

令和6年7月19日

## 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 (JWセンター) 調査部

### 1. 調査目的

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、焼却される廃棄物の減量化に努めることが重要であり、下水汚泥やし尿・浄化槽汚泥等（以下「下水汚泥等」という。）においても建設資材化、肥料化、固形燃料化等が選ばれる割合が増加している。近年は下水汚泥等に含まれるリンを活用するために、下水処理場で下水汚泥の肥料化に取り組む施設が注目されている。日本はリンのほとんど全量を輸入に頼っているため、下水汚泥等に含まれるリンの活用は廃棄物の資源循環だけでなく、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取組状況を把握するために、下水汚泥等に含まれるリンの回収やコンポスト化に取り組む施設を訪問し、ヒアリング調査を実施した。

### 2. 調査方法

令和5年8月～令和6年5月にかけて、下水汚泥等のリン回収又はコンポスト化を行っている下水処理場4者、し尿処理施設2者（計6者）を訪問し、ヒアリング調査を実施した。

調査先の概要は表1のとおりである。

表1 調査先の概要

施設名	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	下水処理場	下水処理場	下水処理場	し尿処理施設	し尿処理施設
地域区分	関東	中部	関西	九州	東北	中部
下水汚泥等のリサイクル方法	リン回収	リン回収	リン回収	リン回収	リン回収	コンポスト化

### 3. 主な調査項目

- ・ リン回収、コンポスト化を行う廃棄物の種類
- ・ 下水汚泥等のリン回収、コンポスト化の目的とリサイクル方法
- ・ 再生リン、コンポストの販売状況
- ・ 下水汚泥等のリン回収、コンポスト化の課題
- ・ 下水汚泥等のリン回収、コンポスト化の展望や普及促進に関する意見

### 4. 調査結果

本報告では、調査先が取り扱う廃棄物の種類ごとに施設を分類し、下水処理施設（施設 A～D）をグループ i、し尿処理施設（施設 E、F）をグループ ii とした。

調査先の取り扱う廃棄物の種類は表 2 のとおりである。

表 2 グループ別の調査先の取り扱う廃棄物の種類

グループ	グループ i				グループ ii	
施設名	施設 A	施設 B	施設 C	施設 D	施設 E	施設 F
取り扱う 廃棄物の 種類	下水道からの生活排水、工業排水				し尿・浄化 槽汚泥、農 林集落汚泥	し尿・浄化 槽汚泥

#### 4-1. リン回収、コンポスト化の目的とリサイクル方法

##### (1) グループ i におけるリン回収、コンポスト化の目的とリサイクル方法

表 3 にグループ i におけるリン回収、コンポスト化の目的とリサイクル方法を整理した。

表 3 グループ i におけるリン回収、コンポスト化の目的とリサイクル方法

	施設 A	施設 B	施設 C	施設 D
リン回収、 コンポスト 化の主な目 的	下水処理水中 のリンによる 富栄養化の発 生抑制。	下水処理水中の リンによる富栄 養化の発生抑 制。	消化汚泥中のリン による配管の閉塞 を抑制。	下水処理水中のリン による富栄養化 の発生抑制。
リン回収、 コンポスト 化の流れ	下水汚泥の脱 水後の分離液 にリン回収資 材を添加して HAP を回収。	下水汚泥焼却灰 と反応液を混合 し固液分離した リン抽出液に消 石灰を添加し HAP を回収。	消化汚泥とリン回 収資材を混合し洗 浄後比重差で沈ん だ MAP を回収。	消化汚泥とリン回 収資材を混合し洗 浄後比重差で沈ん だ MAP を回収。

	施設 A	施設 B	施設 C	施設 D
リン回収、コンポスト化の残さの取扱い	・残さ(脱水分離液)は下水処理システムに返送している。	・残さ(処理灰)は建設資材等の原材料にリサイクルしている。	・残さ(消化汚泥)は焼却後に建設資材等の原材料にリサイクルしている。	・残さ(消化汚泥)は焼却後に建設資材等の原材料にリサイクルしている。

※ HAP：ヒドロキシアパタイト

※ MAP：リン酸マグネシウムアンモニウム

グループ i の調査先では、下水処理水中の窒素やリンを原因とした富栄養化を抑制するため、下水の高度処理を推進した結果、下水汚泥や下水汚泥焼却灰中のリン濃度が高まっていた。

施設 A では、自施設で発生した下水汚泥の他に近隣の処理場の汚泥も受け入れて処理しているため、汚泥処理の負荷が大きく、下水処理水の放流先が海域であることから、富栄養化対策が求められていた。さらに、施設 D では下水処理水の放流先が閉鎖的な海域であり、下水処理水に含まれるリンによる富栄養化が問題となっていた。施設 B は、リン回収を開始する前は下水汚泥焼却灰からレンガを製造し、主に公共事業で利用していたが、年々需要が減少するとともに施設の老朽化が進んでいた。新たな汚泥の有効利用を模索する中、下水汚泥焼却灰に含有するリンに着目し、老朽化したレンガ製造施設を廃止してリン回収事業を開始した。施設 C、D は、下水汚泥の減量化と安定化、バイオガスの生産を目的に下水処理後に消化を行っていた。下水汚泥を消化槽に投入し嫌気状態で消化することにより、消化汚泥中に含まれるリンが放出されるが、リンを要因とした配管の閉塞が発生しやすく、配管洗浄のコストの削減や施設の維持管理性の向上のために下水処理システム内でリンを回収する仕組みが求められていた。

グループ i のリン回収の対象は、施設の特徴や処理工程の違いにより、「下水汚泥の脱水分離液」、「下水汚泥焼却灰」、「消化汚泥」と異なっていたが、回収するリンはすべて HAP 又は MAP の形態であった。

リン回収後の残さは、下水処理システムに返送するか（施設 A）、建設資材等の原材料としてリサイクルしていた（施設 B～D）。回収された再生リンの重量分、残さの削減効果はあると考えられるが、具体的な減量化量については調査を行わなかった。

施設 A～D の再生リンの外観は写真 1～4 のとおりである。



(2) グループ ii におけるリン回収、コンポスト化の目的とリサイクル方法

表4にグループ ii におけるリン回収、コンポスト化の目的とリサイクル方法を整理した。

表4 グループ ii におけるリン回収、コンポスト化の目的とリサイクル方法

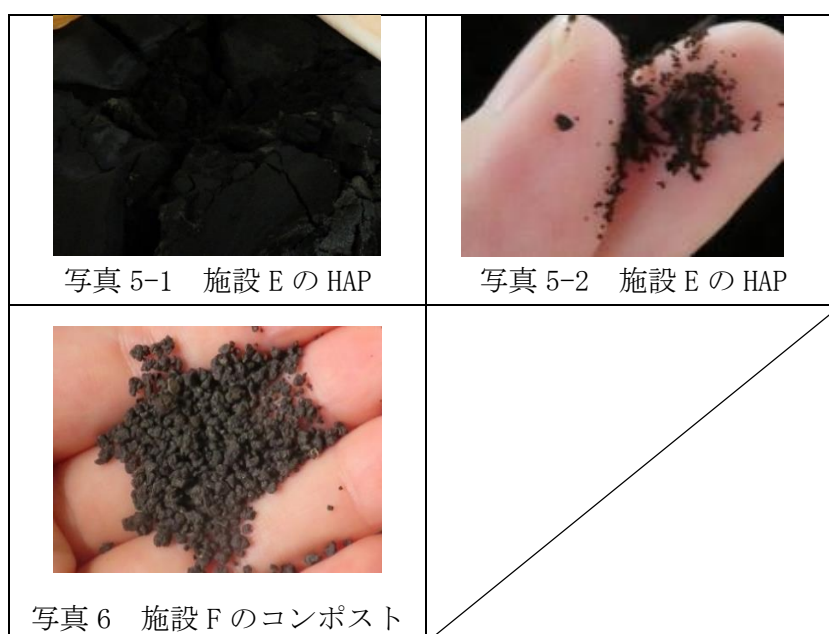
	施設 E	施設 F
リン回収、コンポスト化の主な目的	処理副産物による利益の地域への還元。	外部委託による脱水汚泥の処理費用の削減。
リン回収、コンポスト化の流れ	生物処理後の膜分離した膜透過水に残留するリンに対してリン回収資材を添加して HAP を回収。	脱水汚泥を機械乾燥させて、リンや窒素を含有するコンポストを製造。
リン回収、コンポスト化の残さの取扱い	残さ（膜透過水）は凝集沈殿、濃縮、脱水、焼却後に焼却、埋立処理している。	脱水汚泥は全量をコンポスト化しているため、残さは発生しない。

グループ ii の調査先は、リン回収を行う施設 E とコンポスト化を行う施設 F であった。施設 E は、一般廃棄物処理施設として、し尿を処理するだけでなく、地域に処理副産物を還元し、地域循環型の社会形成を図ることを目的としたリン回収を開始した。リン回収の他にも助燃剤化やメタン発酵、コンポスト化も再資源化方法の候補としていたが、施設の設置費用や環境への影響等を考慮して、リン回収を採用した。施設 F は、以前は、し尿処理で発生した脱水汚泥を民間の一般廃棄物処理施設に自らトラックで運搬し、外部の処理業者に処理を委託していたが、運搬費用や処分費用を削

減するために自施設で脱水汚泥を資源化できる方法として、機械乾燥によるコンポスト化を採用した。

施設 E はリン回収後の残さを焼却、埋立処理していたが、施設 F は全量コンポスト化しているため残さが発生していなかった。施設 E では再生リンを回収した重量分は、焼却処理の負担は軽減されていると考えられるが、具体的な減量化量は調査を行わなかった。

施設 E、F の再生リンやコンポストの外観は写真 5、6 のとおりである。施設 E の HAP の色がグループ i と異なるのは、凝集剤等の資材の種類が異なるためであると考えられる。



#### 4-2. 再生リン、コンポストの販売状況

表 5 にグループ i と ii における再生リンやコンポストの販売方法を整理した。

表 5 グループ i と ii における再生リン、コンポストの販売方法

	グループ i	グループ ii
再生リン、コンポストの用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>・肥料原料（施設 B～D）</li> <li>・肥料（施設 B）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工業用資材（施設 E）</li> <li>・肥料（施設 F）</li> </ul>
再生リン、コンポストの販売方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・粉状の再生リンを粒状に加工し農協から販売（施設 B）</li> <li>・粉状の再生リンを肥料メーカーに販売（施設 B～D）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・粉状の再生リンを化学薬品メーカーに販売（施設 E）</li> <li>・コンポストを市町村の農家や住民に販売（施設 F）</li> </ul>

	グループ i	グループ ii
	・粉状の再生リンを培養土メーカーに販売（施設 B）	

※ 施設 A は再生リンの利用実績がないため記載せず。

### (1) 再生リン、コンポストの用途

施設 B～D、施設 F では、再生リンやコンポストを肥料又は肥料原料として利用していた。施設 A は、調査時点ではリン回収を開始して間がなく、再生リンの販売実績がなかったが、肥料利用を検討しているという回答であった。施設 E では調査時点では再生リンを工業用資材として利用していた。以前は、再生リンを肥料利用していたが、販売先の肥料メーカーの廃業等により、現在は販売先を化学薬品メーカーに変更し、フッ素の除去剤としているとのことであった。

### (2) 再生リン、コンポストの製品化

肥料利用する再生リンやコンポストは、施設が自ら加工、梱包して一般廃棄物の集積場で販売する場合（施設 F）、施設が自ら加工し外部で梱包してから販売する場合（施設 B）、粉状のまま肥料メーカー等に販売する場合（施設 B、C、D）があった。

施設 F のコンポストは、窒素とリンがバランスよく残存しているが、カリウムが不足しているため、肥料の使用者はコンポストの他にカリウムを含む肥料を併用しているとのことであった。施設 B では再生リンを自施設で粒状に加工後に農協から販売するか、粉状のまま肥料メーカーや培養土メーカーに販売していた。再生リンを粒状に加工するのは粉状であると農家が扱いづらいためであるとのことであった。施設 C、D では肥料メーカー等に再生リンを粉状のまま販売し、他の肥料成分を配合し複合肥料として農協から販売していた。複合肥料の場合は農家が一度の施肥で複数の肥料を併用する必要がなく、施肥の効率化につながるとのことであった。

### (3) 再生リン、コンポストの販売先

再生リンやコンポストの生産量は、施設の稼働率が高い施設 C、D でも年間 100t 程度であり、全国展開できるほどの量が確保できないことから、グループ i、ii ともに、地元の農家や市町村の住民に肥料が販売されていた。グループ i の施設 A、C では、下水汚泥の脱水分離液や消化汚泥の一部を再生リンの回収の対象としていた。これは再生リンの回収設備の処理能力が限られているためであり、設備を増強することができれば、再生リンの増産が可能であると回答があった。グループ i の施設 B、グループ ii の施設 E、F は施設で発生した廃棄物の全量から再生リンやコンポストを回収していた（施設 B は近隣の施設で発生した焼却灰も含む。）。



(4) 再生リン、コンポストの普及のための工夫と回収事業を開始したことによる効果

施設 C、D では、農協の協力により、再生リンを利用した肥料製品の農協での販売価格が、同等の製品と比べて安価に設定されていた。また、施設 C からは、製品の散布時期や散布量を指示する資料を農協が作成し農家に配布したことで、再生リンの出荷数の増加につながったことや、市町村の教育委員会と連携して、学校給食に再生リンを使用して栽培した米を提供する等、資源の地産地消や環境教育にも役立っていることに関する回答があった。

リン回収、コンポスト化による効果を確認したところ、施設 C、D では、リン回収により消化汚泥中のリン濃度が低減し、配管の詰まりを解消するための洗浄の実施回数が減少したことで洗浄コストが大幅に削減されたとの回答があった。また、施設 C からは、近年の化学肥料の価格高騰により、下水汚泥等からのリン回収の取組みに注目が集まっているという回答が得られた。施設 F からは、脱水汚泥を全量コンポスト化したことで、外部への委託処理費用や運搬費用が削減されたという回答があった。

#### 4-3. 下水汚泥等のリン回収、コンポスト化の課題

表 6 にグループ i と ii におけるリン回収、コンポスト化の課題を整理した。

表 6 グループ i と ii におけるリン回収、コンポスト化の課題

	グループ i	グループ ii
リン回収、コンポスト化に係る費用に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光熱費や資材購入費の高騰により、維持管理費が増加している。(施設 B)</li> <li>・再生リンの乾燥設備の電気代の負担が大きい。(施設 D)</li> </ul>	
再生リン、コンポストの肥料利用に関する課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・下水汚泥焼却灰由来の肥料はマイナスイメージを持たれやすい。(施設 B)</li> <li>・都市部は農地が少ないため、再生リンを回収できても供給先がない可能性がある。(施設 C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生リンの肥料としての販売先の確保が困難である。(施設 E)</li> <li>・コンポストにはリンや窒素は多いが、カリウムが少ないため、肥料の使用者は他の肥料と併用することが必要である。(施設 F)</li> </ul>

グループ i、ii に共通して再生リンやコンポストの肥料利用に関する課題を挙げていた。廃棄物由来の肥料に関するマイナスイメージがあると回答した施設では、課題への対策として、重金属濃度の検査を独自に実施していた。施設 D からは、視察対応

時に、再生リンの実物を農家に提示し、再生リンは下水汚泥そのものという見た目ではなく、化学肥料と同じような見た目であることを伝えたことで、イメージアップを図ることができたという回答があった。その他の課題として、再生リンの販売先の確保が困難であることや、コンポストの施肥の手間に関する課題があった。

グループ i からは、施設の維持管理費の負担に関する課題の回答があった。リン回収やコンポスト化に係る事業の収支バランスについて課題があるかを確認したところ、グループ i、ii に共通して、すべての施設で、設備の維持管理費用の方が、再生リンやコンポストの販売利益等による収入を上回っており、リン回収、コンポスト化単体で収益事業として成り立っていないとの回答であった。リン回収やコンポスト化は営利目的の事業ではなく、下水処理水放流先の富栄養化の抑制、廃棄物の処理費用の削減、地域資源の還元が目的であるため、リン回収、コンポスト化事業単体で収支バランスがマイナスであることを問題視している施設はなかった。

#### 4-4. 下水汚泥等のリン回収、コンポスト化の展望や普及促進に関する意見

##### <グループ i >

- ・ 現在のリン回収設備で回収できる再生リンは、施設で発生するすべての脱水分離液の 20 分の 1 の量であり、今後、設備を増設するか否かは未定である。再生リンの需要や肥料効果、維持管理費用、設備設置のための土地の確保等について検討する必要がある。(施設 A)
- ・ 再生リンの回収事業について、国や他の自治体から問い合わせが寄せられており、下水道関係者から注目されている。リン回収は、持続可能な社会の実現のために有用である。(施設 B)
- ・ 再生リンは需要があり、今後は同一自治体の別の下水処理場でも新たにリン回収事業を開始し、再生リンを増産する予定である。(施設 C)
- ・ 他の自治体からリン回収に係る視察を受け入れており、関係者からの関心は高いと考えているが、施設の維持管理費用の面で導入は困難であるという印象を持つようである。農家等の利用者側の理解を如何に得ていくのかが重要である。(施設 D)

##### <グループ ii >

- ・ 全国のし尿処理施設における資源化方法としては、リン回収以外に、助燃剤化、メタン発酵、コンポスト化等があるが、現状は助燃剤化が最も多く採用されている。今後は環境に対する配慮から、利用時に CO<sub>2</sub> を排出する助燃剤化よりもリン回収やコンポスト化等を採用する自治体が増加するのではないかと考えている。一般廃棄物処理施設としては、廃棄物の処理だけではなく、地域に副産物を還元できるリン回収は重要であると考えている。(施設 E)



- ・ コンポスト化を開始したことで、脱水汚泥を外部に委託していたときと比較するとコスト削減につながっている。化学肥料の価格高騰が問題となっていることもあり、肥料資源を含む廃棄物を有効活用することは望ましく、他の施設でも脱水汚泥等のコンポスト化に向けて検討を進める必要がある。(施設 F)

## 5. まとめ

- ・ 下水汚泥等のリン回収、コンポスト化は、廃棄物の減量化や国内の肥料供給の安定化に貢献すると考えられる。
- ・ リン回収、コンポスト化の目的は各施設で異なっており、下水処理水中のリンを原因とした富栄養化の抑制、消化汚泥中のリンを原因とした配管の閉塞の解消、処理副産物の地域還元、外部委託による脱水汚泥の処理費用の削減を目的としていた。また、副次的に得られた再生リンやコンポストといった資源の活用が検討されており、調査時点では、自施設の課題の解決等と並行して、国内の肥料供給の安定化に貢献する取組みとして再生リンやコンポストを製造し、肥料としての利用を促進するための取組みが進められていた。
- ・ 再生リンやコンポストは化学肥料の代替となるが、再生リンやコンポストの回収、製品化、販売に手間がかかるほか、廃棄物由来の肥料のイメージアップ、販売先の確保、施肥の効率化の点で工夫が必要である。再生リンの活用の取組みが軌道に乗っている施設の例から、農協や肥料メーカー等との連携を深めること等により、再生リンやコンポストが普及しやすい環境を整備していくことが重要であると思われる。
- ・ リン回収、コンポスト化は、再生リンやコンポストの販売利益と施設の維持管理費等のバランスがとれていないという例が見受けられた。しかし、特に、下水汚泥等のリン回収では、下水処理の高度化や配管の閉塞等のメンテナンスの手間が軽減されていることから、下水処理全体で経済性を評価することが必要である。
- ・ リン回収している施設における廃棄物の減量化については、下水汚泥や焼却灰からリンが除去された分、廃棄物の減量化につながっていると考えられるが、今回は調査先における廃棄物の減量化量について調査を行わなかったため、今後の調査での確認項目としたい。また、リン回収している施設の中には、リンを除去した残さを焼却し建設資材等にリサイクルしている施設があったが、リン濃度が高い焼却灰はセメント等の原料として適さないため、リン回収によるリサイクル品の品質向上の効果についても今後の調査での確認を検討することとしたい。
- ・ 国土交通省では、国が主体となって実規模レベルの施設を設置し技術的な検証を行う実証事業「B-DASH プロジェクト」を実施し、下水道における革新的な技術に

ついて令和4年度までに54技術を採択し、38のガイドラインを公表している。  
また、「下水汚泥資源の肥料利用に関する検討事例集」を作成し、全国の19の都  
县市町の実践事例を紹介している（令和6年7月19日時点）。B-DASHプロジェクト  
の技術やガイドラインを活用し、今後も下水汚泥等のリサイクルが促進されるこ  
とが望まれる。

#### 参考資料

- ・ 国土交通省水管理・国土保全局上下水道企画課.” 下水汚泥資源の肥料利用に関する検討事例集（全体版）”. 国土交通省ホームページ  
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001737823.pdf>（参照  
2024-7-19）
- ・ 国土交通省.” 上下水道 下水道革新的技術実証事業”. 国土交通省ホームページ  
[https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo\\_sewerage\\_tk\\_000450.  
html](https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000450.html)（参照 2024-7-19）