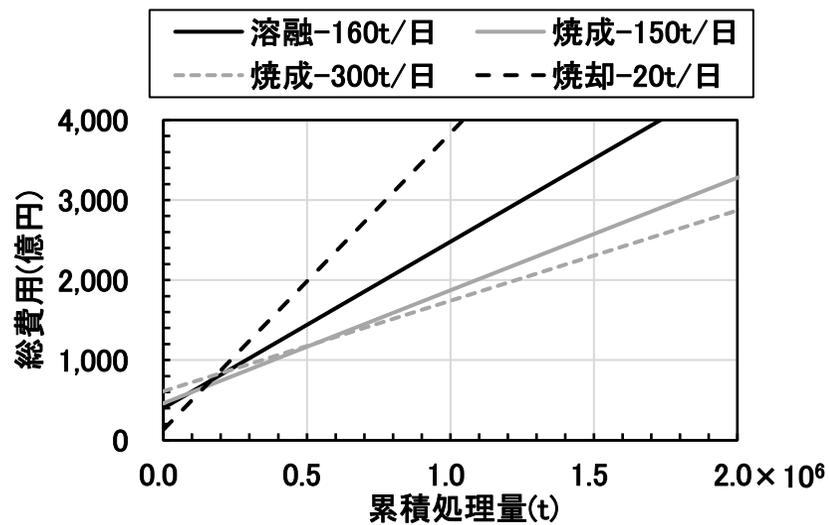


図 土壌の熱処理費用

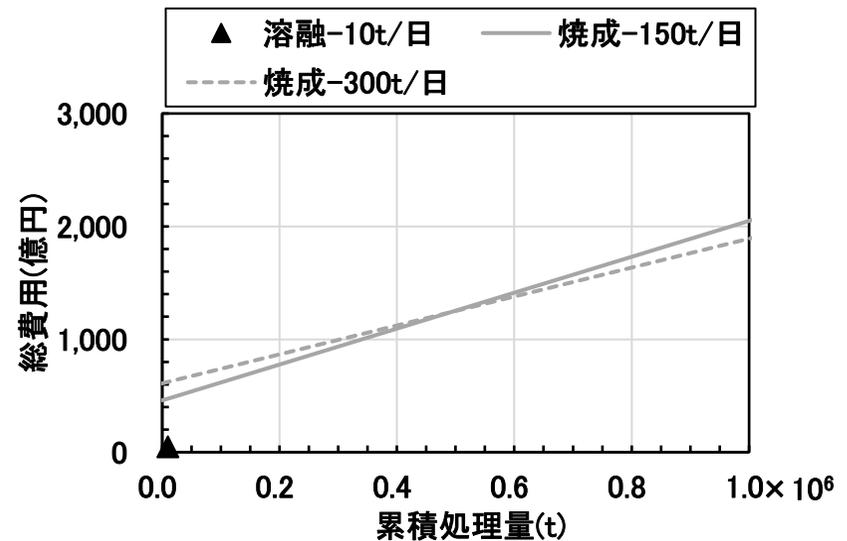


図 灰の熱処理費用

## 8. 論点

### ■ まとめ

- A) 熱処理技術は、分級処理技術と比較して、概して高い減容化率と除染率が得られることを確認した。  
 B) 減容化率に加え、除染率を考慮すると焼成技術が優位と考える。

減容化対象	項目	優位な技術	優位と考えた根拠
土壌	① 減容化	熔融 焼成 焼却	・ 減容化率はどの技術も90%程度で大差無し
	② 除染率	焼成	・ 焼成法の除染率が比較的高い。
	③ 処理後物の再生利用	焼成	・ 焼成の生成物の放射能濃度は熔融、焼却に比較して低い。
	④ ばいじんの取扱い	焼成	・ 焼成のばいじん放射能濃度は熔融より低いものの、ばいじん発生比は熔融に比較して若干高い。
	⑤ コスト	—	(試算内容、単価の精査が必要)
灰	① 減容化	焼成	・ 減容化率は焼成が優位である。
	② 処理後物の再生利用	焼成	・ 焼成の生成物の放射能濃度は熔融に比較して低い。
	③ ばいじんの取扱い	熔融	・ ばいじん放射能濃度、ばいじん発生比ともに熔融が焼成より低い。
	④ コスト	—	・ 試算内容、単価の精査が必要。
共通	① 実設備の計画	—	(負荷変動への対応、建設期間、非常時の想定被害及び対応、性能保証項目・性能保証条件(機器、プロセス)など実設備の計画に当たって確認が必要)