

アルゼンティン共和国

燐酸肥料計画

事前調査報告書

要約

1979年10月

国際協力事業団

目録

紙計工

J.R

7-9-1-16

アルゼンティン共和国
磷酸肥料計画
事前調査報告書

要約

1979年10月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1053849[4]

鉱計工

J R

79-116

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 4. 11	701
登録No. 03251	68.4
	MPI

目 次

I	プロジェクトの背景	1
II	鉄精鉱生産に伴なり鉄滓より燐鉱石を回収し、 燐酸肥料を製造するプロジェクトの概要	2
III	事前調査実施に到る経過	3
IV	現地調査に於いて確認された事項	5
V	現地調査時に得られたデータと現在まで行わ れた試験データより得られる結論	7
VI	Sierra Grande 燐鉱石による燐酸肥料製造計画の詳細フェーズリテ ィスタディを実施する際に必要となるアルゼンティン側の体制	10
結 語	11

略 語 表

一 般

IRR	Internal Rate of Return	VCR	Value Cost Ratio
FOB	Free on Board	FAS	Free-along-side
C&F	Cost and Freight	DWT	Dead Weight Ton
FOR	Free on Rail	BPL	Bone Phosphate of Lime

会社及び組織

HIPASAM	Hierro Patagonico de Sierra Grande Sociedad Anónoma Minera
FM	Fabricaciones Militares 陸軍工廠
INTA	Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria 国立農牧技術協会
SEDI	Secretaria del Desarrollo Industrial 工業開発庁
YPF	Yacimientos Petroliferos Fiscales

肥 料

SSP	Single Superphosphate 過石，過磷酸石灰
TSP	Triple Superphosphate 重過石，重過磷酸石灰
FMP	Fused Magnesium Phosphate 熔燐，熔成燐肥
MAP	Mono-ammonium Phosphate 一燐安
DAP	Di-ammonium Phosphate 二燐安
NPK	化成肥料

枸溶性

2%クエン酸液に溶ける磷酸分をいい、熔成燐肥、焼成燐肥、混合燐肥などの水に溶けない有効磷酸分の表示に用いられている。水溶性磷酸を含有する肥料では、枸溶性と水溶性の合計量をもって表わされる。

1 プロジェクトの背景

アルゼンティンは世界の主要な農畜産物供給国として、今世紀の初頭には国際市場を支配していた。しかしながら、第二次世界大戦後のペロン政権によって進められた工業化重点施策の影響と、アルゼンティン農業の近代化が北米・オーストラリアに遅れた結果、アルゼンティン農産物の世界市場に於ける地位は低下し、又、アルゼンティン国内の産業の中でも小さな部分を占めるに過ぎなくなっている。しかしながら、アルゼンティン工業はいまだにその資本財と原料の大きな部分を輸入に依存しており、その為に必要な外貨の大部分は農産物の輸出に依存している。この為、アルゼンティンにとって農業の発展は、現在もなお欠くことのできない施策である。又、将来の増大する世界の食物需要に応え得るアルゼンティンの農業の拡大は、世界的な必要事であると言える。この重要なアルゼンティンの農業は、その内容を見るに、その大部分は現在に到るまで農業技術の近代化が遅れ、土地の持つ天然の生産性に依存した収奪農業にとどまっている。この為、1960年頃より、アルゼンティン農業の近代化の施策の一つとして、肥料、特に自然では回復できない燐酸分の施肥の必要性が叫ばれてきた。

一方、アルゼンティンは国内の鋼鉄需要は相当多く、現在では年400万 ton 位の需要があり、それに対応して国内の製鉄、製鋼業は発展し、年間240万 ton の生産を行っている。(ラテンアメリカでは三位の生産量) アルゼンティンは歴史的に工業製品の自給に熱心であり、製鉄業についても国防省を中心にして国内での鉄、鉄鋼生産能力拡大が進められている。しかしながら、過去は、その原料鉄鉱石は、そのほとんどをブラジル等から輸入に依存していた。この鉄鉱石の国内供給を計ることが、外貨の節約と同時に鉄鋼の安定供給確保の為に必要な国防上の施策として進められ、その結果本年(1979年)完成を見たのがHI P A S A M^{*}社によるSierra Grande の鉄鉱山の開発及び鉄精鉱ベレノトの生産プロジェクトである。この Sierra Grande 鉄鉱石の燐の含有量が高く(1.3~1.5% w)、その為、この除去が鉄精鉱生産に必要なプロセスとなる。この鉄精鉱から除去された燐は鉱滓中に濃縮される為、これより燐鉱石の回収が経済的に可能になることになる。この鉱滓中の燐鉱石を回収利用することによって、アルゼンティンにとって重要な鉄鉱石生産と燐酸肥料の製造が同時に可能となると考えられた訳である。

* HI ERRO PATAGONICO de SIERRA GRANDE SOCIEDAD ANÓNIMA MINERA

II 鉄精鉱生産に伴う鉱滓より燐鉱石を回収し 燐酸肥料を製造するプロジェクトの概要

先に述べたごとく、燐酸肥料製造の原料となる燐鉱石は、アルゼンティンの南部 Patagonia 地方の Sierra Grande (Buenos Aires より南方 1,200 Km、大西洋岸より約 30 Km 内陸) に埋蔵されている鉄鉱石中に含有されている。この鉄鉱石の推定埋蔵量は約 2 億 ton で、鉄分 52% 前後、燐分 13~15% であることがホーリングにより確かめられている。本年完成された鉄精鉱生産設備は、年間約 350 万 ton の鉄鉱石を採掘し、これを微粉細し、鉄鉱石の持つ磁性を利用し鉱滓と分離し、さらに浮遊選鉱により精製し約 200 万 ton の、鉄分 65% 以上燐分 0.2% 以下の精鉱とし、この精鉱をスラリー輸送にて海岸に建設されたベレタイニング工場に送りベレットとして、約 200 万 ton のベレットをアルゼンティン各地の製鉄所に海上輸送にて送り出すこととなっている。

一方燐鉱石は、主として鉄精鉱工場の湿式磁選工程で排出される尾鉱約 100 万 ton が燐濃縮プラントに送られ、微粉砕と多段の浮遊選鉱によって燐分の濃縮が行われ、年間 150,000 ton の燐鉱石(燐分約 15%)が生産される。

この燐鉱石から肥料が生産されることになるが、この燐鉱石の特徴である鉄分の多いこと、フッ素含有量の少い点から、過燐酸石灰、焙成燐肥、重過燐酸石灰などの製造に適していると考えられている。過燐酸石灰は、硫酸と粉砕された鉱石を混合し反応させるだけであり、焙成燐肥は、副原料の蛇紋岩と混合した後平炉で熔融させ、冷却粉砕する。又、重過燐酸石灰は、燐鉱石の八割を硫酸と反応させ燐酸と石膏に分離し、さらに残りの燐鉱石と燐酸を反応させ、製品とする。これらの肥料の内、どの肥料をどれ位生産するのが良いかは、今後の検討課題の一つである。付図の 1 及び 2 に、以上に述べたプロジェクトの原料・製品の量的関係が示されている。

Ⅲ 事前調査実施に到る経過

先に述べたごとく、アルゼンティン国防省は、鉄鉱石の国内生産の為のH I P A S A M社の設立と鉄精鉱プロジェクトの推進を1960年代の末に決定した。H I P A S A Mは、鉄精鉱生産計画と並行して、燐鉱石の回収計画についても検討を開始し、アルゼンティンの研究機関の実験室規模での試験に引続き、パイロットプラント規模による研究を行うこととし、アルゼンティン政府の工業開発基金の融資を受け、1974年当時 鉄鉱石精製プラント建設を日本グループが受注していたこともあり、ユニコ・インターナショナル(株)、日鉱エンジニアリング(株)、三井東洋化学(株)の三社グループに対して、鉄精鉱鉱滓よりの燐鉱石回収についてはパイロットプラントスタディを含む詳細フィージビリティスタディ、又、回収される燐鉱石の肥料製造への利用についてはピーカー規模での定性的な試験に基づく検討を実施させた。この結果、燐鉱石の回収濃縮は技術的に可能であり、その生産価格も輸入燐鉱石より低くなることが確かめられた。しかしながらその生産価格及び品質の点から国外への輸出は難かしいと判断される。又、回収される燐鉱石は、一般に使用されている燐鉱石に比較し鉄分は多いがフッ素分は少く、過燐酸石灰、重過燐酸石灰、及び熔成燐肥に利用可能であることを確認した。

当初H I P A S A M社が期待していた回収燐鉱石の利用方法は、燐鉱石をそのまま微粉砕し肥料として利用することにあつたが、同時に行われた回収燐鉱石の反応性の試験とアルゼンティンの農地についての調査の結果、直接施肥の効果は疑問視され、前記フィージビリティスタディの結果として、燐鉱石からの肥料製造プロジェクトの実現に先立って、アルゼンティンの肥料市場の詳細調査と各種肥料の国内生産の場合の消費地での価格の推定を中心としたフィージビリティスタディの実施が必要であると結論された。

一方、1974年当時、アルゼンティン政府(ベロンイザベラ政権)は、農業生産性向上の為に大規模な燐酸肥料と窒素肥料の生産計画を立案中で、本回収燐鉱石を輸入燐鉱石と混合使用することも検討課題となっていた。

その後、アルゼンティン国内の政治経済の混乱から、回収燐鉱石の製造とそれによる肥料プロジェクトについては停滞していたが、1978年に到りH I P A S A M及び国防省は、Sierra Grandeの回収燐鉱石による肥料製造プロジェクトの技術経済フィージビリティスタディの実施について日本政府の協力を求めることとし、在アルゼンティン日本大使館に要請を行った。これに対し、関係各省及び国際協力事業団は、ユニコインターナショナル(株)、日鉱エンジニアリング(株)、(株)栗本鉄工所(鉄精鉱プラントの建設を行った)、日産化学工業(株)の各社より、本プロジェクトの内容及び背景について事情聴取を行い、その結果、詳細な可能性調査を行うに先立ち、本プロジェクトの実現の基本条件である鉄精鉱プロジェクトの現況確認と、肥料プロジェクトの実現を必要とする条件が存在するか否か調査を行うこと、さらに本プロジェクトに対して、アルゼンティン政府としてのプロジェクト遂行についての体制等について、確認することが必要であると判断された。こ

の事前調査の実施が決定され、ユニコインターナショナル(株)が日鉱エンジニアリング(株)及び日産化学工業(株)の協力を得て受注し、昭和54年3月の現地調査とその際収集された資料及び情報に基づき、プロジェクトの概念設計、経済性の検討を行い、それらの結果が本報告書としてまとめられた。

Ⅳ 現地調査に於いて確認された事項

昭和53年3月11日より同21日に実施された現地調査に於いて、本燐酸肥料製造プロジェクトが実現される為に必要な諸条件が調っているかについて調査を行った。この結果次の諸点が明らかになった。

- (1) 本プロジェクトは、Sierra Grande の鉄精鉍滓から燐鉍石の製造を行う部分と、その燐鉍石からの肥料製造の部分から成るが、前半は鉄精鉍製造を行っているHIPASAM社が担当することは確定しているが、肥料の製造については、どの組織が担当するか未決定であること。但しフィーニビリティスタディについては、HIPASAMを所有している軍工廠が担当すること。
- (2) 現状は、軍工廠として肥料製造プロジェクトについてアルゼンティン政府の認可を得るに先立って、プロジェクトの具体案の策定、販売計画、必要予算の確定、収益性についての見込み等についての定量的な情報を得ることが必要となっており、その為スタディが求められていること。
- (3) 肥料の市場の現状は、激しいインフレと農産物価格の変動、大土地所有制度の弊害から、1973年当時（石油危機以前の肥料価格の低かった時期）以後、あまり伸びていないこと。現在のところでは、肥料消費増大の為の農民に対する補助金等の支出は考えられておらず、本プロジェクトが成立する為には、現在の輸入肥料より経済的な価格で供給されることが必要であること。
- (4) 肥料消費の拡大については、安定した経済的供給と同時に農民に対する啓蒙活動も必要となること。又、基本的には農産物の増産が増収益につながる様な社会環境条件の整備、確立が重要な要素となること。
- (5) 燐鉍石の供給源である鉄精鉍プロジェクトは、設備の建設は全て終了し、生産運転に入りつつあること。但し、現在のアルゼンティンは銃鉄生産は低稼働の為Sierra Grandeのベレットの需要が少く、フル操業になる時期は1980年以降と考えられること。
- (6) 鉄精鉍プラントの操業条件はほぼ計画に近いところで操業しており、原料鉍石中の不純物量の変化に対応した操業条件の調整を行えば、燐鉍石の回収について基本的な問題は起きないと考えられること。
- (7) 燐酸肥料の副原料である硫黄は当面輸入硫黄によらざるを得ないこと。焙成燐肥の副原料のマグネシウム鉍物は国内各所に埋蔵されていること。
- (8) 先にも述べたごとく肥料生産の担当組織が未決定の為工場の立地も明確でないが、HIPASAMが焙燐製造を行う場合は、San Antonio Oesteに工場を設置することとなる可能性が強いこと。

- (9) アルゼンティンの肥料の末端価格には流通費の占める割合が高いことから、肥料製造の計画にはこの点の検討が重要であること。
- 00 アルゼンティンは歴史的に工業製品の国外からの供給途絶による困難を経験しており、その為国産資源による主要物資の国内生産に対する国家としての要請は強く、本プロジェクトについては、この見地からの実現を望む声強いこと。

(その他は、本報告Ⅳ章を参照されたい。)

V 現地調査時に得られたデータと現在まで行われた試験データより得られる結論

(1) 鉄精鉱プロジェクトの状況確認

肥料製造原料となる磷鉱石の原料である Sierra Grande 鉄精鉱プロジェクトの現況と将来の状況確認を行なった。鉄精鉱の製造生産設備は本年（1979年）春完成され、試験運転を終了し、現在生産を開始したところであり、その製造工程（鉄精鉱精製）はほぼ計画に近い状況で運転されていることが、現場の視察と採取サンプルの分析により確かめられた。但し、現状では3系列設備の内 1系列の運転であり、100%負荷での運転になった場合の鉱石採掘能力及び原鉱石品質の変動がどの様になるか注意が必要であり、又、本プロジェクトよりの製品が SOMISA 製鉄所等で実生産に計画通り消費される時期についての確認が必要と思われる。

(2) 肥料の市場状況

燐酸肥料の消費見込みについての詳細は、本報告書Ⅲ章に詳述されているが、アルゼンティン農業全体が現状の肥料を使わない収奪農業から、北米型の肥料を充分使う様な近代的な農業へ移行することは、現状の社会経済的条件下では当面考えられず、従来伝統的に肥料の使われてきた精密農業（果樹・野菜等）と、INTAの研究で燐酸質の欠乏が明らかになってきた地方での使用増が、今回の肥料プロジェクトの製品の市場と考えられる。このことは、回収燐鉱石を輸入燐鉱石と混合し使用する様な型の大規模なプロジェクトは当面考えられず、Sierra Grande で産出する P_2O_5 で 50,000 ton/年の燐鉱石からの肥料を全面的に消費できる様に考える必要がある。

現地調査の際提供された INTA の資料（1975 INFORMATION SINTETIZADA DE LA ENCUESTA SOBRE USO DE FERTILIZANTES）に基づき消費予測を行った結果が表1に示される（年間 P_2O_5 消費量として約 80,000 ton）。この INTA の予測の前提となっている燐酸肥料の実際の施肥を可能にするに必要な農産物の農民手取収入、肥料の消費地での価格、肥料の形態、肥料の使用促進の為に必要な対策について再確認を行うことが、現状の消費量年約 3万 ton から、予測された 8万 ton 消費を可能とするに必要な条件とその実現される時期を明らかにする為に重要であると考えられる。

現在までの市場の分析から言えば、燐酸肥料の形態としては過燐酸石灰・重過燐酸石灰が適していると考えられる。これらの肥料はいずれも当面は輸入硫黄を原料として製造される硫酸が必要であるが、一方、焙成燐肥は、原料は全て国産できるという利点がある。しかし、焙成の肥効成分は全て拘溶性で水溶性燐酸を含まない為、販売面での制約は上の二つに比較すると多い。又、重過石と他の二つの間には、製品中の有効成分の濃度（44%と20.5%、18.5%）に差が有り、この点が製品の輸送コストに影響し、

* 拘溶性：2%クエン酸液に溶ける燐酸分をいい、焙成燐肥、焼成燐肥、混合燐肥などの水に溶けない有効燐酸分の表示に用いられている。水溶性燐酸を含有する肥料では、拘溶性燐酸と水溶性燐酸の合計量をもって表わされる。

有効成分当りの農家庭先価格という点では重過石が有利である。

現在までに得られたデータからは製品形態を決定することは難しく、詳細スタディの重要テーマとして研究されることになる。

(3) 本プロジェクトの収益性

燐鉍石自体の生産価格は、鉄精鉍滓の価格をゼロとすれば輸入燐鉍石より ton 当り US\$10 近く安く生産が可能と考えられ、そのまま販売できれば収益力はあるが、燐鉍石は全量が肥料として使用される為、回収燐鉍石の製造及び燐酸肥料の製造を含めた一つのプロジェクトとして収益性を検討した。本プロジェクトの製品の価格の設定は輸入燐酸肥料と成分当り同一と考え推算を行った結果(但し、熔成燐肥については、その成分である MgO, CaO, SiO₂ の評価値 25%増しとした)、取り上げた3種の肥料について、内部収益率は次の様になった。

	ベース売値 (成分換算)	ベース売値時 IRR	売値 10%up 時 IRR	売値 10%down 時 IRR
過石	712\$/ton	11.12%	16.25%	4.16%
重過石	1693\$/ton	9.90%	15.47%	2.43%
熔燐	78.9\$/ton	9.97%	15.74%	2.13%

この内部収益率は当然ながら売値の影響が大きく、先の市場調査で述べたごとく、農家の庭先価格で燐酸肥料の消費を拡大するに必要な水準の価格を確定し、さらに流通経費を考慮し、工場出口価格を決定して始めて最終的な数値となるので、今回の試算の工場出口価格が維持できるかどうかという点が今後の研究課題となる。(現在までのところ、回収燐鉍石中の鉄分が多いことにより過燐酸石灰、重過燐酸石灰中の水溶性成分が減り拘溶性となることにより、製品の価格に影響を受ける場合は少ないと考えられているが、この点の確認も必要であろう。)

又、今回の検討では、工場建設に関連したコストの内、インフラストラクチャーに属する工業用地費、構外道路、鉄道側線、港灣設備は既存設備を使えると考えているが、もし工場立地が未開発地域に設定されるのであれば、これ等の為のコストが加えられなければならない。従って、工場出口の売値が今回の試算を上廻る可能性は少ないので、私企業として取り上げるのに必要な収益性の維持は困難と考えねばならない。しかし、地方の工業開発、農業生産での利益等の経済効果を考慮した ECONOMIC RETURN は、充分政府直営のプロジェクトとして必要な RETURN を与え得ると考えられるが、この点の定量的な解析は今後の調査課題となる。

(4) 製品の価格競争力

本プロジェクトより生産される燐酸肥料のコストは、輸入品価格と比較する場合、その

設備資金のコストが重要な要素で、米国等の大量生産でしかも設備の償却も相当進んだ設備を持つ生産業者の輸出品と競争することから、プロジェクトの資金を市中金利(10%)でまかなうとなると、売値とコストは借入金を約半分返したところでようやく等しくなり(表1参照)設備の償却がさらに進んだところで始めて収益性が良くなる。従って、開発銀行の低金利資金の利用等、奨励策が適用されることがプロジェクトを財務的に健全なものにする為に必要となる。

表1 コスト計算結果

(単位: US\$/ton)

	資金金利3% 時コスト	資金金利10% 時コスト	輸入肥料価格 (成分換算)
ア国産TSP (P ₂ O ₅ 44%)	1 5 3. 8	1 8 0 4	1 6 9 3
ア国産SSP (P ₂ O ₅ 18.5%)	6 1. 4	7 0 2	7 1. 2
ア国産FMP (P ₂ O ₅ 20.5%)	8 6 0	9 7. 2	7 8. 9
ア国産FMP (MgO, SiO ₂ 評 価)	6 8 8	7 7. 8	7 8. 9

(5) 肥料製造プロセス

現在までに実施されたピカースケールでの試験結果から、回収磷鉱石からの磷酸肥料(特に現在対象と考えている過燐酸石灰、重過燐酸石灰(この場合は、燐酸製造時は酸濃度を通常のプロセスより低い所で操作し、製品の乾燥系統を強化する)、熔成燐肥)については、標準的な製造設備で処理できると考えられる。勿論、工場の詳細設計の為に必要なデータを得る為にピカースケールの製造試験を行うことは望ましいが、上記の肥料形態に限定すれば、プロジェクトのフィージビリティの決定自体には不可欠ではないと考えられる。

(6) 磷酸肥料製造プロジェクトの実現に必要な資金は次の様になる。(但し、港務、鉄道、工場外の道路等のインフラストラクチャーの建設費は含まず。)

一過石製造設備(燐鉱石回収設備、硫酸製造設備を含む)

US\$ 41,561,000 製品量 246,000 ton/年

一重過石製造設備(燐鉱石、硫酸、磷酸製造設備を含む)

US\$ 50,866,000 製品量 102,000 ton/年

一熔成燐肥製造設備(燐鉱石回収設備を含む)

US\$ 55,920,000 製品量 250,000 ton/年

Ⅶ Sierra Grande 燐鉱石による燐酸肥料製造計画の詳細フィージビリティスタディを実施する際に必要となるアルゼンティン側の体制

(1) アルゼンティン政府としての基本的政策決定

現状のアルゼンティンの社会・経済的条件下では、肥料製造のごとく大きな資本投下を必要とし、しかもその販売価格及び販売可能量が政府の農業政策の進め方により決定的に左右されるプロジェクトが、民間の投資によって遂進されることは困難であり、プロジェクトの国家的な利益が確認された場合、本プロジェクトについて国として実現を計ることとする。

(2) 肥料製造及び国内での肥料販売担当組織の決定

現在は燐鉱石の回収についてはH I P A S A M社が実施母体となることが明らかとなっているが、肥料の製造販売については実施母体が明白でない。軍工廠がフィージビリティスタディについては管理を行う旨聞いているが、スタディーの精度を高める為には、将来のプロジェクトの運営について責任を持つ母体によりスタディーの基本条件を設定することが大切である。

(3) アルゼンティン側の検討が必要となる問題

本プロジェクトの実現の為には多くの物理的・社会的インフラストラクチャーが必要となるが、これらのインフラのコストを如何にプロジェクトのコストとして反映しなければならぬか、想定されるプロジェクトサイトごとに検討し、調査対象のサイトを事前に決めておくことが望まれる。

現在、アルゼンティンで肥料の利用拡大を妨げている原因の一つに、肥料の利用を生産量の増大と収益の増大に結びつける為に必要な農民の技術力の不足があり、肥料の国内生産と同時に、肥料の利用についての農民の啓蒙活動が必要である。この様な活動が従来のI V T Aの活動の一部として可能であるのか、又、燐酸肥料製造プロジェクトの一部として計画し、その必要な経費をプロジェクトのコストとして準備すべきかについて基本的な方針の決定が望まれる。

(4) 詳細フィージビリティスタディの実施に際して必要なアルゼンティン側プロジェクトチームの編成

本プロジェクトの検討は、鉄ベルトの消費スケジュールの確定、将来の農産物価格の動向、副原料の確保とそのコスト推定、肥料及び副原料の輸送手段とコスト推定が燐鉱石の回収濃縮設備や肥料の製造設備の検討と共に必要となる。その為、本プロジェクトの詳細研究の効率良い実施については、アルゼンティン政府及び関係機関の専門部門の協力が得られる様なプロジェクトチーム作りが不可欠と考えられる。

結 語

アルゼンティン産業の根幹である農業・牧畜業の発展の為に欠くことのできない基礎的なインプットである燐酸肥料を国内の資源を利用して生産しようとする本プロジェクトは、長期的な視野で見れば実施に移さるべきフィーノヒリティの有るプロジェクトと考えられるが、そのプロジェクトに投せられる資金及びその他のインプットが必要な経済的効果を上げ得る時期が近い将来にあるか否かについては、製品肥料が効果的に消費され得るに必要な社会・経済条件の整備、農業技術の確立と製品価格の引き下げに必要な肥料製造設備に関連するインフラストラクチャーの整備が早急に実現し得るかにかかっていると判断される。

従って、本プロジェクトに関する詳細フィーノヒリティースタディの実施にあたっては、肥料製造コストの詳細検討、肥料の流通コストの詳細と同時に、上記の社会的な背景をふまえた肥料市場の調査が重要となると考えられる。

付図 2

概略物質収支 (一日量)



