

生物処理槽の活性化による有機キレート剤の生物分解の可能性に関する研究

福岡大学大学院 (学) ○藤富友祐 (正) 立藤綾子 (正) 鈴木慎也

1. はじめに

焼却残渣の埋立割合は2018年度には約9割に達しており、埋立廃棄物の大部分を占めている¹⁾。さらに、焼却技術の高度化により焼却残渣に占める飛灰の割合も増加傾向にある。飛灰は有害重金属を高濃度に含有するため、薬剤処理、セメント固化及び熔融固化等の安定化処理が義務付けられているが、これら処理方法の中で有機キレート剤を用いた薬剤処理は経済性に優れることから約8割の施設で採用されている。キレート剤処理は液体のキレート剤と飛灰を混練する方法が用いられており(図-1)、反応性を高めるため重金属との反応当量以上のキレート剤が添加されている。そのため、この適量以上に添加されたキレート剤が重金属と未反応状態で浸出水中に流出し、これに由来する有機汚濁物が生物処理における硝化阻害や凝集沈殿処理のCOD除去率低下等の問題を起こしている。有機キレート剤はカードメイト系農薬と構造が類似する事から、生物分解できる可能性が高いが、焼却残渣主体の埋立地浸出水中に微生物の栄養源が少ないため生物処理槽における微生物数が少なく、有機汚濁物の生物による分解能が低下していると予想される。そこで本研究では、既存設備の活性化手法として汚染土壌の浄化技術であるバイオリアイミュレーション技術に注目し、生物処理槽に現存する微生物の栄養源を投入し、有機キレート剤の分解を試みた。一般に、浸出水処理施設における生物処理槽では曝気処理が主体であり、生物学的酸化分解以外に化学的酸化分解も起こる可能性があることから、キレート剤の酸化分解実験(検討1)、及び栄養源添加によるキレート剤の生物分解実験(検討2)を行い、生物処理槽の微生物活性化による有機キレート剤の分解の可能性について検討した。



図-1 キレート処理飛灰の性状(泥状)

2. 実験方法及び実験条件

検討1では図-2に示す容量2Lのガラス製容器9個に純水又は焼却残渣溶出液に市販のピペラジン系キレート剤を約200mg/L溶解させた溶液を注入し、エアープンプを用いて、20°Cの室内にて0.2L/L・min×24hの条件で7日間曝気処理を行った。検討2では図-3に示す容量11Lのプラスチック製容器6個に、プラスチック製の生物担体(Φ42mm)を容器当たり18個充填し、N埋立地浸出水(TOC濃度:10.6mg/L、TN濃度:13.3mg/L)に市販のピペラジン系キレート剤を添加し、その濃度を約200mg/Lに調整した溶液にD(+)-グルコースを1.25g添加した溶液、無添加の溶液を注入し、25°Cの室内に7日間曝気処理を行った。また、これら2種の溶液に充填した生物担体は污水处理場の活性汚泥で馴致したものである(生物多・栄養有及び生物多・栄養無条件)。また、これら2条件の比較対象として、N埋立地浸出水で馴致した生物担体にN埋立地浸出水を注入した溶液(生物少・栄養無条件)を用いた(表-1)。水質分析は、開始0,1,3,5,7日目の計5回実施した。分析項目は未反応キレート濃度²⁾、TOC濃度、TN濃度を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 曝気によるキレート剤の酸化分解に関する検討

まず、未反応キレート濃度の経時変化(図-4(a))を見ると、

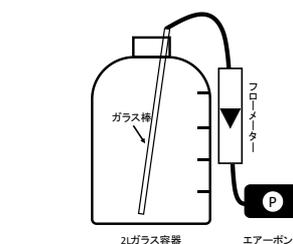


図-2 検討1の実験装置の概要

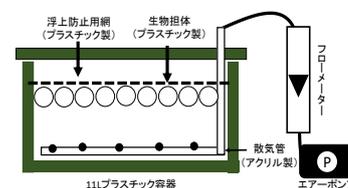


図-3 検討2の実験装置の概要

表-1 実験試料の調整条件

実験溶液の調整条件		実験試料中の添加材
検討1	純水	・純水2L
	焼却残渣溶出液	・焼却残渣溶出液2L(主灰:飛灰=7:3) ・市販の塩酸(pH調整用)
検討2	生物多・栄養有	・N埋立場浸出水:5L (TOC濃度:10.6mg/L、TN濃度:13.3mg/L) ・污水处理場の返送汚泥:0.3g
	生物多・栄養無	・D(+)-グルコース:1.25g ・N埋立場浸出水:5L ・污水处理場の返送汚泥:0.3g
	生物少・栄養有	・N埋立場浸出水:5L
	生物少・栄養無	・N埋立場浸出水:5L

ピペラジン水溶液では曝気開始1日目で検出限界となった。一方、ピペラジン焼却残渣溶出液では曝気開始1日目に150mg/L、3日目に80mg/Lに低下し、その後の低下は緩慢となり、7日目に50mg/Lとなった。一方、焼却残渣溶出液では未反応キレート濃度の低下は実験期間中ほとんど見られなかった。次に、有機キレート剤の主成分であるTOC濃度(図-4(b))を見ると、ピペラジン水溶液及びピペラジン焼却残渣溶出液中では、曝気1日目に濃度の低下が見られたが、その後の低下は緩慢で、7日目におけるピペラジン水溶液では10.9mg/L、ピペラジン焼却残渣溶出液では27.3mg/Lと、初期値と比べて約4mg/L及び約7mg/L低い値であり、キレート剤の濃度の低下に比べて小さかった。また、焼却残渣溶出液におけるTOC濃度の低下は1mg/L程度で、ピペラジン系キレート剤添加条件と比較して小さかった。また、TN濃度(図-4(c))の低下は全条件で見られなかった。

これらのことから、曝気により有機キレート剤の低分子化は起こるものの、CO₂までの完全分解は起こり難いこと及び焼却残渣中に含有される未反応キレート成分は市販のピペラジン系有機キレート剤と比較して分解し難いことが分かった。

3.2 栄養源添加によるキレート剤の生物分解に関する検討

まず、未反応キレート濃度の経時変化(図-5(a))を見ると、栄養添加の有無及び微生物の付着条件に関係なく、いずれの場合も濃度の低下が見られたが、その低下速度は微生物の付着及び栄養添加条件によって大きく異なった。生物多・栄養有条件では7日目に初期濃度の1/5の濃度に低下したのに対して、生物少・栄養無条件では2/3の濃度と、栄養添加による濃度の低下が早かった。次に、TOC濃度(図-5(b))及びTN濃度(図-5(c))を見ると、生物多・栄養有条件では1日目においてTOC濃度で24.9mg/L、TN濃度で6.0mg/Lに低下し、TOC成分の81.7%、TN成分の60.5%が除去された。また、これらTOC及びTN濃度の低下と共に、IC濃度が62.6mg/Lに達したことから、未反応キレートを含む有機物のほとんどが微生物に吸収されたものの、一部CO₂まで分解されていることがわかった。しかし、栄養無の2条件では微生物の付着条件にかかわらずTOC及びTN濃度の低下は見られなかった。

これらのことから、栄養源添加により微生物を活性化することによって有機キレート剤を分解除去できる可能性が高いことが分かった。

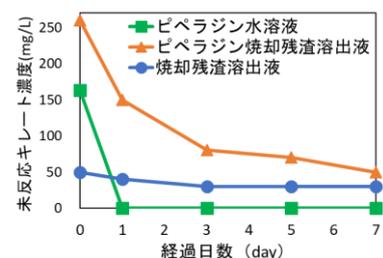
4. まとめ

本研究の結果から、以下のことが明らかとなった。

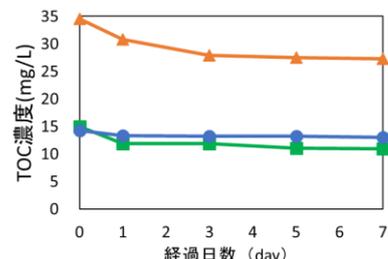
- 1) 曝気により有機キレート剤の低分子化は起こるものの、CO₂までの完全分解は起こり難く、また焼却残渣中に含有される未反応キレート成分は市販のピペラジン系有機キレート剤と比較して分解し難い。
- 2) 栄養源添加による微生物の活性化によって、キレートに由来する有機汚濁物質が分解除去できる可能性が高い。

【参考文献】

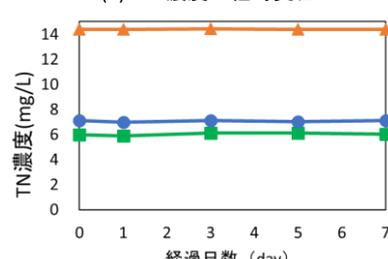
- 1) 環境省：一般廃棄物処理事業実態調査の結果(平成30年度)について, 2020.
- 2) 久保倉宏一他：キレート処理飛灰溶出液中に残存するジチオカルバミン酸塩の簡易測定法, 第29回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, pp.285-288, 2008.



(a) 未反応キレート濃度の経時変化

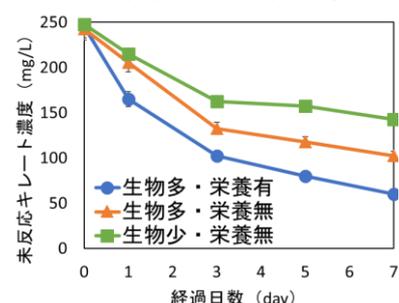


(b) TOC濃度の経時変化

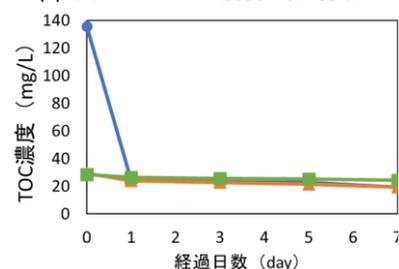


(c) TN濃度の経時変化

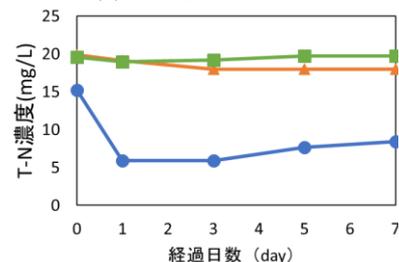
図-4 検討1の実験結果



(a) 未反応キレート濃度の経時変化



(b) TOC濃度の経時変化



(c) TN濃度の経時変化

図-5 検討2の実験結果