

埋立地浸出水 RO 濃縮水の処理技術

Handling Technology of Reverse Osmosis Concentrate for Landfill Leachate



技術開発本部 研究開発部
小林 俊 幸
Toshiyuki Kobayashi
佐伯 一 丸
Kazumaru Saeki

埋立地浸出水の高塩類化が進むにつれて、浸出水の脱塩処理が強く望まれている。「DT モジュールシステム」はRO膜を使った浸出水処理システムであり、脱塩処理に非常に有効な方法で、透過水は水道水レベルの良好な水質となる。しかしながら、高濃度の塩類を含んだ濃縮水の処理が重要な課題となっている。本報では、現時点で考えられる濃縮水処理方法を整理し、その評価を行った。

As landfill leachate is getting high salts density, demand of desalination in leachate is becoming stronger. "DT Module System" is a system of landfill leachate treatment with RO (Reverse Osmosis) membrane, and that is a good way of desalination. By RO membrane system, permeate can exceed the tap water quality standard, but treatment of concentrate with high salts density has become an important subject. We have arranged the treatment method of concentrate which we think available, and evaluate them.

Key Words :

埋	立	地	Landfill
浸	出	水	Leachate
逆	浸	透	Reverse Osmosis
濃	縮	水	Concentrate

まえがき

近年、最終処分場に埋立られる廃棄物は、廃棄物の焼却処分が多くなるにつれて、焼却残渣の割合が高まっている。清掃工場ではHClガス処理に消石灰を使用する乾式が多いことから、焼却残渣の中に多量の塩類が含まれ、それに伴い埋立地からの浸出水にも多量の塩類が含まれてきている。¹⁾ 現在の生物処理を主とする浸出水処理方法ではこれら塩類の除去が不十分であり、処理水放流先の下流域に影響が懸念される。

当社の「DT モジュールシステム」は、RO膜を使った次世代型の浸出水処理システムであり、高塩類浸出水の処理に非常に有効な方法である。^{2,3)} このRO膜は分子イオ

ンレベルで分離できる膜であり、透過水は水道水レベルの良好な水質となり、河川や海に放流される。一方濃縮水には高濃度の塩類等が含まれ、濃縮水処理対策が実用化に際して非常に重要な課題となっている。

本報では、この濃縮水処理法について、現時点で従来の知見から適用可能と思われる処理方法を整理し、その評価を行った。

1. 浸出水のRO膜処理

最終処分場は埋立物によって安定型、管理型、遮断型の3つに分類され、そのうち安定型には浸出水処理が義務づけられている。この安定型最終処分場は、遮水シートの上に集水管がはりめぐらされており、その上に廃棄物を埋立

て、覆土する構造となっているが、浸出水とは主に雨水が埋立廃棄物及び覆土を通して浸み出てきた水のことをいう。

従来の浸出水処理方法を第1図に、さらに標準的な浸出水の水質分析データを第1表に示す。第1表より、浸出水にはCOD、BOD等の有機成分と塩類が含まれていることがわかる。従来の生物処理を主体とする浸出水処理では、有機成分の分解処理はできるが、塩類の除去は不十分である。

1.1 DT モジュールシステム

「DT モジュールシステム」のフローを第2図に示す。本システムには次のような特長がある。

1) 水回収率が高い

運転圧力が6, 12, 20 MPaのRO膜モジュール、さらにNF膜モジュールを組合せたシステムであり、最高97.5%の回収率(濃縮倍率40倍)が可能である。

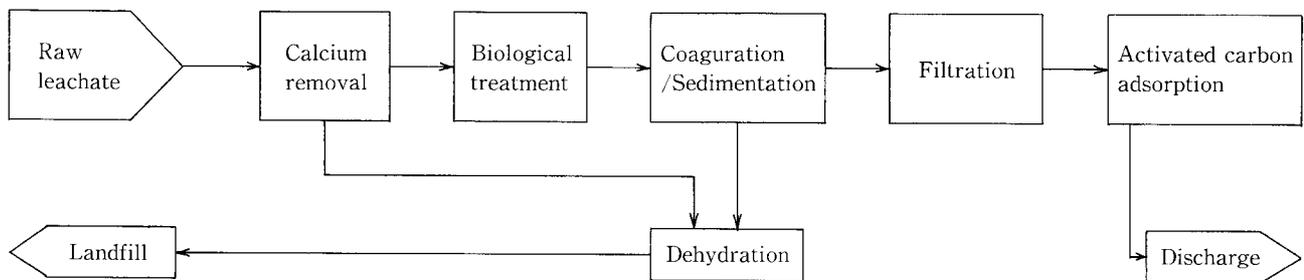
2) 阻止率が高い

塩類のみならずCOD、BOD、N、P等に対しても90~99%の高い阻止率が実現される。

第1表 標準的な浸出水の水質

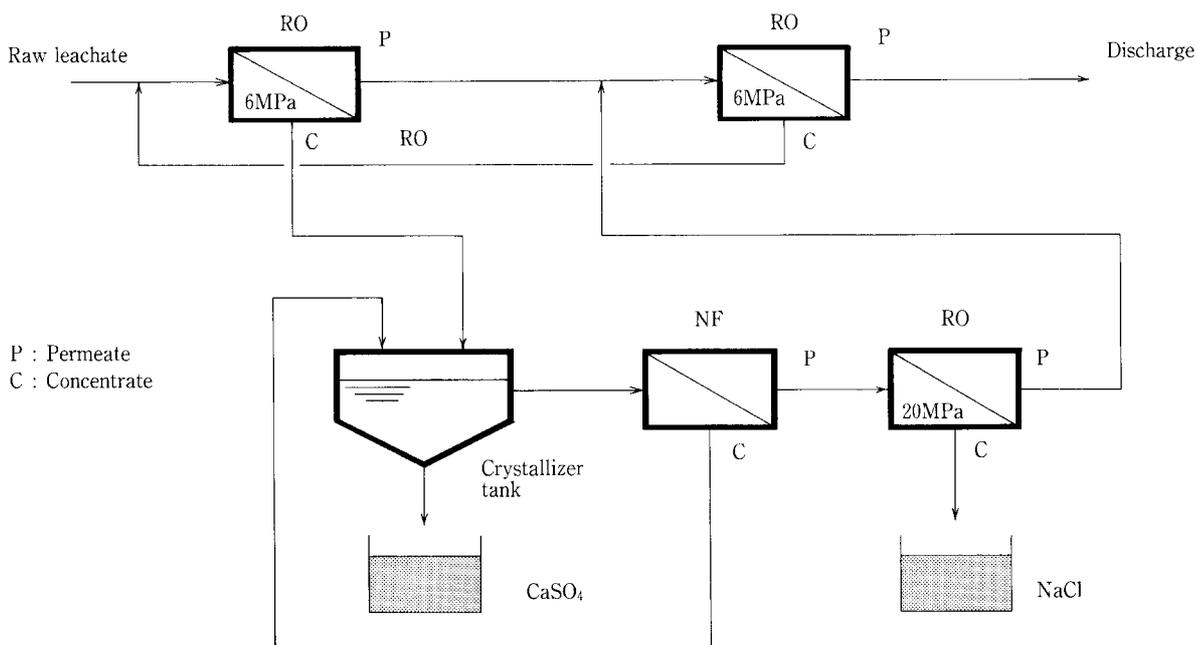
Table 1 Standard water quality of leachate

pH	[-]	7~10
Electric conductivity	[μ S/cm]	15 000
TDS	[mg/l]	10 000
Ca ²⁺	[mg/l as CaCO ₃]	2 000
Mg ²⁺	[mg/l as CaCO ₃]	300
HCO ₃ ⁻	[mg/l as CaCO ₃]	300
Cl ⁻	[mg/l]	5 000
SO ₄ ²⁻	[mg/l]	200
COD	[mg/l]	100
BOD	[mg/l]	250
T-N	[mg/l]	100
SiO ₂	[mg/l]	10
Fe	[mg/l]	10
SS	[mg/l]	50
Mn	[mg/l]	3



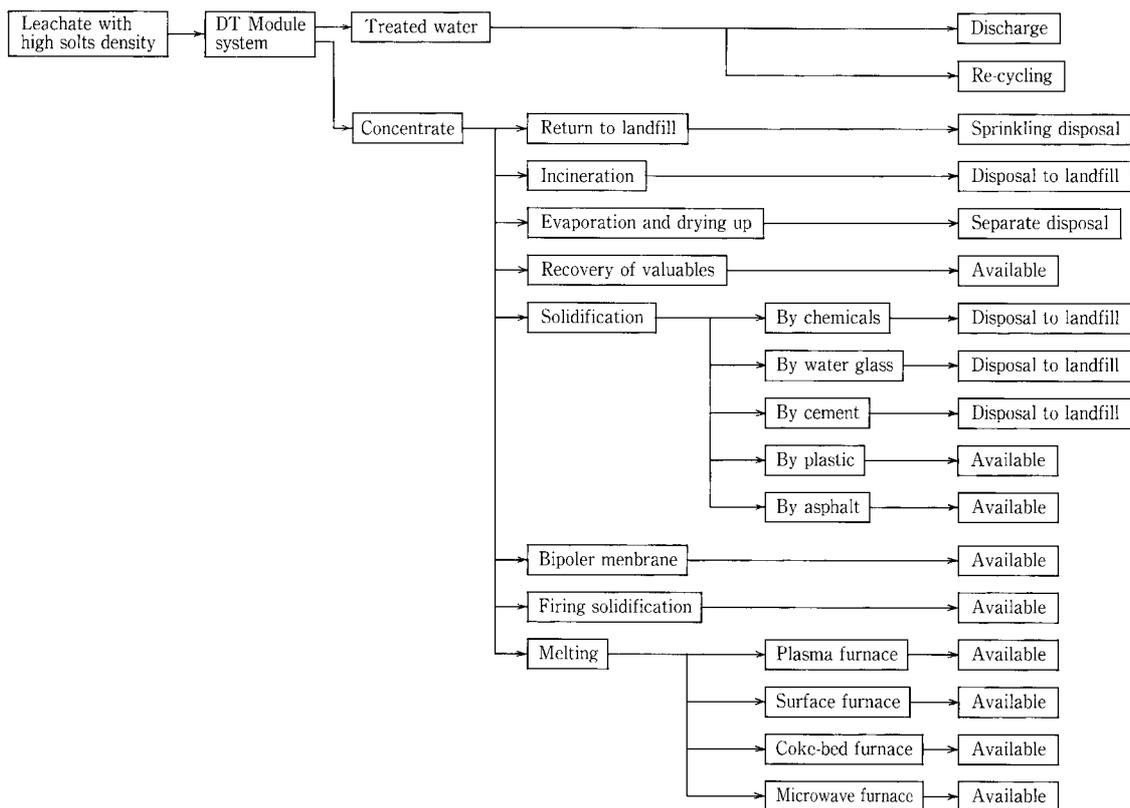
第1図 浸出水処理の従来法

Fig. 1 Conventional treatment of leachate



第2図 「DT モジュールシステム」のフロー

Fig. 2 Flow diagram of "DT Module System"



第 3 図 濃縮水の処理方法
Fig. 3 Treatment way of concentrate

3) 前処理がシンプル

従来の RO 膜モジュールでは、原水の SDI (Silt Density Index: 膜のファウリングを表す指標) 値が 3 ~ 4 以下に制限されるが、本システムでは 15 以上でも適用可能である。この結果複雑な前処理や薬品処理が不要であり、砂ろ過器のみの簡易な前処理である。

4) スケールの付着が少ない

膜モジュール形状はプレート & フレーム型を採用しており、モジュール内の乱流効果によってスケール、汚染物の付着を防止できる。万一スケールが付着した場合には、薬品洗浄を自動運転で行うことができる。

1. 2 NF 膜モジュール

NF (Nano Filtration) 膜とは逆浸透 (RO) 膜と限外ろ過 (UF) 膜の中間の分画性能を持つ膜である。この NF 膜は負の 1 価と 2 価のイオンを分離できる性能を有し、浸出水中の硫酸カルシウム (CaSO₄) と塩化ナトリウム (NaCl) とを分離する。従って、後段の高压 RO のスケールリングを防止する役目を果たしている。

2. RO 膜濃縮水の処理

2. 1 処理方法

現時点で考えられる濃縮水の処理方法をまとめると第 3 図のようになる。なお、これらの処理方法は、下水汚泥処理方法や焼却飛灰処理方法を参考にしたものである。^{4, 5, 6)}

1) 埋立地返送法

濃縮水を埋立地に返送し、散水処分する方法である。ヨー

ロッパやアメリカではこの方法を採用しているところもある。

2) 焼却法

焼却炉に濃縮水を噴霧する方法である。焼却残渣は埋立処分をする。

3) 蒸発乾固法

濃縮水を蒸発乾固させ、乾固した塩を別途処分する方法である。

4) 有価物回収法 (工業原料化)

濃縮水中に含まれる硫酸カルシウム、塩化ナトリウム等を晶析・精製して回収し、有価物として工業的に再利用しようとする方法である。

5) 固化法

バインダー (結合剤) を使って濃縮水を固化しようとする方法であり、バインダーの種類によって薬剤固化、水ガラス固化、セメント固化等に分類される。固化物の有効利用先としては埋戻材や路盤材等の土木資材が考えられる。

6) バイポーラ膜法

前処理としてカルシウム除去、生物処理、凝集沈殿処理を行う。本処理法によって酸、アルカリを生成することができる。

7) 焼成固化法

焼却灰等に添加して混練、造粒、乾燥後 900 ~ 1200 °C の融点以下の温度で焼成する方法である。固化物は土木資材としての有効利用が期待できる。

第 2 表 濃縮水処理方法の評価
Table 2 Evaluation of treatment method of concentrate

Treatment method	Evaporation and drying up	Recovery of valuables	Solidification		
			by chemicals	by cement	by plastic
Leaching of heavy metals	—	—	Exceed the disposal standard	Exceed the disposal level if chemicals adds	Trace
Leaching of salts	—	—	Leach	Examination of leaching level	Possibility of confine
Amount of solid occurrence (vs. conc. ratio) weight volume	0.4 0.2	— —	2.7 2.3	4.1 3.8	0.7 0.6
Initial cost [100 million ¥]	0.6~1	1.2~2	1.5~2.5	2~3	3~4
Running cost [¥/conc. ton]	7 000~10 000	15 000~20 000	30 000~45 000	5 000~7 000	20 000~30 000
Occupancy area	Small	Medium	Small	Medium	Medium
Problem	Disposal of dried solids	Purity and demand of CaSO ₄ or NaCl	Long range risk of leaching heavy metals	Examination of salts leaching level	Dry to the percentage of moisture content 10%
Treatment method	Solidification		Melting		
	by asphalt	Bipolar membrane	plasma furnace	surface furnace	Coke-bed furnace
Leaching of heavy metals	Trace	—	—	Non leaching from slug	Microwave furnace
Leaching of salts	Possibility of confine	—	—	Non leaching from slug	—
Amount of solid occurrence (vs. conc. ratio) weight volume	0.6 0.5	— —	— —	1.5 0.85	—
Initial cost [100 million ¥]	3~4	3	7~9	10	10
Running cost [¥/conc. ton]	10 000~15 000	10 000~15 000	25 000~30 000	20 000~30 000	14 000~25 000
Occupancy area	Medium	Small	Big	Big	Big
Problem	Dry to the percentage of moisture content 10%	Necessary for large scale pretreatment plant Examination of utility objective on acid and alkali	Treatment of melting fly ash		

8) 溶融法

飛灰等に添加して混練、乾燥後融点以上の温度で溶融してスラグ化し、塩類、重金属を封じ込めようとする方法である。エネルギーの発生手段によってプラズマ溶融、表面溶融等に分類される。スラグは土木資材として有効利用が期待できる。

2.2 処理方法の評価

文献より入手できた情報を基に、これらの処理方法を評価した結果を第2表に示す。第2表では安定性と経済性の面から評価し、またそれぞれの方法における問題点を挙げた。安定性では固化物（副生成物）からの重金属、さらに塩類の溶出の程度、及びその固化物発生量を評価対象とした。経済性ではイニシャルコスト（用地費は含まない）、濃縮水量あたりのランニングコスト、及び処理装置の占有面積を評価対象とした。

1) 重金属の溶出

溶融法ではスラグからの重金属の溶出はほとんどないとされている。セメント固化では、キレート剤の添加によって埋立基準をクリアできる。プラスチックやアスファルト固化では溶出量は微量である。

2) 塩の溶出

溶融法が最も優れており、スラグからの溶出はほとんどないとされている。塩類は溶出レベルが重要であり、固化法ではその検討が必要である。

3) 固化物発生量

蒸発乾固法、アスファルト、プラスチック固化、溶融法の順に減量、減容の面で優れている。

4) イニシャルコスト

10 ton/日程度の濃縮水処理能力を持つ処理施設についてのイニシャルコストを算出した。なお、これらの中には用地費は含まれないが、排水、排ガス処理等の付帯施設は含まれている（ただし、バイポーラ膜法の前処理施設はこれに含まれない）。蒸発乾固法は他の方法に対して比較的成本は低い。一方溶融法は非常に高い。

5) ランニングコスト

セメント固化及び蒸発乾固法は他の方法に対して比較的成本は低い。薬剤固化は薬品費、溶融法は多大なエネルギーを必要とし、コストも高くなる。

6) 占有面積

溶融法は構成機器が多いので占有面積も大きくなる可能

性がある。

総合的に判断すると、溶融法は重金属、塩類の溶出等の安定性では優れているものの、エネルギーが非常にかかり、現実的な処理法ではないと考えられる。また溶融飛灰の処分も大きな課題となる。バイポーラ膜法は大がかりな前処理装置が必要であり、「DT モジュールシステム」の濃縮水処理方法としては適していないと思われる。

前述に加えて経済性から考えると、埋立地返送法、蒸発乾固法、有価物回収法、固化法が期待される。しかしこれらもまだ完全なものではなく、それぞれの課題に対して検討が必要である。次にそれを挙げる。

1) 埋立地返送法

濃縮水をそのまま埋立地に返送することで、高濃度の塩類が埋立地を循環して、環境に悪影響を与えないかを長期的な展望で検討する必要がある。

2) 蒸発乾固法

乾固した塩をどのような方法で処分するかの検討。

3) 有価物回収法

有価物の精製法の検討と、有効活用し得る回収有価物の純度および需要の調査。

4) 固化法

塩類の溶出に関して、溶出レベルの検討と、それに準じた封止対策の検討。

む す び

今後、浸出水の高度処理が望まれるにつれて脱塩処理の必要性も益々高まっていくことが予想される。当社では、浸出水を水道水のレベルにまで高度処理することのできる浸出水処理システム「DT モジュールシステム」を用いて、実浸出水の処理に伴い発生する濃縮水を対象に、濃縮水処理に関する研究を福岡大学と共同で開始しており、経済的に実用可能と思われる処理法について具体的な検討を加え、また将来的に実現されると思われる処理法についても検討を加えて行くつもりである。

【参考文献】

- 1) 島岡隆行ほか：都市清掃、第45巻、第186号、1992
- 2) 深尾義満：産業機械、第549号、1996年6月号
- 3) 梶山義則：第7回廃棄物学会研究発表会講演論文集、1996
- 4) 川西敏雄ほか：造水技術、Vol. 21, No. 1, 1995
- 5) 油井彰ほか：用水と廃水、Vol. 24, No. 8, 1982
- 6) 古角雅行：廃棄物学会誌、Vol. 5, No. 1, 1994

連絡先

小林 俊 幸

技術開発本部
研究開発部

佐 伯 一 丸

技術開発本部
研究開発部
参与

TEL 078 - 992 - 6525

FAX 078 - 992 - 6504

E-mail ty. kobayashi@pantec. co. jp

TEL 078 - 992 - 6525

FAX 078 - 992 - 6504

E-mail k. saeki@pantec. co. jp