

外壁打診技術「ウォールサーベイシステム」の普及拡大に向けた取り組み

太平洋セメント株式会社 中央研究所研究開発推進部インフラ先進技術チーム 野中 潔
 太平洋セメント株式会社 中央研究所研究開発推進部インフラ先進技術チームリーダー 森 寛晃
 株式会社太平洋コンサルタント 取締役常務執行役員中央技術センター長 梶尾 聡
 株式会社太平洋コンサルタント 中央技術センターコンクリート・インフラ技術部 鈴木 伸明
 有限会社ダイヤモンド技建 代表取締役 兼 ジャパンマテリアル株式会社 代表取締役 堀之内 晋也

1. はじめに

外壁のタイル張り仕上げは表面美観に加え、水や熱に対する耐久性の向上、コンクリートの中性化抑制といった長所を有する¹⁾仕上げ方法であり、集合住宅、商業施設、病院や大学などさまざまな建築物で使用されている。タイル張り仕上げは下地となるコンクリート層にモルタルや接着剤を用いてタイルを張り付けることで行うが、経年劣化によりタイルとコンクリート層間に剥離が生じる場合がある。

コンクリートのコールドジョイントや日射による繰り返しの温度変化、タイルの色や材質など、剥離に影響を与える因子はさまざまであり²⁾³⁾、現状においても剥離を完全に予防する手法は確立されていないことから、剥離・剥落事故の発生予防のためには定期的な診断、適切な修繕が

肝要である。建築基準法第12条で定められる建築物の定期報告制度においてもタイル張り外壁の点検が項目に含まれ、3年に1度の目視および部分的な調査、10年に1度の全面調査が義務付けられている。

外壁タイルの診断において、タイルを専用の器具で叩き、反響音などからタイルの状態を判断する「打診」が従来から行われている。打音の大きさ、高さ、反響の長さなどからタイル浮きや剥離の状態を判定するものであるが、熟練者が行えば陶片浮きと下地浮きの差、あるいはタイルの一部のみの浮きなどの詳細を読み取ることも可能である。定期報告制度でも「テストハンマーによる打診等」は最も基本的な調査方法とされ、近年認められた無人航空機を用いた赤外線調査⁴⁾においても、そのガイドラインにお

いて打診とのキャリブレーションが適正な調査の条件と定められる⁵⁾など、現在においても精度の高い診断方法と見なされている。

一方、従来の打診法の大きな課題は点検員が点検箇所へ近づく必要があることである。中層階、高層階の打診においては仮設資材による足場、あるいはゴンドラなどが必要となり、点検費用が増大する。また、点検のために点検員が居住空間に近づくことから、プライバシーの観点でも住人をはじめとする建築物利用者との調整のハードルは高い。これらの費用および労力の負担が大きいことが、2008年の建築基準法改正により外壁調査が法的に義務化されたのちも外壁調査の報告割合が対象建築物の72.6% (2014年時点)⁶⁾と十分な水準に達していないことに繋がっていると思われる。



(最大長：約100cm)

①コロリン転検棒



②ウォールサーベイロッド



③ウォールサーベイロボ

図-1 ウォールサーベイシステムの使用機器群

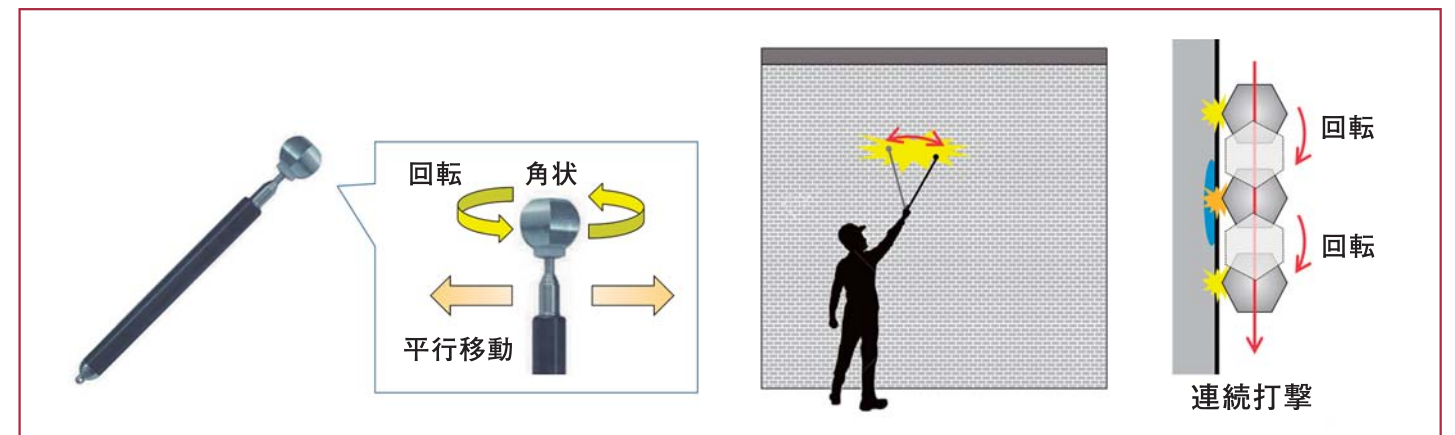


図-2 コロリン転検棒の打撃機構

このような状況を受けて、(株)太平洋コンサルタント、太平洋セメント(株)、(有)ダイヤモンド技建、ジャパンマテリアル(株)は、打診法の優れた精度を担保しながら費用負担の大きい仮設資材等を必要としない外壁診断技術を確立することを目的として、打診法を応用した機器群を活用した外壁診断技術「ウォールサーベイシステム[®]」を開発してきた。2023年3月にはウォールサーベイシステムの普及促進を目的に、(株)太平洋コンサルタントを事務局として外壁診断会社14社(2024年11月現在)からなるウォールサーベイシステム協会(WSSA)⁷⁾およびウォールサーベイシステムのさらなる技術改良を行うウォールサーベイシステム技術研究会を設立した。本稿では「ウォールサーベイシステム」の概要、さらなる効率化に向けた取り組みと今後の展望について紹介する。

2. ウォールサーベイシステムの概要

2-1 使用する機器群

「ウォールサーベイシステム」では、外壁の構造や点検範囲に応じて点検者が図-1の①～③に示す3種類の機器から最適なものを選択して打診調査を行う。

①の「コロリン転検棒[®]」は単一の打撃部を有する棒状の機器である。点検者がスティック状の器具を用いて診断箇所に衝撃を与え、その音から浮きを判断する点は従来の打診棒と同一であるが、コロリン転検棒では、タイルを1枚ずつ叩くのではなく、多角状の打撃部を回転

させながら外壁表面を走査させて連続的な打撃を行う(図-2)。これにより一度の動作で連続したタイルを打診可能であり、点検員の労力の大幅な低減、歩掛りの向上が可能である。ほかの2つの機器でも、打撃部はコロリン転検棒と同様の連続的な打撃が可能な構造となっている。

②の「ウォールサーベイロッド」は伸縮可能なロッドの先端に複数の打撃部を備えた回転部を有するもので、図-1に示すように点検員が地上に居ながら2～3階までの外壁の打診が可能であり、特に建築物の診断における仮設資材の使用を大幅に削減することができる。

③の「ウォールサーベイロボ」はウォールサーベイロッドと同様の回転する先端部を内蔵したロボットで、対象建築物の屋上から点検者が吊り下げて壁面を走査させる。中層、高層建築物の全面打診の大幅な省力化が可能であり、ウォールサーベイシステムにおいて最も重要な機器といえる。

2-2 ウォールサーベイロボの概要と運用方法

ウォールサーベイロボの構造を図-3に示す。筐体の内部に、回転する3本の打診棒を備え、ファンにより内部を負圧にすることで外壁に対する接触圧力を一定にしている。ファンおよび回転部はAC100V駆動であり、消費電力が小さいため電源が確保できない場合であっても相応のポータブル電源で動作可能である。重量は操作用ケーブル含めて約4.3kgと軽量であり、可搬性も高く現場での取り扱いも容易である。打撃音は点検者が直接聞くこともできるが、ロボットに内蔵したマイクで集音した打撃音を無線通信で点検者に伝達する機能を備えており、高層階で音が地上まで届きにくいなど、打撃音を直接聞き取りにくい場合には集音した打撃音に基づいた点検を行うことが可能である。

ウォールサーベイロボの運用は、上下方向に折り返しながら左右に移動し、全てのタイル列をロボが通過するように

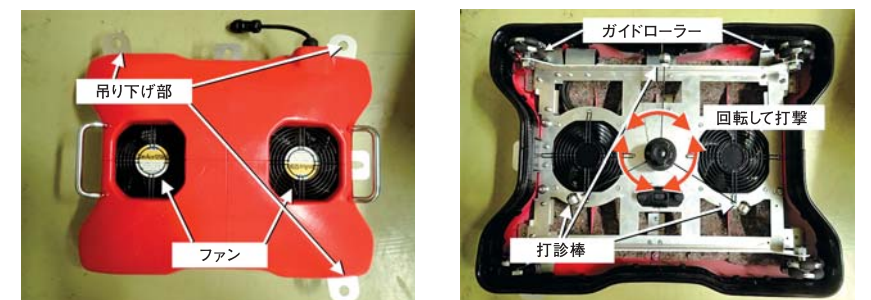


図-3 ウォールサーベイロボの構造

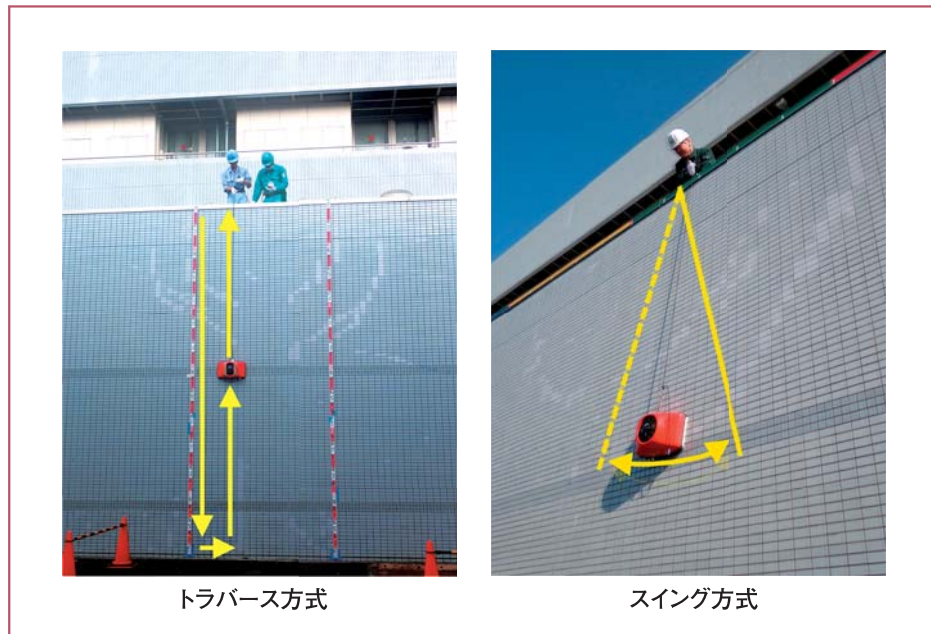


図-4 ウォールサーベイロボの運用方法

動かしていくトラバース方式による操作を基本とするが、壁面全体のおおよその浮き位置の傾向を把握するために、左右にスイングしながら上下させるスイング方式によるスクリーニング操作も可能で、同一マシンで両方式の操作を使い分けることができる(図-4)。入隅部や狭い部分へも適用できるよう、ロボットの吊り下げ時の向きについても縦・横両方を選択可能な仕様としている。

3. 自動記録ソフトウェアの開発

外壁点検作業は、打診-診断-記録の流れで行われ、従来の打診法では点検者が打診を行いながら、手元の図面に診断結果を記入する方法が一般的である。これまで点検者は、地上からロボがタイル壁面上を移動する様子を確認し、目地や窓などの特徴的な部分を基準にタイルの枚数を数えてロボの

相対的な位置を求め、図面に記入していた。しかし、窓などがなく同じ種類のタイルが広い面積にわたって同一のパターンで連続している場合、目視ではウォールサーベイロボの相対的な位置を判断することが難しい課題があった。さらに、中層階、高層階を走査しているウォールサーベイロボを見上げる場合、高層階ほどウォールサーベイロボや対象壁面が小さく見えるため、平面図に点検結果を展開する作業はさらに困難になる。

この課題を受けて、ウォールサーベイシステム技術研究会では画像認識技術を用いて壁面上におけるウォールサーベイロボの走査位置を自動でデータ化する専用ソフトウェア(自動記録ソフトウェア)の開発を行ってきた。

自動記録ソフトウェア使用時の機器構成を図-5に示す。外壁を撮影するビデオカメラからの映像と、ウォールサーベイロボに取り付けられたマイクで集音した打音をソフトウェアでリアルタイムに取得する。診断する外壁を真正面から撮影できない場合にも、車両の全方位モニター技術などに活用されている画角補正技術を応用して、取得した映像を正面

から見た画像に変換(画角補正)し、実構造物の壁面上の位置に紐付けることができる。画角補正およびロボ位置検出の例を図-6に示す。独自アルゴリズムの開発により、夕方や逆光など特殊な環境光の条件においても安定したロボ検出を可能とした。これにより、天候や日照

条件に左右されずにソフトウェアを運用することが可能となる。自動記録ソフトウェアの画面を図-7,8に示す。ビデオカメラで撮影した映像を画像認識技術により画角補正し、ウォールサーベイロボの位置、撮像範囲の大きさを自動で計算することができる。点検者は目視による打診

位置の特定を行う必要はなく、打診音を聞いて診断し、正常もしくは異常の結果をコンピュータ上の特定のキーを押下して入力するだけで、ロボの存在する位置に合わせたマッピングおよび正確な位置情報を記録することができる。診断結果はマッピング結果の画像ファイルとして出

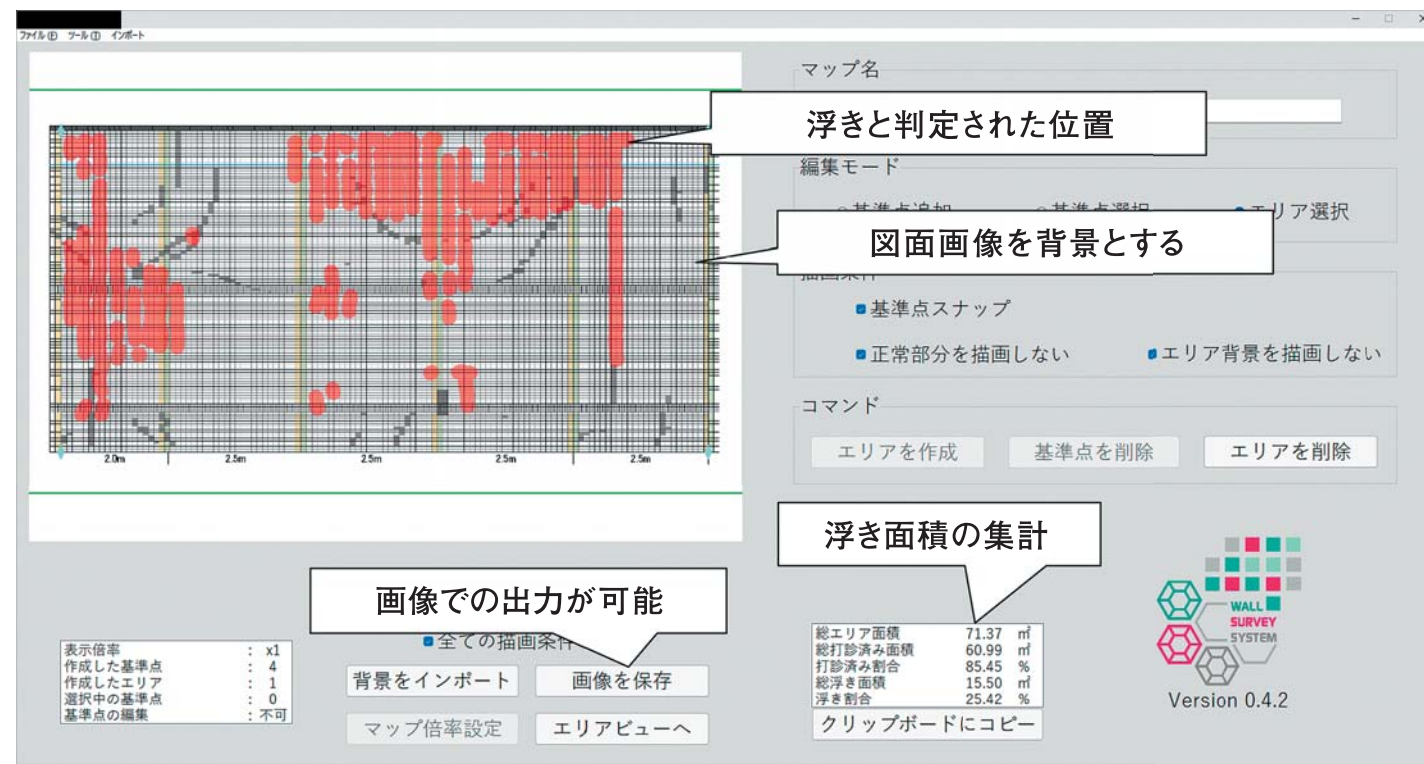


図-7 自動記録ソフトウェア画面(全体結果画面)

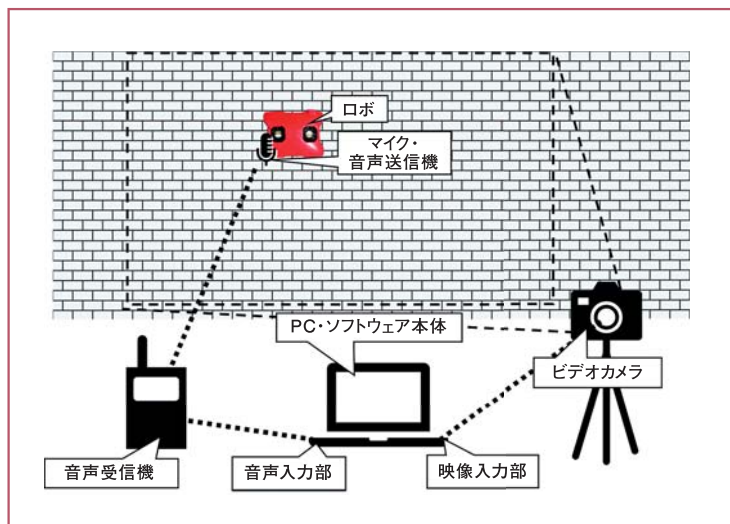


図-5 自動記録ソフトウェア使用時の機器構成

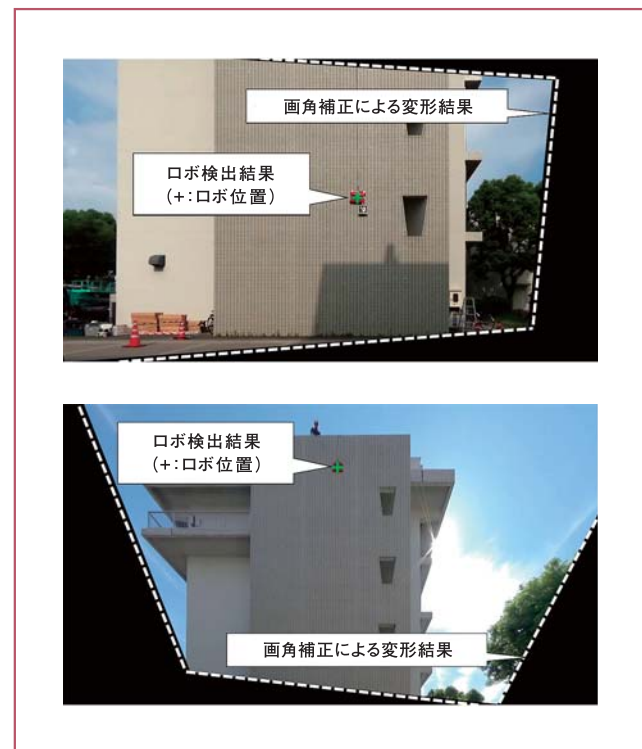


図-6 ロボ位置検出の例(上:低層階・夕方、下:高層階・逆光環境下)



図-8 自動記録ソフトウェア画面(結果確認・修正画面)

力できるほか、テキストデータとして出力し、表計算ソフトなどで詳細に解析することも可能である。

また、自動記録ソフトウェアは点検時に取得した映像および音声を紐付けてデジタルデータとして記録する仕様になっており、一連の打診作業後に映像の再確認や判定の修正ができるようになっていいる。デジタルデータとして診断結果を記録・保存できることは、診断結果の確かさをいつでも確認できることに加え、打診点検を実施したエビデンスとして有効な機能と考えている。自動記録ソフトウェアに関しては今後もウォールサーベイシステムの実運用を行いながら、より使いやすいソフトウェアへバージョンアップを継続していく予定である。

4.まとめ

国土交通省によれば、建築基準法により定期点検報告制度の対象となっている建築物(特殊建築物等)は、2014年時点で全国に28万棟以上存在している⁶⁾。労働者人口の減少傾向により熟練技術者不足が顕在化する中、定期点検の実施率を上げるためには点検の省力化が不可欠である。ウォールサーベイシステムは、技術的な信用度の高い打診法をベースとしながら、打診点検作業の高速化、仮設資材の手配と設置作業の省略、さらには自動記録ソフトウェアの活用による記録作業の効率化により建築物の管理者にとって大きな負担となる外壁の全面打診点検を劇的に省力化する。

ウォールサーベイシステムは、劣化が進行して広範囲に浮きが生じた壁面を高速で打診し、修繕が必要な位置・面積を素早く把握することを最も得意としているが、既報⁸⁾において点検員による打診調査とほぼ同等の妥当性を経験している通り、その精度は高い。WSS技術研究会は本技術のさらなる普及のため、日本建築防災協会の技術評価制度⁹⁾に申請し、「テストハンマーによる打診と同等」の精度を有し、12条

点検へ適用可能であると公的に認められることを目指している(自動記録ソフトウェアは今回申請対象外で将来的に申請予定)。

今後、さらにウォールサーベイシステムの機能向上とともに普及推進に努め、定期点検の実施率向上に寄与することで、国土交通省の提唱する「安全・安心社会の構築」の実現に貢献していく所存である。

【参考文献】

- 1) 小笠原和博:有機系接着剤による外装タイルの施工品質向上, 溶接学会誌, 2012, 81(6), pp.508-512
- 2) 熊谷敏男:外装陶磁器質タイル張りの剥離故障分析, 日本建築学会構造系論文報告集, 1991, 422, pp.15-25
- 3) 起橋孝徳, 榊田佳寛, 河野政典:既存建物におけるタイル仕上の剥離危険性評価に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 2012, 77(681), p.1623-1628.
- 4) 国土交通省告示第百十号(令和4年1月18日): <https://www.mlit.go.jp/common/001460896.pdf>, (accessed 2024-11-11)
- 5) 赤外線装置を搭載したドローン等による外壁調査手法に係る体制整備検討委員会:定期報告制度における赤外線調査(無人航空機による赤外線調査を含む)による外壁調査ガイドライン(令和4年3月), <https://www.kenchiku-bosai.or.jp/nwcon017/wp-content/uploads/2022/03/6f389675268df1c234eb60f58dfdacac.pdf>, (accessed 2024-11-11)
- 6) 東京都昇降機安全協議会:平成28年6月1日施行 改正後の定期報告制度, 昇降機定期検査報告書 作成要領 2016年版, 2016, pp.479-499, <http://www.tsak.jp/pdf/sakusei-5.pdf>, (accessed 2024-11-11)
- 7) ウォールサーベイシステム協会(WSSA)ホームページ: <https://www.wssa-japan.jp/>, (accessed 2024-11-11)
- 8) 梅津基宏, 中崎豪士, 江里口玲, 石川雄康, 小林信一, 堀之内茂:打診点検ロボットを活用した外壁診断技術「ウォールサーベイシステム®」, CEM'S, 2021, 89, pp.12-15
- 9) 一般財団法人日本建築防災協会ホームページ「建築物定期調査・点検技術評価」: <https://www.kenchiku-bosai.or.jp/evaluation/teikicyousa/>, (accessed 2024-11-11)

のなか・きよし

【著者略歴】

2012年 太平洋セメント株式会社入社
現在 同社中央研究所研究開発推進部インフラ先進技術チーム

もり・ひろあき

【著者略歴】

1997年 日本セメント株式会社
(現 太平洋セメント株式会社)入社
現在 同社中央研究所研究開発推進部インフラ先進技術チームリーダー

かじお・さとし

【著者略歴】

1991年 日本セメント株式会社
(現 太平洋セメント株式会社)入社
現在 株式会社太平洋コンサルタント取締役常務執行役員
中央技術センター長

すすき・のぶあき

【著者略歴】

1992年 秩父セメント株式会社
(現 太平洋セメント株式会社)入社
現在 株式会社太平洋コンサルタント中央技術センターコンクリート・インフラ技術部中央インフラ調査グループサブリーダー

ほりのうち・しんや

【著者略歴】

2001年 コニシ株式会社入社
現在 有限会社ダイヤモンド技建代表取締役兼ジャパンマテリアル株式会社代表取締役

太平洋セメントグループにおける下水からのリン回収・肥料化の取り組み

太平洋セメント株式会社 中央研究所資源・環境研究部環境技術チームリーダー 明戸 剛
太平洋セメント株式会社 環境事業部アクア事業グループ 井田 雅也

1. はじめに

リンは、全ての生物にとって必要不可欠な元素であるとともに、食料生産をする上でも欠かすことのできない重要な元素である。人間の体を構成する元素重量比をみると、リンは、酸素、炭素、水素、窒素、カルシウムに次いで、6番目に存在比率が高い元素であり、主に骨格を形成する骨や、DNAに代表される遺伝物質に含まれる。また、肥料三要素(窒素、リン酸、カリウム)の一つでもある。

リン資源は、その9割以上をリン鉱石に依存しているが、19世紀前半よりリン鉱石枯渇の問題が表面化している。現在、世界において、リン元素換算で年間約2,200万トンのリン鉱石が世界に流通していると推定されている。一方で、リン鉱石の埋蔵量の推定値は、リン元素換算24～388億トンとされており、現在の流通量を前提とすると、リン鉱石の可採年数は109～1763年となる。しかしながら、推定の中には、将来の技術革新により採掘可能となるリン鉱石や地下300m以深の鉱区や海底に埋蔵するリン鉱石も含まれており、採掘の経済性は考慮されていない。また、今後採掘されるリン鉱石はリン濃度が低下する傾向にあり、さらにカドミウム、クロム等の重金属や放射性元素

の汚染も問題視されている¹⁾。

リン資源はモロッコ、中国、アメリカ、南アフリカなどに偏在しており、これらのリン鉱石産出国によるリン資源の囲い込みや、新興国の旺盛な食料需要によるりん酸質肥料の価格高騰など、リン価格は乱高下している状況である。リン資源のないヨーロッパや日本などは必要なリンのほぼ全量を輸入に依存しているため、リン資源の安定確保に対する懸念と、リン資源循環に対する関心が年々高まりつつある²⁾。

このような状況下、当社では、肥料メーカーの小野田化学工業(株)と共同で、リンが流入する下水、し尿、畜産排水や、その他の産業で発生する排水からリンを回収し、さらに肥料として再資源化が可能なリン回収資材を開発している。

2. リン回収資材の概要

2-1 当社開発のリン回収資材

リン回収資材は、セメント・肥料のそれぞれの産業で培った技術を活用して開発した「非晶質ケイ酸カルシウム水和物」を主体とする資材である(写真-1)。既存のケイ酸カルシウム水和物の材料としては、建築物の外壁や内装パネルに使用されているALC(軽量気泡コンクリート)



写真-1 リン回収資材

ボードやケイ酸カルシウム板(ケイカル板)が広く知られているが、これらの資材は結晶質の物質から構成されている。一方、本資材は非晶質である点が最大の特徴であり、非晶質であるがゆえにカルシウムが溶出しやすくリン酸との反応性に優れている。また、得られるリン回収物はリン酸カルシウム化合物であるため、植物の根から分泌される根酸に溶解しやすく、植物が吸収可能なリン化合物である。本資材は、リン回収物が「肥料の品質の確保等に関する法律」の公定規格に定める「副産肥料」として利用できるように材料設計されている。

2-2 リン回収資材によるリン回収および肥料化の概要

リン回収資材によるリン回収のイメージを図-1に示す。まず、リン酸が溶存する排水にリン回収資材を添加し、攪拌する

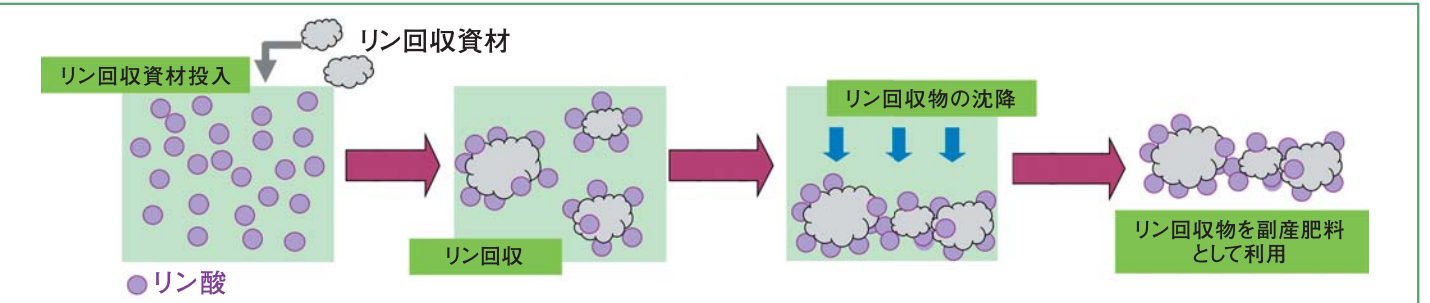


図-1 リン回収資材によるリン回収のイメージ

ことによってリン回収資材とリン酸が反応し、リン酸カルシウム化合物が生成する。生成したリン酸カルシウム化合物は、静置するとリン回収資材とともにすみやかに沈降する。沈降したリン回収物は適宜、脱水・乾燥し、肥料や肥料原料として利用が可能である。

図-2にリン回収資材によるリン資源循環のフローを示す。リン回収資材は太平洋セメントグループにて製造・供給し、下水処理場、畜産農家、その他リンを排出する産業分野にて排水からリンを回収する。回収したリン回収物は、副産肥料として肥料会社にて原料利用し肥料化する。肥料として農地に還元し、得られた食物が生活圏で消費され、再び下水処理場にリンが流入し、リンが資源として循環する。

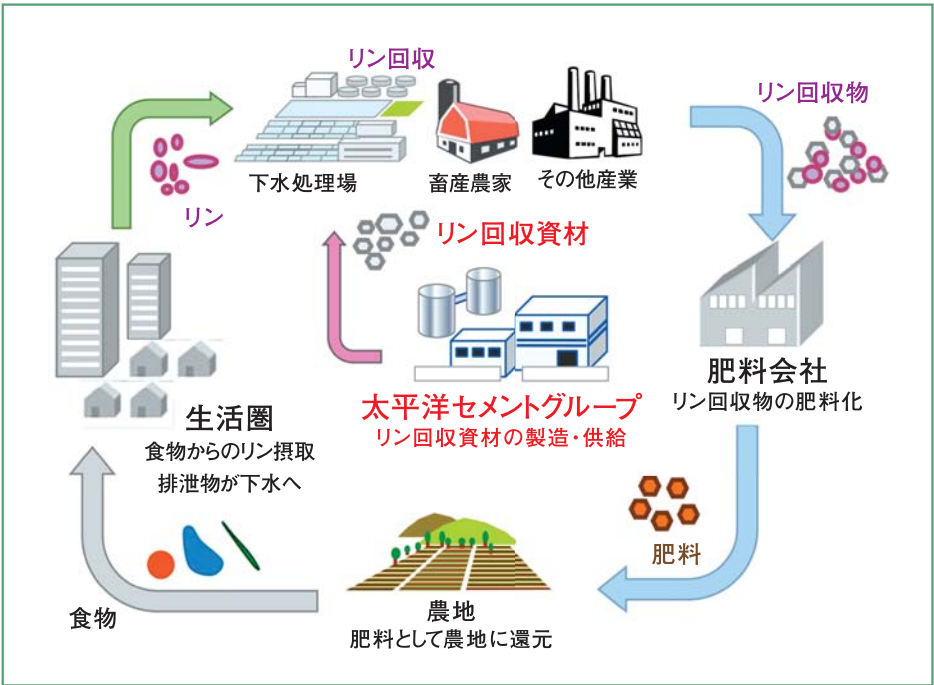


図-2 リン回収資材によるリン資源循環のフロー

脱水分離液（脱水ろ液）は返流水として下水処理工程に戻されるため、下水処理におけるリン負荷増加の要因となっている。当社では、効率的なリン回収が可能で下水処理におけるリン負荷の低減、さらには放流水による環境負荷の低減にも貢献が可能な、汚泥脱水分離液からのリン回収に着目した。

返流水等の排水中のリン酸を除去する方法として、ポリ塩化アルミニウム（PAC）やポリ硫酸第二鉄等の凝集剤を使用することが簡便であるが、これらアルミニウム・鉄系の凝集剤の場合には、リン

酸は除去できても除去物が化学的に安定で、植物が利用しにくいリン酸アルミニウムやリン酸鉄となるため、リン鉱石代替や肥料としての再資源化は難しい。

一方で、既存のリン酸回収・肥料化方法としてHAP（Hydroxyapatite：ヒドロキシアパタイト）法やMAP（Magnesium Ammonium Phosphate：リン酸マグネシウムアンモニウム）法といった晶析法が知られているが、当社リン回収資材によるリン回収法は、既存法に比べて回収設備および運転管理が簡便であることが特徴として挙げられる。

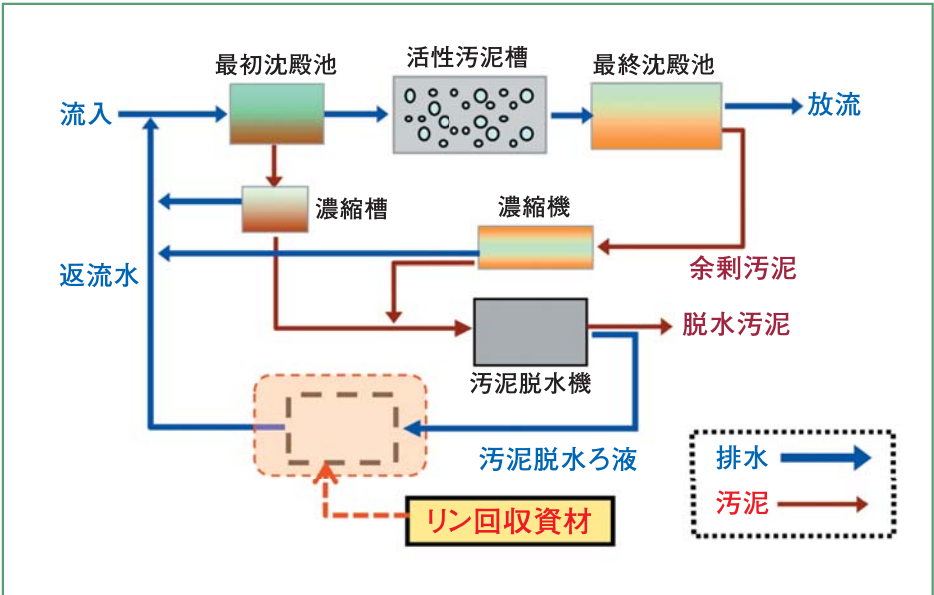


図-3 下水処理フローとリン回収資材の適用箇所



写真-2 リン回収実証設備外観

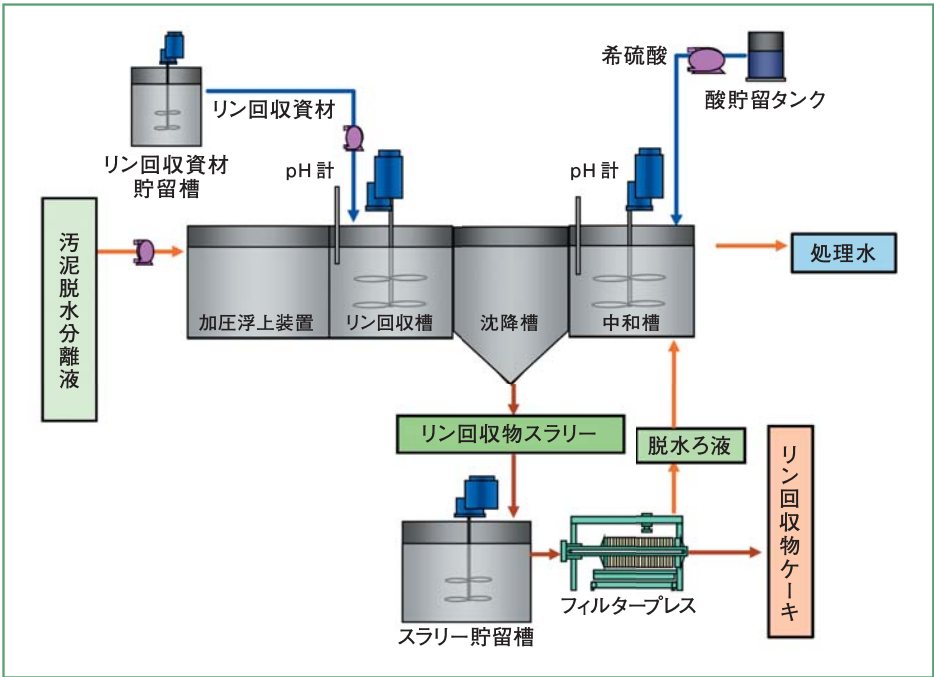


図-4 リン回収実証設備の概略図

表-1 東京都下水道局との共同研究（実証）における目標と結果

項目	目標	結果
リン回収性能	汚泥脱水分離液に含まれるリン酸態リンの85%以上を回収する	四季を通じた平均リン回収率は89%となり目標を達成
リン回収物の肥料特性	副産りん酸肥料*の公定規格を満たすこと	四季を通じて副産りん酸肥料*の規格を満足

3-2 下水道分野における実証試験

下水道分野への技術普及を目的に、当社は、東京都下水道局が民間企業の技術の実用化を視野に入れた研究開発として実施する「ノウハウ・フィールド提供型共同研究」に申請し採択された。

本共同研究は、同局より用地、施設および下水などの試料、ならびに下水処理に関する知見やデータ等の提供を受け、企業が研究開発・実証するものである。当社は東京都下水道局砂町水再生センター内の下水道技術研究開発センター

にて、2017年12月～2020年3月の期間、下水からのリン回収に関する実証試験を実施した。同センターは、新技術を実規模の施設へ導入する前段階の研究・開発施設であり、砂町水再生センターの各種排水を用いた実験ができるのが特徴である。同センターの実証フィールドに、処理能力72m³/日のリン回収設備が格納された20フィートコンテナ2基（写真-2、図-4）を設置し、汚泥脱水分離液を対象にリン回収実証試験を実施した。季節によって汚泥脱水分離液の性状が変動し、リン回収資材の性能に影響する可能性を考慮し、季節ごとに1～2週間程度、日中のみの連続運転を実施した。

実証における目標および結果を表-1に示す。リン回収性能に関しては、季節によらず安定的に回収でき、平均の回収率は89%で研究目標である85%以上を達成した。また、得られたリン回収物（乾燥物）については、肥料取締法*の公定規格に定める「副産りん酸肥料*」（く溶性りん酸濃度15%以上）を季節によらず満足した。さらに、有害成分であるカドミウムとヒ素についても、許容値以下あるいは不検出であり、リン回収物の肥料特性についても研究目標を達成した。以上の結果より、本共同研究において汚泥脱水分離液からリンを回収し、資源（肥料）化する技術として、当社のリン回収資材およびリン回収システムが有効であることを実証した。また、得られたリン回収物について、2022年に現行法に基づき「副産肥料」として肥料登録を実施した。*2019年当時の法律であり、2022年に肥料の品質の確保等に関する法律に変更

4. 下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）

4-1 下水道革新的技術実証事業 B-DASHプロジェクトの概要

国土交通省では下水道に関する新技術の研究開発および実用化を加速することにより、下水道事業における低炭素・循環型社会の構築やライフサイクルコストの縮減、浸水対策、老朽化対策等を推

進し、国内企業による水ビジネスの海外展開を支援するため2011年度より下水道革新的技術実証事業(B-DASHプロジェクト:Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project)を実施している⁴⁾⁵⁾。本事業は、国土交通省にて有識者の審議を経て実証事業を採択し、国土技術政策総合研究所からの委託研究として、民間企業が地方公共団体や大学等と連携しながら実証研究を実施するものである。事業の成果を踏まえ、国土技術政策総合研究所において革新的技術の一般化を図り、普及展開に活用するための技術導入ガイドラインを策定する。実証する技術分野としては「下水汚泥処理・利用」、「水処理」、「管路管理技術」、「浸水対策技術」、「侵入水対策技術」、「その他技術」があり、各分野において年度毎にさらに詳細なテーマが設定され、事業が実施されている。

2022年9月に開催された、食料安定供給・農林水産業基盤強化本部において、今後の検討課題の一つに下水汚泥等の未利用資源利用拡大が掲げられた。これを受け、農林水産省および国土交通省では、下水汚泥資源の肥料利用の拡大に向けた課題や取り組みの方向性を取りまとめ、食料安全保障強化政策大綱(同年12月27日)において具体的な目標を示している。併せて、国土交通省は、2022年度の補正予算にて、下水汚泥の肥料利用を促進する技術を開発するB-DASHプロジェクトとして、3つのテーマについて実証事業の公募を実施した。当社はそのうちの一つである「MAP以外で脱水ろ液から効率的にリンを回収する技術」に関し、当社を研究代表者とする、メタウォーター(株)、東京都下水道局の三者からなる共同研究体として「新たなリン回収システムによる下水道の資源化に関する実証事業」を提案し、2023年度の実施事業として採択された。

4-2 新たなリン回収システムによる下水道の資源化に関する実証事業

「新たなリン回収システムによる下水道の資源化に関する実証事業」では、当社開発のリン回収資材を用いて汚泥脱水分離液から効率的にリンを回収し、安定的に資源化(肥料化)する技術の実証を行う。実証フィールドは東京都下水道局砂町水再生センター東部スラッジプラントであり、メタウォーター(株)がリン回収・

肥料化施設を建設し、2024年1月29日に完成した(写真-3、4)。

本実証では、革新性のある2つの要素技術(図-5)について実証を行う。

要素技術1：リン回収資材

当社開発のリン回収資材は、前述の通り吸着性と沈降性を併せ持ち、効率的なリン回収を実現する資材である。汚泥脱水分離液にケイ酸カルシウムを主成分



写真-3 リン回収・肥料化施設の完成式



写真-4 リン回収・肥料化施設

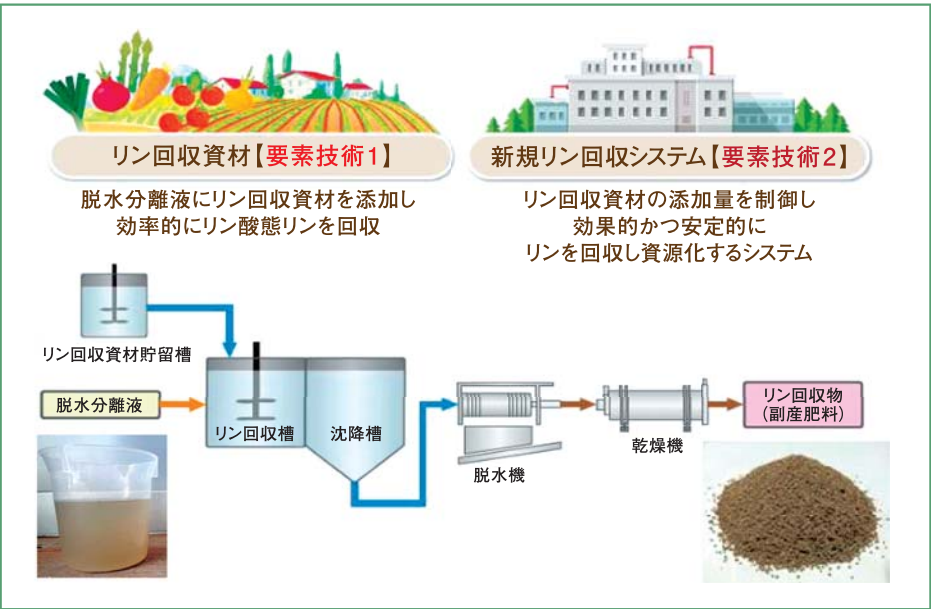


図-5 要素技術の概要

とするリン回収資材を添加することにより、汚泥脱水分離液中のリン酸がカルシウムと反応し、リン酸カルシウムを形成する。このリン酸カルシウムと、リン回収資材に含まれるケイ酸が凝集体(フロック)を形成し、汚泥脱水分離液中で速やかに沈降し濃縮する。この凝集体を脱水・乾燥することにより、リン回収物が得られる。リン回収物は副産肥料として、肥料あるいは肥料原料として利用することが可能である。

要素技術2：新規リン回収システムによる最適制御

リン回収資材は汚泥脱水分離液のリン酸濃度に応じて添加量を調整する必要がある。添加量が少ないとリン回収率が低下し、十分にリンが回収できない。また、汚泥脱水分離液のリン濃度が十分に下がらないまま下水処理工程に返流されるため、リン負荷の低減効果が小さくなる。一方、添加量が多いと前述の問題は解消されるが、リン回収物のく溶性りん酸濃度が相対的に低下するため、肥料価値が低下するだけでなく、保証成分値(本実証ではく溶性りん酸濃度12%以上、可溶性石灰15%以上)未達の場合には肥料として流通できなくなる。

従来のリン回収技術では、手分析による汚泥脱水分離液中のリン酸濃度をもとに、薬剤添加量を制御していた。この

場合、分析頻度を高くすることが困難で、汚泥脱水分離液の水質変動に追従できず、リン回収資材の過添加やリン回収率の低下につながるおそれがあった。一方、本技術では自動分析による測定値をもとに資材添加量を最適制御する。これにより分析頻度を高くすることができ、汚泥脱水分離液の水質変動に追従し、過不足のないリン回収資材の添加が可能となり、肥料品質の安定的な確保と返流水によるリン負荷の低減が両立できる。

リン回収・肥料化施設の完成後、2024年1月末より実証を開始し、汚泥脱水分離液からのリン回収率とリン回収物の保証成分値および有害成分の含有量について、初年度の実証目標をおおむね達成した。

本結果を受けて、2024年度のB-DASHプロジェクトにて継続して実証事業を行うことが決定され、現在、四季を通じた安定的なリン回収・肥料化を実証中である。また、東京都では全国農業協同組合連合会(JA全農)と本施設にて製造されたリン回収物の肥料としての広域利用に向けた連携協定を2023年12月に締結し、肥料の国産化と安定供給に貢献するための取り組みを進めている。

今後、本実証の成果を踏まえ、下水道事業への普及展開に活用するため国土技術政策総合研究所において技術導入ガイドラインを策定する予定である。

9 5. おわりに

リン回収資材によるリン回収技術は、従来有効活用されずに捨てられていたリン資源を回収・循環させるシステムである。本技術を下水道に適用することで、下水中の未利用リン資源の肥料としての有効活用、さらに肥料の国産化・安定供給へ貢献できる。今後、下水からのリン資源循環の新しいモデルとなるよう、さらには食との連携により資源循環社会作りに積極的に貢献すべく、実証研究を進めていく。

【参考文献】

- 1) 明戸剛：非晶質珪酸カルシウムを利用したリン回収技術の開発、及び生物生産への応用、博士学位論文、p.1(2020)
- 2) 明戸剛：再生と利用、Vol.38, No.143, pp.55-58(2014)
- 3) Ohtake, H. and Tsuneda, S: Phosphorus recovery and recycling, p.7(2019)
- 4) 国土交通省: https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/tk_000450.html
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所: <https://www.nilim.go.jp/lab/ecg/bdash/bdash.htm>



あけと・つよし

【著者略歴】

2003年 太平洋セメント株式会社入社
現在 同社中央研究所資源・環境研究部環境技術チームリーダー



いだ・まさや

【著者略歴】

1997年 日本セメント株式会社
(現 太平洋セメント株式会社)入社
現在 同社環境事業部アクア事業グループ