

海面埋立処分場における 余水の高度処理

Advanced Treatment of Surplus Wastewater from a Sea Area Landfill



(環)環境本部計画部第2計画室
尾 家 俊 康

Toshiyasu Oya
田 路 明 宏
Akihiro Toji

(環)技術本部技術部第3技術室
児 島 大
Dai Kojima

(環)技術本部製品開発室
小 林 哲 男
Tetsuo Kobayashi

海面埋立処分場における余水の有機物と窒素成分をおもな処理対象とした連続処理実験をおこなった。実験の処理システムは逆浸透膜を使用したDTモジュール処理システムおよび浸漬膜式生物硝化・脱窒処理システムの2方式とした。DTモジュール処理システムでは前処理として凝集沈殿設備を設置するだけで安定した連続運転がおこなえ、 $BOD < 2 \sim 5 \text{ mg/L}$ 、 $COD_{Mn} < 3 \sim 5 \text{ mg/L}$ 、 $T-N < 1 \sim 2 \text{ mg/L}$ 、 $TS < 50 \text{ mg/L}$ と場内用水等への再利用可能な水質結果がえられた。浸漬膜式生物硝化・脱窒処理システムでは、最後に活性炭吸着処理をおこなうことにより、 $BOD < 2 \text{ mg/L}$ 、 $COD_{Mn} < 10 \text{ mg/L}$ を達成した。また、高濃度の窒素除去のための安定した運転操作方法を確認し、その適正管理により $T-N < 10 \text{ mg/L}$ が可能であることが示された。本実験により、両システムとも余水処理への適用の可能性が確認できた。

Continuous treatment of surplus wastewater from a sea area landfill was performed for removal of mainly organic matter and nitrogen with two systems; a DT-module system with reverse osmosis membrane, and a submerged membrane bioreactor system for nitrogen removal. The former was operated successfully by adding coagulation method as pretreatment, producing water reusable in the landfill or plant, namely $BOD < 2 - 5 \text{ mg/L}$, $COD_{Mn} < 3 - 5 \text{ mg/L}$, $T-N < 1 - 2 \text{ mg/L}$ and $TS < 50 \text{ mg/L}$. The latter achieved $BOD < 2 \text{ mg/L}$ and $COD_{Mn} < 10 \text{ mg/L}$ by adding activated carbon adsorption at the end. Controlling factors for stable removal of high nitrogen content was confirmed, by which $T-N < 10 \text{ mg/L}$ would be attained. This experiment proved the effectiveness of the two systems in the treatment of surplus wastewater from a sea area landfill.

Key Words :

海面埋立処分場
逆浸透膜
DTモジュール
精密ろ過膜
浸漬膜

Sea area landfill
Reverse osmosis membrane
DT-module
Microfiltration membrane
Submerged membrane

まえがき

平成12年、循環型社会形成推進基本法が制定され、20世紀の「大量生産、大量消費、大量廃棄型の社会」から「循環型社会」への移行へと本格的な取り組みが始まった。循環型社会の構築に向けては、「リサイクルの推進」とともに「廃棄物の適正処理」が非常に重要であり、廃棄物の埋立処分場への適切な処分および埋立処分場からの浸出水の適切な処理も必要不可欠である。埋立処分場に関しては、その処分場用地の確保が重要課題の1つであり、そのような観点から大容量の埋立容量を確保できる海面埋立処分場にかけられる期待は大きくなってきている。

海面埋立処分場からの処理対象水である余水は、おもに廃棄物の海中投入による汚濁海水で、かつ、長期間廃棄物と海水が接触し、また水中の廃棄物が嫌気状態で自浄作用が起こりにくいなど、基本的に陸上埋立処分場からの処理対象水である浸出水とは異なり、とくに有機物や窒素成分が高濃度となることが多いとされる。¹⁾

また一方では、排出先が多くの場合海域となる海面埋立処分場は、有機物の指標であるCODはもちろんのこと、さらなる高度処理として富栄養化の原因物質となりうる窒素成分の適正な処理が求められつつあり、排出基準も環境問題への関心の高まりと共に厳しくなる傾向がある。

以上のような背景がある中、陸上埋立処分場の浸出水とくらべて余水の窒素の高度処理まで含めた処理技術に関する知見は現在のところ十分とはいえない。そこで本研究では、海面埋立処分場からの余水について、おもに有機物および窒素成分を処理対象とした実証実験を2種類の処理システム、すなわち逆浸透膜を使用したDTモジュール処理システムおよび浸漬膜式生物硝化・脱窒処理システムをもちいて実施した。そこでえられたいくつかの知見を報告する。

1. 実証実験概要

1.1 実験場所

本実証実験は(財)岡山県環境保全事業団が運営管理する水島産業廃棄物処分場内でおこない、同処分場からの余水を処理対象水としておこなった。処分場の概要について以下に示す。

- ・埋立総面積：962 580 m²
- ・埋立総容量：12 651 000 m³
- ・埋立廃棄物量：17 600 000 t

1.2 実証実験期間

2001年5月16日～2002年2月15日

1.3 処理対象水質項目

本実証実験では、おもな処理対象水質項目としてBOD、COD_{Mn}、T-Nを挙げ、それぞれ目標処理水質を以下のように設定した。

BOD : <10 mg/L

COD_{Mn} : <10 mg/L

T-N : <10 mg/L

なお、COD_{Mn}<10 mg/Lは水島産業廃棄物処分場における排出基準(日間平均値)である。

2. 処理システム

2.1 DTモジュール処理システム

2.1.1 DTモジュール

DTモジュールは、平膜型の逆浸透膜(RO膜)とディスクと呼ばれるプラスチック製スペーサーを組み合わせたモジュールであり、一段目RO膜(以下、1stRO)および二段目RO膜(以下、2ndRO)による2段階の膜分離により有機物、窒素成分の高度処理はもちろんのこと、無機塩類、ダイオキシン類、重金属類等の分離が可能であり、天然水並の処理水質がえられる。そして、原水の流路が広く独特の形状を有するスペーサーディスクの働きにより、膜の目詰まりや生物ファウリングを受けにくいこと、従来のRO膜をもちいたシステムでは不可欠であったRO膜の前段における生物処理や砂ろ過、活性炭吸着などの高度処理をもちいずに、簡単な前処理の付加のみで運転可能という特徴がある。以下に本実証実験で使用したDTモジュールの仕様を示す。

①最大運転圧力

・1stRO : 12 MPa

・2ndRO : 6.5 MPa

②モジュール本数

・1stRO : 2本×2ブロック

・2ndRO : 2本

③寸法(外径×長さ) : 200 mm×1 200 mm

④材質(ディスク/外筒)

・1stRO : ABS樹脂/SUS

・2ndRO : ABS樹脂/FRP

⑤膜面積 : 7.65~7.78 m²/module

⑥膜材質 : ポリアミド系高分子

⑦運転温度 : 5~35℃

当社では陸上埋立処分場からの浸出水への適用実績がある。^{2), 3)}

2.1.2 システムフロー

DTモジュール処理システムの概略システムフローを図1に示す。原水槽では嫌気腐敗防止のために曝気をおこない、凝集沈殿設備ではおもにSSの除去

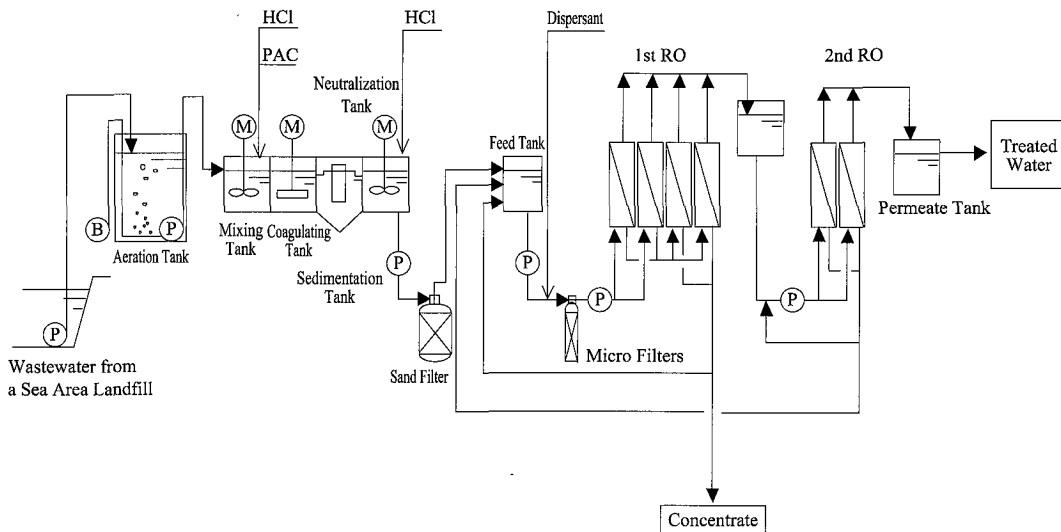


図 1 DT モジュール処理システムフロー
Fig.1 Flow diagrams of DT-module system

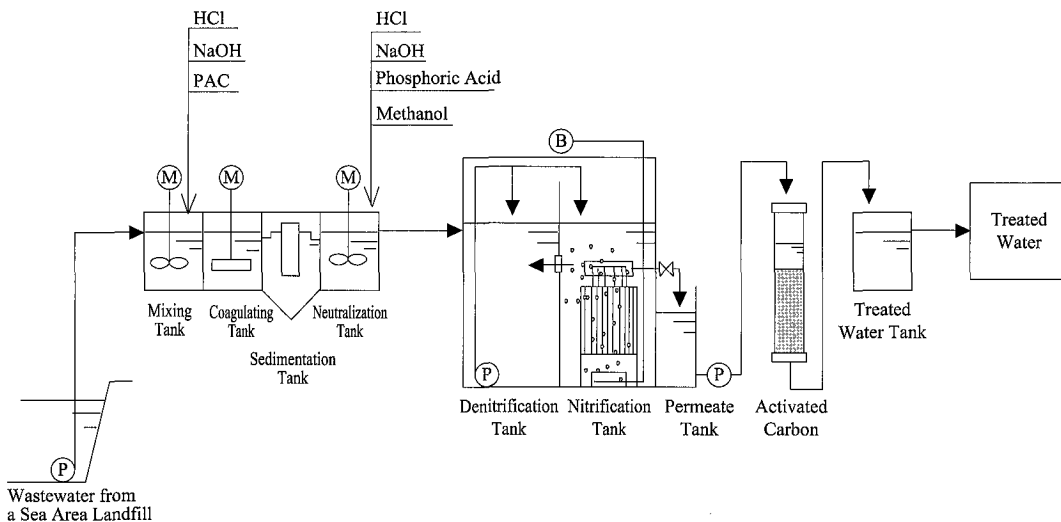


図 2 浸漬膜式生物硝化・脱窒処理システムフロー
Fig.2 Flow diagrams of the submerged membrane bioreactor system for nitrogen removal

をおこなう。その後、DT モジュールに移送され、ミクロンフィルター、1stRO、ならびに2ndROによりその他の有機物および窒素成分の除去をおこなう。

2.2 浸漬膜式生物硝化・脱窒処理システム

2.2.1 浸漬膜式生物硝化・脱窒処理装置

浸漬膜式生物硝化・脱窒処理装置は循環式硝化・脱窒法の硝化槽に平膜型の精密ろ過 (MF) 膜を浸漬させたものであり、膜分離装置により安定した固液分離がおこなわれるだけでなく、汚泥の高濃度での維持が可能のため高負荷での運転にも対応可能という特徴がある。また膜表面は硝化槽における曝気空気による気液混合上昇流により、常時洗浄状態となるため、汚泥の蓄積等のファウリングが最小限に

抑えられる。以下に、本研究で使用した浸漬膜式生物硝化・脱窒処理装置の仕様を示す。

- ①膜面積：0.11 m²/module
- ②設置モジュール数：10枚
- ③モジュール寸法：226 mm×316 mm×6 mm
- ④膜材質：ポリオレフィン
- ⑤膜孔径：0.4 μm

2.2.2 システムフロー

浸漬膜式生物硝化・脱窒処理システムのシステムフローを図2に示す。凝集沈殿設備ではおもにSSを除去し、浸漬膜式生物硝化・脱窒処理装置において有機物処理および窒素成分の硝化・脱窒処理をおこなう。浸漬膜透過水に残存した生物難分解性の有

機物は活性炭吸着塔により除去される。

3. 余水水質

実証実験期間中の余水のおもな水質を表1に示す。なお、2001年5月16日～2001年9月18日はDTモジュール処理システムの原水槽より採水していたため表1には含めなかった。期間中のBOD、COD_{Mn}ならびにT-Nの平均値はそれぞれ、280 mg/L、145 mg/Lならびに122 mg/Lであり、最大値と最小値の差が大きいという特徴があった。本埋立処分場は埋立残存容量が残り少ない埋立後期に相当し、海水による希釈効果が少ないため雨等の気象条件が大きく影響を及ぼしたこともこの一因と考えられる。またpHは10～13の高アルカリ性であった。蒸発残留物（以下、TS）は8 260～13 500 mg/Lであり、一般の海水塩分濃度と比較すると1/3～1/2程度であった。

4. 実証実験結果

4.1 DTモジュール処理システム

4.1.1 運転データ

図3に1stRO、および2ndROの透過水量の運転データを示す。システム全体としての回収率が68%および75%となるような条件で運転をおこなったが、ともに1stROが75 L/h/module、2ndROが100 L/h/moduleの設定で、また1～2週間に1回の洗浄操

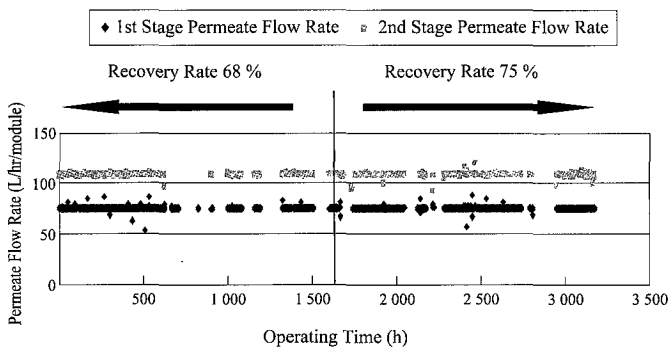


図3 透過水量運転データ

Fig.3 Operating data about permeate flow rate

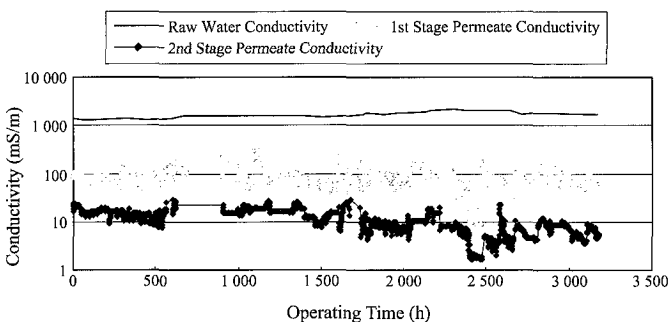


図4 電気伝導率運転データ

Fig.4 Operating data about conductivity

作をおこなうことにより安定した透過水量がえられた。

4.1.2 電気伝導率

図4に余水、1stRO透過水、ならびに2ndRO透過水の電気伝導率のデータを示す。それぞれの平均値はそれぞれ、1 670 mS/m、89.3 mS/mならびに11.6 mS/mであった。一般的に塩類濃度が高いという特徴がある余水に関しては、電気伝導率とTSには高い相関があり、本実験で使用した余水においても、

$$[TS \text{ (mg/L)}] = [\text{電気伝導率 (mS/m)}] \times 6.14$$

で表される相関関係が認められた。すなわち、図4より、本実験期間中TSが安定した阻止率で除去されていたことがわかり、このことからDTモジュール処理システムの安定した運転が確認された。

表1 余水水質

Table1 Analysis of wastewater from a sea area landfill

Parameter	Units	Max.	Min.	Ave.
pH	—	12.7	11.6	12.2
Water Temperature	°C	23.3	7.7	14.5
COD _{Mn}	mg/L	160	120	145
BOD	mg/L	405	194	280
Total Nitrogen	mg/L	167	57.3	122
Ammonium Nitrogen	mg/L	137	31.3	83.2
Nitrate Nitrogen	mg/L	<2.25	<2.25	<2.25
Nitrite Nitrogen	mg/L	<0.050	<0.050	<0.050
TS	mg/L	13 500	8 260	10 600

表2 水質分析結果 (平均値)

Table2 Water analysis (average)

Parameter	Units	Raw Water	2nd Stage Permeate	Removal Ratio (%)
pH	—	12.2	6.4	—
COD _{Mn}	mg/L	145	3.3	97.7
BOD	mg/L	280	4.6	98.4
Total Nitrogen	mg/L	122	1.3	98.9
TS	mg/L	10 600	42	99.6

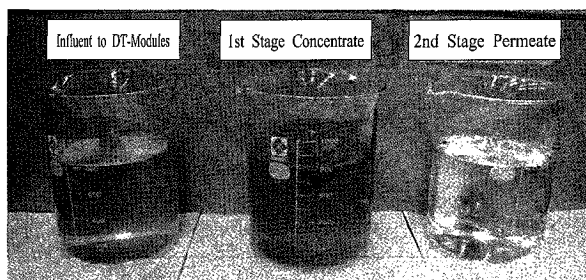


写真1 原水、1stRO濃縮水、2ndRO透過水

Photo 1 Influent to DT-modules, 1st stage concentrate and 2nd stage permeate

4. 1. 3 処理水質

2ndRO 透過水のおもな水質について表 2 に示す。BOD は余水水質 194~405 mg/L に対して < 2~5 mg/L, COD_{Mn} は余水水質 120~160 mg/L に対して < 3~5 mg/L, T-N は余水水質 57.3~167 mg/L に対して < 1~2 mg/L を達成した。また, TS も平均として 99.6% の除去率を示し, TS に関しては天然水並みの処理水質となった。以上より, DT モジュール処理システムによる処理水は, 排出可能な水質であるのみならず, 場内用水等への再利用も可能な水質であることが示された。ここで, DT モジュール装置への流入水および 2ndRO 透過水の外観を写真 1 に示す。

4. 2 浸漬膜式生物硝化・脱窒処理システム

4. 2. 1 運転データ

浸漬膜式生物硝化・脱窒処理装置からの透過水量は, 基準水位との水位差 (浸漬膜にかかる圧力を表す), 汚泥の性状や濃度, 膜の透過性の状態, ならびに水温等の影響を受けるものである。ここで, 図 5 に透過水量を膜面積 1 m² 当たり, 圧力 1 kPa 当たり, ならびに水温 25 °C に換算した補正透過水量を, また図 6 に装置中の MLSS, MLVSS ならびに MLVSS/MLSS 比を示す。装置からの補正透過水量

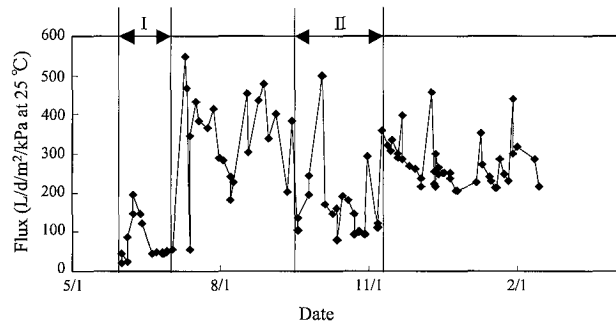


図 5 補正透過水量の経日変化
Fig. 5 Change of modified flux with elapsed days

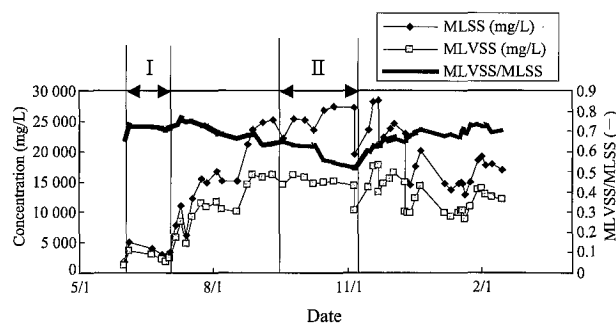


図 6 MLSS および MLVSS の経日変化
Fig. 6 Change of MLSS and MLVSS with elapsed days

はおおよそ 200~400 (L/d/m²/kPa at 25 °C) であったが, 図 5 の区間 I および区間 II においては特異的に低かった。この区間 I および区間 II を図 6 の同区間に当てはめると以下のことが示される。

○区間 I → MLSS および MLVSS 濃度が低い。

運転開始当初, MLSS が低く巨大フロックになっていない微細な SS が膜の目詰まりの原因になったと考えられる。汚泥を追加し, MLSS を 8 000 mg/L 程度以上にした後膜性能の向上が見られた。

○区間 II → MLSS および MLVSS 濃度が高い。

MLVSS/MLSS が低下。

この区間では, 逆に MLSS 濃度が 25 000 mg/L を超え, 非常に高濃度になっている。また, MLSS の増加に対して MLVSS はむしろ低下しており, 無機汚泥の蓄積が生じていることが示されている。汚泥の引抜きなどをおこない, MLSS 濃度を減少し, MLVSS/MLSS 比を増加することで膜性能の向上が見られた。

以上より, MLSS < 8 000 mg/L, MLSS > 25 000 mg/L, ならびに MLVSS/MLSS 比の低下により膜性能が低下する可能性が考えられ, 汚泥の定期的な引抜きなどの運転管理が必要であることが確認された。

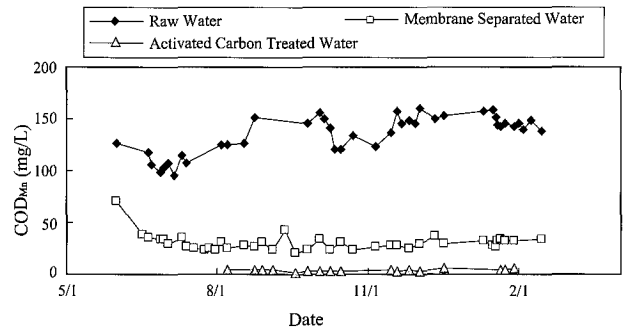


図 7 COD_{Mn} の経日変化
Fig. 7 Change of COD_{Mn} with elapsed days

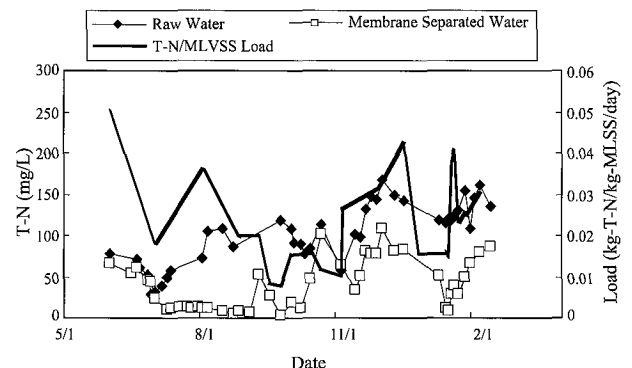


図 8 T-N の運転データ
Fig. 8 Change of T-N with elapsed days

