

有機性産業排水を対象とした完全独立運転型高度水処理技術の開発

I C E T T - 高知研究室 (東洋電化工業株)

主任研究者 三宮秀治

研究員 宮田 郁也 池上 久哉 大崎 優一

甲斐登起雄 吉岡 祐一 黒石 光一

幾井 亜弓 横江 勝 鎌倉 利充

渡邊 竹清 大杉 憲正 和田 浩幸

開発期間 2003 ~ 2005 年

要約

「自然循環方式水処理技術」・「木炭とセラミックスの複合化技術」・「選択的微生物集積技術」を基礎技術とし、自然エネルギーを利用した低コスト・簡易型の高度水処理技術の開発を本年度より開始した。本年度は、水処理装置に使用する新規ろ材開発の基礎的な検討と装置の設計及び運転条件の検討、また風力・太陽光発電特性調査を行なった。その結果、新規開発ろ材の基礎的な製造条件の決定と今後の問題点の抽出を行うことができ、また水処理装置の設計及び運転条件のための基礎データを収集することができた。今後、抽出された問題の解決と得られた知見から水処理装置を試作し検証を行う。

1. 技術開発の目標

近年、水環境の水質悪化の原因として注目されている有機性汚濁物質や富栄養化原因物質は、生活排水や有機性産業排水に多く含まれており、有機性産業排水の流出源となる業種には、食品工場・化学工場・医薬品工場・石油精製工場・石油化学工場などが含まれる。近年の排水基準の動向をみると、全国一律排水基準に加え、上乘せ基準による規制強化が行われている。また新たに合成有機化合物の一部が有害物質として問題視されている。このような状況の中、現在の経済状況は極めて厳しく、規制強化に対応する排水の高度水処理への支出が、事業主の経営を圧迫している。そのため、将来的に安定した経済発展と水環境保全を両立していくためには、産業排水を対象とした低コスト・簡易型の高度水処理装置が求められている。

このことから本技術開発では、処理対象物質をSS・BOD・T-N・難分解性有機塩素系化合物とした低コスト・簡易型の高度水処理装置の開発を目的とする。さらに、将来的に訪れることが予想されるエネルギー不足に対応するために、必要となる電力を自然エネルギーだけでまかなうことで系外からの電力供給を必要としない完全独立運転型の高度水処理技術の確立を目指す。

2. 平成 15 年度実施内容及び結果

(1) 水処理用ろ材の開発

本技術開発は、「自然循環方式水処理技術」・「木炭とセラミックスの複合化技術」・「選択的微生物集積技術」を基礎技術とし、本技術開発のテーマである高度水処理技術の確立を目指すものである。もっとも基礎となる技術は「自然循環方式水処理技術」であり、自然の素材を水処理用ろ材として多く利用した高度水処理技術としてすでに実用化されている。この技術の大きな特徴は、木炭にキトサンをコーティングすることで木炭に微生物の住処としての機能

を持たせ、木炭の持つ吸着濾過機能に頼らず、長期間の高度水処理を可能としている点である。しかし、木炭は成形の自由度が小さくまた機械強度が小さいという問題点があり、これを木炭の特性を保ち自由な成形ができる技術である「木炭とセラミックスの複合化技術」を応用することで、従来のろ材を上回る機能を持つことが可能であると考えられた。

(イ)ろ材の試作実験

当年度は、水処理ろ材開発の第1段階として「木炭とセラミックスの複合化技術」を応用した新規開発ろ材の製造条件について検討を行った。ろ材試作の製造工程を図2-1に示す。

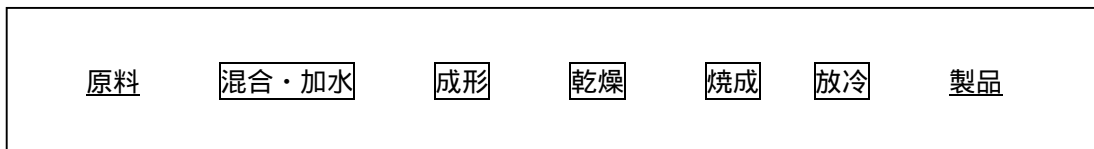


図2-1 ろ材試作の製造工程

ろ材試作に先立ち、まず木炭の持つ問題点である機械強度を向上させるために重要となる粘土の選定を行った。実用化を考慮し比較的入手が容易な粘土を数種類選別し、30×30mmHのテストピースを用いて機械強度の測定を行った。試験結果を図2-2に示す。焼成温度の違いによる圧縮強度値にはあまり変化が見られなかったが、同一焼成温度における各焼成物の間には圧縮強度値に顕著な差が現れた。粘土Aは、粘土Eに比べて約2倍の強度があり、その他と比較しても高い値を示した。そこで、以下のろ材試作には、この粘土Aを使用した。

次に、配合比・混合時間・加水率・乾燥温度・乾燥時間・焼成温度・焼成時間・放冷時間等の検討を行い、試作品を作製した。得られた試作品について種々の物性評価を行った結果、試作品Bの試作条件が最適であることがわかった。試作品Bは、キトサンコーティング木炭の約2倍の機械強度を示した(図2-3)。また、この試作品Bの表面と破断面を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面および内部ともに多孔質体であり、内部の木質炭化物は細孔組織が整然と配列しており、原料木材の構造が維持されていた。さらに、その微細構造を調べた結果、微生物の住処となりうる5~10μmのマクロ孔の発達を確認された。

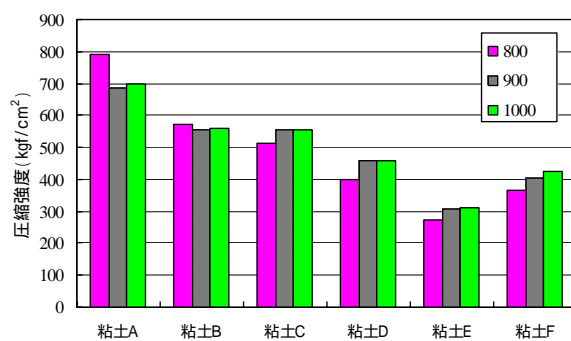


図2-2 各粘土の圧縮強度

次に、配合比・混合時間・加水率・乾

燥温度・乾燥時間・焼成温度・焼成時間・放冷時間等の検討を行い、試作品を作製した。得られた試作品について種々の物性評価を行った結果、試作品Bの試作条件が最適であることが

わかった。試作品Bは、キトサンコーティング木炭の約2倍の機械強度を示した(図2-3)。また、この試作品Bの表面と破断面を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面および内部ともに多孔質体であり、内部の木質炭化物は細孔組織が整然と配列しており、原料木材の構造が維持されていた。さらに、その微細構造を調べた結果、微生物の住処となりうる5~10μmのマクロ孔の発達を確認された。

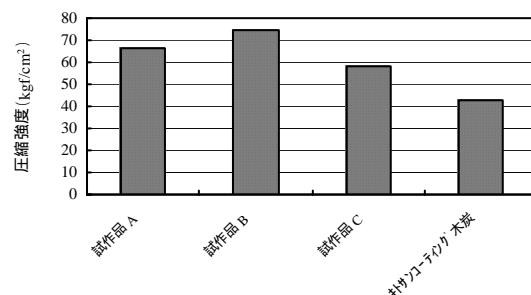


図2-3 各試作品の圧縮強度

次に、「木炭とセラミックスの複合化技術」の成形性の自由度が高いことを利用して、種々のろ材形状を試作した。最も製造(特に乾燥及び焼成)が容易な形状は、サイズの小さな球状である。これは、もともと球状が幾何学的に強度が高く割れ等が発生しにくい形状であり、ま

た均一な乾燥や焼成が比較的容易なためである。種々の形状や大きさを検討した結果、ヒビ割れの発生や焼成が不均一になるなどの問題が判明した。当年度中に、安定して試作することに成功した形状は、図2 - 4 の下段に示す各サイズの球状とアーモンド型などである。



図2 - 4 試作材の形状

(口) 微生物集積材の試作実験

既に、ラボスケールの実験では難分解性有機塩素系化合物を分解する微生物の集積に成功している。この「選択的微生物集積技術」を応用して新規開発材による集積評価と、実用化に向けた問題点の抽出を行った。本試験には、難分解性有機塩素系化合物の一種である 2-chloro-4,6-bis (ethylamino) -s-triazine (CAT : 一般名 Simazine) を用いた。CAT は炭素骨格に塩素原子と窒素原子が結合した構造を持つ。

まず、試作材 (球形 : 12mm) による微生物集積評価を行った。その結果、CAT の分解副産物である塩素イオンの生成状況 (完全分解した場合の濃度は 0.88mg/l) と CAT の消失状況から、試作材への微生物集積が確認された (図2 - 5)。このことから今回得られた試作材は、微生物集積担体としての機能を十分に有することが判明した。

次に、実用化を念頭においた装置大型化による問題点の抽出のために、低温 (5) かつ無滅菌条件下という、微生物にとっては過酷な条件における集積評価を行った。試験結果を図2 - 6 に示す。室温 5 かつ無滅菌条件下においても、上述した (口) 微生物集積材の試作実験結果と同様に集積が確認され

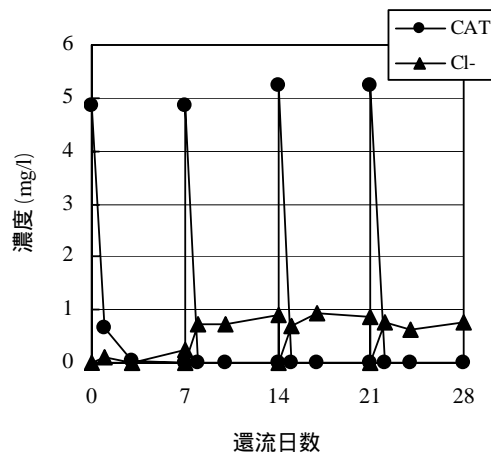


図2 - 5 試作材による集積試験

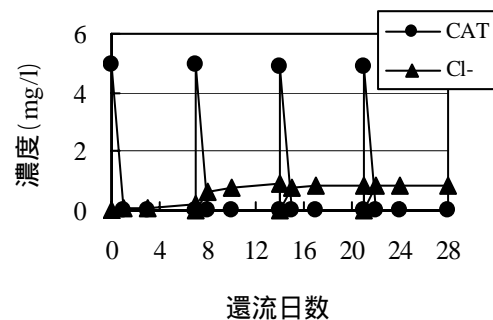


図2 - 6 低温 (5) かつ無滅菌条件下の集積試験

た。このことにより、今回得られた試作ろ材は、滅菌処理を施す必要なく広範囲の温度域で微生物の活性を維持できる担体としての機能を持つことが判明した。

さらに、想定できない問題点の抽出のため、大型の微生物集積装置により集積試験を行った。その結果、CAT の消失にともない、分解副産物である塩素イオンの生成が確認されたものの、その濃度は微量であり、試験期間を通して塩素イオン濃度が理論値に達することはなかった。その原因として、ろ材の充填量に対して CAT 分解微生物の初期添加量が少なすぎたことや、ろ材の充填層が厚すぎたことなどが考えられる。今回の試験では、ラボスケールにおいて集積が確認された条件をそのままスケールアップして行ったが、装置大型化にともない、ろ材充填量と微生物添加量の割合及びろ材充填層の厚さ等を見直す必要があるものと考えられる。

(2) 水処理装置設計及び運転条件の検討

(イ) 水質浄化試験

本技術開発の最終目標を達成させるためには、新規開発する水処理用ろ材の機能を十分発揮させ維持するための装置設計及び運転システムの構築が必要である。設計条件及び運転条件には様々な因子があると考えられ、また処理対象物質によっても重要となる因子が違ふことが予想される。そこで当年度は、処理対象項目をSS除去・BOD除去・硝化($\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_x^- - \text{N}$)とし、自然循環方式の設計基準を基礎として最適な設計条件及び運転条件に関する試験を行った。試験装置として、同形状の水槽(ろ材充填部 257L)を12機作製し、それを3つ連結させた装置を4系列設置した。図2-7に示す試験装置の第1槽にはプラスチック製接触ろ材を充填し第2槽と第3層に試作ろ材を充填した。この装置に実排水を連続的に通水させ、定期的な水質調査を実施した。なおブローの電源は商用電源を使用した。

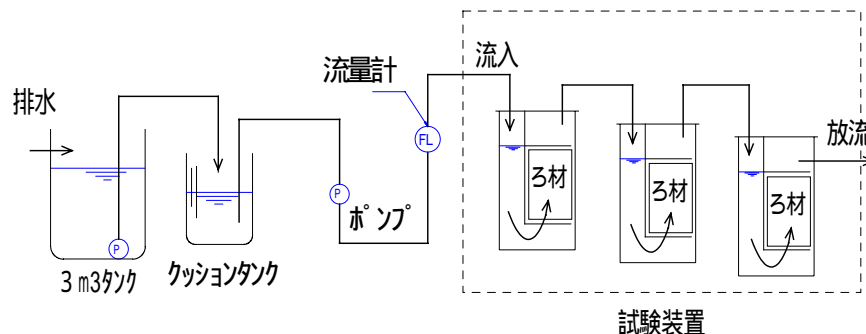


図2-7 水処理試験装置

試作ろ材(球状 12mm)の水処理能力評価を目的に、連続曝気条件下でキトサンコーティング木炭と比較試験を行ったところ、SS・BODではキトサンコーティング木炭と同等以上の能力が得られた(図2-8)。しかし、本技術開発の最終目標を達成するためには、ろ材の形状等を検討し水処理能力をさらに向上させる必要があると考え

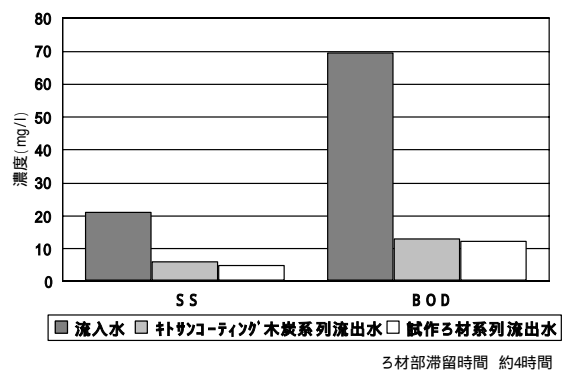


図2-8 水質調査結果平均濃度

ている。また、硝化については両方とも試験開始から 47 日経過時点から行われるようになった(図 2 - 9)。これは、本実験における曝気量を従来の水処理技術と比較すると少ない設定で実施したため酸素が不足していたことや、試験期間中の水温が低かったことが硝化菌の増殖を抑制していたためと考えられる。

水質調査の結果から、汚濁負荷量と流出水濃度の相関関係(図 2 - 10)を見ると、汚濁負荷量が少ないほど流出水は低濃度になる傾向が確認された。また曝気の頻度と BOD の除去能力の関係についても試験を行った結果(図 2 - 11)、曝気の有無が直接 BOD 除去能力に影響していることが確認された。

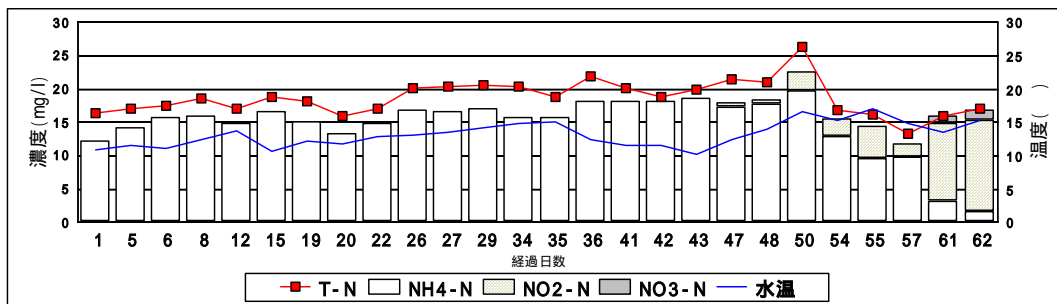


図 2 - 9 試作ろ材充填曝気槽(第 2 槽)における窒素形態の経時変化

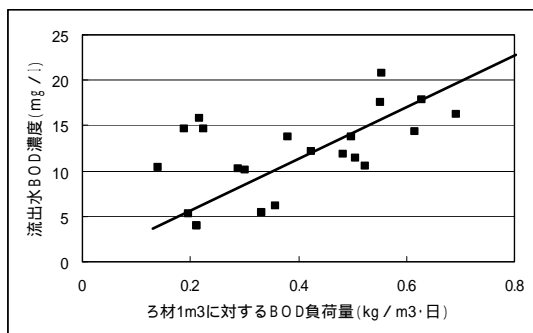


図 2 - 10 汚濁負荷量と BOD 濃度の関係

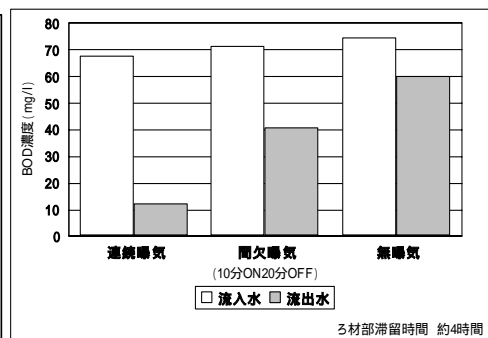


図 2 - 11 曝気頻度と BOD 濃度の関係

(口) 風力・太陽光発電特性調査

外部から電気の供給を行わない完全独立運転型を前提とした場合、本技術開発における水処理装置には自然エネルギーで発電を行うことが必要である。そのため、自然エネルギーによる発電の特性について調査を行った。発電に有効な自然エネルギーの中でも比較的汎用性のある風力と太陽光について検討を行った。風力及び太陽光を利用した発電は、自然環境に影響される。また同様に、処理対象排水の性状や装置自体の処理能力も自然環境に影響される場合が多い。このことから、水処理装置の設計条件や運転条件の設定検討のため、風力と太陽光それぞれの発電電力やバッテリー電圧、ブローの消費電力等を調査した。発電装置は、太陽発電系列、風力発電系列、太陽 + 風

表 2 - 1 発電装置規格値

		太陽 + 風力発電系列
定格発電能力	風力発電機	450W × 1
	太陽発電モジュール	128W × 3直列
	合計	834W
充電能力	バッテリー容量	210Ah (24V)
効率	風力発電コントローラ	最大85%
	太陽光発電コントローラ	最大90%
	インバーター	約90%
	バッテリー	最大90%
待機消費電力	リモートコントローラ	電源供給
	風力発電コントローラ	1.75 (0.75) W × 1
	太陽光発電コントローラ	1.30 (0.8) W × 1
	パワーコントローラ	1.30W (1W未満) × 1
	合計	4.35 (2.55未満) W
パワー規格	入力電力	39W
	電圧	100V

表中の()内は、パワーセーブモード時の消費電力

力発電系列の3系列を設置し、それぞれの特性を調査した。設置した発電装置の中から太陽＋風力発電系列の規格値を表2-1に示し、発電電力・バッテリー電圧・消費電力の測定結果を図2-12に示す。

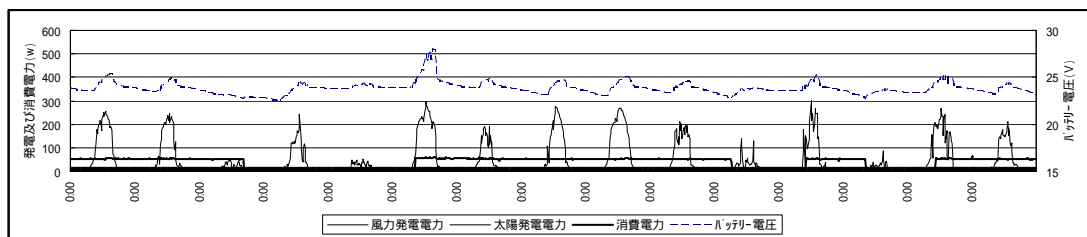


図2-12 太陽＋風力発電系列 発電電力・バッテリー電圧・消費電力経時変化

風力発電系列では十分な風速が得られず満足の行く知見は得られなかった。しかし、太陽発電系列及び太陽＋風力発電系列の測定結果から、必要なブロー容量を一定とした場合、太陽発電モジュール（発電機）の規模を過剰に設定しバッテリー電圧を高い状態で維持することで充電及び放電の効率を向上させることが可能であると共に、バッテリーの寿命を長くできることがわかった。しかし、バッテリー容量を過剰に設定することで太陽光モジュールの発電電力を最大限蓄電し利用することができる。このことから、ブローの容量、太陽発電モジュールの規模及びバッテリー容量のバランスを取ることが重要であることがわかった。

3. 今後の予定

新規ろ材の開発については、基本的な製造条件の把握ができたことから、これを基礎として様々な形状の試作を行う。特に水処理装置内で発生する汚泥による目詰まりを極力押さえるためには、ろ材の寸法を大きくすることが重要となる。そのため、形状ごとの製造上の問題点を解決すべく開発を行う。微生物集積ろ材の開発については、集積装置の大型化による問題点を解決し実用化につなげたいと考えている。また、試作した微生物集積ろ材を使用し実排水中に含まれる難分解性有機塩素系化合物の除去実験を行う。

また、水処理装置の設計及び運転システムを構築するために、引き続き装置の設計条件及び運転条件の検討を行う。また、得られた知見から水処理装置を試作し屋外にて実際に自然エネルギー発電を利用した検証を行う。なお、風力・太陽光発電の特性を把握するためには、最低でも1年以上の調査が必要であることから本年度と同様に風力・太陽光の発電特性の調査を引き続き行う。