

金沢大学土木建設工学科 池本良子・小森友明
 金沢大学大学院土木建設工学専攻 ○松井義弘
 京都大学環境微量汚染制御実験施設 松井三郎

1. はじめに

多種多量の化学物質が製造される現在、下水処理において、難分解性毒性物質を除去することは、水環境保全のために重要な課題である。嫌気好気活性汚泥法はりん除去とバルキング抑制の効果が期待できるために、多くの処理場で採用されるようになってきた。本処理法は、嫌気部を設けるため活性汚泥生物相の多様性が増し、通常の活性汚泥法では除去できなかった物質の除去も期待できると思われる。そこで、本研究では対象物質としてトリクロロエチレン (TCE) を取り上げ、嫌気好気活性汚泥による分解性について検討した。

2. 実験方法

2.1 嫌气的条件でのTCE分解実験

100mLの腐乱瓶に、最終濃度が約2000mg/Lとなるように遠心分離により濃縮した実験室嫌気好気活性汚泥 (汚泥J) を入れ、Table1に示す無機塩基質で満たし、TCEを注入した後、気泡が入らないように密栓し、20℃の恒温室内で攪拌培養した。TCEは、500mg-TCE/1L-エタノール液を汚泥混合液10mLに対し1μLの割合でマイクロシリンジで添加した (添加濃度0.05又は0.5mg/L)。同様に作成した腐乱瓶を複数個準備した。腐乱瓶を経時的に開栓し、直ちに混合液10mLをバイアル瓶に移し、ヘッドスペース法によるTCEの分析を行なった。分析は同時に2個行ない、その平均値を分析値とした。

2.2 好气的条件でのTCE分解実験

13mLバイアル瓶に活性汚泥 (最終濃度約2000mg/L) と、Table1の無機物基質を入れ10mLとし、活性汚泥を分散させた後、TCEを注入し、直ちにテフロンシート、ゴム栓、アルミキャップで密栓する。20℃の恒温室内で振倒培養し、経時的にヘッドスペース中のTCE濃度の分析を行なった。この方法では、一度ヘッドスペースを採取すると気体が漏れるため、バイアル瓶は複数個準備し、一定時間ごとに開栓した (バイアル実験I)。

次に、iuchi社ピアースバイアルCV-250 (内容積25mL) とテフロン/シリコンディスクSL-22 22mφを用い、活性汚泥と無機塩基質20mLを入れた後、蓋を締め、TCEを注入し、経時的にヘッドスペース中のTCE濃度の分析を行なった。この分析においては、マイクロシリンジで気相部分を抽出した後でもTCEの漏れが微量であったため、一つのバイアル瓶で実験を行なった (バイアル実験II)。空試験として、腐乱瓶実験、バイアル実験共に活性汚泥を使用せず、基質とTCEだけを添加した実験を並行して行なった。

2.3 実験条件

一連のTCE分解実験において、TCEの生分解に及ぼす有機物と活性汚泥の影響を検討した。有機

Table1 Composition of mineral substrate.

NaHCO ₃	71	mg/L
KCl	174	
MgSO ₄	77	
CaCl ₂	52	
KH ₂ PO ₄	92	

Table2 Composition of organic substrate.

Glucose	200	mg/L
Extract Yeast, Dried	40	
Polypepton	400	
CH ₃ COOK	200	

物の影響は、無機塩基質にTable2に示す有機物を添加し、有機物無添加系と比較、検討した。活性汚泥の影響は、金沢市の2ヶ所の下水処理場の活性汚泥（標準法で運転するA処理場と嫌気好気法で運転するS処理場、以下、汚泥A、汚泥S）と実験室内の嫌気好気活性汚泥（汚泥J）を使用し、バイアル実験IIで検討した。

3. 実験結果と考察

3.1 活性汚泥によるTCE分解

Fig.1はTCEを0.5及び0.05mg/L添加し、バイアル実験IIを行なった結果である。活性汚泥を添加しない場合にはTCEの減少は僅かであるが、活性汚泥を添加すると減少し、その速度は初期TCE濃度の大きい方が早いことが分かる。以後の実験は、実験の手軽さからTCE濃度を0.05mg/Lに設定して行なった。Fig.2は、汚泥Jをオートクレーブ（120℃ 30分）で滅菌した場合と、それを滅菌しない活性汚泥に種々の割合で混合した場合のバイアル実験IIの結果を示したものである。MLSS濃度は総て1166mg/Lに設定した。未滅菌の活性汚泥の割合が高い系ほど早く減少していることが分かる。以上のことは、TCEの減少が活性汚泥による分解であることを示唆するものである。

3.2 活性汚泥の嫌気的条件と好気的条件下でのTCE分解

Fig.3は、バイアル瓶を用いた好気的条件下（バイアル実験I）と腐乱瓶による嫌気的条件下のTCE分解実験の結果を比較して示したものである。TCEは、バイアル瓶のような気相の存在する条件では減少しているが、嫌気的条件下ではほとんど減少していないことが分かる。Fig.4は、バイアル実験IIにおいて、液相部と気相部の容積比を変化させ、TCE分解実験を行なった結果を示したものである。初期段階には、気相/バイアル容積比が大きいほど、TCEが減少する傾向にあるが、3時間以降では、その違いは見られなかった。これらのことから、TCEの分解は好気的条件下で行なわれていると考えられる。Fig.5は、有機物が活性汚泥のTCE分解に及ぼす影響を表わしている。バイアル実験IIで行ない、基質にTable2に示す有機物を添加した系と、無機塩だけの系のTCE分解を比較した。TCEは、無機塩のみの基質の系は減少しているが、有機物が共存する場合には減少していない。これは、有機物が存在する場合、活性汚泥が酸素を消費し嫌気的条件下になるため分解されなかったと考えられる。

3.3 活性汚泥の微生物相による影響

Fig.6は、バイアル実験Iにおいて、それぞれ汚泥

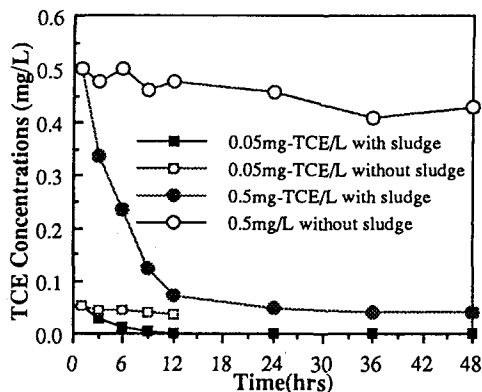


Fig.1 Degradation of TCE by activated sludge.

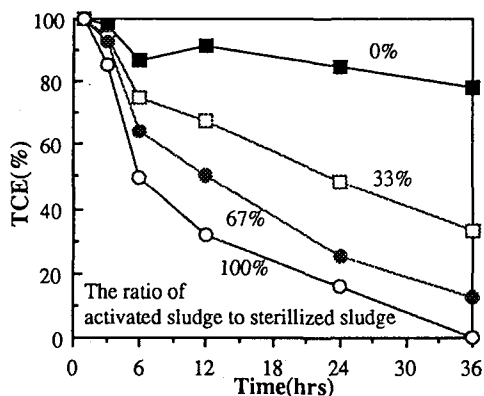


Fig.2 Degradation of TCE by activated sludge and sterilized sludge.

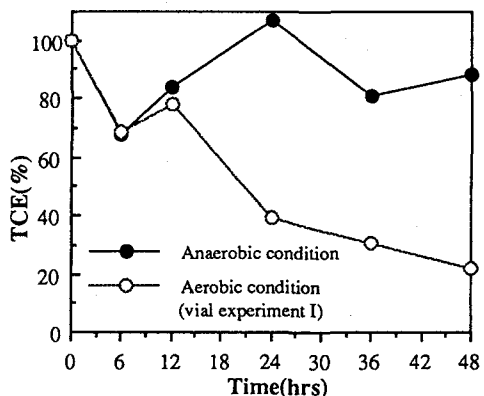


Fig.3 The comparison between anaerobic and aerobic degradation of TCE.

A、汚泥S、汚泥JによるTCE分解実験の結果を示している。嫌気好気法で馴養された汚泥S、汚泥Jを添加した場合減少しているが、標準法で運転を行っているA処理場の活性汚泥では減少しなかった。A処理場の硫酸塩還元菌数は 10^6 MPN/gMLSS程度、S処理と嫌気好気実験装置のそれは $10^7 \sim 10^8$ MPN/gMLSS程度と、嫌気好気法と標準法の馴養微生物相の違いの一つに硫酸塩還元菌数が挙げられる。そこで、活性汚泥中の硫酸塩還元菌のTCE分解への関与について検討した。分析には、硫酸塩還元菌の活動を抑制することが知られているMoを使用した。Fig.8は、バイアル実験IIにおいて、J汚泥と無機塩基質を用いたサンプルを2個用意し、一方の無機塩基質に $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 960mg/Lを添加し、TCE濃度の変化を比較したものである。Moを添加した系では、TCE残存率が40%のまま12時間以降TCEが変化していないことから、TCE分解に硫酸塩還元菌が関与していると考えられる。

4.まとめ

以上のことより、活性汚泥によるTCE分解に関して、次のことが分かった。

- 1.TCEは、バイアル瓶実験のような好気的条件下で分解される。
- 2.有機物の存在はTCE分解を阻害する。
- 3.嫌気好気法で馴養した活性汚泥にTCE分解能力がある。
- 4.TCEの分解には、硫酸塩還元菌が関与している。

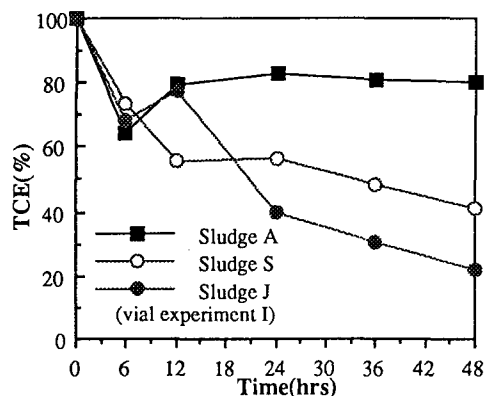


Fig.6 Degradation of TCE by several activated sludge. Sludge A: Municipal plant operated by conventional process. Sludge S: Municipal plant operated by anaerobic oxic process. Sludge J: Laboratory scale unit operate by anaerobic oxic process.

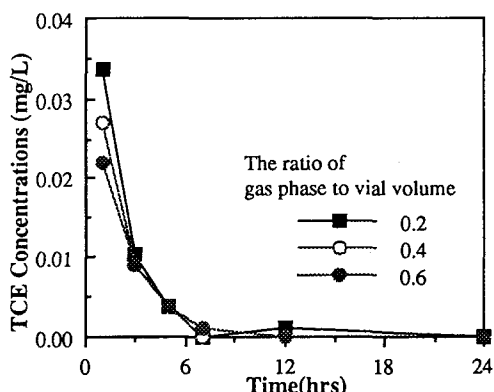


Fig.4 Degradation of TCE in the conditions of various ratio of gas phase to vial volume.

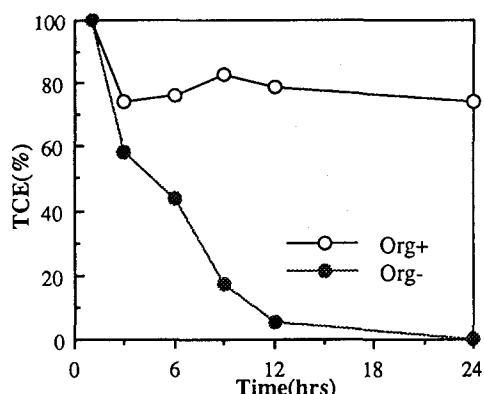


Fig.5 Effect of organic matter on TCE degradation. Org+: Organic matter were added in the substrate. Org-: Organic matter were not added in the substrate.

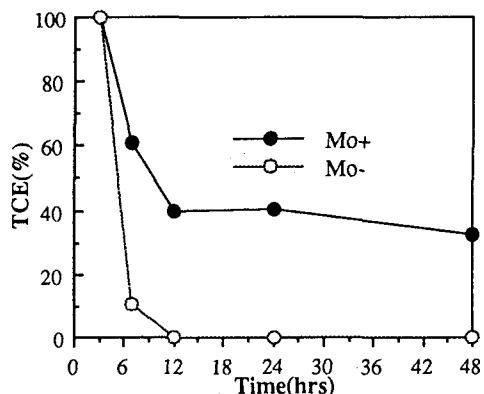


Fig.7 Effect of molybdate on TCE degradation. Mo+: Sodium molybdate was added in the substrate. Mo-: Sodium molybdate was not added in the substrate.