

〔原 著〕

二段活性汚泥法し尿処理（低希釈法）施設における

機械設備の故障事例について

Case studies of trouble found on mechanical equipment in the
night soil treatment plants of the second stage activated sludge
process (with low weak water)

竹内 敏* 大副 玄治郎* 森田 昭*
弦巻 修* 高橋 孝*

Satoshi Takeuchi, Genjiro Ohzoe, Akira Morita
Osamu Tsurumaki and Takashi Takahashi

1 はじめに

わが国におけるし尿処理方式は、昭和50年中頃まで、嫌気性消化処理方式や好気性消化処理方式等が多かった。その後は、関連法規の改正等に伴い、BOD、SS除去と同時に窒素除去も可能である二段活性汚泥法処理方式（低希釈法）や高負荷酸化処理方式等が増加している。昭和58年次実績では、稼働を開始した施設の約40%が二段活性汚泥法処理方式（低希釈法）を採用しており、現在稼働中の施設は100施設以上となっている。

当センターでは、このような状況の二段活性汚泥法処理方式（低希釈法）の施設における維持管理状況および設備、装置の状況を把握することを目的としてアンケート調査を実施した。

本報告は、アンケート調査結果をもとに、多種多様である機械設備の故障状況についてまとめたものである。

2 実施要領

1) 調査の対象

調査対象施設は、昭和58年度以前に稼働を開始して1年以上の運転実績が得られる二段活性汚泥法処理方式（低希釈法）を採用している全施設とした。

2) 調査期間

昭和59年5月に郵便により配布し、同年6月30日までに到着したものについて集計した。

3) 回収率

回収された調査票は、対象施設113件のうち、101件であり、回収率89.4%であった。なお、回収された調査票のうち、3件は不記載のため集計外とし、有効回答施設数は98件である。

3 有効回答施設の概要

有効回答施設98施設の概要は、表1、2に示すとおりである。

表1 計画処理能力別施設数

計画処理能力	施設数	%
50kl/日未満	24	24.5
50kl/日以上100kl/日未満	26	26.5
100kl/日以上200kl/日未満	35	35.7
200kl/日以上	13	13.3
合計	98	100

表2 高度処理設備設置状況

高度処理設備	施設数	%
なし	5	5.1
凝集分離, 急速汚過 (単独を含む)	10	10.2
凝集分離, オゾン酸化, 急速汚過	55	56.2
凝集分離, 急速汚過, 活性炭吸着	7	7.1
凝集分離, オゾン酸化, 急速汚過, 活性炭吸着	21	21.4
合計	98	100.0

4 調査結果

二段活性汚泥法処理方式（低希釈法）の施設における機器・装置類は、予備を含めると1施設において100台以上にもなる。故障状況等は、環境条件、使用条件等によって相違するが、ここでは、主要な機器・装置について

*日本環境衛生センター衛生工学部
Department of Sanitary Engineering, Japan
Environmental Sanitation Center

の故障事例を設備別にまとめた。

1) 受入貯留設備

(1) 沈砂除去装置

沈砂物の除去方法は、ほとんどが真空吸引式であり、98施設のうち81施設(82.7%)が本方式である。

沈砂除去装置における故障事例は、表3に示すとおり、81施設中33件の事例を得た。多い順に、吸引管の閉塞が10件、吸引ホースが重く時間を要して能率が悪いが8件、沈砂槽における砂除去効率が悪いが5件、洗浄が不十分が4件、その他が4件である。

これらは、沈砂除去方法に改善の余地があることを示しており、とくに真空吸引式装置の操作性の向上が課題である。

表3 沈砂除去装置の故障事例

事 例	件数
吸引管の閉塞	10件
吸引ホースが重く、時間がかかり作業能率が悪い	8件
沈砂槽における砂除去効率が悪い	5件
洗浄が不十分	4件
水切れが悪い	2件
排水管の閉塞	2件
バルブの閉塞	2件

(調査対象81施設)

(2) 破砕機

破砕機の故障事例は、閉塞が大半であり、98施設のうち72施設(75%)で経験している。型式別に示すと、横型では、31件中25件(80.6%)、堅型では、57件中43件(75.4%)であり、割合からみると相違はみられない。

閉塞の状況は、表4に示すとおり粗大夾雑物に起因したインペラおよび配管の閉塞が多く18件である。

対策としては、定期的な点検の実施にあるが、基本的には粗大夾雑物の混入を防止することであり、収集対象である住民の協力が必要と思われる。

表4 破砕機の故障事例

事 例	原 因	対 策
インペラの閉塞 (13件)	粗大夾雑物(木片, ズボン, ビニール袋, パンパース, ストッキング)	分解清掃 刃の交換 インペラカット
配管の閉塞 (5件)	夾雑物 口径不足	
その他(6件)		

(調査対象98施設)

(3) 投入ポンプ

投入ポンプの型式は、ネジ式ポンプが多く、98施設のうち46施設(46.9%)つぎに渦巻ポンプが34施設(34.7%)である。

このうち、ネジ式ポンプの故障事例は、表5に示すとおり、夾雑物等に起因した過負荷停止および吐出不良が4件、砂等によるロータ、ステータの摩耗が2件、グランド部からの汚水の漏洩が2件である。

表5 ネジ式投入ポンプの故障事例

事 例	原 因	対 策
過負荷停止(3件) 吐出不良(1件)	し渣, 砂等	貯留槽の清掃 ポンプの分解清掃
ロータ, ステータの摩耗 (2件)	砂等	定期的交換 ロータ材質の変更
グランド部からの漏洩 (2件)	パッキンの材質	パッキン材質の変更

(調査対象45施設)

なお、ネジ式ポンプのロータおよびステータの交換頻度は、図1に示すとおり、ロータは2年が最も多く、ステータは1年が多い。これらの部品は、比較的高価であることから、延命対策として、砂の除去、耐摩耗性部品の使用等が有効と考えられる。

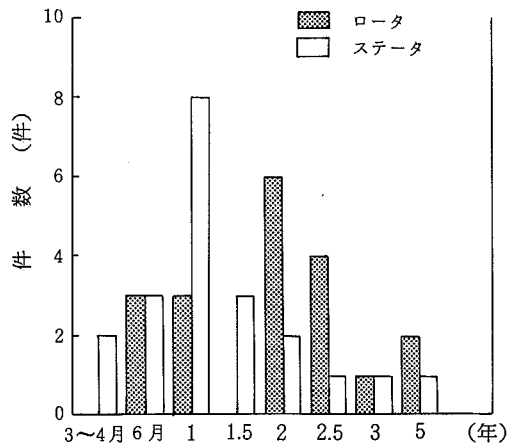


図1 定量ポンプ部品の交換頻度

2) 第一・第二活性汚泥法処理設備

(1) 攪拌槽用攪拌装置等

攪拌槽に使用する攪拌装置の故障事例は、表6に示すとおり、97施設のうち22件を得た。多い順に、水中攪拌ポンプの閉塞および故障が9件、散気管の閉塞が4件、散

気管の腐食が3件、攪拌ブロワの故障が3件である。

これらの対策としては、定期的な保守点検の実施にあるが、各種閉塞に対しては、前処理工程での微細夾雑物の除去（例えば細目スクリーンの設置）が有効と思われる。

なお、循環ポンプおよび返送汚泥ポンプについても、表7に示すとおり攪拌装置と同様に閉塞の問題が生じている。

表6 攪拌装置の故障事例

事 例	件数
水中攪拌ポンプの閉塞及び故障	9件
散気管の閉塞	4件
散気管の腐食	3件
攪拌ブロワの故障	3件
その他	3件

(調査対象97施設)

表7 循環、返送汚泥ポンプの故障事例

事 例	件数
循環ポンプの夾雑物による閉塞	10件
返送汚泥ポンプの夾雑物による閉塞	9件
返送汚泥ポンプの摩耗	3件
その他	14件

(調査対象97施設)

3) 高度処理設備

高度処理設備は、凝集分離処理設備、オゾン処理設備、砂ろ過処理設備、活性炭吸着処理設備に分けられる。このうち故障事例の多かった事例をとりあげると、つぎのとおりである。

(1) オゾン酸化装置

オゾン酸化装置の故障事例は、表8に示すとおり、75施設中10件の事例を得た。このうち、オゾン発生器に関するものが4件、散気管の目詰まりが3件、その他が3件である。

(2) 砂ろ過装置

砂ろ過装置の故障事例は、表9に示すとおり、82施設中7件の事例を得た。このうち、最も多いのは、自動弁作動不良が4件、空気弁からの水漏れ、原水槽のオーバーフロー、逆洗排水移送量の負荷変動がそれぞれ1件である。

4) 汚泥処理設備

(1) 脱水汚泥搬送装置

表8 オゾン発生装置の故障事例

事 例	件数
発生装置内部スケール付着	1件
露点検出用センサー作動不良	1件
ドライヤーオートドレン不良	1件
冷却装置故障	1件
散気管の目詰まり	3件
オゾンの漏洩	1件
流入原水のNO ₂ -N妨害	1件
排オゾン分解塔腐食	1件

(調査対象75施設)

表9 砂ろ過装置の故障事例

事 例	件数
自動弁作動不良	4件
空気弁からの水漏れ	1件
原水槽オーバーフロー	1件
逆洗排水移送量の負荷変動	1件

(調査対象82施設)

脱水汚泥の搬送装置は、スクリーコンベヤ、ネジ式ポンプ（移送配管を含む）、或いは、それらを組合せたものである。ほとんどはスクリーコンベヤ{98施設中39件(39.8%)}及びネジ式ポンプ{26件(26.5%)}を利用している。また、2種類以上の装置を組合せている施設が、21施設(21.4%)あるが、そのうち、スクリーコンベヤ+ネジ式ポンプが12施設、ベルトコンベヤ+ネジ式ポンプが4施設ある。

脱水汚泥搬送装置の故障事例は、表10に示すとおり17件の事例を得た。このうち、コンベヤ及びネジ式ポンプともに、種々の原因から搬送不良の事例が多い。特に、ネジ式ポンプは脱水汚泥の水分が80~82%程度の場合に、搬送困難な事例があるので留意が必要である。

(2) 汚泥脱水機

汚泥脱水機の型式は、遠心分離機とベルトプレスに分けられ、その割合は、それぞれ、76件(77.6%)、22件(22.4%)であり、大半は遠心分離機を使用している。

汚泥脱水機の故障事例は、表11に示すとおり6件の事例を得た。遠心分離機に関するものが2件、ベルトプレスに関するものが4件である。他の設備と比較して、事例が少ない理由は、メーカーによるオーバーホールを定期的実施(78施設中、1回/年が21件、1回/2年が28件)しているため、事例として現われなかったと考えられる。

5) 汚泥乾燥・焼却設備

表 10 脱水汚泥搬送装置の故障事例

種 類	事 例	件数
ベルトコンベヤ	ベルトのスリップによる作動不良	1件
スクリュウコンベヤ	スクリュウ羽根の長さ不足による閉塞	1件
	スクリュウ羽根の変形	1件
	腐食によるシャフトの破損	1件
	ベルトコンベヤとの接続不良	1件
フライトコンベヤ	中板、ガイドレール等の脱落	1件
コンベヤ	芯ずれによる異音	1件
	給油パイプの破損による異音	1件
ネジ式ポンプ	脱水汚泥の水分が80~82%場合に搬送困難	2件
	移送配管内で凍結	1件
	凍結によりサーマルトリップ、ステータ等の損傷	1件
	圧力損失が大きいため能力不足	1件
	フランジのパッキン材質不良による汚泥の漏洩	1件
	センサー検知棒に汚泥が付着して制御不良	2件
	フィーダー部において回転数が不適正なためブリッジ形成	1件

(調査対象98施設)

表 11 汚泥脱水機の故障事例

種 類	事 例	件数
遠心脱水機	油漏洩による焼付き	1件
	ベアリング不良	1件
ベルトプレス	ガイド部のエア配管閉塞による蛇行	1件
	汚泥厚が不均一	1件
	脱水汚液の循環使用のためSSが堆積し洗浄ノズルの閉塞	1件
	循環水槽の排泥管の位置不良のため循環水槽内のSS腐敗	1件

(調査対象98施設)

汚泥乾燥機の設置状況は、98施設のうち、63施設(64.3%)である。また、し渣焼却のみを含めた焼却炉は、92施設(93.9%)が設置している。汚泥乾燥焼却設備の故障事例は、汚泥処理設備と同様にメーカーによるオーバーホールを定期的実施(乾燥機:55件中、1回/年が16件、1回/3年が19件、焼却炉:75件中、1回/年が31件、1回/3年が23件)しているため、事例として少なかった。特に故障事例が1件のみであった汚泥乾燥機を除いて、焼却炉及びその付属装置についてまとめると次のとおりである。

(1) 焼却炉

焼却炉の故障事例は、表12に示すとおり、10件の事例を得た。主な内容は、耐火レンガの脱落および変形が3件、送風機インペラの腐食および変形が2件、火格子の損傷1件である。特に傾向だった故障はみられないが、本装置は、他の設備と異なり、高温の環境条件にあるため、付帯する機器等の消耗或いは故障は多いと推測される。

(2) 付属装置

表 12 焼却炉の故障事例

事 例	件数
耐火レンガの脱落及び変形	3件
強酸性排ガスによる誘引ファンのインペラ腐食	1件
熱風の吸引による押込ファンのインペラ変形	1件
火格子の損傷	1件
キルン内筒損傷	1件
バーナーの損傷	1件
高濃度臭気の漏洩	1件
バーナーの災によりシャフト及びベアリングの損傷	1件

(調査対象92施設)

① 排ガス処理装置

乾燥機及び焼却炉排ガス処理のフローは、44件のうち、サイクロン~脱臭炉の組合せが12件(27.3%)、マルチサイクロン~脱臭炉の組合せが7件(15.9%)、電気集じん器~脱臭炉の組合せが5件(11.4%)である。排ガス処理装置の故障事例は、表13に示すとおり、9件の事例を得

た。

事例の中では、集じん装置の摩耗による損傷および能力不足が各々2件ある。最近の本設備からの排ガス中のばいじん濃度は、基準を超えることはないが、集じん装置が

本設備の付属装置とあって、性能や構造が不明確な場合が多いので、今後は、本装置の材質、構造、性能等の設計書、構造図等の十分な事前チェックが必要と考えられる。

表 13 排ガス処理装置の故障事例

装置名	事例	件数
集塵装置	摩耗により内部に穴があく	2件
	能力不足のため脱臭炉へダストの堆積	2件
スクラバ	フランジが接合不十分のため液の漏洩	1件
	ミストの堆積によりスプレーノズルの閉塞	1件
電気集塵機	ダストの堆積によりダンパーの作動不良	1件
アルカリ洗浄塔	SS濃度が高いため排水パイプの閉塞	1件
脱臭炉	失火	1件

(調査対象44施設)

② 熱交換器

熱交換器の型式は、82件のうち、もっとも多いのが平板式の54件(65.9%)、多管式20件(24.4%)である。熱交換器の故障状況は、表14に示すとおり18件の事例を得た。

大半は、配管との接続部及び溶接部等に生じたクラックからのガスの漏洩現象である。原因は、熱応力によるひずみ、塩による腐食等が考えられ、対策としては、適正な位置への伸縮ダクトの設置、材質、溶接方法の検討が必要である。

表 14 熱交換器の故障事例

事例	件数
配管との接続部及び溶接部にクラックを生じてガスの漏洩	11件
伝熱板や管中(多管式)にダストが堆積して熱効率の低下	2件
通気不良	2件
高温側の腐食	2件
高温側の伝熱板損傷	1件

(調査対象82施設)

6) 脱臭設備

脱臭方法について、高濃度臭気と中低濃度臭気に分けて示すと、高濃度臭気は、98施設のうち85施設(86.7%)が燃焼脱臭を行っている。また、中・低濃度臭気の脱臭設備の組合せは、1段処理が22例、2段処理が70例、3段処理が46例である。1段処理の場合は、大半(20例)が低濃度臭気を対象としている。

洗浄方式の組合せの中で多い事例は、酸洗浄～アルカ

リ・次亜塩素酸洗浄の18例、水洗浄～アルカリ洗浄の16例である。脱臭設備の故障事例は、表15に示すとおり、46件の事例を得た。他の設備の故障状況と異なり、汚水やガスによる直接的な影響よりも、アルカリ剤に起因して2次的に発生した沈殿物の影響による故障事例が多い。事例としてはアルカリ・次亜塩素酸洗浄塔に関するものが15件、アルカリ循環ポンプに関するものが7件ある。この原因は、薬剤や用水中のアルカリ金属及びアルカリ塩類が、水に溶解した臭気ガス中の炭酸ガスと反応して生成した炭酸塩や、これに次亜塩素酸および硫化水素の反応によって生じたイオウによる沈殿物及びスケール付着によるものである。スケール防止は困難であるが、対策として塩濃度の調整および保守点検の方法・頻度を確立し、定期的な清掃が必要となる。

5 まとめ

二段活性汚泥法処理(低希釈法)施設における機械設備の故障状況についてまとめると、故障事例が多い設備は、夾雑物に起因した受入貯留設備および第一・第二活性汚泥法処理設備、さらには、スケールに起因した脱臭設備である。

一方、高度処理設備等その他の設備は、定期的にメーカーによるオーバーホールを行っているため、故障事例が少なく、本調査では、適確な状況を把握できなかった。設備別にまとめると、次のとおりである。

1) 受入・貯留設備では、沈砂除去装置に関する故障事例が多く、装置及びその操作性を改善する余地がある。また、破砕機は、し渣による閉塞頻度が高いので、定期的な機器のオーバーホールと、住民の協力を得た粗

表15 脱臭設備の故障事例

項目	事例	件数
アルカリ・次亜塩素酸洗浄塔 (15件)	スケール及び炭酸カルシウムによるノズルの閉塞	6件
	” による充填材の目詰り	4件
	防水施工不良及びライニング不良による塔からの液漏洩	5件
その他の洗浄塔 (6件)	曝気槽の泡等による水洗塔のノズルの閉塞	3件
	補給水中の鉄分等による洗浄塔のよごれ	1件
	鋼板製のため錆やすい	1件
	アルカリミスト及び内部結露による活性炭吸着塔の腐食	1件
ポンプ (8件)	塩の付着によるアルカリ循環ポンプの羽根の腐食	3件
	” アルカリ循環ポンプの閉塞	2件
	ノズルの閉塞によるアルカリ循環ポンプの能力低下	1件
	充填材の流入によるアルカリ循環ポンプの故障	1件
	塩の付着による脱臭排液移送ポンプの故障	1件
ファン (5件)	インペラへのミストの付着	2件
	充填材の目詰りによる能力低下	2件
	” 電流値上昇	1件
配管 (6件)	パッキンの劣化等による液の漏洩及び塩の析出	2件
	外気温の低下及びアルカリ希釈不足による凍結	2件
	アルカリ循環液配管の腐食	1件
	塩による脱臭排液移送配管の閉塞	1件
ダクト (6件)	ミスト除去不良によるフランジ部のドレーン漏洩	2件
	ミスト付着による圧損異常のため活性炭吸着塔入口ダクト破損	2件
	風圧変動による破損	1件
	溶接不良によるダンパからの臭気漏洩	1件

(調査対象95施設)

大夾雑物の混入防止が必要である。

2) 第一・第二活性汚泥法処理設備では、攪拌槽用水中攪拌ポンプ、循環ポンプ及び返送汚泥ポンプについて、夾雑物による閉塞事例が多い。これらの対策としては、定期的な機器の保守点検とともに、前処理工程における微細夾雑物の除去が有効と考えられる。

3) 汚泥乾燥・焼却設備では、熱交換器が配管との接続部及び溶接部等に生じたクラックからのガスの漏洩現象が多い。原因は、熱応力によるひずみ、塩による腐食等が考えられ、ひずみ防止のため、適正な位置への伸縮ダクトの設置、耐食性材質の検討が必要である。

4) 脱臭設備では、アルカリと反応して生成した沈殿

物及びスケール付着による影響からアルカリ剤を使用している機器・装置に故障が多い。対策としては、スケールの防止および保守点検の方法・頻度を確立した定期的な清掃が必要となる。

総じて、し尿のように、腐食性が強く、夾雑物の多い汚水処理における機器・装置は、閉塞性が少なく、保守点検容易な構造及び耐食性、耐摩耗性を配慮した材質等の検討及び改善が必要となる。

また、各設備ごとの保守管理マニュアルを基に、保全計画を作成して自主保全の徹底並びに、設備保全技術の向上を図ることも必要である。