

# 日本の肥料産業の現状と展望

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	成田,義貞
発行元	養賢堂
巻/号	89巻4号
掲載ページ	p. 414-422
発行年月	2014年4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



## 日本の肥料産業の現状と展望

成田 義貞\*

〔キーワード〕：セカンダリーソース，回収リン，  
リサイクル品，資源循環型社会，  
コーティング肥料

19世紀になって開発された化学肥料により，従来の，有機物の循環だけでは不足する肥料成分を化学肥料が補う事で作物の収量は飛躍的に増え，人口の増加を支える事が出来た。世界人口は，2050年には90億人に達するとの試算もあり化学肥料の役割はますます重要になると思われる。化学肥料は，食料生産に欠くことのできない重要な基礎資材であるが，原料産出国での資源の囲い込みの動きが活発化していることに加え，世界的な需要の高まりを背景に，長期的・安定的な原料調達に困難になっており，セカンダリーソースとしてのリサイクル品が注目を集めるようになった。我が国の化学肥料は，肥料成分の溶出をコントロール出来るなど技術，品質に於いて世界の中でも最高水準にある。代表的な肥料である複合肥料について，肥料の特徴，歴史，現状と今後について概説する。

## 1. はじめに

19世紀になって開発された化学肥料により，従来の，有機物の循環だけでは不足する肥料成分を化学肥料が補う事で作物の収量は飛躍的に増え，人口の増加を支える事になる。明治に入ってから，わが国でも化学肥料の生産が始まり，農業技術の進歩と相まって，作物の収量は飛躍的に増え，今日まで日本農業を支えてきた。わが国における過燐酸石灰の製造は，1888年に開始されているが，明治9年に発行された「農業雑誌」で「骨類を肥料にする説」として，獣骨に硫酸を注いで，過燐酸石灰を作る方法提唱しているが，多木久米次郎は，（干鯛を商う多木家を継ぎ），獣骨に硫酸を加えて燐酸肥料を生産する方法を見出し工業化，明治18年（1885年），に蒸圧式製法による燐酸肥料作業場（多木化学の前身）を別

府に造り，化学的手法を用いたわが国初めての人工肥料を製造販売している。

現在，わが国の農業生産における肥料の主役は化成肥料（複合肥料）であるが，この肥料は，窒素肥料，リン酸肥料，カリ肥料がバランスよく配合されている。三要素を2成分以上含む肥料を複合肥料と云い，複合肥料のうち，化成肥料は原料肥料などを造粒あるいは成形し化学的操作を加えて造られている。

化学肥料の主要原料であるリン鉱石，塩化加里などは我が国には産しないため，全量輸入となっている。近年，産出国での資源の囲い込みの動きが活発化していることに加え，世界的な需要の高まりを背景に，長期的・安定的な原料調達に困難になっており，セカンダリーソースとしてのリサイクル品が注目を集めるようになった。

## 2. 肥料の歴史

肥料工業の現状を知る上でも，歴史を紐解くことは重要なファクターなので以下に，わが国の肥料関連の歴史書の一編を紹介する。

農業の歴史を見ると，「飢餓や旱魃」の記述が多く見ることが出来る。収量を如何に上げるか，安定した作物を如何にして作るか先人の苦勞が読み取れる。

化学肥料が導入されるまでは，人糞尿や野草，草木灰，動物の遺体などを肥料として土に施用すると「良い収穫が得られる」ことは経験や知識から実証されてきた。

現有する古文書に「肥料」に関する記述がみられるのは，1564年（永禄7年）に伊予国宇和郡立間の松浦草案が領主の土居清良の諮問に答えて著した「親民観月集」からである。同書は，清良記30巻中の第7巻の別名で，日本最古の農書である。肥料を意味する糞，糞培（こやしの意味）が記述されており，遅効，速効の区別のほか，肥料の作り方，施

\*日本肥料アンモニア協会理事・事務局長（Yoshisada Narita）

肥上の注意など詳細に説明されている。室町時代の末期にあたるころの肥料は、云うまでもなく人糞尿、野生の草や魚・獣肉類を中心とした自給肥料が中心であるが、既に、油粕や醜酵粕の利用もみられ、一方では、野草を焼いて草木灰を肥料とする焼畑も広く行われていた。

1570～1600年（天正から慶長）にかけ、緑肥とともに牛馬糞などの厩肥（きゅうひ：うまやごえ：家畜の糞尿、敷わらなどを堆積し腐熟させた肥料）が重視され始める。織田信長が室町幕府を倒し、豊臣秀吉が天下統一、徳川家康に引き継がれるまでの時期は、封建国家の諸制度が日本に定着する過程であり、諸大名は戦乱の収束と共に、領内の農業振興に注力しはじめた。

慶長年間に入ると、名古屋、大坂に油粕、醜酵粕を売買する問屋が出現する。1623年（元和元年）には綿実油の生産が大坂を中心に開始され、植物油、綿花、油粕（菜種油をしばったかす）などを扱う問屋が大坂に出現、1624年頃（寛永の初年）には干鰯（ほしか：鰯（いわし）を干したもの）の取引もはじめられた。1624～1660年（寛永から万治）にかけて、全国的に蚕養が奨励され、綿花とともに桑の栽培が盛んになり、これに施される肥料の取引が大坂を中心として活発化した。米麦などの一般農作物には、堆肥や厩肥、人糞尿が、綿などの換金作物には、油粕、干鰯といった購入肥料（金肥）が多く使われ、肥料の種類も多様化し始める。1660～1671年（寛文年間）肥料の不足時代が訪れ、干鰯、油粕の領外出荷に対する統制や自給肥料の増産奨励策が行われた。

1673年（延宝）に入ると、幕府は農地の統制に着手、幕府や諸大名は農業振興策を講ずるとともに、農民収奪の体制を強化していった。1680～1690年（天和から元禄）にかけての農業書には、肥料の製法や施肥に関する記述が多くみられるようになる。作物別に、肥料の種類や量を使い分け、作物の味と肥料の関係が論じられるようになるのもこの頃である。

1696年（元禄9年）、宮崎安貞はわが国最初の農学書「農学全書」10巻を著し、施肥の方法を力説している。元禄時代は江戸を中心とした武家、商人の文化の華やかさに引き換え農民の生活は窮乏化を深めていた。幕府の財政政策の失敗からくる物価の

高騰は、肥料価格の上昇にも反映、肥料商は繁栄したが、農民は年貢の増徴とのはさみ打ちにあつて苦しんだ。元禄13年、徳川光圀が没した年、江戸深川にも干鰯市場が開設され、大坂商人の支配下であった肥料の取引が、江戸商人にも行われはじめる。

1704年～1736年（宝永から享保）にかけて、新田開発が盛んに行われ、採草地面積の相対的縮小から、金肥への依存度が高まりはじめた。これは、干鰯などの肥料価格の一層の上昇を招く。買占め禁止などの統制措置が強化されるとともに、自給肥料の増産、新しい肥料物資の利用が奨励されたが、価格抑制の効果は上がらなかった。このため、1770年代には農民騒動が頻発、幕府や藩兵による弾圧の記録が残されている。

1772年～1781年（安永年間）には、わが国でも骨粉の肥効が知られる。外国では1795年（寛政7年）、骨の成分がリン酸石灰であることが証明されていた。1802～1804年（享和年間）には北海道の鯨粕が肥料として登場、以来金肥の中心的な位置を占めるまでに成長する。1830～1844年（天保年間）には、骨粉の製造、販売が始まり、肥料市場も大坂、名古屋、江戸を中心に全国的に広がっていった。慶応元年（1865年）の記録には石灰が肥料として使われていたことが示されている。

1868年（明治）に入ると、日本の政治経済は大きな変革をとげた。国家の制度や産業の近代化が進められ、化学工業もソーダ、硫酸の製造業として成立する。農業も又、土地制度の改革や、開拓奨励がとられ、肥料についても、グアノ（海鳥類の排泄物やその遺体が集積したもの）の試用が明治初年に行われた。西欧の農芸化学の知識が紹介され、明治政府は農学校を設置するなど新知識の普及に努力している。このころ、すでに販売肥料の首位は魚肥であったが、日本での肥料の製造は、1875年（明治8年）大阪造幣局がリン酸アンモニウムと過リン酸石灰をそれぞれ1箱試作し、内務省勸業寮に送り試験した時に始まる。翌年（明治9年）には津田仙により骨粉過リン酸石灰の試製が行われ、化学肥料への関心が高まっていった。

1880年（明治13年）高峰讓吉が、イギリスに留学中ニューキャッスル・オン・タインにある化学工場で過リン酸石灰の製法を取得、18年にはアメリカ・ニューオリンズで開催された万国博覧会で過リ

ン酸石灰6tと南カロライナ・チャールストンのリン鉱石4tを買い帰朝し、翌19年、この鉱石は大坂の硫酸製造会社で過リン酸石灰とされ、四国のアイで肥効試験をしている。

なお、高峰は初めて輸入した過リン酸石灰を、農商務省にはかって全国の希望者と各府県に分与したが、それぞれ成果を得たことから、農商務省はこの製造業を国内に起こすことを奨励している。

1887年(明治20年)、高峰・渋沢栄一、益田孝らは東京府南葛飾郡大島村釜屋堀に東京人造肥料会社を設立し、翌年(明治21年)、本格的な過リン酸石灰の生産を開始した。同社は後の大日本人造肥料、現在の日産化学の前身である。釜屋堀で製造された、過リン酸石灰は、駒場農林学校のケルネル(O. Kellner)、古在由直、森要太郎、長岡宗好らが肥効試験を行い、結果は官報に掲載されたが、新しい肥料に対する関心は乏しく、旧来から使い慣れた、動植物肥料が依然として使用されていた。しかし、日清戦争(1851-95)により、満州大豆粕の輸入がとまり、北海道での鯨(にしん)の不漁も重なったこともあり、過リン酸石灰の普及は急速に進み、生産業者も増加していった。過リン酸石灰の生産量は一時期(1940年(昭和15年))160万トンに達し、第二次世界大戦後の復興もすばやかだったが、その後は、他のリン酸肥料や化成肥料(複合肥料)に替わられていった<sup>1,2)</sup>。

尚、明治9年に発行された「農業雑誌」で「骨類を肥料にする説」として、獣骨に硫酸を注いで、過リン酸石灰を作る方法提唱しているが、多木久米次郎は、(干鰯を商う多木家を継ぎ)、獣骨に硫酸を加えてリン酸肥料を生産する方法を見出し工業化、明治18年(1885年)、に蒸圧式製法によるリン酸肥料作業場(多木化学の前身)を別府に造り、日本で初めての人工肥料を製造販売している<sup>1)</sup>。

現在では肥料の主役は化成肥料(複合肥料)であるが、始めの頃は、過リン酸石灰が単肥として売れなかったための苦肉の策として、窒素肥料を配合した「調合肥料(明治33年)」に端を発している。調合肥料は過リン酸石灰を主とした配合肥料であったが、1905年(明治38年)、苫米地義三が、大阪硫曹株式会社下関工場(明治43年大日本人造肥料に合併)において、過リン酸にアンモニアガスを作用させると、過リン酸石灰の酸性と速効性を緩和し、

水田用リン酸肥料として望ましいことを発見、1918年(大正7年)に特許を得ている。苫米地は、下関工場においてリン鉱石、硫酸、硫酸カリを予め混合したものに硫酸を加え、過リン酸と同じ工程で化成窒に仕込み、反応完了後に窒出切断(むろだしせつだん)粉砕した粉末を回転路に入れ、アンモニアガスを作用させる方法を完成、1928年(昭和3年)3月31日「化成肥料」の名称が東京府知事から認可されている<sup>3)</sup>。

大日本人造肥料株式会社五十年史(昭和11年11月刊行)に化成肥料を次のように説明している。

「化成肥料は常務取締役苫米地義三氏の草案により、当社において多年の研究と実験に基き、従来の無機質化学肥料の速効性と有機質肥料の遅効性との特徴を保持し、無機質肥料の流亡性と配合肥料に往々見る成分不均一より起る欠点を除き、且つ有効成分含量の濃厚なる新肥料を創製し、初めて化成肥料なる名称の下に販売したのである。此の新肥料は肥料の2要素ないし、3要素を化学的に緊密に結合せしめたものであった。成分均一なるものみならず、特殊の粒状組織となつてゐるため、有効成分の損失がなく肥効持続し、いわゆる肥切れの起らぬ経済的肥料である。その他成分の比率の調整せること、吸湿性少なく貯蔵安全なること、中性反応なること、成分濃厚なるため運賃割安なること等は、これに歩付随した本肥料の特徴である」<sup>2)</sup>

これより、当時から既に粒状の指摘だけでなく、経済効果を謳う等、現在の化成肥料、化学肥料の基礎となっている。

一方、窒素肥料関係では、1908年(明治41年)に野口遵・藤山常一が日本窒素肥料会社を設立し、1909年には生産を開始しているが、鈴木千代吉と共同研究者は、石灰窒素を使いやすい肥料にしようと、石灰窒素とリン鉱石の混合物に硫酸を作用させ、空気アンモニア肥料(天地配合肥料)を研究開発している。1914年(大正2年)、鈴鹿商店(東京深川佐賀町)は天地配合肥料を東京木下川において製造、これを雷恩肥料の名称で販売した。これが、化成肥料が世に出た最初である<sup>3)</sup>。

因みに、アンモニアの合成は導入技術を使って日本窒素肥料によって1923年(大正12年)に延岡工場で成功している。国産技術でのアンモニア合成

は 1918 年に農商務省臨時窒素研究所（のち東京工業試験所を経て化学技術研究所）で始まったが、成功するには 1931 年（昭和 6 年）までかかっている<sup>4)</sup>。

### 3. 肥料取締法

汚泥肥料，リサイクル肥料の肥料としての位置づけを確認する意味で簡単に概説する。

肥料取締法は、肥料中の有効成分や有害成分に係わる品質を保証し、その公正な取引を確保するために、規格の公定、登録、検査等を行い、農業生産力の維持増進に寄与するために制定された法律である。近年、汚泥（汚泥を乾燥や粉砕、発酵させることにより肥料としてリサイクルされたもの）の肥料原料利用が増えたことに伴い、肥料取締法上、（汚泥肥料中の）有害重金属（カドミウムや水銀など）の基準を設定しており、有害重金属を含む製品の生産・販売を規制、肥料の製造者がこれらの基準に従って適切に管理することを義務付けている。

肥料取締法の成立は明治 32 年になるが、戦後、新たな「肥料取締法」として昭和 25 年 5 月 1 日に制定されている。その後、社会情勢の変化に対応して改訂を重ね、現在この法律は「肥料の品質を保全し、その公正な取引を確保するため、肥料の規格の公定、登録、検査等を行い、もって農業生産力の維持増進に寄与するとともに、国民の健康の保護に資することを目的とする」と明記されている。

肥料取締法という肥料は、「普通肥料」と「特殊肥料」に大別される。普通肥料は、特殊肥料以外の肥料と定義されており、化学肥料、有機質肥料、「汚泥肥料」、石灰質肥料など、保証票をつけて市販されている肥料をいい、農林水産大臣は、その種類ごとに、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、その他必要な事項についての規格（以下公定規格という）を定めている。なお、公定規格は必要に応じ、新たに設定し、変更または廃止ができ、窒素、リン酸、カリウム等の主成分量によって評価され、公定規格に基づく保証成分量や正味量を記載した保証表の添付など、肥料の品質保全が確実に確保されている。

一方、特殊肥料は、農家が生産する米ぬか、堆肥、家畜ふん尿など動物の排せつ物など広範囲なものを含み、農家が五感（肉眼、臭いなど）で判断できる肥料である。含有する成分の量が低く、変動幅が

大きいため一定の規格が設定しにくく、化学肥料と同じように規格を設定したり、検査の対象とするのは現実的ではなので肥料取締法上、「特殊肥料」として区分している。

特殊肥料を大別すると、以下のようである。

- ①魚かす、蒸製骨、肉かすなどで粉末でない肥料（粉末にすると普通肥料）
- ②米ぬか、発酵かす、くず植物油かす及びその粉末、草木灰、石こうなど。

特殊肥料は、生産、輸入する場合、登録を受ける必要はなく、届け出ればよい（届け出先は、生産工場の所在地、または輸入の場所を管轄する都道府県知事）。保証票を添付する義務はないが、たい肥、家畜のふん尿などの動物の排せつ物では、原料、肥料成分〔窒素全量、リン酸全量、加里全量、炭素窒素比（C/N 比）〕、さらに肥料によっては銅、亜鉛、石灰、水分〕の量を表示する義務がある。

### 4. 肥料の原料

#### (1) 三要素；窒素、リン、カリウム

植物の生育に必要な三要素は、土壌中からの供給だけでは足りないので、肥料で補う必要がある。複合肥料は三要素がバランスよく配合されており、わが国では窒素、リン、カリの三成分を含む肥料が体勢を占めている。

窒素は、空気中に 78% も含まれているが、植物はこのガス状窒素をそのまま吸収することができない。植物が一部のタンパク様物質を吸収するという報告もあるが、吸収の主体はアンモニウムまたは硝酸の無機態窒素である。余談になるが、自然界で「窒素の固定が行われる現象」に雷が知られている。放電により、窒素酸化物が出来、それが雨と共に土中に亜硝酸塩の形で留まり植物に吸収される。昔から、雷の多い年は豊作になることが経験的に知られていた。空中の窒素を化学的に固定する方法がアンモニア合成である。1913 年にドイツのハーバー（F. Haber）とボッシュ（K. Bosch）らが窒素ガスと水素の反応によるアンモニア合成に成功している。アンモニアの合成では水素が不可欠であり、水素を作るための化石燃料が必要となる。なお、水素は天然ガス中に含まれる水素を利用できるので、天然ガス由来のものが一番廉価な原料と云われている。合成されたアンモニアは、窒素肥料や窒素を含む複合肥料

等の原料として使われている。

### (2) 主な窒素肥料 (アンモニア・尿素・硫酸・塩安・硝安・石灰窒素など)

リンを供給できるリン酸肥料 (またはこれを原料にした複合肥料) は、リン鉱石由来のものがほとんどである。リン鉱石中のリン酸は水に不溶であることから、植物にはそのままではほとんど吸収されないため、リン鉱石に硫酸やリン酸などを反応させるか、熱分解して植物に吸収されやすい形態に変えた肥料を造る。リン鉱石によっては、微粉碎するとその一部が植物に吸収されやすくなると云われているが、そのようなリン鉱石はごく限られている。なお、リン鉱石は、わが国では産出されない為、全量輸入に頼っている。リンを取り巻く環境は、新興国の経済発展や世界的な人口増加による食料需要の高まり等からリン需要の逼迫が懸念されている。主な輸入先は中国、モロッコ、ヨルダンなどで世界に偏在している。

### (3) 主なリン酸肥料 (過リン酸石灰・熔成リン肥・焼成リン肥など)

カリウム肥料は、全量輸入されるカリウム鉱石から作られる。カリウム鉱石もリン鉱石同様カナダ、ロシアなど一部の国に偏在している。一方、海水中にはカリウムが無尽蔵に含まれているが、その回収にはエネルギーが必要で、現在の処は経済的に引き合わないと言われている。

### (4) カリ肥料 (塩化加里・硫酸加里)

なお、三要素以外にも複合肥料の原料として、カルシウム (石灰)、マグネシウム (苦土) などの二次要素、マンガン、ホウ素などの微量元素も植物の生育に必要となるため使用されている<sup>4)</sup>。

その他、肥料の原料として、下記のような肥料も使用される (表 1)。

## 5. 未利用資源の利用

近年、新興国の経済発展や、バイオマスによる穀

表 1 主な肥料原料

肥料名	使用原料
リン安	リン酸液・アンモニア
硫加リン安	アンモニア・硫酸・リン酸・硫酸加里
リン硝安加里	リン鉱石、硝酸・アンモニア・硫酸・硫酸加里
塩加リン安	アンモニア・リン酸・塩安・塩化加里

物需要の高まりから肥料原料の安定確保は困難になりつつある。こうした中で、セカンダリーソースとしてのリサイクル品が注目を集めるようになった。

わが国は、環境問題等からリンを分離回収し資源化する動きがあり、既に市場に出回っている。リンの発生量的には、製鉄スラグ (22 万トン)、人間の生活由来 (12.7 万トン) が多く、下水には輸入リン鉱石の 50% ものリンが含まれていると推計されている (肥料のリン需要は  $P_2O_5$  で 38 万 t となっており、鉄鋼と下水を合わせた量に匹敵する)

しかし、リンリサイクルの肥料化は一部自治体や企業が自主的に技術開発や運用を行っており、未だ全国的に普及するには至っていないのが現状である。

下水処理由来のリサイクル品を肥料化する為には「肥料取締法」をクリアすることが求められるが、名称として「汚泥」の名称が付いて回ることになる。

リサイクル肥料を原料として肥料メーカーに使用して貰う為には、コスト面、品質面、量共に求められる。

下記に、平成 22 年に国土交通省が取り纏めた「下水道におけるリン資源化技術の手引き」から①「下水道処理フローにおけるリン資源化技術の適用箇所」と②「リン資源化技術の概要」、橋本光史氏提供の③「肥料としてのリン利用事例」を紹介する。

## 6. 化学肥料の特徴

肥料メーカーは、農家のニーズに基づきバラエティーに富んだ製品造りを行なって来たが、その形状形態は様々である。

形状は粒状、粉状、固形タイプ、錠剤タイプ、液体タイプのほか、肥効、使用方法、対象作物別などから種々の肥料が開発されて来た。肥効のスピードで速効性と緩効性、使用方法で元肥用、追肥用、対象植物別で、園芸用、芝生用、花と球根用、野菜用、など多種多様である。

化学肥料の発展は、過リン酸石灰や硫酸といった単成分から始まったが、施肥回数を減らすために単肥から複合肥料へ、施肥量を減らすために低成分から高成分化へ、さらには施肥技術の進展により施肥機が開発され、それに伴い粉状から粒状、固体から液体へ移行した。新原料の開発や製造技術の発達、

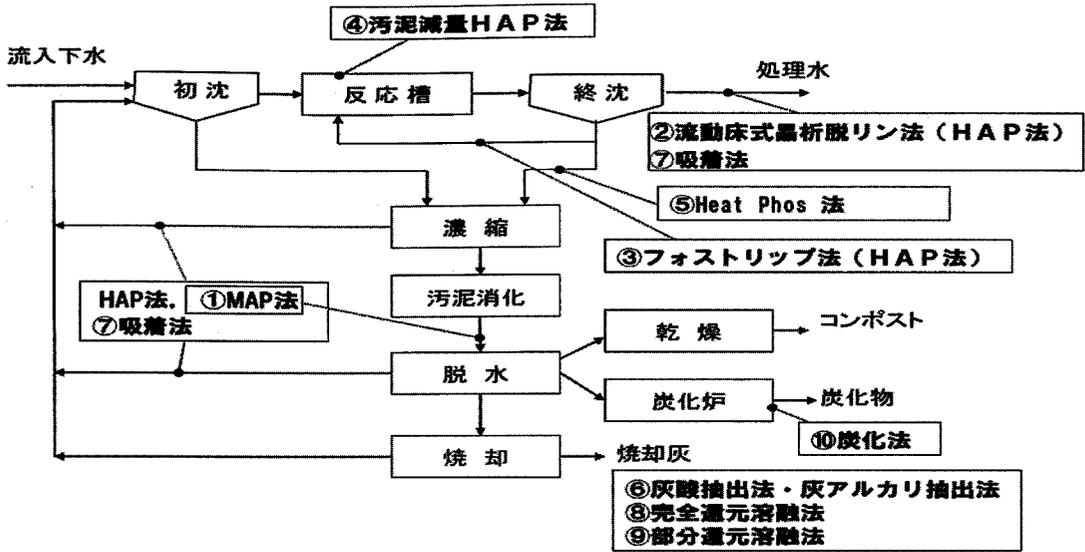


図1 下水処理フローにおけるリン資源化関連技術の適用箇所

表2 リン資源化技術の概要

			技術の概要	取り組み状況	
①	晶析法	MAP法	液中に含まれるリンをアンモニウムとマグネシウムの結晶化物とする	<ul style="list-style-type: none"> <li>・島根県宍道湖流域下水道（運転中）</li> <li>・福岡市 和白，東部，西部水処理センター（運転中）</li> <li>・大阪市 大野下水処理場（運転中）</li> </ul>	
②		HAP法	処理水などのpHを上げることによりリンを析出させる方法	・岐阜県下呂市（運転中）	
③			返送汚泥の一部を嫌気的条件下で、汚泥からリンを析出させ、放出したリンを結晶化させて回収する方法	・福島県北塩原村（運転中）	
④			汚泥軽量化と A <sub>2</sub> O 法を組み合わせ、嫌気性槽混合液からリンを結晶化させて回収する方法	・愛知万博 実証実験（終了）	
⑤			Heat Phos 法	余剰汚泥に熱を加えて可溶化し、可溶化した液からリンを析出させる方法	
⑥		灰酸抽出法・灰アルカリ抽出法	焼却灰からリンを酸やアルカリで溶出させ、溶出液からリンを析出させる方法	・岐阜市 北部プラント	
⑦		吸着法	リン吸着能力を持つ吸着材を用いて、リンを回収（吸着脱離反応の利用）する方法		
⑧		還元溶融法	完全還元溶融法	リンを黄リンとして揮発させ、回収する方法	
⑨			部分還元溶融法	焼却灰を部分的に還元して、リン化合物を回収する方法	
⑩		炭化法		脱水汚泥を炭化して、そのまま利用する方法	・群馬県 県央浄化センター

施肥技術の変化・発展などに伴って成分や形態も変化した。

三要素を2成分以上含む肥料を複合肥料と言うが、

複合肥料のうち、化成肥料は原料肥料などを造粒あるいは成形し、1粒の中に均一に練り込こんである。

この肥料は窒素肥料、リン酸肥料、カリ肥料がバラ

表3 肥料としてのリン利用例(畜産関係を除く)

発生分野	回収物形態	肥料の種類	肥料登録銘柄例	備考	
下水処理	汚泥	下水汚泥肥料	86件登録(58,205t/H21年)	汚泥肥料全体130万t	
	脱水汚泥炭化物	焼成汚泥肥料	リン炭ぐんま1号	1,200t/年	
	MAP (汚泥分離液から回収)	化成肥料	高度複合肥料ふくまっぷ21 (福岡市)		89t/年
			マリンマップ(北九州市)		
			MAP(りん酸マグネシウムアンモニウム;島根県)		150t/年
	HAP	副産りん酸肥料	岐阜の大地りん20(岐阜市) 500t/年	H15年公定規格改正	
	焼却灰の溶融	熔成汚泥灰複合肥料	(H21年1件登録)	H16年公定規格設定	
焼却灰の溶融	熔成汚泥灰けい酸りん肥	登録なし	H24年公定規格設定		
し尿処理	HAP	副産りん酸肥料	せんぼくさくら(千北市)	4t/年	
工業廃水処理	HAP	副産りん酸肥料	エコリン肥27	液晶関係排水	
	HAP	副産りん酸肥料	希望1号, 希望2号	食用油製造	
	HAP	副産りん酸肥料	エコ肥料ヴィザックりん酸30号	化学工業廃水	
鉄鋼	鉍さい	加工鉍さいりん酸肥料	くみあい粒状けい酸りん酸肥料295(1社3銘柄登録)		
	鉍さい	鉍さいりん酸肥料	粒状鉍さいりん酸肥料3.0(2社4件登録)	H17年公定規格設定	
りん酸工業	焼却灰の酸分解	リン安の製造原料		リン酸液製造	

MAP:リン酸マグネシウムアンモニウム, HAP:ヒドロキシアパタイト, リン安:リン酸アンモニウム.

橋本光史氏提供.

ンスよく配合されており,これに加えて2次要素としてマグネシウム,微量元素としてマンガン,ホウ素を保証する肥料もある<sup>4)</sup>.

その他に,原料を混ぜ込んだだけの配合肥料,溶解または懸濁状の液体複合肥料,泥炭などに練り込み造粒した成形複合肥料などがある.

肥料取締法では,造粒促進や着色材なども必要に応じ認められているが,農薬を混入した農薬入り肥料もあり,施肥と同時に施薬も兼ね,省力などをねらった複合肥料もある.

肥効は速効性である.粒状で複数成分を含むため複合効果と粒効果とをあわせ持ち,各種の肥料成分が根の近隣にあることで養分吸収が相乗効果的に働き,作物が肥料成分を効率的に吸収できる.

近年では,肥料成分を樹脂や硫黄で包み,肥効速度をコントロールできる被覆複合肥料(コーティング肥料)の需要が伸びている.栽培期間中に必要な時に必要な量だけ肥料成分を供給するいわゆる肥効調節型肥料は,その特徴である施肥労力の節減や施肥量の抑制が,日本農業が抱えている労力不足や高齢化,環境問題などに対応することなどから需要

は順調に推移している.更に,施肥効率を高めることで収量や品質の向上にも貢献出来る肥料として注目されている.多くの化学肥料は水に溶けやすく,作物に対する効果が直ぐに現れるよう造られているが,肥効調節型肥料は有機質肥料のようにゆっくり効くのが特徴となっている.肥効調節型肥料には二つのタイプがあるがコーティング(被覆)肥料はその一つである.肥料の粒を樹脂などの被膜で覆い,肥料成分が溶け出してくる速さをコントロールするコーティング肥料のセールスポイントは「施肥労力の節減効果」と「化学肥料の施肥量の節減効果」などであるが,30日・70日・100日・180日・360日タイプなど,目的によりきめ細かな肥効コントロールを有し,肥効期間を正確に決定出来るため全量基肥施肥法を技術的に可能にしている.また溶脱・流亡・脱窒・揮散が少ないことで省力施肥を可能にし,施肥回数を減少させることで農作業の負担が軽減出来,同時に過剰施肥による環境汚染防止にも役立っている.

## 7. 肥料工業の現状

わが国の肥料を取り巻く現状は、農業人口の減少および高齢化、耕作放棄農地の増加や輸入野菜の増加（農作物の市況低下）など厳しい現状に直面しているが、全て肥料需要に直結している。農産物の国内消費量の減少から、作付面積が減り、その結果として肥料の使用量が減って行くという、農業動向と肥料消費はパラレルの関係にある。

肥料の生産量が減少続ける主な理由は、①コメの（消費）生産量が減少したこと、②環境・食味を重視した減（化学肥料）肥政策（農水省主導）がすすめられたこと、更に、③円高による輸出の減少に加え、輸入品が台頭したこと、④原料高製品安によるなどの影響を挙げることが出来る。

かつてわが国は、1972年頃には（昭和47年）世界最大級の尿素（250万t）の輸出国であったが、昭和46年のニクソンショック、48年の第1次オイルショック、1979年（昭和54年）の第2次オイルショックで輸出（尿素）が激減、急激な円高で「輸出より撤退」することに成る。肥料業界はオイルショックによる原油高騰で、通商産業省（現在の経済産業省）による指導もあり、「余剰設備の廃棄」業界の構造改善が、化成肥料の需要減や製品安、原料高など世界のグローバル化で、肥料業界の「統合再編」が進められた。

わが国は、ナフサ、天然ガス、磷鉱石、磷安、塩化カリなどのほとんどを輸入に依存しているが、2007年頃からは、原油価格の高騰や海外における肥料需要増加を背景に、資源の困り込みの動きが活発化、長期的安定的な調達に困難になり、原料確保は深刻な問題となった。リーマンショック後肥料の国際市況は下落したが、食糧増産のため肥料消費は着実に伸びている。

折しも2008年、大阪大学の大竹久夫教授が中心となり「リン資源リサイクル推進協議会」が設立され、リン資源の問題を産官学一体となった討議が始められた。リンのマテリアルフローが明らかになり、下水等からの回収リンが脚光を浴びるようになった。

## 8. 肥料業界の今後

わが国の肥料産業は、農業環境の変遷により、大

きく影響を受けてきた。

農業の近代化に於いては「量の確保」が重要であったことから、化学肥料を安定供給することは業界の使命でもあった。その後、品種改良が進み「質の確保」が重視され、美味しさの追求から「追肥」の抑制に、更に、エコ農業、環境保全型農業から「減農薬、減化学肥料」に移行した。

前述の通り、肥料業界にとって原料の安定的確保は喫緊の課題であるが、一方では、当局から「農業のグローバル化」と更なる資材費の低減が求められている。

リンリサイクルに見られる様に、国内の未利用資源を有効に使うことで解決出来るであろうか。

一つのヒントとして、日本燐酸株式会社が2013年（平成25年）から始めた、焼却灰を使用した燐酸液の製造を紹介したい。

同社は、焼却灰の使用について2009年から検討を始めており、「経営理念として、海外のリン鉱石への依存から少しでも脱却するため、国内の未利用リン資源を使って、資源循環型を構築する会社を目指し始めた。下水および焼却灰から回収したリン化合物は、価格的に折り合わないが、焼却灰そのものを使うことで、リン鉱石との原料価格差からコストダウンを図ることから始めている」として既に事業化しており、世界初の画期的な内容となっている。

リサイクル品を上手に利用することが原料の安定確保や資源の高騰に対し、対応できるかは疑問もあるが、処理場も含めリサイクルを意識した、システムづくりが大切であろう。

現在の処、下水などのリン含有廃水からのリン回収技術は、既に30を越えて存在するが、価格の安いリンの回収に経済性を求めることは難しい。しかし、今後リン鉱石の価格の価格が上昇すれば、リンの利用効率を高め、無駄に捨てられているリンを減らす等の研究成果を社会実装することが可能かもしれない<sup>5)</sup>。

また、回収リンを肥料原料として一定量利用すること義務づけることになれば、一層利用が促進されるかもしれない。回収リンの利用促進には、補助金などにより支援を行う必要があることや、肥料規制（肥料取締法）のあり方を見直し、回収リンの肥料への利用を制度的にもやりやすくする必要があることが、回収リンの市場を確立することに成り、こ

のことはリンの消費国が産出国に対しとり得る自衛の手段であろう<sup>5)</sup>。

食料消費が着実に拡大する一方で、供給が不安定であるという構造である以上、農産物の生産性を上げるためには肥料の役割は不可欠であり、今後ますます重要性が高まると予測されている。リサイクル品を原料として積極的に使用し、肥料業界も資源循環型社会の一翼を担えるよう、また政府が奨める諸政策が進展し、国内農業が成長産業として早期に再生することを願っている。

#### 参考文献

1) 燐酸肥料工業の歩み：日本化成肥料協会，1972，1-77。

- 2) 大日本人造肥料株式会社五十年史，1936，1-7。
- 3) 化成肥料：肥料工業研究会，1954，6-9。
- 4) 肥料 Q&A 総集編：日本肥料アンモニア協会，2003，58-99。
- 5) 持続的リン利用パラダイム：大竹，2013，13-20。

#### 用語解説

##### 1. 汚泥肥料

汚泥を乾燥や粉碎，発酵させることにより肥料としてリサイクルされたもの。植物に有益な窒素，リン酸などの栄養分を豊富に含んでいるが，排水に含まれているカドミウムや水銀などの有害な重金属が，汚泥による処理や肥料製造工程によって濃縮し，高濃度になっている可能性が指摘されている。

## 土壌と生産環境

長谷川 和久 著

定価(本体 3,000 円+税) A5 判 204 頁

1章 土 1. 笑顔の土をどう作るか，2. 生産にかかわる環境，3. ホウレン草を植えるのに4000年？，4. 土壌の生成，土は生きもの，5. 土壌が持つ機能の利用，6. 水田の土壌環境と稲作，7. 水と土壌のかかわり，8. 豊かな土の衰え，9. 土の老化を防ぎ健康を支えるケア。

2章 水田土壌とイネの栽培 1. 中山間地域の耕地環境，2. 自然の厳しい環境と食料生産，3. 山間地のおいしい米づくり，4. おいしい米を作る土壌環境，5. 土の機能を生かす不耕起のイネ作り，6. イネの不耕起移植栽培Q&A，7. イネの本田における窒素吸収，8. 水稲冷害とリン酸，9. 期待される環境ストレスに強いイネ作技術，10. ケイ酸吸収を促す水管理，11. 挫折倒伏しなかった多収イネはここがちがう。

3章 畑土壌と野菜の有機栽培 1. 地球の友達，2. 有機質肥料の上手な使い方，3. 有機質肥料と無機質肥料で根のはり，水分，空気，CECはどう変わったか，4. 地場野菜のおいしさを支えるアクと土，5. おいしいお茶と土，6. 自然の土に学ぶ…焼畑にみる土を守る先人の知恵。

4章 生物性廃棄物の堆肥化・リサイクル 1. 生産環境と廃棄物のリサイクル，2. 畜産廃棄物のリサイクル利用，3. 生ゴミは大切な資源，4. 食品産業廃棄物のリサイクル利用，5. 好気性の高温耐性菌で下水汚泥と家畜糞尿を完

熟堆肥化，6. 金沢城内間伐材を堆肥化する，7. 新規開墾畑での廃棄資材施用と良質な野菜生産，8. 緑地公園も環境ストレスを受けている。

5章 イネによる沙漠緑化 1. 沙漠化と地球環境の保全，2. 内モンゴにおける水稲による沙漠緑化，3. ゴビ沙漠にコシヒカリ，4. イネ作によるゴビ沙漠の緑化。文献。

資料編 日本の河川水の平均化学組成，海水1kg中に含まれるイオンの量，土壌の反応と土壌養分および作物生育との関係，肥沃な水田や畑の土をつくるめやす，各種有機質資材の全炭素と易分解性炭素含量，有機質肥料中の微量元素成分含量(例)，植物に必要な養分，主な元素の欠乏症と過剰症，重金属による土壌汚染に関する基準値と作物の重金属(c d)吸収抑制，世界の主な沙漠と寒流，環境問題相互関連図，地球温暖化の原因，温暖化へ産業活動が与える影響を製品と二酸化炭素発生量から見る，二酸化炭素の発生と吸収，大気中二酸化炭素濃度の変化と影響，世界の米生産量上位10国(1997年：もみベース)，世界の米輸入量上位10国(1998年：精米ベース)，世界の米輸出量上位8国(1998年：精米ベース)，花壇やプランターなどの土の湿り具合と水やりの目安，育苗や作物の初期生育比較を目的とした簡便な肥料，資材の肥効試験法，堆肥化作業の際に必要な窒素を含む資材量の算出法。索引。