

〈研究発表〉

し尿処理施設における投入量決定シミュレーション

田中 駿¹⁾, 今庄博史¹⁾, 川寄悦子²⁾, 中村昌文²⁾

¹⁾ (株)日吉 施設管理部
(〒523-8555 滋賀県近江八幡市北之庄町 908 番地)

²⁾ (株)日吉 分析検査部
(〒523-8555 滋賀県近江八幡市北之庄町 908 番地)

概要

標準脱窒素処理方式のし尿・浄化槽汚泥処理施設は、連続処理で、かつ、搬入量が日々変動するため、貯留設備により搬入物の量と質を調整、平均化している。施設の運転管理において、貯留槽から脱窒槽への投入量の変更は、後工程の運転調整に与える影響や貯留槽の容量及び液量等を考慮し、運転責任者により決定されるのが従来の方法である。本研究では、投入量の決定根拠を定め、模擬搬入量によるシミュレーション、及び実施施設での運用を行った。それまで担当者の経験に頼っていた投入量決定プロセスを定式化、明確化することができた。

キーワード：し尿処理施設、搬入量、ガンマ分布、投入量、シミュレーション

原稿受付 2022.7.13

EICA: 27(2・3) 54-56

1. はじめに

し尿処理施設は、下水道や浄化槽と異なり、汚水の発生源と直に接続されておらず、収集・運搬されたし尿等が平日の受付時間にのみ搬入されるのが特徴である (Fig. 1)。

し尿処理施設の1日の搬入量は、発生施設側の事情や搬入業務日程の集中等、運転管理する上で制御困難な外的要因の影響を受け、日によって大きく変動する。

一方で、維持管理の技術上の基準としては、生物学的脱窒素処理設備の維持管理について「脱窒素槽へのし尿の投入は、当該設備の処理能力の範囲を超えないように、定量ずつ連続的に行うこと」とされている。

2. 投入量決定プロセスの定式化

2.1 運転管理とプロセス設計の変遷

2018年度より、滋賀県東近江市にあるし尿処理施設

の運転管理を担った。2020年5月から、運転管理を定式化しシミュレーションによるモデル設計、パラメータ調整を行った投入量決定プロセスを実施施設で運用開始した。これを初版とする。2022年3月に、模擬搬入量の範囲、し尿系液量の合格基準、基準液位の変更について見直し、パラメータを再調整した。これを改訂版とする。

2.2 搬入量

模擬搬入量は、実際の搬入量のヒストグラムに分布の形状が類似することから、ガンマ分布に従いランダムで発生させた (Fig. 2)。ガンマ分布の確率密度関数は次式である。

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(k)\theta^k} x^{k-1} e^{-x/\theta} \quad \text{for } x > 0$$

k : 形状母数, θ : 尺度母数

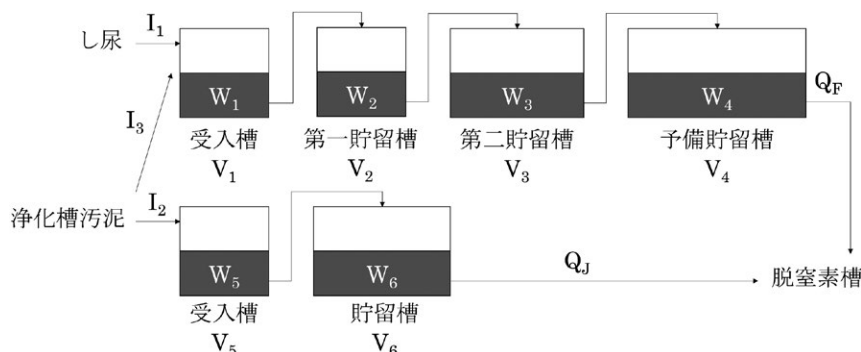


Fig. 1 The flow of receiving and storage process

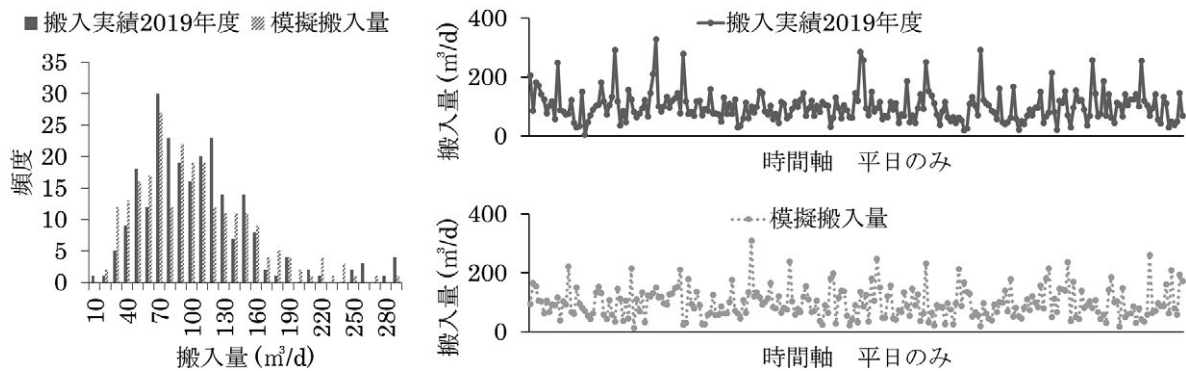


Fig. 2 Histogram and time series graph of actual and simulated amount of fecal sludge and Jokaso sludge input

平均 $E(X) = k\theta$, 分散 $V(X) = k\theta^2$ としては, 2019年度の平日における搬入実績の平均, 分散を年度ごとの見込み搬入量に対して換算した値を用いた。

2.3 投入量の変更

2.3.1 投入量変更のために入力する項目

一般的に投入量変更について判断するには, 直近の過去の搬入実績や, 未来の搬入予定も材料となり得るが, 本研究では値の扱いの簡便性や予測の確実性を考慮して, 投入量変更のために日々入力する項目は, 当日朝の貯留槽液量, 現在の投入量の2項目とした。受付日を示すカレンダーと年間搬入見込み量は, 年に1度だけ入力する。

2.3.2 基準液位

貯留槽液位に対して, 比較対象とする液位のことを基準液位と呼んでいる。搬入量の変動による貯留槽液位の増減に対して投入量変更をより迅速に行うため, 基準液位を投入量に連動させて初期基準液位から上下させる方法を採用した。また, 基準液位を高めを設定するために休日日数を考慮する期間は, シミュレーションにより2週間後までとした。

2.3.3 液位幅と投入量変更幅

基準液位からの変位幅を上下に3段階ずつ設定し, 投入量の変更幅もそれに応じて変化させた。第1幅, 第2幅, 第3幅を何mに設定するかはシミュレーション検証により決定した。

投入量の変更幅は, 最小単位を従来の $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ から $0.25 \text{ m}^3/\text{h}$ へ半減させた。また液位が第2幅, 第3幅を超える急激な変動をする場合にも対応した。

2.3.4 その他の条件

投入量変更においては, その他に, 曜日についても考慮した。1週間を単位としたとき, 週初めの朝は最も毎日の条件が揃っていることと, 投入量変更後の処

理工程の経過観察がしやすいため, 投入量を変更する頻度を多くした。水曜日と木曜日は週の中盤の搬入変動に迅速に対応するため, 第2幅と第3幅のみを対象とした。火曜日は月曜日の投入量変更後の経過を観察するため, また金曜日は連休前に投入量を変更しないようにするため, 最も変更が起こりにくくした。し尿系・浄化槽汚泥系の貯留量と投入量のバランスが崩れた場合に投入量を互いに入れ替える調整も組み込んだ。

生物学的処理工程の処理能力を投入量の最大値, 安定処理が可能な最低投入量を最小値として, その範囲内で投入量変更を行うよう設計した。

3. 結 果

3.1 投入量決定プロセス

投入量変更プロセスの場合分けを **Table 1** に示す。合否判定は, 各系の貯留槽上限, 投入量の安定処理下限を基準に行った。改訂版では最大搬入量 $350 \text{ m}^3/\text{日}$ 以上の模擬パターンは除外し, し尿系貯留槽液量の80%ラインを合格基準とした。模擬搬入量に対する投入量変更の年間シミュレーション (**Fig. 3**) を1万回試行した際の合格率は, 初版が89.5%, 改訂版は82.7%であった。

3.2 実施設における各データの推移

2014～2017年度と2018～2021年度を比較したとき, 搬入量は5%減少し, 日変動係数は85→91%に上昇した。投入量の日変動係数は21→22%とほぼ変わらなかった。貯留槽液量は30%増加し, 日変動係数は32→27%に低下した。最終放流水の全窒素濃度は2018年度が 5.6 mg/L と高く, 平均では $3.5 \rightarrow 4.2 \text{ mg/L}$ と上昇した。

4. お わ り に

本研究では, し尿処理施設の投入量変更に関して, 新たにその決定根拠となる項目を定め, 変更の提案を

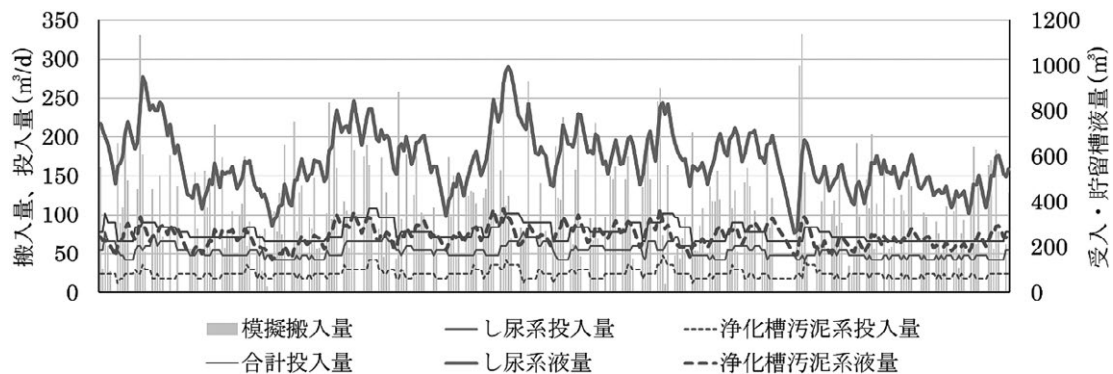
Table 1 Chart of determining the influent flow in the case of fecal sludge system

※1	条件 (偽の場合, 次の行へ)				真の場合 投入量 Q_F
	カレンダー				
	前日	当日	翌日	翌々日	
1				$W_F < 24Q_F$	$W_F/24$ (枯渇)
2		休日		-	Q_F
3	休日		平日	$H_F W_F / V_F > M_F + \Delta M_{A2}$	$Q_F + \Delta Q_{F2}$ ↑ ↑
5	休日		平日	$W_F / V_F > W_J / V_J$, $H_F W_F / V_F > M_F + \Delta M_{A1}$	$Q_F + \Delta Q_{F1}$ ↑
7		水・木		$H_F W_F / V_F > M_F + \Delta M_{A3}$	$Q_F + \Delta Q_{F3}$ ↑ ↑ ↑
9		水・木		$W_F / V_F > W_J / V_J$, $H_F W_F / V_F > M_F + \Delta M_{A2}$	$Q_F + \Delta Q_{F2}$ ↑ ↑
11				$H_F W_F / V_F > M_F + \Delta M_{A1}$, $H_J W_J / V_J < M_J - \Delta M_{B1}$	$Q_F + \Delta Q_{F1}$ ↑
13			休日 休日	-	Q_F
14				$W_F / V_F > W_J / V_J$, (整数比で) W_F / W_J 比 > Q_F / Q_J 比, 又は W_J / W_F 比 < Q_J / Q_F 比	$Q_F + \Delta Q_{F1}$ ↑
16				-	Q_F

V_F : し尿系槽容量 (m^3)	$= V_1 + V_2 + V_3 + V_4$
W_F : し尿系の現在の液量 (m^3)	$= W_1 + W_2 + W_3 + W_4$
H_F : し尿系有効液位 (m) ※3	8.7 m
M_F : し尿系基準液位 (m)	初期値 3.0m
$\Delta M_{A(B)1-3}$: 基準液位からの変位 A: 高位 B: 低位 第1~3幅 (m)	0.2, 0.5, 1.3 m
Q_F : し尿系投入量 (m^3/h)	
ΔQ_{F1-3} : し尿系投入量変更量 第1~3幅 (m^3/h)	0.25, 0.50, 1.00 m^3/h

※1 条件 4, 6, 8, 10, 12, 15 は投入量を下げる場合で、一つ上の行と対称のため省略。

※2 F: し尿系, J: 浄化槽汚泥系 ※3 一つの槽と考えたときの、仮想の有効水深

**Fig. 3** Input (bar), Influent flow (thin line), and Storage amount (thick line) simulation

与える仕組みを構築した。この決定プロセスは現時点で8割程度の精度しかなく不備が残るが、プロセスを作り上げたことそのものが今回の研究の成果と考えている。

今後は運用の中で出てきた問題点を改善していくとともに、投入量変更にとどまらず自動制御による運転管理を見据えた研究を進めていきたい。