

放射性物質を含む汚染土壌処理システム 及び焼却灰洗浄減容化システム

あらゆる条件の土壌と焼却灰の減容化による
中間貯蔵スペース(帰れない町)の最小限化を目指して



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

新しい地球環境と未来を創造する

 **アース株式会社**



東京産業株式会社

除染の現状と問題点

仮置き場、中間貯蔵難航

今こそ政治力を

2013年10月31日
除染の現状と問題点

除染

福島県の復興に全力を捧げる。多くの除染作業員が、福島県各地で除染作業に従事している。福島県は、福島県民の健康と安全を確保するために、福島県内各地で除染作業を進めている。福島県は、福島県民の健康と安全を確保するために、福島県内各地で除染作業を進めている。



投票者の最後のお話に聞き入る有権者—20日午後7時30分ごろ

付かず。吉井田地区では、二年四カ月にならないうちで、堆積している用水路の土砂の運搬へ苦情が出ている。仮置き場の確保できず、いつまで保管すればいいのかわからない。汚染廃棄物を保管する中間貯蔵施設はまだ調査段階で、整備の見通しは立っていない。森口さんは、施設を受け入れの準備を、国が地元で丸投げしてき

た印象を受けている。「仮置き場は、中間貯蔵施設にせよ、地帯で強力的な対応を求めたい。除染士などが投入されている

行政区域の坪井和博さん（今年25歳）は、仕事先から家に立ち寄ったが、底には国が長期的な目標とする空間放射線量（0.23マイクロシーベルト）を超えない状態を確保したい。しかし、この状態を解除されるも、借り上げ住宅に避

再除染 求める声根強く

国産で除染が行われた田村市郡内町の避難指示解除準備区域では、住民の再除染や山林除染を求める声が強まっている。区域内の除染は六月末で終了した。市内約半分に避難している前

- ①中間貯蔵施設の場所が未だ未定である。(2013年10月31日現在)
(中間貯蔵施設のある町＝帰れない町というイメージがある)
- ②中間貯蔵施設がいつできるのかが不明であるため、除染現場で発生する汚染廃棄物をいつまで置いておくのかが未定となり、仮置き場の確保が困難。

除染の現状と問題点

大震災断片

ダンプ不足 渋滞懸念

中間貯蔵施設への搬入

汚染廃棄物 350万トン

鉄道の代替案も困難か

2013年4月23日 11月20日(土曜)

環境省は、福島第一原子力発電所事故で発生した汚染廃棄物の中間貯蔵施設への搬入計画について、ダンプトラックの不足が深刻な懸念を表明した。また、鉄道の代替案も困難な状況にあると指摘している。

環境省は、福島第一原子力発電所事故で発生した汚染廃棄物の中間貯蔵施設への搬入計画について、ダンプトラックの不足が深刻な懸念を表明した。また、鉄道の代替案も困難な状況にあると指摘している。

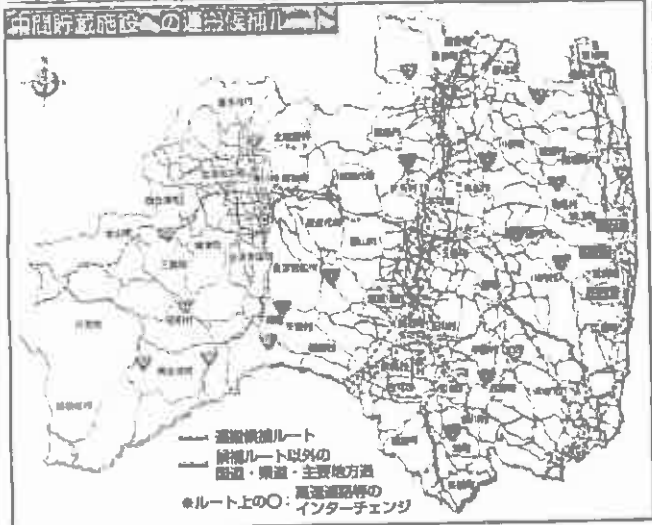
汚染土、市街地避け運搬

中間貯蔵施設へ 観光地周辺も外す

環境省検討会案

沿線住民から苦情も
 環境省は、福島第一原子力発電所事故で発生した汚染土の中間貯蔵施設への搬入計画について、沿線住民からの苦情も報告されている。また、観光地周辺も搬入を避けようとしている。

汚染土の中間貯蔵施設への搬入計画について、環境省は、沿線住民からの苦情も報告されている。また、観光地周辺も搬入を避けようとしている。



③仮置き場から集積した除染廃棄物をそのまま全量中間貯蔵施設に運搬する計画であるため、運搬経路での交通渋滞などの問題が危惧される。

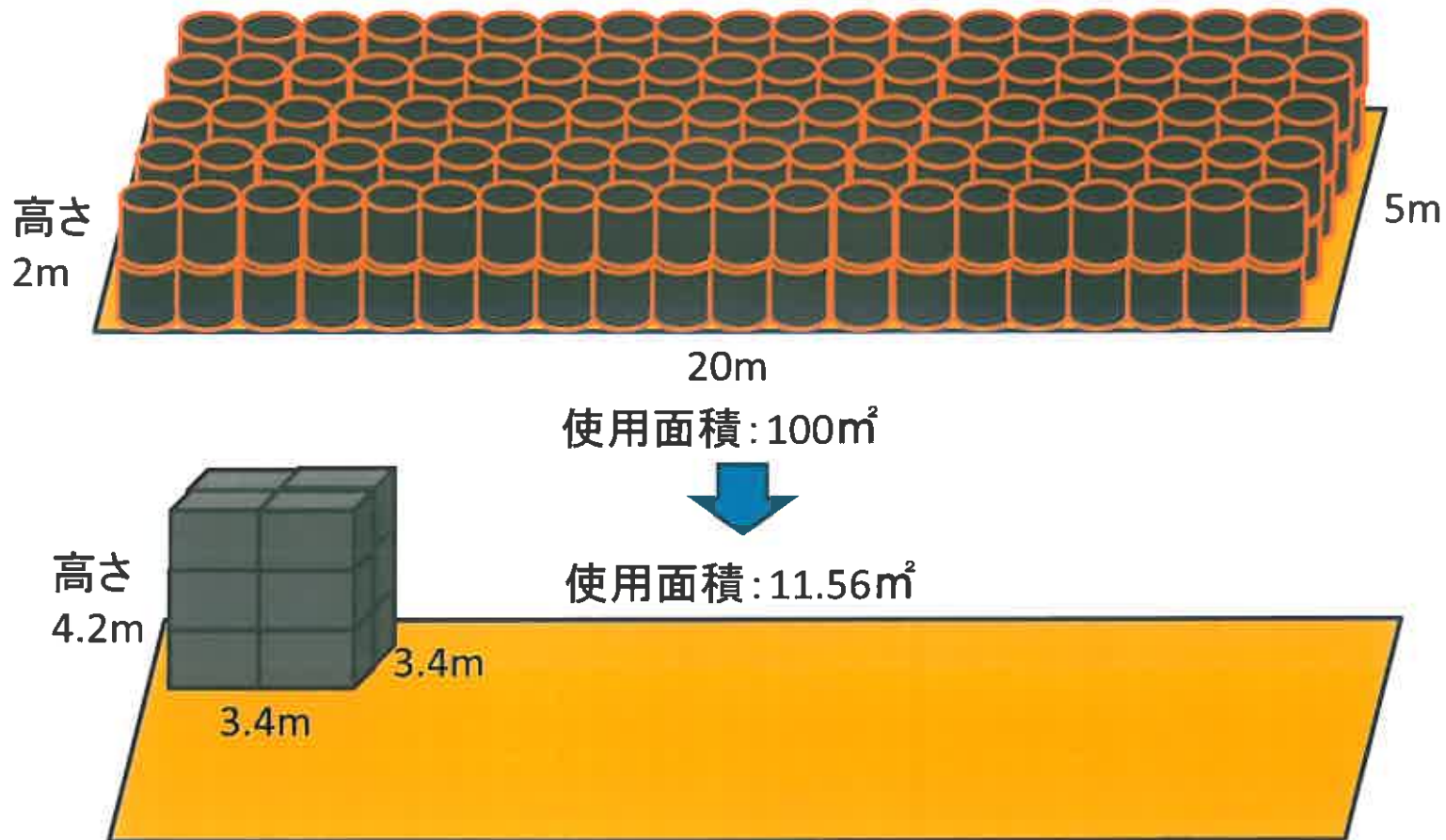
除染の現状と問題点



④確保困難で数少ない仮置き場所が除染廃棄物でいっぱいになっている。

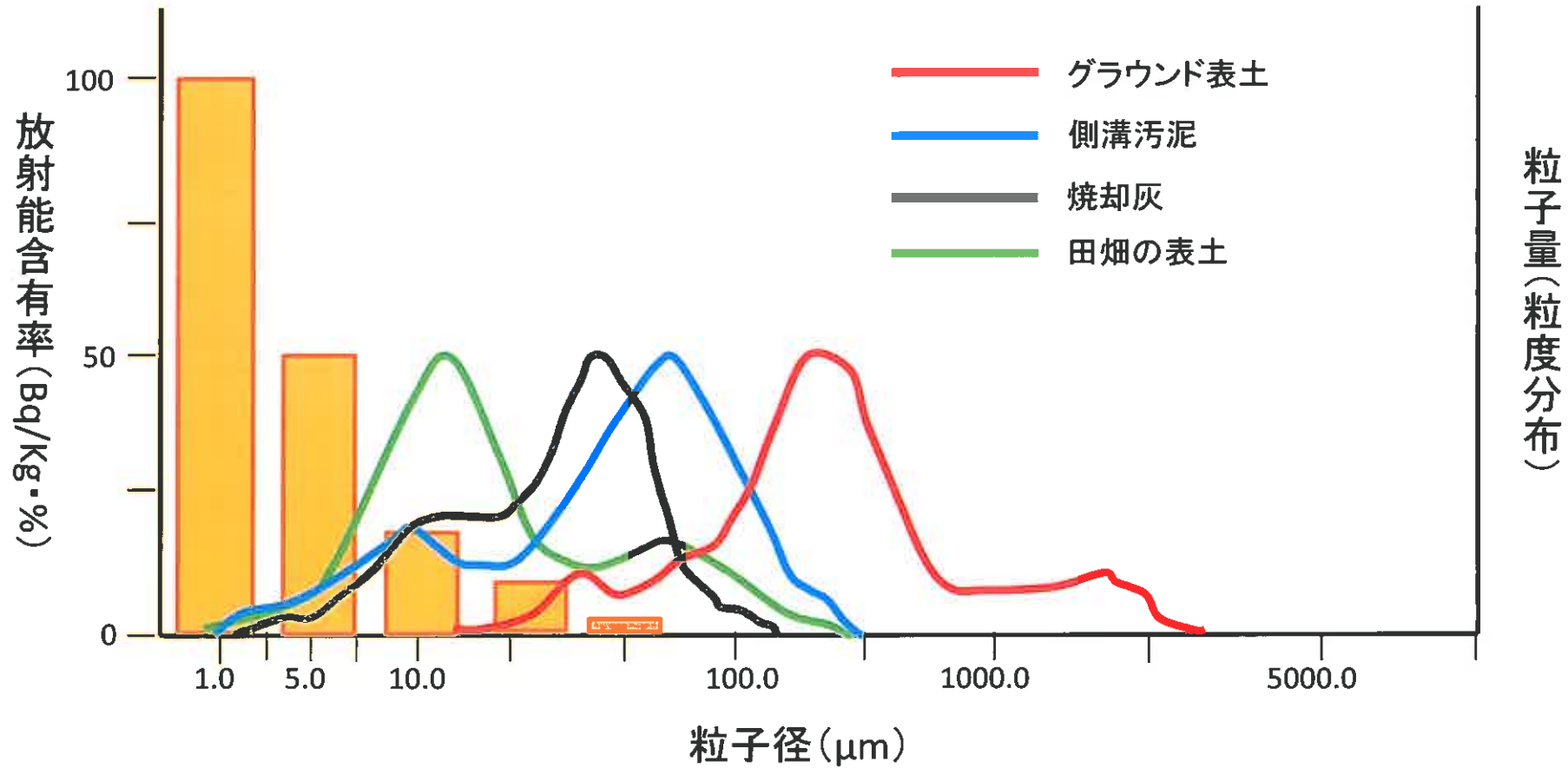
⑤国が計画している中間貯蔵施設で保管する土壌(8,000Bq/kg以上)の体積をできるだけ減らすことが求められている。

現状200t保管の場合を例とした 減容化による活用スペースイメージ



減容化によるメリットは、スペースの拡張のみではなく、不安定な土嚢積みでの崩落事故や、放射性物質の溶出の危険回避も重要なメリットとなります。

土壤・焼却灰粒子と放射能濃度の関係



粘土
 0.004~0.001mm
 (4~1 μm)

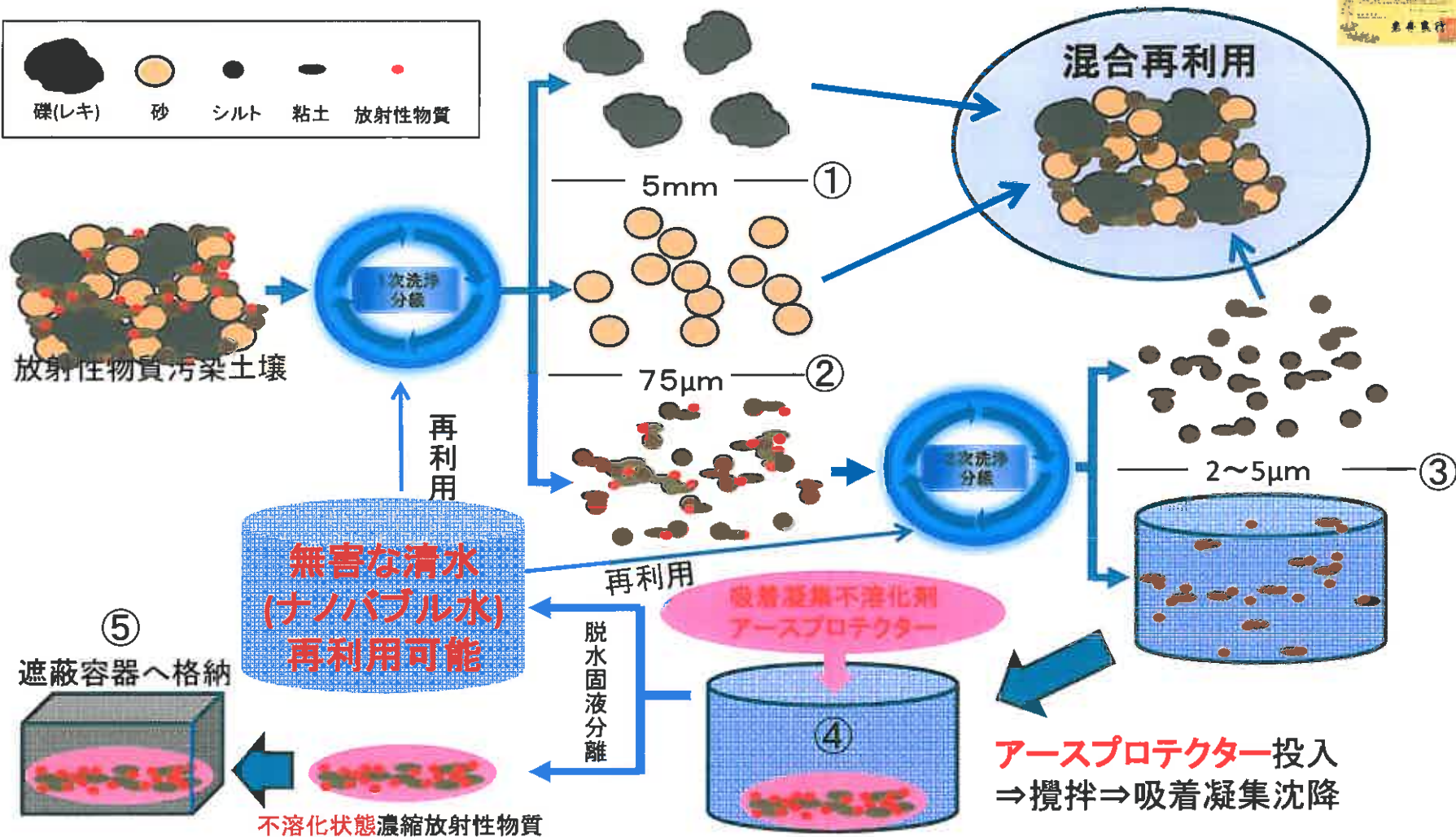
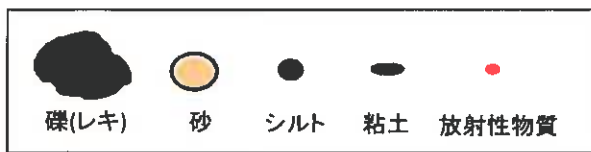
シルト
 0.074~0.005mm
 (74~5 μm)

砂
 2.0~0.075mm
 (2000~75 μm)

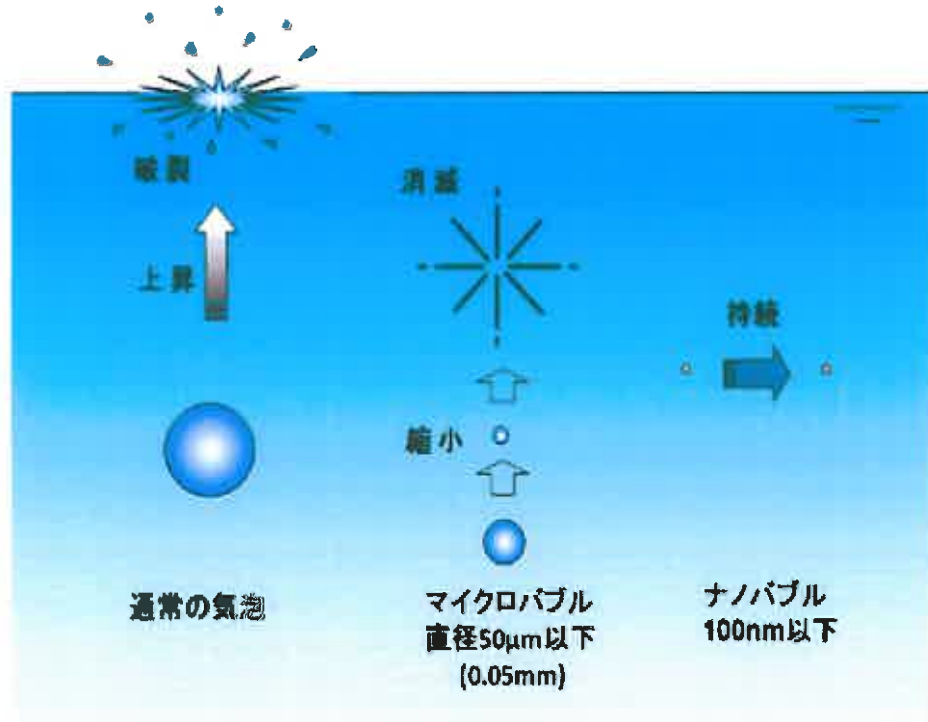
礫(レキ)
 2.0mm以上

アース式放射性物質洗浄減容化技術の基本

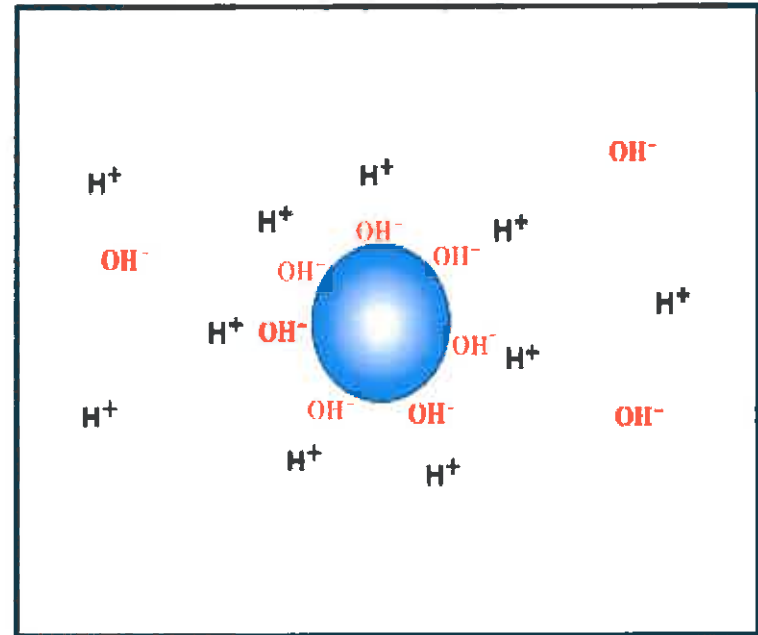
(特許取得) 放射性物質を含む汚染土壌処理システム © アース株式会社・京都大学



ナノバブル水による土塊の分散効果



ナノバブル水と各気泡の違い

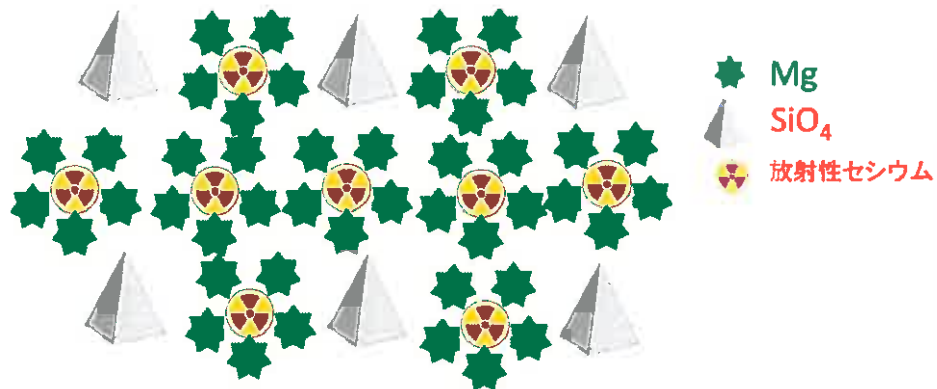


気泡発生のメカニズム

目に見えないナノ(nm)粒径の空気による
界面活性作用で土塊の分散効率及びセシウム移行性UP

橄欖岩に優れた捕捉・固化力を発見

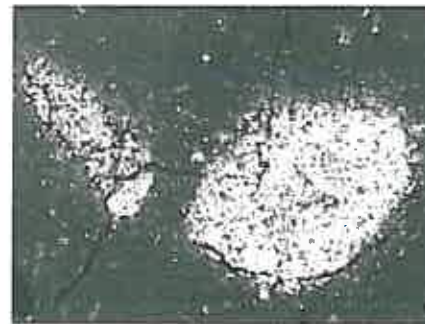
結晶内への捕捉



水と反応した酸化マグネシウムは水酸化マグネシウムとなり、さらに大気中の二酸化炭素と反応して炭酸マグネシウムとなる。その際、放射性セシウムを結晶中に補足する。

結晶形成による固化

炭酸マグネシウム



炭酸カルシウム



EDS-SEMによる炭酸マグネシウムと炭酸カルシウムの鉛固化力の比較。白く見えるのが鉛、灰色に見えるのがマグネシウムあるいはカルシウム。

マグネシウム系不溶化剤「アースプロテクター」による不溶化



新たに誕生した新開発の天然鉱物系不溶化剤。
天然無機性鉱物を主成分とした低コスト低負荷型環境浄化資材です。

「不溶化」とは

重金属等の有害物質に汚染する場合は、抽出除去だけでは不十分で、重金属等が土壌・地下水や水中に移動していても、有害物質により汚染されたままの状態で、その中の一つが「不溶化」です。特に天然無機性鉱物を主成分とした「不溶化」は、重金属等を無害化するだけでなく、重金属等を無害化する「不溶化」は、見逃しがちな一つとして知られるようになってきました。

特に有害物質抽出を用いた「不溶化」は、もともと見逃されていたことを指摘させていただきます。ですから、最も有害な有害物質であり、また「不溶化」が最も有効であると考えます。



Nippon Suisan Gakkaishi 78(4), 659 (2012)

平成 23 年度日本水産学会論文賞受賞

海産炭による六価クロム汚染水の浄化*

[日本水産学会誌 2011; 77(8): 1076-1082]

寺井真人,¹ 豊原容子,² 佐藤教政,³ 豊原裕彦^{1*}

¹京都大学農学研究所

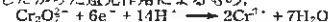
²華頂短期大学人間健康福祉学科

³アース株式会社

研究内容

六価クロムは皮膚に付着するとアレルギー性皮膚炎や潰瘍を引き起こし、吸入すると粘膜を傷み鼻中隔穿孔を引き起こす。¹⁾ また六価クロムには発ガン作用もあるとされ、クロム酸塩製造業、クロム酸顔料製造業、クロムめっき業の従事者とガンの関係についての調査も行われている。²⁾ 六価クロムは呼吸器官、消化器および腎臓に影響を与え、それぞれの最小毒性レベルは 2 μg/m³、4 μg/m³ および 4 μg/m³ である。³⁾ WHO によると、一般的なヒトのクロム摂取量は 50~200 μg/日であり、その 0.5~3% が体内に吸収され、体重 1 kg あたり 50~70 mg の水溶性六価クロムを摂取すると死に至るとされている。⁴⁾ また、六価クロムは水生動物にも毒性を示すことが知られている。⁵⁾

を探索する目的で、市販の各種セメントの固化の際に生じるフリージング水からの六価クロム除去能を検討した結果、顕著な除去効果が確認された。ワカメ炭からフコイダンを考えられる成分が回収されたことから、今回の実験で行った 250℃ における焼成でフコイダンは完全には分解されなかったと考えられた。また、未焼成のワカメでは顕著だった粘性はワカメ炭では消失していたことを考え合わせると、焼成はワカメの炭化による吸着面積の増加に加え、アルギン酸などの増粘多糖類の分解により六価クロムとフコイダンの反応性を向上させる効果を持つことが推察された。ワカメ炭による六価クロムの除去は以下のような反応にしたがった還元作用によるもの。



あるいは、焼成により生じた多孔質構造による吸着作用、ないしはこれら両方の複合作用によるものと推測された。

今後、実用化に向けての課題としては、原料となる海産炭の採掘に入手手段の確保、低環境負荷な海産炭の焼成方法の開発などが重要と考えられる。その解決策として、現在、景観を損ねる原因として廃棄処分されている海産炭への打ち上げ海産炭を原料とし、炭焼き小炭などを利用して海産炭を製炭する方法を検討している。

文 献

- 1) 中西準子, 小野茂子, ヒト健康に関する有害性評価, 「六価クロム」, 環境化学, 1998, 1(1), 1-10.
- 2) 佐藤教政, 六価クロムとガンの関係, 環境化学, 1998, 1(1), 11-16.
- 3) WHO, Environmental health criteria 61: Chromium, Geneva, 1992, 160-169.
- 4) Leaching test, J. Adv. Concrete Tech., 2001; 6: 201-207.
- 5) Kuroda Y, Koshiishi N. Leaching of hexavalent chromium from crushed concrete. J. Struct. Const. Eng. 2009; 74: 2155-2161.
- 6) Lindberg E, Vesterberg O. Urinary excretion of proteins in chromoplata, exchomoplata and referents. Scand. J. Work Environ. Health, 1983; 9: 505-510.
- 7) WHO. Environmental health criteria 61: Chromium.

メカニズム

アースプロテクターの主要成分である酸化マグネシウム (MgO) は、水和反応により水酸化マグネシウム (Mg(OH)₂) を生成し、その水酸化マグネシウムが有害物質と反応して不溶化を促進する。

汚染物質	濃度 (mg/L)	検出限界 (mg/L)	濃縮率 (倍)
1. 汚染水	Hg 0.002 mg/L	0.0001 mg/L	0.0005 倍
	Pb 4.4 mg/L	0.001 mg/L	0.8 倍
	Cr ⁶⁺ 0.26 mg/L	0.05 mg/L	0.05 倍

でも安定なイオンとして存在する性質から、他の重金属イオンのように pH をアルカリ側に調整し、金属水酸化物の沈殿物として除去することが不可能であるためその除去が困難とされている。⁶⁾

処理水の放射性セシウム濃度は検出限界以下(ND)

水と混合し、水和反応により水酸化マグネシウムと水酸化セシウムを生成し、放射性セシウムイオンが水酸化マグネシウムと反応して不溶化を促進する。

汚染土壌	濃度 (mg/L)	検出限界 (mg/L)	濃縮率 (倍)
4. 汚染土壌	As 0.08 mg/L	0.01 mg/L	0.01 倍
	Pb 1.7 mg/L	0.01 mg/L	0.01 倍
	As 0.1 mg/L	0.01 mg/L	0.01 倍
	F 2.6 mg/L	0.8 mg/L	0.8 倍

ワカメ炭を用いた六価クロム除去能も検討した。ワカメ炭は、緑藻、紅藻に比べ褐藻に高い六価クロム除去効果が確認され、その中でもヒロメ、ワカメなどのコンブ目チガイ科の海産炭とコンブ目コンブ科のカシメに特に高い六価クロム除去効果が確認された。ワカメに含まれる六価クロム吸着成分を探索するために抽出液を調製し、その抽出液を用いて六価クロム除去能を評価した。

- 8) Leaching test, J. Adv. Concrete Tech., 2001; 6: 201-207.
- 9) Kuroda Y, Koshiishi N. Leaching of hexavalent chromium from crushed concrete. J. Struct. Const. Eng. 2009; 74: 2155-2161.
- 10) 和田洋六, クロムの除去「水のリサイクル」, 地球環境, 東京, 1992, 160-169.

回収後の濃縮放射性セシウムを不溶化

平成24年2月実施 福島県除染技術実証事業（伊達市）

土壌処理フロー(その1)



施工現場全景



写真①

表土を5cm~10cm剥ぎ取り、投入用土台として盛り立てる。(写真①)



積み上げた土壌の放射線量をサーベイメータで測定。(写真②)



写真②



パワーショベルなどで土壌をホッパーへ投入(写真③)



写真③



ホッパー上部からナノバブル洗浄水(ナノバブル水製造装置(写真④))を噴射。



写真④

5mm以上の礫は分級・洗浄して回収される

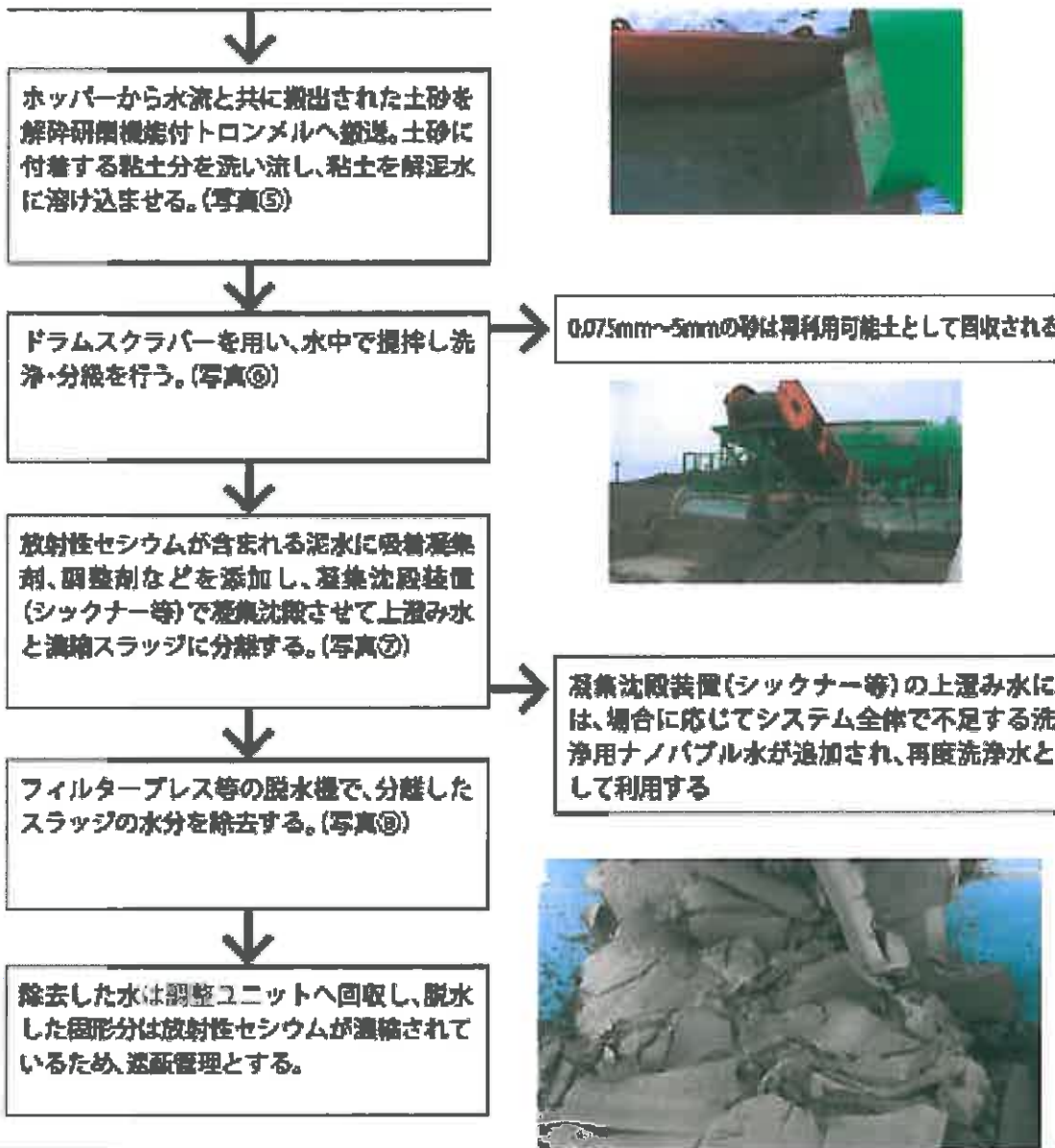
土壌処理フロー(その2)



写真④



写真⑤



結果

種類	グラウンド表土		
	①土壌量 (Kg乾燥)	② ¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs 合計濃度 (Bq/kg)	③放射性物質 質量 (Bq×1,000) (①×②)
元土壌	65,600	3,940	258,464
洗浄土(礫5mm>)	2,010	144	289
洗浄土(砂75μm>)	63,800	263	16,779
洗浄水吸着処理前	7,000	34520	241,640
洗浄水吸着処理後	7,000	N.D	N.D
吸着濾過固形物	1,820	132,400	240,968
除染率	94.8		%
減容率	97.2		%

平成24年12月実施 側溝汚泥減容化実証試験（郡山市）

減容技術実証試験要領①1次分級洗浄(75 μ m以上)



①側溝汚泥(元土)
重量測定及びサンプル採取



②ごみ取り水流攪拌洗浄



③スクリーン投入ホツパ



④サイクロン研磨洗浄



⑤振動篩い分級洗浄



⑥洗浄済み土砂



2次分級洗浄(75 μ m以下)の工程へ

減容技術実証試験要領②2次分級洗淨(75 μ m以下)

1次分級洗淨(75 μ m以上)後



① 微粒子原水槽



② 1次サイクロン微粒子研磨分級洗淨
2次サイクロン微粒子分級研磨洗淨



③ 微粒子分離槽

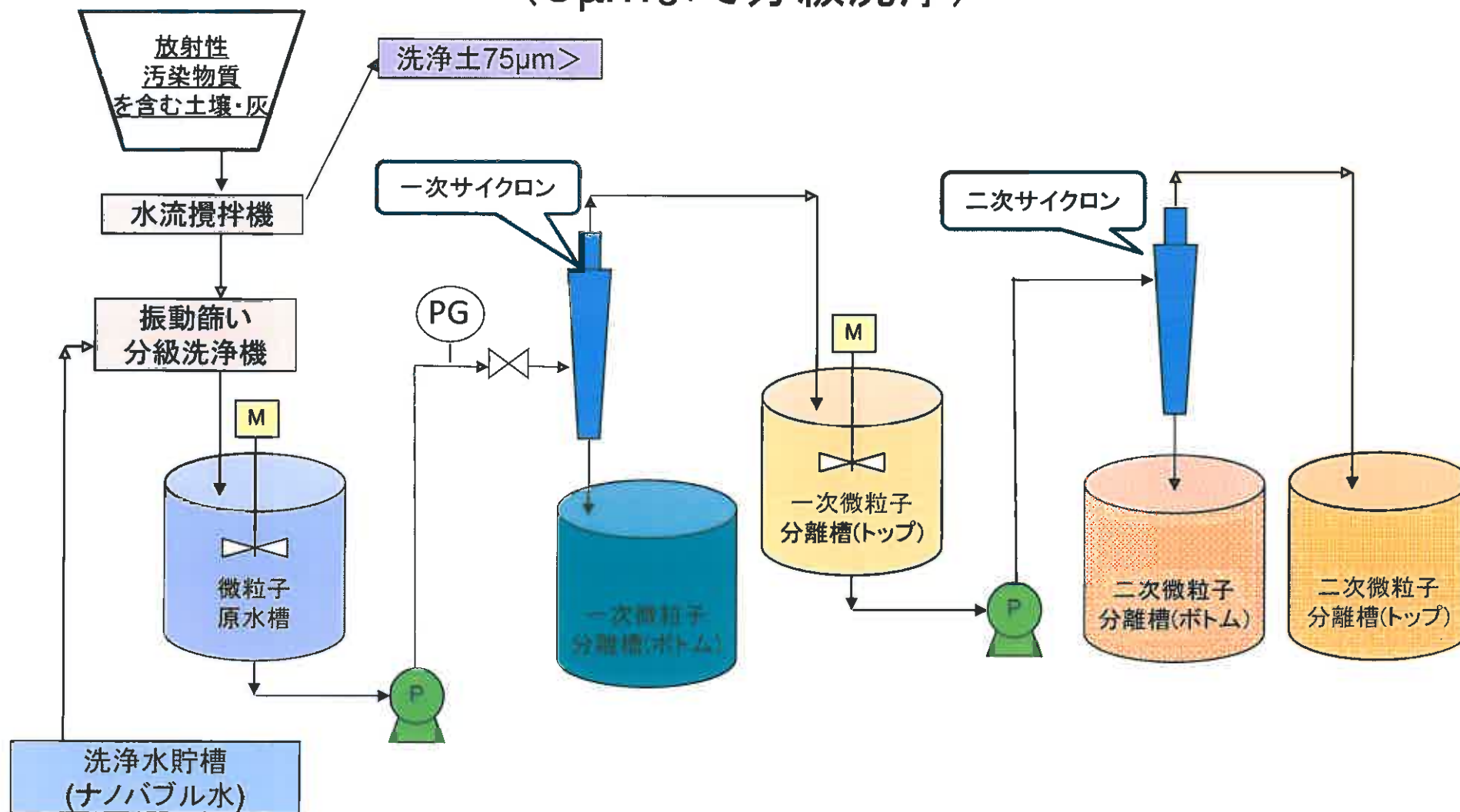


④ それぞれのスラリー試料採取

結果

種類	側溝汚泥		
	①土壌量 (Kg湿潤)	② ¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs 合計濃度 (Bq/kg)	③放射性物質 量 (Bq×1,000) (①×②)
元土壌	500.0	8,748	4,374
洗浄土(砂75 μ m>)	410.3	1,852	760
洗浄土(砂利2mm>)	45.5	1,121	51
一次ボトム(ろ過固形物)	15.3	1,210	19
二次ボトム(ろ過固形物)	2.7	12,761	34
二次ミドル(ろ過固形物)	13.2	21,105	279
二次トップ(洗浄水処理後)	7,000	N.D	N.D
吸着濾過固形物	13.0	248,552	3,231
除染率	84.1		%
減容率	94.2		%

田畑の表土・焼却灰減容：微粒子洗浄装置 (5 μ mまで分級洗浄)

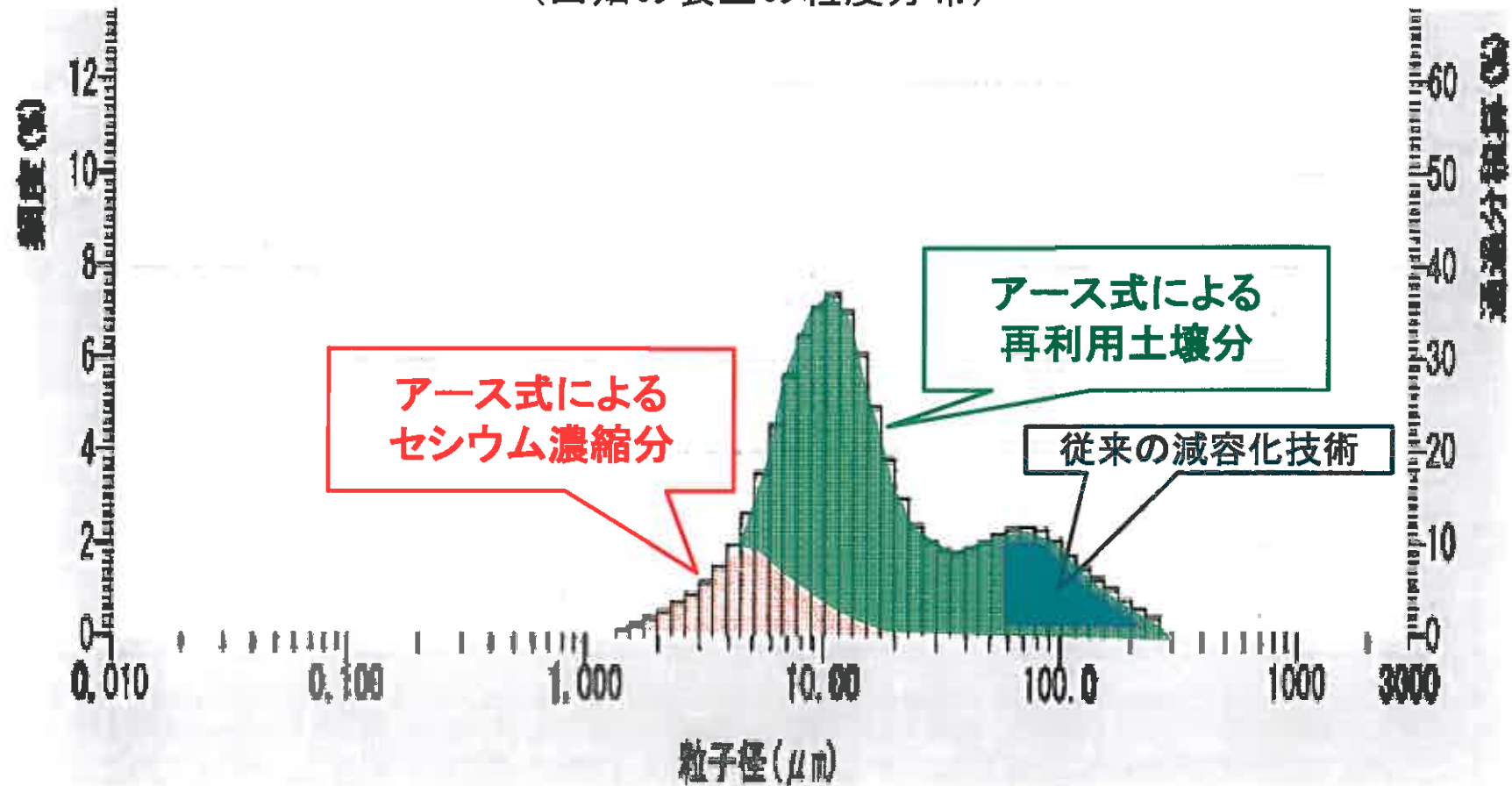


結果

種類	田畑表土		
	①土壌量 (g乾燥)	② ¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs 合計濃度 (Bq/kg)	③放射性物質 量 (Bq)(①×②)
元土壌	853	13,797	11,769
洗浄土(75μm>)	385	919	354
一次ボトム(ろ過固形物)	291	1,319	384
二次ボトム(ろ過固形物)	76	8,428	641
二次トップ(洗浄水処理前)	9,700	1,073	10,408
二次トップ(洗浄水処理後)	9,700	N.D	N.D
吸着濾過固形物	54	191,867	10,361
除染率	91.9		%
減容率	84.8		%
種類	焼却灰		
	①焼却灰量 (g乾燥)	② ¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs合計濃度 (Bq/kg)	③放射性物質 量 (Bq)(①×②)
元焼却灰	1,500	8,400	12,600
一次ボトム(ろ過固形物)	360	444	160
二次ボトム(ろ過固形物)	310	906	281
二次トップ(洗浄水処理前)	15,000	807	12,105
二次トップ(洗浄水処理後)	15,000	N.D	N.D
吸着濾過固形物	18	682,749	12,085
除染率	92.0		%
減容率	98.8		%

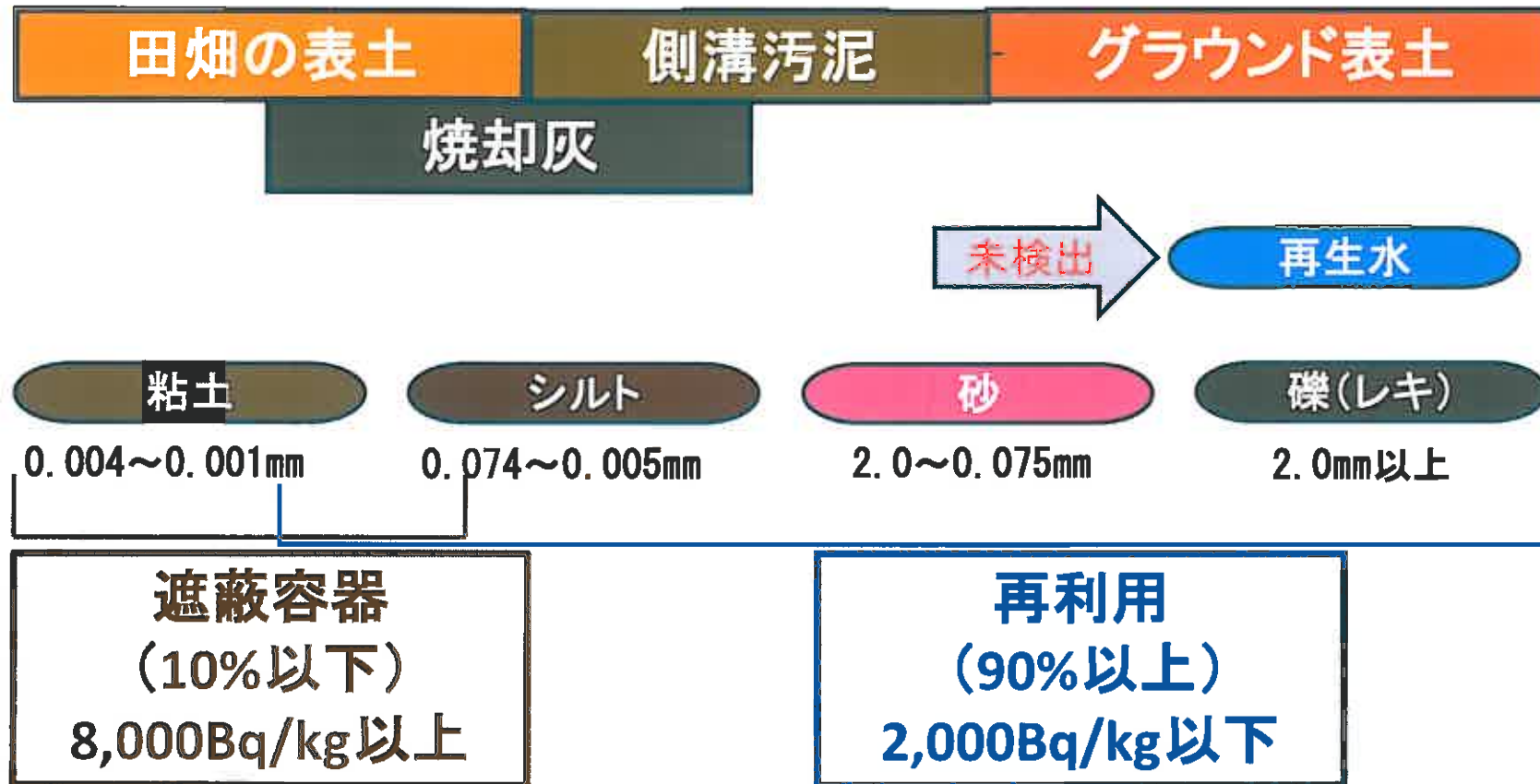
粒度分布

(田畑の表土の粒度分布)



従来では不可能な約 $5\mu\text{m}$ を分級点とすることで、大幅に土壌を再生することができる。

まとめ



微粒子特殊分級洗浄機・ナノバブル水・天然成分「アースプロテクター」の効能によりこのシステムはすべての範囲の土壌及び焼却灰において10分の1以下に減容化が可能



京都大学
KYOTO UNIVERSITY



東京産業株式会社