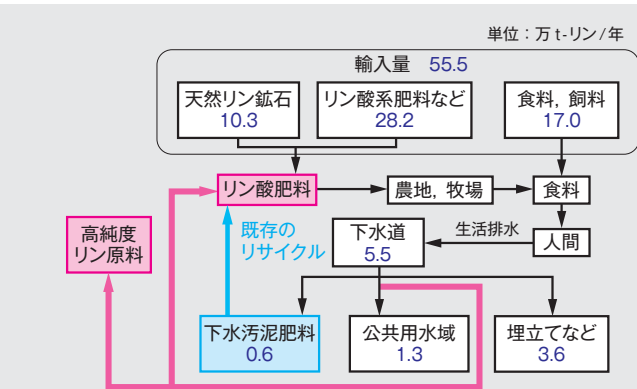


## 吸着剤によるリン回収技術

### 下水中のリンを回収し、資源として再利用

リンは生命活動に不可欠な元素ですが、近年では、世界的なリン資源の枯渇が強く懸念されています。リン原料の100%を輸入に頼る日本では、その有効活用が特に必要ですが、鉱石として輸入されるリンの50%程度に相当する量のリンが下水に流入し、そのほとんどは再利用されていません。

東芝は、下水から高純度な形態でリンを回収でき、かつ何回も繰り返して使用することができる、“繰返し型”吸着剤の開発を進めています。また、リンを吸着した後にそのまま肥料として再利用することを目指した、“使いきり型”吸着剤の開発にも取り組んでいます。



東芝が目指すリサイクル  
\*国土交通省の2006年データ<sup>(1)</sup>に基づき作成  
図1. 国内のリンフロー — リン鉱石として輸入されているリンの50%程度に相当する量のリンが下水に流入し、そのほとんどが回収されていないのが現状です。

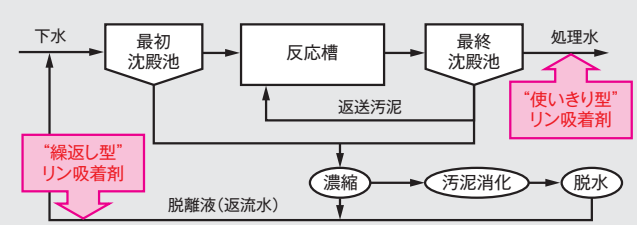


図2. 東芝が開発中のリン吸着剤の下水処理場における適用箇所 — 繰返し型は返流水などの高濃度リン含有排水を、使いきり型は二次処理水などの低濃度リン含有排水を対象とします。

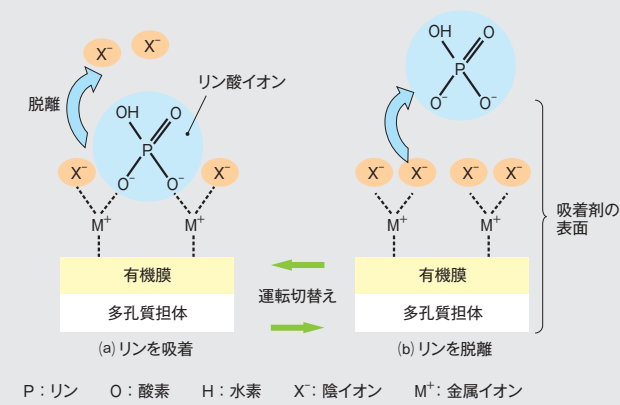


図3. 繰返し型リン吸着剤の原理 — 吸着剤に含まれる陰イオンとのイオン交換により、リン酸を優先的に吸着します。



図4. リン回収の実証プラント — 実際の下水処理場において、繰返し型リン吸着剤を用いた下水からの回収試験を進めています。

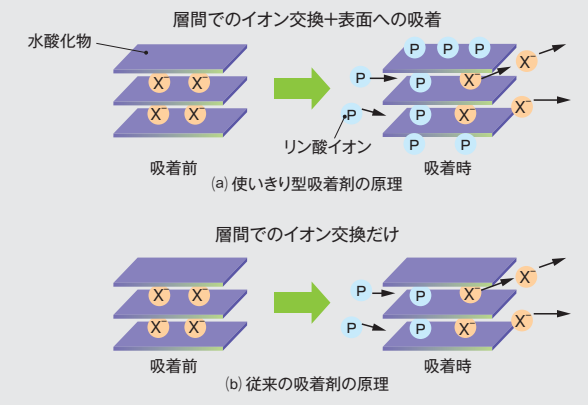


図5. 使いきり型リン吸着剤の原理 — 層状複水酸化物における層間でのイオン交換に加えて、水酸化物層表面でもリンを吸着します。



図6. 使いきり型リン吸着剤を用いた小松菜の生育試験 — リン吸着後の吸着剤を土に添加した場合(左)、添加しなかった場合(右)に比べて生育に効果が見られる。

#### 期待される下水からのリン回収

リンは、肥料をはじめとして、様々な用途に欠かせない元素ですが、近年では、世界的なリン資源の枯渇が強く懸念されるようになってきました。

わが国はリン原料の全量を輸入に依存しているため、リン資源を安定的かつ継続的に確保するためには、国内におけるリン資源の循環プロセスを確立することが有効です。特に、鉱石として輸入されるリンの50%程度に相当する量のリンが下水に流入していると推計されており、下水に含まれるリンを資源として再利用できるような形態で回収する技術の確立は非常に有効です(図1)。

#### 東芝のリン回収技術

このような背景から、東芝は、下水中のリンを対象とした2種類の吸着剤

を地方共同法人 日本下水道事業団と共同で開発しています(図2)。

その一つは、リンを吸着した後に再生処理することで、何度でも繰り返して使うことができる“繰返し型”の吸着剤です。この吸着剤は、中～大規模の下水処理場における高濃度のリン含有排水(汚泥処理から生じる返流水など)を適用対象と考えています。

もう一つは、リンを吸着後にそのまま肥料として再利用することを目指した、“使いきり型”の吸着剤です。この吸着剤は、肥料に含まれる元素だけで構成されるため、リンを吸着することでリン酸肥料と似通った成分になります。下水中のリンの回収はこれまでも多くの方法が検討されてきましたが、回収コストの高さが障壁の一つとなり、実用化された例は多くありません。しかし、リンの用途の約80%は肥料であ

り、リン回収の目的を肥料としての再利用に絞り込むことで、吸着後の分離・回収工程などが簡素化できるため、コスト低減の可能性があります。

この吸着剤は、小規模下水処理場などの二次処理水へ適用し、地産地消型のリン資源の循環プロセス確立に貢献できることを目指しています。

#### 繰返し型リン吸着剤

繰返し型のリン吸着剤は、アミノ基を含む有機膜と金属イオンが錯形成した構造の吸着官能基を持っています。

金属イオンは、水溶液中で陰イオンを放出し、リン酸イオンを吸着します。吸着後に、陰イオンが高濃度に存在する溶液下においては、リン酸イオンを放出して元の陰イオンと結び付くことで吸着性能が回復します(図3)。

この吸着剤は、下水に多く含まれる

他の陰イオンとの共存下においても、リン酸イオンを優先的に吸着することができます。したがって、選択的に吸着したリン酸イオンを脱離させることにより、高純度な形態でリンを回収することができます。現在は、実際の下水処理場において、実証プラントを用いた回収試験を進めています(図4)。

#### 使いきり型リン吸着剤

使いきり型のリン吸着剤は、肥料に含まれる元素だけで構成された層状複水酸化物を主成分としています。

一般に、ある種の層状複水酸化物は、水酸化物層の層間において、イオン交換によりリン酸イオンを吸着することが知られています。この性質を利用した吸着剤の開発事例は数多く報告されており、当社の使いきり型吸着剤も、基本構造はこれらと同様です。しかし、

当社の吸着剤は、層間でのイオン交換に加えて水酸化物層でも直接的にリン酸イオンを吸着することが大きな特長です(図5)。この吸着原理によって、一般的な層状複水酸化物よりも大きな吸着量を示します。

当社の使いきり型吸着剤は、リンを吸着した後に吸着性能を回復させることはできませんが、リンを吸着することでリン酸肥料と類似した成分になるため、吸着後は、肥料の原料として再利用することが期待できます(図6)。

また、リン酸肥料に求められる条件の一つである“く溶性”(2%クエン酸水溶液への溶解性)についても、この吸着剤は肥料取締法で定められている条件を満たすことを確認しています。

現在は、実際の下水を用いた性能試験を進めながら、重金属が付着するなどの影響について評価しています。

#### 今後の展望

これらの吸着剤は、現在、実下水への適合性を評価している段階です。回収した際に資源としての価値が少しでも高くなるような形態でリンを回収するとともに、回収コストをいかに下げられるかが実用化の重要なポイントです。

当社は、下水に含まれるリンの再利用プロセスを確立することで、資源循環型社会の実現に貢献していきます。

#### 文献

- (1) 国土交通省. “資源・エネルギー循環の形成”. 国土交通省ホームページ. <http://www.mlit.go.jp/crd/sewage/sesaku/09shigen.html>. (参照2010-06-28).

#### 辻 秀之

研究開発センター  
機能材料ラボラトリー研究主務