技術紹介

放射性セシウムによる溜池底質の汚染状況と除染技術

Miyahara Kazuhito
東洋建設㈱　宮原　和仁

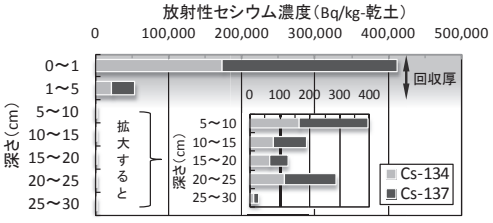
1．はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故により拡散した放射性セシウム（セシウム１３４及び１３７、以下、Csとする）は、福島県を中心に広い範囲に降下した。特に水域では、Csの直接降下に加え、集水域に降下して土壌等に吸着したCsが降雨によって排水路を経由して流入した。Csを吸着した微細な土砂は、溜池等の閉鎖性水域に流入すると沈降堆積し、池底にCsが蓄積する。その結果、底質が高濃度に汚染されることになる。Csによる底質汚染は、溜池の水位低下に伴う空間線量の上昇や、出水時の汚染底質の巻き上げによる下流域への拡散等、生活環境や農水産物への影響が懸念され、早期の対応が求められている。

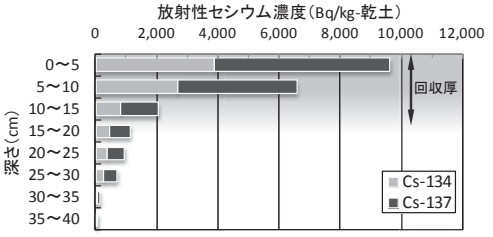
底質の除染を計画する場合、底質の汚染状況の情報が重要となるが、現時点ではその情報は多くなく、特に深度方向の情報は非常に少ない。弊社は、汚染状況重点調査地域内の溜池において、底質のCsによる汚染状況を調査した[1]。また、環境省平成23年度除染技術実証事業に実証テーマ「水域（湖沼・河川等）の底質を対象とした除染・減容化技術の開発」として採択され、複数の溜池で底質の汚染状況を調査するとともに、底質の除染・減容化等の実証実験を実施した。本稿では、これらの成果の一部と弊社が保有する除染技術について紹介する。

2．溜池底質のCsによる汚染特性

底質の深度方向の汚染状況調査は、水を抜いた状態の溜池が２箇所、湛水状態の溜池が４箇所で実施した。ここでは各々の状態を代表するA池とB池の調査データを例にとり、Csによる汚染特性を示す。水を抜いたA池では、Cs濃度が底質表層０～１cmで40万Bq／kg（乾土、以下同じ）強、表層１～５cmでは５万Bq／kg強であり、高濃度に汚染されていた。５cm以深では１００Bq／kgのオーダーとなり、濃度は急激に低下していた（図―１）。湛水したB池では、底質表層０～５cmで９５００Bq／kg程度、５～10cmで６５００Bq／kg程度と高い濃度の汚染が確認された。10cm以深では、深くなるに従って濃度が低くなり、30cm以深では１００Bq／kgのオーダーとなった（図―２）。このことより、池ごとにCs濃度の高低はあるものの、底質表層に相対的に高い濃度のCsが存在することがわかった。本事例以外の溜池でも概ね同様な傾向が確認された。よって、底質の除染は、表層から５cm乃至15cm程度除去すれば、相対的に高濃



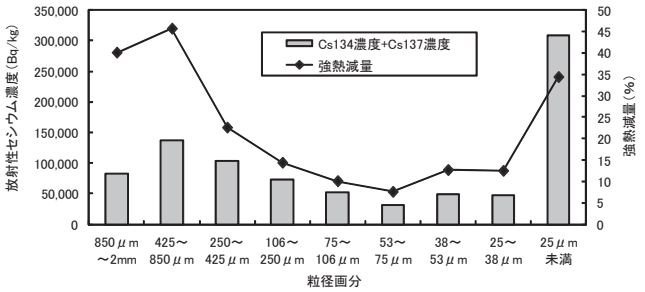
図―１　底質深度方向のCs濃度（水を抜いたA池）



図―２　底質深度方向のCs濃度（湛水したB池）

度の汚染底質を取り除けることになる。

図―3は、A池の表層0～5cmの底質（15・8万Bq／kg）の内、粒径2mm未満を9画分に篩分級し、画分ごとにCs濃度と有機物含有量の指標となる強熱減量を測定した結果である。最も小さい粒径25μm未満では、30万Bq／kg強と高濃度であり、強熱減量は約35％と高かった。1ランク大きい粒径画分25～38μmと比べると、Cs濃度、強熱減量ともに突出して高いことがわかる。これは、Csが細粒分のみならず有機分にも強く吸着しているためと考えられる。一方、75μm以上の粒径では、Cs濃度に比例して強熱減量も高くなっている。これは、粒径の大きい画分には多くの有機分が含まれ、それにCsが強く吸着しているためと考えられる。また、Cs濃度の高い25μm未満は、粒度構成比率が62％と高く、その結果、全Cs量の約9割が含まれていることになる。従って、底質を洗浄分級処理する場合、細粒分、特に粘土分の分離が重要となる。

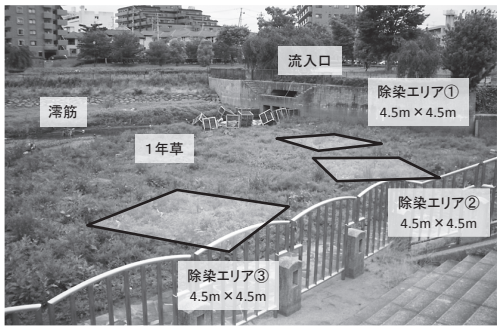


粒径画分	850μm～2mm	425～850μm	250～425μm	106～250μm	75～106μm	53～75μm	38～53μm	25～38μm	25μm未満	計
粒度構成比率（%）	0.5	0.5	0.8	4.1	3.9	6.9	8.8	12.4	62.1	100.0
強熱減量（%）	40.1	45.7	22.6	14.4	10.1	7.6	12.7	12.5	34.4	加重平均 26.1
Cs濃度(Bq/kg)（Cs134+Cs137）	82,137	137,173	103,858	72,447	51,841	31,976	48,408	48,205	308,043	加重平均 210,658
Cs量構成比率（%）	0.2	0.3	0.4	1.4	1.0	1.0	2.1	2.8	90.8	100.0
粒径区分名	粗砂	中砂		細砂		シルト			／粘土	
	粗粒分					細粒分				

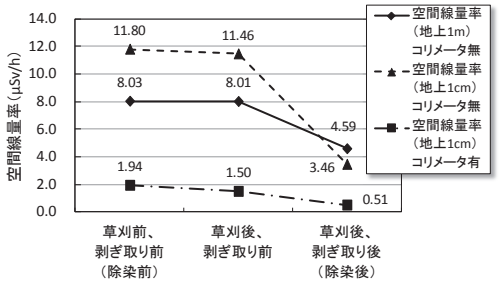
図―3　粒径画分別のCs濃度（A池底質0～5cm）

3．底質の除去による除染効果

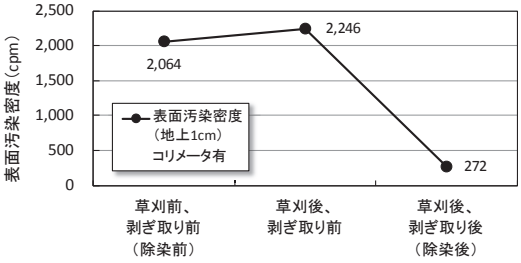
A池の底質表層を剥ぎ取り、除染効果を確認した。剥ぎ取り範囲は4・5m×4・5m×3箇所とし、剥ぎ取り厚さは5cmとした（図―4参照）。A池は池底の大部分が露出しており、池底全面に一年草が繁茂していた。よって、今季に繁茂した植物による空間線量への影響も併せて確認した。草刈および底質の剥ぎ取り作業は、水が抜かれた状態で実施した。測定値は、3箇所の測定結果の平均とした。図―5に、除染前後の空間線量率を示す。地上1mの空間線量率は、草刈前・剥ぎ取り前（以下、除染前とする）に8・03μSv／hであったものが、草刈後・剥ぎ取り後（以下、除染後とする）には、4・59μSv／hとなり、低減率は42・8％となった。地上1cmでは、除染前に11・8μSv／hあったものが、除染後に3・46μSv／hとなり、低減率は70・7％となった。一方、バックグラウンドの影響を取り除くため、コリメータを設置して測定した場合、除染前に1・94μSv／hあったものが、除染後に0・51μSv／hとなり、低減率は73・7％となった。これらの結果より、底質表層を剥ぎ取ることで、地上1cmの空間線量率は大幅に低減し、バックグラウンドの影響を取り除けば、除染の長期的な目標である追加被ばく線量0・23μSv／hに近づくことが確認できた。一方、地上1mでは、周辺からの線量の影響を受け、低減率は低かった。また、今季繁茂した植物による除染効果は殆ど認められなかった。



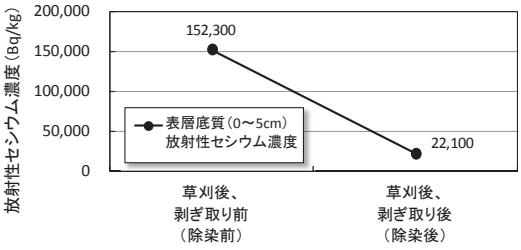
図―4　A池の底質の状況と剥ぎ取り範囲



図―5　除染による空間線量率の低減効果



図―6　除染による表面汚染密度の低減効果



図―7　除染によるCs濃度の低減効果

図―6に除染前後の表面汚染密度を示す。除染前に2064cpmあったものが、除染後に272cpmとなり、低減率は86・8％となった。図―7に除染前後の底質表層（5cm厚）のCs濃度を示す。除染前の表層土壌が15万2300Bq／kgあったものが、除染後は2万2100Bq／kgとなり、低減率は85・5％となった。底質表層を剥ぎ取ることで、Cs濃度は大幅に低減することが確認できた。

以上のことより、高濃度のCsが蓄積している底質表層を薄層で取り除くことで、空間線量率、表面汚染密度およびCs濃度ともに大幅に低減することになる。また、底質表層を面的に広範囲に取り除くことで、除染の長期的な目標である追加被ばく線量0・23μSv／h未満の達成が期待できる。

4．洗浄分級処理による洗浄・減容化効果

A池の表層5cmの底質を対象に、洗浄分級・脱水処理による洗浄効果と減容化効果を確認した。浄化プラントは底質ダイオキシン類対策で実績のある設備構成とし、底質の解泥・撹拌処理に水中撹拌ポンプを、洗浄分級処理に振動篩とサイクロンを併用した湿式洗浄分級方式を採用した。分級した細粒分の減容化処理には、圧搾式フィルタープレスを採用した（写真―1）。対象底質の粒度構成は、粗粒分が30・9％、細粒分が65・7％であり、強熱減量が12・7％であった。

洗浄分級処理を実施した結果、洗浄砂のCs濃度は2000Bq／kg程度となり、汚染底質（原土）に対し98・7％低減した（図―8）。脱水処理後の減容化率は41％程度であり、処分すべき廃棄物量が4割減ったことになる。

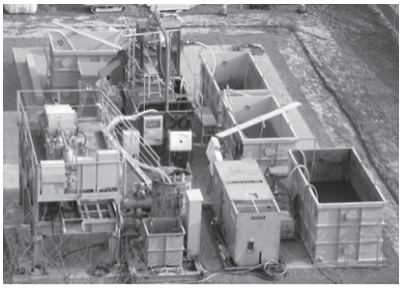
洗浄分級処理による減容化効果は、原土の粒度構成に大きく依存しており、細粒分が多い底質では大幅な減容化は期待できない。一方、底質の浚渫時に回収厚を最小化することで、洗浄分級処理を行う土量を減らすことができる。

5．改良型薄層浚渫工法による減容化

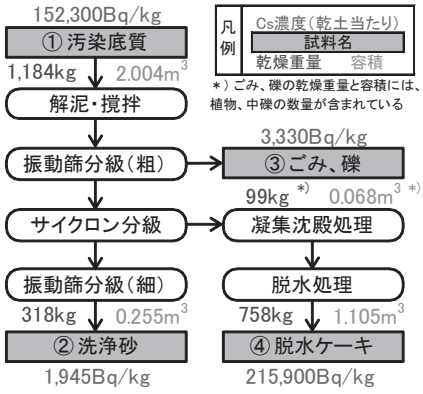
従来の薄層浚渫工法では底質の最小回収厚は30cm（当社保有工法の実績値）であった。そこで、比較的静穏度の高い湖沼を対象として、底質回収機構の改良と回収装置の軽量化を図った（写真―2）。改良した薄層浚渫工法では、底質の最小回収厚を10cmまで薄くできることを確認した。よって、改良型薄層浚渫工法を採用することで、回収土量は従来工法に対して1／3に低減できることになる。改良型薄層浚渫工法と前述した浄化プラントを組み合わせることで、処分すべき廃棄物量は従来工法による回収土量の約2割となり、大幅な減容化が可能となる。

6．おわりに

底質の除染は、多量の廃棄物が発生するため、回収量の最少化と回収物の減容化が重要となる。本稿では、底質の汚染状況を示すとともに、底質表層の除去による除染効果および減容化効果について示した。今後、底質の除染を検討するにあたり、参考になれば幸いである。



写真―1　洗浄分級・脱水処理プラント



図―8　洗浄分級処理による物質収支

写真―2　可搬式浚渫船と底質回収装置

（参考文献）
1）宮原和仁：「ため池の底質の放射性セシウムによる汚染状況の調査事例と除染について」HEDORO（N0.114, pp.36-41, 2012.5）

（東洋建設㈱　土木技術部　課長）