バイオニュートラル工法による建設汚泥の無害化と外山ダムでの実績

清水建設株式会社　土木技術本部　正会員　○朝山　順一
清水建設株式会社　土木技術本部　正会員　加瀬　俊久
清水建設株式会社　土木技術本部　正会員　大前　明末
清水建設株式会社　北陸支店　正会員　芳岡　良一
清水建設株式会社　技術研究所　正会員　川口　正人
清水建設株式会社　技術研究所　正会員　隅倉　光博

１．はじめに

建設現場から発生するセメント分を含んだ汚泥は、土壌環境基準をこえる六価クロムを含んでいる場合、産業廃棄物として管理型施設に運搬・処分されることが多い。この汚泥の処分に関しては、環境負荷の増大・高コスト化や処分場の不足などの問題を抱えている。

今回開発した『バイオニュートラル工法』とは、セメント分を含んだ建設汚泥に発酵促進材（ニュートラルコンポ）を添加し嫌気発酵を促進することで、1）還元環境下とすることで汚泥に含まれる六価クロムを三価クロムに還元・無害化させ、2）嫌気発酵の過程で生成する有機酸によりpHを低下させる工法である。結果、無害化した建設汚泥を埋戻し土等に、さらには植生基盤材等への有効活用を可能としている。本報告では、『バイオニュートラル工法』の概要と北陸農政局外山ダム建設工事へ適用した際の実績について述べる。

２．バイオニュートラル工法の概要

（１）発酵促進材（ニュートラルコンポ）

ニュートラルコンポ(写真－1)は本工法のために開発した製品（日清製粉(株)製造）で、小麦成分等の天然素材を使用しており、以下の特徴を有している。

1) 被発酵材の物性を調整し、嫌気発酵に適した微生物環境を整える。
2) 有用微生物の栄養分を有し、微生物を活性化させる。
3) 化学合成品とは異なり天然素材であり、二次汚染の心配がない。

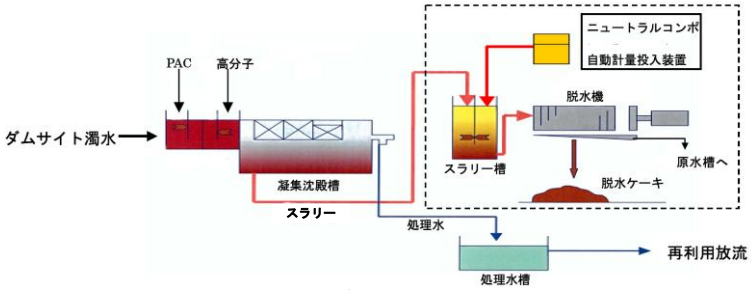
写真－1　ニュートラルコンポ

（２）発酵促進材混合システム

例えばダム工事における濁水処理の場合、炭酸ガスで中和処理、凝集剤で濁度処理を行って放流を実施するが、凝集されたスラリーが六価クロムを含有し、高いpH値(10～12)を示しているケースが多い。スラリーは、含水率を低下させるために一般に脱水処理が実施される。本工法は、その脱水段階で発酵促進材（ニュートラルコンポ）を混合し、フィルタープレスで脱水ケーキとし、嫌気発酵・無害化するシステムである（図－1）。

処理プロセスは、まず濁水を水と泥状のスラリーに分離し、次にスラリーに発酵促進材（ニュートラルコンポ）を投入・撹拌する。その後、スラリーを脱水し、粘土状の脱水ケーキ（500×500×30mm程度）を生成する。最後に脱水ケーキが雨水に触れないようにシート等で覆って、1ヵ月程度嫌気的に発酵させることにより、六価クロムの低減と中性化を実現するものである。本工法は、濁水処理設備に発酵促進材投入装置と撹拌装置を組み込むだけであり、それ以外の新たな設備は必要としない。

また、処理後の土壌（脱水ケーキ）に化学肥料、バーク堆肥を混合することで、植生基盤材としても有効利用が可能であることも、芝を用いた実証試験で確認している。



図－1　処理フロー

写真－2　濁水処理プラント(30t/h)

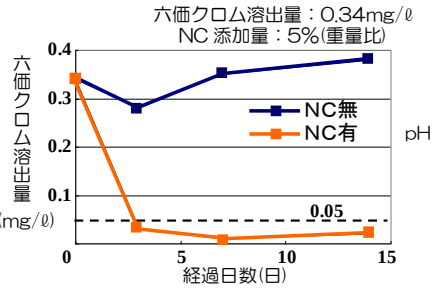
キーワード　建設汚泥, ニュートラルコンポ, 嫌気発酵,　六価クロム, pH
連絡先　〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館　　清水建設株式会社　TEL03-5441-0565

３．実機試験による効果の検証

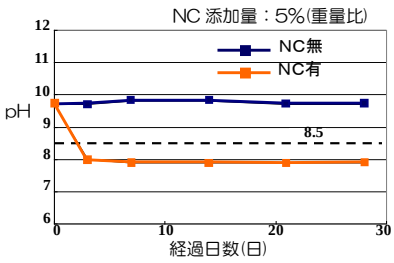
写真－2に示す30t/hの濁水処理プラントを使用し、効果の確認を行った。

脱水ケーキからの六価クロム溶出量は、当初の0.34mg/ℓ から0.01 mg/ℓ 未満(図－2)まで減少し、土壌環境基準(0.05mg/ℓ)以下となった。これは、嫌気発酵により六価クロムが三価クロムへと還元されたためである。三価クロムは、非常に安定した無害物質であり、自然環境下では六価クロムには戻らないことがわかっている。

pHは、当初の9.6から8.0に低下(図－3)し、「水質汚濁に係る環境基準」に定められたpH=6.5～8.5に収まった。



図－2　六価クロム溶出量の経時変化



図－3　pH の経時変化

４．外山ダムへの適用

（１）外山ダムの概要とバイオニュートラル工法の適用

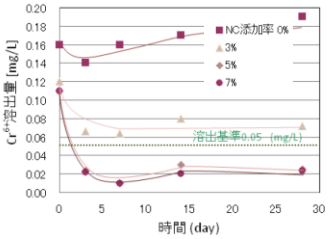
外山ダム(写真－3)は、北陸農政局が佐渡農業水利事業の一環として、灌漑用水確保のために、新潟県佐渡市に建設中のダムである。ダムの諸元は、堤高 46.1m、堤頂長 181.0m、コンクリート堤体積 68,400m^3、フィル堤体積 9,600m^3 の複合ダムである。

前述の実機試験での効果を確認した後、外山ダムにおいて、平成 21 年 8 月より本工法を適用し、六価クロムの低減処理を実施している。外山ダムでは、写真－4 の混合装置でスラリーとニュートラルコンポを混合し、脱水した後、嫌気発酵ヤードで 1～3 週間程度、脱水ケーキ(写真－5)の嫌気発酵を行い、六価クロムの処理を行っている。

写真－3　外山ダム全景

写真－4　混合装置

写真－5　混合後の脱水ケーキ



図－4　六価クロム溶出量の試験結果

（２）六価クロム溶出量低減効果

図－4より、ニュートラルコンポを添加していない脱水ケーキは、日数が経過すると六価クロム溶出量が増加していくのに対し、ニュートラルコンポを5%または7%添加した脱水ケーキは、混合・脱水処理後2～3日で六価クロムの溶出量が0.02mg/ℓ 程度となり、土壌環境基準以下となっていることがわかる。この結果から添加率5%で低減効果があることが確認でき、現在は添加率5%で本工法を実施している。

５．おわりに

本報告では、バイオニュートラル工法の概要と実機試験の結果、及び外山ダムでの六価クロムの低減効果について述べた。以下にまとめを述べる。

1) 本工法は、小麦成分等の天然素材を使用しており、また通常現場に設置してある濁水処理設備に組み込むため、新たな設備を必要とせず環境に配慮した工法であるといえる。

2) 本工法を用いることにより、六価クロムが環境基準以下となりpHも低減する。脱水ケーキが無害化できるため、産業廃棄物としての運搬や最終処分場が不要となり、環境負荷を低減でき、工事費等のコスト削減が可能である。

3) 外山ダムでの適用により、稼働中の現場での六価クロム低減処理に十分な効果が確認でき、環境負荷低減・コスト削減に寄与できることが確認できた。

4) バーク堆肥及び化学肥料を混合することで、植生基盤材としての有効活用が可能であり、埋戻し土以外にも現場内で再利用することができる。

また本工法は、国交省NETIS登録済み(KK-07002)であり、H20年度土木学会環境賞を受賞している。今後は、さらにダム現場での実積を蓄積し、セメント分を含んだ汚泥が発生する工事(シールド・トンネル・杭工事等)へ展開し、積極的に環境負荷低減への取り組みを継続していく予定である。