

## リンの農業利用

橋本 光史

いつ頃から日本人は、肥料に無関心になったのだろうか？ 私たちは、植物の成長に日光、水と肥料が必要と教えられ、肥料の3要素として「窒素」「リン酸」「カリ<sup>注</sup>」が不可欠な要素であると教えられた。しかし、今では化学肥料は農業と同じように受け取られている場合もあり、養分としてではなく環境に悪い影響を及ぼす物質としてや、はなはだしい場合には毒物扱いされている場合もあると聞く。確かに、一時期農産物の増収のために、リンが過剰に使用されたこともあるが、現在では土壌診断などにより適正な施肥が浸透している。また、水質の悪化は、肥料以外に家庭からの排水などにも起因するが、これも現在では下水道が整備されて処理されている。

本稿では、食料生産にとって大切な肥料、その中でもリンを含む肥料とその原料であるリン鉱石について解説し、リンの農業利用の重要性について、皆さまのご理解とご関心を頂ければと思う。

## 農業への関心

47年前の1965年（昭和40年）から2008年までの日本の総人口と、農業人口および総人口に占める農業人口

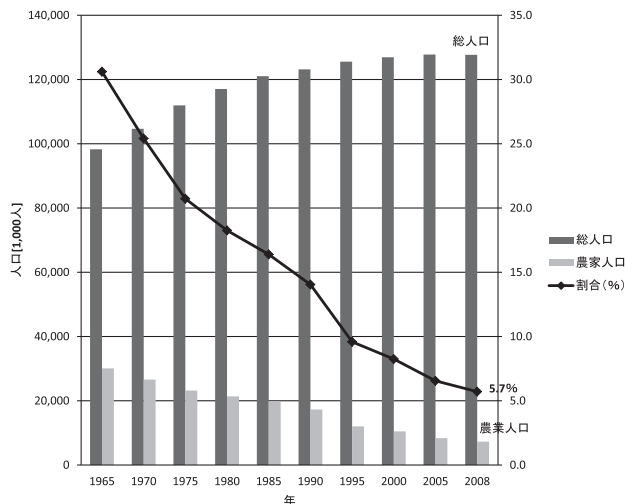


図1. 総人口に対する農業人口の推移 (1965-2008年)

注 通常肥料分野では「りん酸」「加里」と平仮名および漢字で表示し、肥料の種類も「過りん酸石灰」などの表示であるが、文中では便宜上カタカナで表記した。

の割合を図1に示した<sup>1)</sup>。増加する総人口に対して、農業人口は逆に減少の途をたどっている。その結果、47年前には総人口の30%を占めていた農業人口は、現在では5%台まで減少している。この数字から、農業で生計を立て農業に深い関心を持っている人の割合が、60年間で6分の1になったと言える。同時に農業就業人口の平均年齢が65歳以上であることを考えると、作物栽培に必要な肥料やその原料であるリン資源の将来について、強い関心を持つ人の数が少なくなっているのは、否めない事実かと思う。

一方、日常生活に深く浸透してきた電子機器の材料であるレアメタルやレアアースへの関心は、世界的に高まっている。2011年3月の内閣府「消費動向調査」によると、携帯電話の世帯普及率は92.9%（2人世帯）に達している。言いかえると、電子材料およびその原料の動向には10人中9人以上以上が関心をもつものに対して、農業への関心は17人に1人の割合しかいないといえる。かくして、日本は、農産物の輸出入額で世界一の農産物純輸入国となったと考えるのは早計であろうか。

## 栄養素としてのリン

表1に、動植物体を構成する主要な元素を示した<sup>2)</sup>。すべての動植物が表の通りとは言えないが、人間とキャベツとを比較しても、その構成元素はよく似ている。有機物を食料とする動物にとって、その糧となる植物と構

表1. 動植物の構成元素

元素	哺乳動物（標準人間）	植物（キャベツ）
O	43,000	428,000
C	16,000	397,000
H	7,000	56,800
N	1,800	43,000
Ca	1,000	40,800
P	780	4,490
K	140	24,700
S	140	16,000
Na	100	2,490
Cl	95	3,420
Mg	19	1,590

標準人間：生体重当たりの元素組成（g元素/生体重）、キャベツ：（mg元素/kg乾物）。

著者紹介 元小野田化学工業株式会社生産技術部（技術顧問）

成元素が類似するのは当然かもしれない。言いかえると、植物の栄養源(肥料)は動物の栄養源でもあるといえる。

注目すべきは、哺乳動物(人間)のP(リン)含有量がタンパク質を構成する炭素、酸素、水素および窒素についてカルシウムと共に多いことである。哺乳動物では、全リンの80%が骨を構成するヒドロキシアパタイトに含まれ、残りはDNAやRNAなどの核酸、筋組織などにおけるADPやATPなどのエネルギー物質や細胞膜の成分などとして存在する。

人間は、食物を摂取してリンを得ている。肉や野菜に含まれるリンは、もともと作物(飼料作物含む)が養分として吸収したものであり、その養分は土壌に本来存在していたものか、人工的に施肥されたものである。農地に施肥された肥料養分は、作物となって農地の外に持ち出される。そのため、養分は消費された分だけ、外から供給されなければならない。人為的な施肥が必要となる。肥料の効果を調べた馬鈴薯(ばれいしょ)の試験栽培結果の写真を図2に示した<sup>3)</sup>。無肥料区と無リン酸区の生育は、三要素をバランスよく施用した区に比べて、明らかに生育が劣り、可食部が小さく収量も少ない。

生物は、その誕生から生涯を終えるまでに、栄養素を摂取して増殖、成長、修復などを行うが、各栄養素のバランスが、動植物にとって大変重要である。肥料を使用する場合もバランスが大切であり、土壌中の窒素、リン酸、カリのうち、どれが欠けても作物の生育に支障がでる。また、主要栄養素以外にも、マンガン、ほう素、亜

鉛、モリブデンなどが微量栄養素として必要となる。

肥料の三要素の中で、「リン酸」と「カリ」は、鉱物資源に頼っており、これらは日本には産出せず、とりわけ「リン酸」は、施肥されても土壌に固定されて作物が吸収し難い形態となりやすい。そのため、リンは火山灰土壌が多く占める日本の畑作地では不足しがちな成分である。したがって、リン酸肥料およびその原料であるリン鉱石の確保は、農業生産と食料確保にとり重要な課題となる。

### リン資源の歴史的考察

わが国の化学工業は、明治に入って急速に発達するが、日本に初めてリン鉱石が輸入されたのは、1884年(明治17年)のことである。すなわち、高峰讓吉が米国サウスカロライナ州のリン鉱石4トンを持ち帰ったことに始まる。硫酸製造の発達とともに、リン鉱石に硫酸を作用させた過リン酸石灰が製造され、1906年(明治39年)にはリン鉱石の輸入量は10万トンに達した。わが国でも、1894年(明治27年)に宮崎県でリン鉱石が発見され、その後、1900年には肥料鉱物調査所が設立され国内のリン鉱石の調査が行われた<sup>4)</sup>。

リン鉱石の重要性については、1925年(大正14年)に発行された「磷鉍事情」<sup>5)</sup>の冒頭に「独り磷酸にありては未だ天恵なる埋蔵所が発見せられず、現在においては其の大部分をば限りある磷鉍石に仰ぐより外に途なき状態であるが、之を世界的に見て今俄かに前途を憂ふる……中略……。近時欧米諸国に於いては奨励金を交付し或いは懸賞等を以て肥料及び其原料関係を課りつつあります際、我が国に於いても日を追ふて緊急を告げつつある食糧問題、農村問題の解決上官民協力して……」とある。当時の不安定な世界情勢を背景として、肥料およびその原料であるリン資源確保の緊急性がうかがえる。またこの時代に、中国大陸や南太平洋の島々でリン鉱石の調査が行われ、現地の生活、地形、積出港の可能性まで綿密に調査が行われていたことには驚嘆する。

昭和に至って、太平洋戦争後半から戦後にかけて、日本はリン鉱石の輸入経路を断たれ、肥料生産ができなくなり、戦後の増加した人口を養うことが危ぶまれた。そこで、当時の政府は、占領軍司令部にリン鉱石の輸入許可を願い出て、北大東島やアンガウル島のリン鉱石の輸入が可能となり、リン酸肥料の生産によって食料の増産が可能となった。

その後、リン鉱石の輸入量は、昭和49年の378万トンまで増加の途をたどるが、昭和48年の第一次オイルショックの影響で、その後急速に減少することとなる。

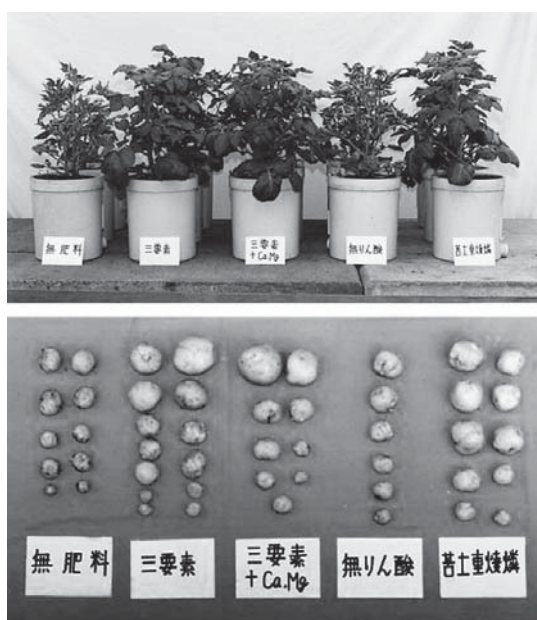


図2. 馬鈴薯(ばれいしょ)の試験栽培結果

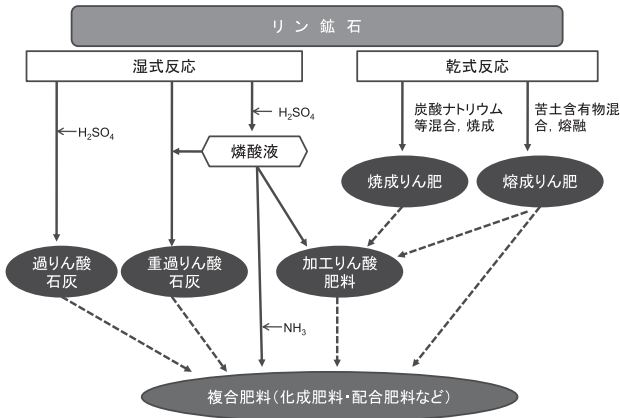


図3. リン酸肥料の製造法

リン鉱石からリン酸質肥料の製造

肥料中のリン源は、そのほとんどがリン鉱石である。リン鉱石は水に溶けず、弱酸にも溶けにくいいため、植物はリン鉱石中のリンをそのまま養分として吸収することはできない。そのため、リン鉱石を硫酸などの酸で分解するか、他の副資材を添加して溶融もしくは焼成して、リン鉱石中のリンを植物が吸収しやすい形態に変える必要がある。

図3に示したように、リン鉱石中のリンを有効化するためには、大別して湿式と乾式の2法がある。リン酸質肥料の生産における湿式法では、リン鉱石を硫酸、リン

酸、硝酸で分解して、燐酸液や過りん酸石灰、重過りん酸石灰、化成肥料などが製造される。一方、乾式法では、リン鉱石に副資材を添加して、焼成することにより、弱酸に可溶の熔成リン肥と焼成リン肥が製造される。前者の肥料中のリンは水に溶けやすく、後者は弱酸に溶解するが水には溶けない肥料である。一般的に、水溶性の肥料は即効性であるが土壌に固定されやすく、酸に可溶の肥料は遅効性で土壌に固定されにくい特徴を有する。その他、これら両方の特徴を兼ね備えた肥料として、重焼燐を代表とする加工リン酸肥料がある。

これらのリン酸質肥料は、他の窒素質肥料やカリ質肥料と配合され、複合肥料となる。また、リン酸液は、直接リン酸質肥料製造の原料として使われるか、アンモニアと反応させてリン酸アンモニウムとして化成肥料に使われる。

肥料取締法

肥料は、農作物の品質に影響を及ぼすために、原料および製造方法、成分などが厳しく管理されている。基本となるのが「肥料取締法」で、この法律では肥料の品質保全と公正な取引などを確保するために、それぞれの肥料の種類ごとに、公定規格が定められている。公定規格には、それぞれの肥料についての定義、主な成分の最小量、有害成分の最大量、その他の制限事項が定められており、該当しないものは、製造、輸入、販売を行うことができない。

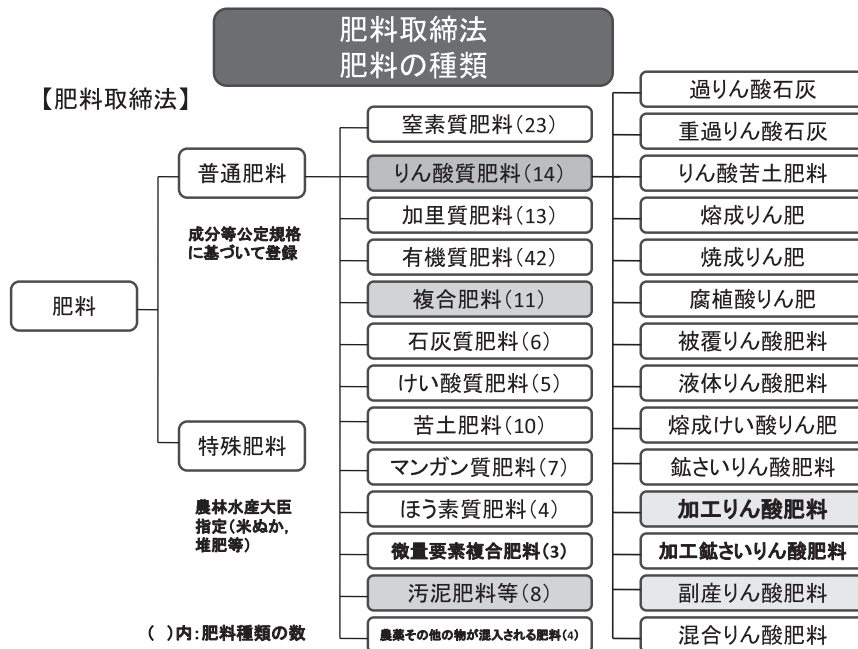


図4. 肥料の分類とリン酸質肥料の種類



図4に、肥料の分類とリン酸質肥料の種類を示した。肥料には、名称からその性状が分かる特殊肥料と、それ以外の普通肥料があり、特殊肥料は届出、普通肥料は登録が義務付けられている。普通肥料は要素別に窒素質肥料、リン酸質肥料、カリ質肥料などに区分され、それぞれ原料および製造方法などの違いにより、過リン酸石灰や重過リン酸石灰などと肥料の種類が定義づけられている。

また、肥料の生産管理も厳密に行われ、FAMIC（農林水産消費安全技術センター）による立ち入り検査があり、検査結果は実名で公表される。検査結果で、法に違反していた場合は、その違反内容により、懲役、罰金刑も規定されている。

2008年度の国内の肥料生産量は、特殊肥料が626万トン、普通肥料が1020万トンある。また、普通肥料の輸入量が188万トンであるので、国内で流通している肥料は合計1800万トンとなる。

### リン酸質肥料の需要

国別のリン酸肥料消費量（化成肥料含む）を図5に示した<sup>6)</sup>。人口の多い国ほどリン酸肥料の使用量が多く、中国、インドの発展途上大国での使用量が突出して多い。農産物の輸出額の多いアメリカ、ブラジルがそれに続いている。

近年、中国は、すでに農産物の輸入額が輸出額を上回り、農産物の輸入国となっている。そのため、農業生産の向上を目指して肥料の内需拡大に応えるため、輸出を減

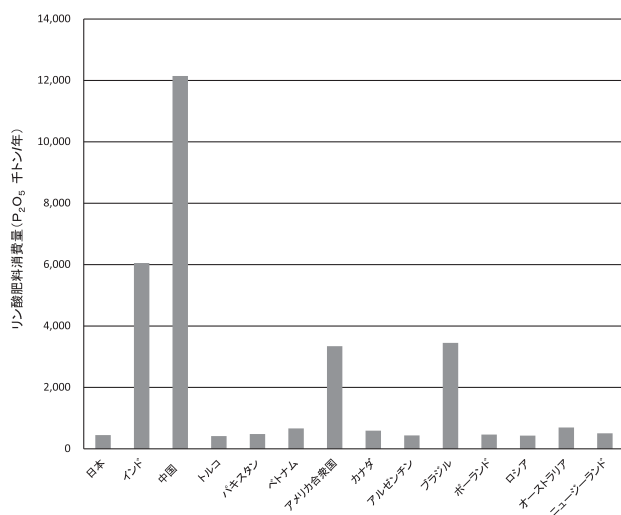


図5. 国別リン酸肥料の消費量の比較 (2008年)

らし自国のリン資源確保を優先する政策をとりつつある。

### 産出国の輸出規制と未利用資源

1996年、それまで日本がリン鉱石の多くを輸入していた米国は、リン鉱石を戦略物資として輸出を禁止した。そのため、日本の主なリン鉱石輸入相手国は、米国から中国へと移った。しかし、2008年、中国はリン鉱石の産地である四川省で大規模な地震が発生して採掘が困難になったこともあり、120%の特別輸出関税をかけ、リン鉱石の価格高騰と、リン酸質肥料の供給難を招いた。その後、関税率が緩和され価格はいったん下がったものの、2010年12月には再び中国は、化成肥料の代表ともいえるリン酸アンモニウムに対して、突然110%の特別関税を需要期間に区切って課した。

2008年のリン鉱石価格の高騰は、関係者に大きな衝撃を与え、中国以外の産地で、それまで実績の乏しいロシア、ベトナム、ペルーなどから、リン鉱石が輸入された。現在でも、リン資源の安定な供給先探しが続いていることをみると、明治・大正・昭和における「燐鉱事情」の歴史が繰り返されているといっても過言ではない。

一方、人間活動にともない発生する下水汚泥と鉄鋼スラグに含まれるリンだけでも、国内にリン鉱石として輸入されているリン量に匹敵する<sup>7)</sup>。これまで、活用されずに廃棄されていた未利用リン資源を有効利用するための技術の開発は行われているが、まだ完全な実用化には至っていないのが現状である。

生命にとり欠くことのできないリン資源を、リン鉱石の産出国が困り込みに動く中、わが国はリン資源をすべて輸入に頼っている。今後、国民がリン資源問題への関心を高めることは、世界的な人口増加やリン需要増加によるリン需給逼迫に備えるための第一歩と考える。

### 文 献

- 1) 農林統計協会：ポケット肥料要覧, 農林統計協会 (2009).
- 2) 浅見輝男ら訳：環境無機化学-元素の循環と生化学, 博友社 (1984).
- 3) 小野田化学工業(株)提供
- 4) 産業技術総合研究所：地質ニュース378号, 実業公報社 (1986).
- 5) 阿層八和太：燐鉱事情, 東洋製糖東京出張所 (1927).
- 6) <http://www.stat.go.jp/data/sekai/04.htm#h4-10>
- 7) 横山一代ら：鉄と鋼, **92**(11), 683 (2006).