



Title	活性炭複合担体による埋立地浸出水中のダイオキシン類除去
Author(s)	井坂, 和一; 角野, 立夫; 古山, 貴士 他
Description	第9回衛生工学シンポジウム (平成13年11月1日 (木) -2日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 廃棄物・汚泥処理 . 6-8
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 295-300
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7190
Type	departmental bulletin paper
File Information	9-6-8_p295-300.pdf



6-8

活性炭複合担体による埋立地浸出水中のダイオキシン類除去

○井坂和一, 角野立夫 (日立プラント) 古山貴士 (筑波大バイオシステム)
稲森悠平 (国立環境研究所)

1.はじめに

環境庁は、ごみ浸出水や、塩ビ製造工場、パルプ工場等廃水中のダイオキシン類濃度 (DXNs) について実態調査を行い、その濃度は0~340pg-TEQ/Lであると報告している¹⁾。この報告は、排水基準値 (10pg-TEQ/L) を越えるケースがあることを示すものであり、なかでもごみ浸出水中のDXNsについては、検出される頻度、濃度ともに高く²⁾、適切な処理技術の開発が必要となっている。廃水中のDXNs分解方法として、一般にオゾンと紫外線、過酸化水素を活用した促進酸化法³⁾⁴⁾が有効な方法として採用されているが、生物学的手法による検討例は少ない。

そこで、包括固定化法を用いた生物学的窒素除去工程において、窒素と同時にDXNsを分解する技術について検討した。担体内に固定化する微生物には、DXNsを含む廃水で長期間馴養した汚泥 (以下DXNs馴用汚泥) や、DXNs分解能を有する細菌として単離した*Pseudomonas aeruginosa*⁵⁾を用い、さらに、微生物と活性炭を同時に固定化した活性炭複合担体法⁶⁾⁷⁾の利用について検討した。

2.実験方法

2.1 供試廃水 (埋立地浸出水)

浸出水の水質を表1に示す。実験に供試した浸出水は、ごみ処分場の浸出水調整池から採取したものであり、アンモニア性窒素や有機炭素を高濃度に含み、DXNs濃度は、10.5pg-TEQ/Lであった。また、DXNsの存在形態は、溶存性のDXNsが8.2pg-TEQ/L、非溶解性 (SS性) が2.3pg-TEQ/Lであり、溶存性のDXNsが多く含まれていた。また、異性体ごとのDXNs濃度を図1に示すが、毒性を有する異性体のうち、ほぼ全ての異性体が検出された。なお、実験には、浸出水をろ過したものをを用いた。また、浸出水の水質は、季節による水質の変動が大きいことから、TOCが100mg/Lとなるよう希釈して水質をほぼ一定にし、連続実験に使用した。

表1 ごみ浸出水の水質

項目	測定値
TOC	320 (mg/L)
CODMn	430 (mg/L)
BOD	99 (mg/L)
NH4-N	490 (mg/L)
T-N	530 (mg/L)
T-P	2.3 (mg/L)
pH	8.4 (-)

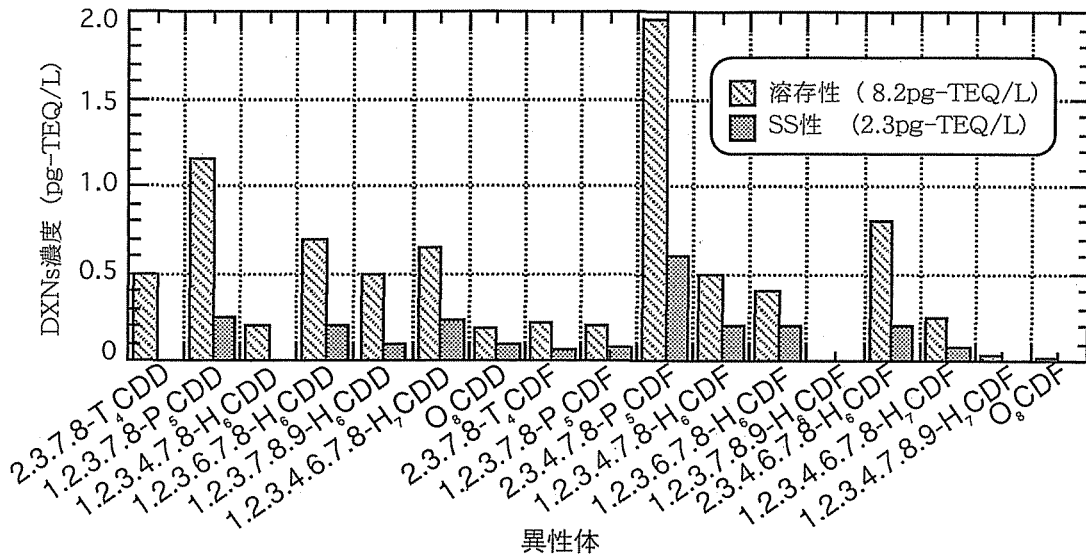


図1 ごみ浸出水中のダイオキシン類濃度

2.2 供試汚泥および細菌

2.2.1 DXNs馴養汚泥

固定化に用いたDXNs馴養汚泥は、供試廃水を採取した処分場の浸出水処理工程から採取したものである。この浸出水処理施設では、生物処理工程に回転円板法を採用しており、DXNsを含んだ廃水を長期間処理している。従ってこの回転円板付着生物膜は、DXNsに長期間馴養されており、この生物膜を採取し実験に用いた。

2.2.2 DXNs分解菌

DXNs分解菌として供試した*Pseudomonas aeruginosa*は、国立環境研究所から提供されたものであり⁵⁾、DXNsの基本骨格であるジベンゾフランを分解できる微生物である。

2.3 供試担体

連続処理実験には、以下の3種類の包括固定化担体を使用した。いずれもポリエチレングリコールを材料として固定化し、3mm角の立方体に整形したものである。

(1) 従来担体

DXNs馴養汚泥を汚泥濃度2%とした包括固定化担体。

(2) 活性炭複合担体

DXNs馴養汚泥と粉末活性炭を混合した後、包括固定化した。汚泥濃度は2%とした。

(3) 活性炭複合担体 (DXNs分解菌固定)

DXNs馴養汚泥とDXNs分解菌を混合した後、さらに粉末活性炭を添加したものを包括固定化した。汚泥濃度は2%とした。また、DXNs分解菌は 10^7 cells/mL-pelletとなるよう汚泥中に添加した。

2.4 実験装置

実験装置の外観および装置図を図2に示す。リアクタは有効容積が1.2Lであり、内部に内筒管、中央部には酸气管が設置されている。担体はエアリフト方式でリアクタ内を流動するように設定した。浸出水原水は、リアクタ上部に設置した原水タンクより、流量調整機を通してリアクタに流入させた。また、硝化反応によるpHの低下が想定されたため、pHコントローラを用いてpHを 7.0 ± 0.5 となるよう制御した。なお、実験装置に使用するリアクタおよび配管、散気管等は、DXNsの吸着を考慮し、全てガラスまたはテフロン製のものを使用した。

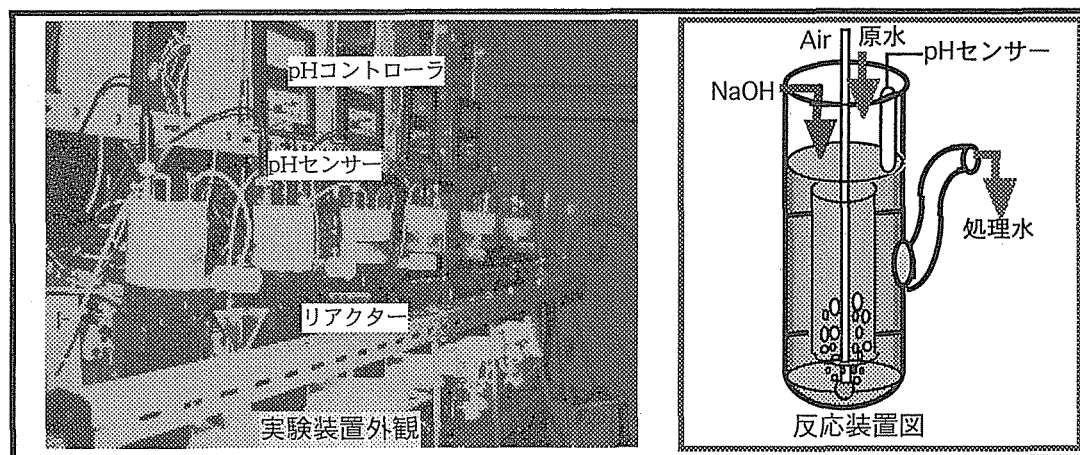


図2 実験装置の外観および装置図

2.5 実験条件

2.5.1 DXNs処理実験条件

運転条件について表2に示す。担体の充填率は10%とし、滞留時間は12時間とした。装置は20℃の恒温室内に設置し、pHは $pH 7 \pm 0.5$ となるよう設定した。

実験系は表3に示すように、従来担体、活性炭複合担体、活性炭複合担体（DXNs分解菌固定）の3種類の各担体を用いた系（RUN1～3）と、担体を添加しない対象系の合計4系とした。

表2 実験条件

項目	条件
反応容積	1.2L
担体充填率	10% (v/v)
滞留時間	12時間
曝気量	1.2L/min
温度	20℃
pH	7.0 ± 0.5

表3 DXNs連続処理実験系

実験系	供試担体	固定化菌	活性炭
RUN1	従来担体	DXNs馴養汚泥	-
RUN2	活性炭複合担体	DXNs馴養汚泥	○
RUN3	活性炭複合担体	DXNs馴養汚泥+DXNs分解菌*	○
対象系	なし	-	-

3 結果および考察

3.1.1 実験開始1ヶ月後におけるDXNs処理性能評価

実験開始1ヶ月後の原水および各処理系のDXNs濃度を測定した。その結果、原水1.2pg-TEQ/Lであったものが、処理水ではRUN1で0.079, RUN2で0.017, RUN3で0.011pg-TEQ/Lとなり、いずれも90%以上の高い除去率を得た。また、従来担体であるRUN1と比較し、活性炭を固定化したRUN2, RUN3の方が高い処理性能を示す傾向を得た。また、対象系のDXNs濃度は0.93pg-TEQ/Lであり、原水とほぼ同等であることから、RUN1~RUN3における除去性能は、装置への吸着や、曝気による気散によるものではなく、各担体による除去性能であることを明らかにした。

さらに実験開始3ヶ月後において、各処理系のDXNs濃度を測定した。各系のDXNs除去率を図3に示した。TEQ除去率はRUN1, RUN2, RUN3でそれぞれ、45%, 78%, 70%であり、除去率は低下したが、実験開始1ヶ月後の結果と同様に、従来担体を用いたRUN1より、活性炭を担体内に固定化した活性炭複合担体を用いたRUN2, RUN3の方が高い除去率を示した。従って、従来担体より活性炭を組み込んだ活性炭複合担体の方が、高いDXNs除去性能を示すことを明らかにした。しかしながら、DXNs分解菌を固定化する効果についてRUN2, RUN3を比較したが、DXNs処理性能の向上は、確認できなかった。

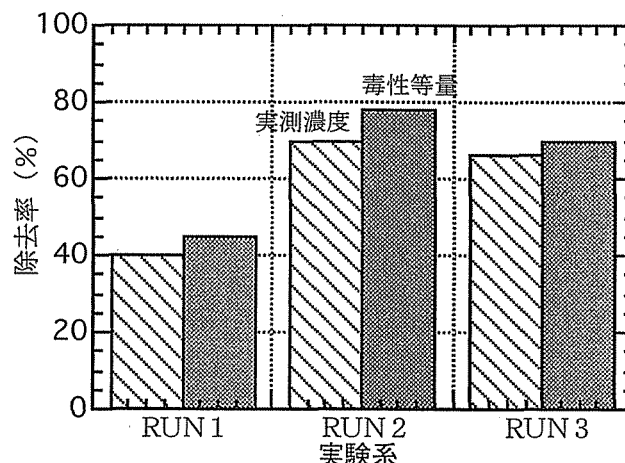


図3 実験開始3ヶ月後における各系のDXNs除去率

3.2 活性炭複合担体によるDXNs除去性能の長期安定性

活性炭複合担体 (RUN3) において、DXNs除去性能の長期安定性を確認するため、34ヶ月後と40ヶ月後の除去率を求めた。その結果34ヶ月後で81%, 40ヶ月後で70%のTEQ除去率を確認した。ここで、運転開始から40ヶ月後までのDXNs除去率を図4にまとめて示すが、活性炭複合担体によるDXNs処理性能は、70%以上のTEQ除去率が得られ、その処理性能は長期間にわたり維持できることを明らかにした。

さらに、34ヶ月後のDXNs測定結果について、異性体ごとのDXNs処理性能を解析し図5の結果を得た。特徴として、7または8塩素化のDXNs (高塩素化DXNs) より、4または5塩素化DXNs (低塩素化DXNs) の方が除去され易い傾向であることを明らかにした。一般的に好気条件下における有機塩素化合物の生物分解反応では、低塩素化化合物が分解され易く、高塩素化化合物は分解

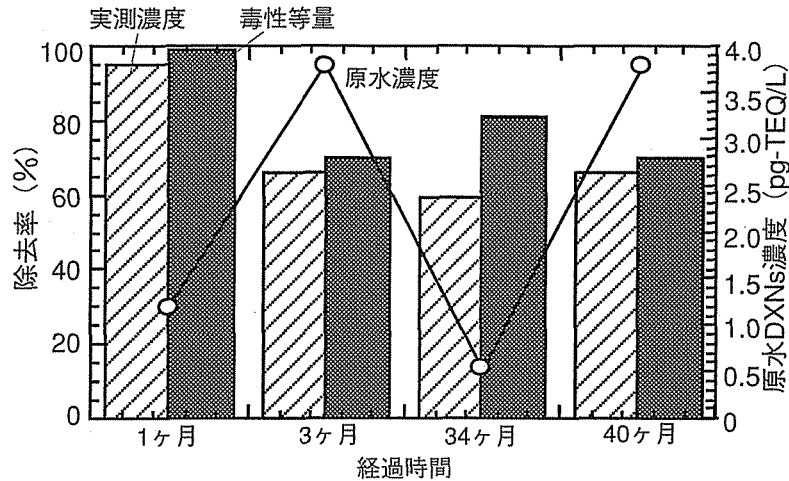


図4 活性炭複合担体によるDXNs長期処理性能

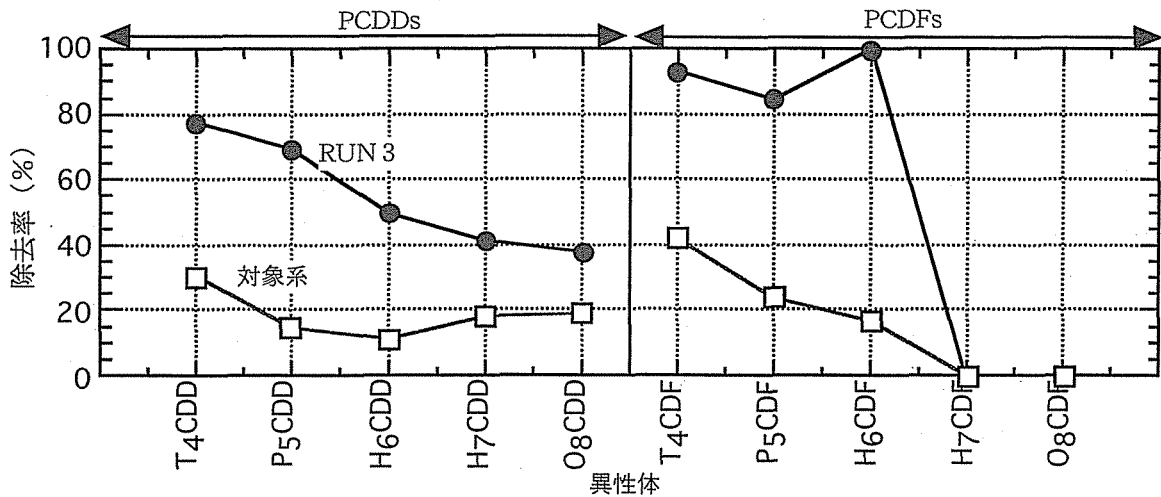


図5 活性炭複合担体による異性体ごとの除去特性

されにくい。図5において、これと同様の傾向が窺われたことは、活性炭複合担体によるDXNs処理において、担体内の微生物によりDXNsが生分解されていることを示唆するものである。

3.3 担体内のDXNs量の測定 (DXNs生分解の検証)

本実験により明らかとなった活性炭複合担体によるDXNs除去性能は、生分解によるものか、または担体内への吸着によるものかが不明確である。そこで、担体内のDXNs濃度について経時的に測定し、担体内へのDXNsの蓄積について解析することにより、DXNsの生分解性について評価した。実験開始時(0ヶ月後)および4ヶ月後、12ヵ月後において活性炭複合担体内のDXNs濃度を測定し、図6の結果を得た。実験開始時と4ヶ月後の結果を比較すると、DXNsは同程度であり、DXNs濃度の増加は確認できなかった。さらに12ヵ月後の結果と比較した場合においても、同様の結果であった。仮定として、原水中のDXNsが全て担体内に吸着された(原水DXNs濃度の平均値が、1年間担体内に吸着した)とすると、図6中の吸着量積算値となり、これと比較しても担体内にDXNsが吸着、蓄積していないことが明確となった。

これらの結果から、活性炭複合担体によるDXNs除去は、担体内にDXNsが蓄積することは無く、担体内の微生物により分解していることが示唆された。

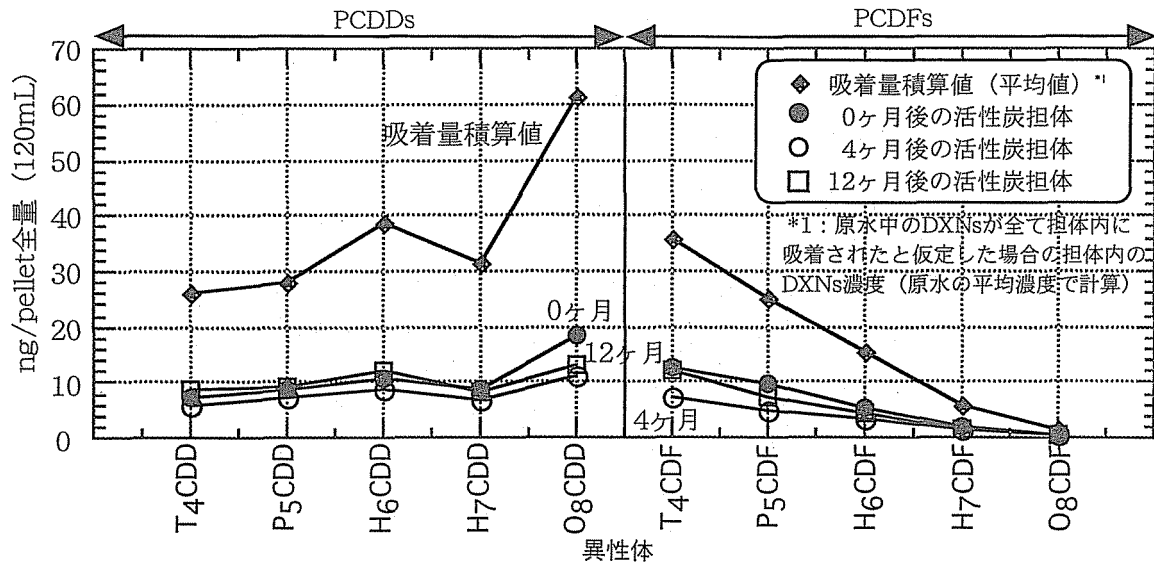


図6 担体内のDXNs量の経時変化

4. まとめ

DXNs馴養汚泥およびDXNs分解菌を固定化した担体を用い、浸出水中のDXNs除去実験を行った。また、微生物と活性炭を同時に固定化する、活性炭複合担体法によるDXNs除去性能について検証した。得られた結果は次のようにまとめられる。

- (1) 実験開始3ヶ月後では、TEQ除去率で包括固定化担体が45%、活性炭複合担体が70%となり、活性炭複合担体の方が高い処理性能を有することが明らかとなった。
- (2) DXNs分解菌 (*Pseudomonas aeruginosa*) 添加によるDXNs処理性能の向上は、確認できなかった。
- (3) 活性炭複合担体によるDXNs処理の長期安定性について確認した結果、実験開始34ヶ月後、40ヶ月後におけるTEQ除去率は、それぞれ81%、70%であり、長期間にわたりTEQ値を70%以上処理できることを明らかにした。
- (4) 活性炭複合担体によるDXNs除去性能は、異性体ごとの除去性能や担体への吸着量の解析から、担体への吸着効果よりむしろ、担体内の生物により分解されていることが示唆された。

5. 参考文献

- 1) 環境庁 (1999.7) 最終処分場環境保全対策調査報告書
- 2) 環境庁 (1999.6) DXNs排出抑制対策検討第二次報告書
- 3) 井坂和一, 山田裕之, 小林茂樹, 大迫政浩 (1999) 促進酸化法によるダイオキシン類除去の基礎検討, 第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集, p904-906
- 4) 井坂和一, 山田裕之, 稲森悠平, 小林茂樹 (2000) 促進酸化法による埋立地浸出水中のダイオキシン類除去, 第34回水環境学会講演論文集
- 5) 稲森悠平ほか5名 (1992) 包括固定化*P.aeruginosa*によるジベンゾフランの性分解, 水環境学会誌, 15, pp.698-704
- 6) 井坂和一ほか(1998)包括固定化条件のダイオキシン分解菌高濃度定着化に及ぼす影響, 生物利用シンポジウム講演集
- 7) 井坂和一ほか(1997)活性炭複合担体嫌気好気循環法による埋立地浸出水の高度処理, 第31回水環境学会講演集