

省エネ型し尿処理プロセス『サイクルキューブ』



みずから、これから。

月島JFEアクアソリューション株式会社

技術本部 下水事業部 環境施設技術部
〒212-0013 川崎市幸区堀川町 580 番地ソリッドスクエア 9 階
TEL 044-577-1161
FAX 044-396-5199

1. はじめに

近年のし尿・浄化槽汚泥処理を取り巻く状況として、以下のような課題が挙げられている。

- ・下水道普及率の向上や人口減少に伴う搬入量の減少
- ・浄化槽汚泥混入比率や水洗化人口比率の上昇に伴う搬入物の希薄化
- ・国や地方自治体財政の逼迫による廃棄物処理財源の減少
- ・運転員人材の確保（人材レベル・費用）
- ・CO₂削減要求への対応（省エネ・省資源）

このような課題を解決していくためには効率的な処理システムが必要であり、本稿では当社が保有する省エネ型し尿処理プロセス『サイクルキューブ』について、技術概要や特長及び実施設における導入事例を紹介する。

2. 『サイクルキューブ』の概要と特長

2.1 概要

『サイクルキューブ』（以下、本技術）は、従来技術をベースに以下の技術要素を付加したものである。従来技術と本技術の概略フローを図1に、サイクル運転の流れを図2に示す。

(1) 担体

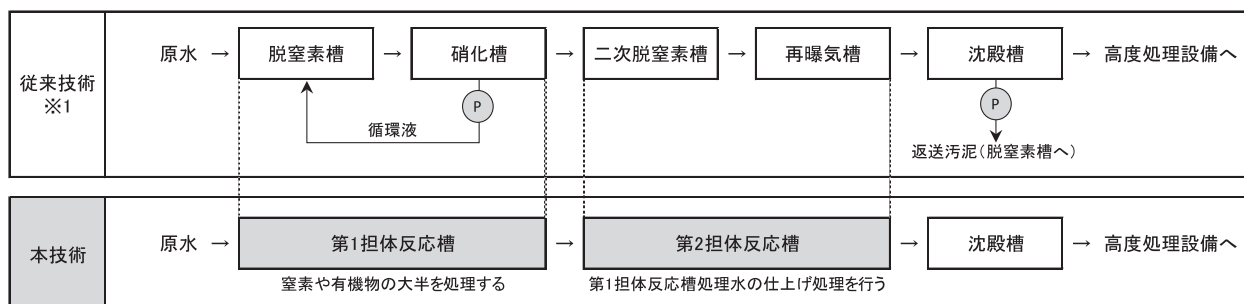
水槽内に効率的に微生物を保持する。希薄な原水の場合も安定した処理が可能。

(2) サイクル運転

1槽で好気（硝化）⇔嫌気（脱窒）を繰り返すもので、回分式技術を応用している。なお、図1は河川等の公共用水域へ放流する場合のフローである。下水道放流方式の場合は、第2担体反応槽や高度処理設備は設けないため、よりシンプルなフローとなる。

(3) センサー制御

水槽内の処理状況を監視し、処理終点でパワーを停止することで省エネ効果を得る。



※1：従来技術とは、標準脱窒素処理方式¹⁾、高負荷脱窒素処理方式¹⁾等の連続式の処理方式を指す

図1 概略フロー（従来技術と本技術の違い）

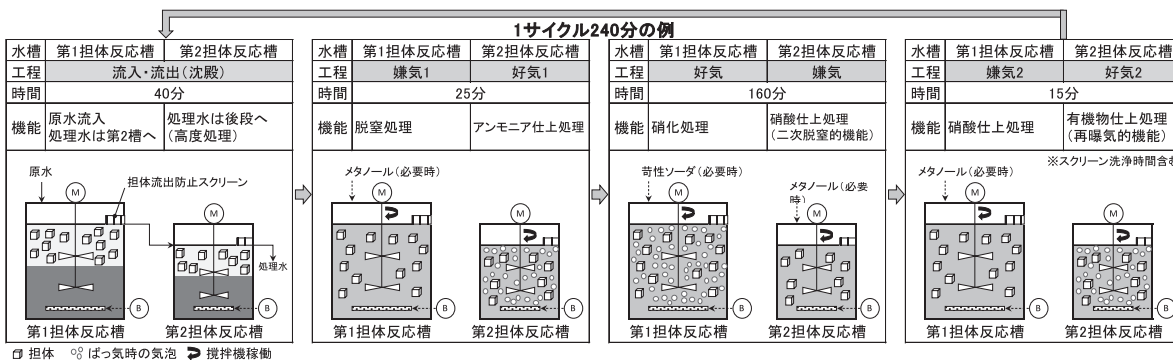


図2 サイクル運転の流れ

2.2 特長

(1) シンプルな設備構成

図1に示すとおり、従来技術は、「脱窒素槽→硝化槽→二次脱窒素槽→再曝気槽」の4槽が必要であるが、本技術では第1・第2担体反応槽の2槽にその機能が集約される。

これにより、電力費や整備費の大きい循環液移送ポンプや返送汚泥ポンプは不要となる利点がある。

(2) センサー制御による省エネ (図3、図4)

センサー制御は、当社独自の反応監視センサーやDO計等を組み合わせた制御である。

水槽内液の特定周波数における抵抗値 (Ω) やDO値 (mg/L) が、処理中と処理終点付近で異なる挙動を示すことを利用し、硝化・脱窒反応の終点を検出する。

終点を検出した場合は、設定した処理工程時間内でも曝気ブローヤやメタノール注入ポンプを自動で停止し、処理に寄与しない無駄な曝気動力や薬品消費を抑制する。

なお、従来技術の場合は、水槽内の有機物や窒素濃度は絶え間なく変動しており、処理終点の検出・制御の難度は比較的高かったが、サイクル運転の場合は変化が直線的であり、センサー制御との相性が良い。

(3) 将来の搬入量減少への効率的な対応

サイクル運転における各工程の比率、1日の稼働サイクル数、1週間の稼働日数等の運転条件は、納入後も制御盤上の簡易な操作で調整可能である。

し尿・汚泥再生処理施設は、竣工時が搬入量のピークでその後は年々減少していくケースが一般的であるが、本技術は稼働サイクル数や稼働日数を減らすことで無駄な電力・薬品の消費を抑制できる。

つまり、水槽や機器仕様等のハード面を変えることなく、ソフト面の調整のみで容易かつ柔軟に将来的な搬入量減少に対応できることが本技術の利点である。

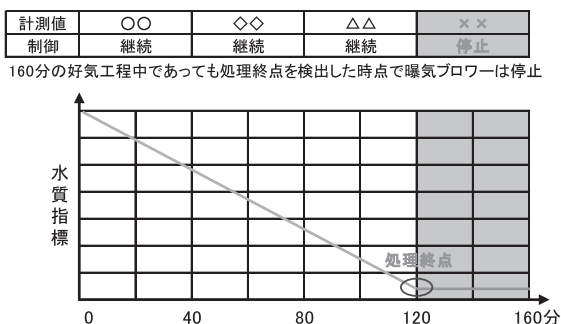


図3 制御概念

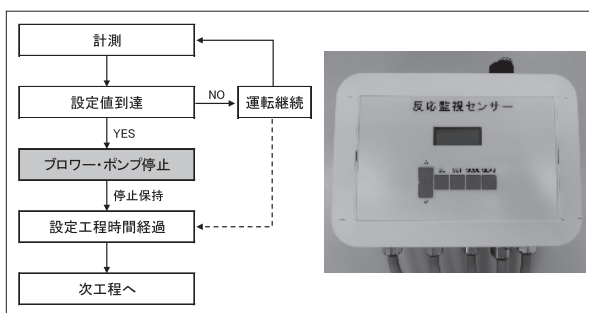


図4 制御フロー、変換器外観

3. 実施における導入事例

本技術は、約1年間の実証試験を通じて所定の能力・効果を確認した後にF県S市のし尿処理施設に初採用した。

なお、本施設は供用開始から約14年が経過しており、搬入量は計画値の約60%まで減少し搬入物濃度も低下している。そこで、固形物除去後に生物処理を行う方式から固形物を含めて直接処理を行う方式に変更した上で本技術を導入した。

2024年7月より本格稼働中であり、処理状況や得られた効果を示す。

3.1 運転条件

本技術導入前後の概略フローを図5に示す。本施設の処理水排出先は公共下水道であり、第2担体反応槽を設けずに第1担体反応槽のみで生物処理を行う方式としている。

担体反応槽における担体充填率は水槽容量比25%とし、運転サイクルは、1サイクルあたり流入20分、嫌気60分、好気140分、流出20分1日あたり6サイクルを基本としている。

3.2 運転経過

(1) 処理性能、担体の耐久性

データ集計期間（2024年7月～12月）において、担体反応槽処理水の窒素除去率は平均93%と良好な処理性能であった。

また、表1に示すとおり、施設の最終的な放流水は下水道への排出基準を満足していた。

表1 放流水性状及び排出基準

項目	単位	下水道排出基準	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
pH	-	5を超え9未満	8.4	7.7	7.6	7.5	7.9	7.7	7.8
BOD	mg/L	220mg/L未満	25	7	10	29	14	40	21
SS	mg/L	150mg/L未満	14	13	9	9	23	17	14
T-N	mg/L	240mg/L未満	56	49	40	19	20	51	39
T-P	mg/L	32mg/L未満	4.2	0.9	0.2	0.5	1.1	2.8	1.6

担体は運転開始から1年が経過しても良好な状態を維持しており、鉄筋コンクリート水槽においても担体の摩耗は生じなかった。

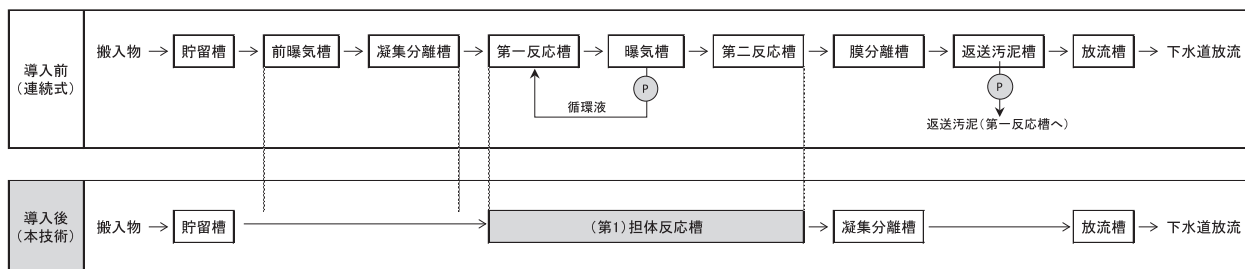
よって、担体の耐久性に問題はなく、長期間使用可能と推察される。

(2) センサー制御による省エネ効果

センサー制御による省エネ効果を確認するとともに、負荷上昇時も問題なく処理できるよう、好気工程は140分/サイクルとして連続運転を実施した。

センサー制御の結果、曝気ブロー平均稼働時間は106分となり、処理水質を満足しながら曝気ブローの運転を適正に制御できることを確認した。メタノールについては本技術導入前から使用しておらず、導入後も引き続き使用していない。

なお、処理場では想定を超える流入負荷時に処理が困難となることは避ける必要があるため、余裕のある曝気ブロー稼働時間及び風量設定のもと、センサーで処理終点を検出し、処理水質の悪化防止と省エネの両立を図ることは合理的であると考えられる。



資源化設備(汚泥脱水→堆肥化)は導入前後で変更していないため省略する

図5 本技術導入前後の概略フロー

3.3 電力費及び整備費の削減効果

従来技術から本技術への変更により、主処理に係る複数の機器を休止することができた。

これにより、表2に示す消費電力削減効果が得られた。これは施設全体の消費電力の10～15%に相当し、CO₂削減にも寄与する。

また、今後は休止機器の整備を行う必要がなくなるため、機器関連の整備費用も削減できる見込みである。

表2 変更前後の運転機器数・消費電力比較

対象機器	型式	動力 [kW/基]	変更前(連続式)		変更後(本技術)	
			運転機器数	消費電力 ^{※1}	運転機器数	消費電力 ^{※1}
			[基]	[kWh/日]	[基]	[kWh/日]
第一反応槽攪拌装置 (担体反応槽攪拌装置)	堅型バドル式	11.0	1	185	1	185
曝気装置	堅型軸流式	7.5	1	126	0	0
曝気ブロー	ルーツブロー	3.7	2(交互1)	62	2(交互1)	62
循環ポンプ	一軸ネジポンプ	11.0	2(交互1)	185	0	0
第二反応槽攪拌装置	堅型バドル式	5.5	1	92	0	0
返送汚泥ポンプ	一軸ネジポンプ	3.7	2(交互1)	62	0	0
膜吸引ポンプ (担体処理水移送ポンプ)	一軸ネジポンプ	1.5	2(交互1)	25	2(交互1)	25
膜分離装置	浸漬型平膜	-	2	-	0	-
			合計	738	合計	272

※1 負荷率は0.7、24時間運転として算出。交互機は消費電力の算出に含まない

4. 本技術の適用対象

本技術は、し尿処理施設や汚泥再生処理センターへの適用を念頭に開発したものであるが、適用対象排水に大きな制約はなく、例えばバイオガスプラントの排水処理等、幅広い分野へ適用可能である。

また、新設への適用はもちろんのこと、既設の改造(基幹的設備改良事業等)も適用対象となる。この場合、付帯設備の追加等の軽微な工事は必要となるが、水槽躯体は既存のものを活用可能である。

5. おわりに

『サイクルキューブ』は、従来技術と比較して、機器点数の削減や省エネに繋がる技術である。また、搬入負荷の変動に対しても柔軟に対応可能であるとともに省力化にも資する技術であり、し尿処理における諸課題解決に貢献することが期待される。

【参考文献】

- 1) 全国都市清掃会議：汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領 2021 改訂版

本原稿は、「月島技報 No.28」(2025年12月)に「技術・製品紹介6 省エネ型し尿処理プロセス「サイクルキューブ」」として掲載した内容を一部加筆・修正して転載した。