

機能性複合微生物製剤を用いたダイオキシンの生物処理システムの技術開発

ICETT - 市原研究室(三井造船株)

主任研究者 中谷龍男

研究員 松本正文 二瓶裕之

高岡一栄 伊藤彰英

茨木彰一 新井敬

宮地健 牛越淳太郎

野口大介 堀口清司

開発期間：2002～2004年度

要約

本技術開発は、低濃度、広範囲にわたるダイオキシン類汚染土壌及び低濃度のダイオキシン類を含む多量の焼却灰を対象として、機能性複合微生物を含有する微生物製剤と有機廃棄物を添加したコンポスト化処理法を利用して、安全、確実、かつ低コストでダイオキシン類を分解・浄化できる実用的な生物的環境修復プロセス及び装置の開発を目的とする。

ダイオキシン類による土壌汚染は、発生源付近の高濃度、狭範囲の汚染と発生源から離れた、低濃度、広範囲の汚染の二つが想定される。ダイオキシン発生源付近の高濃度、狭範囲の汚染は、溶融法、熱分解法、超臨界抽出法等によるダイオキシン分解・浄化方法が適当と考えられる。一方、低濃度、広範囲のダイオキシン汚染土壌の浄化、修復には経済性及び技術面から本技術に相当する生物的方法が妥当と考えられる。

1. 技術開発の目標

本技術開発は、ダイオキシン汚染現場でダイオキシン汚染土壌やダイオキシン含有廃棄物中のダイオキシン類を機能性複合微生物製剤を用いて分解・無毒化、修復する実用処理システムの構築である(図1)。

本技術開発では、以下の目標を設定した。

・ダイオキシン分解能を有する機能性複合微生物製剤を開発する。

・従来の生物系有機廃棄物のコンポスト化処理と同程度の簡便さと経済性でダイオキシンを分解・処理する。

・ダイオキシン汚染土壌を数ヶ月から半年で浄化する。

生物処理では分解処理が困難と考え

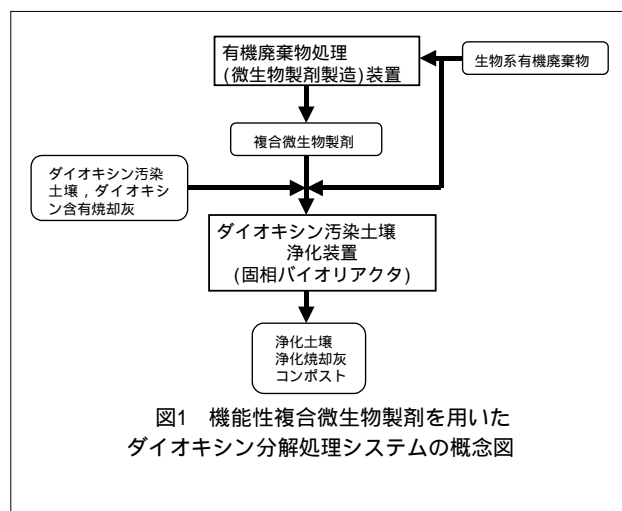


図1 機能性複合微生物製剤を用いたダイオキシン分解処理システムの概念図

られているダイオキシン類であるため、機能性複合微生物製剤が安全、確実にダイオキシンを分解できること示す必要がある。そして、生物処理は他の物理化学的方法より処理速度が遅い点で劣るため、処理に要するエネルギーを低減する等、経済性が求められる。さらに、処理速度が遅いと言っても、実用化処理システムには必要な処理速度がありそれを数ヶ月から半年と想定した。

2. 平成14年度実施内容及び成果

(1) 複合微生物製剤を機能させる技術

平成14年度は、ビ - カスケ - ルの固相バイオリアクタを利用して、機能性複合微生物製剤による各種ダイオキシン分解実験を実施した。

固相バイオリアクタ内の複合微生物製剤、焼却灰、分解基材および厨芥の混合物をコンポスト、またはコンポスト混合物と称する。

含水率の影響

コンポスト混合物中の含水率30、40、50 wt.%について、ダイオキシン分解処理実験を実施した。図2は固相バイオリアクタ内におけるコンポスト混合物の含水率の経時変化である。

図3は各含水率におけるコンポスト混合物中のダイオキシン類濃度 (TEQ) の経時変化である。ダイオキシン類濃度の経時変化は、厨芥投入によるコンポスト混合物の増減および分析用サンプルのサンプリング操作により排出されるダイオキシン量を換算して算出した。

含水率30、40、50 wt.%において、ダイオキシン分解速度は720、1,310、2,130 pg-TEQ・g-dry compost⁻¹・year⁻¹ (ダイオキシン濃度範囲540 ~ 1,100 pg-TEQ・g-dry compost⁻¹) である。含水率が高いほどダイオキシン分解速度は高くなることが認められた。

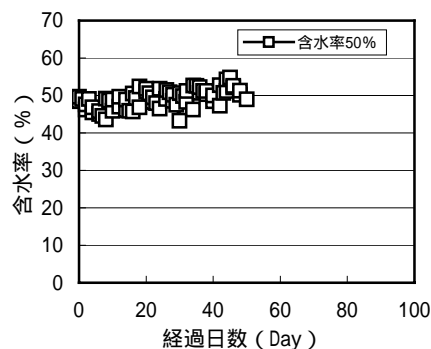
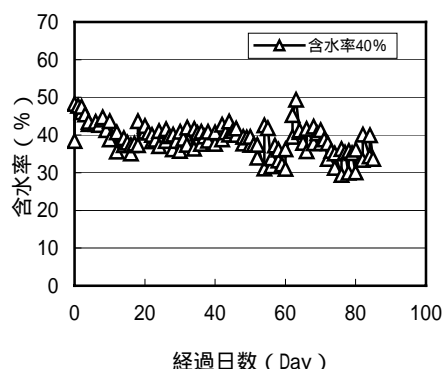
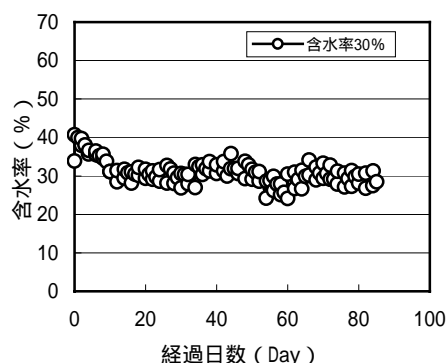


図2 コンポスト混合物中含水率経時変化

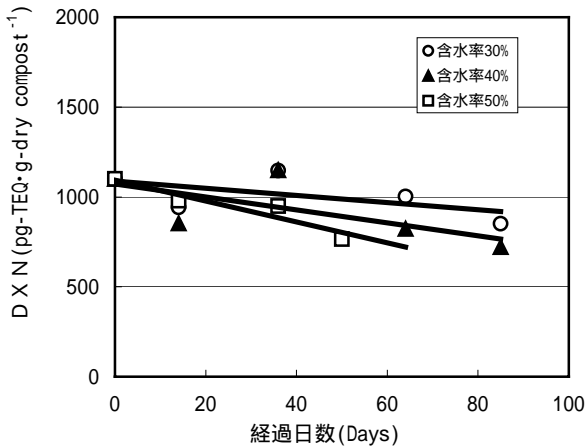


図3 コンポスト混合物中ダイオキシン濃度経時変化 含水率の影響

実験条件

装置 : 固相バイオリアクタ
 攪拌操作 : 運転サイクル
 運転 5min, 停止 55min
 厨芥添加 : 500g, 1日おき
 温度 : 実験室温度 25

攪拌時間の影響

コンポスト混合物中含水率 40 wt.%において、攪拌時間 5、20 min のダイオキシン分解処理実験を実施し、攪拌時間の影響を検討した。図4は固相バイオリアクタ内におけるコンポスト混合物中の pH 経時変化である。実験はコンポスト混合物中の pH が 8.8 以下に低下した時点を運転開始日とした。ここで、pH 値の経時変化は、運転開始日以前から示してある。図5-1, 5-2, 5-3はコンポスト混合物中のダイオキシン類濃度、TEQ、PCDD、PCDF/co-PCBの経時変化である。

攪拌時間 5、20 min において、ダイオキシン分解速度は 4,180、5,070 pg-TEQ·g-dry compost⁻¹·year⁻¹ (ダイオキシン濃度範囲 970 ~ 1,800 pg-TEQ·g-dry compost⁻¹) である。攪拌時間 20 min のほうがダイオキシン

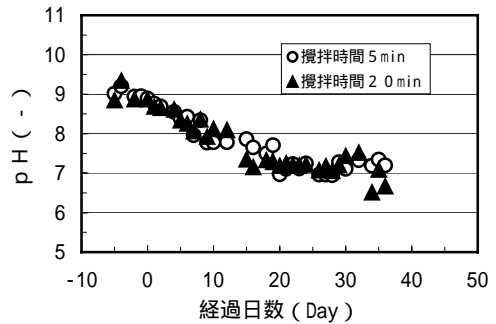


図4 コンポスト混合物中 pH 経時変化 攪拌時間の影響

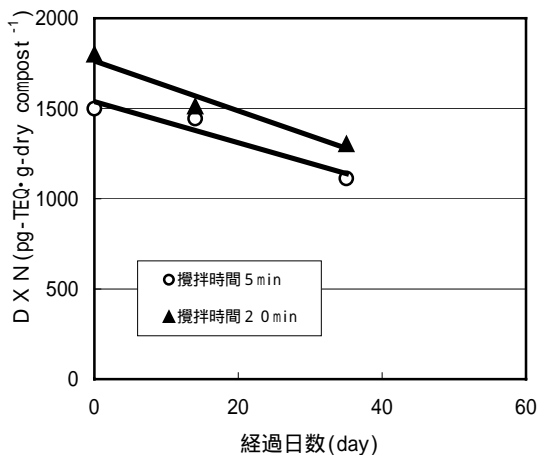


図5-1 コンポスト混合物中ダイオキシン濃度経時変化 攪拌時間の影響

実験条件

装置 : 固相バイオリアクタ
 含水率 : 40wt.%
 攪拌操作 : 運転サイクル
 運転 5min, 停止 55min
 運転 20min, 停止 40min
 厨芥添加 : 500g, 1日おき
 温度 : 実験室温度 25

分解速度は高くなること認められる。そして、塩素数4～8のPCDD、PCDF、co-PCB各ダイオキシン成分濃度は減少していることから、複合微生物製剤は、塩素数4～8のPCDD、PCDF、co-PCBをすべて分解することが可能と考えられる。ダイオキシン分解速度はダイオキシン濃度に依存し、ダイオキシン類の塩素数による影響はないと考えられる。すなわち、仕込み時の各ダイオキシン類成分の濃度が高いほど、ダイオキシン分解速度は高いことが認められる。

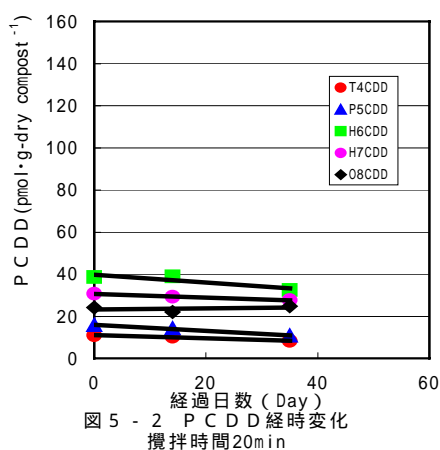


図5-2 PCDD経時変化
攪拌時間20min

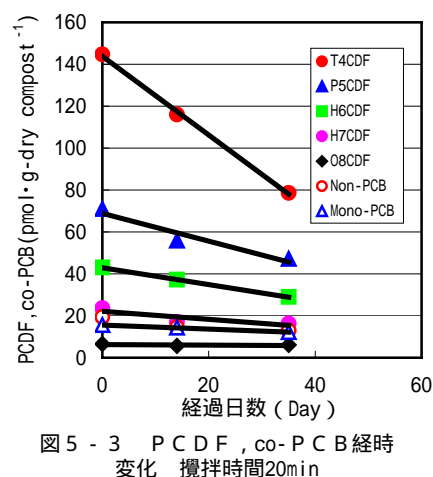


図5-3 PCDF, co-PCB経時変化
攪拌時間20min

(2) 複合微生物製剤のモニタリング技術

ダイオキシン分解処理過程における特定のダイオキシン分解菌のモニタリングは、それらの活動状態、生残性等を知る上で必須の作業である。

平成14年度は、キノプロファイル法により、機能性複合微生物製剤によるダイオキシン分解処理過程における機能性複合微生物製剤中の微生物動態変化を解析した。

キノプロファイル法による複合微生物製剤の微生物量、微生物動態変化

キノン(Quinone)は呼吸鎖、光合成電子伝達系の必須成分として生物界に広く分布する。キノプロファイル法はコンポスト、下水活性汚泥等の複合微生物群集を量的、質的に示す指標の一つとして用いられている。

図6はコンポスト混合物のキノプロファイル分析結果である。

ダイオキシン分解能を有する複合微生物群集の特徴として、以下の点があげられる。

- ・メナキノン(MK)含有微生物が60%以上を占める。
- ・MK-6、MK-7の分子種の組み合わせが優占種となり、全体の30%以上を占める。
- ・キノン種は運転日数が長くなるほど、単純化する。
- ・複合微生物製剤は運転日数が経過するにつれ動態変化するが、ダイオキシン分解能は保持されている。

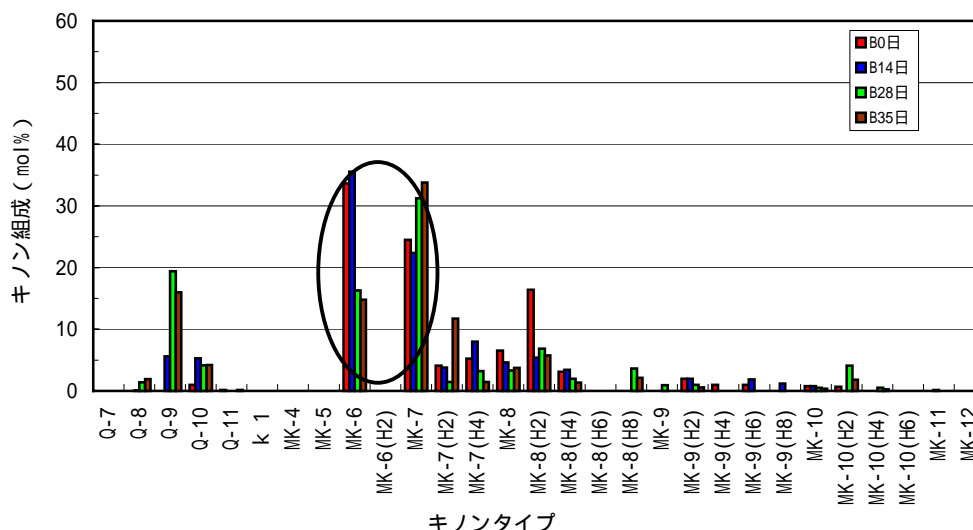


図6 キノンプロファイル

実験条件

含水率：40wt.%，運転サイクル：運転 20min，停止 40min

略号

MK：メナキノン，Q：ユビキノン

側鎖の一部がx個の水素で飽和されている場合は、MK-n(Hx)というように表わす。B0，B14の数字はそれぞれ運転経過日数を示す。

これらの結果より、キノンプロファイル法は複合微生物製剤中のダイオキシン分解能を有する微生物群集を示すモニタリング技術として有効と考えられる。

1. 今後の予定

(1) ベンチスケール固相バイオリアクターによるダイオキシン分解能力の確認

平成14年度のピカスケールの固相バイオリアクターによるダイオキシン分解実験で得られた知見を基にベンチスケール固相バイオリアクターを設計・製作する。

ベンチスケール固相バイオリアクターを用いて実ダイオキシン汚染土壌を用いたダイオキシン分解実験を実施し、リアクタスケールアップによるダイオキシン分解能力に関して検討、リアクタ設計のためのエンジニアリングデータを取得する。

(2) ピカスケール固相バイオリアクターによる最適浄化プロセスの構築

平成15年度は実ダイオキシン汚染土壌を用いたダイオキシン分解実験を行い、生物系有機廃棄物負荷量の影響を検討する。続いて、機能的複合微生物製剤、基材、ダイオキシン汚染土壌の混合比に関して、一定以上のダイオキシン分解能が得られるその適値を検討する。