

神戸市における下水からの リン資源再生・循環の取組み

神戸市 建設局 下水道部 計画課 おがわ みちこ
小川 美智子

1. はじめに

リンは下水に多量に含まれており、汚泥配管の閉塞や放流水域の富栄養化の原因となっている。一方、リンは肥料の三大要素の一つであり、食糧生産に不可欠な資源である。

しかしながら、日本ではリンのほぼ全量を中国やモロッコなど特定の外国からの輸入に頼っており、近年のリン産出国の輸出制限による輸入価格の高騰を背景に、食料安全保障の観点から、国内資源の有効利用が急務となっている。

「食料安全保障強化政策大綱」では、2030年までに、堆肥・下水汚泥資源の使用量を倍増し、肥料の使用量（リンベース）に占める国内資源の利用割合を40%まで拡大することが示された¹⁾。また、汚泥処理に関する基本的な考え方として、下水汚泥資源を肥料として最大限に利用することが国土交通省から示されている²⁾。

神戸市では、下水の消化汚泥から「こうべ再生リン」としてリン成分を回収し、肥料として市内の農業者や市民に供給することでリンを循環利用する取組み『資源循環「こうべ再生リン」プロジェクト』を行っており、その内容について紹介する。

2. 資源循環「こうべ再生リン」プロジェクト

本市では、下水処理場の配管閉塞の解消と資源の有効利用を図るため、2011年度より水ing株式会社と共同研究『KOBEハーベスト（大収穫）プロジェクト』を開始した。

さらに2012・2013年度「神戸市東灘処理場 栄養塩除去と資源再生（リン）革新的技術実証事業」が、国土交通省のB-DASHプロジェクト「下水道革新的技術実証事業」として水ing、神戸市、三菱商事アグリサービス株式会社との共同研究体として採択された。

これを機に、消化汚泥から直接リンを回収後、肥料として有効かつ循環利用することを目的とした実証事業を国土技術政策総合研究所の委託研究として開始し、本市東灘処理場に下水汚泥からリンを回収する施設を設置した。回収したリンは2014年に「こうべ再生リン」として肥料登録を完了し、市場への流通を開始した。

水ingとの共同研究は2019年度に終了し、2022年度より『資源循環「こうべ再生リン」プロジェクト』と名称を変更し、こうべ再生リンの利用促進を目指すプロジェクトとして進めている（図-1）。

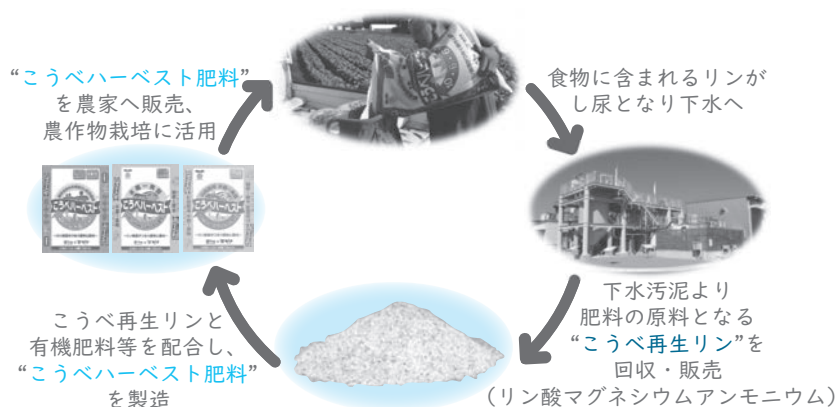
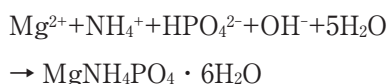


図-1 資源循環「こうべ再生リン」プロジェクトの概略

3. 下水からのリン回収方法

下水処理過程におけるリンの回収方法として、本市では消化汚泥からの「MAP 晶析法」を採用している。脱水分離液ではなく、消化汚泥に水酸化マグネシウムを添加し、リン酸マグネシウムアンモニウム六水和物（MAP：Ammonium Magnesium Phosphate hexahydrate）の結晶を得ることで、溶存したリン酸態リンに加え、下水処理過程で自然発生した MAP も回収できる効率の良い方法である。反応式は、次の式で表される。



回収された MAP は、装置内での均一な晶析反応の進行と、システム内での種晶同士の衝突・研磨効果により、直径 100～700 μm 程度の丸みを帯びた均一な顆粒状の結晶となる³⁾(写真-1)。

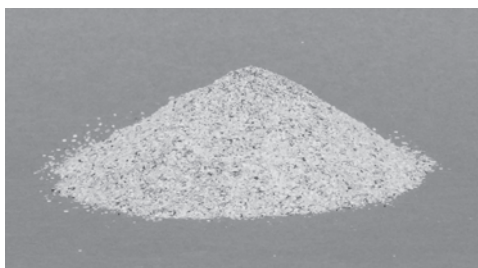


写真-1 回収したこうべ再生リン

4. こうべ再生リンの成分と安全性

肥料として流通するには、安定した成分の確保と安全性の保証が必要である。こうべ再生リンは 2014 年 4 月に「化成肥料」として登録されたが、現在は 2019 年に新設された公定規格の「りん酸マグネシウムアンモニウム」に分類される⁴⁾。

回収した「こうべ再生リン」の組成は、アンモニア性窒素（N）5.21%、く溶性りん酸（P₂O₅）27.69%、く溶性苦土（MgO）14.61%（2022 年 11 月採取試料分析値）で、リンが「く溶性」であることが特徴である。く溶性とは、2% クエン酸溶液に溶解する特性のことである。

本市および水 ring 共同研究体では、こうべ再生リンの「肥料成分」および「重金属含有量」についてこれまで自主的に継続して分析を行っている。

この結果、成分量が年間を通して安定しており、有害成分の含有量も非常に少なく、許容値を超過することはないことが確認されている。また、これらの分析結果は、本市ホームページで公表しており、こうべ再生リンの肥料としての有効性や安全性について広報を行っている⁵⁾。

5. こうべ再生リンの肥料への活用

こうべ再生リンは、植物の生育に必要となるリンや窒素、マグネシウムを含み、そのままでも肥料として使用できる。しかし、窒素分が少なく、

また粉末状で風に飛びやすい形状であるため、広く農業に使用するには、農業者が使いやすい成分・形状に加工する必要がある。

本市では、市域の北西部を中心に農地が広がり、米や野菜・花卉・果物等、多様な作物が生産されている。取組み開始当時、こうべ再生リンをこれらの作物に適用し、地元の農業者の方々に使っていただくため、ニーズの把握や農業関係者との信頼関係の構築が不可欠であった。

このため、農業事情に詳しいJA兵庫六甲や神戸農業改良普及センター、市内の農業関係者、兵庫県肥料協会等と「こうべ再生リン」の利用方法について協議を重ねるとともに、JA全農兵庫や大手の肥料生産会社から情報を収集し、肥料の流通状況を調査した。

なお、これらの協議や調査の過程では、「都市と農村をつなぐこうべ再生リン」のキャッチフレーズがJAや地元農業者等、農業関係者に大きな共感を生んだことで、「こうべ再生リン」の活用に向けて積極的に取組みを進めることができた⁶⁾。

関係者の協力の下、「野菜・花用」、「水稲用」、「山田錦用」の3種類の肥料が開発され、現在「こうべハーベスト」という名前で市内の農業者に流通している(図-2)。肥料の形状はペレット状で、施肥時の飛散を防ぐと同時に機械による散布を行いやすいように設計されている。

このように、消化汚泥からリンを回収し、肥料登録し、農業者が使用しやすい肥料に配合することで市場への流通を可能にし、通常の流通ルートで販売するといった一連の取組みを行ったのは国内では初めての事例である。

(1) 野菜・花用肥料:こうべハーベスト(10-6-6-2)

こうべ再生リン20%に窒素やカリウム、有機肥料等を加え、窒素:リン酸:カリウム:マグネシウムの配合比を10:6:6:2(重量比)とした野菜・花用の肥料である。2015年からJA兵庫六甲を通じて市内の農業者へ販売を開始した。

なお、肥料の公定規格では、「複合肥料」のうち「化成肥料」に位置付けられる。この肥料は、化学肥料を低減し、市内循環型資源を利用して栽培された農作物である「BE KOBE」野菜や「こうべ旬菜」といったブランド野菜の栽培にも使用されている。

(2) 水稲用肥料:こうべハーベスト(水稲一発型)

こうべ再生リンを15%使用した水稲用肥料で、窒素:リン酸:カリウム:マグネシウムの配合比を18:13:13:1.5(重量比)とした肥料設計である。被覆尿素を配合しており、肥効が長期間持続する緩効性の肥料で、2016年から試験栽培を開始した。



図-2 こうべハーベスト肥料(上段:肥料袋表面, 下段:肥料ペレット)

公定規格では、「複合肥料」のうち、「配合肥料」に位置付けられている。学校給食用米の「きぬむすめ」の栽培に使用され、作られた米は2020年1月より市内の学校給食に提供されている。

(3) 酒米用肥料:こうべハーベスト(水稲一発型・山田錦用)

こうべ再生リンを15%使用した水稲用肥料で、こうべハーベスト水稲一発型を山田錦用に成分調整したものである。窒素:リン酸:カリウム:マグネシウムの配合比を18:12:12:1.5(重量比)とした肥料設計で、2020年から試験栽培を開始し、2023年から販売を開始した。

資源循環の取組みに協賛する神戸・灘の銘酒「福寿」の蔵元である株式会社神戸酒心館では、この肥料で栽培された山田錦を原料とした日本酒の開発を行い、醸造した酒はエシカルな日本酒「福寿 純米吟醸 山田錦 環和 -KANNA-」として販売されている(写真-2)。

この事例は2023年3月に国土交通省から発行された「BISTRO 下水道」パンフレットに掲載された⁷⁾。

6. 広報活動

本市では、市内の小学4年生を対象に、地域循環型社会を食育・環境教育として学ぶ機会を提供

する出前授業と、こうべハーベスト(10-6-6-2)で育てたスイートコーンの収穫体験をセットで提供する、神戸っ子SDGsプログラムを実施している。

また2022年度より、市民向けにこうべハーベスト(10-6-6-2)を1kgの小分けに包装した「こうべSDGs肥料」をJA兵庫六甲の直売所やホームセンター等で販売している。

この肥料は市内小学校(164校)に配布され、環境教育にも活用されている。さらに、こうべ再生リン100gをカプセルトイに詰めたものを東灘処理場に設置し、市民向けの小口販売を行っている。

加えて、農業者への広報としては、2022年度より世界情勢や肥料価格高騰を鑑み、本市農政部局が農業経営の安定化と環境保全型農業への転換を図ることを目的として、条件を満たした市内農業者のこうべハーベスト肥料の購入費を全額補助している。こうした取組みにより、こうべ再生リンの2022年度の供給量は、例年の3倍程度にあたる約80tと大幅に増加した(図-3)。

さらに、「こうべハーベスト(10-6-6-2)」についても同様に出荷量を著しく伸ばした。なお、肥料を使用した農業者からは、従来の肥料と比較して効果に遜色ないと評価をいただいております。資源循環の付加価値も相まって、今後も更なる需要が見込まれる。



写真-2 こうべハーベストで栽培した山田錦(左)と山田錦を原料に醸造した「福寿 純米吟醸 山田錦 環和 -KANNA-」

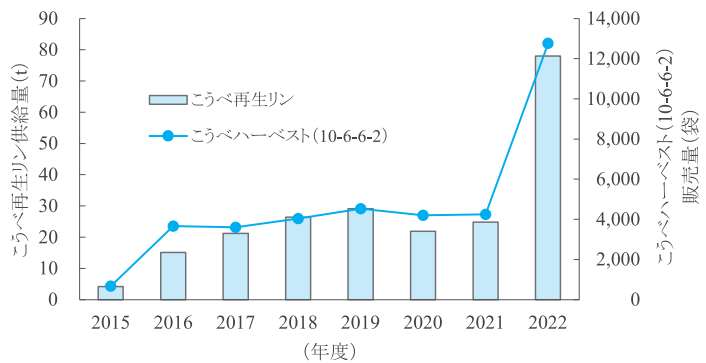


図-3 こうべ再生リン供給量およびこうべハーベスト(10-6-6-2)の販売量の推移

7. おわりに

資源循環の取り組みのベンチマークである、こうべ再生リンの需要は増加しており、今後も安定した生産体制の確保が必要である。国土交通省の2022年度補正予算に係るB-DASHプロジェクトに採択され、本市玉津処理場にリン回収設備を新設することとなった⁸⁾。

玉津処理場では、東灘処理場の既存施設より効率的なリン回収の実証を通じて、こうべ再生リンの生産拡大を行い、更なるリンの国産化と安定供給への貢献を図る。

また、こうべハーベストを多くの農業者に使ってもらうためには、より多様な作物を対象とした肥料を開発すると同時に、流通経路の確保が必要である。

本市では2023年度に、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究開発機構の実証プロジェクト「下水汚泥資源の活用促進モデル実証」⁹⁾および国土交通省の支援事業「下水汚泥資源の肥料利用を促進するための大規模案件形成支援事業」¹⁰⁾に採択された。

これらの事業の中で、新たな肥料の開発や、農業者や消費者とのマーケティング構築等、下水処理場－肥料製造現場－農場－消費者に至るまでの一連のプロセスについて実証を行う。

今後も、このような下水からリン資源を回収し、地域循環する「地産地消」の取り組みを一層進めることにより、SDGsに貢献していきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 農林水産省 食料安定供給・農林水産業基盤強化本部：食料安全保障強化政策大綱（2022年12月27日）、2022。
- 2) 国土交通省：発生汚泥等の処理に関する基本的考え方について（2023年3月17日 国水下企第99号）、2023。
- 3) 神田峻：下水からのリン回収と地域資源循環の構築、ベトロテック、46（8）、513-517、2023-8
- 4) 農林水産省：肥料の品質の確保等に関する法律に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件（2019年5月27日施行〔最終改正2023年9月1日〕）。
- 5) 神戸市建設局下水道部：資源循環「こうべ再生リン」プロジェクト
<https://www.city.kobe.lg.jp/a78445/kurashi/sumai/sewage/projects/phosphorus01.html>（2023年10月時点）
- 6) 神戸市：続・神戸市下水道史－阪神・淡路大震災からの復興－そして平成から令和に向けて－、343-348、2019。
- 7) 国土交通省：BISTRO 下水道 ～食と下水道の連携～
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/content/001624586.pdf>（2023年10月時点）
- 8) 国土交通省：令和4年度補正 B-DASH プロジェクト実証技術の概要等について（消化汚泥から効率的にリンを回収する技術に関する実証事業）
<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/content/001587755.pdf>（2023年10月時点）
- 9) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究開発機構：「下水汚泥資源の活用促進モデル実証」の公募における審査結果について、
https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/files/press20230425_naro_betten01.pdf（2023年10月時点）
- 10) 国土交通省：「下水汚泥資源の肥料利用を促進するための大規模案件形成支援事業」における支援団体が決定しました！
https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/mizukokudo_sewage_tk_000823.html（2023年10月時点）