

下水汚泥等のリン回収、コンポスト化に関する調査

(公財)日本産業廃棄物処理振興センター ○佐々木 いづみ

(公財)日本産業廃棄物処理振興センター 藤原 博良

(公財)日本産業廃棄物処理振興センター 佐々木 基了

1. はじめに

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、下水汚泥やし尿・浄化槽汚泥等（以下「下水汚泥等」という。）の建設資材化、肥料化、固形燃料化等の再資源化の促進が重要となっている。特に近年は、下水処理場が下水汚泥のリン回収やコンポスト化に取り組む事例が注目されている。日本は、肥料の三大要素の一つであるリンのほとんどを輸入していることから、リンを豊富に含む下水汚泥等の肥料利用は、資源循環の促進だけでなく、国内の肥料供給の安定化に貢献すると考えられる。

本調査では、廃棄物の資源循環の動向を把握するために、下水汚泥等のリン回収やコンポスト化に取り組む施設にヒアリング調査を実施し、リサイクルの取組状況やリサイクル品の活用状況等を調査した。

2. 調査方法

令和5年8月～令和6年5月にかけて、リン回収を行っている下水処理場4施設、及びリン回収又はコンポスト化を行っているし尿処理施設2施設（計6施設）を訪問し、ヒアリング調査を実施した（表1）。主な質問項目は、リサイクル事業の目的と効果、リサイクル品の活用状況、リサイクル残さの処理状況、リサイクル事業の課題についてである。

表1 調査先概要

施設の分類	施設 A	施設 B	施設 C	施設 D	施設 E	施設 F
施設の種類	下水処理場				し尿処理施設	
リサイクル方法	リン回収					コンポスト化

3. 調査結果

3-1 リサイクル事業の目的と効果

リン回収を行う施設における事業の目的は、「リン除去による下水処理水質の向上」、「下水処理場の維持管理性の向上」、「肥料利用によるリンの地域還元」であった。これらの施設では、リン酸アンモニウムマグネシウム（MAP）やヒドロキシアパタイト（HAP）としてリンを回収しており、リン回収事業の効果として、下水処理工程におけるリン濃度の低減、施設の配管の洗浄費用の削減という回答があった。リン回収事業により施設の配管の洗浄費用が削減したと回答した施設では、下水処理に消化工程を組み込んでおり、リン回収事業を開始する以前は、汚泥中に含まれるリンが消化工程で溶出し、配管内に固着することで、毎年、配管の洗浄に膨大なコストを要していた。リン回収事業を開始した後は、配管内のリンの固着が抑制され、配管の洗浄費用が削減した。

コンポスト化を行う施設における事業の目的は、「処理費用の削減」であった。この施設では、リサイクル事業を開始する以前は、民間の一般廃棄物処理業者に脱水汚泥の処理を委託していたが、自らの施設でコンポスト化を開始したことにより、処理コストが削減されたという回答があった。

3-2 リサイクル品の活用状況

リン回収を行う 4 施設及びコンポスト化を行う 1 施設では、リン回収やコンポスト化で得られたリン（以下「リン資源」。図 1、2）を肥料利用していた。残りの 1 施設では工業用資材として利用していた。

リン資源を肥料利用している場合は、施設によって、出荷先（施設が直接販売、農協や肥料メーカーに販売）や、加工状況（粒状加工やペレット加工、不足する肥料成分の配合）に違いがあった。リン資源を工業用資材として利用している施設では、事業開始当初は肥料メーカーにリン資源を販売していたが、肥料メーカーの廃業により、現在はフッ素の除去剤として化学薬品メーカーに販売していた。なお、リン回収を開始して間がなく、リン資源の用途は検討段階と回答した施設があった（表 2）。



図 1 リン回収により得られたリン資源



図 2 コンポスト化により得られたリン資源

表 2 リン資源の活用状況

施設の分類	施設 A	施設 B	施設 C	施設 D	施設 E	施設 F
リン資源の利用	検討段階	肥料利用			工業用資材利用	肥料利用
リン資源の販売先	検討段階	農協又は肥料メーカーに販売し、農協等から利用者に販売			化学薬品メーカーに販売	利用者に直接販売

施設が肥料利用者に直接リン資源を販売している施設では、リン資源を未加工の状態又は粒状加工した状態で、個人や近隣農家に販売していた。リン資源を農協や肥料メーカーに販売している施設では、販売先でペレット加工して、農協等から販売していた。リン回収で得られた粉状のリン資源は農地に散布しにくく、化学肥料と比べて使い勝手が悪ことから、粒状やペレット状への加工が行われていた。

農協から販売されるリン資源由来の肥料の価格は、競合の化学肥料よりも安価に設定されていると回答した施設もあった。関連機関と連携してリン資源の地域還元に取り組んでいる施設では、農協がリン資源を散布する時期や散布量を指示した資料を農家に配布する取組みを実施したり、教育委員会が学校給食にリン資源を使用して栽培した作物を提供して環境教育に役立てているという回答があった。

3-3 リサイクル残さの処理状況

リン回収を行っている施設では、下水処理工程の分離液、下水汚泥焼却灰、消化汚泥に対してリン回収資材を添加、混合し、洗浄後に比重差で沈殿した MAP や HAP を回収しているため、MAP や HAP を回収した後の残さの処理が発生しており、調査先では、残さを下水処理工程へ返送したり、脱水・乾燥後に焼却し建設資材等にリサイクルしたり、脱水・乾燥後に焼却・埋立を行っていた。

3-4 リサイクル事業の課題

リン資源の肥料利用に関する課題には、下水汚泥等に由来する肥料はマイナスイメージを持たれやす

いことや、肥料成分のバランスが偏っていることが挙げられた。また、施設の運営に関する課題としては、電気代・資材の高騰により、施設の維持管理費が増加していることや、施設内にリン回収やコンポスト化設備を設置するための敷地の確保が難しかったという回答があった。

下水汚泥等に由来する肥料へのマイナスイメージに関する課題への対策としては、下水汚泥等に含まれる重金属濃度の検査結果の公表、肥料利用者に対してリン資源の実物を提示して、回収したリン資源が廃棄物そのものという見た目ではなく、化学肥料とそれほど見た目が変わらないものであることを示すこと等により、リン資源のイメージアップを図っていた。

リン資源は肥料成分のバランスが偏っているという課題への対策としては、肥料利用者が散布時に他の肥料成分を補っているという回答があったほか、肥料メーカーがリン資源と他の肥料成分を配合した肥料製品を販売しているという回答もあった。

4. まとめ

調査を実施した下水処理場及びし尿処理施設では、下水処理等の課題を解決する目的でリン回収やコンポスト化を開始し、副次的に得られたリン資源を肥料利用している施設が多かった。リン回収やコンポスト化で得られるリン資源は単体では肥料成分のバランスが悪いため、肥料利用者が化学肥料と併用するか、またはリン資源に他の肥料成分を配合した肥料製品を使用する必要がある。また、下水汚泥等の成分に対するマイナスイメージから、リン資源の肥料利用に消極的になる肥料利用者も存在する。調査先では、下水汚泥等に由来する肥料へのマイナスイメージを払拭するために、重金属濃度の測定結果の公表や、肥料利用者への実物のリン資源の提示等を行っていた。リン資源の肥料利用を軌道に乗せるためには、リン資源の安定的な出荷先の確保が重要であるが、そのためには、リン資源が使用された肥料製品の安価な価格設定や、肥料利用者への散布方法の周知、学校給食へのリン資源を施肥した作物の提供等、地域でリン資源を循環するための体制の構築が重要である。

廃棄物の焼却量の削減効果の観点では、下水汚泥等のコンポスト化は、脱水汚泥を肥料化する量を増やすことにより、脱水汚泥の焼却量を削減できる効果がある。リン回収においても、下水汚泥等からリンを除去することにより、その後の下水処理の負担が軽減される効果が期待できるうえ、リン除去による脱水汚泥の発生量の削減や、その後の脱水、乾燥、焼却に係る燃料使用量の削減につながる可能性がある。

5. おわりに

下水汚泥等のリサイクルは廃棄物の焼却量の削減効果やその他の下水処理に係る燃料使用量の削減効果が期待できるため、今後ますます注目が集まると考える。今回の調査では、地産地消型でリン資源を利用している事例を調査したが、リン資源の生産ポテンシャルが高い都市部の施設の参入によるリン資源の広域循環の取組みが進むことが期待される。現在は農林水産省により国内肥料資源マッチングサイトが運営され、汚泥資源の肥料成分が保証可能な肥料の公定規格が創設される等、全国規模でのリン資源の利用拡大を図る環境が整備されつつあり、関係者には、引き続き国内資源の循環利用の取組みを進めていただきたい。当センターでは下水汚泥等のリサイクルの動向に関する調査を継続し、下水汚泥等のバイオマス資源としての利用拡大に貢献していきたい。

謝辞

ヒアリング調査にご協力いただいた下水処理場、し尿処理施設の皆様に感謝申し上げます。

下水汚泥等のリン回収、コンポスト化 に関する調査

公益財団法人日本産業廃棄物処理振興センター
（JWセンター）

○佐々木いづみ、藤原博良、佐々木基了

1. 調査目的

廃棄物の再資源化 2050カーボンニュートラルの実現に貢献

- ✓ 廃棄物の発生量の削減
- ✓ 再資源化物の利用による天然資源の消費抑制

下水汚泥等の再資源化 国内の肥料供給の安定化に貢献

- ✓ 2030年までに家畜排せつ物由来堆肥・下水汚泥資源の肥料としての使用量に占める国内資源の利用割合を40%まで拡大（農林水産省）
- ✓ B-DASHプロジェクトの実施（国土交通省）

調査目的

下水汚泥等のリサイクルの取組みを調査し、廃棄物の資源循環の動向を把握する。

2. 調査方法

調査期間 令和5年8月～令和6年5月

調査対象

- リン回収を行う下水処理場またはし尿処理施設（5施設）
- コンポスト化を行うし尿処理施設（1施設）

施設の分類	施設A	施設B	施設C	施設D	施設E	施設F
施設の種類	下水処理場				し尿処理施設	
リサイクル方法	リン回収				コンポスト化	
リサイクル品	再生リン				コンポスト	

2. 調査方法

ヒアリング調査項目

- ① リサイクルを開始した目的と効果
- ② リサイクル品（再生リン、コンポスト）の利用状況
- ③ リサイクル残さの処理状況
- ④ リサイクルの課題

3. 調査結果（リン回収、コンポスト化を開始した目的と効果）

リン回収の目的（下水処理場4ヶ所、し尿処理施設1ヶ所）

リン回収を開始する以前の課題	目的
<ul style="list-style-type: none"> 下水処理水中のリンによる処理水放流先の富栄養化 消化工程で溶出したリンが配管に固着することによる膨大な洗浄コストの発生 	<ul style="list-style-type: none"> リン除去による下水処理水質の改善 下水処理場の維持管理性の向上 肥料利用によるリンの地域還元

リン回収の効果

- 下水処理水におけるリン濃度の低減。
- リンの固着による配管の洗浄費用の削減。

下水汚泥等のリン回収は、再生リンの肥料利用だけでなく、リンを要因とした施設の課題の解決の目的で導入する場合がある。

3. 調査結果（リン回収、コンポスト化を開始した目的と効果）

コンポスト化の目的（し尿処理施設1ヶ所）

コンポスト化を開始する以前の課題	目的
<ul style="list-style-type: none"> し尿汚泥を脱水した後、トラックで民間の一般廃棄物処理施設に移送しており、処理費用が高額であった。 	<ul style="list-style-type: none"> し尿汚泥の処理費用の削減。

コンポスト化の 効果

- し尿汚泥の処理を民間委託するよりも、自施設に乾燥設備を導入してコンポスト化する方が処理費用が安価になった。

自施設におけるし尿汚泥のコンポスト化は、し尿汚泥の処理費用の削減につながる場合がある。

3. 調査結果（再生リン、コンポストの利用状況）

施設の分類	施設A	施設B	施設C	施設D	施設E	施設F
再生リン、コンポストの利用方法	検討段階	肥料利用			工業用資材利用	肥料利用
再生リン、コンポストの販売先	検討段階	農協又は肥料メーカーに販売し、農協などから利用者に販売			化学薬品メーカーに販売	利用者に直接販売

- 再生リン、コンポストの利用について、地域の農協や肥料メーカーと連携している施設は、農協等から肥料として販売していた。
- 自ら肥料を販売できる場所を持っている施設は、直接利用者に販売していた。
- 施設だけでは再生リンを販売できない施設は、肥料以外の用途で販売していた。

3. 調査結果（再生リン、コンポストの利用状況）

再生リン、コンポストの特徴

再生リン



- 下水処理工程の分離液や消化汚泥、焼却灰等にリン回収資材を混合し、沈殿したMAPやHAP※を回収
- 窒素：リン＝少：多（MAP）
- 乾燥・粉状 ※りん酸マグネシウムアンモニウム、ヒドロキシアパタイト

コンポスト



- 下水処理工程で発生した濃縮汚泥を脱水し、加熱乾燥
- 窒素：リン：カリウム＝多：多：少
- 乾燥・粒状

再生リン、コンポストは市販の化学肥料と比べて散布に手間がかかる特徴がある。

3. 調査結果（再生リン、コンポストの利用状況）

再生リン、コンポストの製品化状況

再生リン

- 粒状に加工して農協に出荷
- 肥料メーカーに出荷後、不足する肥料成分を配合し、ペレット化して販売



粒状、ペレット状の再生リン

コンポスト

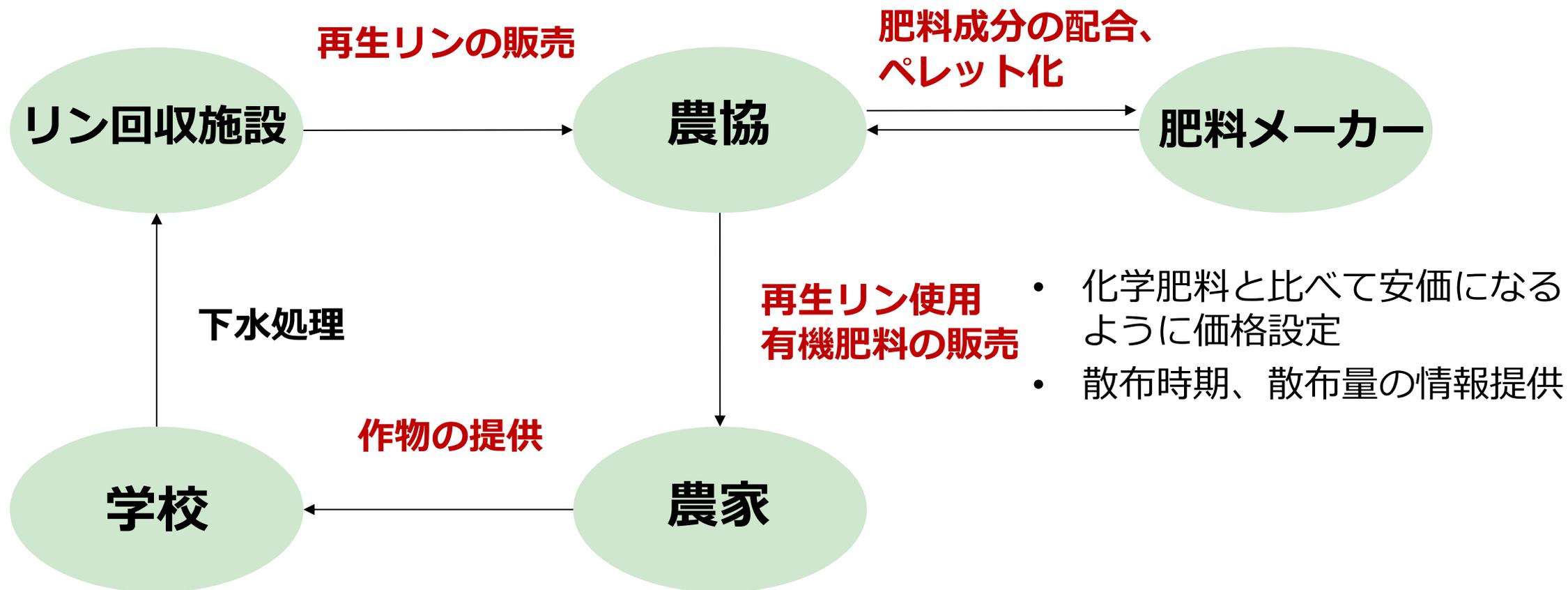
- 袋詰めして資源集積所で利用者に販売



袋詰めされたコンポスト

3. 調査結果（再生リン、コンポストの利用状況）

地産地消で再生リンを循環利用している事例



- 化学肥料と比べて安価になるように価格設定
- 散布時期、散布量の情報提供

3. 調査結果（リサイクル残さの処理状況）

リサイクルの種類	リサイクル対象の廃棄物	リサイクル残さの処理方法
リン回収	下水処理工程の分離液	下水処理工程に返送 脱水・乾燥後に焼却し埋立
	消化汚泥、下水汚泥焼却灰	脱水・乾燥後に焼却しリサイクル
コンポスト化	脱水汚泥	乾燥後に肥料化（全量コンポスト化）

リサイクルのメリットを評価するには、リサイクル品の収率や、リサイクル残さの処理まで含めて、リンが除去されることによる、下水処理全体の負担の増減を評価することが重要。

3. 調査結果（リサイクル事業の課題）

リン資源の肥料利用に関する課題

- **下水汚泥等に由来する肥料はマイナスイメージを持たれやすい。**
 - ✓ 肥料等に含まれる重金属濃度の検査結果の公表。
 - ✓ 肥料利用者に対して再生リンの実物を提示。
- **肥料成分のバランスが偏っている。**
 - ✓ 不足する肥料成分を配合した製品として販売。
 - ✓ 肥料利用者が散布時に他の肥料成分を補うよう案内。

施設の運営に関する課題

- 電気代・資材の価格高騰により、施設の維持管理費が増加している。
- 施設内にリン回収やコンポスト化設備を設置するための敷地の確保が難しかった。

リン資源の成分に関連した課題への対応を実施していた。一方、電気代・資材の価格高騰や設備を設置するための敷地の確保といった施設では対応が難しい課題が挙げられた。

4. まとめ

<下水汚泥等のリサイクルの現状、展望>

- 下水汚泥等のリサイクルは、リサイクル品の肥料利用のほか、リンを要因とした施設の課題の解決、処理費用の削減に貢献する。
- リサイクル収率や、リサイクル残さの処理負担軽減効果、下水処理、し尿処理への影響の評価も重要

- 地域の農協や肥料メーカー等と連携した取組みを実施
- 人の出入りが多い場所で肥料を販売
- 肥料利用できない場合は他の利用用途で販売

- 肥料の重金属濃度の検査結果の公表、実物の掲示
- 化学肥料より安価に価格設定
- 不足肥料成分の配合、粒状・ペレット化、肥料の散布方法に関する情報提供

下水汚泥のリサイクルによりメリットが得られる施設が導入する可能性

リサイクル品の出荷先を確保するための取組みが重要

農家がリサイクル品を購入・利用しやすくするための取組みが重要

謝辞

ヒアリング調査にご協力いただいた
下水処理場、し尿処理施設の皆様に感謝申し上げます。