

## [討議・回答]

奥田友章  
古崎康哲  
村上定謙 共著  
笠原伸介  
石川宗孝

## 「水熱反応を利用した汚泥削減化システムに関する基礎的研究」への討議・回答

(土木学会論文集, No. 692/VII-21 2001年11月掲載)

## ▶ 討議者 (Discussion)

深瀬哲朗 (栗田工業㈱)

Tetsuro FUKASE

資源循環の重要性が強調される今日、生物処理の結果生成する余剰汚泥は、一部がコンポストや建設資材として有効利用されており、特に近年、セメント原料としての有効利用が進んでいるものの、資源回収、再利用の決定的な決め手はなく、現在、各方面で精力的な検討が行われている。本論文は、汚泥を水熱反応により可溶化し、ついで生物により分解することによって汚泥発生量を削減しようとするもので、きわめて時節を得た報告といえる。

汚泥量を削減する方法としては、汚泥をオゾン、好熱細菌 (のプロテアーゼ)、ミル等で処理した後、曝気槽に返送して生物処理するプロセスが実用化されており、その結果、いくつかの問題点が指摘されている。本討議では、これらのプロセスの実用化の過程や実用化の結果、指摘されているいくつかの課題について、著者の意見をご教授願いたい。

### 1. 臭気、色度について

汚泥の水熱反応については、加水分解による可溶化、ついで溶解成分のガス化が進行する逐次反応であるとのことであるが、過去の知見より、臭気の発生や処理水の着色等が考えられる。これらは実用上大きな課題となることから、以下の不明点が残る。

- 1) ガス成分の分析は行っていないとのことであるが、臭気はどのようなものか。定性的でもよいので脱臭装置等必須かどうか程度の情報でも知りたい。また、必要であればどのような脱臭を想定されているのか。
- 2) 処理水の着色はどうか。処理水の DOC が対照系に比べて増加しないとのことから、難分解性の COD の生成はないか、あってもわずかと推定されるが、色度については、わずかの COD 増加でも、明らかに着色する場合がある。水熱反応後のろ液色度、生物分解後の色度について情報がほし

い。

- 3) 類似の触媒分解や湿式酸化では難分解性 COD の生成が報告されている。水熱反応では本来、難分解性 COD が生成しないのか、今回の条件のみ生成しないのか、考え方を知りたい。

### 2. 汚泥削減について

水熱反応では、最適条件において汚泥の可溶化率は約 85% のことであり、生物分解試験は、ろ液を用いて実験を行っている。可溶化しなかった 15% については記述がないが、汚泥量のさらなる削減、プロセスの簡易化 (固液分離したくない) のためには、非可溶化部分の挙動にも注目したい。すなわち、非可溶化部分は、生物により可溶化、生物分解できないのか、VSS/SS はどの程度か、灰分の挙動はどうか、についての情報をほしい。りんについては、可溶化してオルトリン酸の形で存在しているとのことから、灰分についても、一部可溶化して「減量」されている可能性が示唆されている。さらに、固液分離、廃棄を前提とすると、非可溶化部分の沈降性、脱水性は重要である。また、本論文では、下水汚泥を用いていることから、菌体以外の VSS を多く含むと予想されるが、それぞれについて VSS の可溶化率、非可溶化部分の生物分解性についての情報があればご教授願いたい。

なお、なぜ生物分解試験をろ液のみに限定したのかという点についてご教授願いたい。実務者の立場からは、基本的な事項として、固液分離というプロセスを増やすことには抵抗があり、しかも非可溶化部分を少しでも可溶化、分解したいとの理由から、固液分離しないサンプルについての生物分解試験も同時に行いたいところである。本来、汚泥を可溶化することと生物分解可能な物質に改質することは別のことであり、後段の生物処理を前提に考えるのであれば、可溶化よりも生物分解性を重視するべきではないかと考える。

以上、実務者の立場から、実用化を念頭においた討議を行った。水熱反応に対する期待は大きく、それだけ疑問点、解決すべき問題点も多いと思う。今度、こ

れらの課題が解決され、実装置として広く実用化されることに役立てば幸いである。

(2002.5.9 受付)

▶回答者 (Closure)-奥田友章 (大阪工業大学)・古崎康哲 (㈱メイケン)・村上定瞭 (宇部工業高等専門学校)・笠原伸介 (大阪工業大学)・石川宗孝 (大阪工業大学)  
Tomoaki OKUDA, Yasunori KOSAKI, Sadaaki MURAKAMI, Shinsuke KASAHARA  
and Munetaka ISHIKAWA

## 1. 臭気、色度について

- 1) 本研究の水熱反応により発生するガスの臭気は、類似の触媒分解や湿式酸化に比べ、少ないと考えられる。これは、触媒分解や湿式酸化は、汚泥の酸化反応が主体であるのに対して、本研究での水熱反応は加水分解反応が主体であるからである。また、臭気が発生しても、密封系であるので、処理コストは別にして処理方法は容易と考えている。活性汚泥を利用する生物脱臭法、または燃焼法を考えているが、実験的に検討する必要がある。
- 2) 色度は水熱反応温度の上昇とともに増加して、ある温度以上では減少する。例えば、人工下水による余剰汚泥の水熱反応条件 (汚泥濃度 10,000 mg/L, 反応時間 1 時間) では、色度は反応温度 225°C で最大値を示し、300°C 以上ではほとんど無色である。今回、水熱反応後のろ液の色度および生物分解後の色度の測定は行っていないので、今後、各工程での色度の定量的な検討が必要である。なお、現在、余剰汚泥の水熱処理液を曝気槽へ移送する汚泥削減型の活性汚泥法の実験を行っているが、通常の活性汚泥法との比較では、その処理水の色度に、目視観察では有意な差は認められない。これは、通常の処理水に着色があることと水熱処理液が大量の原水によって希釈されるからと思われる。
- 3) 一般的に、生物由来高分子物質の水熱反応では、加水分解 (イオン反応) により生成する単糖・アミノ酸 (またはそれらのオリゴマー) および有機酸などの易生物分解性物質が主たる生成物であるが、脱炭酸・脱アミノ基・再結合・環化など (ラジカル反応) による難生物分解性物質 (炭化水素、炭など) の副産物が生成する。この副産物は、汚泥の濃縮率が高いほど、反応温度が高くなるほど、反応時間が長くなるほど、副産物の割合

が高くなる。副産物の生物分解性は、汚泥の馴致によっても異なる。副反応 (ラジカル反応) の抑制については、現在、実験的に検討中である。

## 2. 汚泥削減について

以下、用語を、固形分について SS, VSS, RSS (=SS-VSS), 水熱処理液について溶解分 (可溶化部分)、水熱残さ (非可溶化部分) とする。

水熱残さの VSS/SS は水熱反応条件により異なり、また同じ水熱反応条件でも余剰汚泥と混合汚泥で大きく異なる。汚泥中の RSS 成分は、生物由来 (生物細胞内) の無機物 (溶解性塩類、不溶解性塩類) と非生物由来の無機物 (無機微粒子など) に分けられる。可溶化率が増加すると、溶解性塩類は溶解するので、水熱残さ中の溶解性塩類は減少するが、不溶解性塩類および無機微粒子などは可溶化率に関係しない。したがって、水熱残さの VSS/SS は、人工汚泥では可溶化率 (水熱反応温度・時間に依存) による変化が少なく、実汚泥では VSS/SS の変化が激しい。なお、実余剰汚泥 (VSS/SS 約 0.80) の最適可溶化率 85% での VSS の可溶化率は約 0.90、水熱残さの VSS/SS は約 0.40 であった。

汚泥削減システムでは、水熱処理液を全て曝気槽へ返送して処理するが、このとき、溶解分と水熱残さの生物分解性はそれぞれ HRT と SRT に関係する。溶解分については、HRT 時間内での分解性が問題になるのに対して、水熱残さは SRT 時間内での分解性が問題となる。すなわち、水熱残さが SRT 時間内に分解されない場合には、曝気槽内に蓄積され、また、一部は処理水の SS に含まれて流出するので、ある平衡濃度で一定となる。今回、溶解分のみ生物分解性を測定したが、水熱残さについての測定は行わなかった。この理由は、固形分は生物分解の測定の際に活性汚泥と混合され、反応中の固形分と活性汚泥の分離が不可能で、その分解過程を測定することが困難であるから

である。したがって、水熱残さの生物分解性は、汚泥削減システムを運転して、曝気槽内活性汚泥の性状変化や処理水中SSを分析して、その分解性を評価する必要がある。これについては、現在、実験中であり、別の機会に報告する予定である。なお、汚泥削減シ

テムにおいて、水熱処理した混合液の固液分離はしない。ただし、水熱残さの沈降速度は原汚泥と比べて極めて速く、ろ過抵抗も低く、固液分離性は良好である。

(2002.11.14 受付)