

# 浸出水のカルシウム除去

## Removal of Calcium from Landfill Leachate



(環)技術部計画第1課  
橋本敬行  
Takayuki Hashimoto

近年、埋立浸出水のカルシウムイオンや塩素イオン等の無機塩類が高濃度となり、浸出水処理施設内の配管や機器類にスケーリングの問題が生じている。これに対応して、カルシウム除去法である炭酸ナトリウム添加によるアルカリ凝集沈殿法を、最近運転開始した処理施設に採用した。

本法は適正な pH 調整のもとで、炭酸ナトリウムを添加し、不溶性の炭酸カルシウムを生成・析出させカルシウムを除去する方法である。カルシウムを除去した上澄水は生物処理で BOD と窒素を、また、砂ろ過・活性炭吸着で SS、COD を除去している。脱水性の良い炭酸カルシウム汚泥は、無薬注で直接脱水している。

Recent trend of high-strength calcium in landfill leachate causes scaling of piping and equipment in the landfill facilities. To cope with the situation, the alkali coagulation/ sedimentation method, using sodium carbonate was applied to a landfill leachate treatment facility recently started. Calcium is securely removed under adequate pH control as insoluble calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ). After calcium removal, BOD and nitrogen is removed with biological treatment, and SS and COD are with sand filter plus activated carbon filter. The highly dewaterable  $\text{CaCO}_3$  sludge is directly sent to dehydrator where chemical injection is no required.

### Key Words :

埋立地  
浸出水  
カルシウム除去

Landfill  
Leachate  
Calcium removal

### まえがき

近年、一般廃棄物最終処分場における環境対策として、浸出水による水質汚濁防止の重要性が高まっており、浸出水処理の高度化が求められている。ま

た、埋立物が従来の可燃物主体から、焼却残渣や不燃物主体に変遷した結果、浸出水中のカルシウムイオンや塩素イオン等の無機塩類が高濃度となり、浸出水処理施設内でのスケール障害、機器類の腐食、

放流先での塩害等が発生している。このような無機塩類による問題は浸出水処理の今日的課題であり、その対応が求められている。

1997年3月に完成した福島県いわき市の浸出水処理施設は、カルシウム除去及び脱窒・高度処理を備えた施設である。処理方式は、カルシウムを炭酸ナトリウム添加によるアルカリ凝集沈殿で除去後、回転円板による生物学的脱窒、凝集沈殿処理をし、高度処理として砂ろ過、活性炭吸着である。汚泥処理は、炭酸カルシウム汚泥と生物処理後の凝集沈殿汚泥を各々別系統の脱水機で処理している。

本稿では、その施設の概要を紹介する。

## 1. 最終処分場の概要

いわき市においては、収集された一般廃棄物は、市の焼却施設、粗大ごみ処理施設にて処理を行い、既設埋立地で埋立処分を行っていたが、残存容量が少なくなり、新たに一般廃棄物最終処分場を建設、1997年3月に竣工し、現在稼動中である。

### 1.1 埋立地 (写真1)

- 1) 敷地面積 : 367 468 m<sup>2</sup>
- 2) 埋立面積 : 44 560 m<sup>2</sup>
- 3) 埋立容量 : 600 000 m<sup>3</sup>
- 4) 埋立物 : 不燃物及び焼却残渣
- 5) 埋立構造 : 準好気性
- 6) 埋立工法 : サンドイッチ方式

### 1.2 浸出水処理施設 (写真2)

- 1) 計画水量 : 200 m<sup>3</sup>/d
- 2) 計画水質 : 第1表に流入水質と処理水質を示す。
- 3) 処理方式  
 水処理 : カルシウム除去、生物学的脱窒  
 (回転円板), 凝集沈殿, 砂ろ過,  
 活性炭吸着, 消毒  
 汚泥処理 : 濃縮, 脱水

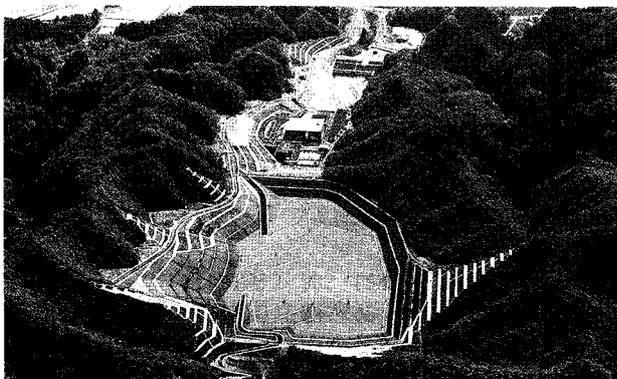


写真1 埋立地外観  
Photo.1 Outside view of Landfill

## 2. 浸出水処理施設の概要

浸出水の処理方法は流入水質・処理水質を考慮し、第1図処理工程概要、第2図フローシートに示す通りである。

### 2.1 前処理・調整槽設備

#### 2.1.1 プロセス説明

埋立地からの浸出水は、原水槽へ流入し、原水ポンプにより調整槽へ送水される。浸出水の流入量は、原水ポンプの送水管に設置した電磁流量計にて測定している。

調整槽には、浸出水の腐敗防止、水質の均一化を図るために、一般的には散気装置を設置するが、ここでは、散気空気中のCO<sub>2</sub>と浸出水中のカルシウムイオンが反応し、炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)を生成・析出して、散気装置が詰まり、トラブルとなることを避けるために、機械攪拌方式の水中ミキサーを採用した。

調整槽からカルシウム除去設備への送水管は、スケールによる閉塞を考慮して、管理の容易な露出配管とし、かつ2条管とした。

第1表 流入水質及び処理水質

Table 1 Water quality

Item	Influent	Effluent
pH	6.0 ~ 10.0	5.8 ~ 8.6
COD (mg/l)	100	< 10
BOD (mg/l)	200	< 10
SS (mg/l)	200	< 25
T-N (mg/l)	100	< 25
Ca (mg/l)	1 000	< 100

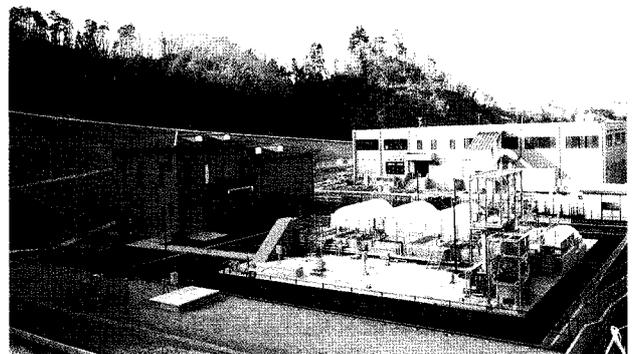


写真2 浸出水処理施設外観  
Photo.2 Outside view of Landfill leachate treatment

## 2. 1. 2 機器の仕様

- 1) 原水ポンプ 2台  
形式：水中汚水汚物ポンプ  
仕様：0.6 m<sup>3</sup>/min×8 m×2.2 kW
- 2) 調整槽ポンプ 2台  
形式：水中汚水汚物ポンプ  
仕様：0.25 m<sup>3</sup>/min×8 m×1.5 kW
- 3) 調整槽攪拌機 2台  
形式：水中ミキサー  
仕様：攪拌容量 260 m<sup>3</sup>×1.5 kW

## 2. 2 カルシウム除去設備 (写真 3)

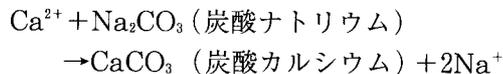
### 2. 2. 1 プロセス説明

浸出水中のカルシウムイオンは、水中や空気中の CO<sub>2</sub> と反応して、炭酸カルシウム (CaCO<sub>3</sub>) を生成・析出する。この炭酸カルシウムスケールは、配管閉塞、ポンプ閉塞等の機器障害や、回転円板体表面や散気装置に付着して処理性能が低下する等の障害を起こす。

スケール対策の技術は、炭酸カルシウムの成分であるカルシウムイオンそのものを除去する方法 (カルシウム除去法) と、カルシウムイオンを直接除去することなく他の条件を操作することにより炭酸カルシウムの生成・析出を抑制する方法 (スケール抑制法) とに大別される。

- ・カルシウム除去法
  - ・炭酸ナトリウム添加によるアルカリ凝集沈殿
  - ・晶析法
  - ・イオン交換法
- ・スケール抑制法
  - ・分散剤の添加
  - ・pH 調整

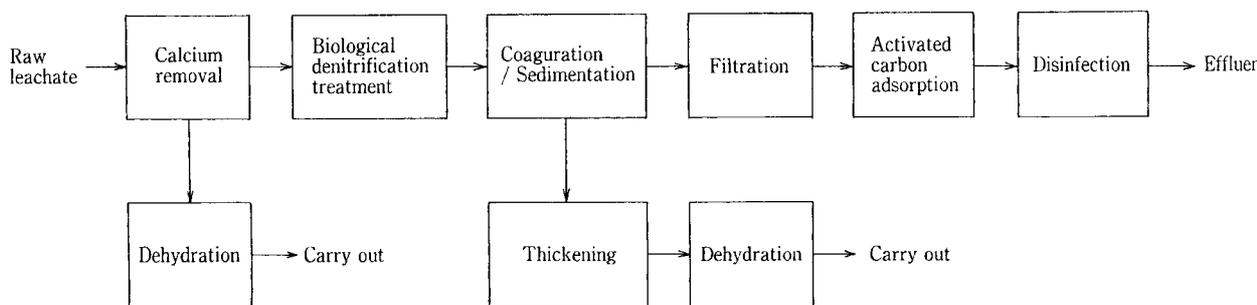
本施設では、処理の確実性、実績、アルカリ凝集沈殿のため重金属除去が可能等の利点を有する炭酸ナトリウム添加による凝集沈殿法を採用した。次に示す反応により炭酸カルシウムを生成させ、カルシウムを除去する。



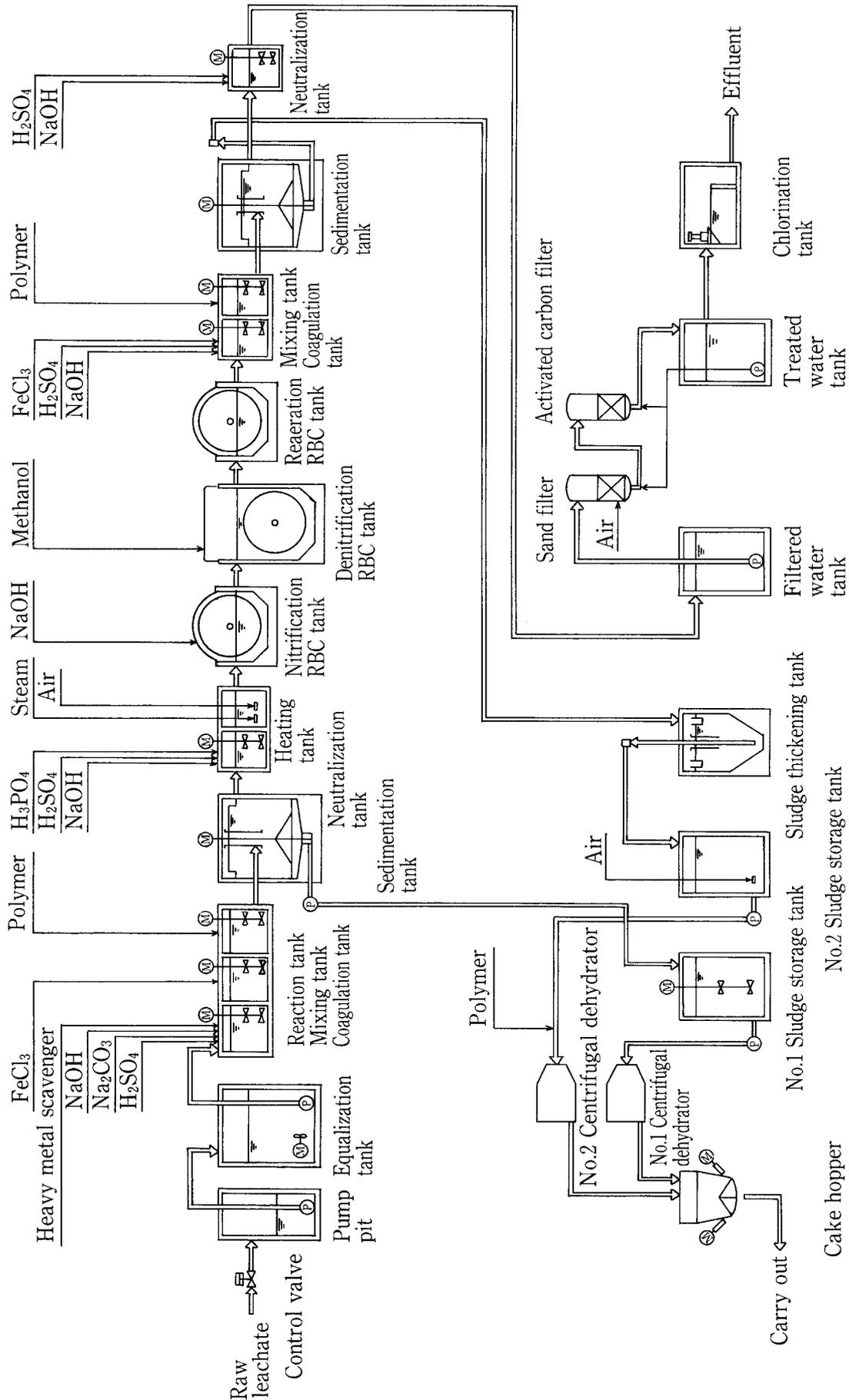
上記反応の適正 pH は 9～10 である。但し炭酸ナトリウムを注入すると pH が上昇する。したがって、浸出水の pH やカルシウムイオン濃度によっては酸、もしくはアルカリの添加が必要となる。

カルシウム除去設備として重要なことは、処理の安定性と維持管理の容易性であり、次の点について配慮した。

- (1) 反応槽、混和槽、凝集槽の清掃が容易に出来るように水槽上部は全面開口とし、更に各槽にはドレン弁を設置し、容易に空に出来る設備とした。
- (2) 反応槽と混和槽の攪拌機は、定期的にスケール除去が必要であり、容易に取り外し可能な可搬式とした。
- (3) pH 計は、センサー部に付着したスケールを自動的に除去する薬液洗浄形 (薬液回収タイプ) とし、測定値の正確性と安定性を図り、維持管理の容易な設備とした。
- (4) 炭酸カルシウム汚泥は、沈降性がよく、閉塞しやすいので汚泥引抜ポンプによる強制引抜きとし、ポンプ形式は、無閉塞形汚泥ポンプとした。
- (5) 沈殿槽の流入管や汚泥引抜き管は、閉塞時を考慮して洗浄できる設備とした。



第 1 図 処理工程概要  
Fig. 1 Flow diagram



第2図 浸出水処理施設フローシート  
Fig. 2 Flow sheet for landfill leachate treatment

## 2. 2. 2 設計条件

- 1) 反応槽滞留時間：5 min 以上
- 2) 混和槽滞留時間：5 min 以上
- 3) 凝集槽滞留時間：20 min 以上
- 4) 沈殿槽滞留時間：4 hr 以上
- 5) 沈殿槽水面積負荷：20 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>・d)以下
- 6) 中和槽滞留時間：10 min 以上

## 2. 2. 3 機器仕様

- 1) 反応槽攪拌機 1台  
形式：プロペラ式 (可搬式)  
仕様：295 min<sup>-1</sup>×0.2 kW
- 2) 混和槽攪拌機 1台  
形式：プロペラ式 (可搬式)  
仕様：295 min<sup>-1</sup>×0.2 kW
- 3) 凝集槽攪拌機 1台  
形式：パドル式  
仕様：35 min<sup>-1</sup>×0.75 kW
- 4) 汚泥掻寄機 1基  
形式：中心駆動懸垂式  
仕様：3 800 mmφ×周速4 m/min×0.4 kW
- 5) 中和槽攪拌機 1台  
形式：プロペラ式  
仕様：295 min<sup>-1</sup>×0.75 kW
- 6) 汚泥引抜ポンプ 2台  
形式：無閉塞形汚泥ポンプ  
仕様：0.25 m<sup>3</sup>/min×6 m×1.5 kW

## 2. 3 生物処理設備 (写真 3)

### 2. 3. 1 プロセス説明

生物処理の前段では加温槽を設け、冬期の水温低下時に蒸気を吹き込み浸出水の加温を行う。水温は硝化・脱窒作用に及ばず重要な因子であり、水温が低下した場合、自動的に設定した温度に昇温して生物処理の安定を図っている。

生物脱窒処理は、負荷変動に対する安定性、管理の容易性から、回転円板法を採用し、酸化・硝化槽、脱窒槽、再ばっ気槽から成る。水素供与体としてメタノールを使用するプロセスである。

負荷変動への対応及び清掃時を考慮し、バイパス水路を設け水槽数の調整可能な構造とした。

### 2. 3. 2 設計条件

- 1) 硝酸化用回転円板：6 g-BOD/(m<sup>2</sup>-RD・d) 以下  
1.5 g-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/(m<sup>2</sup>-RD・d) 以下
- 2) 脱窒素用回転円板：3 g-NO<sub>x</sub>-N/(m<sup>2</sup>-RD・d) 以下
- 3) 再ばっ気用回転円板：10 g-BOD/(m<sup>2</sup>-RD・d) 以下

### 2. 3. 3 機器仕様

- 1) 硝酸化用回転円板 3基

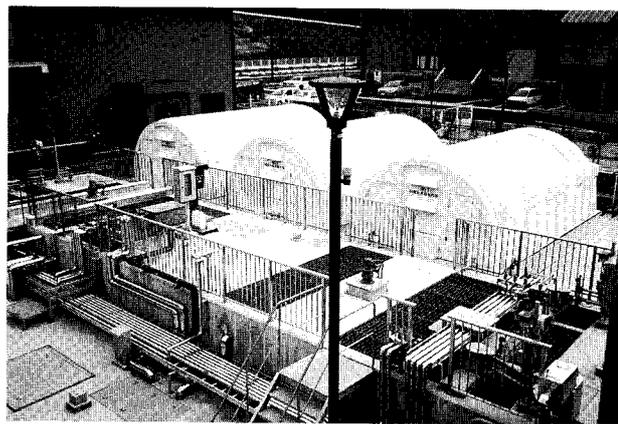


写真 3 凝集沈殿 (カルシウム除去)・回転円板装置  
Photo.3 Coagulation/ sedimentation and RBC

- 形式：半水没形  
仕様：3 600 mmφ×7 540 m<sup>2</sup>×3.7 kW
- 2) 脱窒素用回転円板 1基  
形式：水没形  
仕様：3 600 mmφ×7 540 m<sup>2</sup>×3.7 kW
- 3) 再ばっ気用回転円板 1基  
形式：半水没形  
仕様：2 400 mmφ×1 040 m<sup>2</sup>×0.75 kW

## 2. 4 凝集沈殿設備

### 2. 4. 1 プロセス説明

凝集剤に塩化第二鉄を、凝集助剤に高分子凝集剤を使用し、COD除去に効果的な弱酸性凝集沈殿処理が可能な設備とした。

### 2. 4. 2 設計条件

- 1) 混和槽滞留時間：5 min 以上
- 2) 凝集槽滞留時間：20 min 以上
- 3) 沈殿槽滞留時間：3 hr 以上
- 4) 沈殿槽水面積負荷：20 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>・d)以下
- 5) 中和槽滞留時間：10 min 以上

### 2. 4. 3 機器仕様

- 1) 混和槽攪拌機 1台  
形式：プロペラ式  
仕様：295 min<sup>-1</sup>×0.4 kW
- 2) 凝集槽攪拌機 1台  
形式：パドル式  
仕様：35 min<sup>-1</sup>×0.75 kW
- 3) 汚泥掻寄機 1基  
形式：中心駆動懸垂式  
仕様：3 800 mmφ×周速2 m/min×0.2 kW
- 4) 中和槽攪拌機 1台  
形式：プロペラ式  
仕様：295 min<sup>-1</sup>×0.75 kW

## 2.5 高度処理設備 (写真4)

### 2.5.1 プロセス説明

高度処理としては、SS除去用に砂ろ過器、COD除去用に活性炭吸着塔を設置した。

砂ろ過器、活性炭吸着塔は、シリーズで通水し、タイマーによる自動逆洗が可能なシステムとした。

腐食対策として砂ろ過器、活性炭吸着塔の内面は、ゴムライニングとし、内部配管、部品等は全て樹脂製とした。

### 2.5.2 設計条件

- 1) 砂ろ過速度：200 m/d 以下
- 2) 活性炭吸着空とう速度：4 m<sup>3</sup>/ (m<sup>3</sup>·h) 以下

### 2.5.3 機器仕様

- 1) 砂ろ過器 1基  
形 式：圧力式下向流  
仕 様：2層ろ過×1350 mmφ
- 2) 活性炭吸着塔 2基  
形 式：圧力式下向流  
仕 様：1400 mmφ×層高2000 mm

## 2.6 汚泥処理設備 (写真5)

### 2.6.1 プロセス説明

カルシウム除去設備から発生する炭酸カルシウム汚泥は、生物処理後の凝集沈殿汚泥と比べ濃度や性状が異なり、かつ発生量も6～8倍と多いため、汚泥処理は2系統とし、遠心脱水機を2台設置した。但し、流入カルシウム濃度が低い時期にも考慮して、混合汚泥での1系統処理も可能な設備とした。

炭酸カルシウム汚泥は沈降性が良く、圧密しやすいので濃縮槽を設けず、凝集沈殿槽から直接汚泥貯留槽に送泥している。汚泥貯留槽の攪拌は、パドル形攪拌機を採用し、常時運転をすることにより汚泥の沈降、圧密防止を図っている。

炭酸カルシウム汚泥は、脱水性が良く、脱水機内で詰まりやすいことから、遠心力を1000～1500 Gに調整可能な回転数制御とした。また、無薬注で十分脱水が可能であり、脱水助剤設備は設けていない。

生物処理後の凝集沈殿汚泥は、濃縮後脱水助剤を注入し遠心力2100 Gで脱水処理している。

### 2.6.2 設計条件

- 1) 脱水ケーキ含水率：カルシウム汚泥 70% 以下  
凝集沈殿汚泥 85% 以下

### 2.6.3 機器仕様

- 1) No.1 脱水機 (カルシウム汚泥用) 1台  
形 式：遠心脱水機 (インバーターによる可変)  
仕 様：15 m<sup>3</sup>/ h (300 kg/h)
- 2) No.2 脱水機 1台

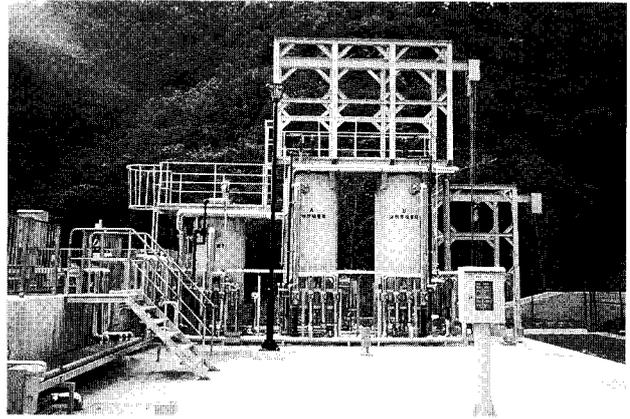


写真4 砂ろ過・活性炭吸着塔

Photo.4 Sand filter and Activated carbon filter

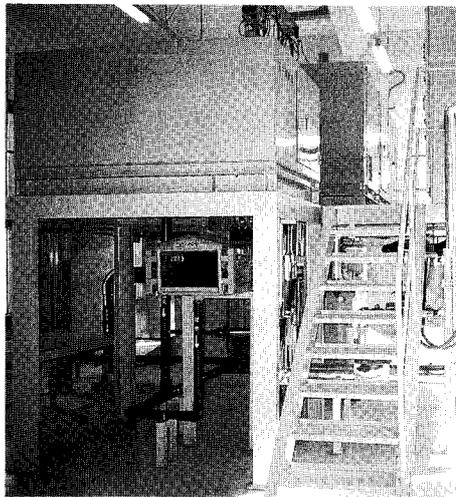


写真5 遠心脱水機

Photo.5 Centrifugal dehydrator

- 形 式：遠心脱水機  
仕 様：2 m<sup>3</sup>/ h (40 kg/h)

- 3) No.1 給泥ポンプ 1台  
形 式：一軸ネジ式  
仕 様：max 22.5 m<sup>3</sup>/h×20 m×7.5 kW

- 4) No.2 給泥ポンプ 1台  
形 式：一軸ネジ式  
仕 様：max 3.0 m<sup>3</sup>/h×20 m×7.5 kW

- 5) No.1 汚泥貯留槽攪拌機 (カルシウム汚泥用) 1台  
形 式：パドル式  
仕 様：43 min<sup>-1</sup>×15 kW

## 2.7 監視設備

日常管理の目的は、設備を安定的に運転し、水質を維持することであり、そのためには、水質、水量の監視及び運転状況の把握が重要となる。浸出水処

理は水質，水量の時間的，季節的変動が大きく，適正な運転をするためには，管理を効率的に行う監視装置が求められる。

操作室に工業用パソコンを用いた監視装置（P C ロガー）を設置し，警報監視，データ収集などの集中管理を行っている。

監視装置は機器の運転，故障状況を示すフローシート表示，計測値表示，管理日報，月報，年報の作成及び警報監視等の機能を有している。

さらに，処理施設内に設置した雨量計からのデータと，浸出水処理施設への流入量から埋立地内の貯留量を予測する機能も有している。

## む す び

本処理施設は，1997年3月に完成し，稼動を始めて間もない設備である。埋立作業は順次行われているが，計画流入水質に比べ現在の流入水質は，はるかに低い。これも浸出水処理施設の宿命と言える。

流入水質は，今後徐々に上がっていくと予想されるが，季節的及び経年的な水質変動に対応するためには，適正な運転管理が必要となってくる。メーカーとして，今後その状況を見守っていく所存である。

最後に，本施設の建設にあたり，多大な御指導をいただいたいわき市の方々に，深く感謝致します。

## 連絡先

---

橋 本 敬 行      環境装置事業部  
                         技術部計画第1課  
                         担当課長  
T E L 03 - 3459 - 5944  
F A X 03 - 3437 - 3256  
E-mail t.hashimoto@pantec. co.jp