

熱帯アメリカの酸性土壌の矯正とリン酸肥沃度の向上(5)

誌名	農業および園芸 = Agriculture and horticulture
ISSN	03695247
著者名	富田,健太郎
発行元	[発行元不明]
巻/号	81巻5号
掲載ページ	p. 590-596
発行年月	2006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



熱帯アメリカの酸性土壌の矯正とリン酸肥沃度の向上〔5〕 — パナマの土壌目別における適有効態P抽出液の選択, および農業技術協力における土壌肥料の位置 — 富田 健太郎*

〔キーワード〕: アルティソル, Bray No.2, *Brachiaria humidicola*, インセプティソル, 火山灰土壌, Mehlich No.1, 赤色酸性土壌, 有機農法

はじめに

前報では, 同一土壌目条件下における有機物による肥培管理について報じてきた. イネわらのような難分解性有機質資材の導入は, 低有機物含有率の土壌のそれを高めるには有能であるという結果であったが, 本誌では, 有機物含有率を異にする土壌目別 (アルティソルとインセプティソル) における適有効態P抽出液の選択・識別について考えていこうと思う.

さて, その研究対象地であるが, パナマを含めた熱帯アメリカの酸性土壌地帯では, 大部分が粗放な放牧が実践されている. それと関連させる意味で, 牧草地を対象にした. なお, 採用有効態Pは, パナマの公定法である Mehlich No.1 (0.05M HCl + 0.0125M H₂SO₄) の他に, コロンビアでの公定法である Bray No.2法 (0.03M NH₄F + 0.1M HCl) も採用した.

1. 広大な牧草地を対象とした有効態Pの評価に関する仕事

(1) 牧草地における有効態Pを評価する

パナマを含めた熱帯アメリカ諸国には, 広大なサバナ地帯があり, アルティソル, インセプティソル, アルフィソルおよびオキシソルなどの土壌目が分布している. その中で, アルティソルやオキシソルは劣悪な酸性土壌として知られているが, これらの地帯での基幹産業は, 粗放な放牧であるといって過言ではない. 筆者は, パナマの酸性土壌の改良と作物の生産性向上の他に, 同国において, 牧草地の改良と肉牛 (セブー牛) の体重 (肉生産量) や頭数/haの増大に関する基礎研究に

も携わってきた. この牧草地に関する事項は, 「畜産の研究」の場を借りて報告しているので参照されたい. それゆえ, 本誌では, 肉牛の糞尿も有用な有機質資材と見なしたうえで, これら有機物の付加が, 牧草地の有機物含有量ならびに有効態Pに及ぼす影響について検討した結果を, 土壌条件別で報告していこうと思う. なお, 牧草地における供試牧草は, *Brachiaria humidicola* (以下, *Brachiaria*と記す) である (写真1および写真2).



写真1 Calabacito地区の *Brachiaria* 牧草地
(撮影 富田, 2005年)

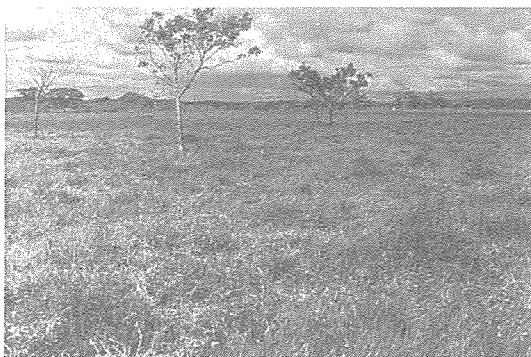


写真2 Gualaca地区の *Brachiaria* 牧草地
(撮影 富田, 2002年)

* 元JATAK ブラジル農業技術普及交流センター・(株) 宏大 (Kentaro Tomita)

表1 Calabacito地区とGualaca地区の土壌化学的特性
(2002年10月)

Brachiaria 牧草地	pH	P		Ca	Mg	Al	有機物 (%)
		mg/L	meq/100mL				
Calabacito地区	4.2	2.0	16	0.11	0.05	2.7	2.28
Gualaca地区	4.8	2.0	90	0.20	0.07	0.4	7.37

pH (H₂O) は土壌：蒸留水 = 1 : 1, P, K = Mehlich No.1 (0.05M HCl + 0.0125M H₂SO₄), Ca, Mg, Al = (1M KCl), 有機物 (Walkely-Black法) による分析である。

(2) CalabacitoおよびGualaca両地区における土壌の化学的特性

筆者は、Calabacito実験圃場の他に、比較の意味で、Gualaca地区にある畜産試験場の圃場 (clayey, skeletal mixed, isohyperthermic, Oxic Humitropeptに類別) サンプルも採取した。2002年10月のことである。表1にCalabacitoおよびGualaca地区のBrachiaria牧草地における土壌化学的特性の分析結果を示す。

Calabacito地区はアルティソル、Gualaca地区はインセプティソルに類別され、交換性塩類、Al濃度を見ても分かるように、前者よりも後者が相対的に肥沃な土壌である。また、非常に興味深いことは、有機物含有率であり、前者は2.28%、後者は7.37%であり、その差は5.09%であった。つまり、明らかに、後者のインセプティソルの場合、Mehlich No.1が適法であるかどうかを疑ってしまうところである。

(3) CalabacitoとGualaca両地区におけるP収着等温線による有効態Pの評価

この牧草地における有効態Pの評価法として、P収着等温線を採用し、これに関する成果を報告していく (P収着等温線における実験フローシートは、畜産の研究 (2004年2月号p311-317を参照)。そして、採用抽出液は、Mehlich No.1およびBray No.2の2つであり、両者を比較・検討した結果を述べていく。

さて、Calabacito地区において、P収着等温線を作成した結果、Brachiaria牧草地の有効態Pでは、Bray No.2抽出がMehlich No.1よりも高い傾向にあった (図1)。このことは、Gualaca地区においても該当した (図2)。

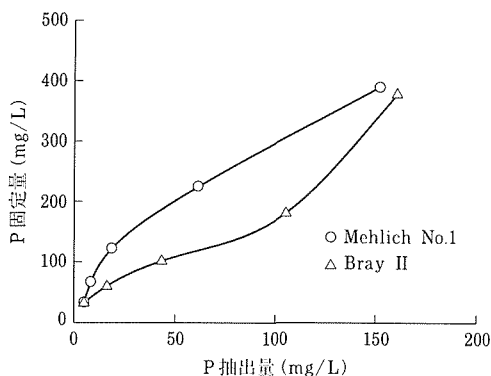


図1 Calabacito地区のBrachiaria牧草地のMehlich No.1およびBray No.2によるP収着等温線
両抽出液間には1%に有意差あり, LSD (0.01) = 17.09

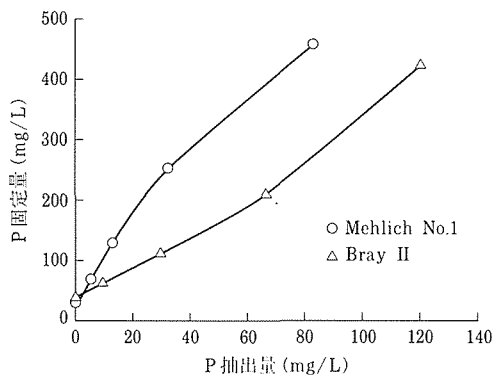


図2 Gualaca地区のBrachiaria牧草地のMehlich No.1およびBray No.2によるP収着等温線
両抽出液間には1%に有意差あり, LSD (0.01) = 18.00

Bray No.2法は、抽出液の組成中にNH₄Fを含むため、土壌中のキレートPを破壊することなどが考えられよう。実際、酸性土壌向けの抽出液として、わが国をはじめ、冒頭でも記したように、隣国のコロンビアでも公定法として採用されている。ところが、Calabacito地区のP収着等温線において、Mehlich No.1とBray No.2は、統計的に有意差があっても、両者の差は図2と比べたら、それほど大きくない。それに対して、Gualaca地区の場合、両抽出液によるP収着等温線には、明らかに差の広がりが見られる。Bray No.2法による抽出Pが多いということである。なぜ、このような差が生じたのであろうか？それを筆者なりに考察していこうと思う。もちろん、あくま

でも推測である。

まず、表1に示した両地区の土壌有機物含有率に着目してみよう。Calabacito地区は2.28%ということで、Mehlich No.1が適応可能な土壌であるといえよう(5%以上は不適とされている)。それに対して、Gualaca地区では7%を越えており、明らかにMehlich No.1では不適であると推察できる。この背景には、土壌の有機物、とくに有機態P画分の抽出が可能か否かにかかっているのではないだろうか? Calabacito地区は有機物含有率が少ないことから、施用リン酸のほとんどが、有機態よりは無機態Pの占める割合が多いと推測したのである。それに対して、Gualaca地区では、土壌有機物の作用によって、施用リン酸が降雨や微生物の作用などによって、一度、有機態という形でPが取り込まれる。そして、結果的に、土壌粒子へのP固定を軽減させるという筋書きである。それゆえ、有機物の少ないCalabacito地区では、Mehlich No.1やBray No.2を使っても、同じ強酸性の抽出液なのだから、無理やりPを抽出する部分は共通である。それに加えて、有機物含有率の高いGualaca地区では、Bray No.2抽出液中に NH_4F を含むことから、アンモニアによるキレート破壊作用も考慮して、有機態Pなど、Mehlich No.1では抽出不可能なP画分の一部を抽出したのではないかとというように推測してみた次第である。このように考えると、Bray No.2の場合は通常は無機態Pの他、有機態Pの一部なども同時に抽出されるというのであれば、Calabacito地区における両抽出液による抽出Pの差に関する推測は、満更にい加減なものではないと思っている。もし、この有機態Pがネックであれば、有機物含有率が5%以上の土壌では、Mehlich No.1が不適であるということも理解・説明できるというものである。

(4) CalabacitoおよびGualaca両地区のBrachiaria牧草地における肉牛の生産性の比較

土壌のP収着等温線の評価に関しては、筆者自身による無理やりに推察・考察している部分もあるが、次は両地区における肉牛(セブー)の生産性について見てみよう。実際、永年性の牧草類の単位面積当たりの収量で考えるよりも、肉牛の生

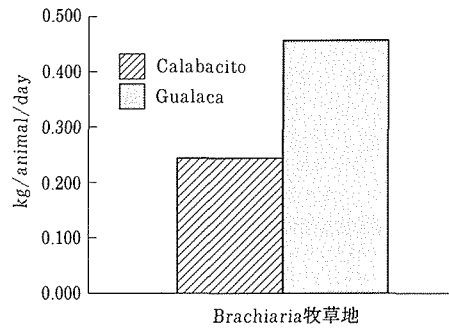


図3 Calabacito地区とGualaca地区のBrachiaria牧草地における肉牛の体重(肉生産量)[単位: kg/animal/day] (1AU = 400kg; AU = Animal Unit: 生体重)

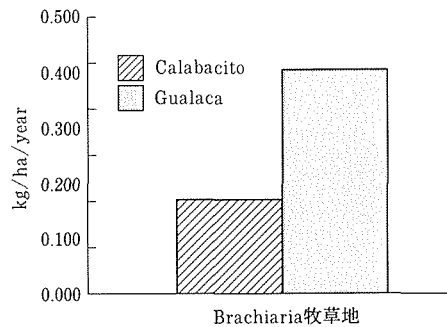


図4 Calabacito地区とGualaca地区のBrachiaria牧草地における肉牛の体重(肉生産量)[単位: kg/ha/year] (1AU = 400kg; AU = Animal Unit: 生体重)

産性で考えるほうが分かりやすいと思っている。そこで、図3および図4それぞれに、Calabacito地区とGualaca地区のBrachiaria牧草地における肉牛の体重(肉生産量)を比較した結果を示す。なお、図3の単位はkg/animal/day、図4はkg/ha/yearである。なお、写真3にCalabacito地区にある肉牛の体重測定装置の全景を示しておく。

図3ならびに図4ともに、Calabacito地区とGualaca地区の肉牛の増体重を比較してみると、明らかに、Gualaca地区の生産性が高いということが分かる。これは、土壌条件によるもので、耐酸性のイネ科牧草類を採用しているといっても、劣悪なアルティソルよりは肥沃であるインセプティソルにおいては、Brachiariaの生産性も旺盛となり、それに伴って、肉牛の生産性も増大したと解

積してもよいであろう。

また、先のP収着等温線の結果と併せて考えると、Mehlich No.1では抽出されにくい有機態Pも、有機物の分解によって、時間とともに牧草類に吸収・同化され、やがて、肉牛に食されることによって、これの栄養改善に間接的に貢献していると考えれば、土壌条件別による肉牛の生産性に大きな差が生じたことも理解できよう。

(5) CalabacitoおよびGualaca両地区における土壌の適有効態Pの選択に関する考察

以上のような推測結果から、適有効態Pの抽出法に、筆者なりの見解をまとめておく。Calabacito地区のように、有機物含有率が5%以下の土壌では、有機態Pの存在も小さいということで、Mehlich No.1が最適かもしれない。これは、ブラジルのセラード地帯では、パナマと同様、Mehlich No.1が採用されているという理由からである。このほか、ジャノス東方平原を有するコロンビアでは、Bray No.2が公定法として採用されているので、Bray No.2も妥当であると考えている。つまり、強酸性土壌地帯では、Mehlich No.1のみならず、Bray No.2も採用して構わないということである。

このように記すと、非常に混乱するかもしれないが、Mehlich No.1もBray No.2も強酸性の抽出液であり、土壌中に存在するPを無理やり抽出している部分は共通事項であろう。しかし、採用するリン酸肥料を考慮して（前報のその3でも記し

たが、低活性のリン鉱粉末は不可）、劣悪な土壌でのP肥効の指標として使えるであろう。

これに対して、有機物含有率が5%以上の土壌では、米国Georgia大学の土壌分析書にも記載されていた通り、Mehlich No.1は採用しないほうが良いのかもしれない。これは、有機態Pが大きく影響するというので、 NH_4F を含んだ抽出液であるBray No.2が対処可能であると推察してもいいのだろう。補足事項であるが、コロンビアは、アンデス地帯なりジャノス東方平原というように、多様な土壌環境を有している。それゆえ、Mehlich No.1ではなく、腐植含有率の高い火山灰土壌にも対処するため、Bray No.2が採用されていると考えることもできよう。

2. 中南米諸国などの農業技術協力における土壌肥料の位置

(1) 難分解性有機物による土壌管理に対処するには・・・

今まで報告してきた成果は、筆者がパナマにおける研究成果の一部であり、中南米全体を包括した内容ではないし、配属先スタッフに対して奮起を翻すことでもない。あくまでも、地域間または地域別における1つのフィールドによる研究実例であり、こんな結果もあったという、それくらい程度のなのである。

いずれにせよ、上記1.での成果は、有機物含有率の違う土壌条件別を対象としたが、今後、家畜の糞尿や作物の残渣の有効利用による土壌管理によって、有機物が蓄積し、5%を越える状態にならないとも限らない。このような事情を考慮して、とりあえず、Mehlich No.1とBray No.2を使い分けて対処するというのでよいのではないだろうか？また、場合によっては、これら以外の抽出法も検討し、予備的試験を繰り返すことが必要という事態に遭遇することもあるかもしれない。このことは土壌の有効態Pに限らず、すべての分析項目に該当するが、採用するリン酸肥料の質や、異種のリン酸資材を混合施用する場合など、その条件に応じた対処法が必要であるというのが、筆者の意見であり、そのような事例を「その3」、「その4」および「本誌」で報じてきたわけで

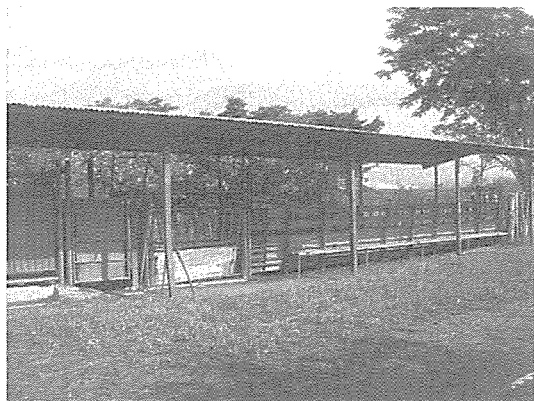


写真3 Calabacito地区にある肉牛体重測定装置の全景
(撮影 富田, 2005)

ある。

(2) 農地の血液検査ならびに健康診断は、
土壌分析や土壌診断である。

われわれの健康診断の1つとして、血液検査があるのは承知の通りである。この検査項目の中で、たとえば、肝臓の状態を知ることのできる項目として、GOT (AST), GPT (ALT), ALP, γ -GTP, ビリルビン, アルブミンなどがある(筆者は医師ではないので、検査項目の説明はしない)。また、肝臓癌に対しては、腫瘍マーカーの検査項目として、 α -フィトプロテインやPIVKA IIがある。別途、肝臓に関しては、血液のみならず、尿検査の項目の1つとして、ウロビリノーゲンの測定、超音波、CTおよびMRIによる測定、血管造影、実際の肝生検など、多種多様な項目がある。患者の肝臓に何らかの異変が認められた場合、医師はこれらの検査項目を総合的に判断して、患者と一緒に治療していくというものである。あくまでも素人考えであるが、このときに、人間一人一人の体質が違うことも考え併せると、患者によっては治療法も異なるということは十分にあり得ることである。

このことは、土壌検査にも該当すると思うのである。われわれの健康診断において、血液検査は重要な項目であると同様、農地の健康診断は土壌分析であるという過言ではない。そして、土壌分析・診断に基づいて、施用する肥料資材の量や質を検討するわけであるが、これら採用される資材、また、人間の体質の違いと同様、地域における土壌条件によっては、検査項目も変える必要があるのでは?という1つの言い訳である。ここで、「変える」と書くと誤解を招くから、従来の慣行法と同時に、別の方法で同時試験することも必要であり、総合的な判定が要求される場合もあるのではないかと考えている。

(3) 技術協力を実施するに当たっての配属
先との関係

もちろん、農業、とくに土壌肥料に関する技術協力を行う側としては、協力対象地域の配属先スタッフの意向を尊重することが基本であり、そのことは繰り返し記してきたことである。そういう中で、今までの報告は、「1つの矛盾がある」というように感じるかもしれないが、やはり、ここは

臨機応変に対応していくしかないであろう。配属先の慣行法に準ずることは当然として、別途、地域間(体質別)における比較の1つとして、合間を縫って別の検査法も進め、比較・検討をする。そして、慣行法以外の方法において、統計的有意差なり、または違った現象が認められた場合に、配属先スタッフに報告し、意見交換するということがよいと思うのである。ただ、気を付けなければならないことは、あくまでも、地域や土壌条件、施肥法の違いに対処した1つの事例研究にすぎないということを理解してもらい、従来までの配属先の慣行法を完全否定する形で業務を進めてはいけないということである。とにかく、参考的な試験として説明し、相手の出方を伺って、それなりに対処していくということだと思う。そうすれば、配属先スタッフも、技術協力を行う側に対して、悪い印象を与えることはないはずである。

それに、もう1つ重要な事項を補足させていただく。実際、青年海外協力隊やシニア海外ボランティア、JICAの派遣専門家には長期(1年以上)と短期(1年未満)があるが、短期派遣の形では、十分に検討・意見交換を行う時間がないとして、上記のような業務を行うことは不可能であり、奨めたくない。やはり、長期という形であれば、先の事項に取り組むことも可能であろう。とにかく、配属先に対して、悪い印象を与えないことである。

(4) 青年海外協力隊やシニアボランティア
における中南米要請の実状と本シリーズとの関連

筆者は青年海外協力隊、JICA派遣専門家、JAT-TAK研究員などを通じて、中南米を中心に、それなりの海外農業協力に従事してきた。ちなみに、JICAのボランティア事業には、青年海外協力隊、日系青年ボランティア、シニア海外ボランティアや日系社会ボランティアという制度がある。

2002年10月当時、JICA関係者から、これからはJICA派遣専門家の代わりに、40歳以上69歳以下の方々を対象としたシニアボランティアの要請が増えていく傾向にあることを聞いた。そして、中南米に限らず、農林水産部門においては、数多くの要請がホームページ上で公開されている。ところが、対象となる分野は、野菜栽培、土壌改良

に関しては有機農法が目立っており、熱帯の赤色酸性土壌とかアルティソルという言葉はない。だから、「治安が良好なパナマであれば別であろうが、今までの報告は、上記のボランティア事業に対しての参考的な知見にはならない」と考える方々もおられると思う。

(5) 本シリーズのタイトルである「熱帯アメリカの酸性土壌の矯正とリン酸肥沃度の向上」は、何も劣悪な赤色酸性土壌のみならず、すべての酸性土壌地帯に該当する

結論からいって、筆者は、土壌条件に関しては、劣悪なアルティソルであれ、冷涼な地帯の火山灰土壌であれ、たとえ土壌の有する生産力に差があっても、または、有機農法の普及であっても、「土壌改良に関する基本的な取り組み方は同じだ」と考えている。

たとえば、筆者の居る長野市やその付近の町村において、筆者の知る範囲内ではあるが、近隣農家における会話を通しても、土壌（この近辺では方言で“ベト”とっている）に関する知識を有しているようには思えなかった。また、わが国では、農業に適する肥沃な土壌が多いので、「何も土壌のことをそんなに勉強する必要はない」と考える農家がいても不思議ではないだろう。他方、「酸性土壌はリン酸固定が強い」ということを理解している農家も居られるが、かえって、リン酸多肥を継続してきた結果、現在は過剰施肥の傾向にあるということで、そのことが問題視されているケースもある。

ところが、熱帯の途上国に一歩でも足を踏み入れたら、基本は、その地域の気候や土壌条件、適地適作などを十分に理解し、土壌診断に基づいた肥培管理（化学肥料や有機質資材の融合）を行うことである。本シリーズでは、主にアルティソルという難しい土壌での実例を紹介したものであるが、このような土壌条件でも地道に取り組んでいけば、それなりの結果は見込めるということである。それに、難しいものに対する取り組み方を少しでも理解していただけたら、肥沃性が中程度の優しい土壌条件下でも、容易に仕事に取り組むことができるというものであろう。

ここで確認しておきたいことは、火山灰土壌も

酸性土壌の1つなのである。もちろん、アルティソルやオキシソルのように、高Al飽和度という劣悪な問題はない。しかし、このような赤色酸性土壌の粘土鉱物と火山灰土壌における非晶質な鉱物では、P固定のメカニズムに違いがあっても、作物生産においてはP欠乏を招きやすいということは共通事項である。このことは、アルティソルよりも高肥沃性かつ微酸性のインセプティソル、アルフィソルやモリスソルにおいても該当する事項であり、通常、作物にとって追肥が通用しないリン酸（元肥重視）の肥沃度を向上させるための施肥法、施肥量や形態選択は避けて通ることのできない事項なのである。つまり、リン酸による土壌肥沃度を向上させるという戦略は、(5)のタイトルのように、実は、熱帯の劣悪な赤色酸性土壌地帯に限らず、火山灰土壌地帯をはじめ、結局は、広範囲の土壌目にも当てはまるということなのである。

(6) 基本的に、土壌特性を無視した農業や海外農業技術協力は、持続性を損なうことにつながる

当初、リン酸欠乏の激しい土壌地帯では、確かに多めにリン酸を施用しなければならなかったが、たとえば、定期的な土壌診断を行わず、安易な考えで、これの多量施用を継続していくと、今度は過剰施肥という現象になってしまう。その結果、土壌病害の発生などにより、作物の生産性を低下させることにつながってしまうということである。それに、過剰に投資した分、見返り（収益）がなかったら、農業経営としても成立せず、ここにも持続性を損なう結果となってしまうことは明らかである。だから、「基本的に、土壌特性を無視した農業や海外農業技術協力は、持続性を損なうことにつながってしまう」ということがご理解いただけるものと思う。このことは、あらためて、筆者のJATAKにおける研究成果において、少しずつ触れていくつもりである。

以上のようなことから、「有機農法」とか「自然農法」という言葉が非常に注目されているが、有機物は決して特効薬ではない。事実、「リン酸の固定を軽減させ、これの肥効を促進させるために、有機物を効率的に使う」と記せば、それなりに理解してもらえるだろうし、ある意味では正しい表

現の仕方ではないだろうか?とにかく、熱帯では「土壌が大切であり、まして、貧困層にとっては経費節減、すなわち、低投入による戦略が必要である」ということを少しでも理解してもらいたいのである。最後に、中南米諸国のみならず、アジアやアフリカ諸国などにおいても該当する事項であることを付記しておきたい。

3. 次報では

さて、いよいよ次報では、ブラジルのサンパウロ州(ミナス・ジェライス州やパラナ州の一部)における土壌分析公定法である Resina 法の歴史的背景、原理などを紹介する。

この後、別のシリーズとして、JATAK センターにおける研究活動の成果を少しずつ報告していきたいと考えている。

参考図書および文献

- 1) 安藤幸夫ら 2002. 検査の手引き. 小学館, 東京. 296.
- 2) CIAT 1981. Fertilización fosfórica del arroz. Cali, Colombia. 40.
- 3) CIAT 1982. Efectividad agronomica de las rocas fosfóricas. Cali, Colombia. 40.
- 4) 後藤逸男・村上圭一 2003. リン酸過剰が土壌病害を助長する, 施肥管理と病害発生. 日本土壌肥科学会編, 博友社, 東京. 75 - 112.
- 5) Jaramillo, S.E. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Boletín Técnico No.38. Divisa, Panama. 67.
- 6) JICA ボランティアのホームページ http://www.jica.go.jp/activities/sv/application/job_info/job_list/003/index.html
- 7) Sabbe, W.E. 1980. Handbook on reference methods for soil testing. University of Georgia. Atlanta, Georgia, USA. 130.
- 8) 富田健太郎 2004. シルボパストラル・システムの導入効果 (3) - パナマのアルティソル地帯における事例研究 (Part I) (牧畜経営の改善) - . 畜産の研究 58:1331 - 1338.
- 9) 富田健太郎 2004. シルボパストラル・システムの導入効果 (5) - パナマのアルティソル地帯における事例研究 (Part III) (牧草地の肥沃性改善) - . 畜産の研究 58:311 - 317.
- 10) 富田健太郎 2004. パナマ共和国が採用している土壌分析・土壌診断に基づいた施肥勧告. 農業および園芸 79:989 - 997.
- 11) 富田健太郎 2004. コロンビア共和国が採用している土壌分析・診断に基づいた施肥勧告. 農業および園芸 79:1076 - 1084.
- 12) 富田健太郎 2005. 熱帯アメリカの酸性土壌の矯正とリン酸肥沃度の向上 (1) - アルティソルやオキシソル土壌における酸性矯正の理論と実際 - . 農業および園芸 80:1182 - 1190.
- 13) 富田健太郎 2006. 熱帯アメリカの酸性土壌の矯正とリン酸肥沃度の向上 (2) - 炭酸石灰やリン酸資材による土壌改良が作物の生産性に及ぼす影響 - . 農業および園芸 81:276 - 283.
- 14) 富田健太郎 2006. 熱帯アメリカの酸性土壌の矯正とリン酸肥沃度の向上 (3) - 各種土壌の有効態 P 抽出液の組成とその特性 (1) - . 農業および園芸 81:392 - 399.
- 15) Villarreal, J. y B. Name 1996. Técnicas analíticas del laboratorio de suelos. IDIAP, Divisa, Panamá. 110.