

海外農業開発

MONTHLY BULLETIN OVERSEAS AGRICULTURAL DEVELOPMENT NEWS

1979 11

- ASEAN工業プロジェクト 円借を得てスタート
- フィリピンでオイルパーム栽培事業が進展
- 中国土壌とリン酸肥料問題

社団法人 海外農業開発協会

目

次

1979—11

海外の動き

- ASEAN工業プロジェクト インドネシア尿素、円借を得てスタート…… 1
- フィリピン・ミンダナオ南部 オイルパーム栽培事業が進展…………… 2
- アジア合板製造業者、木材生産者に適正価格設定などで合意…………… 3
- インドネシアに世銀融資 ニュークレアス・エステート方式の農業開発…… 3
- タイのキャッサバ製品輸出大幅減…………… 4

国内の動き

- 植物新品種保護条約に署名…………… 5
- 政府、インドネシア再植林センターなどに経済協力…………… 6

資 料

- 中国土壌とリン酸肥料問題…………… 7

海外の動き

ASEAN工業プロジェクト インドネシア尿素、 円借を得てスタート第2次計画に紙パルプ工場

10月22日、海外経済協力基金による330億円の円借款について、日伊両国代表が交換公文に署名したことで、ASEAN工業プロジェクトの1つ、インドネシアの尿素工場計画が着工する。これは同プロジェクトの具体化第1号。同借款は77年8月、福田総理（当時）がASEAN首脳と会談した折、ASEAN工業プロジェクトに対する援助を約束したことに端を発する。

尿素工場は、北スマトラのアチェに天然ガスを原料としてアンモニア1,000トン、尿素1,700トンを日産する規模のもの。総工費は3億1,300万ドル。うち過半を日本が融資する。融資機関は、経済協力基金が330億円、日本輸出入銀行が145億円。

工場の運営はASEAN5カ国出資の合弁会社が行なうことで、本年4月、ASEAN Ache Fertilizer 社を設立した。同社資本金は9,390万ドル、各国の出資比は、インドネシア60%、マレーシア、タイ、フィリピンがそれぞれ13%、シンガポール1%。

工場建設工事は、一括請負業者を選定することで本年10月に国際入札を行なった。伝えられるということによると、応札業者は日本5社、インドネシア4社、韓国3社、フィリピン1社。インドネシアのPUSRI（国営肥料会社）と日本プラント協会がテクニカル・アドバイザーに指定され、現在選定に協力中とされる。

また、各国（シンガポールを除く）で準備が進められている工業プロジェクトに引き続き第2次プロジェクトとしてASEAN各国は、シンガポール

を除く4カ国に紙パルプ一貫工場を建設することで合意、FAO（国連食糧農業機構）に予備調査を要請する予定。

工場建設地は、タイ北部、フィリピン・ミンダナオ島北部、インドネシア・スマトラ島北部、マレーシア・テメルロで予定され、詳細計画はFAO調査結果をもって検討される。ASEANプロジェクトは域内国間の工業相互補完を目的としたものだが、第2次プロジェクトでは4国の各工場をそれぞれ専門化し、同目的を達成する構想。補完は製品面では新聞用紙のように同時生産になるものもあるとみられ、パルプ材料の面で相互供給する形になると考えられている。

フィリピン・ミンダナオ南部

オイルパーム栽培事業が進展

フィリピン・ミンダナオ南部で民間によるオイルパームの栽培事業が進展をみせている。

同事業は、Amoil Inc.が実施するもので、現在150haのオイルパーム園をもち、このほど、民間金融機関 Private Development Corporation of the Philippinesより100万ペソの融資を得て200haの栽培規模拡大に取り組むことになった。

Amoil社の既存栽培パームは、3年前より結果開始、ha当りの生鮮果房収量76年8.5トン、78年9.9トンで本年は22万トンにまで増大することが見込まれている。農園所在地は、サルタン・クダラット州タクルング。農園から数km離れたところにKenram Phils., Inc.の経営する搾油工場があり、Amoil社の収穫物は、全量同工場で処理されている。なお、Amoil社は、オイルパーム栽培のほか、ラミー、ゴム樹も事業対策にとりあげている。

これまで同国ではココナッツが伝統的に広く栽培されてきたこともあって、

オイルパームへの関心はうすく、栽培収益性を疑問視する向きもあった。PDCPの融資は、Amoil社の収量成績が良好なことが承認要因となっている。またマレーシアでオイルパーム農園を経営するダンロップ社も、ミンダナオでオイルパーム栽培事業の計画を進めていることもあり、ミンダナオでのオイルパーム栽培は商業ベースに乗る可能性は高いとみられている。

アジア合板製造業者会議

木材生産者に適正価格設定要請などで合意

第6回アジア合板製造業者会議（APMC）が10月8日から4日間ジャカルタで開催され、合板産業が直面する諸問題について協議した。

同会議での合意点は①効率的な木材加工法の研究開発に努力する②木材生産者が組織する東南アジア木材生産者協会に対し、木材価格の適正設定を要請する——など。

APMCには、ASEAN5カ国、インド、オーストラリア、ニュージーランド、台湾、韓国、日本が加盟している。

インドネシアに世銀融資

ニュークレアス・エステート方式の農業開発

インドネシアのニュークレアス・エステート方式による農業開発事業への世銀融資が決まった。

同事業は、南カリマンタン、スマトラの国営農場の直営農園を核に周辺住民による小規模農業を振興させ、地域開発を進めようとするもの。事業対象は3国営農場と1万2,000人の農民、移住民。総経費は1億5,250万ド

ル相当額、うち世銀融資は9,900万ドル（年利7.9%、6年据置きを含む20年返済）。ニュークレアス方式の農業開発に対する世銀融資は、本件で3度目。事業概要は次の通り。

○南カリマンタンの国営農場（PTP×VⅢ）

国営農場の拡大＝4,000 haの直営ゴム園開発、ゴム加工場建設、生産材供給の強化、周辺開発＝1万2,000 haの小規模ゴム園開発、4,000 haの移住民による食糧作物開発

○スマトラ・ジャンビの国営農場（PTPVI）

1万6,000 haの小規模ゴム園開発、移住者への生産材供給の強化

○スマトラ・アチェの国営農場（PNPI）

国営農場の拡大＝9,000 haのゴム園開発、5,000 haのオイルパーム園開発、ゴム加工場の建設、パーム油工場の規模拡大

なお、同事業計画には生態学的配慮から①急傾斜地にはゴム樹を植え、豆科植物をカバークロップとして導入する②食糧作物栽培は、平坦地か微傾斜地に限定し焼畑栽培をやめさせる——などの点がとり入れられている。

タイのキャッサバ製品輸出大幅減

インドネシアが追い上げ

本年のタイのキャッサバ製品輸出は前年に比べ大幅に減少することが明らかになっている。

タイ貿易庁の発表によると、本年1～9月間の輸出は326万トンで、前年同期の460万トンに比べ激減。10～12月期の輸出は、約85万トンと見込まれ、本年全体では410万トン、100億バツと前年の629万トン、108億バツに比べ量で35%、額で8%下回る見通し。

キャッサバ製品のうち、キャッサバ澱粉は輸出量の多くを日本に仕向けて

いるが、このところ日本市場ではインドネシア産に押されぎみという。Bangkok Post（10月30日付）によるとインドネシア産のキャッサバ澱粉は、タイ産に比べ品質的に劣るが、最近品質向上努力を進めていることや、価格がタイ産よりも低いことで、対日輸出が増えている。タイのキャッサバ澱粉の対日輸出量は、1～9月期で3万9,000トンで、去年同期7万トンの約半分、本年の輸出目標12万トンを達成するのは不可能。

国内の動き

植物新品種保護条約に署名

日本政府は10月17日、ジュネーブで開かれた植物新品種保護国際同盟（UPOV）総会で、植物の新品種保護に関する国際条約に署名した。

UPOV条約は、植物の新品種育成者の権利を国際的な統一規則に基づいて保護することを目的に1961年に締結され、その後、72年、78年に改訂されてきた。育成者の権利が保護されるための条件、保護される権利の内容、同盟の結成、同盟国の国民の他の同盟国での内国民待遇について規定している。保護期間は15年（永年作物は18年）。

現時点での条約署名国はイギリス、アメリカ、フランス、西ドイツ、イタリア、スイス等13カ国で、いずれの国も批准していないため改訂条約は発効していない。

※日本政府は1947年以来、農産種苗法に基づき新品種苗の名称登録制度を実施してきたが、種苗流通の国際化に対応、UPOVに加盟することとし、78年12月、農産種苗法を発展解消し、種苗法を制定した。

政府、インドネシア再植林センターなどに経済協力

最近決まった農業分野の政府経済協力は次の通り。

(円借款)

インドネシア ASEAN工業プロジェクトとしてアチェに建設する尿素肥料工場建設に必要となる330億円のアンダイド借款。条件は年利2.5%、7年据置き後18年返済。

(無償資金協力)

インドネシア カリマンタンのサマリダに熱帯降雨林の更新技術に関する研究開発のための再植林センターの新設に必要となる315億円を限度とする建設・機材購入経費。

(食糧増産援助)

タンザニア 5億円を限度とする肥料購入経費。

インド 10億円を限度とする灌漑施設建設用機械の購入経費。

バングラデシュ 23億円を限度とする肥料および灌漑施設建設用機械の購入経費。

スリランカ 18億円を限度とする肥料および農業機械の購入経費。

ビルマ 20億円を限度とする肥料の購入経費。

(食糧援助)

インドネシア 450万ドルを限度とするタイ米、ビルマ米の購入経費。



中国土壤とリン酸肥料問題

新潟大学名誉教授 川瀬金次郎 訳

本文の原著は「中国土壤」で、中国科学院南京土壤研究所主編 B 5 版 729 頁全 3 編 48 章 1978 年 3 月に刊行された。本文は上記原著の第 2 編第 12 章「土壤磷素」P 376～391 の和訳である。便宜上題名は「中国土壤とリン酸肥料問題」に変更。訳者は中国農学会に招待され、1978 年 9 月 10～24 日訪中、北京、長春、公主嶺、瀋陽の農学関係教育研究機関を視察し、曾て中国滞在中に知己となった古い老朋友たちと 25 年振りに再会した。この際瀋陽の中国科学院林業土壤研究所・副所長宋達泉教授からこの原著を贈られた。

この原著は現在の中国土壤に関し、きわめて詳細に土壤の種類、利用、改良、肥力について解説してある。

土 壤 リ ン 酸

1 主要土類のリン酸状況

(1) 主要土類のリン酸含量 (後記参考文献 1-6)

地殻のリン酸平均含量はほぼ 0.28% (P_2O_5 として計算、以下同じ)。しかし我国南海諸島の土壤が鳥糞堆積の影響で、全リン酸含量がとても高いのを除いて、大多数土壤のリン酸含量 (表土を指す。以下同じ) はいずれもこの数値より低く、変動幅もとても大きい。例えば広東浅海に沈積発達した磚紅壤とある種の花崗岩から発達し侵蝕された紅壤の全リン酸は 0.01% 以下と低く、また全リン酸含量最高土壤は 0.4% 以上である。一般的にほぼ 0.04～0.25% で変動している。以下我国各主要土区の全リン酸含量について概説しよう。

1 南嶺以南丘陵と平原区 (広東、広西、

雲南、福建等の省 (区) の南部と台湾省南部を含む)

主要土壤型は磚紅壤である。この区の風化度は極めて強烈、多くは強酸性反応、我国土壤で平均リン酸含量が最も低い地区である。玄武岩から発達した磚紅壤は全リン酸が比較的高く、0.08～0.17% である。珠江三角洲沖積層母材で発達した水稻土 (潮泥田等) の全リン酸は 0.10～0.16% で、肥力が比較的高い土壤類型である。

2 南嶺以北、長江以南丘陵区、湖南、江西、浙江三省の大部分を包括する丘陵地区

主要土壤類型は紅壤と紅壤に発達した水稻土である。丘陵区の第四紀紅色粘土に発達した紅壤および紅壤に発達した水稻土 (紅土田)

現在訳者は菅野一郎博士と協力して全文の日文訳を進めていて、博友社で出版する予定になっている。

の全リン酸は0.04~0.08%である。ある種の成熟度の比較的高い水稻土は全リン酸が0.1~0.13%に達している。平原地区湖積物に発達した水稻土は0.1~0.2%に達している。

3 雲貴川地区

貴州の大部分、雲南の中北部と四川の一部を包括する塩基性母材に発達した紅壤と黄壤で全リン酸は0.1~0.2%、あるものは少し高い。その他の母材に発達した紅壤と黄壤もある面積を占め、全リン酸は0.04~0.1%である。四川盆地と雲貴高原北部の紫色土（母材が紫色岩風化物）全リン酸は0.1~0.15%である。

4 江淮丘陵平原区

秦嶺、淮河以南長江にいたる沿岸丘陵と沖積平原を含み、主要母材は黄土と江、河、湖沖積物である。黄土に発達した黄棕壤、黄剛土、白土などは全リン酸が比較的低く、0.05~0.12%である。長江中下流平原では比較的高く、大多数は0.1~0.16%、高いのは0.19%以上である。

5 華北、淮北、遼寧南部地区

華北平原、淮北平原、関中平泉および膠東半島と遼東半島丘陵区を包括する。母材は種々の程度で黄土の影響を受けている。全リン酸は0.12~0.16%、高いのは0.24%、低いのは0.07%である。華北平原沖積物に発達した黄潮土は全リン酸は0.1~0.15%である。関中盆地黄土を母材に発達した塋土は0.1~0.16%、黄土高原黒塋土、黄綿土は0.11~0.18%、淮北地区の砂姜黒土は0.11~0.22%である。

6 東北地区（黒龍江、吉林と遼寧の北部地区を含む）

母材は主に黄土性沈積物。全リン酸は比較的高く0.14~0.35%である。その中で黒土は0.10~0.22%、白漿土は0.14~0.30%、しかし往々として10cm以下は極端に低い。ある種の炭酸塩黒土の全リン酸は低く、0.08~0.1%にすぎない。未墾黒土と白漿土は既墾地に比較して高い。

7 内蒙古と寧夏地区（内蒙古の東南、中南部、陝北、晋北と銀川平原を包括する）

主として栗鈣土、灰鈣土、黄綿土と潮土など、母材は大多数は黄土性沈積物である。全リン酸は0.16~0.30%、ある種の土壤では0.07%と低い。銀川地区の黄河沖積母材に発達した淡栗鈣土がそれである。黄河淤灌（灌漑）区土壤は0.17~0.24%である。

8 新疆と甘肅河西廊下地区

耕作土壤の主要部分は山麓洪積沖積扇状地と河流三角洲である。漠土、緑洲灰土の全リン酸は比較的高く、0.15~0.3%である。緑洲土は主として洪水で大量の泥砂が流出して造成した農田で、全リン酸は0.12~0.15%内外である。

上述の各主要地区土壤のリン酸含量から見ると一地区の変動幅がすべて著しく大きい。これは全リン酸が母材、耕作施肥、侵蝕および土壤化作用によって深刻に影響されるからである。しかし土壤のリン酸含量の範囲（表2・12-1）から見ると一定の地帯性分布規律がある。大体において南から北にいたるにつれて漸増の傾向があり、東から西にいたるにつれてもいくらか増加している。

(2) 土壤リン酸分布の局地的変異

土壤リン酸の移動はきわめて微弱である。しかし長期の土壤化作用とその利用過程により土壤リン酸が大きな地帯性差異を生じるのみならず、局地的にも溶脱、沈澱、人為的活動により新しく分布しなおしている。生産隊の区域内でリン酸肥料の肥効に顕著な差異を示している。丘陵地区でこの種の局変異が顕著である。図2・12・1は低丘陵地のリン酸の局変異を示している。すべて黄土母材に発達した土壤、100~200mの小範囲だが、リン酸状況に明らかに差異がある。したがってリン酸肥料の効果にも顕著に反映している。この種の局変異がおこる原因は主として異なる地形における耕作施肥などの利用方式と侵蝕が異なることである。平原地

表2・12・1 我国土壤耕作層のリン酸含量

土 壤 類 型	地 区	土 壤 母 材	一般リン酸含量の 範囲(P_2O_5)
磚紅壤	広東雷州半島と海南島	花崗岩、砂頁岩	0.03-0.06
		玄武岩	0.08-0.17
紅壤及紅壤の発達した 水稻土	江西、湖南丘陵地区	第四紀紅色粘土、紅砂岩	0.04-0.08
黄棕壤、白土	江蘇寧鎮丘地区	下蜀黄土	0.05-0.12
棕壤、黄壤土	山東、遼寧	黄土性沈積物	0.1 -0.2
黒土、白漿土	黒龍江、吉林	黄土性沈積物	0.14-0.35
黄潮戸	華北平原	黄、堆河冲積物	0.1 -0.22
黄綿土、黒埴土、塋土	陝西、山西黄土高原	黄土	0.12-0.16
淤潮土	寧夏	黄土性沈積物	0.17-0.24
風蝕漠境土	新疆吐魯番	古代冲積物	0.23-0.26

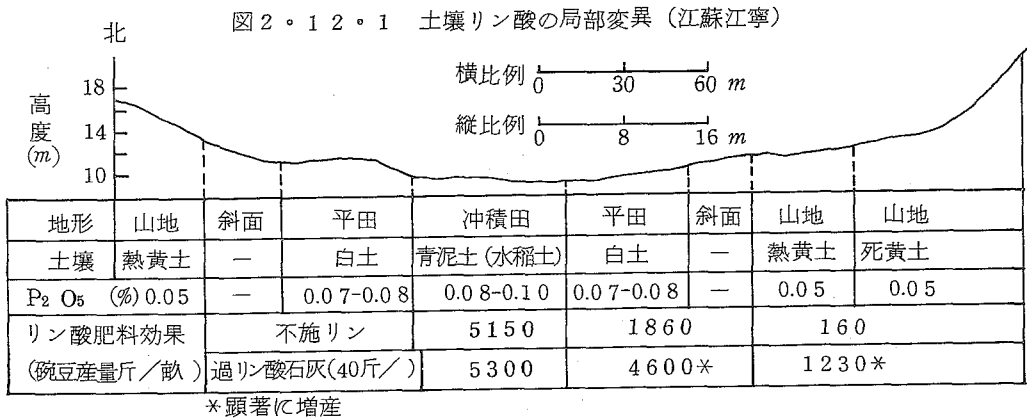


表2・12・2 リン酸肥料効果の局部変異 (1962-1963年小麦産量⁽⁸⁾)

処 理	村 辺		村からの距離200m		村からの距離380m	
	(斤/畝)	相 対 値	(斤/畝)	相 対 値	(斤/畝)	相 対 値
対 照	396	100	125	100	72	100
P	393	99	137	109	124*	172
N	433*	109	212*	169	69	96
NP	432*	109	167*	213	192*	267

注1. * 1%危険率で有意

注2. 1斤は500g、1畝(△)は0.0666ha、以下につづく表もすべて同じ

区ではこの種の局部変異は丘陵地区ほど明らかではない。しかし長期の耕作施肥の相違によってもリン酸の局部変異がおこる。一般的には比較的大きな部落を中心として同心円的に養分の変異を形成する。表2・12・2が典型的な一例である。

(3) 土壤全リン酸含量のリン酸供給における意義

久しい以前から人々は土壤の全リン酸含量は決して土壤へのリン酸供給レベルの適切な指標にできないことを発見している。これは土壤のリン酸が大部分遅効性で存在することによる。さらに土壤の有効リン酸と土壤の全リン酸は往々にして決して相関しない。しかし人々も土壤全リン酸が高い時にはリン酸が十分に供給される意味ではないけれども土壤の全リン酸が低い時には却ってリン酸供給が不足していることを意味する可能性があることに注意している。

多くの省区ではすべて土壤の全リン酸があるレベルまで低くなると、往々にして土壤リン酸の供給不足があらわれる。浙江の資料⁽⁹⁾によると土壤の全リン酸が低くなり、0.09%の時にはリン酸肥料が緑肥油菜、小麦に対し顕著な効果がある。江西の資料では全リン酸が低く、0.1%になるとリン酸肥料が各種作物に対してすべて増産になる。0.04~0.06%で水稻が30%前後増産し、0.06~0.1%で水稻は15~30%増産する。四川、広西、広東の研究で全リン酸が0.02~0.045%の時、リン酸肥料はあらゆる作物に対し顕著な肥効を示す。明らかに土壤の全リン酸の存在形態、土壤pHなど一連の因子に関連している。各地で実施した多くの研究で、土壤全リン酸のリン酸供給上の意義について一応の評価ができるようになった。表2・12・3は我国の164箇所の各地における大圃場リン酸肥料試験の結果（異なる作物を含む）についての頻度統計である。

表2・12・3 土壤全リン酸含量とリン酸肥料の肥効

土壤全リン酸含量(P ₂ O ₅)	<0.08	0.08—0.10	0.10—0.12	>0.12
試験数	43	38	16	67
リン酸肥料有効数	40	30	8	25
リン酸肥料増産顕著でない数	3	8	8	42
増産率(%)	93	78	50	37

この表から0.08~0.10%が一つの限界であるらしい。この限界以下では大多数の場合リン酸肥料が増産効果を示している。この限界以上ではリン酸肥料が往々にして土壤リン酸の状況、作物の種類、気候条件などの因子の相違で異なる反応を示している。

(4) 土壤の有効性リン酸に関して

土壤の有効性リン酸のレベルは土壤リン酸供給レベルの指標の一つである。しかし土壤の有効性リン酸の科学的意義が未だもう一步

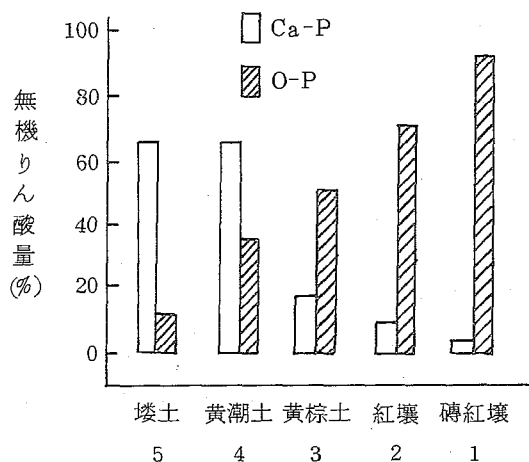
明確になるのが待たれること、さらに土壤の有効性リン酸のレベルと気候条件、作物種類と土壤のその他の性質とが密切に関連していることから、目下は土壤の有効性リン酸のレベルを一つの絶対数値とみるよりも一つの相対数値と見る方がよらしい。同一土壤に対し異なる方法で測った数値が数倍あるいはその上の差を示す事実から、土壤の有効性リン酸は一つの経験的数値だけと思ふべきである。しかし、一定条件の下で適切な有効リン酸を

表 2・12・4 我国数種土壤の無機・リン酸の形態組成

土 壤 名 称 (土壤母材)	標 本 数	pH	含 量 * (P_2O_5 , ppm)				相 対 値 (%)			
			Al-P	Fe-P	Ca-P	O-P	Al-P	Fe-P	Ca-P	O-P
1. 磚紅壤及赤紅壤 (玄武岩、花崗岩)	14	4.5-5.5	痕迹-13.1	25.2-129	6.9-35.3	414-1193	0-1.5	25-14	0.9-53	84-94
2. 紅壤 (第四紀紅色粘土)	6	4.5-5.5	2.3-52.2	115-245	14.2-143	483-742	0.3-5.7	1.5-26	1.5-16	52-83
3. 黄棕壤 (下蜀黄土)	4	6-7	68.2-136	330-481	195-259	600-1056	3.7-10	25-27	13-20	45-57
4. 黄潮土 (黄淮河冲積物)	3	7.5-8.5	25.2-57.9	痕迹-10.8	831-1058	447-522	1.6-4.1	0-0.7	63-65	31-35
5. 塋土 (黄土)	3	8-8.5	50.4-115	0-9.2	889-1053	160-295	3.4-6.9	0-0.5	61-71	12-20

* Al-P、リン酸アルミニウム（吸着態を含む）塩 : Fe-P、リン酸鉄塩 : Ca-P、リン酸石灰塩 : O-P、吸蔵態リン酸（酸化鉄膠質被膜で包まれたリン酸塩）

図 2・12・2 リン酸石灰塩と吸蔵態リン酸含量と土壤風化程度との関係



測定する方法を用いる時には施肥の参考にできる。我国の各地の資料により現在比較的成功している方法はこの石灰質土壤には0.5M $NaHCO_3$ 法⁽¹⁰⁾、1% $(NH_4)_2CO_3$ 法を応用できる。中性と微酸性の畑地と水稻土には0.5M $NaHCO_3$ 法と0.025N HCl + 0.03 NNH_4F 法⁽¹¹⁾を用いることができる。

浙江では0.3N $NaOH$ + 0.5N $Na_2C_2O_4$ 法⁽¹²⁾が水稻土で比較的良好な結果を得た。0.002N H_2SO_4 (pH3) 法⁽¹³⁾も試用できる。高度に風化した酸性土壤に対しては0.1N HCl あるいは0.1N HCl + 0.03N NNH_4F 法を用いることができる。

2 土壌リン酸の形態、転化および作物栄養上の意義

(1) ある土類中の無機リン酸の形態

土壌中におけるリン酸の存在形態およびその相対量と土壌の発達程度は密接な関連がある。

表2・12・4は我国のいくつかの土壌類型中の無機リン酸の組成である。5種の土壌類型(表2・12・4)の風化程度はほぼ次の順序である。磚紅壤>紅壤>黄棕壤>黄潮土>瘠土。これらの土壌は無機リン酸の形態組成に3種の異なる情况がある。第1類は風化度が著しく高い磚紅壤と紅壤、その特徴は吸蔵態リン酸が主要比重を占め、最高は無機リン酸の90%以上を占める。非吸蔵態リン酸ではリン酸鉄塩が主、リン酸石灰塩とリン酸アルミニウム塩は比較的少ない。第2類は風化程度が比較的低い石灰性反応の黄潮土と瘠土、その特徴はリン酸石灰塩が著しく大きい比重を占める。一般に無機リン酸総量の約60~70%を占める。鉄、アルミニウムのリン酸塩含量は比較的少なく、また鉄塩はアルミニウム塩よりもはるかに少ない。第3類は黄棕壤、土壌の発達上は過渡類型に属している。リン酸の形態組成からも過渡性をそなえている。表2・12・4の結果では吸蔵態リン酸塩と、リン酸石灰塩の平均百分率は土壌の風化順序による作図で、土壌の風化が進むにつれてリン酸石灰塩が減少、吸蔵態リン酸塩が増加していることがハッキリわかる。

(図2・12・2)。

(2) リン酸の土壌中における転化

水溶性リン酸肥料の土壌中の転化はすこぶる複雑な問題である。この種の転化は2種の類型に帰納できる。一種は鉄、アルミニウムが規制する転化体系、主として我国南方の酸性と微酸性土壌に出現する。別の一種は石灰と苦土が規制する転化体系、主として我国北方の石灰性土壌と中性土壌、長期間石灰を施用した酸性土壌に出現する。土壌の風化過程

中、リン酸肥料が酸性土壌に施用されてから、リン酸転化の最終産物は安定した“リン位”¹⁾の難溶性粉紅リン鉄鋳あるいはその同晶系列である。しかし条件が変わると反応が反対方向に進む可能性がある。以下粉紅リン鉄鋳を例(図2・12・3)として難溶性リン酸塩が酸性土壌中で転化する情况进行を説明する。図2・12・3は粉紅リン鉄鋳と無定形リン酸鉄が異なるpH溶液中の溶解曲線(a)と施用した酸性土壌が異なる条件で培養された以後の転化過程(b、c)である。粉紅リン鉄鋳は一定条件下、固定作用と反対の方向に転化する可能性を示している。この種の転化の条件は湛水と有機物の存在である。湛水は土壌pHの上昇を起し、リン酸鉄の加水分解を強める。又湛水は酸化還元電位を降下させ、リン酸根と結合した多価鉄を還元し、そのためリン酸を活性化して解放する。3種の溶解曲線から見て、ただpHの上昇だけに頼って大量のリン酸を加水分解して解放させることは困難である。図(c)は粉紅リン鉄鋳の活性化過程が主として湛水還元作用の影響を受けていることを示す。この種の転化は我国の紅黄壤地区の水稲土に対するリン酸供給状況を改善するためきわめて重要な意義がある。

(3) 異なる形態のリン酸の作物栄養上の意義

我国の南方に大面積に存在する酸性土壌ではリン酸の形態は主としてリン酸鉄である。水稲土では江湖沖積物あるいは石灰岩を母材として発達した土壌にリン酸石灰が比較的高いのを除き、そのリン酸鉄含量は非吸蔵部分の50~80%に達している。同位元素 P^{32} を応用した研究で、江蘇の黄棕壤から発達した水稲土、江西の紅壤から発達した水稲土、広東の磚紅壤から発達した水稲土と広西の石灰岩区の水稲土など7種土壌で異なる生育期にイネが吸収する同位元素リン酸量で計算した“A値”²⁾と非吸蔵態リン酸塩総量は著しく高い相関がある(表2・12・5)。

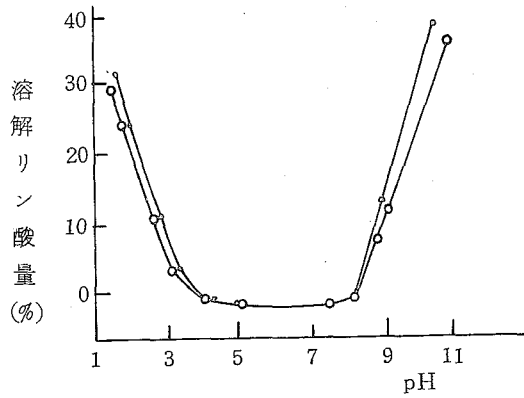
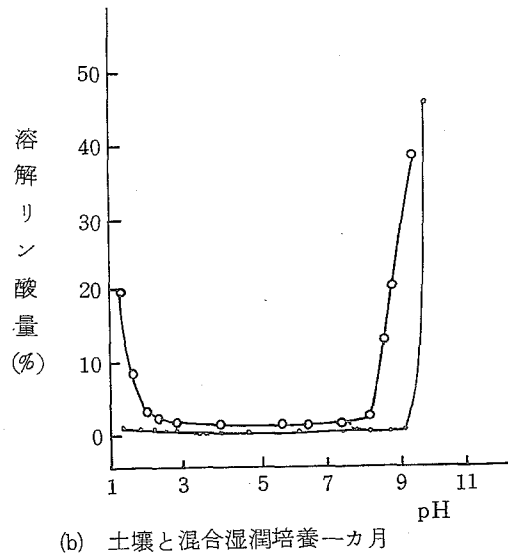
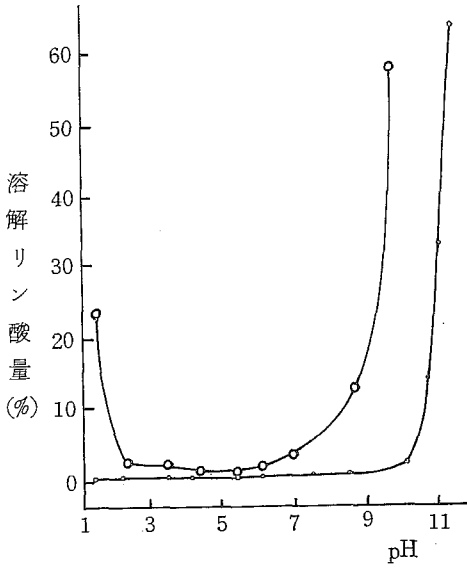


図 2・12・13 粉紅リン鉄鉱と無定形リン酸鉄の酸性土壌中の転化
(異なる pH 溶液の溶解曲線)

○ ——— ○ $\text{FePO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ △ ——— △ $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

表 2・12・5 南方数種水稻土中の各級形態リン酸塩と水稻の異なる生育期“ A ”値との相関係数

リン酸塩形態	分 け つ 初 期	分 け つ 盛 期	成 熟 期
吸蔵態リン酸塩	0.31	0.31	0.23
非吸蔵態リン酸塩	0.96*	0.95*	0.98*
リン酸鉄	0.87	0.86*	0.95*
リン酸アルミニウム	0.39	0.29	0.28
リン酸石灰	0.69	0.71	0.65

* 1%危険率で有意

注 1) “リン位”は土壌リン酸の活性を示す一つの指標である。

2) 同位元素 P^{32} による生物試験で得た土壌有効リン酸を“A”値と称す。

その中でまたリン酸鉄との相関が最も顕著である。一般には“A”値が土壌の有効リン酸レベルのよい指標と認められている。これは水稻土のリン酸鉄化合物が水稻のリン酸栄養に相当重要な意義をもつことを表明している。 p^{32} をつかって人工的に合成した異なる結晶形のリン酸鉄で実験したところ、活性が著しく大きい無定形リン酸鉄 ($FePO_4 \cdot xH_2O$) あるいは安定“リン位”の粉紅リン鉄鉱 ($FePO_4 \cdot 2H_2O$) を含むものも直接作物のリン酸源に使うときは、水稻の生産量と吸収リン酸の総量はほとんど完全に一致し、水溶性リン酸源の場合に比較しはなほだしい時にはやや高くなっている。しかし、二者の畑作粟に対するリン酸供給能力の差異はかえってきわめて顕著である。これは湛水条件では無定形と結晶形のリン酸鉄はいずれも水稻のリン酸栄養の給源になり得るが、しかし畑作条件ではただ無定形リン酸鉄だけが良好なリン酸供給作用をもっている。紅壤から発達した水稻土の圃場試験⁽¹⁵⁾で大量の非吸蔵態リン酸鉄化合物を含む水稻土では同一条件でリン酸肥料の畑作に対する肥効は水稻にくらべてはるかに顕著である。全田畑輪作でリン酸肥料は先づ畑作に施用すると、その作季に顕著な肥効を示すだけでなく、つぎの作季の水稻への残効

もきわめて顕著である。しかし、先づ水稻に施したリン酸肥料はつぎの作季の畑作には残効がかえってとても少ない。このことから南方のリン酸鉄を主とする土壌で水稻を中心とする田畑輪作では正確なリン酸肥料の施用原則は“旱重水軽”(畑を重視し、水稻を軽視する)であるべきで、リン酸肥料は重点的に畑作に施用し、水稻にはリン酸肥料の施用基準により適当に少なくし、あるいは施用しなくても良いと思われる。表 2・12・5 は水稻土の非吸蔵態のリン酸アルミニウムあるいはリン酸石灰と“A”値の相関性はすべて顕著でない。しかし、簡単にその有効性が必ず鉄のリン酸塩類よりも低いと認め得ない。非吸蔵態リン酸塩総量と“A”値の相関係数がリン酸鉄よりも大きいというこの一現象からもこれらの水稻土でアルミニウム、石灰リン酸塩の有効性は鉄のリン酸塩よりも低くなればかりか、はなほだしいはいくらか高いからである。しかし、これらの水稻土ではリン酸鉄はきわめて優勢だから、きわめて小部分のリン酸アルミニウムと石灰塩が全体のリン酸供給作用をカバーし、相関性を示しにくくしている。したがって、総じて南方の酸性と中性の水稻土では非吸蔵態リン酸塩が鉄、アルミニウム、石灰および少量の吸収態リン酸塩も含め、水稻のリン酸栄養の有効な給源と認めることができる。畑地土壌に対するアルミニウム、石灰リン酸塩の有効性は母材、地質、pHなどの因子で異なる。一般にはリン酸ア

ルミニウム塩と土壌のリン酸供給レベルは比較的良好な相関性⁽¹³⁾がある。遼寧の中性土壌（黄壤土、淤潮土を含む）のリン酸アルミニウムと土壌の有効リン酸の相関性はとても高い（ $r = 0.97$ ）。⁽¹⁶⁾石灰性土壌ではリン酸アルミニウムの有効性はとても高い。西北黄土を母材として発達した土壌では小麦の生産量とリン酸石灰塩は顕著な相関がある。異なる形態のリン酸石灰塩の有効性も異なることに注意すべきである。しかし、上述の分級系統において異なる形態のリン酸石灰塩に対しては、もう一歩進んだ区分は未だ困難である。既存資料で水稻土、畑作土あるいは土壌母材のいずれもすべて一定量の吸蔵態リン酸塩を含んでいる。上述の試験で見ると水稻土で一部のリン酸塩と“A”値とは相関性が見出せない。しかし、湛水還元条件では吸蔵態リン酸は部分的に非吸蔵態リン酸塩に転化できる。畑作条件では吸蔵態リン酸塩は作物に作用されにくい。

(4) 土壌有機リン

有機リンを測定する方法が完全でないため、土壌有機リンの研究は未だ成熟していない。限りある資料によると我国の南方水稻土には

異なる土壌類型の有機リンの変動範囲は相対的に大きい。⁽¹⁾（表2・12・6）。一般に全リン酸の20～50%を占めている。長江中流の老冲積物に発達した水稻土は土壌有機リンの変動が0.012～0.025%、ほぼ全リン酸の30～50%を占める。長江下流冲積物と湖積物の母材に発達した水稻土は有機リン0.029～0.045%、全リン酸の26～49%を占める。紅壤と酸性母岩風化物に発達した水稻土は有機リン0.015～0.050%、全リン酸の30～65%、石灰性母岩およびリン酸含量の高い酸性母岩風化物に発達した水稻土は有機リン0.02～0.055%、全リン酸の18～48%を占める。64ヶの水稻土標本の統計によると、土壌有機リン含量 P_o と土壌有機質含量 M とは一定の相関がある。

その相関方程式はつぎの通りである。

$$P_o = 0.01M + 0.001$$

我国の東北地区の黒土は有機リンが比較的高く、全リン酸の3分の2前後に達している。

表2・12・6 水稻土中の有機リン酸含量（平均値）

土 壌 母 材	標 本 数	有 機 質 (%)	全リン酸 (%)	有 機 リ ン 酸	
				含 量 (%)	全リン酸中(%)
長江中流老冲積物	8	1.82	0.059	0.020	34
長江下流冲積湖積物	19	2.87	0.108	0.036	33
第四紀紅色粘土と花崗岩	23	2.04	0.069	0.031	45
石灰岩砂頁岩等	16	2.93	0.156	0.044	28

3 土壌、作物とリン酸肥料の肥効

(1) 主要地区のリン酸肥料の肥効

解放前、我国は自己のリン酸肥料工業をもたなかった。少数地区で少量の骨粉を用いる

以外、農業上のリン酸の供給は主として有機肥料に依存していた。解放後党の指導で我国は自己のリン酸肥料工業を建設した。リン酸肥料の生産量が著しく増加したのみならず、

表 2・12・7 リン酸肥料の異なる作物に対する増産効果* (各省 849ヶ試験結果による統計)

作物	総計数	平均増産幅度 (%)	毎斤リン酸増産(斤)		資 料 由 来
			幅 度	平 均	
水 稲	322	8-50	1.2-2.9	2.1	江西, 湖北, 湖南, 福建, 貴州
小 麦	90	7.8-56	0.9-3.3	1.4	河北, 山東, 四川, 湖北, 黒龍江
とうもろこし	205	7.2-65	1-1.9	1.6	遼寧, 吉林, 貴州
大 豆	22	7-24	1-2.8	1.8	吉林, 遼寧, 黒龍江
綿 花	57	8-39	0.4-3	0.6	新疆, 陝西, 山東, 湖北
油 菜	40	9-70	0.5-1.6	1.2	湖南, 湖北, 江西
レンゲ草(生草)	113	60-103	1.9-7.7	4.2	江西, 浙江, 江蘇, 湖北

* リン酸肥料の大部分は過リン酸石灰、小部分は石灰苦土リン肥。レンゲ草を除き、用量は 10-30 斤/畝をまぶす、その他は均しく 20/50 斤/畝、主としてバラムキあるいはスジマキ法による。試験の大多数は化学 N 肥の基礎上で進行した。

表 2・12・8 異なる作物のリン酸肥料(過リン酸石灰)に対する利用率(各省 176ヶ結果による)

土 壤	統計数	作物	リン酸用量 (斤/畝)	毎斤リン酸 増産斤数	利用率 (%)
紅壤水稻土, 南方沖積母材に発達した水稻土	98	水 稲	20-40	1.3-2.5	7-14
蘇北, 皖北黄潮土	10	小 麦	20-30	1.3-2.5	8-14
紅壤に発達した水稻土	59	レンゲ草(生草)	20-40	30-50	14-23
蘇南白土	6	レンゲ草(生草)	20-40	30-60	14-28
褐土	3	とうもろこし	30	-	10-25

* 有機肥料を施用せず、レンゲ草を除き、畝 硫安 30 斤施用。

我国の具体的条件にしたがって土壌の性質と資源状況に適したリン酸肥料の生産を發展させた。リン酸肥料の大量使用にともない、我国の主要地区におけるリン酸肥料の肥効が相当理解できるようになった。大量の圃場試験データと各地の生産実績から、我国の多くの土壌でリン酸肥料が顕著な増産効果を示した。(4) ある状況では増産量が数倍に達した。例えば広東の咸酸田、紅壤、紅土田、冷浸田、銹水

田、湖南の鴨屎田などの低収水稻土、湖北南部と皖南の黄紅壤、江西と福建の紅壤から発達した低収水稻土、山奎黄泥田、江蘇の板漿田と紅砂土、四川の黄泥田、雲貴高原の紅白胶泥田、発紅田と坐秋田、陝西の風砂土、甘肅の垆土、東北の白漿土などである。さらに華北平原の黄潮土と淮北平原の砂姜黒土、などは土壌中の窒素とリン酸のレベルが共にとても低く、そのためリン酸肥料の肥効をた

かめるため必ず窒素肥料を配合しなければならない。作物ではリン酸肥料は緑肥と豆科作物に対し肥効が比較的顕著である。しかし、増収幅が小さかったり、はなはだしい時は増産しないこともある。表2・12・7は各省のリン酸肥料肥効試験結果の統計である。

(2) リン酸肥料の利用率

リン酸肥料の利用率は窒素肥料、カリ肥料に比較してはなはだ低い。我国では圃場試験あるいは植木鉢を問わず放射性同位元素による試験結果はすべてリン酸肥料の利用率はほぼ10～25%である。表2・12・7は各省829地点の試験結果の統計で、水稻は8～20

%、平均14%；小麦6～26%、平均10%；とうもろこし10～23%、平均18%；棉花4～32%、平均6%；レンゲ草9～34%、平均20%；一般に穀類と棉花の利用率が比較的 low、豆科と緑肥の利用率が比較的高い。表2・12・8は南方のいくつかの省の過リン酸石灰の利用率である。各種作物の利用率の変異が上述の結果とほぼ一致していることが判る。リン酸肥料の利用率が比較的低いので、これを高めることが農業生産上の重要問題である。我国の広大な労働人民は長期の生産闘争で従来から経済施肥を重視して来た。例えば“苗代リン酸施肥”、“根付肥”などの経済的施

表2・12・9 同一土壌でのリン酸肥料の不同作物に対する肥効

土 壤	作 物	処 理	相 対 産 量
紅土田(紅壤性水稻土) (広西柳州)	早 生 稻	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 4 0
	晚 生 稻	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 0 6
黄沙泥田(紅壤性水稻土) (広東広州)	水 稻	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 1 8
	落 花 生	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 6 1
紫 色 土 (四川重慶)	小 麦	対 照	1 0 0
		リン酸施用	不増産
	蚕 豆	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 2 0
黄 潮 土 (江蘇徐州)	小 麦	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 0 2
	豌 豆	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 4 2
黄来沙土(灰潮土) (江蘇靖江)	大 麦	対 照	1 0 0
		リン酸施用	不増産
	蚕 豆	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 7 5
	金 花 菜	対 照	1 0 0
		リン酸施用	1 7 5

肥法はリン酸肥料の利用率向上に重要な役割をもっていた。ある試験では本田でリン酸肥料を散布するとその利用率は僅かに13%前後だが、苗代リン酸施肥（本田施肥リン酸肥料4～5斤/畝にしか相当しない）では、顕著な増産効果を示しただけでなく、利用率は68%に達した。根付肥は本田散布に比較し利用率は3倍以上に達した。このような集中リン酸施肥の優点はリン酸を必要とするキーポイント（苗代期に十分リン酸を供給し、根の発育を促進する）の時期を保証する。放射性同位元素法でも集中リン酸施肥がリン酸肥料の利用率を高めるのみならず、作物の土壌リン酸の吸収も著しく増加した。

(3) 同じ土壌でリン酸肥料の異なる作物への肥効

少くない資料で同じ土壌の異なる作物がリン酸肥料に異なる反応を示している。表2・12・9は晩生水稻で増収がハッキリしないのに早生水稻が顕著に増収したり、水稻がハッキリ増収しないのに畑作物が明らかに増収したり、麦類が増収しないのに豆科作物が明らかに増収したりしている。各地の試験で異なる作物の同一土壌でのリン酸肥料の肥効はほぼつぎの順序となっている。緑肥（豆科緑肥と油菜、ダイコン等）＞豆科作物＞非豆科越冬畑作物＞晩生水稻、前記の順序でもし後の作物がリン酸肥料に有効ならば、同一土壌で

はその前の作物に対しリン酸肥料の効果がある。しかし、前の作物がリン酸肥料に反応があっても後の作物に必ず肥効があるとは言えない。前記順序が示す程度と土壌本来のリン酸供給レベルとは関係があると指摘すべきである。土壌本来のリン酸供給レベルがとても低い時はリン酸肥料がすべての作物に対し有効であるべきである。しかし、土壌リン酸の供給レベルが高い時はすべての作物に無効であるはずである。この両極端の間で前記の順序が異なる程度であられる。同一土壌で異なる作物がリン酸肥料に対し異なる反応を示す原因は多様である。異なる畑作物では主として生理上の原因による。田畑輪作と二期水稻では作物生理上一定の影響がある点を除き、主として湛水が土壌リン酸に及ぼす影響である。土壌を湛水すると一連の物理的、化学的および生物的变化が生じる。一般にはこれらの変化は土壌リン酸の有効性を高めるのに有利である。しかし、すべての土壌が湛水後必ず有効性リン酸が増加するわけではない。表2・12・10は土壌のリン酸鉄が多くなると湛水後有効性リン酸が益々多くなることを示している。湛水はその他形態のリン酸に直接影響がないように見えるが、表ではリン酸石灰を主とする土壌で湛水後有効リン酸の増加がとても少ない。大量の粗大有機物（作物残渣、藁稈など）が存在するとその

表2・12・10 湛水後有効性リン酸の増加と土壌リン酸形態との関係

土 壌	土 壌 リ ン 酸 形 態 (P_2O_5 , ppm)				湛水後有効性リン酸* 増加量 ("△" 値)
	リン酸アルミニウム	リン酸鉄	リン酸石灰	吸蔵態リン酸	
紅土田	28.9	231	80.6	671	274
	25.6	117	54.0	385	179
黄棕壤	85.4	401	195	836	538
馬肝土	68.2	481	254	1,056	279
黄潮土	57.9	4.4	914	447	7

* 放射性リン酸 (A 値) 法

表2・12・11 窒素リン酸肥料配合施用のリン酸肥料肥効に対する影響（圃場試験）

土壌類型	作物	施肥量（斤／畝）	産量（斤／畝）	相対値（%）
潮泥田 （広東南海）	水稲	不施肥	243	100
		P_2O_5 9斤（過リン酸石灰） K_2O 10斤（硫酸カリ）	244	100
		N 10斤（硫安）	384	157
		N 10斤, P_2O_5 9斤, K_2O 10斤	420	172
馬肝土 （江蘇南京）	小麦	不施肥	101±12	100
		過リン酸石灰 40斤	100±3	100
		硫安 2.0斤	140±8	140
		硫安 20斤 + 過リン酸石灰 40斤	153±6	153
		硫安 40斤	188±10	188
		硫安 40斤 + 過リン酸石灰 40斤	216±11	216
黄潮土 （江蘇徐州）	小麦	不施肥	189±16	100
		過リン酸石灰 30斤	198±16	105
		硫安 30斤	232±26	123
		硫安 30斤 + 過リン酸石灰 30斤	301±13	159

作用は少し複雑となる。有機物の分解は一方面で還元作用を強めるが、別の方面では分解産物（ CO_2 と各種有機酸など）もその他の形態のリン酸塩に対し有利な作用を生じる。試験によると大量の粗大有機物の存在はリン酸石灰塩を主とする土壌で湛水すると有効性リン酸も増加することを示している。このことから我国の少くない地区で稲藁あるいは茎稈を還元した水田ではその他の有利な作用を除いて、土壌リン酸の有効性を高めることも重要な作用と知らなければならない。

(4) 土壌窒素の供給状況とリン酸肥料の肥効

窒素肥料は我国の絶対多数の土壌で明瞭な増産効果がある。したがって窒素が制限因子の時にリン酸肥料を単用しただけではその効果が影響される。ある場合には土壌リン酸不足だけに拘わって窒素を与えないと、リン酸肥料がはなはだしい時には増収を示さなくなる。なお我国の耕地土壌への養分供給状況か

ら見ると、一般的にはリン酸欠乏土壌は同時に窒素欠乏の可能性がある。そこで我国では窒素とリン酸の配合が普遍的に実行しなければならない意義をもっている。表2・12・11は3種の異なる性質の土壌で実施した圃場試験で、酸性と石灰性土壌で窒素とリン酸肥料配合にすべてリン酸肥料単用あるいは窒素肥料単用よりもさらに明瞭な増産効果が見られる。陝西武功で異なる窒素リン酸レベルの埴土での小麦圃場試験⁽⁸⁾によると1%（ NH_4 ）₂CO₃法で測った土壌の有効リン酸と硝化力（28～30℃、12日培養で測定したNO₃-N）を土壌窒素供給レベルの指標とすれば、窒素とリン酸のレベルとリン酸肥料の肥効との関係は：土壌の有効リン酸（ P_2O_5 ）15ppm以上、硝化力と有効リン酸の比率が1.5以上の時、土壌の窒素リン酸養分はひとしく比較的豊富で、一般にリン酸肥料での増収は見られないし、窒素リン酸配合による増収も不安定である。：有効リン酸15ppm以下、比

表2・12・12 窒素リン酸配合のリン酸肥料効果に対する増加(四年平均)(西武功)

作物	N用量 (斤/畝)	産 量 (斤/畝)			毎斤 P_2O_5 増産斤数	
		0	5*	10*	5	10
小 麦	0	179	239	261	12.0	8.2
	5	185	313	331	25.6	14.6
	10	185	356	393	34.2	20.8
	15	190	377	424	37.4	23.4
	20	176	385	455	41.8	27.9
とうもろこし	0	239	278	296	7.8	5.7
	5	350	401	400	10.2	5.0
	10	371	479	496	21.6	12.5
	15	388	551	607	32.6	21.9
	20	351	564	632	42.6	28.1

* P_2O_5 用量 (斤/畝)

表2・12・13 異なる肥力レベル土壤上における施肥効果* (遼寧) [11]

土壤肥力レベル	平均 産 (斤)				増 産 (%)				試験点数
	対 照	単窒素	単リン	窒素リン	対 照	単窒素	単リン	窒素リン	
高(産400-500斤)	448	528	488	566	100	118	109	126	7
中上(産300-400斤)	359	446	394	493	100	124	110	137	6
中下(産200-300斤)	235	290	265	335	100	123	113	143	5
低(産100-200斤)	155	209	204	302	100	135	132	195	10
極低(産100斤以下)	74	96	114	175	100	130	154	237	6

* 窒素肥は硫酸，用量13.3-20斤，リン肥は過リン酸石灰，用量20-40斤：作物

率1.5以下で土壤養分の特性はリン酸欠乏かつ窒素欠乏で、必ず窒素リン酸の配合でやっと顕著に増収できる。有効リン酸15ppm以下、比率1.5以上で土壤窒素の供給レベルが相対的にやや高く、リン酸単用で顕著に増収し、窒素施用を増すことでも顕著な効果がある。表2・12・12はこの地区で1963~67年、連続4年窒素リン酸を配合し、小麦・とうもろこし反復圃場試験である。ここは

長期間有機肥料を施用しない土地、全リン酸0.16%、有効リン酸1.2ppm(1%)($(NH_4)_2CO_3$ 法)有機質1.2%、全窒素0.086%、硝化力30ppm 硝化力と有効リン酸比率は25よりも高く、土壤窒素レベルが比較的高く、有効リン酸はきわめて低い。試験によるとリン酸(P_2O_5)単用5斤で小麦は34%増収、窒素リン酸配合で増収幅は拋物線的に漸増し、 P_2O_5 1斤ごとに小麦は12.0斤から41.8斤に増

加し、とうもろこしの傾向も基本的には一致している。別の肥力レベルが比較的高い土壤では、リン酸肥料の効果は不明瞭で、窒素リン酸配合も顕著な増収を示さない。遼寧の資料⁽¹¹⁾ (表2・12・13)でも異なる肥力レベルの土壤中中下の肥力レベルの土壤に対しては窒素リン酸の配合はさらに重要となる。明らかに窒素リン酸肥料に十分にリン酸肥料の増収効果を発揮させるだけでなく、リン酸肥料の利用率を高め、同時に窒素肥料の効果を十分に発揮させ、窒素肥料の利用率を高めた。表2・12・14⁽¹²⁾はハッキリとこの点を説明している。我国の広大な貧乏中農は窒素リン酸配合の原則にもとづいて「以磷增氮」「リン酸で窒素を増加する」施肥法で生産上巨大な作用を起している。

(5) 有機肥料とリン酸肥料の肥効

我国の農業生産にとり有機肥料の施用は重要な地位を占めている。有機肥料を大量に施用することで土壤養分は比較的平衡し、リン酸供給の上にも相当な作用をしている。表2・12・2で村落との距離の差異でリン酸肥料の効果が相違することを示しているが、実質上これは有機肥料の施用による影響である。しかし、有機肥料の種類が比較的複雑で、一般には豆科緑肥たとえばレンゲ草の乾物は窒素3%以上、リン酸(P_2O_5) 0.6%と比較的多くの窒素を含み、また豚糞のような厩肥は緑肥よりもリン酸含量が著しく高い。したがって異なる原料の有機肥料にリン酸肥料と配合して

施用する場合、リン酸肥料の肥効に及ぼす影響も同じではない。淮北の各種リン酸欠乏土壤における圃場試験⁽¹⁸⁾で、毎畝2,000斤施用で品質が比較的良好な豚厩肥を施した時過リン酸石灰は小麦に対し増収しない。しかし豆科作物に対してはその作用は比較的明瞭である(表2・12・15)。したがって有機肥料とリン酸肥料を配合するには土壤リン酸のレベルと作物の種類できめる以外、さらに有機肥料の種類と使用量との関係がある。経済的有効にリン酸肥料を施用するため、リン酸欠乏土壤中化学的リン酸肥料を施すには配合する有機肥料のリン酸の供給レベルを考慮しなければならない。現存資料では緑肥のリン酸の3分の2はその時の作物に利用される。したがって、この部分のリン酸を差し引いて化学的リン酸肥料の施用量を確定できる。

(6) リン鉱粉の利用

リン酸を含む鉱石を粉砕し、肥料として直接施すのは我国南方の紅壤地区で早くから大衆が行っている。例えば雲南の農民は昔からそのリン酸を含む鉱石を肥料とし、表に特に肥効があるので、このリン鉱石を“蓄土”と称している。

解放後農業の発展につれ、リン鉱粉の利用は各地で重視されている。実績によるとリン鉱粉の肥効と土壤の性質、リン鉱の地質成因と作物の吸収能力などの因子が密に関連していることを証明している。以下項目を分けて討論する。

表2・12・14 窒素リン酸配合の窒素とリン酸肥料肥効の増加(圃場試験, 水稻, 浙行衛懸白泥土)

処理	施肥量(斤/畝)	産量(斤/畝)	不施肥増産比(%)	P_2O_5 6斤増産比	リン肥利用率
O	O	431	0	—	0
P	P_2O_5 6斤	514	19.2	0	13.8
N	N 4斤	444	3.0	—	—
NP	N 4斤, P_2O_5 6斤	627	45.4	22.0	30.5

*レンゲ草2,200斤/畝 作元肥、硫酸カリ20斤/畝追肥

表2・12・15 有機肥料のリン酸供給上の作用(江蘇淮雲, 黄粘土)

作物	施肥(斤/畝)	産量(斤/畝)
小麦	豚厩肥2,000斤	149±1.4
	豚厩肥2,000斤+過リン酸石灰40斤	150±7.8
豌豆	豚厩肥2,000斤	129±1.4
	豚厩肥2,000斤+過リン酸石灰40斤	165±1.1

1. 土壌の性質

リン酸供給不足の土壌でリン鉱粉の肥効に影響する最も主要な土壌の性質は酸アルカリ度(酸塩度)である。リン灰石の溶解度はとても小さく溶解度積常数(pK)は118.5、水中では殆んど溶解不能である。ふっ素リン灰石のpKとリン酸の解離常数にもとづき、土壌溶液中のCaとFの可能活度を仮定すると理論上はリン酸イオン(H_2PO_4)濃度と土壌pHの関係は次の通りである。

$$\text{pH}_2\text{PO}_4 = 2 \text{ pH} - 5.18$$

これは土壌溶液のリン酸イオン濃度と水素イオン濃度は対数直線関係であることを示している。土壌pHが低くなれば益々リン灰石の溶解が有利になる。例えば江蘇の錦屏リン鉱は我国の現存リン鉱で直接施用効果が最も低い種類だが、一系列の物相的および化学的検定でこの種のリン鉱は典型的フッソリン灰石で構造緻密、結晶形も完全である。しかし、このリン鉱粉は華南の強酸性土壌で効果が著しく良好で、華中の酸性と強酸性土壌で冬季緑肥に対し良好な増産効果を得た。⁽²⁰⁾これは土壌酸度が重要な作用をもっていることを説明している。しかし、土壌pHが一定値まで低くなると鉄、アルミニウムイオン濃度が急速に増加し、既に溶けているリン酸イオンが新しくリン酸鉄アルミニウムの沈澱を形成するにいたる。その理論上の限界点はpH5.3～5.4である。この値よりも低くなると土壌液相中のリン酸イオン濃度が低下する。当然上述のpHはある仮定で計算しているので、具体的な土壌では必ずしも丁度この値があてはまらない。pHのほかに加水酸度もリン鉱粉の肥効と関係する酸度の指標である。土壌酸度の数値を一定の程度で代表している。リン灰石が求めている限界加水酸度量は約100g土壌当り2～2.5厩当量、このレベル以上では加水酸度の漸増につれてリン鉱粉分解に対する能力が益々強くなり、肥効も益々顕著となる。しかし、リン灰石自体の可給性と作

物種類の差異も考慮しなければならない。表2・12・16は同じリン鉱粉(昆陽)を用い、3種の土壌で同じ作物(油菜)を栽培した試験結果を示した。土壌pHと加水酸度が異なるのでリン鉱粉の相対的増収効果も顕著に異なる。

2. リン灰石の結晶性状

我国の大部分のリン鉱は海相か陸相で沈積したリン塊岩だが、少数の内生偉晶岩と沈積変質岩もある。さらに零細に分布する洞穴に堆積した溶洞型リン塊岩と南海諸島の海鳥糞リン鉱がある。その組成は大部分石灰のリン酸塩鉱物すなわちリン灰石である。典型的フッソリン灰石の組成は $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot \text{F}_2$ に近似である。沈積岩では灰石の結晶格子中のCa、 PO_4 、Fが多く半径近似イオンと同晶置換している。地質成因が異なるとリン灰石の同晶置換と結晶粒子の比表面に大きな差異がある。研究⁽²¹⁾によるとリン灰石の結晶格子の CO_3^{2-} 含量とリン鉱粉の相対肥効は正の相関を示している。 CO_3^{2-} の同晶置換でリン灰石の結晶性状は一系列の変化、すなわち屈折率、晶胞参数などの変化がおこる。これらの変化とリン鉱粉の肥効とは明瞭な相関がある。リン灰石の結晶粒子の比表面の大小は通常その可給程度をはかる一つの重要な指標でもある。化学的性質ではクエン酸可溶性リン酸とpH溶解曲線は簡単な参考指標にできる。しかし、リン鉱が大量の炭酸塩を伴っている場合は測定結果がまさに顕著な影響を受ける。

3. 作物の吸収能力

作物はリン鉱粉に対し異なる吸収能力をもっている。しかし、その原因はあまりハッキリしていない。ある人は石灰を多く含む作物はリン鉱粉吸収能力が比較的強いとし、またある人は作物根系分泌物の酸度あるいは根系細胞質の酸度がリン鉱粉吸収能力の指標にできるとしている。作物根系の陽イオン置換量とその吸収能力には一定の相関性がある。蕎麦と豆科作物の根系の陽イオン置換量は比較

表2・12・16 異なる土壌で昆陽リン鉱粉の油菜に対する効果（植木鉢）

土 壤	pH	加水分解性酸 (mg当量/100g土)	油 菜 産 量 (g/鉢)			りん鉱粉の過 石相当増収率 (%)
			過リン酸石灰	リン鉱粉	無リン酸	
紅 壤	5.3	7.4	50.4	47.0	生長せず	87.0
黄棕壤	5.8	2.4	60.9	53.3	27.6	77.2
黄潮土	8.6	—	82.1	21.6	15.2	9.4

的高く、かつ小麦とライ麦は比較的低い。しかし、これもただ一種の趨勢を表示したにすぎない。異なる作物がリン鉱粉を利用する能力について、かつて南方酸性土壌で圃場試験と植木鉢試験を行った。毎畝100斤のリン鉱（40斤の過リン酸石灰の増産百分率を基準とした）を用いた。リン鉱粉の吸収能力の相対的百分率（平均）を作物別に示すと下記の通りである。

- ① 肥効きわめて顕著。油菜80%、ダイコン80%、蕎麦80%、レンゲ草70%、落花生60~70%、猪屎豆60~70%、田菁60~70%、大(小)葉胡枝子50~70%。
- ② 肥効顕著。苕子70~80%、豌豆70~80%、大豆70%、飯豆70%。
- ③ 肥効中等。とうもろこし50~60%、馬鈴薯50%、甘藷50%、芝麻40%。
- ④ 肥効顕著ならず。粟20~30%、小麦15~30%、ライ麦15~30%、燕麦15~30%、水稻25~50%。

上記作物で油菜、ダイコン、苕子、レンゲ草はすでに華中の紅壤性水稻土における主要

な緑肥で、その他の豆科作物も輪作中で相当重要な地位を占めている。

華南の試験⁽²⁾ではやはりある種の経済林木にりん鉱粉を施し、5年後残効が年を追って過リン酸石灰をおこしたことを証明している。多年生緑肥牧草のリン鉱粉に対する吸収能力もとても強い。作物の吸収能力とリン鉱粉の可給程度を結びつけて考慮すれば、酸性土壌で可給性のきわめて強いリン鉱粉の吸収能力が強い作物に対する増産効果は、過リン酸石灰よりも大きい。表2・12・17は我国のいくつかの主要類型のリン鉱粉と主要作物との酸性および強酸性土壌における相対効果を示している。大量の試験結果と生産実績を総合し、さらに我国のリン鉱資源状況にもとづき、リン鉱粉をリン酸肥料の一種として地域によっては大いに力を入れて普及することは国民経済に実際の意義がある。使用地区は原則的にそこで採鉱、加工して施用する。また酸性土壌で優先的に用い、畑作を優先し、吸収能力の強い作物で使用するこである。

表2・12・17 異なるリン鉱粉の異なる作物に対する今季相対肥効（過リン酸石灰を100とする）

代 表 作 物	溶洞型リン鉱 (可給性極強)	鳳台型リン鉱 (可給性強)	昆陽型リン鉱 (可給性中等)	湖北型リン鉱 (可給性弱)	錦屏型リン鉱 (可給性極弱)
油菜、ダイコン、蕎麦	100-115	90-100	70-90	50-75	40-40
大豆、豌豆、落花生	100±	75-95	55-75	未定	10-20
とうもろこし	100±	60-80	40-60	20-30	<10
小麦・粟	50-90	40-80	20-45	10±	<10
水 稻	50-90	40-70	25-50	10-20	<10

4. 結 論

土壌リン酸の状況を正確に調節することと、リン酸肥料を経済合理的に施用することは土壌肥力を向上し、高収と安定生産にいたる重要な対策の一つである。我国のリン鉱資源は豊富で、我国がリン酸肥料工業を発展させるための良好な条件となっている。リン酸肥料工業のスピードある発展は必ず大中小がいずれも二本足で進め、我国の土壌条件、作物類型と資源特性にもとづき、その土地で適切に発展させるべきである。生産実績と科学研究のどれも水溶性リン酸肥料は、我国のすべての種類の土壌と作物に適し、クエン酸可溶リン酸肥料は我国南方酸性土壌地区で良好な肥効を示している。特に石灰苦土リン酸肥料はリン酸の外、大量の石灰、苦土、珪酸などの養分元素を含むので、多くの状況でその効果はリン酸含量の等しい水溶性リン酸肥料を超過している。我国北方の石灰性土壌では石灰苦土リン酸肥料も明瞭な増産効果を示すが、しかし、土壌中に石灰を含み、かつpHが比較的高いので、その肥効は一般に水溶性リン酸肥料の70~90%に相当している。難溶性リン鉱粉は酸性土壌地区で畑作物の特に吸収能力が比較的に強い作物に良好な効果がある。非酸性土壌における肥効はリン鉱の性質と作物の特性で異なり、その中で非晶質リン鉱はリン酸吸収能力が強大な作物に対してはやはり良好な増産作物がある。したがって我国の北方では重点的に水溶性リン酸肥料を発展させ、南方では重点的にクエン酸可溶肥料を発展させるべきであるし、難溶性リン鉱粉肥料は南方の鉱区附近で中小型を主として採鉱加工してそこで使用すべきである。さらにその肥効を発揮するため、まづ酸性土壌区域の畑作経済的な林木（例えばゴムなど）、豆科作物およびリン酸吸収能力の強い作物に優先的に施用すべきである。現存リン酸肥料を発展させると共に、我国の資源状況と土壌から見て、さらに一步進めて硝酸リン酸肥料、リン

酸アンモニアなども重点肥料として発展させるべきである。リン酸肥料の生産を早急に増加するため、利用可能な肥料を十分に利用すべきである。その中には低品位リン鉱と鋼滓リン肥がある。これらの資源も我国の農業のため、しかるべき作用を発揮させなければならない。リン酸肥料の利用率を高めることは、経済合理的に施肥するためのもう一つの重要な任務である。この方面については広大な労働人民がすでに豊富な経験をつみかさねている。例えば苗代リン酸施用、根付肥、すじまき、穴まき、リン酸に窒素を増施する。リン酸肥料に有機肥料を混用するなどいずれも有効、さらに広大な範囲に普及すべきである。リン酸肥料の施用量と施用年限の増加につれて、土壌中のリン酸は不断に累増する。このほか我国には大面積にわたって全リン酸が高く有効リン酸が低い土壌がある。土壌自体のリン酸と肥料で残存したリン酸の効果をいかにして十分に発揮させるかについては、もう一步さらに研究を進めるべき課題の一項目である。

菅野一郎：英中日土壌学
用語集—1979—による
※中国土壌名の和訳

磚紅壤	ラトソル
紅 壤	赤色土
紫色土	紫色土
潮泥田	良水型南方水稻土
紅土田	赤色土水田
黄 壤	黄色土
黄紅壤	黄赤色土
黄剛土	耕作黄褐土
黄綿土	黄色耕作黄土質土壌
黒鈣土	暗色黄土質土壌
黒鈣土	チエルノジョーム
白漿土	粘盤土、ブラノソル
栗鈣土	栗色土
灰鈣土	灰色土
潮 土	耕作河成土
漠 土	砂漠土

緑洲土 オアシス土
 緑洲灰土 灰色オアシス土
 黄潮土 黄色耕作河成土
 垆土 黄土質土壌
 黄壤土 耕作褐色土
 淤潮土 耕作河成冲積土
 咸酸土 含塩酸性土壌
 黄泥田 表面水型南方水稻土

黄棕壤 黄褐色土
 瘠土 小丘土・古期施肥黄土質土壌
 砂姜黑土 黒色砂姜土
 風沙土 風成砂土
 馬肝土 表面水型中部水稻土
 冷浸田 冷泉水稻土
 黒土 黒色土
 白土 白色土

参考文献

- (1) 中国科学院農業農産研究叢書 書編輯委員会、1961。水稻農産の土壌環境。科学出版社
- (2) 農業部全国土壌普查辦公室主編、1964。中国農業土壌志。
- (3) 中国科学院土壌及水土保持研究所等編著、1961。華北平原土壌。科学出版社
- (4) 中国農業科学院土壌肥料研究所、1963。土壌肥料科学研究資料彙編、第二号(1963、全国化学肥料試験網工作會議資料)
- (5) 石華等、1964。南方六省土壌区画。(資料)
- (6) 李慶達、1964。土壌リン酸組成およびリン酸肥料品種の作物生長に対する影響
- (7) 戴惠林等、1965。江蘇省江寧県黄土丘陵地区の土壌性質、作物品種とリン酸肥料の肥効との関係
- (8) 陝西省農科学院土肥所、1974。作物、土壌、肥料の窒素、リン酸平衡とリン酸肥料肥効との関係
- (9) 劉惠民、1964。農業部の江西省で開催した石灰苦土リン酸肥料會議。土壌通報、5期
- (10) 黎耀輝、1963。数種の石灰性土壌の有効性リン酸を測定する方法の比較。土壌学報、11:(2)
- (11) 遼寧省農科学院土肥所、1974。リン酸肥料の遼寧省における農業生産中の応用研究。(資料)
- (12) 浙江省農科学院中心実験室、浙江省農科学院土肥所、浙江省の水田に施用したリン酸肥料の効果と土壌の速効性リン酸含量との関係。科学研究資料彙編(1964~1974)。(資料)
- (13) 史瑞和、1962。江蘇省の数種主要土壌のリン酸供給状況とリン酸肥料の効果。土壌学報、10:(4)
- (14) 将柏藩等、1963。南方水稻土中のリン酸鉄の水稻リン酸栄養に対する意義。土壌学報、11:(4)
- (15) 魯如坤等、1965。リン酸肥料の水稻と畑作物に対する肥効及びその残効の研究。土壌学報、13:(1)
- (16) 遼寧農業科学院土肥所、1973。リン酸肥料の肥効の研究。(資料)
- (17) 彭祥林等、1965。関中瘠土のリン酸状況とリン酸肥料転化の初めての研究(資料)
- (18) 劉光崧等、1964。淮北の石灰土壌に施用したリン酸肥料問題の研究。(資料)
- (19) 朱祖祥、1962。リン鉍粉の肥効に影響する土壌化学因子。浙江農業科学、10期
- (20) 李慶達等、1956。甘家山試験場のリン灰石に対する肥効試験第三次報告。土壌学報、4:(1)
- (21) 中国科学院地質研究所三室、1966。リン灰石の有効リン酸含量に影響する因子及びリン灰石の分類。土壌学報、14:(1)
- (22) 李慶達、1966。リン鉍粉の肥効問題の理論基礎。科学通報、2期

海外農業開発 第 55 号 1979. 11. 15

発行人 社団法人 海外農業開発協会 岩 田 喜 雄 編集人 小 林 一 彦

〒107 東京都港区赤坂 8-10-32 アジア会館

TEL (03)478-3508

定価 500円 年間購読料 6,000円 送料共
(海外船便郵送の場合は 6,500円)

印刷所 日本軽印刷工業㈱ (833)6971

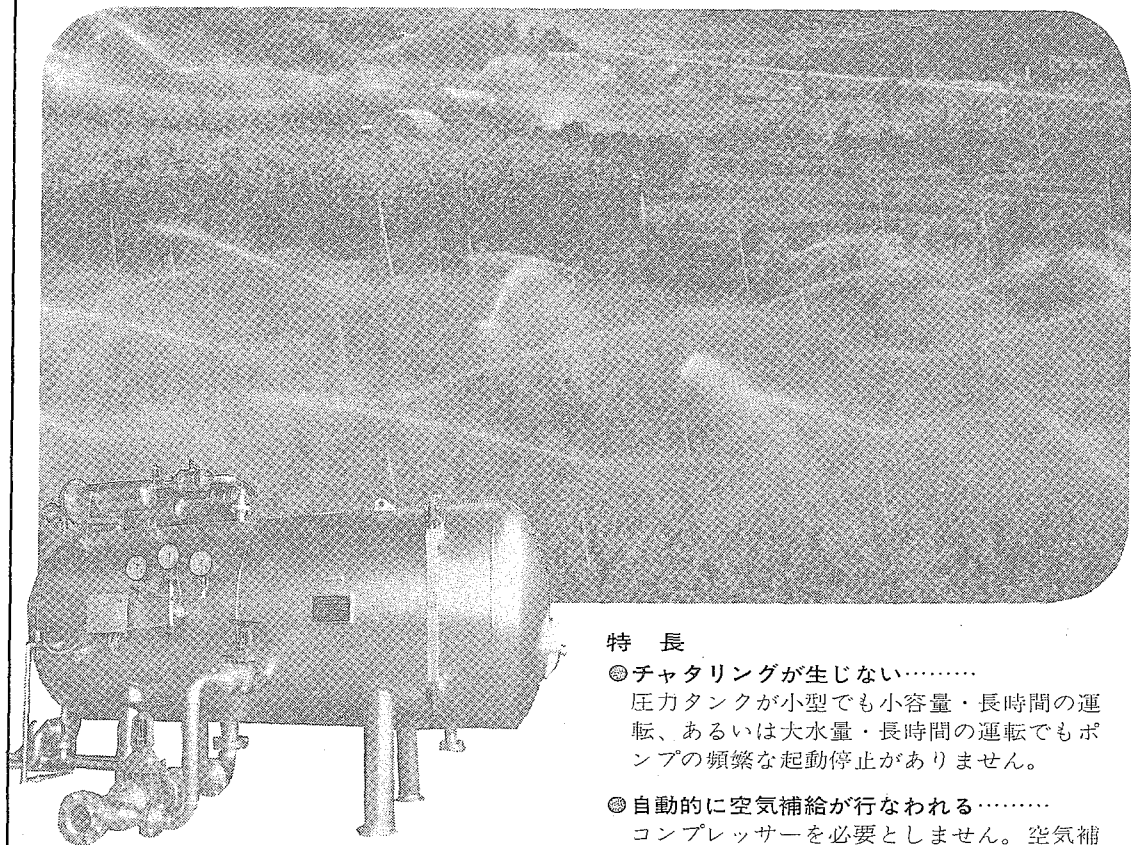


よみがえる緑の大地……

EBARA

—— エハラ畑かんシステム ——

圧力タンク式給水設備



圧力タンク式給水法は、空気の圧縮性を利用したポンプの自動運転装置です。

この方法は最も簡単でかつ経済的なため、古くから使われておりましたが、従来のものはポンプが大容量になるとタンクも大きくなり、設置が困難になるため比較的小容量のものに限られておりました。

当社では、畑地かんがい・水田かんがいに最適で、タンクも従来の数分の一から十数分の一の小さなもので間に合う、数々の特長をもった最新式の圧力タンク式給水設備を完成し、発売を開始いたしました。

特 長

●チャタリングが生じない………

圧力タンクが小型でも小容量・長時間の運転、あるいは大水量・長時間の運転でもポンプの頻繁な起動停止がありません。

●自動的に空気補給が行なわれる………

コンプレッサーを必要としません。空気補給は補助ポンプを利用して行なわれますので、空気補給の際にも送水を継続できます。

●据付面積が小さい………

圧力タンクの容積が従来型と比べ小さいので、据付面積が小さくてすみます。

●設備費が低廉………

設備が小型化され輸送・据付などが容易で、スペースも小さく設備費が低廉です。

●ウォーターハンマーの心配がない………

制御システムが完成されており、無人運転ができます。夜間も配管内に水が充満しているのでウォーターハンマーをおこさず、朝の作業時にもすぐ散水ができます。

荏原製作所

本社：東京都大田区羽田旭町 TEL (03)743-6111
東京事務所：東京都中央区銀座6-6朝日ビル TEL (03)572-5611
大阪支社：大阪市北区中之島2-22新朝日ビル TEL (06)203-5441
営業所：名古屋・福岡・札幌・仙台・広島・新潟・高松

海外農業開発 第 55 号

第 3 種郵便物認可 昭和54年11月15日発行

MONTHLY BULLETIN OVERSEAS AGRICULTURAL DEVELOPMENT NEWS