

放射能汚染土壌の大量その場除染技術の開発

椿 淳一郎

Junichiro Tsubaki

■ 愛知工業大学 客員教授 工学博士・名古屋大学名誉教授 ■

はじめに

東電福島原発から大気中に放出された放射性セシウムは、セシウムイオンとなって水に溶解込み、現在は土壌中の粘土成分の中に化学的に安定に固定されていると考えられる。したがって土壌中の粘土成分だけを除去できれば除染は可能となる。粘土は $2\mu\text{m}$ 以下の微細粒子であるが、土壌中では数十 μm の凝集粒子として挙動していると思われる。図1¹⁾は、福島高校SSHの生徒諸君が土壌をふるい分けし、粒子径ごとに放射線量を測定し洗浄効果を検討したデータである。図から明らかにおり、水洗によって放射線量は一桁下がっている。洗浄水は微粒子で濁り、濁った洗浄水を沝過して水だけの放射線量を測定した結果、水の放射線量は極めて低い値であったことから、セシウムは水に溶解出して除去されたのではなく、粘

土粒子の除去によってセシウムが除去されていることがわかる。図1は、 $25\sim 53\mu\text{m}$ 粒子でも水洗によって放射線量が一桁下がっていることから、放射性セシウムを含む粒子はそれ以下の大きさであることがわかる。

新聞報道²⁾によれば、同様の手法は他のグループによっても実証されている。その除去装置の大きさは 10m 四方で価格は $1\sim 3$ 億円とのことである。 10m 四方の装置では車には積めないのが当然ある場所に固定され、汚染土壌を運び込み、粘土質を除去した土壌をもとに戻すことになる。報道によれば、もとの 5% にまで減容化できたとのことである。ということは 10t の土を運び込んで 9.5t の土を戻すことになる。汚染地域は広大で汚染土壌の量は膨大であるから、汚染地域ではそこら中をダンプが走り回ることになり、とても現実的な除去技術とはいえない。

また別の新聞報道³⁾によれば、トラックで移動できる装置も提案されている。この技術では、粘土中に安定に固定されているセシウムを薬剤によって溶液中に溶かしだし、溶け出したセシウムをゼオライトなどに吸着させて除去するという。なぜ直接粘土を除去しないのか、常識では考えられない技術であり、驚きを禁じ得ない。またこのような非常識な装置を大新聞やNHKが取り上げたことに、さらなる驚きを感じる。

われわれが除染技術の開発に着手したのは、以上のような技術背景と、独自に開発した沝過・濃縮技術を持っているからである。汚染土壌を水洗し得られた泥水から粘土粒子を除去する方法でも、

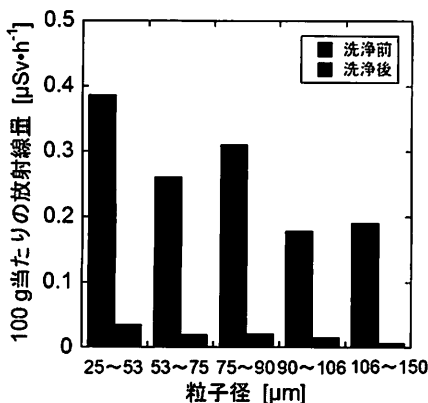


図1 粒子径別洗浄効果

液中のセシウムイオンを吸着剤に吸着させて除去する方法でも、最大の技術課題は水中の粘土微粒子を効率よく分離回収することである。μmオーダーの汚濁は難しく、凝集剤を添加して粒子を凝集させ数気圧の圧力をかけてフィルタープレスにより脱水する。装置は数気圧の圧力にも耐えられるように頑丈なものでなければならず、自ずと大きな装置となる。また得られる固形分は凝集剤で固まっているので水分が少ないように見えるが、得られた固形分中の粒子体積は10%前後である。さらに凝集剤の添加によって土が汚染されるために、再利用が難しくなる。

それに対してわれわれが開発した汚濁・濃縮技術では、現在広く使われているフィルタープレスに比べてはるかにコンパクトで、薬剤の添加なしでもフィルタープレスをしのぐ高濃度まで濃縮が可能である。われわれはこの汚濁・濃縮技術を核として、発電機も含めて小型トラックに積めて1日(8h)の処理量が5tを超す装置の開発を進め、

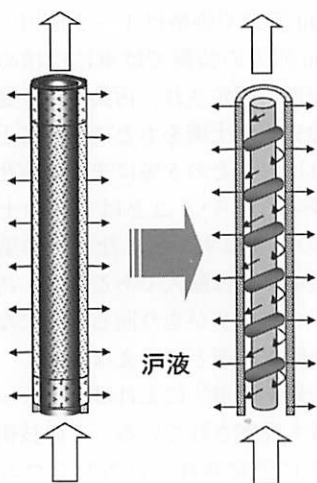


図2 デカフィルター構造

ほぼ狙い通りの成果を上げつつあるので以下で紹介したい。

1. 新規汚濁濃縮装置(デカフ)

われわれが開発した新規汚濁装置に用いるフィルター図2に示すように、筒状のセラミックフィルターに螺旋案内付き芯棒を挿入するだけの極めて簡単な構造である。螺旋案内付き芯棒を挿入することによって流路が狭くなるため高流速となり、その結果壁面に強い剪断力が働き壁面に形成される濃縮層を掃き出してくれる。掃き出された濃縮層は旋回流によって混合されるため、汚濁面は常にクリーンな状態に保たれる。新規汚濁装置のもう一つの特徴は、凝集剤を添加するのではなく粒子間に反発力を働かせて分散状態で汚濁することである。粒子間に反発力が働くためかなりの高濃度まで流動性を失うことなく濃縮できる。われわれはこの装置にDECAFF(Dense Cake Flow-able Filtration System)と名付けデカフと呼んでいる。

図3、4にデカフの威力の一端を示す。図3は鱗片状粒子のため難汚濁性物質として知られているセリサイトの汚濁結果である。図から明らかな

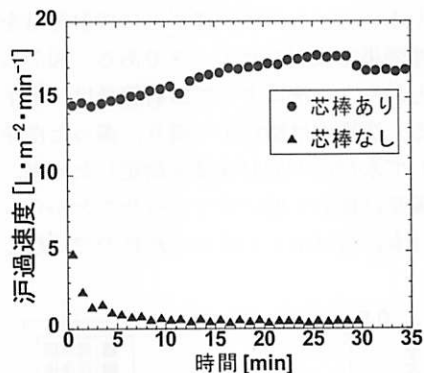


図3 螺旋案内付き芯棒の効果

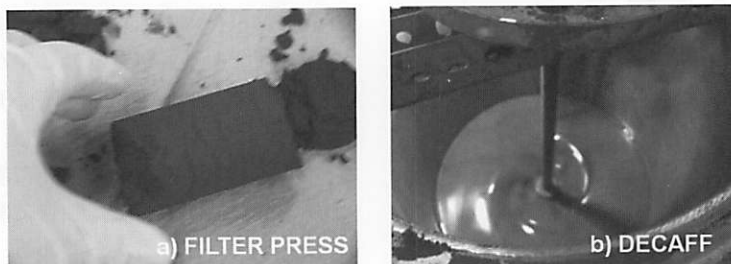


図4 含水率27%の濃縮物, a)含水率27%のケーキ, b)含水率20%濃縮スラリー

とおり、螺旋案内付き芯棒の挿入によって汙過速度は30倍になっている。図4は酸化鉄スラリーの濃縮結果で、分散剤を添加し粒子を分散状態に保つことによって、流動性を失わずに含水率20%まで濃縮できている。汙過が難しいといわれている活性汚泥やアオコの汙過にも成功している。デカフはその他に、目詰まりしにくい、スケールアップが簡単、消費電力が少ないなどの優れた特徴を持っている。

2. デカフを用いた除染装置の開発

図5に除染の流れ図を示した。これまで除染試験は3回行った、第1回目は昨年10月福島市渡利地区で行った。このとき洗浄と分級を図6に示すシャワー付きの振動ふるい機によって行ったが、100 μm 以下の粒子に対しては十分な洗浄効果が得られないこと、粘土質粒子の篩い分け速度が遅く十分な処理能力が得られないことが明らかと

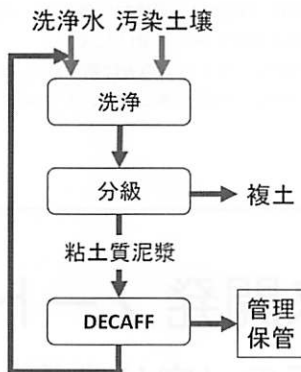


図5 除染の流れ図



図6 振動ふるい機

なった。2回目の除染試験は昨年12月に福島県除染技術実証事業に参加する形で伊達市月館運動場において行った。2回目の除染試験では振動ふるい機を用いず、図7に示すように攪拌洗浄した後しばらく静置し粗い粒子を沈降させ、図8に示すデカフの循環タンクに投入した。図9に示すように汙液は、肉眼では水道水と識別することはできないほど清澄である。

図8の装置は余裕を持ってワゴン車に入る大き



図7 攪拌洗浄



図8 デカフ汙過濃縮装置

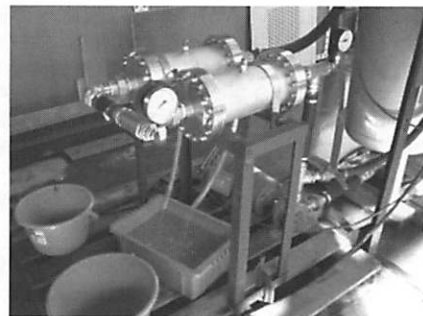


図9 デカフ汙過濃縮装置

さで、毎時 40 kg の土壌を除染できる。乾土 1 kg 当たり 7.1 kBq であった汚染土壌が洗浄によって 1.0 kBq まで除染され、濃縮された泥漿中の土の放射線量は乾土 1 kg 当たり 25.0 kBq であった。攪拌洗浄によって粘土質粒子を洗い出せることが確認された。それまでの 2 回の除染は粘土質が少なく除染効果が出やすい庭土と運動場の土であったので、3 度目は自動洗浄装置の作動確認を兼ねて粘土質の畑地の除染を試みてみた。結果は装置の洗浄能力不足もあったものの、多くの土壌が濃縮スラリーとして残るため十分な除染を行うことができなかった。この結果を踏まえて、小型トラックで運搬できて 1 日の処理能力が 5 t を超す除染装置を現在試作中で、この夏には現地で除染試験を行う予定である。また、本除染技術は粘土質土壌にはあまり有効ではないので、土壌の粘土質の度合いを評価する簡易評価器の開発もあわせて行っている。

本除染法においては、汚染土壌を装置に投入後は全て流体として扱うことができるので、運転の自動化が容易で終夜運転も無人運転も条件が許せば可能である。したがって装置をより効率よく活

用することも可能であるし、高線量汚染土壌の無人減容化も可能となる。

現在われわれは機動性の高い小型除染装置の開発を行っているが、デカフは本来スケールアップが容易であるため、1 日の処理能力が 100 t を超す大型装置を作ることもまた容易である。

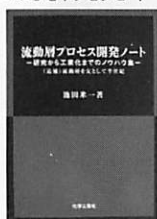
おわりに

汚染地域は広大で汚染土壌の量は膨大であるので、あらゆる状況に対応できるようさまざまな除染技術が提案されていることは大変結構なことである。しかしその中には「はじめに」で触れたような眉に唾したくなるようなものも含まれている。このような技術は当然淘汰されていくものと期待されるが、現実はその甘くなく、本来は舞台から降りていてしかるべき「原子カムラ」の方々がこのような技術を採用されるようである。

引用文献

- 1) 福島高等学校 SS部2年, 平成23年度東北・北海道地区SSH 指定校研究発表会ポスター, 2012.1.28
- 2) 朝日新聞 朝刊, 「セシウム除去に新手法」, 2011.8.17
- 3) 読売新聞 夕刊, 「汚染土壌に浄化システム」, 2011.11.7

■ 好評発売中



流動層プロセス開発ノート

— 研究から工業化までのノウハウ集 —

池田 米一 著、A5 版、93 頁、平成 19 年 1 月 15 日発行、定価 2,415 円

昨今、流動層技術は適用先の拡大とともに著しく進歩し、従来の流動層の壁を越えた画期的新プロセスの誕生が期待されつつある。まさに新たな創造の時代に入った。流動化現象の解明がその開発や設計を一段と合理的なものとしているが、新たな反応への適用やより高性能なプロセスへの転換は必ずしも容易ではなく、しばしば混迷の中に落ちんだり徒労に終わったりする場合も少なくない。流動層プロセスの開発においては、理論的解析とともに従来の経験技術の活用や新たなアイデアの積極的採用などが一段と重要である。

これまで筆者は、企業やその後のコンサルタント活動を通して石炭ガス化、硫化鉱ばい焼、鉄鉱石還元、ごみ焼却、重質油分解、各種有機合成などの多くの流動層プロセスの開発研究から工業プロセスの設計、操業まで関与してきた。本書は、以上のような筆者の経験に基づいて流動層の新たな適用やプロセス開発などを円滑、効率的に進める手法を主眼にしてまとめたものである。その主体は先の「ケミカルエンジニアリング」誌に連載した同名のものであるが、今回特に流動層プロセス開発上の具体的ノウハウと筆者の半世紀にわたる開発経験の思い出を追加した。

<目次> 1. 総括 / 2. 流動化特性と装置形式 / 3. 開発例と課題 / 4. スケールアップ研究 / 5. 触媒開発 / 6. プロセス構成 / 7. 設計 / 8. 新技術開発 / 9. 設計計算例 / 10. 開発ノウハウ集 / (追補) 流動層を友として半世紀 / 参考文献と図表との関係

発行 / 化学工業社 <http://www.kako-sha.co.jp>