

回収りん酸の肥料化について

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	引地, 典雄
発行元	養賢堂
巻/号	89巻5号
掲載ページ	p. 517-523
発行年月	2014年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



回収りん酸の肥料化について — 肥料取締法による公定規格化への対応 —

引地 典雄*

〔キーワード〕：肥料取締法，公定規格，副産りん酸肥料（HAP），植害試験，化成肥料（MAP）

1. はじめに

化学肥料（過りん酸石灰）が初めて製造されたのは1843年で、日本では1887年に輸入したりん鉱石を使用して過りん酸石灰が製造されました。それまでは人畜の排せつ物、魚かすや大豆油かす等の食糧や農産加工物のかす（粕、糠）を「こやし」として農地に施し、養分供給と地力保全に努めてきました。

1900年代に入ってから、アンモニア合成と尿素製造技術の開発など化学工業の発展により、窒素・りん酸・加里を組み合わせた複合肥料などが農業生産現場で利用されてきました。国内産業に目を向けると、明治期に始まった製鉄業を始め、アルミニウム精錬、石油化学工業、紙・パルプ工業などがありますが、その製品のみならず産業廃棄物から有用な資源をどのように回収し活用するかが重要となっています。

日本の肥料事情は鉱工業の進展に伴う合理化と諸工業の公害防止対策の要素も加わって、各種鉱工業廃棄物の肥料化の傾向が見られており、肥料の製造技術の進展や企業間の競争等により多種多様な肥料が出現しています。これら肥料事情の変化に対応するため、公定規格を中心とする省令及び告示の改正が行われていますので、肥料取締法と関連告示等の概要について紹介します。

2. 肥料取締法の制定に至る経緯

肥料は、農業生産にとって欠くことのできない重要な基礎的資材と位置付けられており、品質の保全については明治時代の初期から法規制が行われてきました。当時は、自給肥料以外大豆油かす等の有機質肥料の消費量が増加する傾向にあり、これに

乗じて不正な肥料を生産・販売する悪徳業者が横行していました。このため、肥料の販売業者や購入者が公の機関に分析・鑑定を依頼する自主的な検査が行われていましたが、自主的な検査だけでは肥料の品質に対する信頼性が不十分であったため、肥料販売者などから法により取締りを行うことが必要との意見が出され、明治32年議員立法により初期の肥料取締法が制定されました。

この初期の肥料取締法ですが、法制定までの準備期間も少なくその内容にも不備な点が多かったので、明治41年に政府提案により全面改正されました（旧肥料取締法、以下「旧法」と称します。）。この旧法は、肥料の対象範囲を窒素、りん酸、加里の3要素肥料とすること、都道府県知事の免許制にすること、業者の責任で保証票を添付すること、国費の助成により地方庁に肥料検査官を配置することなどで、戦後に大改正されるまで大きな改正もなく実施され、農業の進歩に大きく貢献しました。また旧法の目的は、肥料中に土砂など無肥物の異物混入を認めないものでした。

昭和25年、旧法を全面改正した現行法律（新肥料取締法、以下「新法」と称します。）が制定され、順次関係する政令（肥料取締法施行令）、省令（肥料取締法施行規則）、告示（普通肥料の公定規格）なども制定されました。

この新法の第1条では、「肥料の品質等を保全し、その公平な取引と安全な施用を確保するため、肥料の規格及び施用基準の公定、登録、検査等を行う」とその法の目的を規定しており、公定規格の設定、登録、検査、保証票の添付、異物混入の禁止などの措置と罰則規定などを設けています。

肥料取締法に基づく肥料の品質保全の仕組みを図1に、肥料取締法の体系を表1に示します。

*独立行政法人農林水産消費安全技術センター（Norio Hikichi）

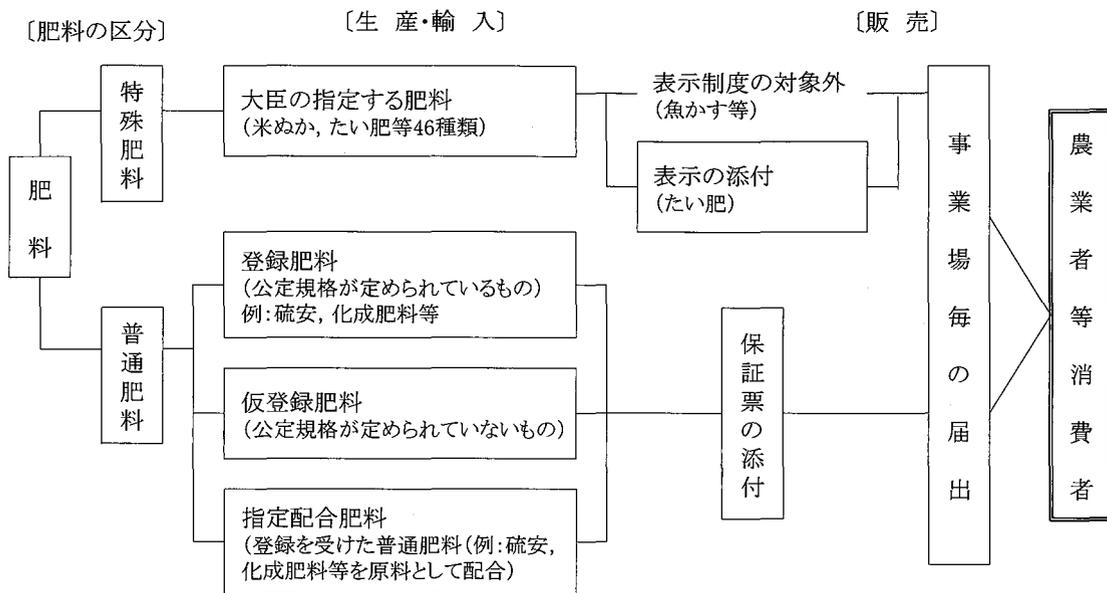


図1 肥料の品質保全のしくみ

表1 肥料取締法の体系

法律：肥料取締法	法律は、国会で議決される。 肥料取締法では、法律の目的や肥料の定義、登録を受ける義務、登録を受けた者の届出義務などを規定。
政令：肥料取締法施行令	政令とは、内閣が制定する命令。 肥料取締法施行令では、肥料の種類毎の主要な成分や登録手数料、事故肥料の扱いなどを規定。
省令：肥料取締法施行規則	省令とは、各大臣が発する命令。 肥料取締法施行規則では、仮登録の際に栽培試験や植害試験成績を必要とする肥料の種類や記載内容などを規定。
告示：公定規格を定める等の件	告示とは、各省が必要な事項や命令などを示すもの。 左記告示は、生産業者などから、公定規格の設定や一部改正などの申請により適宜改正される。
通知	通知とは、各省が地方自治体などに命令又は示達するもので、省令や告示改正時などに、その改正の趣旨などを説明するために発出される。

3. 肥料の定義及び肥料の主成分について

肥料取締法第2条において、肥料とは、

- ①植物の栄養に供することを目的として土地にほどこされる物
- ②植物の栽培に資するため土壤に化学的变化をもたらすことを目的として土地にほどこされる物
- ③植物の栄養に供することを目的として植物にほどこされる物

と定義しています。

この定義を具体的に言えば、①は有機質肥料や化成肥料など土壤に栄養分として施用するもの、②は酸性土壤の中和を目的に施用する石灰質肥料など、③は葉面散布により直接植物の表面に栄養分を与える液体肥料などが該当します。

また、肥料の栄養に供される有効成分は学問上はほぼ定着していますが、肥料取締法において「主成分」とは、含有しているものとして保証票に記載することが適当と認められる成分となります。したがって、酸素や水素など植物に不可欠なものであっても、空気や土壤などから十分に供給され商品とし

での肥料の要素として独立の価値を認めるに値しないものは、主成分として取り上げていません。

さらに、肥料の法的な範囲は家畜のふん尿から化学工場で生産される化合物まで広範囲で複雑多岐にわたっています。このため、肥料を農林水産大臣の指定する「特殊肥料」とそれ以外である「普通肥料」とに分類するとともに、登録も農林水産大臣が行うものと都道府県知事が行うものに分類を行い、効率的な事務を行うこととしています。

次に施行令では、「窒素質肥料」、「りん酸質肥料」、「加里質肥料」など主成分を定めた 11 種別と、主成分の定めのない汚泥肥料等の 1 つに分類し、それぞれの種別の肥料で主要な成分を定めています。この種別は主成分を基礎として、窒素・りん酸・加里等に関して、同型の種類の肥料によって構成される分類です。

りん酸質肥料の種別に分類された公定規格には、「過りん酸石灰」のほか「熔成りん肥」、「加工りん酸肥料」など 15 種類あり、近年の下水処理場などから回収したリン酸カルシウムも「副産りん酸肥料」に含まれています。

また、熔成りん肥では「く溶性りん酸、アルカリ分及びく溶性苦土」の保証の最小量を 17.0%、40.0%、12.0%と定めているほか、これらの成分以外に「可溶性けい酸、く溶性マンガン又はく溶性ほう素」の何れかが 20.0%、1.0%、0.05%以上あれば、保証成分量として認められます。熔成りん肥以外の公定規格でも保証の最小量を定めていますので、最小量の何れをも満足することが出来ない肥料は公定規格に適合しないこととなりますので、肥料登録ができません。

なお、施行令で定める有効りん酸とは、可溶性りん酸、く溶性りん酸、水溶性りん酸で、りん酸質肥料で定める主要な成分については表 2 のとおりです。

表 2 肥料取締法施行令 第 1 条の 2 主成分の指定

肥料の種別	主要な成分
りん酸質肥料 (有機質肥料を除く)	(1) りん酸 (りん酸全量又は農林水産大臣の指定する有効りん酸をいう。以下同じ。 (2) りん酸及びアルカリ分等

4. 肥料の種類と公定規格について

肥料の種類とは、肥料が流通する過程で自ずと発生した分類で、主成分のほか原料、生産方法、品質や性状等に着目して、同一又は類する物事に分類されています。また公定規格は、このような肥料の種類毎に定めることとされています。

普通肥料については、その種類毎に含有すべき主成分の最小量または最大量、含有を許される有害成分の最大量、その他の制限事項についての規格を定めたものです。したがって、公定規格の定められた肥料は、肥料としての効果が確認され、有害成分等が一定の濃度以下であることと条件を備えたものとなります。

公定規格は、農林水産大臣が肥料関連業者等からの要望をもとに、科学技術の進展や農業を取り巻く情勢等を踏まえて適宜改正を行っており、外部有識者からの意見も踏まえ技術的見地から検討を行っています。その結果、肥料の品質や安全性等の観点から、設定や変更が適当と認められたときに改正されます。

公定規格改正手続きの流れは図 2 のとおりとなっており、これら手続きを経た肥料が生産・輸入登録を行うことにより、流通が認められることとなります。なお WTO 協定では、技術的な規定が貿易上で不合理な障壁となることを防ぐために、利害関係を有する他の WTO 加盟国に、早い段階で規格内容を公告することが義務付けられています。日本も加盟国であることから、公定規格の改正等を行う時は、その旨を他の加盟国へ事前に知らせています。

5. 回収りん酸に関する公定規格設定の変遷について

昭和 25 年度の法律改正時の公定規格では、戦前から生産・輸入されている肥料のほかに新たな肥料成分に対応するよう公定規格が定められ、獣骨を原料としてゼラチンを生産する際に副産されるものを「沈殿りん酸石灰」として規格の設定が行われました。以下、他産業廃棄物からの回収りん酸の公定規格設定と改正についてご紹介します。

昭和 38 年度、「副産りん肥」が公定規格に新設されました。これは、トリポリりん酸 (用途は洗剤) の原料となるりん酸液を製造するに当たって、湿式

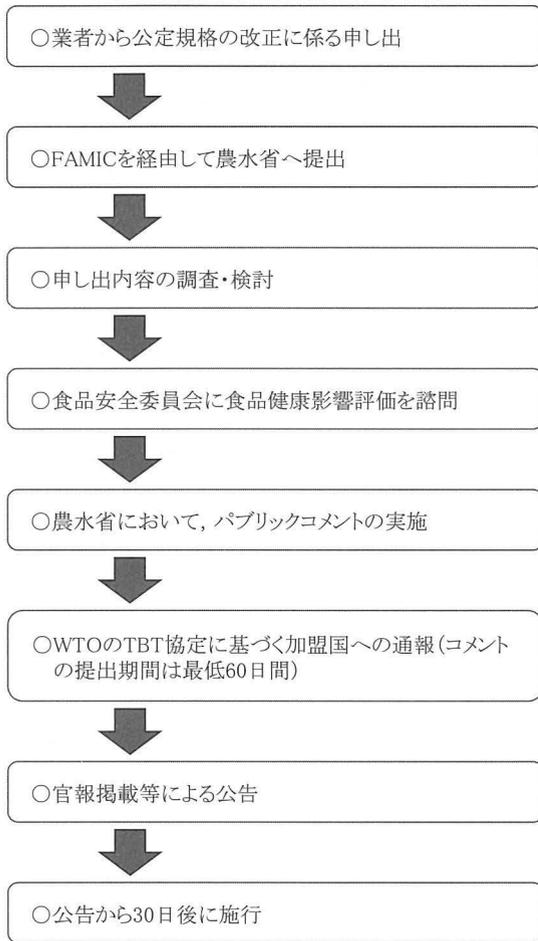


図2 公定規格の改正手続きの流れ

りん酸液を生成する際に副産されるもので、可溶性りん酸30.0%及び水溶性りん酸3.0%を保証の最小量とする肥料です。昭和40年度に、事業者からく溶性りん酸の肥効が溶成りん肥と同等であるとの試験結果から規格改正の申し出があり、可溶性りん酸をく溶成りん酸に保証、成分名を改める規格の一部改正が行われました。

昭和46年度には①米ぬかを原料としてイノシトールを抽出する際に副産されるものが「沈殿りん酸石灰」に追加され、昭和49年度、②トウモロコシから抽出したフィチンからイノシトールを抽出する際に副産されたものについて公定規格の改正の申し出があり、米ぬかを原料とするものと同様の肥料効果が認められたことから、「沈殿りん酸石灰」の生産工程を追加する規格の一部改正が行われま

した。昭和50年度、③りん鉱石に塩酸を加えて生じるりん酸液に石灰石粉末又は消石灰を加えて生産されるものが追加されました。

昭和55年度、公定規格の種類名が「沈殿りん酸石灰」から「沈殿りん酸肥料」に改正されるとともに、上記③の製法による肥料が公定規格から削除されましたが、発酵工業の排水を海水及び水酸化ナトリウム液で処理して得られるりん酸含有物を乾燥したものの肥料効果と安全性が認められ、「沈殿りん酸肥料」に追加されました。当時も、環境保全上、リンの除去は重要な問題となっていました。このリン除去の過程から得られるりん酸含有物は肥料効果が認められ、資源として有効利用できる判断されたので、「沈殿りん酸肥料」の規格が一部変更されたものとなります。

昭和58年度の公定規格改正により、「沈殿りん酸肥料」と「副産りん肥」が統合されて、新たな「副産りん酸肥料」の公定規格が定められました。

平成14年度、下水道の終末処理場の放流水に含まれるりん酸イオンを、リン酸カルシウムとして晶析させて回収したものを肥料化するため、生産事業者から公定規格設定の申し出がありました。栽培試験の肥料効果データ、製造ロット別の品質の安定性及び有害重金属のデータなどを検討し、く溶性りん酸を保証する肥料のため、公定規格の設定ではなく「副産りん酸肥料」に包含することが妥当とされました。以上の経緯から「副産りん酸肥料」の公定規格の一部改正が行われ、肥料の定義に「食品工業、化学工業」を指定し、原料及び生産工程に定義を追加するとともに、く溶性りん酸としての保証の最小量が30.0%から15.0%と改正されました。また、含有すべき主成分の最小量、含有を許される有害成分の最大量及びその他の制限事項について、規格統合前の規格がそのまま用いられる内容となりました。

これらの改正を行った現在の「副産りん酸肥料」の公定規格を表3に示します。

表3中のその他の制限事項に、「植害試験の調査を受け害が認められないものであること」と定めています。また、「肥料取締法施行規則第2条の2の規定に基づき植物に対する害に関する栽培試験の成績を要する肥料から除くものを指定する」と規定した告示では、獣骨を原料としてゼラチンを生産する際

表3 副産りん酸肥料の生産工程の概要

肥料の種類	含有すべき主成分の最小量 (%)	含有を許される有害成分の最大量 (%)	その他の制限事項
副産りん酸肥料(次に掲げる肥料をいう。 一 食品工業又は化学工業において副産されたもの 二 下水道の終末処理場その他の排水の脱りん処理に伴い副産されたもの	一 く溶性りん酸を保証するものにあつては く溶性りん酸 15.0 二 く溶成りん酸のほか水溶性りん酸又はく溶性苦土を保証するものにあつては く溶性りん酸 15.0 水溶性りん酸については2.0 く溶性苦土については3.0	く溶性りん酸の含有率 1.0%につき ひ素 0.004 カドミウム 0.00015	一 植害試験の調査を受け害が認められないものであること。 二 牛の部位を原料とするものにあつては、脊柱等が混合しないものとして農林水産大臣の確認を受けた工程において製造されたものであること。

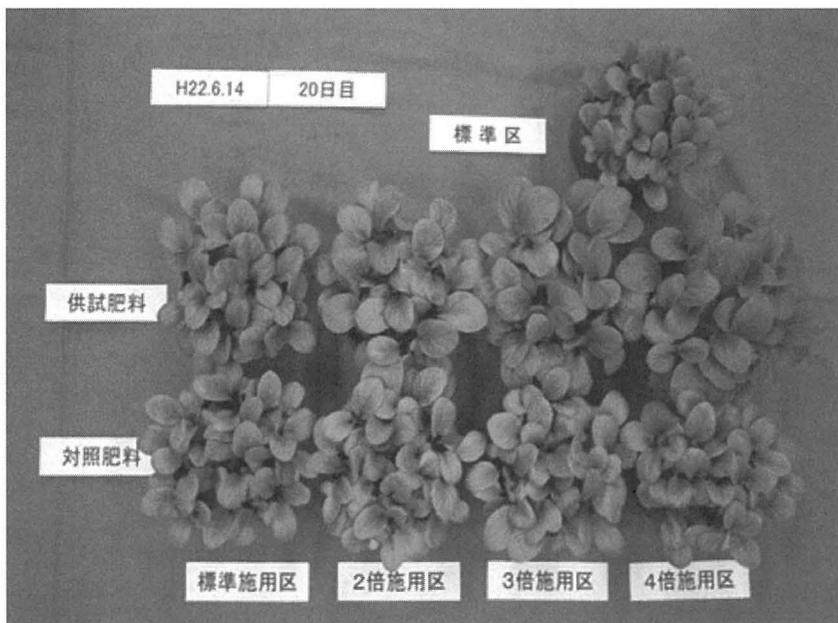


写真1 植害試験終了時の写真

に副産されるもの、米ぬか又はトウモロコシを原料としてイノシトールを抽出する際に副産されるものについては植害試験を行う義務を除いています。

したがって、登録に当たって植害試験を実施する際は、関連告示を読んで試験実施が必要かどうか確認してください。

この試験方法は、様々な有害物質を含むおそれのある肥料の登録時に、申請者に植害試験を義務付けているもので、「植物に対する害に関する栽培試験の方法」(昭和59年4月18日付け59農蚕第1943号農林水産省農蚕園芸局長通知)で定められています。

供試作物は原則としてコマツナを用いて3週間程度生育させ、肥料中の有害成分の有無を調査する試験で、試験は、1/10000aのノイバウエルポットを使用しています。対照肥料には登録肥料を用い、供試肥料は登録を予定した肥料を用いて試験を実施しました。また事例では標準施用区から窒素を基準として2倍量、3倍量、4倍量と施用濃度を増やして実施しました。植害試験終了時の状況を参考写真1に示します。

6. 各種産業廃棄物や下水処理場などからの りん酸回収について

現在、多種多様な技術開発により、下水道の終末処理場などからの放流水からリンを回収して、「副産りん酸肥料」の公定規格に適合するもの（以下、「HAP」と称す。）を肥料化したものや、肥料登録化を検討中のもの、マグネシウム塩類を用いてリン酸マグネシウムアンモニウム（以下、「MAP」と称す。）として回収し、化成肥料として登録した事例、また肥料化に向けて検討中のものがあります。

詳細は各事業者のホームページ等で製造方法などが紹介されていますので、本報では主にりん酸質肥料を対象に、原料や生産方法の違いによるりん酸回収について説明します。

(1) 下水処理場からのりん酸回収

下水道の終末処理場では、ばっ気処理した後に得られる余剰汚泥を肥料利用するほか、汚泥を焼成してレンガなどの建築材料に利用しています。また処理水は薬剤処理して河川等に放流していますが、処理水中にはりん酸がまだ多く含まれるため、二次処理としてカルシウム塩を添加してリン酸カルシウムとして晶出化させてHAPとして回収しています。回収したものは公定規格の「副産りん酸肥料」に適合し、肥料登録されています。

また、終末処理場の一部では、処理水を高度処理化するため、ばっ気処理した後の脱水ろ液にマグネシウム化合物を添加し、MAPとして回収しています。このMAPの理論式($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)とほぼ同等品で、公定規格の「化成肥料」に適合し、島根県や福岡市などで肥料登録されています。

さらに一部の下水処理場では、下水汚泥の嫌気消化した消化汚泥に塩基性のマグネシウムを添加してMAPとしてりん酸を回収する実証試験のほか、下水汚泥をメタン発酵させた後の消化液に塩基性のマグネシウムを添加してりん酸を回収する試験が行われています。これらの実証試験プラントから得られたMAPについて、肥料効果があること、純度が理論式と比べて同等品であるか、植害試験を実施して安全性に問題がないか、MAP晶析反応の際に汚泥由来の重金属が取り込まれないかなど、肥料登録化に向けた検討を行っています。

(2) 下水汚泥の焼却灰からのりん酸回収

下水汚泥の焼却灰にアルカリ性溶液として水酸化ナトリウムを加えて加温した後、りん酸を多量に含むりん酸抽出溶液と焼却灰に固液分離し、抽出液に消石灰を加えてリン酸カルシウムとして析出分離し、りん酸として回収します。灰アルカリ抽出法と称して、岐阜市が「副産りん酸肥料」として肥料登録済みです。

また、下水汚泥からりん酸を回収した肥料と類似したものとして、「熔成汚泥灰けい酸りん肥（下水道の終末処理場から生じる汚泥を焼成したものに肥料又は肥料原料を混合し、熔融したものをいう）」があります。この肥料は、く溶性りん酸5.0%のほかアルカリ分45.0%、可溶性けい酸30.0%、く溶性苦土12.0%を保証の最小量として定めているりん酸質肥料です。当該肥料は汚泥を原料とするため、含有を許される有害成分としてひ素、カドミウム、ニッケル、クロム、水銀及び鉛の制限を設けていますが、食品安全委員会による食品健康影響評価を受けた後、図2（前記）の手続きを経て平成24年度に新たな公定規格が設定されました。

(3) し尿・浄化槽汚泥処理場からのりん酸回収

し尿処理場には、し尿と浄化槽汚泥が搬入されるため、水処理工程を経て処理水が放流され、ばっ気処理によって得られる汚泥はし尿汚泥肥料として肥料利用されています。さらに下水処理場と同様、処理水にりん酸が含まれるため、カルシウム塩を加えてりん酸を晶出化させてHAPとして回収する方法のほか、処理水中にマグネシウム化合物を添加してMAPとして回収する方法があります。秋田県仙北市では、膜分離高負荷脱窒処理と高度処理を組み合わせた施設で、し尿等を消化及び脱窒処理した後膜透過水を晶出脱りん法によってりん酸を回収しており、公定規格の「副産りん酸肥料」に適合し、肥料登録されています。

(4) 畜産廃棄物からのりん酸回収

家畜の糞尿には多量の窒素やりん酸を含んでおり、乾燥したものやたい積腐熟したものを肥料として活用しています。しかし糞尿の量が農地に施用する以上の量があるため、肥育頭数の多い自治体などでは減量化を目的として炭化や焼却して灰にして肥料化する事業に取り組んでいます。

また畜産からの排水のうち一定の要件に該当する場合、水質汚濁防止法に基づく排水基準を守る

必要があります。さらに、畜産農家の生活による近隣住民への各種の苦情を解消するためにも、浄化施設を設置して水処理を行っています。処理中に含むりん酸を回収するため、非晶質のケイ酸カルシウム系の材料によるリン吸着剤の開発と実証試験が行われています。リン吸着剤を用いて排水中のりん酸を吸着させた後、アルカリ液で脱着し溶液化し、カルシウム塩でリン酸カルシウムとして回収したものの肥料化が検討されています。

(5) 鉄鋼スラグからのりん酸回収

鉄鉱石から製鉄を作る場合、高炉に鉄鉱石とコークスそして石灰を加えて高温で化学反応を生じさせて銑鉄とします。この銑鉄は鋳物や鋼向けに用いられますが、リンや硫黄を多く含むと鉄として脆いため、ヨーロッパは平炉法やベッセマー転炉法により鋼（スチール）を製造してきました。その後、平炉法や転炉法に代わって 1877 年に英国でトーマス転炉製鋼法が開発され、ドイツで普及しました。

日本にも昭和初期にトーマス転炉が導入され、副産物のトーマスりん肥が肥料利用され、戦後もしばらくの間トーマスりん肥が公定規格として認められてきました（く溶性りん酸の最小保証量は 15.0%）が、昭和 30 年代に入り製鋼の製造法が純酸素上吹転炉にとって代わられてトーマス燐肥の生産もなくなり、昭和 33 年度に公定規格から削除されました。

現在、製鉄スラグは高炉スラグや転炉スラグ、電気炉スラグなど各種類があり、製鉄工程で発生する鉄鋼スラグのうち溶銑からりん分を除く脱りん工程で発生するスラグに含まれるりん酸を保証する「鉱さいりん酸肥料」（く溶性りん酸の最小保証量は 3.0%。他にアルカリ分 30.0%と可溶性けい酸 10.0%の保証を必須とする。）が平成 16 年度に公定規格として設定されました。

また、高炉スラグに含まれるりん酸は 0.1%程度と少ないのですが、年間で 9,000 万トン発生しているため、りん酸としては約 10 万トンと潜在量の大きい資源であり、高炉スラグからのりん酸回収の実用化が待たれています。

(6) その他の工業からのりん酸回収

自動車ボディの塗装前に表面処理剤として用いるりん酸回収技術が具体化しており、回収物が「副

産りん酸肥料」として肥料登録されています。

その他、液晶パネル生産時のエッチング剤（プリント基板の表面を、酸により腐食させる部分と腐食させない部分に加工する表面加工。）として使用した高純度りん酸液を回収する技術が開発され、従来の洗浄排水をカルシウム塩として回収することなく濃縮りん酸液として回収する処理も行われています。

おわりに

平成 5 年に水質汚濁防止法施行令などの改正の後、平成 25 年 9 月 4 日に水質汚濁防止法の排水基準を定める省令の一部が改正され、リンに係る 1 業種については一般排水基準に移行し、残る業種、具体的には豚房を有する畜産農家については引き続き 5 年間で期限に暫定排水基準を設定し、10 月 1 日付けで施行されました。5 年を限度に平成 30 年 9 月 30 日までの間は引き続き現状（許容限度：30mg/L、日間平均 24mg/L）のままとなっています。

平成 20 年に肥料原料であるりん鉱石や加里鉱石が大幅に高騰しました。リン資源の全てを海外に頼っている我が国は、原料価格が高めであることから、リン資源としてリサイクルを行うことが肥料の安定供給と農家への肥料費の負担軽減につながるものとなります。

排水などからりん酸として回収する技術は、環境負荷を低減させるためにも重要で、肥料として有効利用されることが望まれています。

参考文献

- 1) 一般財団法人農林統計協会 2013. ポケット肥料要覧 2011/2012.
- 2) みずほ情報総研株式会社 2011. 輸入原料安定確保調査等事業調査報告（農林水産省「平成 22 年度農業生産環境対策事業」補助事業）.
- 3) 国土交通省都市・地域整備局下水道部 2010. 下水道におけるリン資源化の手引き.
- 4) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課 2013. し尿・浄化槽汚泥からのリン回収・利活用の手引き.
- 5) 地方共同法人日本下水道事業団 2010. 研究最先端消化汚泥からのリン回収技術. 季刊水すまし No.140.
- 6) 日本工業出版株式会社 2013. 環境浄化技術特集：動き出したリン回収技術の最新動向 7-8. Vol.12. No.4: 31-62.