

し尿・浄化槽汚泥からの リン回収・利活用の手引き

平成 25 年 3 月

環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部
廃棄物対策課



リサイクル適性の表示：紙へリサイクル可
本冊子の本文は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔Aランク〕のみを、また表紙は〔Cランク〕を用いて作製しています。

この製品の本文は、古紙パルプ配合率70%の再生紙を使用しています。このマークは、3R活動推進フォーラムが定めた表示方法に則って自主的に表示しています。

し尿・浄化槽汚泥からの
リン回収・利活用の手引き

平成 25 年 3 月

環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部
廃棄物対策課

目 次

1. はじめに	1
1.1 目的	1
1.2 手引きの構成	2
1.3 用語の解説	3
2. リン資源に関する情報	5
2.1 リン酸質肥料等の状況	5
2.2 リンの資産価値とリン回収の意義	8
2.3 し尿・浄化槽汚泥中のリン賦存量	9
2.4 し尿・浄化槽汚泥からのリン回収の課題	9
3. リン回収技術	10
3.1 し尿・浄化槽汚泥からのリン回収適用技術	10
3.2 H A P法の原理と特徴	11
3.3 M A P法の原理と特徴	13
4. リン回収技術の導入検討	17
4.1 汚泥再生処理センター等の資源化技術	17
4.2 リン回収導入の検討項目と手順	20
4.3 リン回収技術の選定方法	20
4.3.1 資源化方式の選定・評価	20
4.3.2 一次選定	21
4.3.3 二次選定	26
4.4 リン回収設備のコスト	26
4.4.1 リン回収設備のコスト(試算例)	26
4.5 回収物受入先の調査(需要調査)	32
4.5.1 製品受入先の調査	32
4.5.2 受入条件	32
4.5.3 肥料取締法	33
4.6 C O ₂ 排出量	37
4.6.1 C O ₂ 排出量の算出条件	38
5. 稼働中のし尿処理施設におけるリン回収設備の増設の可能性	45
5.1 リン回収設備増設の可能性	45
5.2 し尿処理方式とリン回収の適応性	51
5.3 リン回収増設のケーススタディ	55
6. リン回収設備の整備計画	57
6.1 施設計画条件	57
6.1.1 H A P設備	58
6.1.2 H A P設備の仕様等	58
6.1.3 M A P設備	59

6.1.4 M A P 設備の仕様等	60
6.2 仕様書策定上の留意事項等	61
7. 効率的なリン利活用システムの構築.....	67
7.1 リン回収型し尿処理施設等の立地条件	67
7.2 広域連携・事業連携.....	68
7.3 効率的な利活用システム確立と流通経路	70
7.4 し尿・浄化槽汚泥におけるリン利活用の手順	72
添付資料	73

添付資料

- 資料－1) 肥料価格高騰に対応した肥料コスト低減に向けた取組の強化について
(平成 20 年 7 月 10 日)
- 資料－2) 生活排水処理におけるリン回収技術の一覧
- 資料－3) りん酸質肥料メーカー及び化成肥料メーカー一覧
- 資料－4) リン回収設備コスト算定データ
- 資料－5) リン回収設備 C O₂ 算定データ
- 資料－6) 資源化方式によるコスト，C O₂ 排出量算定データ

1. はじめに

1.1 目的

本手引きは、し尿処理施設においてし尿・浄化槽汚泥からのリン回収システムの導入を検討する市町村等（一部事務組合を含む）の担当者を対象として、リン回収に関する基礎的情報及び導入検討に必要な技術的事項を整理すると共に、検討手順や実施例を提供して、市町村がリン回収・利活用を進める際の手引きとすることを目的としている。

し尿処理施設におけるリン回収システムの導入は、回収リンを肥料として利用することが可能であると共に、リン除去に用いる凝集剤等の薬剤の減量や発生汚泥量の削減を見込めることから、処理に係る維持管理費やCO₂排出量の削減効果もあり、資源化、コスト削減、環境保全対策を期待することができる処理システムである。

リンは全ての生物にとって欠くことのできない必須元素である。しかし、リン資源は限られた国に偏在しており、我が国はリンの供給を全量輸入に頼っている。近年、新興国の経済発展や世界的な食糧需要の急増により肥料原料としてのリン鉱石の需要が増大していることや、リン鉱石の主要産出国による輸出規制の影響等により、リン鉱石の輸入価格は大きく変動している。また、リン資源の将来的な枯渇の可能性も指摘されている。このような中、資源安全保障の観点から、国内で利用されないまま廃棄されているリンのリサイクルについて、産官学が連携して取り組むべきとの議論が高まっている。

し尿・浄化槽汚泥はリンを比較的高濃度に含んでいるという特徴があり、技術的にもHAP（ヒドロキシアパタイト）法やMAP（リン酸マグネシウムアンモニウム）法などによりリン酸塩の回収が可能であることから、未利用資源のひとつとして期待されている。また、し尿処理施設におけるリン回収は、閉鎖性水域の富栄養化防止等の観点からも重要とされている。

国内でも、リン回収システムを持つし尿処理施設が稼働しているが、リン回収が汚泥再生処理センターの資源化方式の一つであることの認知度が低く、また、リン回収システム導入に向けた検討手法や、回収リンの流通ルート・需要確保が十分確立された状況とはいえない。このような状況を踏まえて、し尿処理施設におけるリン回収システムの導入と回収リンの利活用促進のための手引きを作成した。

回収リンは肥料取締法の副産りん酸肥料、化成肥料の公定規格に合致すれば製品としての流通が可能で、さらにリン除去に用いる凝集剤等の薬剤の減量や発生汚泥量の削減を見込める。このように、し尿処理施設におけるリン回収システムの導入は、処理に係る維持管理費やCO₂排出量の削減効果もあり、資源化、コスト削減、環境保全対策を期待することができる処理システムである。

1.2 手引きの構成

手引きの構成は図 1.1 に示すとおりである。

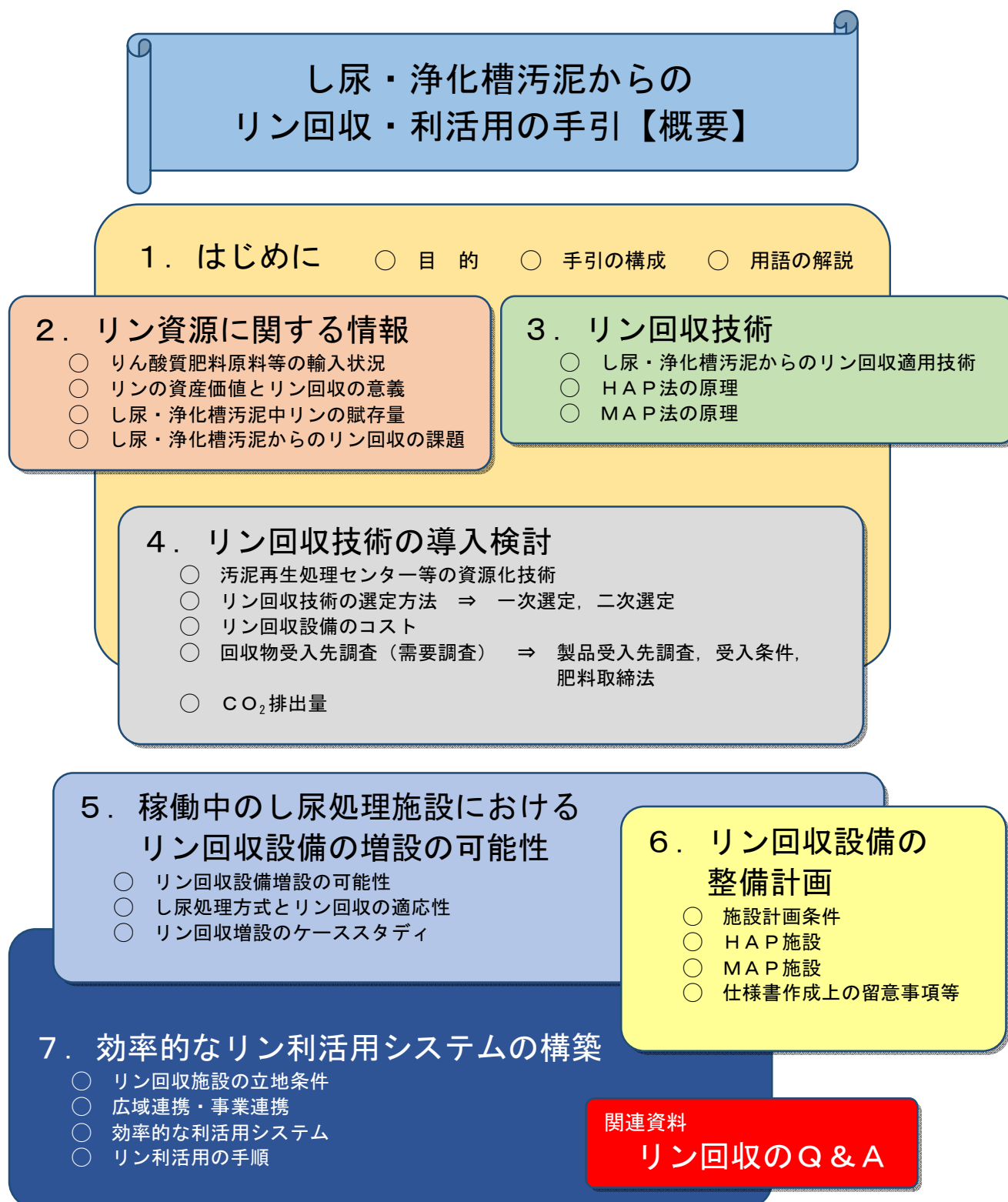


図 1.1 本手引きの構成

1.3 用語の解説

本手引きに用いた用語の解説を以下に示す。

- (1) し尿処理施設におけるリン回収システム
汚泥再生処理センター（し尿処理施設）においてリン回収設備を備えたシステムをいう。
- (2) リン，りん
「リン」及び「りん」は，元素記号 P（原子番号 15，原子量 30.97）の窒素族元素の一つである。本手引きでは基本的に「リン」とカタカナ表記しているが，肥料取締法に規定する用語はひらがな表記で「りん」としている。
- (3) 汚泥再生処理センター
し尿，浄化槽汚泥及び生ごみ等の有機性廃棄物を併せて処理するとともに，資源を回収するし尿処理施設をいい，水処理設備，資源化設備及び脱臭設備等の附属設備で構成される。
- (4) H A P 法
リン酸を含む汚水の生物処理水に対して，晶析槽においてカルシウム剤を添加し，pH 調整をすることにより H A P（ヒドロキシアパタイト， $(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2)$ ）の結晶を析出させる方法である。
- (5) M A P 法
リン酸を含む汚水等にマグネシウム剤を添加し，アンモニアの存在下でし尿等に含まれるリン酸と反応させて，M A P（リン酸マグネシウムアンモニウム， $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）として晶析槽で析出させる方法である。
- (6) 資源化方式
汚泥再生処理センターにおいて，生ごみ等の有機性廃棄物及び水処理設備から発生する汚泥や水処理設備の排水中のリン等を資源化する設備の方式をいう。メタン発酵，汚泥助燃剤化，堆肥化，乾燥・炭化及びリン回収等がある。
- (7) CO_2 排出量
生産活動に伴う電力や化石燃料等の消費により排出される CO_2 （二酸化炭素）の発生量をいう。
- (8) 副産りん酸肥料，化成肥料
肥料取締法で区分される肥料の種類。副産りん酸肥料は食品工業，化学工業又は下水道終末処理場その他の排水の脱リン処理に伴い副産されるものをいい，H A P がこれに該当する。また，化成肥料は窒素，リン酸，カリのいずれか 2 成分以上を含み，化学反応により製造されたもので，M A P がこれに該当する。
- (9) スtockマネジメント
廃棄物処理施設などの社会資本のストックにおいて，求められる性能水準を保ちつつ長寿命化を図り，ライフサイクルコストを低減するための技術体系及び管理手法の総称である。
- (10) 長寿命化計画
適切な保全計画の運用に加えて必要となる基幹的設備や機器の更新整備などの延命

化対策に関する計画をいう。

(11) 基幹的設備改良事業

主処理設備，汚泥処理設備，資源化設備，脱臭設備など，し尿処理施設を構成する重要な設備や機器について，概ね 10～15 年ごとに実施する大規模な改良事業である。また，循環型社会形成推進交付金事業では，更新に伴い施設全体のCO₂排出量が3%以上改善できるものを交付金事業対象としている。

2. リン資源に関する情報

2.1 リン酸質肥料等の状況

肥料に用いるリン資源は国内では産出しないため、リン鉱石及びリン酸系肥料（りん酸質肥料及びりん安）として輸入されている。平成 20(2008)年、平成 21(2009)年には輸入単価が急騰したことから、リン資源を確保する上で課題となっており、生活排水等の未利用リン資源の回収・利活用がクローズアップされ始めた。平成 22(2010)年には高騰が収まりつつあるものの高騰前の水準には戻っていない。また、国内のリン酸質肥料の価格は、高騰前の水準に戻らずに高止まりしている状況にある。

リン酸系肥料の原材料となるリン鉱石及びりん安の輸入量は減少傾向にあるが、りん酸質肥料の輸入量は増加傾向にある。原材料の減少傾向は輸出国の国内優先策や輸出禁止措置によるもので、原材料ではなく肥料としての輸入に代替される傾向にある。一方、日本への輸入単価を見ると、リン鉱石が平成 20(2008)年、平成 21(2009)年には平成 19(2007)年当時の 17,500 円/トンから約 4 倍に急騰しており、りん安及びりん酸質肥料も同様に値上がりしている。このように肥料及び肥料原料の価格の高騰は、リン鉱石の高騰が要因となっている。なお、平成 22(2010)年にはリン鉱石等の単価は収まっているものの急騰前の水準を上回り、値上がり傾向がみられる（図 2.1 参照）。

肥料原料の高騰の要因は、次のとおり。

➤ 需要サイド

- ・ 人口増加による食料需要の増加→肥料需要の増大
- ・ 経済発展に伴う食生活の変化（畜産物の消費増加と飼料の需要増）→肥料需要の増大（特に BRICS）

➤ 供給サイド

- ・ 資源の偏在：平成 21(2009)年はヨルダン、中国、ロシア、モロッコ、ベトナムの 5 カ国で日本の輸入量の 98.2%
- ・ 中国等の主要産出国における国内需要優先政策

中国：リン鉱石等に対して肥料確保を図るとして平成 20 年 5 月に 100%の特別関税（既存の輸出関税と併せて 120%）、国際市況の緩和につれて特別関税の税率が低下し平成 21 年 7 月以降は特別関税廃止（輸出関税は 35%）。平成 22 年には第 12 次 5 ヶ年計画でリン鉱石資源を重点項目に設定。

米国：米国のリン鉱石輸出禁止で、平成 11 年にはほぼ 0。

- ・ 大手サプライヤーの市場支配力強化（大手による寡占体制）

また、リンの国別輸入量は平成 21(2009)年の上半期（1～6 月）は 28.5 万トンで、その内訳は図 2.2 に示すとおりである。前年（平成 20 年）に 35%の輸入割合であった中国が 20%程度に低下し、新たにロシアからの輸入が始まっている。



(1) リン鉱石の輸入単価 (CIF 円/トン)



(2) りん安の輸入単価 (CIF 円/トン)



(3) りん酸質肥料の輸入単価 (CIF 円/トン)

図 2.1 リン鉱石及びリン酸系肥料の輸入単価の推移(出典:財務省貿易統計 HP)

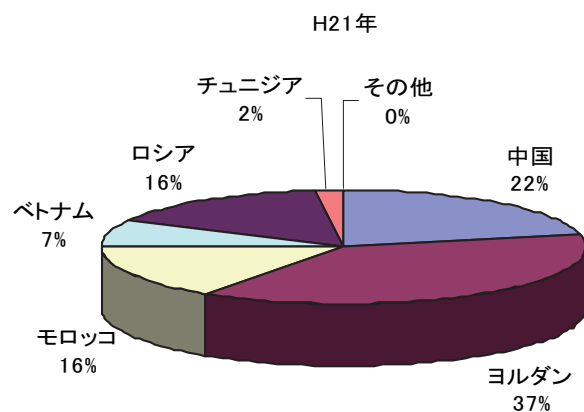
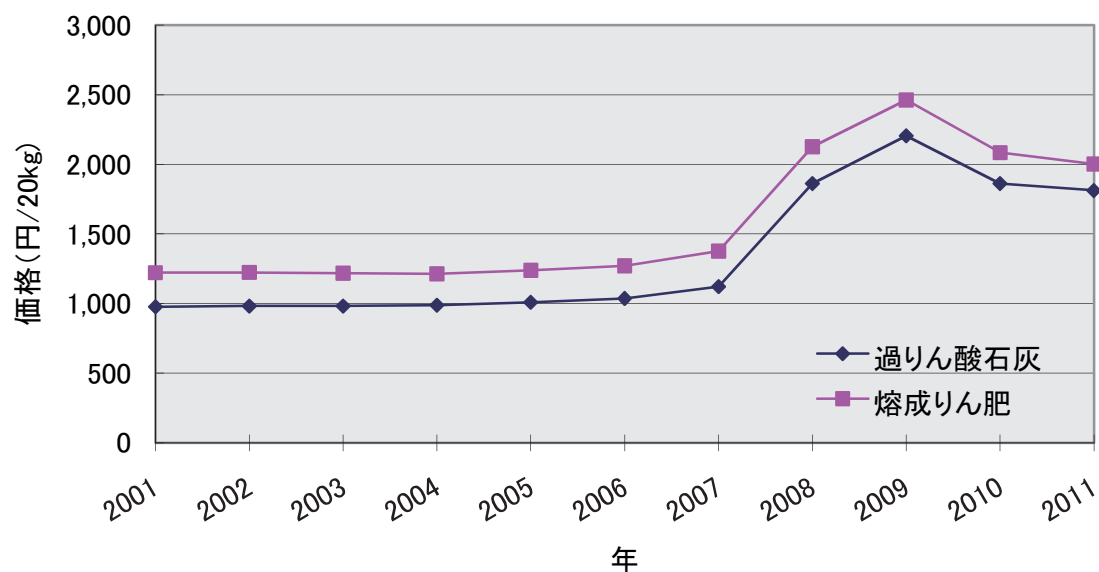


図 2.2 リン鉱石国別輸入量比率
(輸入総量 285,026 トン/年：平成 21 年上半期)

国内で使用されているリン酸系肥料の価格は、図 2.3 に示すように 2008-2009 年はリン鉱石の輸入価格の高騰の影響を受けて上昇し、2011 年以降も高騰前の水準と比較して 150%程度の価格水準に高止まりしている。



ポケット肥料要覧，農業水産統計より推計

図 2.3 肥料価格の推移

2.2 リンの資産価値とリン回収の意義

リンは、今後も国際的な需要が増加し価格上昇の恐れが再度生じる可能性がある。また、出荷制限等の輸入に係る不安定要因の打開策も不透明である。したがって、リンは生命や生産に不可欠な物質として備蓄するに値する資産価値があると考えられる。しかし、レアメタルと異なり膨大な保管量を要するので、当面は、廃棄されている未利用リン資源のリサイクルが急務と考えられ、我が国の必須資源の危機管理面で、リン回収は大きな意義があると考えられる。

リン資源事情から見た需要と供給の変動要因や国内のリン資源安定化対策状況から、リンの将来的な資産価値とリン回収の意義について次のように整理できる。

- ①海外の供給元の拡大も進んではいるが、国際的なリンの需要は今後とも増加を続け、その中で我が国は、国際的にリン資源を安定して確保できる主導的な立場にはない。したがって、我が国の生命や生産に不可欠な必須資源として、将来的にもリン資源の資産価値は不変であり、むしろ危機管理面での安定化対策の重要性は増すものと考えられる。
- ②今後リンの主要内需であるりん酸質肥料を確保するうえで、自主的に実施できる対策は、国内未利用資源のリサイクルと考えられる。備蓄も想定されるが、リン資源の輸入量から見て膨大な保管量を要すると考えられるため、現状では実質的な安定化対策とは言い難い面がある。
- ③したがって、未利用資源である国内廃棄物からのなお一層効率的なリサイクル推進体制や回収技術の進展・開発への取り組みが強く求められる。
- ④なお、リン回収は、リン資源の枯渇があり輸入による資源の安定確保が難しくなる場合の対策として実施されていることにも留意する必要がある。

2.3 し尿・浄化槽汚泥中のリン賦存量

し尿・浄化槽汚泥中のリン賦存量は、平成 22 年度のし尿・浄化槽汚泥の排出量から算定して年間約 5 千トン（表 2.1 参照）と推計されるが、し尿処理施設・汚泥再生処理センターに持ち込まれたリンの多くは回収・利用されることなく、汚泥として処分されている。

「日本の廃棄物処理 平成 22 年度版」から試算した場合のし尿・浄化槽汚泥中のリン賦存量を、表 2.1 に示す。し尿処理施設・汚泥再生センターに持ち込まれるし尿・浄化槽汚泥に含有されているリン濃度は高いが（下水の 40 倍くらい）、し尿処理施設・汚泥再生センターに持ち込まれたし尿・浄化槽汚泥は、堆肥や乾燥汚泥として一部が農業利用されているものの、大部分は回収・利用されることなく、焼却や埋立処分されている。

表 2.1 し尿・浄化槽汚泥中のリン

項 目	し尿・浄化槽汚泥量		リン濃度 mg/L	リン含有量 t/年
	千kL/年	%		
し尿	8,493	36.5	350	2,973
浄化槽汚泥	14,788	63.5	130	1,922
合計	23,281	100.0	—	4,895

※し尿・浄化槽汚泥量は「日本の廃棄物処理 平成22年度版」

※リン濃度は「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」搬入時の平均値

2.4 し尿・浄化槽汚泥からのリン回収の課題

し尿・浄化槽汚泥からのリン回収を実施するうえでの課題を整理し、以下に示す。

- ① 資源化方式の認知度が低く、ほとんどが凝集沈殿汚泥として廃棄されている。
- ② 回収リン量が小さく、流通に課題がある。

未利用、低利用のリン資源の活用促進はリン価格の高騰の中にあっては急務であり、し尿・浄化槽汚泥からのリン回収システムの社会的な要請度は高い。しかしながら、し尿・浄化槽汚泥からのリン回収の普及は進んでいない。普及のための課題として以下の2点が考えられる。

- ① し尿・浄化槽汚泥に含まれるリンは、水質保全、富栄養化防止等の観点から、リンを凝集剤で固定し汚泥として処理し、一部は堆肥化や乾燥汚泥として農業利用しているが、その他は焼却処理して焼却灰として埋立されるか又は直接埋立されている。また、リン回収が汚泥再生処理センターの資源化方式の一つであることの認知度が極めて低い（市町村アンケート結果より）。
- ② し尿中のリン濃度は下水等と比較して高いという特徴を持っているが、1施設当たりで回収可能なリンの絶対量は小さく、回収や物流にコストがかかることが想定される。

3. リン回収技術

3.1 し尿・浄化槽汚泥からのリン回収適用技術

し尿・浄化槽汚泥からのリン回収技術として種々の方法が提案されているが、現時点におけるし尿・浄化槽汚泥からのリン回収適用技術としては、以下の理由からHAP法、MAP法が有効である。

生活排水処理におけるリン回収技術としては、水処理系から回収する技術と、汚泥処理された後の脱水汚泥/焼却灰から回収する技術の2つに大別される。

液中からのリン回収技術としては、吸着剤を使う方法やHAP法、MAP法があり、MAP法に関しては、福島県双葉地方広域市町村圏組合汚泥再生処理センター（休止中）、島根県、福岡県等における下水処理場への導入事例、HAP法に関しては、秋田県仙北市汚泥再生処理センター等への導入事例がある。

また、汚泥処理系では、主に汚泥中のリンを利用する技術があり、古くから行われているコンポスト化もその技術の一つである。また近年では、焼却灰を対象としたリン回収・利用技術も開発されてきており、代表的な方法として、岐阜市下水処理場で採用されているアルカリ抽出法や還元溶融法が挙げられる。

- ① HAP法：水処理系からHAP（ヒドロキシアパタイト）を回収する技術
- ② MAP法：水処理系からMAP（リン酸マグネシウムアンモニウム）を回収する技術
- ③ 吸着脱リン法：水処理系から吸着材を用いて回収する技術
- ④ アルカリ抽出法：焼却灰からリン酸カルシウムとして回収する技術
- ⑤ 還元溶融法：焼却灰からリン酸系肥料を製造する技術

このようにし尿・浄化槽汚泥からのリン回収技術として種々の方法が提案されているが、現時点におけるし尿・浄化槽汚泥からのリン回収適用技術としては、以下の理由からHAP法、MAP法が有効である。

- ・ し尿処理施設の規模は 100kL/日程度と小さいが、し尿・浄化槽汚泥中には、200mg/L 程度の高濃度のリン（T-P）が含まれており、液中からのリン回収方法が有効である。
- ・ HAP法、MAP法は実用ないしは建設段階にある（表 3.1 参照）。
- ・ 個別のし尿処理施設から発生する汚泥の焼却灰中には比較的高濃度のリンを含有していると考えられるが、焼却灰量は少量である。
- ・ 温度が低い環境では晶析反応速度が低下して回収率が下がるが、高負荷脱窒素処理方式の汚泥再生処理センターでは、硝化脱窒素槽で温度制御され、生物処理水の温度は一定となりHAP晶析槽の反応温度に適している。

なお、余剰汚泥や凝集沈殿汚泥を焼却処理した焼却灰については、下水処理システムや肥料用のリン酸製造工程で原材料として利用されてリンを回収する事業連携の可能性もあるため、幅広いリン回収方法も併せて検討することも有効である。また、硫黄酸化細菌を用いたバクテリアリーチングによるリン酸溶出法も環境研究総合推進補助金事業で研究開発されている。

表 3.1 リン回収設備を導入している汚泥再生処理センター一覧

回収技術	施設名称	施設処理能力	設置状況
H A P 法	秋田県仙北市汚泥再生処理センター	60kL/日	平成 21 年 4 月稼働
	奈良県十津川村汚泥再生処理センター	6kL/日	平成 22 年 4 月稼働
	青森県西北五環境整備事務組合 中央クリーンセンター	162kL/日	平成 24 年 1 月稼働
	和歌山県串本町古座川町衛生施設事 務組合汚泥再生処理センター	45kL/日	平成 26 年 4 月稼働予定
	高知県四万十町（仮称）四万十町汚泥 再生処理センター	44kL/日	平成 26 年 4 月稼働予定
	愛媛県宇和島地区広域事務組合汚泥 再生処理センター	220kL/日	平成 27 年 4 月稼働予定
	三重県熊野市汚泥再生処理センター	40kL/日	平成 28 年 1 月稼働予定
M A P 法	福島県双葉地方広域市町村圏組合 汚泥再生処理センター	63kL/日	平成 23 年 4 月稼働予 定のところ現在休止中

3.2 H A P 法の原理と特徴

(1) 技術概要

<原理>

本技術は生物処理水を対象として、水中のリン酸イオンに消石灰や塩化カルシウム等のカルシウムイオン源を添加して、さらに pH を調整することで過飽和としたリン酸溶液から、ヒドロキシアパタイト ($\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$) を種結晶の表面に晶析させるものである。種結晶は時間の経過（数時間）によって徐々に成長し数十 μm に成長する。回収はこの成長した結晶を一部引き抜くことで行う。残りの結晶は晶析槽で次の反応で種結晶の役割を果たす。

<設備フロー>

H A P 法の基本的なフローを図 3.1 に示す。原水が炭酸等を多く含む水質の場合は炭酸カルシウム等を副生して、薬品コストがより多くかかるので、前段に脱炭酸槽を設ける場合がある。また、消石灰を用いればカルシウムイオンの添加と pH の調整を同時に可能であるが、それぞれを個別に調整することはできないため、塩化カルシウムと苛性ソーダの組み合わせで実施されることが多い。

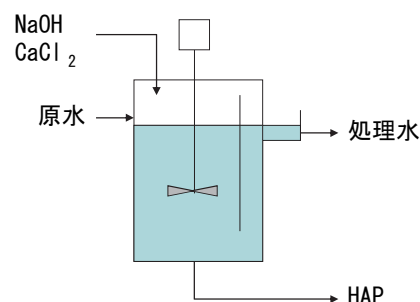


図 3.1 H A P 法の基本フロー

また、余剰汚泥を可溶化してリン及び溶解性 B O D を再溶出させ、リンを高濃度化し、さらに晶析槽を二段とすることで高度にリンを回収して、後段の凝集沈殿等のリン除去設備を不要とする処理フローも開発・検討されている。

<回収物>

回収物は晶析槽で結晶として成長している。H A P 法では生物処理水を対象としているため不純物が比較的少なく、リン酸の含有量は P_2O_5 が 30%を超える値となる。く溶性りん酸の含有率が高く肥料としての価値が高い。さらに回収物は水分を含んでいるが、粒子化しているため、沈降性・脱水性は良好で回収が容易である。

また、仙北市汚泥再生処理センター及び西北五環境整備事務組合中央クリーンセンターで回収されたH A Pについて植害試験と肥効試験を実施したところ、両試験とも良好な結果を得られ性状組成も含めて肥料登録が可能なレベルであった。仙北市では実際に肥料登録している。

表 3.2 H A P 資源化物の目標値例

項 目	目標値	肥料取締法規格
く溶性りん酸	30%以上	最低目標15%以上
ヒ素	0.004%以下	く溶性りん酸1%につき
カドミウム	0.00015%以下	く溶性りん酸1%につき
リン回収設備処理水のリン濃度(T-P)	20mg/L以下	リン回収設備流入水T-P100mg/Lのとき、リン回収設備の回収率は80%以上

出典：廃棄物処理技術検証結果書第 3 号「し尿と浄化槽汚泥からのアパタイト法によるリン回収システム」、平成 15 年 9 月（一財）日本環境衛生センター

(2) 運転管理における留意事項

- ・ 晶析槽に生物処理水を連続投入して、晶析物の引抜量で制御を行う。
- ・ アパタイト粒子濃度は 20,000mg/L 以上を目途とする。
- ・ pH は 7.5 を標準として pH 制御（アルカリ注入）し、pH 計の定期点検、補正を行う。
- ・ Ca 添加濃度は、原水の P と Ca を定期的に点検して下式により決定する。

$$2.15 \times \text{原水 P} + 100 - \text{原水 Ca} \text{ (mg/L)}$$
- ・ Ca 濃度計を設置する場合には、定期的に洗浄と補正を行う。
- ・ 晶析槽攪拌機は連続攪拌を基本として、攪拌強度を $100 \sim 650 \text{w/m}^3$ の範囲で回転数を制御できる方式（インバーター制御）とする。
- ・ 攪拌機は攪拌強度が必要以上になると、晶析槽からの微結晶H A Pの流出が起きる。定期的に流出液をサンプリングし、流出チェックを実施する。
- ・ 晶析槽は年一回程度の清掃点検を行い、槽内のスケール除去等を行う。

3.3 MAP法の原理と特徴

(1) 技術概要

<原理>

本技術は、生物処理前のし尿・浄化槽汚泥を前処理してSSを低下させた後に、水にマグネシウムイオン源を添加した上でpHを調整して、リン酸マグネシウムアンモニウム (MgNH_4PO_4) を晶析させるもので、回収はこの成長した結晶を一部引き抜くことで行い、残りの結晶は晶析槽で次の反応で種結晶の役割を果たす。回収物の粒径はHAP法に比較してかなり大きく、0.5~2mm程度であることが一般的である。MAPは、従来から、嫌気槽内や消化槽周辺設備に付着して管閉塞等を生じさせるスケールの原因となることが知られており、MAP法はそれを反応槽内の条件を調節することで積極的にスケール析出を進め回収する技術である。HAP法との違いは、アンモニウムイオンを含有するものを対象とすることである。

<設備フロー>

MAP法の基本的なフローを図3.2に示す。HAP法と同様に結晶を回収するフローのため、基本フローはHAP法と類似しており、添加薬品が水酸化マグネシウムに変わっている点異なる。また、HAP法の場合は、回収製品の径が数十 μm オーダーであったため、脱水装置が必要であったが、MAP法の場合はmm単位の結晶となるため、脱水はスクリーン程度で可能である。

し尿処理は脱窒素処理方式を採用することが多く、この方式ではアンモニアを除去してしまうため、MAPを構成するアンモニアが不足する。そのため生物処理の前段階でMAPを回収する。また、晶析槽を二段としてリン回収効率を高める方式も開発されている。

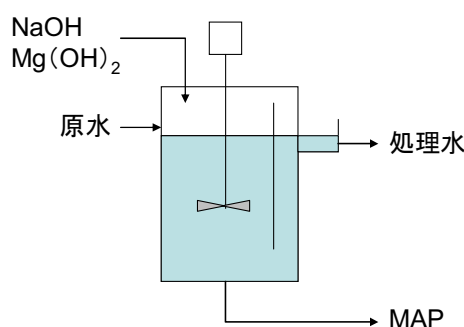


図 3.2 MAP法の基本フロー

<回収物>

回収物は、肥料の3大要素のリンと窒素、必須元素のマグネシウムを含むため、単体での肥料利用（化成肥料）が可能である。く溶性りん酸の含有率は高く（28%程度）肥料としての価値が高い。さらに回収物はHAP同様に水分を含んでいるが、粒子化しているため、沈降性・脱水性は極めて良く回収が容易である。

表 3.3 M A P 資源化物の目標値例

項 目	目標値	肥料取締法規格
く溶性りん酸	28%以上	1%以上
く溶性苦土	15%以上	1%以上
アンモニア性窒素	5%以上	1%以上
ヒ素	0.002%以下	0.002%以下
カドミウム	0.000075%以下	0.000075%以下
クロム	0.05%以下	0.05%以下
ニッケル	0.005%以下	0.005%以下
チタン	0.02%以下	0.02%以下
硫青酸化物	0.005%以下	0.005%以下
亜硝酸	0.02%以下	0.02%以下
ビウレット性窒素	0.01%以下	0.01%以下
スルファミン酸	0.005%以下	0.005%以下
リン回収設備処理水の リン濃度(PO ₄ -P)	10mg/l以下	-

出典：廃棄物処理技術検証結果書第5号「MAP法によるリン回収資源化システム」平成16年2月（財）日本環境衛生センター

(2) 運転管理における留意事項

- ・ 流入原水のリン濃度を随時把握し、水酸化マグネシウムの添加量を調整する必要がある。特に季節変動の特性を考慮し、運転条件を設定する。
- ・ 流入原水は前段における無機凝集剤での使用を最小限にするよう運転調整をする。
- ・ 流入原水のSS濃度は出来るだけ低い方がよく、1,500mg/L以下にすることが望ましい。
- ・ 長期間運転における、水酸化マグネシウムの装置内配管の溜まりを防止するため、雑用水などで定期的にブローすることが望ましい（6ヶ月から1年おき程度）。
- ・ pHは空気攪拌による酸化を考慮し8.5～9.0の範囲で管理する。
- ・ 回収MAPの分離機での歩留まりが悪い場合は、晶析槽の滞留時間を長くとるように調整する。
- ・ 一度晶析槽を空にして再運転する場合は、種MAPを晶析部容積の5～10%分添加すると、立ち上がりが早い。
- ・ 水酸化マグネシウムは比重が大きいため、常に攪拌を行うこと。
- ・ 空気攪拌は既定値以上にすると、晶析槽からのMAP流出が起きる。定期的に流出液をサンプリングし、流出チェックを実施する。
- ・ 晶析槽上部は長期間運転により、浮遊汚泥溜まりを発生する可能性がある。定期的に点検口から清掃を行う。

(参考)アルカリ抽出法の原理と特徴

(1) 技術概要

<原理>

本技術は汚泥焼却灰を対象として、灰中のリン酸 (P_2O_5) を水酸化ナトリウム溶液で抽出して、消石灰を添加してリン酸塩を固液分離して回収するものである。50～70℃程度のアルカリ溶液温水で、抽出時間は30分程度である。

<設備フロー>

灰アルカリ抽出法の基本的なフローを図3.3に示す。次の①リン抽出と②リン酸塩析出の2つの工程より成り立っている。

①リン抽出工程

焼却灰中のリンを、加温した4%程度の水酸化ナトリウム溶液により抽出して、その抽出液を固液分離することによって、リン酸イオンを多く含む抽出液とリン含有量の少ない灰に分離する工程で、基本的に二段抽出法が用いられているが、焼却灰の性状により一段抽出法を用いる場合もある。

抽出に用いる反応液の循環利用によって運転に必要な薬剤費の低減を図る。また、一連の工程に要する温度が50～70℃程度であるため、余剰低温熱源を再利用できる立地条件が有利となる。

②リン酸塩析出工程

分離したリン酸イオンを多く含む抽出液と消石灰を反応させ、固液分離することによってリン酸塩として回収し、水洗浄→濃縮→乾燥→造粒(→乾燥)の処理をする。

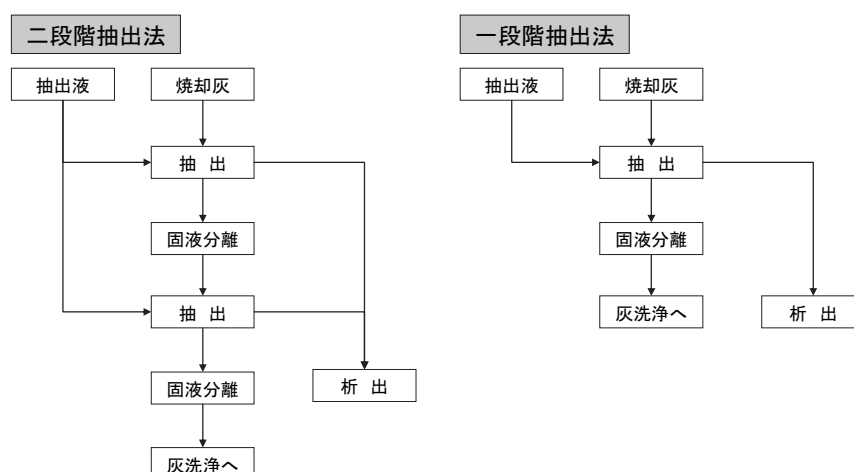


図3.3 二段階抽出法と一段階抽出法の基本フロー

<回収物>

回収物は、リン酸カルシウムを主成分とするリン酸塩である。下水汚泥焼却灰から回収したリン酸塩を副産りん酸肥料として登録して、販売している事例がある。

また、脱リン処理されてリン含有量が少ない焼却灰は、土壤環境基準および土壤含有量基準を満足している場合、セメント原料、アスファルトフィラー、下層路盤材等の建

設資材に利用可能な性状である。この処理された灰の有効利用が、採算性確保に大きな影響を及ぼす。

(2) 運転管理における留意事項

- ・ リン酸の抽出は、焼却灰中のリン濃度が高いほど有利である。原料となる焼却灰中のリン濃度を事前に調査し、最適な抽出条件での回収率を検討する。
- ・ 抽出率は、焼却灰中の鉄イオン濃度によって低下する傾向があるので、し尿処理施設の凝集薬剤に鉄系を使用する場合は、事前に検討する必要がある。なお、アルミ系の凝集薬剤は、抽出率への影響は殆どない。
- ・ 抽出操作のパラメータは、抽出液 pH、温度、抽出時間、抽出回数（一段抽出あるいは二段抽出法がある）である。標準的には、NaOH 4%、60℃、30 分、二段抽出としており、70℃程度にすることで抽出率が高まる効果がある。したがって、エネルギー使用抑制等の観点から、排熱等の熱源のある立地条件が望ましい。
- ・ 抽出液はアルカリ性であり、pH 調整後に一定量ずつ回収設備から排出するので、排水液を受入れる水処理システムが必要である。
- ・ 回収リン酸塩や脱リン処理した灰の需要家との受け入れ条件の検討
肥料メーカーでの肥料の試作といった工程が必要となる。肥料メーカーのプロセスにもよるが、10kg～50kg 程度のサンプルとしての回収リン酸塩が要求される場合が多い。設備計画に際しては、需要家ニーズとのマッチングも重要である。
- ・ 肥料や肥料原料としての流通時の留意点
回収リン酸塩の化学的な成分以外の様々な条件が、その価格や引取可否に影響を与える。導入検討の際には、これらを考慮した上で計画を立案することが不可欠である。次にその例を示す。
 - ・ 含水率
製品中の水分含有量が高いと、運搬費が嵩むことや、後工程で乾燥する場合の燃料費が増加する恐れがあるため、含水率の調整が必要である。
 - ・ 製品形状
粉体と造粒体の 2 種類のニーズがあり、それぞれの適用可能工程が異なる。
 - ・ 荷姿／輸送方法
バラ積み、フレコンバッグ、ジェットパック車輸送が選択肢として考えられる。
 - ・ 出荷頻度
年間を通じた受入が不可の場合があり、近傍にストックヤードを設けて貯蔵をする必要がある。また、輸送コストを低減させるため 10t トラックを単位とした出荷計画が望ましい。
- ・ リン回収処理後の焼却灰残渣の利用
事業の可能性を検討するうえで、脱リン処理した後の処理灰残渣の有効利用を検討することが、経済性や最終処分量を削減するためには、重要な要素となる。

4. リン回収技術の導入検討

4.1 汚泥再生処理センター等の資源化技術

リン回収は、汚泥再生処理センターの資源化技術の一つであり、循環型社会形成推進交付金の交付対象事業となっている。また、廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアルでは改良事例としても紹介されており、他の資源化との組合せが可能な資源化技術である。

(1) 循環型社会と汚泥再生処理センター

汚泥再生処理センターは従来のし尿処理施設に資源化設備を加えて、し尿や有機性廃棄物から有用物を回収・生成してリサイクル型施設とするもので、従来の衛生・環境対応型し尿処理システムから資源回収型し尿処理システムへと変換することを目指している。

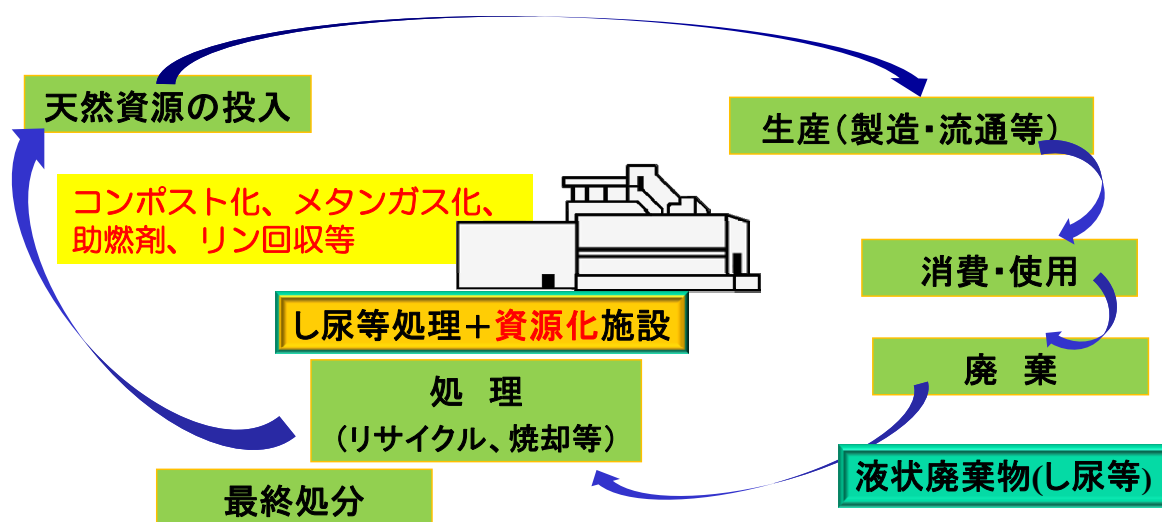


図 4.1 汚泥再生処理センターのイメージ

(2) 汚泥再生処理センターにおける資源化方式

汚泥再生処理センターは、循環型社会形成推進交付金の交付対象事業の有機性廃棄物リサイクル推進施設に該当するものである。

汚泥再生処理センターには再生利用に資する設備として資源化設備を設置する必要がある。資源化設備は「メタン発酵、堆肥化等によりエネルギーを回収する又は有効利用できる原料若しくは製品を製造する設備」（汚泥再生処理センター性能指針，H12. 10. 6, H15. 12. 19 改正）と定義されており、リン回収設備についても資源化設備に含まれる。

し尿処理関連の循環型社会形成推進交付金事業としては、表 4.1 に示すように、汚泥再生処理センターの整備事業のほか、平成 22 年度から新設された基幹的設備改良事業がある。

表 4.1 循環型社会形成推進交付金事業の概要（し尿関連）

区 分	新設（更新含む）	改良・改造
汚泥再生処理センター	○交付対象事業 有機性廃棄物リサイクル推進事業（交付率 1/3） ・廃棄物処理施設の性能指針^{※1}に適合していること ・生ごみ等の有機性廃棄物^{※2}を併せて処理 ・資源化方式；メタン発酵，助燃剤化，その他資源化（堆肥化，リン回収）	○交付対象事業 ・基幹的設備改良事業 （温暖化対策に資する施設：交付率 1/3）： 予め延命化計画を策定して改良するもので，CO₂ 3%以上削減 ・基幹的設備改良事業^{※3} （温暖化対策に資する施設：交付率 1/2）： 予め延命化計画を策定して改良するもので，CO₂ 20%以上削減
し尿処理施設	○交付金対象外	

※1 「廃棄物処理施設整備国庫補助事業に係る汚泥再生処理センター等の性能に関する指針について」

※2 生ごみ等の有機性廃棄物：生ごみ（家庭厨芥，事業系生ごみ等）や汚泥（コミプラ・農集排・下水排水処理施設からの搬出汚泥）

※3 沖縄県のみ機能回復に係る施設も交付対象

(3) 資源化方式の特徴

汚泥再生処理センターの資源化方式は，メタン発酵，助燃剤化，堆肥化，乾燥（肥料化），炭化及びリン回収等で，これらの資源化方式の概要，特徴をまとめ，表 4.2 に示す。

(4) 資源化方式の組み合わせ

リン回収は，固形物の資源化ではなくし尿・浄化槽汚泥の液中に含有される水溶性リンを回収するもので，処理汚泥等の資源化方式と組み合わせることが可能である（4.3.2 (7) 参照）。

表 4.2 汚泥等の資源化方式の特徴

項 目	メタン発酵	汚泥助燃剤化	堆肥化	乾燥・炭化	リン回収
原 理	メタン発酵は嫌気性条件で嫌気性細菌の作用により有機性廃棄物をメタン(CH₄)と二酸化炭素(CO₂)に分解する生物学的反応プロセスである。 この反応プロセスは、有機物の可溶化・加水分解と有機酸の酸発酵工程である酸生成相及び水素と酢酸生成とメタン生成工程からなるメタン生成相に分けることが出来る。	汚泥助燃剤化とは、高効率脱水機を用いて含水率を70%以下にし、その脱水汚泥を混焼率15%以下でごみ焼却施設に投入することで、補助燃料等を低減させる方法である。 発熱量の高いし渣を混合することで発熱量の向上を図ることが出来る。	堆肥化は、汚泥を好気性条件下で好気性細菌により有機物を発酵・分解させて、肥料又は土壌改良剤として利用する方法である。 発酵・分解工程は易分解性有機物の分解とその後高温域での難分解性有機物(ヘミセルロース、セルロース等)の分解の二段階に分類される。また、発酵調整等のためにおがくず、稲わら等の副資材を添加する場合もある。	乾燥は水分70~85%の脱水ケーキの水分を蒸発させ、含水率を低減させる。乾燥・減量化を図り農地還元等に用いたり、堆肥化、焼却、炭化の前処理として用いる。汚泥乾燥設備は回転式乾燥方式と気流乾燥方式がある。 炭化は有機物を乾留等により炭状にし、土壌改良剤や融雪剤等に用いる。乾留工程は外部熱及び乾留ガスを用い加熱分解する工程で、ロータリーキルン方式やスクリュー方式が用いられ、効率化を図るために、一般的に乾燥工程を設置する。	し尿処理施設では、生物の増殖利用以外の余剰のリンは無機凝集剤で固定、焼却処分等されていたが、リン回収設備は、肥料としての利用を目的に排水から回収する。 リン回収は、排水にカルシウムやマグネシウムを添加して、pH調整をすることによりリン酸を溶解度の小さいリン酸化合物として結晶化させ、固液分離により回収する晶析法が用いられ、具体化技術にはHAP(ヒドロキシアパタイト)法とMAP(リン酸マグネシウムアンモニウム)法がある。
設備フロー					
生 成 物	メタン発酵により発生するメタンガスを燃料として利用することが出来る。利用方法としては燃料利用(都市ガス、自動車燃料)やガスタービン等で発電して電力利用等が考えられる。	生成物は脱水ケーキである。	生成物は堆肥で、肥料や土壌改良剤として利用される。販売等の利用にあたっては肥料取締法の規制を受けることになり、肥料登録を要する。	乾燥汚泥を肥料等として農業利用する場合は、肥料取締法の規制を受けることになり、肥料登録を要する。 炭化した場合の生成物は無菌・無臭で長期保存が可能である。	肥料取締法の規制を受ける。 HAPは副産りん酸肥料の取扱を受け、主成分含有量として、く溶性りん酸成分が15%以上であること、有害成分の規制を受ける。 MAPは化成肥料の取扱を受け、りん酸と窒素の成分が各々1%以上、合計10%以上であることと、有害成分の規制を受ける。
必要な補機等	メタン発酵で発生するバイオガスは、60%程度のメタンガスと残りは炭酸ガスと微量の硫化水素で構成される。バイオガスを利用するためには燃焼装置保護や大気汚染防止等のために硫化水素を除去する脱硫装置を設置する必要がある。また、ガス利用を効率化するためにガスホルダーが必要となる。	利用にあたってはごみ焼却施設への搬入が条件となり、車両輸送が一般的である。 搬出装置としてホッパー等の脱水ケーキ貯留設備が必要である。	発酵分解工程は水分管理が重要であり、発酵槽に投入する前に乾燥や副資材投入により水分調整が必要である。 また、製品化にあつては、生ごみを混入した場合は精製設備(ふるい)や、利用促進のために袋詰めやペレット化等が必要となる。	乾燥には外部熱(熱源発生装置)が必要となり、燃焼に伴う排ガス処理や、乾燥工程から発生する悪臭の脱臭装置等が必要である。 また、炭化は低酸素下の燃焼工程であるが、大気汚染防止装置(集じん装置等)や脱臭装置が不可欠である。	HAP法は、晶析槽にてカルシウムとアルカリ剤により種結晶と高濃度リンを含む生物処理水を接触させる。 MAP法は、し尿等を前処理する段階で、マグネシウム剤を添加し、リン回収塔でリン酸マグネシウムアンモニウムとして回収する。
運 転 管 理 上 の 留 意 点	- メタン発酵の運転管理は、pH、温度、有機酸、アンモニア、アルカリ度等が主要な指標である。発酵工程の状態によりこれらの指標が変動するので、発酵工程に即した管理が必要となる。 - 発生するバイオガスの成分はメタン60%(±5%)と二酸化炭素40%(±5%)と言われており、ガスの成分を確認することで発酵工程を把握することが出来る。	助燃剤化の管理指標は含水率で、70%以下とすることが性能指針で定められている。	- 堆肥化は前調整プロセス、発酵プロセス、製品化プロセス毎の管理が求められる。 - 前調整プロセスでは発酵促進のために、水分調整や通気性改善のための乾燥、副資材投入、返送堆肥管理を行う。 - 発酵工程は発酵熱や水分調整のために、適切な切り替えし・攪拌が求められる。 - 製品化プロセスでは、製品粒径の均一化、夾雑物除去、荷姿や貯留量管理が重要となる。	- 乾燥汚泥を直接農業利用する場合は含水率を30%以下とすることが望ましいが、10%以下となると粉じんが生じ作業性が低下する点に留意する必要がある。 - 水分が高い場合は悪臭発生や腐敗の要因となる。 - 炭化は燃焼工程管理と同様で、酸素濃度や燃焼用空気等の管理が必要となる。 - 燃焼排ガスの規制や臭気発生等にも留意する必要がある。	- 事前に処理対象となるし尿・浄化槽汚泥のリン含有量を調査する必要がある。 - 生成物は必要に応じて水洗浄を行う等、衛生上の取扱には十分留意する。 - 両法とも、薬品投入量とリン回収率の関係を十分に把握し、投入量が過剰/過小にならないよう留意する。 - 他の方法と比較して、薬品投入量の分維持管理費が割高になる傾向がある。

4.2 リン回収導入の検討項目と手順

リン回収システム導入の計画に当たっては、次の手順で調査・検証し、総合的に検討を加えて導入計画を策定する。

- (1) リン回収技術の選定
- (2) リン回収設備のコスト
- (3) CO₂排出量
- (4) 回収物受入先の調査（需要調査）
- (5) リン回収技術の選定

リン回収方式を資源化方式として選定する評価項目は、大きく次の3項目である。

- ① 技術的实施可能性；資源化技術の確立度，資源化物の需要等
- ② 経済的实施可能性；建設費，維持管理費，財源措置（交付金事業）等
- ③ 環境保全；生活環境影響，CO₂排出量等

評価方法は，計画の熟度や事業特性により異なる点もあるが，4.3 では一般的な方法を示し，4.4以降では，その検討に必要となる，「建設費」，「維持管理費」や「CO₂排出量」の各種数値に関する基礎情報を示している。なお，計画が進み施設条件が詳細に決まった時点でこれらの諸数値は見直す必要がある。

4.3 リン回収技術の選定方法

4.3.1 資源化方式の選定・評価

資源化方式の選定に当たっては，市町村において適用可能な技術を一次選定により2～3方式に絞り込み，絞り込んだ方式を対象に経済性，環境面（CO₂排出量），市場性について詳細に評価して資源化方式を選定する。

- (1) 一次選定（適用可能技術の選定）；地域特性，搬入し尿性状，し尿処理施設等の現状，立地特性，技術の確立度等
- (2) 二次選定（定量判断）；経済性，環境面，市場性

資源化方式の選定は，考えられる資源化技術に対して市町村の状況を勘案して，適用可能な資源化方式を絞り込み（一次選定），絞り込んだ資源化方式について経済性，環境面及び資源化物の市場性等を詳細に検討（二次選定）して，市町村にとって最適な資源化方式を選定する方法が有効である。

(1) 一次選定における評価項目および内容

- ① 地域特性；し尿・浄化槽汚泥の搬入比率，将来の搬入量変動等
- ② 搬入し尿性状；リン濃度，重金属含有量等
- ③ し尿処理施設の現状；施設の老朽化等，資源化の現状等
- ④ 立地特性；処理施設の機能確保，施設設置スペースの有無，回収物の有効利用先等
- ⑤ 技術の確立度；技術の信頼性，安定稼働，運転の容易さ等

(2) 二次選定における評価項目

- ① 経済性：建設費，維持管理費
- ② 環境面：CO₂排出量
- ③ 市場性：品質，回収資源化物の需要，販売コスト

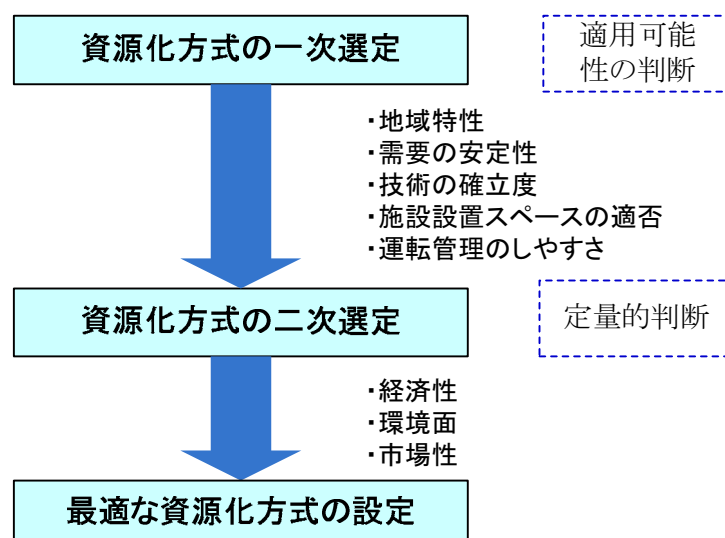


図 4.2 資源化技術の選定フロー

4.3.2 一次選定

資源化方式の一次選定における評価項目は次のとおりである。

- (1) 地域特性
- (2) し尿処理施設等の状況と搬入し尿等の性状
- (3) 立地特性
- (4) 技術の確立度等

(1) 地域特性

地域の土地利用や人口動態及び生活排水処理対策の今後の見通しに応じて、搬入し尿や浄化槽汚泥の量及び比率を想定して、資源化方式を選定する必要がある。地域特性は施設へのインプット条件を規定するばかりでなく、地産地消等に配慮した資源化方式を選定し、持続可能な施設運営を行うための重要事項である。また、浄化槽汚泥の性状もみなし浄化槽から浄化槽への転換に伴い質・量が変化すると共に、下水道の普及見通しは搬入量の変動に大きな影響を与える。

資源化技術の選定において、配慮すべき地域特性は次のとおりである。

- ① 土地利用形態の見通し
- ② 人口動態
- ③ 生活排水処理状況
- ④ 下水道整備状況

(2) し尿処理施設等の状況と搬入し尿等の性状

し尿処理の現状を基礎資料としてし尿処理施設等の状況と搬入し尿等の性状を把握する。また、施設整備事業の内容により、評価するポイントが異なるため、汚泥再生処理センター整備事業とするか基幹的設備改良事業とするか、長寿命化計画を踏まえて事業種別を明らかにする必要がある。

- ① し尿処理施設等の現状
- ② し尿・浄化槽汚泥の現状と見通し
- ③ し尿・浄化槽汚泥の性状
- ④ 事業種別

(3) 立地特性

リン回収設備の立地は、一般的な汚泥再生処理センターとしての機能面に関する立地特性と共に、資源化物の需要に係る立地特性を考慮する必要がある。汚泥再生処理センターの機能面に関する立地特性は、計画設計要領において次の項目があげられている。

- ① 必要面積及び維持管理用道路の確保
- ② 収集運搬効率
- ③ 処理水の放流先の状況
- ④ 希釈水・プロセス用水及び電力の確保
- ⑤ 周辺環境
- ⑥ 地形・地質
- ⑦ 災害等の安全性
- ⑧ 施設の将来計画及び都市発展との関係
- ⑨ 関連施設との位置関係

また、資源化方式の選定の大きな要因となる資源化物の需要に係る立地特性として、堆肥化やリン回収により農業利用する場合は、肥料としての農地が後背地に控えていることが重要である。ただし、リン回収は周辺に十分な需要が確保できない場合でも、運搬が容易なため、肥料原料として活用することも可能である。

(4) 技術の確立度

資源化技術は性能指針において、実証試験による処理能力及び連続運転実績等による安定稼働の面から性能確認することとなっている。これらの試験や実績により資源化技術の確立度を評価することが求められる。また、施設の運転管理の難易や運転管理要員の技量に適した技術の選定が肝要となる。

(5) 資源化方式ごとの留意点

資源化方式の絞り込み、評価にあたっては、方式ごとに次の点に留意する必要がある。

- ① メタン発酵；メタン発酵を採用する場合はある程度以上の生ごみ量の確保が必要である。生ごみからのメタンガス発生量が、余剰汚泥から発生するガス量より多いためである。また、発生したメタンガスを電気として利用するのか熱源として利用するかを十分に検討し、その利用方法まで明確にする必要がある。

- ② 堆肥化；堆肥として利用する場合，施肥の時期は限られるので，それ以外の期間は貯蔵しておく必要がある。堆肥を熟成期間中施設内に保管しておくのか，あるいは全量使用できない場合は残りをどのように処理するかを事前に十分検討し，設備能力の検討をする必要がある。
- ③ 助燃剤化；助燃剤としての含水率は70%以下であることを基準としているが，助燃剤の発熱量がごみ処理施設の低質ごみの発熱量以下の場合は，ごみの燃焼熱を利用することになり，混焼比率が制限される。そのため，ごみ処理量と汚泥発生量のバランスに配慮する必要がある。
- ④ リン回収；リン回収のHAP法・MAP法は，水処理系の資源化方式であり，汚泥等の資源化が難しい場合に有効な方式である。特に，リンの濃度が高いし尿の比率が高い場合はリンの回収率も高くなることが期待される。回収したリンを肥料として利用する場合は，肥料取締法の公定規格を満足させる必要がある。また，基幹的設備改良事業としてリン回収を選定する場合は，資源化設備の設置に必要な面積が確保できるかどうか確認する必要がある。
- ⑤ 乾燥・炭化；乾燥汚泥や炭化物を農業利用する場合も上記と同様に保管方法等を検討する必要がある。

(6) 資源化方式の評価

上記の評価項目について，市町村の状況や現状の技術レベルの調査結果を踏まえて，資源化方式の適用可能性を評価する。表 4.3 に評価例を示すが，この表では評価項目を◎～×で評価し，◎および○が多い資源化方式を選定するか，不適合×と評価された資源化方式を除外することで，絞り込みを行う。図 4.3 は評価内容をレーダーチャートで図示したもので，このような図を活用して評価することも有効である。

必ずしもこの例による必要はないが，定性的に選定した資源化方式について，より詳細な評価検討を二次選定として実施することが望ましい。

表 4.3 資源化方式の評価例

資源方式	メタン発酵	堆肥化	助燃剤化	リン回収	乾燥・炭化	備 考
事業への適用性	○	○	○	○	○	新設，施設更新、基幹的改良事業による。
交 付 率	1/3	1/3	1/2～1/3	1/2～1/3	1/3	事業の種別及び設備更新組合せによる。
処理対象物	□	○	○	○	○	浄化槽汚泥比率、生ごみ等投入量による。
回収物の利用先	○ バイオガス利用方法	□ 季節変動、貯留	□ 焼却施設の受入	○ 流通ルートの確保	□ 流通ルートの確保	需要変動，流通ルート等 利用先の確保
建設コスト	□	○	◎	○	○	
維持管理コスト	□	○	◎	○	○	
維持管理の難易	□	□	○	□	□	
技術の熟度	○	○	□	□	○	
生活環境	□	□	□	○	□	騒音・振動，臭気等
副次効果	-	-	-	○	-	枯渇資源の確保等
C O ₂ 削減量	○	□	◎	○	□	

◎：優 ○：良 □：適合 ×：不適合

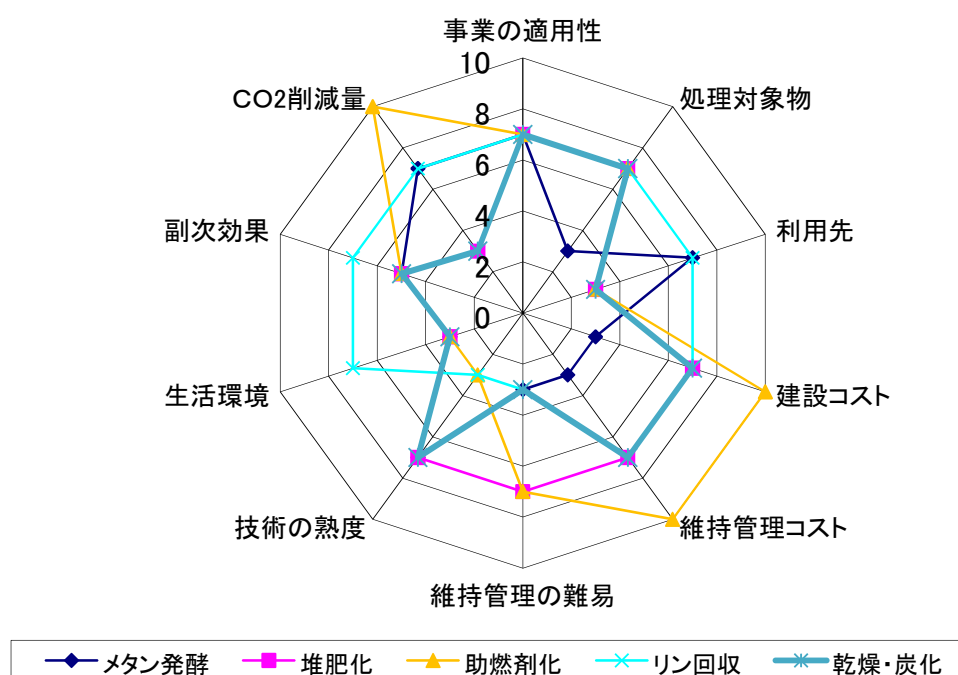


図 4.3 資源化方式の比較例

(7) 資源化方式の組み合わせ

リン回収を除く資源化方式は、し尿・浄化槽汚泥の処理工程で生じる処理汚泥や生ごみ等の有機性廃棄物等の固形物を資源化物として処理・回収する方式である。処理汚泥等の資源化・有効利用の事例は図 4.4 に示すように処理段階ごとに異なった方式が採用され、メタン発酵と他の資源化方式との組み合わせが可能である。

一方、リン回収は上記の固形物の資源化ではなく、し尿・浄化槽汚泥の液中に含有される水溶性リンをHAPまたはMAPとして回収するものであることから、処理汚泥等の資源化・有効利用方式と組み合わせることが可能となる。

なお、近年下水処理施設の事例であるが、汚泥焼却灰からアルカリ抽出法によりリン酸を回収している。

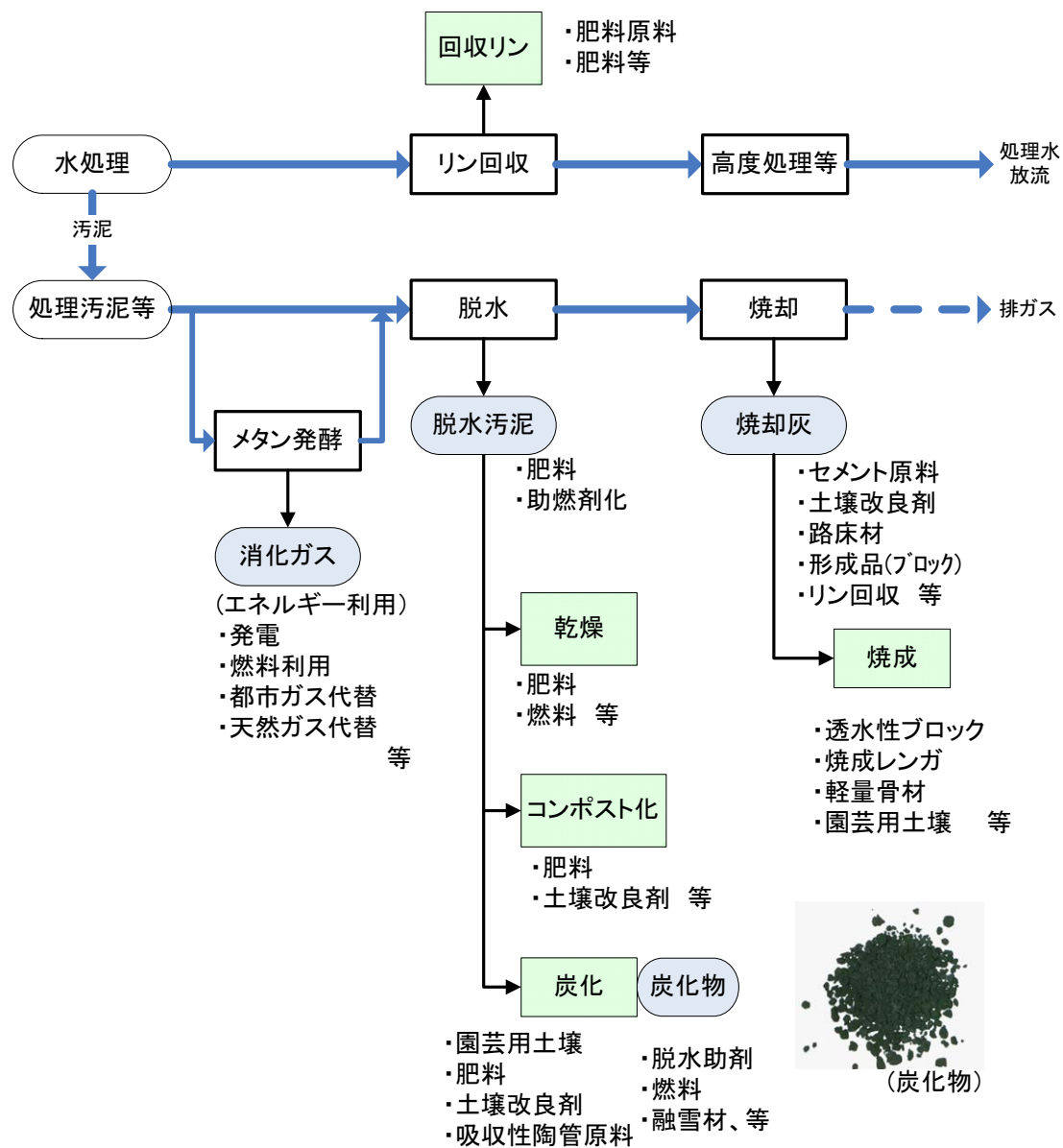


図 4.4 し尿処理汚泥の資源化・有効利用事例

4.3.3 二次選定

資源化技術の二次選定は次の3項目について定量的な評価を行う。

- (1) 経済性：建設費，維持管理費
- (2) 環境面：CO₂排出量
- (3) 市場性：品質，回収資源化物の需要，販売コスト

資源化技術の二次選定は，一次選定で抽出した実施可能な資源化方式について，経済性，資源化物の市場性及び環境面（CO₂排出量）について定量的に比較して，計画する汚泥再生処理センター等に求められる処理機能や環境保全機能に適合し，資源化物の流通が図れる資源化方式を選定する。

定量的な評価は，計画の熟度により数値の精度は異なるが，4.4.1 に示す試算例を参考として算出することも可能であり，設計内容に基づく建設費，維持管理費及びCO₂排出量を算定しても良い。

4.4 リン回収設備のコスト

HAP法，MAP法の2パターンについてリン回収設備の設備フローと設備構成を設定し，晶析物回収率やリン含有率等の条件に応じたユーティリティ使用量を検討して，リン回収設備導入に伴う建設費及維持管理費を求める。

リン回収設備のコストを導入検討段階で算定するのは難しいことから，以下に示す計算事例を参考としてコストの検討を行う。下記のコスト試算例はリン回収設備を設置した場合とリン回収設備を設置しない場合の比較が行えるように，リン回収導入前と導入後として試算している。

4.4.1 リン回収設備のコスト(試算例)

リン回収を行うことが想定される標準的な処理フロー，晶析物回収率やリン含有率等の一定の条件の下，リン回収設備導入に伴うユーティリティ使用量，及び建設費・維持管理費を試算したものである。

(1) コストの試算条件

1) し尿・浄化槽汚泥処理方式について

前述のようにし尿及び浄化槽汚泥からのリン回収はHAP法とMAP法とする。

①HAP法

リン回収設備は，膜分離高負荷脱窒素処理方式の後段に設置する。

水処理方式 ；膜分離高負荷脱窒素処理方式

汚泥処理方式 ；「濃縮＋脱水＋乾燥＋焼却」＋処分

②MAP法

リン回収装置への流入水はNH₄-Nを含み，SSやリンの濃度をコントロールすることが必要であることから，浄化槽汚泥の比率の高い脱窒素処理方式の前凝集分離設備（濃縮）の後段に設置する。

水処理方式 ；浄化槽汚泥の比率の高い脱窒素処理方式

汚泥処理方式 「濃縮＋脱水＋乾燥＋焼却」＋処分

2) 処理施設の規模

① 20kL/日, ② 50kL/日, ③ 100kL/日

3) 性状

① 処理量の内訳 し尿：浄化槽汚泥＝4：6

② し尿の性状

し尿等の性状は、「汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領 2006 年改訂版」のし尿及び浄化槽汚泥の性状（平均値）に基づき、上記処理量の内訳に基づき計算整理したものである。

表 4.4 し尿等の性状（しき除去後）

項 目	単 位	し 尿	浄化槽汚泥	混 合
pH	－	7.5	6.7	7.0
BOD	mg/L	7,300	3,300	4,900
COD	mg/L	3,900	3,600	3,720
SS	mg/L	6,000	8,300	7,380
T-N	mg/L	2,300	780	1,388
T-P	mg/L	270	150	198

出典：汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領 2006 年改訂版より（平均値）

4) 処理フロー

HAP法及びMAP法を用いた処理フローとその比較対象となるリン回収を用いない処理フローを図 4.5, 図 4.6 に示す。なお、ユーティリティ及びコストの算出範囲を着色している。黄色は建設費及びユーティリティの増加部分、水色はリン回収設備でのリン回収による高度処理設備の薬剤費等の削減部分である。以下はリン回収導入前の処理に対して、リン回収を導入したときのコストの増減について検討している。

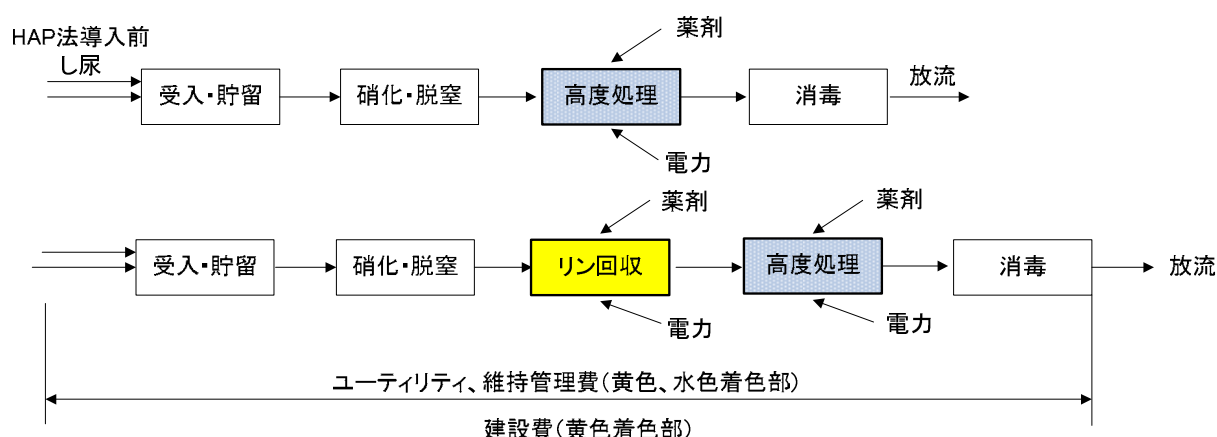


図 4.5 HAP法の処理システム図

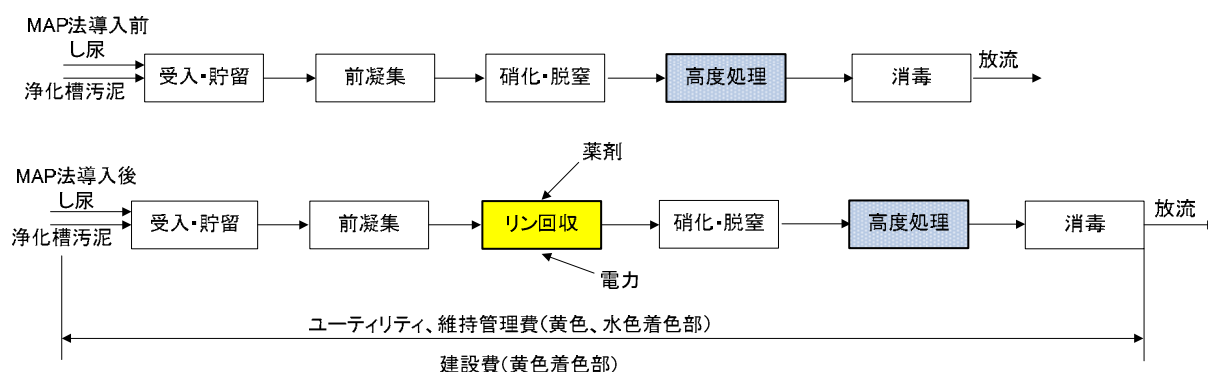


図 4.6 MAP法の処理システム図

5) 建設費と維持管理費の積算条件

①建設

鉄筋コンクリート造建屋内に設置する。

機械設備；リン回収設備一式

電気設備；上記リン回収設備の運転操作に係る設備一式

土木・建築；単価 0.3 百万円/（m²-設置必要面積）とする。

②維持管理

表 4.5 に維持管理費算定に用いた設定単価等を示す。

表 4.5 維持管理費算出前提条件

項 目		単価等	単位	備 考
A重油		75	円/L	
電力料金		12	円/kWh	
苛性ソーダ		30	円/kg	
塩化カルシウム		25	円/kg	
水酸化マグネシウム		23	円/kg	
高分子凝集剤		1,000	円/kg	
ポリ硫酸第二鉄		50	円/kg	
上水費		150	円/m ³	
運転補修費（機電建設費の）		2.0	%	建設費に対する比率(年)
人件費	総括	8.0	百万円/年	
	運転員	6.0	百万円/年	
焼却灰処分費		20,000	円/t	
回収リン売却費Ⅰ	H A P	20	円/kg	実勢ベース
	M A P		円/kg	
回収リン売却費Ⅱ	H A P * ¹	71	円/kg	溶性りん肥小売単価の85%
	M A P	51	円/kg	二リン酸アンモニウム(DAP)輸入単価

*1：農林水産省の農作物価統計調査 農業生産資材より、熔成りん肥の

平成24年平均価格1684円/20kg（小売価格）

③耐用年数

表 4.5 に年間費用算定に用いた施設の耐用年数を示す。

表 4.6 施設の耐用年数

耐用年数	土木建築	50 年
	機械電気	20 年

(2) コスト試算結果

コスト試算結果は、リン回収施設を導入しないケースと導入したケースとの比較であること、MAP法とHAP法では同じ処理方式ではなく違う処理方式であること等、前記した一定の算出条件に基づくものである。

1) 建設費

HAP法、MAP法の建設費を表 4.7 に示す。土木・建築については、リン回収設備の占有面積（表 4.8 参照）に m^2 単価を乗じて試算した。HAP法に比べ、MAP法のコストが高い結果となっている。これはMAP法がHAP法に比べ晶析槽の他にMAP洗浄・分離装置が必要であること、そして設備設置面積も大きいためである。

このように、リン回収設備の建設費は、HAP法とMAP法で差があるものの、汚泥再生処理センター全体建設費の3～5%程度である。なお、汚泥再生処理センター全体建設費については表 4.9 参照のこと。

表 4.7 リン回収設備の建設費（百万円）

施設規模	回収方式	土木・建築	設 備			計
			機械	電気	小計	
20 kL/日	HAP設備	19	25	10	35	54
	MAP設備	23	50	10	60	83
50 kL/日	HAP設備	20	35	12	47	67
	MAP設備	26	60	12	72	98
100 kL/日	HAP設備	21	45	15	60	81
	MAP設備	32	80	15	95	127

表 4.8 HAP, MAP設備の設置面積（ m^2 ）

施設規模	HAP設備			MAP設備		
	晶析槽	保管ヤード	計	晶析槽	保管ヤード	計
20 kL/日	55	25	80	80	25	105
50 kL/日	80	25	105	110	25	135
100 kL/日	100	25	125	130	25	155

* 設置面積はメーカー資料による。

** MAP設備の晶析槽にはMAP洗浄装置を含む。また、また、付帯設備類は処理棟内の余スペースを活用する。

表 4.9 は、汚泥処理再生センターの受注実績を整理したものである。なお、受注実績は設計額の 80%と仮定した。

表 4.9 汚泥処理再生センターの受注実績

(千円/kL・日)

施設規模	受注実績			設計額
	H20	H21	平均	(仮定)
100kL 以上	17,418	18,278	17,848	22,000
41～99kL	25,621	－	25,621	32,000
40kL以下	98,645	89,828	94,237	118,000

参考資料;都市と廃棄物 vol.40 no.7 (2010)

2) 維持管理費

リン回収設備導入に伴う高度処理薬剤使用量等の削減①～④を考慮した場合のユーティリティ費及び点検補修費を計上した。また、回収リン売却益の有無による維持管理費について表 4.10 に示す。ただし、人件費は含んでない。

- ① 高度処理における凝集剤削減効果（ポリ硫酸鉄、苛性ソーダなど）
- ② ポリ硫酸鉄注入率の削減に伴う凝集汚泥の減量
- ③ ②の凝集汚泥脱水用の高分子凝集剤削減
- ④ 汚泥減量に伴う乾燥焼却用のA重油の削減

売却益の考え方により結果は異なるが、HAP法、MAP法ともに施設規模 100kL/日を超えると、維持管理費がマイナス計上となり、維持管理費でメリットが生ずる結果となっている。

表 4.10 リン回収設備の維持管理費(千円/年)

項 目		20 kL/日	50 kL/日	100 kL/日
売却益無	HAP設備	309	-71	-871
	MAP設備	1,268	257	-1,374
売却益考慮 (実勢ベース)	HAP設備	218	-298	-1,325
	MAP設備	1,204	93	-1,701
売却益考慮 (肥料相当)	HAP設備	-13	-878	-2,484
	MAP設備	1,104	-160	-2,208

3) 処理量当りコスト

リン回収設備導入に伴う高度処理薬剤使用量等の削減を考慮した場合の処理規模毎の年間コストについて整理した結果を表 4.11 に示す。表 4.12 に示す処理量当りコストは、建設費を耐用年数で除した年価と、売却益を考慮しない場合の維持管理費との合計による年間費用を年処理量で除したものである。これによると、施設規模 100kL/日で、HAP法で 87 円/kL、MAP法で 138 円/kL 程度である。

表 4.11 H A P 設備, M A P 設備の年間費用(千円/年)

項 目			20 kL/日	50 kL/日	100 kL/日
H A P 設備	減価償却費		2,130	2,750	3,420
	維持管理費	売却益無	309	(71)	(871)
		売却益考慮	218	(298)	(1,325)
		肥料相当	(13)	(878)	(2,484)
	年間費用計	売却益無	2,439	2,679	2,549
		売却益考慮	2,348	2,452	2,095
		肥料相当	2,117	1,872	936
M A P 設備	減価償却費		3,460	4,120	5,390
	維持管理費	売却益無	1,268	257	(1,374)
		売却益考慮	1,204	93	(1,701)
		肥料相当	1,104	(160)	(2,208)
	年間費用計	売却益無	4,728	4,377	4,016
		売却益考慮	4,664	4,213	3,689
		肥料相当	4,564	3,960	3,182

()内は、マイナスの維持管理費(便益)を示す。

表 4.12 処理量当たりコスト (円/kL)

項 目	20 kL/日	50 kL/日	100 kL/日
HAP設備	418	183	87
MAP設備	810	300	138

4) リン回収製品当りのコスト

リン回収設備導入に伴う高度処理薬剤使用量等の削減を考慮し、売却益を考慮しない場合のリン製品当りコストについて整理した結果を表 4.13 に示す。これに対し肥料相当の価格で売却益を見込むとスケールメリットが働き 100kL/日規模ではH A P 設備で 41 円/kg-製品(売却費 71 円/kg), M A P 設備で 195 円/kg-製品(売却費 51 円/kg)となる。

また、肥料価格相当で売却される場合、100 kL/日規模のM A P 設備の場合はリン回収設備の減価償却分 5,390 千円/年に次の助成がされればリン回収は損失とはならない。その割合は 59% ($=3,182/5,390 \times 100$) である。H A P 設備の場合はそれより小さく 27% ($=936/3,420 \times 100$) である。

表 4.13 製品当りのコスト (円/kg-製品)

項 目	20 kL/日	50 kL/日	100 kL/日
HAP設備	538	236	112
MAP設備	1,472	535	246

4.5 回収物受入先の調査（需要調査）

リン回収システム導入計画においては、回収リンの性状等に応じた受入先の選定が重要であり、以下の項目に配慮した調査を行う。また、需要先までの輸送距離、農協等の利用者の協力も事前に調査する必要がある。

- (1) 製品受入先の調査
- (2) 受入条件（性状、形状、搬入形態、受入価格など）
- (3) 肥料取締法

4.5.1 製品受入先の調査

回収リンの利用用途としては農業用、工業用が挙げられ、特にし尿等からの回収リンの場合、く溶性りん酸の含有率が高く、アンモニア性窒素を含む（MAP）等の特徴があるため、農業用としての利用価値が高いと考えられる。農業用の肥料として取り扱う場合にはその取引先は団体（農協、小売商等）及び個人（農家）に大別され、肥料原料として取り扱う場合には、磷酸工場、肥料製造工場等が取引先となる。

し尿・浄化槽汚泥からの回収リンの需要者には以下のものがあり、図 4.7 に流通経路を示す。

- ① 営農者
- ② 肥料販売店（JA全農、園芸店）
- ③ 肥料流通会社（JA全農、商社）
- ④ 一次肥料メーカー（化学肥料製造・配合肥料製造等）
- ⑤ 二次肥料メーカー（リン鉱石から肥料を製造）

生活排水処理施設からリンを回収する際には、単に公定規格を満足するだけでなく流通のどこの部分に受け入れてもらうのかといった点について予め計画する必要がある。例えば、一次肥料メーカーに販売する場合には、品質の要求水準は比較的低くなり、売価は低くなると考えられるが、地域の農協等へ肥料として販売する場合には、要求水準は高く、競合製品が多いが売価は高くなる傾向にある。

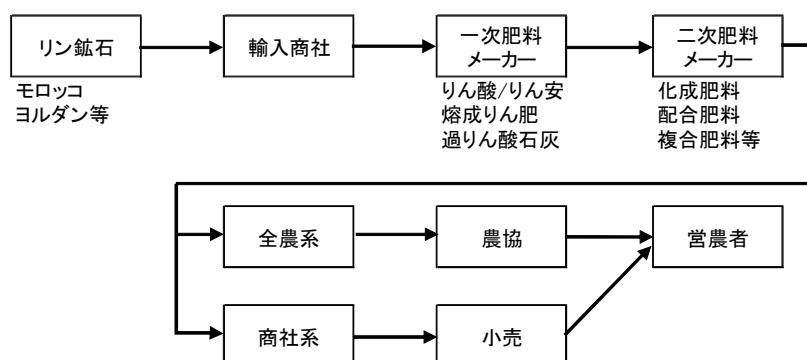


図 4.7 リン肥料の流通経路

4.5.2 受入条件

し尿・浄化槽汚泥から回収されたリンについては、仙北市では無償で配布していたが、現在は肥料会社への販売して「せんぼくさくら」の名称で販売されている。なお、参考と

して下水（消化脱離液）からの回収リンの取引価格事例を表 4.14 に示す。取引価格や搬入形態等は各地域の取引先状況によって異なるので、実情に適した回収リンとする必要がある。また、回収リンを原材料としてリン酸工場で使用する場合の要求品質例を表 4.15 に示す。

表 4.14 回収リンの価格事例(下水)

都 市	回収形態	肥料登録	価格（円／t）
福岡市	MAP （消化脱離液から）	複合肥料（化成肥料） 「高度複合肥料ふくまっぷ21」	21,000
島根県	MAP （消化脱離液から）	複合肥料（化成肥料） 「MAP」	12,000 ^{*1}
岐阜市	HAP （汚泥焼却灰から）	りん酸質肥料（副産りん酸肥料） 「岐阜の大地」	40,000

出典：大竹久夫監修「リン資源の回収と有効利用」，サイエンス&テクノロジー（株），2009.11

*1 島根県の場合，2010年度には4万円／（t 製品）で売却されている。

表 4.15 リン酸工場で回収リンを使用する場合の要求品質

区 分	要 求 項 目	要 求 内 容
ハンドリング	形態	0.05mm～15mmの乾燥品が望ましい。湿品を使用するためには設備改造が必要。
製造運転	純度	経済的な純度， P_2O_5 31%以上が望ましい。
	成分安定	変動すると製造工程が不安定となる。
	晶析阻害物質	生産能力が低下する。
	アルミニウム・シリカ	石膏の晶癖に影響するアルミニウムとシリカのバランスを調整。
	臭気，有毒ガス	臭気、有毒ガスの要因物質を含まない。
	有害物質	水質汚濁防止法の有害物質の排出基準遵守のため。
石膏品質	重金属	環境負荷軽減のため石膏に基準を設定。
リン酸液品質	金属	Fe, Al, Mgは水に溶けないリン酸塩となり肥料の有効成分を下げる。
	有害物質	肥料取締法で規定された有害物質の許容量以下である。

注）晶癖；結晶の結晶面の組合せが同じでも，面の発達の程度が異なるため外形が変化することを晶癖という。

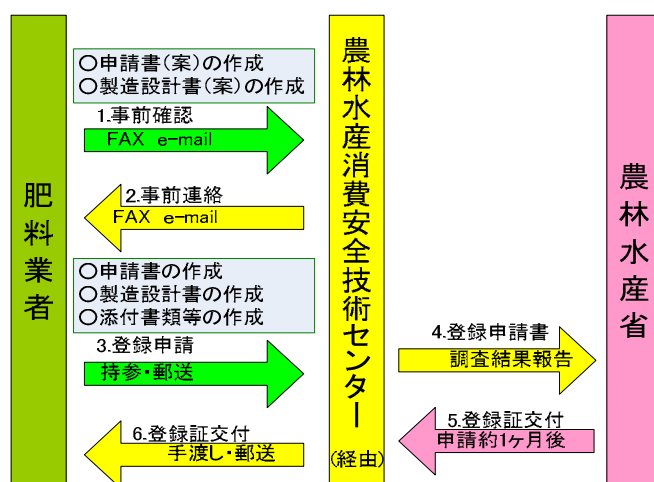
出典：第1回リン資源リサイクルシンポジウムリン資源リサイクル推進協議会 平成21年11月10日

4.5.3 肥料取締法

肥料取締法では，肥料を「普通肥料」と「特殊肥料」の2つに大別しており，このうち「特殊肥料」とは農林水産大臣が指定した米ぬか，魚かす等，農家等の経験によって識別が容易であるが，品質が一定せず公定規格を設定するのが難しいものであり，それ以外のものを「普通肥料」としている。これらの肥料を生産，輸入，販売する際には，表 4.16 に示すように，その種類に応じて，農林水産大臣又は都道府県知事に登録や届出をする必要がある。登録申請の方法は図 4.8 に示すとおり，農林水産消費安全技術センターを介して行われている。

生活排水処理施設から回収したリンを肥料として生産・流通させる場合には、肥料取締法上の公定規格を満たした上で、その銘柄ごとに肥料登録を行う必要がある。肥料登録の事例は表 4.17 に示すとおりで、表 4.18 にりん酸質肥料、表 4.19 に複合肥料の公定規格を示す。

生活排水処理施設からリンを回収しても、最終的に公定規格を満足することができなければ、肥料登録ができないため、回収したリンは十分に有効利用されない。リンを回収する際には、回収物そのもの、あるいは、回収したリンを原料に用いた製品が確実に公定規格を満足することが条件となる。



資料：農林水産消費安全技術センターHP

図 4.8 肥料の登録申請

表 4.16 肥料の種類及び登録・届出

肥料の生産	普通肥料 (指定配合肥料を除く)	①化学的方法によって生産されるもの。	農林水産大臣へ登録
		②化学的方法以外によって生産され、けい酸、マンガン、ほう素を保証するもの。	
		③汚泥を原料として生産されるもの。	
		④①又は②を原料とした配合肥料	
		⑤輸入または外国で生産する普通肥料。	
		⑥特定普通肥料。	
	普通肥料 (指定配合肥料)	①化学的方法以外の方法で生産され、窒素、リン酸、加里、石灰、苦土を主成分として保証するもの(有機質肥料など)。	都道府県知事へ登録
		②石灰質肥料。	
		③都道府県を超えない区域を地区とする農協等が生産する配合肥料。	
	普通肥料 (指定配合肥料)	省令で定めた都道府県知事登録の肥料のみで配合された肥料	都道府県知事へ届出
		上記以外の指定配合肥料	農林水産大臣へ届出
	特殊肥料	生産及び輸入	都道府県知事へ届出
肥料の販売	販売する肥料の種類は問わない。販売所が同一県内に数カ所ある場合は、届出書1通にすべてを列記し、販売所が数県にある場合はそれぞれの都道府県に届け出る。		都道府県知事へ届出

表 4.17 肥料登録の事例

回収リンの種類	肥料の種類（肥料取締法）
MAP法によるリン酸マグネシウムアンモニウム	複合肥料（化成肥料）
HAP法によるヒドロキシアパタイト	りん酸質肥料（副産りん酸肥料）

表 4.18 りん酸質肥料・副産りん酸肥料の公定規格

肥料の種類	含有すべき主成分の最小量 (%)	含有を許される有害成分の最大量 (%)	その他の制限事項
副産りん酸肥料（次に掲げる肥料をいう。） 一 食品工業又は化学工業において副産されたもの 二 下水道の終末処理場その他の排水の脱りん処理に伴い副産されたもの	一 く溶性りん酸を保証するものにあつては く溶性りん酸 <u>15.0</u> 二 く溶性りん酸のほか水溶性りん酸又はく溶性苦土を保証するものにあつては く溶性りん酸 <u>15.0</u> 水溶性りん酸については 2.0 く溶性苦土については 3.0	く溶性りん酸の含有率1.0%につき ひ素 0.004 カドミウム 0.00015	植害試験の調査を受け害が認められないものであること。

資料：肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件（昭和61年農林水産省告示第284号，平成15年3月10日一部改正）

表 4.19 複合肥料・化成肥料の公定規格

肥料の種類	含有すべき主成分の最小量(%)	含有を許される有害成分の最大量(%)	その他の制限事項
化成肥料（次に掲げる肥料をいう。 一 窒素質肥料，りん酸質肥料，加里質肥料，有機質肥料，複合肥料，石灰質肥料，けい酸質肥料（シリカゲル肥料に限る。），苦土肥料，マンガン質肥料，ほう素質肥料又は微量要素複合肥料のいずれか二以上を配合し，造粒又は成形したもの。 二 一に掲げる化成肥料の原料となる肥料に米ぬか，発酵米ぬか，乾燥藻及びその粉末，発酵乾ふん肥料，よもぎかす，骨灰，動物の排せつ物（鶏ふんの炭化物に限る。）又は動物の排せつ物の燃焼灰（鶏ふん燃焼灰に限る。）のいずれか一以上を配合し，造粒又は成形したもの。 三 肥料（熔成汚泥灰複合肥料，混合汚泥複合肥料及び規則第一条の二各号に掲げる普通肥料を除く。）又は肥料原料（汚泥及び魚介類の臓器を除く。）を使用し，これに化学的操作を加えたもの。 四 三に掲げる化成肥料を配合し，造粒又は成形したもの。 五 一若しくは二に掲げる化成肥料又はその原料となる肥料若しくはその原料となる肥料を配合したものに三に掲げる化成肥料，その化成肥料を配合したもの又は四に掲げる化成肥料を配合し，造粒又は成形したもの。	一 窒素，りん酸又は加里のいずれか二以上についてそれぞれの最も大きい主成分の量の合計量 10.0 二 1 窒素全量を保証するものにあつては 窒素全量 1.0 2 アンモニア性窒素を保証するものにあつては アンモニア性窒素 1.0 3 硝酸性窒素を保証するものにあつては 硝酸性窒素 1.0 三 1 りん酸全量を保証するものにあつては りん酸全量 1.0 2 く溶性りん酸を保証するものにあつては く溶性りん酸 1.0 3 可溶性りん酸を保証するものにあつては 可溶性りん酸 1.0 4 水溶性りん酸を保証するものにあつては 水溶性りん酸 1.0 四 1 加里全量を保証するものにあつては 加里全量 1.0 2 く溶性加里を保証するものにあつては く溶性加里 1.0 3 水溶性加里を保証するものにあつては 水溶性加里 1.0	窒素，りん酸又は加里のそれぞれの最も大きい主成分の量の合計量の含有率 1.0%につき 硫青酸化物 0.005 ひ素 0.002 亜硝酸 0.02 ビウレット性窒素 0.01 スルファミン酸 0.005 カドミウム 0.000075 ニッケル 0.005 クロム 0.05 チタン 0.02 水銀 0.00005 鉛 0.003	一 窒素全量を保証する肥料はアンモニア性窒素又は硝酸性窒素以外の成分形態の窒素を含有するもの並びにアンモニア性窒素及び硝酸性窒素を併せて含有するものであること。 二 りん酸全量又は加里全量を保証する肥料は，原料として動植物質のものであること。 三 原料としてく溶性りん酸を含有する肥料及び可溶性りん酸を含有する肥料を併せて使用する普通肥料にあつては，く溶性りん酸又は可溶性りん酸のいずれか一を保証するものであること。 四 可溶性マンガンを保証する肥料は，原料として可溶性マンガンを保証する肥料を使用したものであること。 五 規則第7条の6第5号の農林水産大臣が指定する化成肥料であること。

資料：肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件（昭和61年農林水産省告示第284号，平成15年3月10日一部改正）

く溶性りん酸：植物が吸収利用できる肥料成分の保証形態の一つであり，肥料公定規格の主成分に指定されている。2%のクエン酸水溶液に可溶の成分をいい，水溶性成分に比較してやや緩効性と考えられる。

4.6 CO₂排出量

リン回収設備導入に伴うCO₂排出量は、以下の点を考慮して試算する。

- (1) 設備稼働に伴う排出量
- (2) 高度処理，汚泥処理における排出削減量
 - ① 高度処理における凝集剤削減効果（ポリ硫酸鉄，苛性ソーダなど）
 - ② ポリ硫酸鉄注入率の削減に伴う凝集汚泥の減量
 - ③ ②の凝集汚泥脱水用の高分子凝集剤削減効果
 - ④ 汚泥減量に伴う乾燥焼却用のA重油の削減効果
- (3) 代替するリン酸系肥料の製造に伴うCO₂排出削減量
 - ① HAP⇒熔成りん肥
 - ② MAP⇒DAP（二リン酸アンモニウム）

図 4.9 にCO₂排出量算定の考え方を示す。

リン回収に伴うCO₂排出量の算定は、設備の稼働に伴う電力，薬剤等のユーティリティ及びリンの回収に伴う凝集剤や凝集汚泥削減に伴う高度処理，汚泥処理に係るCO₂削減分，回収リンの利用によるリン酸系肥料の製造に相当するCO₂削減分を合わせて算定するのが望ましい。

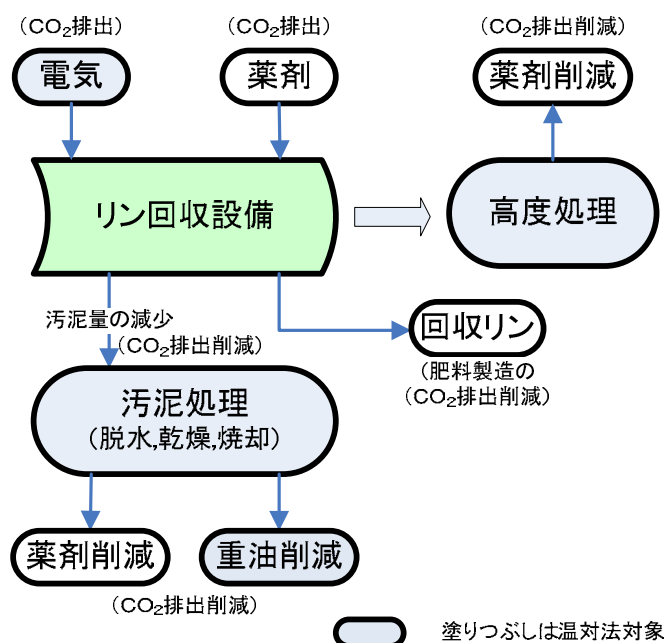


図 4.9 CO₂排出量の考え方

4.6.1 CO₂排出量の算出条件

(1) 処理フロー

4.4.1のコスト試算例に準ずる。

(2) CO₂排出量の算定方法

表 4.20 CO₂排出量の算定方法

項 目	内 容
(1) 活動量毎の排出量	CO ₂ 排出量＝活動量×排出係数 ※「活動量」とは、エネルギー消費に伴うCO ₂ 排出においては電力、燃料等の使用量、下水処理場の処理プロセスから排出されるCO ₂ 排出においては処理水量や投入汚泥量を指す。
(2) 排出量の合計値	各CO ₂ の排出量（t ガス）＝Σ {(活動ごとの排出量)}
(3) 排出量のCO ₂ 換算値	CO ₂ 排出量（t-CO ₂ ） ＝CO ₂ 排出量（t ガス）×地球温暖化係数

(3) CO₂排出係数等

今回用いたCO₂排出係数（温室効果ガス排出量原単位）は表 4.21 に示すとおりで、基本的に政令（地球温暖化対策の推進に関する法律施行令）で定めた値を用いている。政令にないものについては表 4.21 の注に示すとおり、「平成24年度し尿・浄化槽汚泥からのリン回収・利活用推進検討業務」（平成25年3月，環境省）で見直し・検討した係数を用いている。「廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアル」（平成22年3月，環境省，Ⅱ-7 ページ参照）に記されているように，温対法の省令で規定される係数及び最新の数値を用いることとされているので，CO₂排出量算定に当たっては十分留意されたい。

表 4.21 CO₂排出係数及び地球温暖化係数

エネルギー消費に伴う排出	CO ₂	A重油 ¹⁾	2.71	t-CO ₂ /kL
		電気 ¹⁾	0.000550	t-CO ₂ /kWh
処理プロセスからの排出	CH ₄	汚泥の焼却 ¹⁾	0.0000097	t-CH ₄ /t
	N ₂ O	汚泥焼却 ¹⁾	0.000450	t-N ₂ O/t
上水・薬品の利用に伴う排出	CO ₂	上水道 ²⁾	0.000376	t-CO ₂ /m ³
		塩化カルシウム ²⁾	0.127	t-CO ₂ /t
		水酸化マグネシウム ²⁾	1.250	t-CO ₂ /t
		苛性ソーダ ²⁾	1.318	t-CO ₂ /t
		ポリ硫酸鉄 ²⁾	0.038	t-CO ₂ /t
		高分子凝集剤 ²⁾	4.214	t-CO ₂ /t
有効利用に伴う削減	CO ₂	回収リンの利用 ²⁾	8.898	t-CO ₂ /t-P

1)温対法における算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数

2)平成24年度し尿・浄化槽汚泥からのリン回収・利活用推進検討業務報告書，環境省

地球温暖化係数

CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

(4) CO₂排出量の算出方針

リン回収設備導入に伴うCO₂排出量は、以下の点を考慮して試算する。

- ①ここで対象とするCO₂排出源は、温対法*における算定・報告・公表制度の対象排出源を基本とし、上水・薬品利用に伴う排出についても試算する。
- ②リン回収設備導入に伴うCO₂排出及び削減効果に着目する。

また、CO₂排出抑制対策に直接的に資するものには以下に示すものがあげられる。

- ①電気、燃料（石油、ガス）等のエネルギー消費に伴う排出
- ②設備の運転に伴う各処理プロセスからの排出

上記①、②を試算するに当たっては、リン回収設備導入に伴い、CO₂排出量を減じる以下の効果に配慮する。

- 高度処理における凝集剤削減効果（ポリ硫酸鉄など）
- ポリ硫酸鉄注入率の削減に伴う凝集汚泥の減量
- 汚泥減量に伴う乾燥焼却用のA重油の削減効果

* 温対法；地球温暖化対策の推進に関する法律（平成10年法律第107号、最終改改正：平成20年6月13日法律第67号（一部未施行））

(5) リン回収設備のCO₂排出量

リン回収設備導入に伴うCO₂排出量は以下のような考えに基づき試算した。

- ①ユーティリティ消費に伴うCO₂排出； リン回収設備電力消費に伴う温室効果ガス排出量
- ②ユーティリティ削減によるCO₂排出； 高度処理ポリ硫酸鉄注入率の削減に伴う凝集汚泥の減量による汚泥処理でのA重油削減効果
- ③処 理 に 伴 う C O₂ 排 出； 汚泥量減量による汚泥処理プロセスからの排出削減効果
- ④上水、薬品類の消費に伴うCO₂排出； 使用量の増減に伴うCO₂排出量の削減効果
- ⑤有 効 利 用 に 伴 う C O₂ 排 出； 回収リン量に相当する、肥料製造した場合のCO₂排出量の削減効果

HAP法、MAP法について規模別にCO₂排出量を算定した結果を図4.10、図4.11に示す。リン回収設備導入に伴う凝集沈殿汚泥等が減少することにより、トータル的にCO₂排出量がマイナスとなっている。この傾向は、規模が大きいほど顕著である。

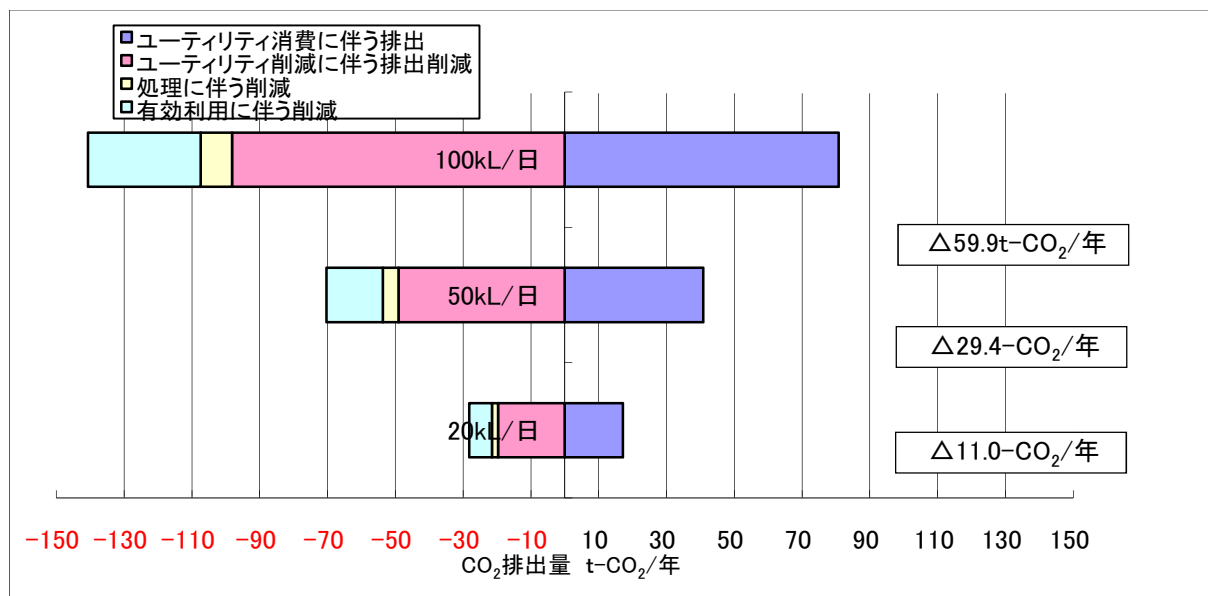


図 4.10 HAP法導入に伴うCO₂排出量

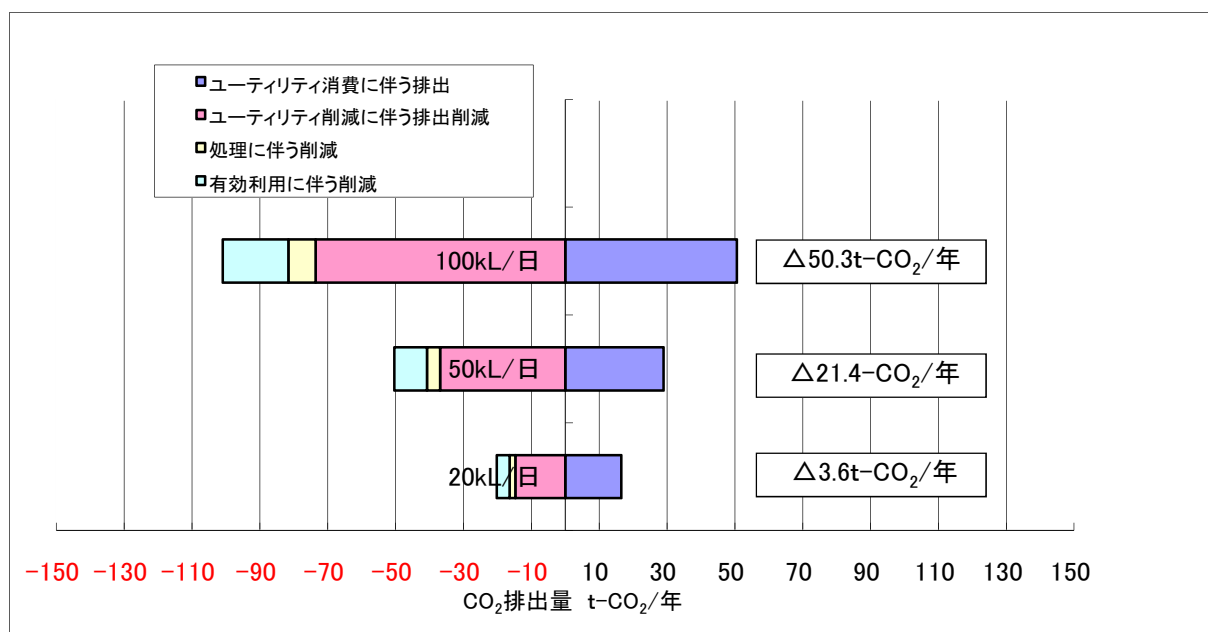


図 4.11 MAP法導入に伴うCO₂排出量

【参考事例】

資源化処理方式によるコストとCO₂排出量比較（試算例）

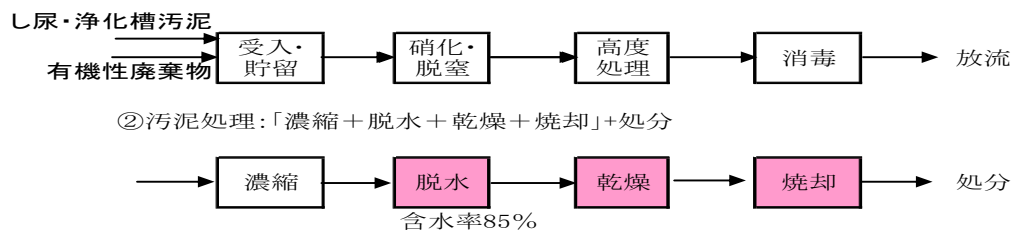
（汚泥焼却，リン回収＋焼却，コンポスト化，助燃剤化）

1. 比較処理フロー

水処理方式は膜分離高負荷脱窒素処理方式で，汚泥処理は乾燥・焼却方式を基本形とし，資源化方式として①リン回収，②コンポスト化，③汚泥助燃剤化を導入した場合について，経済性，環境負荷（CO₂）等，一定の条件の下で試算したものである。

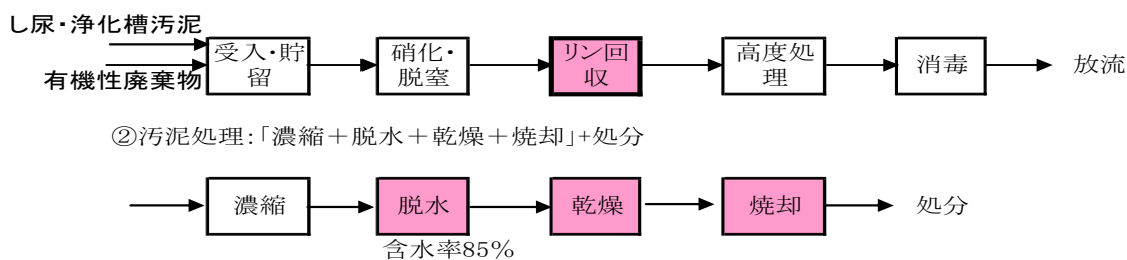
CASE-1 基本形の処理システム

①水処理：「膜分離高負荷脱窒素処理方式」



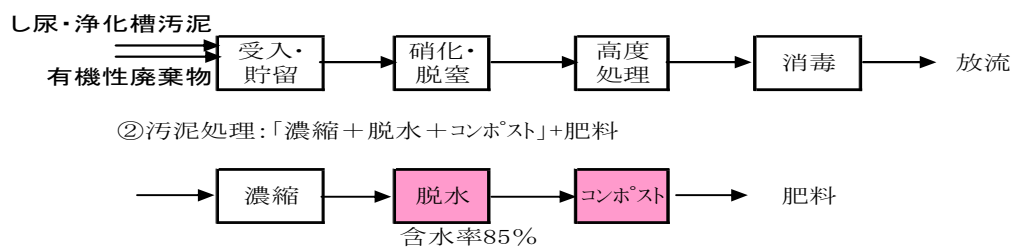
CASE-2 リン回収設備導入システム

①水処理：「膜分離高負荷脱窒素処理方式」＋リン回収



CASE-3 汚泥コンポスト化システム

①水処理：「膜分離高負荷脱窒素処理方式」



CASE-4 汚泥助燃剤化システム

①水処理：「膜分離高負荷脱窒素処理方式」

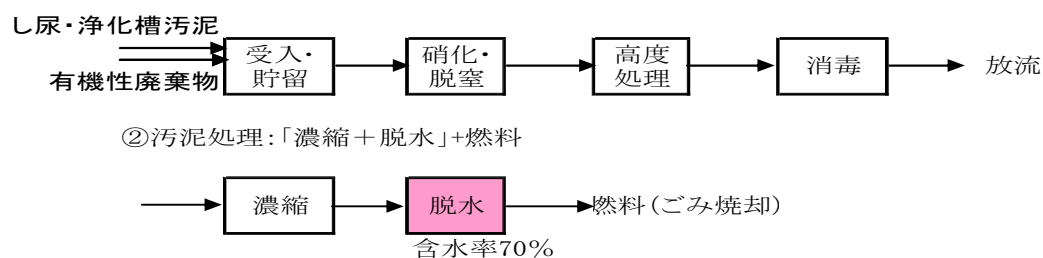


図-1 試算対象のシステム

1) 処理施設の規模 ; 50 kL/日

2) 性状

①処理量の内訳 ; し尿 : 浄化槽汚泥 = 4 : 6

出典 : 「日本の廃棄物処理 平成 21 年度版」の p. 38

②し尿等の性状 (し尿除去後)

4.4.1 (1)試算条件 3)性状 と同じ。

2. コストの試算結果

コスト試算結果を以下に示す。

建設費と年間費用は、CASE-1、CASE-2、CASE-3 は同程度であり、CASE-4 汚泥助燃剤化の建設費が一番安い結果となっている。維持管理費については、CASE-1、CASE-2 は同程度で、CASE-4 汚泥助燃剤化が一番安い結果となっている。なお、人件費、汚泥処分費及び有効利用に伴う便益費は計上していない。

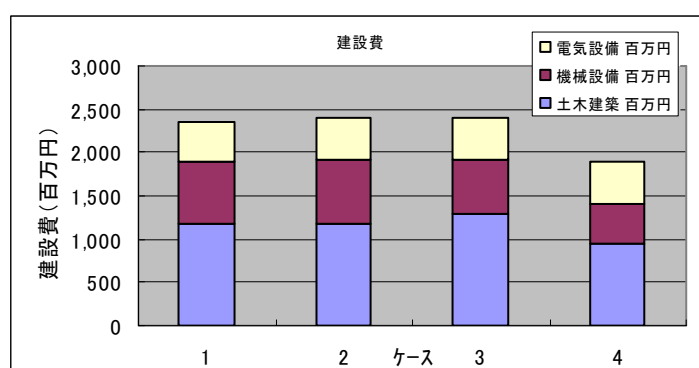


図-2 資源化施設別建設費

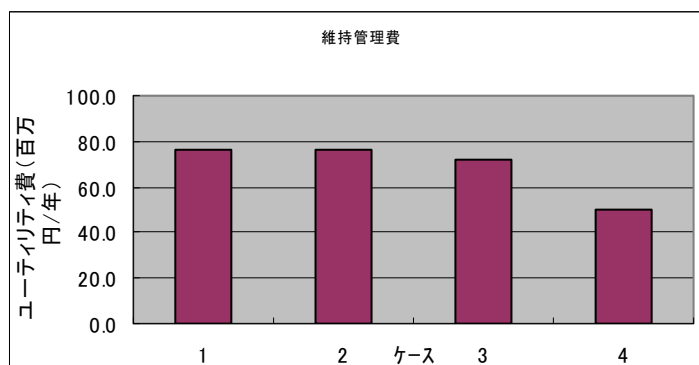


図-3 資源化施設別ユーティリティ費

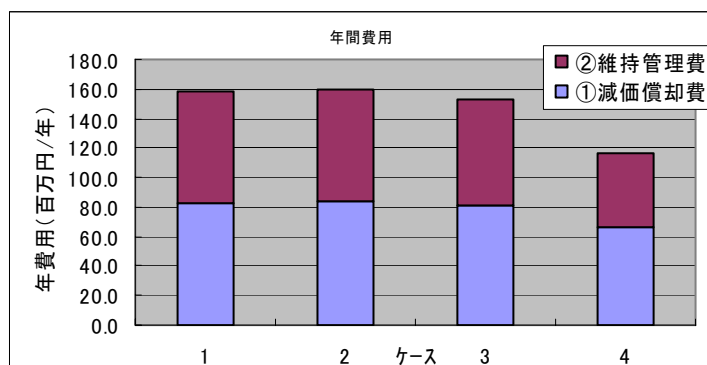


図-4 資源化方式別年間費用

3. CO₂排出量

(1) CO₂排出量原単位

表 -1 CO₂排出量原単位と地球温暖化係数

エネルギー消費に伴う排出	A重油	CO ₂	2.710	t-CO ₂ /kL
	電気	CO ₂	0.000550	t-CO ₂ /kWh
処理プロセスからの排出	し尿処理(膜分離)	CH ₄	0.0000055	t-CH ₄ /t
		N ₂ O	0.0024	t-N ₂ O/t
	汚泥焼却	CH ₄	0.0000097	t-CH ₄ /t
		N ₂ O	0.00045	t-N ₂ O/t
	コンポスト化	CH ₄	0.00400	t-CH ₄ /wet-t
		N ₂ O	0.00030	t-N ₂ O/wet-t
	助燃剤化*	CH ₄	0.00	t-CH ₄ /wet-t
		N ₂ O	0.00	t-N ₂ O/wet-t

地球温暖化係数

CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

*ごみ焼却に伴う排出量は計上しない。

(2) CO₂排出量

CO₂排出量試算結果を以下に示す。

CO₂排出量は、“CO₂排出量＝活動量×排出係数”として算出し、その結果を図-5及び表-2に示す。

CO₂排出量は、CASE-1 > CASE-2, CASE-3 > CASE-4の順に小さくなり、CASE-1基本システムの排出量が一番高い結果となった。

各資源化システムとも、電気や燃料等のエネルギー消費に伴う排出量が大部分を占めている。なお、CASE-4汚泥助燃剤化システムで発生した汚泥助燃剤はごみ焼却場で燃焼されるが、施設外部で燃料として利用されるため排出量は計上していない。

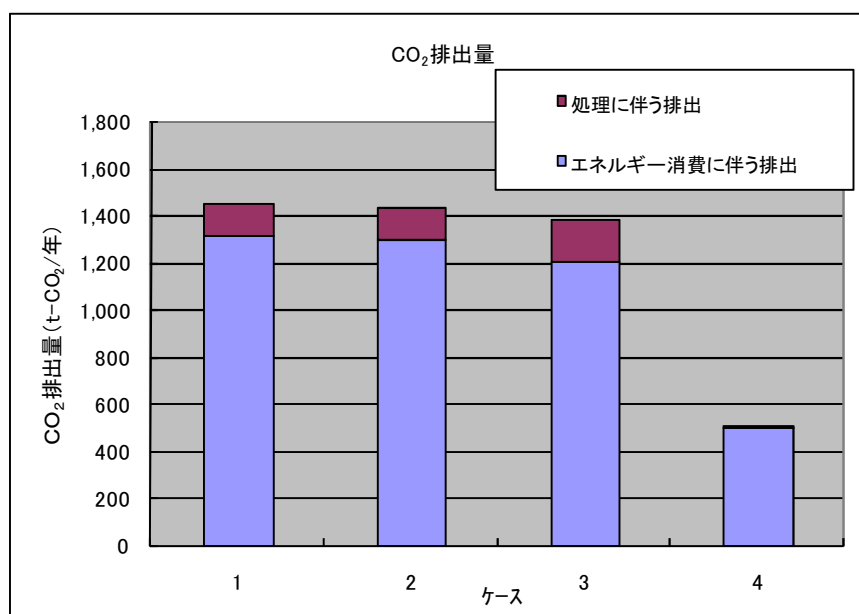


図 -5 資源化別CO₂排出量

表 -2 年間CO₂排出量

項 目		単位	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
1) エネルギー消費に伴う排出	燃料:A重油	t-CO ₂ /年	712.19	684.77	605.36	0.00
	電気	t-CO ₂ /年	602.25	616.30	602.25	497.56
	小計	t-CO ₂ /年	1,314	1,301	1,208	498
2) 処理に伴う排出	し尿処理量	kL/年	18,250	18,250	18,250	18,250
	脱水汚泥量	w-t/年	898	843	898	449
	し尿処理	CH ₄	t-CH ₄ /年	0.00	0.00	0.00
		N ₂ O	t-N ₂ O/年	0.04	0.04	0.04
	汚泥焼却	CH ₄	t-CH ₄ /年	0.01	0.01	
		N ₂ O	t-N ₂ O/年	0.40	0.38	
	コンポスト化	CH ₄	t-CH ₄ /年			3.59
		N ₂ O	t-N ₂ O/年			0.27
	燃料化	CH ₄	t-CH ₄ /年			
		N ₂ O	t-N ₂ O/年			
	し尿処理	CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年	13.58	13.58	13.58
	汚泥焼却	CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年	125.44	117.72	
	コンポスト化	CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年			158.93
	助燃剤化	CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年			
	小計	t-CO ₂ /年	139	131	173	14
合計		t-CO ₂ /年	1,453	1,432	1,380	511

5. 稼働中のし尿処理施設におけるリン回収設備の増設の可能性

5.1 リン回収設備増設の可能性

稼働中のし尿処理施設にリン回収設備を増設する場合は、生物処理前にリンを回収するMAP法と生物処理後に回収するHAP法がある。現在稼働中のリン回収施設はHAP法が3施設（3施設とも膜分離高負荷脱窒素処理方式）で、MAP法の施設は稼働していない（震災により休止中）。リン回収設備運転に関する技術的知見の蓄積があるHAP法は現地等も調査し、MAP法については過去の調査事例等を参照して増設に関する検討を行った。HAP法は膜分離高負荷脱窒素処理方式の生物処理固定の後段、またMAP法は浄化槽汚泥の混入率の高い脱窒素処理方式の前凝集分離設備の後段にリン回収設備を設置することを基本としている。

リン回収設備を増設する場合には、表 5.1 に示す課題を参考に事前に検討する必要がある。

表 5.1 リン回収設備を増設する場合の課題

項 目	HAP法	MAP法
リン濃度	生物処理水のリン濃度	投入し尿・浄化槽汚泥のリン濃度
増設の可能性	生物処理工程と凝集処理工程の間にリン回収設備が設置可能なこと	受入・貯留工程と生物処理工程の間に、前凝集設備及びリン回収設備が設置可能なこと
	リン回収設備を設置可能なスペースの確保	
処理工程の変更	リン回収を効率的に行うための処理工程の変更	
回収リンの品質	りん酸質肥料として認定が可能なこと（肥料取締法公定規格）	化成肥料としての認定が可能なこと（肥料取締法公定規格）
事業種別	基幹的設備改良事業又は汚泥再生処理センター更新事業の可能性	

(1) リン回収設備の流入リン濃度と回収率

リンの回収は、HAP法・MAP法とも晶析槽入口濃度と出口濃度の差分をHAPまたはMAPとして回収することになる。したがって、晶析槽の入口濃度のリン濃度が高くなれば効率的にリン回収が可能で、回収率も高くなる。回収率にはリン回収設備での回収率と施設全体から見た回収率があり、次式で示される。また、施設に流入するし尿及び浄化槽汚泥のリン濃度を表 5.2 に示す。

リン回収設備の回収率(%) = (流入水リン濃度 - 処理水リン濃度) / 流入水リン濃度

し尿処理施設の回収率(%) = (投入し尿等リン負荷量 - 生物処理消費リン量 - 処理水リン負荷量) / 投入し尿等リン負荷量

表 5.2 し尿・浄化槽汚泥のリン濃度

項 目		搬 入	除 渣	除渣/搬入
し尿	T-P ^{*1}	350	270	0.77
	PO ₄ -P ^{*2}	245	108	0.44
浄化槽汚泥	T-P ^{*1}	130	150	1.15 ^{*3}
	PO ₄ -P ^{*2}	91	60	0.66
浄化槽汚泥 混入40%	T-P	262	222	0.85
	PO ₄ -P	183	89	0.48

*1 T-Pの数値は2006計画設計要領

*2 PO₄-P/T-Pの割合は、し尿70%，浄化槽汚泥40%とした。
(仙北汚泥再生処理センター調査結果より)

*3 浄化槽汚泥T-Pの搬入と除渣が逆転しているが出典のまま

1) 生物処理水のリン濃度（H A P 法）

H A P 設備は生物処理水中の水溶性リン酸（PO₄-P）と晶析槽に注入した Ca を結合させて晶析槽の入口と出口の差分をH A Pとして析出してリンを回収する。晶析槽の出口の水溶性リン酸濃度は晶析槽の pH，水温とリン酸の溶解度で決まり，pH7.5，25℃で 15mg/L 以下である。これを T-P で表示すると過去の調査事例によると概ね 20 mg/L となり，リンを回収する目安として生物処理水の T-P 濃度が 20mg/L 以上でないとリン回収は難しい。

また，リン回収設備の回収率および施設の回収率は浄化槽汚泥 40%混入，晶析槽出口濃度(処理水濃度)を 20mg/L として概ね表 5.3 となる。

表 5.3 生物処理水のリン濃度と回収率

生物処理水 (mg/L)		設備回収率(%)	施設回収率(%)
T-P	40	50.0	12.7
T-P	60	66.7	25.3
T-P	80	75.0	38.0
T-P	100	80.0	50.7
T-P	120	83.3	63.4

・生物処理水量は流入水量の 166%（プロセス用水 66%）

2) 除渣し尿等のリン濃度（M A P 法）

M A P 設備は水溶性リン酸（PO₄-P）を晶析槽にマグネシウムを注入してし尿中のアンモニア存在下でM A Pとして晶析させる方式で，晶析槽出口の PO₄-P 濃度を 10mg/L 以下を管理目標として運転している。M A P 法の場合はH A P 法のように膜分離方式で SS を除去したものと異なり SS が混入しているため SS 由来のリンが存在することから，T-P 濃度で説明することは難しい。

除渣後の PO₄-P 濃度を 70～100mg/L（晶析槽入口濃度）とした場合の回収率を算定して表 5.4 に示す。

表 5.4 除渣後のリン濃度と回収率

除渣後 (mg/L)		搬入 (mg/L) *	設備回収率 (%)	施設回収率 (%)	備 考
PO ₄ -P	70	122.0	85.7	49.2	浄化槽汚泥混入約80%
PO ₄ -P	75	138.0	86.7	47.1	同上約70%
PO ₄ -P	80	154.0	87.5	45.5	同上約60%
PO ₄ -P	85	170.0	88.2	44.1	同上約50%
PO ₄ -P	90	185.0	88.9	43.2	同上約40%
PO ₄ -P	95	235.0	89.5	36.2	同上約30%
PO ₄ -P	100	250.0	90.0	36.0	同上約20%

* 搬入時のPO₄-P濃度

(2) リン回収設備と凝集分離設備

稼働中のし尿処理施設および汚泥再生処理センターにおいて、リン除去設備として凝集分離設備が設置されていることが多い。特に、汚泥再生処理センターの性能指針では、処理水の性状として T-P の日間平均値を 1mg/L 以下を性能要件としているため、リン除去設備としての凝集分離設備は不可欠である。

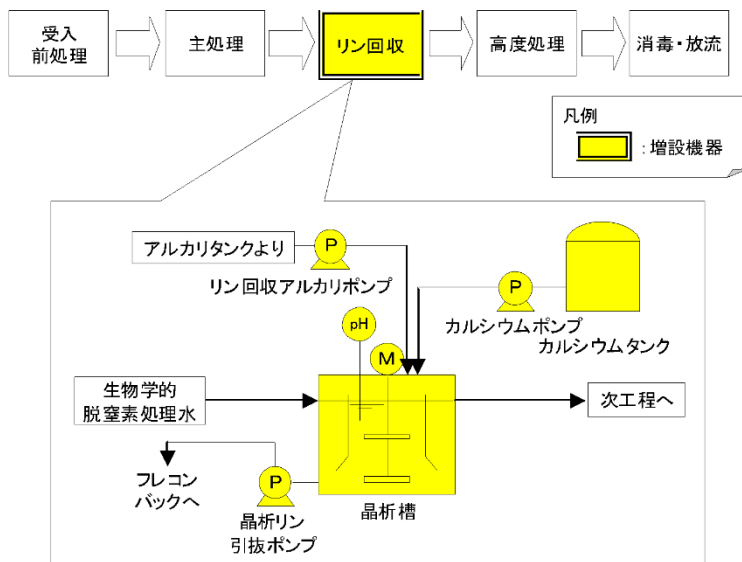
一方、リン回収を効率的に実施するためには、HAP方式では生物処理水のリン濃度を高く保持することが求められるため、リン回収設備を増設する場合は凝集分離設備の前段に設置する必要がある。

MAP方式はアンモニア存在下でリンを回収するため、生物処理の前段で析出させる必要がある。また、前凝集設備で用いる凝集剤として無機系凝集剤を用いずに、有機系凝集剤（ポリマー）を使用して前凝集の後段に設置する必要がある。無機凝集剤を使用すると、リン回収の対象となる水溶性リンを汚泥に固着させ、回収対象リン量が減少してリン回収の効率低下につながる。なお、前凝集せずに高SS濃度のものが晶析槽に流入するとSSに同伴してMAPが晶析槽から流出してしまうことから、晶析槽流入水のSS濃度を2,000mg/L以下に管理する必要がある。

このようにリン回収設備と凝集分離設備の位置関係を考慮して増設の方針を定める必要がある。HAP方式及びMAP方式で想定されるリン回収設備増設位置の例を図 5.1 及び図 5.2 に示す。



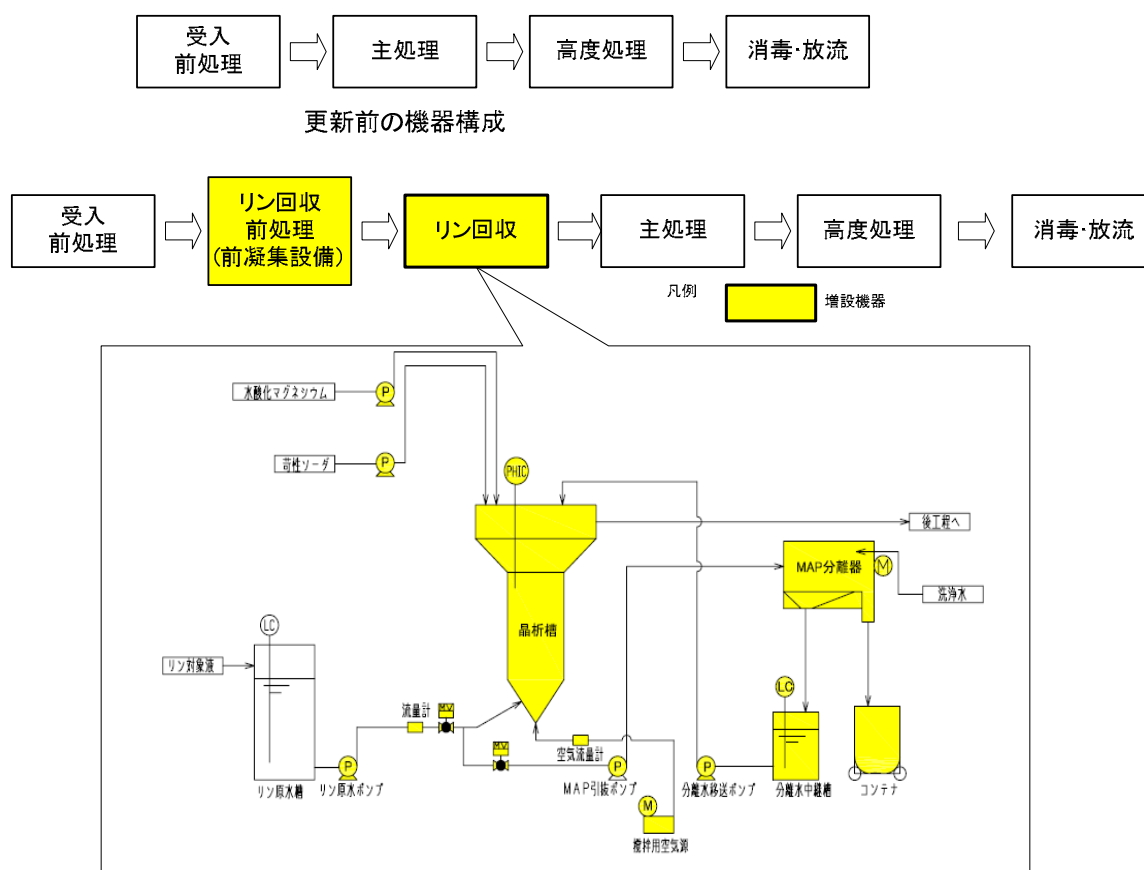
更新前の機器構成



更新後の機器構成

出典：廃棄物処理施設の基幹改良マニュアルⅡ-23，平成22年3月，環境省

図 5.1 リン回収設備増設位置の例（HAP方式）



更新後の機器構成
図 5.2 リン回収設備増設位置の例 (MAP方式)

(3) 回収リンの品質

回収リンであるHAPを肥料として用いる場合は、肥料取締法に基づく普通肥料の副産りん酸肥料の公定規格（表 4.18 参照）が適用される。この公定規格を満足させることに加えて、臭気や汚泥等の不純物の混入状況や窒素濃度（1%以下）も肥料登録の際にチェックされ、汚泥が混入しない工程であることも要求される。そのため、既往のHAP施設では膜分離高負荷脱窒素処理方式でリン回収をしており、HAP施設を増設する場合は膜分離高負荷脱窒素処理方式に適用することが望ましい。

また、MAPを肥料として利用する場合は肥料取締法に基づく普通肥料の化成肥料の公定規格（表 4.19 参照）が適用される。晶析槽で回収されるMAPに汚泥等を含めないことが条件となるので、この規格を満足させるためには洗浄工程等が必要になる。

(4) リン回収設備の設置スペース

リン回収設備の設置スペースを、参考として表 5.5 に示す。HAP方式では生物処理の後段でかつ凝集分離設備前段、またMAP方式では生物処理前段に位置するように配管切り回しおよび回収リンの貯留スペースを確保する必要がある。

表 5.5 リン回収設備の必要設置面積 (m²)

施設規模	H A P 方式			M A P 方式		
	晶析槽等	保管ヤード	計	晶析槽等	保管ヤード	計
20 kL/日	55	25	80	80	25	100
50 kL/日	80	25	105	110	25	135
100 kL/日	100	25	125	130	25	155

(5) リン回収を効率的に行うための処理工程の変更等

リン回収後の処理水（放流水）の性状を 20mg/L 以下とするにはリン回収設備の後段にリン除去設備（凝集分離設備）を増設するか処理工程の変更（凝集剤添加）が必要である。また、膜分離高負荷脱窒素処理方式で凝集処理一段膜に H A P 設備を増設する場合は、凝集処理膜の前段に生物処理膜を増設した上で、その後段にリン回収設備を増設する必要がある。

M A P 設備を増設する場合は、前凝集設備で凝集剤を無機系凝集剤から有機系凝集剤に変更することで凝集効果が低下し、生物処理槽の容量が不足することが無いように事前に検討して確認する必要がある。

(6) 基幹的設備改良事業又は汚泥再生処理センター更新事業の可能性

リン回収施設の増設は、循環型社会形成推進交付金の交付金対象事業のうち「有機性廃棄物リサイクル推進施設」(汚泥再生処理センター更新事業)または「基幹的設備改良事業」となる。前者は交付率 1/3 で施設全体が対象事業であるが、後者は C O₂ 排出削減量に応じて交付率が異なり、交付対象範囲も C O₂ 排出削減に寄与する設備・機器に対してのみとなる。増設対象施設の各設備の老朽化状況や、汚泥再生処理センターの要件である有機性廃物の受入状況を考慮してどの事業とするかを検討する必要がある。

リン回収設備の増設は、基幹的設備改良事業の C O₂ 排出量削減対策として表 5.6 に示すようにリストアップされている。この基幹的設備改良事業は、長寿命化計画に基づいてし尿処理施設の性能回復、機能維持を目的に施設の設備・機器の改良更新を行う事業で、機能の回復に合わせて C O₂ 排出量削減を目的として、C O₂ の削減に資する設備が交付金対象となる。交付率は表 5.7 に示すように C O₂ 削減率に応じて定められ、稼働中のし尿処理施設の C O₂ 排出量の 3 % 以上の削減が求められる。通常、リン回収設備の増設のみで C O₂ 削減率 3 % 以上をクリアするのは難しく、高効率ばっ気装置や機器類の更新と併せて 3 % 以上を担保する必要がある。

表 5.6 CO₂排出量削減対策

CO ₂ 削減に係る対策	設備区分	技術的要素	技術的施策
電力使用量削減対策	機械配管設備	高効率ばっ気装置への更新	メンブレンディフューザーへの変更
		省エネ型膜分離装置への更新	負圧吸引型膜分離装置への変更
		機器の消費電力削減	機器類のインバータ化 高効率電動機への更新
	電気計装設備	受変電設備の更新	超高効率変圧器への更新
		制御方式の変更	省エネ制御方式へのソフト更新
	土木建築設備	建築設備の変更	照明等の高効率型器具への更新
薬品使用量削減対策	脱臭設備	脱臭方式の変更	薬液洗浄脱臭から生物脱臭への更新
	資源化設備	省エネ型資源化設備の増設	リン回収設備の増設
	消毒設備	消毒方式の変更	紫外線消毒装置への更新
化石燃料使用量削減対策	資源化設備	省エネ型資源化方式への変更	汚泥助燃剤化への更新
		省エネ型資源化設備の増設	リン回収設備の増設
	汚泥処理設備	省エネ型汚泥処理方式への変更	低含水率脱水機への更新

出典：廃棄物処理施設の基幹的設備改良マニュアル 平成22年3月 環境省廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課

表 5.7 交付金の交付率区分

基幹改良 CO ₂ 削減率	交付率
3%以上	1/3
20%以上	1/2

5.2 し尿処理方式とリン回収の適応性

稼働中のし尿処理施設においてリン回収施設を増設する場合は、その施設の処理方式によりその適応性が異なる。既存のし尿処理施設は、概ね下記の8方式に分類される。⑤から⑧は汚泥再生処理センターの水処理方式で、浄化槽汚泥対応型は浄化槽汚泥の比率が50%以上のし尿等を処理する方式で、負荷軽減のため前凝集や前脱水等の前処理工程が付加されている。

- ① 嫌気性消化処理方式
- ② 好気性消化処理方式
- ③ 希釈ばっ気処理方式
- ④ 一段活性汚泥処理方式
- ⑤ 標準脱窒素処理方式
- ⑥ 高負荷脱窒素処理方式
- ⑦ 膜分離高負荷脱窒素処理方式
- ⑧ 浄化槽汚泥の混合比率の高い脱窒素処理方式（以下浄化槽汚泥対応型）

MAP方式の場合は前凝集等の増設が可能であれば、全ての処理方式で適用可能である。特に、凝集設備が具備されている浄化槽汚泥対応型の場合は増設部分が少なく済むが、

除渣後のし尿・浄化槽汚泥のリン濃度（特に $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度）がリン回収率に影響を及ぼす。また、し尿処理において実績はないが（下水処理では実績あり）嫌気性消化脱離液からMAPの回収も考えられる。

一方、HAP方式の場合は生物処理水のリン濃度が問題となり、生物処理工程におけるリン消費量や希釈水量等の影響を考慮する必要がある。これらの処理方式の生物処理水のリン濃度を表 5.8 に、リン回収増設時の適応性評価例を表 5.9 に、HAP・MAP方式によるリン回収設備の増設の可能性についてのまとめを表 5.10 に示す。

表 5.8 生物処理水のリン濃度等

処 理 方 式	希釈倍数	T-P 濃度 (mg/L) *1			SS濃度 (mg/L)		備 考
		計算値	設計要領	実例*2	設計要領	実例*2	
嫌気性消化処理方式	20	13	－	－	－	－	
好気性消化処理方式	20	13	－	－	－	－	
希釈ばっ気処理方式	20	13	－	－	－	－	
一段活性汚泥処理方式	20	13	－	－	－	－	
標準脱窒素処理方式	10	－	40	－	70	－	
高負荷脱窒素処理方式	1.5～3.0	－	－	23～100	－	35～179	
膜分離高負荷脱窒素処理方式	1.5～3.0	－	75～200	20～96	5～20	<1～4	
浄化槽汚泥対応型脱窒素処理方式	1.5～3.0	－	<1	25～28	<10～40	36	

*1：設計要領に事例があるものはその値を、無い場合は希釈倍数より算定した。

*2：（財）日本環境衛生センター、廃棄物処理技術検証－第3号、H15.9

表 5.9 リン回収増設の適応性評価例

処 理 方 式	適応性評価		摘 要
	MAP方式	HAP方式	
嫌気性消化処理方式	○	×	・嫌気性硝化槽の後段でMAP回収をする。
好気性消化処理方式	△	×	・生物処理の前段で前凝集＋MAP回収をする。
希釈ばっ気処理方式	△	×	・生物処理の前段(希釈前)で前凝集＋MAP回収をする。
一段活性汚泥処理方式	△	×	・生物処理の前段で前凝集＋MAP回収をする。
標準脱窒素処理方式	○	△	・生物処理の前段で前凝集＋MAP回収をする。 ・生物処理後回収するHAPに汚泥が混入する恐れがある。
高負荷脱窒素処理方式	○	△	・生物処理の前段で前凝集＋MAP回収をする。 ・生物処理後回収するHAPに汚泥が混入する恐れがある。
膜分離高負荷脱窒素処理方式	○	◎	・生物処理の前段で前凝集＋MAP回収をする。 ・生物処理水からHAP回収をする。
浄化槽汚泥対応型脱窒素処理方式	○	△	・前凝集後にMAP回収をする。 ・生物処理水のリン濃度が低いHAP回収効率が十分でない。

◎:適応性が非常にある。○:適応性がある。△:適応性が低い。×:適応性がない。

表 5.10 し尿処理方式とリン回収設備増設の可能性 (1/2)

処理方式	処理の特徴	処 理 フ ロ ー	希釈倍数等	リン回収設備の適用性	
				HAP方式	MAP方式
嫌気性消化 処理方式	し尿等を消化槽に投入して、約30日間嫌気性分解、脱離液を希釈して活性汚泥処理する方式である。嫌気性消化によりバイオガスを回収して有効利用が可能で、肥効性の高い消化汚泥が得られる。		標準希釈倍数 20 倍 BOD 除去率 80%以上 (活性汚泥処理) 生物処理水 T-P 13.1mg/L 以下	① 20 倍希釈するため生物処理水のリン濃度が低過ぎてリン回収の適用は難しい。 ② 沈殿処理後に晶析槽を設置することになるが、HAPに汚泥が混入する恐れがある。	① 嫌気性消化脱離液を対象に晶析槽でMAPとしてリン回収する。 ② 下水汚泥の消化脱離液に適用した事例がある。
好気性消化 処理方式	し尿を希釈せずに長時間ばっ気することで(10～15 日間)、好気性分解させて、その脱離液を希釈して活性汚泥処理する方式である。		標準希釈倍数 20 倍 BOD 除去率 80%以上 (活性汚泥処理) 生物処理水 T-P 13.1mg/L 以下	① 20 倍希釈するため生物処理水のリン濃度が低過ぎてリン回収の適用は難しい。 ② 沈殿処理後に晶析槽を設置することになるが、HAPに汚泥が混入する恐れがある。	① 好気性消化脱離液(沈殿後)を対象に晶析槽でMAPとしてリン回収することが可能である。 ② 好気性消化工程でリンが汚泥に吸着され、脱離液のリン濃度が低下してリン回収効率が悪化する。
希釈ばっ気 処理方式	し尿を 5～10 倍に希釈・混合してばっ気処理(8時間以上)した後、沈殿分離して分離水を希釈(全体で20 倍程度)して活性汚泥処理する方式である。		標準希釈倍数 5 倍～10 倍 BOD 除去率 92%以上 (活性汚泥処理) 生物処理水 T-P 26.2mg/L 以下	① 5 倍～10 倍希釈するため生物処理水のリン濃度が低くリン回収の適用は難しい。 ② 沈殿処理後に晶析槽を設置することになるが、HAPに汚泥が混入する恐れがある。	① 希釈ばっ気処理水の固液分離後に晶析槽でMAPとしてリン回収することが可能である。 ② 希釈ばっ気工程でリンが汚泥に吸着され、脱離液のリン濃度が低下してリン回収効率が悪化する。
一段活性汚泥 処理方式	し尿を無希釈前ばっ気(2日間)した後に、20 倍希釈して活性汚泥処理する方式である。		標準希釈倍数 20 倍 BOD 除去率 92%以上 前ばっ気 30%以上 活性汚泥処理 93%以上 生物処理水 T-P 13.1mg/L 以下	① 生物処理水のリン濃度が低過ぎてリン回収の適用は難しい。 ② 沈殿処理後に晶析槽を設置することになるが、HAPに汚泥が混入する恐れがある。	① 前ばっ気処理後固液分離して晶析槽にてMAPを回収することが可能である。 ② 前ばっ気工程でリンが汚泥に吸着され、脱離液のリン濃度が低下する可能性がある。
標準脱窒素 処理方式	し尿等を 5 倍～10 倍程度に希釈後生物学的脱窒素法で、BOD と窒素を同時に除去する方式で、脱窒素槽、硝化槽、二次脱窒素槽、再ばっ気槽、沈殿槽で構成される。硝化液循環法が基本で、脱窒素槽に空気を吹き込む混合分解法や脱窒素槽と硝化槽を交互に組み合わせるステップ脱窒法がある。		標準希釈倍数 5 倍～10 倍 MLSS 濃度 6,000 mg/L 生物処理水 T-P 40mg/L 程度 (し尿 60m³/d, 浄化槽汚泥 60m³/d, 生ごみ 10m³)	① 生物処理水のリン濃度が低過ぎてリン回収の適用は難しい。 ② 沈殿処理後に晶析槽を設置することになるが、HAPに汚泥が混入する恐れがある。	① 生物処理前段に固液分離後に晶析槽でMAPとしてリン回収することが可能である。

表 5.10 し尿処理方式とリン回収設備増設の可能性 (2/2)

処理方式	処理の特徴	処 理 フ ロー	希釈倍数等	リン回収設備の適用性	
				HAP方式	MAP方式
高負荷脱窒素 処理方式	し尿等をプロセス用水以外の希釈水を用いることなく高容積負荷で処理を行う生物学的脱窒素法と凝集分離設備を組合せて BOD と窒素を同時に除去する方式である。硝化・脱窒素槽、固液分離装置及び凝集沈殿設備で構成される。槽の構成により複数槽形式、単一槽形式、単一槽＋二次硝化脱窒素槽の形式がある。		標準希釈倍数(プロセス用水として) 1.5 倍～3 倍 MLSS 濃度 12,000mg/L ～20,000 mg/L 生物処理水 T-P 75mg/L～100mg/L (し尿 60m³/d, 浄化槽汚泥 60m³/d, 生ごみ 10m³)	① プロセス用水によるリン濃度の低下や、生物処理によるリンの消費があるが、T-P で 75mg/L 程度の濃度と推察される。 ② リン回収設備は凝集分離設備の前に設置する必要がある。 ③ 生物処理水の SS 濃度が高く、HAP 中の不純物が多くなり副産りん酸肥料の認定が出来ない可能性が高い。	① 生物処理前段に固液分離後に晶析槽でMAPとしてリン回収することが可能である。
膜分離高負荷脱窒素 処理方式	高負荷脱窒素処理方式において固液分離に膜分離設備を用いる方式で、硝化・脱窒素槽、生物処理膜分離装置で構成されるが、性能指針を満足させるために、後段に凝集膜分離装置、活性炭吸着装置を設けるのが一般的である。 膜分離装置は二段設けられ、一段目は高負荷脱窒素処理で硝化・脱窒素反応を終えた MLSS の固液分離用として、二段目は COD, 色度、リン除去するための凝集分離の固液分離装置として用いる。両者を一体にした一段膜方式もある。		標準希釈倍数(プロセス用水として) 1.5 倍～3 倍 MLSS 濃度 12,000mg/L ～20,000 mg/L 生物処理水 T-P 75mg/L～100mg/L (し尿 60m³/d, 浄化槽汚泥 60m³/d, 生ごみ 10m³)	① プロセス用水によるリン濃度の低下や、生物処理によるリンの消費があるが、T-P で 75mg/L 程度の濃度と推察される。 ② リン回収の適用に当たっては、現状の生物処理後の水質や投入されるし尿等の性状変化(浄化槽汚泥の混入率等)に伴うリン濃度を想定して適用性の検討が必要である。 ③ リン回収設備は凝集分離設備の前に設置する必要がある。 ④ 一段膜で凝集沈殿汚泥として分離しているフローでは適用が難しい。適用する場合は生物処理膜を増設する必要がある。	① 生物処理前段に固液分離後に晶析槽でMAPとしてリン回収することが可能である。
浄化槽汚泥の混合 比率の高い脱窒素 処理方式 (浄化槽汚泥対応 型脱窒素処理方式)	浄化槽汚泥が 50%以上混入する場合に、除渣後に前凝集分離を用いて濃縮・固液分離を行うことで、性状の安定化及び生物処理の負荷軽減を図る方式である。 前凝集分離設備では無機凝集剤と高分子凝集剤を併用して固液分離する方式が多く、この場合はリン除去機能があるため、後段の凝集分離設備は不要となる。		標準希釈倍数(プロセス用水として) 1.5 倍～3 倍 MLSS 濃度 12,000mg/L ～20,000 mg/L 前凝集後 T-P 30 mg/L 程度 (浄化槽汚泥混入比率 60%)	① 前凝集分離で無機凝集剤ではなく有機凝集剤を用いて、水溶性リン濃度を低下させない工程変更等が必要である。 ② 浄化槽汚泥の混合比率が高いとリン濃度が低く、生物処理後のHAPによるリン回収は回収率が低くなる。 ③ 生物処理水の SS 濃度が高く、HAP 中の不純物が多くなる可能性が高い。 ④ 浄化槽汚泥が多いため、生物処理後のリン濃度は低くなる傾向にある。	① 前凝集分離工程の後段でMAPによるリン回収が可能であるが、有機凝集剤を使用する必要がある。 ② リン除去後の生物反応槽におけるリン不足とならないよう工夫する必要がある。 ③ 浄化槽汚泥が多いため、生物処理後のリン濃度は低くなる傾向にある。

5.3 リン回収増設のケーススタディ

H A P 設備を 50kL/日の施設（膜分離高負荷脱窒素処理方式）に増設した場合の主要機器リストを表 5.11 に、施設配置例を図 5.3 に示す。

表 5.11 主要機器リスト（50kL/日 H A P 施設増設）

No	機器名称	仕様	数量	備考
1	晶析槽	Φ2800 2800H SUS製	1	
2	晶析槽攪拌機	可変パドル式	1	
3	晶析リン引抜ポンプ	スラリーポンプ Φ25×1.5kW	2	
4	リン回収処理水槽	1.0m ³ FRP製丸型タンク	1	
5	リン回収処理水ポンプ	軸ネジポンプ(可変式) Φ65×1.5kW	2	
6	カルシウムタンク	4.0m ³ FRP製丸型タンク	1	
7	カルシウムポンプ	ダイヤフラムポンプ Φ15×0.2kW	2	
8	リン回収コンテナ	800×800×800 SUS製(内部水切りパンチング) キャスター付き	1	
9	晶析槽移送ポンプ	既設利用 定量ポンプ(可変式) ※参考 軸ネジポンプ(可変式) Φ65×1.5kW	2	既設設置
10	晶析アルカリポンプ	ダイヤフラムポンプ Φ15×0.2kW	2	既設設置
11	アルカリタンク	既設利用	1	既設設置

6. リン回収設備の整備計画

リン回収設備の整備計画は、リン回収設備を導入するし尿処理施設や汚泥再生処理センターの施設計画と整合を図り、次の事項を定める。

- (1) 施設計画条件；し尿・浄化槽汚泥の計画処理量，性状，リン回収方式
- (2) リン回収設備の設備構成
- (3) リン回収設備の設備仕様

6.1 施設計画条件

リン回収設備を導入するし尿処理施設や汚泥再生処理センターの施設計画に係る下記に示す計画条件を設定する。

- ① し尿及び浄化槽汚泥量（ $\text{kL}/\text{日}$ ），有機性廃棄物（ $\text{kg}/\text{日}$ ）
- ② 搬入されるし尿と浄化槽汚泥の性状：pH，BOD，COD，SS，T-N，T-P， Cl^-
- ③ し尿処理方式
 - ◆ 水処理方式について
 - ◆ 汚泥処理方式について
- ④ 資源化方式：リン回収方式（HAP法/MAP法）（+他の資源化方式）
- ⑤ リン回収設備：リン回収率（メーカー提案），回収リン成分（肥料取締法の基準）

表 6.1 肥料取締法による肥料区分の例

回収リンの種類	肥料の種類（肥料取締法）
MAP法によるリン酸マグネシウムアンモニウム	複合肥料（化成肥料）
HAP法によるヒドロキシアパタイト	りん酸質肥料（副産りん酸肥料）

リン回収設備は汚泥再生処理センター等施設の一部設備であるため，汚泥再生処理センター等施設として設定した処理フローや機器構成，リン回収設備の位置に応じて，リン回収設備の仕様が異なってくることから，回収リンの性状（肥料取締法の基準）を計画条件として定め，晶析槽の流入条件やリン回収率はメーカーからの提案事項とするのが現時点では妥当である。

一般に生物処理工程の前段に設置するのがMAP設備，後段に設置するのがHAP設備であり，回収リンの肥料区分も異なるため（表 6.1 参照），設備の特性等を踏まえてリン回収方式を定めるのが望ましいが，選定が難しい場合はメーカーからの提案による場合もある。

6.1.1 H A P 設備

(1) 設備の基本構成

本設備は、投入設備、晶析設備、リン回収槽から構成される。

(2) 投入設備

リン原水槽とリン原水ポンプから構成され、生物学的脱窒素処理後の原水を貯留し晶析槽へ送水する。

(3) 晶析設備

晶析槽と攪拌機で構成され、投入設備から送られてきた原水と塩化カルシウムを混合攪拌し、H A P を晶析する。なお、水酸化ナトリウムで pH の調整を行う。

(4) リン回収槽

晶析リン引抜ポンプ、リン回収槽（フレコンバッグ付等）から構成され、晶析したH A P を定期的に引抜き、フレコンバッグで脱水・貯留する。

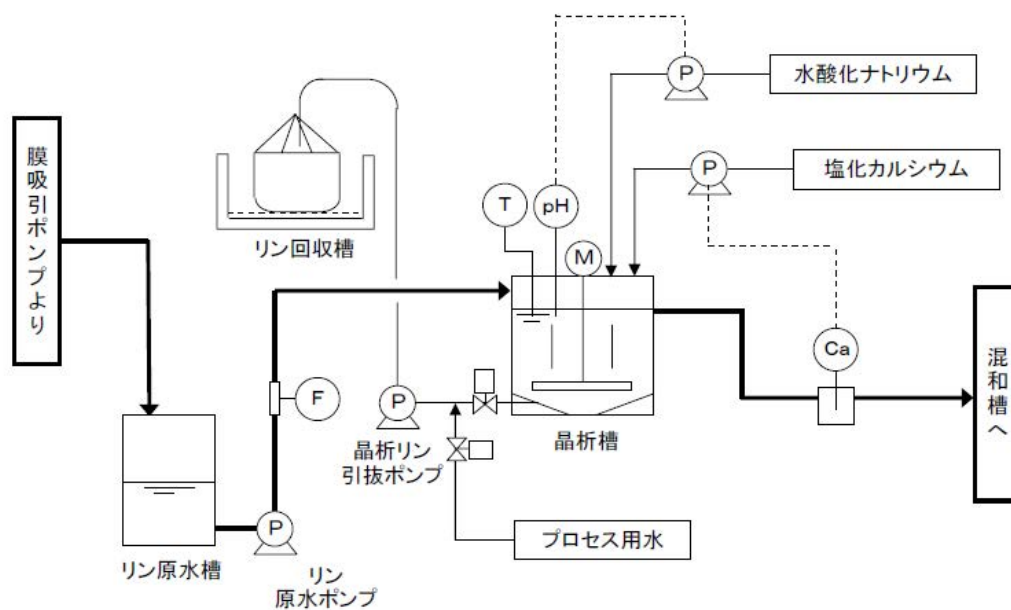


図 6.1 H A P 設備の構成

6.1.2 H A P 設備の仕様等

(1) 設備計画上の留意事項

- ① H A P 設備は生物処理工程の後段に設置するため、前処理及び生物処理工程において無機凝集剤を用いる浄化槽汚泥対応型や凝集剤添加型生物処理等のようにリン除去機能のある設備を設けてH A P 設備への流入水のリン濃度が低下しないように、処理フローを設定する必要がある。

- ② 搬入し尿や浄化槽汚泥のリン濃度を把握し、生物処理後のリン回収設備の入口でのリン濃度を設定する。
- ③ リン回収設備の原水温度が低下しないような、適切な保温構造及び水槽配置とする。
- ④ H A Pは沈降性が高い粒子であるため、装置内で液が滞留しないようにする。
- ⑤ 定期的なメンテナンスのために、リン回収設備をバイパスできるような配管設備とする。
- ⑥ 生産したH A Pは、ある程度の量になるまでストックしておく必要があるので、そのストックヤードを計画しておく。ストックヤードは乾燥させたヒドロキシアパタイトが吸湿しないように、水気のない場所を選ぶ。
- ⑦ H A P法の機器仕様の例を表 6.2 に示す。

(2) 設備仕様

表 6.2 H A P 設備の機器仕様例

装 置 名	機器仕様の例		備考
晶 析 槽	滞留時間	1～2時間	
(晶 析 部)	アパタイト粒子濃度	20,000mg/L以上	
	設定pH	7.5	
	Ca添加濃度	$2.15 \times \text{原水P} + 100 - \text{原水Ca}$ (mg/L)	
	水温	25℃以上	
	滞留時間	0.5時間以上	
(分 離 部)	上昇速度	25m/日以下	
晶析槽攪拌機	攪拌強度	$100 \sim 650 \text{w/m}^3$	可変速式

6.1.3 M A P 設備

(1) 設備の基本構成

本設備は、投入設備、晶析設備、リン回収槽から構成される。

(2) 投入設備

リン原水槽とリン原水ポンプから構成され、前処理後の原水を貯留し晶析槽へ送水する。

(3) 晶析設備

晶析槽と攪拌装置で構成され、投入設備から送られてきた原水とマグネシウムイオン源を混合攪拌し、M A Pを晶析する。なお、水酸化ナトリウムで pH の調整を行う。

(4) リン回収槽

晶析リン引抜ポンプ、MAP分離器、リン回収槽（コンテナ等）から構成され、晶析したMAPを定期的に引抜き、リン回収槽で脱水・貯留する。

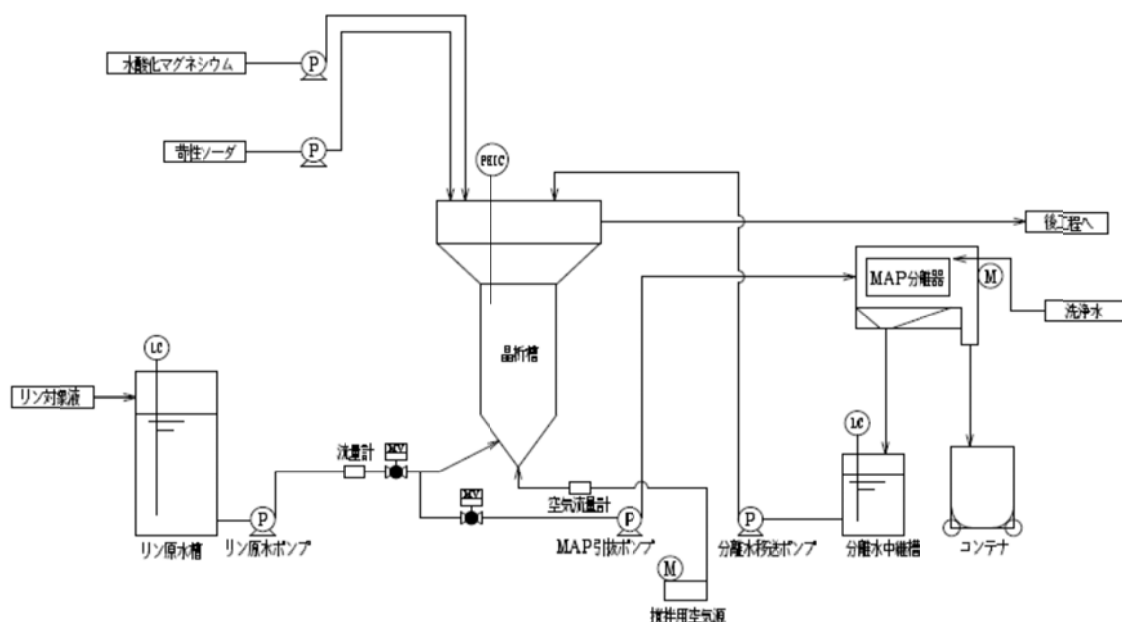


図 6.2 MAP 設備の構成

6.1.4 MAP設備の仕様等

(1) 設備計画上の留意事項

- ① 搬入し尿や浄化槽汚泥のリン濃度を把握し、MAP設備入口のリン濃度及びSS濃度を設定して、前処理方式とその運転条件を明示する。
- ② リン回収設備は搬入量の変動を考慮し、負荷変動に対応した設備とする。
- ③ 前凝集設備等の前処理方式では、リン回収量を低下させないように無機凝集剤の使用を避け、過大なリン除去とならないよう適正な前処理方式を選定する。基幹的設備改良の場合は、処理フローの変更も検討する必要がある。
- ④ リン回収設備の入口で想定したリン濃度に対して、適量のマグネシウムを注入でき、晶析槽で適正なpH制御ができるように水酸化ナトリウムを注入できる設備とする。
- ⑤ 粒子が沈降しないように、できるだけ完全混合状態、滞留時間、水面積負荷が適切に得られるように晶析槽を設計する。
- ⑥ 異常時に対応するために、流出MAPの戻しラインを設置する。
- ⑦ 回収したMAPの貯留設備は水気のない場所を選ぶ。
- ⑧ MAP法の機器仕様の例を表6.3に示す。

(2) 設備仕様

表 6.3 MAP設備の機器仕様例

装置名	機器仕様の例		備考
晶析槽 (反応部)	滞留時間	25分以上	
	MAP引抜頻度	1～2回/週	
	設定pH	8.5	
	Mg添加濃度(モル比)	1.0以上	Mg/PO ₄ -P
(分離部)	水面積負荷	30m ³ /m ² /日以下	
晶析槽攪拌送風機	攪拌強度	15m ³ /m ² /hr以上	

6.2 仕様書策定上の留意事項等

- (1) リン回収設備は汚泥再生処理センター等施設の一部として設置するので、汚泥再生処理センター等施設の処理フローを踏まえた施設計画・仕様を設定する必要がある。
- (2) リン回収設備の前段で、無機凝集剤を使用してリン濃度を低下させ、回収リン量が低下しないよう配慮しなければならない。
 - ・ HAP施設：前段でのリン除去機能（脱水，凝集沈殿等）の配置を避けるようにする。
 - ・ MAP施設：MAP設備の前段でSS制御のための前処理においてリン除去が過大とならないようにする。
- (3) リン回収設備の設備仕様は配置や前段の処理工程により異なるため、メーカー提案とした仕様書を作成するのが現時点は妥当で、リン回収率も現在知見を蓄積中の段階であることから、確定した数値を提示できる段階ではない。汚泥が混入するとりん酸を保証する肥料（副産りん酸肥料，化成肥料）として肥料登録できない恐れがあるため、汚泥の混入には十分留意すること。
- (4) 回収リンの性状は回収時点の水分等により性状が異なるため、保証値として設定せずに目標値とするのがリン回収設備では妥当である。なお，HAP及びMAPの目標値の設定例については第3章を参照されたい。
- (5) リン回収方式は現状では水処理系の資源化方式であり，汚泥等の固形物系は対象となっていない。そのため，リン回収を選定する場合は堆肥化や助燃剤化等の資源化方式と併用して資源化を進めることが考えられる。

【参考事例】

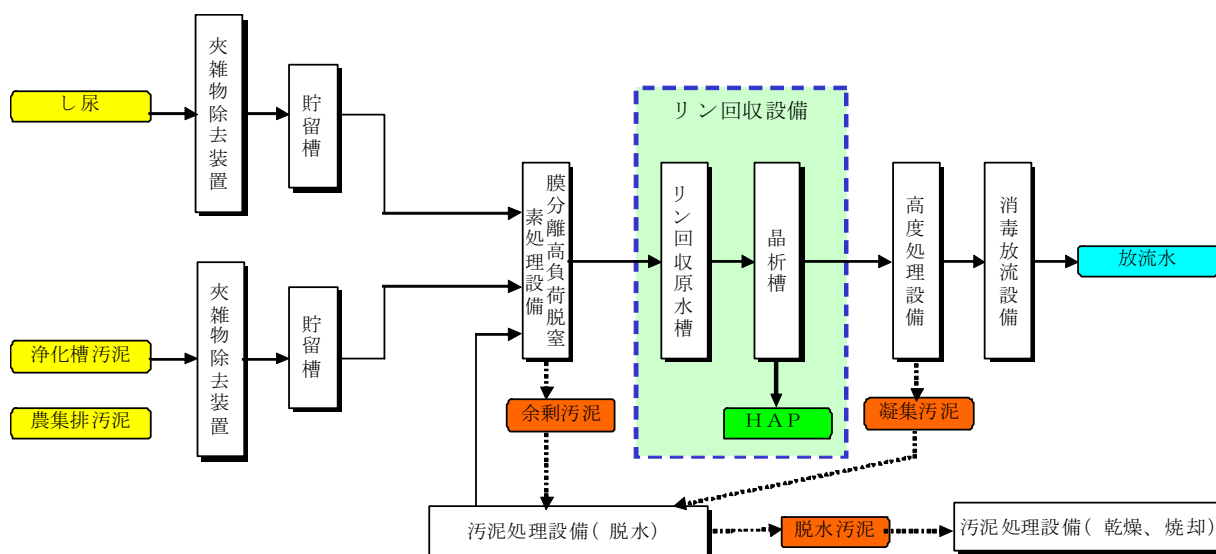
仙北市汚泥再生処理センター

名 称 : 仙北市汚泥再生処理センター
 所在地 : 秋田県仙北市角館町
 処理能力 : 60kL/日
 (し尿 35kL/日, 浄化槽汚泥 17kL/日, 農集排汚泥 8kL/日)
 処理方式 : 水処理設備: 膜分離高負荷脱窒素処理 + 高度処理 + 河川放流
 資源化設備: リン回収 (HAP法)
 汚泥処理 : 脱水, 乾燥, 焼却
 HAP回収能力: 53.5kg/日 (設計値)

【技術的特徴】

- ・ リン回収設備は交付金対象の資源化設備で, 生物学的脱窒素した膜処理水から直接リンを回収するためプロセスが極めてシンプルである。
- ・ 晶析槽は, 二重構造のタンクと攪拌機で構成されている。
- ・ 原料中のリン酸態リンと塩化カルシウムを効率的に反応させる。
- ・ pH, Ca 濃度を制御することでHAPの高回収率を実現させる。

【処理フローシート】

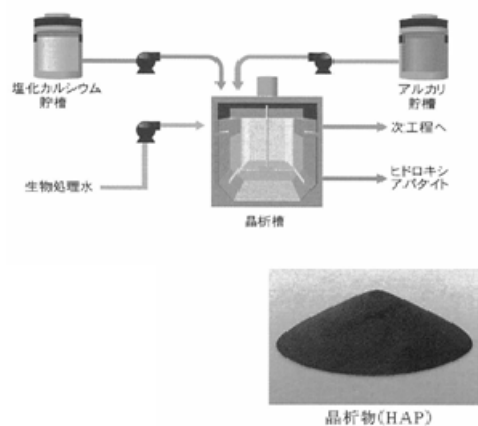


【HAPの利活用状況】

- (1) 肥料登録がなされている。
 - ・ 肥料の種類: 副産りん酸肥料
 - ・ 登録年月: 平成 21 年 8 月
 - ・ 登録肥料名称: せんぼく さくら
- (2) 広報による啓蒙と普及活動がなされ, 回収リンの無償配布を行った。
- (3) 公的な機関で肥料試験が実施され, 肥料製造企業の協力が得られている。
 - ・ JA あきたおぼこ田沢湖営農センターにて展示圃場試験実施
 - ・ 秋田県農業試験場に委託し植栽試験を実施

【施設の状況】

リン回収設備フロー



HAP サンプル



リン回収設備（晶析槽）



晶析槽内部



HAPの水切り

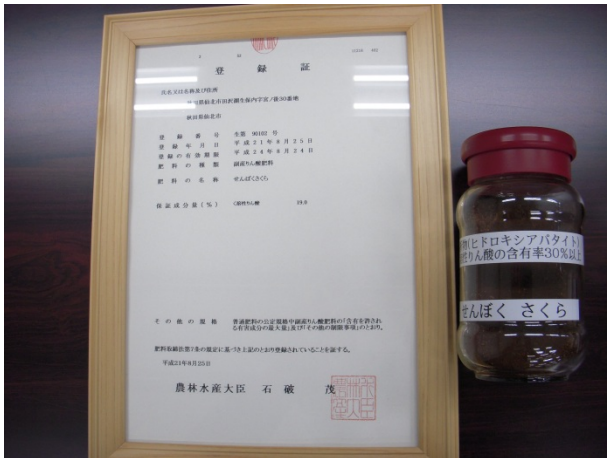


HAP 外観



【啓発・普及活動の状況】

「せんぼく さくら」肥料登録



広報で啓発・普及活動

環境保全センターよりお知らせ 「肥料(リン)」の無償配給について

仙北市では、汚泥再生処理センターからリンを1カ月に平均600kgの回収をしております。この度肥料登録を申請し、名前を「せんぼく さくら」と銘々し、平成21年8月25日に農林水産大臣より認可をいただきました。

回収されたリンを市民の皆様に試験的に今年度限り、使用していただきたいと思います、下記場所にて無償で配給することになりましたので、ご利用していただきたいと思います。(※在庫がなくなり次第打ち切らせていただきます)

■配給団体：仙北市認定農業者協議会 会長 i
TEL/FAX (47) _____

■配給場所：仙北市西木町小淵野字曲屋43番地

■配給日及び時間：毎月1日と15日 午前8時～10時

■搬出方法：袋詰めになっておりませんので、各自空の肥料袋(20キロ)を持参してください。

(※お一人様20キロを上限とさせていただきます)

■問合せ：環境保全センター TEL(54)3305

(注意) 使用の際には、リンのみでの使用では生育しませんので、他の混合肥料と合わせてご使用してください。

(9/15号再掲)

現在は無償配布による広報を終了し、「せんぼく さくら」として肥料会社に販売している。

双葉地方広域市町村圏組合汚泥再生処理センター

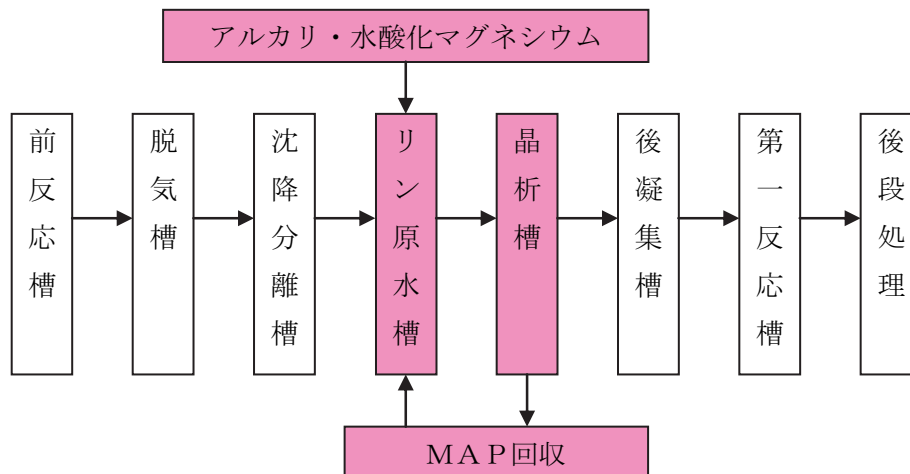
名 称 : 双葉環境センター（既設名称）
 所在地 : 福島県双葉郡富岡町
 処理能力 : 63kL/日
 （し尿 12kL/日，浄化槽汚泥 49kL/日，農集排汚泥 2kL/日）
 処理方式 : 水処理設備：膜分離高負荷脱窒素処理方式+高度処理+河川放流
 資源化設備：リン回収（MAP法）
 汚泥処理 : 脱水(将来, 別の既存施設により炭化処理による資源化を予定)
 MAP回収能力：30kg/日（設計値リン原水濃度に基づく計画値）

【技術的特徴】

- ・ リン回収設備は交付金対象の資源化設備で，１段での生物処理をした原水から直接リンを回収するためプロセスが極めてシンプルである。
- ・ 晶析槽は，反応のためのリアクタと洗浄・分離機・水酸化マグネシウム添加設備で構成され，攪拌は空気を使用する。
- ・ 原料中のリン酸態リンと水酸化マグネシウムを，効率的に反応させ晶析する。
- ・ pH，水酸化マグネシウム添加量を制御し，MAPの高回収率を実現させる。

【処理フローシート】

着色部MAP回収設備



【MAPの利活用状況】現在、施設は休止中	
【施設の状況】	
リン回収設備（晶析槽） 	リン回収設備（晶析槽上部） 
リン回収設備（リン分離装置） 	リン回収設備（リン分離装置） 
回収MAP 	

7. 効率的なリン利活用システムの構築

7.1 リン回収型し尿処理施設等の立地条件

リン回収型し尿処理施設等の立地上考慮すべき事項は、以下のとおりである。

- ① リン回収量及び回収効率は、投入し尿・浄化槽汚泥のリン濃度に左右されるため、浄化槽汚泥比率が急激に上昇する地域には適さない。
- ② 助燃剤化や堆肥化等の汚泥系の資源化が難しい地域では、唯一の水処理系の資源化方式であるリン回収は有効である。
- ③ リン回収を基幹的設備改良事業等で増設する場合は、H A P 方式は膜分離脱窒素処理方式へ、M A P 方式は浄化槽対応型処理方式への改造が技術的に望ましい。

リン回収設備を導入している汚泥再生処理センターを表 7.1 に示す。これらの施設の立地について特徴的な条件はないが、将来にわたる投入し尿等のリン濃度の変動や汚泥再生処理センターのし尿処理方式と資源化方式の適合性等の制約が考えられる。基幹的設備改良事業等で増設する場合は、既存施設の処理方式とリン回収方式の適合性を勘案して立地させる必要がある（5 章参照）。

表 7.1 リン回収設備を導入している汚泥再生処理センター一覧（再掲）

回収技術	施設名称	施設処理能力	設置状況
H A P 法	秋田県仙北市汚泥再生処理センター	60kL/日	平成 21 年 4 月稼働
	奈良県十津川村汚泥再生処理センター	6kL/日	平成 22 年 4 月稼働
	青森県西北五環境整備事務組合 中央クリーンセンター	162kL/日	平成 24 年 1 月稼働
	和歌山県串本町古座川町衛生施設事 務組合汚泥再生処理センター	45kL/日	平成 26 年 4 月稼働予定
	高知県四万十町（仮称）四万十町汚泥 再生処理センター	44kL/日	平成 26 年 4 月稼働予定
	愛媛県宇和島地区広域事務組合汚泥 再生処理センター	220kL/日	平成 27 年 4 月稼働予定
	三重県熊野市汚泥再生処理センター	40kL/日	平成 28 年 1 月稼働予定
M A P 法	福島県双葉地方広域市町村圏組合 汚泥再生処理センター	63kL/日	平成 23 年 4 月稼働予 定のところ現在休止中

7.2 広域連携・事業連携

し尿・浄化槽汚泥からのリン回収は、リン回収の効率化と回収リンの増産が大きな課題である。実施に当たっては、従来のし尿処理の枠組・システムに捉われることなく他地域との広域連携や他事業との事業連携の可能性についても併せて検討し、加えてリン回収の利活用の促進に努める必要があると考えられる。

(1) 広域連携・事業連携の考慮すべき事項

HAP方式、MAP方式を用いてリン回収しているし尿処理施設におけるリン回収の課題は、次の3点に集約される。

- ① リン濃度の高いし尿が減少し、リン濃度の低い浄化槽汚泥が増加しているため、生物処理水のリン濃度が希薄となり、リン回収設備の回収効率が低下する傾向にある。
- ② し尿処理施設は小規模施設が多く、1ヶ所当たりの回収リンが少ないため回収リンの収集コストが高くなる。回収リンが小規模分散しているため、産業利用するには回収リンの量の拡大・集約化が不可欠である。
- ③ リン回収施設の普及が低調であるため、回収リンの市場が醸成されにくい。

以上の課題を克服する方策として、①リン回収設備の流入リン濃度を高く保持すること、②し尿処理施設の規模を大きくしてリン回収量を増やすこと、③回収リンを増産して回収リンの市場を形成することが考えられる。

流入濃度を高くするには、搬入されるし尿量比率を高めるか、浄化槽から処理水として排出されているリンを汚泥として固着してし尿処理施設に搬入ことが考えられる。また、し尿処理施設の規模拡大には、施設の広域化を図り、し尿と浄化槽汚泥の処理工程分離等によりリン回収設備の効率化を図ることが考えられる。なお、他事業で行われているリン回収設備を活用してリン回収の共同事業化を図ることも有効策と考えられる。

(2) 広域連携・事業連携の実施可能性

リンの回収効率を上げるための方策として下記が考えられ、広域連携・事業連携の実施可能性について現時点で想定される内容についてまとめたものを表 7.2 に示す。広域連携・事業連携の実施は、課題として示す条件が達成されれば、有効な方策となる可能性がある。この他の事業連携についても、地域の事情や技術の進展を踏まえて、種々の可能性の検討が求められる。

① リン回収量を増やすためし尿・浄化槽汚泥のリン濃度の増加

- ◆ 広域化によるスケールメリットの発揮とし尿専用処理化による回収リン量の増加
- ◆ 浄化槽汚泥や農集排施設からのリン回収汚泥や凝集沈殿汚泥等を再溶解させることによるリン濃度の増加

② 肥料製造との産業連携

- ◆ し尿処理汚泥焼却灰をリン鉱石代替としてリン酸を製造し、肥料原料として利用する方法

③ 下水汚泥焼却灰からのリン回収との共同事業

- ◆ 下水汚泥焼却灰からのリン回収施設に、し尿処理汚泥焼却灰を混合することによるリン回収事業の共同化

表 7.2 広域連携・事業連携の実施可能性

項目	し尿の広域処理	浄化槽汚泥からのリン回収	産業連携	焼却灰の共同リン回収
事業概要	複数自治体で広域化して施設規模拡大を図り、し尿ラインと浄化槽ラインを設けてし尿ラインにリン回収を敷設する。	リン除去型浄化槽から収集した汚泥からリンを再溶出させてリンをし尿処理場で回収する方式である。	民間企業と連携して下水処理場の汚泥焼却灰をリン鉱石に2.5%程度混合して、リン酸製造ラインで原料とする方式に、し尿処理汚泥焼却灰を混ぜる方式である。	し尿処理汚泥焼却灰を、下水道汚泥焼却灰に混入して、アルカリ抽出法でリン回収する方式である。
事業効果	① し尿単独ラインとすることで生物処理水のリン濃度が上がる。 ② その結果、リン回収量、回収効率が上がる。 ③ し尿・浄化槽汚泥の性状に適した処理方式の採用が可能となる。	① 浄化槽から処理水として排水されているリンを資源として回収できる。単独ラインとすることで生物処理水のリン濃度が上がる。 ② 生物処理水のリン濃度が上がり、リン回収量、回収効率が増加する。	① し尿処理汚泥焼却灰をリン製造工程の原材料として活用できる。(マテリアルリサイクル) ② し尿処理施設でのリン回収設備が不要となる。	① し尿処理でのリン回収設備が不要となる。
課題	① 収集車集中や施設用地が大きくなり、施設立地の住民合意形成が難しい。 ② 自治体同士の合意が必要となる。 ③ 広域収集体制の確立が求められる。 ④ 必要に応じて、中継輸送の採用も検討を要する。	① リン回収型浄化槽の普及促進が求められる。 ② リン再溶出は酸又はアルカリで可能であるが、再溶出設備の実用化に至っていない。 ③ リン回収汚泥のみの収集体制を確立する必要がある。	① し尿処理汚泥焼却灰は一廃であり、一廃処理施設の許可を要する。 ② し尿処理汚泥焼却灰の受入事例が無く、性状等の確認が必要である。	① 下水汚泥焼却灰からリン回収している下水処理場は1箇所のみである。 ② し尿処理汚泥焼却灰のリン含有量、アルカリ抽出量が少なく、効率的に回収できない可能性がある。 ③ 下水道管理者との協議が必要である。
実施可能性	○	△	△	△
備考		リン除去型浄化槽の普及促進及び再溶出設備の実用化が課題。	し尿処理汚泥焼却灰の性状がリン酸製造工程に適合性の確認が必要。 試験結果によると1%程度が限界であった。	し尿処理汚泥焼却灰の性状(リン、鉄含有量等)が課題。

○：十分実施可能性がある。

△：実施に向けて検討課題があり、即時実施は難しい。

7.3 効率的な利活用システム確立と流通経路

回収したリンの需要と流通経路を確保することは、し尿処理施設におけるリン回収システム成立の重要なポイントである。回収したリンは肥料取締法の公定規格を満足するが、リン回収の歴史は浅く新たな流通形態の開拓が必要となる。流通形態には、地元農家等との連携による地産地消の地域循環と肥料製造事業者等と連携した広域循環（産業利用）がある。

回収したリンの利活用は、肥料原料として用いる広域循環とリンを回収した汚泥再生処理センターの近傍（収集対象区域等）で肥料として用いる地域循環の2つの資源化ルートが考えられる。

前者はリン酸工場や肥料製造工場等の生産ラインに乗せて肥料として資源化する方式である。リン肥料の流通経路の概略を示したものを図 7.1 に示す。海外からリン鉱石を輸入しているのは、主に J A 全農と商社でありその約 6 割を全農が占めている。輸入されたリン鉱石は一次肥料メーカーに納められ、そこでリン酸液、りん安（リン酸アンモニウム）、熔成りん肥、過石（過りん酸石灰）といった単肥に加工される。一部は一次肥料メーカーから直接出荷されるが、多くは二次肥料メーカーに卸され、そこで需要家のニーズにより適合した窒素肥料やカリウム肥料を加えた化成肥料や配合肥料に加工される。全農系の肥料メーカーの場合、製造した肥料は再び買い戻され、各県の経済連を通じて各農協が購入し、そこから一般の営農者に流通する。

広域循環はこのリン肥料流通の一次肥料メーカーまたは二次肥料メーカーに原材料として供給することであるが、各メーカー共に生産ラインの 1 ロットに相当する原材料の確保が必要で、1ヶ所のし尿処理施設で回収される回収リンでは量的に少な過ぎる。この広域循環を確立するためには、リン回収設備を備えた汚泥再生処理センター等を多数普及促進させて、回収リンを集約して工場に出荷する方策が望ましい。現段階では採用が難しい循環方式である。

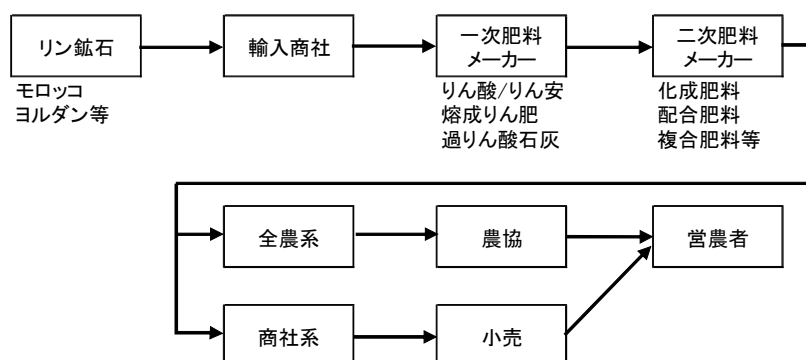


図 7.1 リン肥料の流通経路（再掲）

回収したリンを肥料として地元で直接利用する地産地消（小循環）は、フードマイレージの点から考えると、回収リンの生産量が個別では少ないし尿処理施設では有利であり、エネルギー消費、CO₂排出削減が可能で、し尿処理施設で回収されるリンの利活用に適している（図 7.2 参照）。地産地消を進めるにあたり課題は次のとおりである。

供給側の課題としては、

- ①情報交換の場がない
- ②需要者とのマッチングをどう図るか

需要者側の課題としては、

- ①生産量が少ない
- ②品質確保の保証が欲しい
- ③情報が不足している

これらの課題をクリアーするために、都道府県や市町村などの行政機関が中心となって、回収リンの活用を普及させるための情報提供、広報活動等が必要である。

具体的には、行政機関により、回収リンの地元利用（地産地消）に関するシンポジウムや消費者団体等との意見交換会の開催、PRパンフレットを作成・配布、キャッチフレーズ・マスコットキャラクターの制定等の活動が有効である。なお、これらの広報活動等に対応するためリン回収に係る「Q&A」等の資料が活用できる。

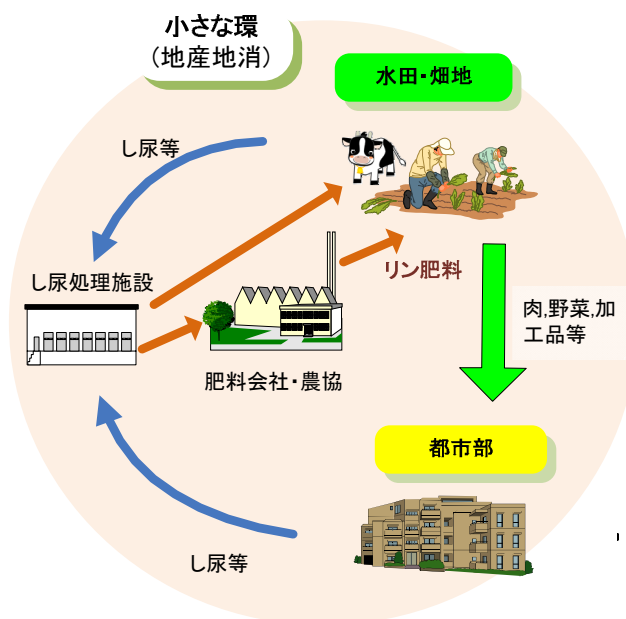


図 7.2 地産地消イメージ図

7.4 し尿・浄化槽汚泥におけるリン利活用の手順

し尿処理施設から回収されるリンは、1箇所あたりの回収量が小さいこと、またリン回収設備の普及が十分でないことから、現状では地産地消型の地域循環とならざるを得ない。

地域循環を形成して回収リンの利活用を図る手順は、仙北市のような普及啓発を行うことが効果的と考えられる。その手順を整理して以下に示す。

- (1) 肥料登録をして、安全性・肥効性を明らかにする。
- (2) 肥料登録に際し、肥料名称をつけ知名度を高める。(例:「せんぼく さくら」)
- (3) 広報活動や無料配布を行い、使用の抵抗感を払拭して肥料効果等を確認してもらう。
- (4) 施設近傍の肥料メーカーや販売店と共同して流通経路を開拓する。また、近在の営農センターや農業試験場の協力を得て、地域農産物での肥料効果等を確認してもらう。
 - 営農センター，農業試験場
 - 肥料販売店（J A全農，園芸店）
 - 肥料流通会社（J A全農，商社）
 - 肥料一次，二次メーカー

添付資料

資料－1) 肥料価格高騰に対応した肥料コスト低減に向けた取組の強化について

(平成 20 年 7 月 10 日)

資料－2) 生活排水処理におけるリン回収技術の一覧

資料－3) リン酸質肥料メーカー及び化成肥料メーカー一覧

資料－4) リン回収設備コスト算定データ

資料－5) リン回収設備 CO_2 算定データ

資料－6) 資源化方式によるコスト， CO_2 排出量算定データ

資料－1) 肥料価格高騰に対応した肥料コスト低減に向けた取組の強化について

(平成 20 年 7 月 10 日)

20 生産第 2357 号

平成 20 年 7 月 10 日

地方農政局長

内閣府沖縄総合事務局長

北海道知事



生産局長

肥料価格高騰に対応した肥料コスト低減に向けた取組の強化について

世界的な肥料需要の増大等を背景とした肥料原料の国際相場の高騰等を受けて、全農が平成 20 年 7 月からの肥料供給価格の値上げを発表する等、国内の肥料価格が上昇しているところであり、国際情勢を反映した価格上昇の傾向は、当面継続することが予想されるところである。

こうした中、肥料価格の大幅な上昇による農家経営への影響を最小限のものに留めるため、生産者段階における肥料コストの低減を可能とする施肥体系への転換、肥料の製造・流通の合理化等を推進するとともに、関係省庁等とも連携して海外原料の安定確保や未利用資源の活用等を進めることが重要となっている。また、これらの取組のうち、特に生産者段階の施肥体系の転換については、都道府県をはじめとする地域の関係機関・団体が一体となった推進が不可欠である。

このため、先般公表された「原油等価格高騰対策」（平成 20 年 6 月 26 日原油等高騰に関する緊急対策関係閣僚会議決定）においても、「肥料コスト低減に向けた取組」として、たい肥や土壌に蓄積する肥料成分を活用した化学肥料の節減に関する通知を発出して普及指導を進めるほか、生産者団体等と連携して、実証試験を基に低価格な低成分肥料の利用を促進することとしたところである。

については、貴局管内の各県において、行政、普及指導センター、試験研究機関の他、地域内の生産者団体及び肥料の製造・流通関係者等との連携の強化等により、下記に示す肥料コスト低減のための取組が着実に推進されるよう周知、指導方お願いする。

なお、生産者団体に対しては、別紙のとおり通知を発出することとしているので、併せて周知願いたい。

記

1 関係機関の連携強化等による取組体制の整備

肥料コスト低減に向けた取組を効果的かつ円滑に推進するためには、関係機関の連携による一体的な取組が必要である。

このため、施肥合理化協議会等の都道府県等に既に整備されている体制を活用しつつ、都道府県の行政、普及指導センター、試験研究機関に加え生産者団体や流通・販売関係団体等の関係者による推進体制を構築し、関係機関の情報や知見等を結集するとともに、それぞれの役割分担の下、以下の取組を着実に進める。

2 当面の取組

生産者段階における肥料コストの低減に向けては、3に示す取組を計画的に推進していく必要があるが、特に下記(1)から(5)までの事項については、関係機関が有する既存の体制、知見等を最大限活用して、速やかな対応を図るものとする。

(1) 減肥方法の明確化

土壌中に蓄積されている肥料成分やたい肥中に含まれる肥料成分を活用した減肥を進めるためには、それぞれの地域の土壌の種類や作物の種類等に応じて各都道府県が策定する「施肥基準」を見直す等により、具体的な減肥方法を明示する必要がある。

このため、平成20年7月10日付けの生産局長通知「適正な土壌管理の推進について」に基づき、土壌管理のあり方に関する意見交換会の報告書を参考として、たい肥を施用した場合や土壌診断等により土壌中への肥料成分の過剰蓄積が明らかになった場合の減肥の方法等を明確化し、適正施肥を推進する等、肥料コストを低減するための指導の強化・徹底を行う。

なお、施肥基準等の機動的な見直しが困難な場合にあっても、次期作の施肥設計・指導に間に合うよう、マニュアルやガイドラインの提示による減肥方法の明確化に努める。

(2) 土壌分析データ等の取りまとめ

肥料コスト低減のためには、土壌診断の実施、その結果に基づく適正施肥、効率的施肥技術の導入等の一連の施肥体系を転換していくことが必要となる。こうした施肥体系転換に向けた生産者への啓発・指導を行う際の科学的な根拠等として提供・活用できるよう、関係機関が有する過去の土壌分析データや減肥に関する試験成果、導入事例等を集約・整理する。

(3) 土壌診断の重点的な実施及びその結果の適切な反映

関係機関等が保有する土壌診断施設の能力を最大限活用して、適正施肥による肥料コストの低減効果が見込まれる作物や地域((2)で整理した過去の土壌診断データで肥料成分の過剰蓄積があった地域等)において、重点的な土壌診断を実施する。

また、土壌診断の結果を確実に施肥設計に反映させるよう、生産者に対する施肥設計等の指導を強化する。

なお、これらの取組は、生産者による肥料の注文・購入時期に先立って行われるとともに、肥料コスト低減につながる肥料銘柄が注文書等において選択可能となっていることで、はじめて有効となるものであることから、普及指導センター、生産者団体及び流通・販売団体等の間で十分なスケジュール調整等を行う。

(4) 作物ごとの肥料コスト低減方針の整備・推進

地域の主要作物ごとに、肥料コスト低減に向けて導入が可能な肥料の種類や施肥技術等、具体的な対応を明示した取組方針等を整備する。また、(2)及び(3)で整備されるデータ等から、本方針による取組の速やかな実施が可能な地域(肥料成分の過剰な蓄積が明らかな地域、新技術のモデル実証により一定の成果が得られている地域等)を特定して重点的な取組を行う等、戦略的な推進を図る。

(5) 低成分肥料の速やかな普及の促進

(1)で設定された基準等に照らして、りん酸や加里の過剰が明らかなほ場等では、平成20肥料年度から本

格的な製造・供給が開始されることとなっているりん酸，加里成分の含有量を下げ，価格も抑制した高度化成肥料(以下「低成分肥料」という。)の導入により，大きな肥料コスト低減効果が期待できることから，上記(1)から(4)までの取組等により，年内に作付けされる作物も含め可能なものから，低成分肥料の積極的な導入を図る。

3 肥料コスト低減に向けての基本的考え方及び計画的に実施すべき取組

(1) 施肥体系転換に向けた取組

効率的な施肥技術の導入等により，生産者段階における施肥量や肥料購入費の抑制を図るため，以下の取組を重点的に推進する。

① 土壌診断に基づく適正施肥の推進

国内の多くの農地では，土壌のタイプや農地の種類等により差異はあるものの，長期にわたって作物が吸収・利用する以上の施肥が繰り返されてきた結果，相当量の肥料成分が土壌中に蓄積されているとの調査結果がある。また，土づくりのために施用されるたい肥中にも，一定量の肥料成分が含まれている。こうした土

壌中やたい肥中に含まれる肥料成分を勘案せずに，施肥基準に基づく肥料成分を新たに施用すると，過剰施肥となってしまう，肥料コストが増加するだけでなく環境負荷増大の要因となる。

こうしたことから，地域における土壌診断の実施体制を強化するとともに，土壌中及びたい肥中の肥料成分相当を減肥する等の適正施肥に向けた確実な指導ができる体制を整備・強化する。

② 効率的施肥技術の導入

表面施肥や全面全層施肥等の従来の施肥方法では，施用された肥料成分のうち，作物により吸収・利用される割合は一部に留まり，利用されなかった肥料成分が環境中に流出して環境汚染の原因物質になったり，雑草繁茂や土壌への過剰蓄積の原因となっている等の報告もされているところである。

一方で，作物が肥料成分を吸収する根の周辺部にのみ施肥することで，施用された肥料の利用率を大幅に向上させ，肥料の使用量も減らすことのできる施肥技術(局所施肥技術)が開発・実用化されているところである。

また，多くの化学肥料は，施用されると直ちにその成分が土壌中に溶け出し，作物に吸収される前に降雨等により流亡したり，土壌中の他の物質と結合して不溶化すること等により利用率が低下することから，作物の生育ステージに応じて溶出量を調整することが可能な肥効調節型肥料の利用も普及段階にある。

このため，これらの施肥コスト低減につながる効率的施肥技術の一層の普及促進を図ることとし，地域の営農条件等に適した導入可能な技術の探索・検討，新技術の導入効果等の啓発・周知に努める。

③ 低価格な肥料の利用の推進

化学肥料では，必要な成分が一つの粒に含まれる形状(化成肥料)での利用が一般的であり，流通も20kgの樹脂袋に入って各農家に配送される場合がほとんどである。これを化成肥料に替えて単肥で購入して自家配合すること，及びフレコン等の大容量での販売がある肥料については，20kg袋に替えてフレコン等を選択することにより，肥料購入価格の抑制が可能である。

また、流通業者等が設定する大口一括購入や予約早期引取りによる割引制度を活用して、購入価格を抑える等の努力も重要である。

さらに、化成肥料を使用する場合についても、りん酸や加里が過剰となっている地域において、重点的に低成分肥料の普及を推進する等、安価な肥料の使用を促す。

(2) 地域未利用・低利用資源の活用促進

近年、国内にある未利用・低利用資源から肥料成分を抽出して、肥料や肥料原料として活用するための試験研究が進められており、こうした資源を有効に活用できれば、肥料価格の抑制に結びつく可能性がある。このため、これらの試験研究の成果を踏まえて、地域に存在する未利用・低利用資源の探索や有効活用について、県内の関係部局や関係者との連携を図りつつ検討・取組を進める。なお、これらの取組に当たっては、肥料取締法等の法令の遵守を通じた肥料の安全性を確保することが必要である。

① 下水や下水汚泥中から、りん等の肥料原料となる成分を回収する技術開発が進められており、一部地域では既に実用化されている事例もある。これらの研究成果や事例を踏まえ、下水道担当部局や地域内の肥料製造業者等との連携の強化を図りながら、取組の具体化に向けた検討を進める。

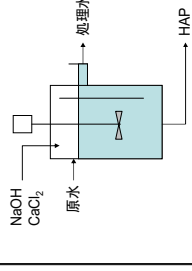
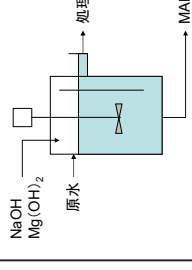
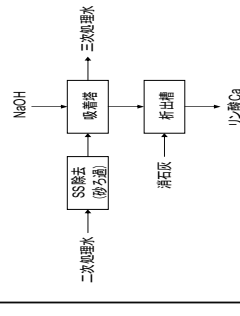
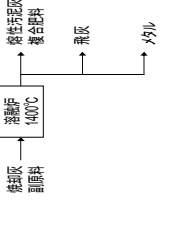
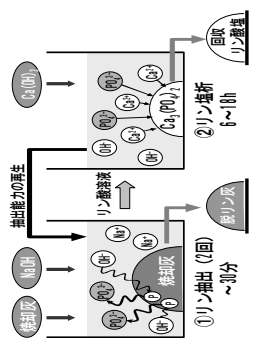
② 家畜排せつ物は、既にその一部がたい肥等としては場に還元されているものの、肥料としての評価が難しいことや運搬・散布コスト等の問題から、必ずしも有効に活用されているとは言えない状況にある。このため、耕畜連携の体制づくりや品質の改善等を進め、たい肥の有効利用を一層推進する必要がある。また、物流性や散布性能等を高めたペレットたい肥等の普及や、家畜排せつ物からの肥料成分抽出を目的とした試験研究が推進されているところであり、関係部局と連携し、その実用化・普及に向けた取組を推進する。

(3) 肥料の製造・流通の改善

生産者が購入する肥料の価格は、今回の価格上昇の主要因となった原料コストの他、肥料の製造や流通に係る経費等により構成されていることから、肥料費低減の取組として、従来より肥料製造・流通工程の効率化等を推進してきたところである。

特に肥料の銘柄数が多いこと(平成18年の有効銘柄数(汚泥肥料を除く)17,138点)、肥料の流通方法が効率的でないこと等が製造・流通コスト増嵩の大きな原因となっているものと考えられることから、地域の関係者間での調整により、銘柄の集約、広域的な配送拠点の整備等を推進する。

資料-2) 生活排水処理におけるリン回収技術の一覧

	①HAP法	②MAP法	③吸着脱リン法	④還元溶融法	⑤アルカリ抽出法
対象物	し尿、下水汚泥分離液	し尿、下水汚泥分離液	処理水(SS除去後)	焼却灰	焼却灰
原理	水中のPO_4^{3-}とCa^{2+}、及びOH^-の反応によって生成するヒドロキシアパタイトの晶析現象を利用したものである。 	水中のPO_4^{3-}とCa^{2+}、及びMg^{2+}の反応により生成するリン酸マグネシウムアンモニウムの晶析現象を利用したものである。 	特殊吸着剤を用いて、SSを除去した処理水からリンを吸着、飽和した後にアルカリで溶離し、Caを加えてHAPを回収する。 	焼却灰に副資材を加えて1,400℃で溶融し、スラグを水砕して、複合肥料を回収する。 	焼却灰からアルカリでリンを抽出して得た抽出液に、消石灰を加えてリン酸カルシウムを回収する。 
主要設備	薬品貯留槽、析出槽、(脱炭酸槽) 脱水設備	薬品貯留槽、析出槽、脱水設備	SS除去装置(砂ろ過池、MBR) 吸着塔、薬品貯留槽、析出槽 HAP脱水設備	副資材貯留設備 溶融炉(排ガス処理系含む)	薬品貯留槽、温水製造設備、抽出槽 析出槽、HAP脱水設備 脱リン灰脱水設備
操作温度	常温	常温	常温	1,400℃	50～70℃
回収物	HAP(副産りん酸肥料)	MAP(化成肥料)	HAP(副産りん酸肥料)	複合肥料(熔成汚泥灰複合肥料) 溶融メタル(金属資源) 溶融飛灰(産業廃棄物)	HAP(副産りん酸肥料) 脱リン灰(建設資材等)
課題	・回収対象に汚泥が多く含まれていると、副産りん酸肥料としての規格を満足できないということがある。 ・温度が低い環境では晶析反応速度が低下して回収率が下がるなどが挙げられる。	・回収対象に汚泥が多く含まれていると、化成肥料としての規格を満足できないということがある。 ・使用薬品の水酸化マグネシウムが比較的高価な薬品であること	・吸着剤の寿命が不確か。 ・SS除去のための前処理(砂ろ過、膜等)設備が不可欠。	・運転温度が1,400℃と高いために維持管理性及びコストやエネルギー消費等に難があること。 ・回収物の熔性汚泥灰複合肥料の需要が無いこと、10%程度ではあるが、有害元素の濃縮した廃棄物(飛灰)が排出されること。	・温度の高い苛性ソーダを使用するため、取り扱いに注意が必要なこと。 ・同時に排出される脱リン灰の有効利用の問題が残ること。
導入実績	①秋田県仙北市汚泥再生処理センター、奈良県十津川村汚泥再生処理センター、青森県西北五汚泥再生処理センター	①福島県双葉地方広域市町村圏組合汚泥再生処理センター(休止中)	実績なし	実績なし	実績なし
① し尿			実績なし	実績なし	
② 下水	②岐阜県下呂市浄化センター	②大阪市大野下水処理場、島根県宍道湖流域下水道、福岡市和白・東部・西部水処理センター	実績なし	実績なし	②岐阜市北部プラント

資料－3) リン酸質肥料メーカー及び化成肥料メーカー一覧

全国のリン酸質肥料メーカー及び化成肥料メーカーの名称と工場所在地を図 3-1、及び表 3-1、2 に示す。

都道府県によっては、リン酸質肥料工場や化成肥料工場がないところがあり、回収リンを肥料工場に出荷する場合には、輸送距離を考慮する必要がある。

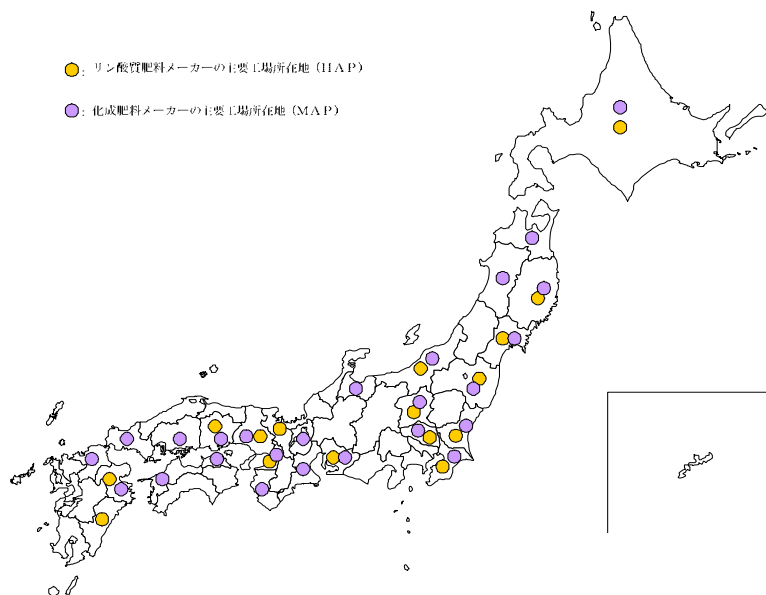


図 3-1 リン酸質肥料メーカー及び化成肥料メーカーの所在地

表 3-1 リン酸質肥料メーカーと工場

リン酸質肥料	メーカー名	工場名
過燐酸石灰	朝日工業	関東
	エムシー・ファーターイコム	いわき
		神島
	協同肥料	名古屋
	コープケミカル	宮古
	北海道サンアグロ	砂川
	サンアグロ	大阪
	太陽肥料	鹿島
	多木化学	別府
	日東エフシー	千葉
重過リン酸石灰		名古屋
	菱東肥料	大分
	エムシー・ファーターイコム	いわき
重焼燐 熔成燐肥	コープケミカル	神島
		宮古
重焼燐 熔成燐肥	小野田化学	新潟
	朝日工業	関東
	東北トソー	宮古
	日之出化学	舞鶴
混合燐肥	南九州化学	高鍋
	エムシー・ファーターイコム	小名浜
	関東電工	倉賀野
	多木化学	別府
	北海道肥料	室蘭

日本肥料アンモニア協会調べ (2010.3)

資料) 下水道におけるリン資源化の手引き 平成 22 年 3 月 国土交通省都市・地域整備局下水道部

表 3-2 化成肥料メーカーと工場

メーカー名	工場名	メーカー名	工場名
朝日工業	関東	J A 東日本くみあい飼料	大間々
	千葉	昭光通商あぐり	千葉
	関西		西
朝日肥糧 エムシー・ファーターティコム	本社	住友化学	宮城
	いわき		泉州
	茨城		兵庫
	山陽	セイブサンエー	愛媛
	播州		石巻
	神島		和歌山
	宇部	清和肥料	九州
小野田化学工業	小野田	セントラル合同肥料	宇部
片倉チッカリン	旭川	太平物産	秋田
	青森	太陽肥料	鹿島
	塩釜	多木化学	関東
	大越		別府
	千葉		姫路
	名古屋	ジェイカムアグリ	播磨
	姫路		小名浜
	日出		関東
	茨城		埼玉
	名古屋		千葉
	四日市		北陸
	八戸		富士
	宮古		滋賀
	秋田		黒崎
	つくば		水俣
	新潟		大分
サンアグロ	北日本	中央化成	播州
	北海道	東菱肥料	鹿島
	宮城		関西
	福島第一	日新化成	本社
	関東	日東エフシー	千葉
	久喜		名古屋
	袖ヶ浦	日本ダイホスカ	第一
	市原		第二
	銚子	日本肥糧	新町
	速星		半田
	富山	日本肥料	和泉
	東海	広島県製肥	半田
	中京		広島
	滋賀	福栄肥料	石巻
	大阪		高砂
	岡山	ホクレン肥料	北見
	西日本		帯広
	鏡	北海道サンアグロ	函館
	九州		砂川
	北九州	北海道肥料	室蘭
	九州第二		関西
	山陽	三菱商事アグリサービス	
三興		菱東肥料	大分

日本肥料アンモニア協会調べ（2010.3）

資料）下水道におけるリン資源化の手引き 平成 22 年 3 月 国土交通省都市・地域整備局下水道部

資料－4) リン回収設備コスト算定データ

【建設コスト】

単位：百万円

施設規模	回収方式	土木・建築	設 備			計
			機械	電気	小計	
20 kL/日	HAP設備	19	25	10	35	54
	MAP設備	23	50	10	60	83
50 kL/日	HAP設備	20	35	12	47	67
	MAP設備	26	60	12	72	98
100 kL/日	HAP設備	21	45	15	60	81
	MAP設備	32	80	15	95	127

【リン回収設備のユーティリティ】

項 目		単価等	単位	備 考
A重油		75	円/L	
電力料金		12	円/kWh	
苛性ソーダ		30	円/kg	
塩化カルシウム		25	円/kg	
水酸化マグネシウム		23	円/kg	
高分子凝集剤		1,000	円/kg	
ポリ硫酸第二鉄		50	円/kg	
上水費		150	円/m ³	
運転補修費（機電建設費の）		2.0	%	建設費に対する比率(年)
人件費	総括	8.0	百万円/年	
	運転員	6.0	百万円/年	
焼却灰処分費		20,000	円/t	
回収リン売却費Ⅰ	H A P	20	円/kg	実勢ベース
	M A P		円/kg	
回収リン売却費Ⅱ	H A P ^{*1}	71	円/kg	熔成りん肥小売単価の85%
	M A P	51	円/kg	二リン酸アンモニウム(DAP)輸入単価

*1：農林水産省の農業物価統計調査 農業生産資材より、熔成りん肥の

平成24年平均価格1684円/20kg（小売価格）

【H A P のユーティリティ】

施設規模 (kL/日)			kL/日	20	50	100
リン回収設備	投入量	原水量(施設規模の160%)	kL/日	32	80	160
	回収量	リン回収量(HAP量)	kg/日	15.5	38.9	77.8
ユーティリティ 使用量運転 1日当り (24時間/日)	リン回 収設備	電力	kWh/日	33	70	134
		薬品1:塩化カルシウム	kg/日	67.3	168.3	336.5
		薬品2:水酸化マグネシウム	kg/日	-	-	-
		薬品3:苛性ソーダ	kg/日	24.3	60.8	121.6
		上水	m ³ /日	0.2	0.2	0.2
ユーティリティ 削減量	高度処理	電力	kWh/日	0	0	0
		薬品1:ポリ硫酸第二鉄	kg/日	-43.3	-108.2	-216.4
		薬品2:苛性ソーダ	kg/日	-25.6	-64	-128
		上水	m ³ /日	0	0	0
	汚泥 処理	高分子凝集剤(脱水用)	kg/日	-0.18	-0.45	-0.91
		A重油(乾燥焼却用)	L/日	-11.5	-28.6	-57.3
		凝集汚泥(99.0%wb)	m ³ /日	-0.91	-2.27	-4.54
汚泥処分削減量		焼却灰	t/日	-0.01	-0.022	-0.046

【H A P 維持管理費】

施設規模（kL/日）			20	50	100
リン回収設備	回収量	HAP-kg/日	15.5	38.9	77.8
ユーティリティ使用量 運転 1日当り （円/日） （24時間/日）	リン回収設備	電力	396	839	1,605
		薬品1：塩化カルシウム	1,683	4,208	8,413
		薬品2：水酸化マグネシウム	0	0	0
		薬品3：苛性ソーダ	729	1,824	3,648
		上水	30	30	30
		計	2,838	6,901	13,696
ユーティリティ削減量 （円/日）	高度処理	電力	0	0	0
		薬品1：ポリ硫酸第二鉄	-2,165	-5,410	-10,820
		薬品2：苛性ソーダ	-768	-1,920	-3,840
		上水	0	0	0
	汚泥処理	高分子凝集剤（脱水用）	-180	-450	-910
		A重油（乾燥焼却用）	-863	-2,145	-4,298
	計	-3,976	-9,925	-19,868	
汚泥処分削減量（焼却灰）			-200	-440	-920
ユティリティ計		年間運転日数（日）	292	292	292
		1日あたり金額（円/日）	-1,338	-3,464	-7,092
年間費用	年間費用	年間費用（千円）	-391	-1,011	-2,071
		点検補修費（千円）	700	940	1,200
		維持管理人件費（千円）	0	0	0
		計	309	-71	-871
りん便益 （千円/年）	Ⅰ（実勢価格ベース）		-91	-227	-454
	Ⅱ（市販肥料相当）		-322	-807	-1613
合計 （千円）	Ⅰ		218	-298	-1,325
	Ⅱ		-13	-878	-2,484

【MAPのユーティリティ】

施設規模 (kL/日)			kL/日	20	50	100
リン回収設備	投入量	原水量(施設規模の100%)	kL/日	20	50	100
	回収量	リン回収量(MAP量)	kg/日	11.0	28.0	56.0
ユーティリティ 使用量運転 1日当り (24時間/日)	リン回 収設備	電力	kWh/日	42	45	60
		薬品1:塩化カルシウム	kg/日	0	0	0
		薬品2:水酸化マグネシウム	kg/日	11.1	27.7	54.3
		薬品3:苛性ソーダ	kg/日	10	25	50
		上水	m ³ /日	18	18	18
ユーティリティ 削減量	高度処理	電力	kWh/日	0	0	0
		薬品1:ポリ硫酸第二鉄	kg/日	-39.8	-99.4	-198.8
		薬品2:苛性ソーダ	kg/日	-25.2	-63	-126
		上水	m ³ /日	0	0	0
	汚泥 処理	高分子凝集剤(脱水用)	kg/日	-0.2	-0.4	-0.8
		A重油(乾燥焼却用)	L/日	-5.5	-13.9	-27.7
		凝集汚泥(99.0%wb)	m ³ /日	-0.8	-1.9	-3.9
汚泥処分削減量		焼却灰	t/日	-0.008	-0.019	-0.039

【MAP維持管理費】

施設規模 (kL/日)			20	50	100
リン回収設備	回収量	MAP-kg/日	11.0	28.0	56.0
ユーティリティ 使用量運転 1日当り (円/日) (24時間/日)	リン回 収設備	電力	498	545	718
		薬品1: 塩化カルシウム	0	0	0
		薬品2: 水酸化マグネシウム	255	637	1,249
		薬品3: 苛性ソーダ	300	750	1,500
		上水	2,700	2,700	2,700
		計	3,753	4,632	6,167
ユーティリティ 削減量 (円/日)	高度処理	電力	0	0	0
		薬品1: ポリ硫酸第二鉄	-1,990	-4,970	-9,940
		薬品2: 苛性ソーダ	-756	-1,890	-3,780
		上水	0	0	0
	汚泥 処理	高分子凝集剤(脱水用)	-200	-400	-800
		A重油(乾燥焼却用)	-413	-1,043	-2,078
	計	-3,359	-8,303	-16,598	
汚泥処分削減量(焼却灰)			-160	-380	-780
ユーティリティ計		年間運転日数 (日)	292	292	292
		1日あたり金額(円/日)	234	-4,051	-11,211
年間費用	年間費用 (千円)		68	-1,183	-3,274
	点検補修費	(千円)	1200	1440	1,900
	維持管理人件費(千円)		0	0	0
	計		1,268	257	-1,374
りん便益 (千円/年)	Ⅰ (実勢価格ベース)		-64	-164	-327
	Ⅱ (市販肥料相当)		-164	-417	-834
合計 (千円)	Ⅰ		1,204	93	-1,701
	Ⅱ		1,104	-160	-2,208

資料－5) リン回収設備CO₂排出量算定データ

【H A P】方式

処理規模			20kL/日	50kL/日	100kL/日	
1) ユーティリティ消費に伴う排出	リン回収設備	電力	t-CO ₂ /年	5.29	11.23	21.48
		薬品1:塩化カルシウム	t-CO ₂ /年	2.50	6.24	12.48
		薬品2:水酸化マグネシウム	t-CO ₂ /年	0.00	0.00	0.00
		薬品3: 苛性ソーダ	t-CO ₂ /年	9.35	23.40	46.80
		上水	t-CO ₂ /年	0.02	0.02	0.02
	小計		t-CO ₂ /年	17.16	40.89	80.78
2) ユーティリティ削減に伴う排出削減	高度処理	電力	t-CO ₂ /年	0.00	0.00	0.00
		薬品1:ポリ硫酸第二鉄	t-CO ₂ /年	-0.48	-1.20	-2.40
		薬品2: 苛性ソーダ	t-CO ₂ /年	-9.85	-24.63	-49.26
		上水	t-CO ₂ /年	0.00	0.00	0.00
	汚泥処理	高分子凝集剤(脱水用)	t-CO ₂ /年	-0.22	-0.55	-1.12
		A重油(乾燥焼却用)	t-CO ₂ /年	-9.10	-22.63	-45.34
小計		t-CO ₂ /年	-19.65	-49.02	-98.13	
3) 処理に伴う削減	CH ₄	処理(焼却)	t-CH ₄ /年	-0.00	-0.00	-0.00
		CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年	-0.00	-0.01	-0.01
	N ₂ O	処理(焼却)	t-N ₂ O/年	-0.01	-0.01	-0.03
		CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年	-1.85	-4.62	-9.25
	小計		t-CO ₂ /年	-1.86	-4.63	-9.26
4)有効利用に伴う削減	回収リンの利用		t-CO ₂ /年	-6.63	-16.63	-33.26
	小計		t-CO ₂ /年	-6.63	-16.63	-33.26
合計			t-CO ₂ /年	-10.98	-29.38	-59.86

温対法における算定・報告・公表制度の対象 製品中のリン含有率 18.5%

【M A P】方式

処理規模				20kL/日	50kL/日	100kL/日
1) ユーティ リティ消費 に伴う排出	リン回収設 備	電力	t-CO ₂ /年	6.66	7.29	9.60
		薬品1:塩化カルシウム	t-CO ₂ /年	0.00	0.00	0.00
		薬品2:水酸化マグネシウム	t-CO ₂ /年	4.05	10.11	19.82
		薬品3:苛性ソーダ	t-CO ₂ /年	3.85	9.62	19.24
		上水	t-CO ₂ /年	1.98	1.98	1.98
	小計		t-CO ₂ /年	16.54	29.00	50.64
2) ユーティ リティ削減 に伴う排出 削減	高度処理	電力	t-CO ₂ /年	0.00	0.00	0.00
		薬品1:ポリ硫酸第二鉄	t-CO ₂ /年	-0.44	-1.10	-2.21
		薬品2:苛性ソーダ	t-CO ₂ /年	-9.70	-24.25	-48.49
		上水	t-CO ₂ /年	0.00	0.00	0.00
	汚泥 処理	高分子凝集剤(脱水用)	t-CO ₂ /年	-0.25	-0.49	-0.98
		A重油(乾燥焼却用)	t-CO ₂ /年	-4.35	-11.00	-21.92
	小計		t-CO ₂ /年	-14.74	-36.84	-73.60
3) 処理に 伴う削減	CH ₄	処理(焼却)	t-CH ₄ /年	-0.00	-0.00	-0.00
		CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年	-0.00	-0.01	-0.01
	N ₂ O	処理(焼却)	t-N ₂ O/年	-0.01	-0.01	-0.03
		CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年	-1.63	-3.87	-7.94
	小計		t-CO ₂ /年	-1.63	-3.88	-7.95
4) 有効利用 に伴う削減	回収リンの利用		t-CO ₂ /年	-3.80	-9.67	-19.34
	小計		t-CO ₂ /年	-3.80	-9.67	-19.34
合計			t-CO ₂ /年	-3.63	-21.39	-50.26

温対法における算定・報告・公表制度の対象 製品中のリン含有率 12.653%

資料－6) 資源化方式によるコスト、CO₂排出量算定データ

【ユーティリティ使用量】

項目	単位	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
燃料(A重油)	L/日	720	692.28	612	0
電気	kWh/日	3000	3070	3000	2478.5
水道(プロセス用水)	m3/日	10	10	10	10
ポリ硫酸第二鉄	kg/日	221	113	221	221
苛性ソーダ	kg/日	140	76	140	140
高分子凝集剤(脱水用)	kg/日	6.9	6.5	6.9	6.9
塩化カルシウム	kg/日	0	168	0	0
苛性ソーダ(晶析槽用)	kg/日	0	60.8	0	0
液体高分子(凝集助剤)	kg/日	0.25	0.25	0.25	0.25
活性炭(水処理用)	kg/日	25	25	25	25
次亜塩素酸ソーダ(消毒用)	kg/日	3.1	3.1	3.1	3.1
硫酸(脱臭用)75%	kg/日	4.8	4.8	5.76	4.8
苛性ソーダ(脱臭用)	kg/日	36.8	36.8	44.16	36.8
次亜塩素酸ソーダ(脱臭用)	kg/日	79.2	79.2	95.04	79.2
活性炭(脱臭用)	kg/日	2.59	2.59	2.59	2.59

CASE-1 水処理＋脱水(85%wb)＋乾燥＋焼却

CASE-2 水処理＋脱水(85%wb)＋リン回収＋乾燥＋焼却

CASE-3 水処理＋脱水(85%wb)＋コンポスト

CASE-4 水処理＋脱水(70%wb～電気浸透式)

【維持管理費】

項 目	単位	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
施設規模	kL/日	50	50	50	50
燃料:A重油	千円/年	19,710	18,951	16,754	0
電力	千円/年	13,140	13,447	13,140	10,856
上水	千円/年	548	548	548	548
ポリ硫酸第二鉄	千円/年	4,033	2,062	4,033	4,033
苛性ソーダ	千円/年	1,533	832	1,533	1,533
高分子凝集剤	千円/年	2,519	2,373	2,519	2,519
塩化カルシウム	千円/年	0	1,533	0	0
苛性ソーダ(晶析槽用)	千円/年	0	666	0	0
液体高分子(凝集助剤)	千円/年	91	91	91	91
活性炭(水処理用)	千円/年	8,943	8,943	8,943	8,943
次亜塩素酸ソーダ(消毒用)	千円/年	41	41	41	41
硫酸(脱臭用)75%	千円/年	40	40	48	40
苛性ソーダ(脱臭用)	千円/年	403	403	484	403
次亜塩素酸ソーダ(脱臭用)	千円/年	1,041	1,041	1,249	1,041
活性炭(脱臭用)	千円/年	926	926	926	926
①ユーティリティ 計	千円/年	52,967	51,896	50,307	30,973
②点検補修費	千円/年	23,520	24,025	21,923	18,923
③維持管理人件費	千円/年	0	0	0	0
合 計	千円/年	76,487	75,921	72,230	49,896

【資源化施設別コスト算出結果】

項 目		単位	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
処理規模		kL/日	50	50	50	50
建設費	土木建築	百万円	1,176	1,188	1,296	941
	機械設備	百万円	706	719	626	476
	電気設備	百万円	470	482	470	470
	計	百万円	2,352	2,389	2,392	1,887
同上	土木建築	百万円/年	23.5	23.8	25.9	18.8
①減価償却費	機械設備	百万円/年	35.3	35.9	31.3	23.8
	電気設備	百万円/年	23.5	24.1	23.5	23.5
	計	百万円/年	82.3	83.8	80.7	66.1
②維持管理費		百万円/年	76.5	75.9	72.2	49.9
①+②年間費用		百万円/年	158.8	159.7	153.0	116.0
処理量当り単価		千円/kL	8.7	8.8	8.4	6.4

CASE-1 水処理＋脱水(85%wb)＋乾燥＋焼却

CASE-2 水処理＋脱水(85%wb)＋リン回収＋乾燥＋焼却

CASE-3 水処理＋脱水(85%wb)＋コンポスト

CASE-4 水処理＋脱水(70%wb～電気浸透式)

【CO₂排出量】

項 目			単位	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
1) エネルギー消費に伴う排出	燃料:A重油		t-CO ₂ /年	712.19	684.77	605.36	0.00
	電気		t-CO ₂ /年	483.99	495.28	483.99	399.86
	小計		t-CO ₂ /年	1,196	1,180	1,089	400
2) 処理に伴う排出	し尿処理量		kL/年	18,250	18,250	18,250	18,250
	脱水汚泥量		w-t/年	898	843	898	449
	し尿処理	CH ₄	t-CH ₄ /年	0.00	0.00	0.00	0.00
		N ₂ O	t-N ₂ O/年	0.04	0.04	0.04	0.04
	汚泥焼却	CH ₄	t-CH ₄ /年	0.01	0.01		
		N ₂ O	t-N ₂ O/年	0.40	0.38		
	コンポスト化	CH ₄	t-CH ₄ /年			3.59	
		N ₂ O	t-N ₂ O/年			0.27	
	燃料化	CH ₄	t-CH ₄ /年				
		N ₂ O	t-N ₂ O/年				
	し尿処理	CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年	13.58	13.58	13.58	13.58
	汚泥焼却	CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年	125.44	117.72		
	コンポスト化	CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年			158.93	
	助燃剤化	CO ₂ 換算	t-CO ₂ /年				
	小計			t-CO ₂ /年	139	131	173
合計			t-CO ₂ /年	1,335	1,311	1,262	413