

〈研究発表〉

し尿処理における助燃剤とリン資源同時回収システムの運用報告

楠本 勝子¹⁾, 増山 貴明²⁾

¹⁾水ing(株) 研究開発センター
(〒251-8502 神奈川県藤沢市本藤沢4-2-1 E-mail: kusumoto.katsuko@swing-w.com)

²⁾水ing(株) 資源化技術部
(〒108-8470 東京都港区港南1-7-18 E-mail: masuyama.takaaki@swing-w.com)

概要

汚泥再生処理センターは、従来のし尿処理施設の機能に加えて有機性廃棄物を受け入れて資源化を行い、汚泥および有機性廃棄物の有効利用をはかる施設である。この度当社では、同一施設にて助燃剤とリン資源（リン酸マグネシウムアンモニウム）の両方をし尿から回収できる方式を開発し、本方式を具す施設として「五條市新し尿処理施設（五條市クリーン・オアシス）」を2015年4月より、また「備前市汚泥再生処理センター」を2016年4月より実稼働させた。本稿ではこれら二施設の処理方式の概要と運用実績を併せて報告する。

キーワード：し尿処理、汚泥資源化、助燃剤、リン回収（MAP）

原稿受付 2016.6.30

EICA: 21(2・3) 110-113

1. はじめに

汚泥再生処理センターは、従来のし尿処理施設の機能に加えて、生ごみや農業集落排水汚泥等の有機性廃棄物を受け入れ、施設で発生する汚泥や排水中のリン等の資源化を行い、汚泥および有機性廃棄物の有効利用をはかる施設である。すなわち汚泥再生処理センターとは、し尿や浄化槽汚泥等（以下し尿等）を処理する設備と、汚泥等の資源化設備とを組み合わせ構成される。

資源化設備は、施設で発生する汚泥や有機性廃棄物の全部または一部を使用目的にあった性状の資源化物質に再生し有機資源の利用を図るものである。具体的には、メタン回収設備、汚泥助燃剤化設備、リン回収設備、堆肥化設備、乾燥設備、炭化設備等が挙げられる。資源化設備を選定する際、地域の実情に即したものであること、より多くの資源回収ができること、が条件として求められる¹⁾。

当社ではこの二つの条件を満たす処理方式として、同一施設にて助燃剤とリン資源（リン酸マグネシウムアンモニウム、以下MAPとする）の両方をし尿から回収できる方式を開発し、本方式を具す施設として「五條市新し尿処理施設（五條市クリーン・オアシス、以下五條市施設と表記）」を2015年4月より、また「備前市汚泥再生処理センター（備前市衛生センター、以下備前市施設と表記）」を2016年4月より実稼働させている。

本稿では、これら二施設の処理方式の概要と試運転期間の運用実績を報告する。

2. 施設概要

2.1 処理能力

Table 1に報告対象とする施設の概要を示す。

処理能力は、五條市施設が48 kL/日、備前市施設が34 kL/日である。

Table 1 Outline of the facilities

	五條市クリーン・オアシス	備前市衛生センター
処理能力	48 kL/日 し尿:15 kL/日 浄化槽汚泥:33 kL/日 (有機性廃棄物を含む)	34 kL/日 し尿:10 kL/日 浄化槽汚泥:24 kL/日 (有機性廃棄物を含む)
竣工年月	平成27年3月	平成28年3月
処理方式	直接脱水+高負荷脱窒素 処理方式(下水道放流)	直接脱水+希釈下水道放流

2.2 処理方式

(1) 五條市クリーン・オアシス

Fig. 1に五條市施設の処理フローを示す。

処理施設には、区域内で収集されたし尿等がバキューム車両にて搬入される。し尿等は受入槽へ一旦貯留し、破砕ポンプで破砕移送しながら前処理設備でし渣を除去した後に貯留槽へ貯留する。除渣し尿等は、硝化脱窒素処理設備から発生する余剰汚泥と混合し、脱水機にて脱水汚泥、濃縮分離液および脱水分離液に分離する。ここで発生する脱水汚泥は、含水率が70%以下と低く助燃剤として利用可能である。濃縮分離液はリン回収設備にてリンをMAPとして回収し、リン回収後の処理水は分離液槽に移送する。分離液槽では脱水分離液とリン回収処理水を混合貯留した後、

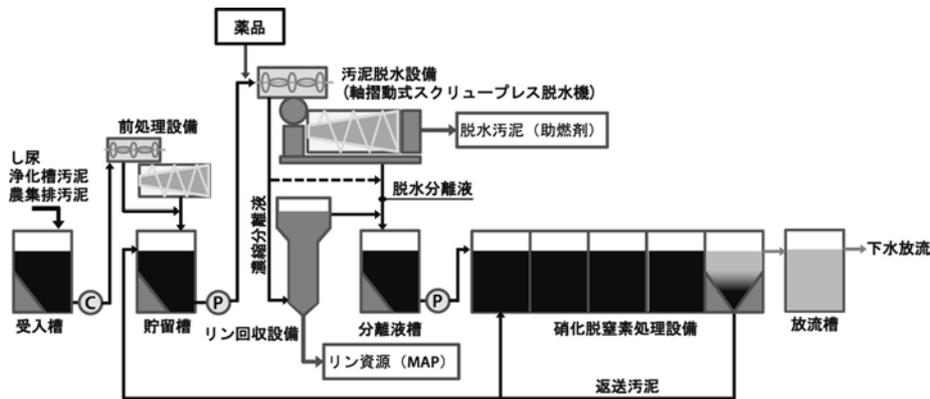


Fig. 1 Processing flow of Gojo Clean Oasis

硝化脱窒素処理設備へ投入，処理する。

Fig. 1 に示すように，直接脱水+高負荷脱窒素処理方式の場合，生物処理の前段でし尿等を脱水することで投入汚濁負荷が下がり硝化脱窒素処理設備の省スペース化，省エネルギー化を図ることができるが，BOD/N 比も低下するため脱窒反応に必要な水素供与体（主にメタノール）を外部から添加する必要がある。

本施設では，し尿等の一部を脱水せずに直接硝化脱窒素処理設備へ投入する，投入汚濁負荷制御システムを採用した。これにより BOD/N 比が改善しメタノールの添加量を低減することが可能となる。

硝化脱窒素処理後の処理水は，五條市公共下水道を經由して，隣接する奈良県吉野川浄水センターにて最終処理した後，公共水域に放流する。

(2) 備前市衛生センター

備前市施設の処理フローは五條市施設に準じるが，硝化脱窒素処理設備を設けておらず，分離液槽に貯留したリン回収処理水および脱水分離液の混合液を市水で希釈して備前市公共下水道に放流する。その後，備前浄化センターにて最終処理した後，公共水域に放流する。

2.3 本施設の特徴

紹介する二施設の特徴は二種類の資源化設備を具備している点である。以下に資源化設備の詳細を記す。

(1) 助燃剤化設備

汚泥助燃剤化とは，高効率な脱水機を用いて含水率が70%程度の脱水汚泥を得，熱回収施設のごみ焼却炉に投入し補助燃料を要さず燃焼を行い，電気及び燃料の使用量を低減するものである¹⁾。

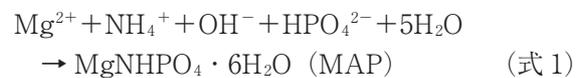
報告する二施設では，脱水用薬品に無機凝集剤（ポリ硫酸第二鉄）と高分子凝集剤（ポリマ）を用い，高効率脱水機に助燃剤化対応の実績台数が多い軸摺動式スクリーブレス脱水機を採用している。また，し尿等を生物処理の前段で脱水するため，余剰汚泥だけの脱水汚泥よりも熱量が高く，ごみ焼却炉での燃料使用

量低減により多く寄与できる。

(2) リン回収設備

二施設ともリン回収の手法として MAP 晶析法を採用し，濃縮分離液（リン回収原水）中のリン酸態リンを MAP として回収している。

MAP 晶析用リアクタには流動層リアクタを採用した。リアクタ内には結晶生成の核になる種晶が充填されており，リンとアンモニアを含有する原水に，原水 PO₄-P に対してモル当量のマグネシウムを添加し，さらに pH を調整してリアクタ下部から通水することで，種晶の表面に次式で示す晶析反応が進行する（式 1）。生成 MAP を系外に排出することでリンが回収される。



濃縮分離液にはし尿等に含まれるリンとアンモニアが残存しており，生物処理水を原水とするよりも効率よくリンを回収することができる。

3. 運用実績

3.1 試運転期間

五條市施設は 2015 年 1 月 6 日から 3 月 15 日までの 69 日間，備前市施設は 2016 年 1 月 19 日から 2 月 29 日までの 42 日間を，それぞれ試運転期間とし，期間中は搬入計画量の全量を受け入れて運用を行った。

3.2 搬入量

Fig. 2-1 および Fig. 2-2 に試運転期間中，二施設に搬入されたし尿等の量を示す。なおし尿等の搬入は，原則として月曜日から金曜日までの週 5 日で行われるため，搬入日あたりの計画搬入量は計画処理能力に 7/5 を乗じた値となり，五條市施設では 67.2 kL/日，備前市施設では 47.6 kL/日となる。

計画値と比較すると，五條市施設はし尿の搬入比率

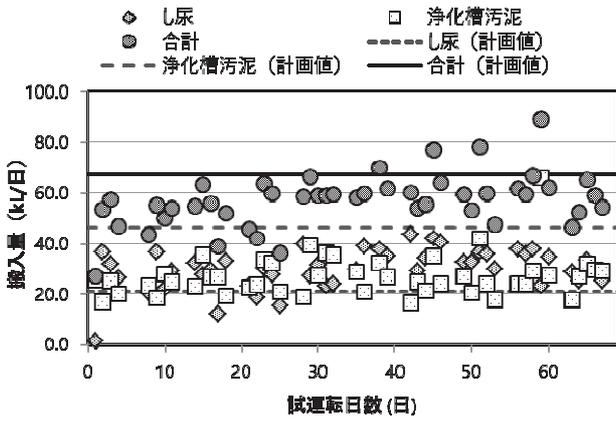


Fig. 2-1 Brought-in night soil into Gojo-city Clean Oasis

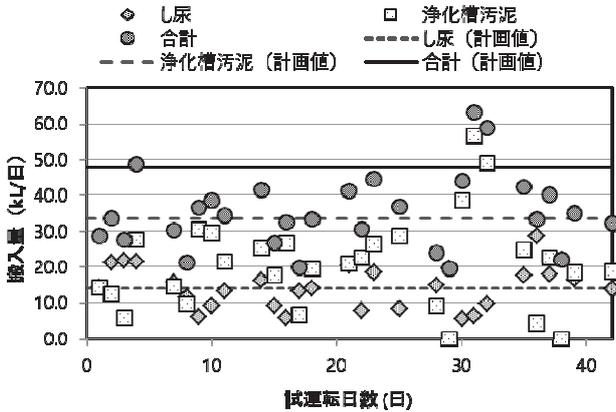


Fig. 2-2 Brought-in night soil into Bizen-city treatment center

が高く、搬入量の合計値はほぼ計画値と一致していた。

備前市施設はし尿、浄化槽汚泥ともに搬入量のばらつきが大きいですが、期間中を通してし尿の搬入比率が高く浄化槽汚泥は計画値を大きく下回っており、搬入量の合計値も計画値を下回っていた。

3.3 汚泥脱水設備（助燃剤化設備）

Table 2 に五條市施設ならび備前市施設の汚泥脱水設備（助燃剤化設備）における処理汚泥量、処理汚泥濃度、処理固形物量、無機凝集剤添加率、高分子凝集

Table 2 Operational data at sludge dehydration facility (Mean ± 2SE)

	五條市クリーン・オアシス	備前市衛生センター
処理汚泥量 (m ³ /日)	76.9±7.9	30.3±3.9
処理汚泥濃度 (kg-SS/m ³)	10.7±0.5	7.97±0.86
処理固形物量 (kg-SS/日)	820±87	236±39
無機凝集剤添加率 (%-Fe/kg-SS)	1.79±0.13	1.40±0.32
高分子凝集剤添加率 (%/kg-SS)	1.20±0.07	2.27±0.20
脱水汚泥含水率 (%)	65.9±7.9	65.5±0.8

剤添加率、脱水汚泥含水率の平均値を示す。

二施設とも処理汚泥量ならび処理汚泥濃度に著しい変動が見られたが、脱水汚泥含水率は継続的に 70% 以下を達成しており、得られた脱水汚泥が助燃剤として利用可能であることが確認できた。

3.4 リン回収設備

(1) 評価指標

リン回収設備の運転実績を評価する上で使用する指標を以下に定義する。

① MAP 化率

原水中の PO₄-P のうち MAP 化できた量の比率を表し、式 2 のとおりとする。

$$\text{MAP化率 (\%)} = \frac{\text{除去PO}_4\text{-P}}{\text{リン回収原水PO}_4\text{-P}} \times 100 \quad \text{(式 2)}$$

② リン回収率

原水中の PO₄-P のうち MAP 化し、かつ回収できた量の比率を表し、式 3 のとおりとする。

$$\text{リン回収率 (\%)} = \frac{\text{除去PO}_4\text{-P}}{\text{リン回収原水PO}_4\text{-P}} \times 100 \quad \text{(式 3)}$$

(2) 運転実績

Fig. 3 に五條市施設におけるリン回収設備の処理データを、Table 3 に五條市施設ならび備前市施設のリン回収設備運転実績を示す。

期間中、五條市施設におけるリン回収原水の T-P 平均値は 52.5 mg/L、PO₄-P 平均値は 37.2 mg/L であった。これに対し、リン回収処理水の T-P 平均値は 17.1 mg/L、PO₄-P 平均値は 6.5 mg/L、MAP 化率の平均は 82.5% となり、最終的なリン回収率の平均

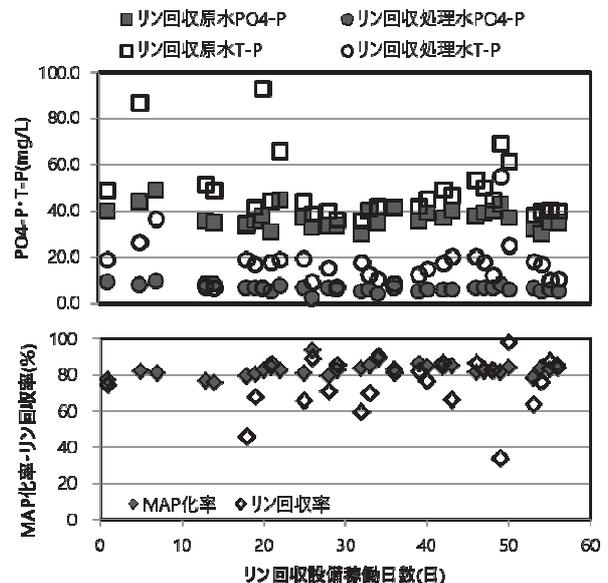


Fig. 3 Upper: PO₄-P and T-P profile at before and after phosphorus recovery, Bottom: phosphorus recovery percentage

Table 3 Operational data at phosphorus recovery system (Mean±2SE)

	五條市クリーン・オアシス	備前市衛生センター
リン回収原水PO ₄ -P (mg/L)	37.2±1.6	36.2±4.6
リン回収原水T-P (mg/L)	52.5±9.2	—
リン回収処理水PO ₄ -P (mg/L)	6.53±0.55	8.16±2.73
リン回収処理水T-P (mg/L)	17.1±3.5	—
反応pH (-)	8.36±0.09	8.61±0.19
MAP化率 (%)	82.5±1.3	74.8±12.0
リン回収率 (%)	75.5±4.4	—
原水処理量 (m ³ /日)	41.5±5.0	16.9±4.7
MAP回収量 (kg/日)	9.24±1.34	—

値は75.5%となった。リン回収率がMAP化率よりも低い値となったのは、晶析したMAPの一部が処理水内に流出してしまい全量回収できなかったことによる。また、PO₄-P除去量から試算したMAP回収量の平均値は9.2 kg/日であり実際に試算に近い量のMAPを回収することができた。

備前市施設におけるリン回収原水のPO₄-P平均値は36.2 mg/Lであった。これに対し、リン回収処理水のPO₄-P平均値は8.2 mg/L、MAP化率の平均は74.8%となった。なお、備前市施設でリンの分析はPO₄-Pのみであったためリン回収率、MAP回収量の試算は行っていない。五條市と比較して備前市のMAP化率が低かった原因としては、原水処理量が定格処理量より少なく、結果としてリアクタ内の流動が弱くなり、原水中のPO₄-Pが一部未反応のまま流出した可能性が考えられる。

両施設とも、回収したMAPは肥料取締法に基づく化成肥料の公定規格を満足することを確認している。

3.5 硝化脱窒素処理設備

五條市施設における硝化脱窒素処理設備の運転実績について述べる。

五條市施設では試運転開始と同時に搬入計画量の全量を受け入れており、硝化脱窒素処理設備もほぼ定格負荷量にて立上げを行った。**Fig. 4**に硝化槽における水温、DO、pHを示す。種汚泥の馴致期間は約3週間程度であり、馴致期間後のDO、pHは安定しており、生物処理の進行に伴い水温の上昇が確認された。

処理水の放流は硝化脱窒素処理開始10日後より開始した。**Fig. 5**に放流水の水質データを示す。馴致期間後は安定した処理水質が得られており、平均水質はSS: 65.2 mg/L、T-N: 51.3 mg/L、T-P: 8.5 mg/L、BOD: 48.7 mg/Lと奈良県流域下水道し尿受入水質基準を満足している。

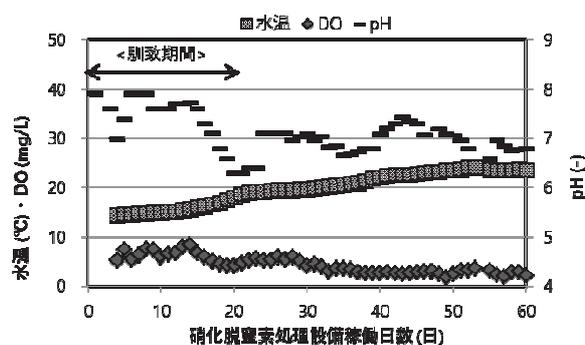


Fig. 4 Operational data at nitrification tank

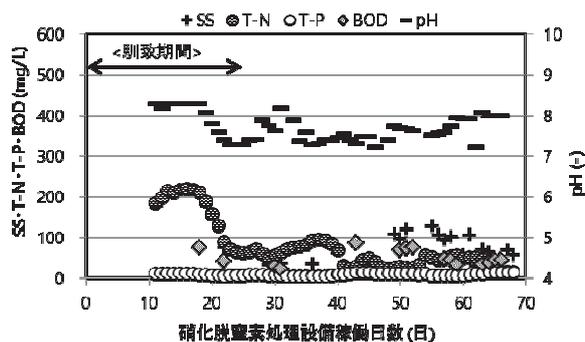


Fig. 5 Effluent water quality

また投入汚濁負荷制御システムの採用により、システムを採用しない場合と比較して、メタノールの必要添加量を約30%削減した。

4. ま と め

同一の汚泥再生処理センターにてし尿等から助燃剤とリン資源の両方を回収できる方式を具す二施設について運用実績をまとめたところ、以下の実績を得た。

- ① 汚泥脱水設備から発生する脱水汚泥の含水率は安定して70%以下であり、助燃剤として利用することが可能である。
- ② 濃縮分離液からリンをMAPとして回収することが可能であり、回収したMAPは肥料取締法に基づく化成肥料の公定規格を満足する品質である。
- ③ 資源化設備の後段に硝化脱窒素処理設備を設けた場合、奈良県流域下水道し尿受入水質基準を満足する処理水質が得られた。

謝 辞

本報告掲載の調査内容は五條市クリーン・オアシスならび備前市衛生センターにご協力頂いたものである。両市の関係者各位に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 社団法人全国都市清掃会議：汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領 2006改訂版