

金沢大学工学部

池本良子・小森友明

金沢大学大学院工学研究科

○森田康之

K.K. クボタ建設 谷川孝宏 富山県庁土木部 浅井政嗣

1. はじめに

筆者らは、活性汚泥による有機塩素化合物の分解性を検討した結果、嫌気好気条件で馴養された活性汚泥は好気条件下でトリクロロエチレン (TCE) を分解することを明らかにした。また、TCE 分解能力の高い汚泥では、硫酸塩還元細菌と硫酸酸化細菌の活性が高いことを指摘した。嫌気好気条件で、硫黄の酸化還元を活発にした生物処理により、TCE 分解が可能になることが考えられる。そこで、本研究では嫌気好気 TCE 分解処理法を開発するための基礎的な知見を得るため、硫黄の酸化還元がどのように TCE 分解にかかわっているかを調べた。また、嫌気好気条件の回分処理を繰り返すことによって TCE 分解の継続性を検討をした。

2. 実験方法

2.1 実験に用いた活性汚泥

Sludge L1 恒温室 (20℃) において嫌気好気条件で馴養した汚泥。

Sludge L2 標準活性汚泥法で馴養した汚泥。

Sludge L3 硫酸塩還元槽と脱窒槽からなる 2 槽嫌気性ろ床内の汚泥。

Sludge S 金沢市 S 処理場の嫌気好気活性汚泥。

以上の四種類の汚泥を使用した。人工廃水の組成を表 1 に示す。

2.2 TCE 分解実験

TCE 分解実験はバイアル瓶による回分実験を行った。内容積 45ml のバイアル瓶に人工廃水 (表 1 の無機質) と試験汚泥を MLSS 2000 mg/L になるように 20 ml 投入し密栓後、マイクロシリンジを用いて TCE を初期濃度になるように注入した。20℃の恒温室で振蕩培養を行い、経時的に TCE 濃度をヘッドスペースガスクロマトグラフ法により測定し、TCE 除去速度定数 (1/g・MLSS・hr) を求めた。

2.3 硫酸塩還元速度の測定

硫酸塩還元細菌の活性指標として嫌気条件の回分実験により硫酸塩還元速度を求めた。人工廃水 (表 1) と試験汚泥を MLSS 1000 mg/L になるように腐乱瓶に満たし、空気が入らないように栓をして恒温室 (20℃) で攪拌培養した。経時的に硫酸塩濃度を測定し、硫酸塩の減少から硫酸塩還元速度 (mg SO₄/g・MLSS・hr) を求めた。

2.4 硫酸酸化速度の測定

硫酸酸化細菌の活性指標として好気条件の回分実験より硫酸酸化速度を求めた。硫酸塩を除いた人工廃水 (表 1) の無機質と試験汚泥を MLSS 2000 g/L になるように 100 ml の三角フラスコへ投入する。そこに Na₂S を 100 mg/L にな

表 1 人工廃水の組成 (単位 mg/L)

	L1	L2	L3
<有機基質>			
CH ₃ COOK	200.0	66.7	100.0
Polypepton	400.0	133.3	200.0
Yeast Extrat	40.0	13.3	40.0
Glucose	200.0	-	-
<無機質>			
NaHCO ₃	71.0	23.7	71.0
KCL	174.0	58.0	174.0
MgSO ₄ ・7H ₂ O	158.0	105.0	157.0
CaCl ₂ ・7H ₂ O	92.0	17.3	51.0
KH ₂ PO ₄	92.0	30.7	91.0
MgCl ₂	-	-	61
NaNO ₃	-	-	220

るように添加し、恒温室（20℃）で好気的に攪拌培養した。経時的に硫酸塩濃度を測定し、硫酸塩の増加速度から硫黄酸化速度（ $\text{mg SO}_4/\text{g-MLSS} \cdot \text{hr}$ ）を求めた。

2.5 嫌気前処理の影響

嫌気条件の前処理が好気条件の TCE 分解にどのように関与するかを以下の方法で検討した。容積 100 ml の腐乱瓶に基質（表 1 の無機質と 1/10 の有機基質）と遠心分離した汚泥を MLSS 2000 mg/L となるように混合し、20℃の恒温室で嫌気条件で 6 時間攪拌培養する。その後、混合液を抜き取り、そのまま TCE 分解を行った場合（a-1）と、遠心分離によって液層部を交換し TCE 分解実験を行った場合（a-2）を比較した。同じ汚泥を用いて、嫌気前処理時に硫酸塩還元細菌の呼吸阻害剤であるモリブデンを添加したものについても同様な実験を行った（b-1・b-2）。

2.6 嫌気好気条件での繰り返し分解実験

嫌気好気条件において継続した TCE 分解が可能かを調べるために、以下のように繰り返し分解実験を行った。実験方法は、人工廃水の無機基質と汚泥を MLSS 2000mg/L となるようにバイアル瓶に 20ml 投入する。窒素ガスで 2 分間パージし嫌気条件とした後、初期濃度 0.5 mg/L となるように TCE を添加する。嫌気条件で 6 時間振蕩培養した後、蓋を開け、気相の交換を行う。好気条件で 1 8 時間振蕩培養を行い、TCE 濃度の測定を行った。その後、遠心分離して基質を入れ替え、同じように実験を繰り返した。

3 実験結果と考察

3.1 硫黄サイクルと TCE 分解の関係

筆者らは、硫酸塩還元活性と硫黄酸化活性が高い活性汚泥の TCE 分解能が高いことを報告してきた。図 1 は硫酸塩還元速度と TCE 除去速度定数の関係を示したものである。硫酸塩還元が活発に起こっていても TCE 分解能の低い汚泥（L1 の嫌気槽内の汚泥、L3 の硫酸塩還元槽内の汚泥）が存在している。これらの汚泥は、嫌気的な処理槽から採取したものであり、硫酸塩還元活性が高いにもかかわらず、硫黄酸化活性の低い汚泥であった。図 2 は硫黄酸化速度と TCE 除去速度定数を示したものである。硫黄酸化速度と TCE 除去速度の間には強い相関が認められる。

以上のことから、TCE 分解には硫酸塩還元細菌は直接関係しておらず、硫黄酸化細菌が関係していると考えられる。嫌気条件で硫酸塩還元を活性化させ、好気条件で硫黄酸化を促進することが TCE 分解に有効であると考えられる。

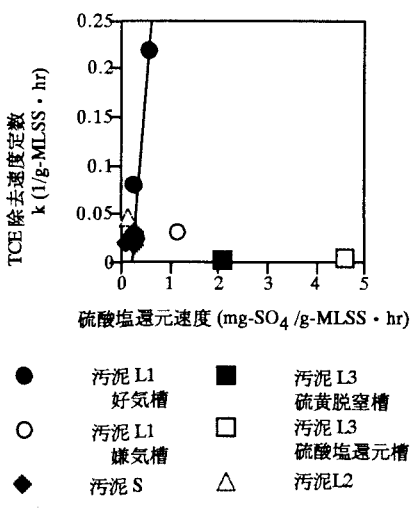


図1 硫酸塩還元速度と TCE除去速度定数の関係

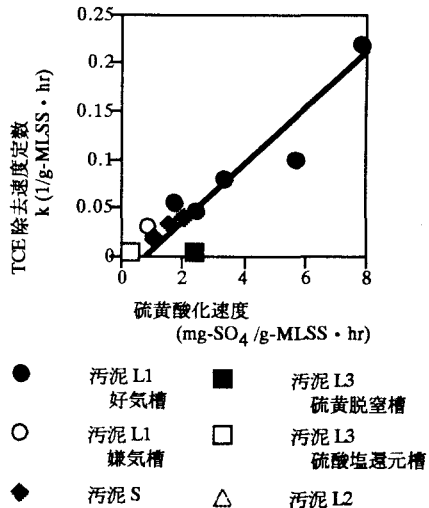


図2 硫黄酸化活性とTCE分解能の関係

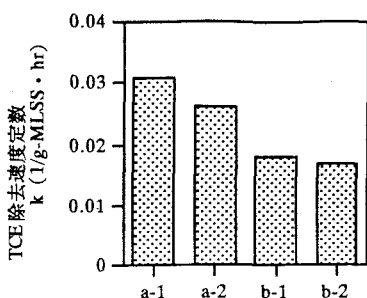


図3 嫌気前処理の影響

3.2 嫌気前処理の影響

図3は嫌気前処理を行った後のTCE除去速度定数を示したものである。嫌気時にモリブデンによって硫酸塩還元細菌の活動が抑制された(b-1)の場合、(a-1)よりもTCE除去速度定数が低い。このことから嫌気前処理時に、硫酸塩還元に伴って生成された代謝産物が好気時のTCE分解に関与していたと考えるられる。一方、(a-1)と(a-2)を比較すると、液相部を入れ替えた(a-2)の方がTCE分解速度定数が低い。このことは、嫌気前処理時に生成された代謝産物が液層内に一部存在していたことを示している。しかし、(b-1)(b-2)の場合でもTCE分解が起こること、及び(a-2)の方が(b-1)(b-2)より分解速度が速いことから、その代謝産物は液相内に存在するだけではなく、汚泥内に蓄積されることが考えられる。

以上の結果は、嫌気条件下で硫酸塩還元細菌が生成した硫化物を利用して、硫黄酸化細菌が活動する際にTCEを分解することを示唆するものである。

3.3 嫌気好気条件での繰り返し分解実験

図4は嫌気好気条件での繰り返し分解実験の結果を示したものである。実験を行った結果、6回目までは分解が継続している。6回目以降、TCE能が低下したのは、5回目の添加から6回目の添加までに48時間空けたためバイアル瓶内が長時間嫌気状態になったことが原因であると思われる。以上の結果より、適当な嫌気好気条件を作り出すことが出来れば、継続してTCE除去処理が可能だと考えられる。

4. まとめ

- 1) 硫黄酸化活性とTCE分解活性の相関が高かった。
- 2) 嫌気前処理時の硫酸還元によって、好気条件でのTCE分解が促進された。
- 3) 嫌気好気条件で、0.5mg/LのTCE分解が5日間継続して行われた。

<参考文献>

- 1) 池本良子、小森友明、松井義弘、谷川孝弘、森田康之：嫌気好気活性汚泥によるトリクロロエチレンの分解に関する基礎的研究1、平成7年度研究発表講演概要集、土木学会中部支部、II-93。
- 2) 池本良子、小森友明、松井義弘、谷川孝弘、能登史和：嫌気好気活性汚泥によるトリクロロエチレンの分解に関する基礎的研究2、平成7年度研究発表講演概要集、土木学会中部支部、II-94。
- 3) 池本良子、小森友明、谷川孝弘、森田康之、浅井政嗣：嫌気好気活性汚泥によるトリクロロエチレンの分解に関する基礎的研究3、第33回工学研究フォーラム講演集、B-24, 1996。

a-1 嫌気前処理時の腐乱瓶から基質と汚泥の混合液を抜き取りそのままTCE分解を行った場合

a-2 遠心分離によって液相を交換してTCE分解を行った場合

b-1 嫌気前処理時にモリブデンを添加し、TCE分解を行った場合

b-2 嫌気前処理時にモリブデンを添加し、遠心分離によって液相を交換して、TCE分解を行った場合

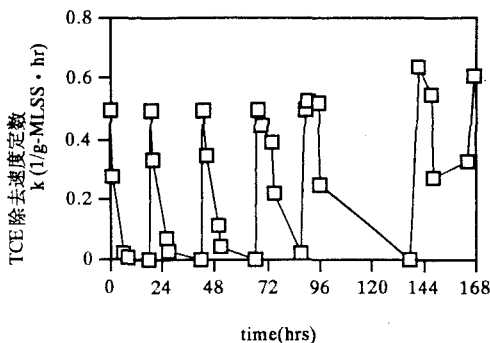


図4 繰り返し分解実験