

令和3年度除去土壌等の減容等技術実証事業

熱減容風選別技術および磁力選別技術による  
除去土壌の乾式分級技術の実証

# 目次

1. はじめに
2. 実証実験フロー
3. 乾式分級処理技術の概要
4. 成果目標
5. 実験結果
6. 成果目標に対する評価
7. その他評価
8. まとめ、今後の課題

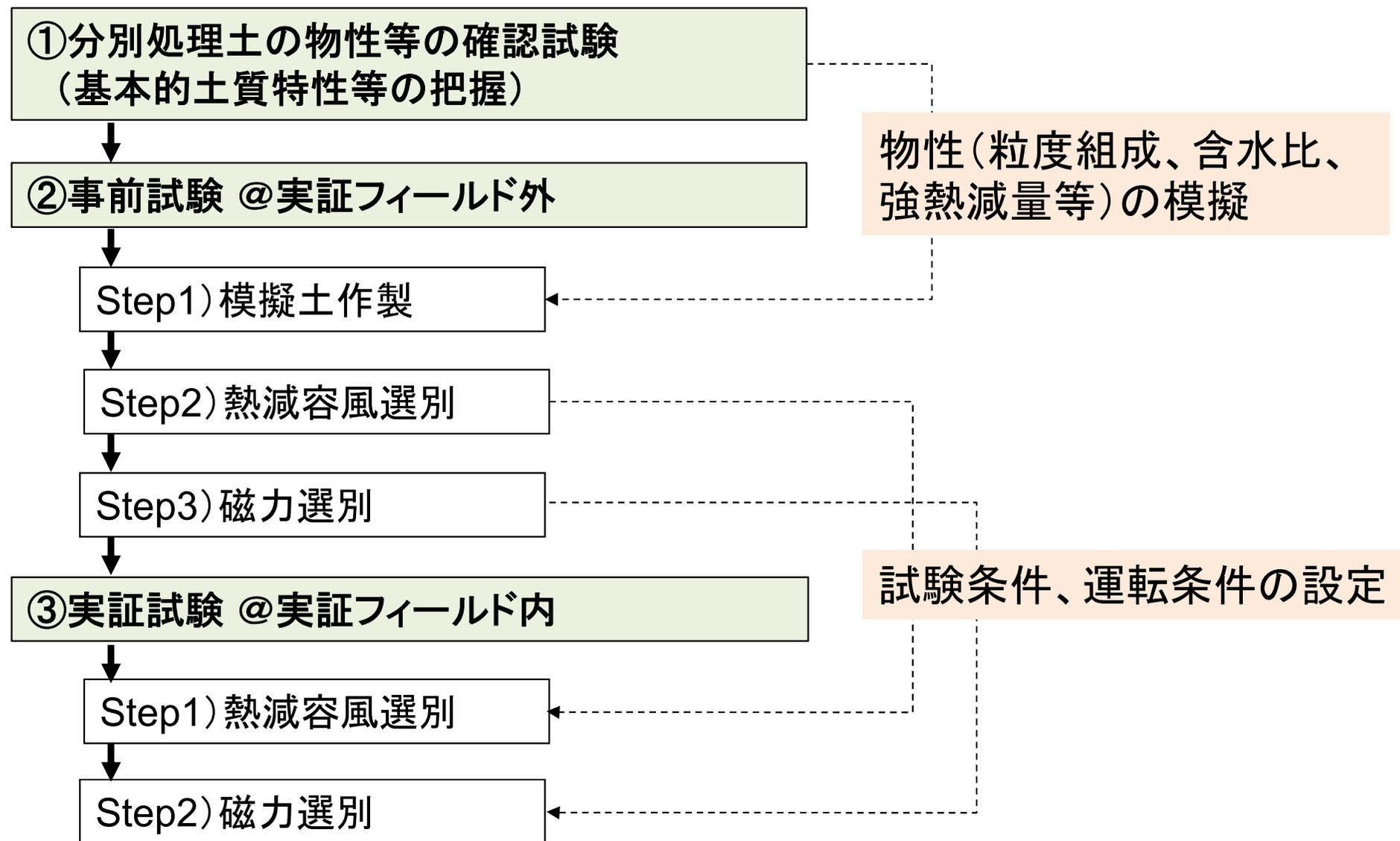
# はじめに

中間貯蔵除去土壌減容化・再生利用技術開発戦略検討会(第10回)資料4-2別添資料より

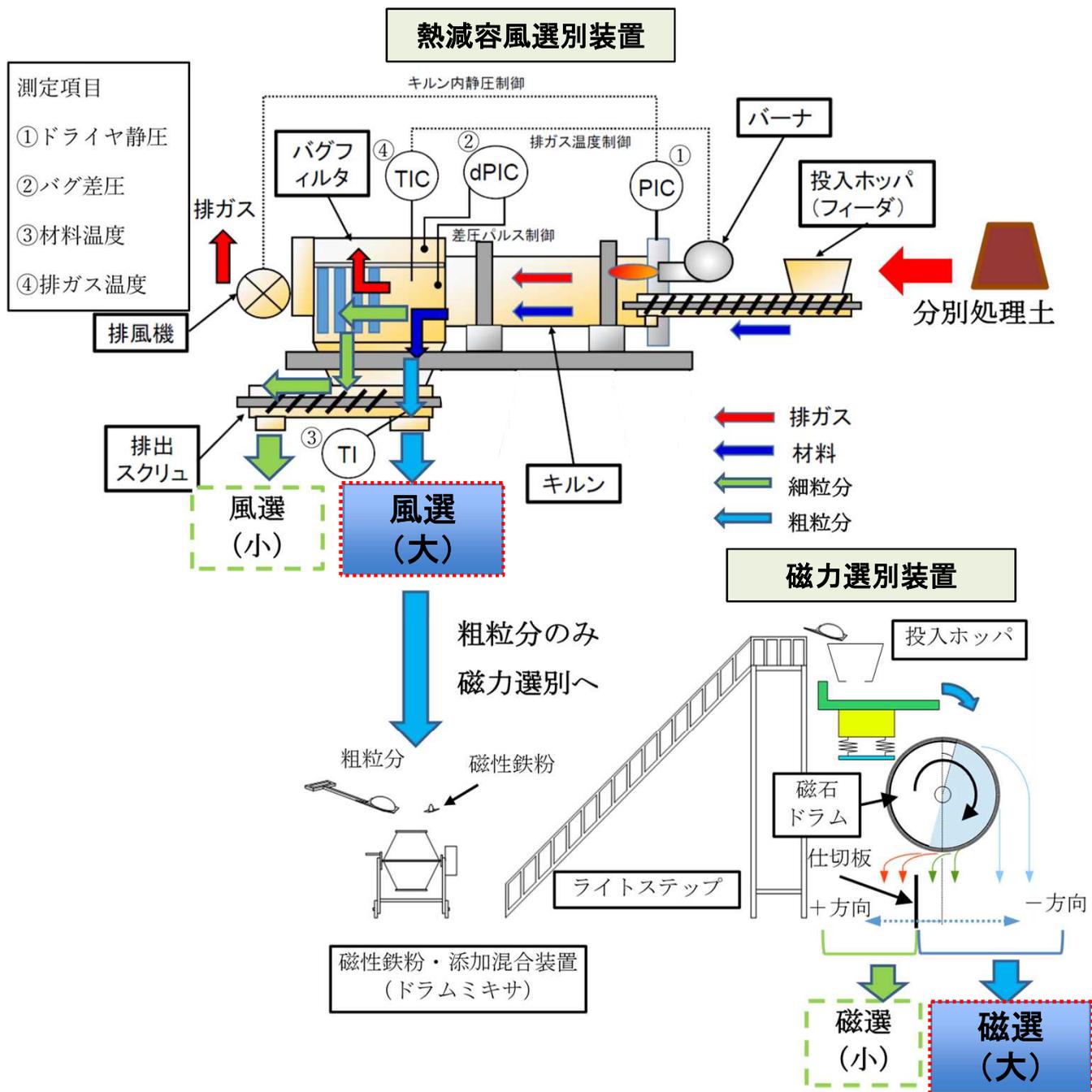
対象物			放射能濃度(Bq/kg)区分			平成30年10月末時点での物量の推計			
			放射能濃度評価時						
種類	分類	定義	2015(H27) 3月	2018(H30) 10月	2024(H36) 3月	砂質土 (万m <sup>3</sup> )	粘性土 (万m <sup>3</sup> )	物量 (万m <sup>3</sup> )	物量の 割合
土 壤	土壌A	放射能濃度評価時点で 8,000Bq/kg以下	≤8,000	≤8,000	≤8,000	655.0	416.1	1,071.1	80.2%
	土壌B	中間貯蔵施設への搬入 開始30年後(2045年)に 8,000Bq/kg以下	8,000<~ ≤20,000	8,000~ ≤15,000	8,000~ ≤12,000	35.2	50.0	85.3	6.4%
	<b>土壌C</b>	高度分級技術により得ら れた生成物が中間貯蔵 施設への搬入開始30年 後(2045年)に 8,000Bq/kg以下	20,000< ~ ≤80,000	15,000< ~ ≤62,000	12,000< ~ ≤51,000	20.8	112.9	133.7	10.0%
	土壌D	土壌Cより高濃度	>80,000	>62,000	>51,000	0.7	9.8	10.6	0.8%
焼却 灰	—	—	—	—	—	—	34.4	2.6%	
<b>計</b>						<b>711.7</b>	<b>588.9</b>	<b>1,335.0</b>	<b>100.0%</b>

- ・土壌C(133.7万m<sup>3</sup>)を処理対象とした乾式分級処理技術を実証。(技術としては湿式が先行)
- ・本実証試験では、原土として分別処理土(放射性Cs濃度3,720 Bq/kg)を使用。

# 実証実験のフロー



# 乾式分級処理システムの概要



熱減容風選別後の試料；

粗粒側⇒**風選(大)**

細粒側⇒**風選(小)**

磁力選別後の試料；

粗粒側⇒**磁選(大)**

細粒側⇒**磁選(小)**

# 成果目標

1) 除染率 = (1 - 処理後の粗粒側の放射性Cs濃度 / 原土の放射性Cs濃度)

⇒ 70%以上(熱減容風選別+磁力選別)

2) 細粒分除去率 = (1 - 処理後の粗粒側の細粒分質量 / 原土の細粒分質量)

⇒ 80%以上(熱減容風選別+磁力選別)

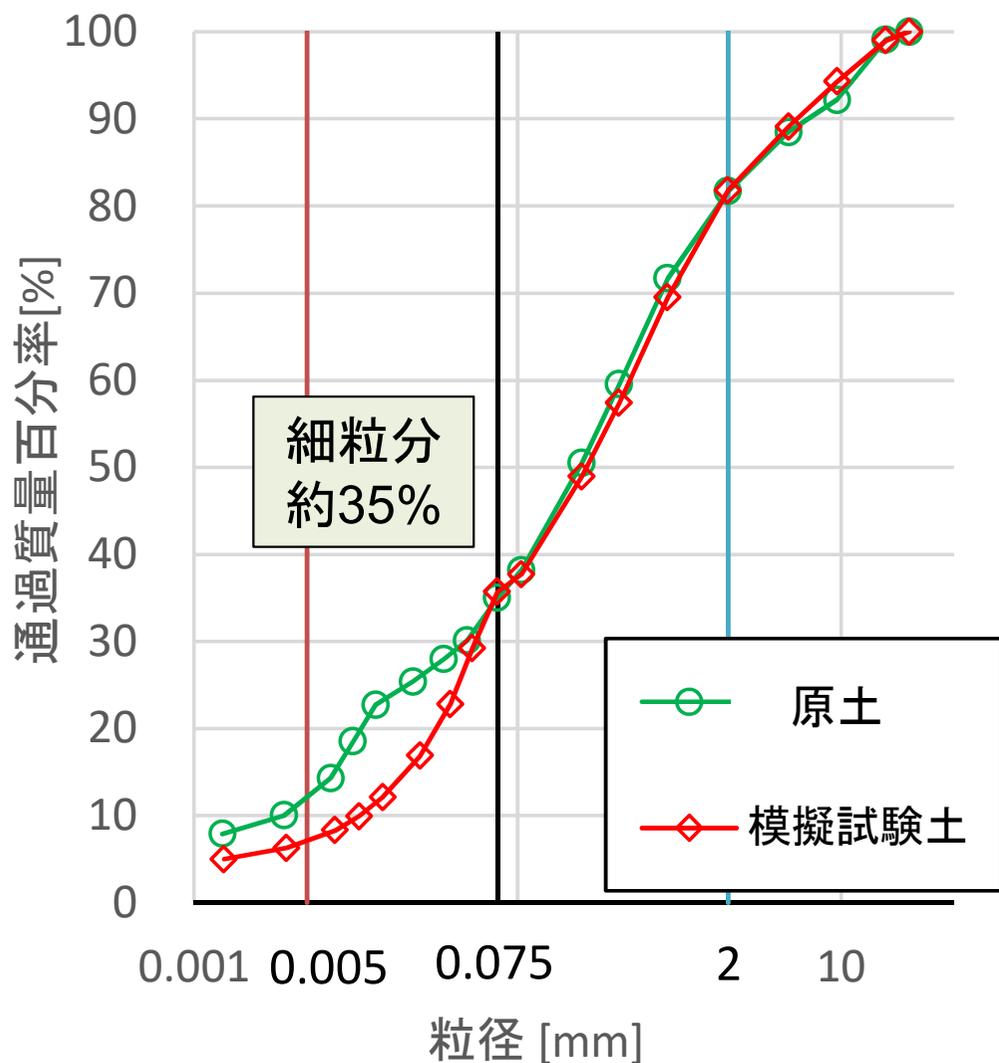
3) 粗粒分混入率 = 処理後の細粒側の粗粒分質量 / 処理後の細粒側質量

⇒ 15%以下

## 【参考評価】

- ・ 物質収支(回収率)
- ・ 粒度分布
- ・ 乾燥評価(含水比)
- ・ 有機物(強熱減量)除去率など

# 実験結果 (事前試験; 模擬土の作製)



試験項目		原土	模擬試験土
成分 [%]	礫分 40 ~ 2 mm	18.3	18.2
	砂分 2 ~ 0.075mm	46.7	46.1
	シルト分 0.075 ~ 0.005mm	23.6	28.6
	粘土分 0.005mm 未満	11.4	7.1
自然含水比 [%]		14.1	14.9
土粒子の密度 [g/cm <sup>3</sup> ]		2.612	2.615
強熱減量 [%]		7.67	6.73
放射性Cs濃度 [Bq/kg]		3,720	-

# 実験結果 (事前試験; 模擬土の熱減容風選別)

## 【試験パラメータ】

- ・ 処理速度
- ・ キルン内静圧
- ・ 排ガス温度
- ・ キルン回転数

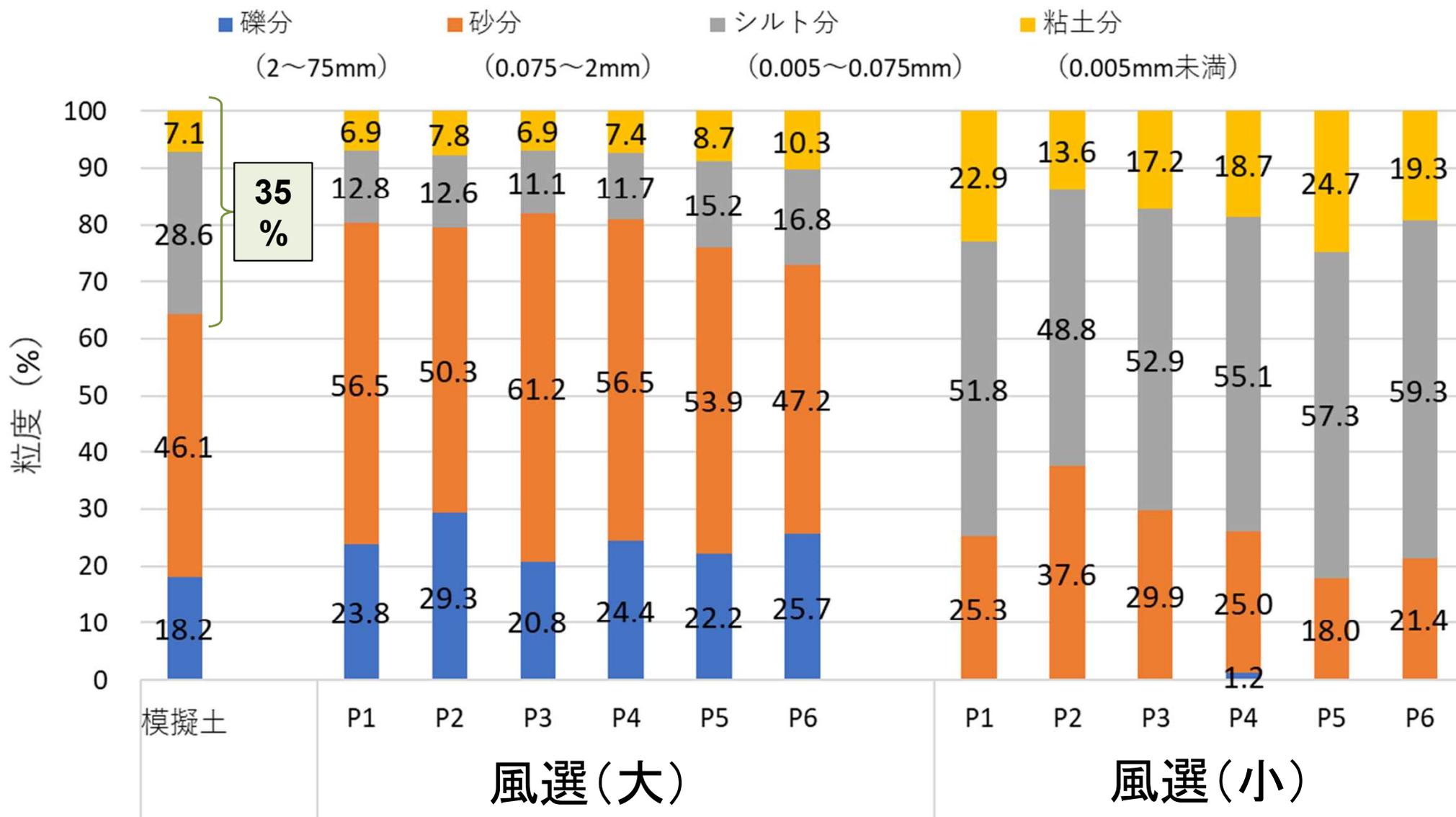


装置内の風量の変化の要因であり、  
土壌の分級性能に対して影響を及ぼす

## 熱減容風選別装置の運転データ (事前試験時)

試験番号	処理速度 [kg/h]	キルン内静圧 [Pa]	排ガス温度 [°C]	キルン回転数 [rpm]
P1	1,617	-30	131	13.4
P2	1,015	-78	130	13.4
P3	1,018	-84	131	6.7
P4	1,024	-79	150	6.7
P5	1,027	-25	130	6.7
P6	819	-80	129	6.7

# 実験結果 (事前試験; 模擬土の熱減容風選別)



キルン内静圧が低い ⇒ 細粒分除去率が高い

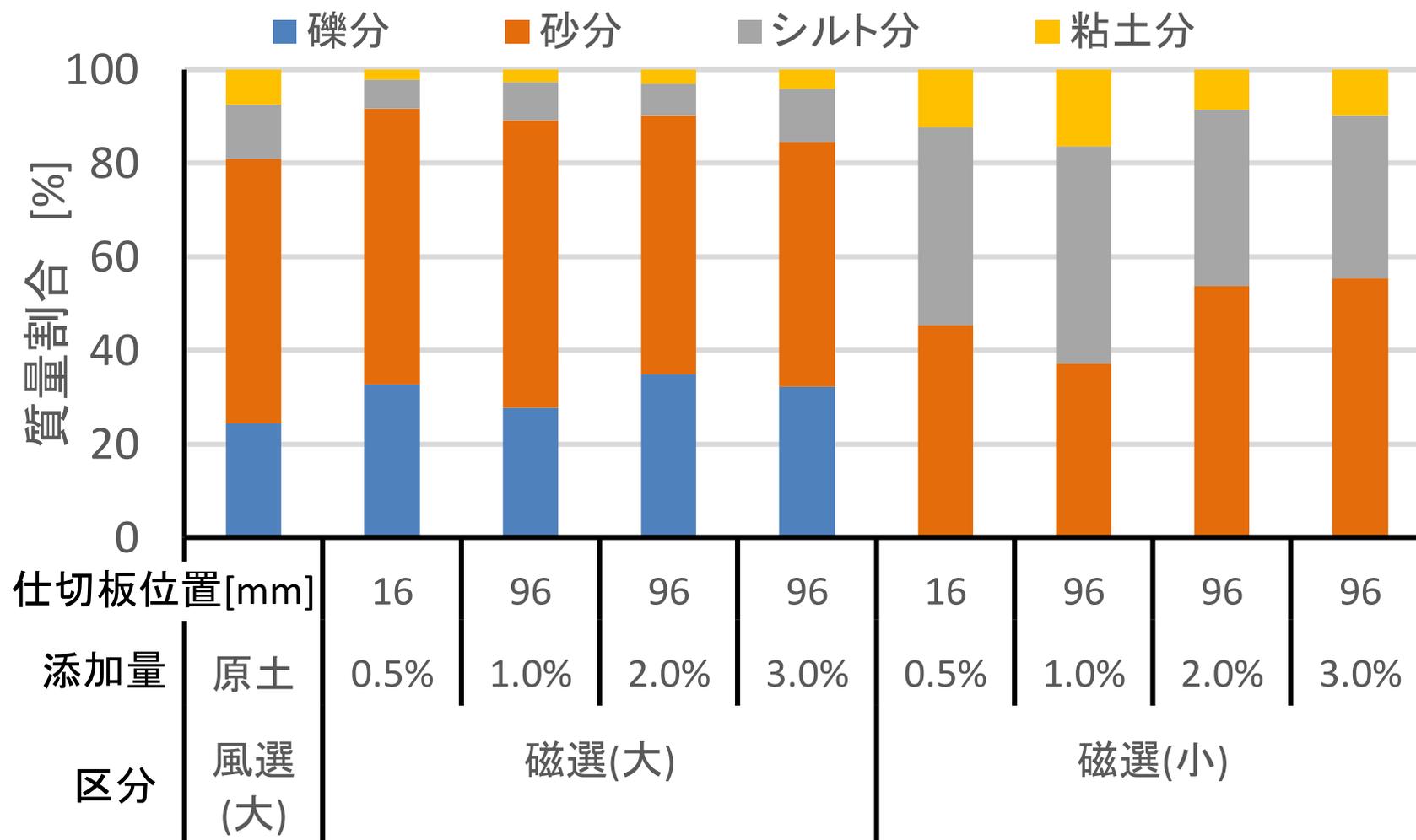
# 実験結果 (事前試験; 模擬土の磁力選別)

## 【試験パラメータ】

- ・ 磁性鉄粉添加量 …… 土壌の磁着率を制御する
- ・ 仕切板位置 …… 細粒側と粗粒側の境界を物理的に仕切る位置

試験 No.	磁性鉄粉添加量 [質量%]	仕切板位置 (正側) [mm]	磁石ドラム回転数[rpm] (設定周波数 [Hz])	処理速度 [kg/h]
1	0.2	16	100 (70)	1,000
		96		
2	0.5	16	100 (70)	
		96		
3	2.0	16	100 (70)	
		96		
		176		
4	3.0	16	100 (70)	
		96		
		176	117 (80)	
5	4.0	16	100 (70)	
		96		
		176		

# 実験結果 (事前試験; 模擬土の磁力選別)



仕切板位置と磁性鉄粉添加量を制御することで分級できる可能性

# 実験結果 (実証試験; 熱減容風選別)

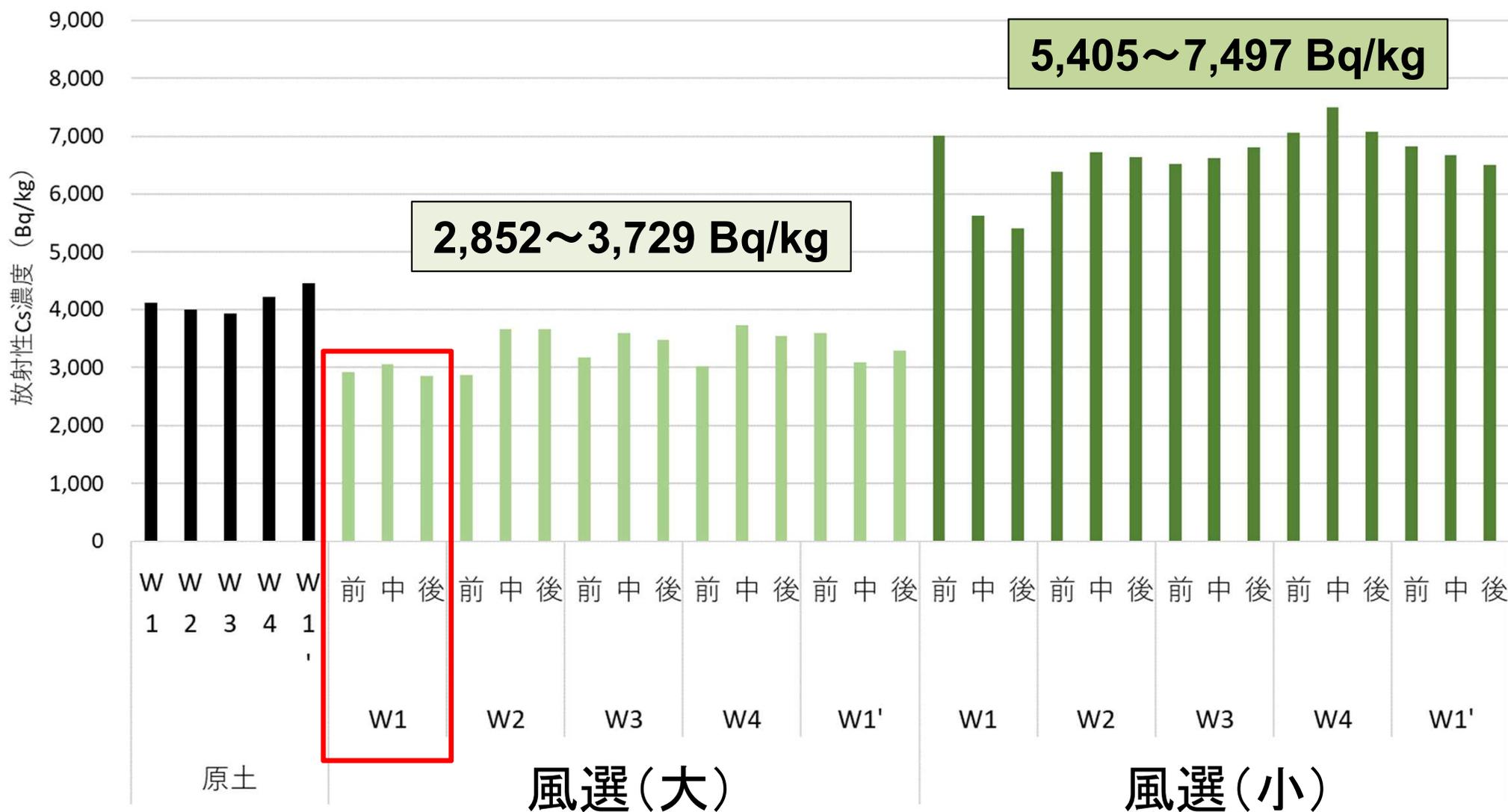
事前試験結果に基づいて実証試験の運転条件を設定

- ・処理速度 : 1,000 kg/h
- ・キルン内静圧 : -30 or -100 Pa
- ・排ガス温度 : 130 or 150°C
- ・キルン回転数 : 6.7 or 13.4 rpm

熱減容風選別装置の運転データ(実証試験時)

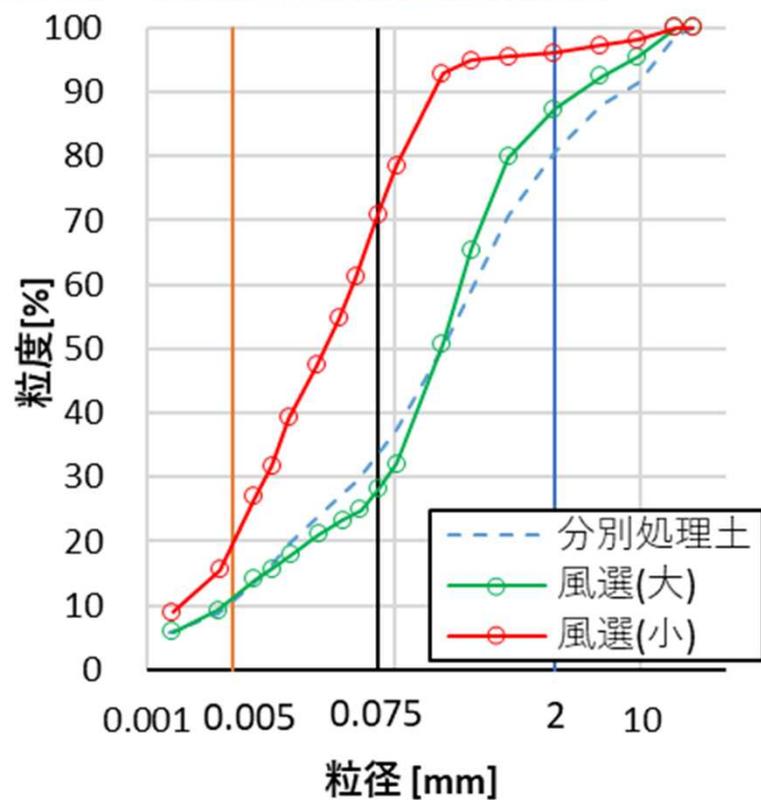
試験番号	処理速度 [kg/h]	キルン内静圧 [Pa]	排ガス温度 [°C]	キルン回転数 [rpm]
W1	932	-78	130	13.4
W2	1,009	-99	130	6.7
W3	856	-92	150	6.7
W4	896	-30	130	6.7
W1' (2回目)	1,055	-80	130	13.4

# 実験結果 (実証試験; 熱減容風選別の除染率)



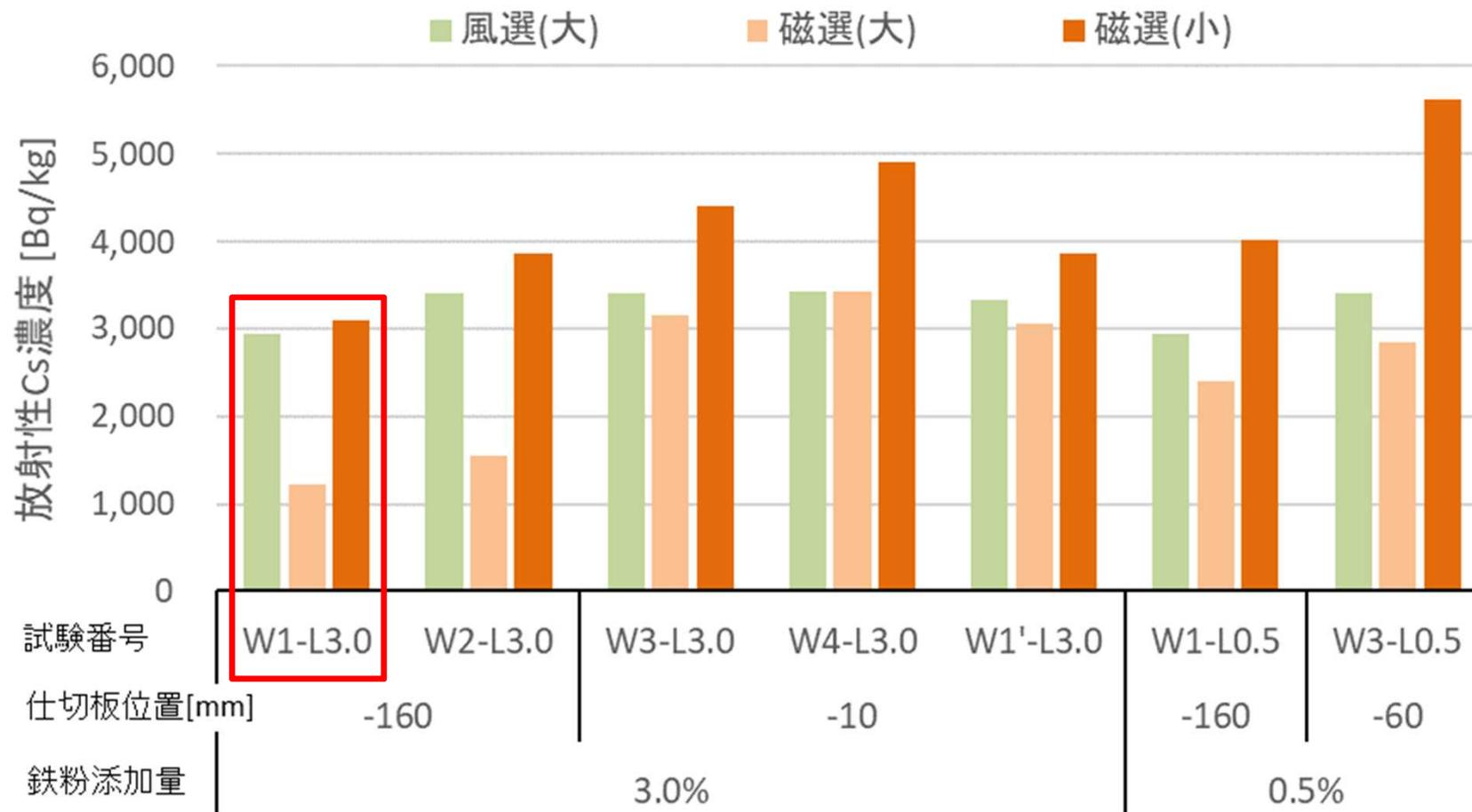
風選(小)へ放射性Csを濃縮し、最大で除染率28.4%(W1条件時)

# 実験結果 (実証試験; 熱減容風選別の除染率)



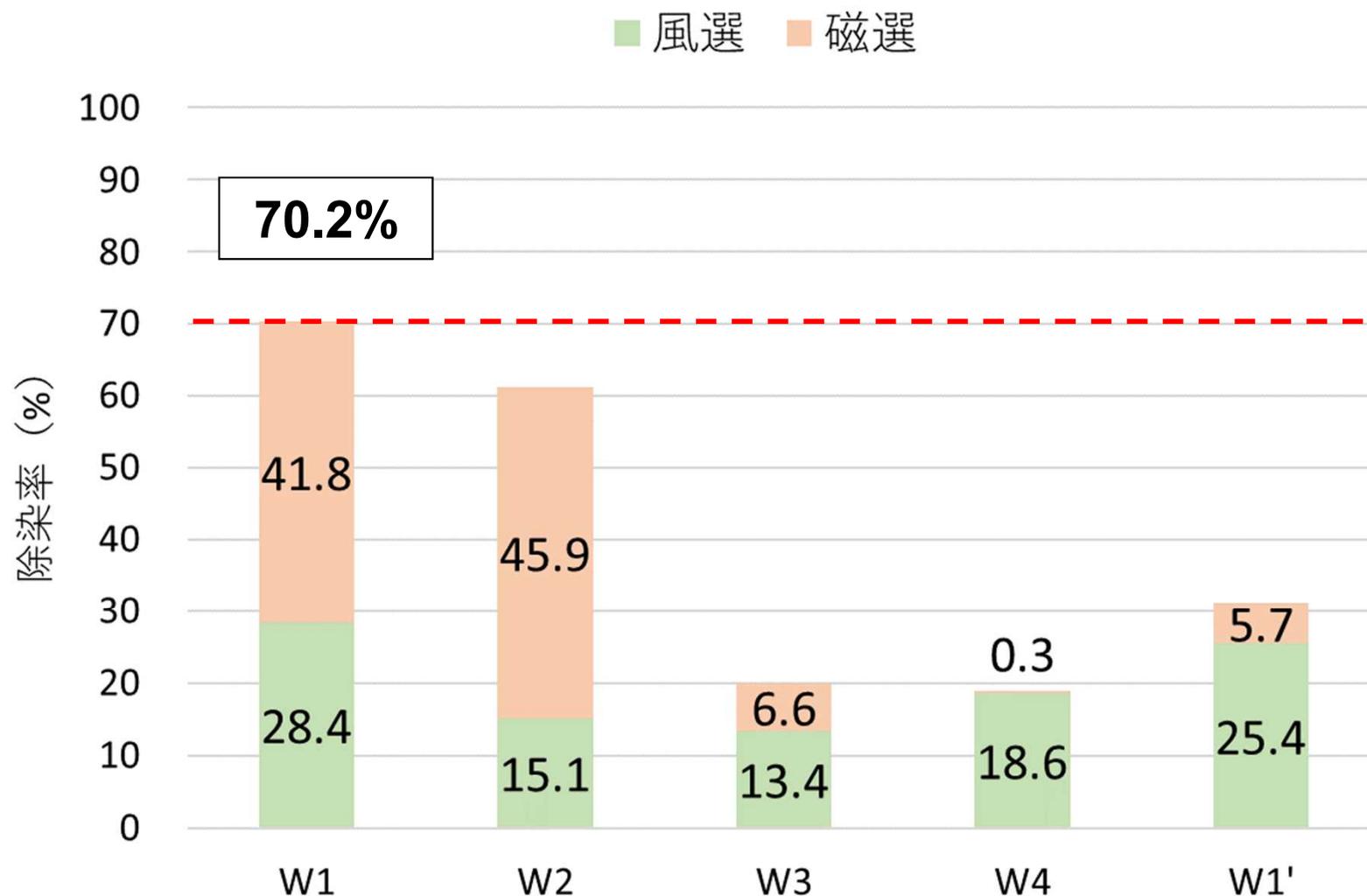
- ・風選(大)は原土よりもシルト～細砂の割合が減少し、中砂～礫が増加。
- ・風選(小)は原土よりも粘土～細砂の割合が増加。

# 実験結果 (実証試験; 磁力選別の除染率)



風選(小)へ放射性Csを濃縮し、最大で除染率58.5%(W1-L3.0条件時)

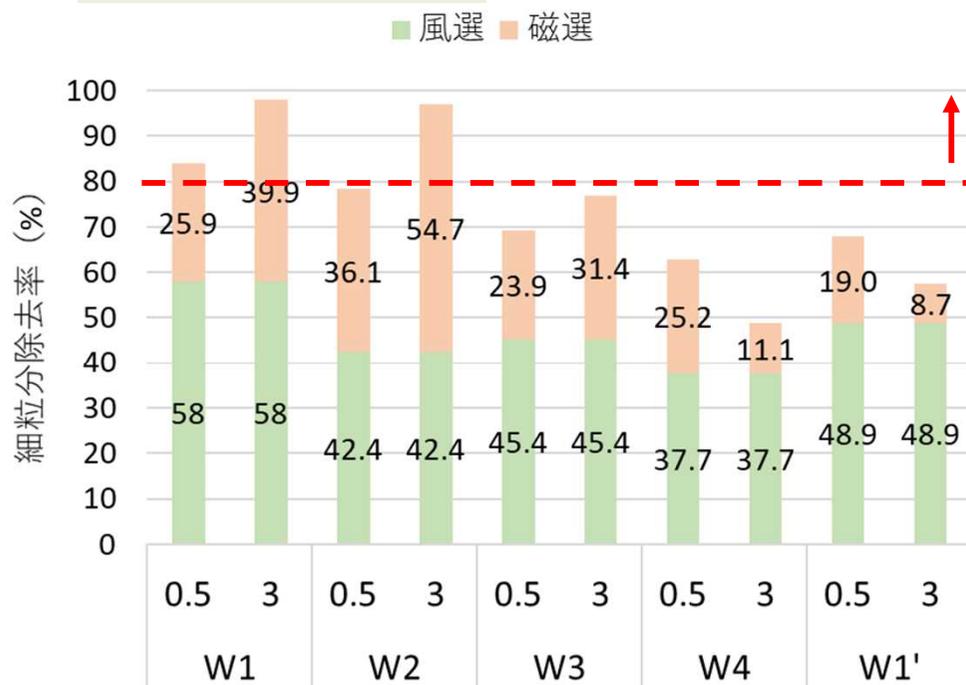
# 実験結果 (実証試験; 除染率まとめ)



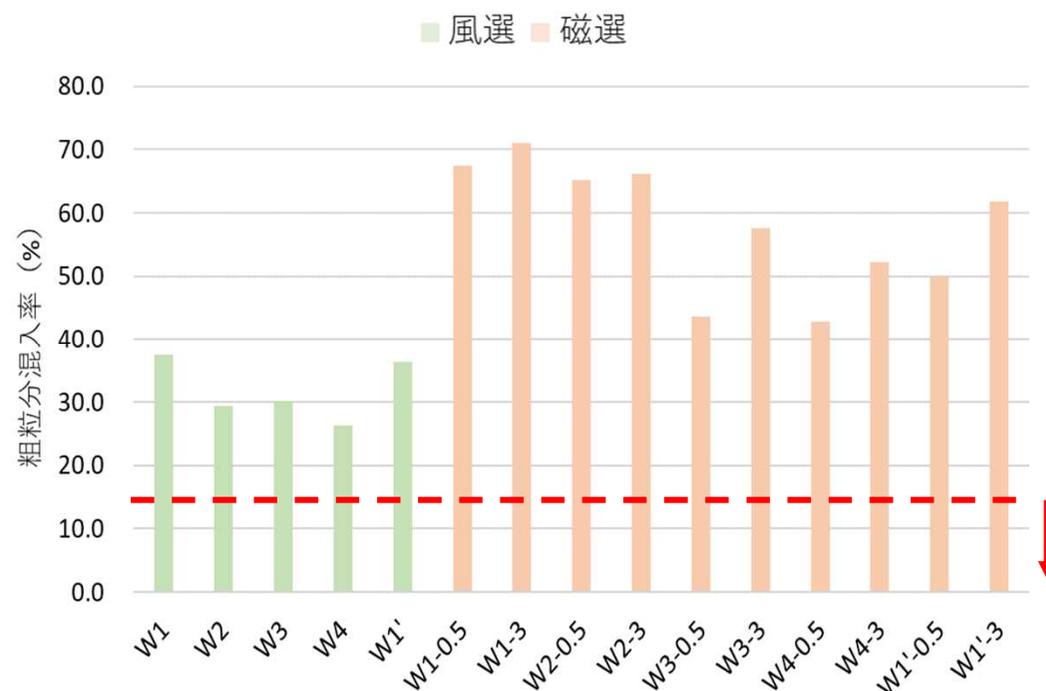
熱減容風選別と磁力選別を組合せることで除染率70%を達成。

# 実験結果 (実証試験; 細粒分除去率および粗粒分混入率)

## 細粒分除去率



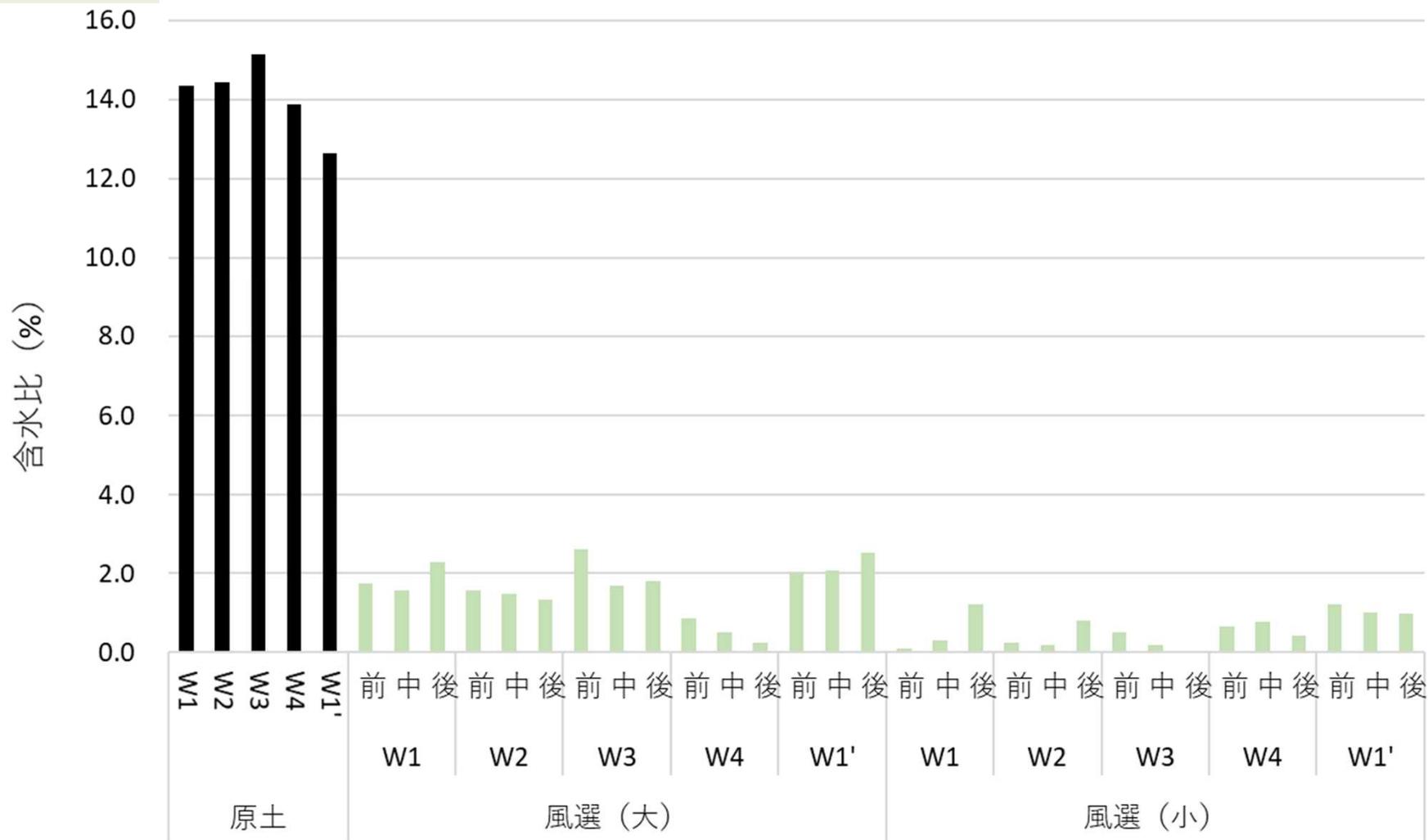
## 粗粒分混入率



- ・細粒分除去率は80%を達成。
- ・粗粒分混入率は15%以下を達成できず。

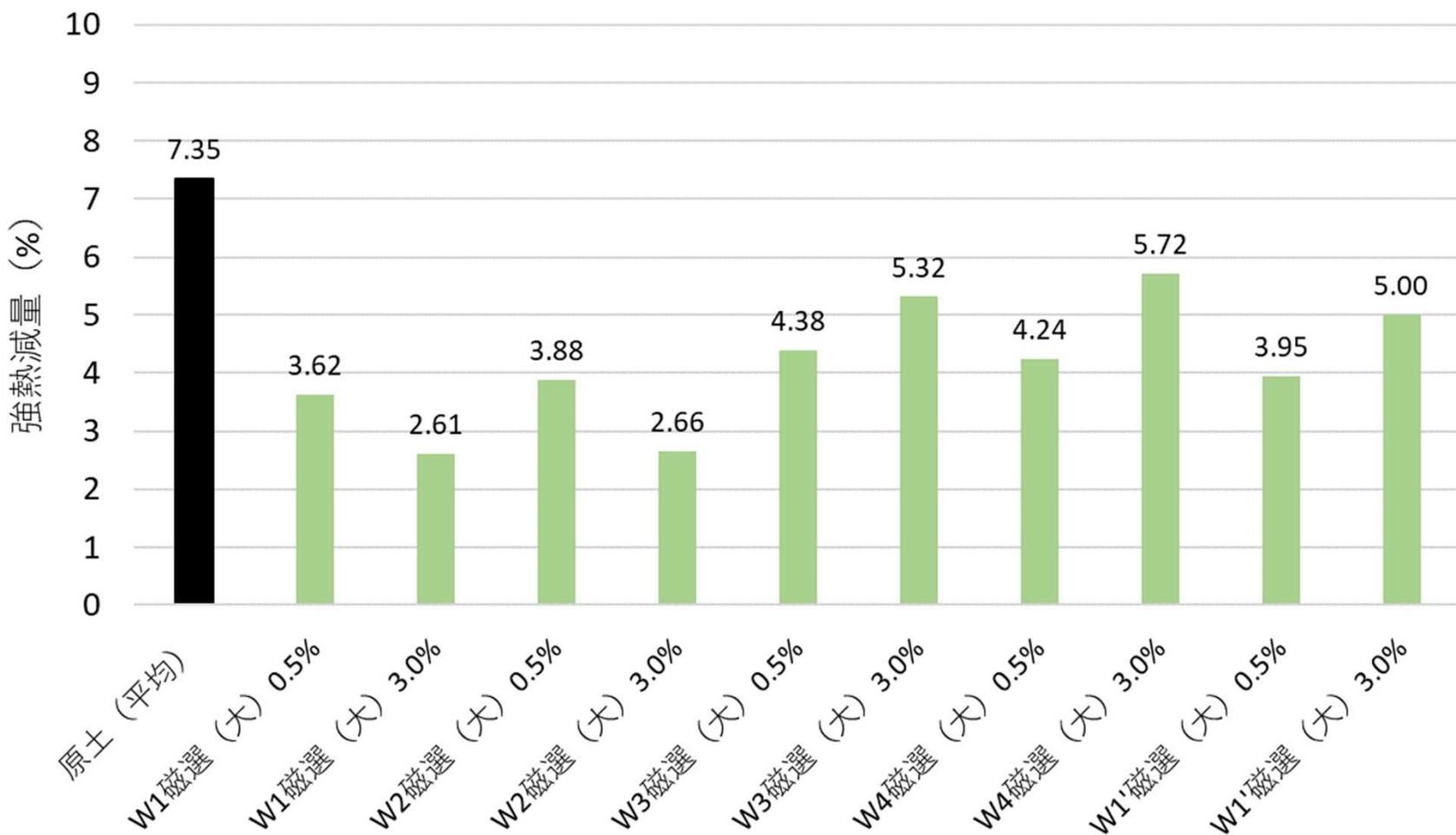
# 実験結果 (実証試験; 含水率)

## 含水比



# 実験結果 (実証試験; 強熱減量)

## 強熱減量



# 実験結果(実証試験; 環境影響評価)

## 実証試験中の 排気中放射能濃度

測定箇所	分析項目	試験結果 [Bq/m <sup>3</sup> ]	検出下限 [Bq/m <sup>3</sup> ]
熱減容風選別装置 ろ紙部	放射性 Cs (Cs-134)	検出下限未満	0.48
	放射性 Cs (Cs-137)	検出下限未満	0.54
熱減容風選別装置 ドレン部	放射性 Cs (Cs-134)	検出下限未満	0.48
	放射性 Cs (Cs-137)	検出下限未満	0.54
集塵機 ろ紙部	放射性 Cs (Cs-134)	検出下限未満	0.48
	放射性 Cs (Cs-137)	検出下限未満	0.54
集塵機 ドレン部	放射性 Cs (Cs-134)	検出下限未満	0.48
	放射性 Cs (Cs-137)	検出下限未満	0.54

## 実証試験中の 粉じん濃度

測定地点	測定時間 [min]	測定結果 [count]	測定濃度 [cpm]	質量濃度 換算計数(K 値)	粉塵濃度 [mg/m <sup>3</sup> ]
①東側	10	243	24.3	0.06	1.46
②中央	10	193	19.3	0.06	1.16
③西側	10	228	22.8	0.06	1.37
④集じん機排気 口	10	148	14.8	0.06	0.89

## 磁力選別後の溶出試験 (溶解性鉄)

土壌区分	添加量 [%]	測定値 [mg/L]	定量下 限值	測定条件		試験土 番号
				土量 [g]	液量 [L]	
原土	0.0	2.4	0.1	100	1	W1
磁選 (大)	3.0	1.5	0.1	100	1	W1
磁選 (小)	3.0	4.5	0.1	100	1	W1

いずれも基準を超過するような測定項目はなし

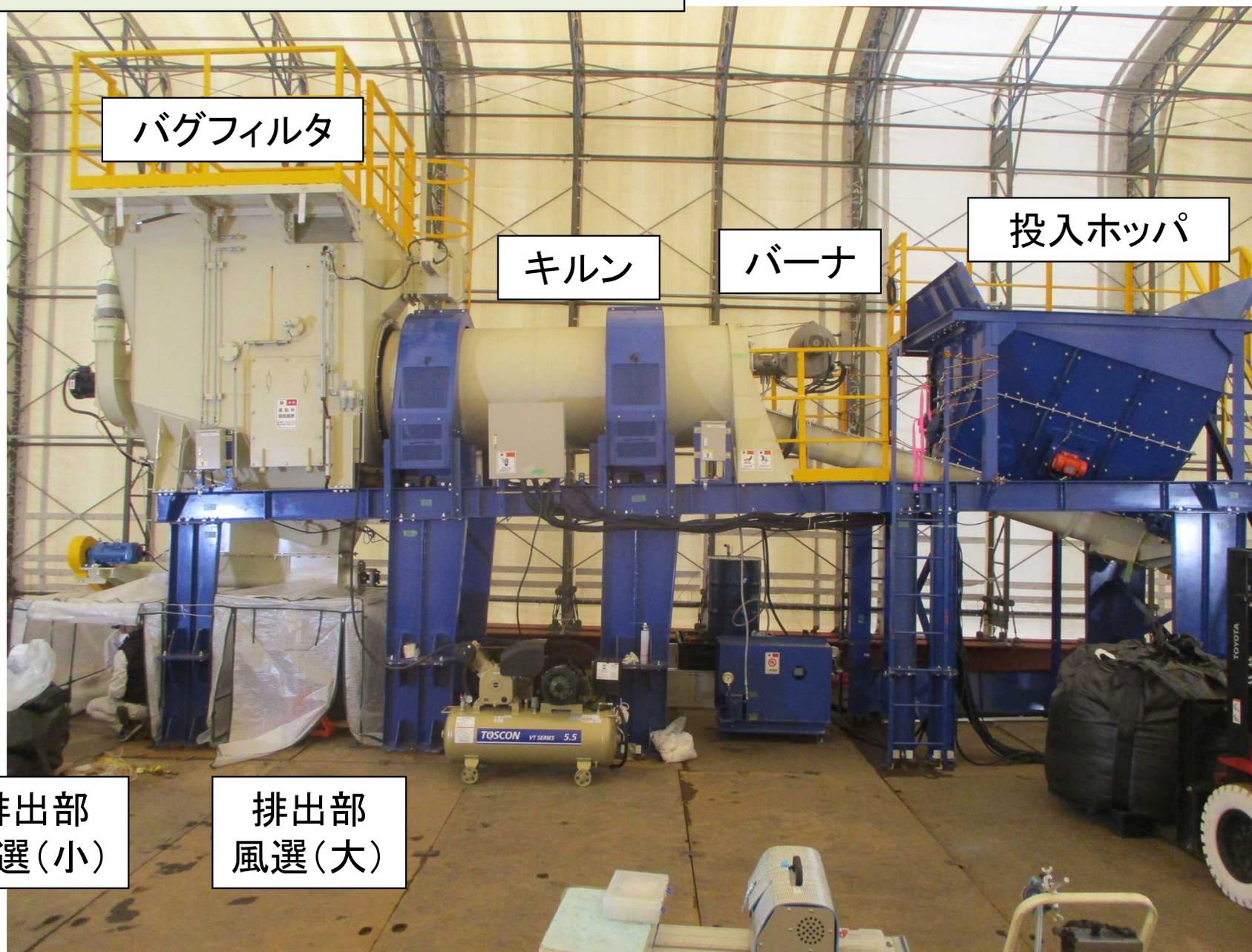
# まとめ

- ・熱減容風選別技術および磁力選別技術を組合せた乾式分級処理技術によって、粗粒分側から細粒分(粘土・シルト)を除去でき、除染率70%を達成した。
- ・分別処理土からの細粒分除去率は目標値(80%以上)を満足する結果を得られたが、細粒分側への粗粒分混入率は目標値(15%以下)を満足できなかった。
- ・処理後の含水比はいずれも5%未満であり、磁力選別の前処理としても、十分に乾燥処理できた。
- ・有機物(強熱減量)は、熱減容風選別、磁力選別ともに細粒分側(風選(小)、磁選(小))へ移動し、粗粒分側から除去できる傾向を示した。

## ● 今後の課題

- ・熱減容風選別装置にサイクロン等の装置を追加することでの分級精度の向上。
- ・対象土に合わせた磁性選別装置の仕切板位置等の試験条件の最適化。
- ・磁性鉄粉の使用量を低減することで全体処理コストの削減。

# 熱減容風選別装置



バグフィルタ

キルン

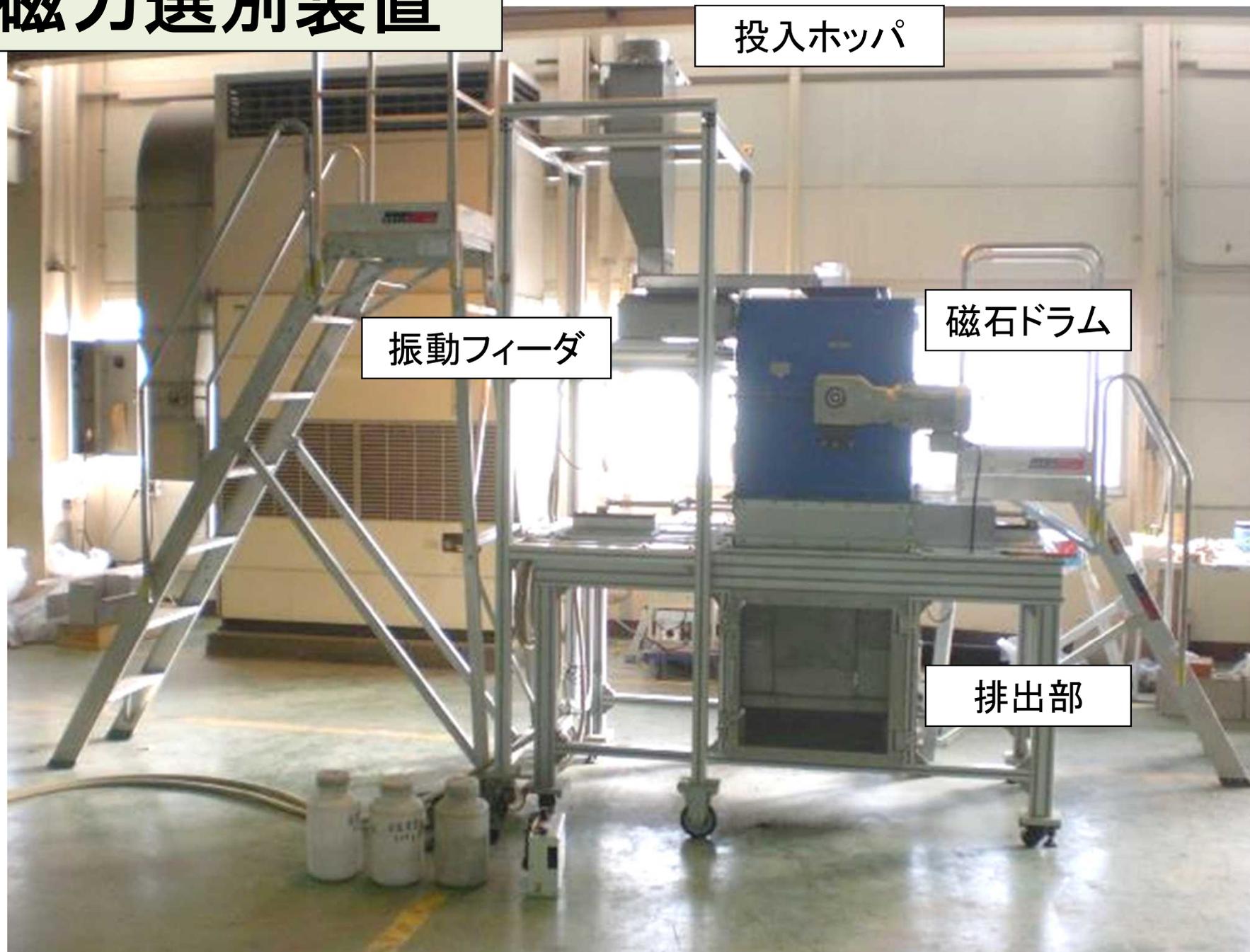
バーナ

投入ホツパ

排出部  
風選(小)

排出部  
風選(大)

# 磁力選別装置



投入ホツパ

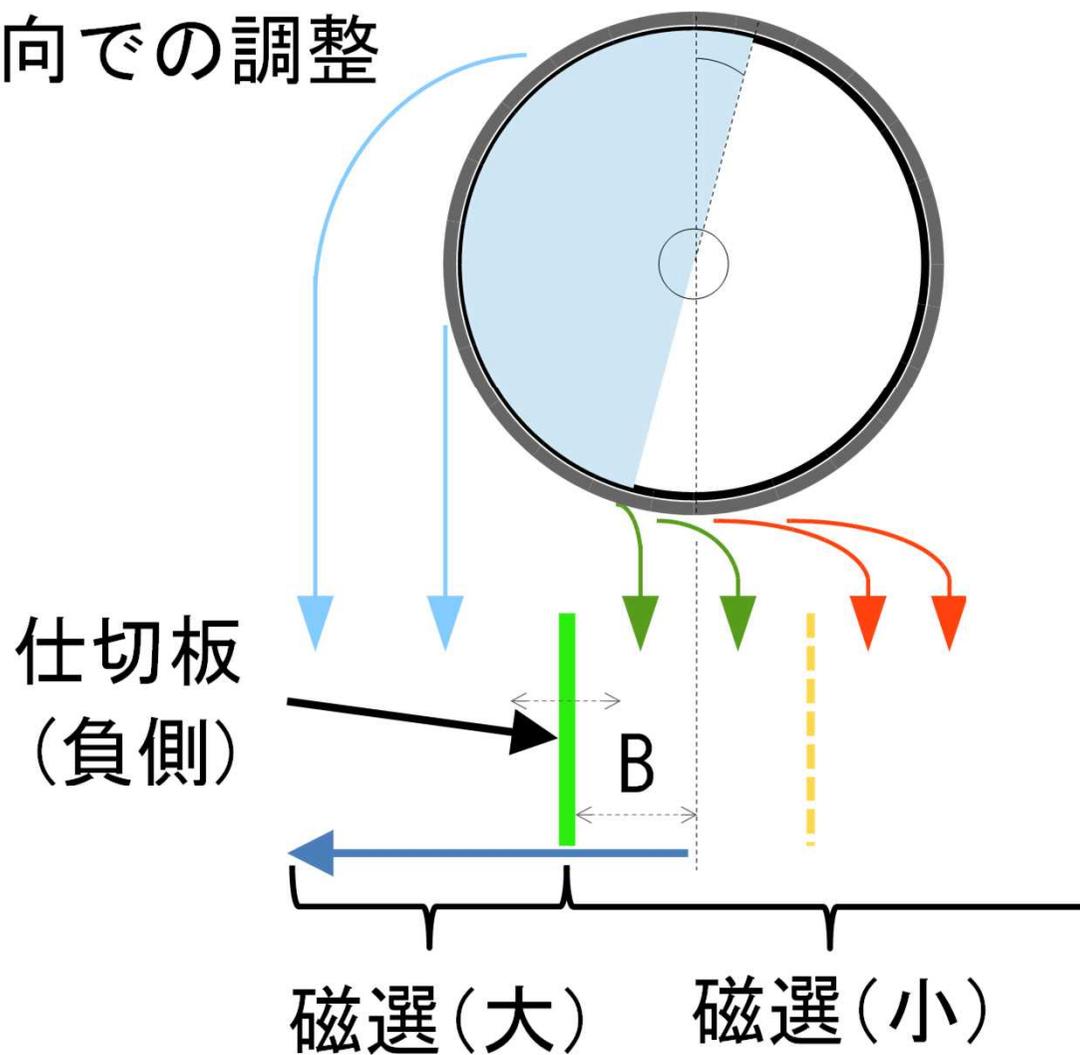
振動フィーダ

磁石ドラム

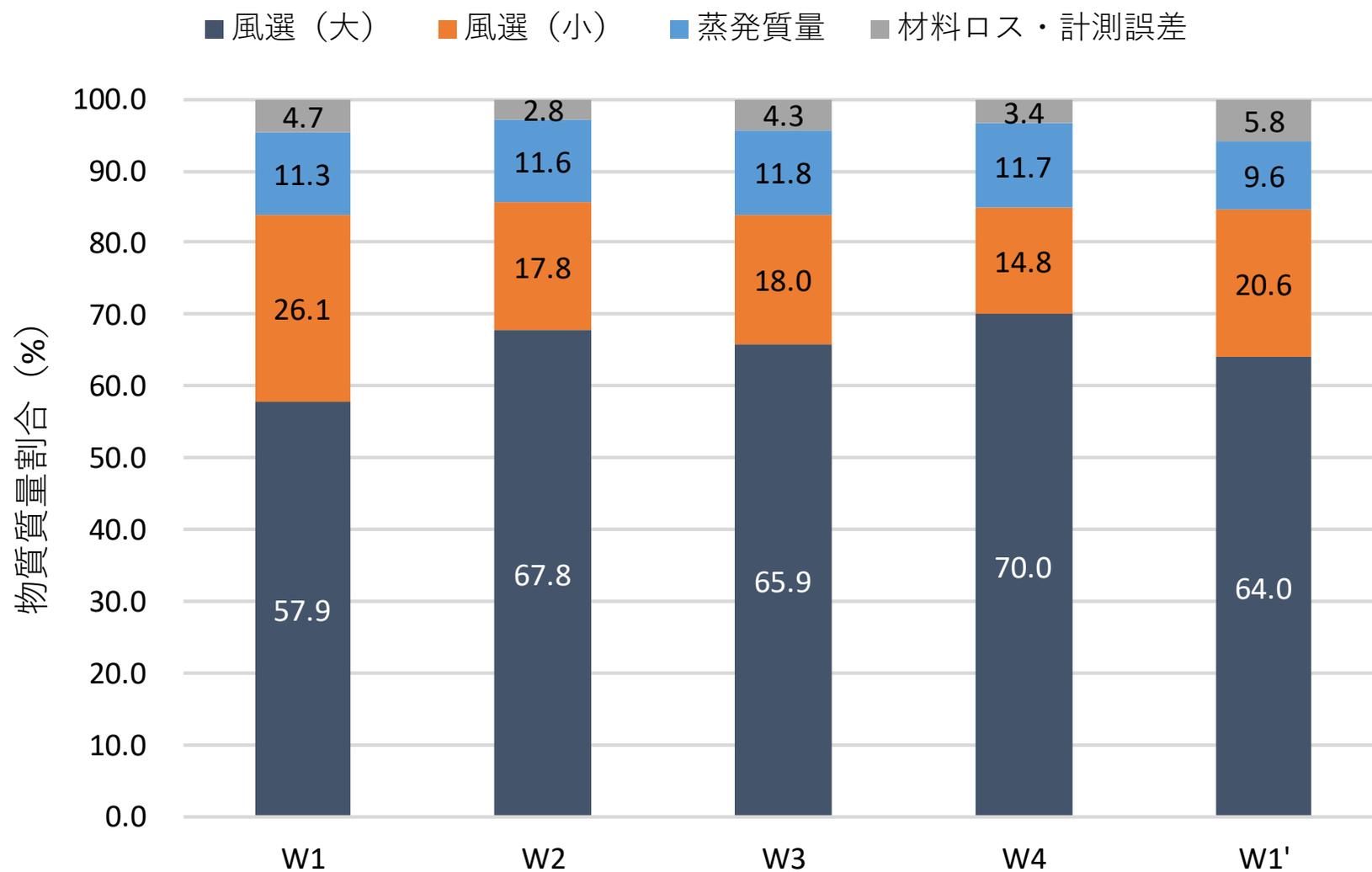
排出部

# 磁力選別装置

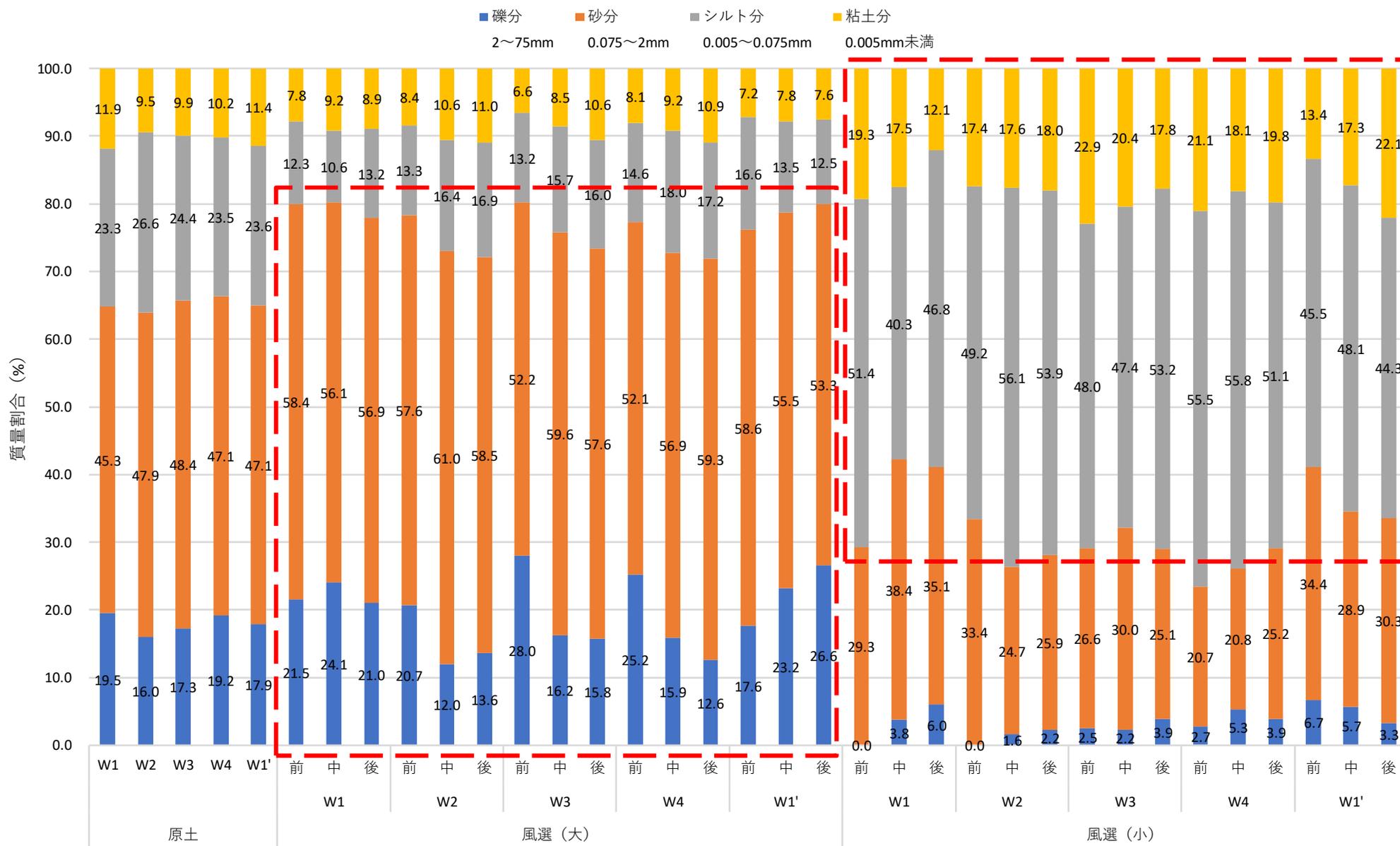
負方向での調整



# 物質収支



# 粒度分布



## ○土壌C(15,000～62,000 Bq/kg)を対象とした検討結果

項目	単位	数量	単価単位	単価	金額	
設備費	式	1	円/式	135,465	135,465	
工事費	式	1	円/式	15,347	15,347	
運転費 (人件費)	式	1	円/式	369,500	369,500	
燃料費	乾燥装置；灯油	L/3 台	2,256	円/L	97	218,832
	発電機；軽油	L/2 台	84.8	円/L	120.6	10,226
磁性鉄粉 (3.0%)	kg	930	円/kg	600	558,000	
合計 (62 t/日)					1,307,023	
1 t あたり					21,086	

\*処理対象土：183,334 t (かさ密度 1.25 t/m<sup>3</sup>)、含水比 30 %、処理土壌量 62 t/日

\*処理コストには共通仮設費、現場管理費、一般管理費は含まないものとする

\*運転費 (人件費) は作業員 15 人、放射線管理者 2 人の合計 17 人で計算

\*設備費は、熱減容風選別装置、磁力選別装置、混合機、磁性鉄粉供給装置、一時貯留槽、ベルトコンベア、集塵機、発電機