

## 微生物活性炭流動床法による埋立浸出水の処理

東北大学工学部 須藤隆一  
 国立環境研究所 ○稲森悠平  
 同上 松重一夫  
 同上 細見正明  
 同上 今井章雄

### 1. はじめに

埋立処分地からの浸出水は、その末期において、COD に比較してBODの占める割合が極端に低く生物学的に難分解性であり、また、高濃度のアンモニア性窒素を含んでいる。このような性質を持つ埋立浸出水による湖沼河川の有機物汚染、富栄養化を防止するために、埋立浸出水中の有機物及び窒素を除去することは重要である。本研究は、実際の埋立浸出水を用い、微生物活性炭流動床法により有機物及び窒素を同時に除去することを目的とする。難分解性有機物を活性炭に吸着させ、かつ活性炭を担体として増殖速度は遅いが分解能の高い微生物を定着させて、吸着と生分解を連動することにより効率的な難分解性物質除去ができるということが研究仮説である。この仮説の正否を検討するために、有機炭素の物質収支に着目して考察を加えた。

### 2. 実験装置及び方法

#### 2.1 実験装置

本研究に用いた流動床反応器を図-1に示す。二つの塩ビ製円筒反応器（高さ50cm、直径8cm、有効容量1L）を嫌気・好気として組み合わせ一つの系とした。活性炭の流動は反応器内の液体を8-10 L/dayで循環させることにより達成した。流入流量は、タイマー接続の電磁弁、水位センサー、計量シリンダーを組み合わせ、1 L/day なるように制御した。

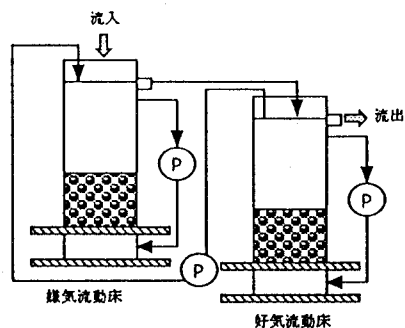


図-1 実験装置

#### 2.2 流入水の性状

埋立浸出水は2倍希釈し、オートクレーブ処理（121℃、40分）後放冷したものを用いた。浸出水の浮遊固形物（SS）は無視できた。生物処理するにはリンが不足しているため、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ をリンとして11.4 mg/Lになるように添加し、脱窒プロセスに必要な有機炭素源としてメタノールをアンモニア性窒素の約3倍量を加えた。流入水の平均水質は溶解性有機炭素（DOC）で109 (81-157) mg/L、全窒素(T-N)で216 (147-332) mg/L、全リン(T-P)で17 (10-35) mg/Lであった。

#### 2.3 実験条件及び分析方法

微生物活性炭流動床は嫌気・好気の2槽からなり、運転開始時に活性炭（BAC、平均径0.74 mm、呉羽化学）300 g及び活性汚泥200 mgを各槽に添加した。水理学的滞留時間（HRT）は48 hrに設定し、好気槽からの流出を循環比4（流入流量に対して）で嫌気槽に返送した。流動床の処理能力は、流入、流出のDOC、T-Nを経日測定することにより評価した。また、難分解性有機物の除去機構を物質収支の面から考察するため、4週間に渡り処理水を全量収集し、1週間分をコンボジットサンプルとして作成しSSとDOCの測定を行った。同時にSSについては元素分析を行い含有炭素量を求めた。

DOCはガラス繊維フィルターでろ過後、全有機炭素分析計により測定した。SSはガラス繊維ろ紙法、T-N

はオートアナライザーにより分析した。元素分析は酸素循環燃焼方式高感度NCアナライザー及びガスクロマトグラフィにより行った。

3. 結果及び考察

3.1有機物除去特性

図-2に約700日に及ぶ運転期間中に測定された流入、流出DOC濃度を示す。運転開始時の高いDOC除去率は活性炭吸着による有機物除去が卓越していることを示す。約100日以後、流出DOCは比較的安定し、システムとして定常状態あると考えられる。この期間では、平均DOC除去率約60%が得られ、長期間に渡り有機物除去が安定して進行している。通常の活性汚泥法では20%以下のDOCしか除去しないことを考えると<sup>1)</sup>、微生物活性炭流動床が難分解性有機物に対して高い除去能を有していると言える。

窒素についても、長期間安定した除去率、約70%、が達成された(図-3)。循環比4での最大窒素除去率は80%であり、本流動床法において効率的な硝化脱窒が行われていると考えられる。

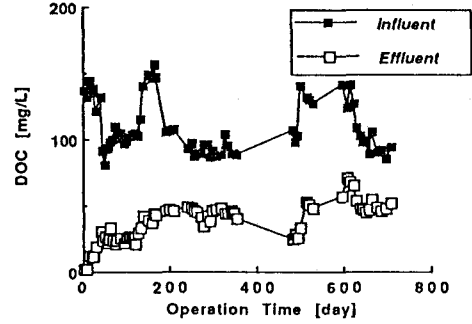


図-2 活性炭流動床法におけるDOCの経日変化

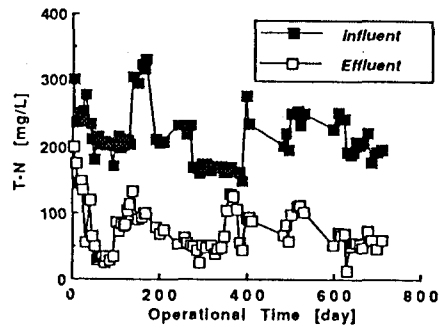


図-3 活性炭流動床法におけるT-Nの経日変化

3.2有機炭素物質収支

埋立浸出水中の溶解性有機物が除去されるメカニズムとしては二つ考えられる：(1) 活性炭に吸着され、活性炭表面に付着している微生物により生分解される(研究仮説)；(2) 活性炭に吸着され、剥離によりSSとして反応器から流出する。有機物が生分解されているかどうか直接的に明かにする方法は未だ開発していない。従って、流動床反応器の周りで有機炭素に関して物質収支を取り、その除去メカニズムについて検討を加えた。

物質収支を取るにあたって次の事柄を仮定した：(1) 活性炭流動床はDOCに関して定常状態にある；(2) 流入流量に対して流動流量ははるかに大きく、反応器は完全混合状態にある；(3) 脱窒のために添加したメタノールは流出DOCに寄与しない。上記の仮定に基づいて有機炭素の物質収支を取ると：

$$V(dC_e/dt) = Q[Co] - Q[Ce] - (\text{生分解}) - QF[SS] = 0$$

ここでQは流量、Coは流入DOC、Ceは反応器内及び流出DOC、FはSS中の有機炭素の割合。この物質収支式で不明なものは生分解の項だけである。よって生分解の有機物除去に対する寄与の程度が推察できる。

図-4に一ヶ月間の実験より得られた結果を示す。流出水に含まれるSS中の有機炭素の割合は平均41%で安定していた。流入有機炭素量を100%とすると、流出DOCは50%、流出SSは15%を占める。従って、残りの35%はなんらかのメカニズムで消失したことを意味する。これは微

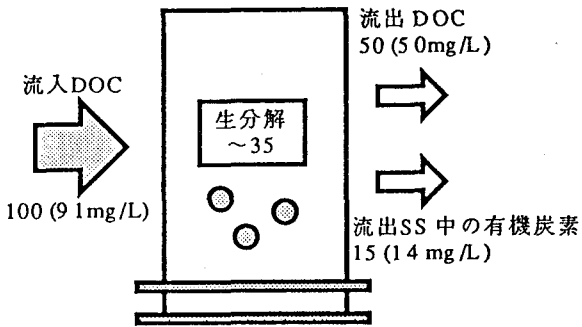


図-4 有機炭素物質収支

生物活性炭流動床において埋立浸出水中の難分解性有機物は単に活性炭への吸着による液相から固相への移動だけではなく、除去された有機物の約80%は最終的に生分解により無機化されたことを示唆する。本実験期間中のBODは約3 mg/Lであり、活性炭に付着した微生物の高い生分解能が推察される。

物質収支において、脱窒反応のために添加したメタノールは流出DOCならびに流出SS中の有機炭素に関与しないと仮定した。もしもこの仮定に反してメタノールが関与するとすれば生分解による有機物は35%以上となる。また、物質収支実験期間中のDOC除去率は平均45%と図-2の経日平均と比較するとかなり低い。35%以上の有機物生分解除去が期待される。

写真-1、2にバージン活性炭と好気性流動床中の活性炭のSEM観察を示す。スムーズな活性炭表面を種々の微生物が薄膜を形成して覆っているのが良く判る。

#### 4. まとめ

(1) 嫌気-好気微生物活性炭流動床は埋立浸出中の難分解性有機物と窒素を各々50-60%、60-70%と長期間に渡り、安定して除去した。

(2) 流動床反応器の有機炭素に関する物質収支は、除去された有機炭素のうち約80%は微生物による生分解により消失していることを示唆した。

#### 参考文献

(1) 稲森悠平 難分解性物質含有排水の生物学的高度処理技術 国立機関公害防止等試験研究総合プロジェクト検討会報告書、1989

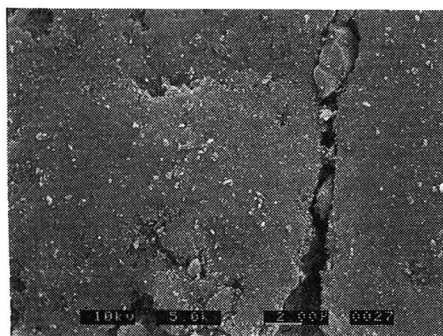
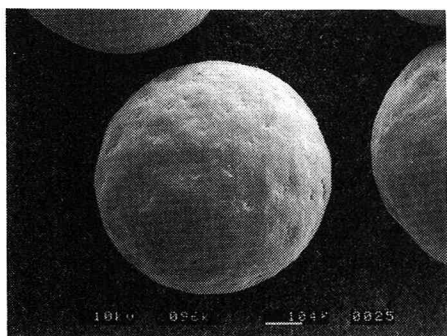


写真-1 バージン活性炭のSEM像

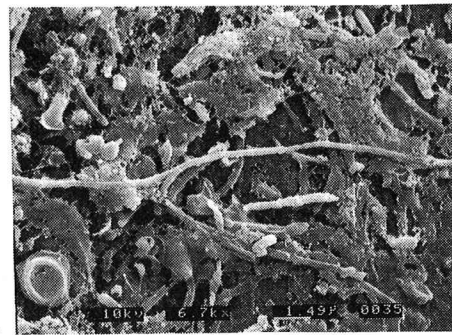
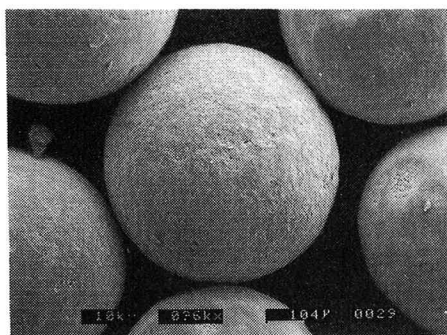


写真-2 好気性流動床活性炭のSEM像