

パラグアイ共和国電力多消費型産業
立地条件予備調査

1982.12

国際協力事業団

鉦計画

J R

82-158

パラクァイ共和国電力多消費型産業
立地条件予備調査

1982.12

国際協力事業団

| | |
|---------------------|-----|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 月日 '84. 3. 30 | 708 |
| 登録No. 02232 | 66 |
| | MPP |

〈 要 約 と 提 言 〉

1 本調査はパラグエイ政府が電力多消費型産業を誘致するための諸施策の立案、実施に必要とされる資料および情報の収集と蓄積に協力することを基本目的として近い将来パラグエイに立地される可能性の高い、いくつかの工業に焦点をあわせて、F/Sを行うための前段階としての予備的考察を行ったものである。

電力、多消費型産業である化学、フェロアロイ、非鉄金属、鉄鋼の4つの工業部門から次の基準にもとずいて、近い将来パラグエイに立地される可能性の高い工業製品を選定した。

- (1) パラグエイまたはラテン・アメリカ地域で製品の消費の伸びが見込まれる
- (2) パラグエイまたはラテン・アメリカ地域より原料入手が経済的に可能である
- (3) 技術が成熟段階にあって、技術の移転が容易である
- (4) 製品単位当りの電力消費量が高い
- (5) 原料および製品の価格に占める輸送費が相対的に低い
- (6) 適性生産規模が比較的小さく、初期投資規模が相対的に少ない

2 前述の基準にもとづいて、化学工業で5、非鉄金属製錬工業で3、フェロアロイ工業で4、鉄鋼業で1の合計13品種の工業製品を選定した。各製品は次に示す通りである。

(1) 化学工業製品

- 1) 燐鉱石、蛇紋岩を主原料とする熔成燐酸肥料
- 2) 電解水素からのアンモニアおよび燐鉱石からの燐酸を原料とする燐酸アンモニア
- 3) 石灰石、コークスを主原料とするポリ塩化ビニール
- 4) 石灰石、コークスを主原料とする石灰窒素
- 5) 食塩水を電気分解して生産する塩素、苛性ソーダ

(2) 非鉄金属地金

- 1) アルミナを熔融塩電解して精製するアルミニウム
- 2) 粗銅を電気分解で精製する電気銅
- 3) 亜鉛精鉱を原料として生産する電気亜鉛

(3) フェロアロイ

- 1) マンガン鉱石を原料とするフェロマンガン
- 2) マンガン鉱石と珪石を原料とするシリコ・マンガン
- 3) 珪石を原料とするフェロ・シリコン
- 4) クロム鉱石を原料とするフェロ・クロム

(4) 鉄鋼製品

1) 鉄屑を原料とし、電気炉と小型圧延機を用いて生産する小型棒鋼

3 化学工業の5つの製品のプロジェクトについての予備的考察結果は次のとおりである。

(1) 熔成磷酸肥料

パラグエイの磷酸系肥料市場を全量熔成磷肥で充当するという考え方で、年産83,300トンの規模のモデルプラントを想定して、収益性を試算したところIRR 11.07%で、企業投資の適正収益水準である15~20%を下廻ってはいるが、化学工業の5つのプロジェクトのうちでは、最も可能性の高いという結果がでている。国内の肥料市場の詳細な調査および国内およびブラジル南部における原料資源（磷鉍石および蛇紋岩）の入手条件について、調査を行うことがF/Sを行う上で重要である。

(2) 磷酸アンモニア肥料

現在のパラグエイの肥料市場の規模にもとづいて、アンモニア日産60t、磷酸アンモニア日産120t、それに生産コスト引下げのため輸出製品として黄磷日産50tの規模のモデルのコンプレックスプラントで収益性を検討したが、IRR 0%で可能性は極めて低い。この種のプラントとしては規模があまりにも小さいことが収益性を低くしている。近隣諸国への輸出が可能ならばスケール・アップによって資本コストが下り、さらに国内もしくはブラジルの磷鉍石の価格が引下げられれば可能性は増加する。いずれにせよ国内肥料市場の規模を考慮すれば、熔成磷肥の生産プロジェクトが先行すべきであろう。

(3) 塩化ビニール

パラグエイに豊富に産出する石灰石と大量の電力供給を前提として、カーバイトを経てアセチレンを生産し、その誘導体としてポリ塩化ビニールの生産が考えられる。塩化ビニールは建築資材、農業用資材、包装材、その他の日用品として広汎な用途があり、将来パラグエイの国内市場は拡大する可能性がある。この調査では国内市場調査が不十分であるので、年産15,000tの最少規模のモデル・プラントによって収益性を検討した。IRRは8.12%と相対的に高い結果が出た。現在国際市場における塩化ビニールは天然ガスまたはナフサを原料として石油化学系の大型プラントで生産されているので、コストは当然安い。カーバイト法を採用することのプロジェクトの採算性を改善するにはコストに占める資本コストの比率が高いことから、工場建設費の引下げと生産規模の拡大が最も重要な要素である。また原料塩素のコスト引下げのために、副生する苛性ソーダの輸出市場の確保がプロジェクト成立の鍵である。

ポリ塩化ビニールはフィルム、板、管などに加工して使用されるので、ダウン・ストリームとしての塩化ビニール加工工業を育成することができるので、パラグエイの工業化の第一歩としては、potentialの大きいプロジェクトである。パラグエイおよびラテン・アメリカ市場における販売見通し、価格などについて詳細な調査が必要とされる。

(4) 石灰窒素

国内に豊富な石灰石と大量の電力を用いた石灰窒素は殺菌、殺虫効果をもつ窒素系肥料である。年産10,000 tのモデル・プラントで採算を考察したが、このプロジェクト単独では、IRRは0で可能性は乏しい。しかし塩化ビニールのプロジェクトの一部に含まれ、塩化ビニール原料のカーバイトの一部を用いて石灰窒素を生産することを考えれば、成立する可能性はでてくる。問題は石灰窒素の肥料としての国内市場の確認を行うことが、まず必要である。

(5) 塩素、苛性ソーダ

国内またはアルゼンチンで生産される食塩水もしくは岩塩を原料として、電気分解により塩素と苛性ソーダを生産するプロジェクトである。塩素は前述の塩化ビニール工業に不可欠の原料である。この調査では年産15,000 tの塩化ビニールのプラントの建設を前提として、この塩化ビニールの生産に必要な塩素を生産するのに必要なモデル・プラント（年産塩素13,095 t、苛性ソーダ11,269 t）を想定した。副産される苛性ソーダは化学工業の基礎原料であり、現在でもパラグアイおよびラテン・アメリカ市場での需要は多く、販売価格も国際市場価格より高いので、輸出可能と思われる。輸出が好条件で行えるとの前提で採算をみると、IRRは8.90%と比較的有望である。この調査では、塩素を利用したさらし粉の最低生産規模である年産3,600 tの製造プラントを付加したが、さらし粉のパラグアイおよび周辺国の市場国如何では、さらし粉製造工程のスケール・アップから塩素の生産規模の拡大によりコスト・ダウンの可能性もある。

4 非鉄金属地金の製錬プロジェクトの調査の結果は次のとおりである。

(1) アルミニウム地金

中間製品としてのアルミナは現在ラテン・アメリカではカリブ海諸国より入手が容易であり、将来ブラジルからの輸入の可能性が高いので、輸入アルミナを原料として最新式の16万アンペアの電解炉を用いた最小の経済規模である年産80,000 tの製錬プラントで検討を行った。推定建設コストはユーティリティ、輸送インフラを含まない条件で、能力1 t当り5,570ドルと国際水準からみると割高である。直接製造原価はトン当り、1,562ドル、これに本社費、販売経費を含めると販売原価はトン当り1,765ドルで現在のアルキオン輸出建値がトン当り1,750ドルであることから見て、採算性は極めて低く、輸出産業としての国際競争力は乏しいと言わざるを得ない。

採算性に最も大きく影響するのは、原料、製品の輸送コストで河川輸送のため大型専用船の直接輸送が不可能なことで、臨海プラントに比べて著しく不利である。

前述の製造原価は電力コスト1セント/KWHとしての算定であり、製造コストに占める比率は8.7%である。2セント/KWHおよび3セント/KWHとすると製造原価はさらにトン当り154ドルおよび308ドルに増加し、製造コストに占める比率は14.9%、20.7%に上昇

する。

(2) 電気銅

ラテン・アメリカには世界の主要産銅国としてのチリ、ペルーがあり、しかもこれらの国では製錬能力が十分でなく、銅精鉱や中間製品としての粗銅の形態での国際市場への輸出がかなりの量に達している。

さらにブラジル、アルゼンチンは銅資源が乏しく、製品としての電気銅の輸入は年々増加している。この様なラテン・アメリカの銅市場状況から、電力を消費する銅の電解精錬プラントが電力多消費型産業として浮かび上がってくる。

中間製品としての粗銅を輸入し、電気分解して電気銅として輸出する年産60,000tの最小経済規模のプラントを想定して検討した。銅の電解製錬プラントの採算を検討するには、他の工業製品と異なって原料の粗銅の取引価格における製錬費が、収益性の基準となる。

モデルプラントの操業の実際の製錬コストは、電力費を3セント/KWHとした場合は電気銅トン当り6.45セントで、現在の原料粗銅の取引価格における世界的な製錬費は5~6セントでフィージブルではない。収益性を圧迫しているのは、製錬コストの30%を占める固定費でスケールアップによってかなり低下する。電力コストのウェイトはKWH当り3セントとしても約10%で、あまり高くないが、コスト引下げには一つの大きなファクターである。

プラントのスケールは原料粗銅の長期的安定的な購入契約によって、拡大することは十分に可能である。また現在の粗銅取引での製錬費5~6セントは、世界の銅需要不振から見て低い水準である。したがって銅電解プラントの可能性は原料粗銅の入手量と入手条件によっては、採算性が良くなる可能性は十分にある。このほか、プラント建設費のコスト・ダウン、有利な条件の資金の導入、国際市場における製錬費条件の上昇も、採算性を改善するために詳細に検討すべきである。

(3) 電気亜鉛

亜鉛も銅と同様にペルー、ボリビア、メキシコが世界の主要亜鉛鉱石生産国であるが、製錬能力が不足しており、鉱石の形態での輸出が多い。一方、ブラジル、アルゼンチンは亜鉛地金の輸入国で、年々地金の輸入量が増加している。パラグアイの豊富な電力を利用した電気亜鉛製錬プラントの立地可能性を年産72,000tの最小経済生産規模のモデル・プラントを用いて検討した。亜鉛製錬プラントの収益性は銅と同様に鉱石購入の取引条件としての製錬費より実際の製錬コストをどの位安くしうるかによって決ってくる。モデルプラントの推定製錬コストは電力をKWH当り3セントとした場合、電気亜鉛ポンド当り11.25セントとなり、現在の世界の鉱石取引条件としての製錬費の10~11セントに比べて、割高である。

しかしながら、製錬コストの50%を電力費が占めることを考慮に入れば銅と異なって、電力費がKWH当り1セントでも引下げられれば、十分に採算性が出てくる。また固定費がコ

ストの30%を占めることから、プラントのスケール・アップによるコストダウンの可能性もある。

日本、ヨーロッパの電気亜鉛製錬所では、輸入鉱石の輸送に、大型船舶を用いて輸送コストの切下げを行っているのに対して、パラグアイは河川輸送を行わねばならないという不利な条件にある。しかし、この不利な条件は電力価格の改定如何によっては、十分にコンペントされる可能性があると思われる。

問題は、亜鉛鉱石生産国からどの程度の量を、どの程度有利な条件で原料鉱石を購入しうるかが問題であり、さらに同時に生産される大量の硫酸が国内および近隣諸国へ購売可能かどうかプロジェクトの収益性を左右するもう一つのポイントであろう。

5 フェロアロイ工業における調査を要約すると次の通りである。

(1) フェロマンガ

原料マンガ鉱石はパラグアイに賦存する可能性は高いが、調査が行われていないのでブラジル産マンガ鉱を原料とした。最小生産規模である年産10,000tと最適経済規模としての年産30,000tの二つのモデルプラントで、コストを推定した。推定販売コストはトン当たり750ドルおよび633ドルで、輸出可能な価格水準328ドル(工場FOB)をはるかに上回る結果となった。

(2) シリコマンガ

シリコマンガの生産はフェロマンガのスラグを有効に利用してコストを引下げることが可能となるので、フェロマンガと併設されるプラントが経済性が高い。この調査でもフェロマンガプラントで副生するスラグ、ブラジル産マンガ鉱および国内産珪石を使用する前提で、年産8,000tおよび25,000tの二つのモデルプラントについて検討した。しかしながら推定販売コストはトン当たり901ドル、734ドルで輸出可能な価格水準358ドルを大巾に上回った。

(3) フェロシリコ

主原料である良質の珪石は国内に賦存する可能性が高いので、国内原料が適正な価格で入手しうるという前提で、操業技術の習熟に適した最小規模の年産6,000t、世界の平均生産規模年産22,000tの二つのモデルプラントについて考察を行った。電力価格をKWH当たり3セントとして、推定生産コストは1,110ドル/トン、平均規模の場合864ドルで輸出可能価格626ドル/トン(工場FOB)に比して可成り高いが他の品種に比して差は少い方である。

(4) フェロクロム

クロム鉱石はパラグアイに賦有する可能性は少いので、世界で最も良質なクロム鉱の輸出国である南アフリカ連邦から、原料鉱石を輸入することを想定した。モデルプラントは最小規模の年産8,500t、平均規模の年産18,000tの二つの場合について検討した。算定された推

定販売コストはトン当たり 865 ドルおよび 784 ドルで、国際市場で輸出可能と見られる価格 537 ドル/トンに比べてかなり高くなる。

この調査でとりあげた 4 品種のフェロアロイの採算性はきわめて悪い結果が推定されている。この要因としては、

- 1) 原料および製品の河川輸送費の高いことが大きく影響している。
- 2) 装置産業であるため、プラントの償却および金利のコストに占める比率が平均規模の場合でも 15～20% と高い。

しかし基本的には現在世界のフェロアロイ工業は設備過剰と鉄鋼業の不況によって、未曾有の低価格水準にあるため、国際市場での輸出可能な価格を低い水準に設定せざるをえなかったことが基本的な要因である。

4 つの品種のうち、国内に資源が賦存する可能性の高い珪石を主原料とするフェロシリコンは、製造コストに占める電力費が KWH 当たり 2 セントとした場合、25.7% ときわめて高いので電力価格の引下げによって、かなりのコストダウンが可能となると見られる。

このほか、プラントの建設コストの引下げ、河川運輸の合理化を行えば、フェロシリコンが最も立地しうる可能の高い製品と判断される。

しかしながら世界のフェロアロイ市況の回復を見きわめることが基本的に必要である。

- 6 現在、パラグアイは国内に鉄鋼業を有しておらず、鉄鋼製品需要のすべてを海外からの輸入に依存している。鉄鋼業の第 1 段階として国内消費で最もウェイトの高い鉄筋用棒鋼の生産を検討した。年産 15 万トンの電気炉と小型圧延プラントを基本設備とするミニミルプラントについて立地の可能性を考察した。

モデルプラントによる推定コストは棒鋼トン当たり 284～337 ドルとなり、最近の国際価格(ヨーロッパ FOB)の 200～220 ドルに比べて著しく割高となった。棒鋼の生産コストを左右する最大の要因は、原料としての鉄屑の入手価格である。発展途上国の場合、国内の鉄屑発生量が少なく、大部分輸入に依存することになるので割高にならざるをえない。その上、パラグアイの場合、河川輸送コストが高いので著しく不利である。電力費のコストに占める比率は KWH 当たり 3 セントとしても 7.2% と相対的に低く、むしろ耐火物、電極など副資材のウェイトが高いので、輸送コストがここにも影響してくる。

この予備的な調査結果からみるとパラグアイにおけるミニミルプラントは収益性がなく、立地の可能性は低いと言わざるを得ない。

- 7 この調査は予備的性格のものであり、さらに立地の可能性を確認するためには、現地調査を含む精度の高い調査を行うことが必要である。今後の調査の進め方について次のことを提言する。

- (1) 製品別の F/S を行うのが適当と思われるのは、化学製品では熔成磷酸肥料及び塩化ビニール、非鉄金属地金では、電気亜鉛、フェロアロイでは、フェロシリコンである。

(2) 上記製品のF/Sを行うにあたって共通して重要な調査事項は次の通りである。

- 1) 国内の鉱物原料資源の調査，とくに石灰石，珪石，ドロマイト，岩塩，かん水など非金属鉱物の供給可能量とコストについての詳細な調査
- 2) 河川輸送について，現在の輸送コスト及び将来可能でしかも最も合理的な輸送システムの建設計画と輸送コストの低減可能性についての調査
- 3) 肥料，塩化ビニールなど国内需要を対象とする製品についての国内市場調査
- 4) ラテン・アメリカ地域を中心とする輸入原料の供給条件および製品の輸出可能性調査

目 次

〔要 約 と 提 言〕

| | |
|-------------------------------------|----|
| 第 I 編 序 論 | 1 |
| 1 調査の背景と目的 | 1 |
| 2 調査の方法と内容 | 3 |
| 第 II 編 化学工業 | 5 |
| 1 電力多消費型化学工業総論 | 5 |
| 2 パラグァイに立地可能な化学工業プロジェクトについて考慮すべき諸要因 | 7 |
| 2-1 選択のCriteria | 7 |
| 2-2 化学工業立地としてのParaguayの利点, 欠点 | 7 |
| 2-3 市場規模と生産設備の経済規模 | 8 |
| 2-4 Paraguay国内資源 | 9 |
| 2-5 インフラストラクチャーの問題 | 9 |
| 3 Paraguayにおいて立地可能となり得るプロジェクトの予備検討 | 10 |
| 3-1 選択されたProject Scheme | 10 |
| 3-1-1 肥料工業 | 10 |
| 3-1-2 塩化ビニール工業 | 11 |
| 3-1-3 食塩電解工業 | 11 |
| 3-2 Material Balance | 12 |
| 3-2-1 肥料工業 | 12 |
| 3-2-2 塩化ビニール工業 | 12 |
| 3-2-3 食塩電解工業 | 15 |
| 3-3 製造工程の概要 | 15 |
| 3-3-1 肥料工業 | 15 |
| 3-3-1-1 Ammonia | 15 |
| 3-3-1-2 Elementary Phosphorus | 17 |
| 3-3-1-3 Phosphoric Acid | 18 |
| 3-3-1-4 Di-Ammonium Sulphate | 20 |
| 3-3-1-5 Ammonium Sulphate | 21 |
| 3-3-1-6 Fused Magnesium Phosphate | 21 |
| 3-3-2 塩化ビニール工業 | 21 |
| 3-3-2-1 カーバイド | 24 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3-3-2-2 | 塩化水素 | 24 |
| 3-3-2-3 | Vinyl Chloride Monomer | 24 |
| 3-3-2-4 | Poly Vinyl Chloride | 26 |
| 3-3-3 | 食塩電解工業 | 26 |
| 3-3-3-1 | 食塩電解 | 26 |
| 3-3-3-2 | 高度晒粉 | 28 |
| 3-3-4 | Calcium Cyanamide | 28 |
| 3-4 | 販売可能価格の分析 | 31 |
| 3-4-1 | 肥料価格の動向 | 32 |
| 3-4-2 | (元素) 燐価格の動向 | 32 |
| 3-4-3 | 高度晒粉価格の動向 | 36 |
| 3-4-4 | 苛性ソーダ価格の動向 | 37 |
| 3-4-5 | Fused Phosphate 価格の動向 | 38 |
| 3-4-6 | PVC 価格の動向 | 40 |
| 3-4-7 | Calcium Cyanamide 価格の動向 | 40 |
| 3-4-8 | Industrial Phosphoric Acid 価格の動向 | 42 |
| 3-5 | 収益性の検討 | 42 |
| 3-5-1 | 収益性分析の基礎 | 43 |
| 3-5-2 | Expected Man Power Cost | 47 |
| 3-5-3 | Manning Plan | 47 |
| 3-5-4 | 原料コストの検討 | 48 |
| 3-5-5 | 各Project Scheme のFinancial Assessment | 51 |
| 3-5-6 | 選択された電力多消費型プロセスのAlternative プロセスについて | 70 |
| 4 | 計画されたプロジェクトの問題点 | 74 |
| 4-1 | 工場建設費の詳細見直し | 74 |
| 4-2 | 原料・副原料の入手価格再検討 | 74 |
| 4-3 | 燐輸出の問題点 | 74 |
| 4-4 | 工業プロジェクトの要員養成 | 74 |
| 4-5 | Pre-marketing Activities | 74 |
| 4-6 | Financial Arrangement for the Project | 75 |
| 4-7 | コストインフレーション及び製品価格インフレーション | 75 |
| 5 | Detailed Feasibility Study についてのRecommendation | 76 |
| 5-1 | 総論 | 76 |

| | | |
|------------------------------------|--|-----|
| 5-2 | 肥料プロジェクトのFeasibility Study | 76 |
| 5-3 | Electrolysis Plant のFeasibility Study | 79 |
| 5-4 | Poly-Vinyl Chloride プロジェクトのFeasibility Study | 79 |
| 5-5 | Typical Study Program | 80 |
| Appendix I Paraguay における肥料マーケットの検討 | | 83 |
| “ II | 製品及び中間製品の説明 | 88 |
| “ III | Transportation Plan and Related Cost | 100 |
| 第 III 編 | 非鉄金属製錬工業 | 137 |
| 1 序 | 論 | 137 |
| 2 | アルミニウム製錬工業 | 139 |
| 2-1 | アルミニウムの概要 | 139 |
| 2-2 | アルミニウム市場と価格の現代 | 140 |
| 2-2-1 | 生産と消費 | 140 |
| 2-2-2 | 需要動向 | 141 |
| 2-2-3 | 価格 | 143 |
| 2-2-4 | 取引形態 | 145 |
| 2-2-5 | アルミニウム国際資本 | 145 |
| 2-3 | 今後のアルミニウム市場の見通し | 146 |
| 2-3-1 | 需給見通し | 146 |
| 2-3-2 | 輸出市場の見通し | 148 |
| 2-4 | アルミニウム製錬プロセス | 148 |
| 2-4-1 | アルミナの製造 | 148 |
| 2-4-2 | アルミニウム電解 | 149 |
| 2-5 | 主要原材料の品質及び市場 | 151 |
| 2-5-1 | ボーキサイト | 151 |
| 2-5-2 | アルミナ | 152 |
| 2-5-3 | 氷晶石, ふっ化アルミニウム | 153 |
| 2-5-4 | 炭材 | 153 |
| 2-6 | 予想されるパラグアイにおけるアルミニウム製錬プロジェクト | 153 |
| 2-6-1 | 製錬プラントの形態 | 153 |
| 2-6-2 | プラントサイト | 154 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 2-6-3 | 主要原材料の想定供給先 | 154 |
| 2-6-4 | 予想される製品販売先 | 155 |
| 2-6-5 | プラントの生産規模 | 155 |
| 2-7 | モデルプラント建設費の推定 | 155 |
| 2-7-1 | 主要設備 | 155 |
| 2-7-2 | プラントレイアウト | 156 |
| 2-7-3 | モデルプラントの建設費の推定 | 157 |
| 2-8 | モデルプラントの予想される操業条件 | 157 |
| 2-8-1 | 取扱物量 | 157 |
| 2-8-2 | ユーティリティ | 158 |
| 2-8-3 | 必要人員 | 158 |
| 2-9 | モデルプラントにおけるコストの推定 | 158 |
| 2-9-1 | 製錬コストの推定 | 158 |
| 2-9-2 | 電力代の影響 | 160 |
| 2-10 | 推定されたコストの国際競争力 | 161 |
| 2-11 | 本スタディにおける問題点 | 161 |
| 2-12 | 参考文献(アルミニウム新製錬法の研究開発) | 162 |
| Appendix I | World Bauxite Production | 163 |
| " | II World Alumina Production | 164 |
| " | III World Aluminium Production | 165 |
| " | IV World Aluminium Consumption | 166 |
| " | V Aluminium Production and Consumption in Latin America | 168 |
| " | VI Aluminium Projects in Latin America | 168 |
| 3 | 銅製錬工業 | 169 |
| 3-1 | 銅の概要 | 169 |
| 3-2 | 銅の市場と価格の動向 | 169 |
| 3-3 | 銅の製錬法 | 177 |
| 3-4 | 銅鉱石, 副材料及び副産物 | 178 |
| 3-4-1 | 銅鉱石 | 178 |
| 3-4-2 | 副原料 | 178 |
| 3-4-3 | 副産物 | 178 |

| | | |
|------------|-------------------------|-----|
| 3-5 | 予想されるパラグアイにおける銅製錬プロジェクト | 179 |
| 3-5-1 | 南米における銅市場の現状 | 179 |
| 3-5-2 | パラグアイにおける銅製錬の形態 | 179 |
| 3-5-3 | プラントサイト | 180 |
| 3-5-4 | 原料の供給先, 製品の販売先 | 180 |
| 3-5-5 | プラントの生産規模 | 181 |
| 3-6 | モデルプラントのプロセス概要 | 181 |
| 3-6-1 | 生産方式 | 181 |
| 3-6-2 | プロセス概要 | 181 |
| 3-6-3 | プラントレイアウト | 181 |
| 3-7 | モデルプラントの建設費の推定 | 184 |
| 3-8 | モデルプラントの予想される操業条件 | 184 |
| 3-8-1 | 取扱物量(原料, 中間製品, 製品) | 184 |
| 3-8-2 | 主要操業物品 | 184 |
| 3-8-3 | ユーティリティ使用量 | 185 |
| 3-8-4 | 必要人員 | 185 |
| 3-9 | モデルプラントにおけるコストの推定 | 186 |
| 3-9-1 | 買鉱製錬所における採算 | 186 |
| 3-9-2 | 製錬コストの推定 | 188 |
| 3-9-3 | 推定コストに対する諸要素の影響 | 190 |
| 3-10 | 推定されたコストの国際競争力について | 192 |
| 3-11 | 本スタディにおける問題点 | 192 |
| Appendix I | 銅製錬法概説 | 194 |
| " | II 世界の銅製錬所 | 201 |
| " | III 銅鉱山・製錬所・新設増強計画 | 208 |
| " | IV モデルプラントにおける操業概要 | 210 |
| 4 | 亜鉛製錬工業 | 213 |
| 4-1 | 亜鉛の概要 | 213 |
| 4-2 | 亜鉛の市場と価格の動向 | 213 |
| 4-3 | 亜鉛の製錬所 | 213 |
| 4-4 | 亜鉛鉱石及び副産物 | 220 |

| | | |
|------------|--------------------------|-----|
| 4-4-1 | 亜鉛鉱石 | 220 |
| 4-4-2 | 副産物 | 221 |
| 4-5 | 予想されるパラグエイにおける亜鉛製錬プロジェクト | 221 |
| 4-5-1 | 南米における亜鉛市場の現状 | 221 |
| 4-5-2 | パラグエイにおける亜鉛製錬の形態 | 222 |
| 4-5-3 | プラントサイト | 222 |
| 4-5-4 | 原料の供給先・製品の販売先 | 222 |
| 4-5-5 | 生産規模 | 222 |
| 4-6 | モデルプラントのプロセス概要 | 222 |
| 4-6-1 | 生産方式 | 222 |
| 4-6-2 | プロセス概要 | 223 |
| 4-6-3 | プラントレイアウト | 223 |
| 4-7 | モデルプラントの建設費の推定 | 226 |
| 4-8 | モデルプラントの予想される操業条件 | 226 |
| 4-8-1 | 取扱物量（原料，中間製品，製品） | 226 |
| 4-8-2 | 主要操業物品 | 227 |
| 4-8-3 | ユーティリティ使用量 | 227 |
| 4-8-4 | 必要人員 | 227 |
| 4-9 | モデルプラントにおけるコストの推定 | 228 |
| 4-9-1 | 買鉱製錬所における採算 | 228 |
| 4-9-2 | 製錬コストの推定 | 329 |
| 4-9-3 | 推定コストに対する諸要素の影響 | 231 |
| 4-10 | 推定されたコストの国際競争力 | 232 |
| 4-11 | 本スタディにおける問題点 | 232 |
| Appendix I | 亜鉛製錬法概説 | 234 |
| " | II 世界の亜鉛製錬所 | 238 |
| " | III 亜鉛・鉛鉱山製錬所新設増強計画 | 242 |
| " | IV モデルプラントにおける操業概要 | 243 |
| 第 IV 編 | フェロアロイ工業 | 245 |
| I | フェロアロイ工業序論 | 245 |
| 1-1 | フェロアロイ概要 | 245 |

| | | |
|-------|---------------------------|-----|
| 1-2 | パラグァイにおいて生産可能なフェロアロイ製品の選定 | 246 |
| 2 | フェロマンガ | 249 |
| 2-1 | 概要 | 249 |
| 2-2 | 市場と価格動向 | 249 |
| 2-3 | 製造法 | 250 |
| 2-4 | 製造用原材料 | 251 |
| 2-4-1 | マンガン鉱石 | 251 |
| 2-4-2 | コークス | 253 |
| 2-4-3 | 石灰石 | 253 |
| 2-4-4 | 電極ペースト | 253 |
| 2-5 | パラグァイにおける製造プロジェクト | 253 |
| 2-5-1 | プラントサイト | 253 |
| 2-5-2 | 原材料の供給先および価格 | 253 |
| 2-5-3 | プラントの生産規模 | 254 |
| 2-6 | モデルプラントの建設費の推定 | 254 |
| 2-7 | モデルプラントの予想される操業条件 | 255 |
| 3 | シリコマンガ | 257 |
| 3-1 | 概要 | 257 |
| 3-2 | 市場と価格動向 | 257 |
| 3-3 | 製造法 | 257 |
| 3-4 | 製造用原材料 | 258 |
| 3-5 | パラグァイにおける製造プロジェクト | 258 |
| 3-5-1 | プラントサイト | 258 |
| 3-5-2 | 原材料の供給先及び価格 | 258 |
| 3-5-3 | プラントの生産規模 | 258 |
| 3-6 | モデルプラントの建設費の推定 | 258 |
| 3-7 | モデルプラントの予想される操業条件 | 259 |
| 4 | フェロシリコ | 261 |
| 4-1 | 概要 | 261 |
| 4-2 | 市場と価格動向 | 261 |
| 4-3 | 製造法 | 262 |
| 4-4 | 製造用の原材料 | 262 |
| 4-4-1 | 珪石 | 262 |

| | | |
|-------|------------------------|-----|
| 4-4-2 | 石炭 | 263 |
| 4-4-3 | コークス | 263 |
| 4-4-4 | 鉄原 | 263 |
| 4-4-5 | ウッドチップ | 263 |
| 4-4-6 | 電極ペースト | 263 |
| 4-5 | パラゲイにおける製造プロジェクト | 263 |
| 4-5-1 | プラントサイト | 263 |
| 4-5-2 | 原材料の供給先および価格 | 263 |
| 4-5-3 | プラントの生産規模 | 264 |
| 4-6 | モデルプラントの建設費の推定 | 264 |
| 4-7 | モデルプラントの予想される操業条件 | 264 |
| 5 | フェロクロム | 267 |
| 5-1 | 概要 | 267 |
| 5-2 | 市場と価格動向 | 267 |
| 5-3 | 製造法 | 268 |
| 5-4 | 製造用の原材料 | 268 |
| 5-4-1 | クロム鉱石 | 268 |
| 5-4-2 | コークス | 269 |
| 5-4-3 | 珪石 | 269 |
| 5-4-4 | 蛇紋岩 | 269 |
| 5-4-5 | 電極ペースト | 269 |
| 5-5 | パラゲイにおける製造プロジェクト | 269 |
| 5-5-1 | プラントサイト | 269 |
| 5-5-2 | 原材料の供給先及び価格 | 269 |
| 5-5-3 | プラントの生産規模 | 270 |
| 5-6 | モデルプラント建設費の推定 | 270 |
| 5-7 | モデルプラントの予想される操業条件 | 270 |
| 6 | フェロアロイモデルプラントによるコストの推定 | 273 |
| 6-1 | 製品の市場価格から見たプラントの推定出荷価格 | 273 |
| 6-2 | 製品コストの推定 | 273 |
| 6-3 | 推定コストに対する電力単価の影響 | 275 |
| 7 | 推定される製品のコストの国際競争力 | 277 |
| 8 | 本スタッフにおける問題点 | 279 |

| | | |
|------------|----------------------------------|-----|
| Appendix I | プラントの操業概要 | 280 |
| 第 V 編 | 鉄鋼業（電気炉棒鋼） | 285 |
| 1 | 序論 | 285 |
| 2 | 棒鋼の種類 | 285 |
| 2-1 | 鋼材の種類 | 285 |
| 2-2 | 棒鋼の種類 | 285 |
| 2-2-1 | 形状及び寸法による分類 | 285 |
| 2-2-2 | 用途による分類 | 286 |
| 2-3 | 鉄筋コンクリート用棒鋼 | 286 |
| 2-3-1 | 鉄筋用丸鋼 | 286 |
| 2-3-2 | 鉄筋用異形棒鋼 | 287 |
| 3 | 小棒メーカー（主に電炉メーカー）の経営 | 288 |
| 4 | 電炉法による小棒生産フロー | 291 |
| 5 | 小棒の生産プロセス優位比較 | 292 |
| 5-1 | 高炉-転炉法と電炉のコスト比較 | 292 |
| 5-2 | アメリカの例 | 292 |
| 6 | 原料 - 鉄屑 | 294 |
| 6-1 | 小棒と鉄屑の関係 | 294 |
| 6-2 | 鉄屑の需給見通し | 294 |
| 6-2-1 | 鉄屑の発生 | 294 |
| 6-2-2 | 鉄屑の供給 | 294 |
| 6-2-3 | 鉄屑の需要 | 295 |
| 6-2-4 | 鉄屑輸出入の現況 | 296 |
| 7 | 小棒と鉄屑の価格 | 299 |
| 7-1 | アメリカの鉄屑価格 | 299 |
| 7-2 | 小棒価格 | 299 |
| 7-3 | 小棒と鉄屑価格の関係 | 299 |
| 8 | パラグアイにおけるミニミルプラント成立の可能性についての予備検討 | 304 |
| 8-1 | 小棒の製品市場 | 304 |
| 8-1-1 | パラグアイの国内市場 | 304 |
| 8-1-2 | パラグアイの小棒・小形形鋼の輸入先 | 304 |
| 8-1-3 | パラグアイよりの輸出市場 | 304 |

| | | |
|------------|-------------------------|-----|
| 8-2 | 小棒原料の人手先 | 312 |
| 8-2-1 | 主原料 | 312 |
| 8-2-2 | 副原料 | 316 |
| 8-2-3 | 耐火物 | 316 |
| 8-3 | パラグエイにおけるミニミルプラント計画 | 317 |
| 8-3-1 | 技術的前提条件 | 317 |
| 8-3-2 | 工場基本計画 | 317 |
| 8-3-3 | 原材料消費計画 | 319 |
| 8-3-4 | 組織と要員 | 321 |
| 8-3-5 | 建設コスト見積 | 322 |
| 8-3-6 | 価格リスト | 323 |
| 8-3-7 | ビレット, 小棒のコスト予想 | 324 |
| 8-3-8 | 工場レイアウト | 326 |
| 8-3-9 | パラグエイにおけるミニミルプラントの成立可能性 | 327 |
| 8-3-10 | 補足 | 328 |
| Appendix I | 統計類 | 330 |
| " | II 小棒の規格 | 336 |
| " | III 鉄鋼メーカーの種類と特徴 | 338 |
| " | IV 小棒の生産 | 341 |
| " | V 現地調査項目 | 348 |

第 I 編
序 論

1 調査の背景と目的

現在パラグアイではブラジルと共同して、世界最大の発電能力をもつイタイプ水力発電所、アルゼンチンと共同してヤシレタ水力発電所の二つの巨大な水力発電所の建設が進められている。これが完成する1988年以降には、パラグアイは莫大な電力を供給する能力を所有することになる。

2つの水力発電所の概要は次の通りである。

(1) イタイプ水力発電所（ブラジル、パラグアイ共同プロジェクト）

| | |
|----------|-----------------------|
| 総出力 | 1,260万KW（70万KW発電機18基） |
| パラグアイ取得分 | 70KW×9基＝630万KW |
| 運転開始予定 | 1983－1984年 |
| 予定総工事費 | 127億ドル |

(2) ヤシレタ水力発電所（アルゼンチン、パラグアイ共同プロジェクト）

| | |
|----------|------------|
| 総出力 | 270万KW |
| パラグアイ取得分 | 135万KW |
| 運転開始予定 | 1987－1988年 |
| 予定総工事費 | 72億ドル |

パラグアイの現在の電力供給能力は、出力184,000KWのアカライ水力発電所を主力として約23万KWである。したがって二つの大発電所が完成する1988年以降にはパラグアイの発電能力は現状の34倍に増加することとなる。

パラグアイ政府はこの発電能力の増加に対応して送配電網を拡大強化して、国内の電化を進めるとともに余剰電力をアルゼンチン、ブラジルに売電しつつ、中長期的に電力多消費型産業の導入を強力に推進しようとしている。

パラグアイ政府は電力多消費型工業の導入については、

- (1) 人口が約300万人で所得水準も低く、国内市場が狭小である
- (2) 国内の原料資源、とくに鉱物資源の調査が十分に行われていない
- (3) 内陸国であり輸送インフラが未整備である
- (4) 工業労働力の供給体制が未確立である

など困難な条件があることを十分に認識しており、工業の導入、育成には長期的視点から基礎を整備し、各種の政策手段によって有利な条件をととのえる必要性を痛感している。

しかしながら、今まで農業中心として発展してきたパラグアイにとって、工業化の促進とくに

電力多消費型工業の導入はまったく新しい政策課題であるため、工業開発政策の立案、推進のための基礎的資料および情報の蓄積が乏しく体制も不十分である。

したがって、パラグエイ政府にとって当面緊急の課題は電力多消費型工業の導入のための政策立案の基礎を確立することである。

この調査はパラグエイ政府の工業開発政策の立案のための基礎的資料および情報を提供することを基本的目的として行った。工業開発政策に必要とされる基礎的資料と情報は非常に莫大な量に達するので、日本の政府、民間企業に蓄積された資料と情報のうちから、パラグエイが当面緊急に必要と想定される産業分野に焦点をしばって、具体的な資料及び情報を簡明にとりまとめることとした。

2 調査の方法と内容

現在の日本における産業のうちから、電力多消費型の産業とされている部門を選んでそれぞれの産業部門の製品のうち、

- (1) パラグァイにおいて将来適当な規模の国内市場の拡大が期待されるか、あるいはパラグァイの近隣諸国またはラテン・アメリカ市場への輸出が期待できる。
- (2) パラグァイ国内に原料資源が存在する可能性がある。あるいは近隣諸国およびラテン・アメリカ諸国より原料が入手しやすい。
- (3) 生産技術が成熟していて、技術移転が容易である。
- (4) 製品単位当りの電力消費量が多い。あるいは製品コストに占める電力コストの比率が高い。
- (5) 原料および製品コストに占める運搬コストの比率が相対的に低い。
- (6) 適性な生産規模が比較的小さく、初期の投資規模が相対的に小さい。

という条件にかなう製品を選定した。

以上の条件から化学工業で5、非鉄金属製錬工業で3、フェロアロイ工業で4、鉄鋼業で1の合計13品種の工業製品を選定した。

各製品は次に示す通りである。

(1) 化学工業製品

- 1) 燐鉱石、蛇紋岩を主原料とする熔成燐酸肥料
- 2) 電解水素からのアンモニアおよび燐鉱石からの燐酸を原料とする燐酸アンモニア
- 3) 石灰石、コークスを主原料とするポリ塩化ビニール
- 4) 石灰石、コークスを主原料とする石灰窒素
- 5) 食塩水を電気分解して生産する塩素、苛性ソーダ

(2) 非鉄金属地金

- 1) アルミナを熔融塩電解して精製するアルミニウム
- 2) 粗銅を電気分解で精製する電気銅
- 3) 亜鉛精鉱を原料として生産する電気亜鉛

(3) フェロアロイ

- 1) マンガン鉱石を原料とするフェロマンガン
- 2) マンガン鉱石と珪石を原料とするシリコマンガン
- 3) 珪石を原料とするフェロシリコン
- 4) クロム鉱を原料とするフェロクロム

(4) 鉄鋼製品

- 1) 鉄屑を原料とし、電気炉と小型圧延機を用いて生産する小型棒鋼

さらに選定された製品について、まず第1にパラグエイでの生産可能性を調査するために前提となる製品の特性、市場、価格、原料、技術についての最新の情報を取りまとめた。

次にパラグエイでの生産の可能性を検討するための予備的作業として、各製品についてモデルプラントを想定して現在の日本でのデータを基礎とし、いくつかのパラグエイの条件を仮定して投資額、コストを試算して生産の可能性を予備的に検討した。

この調査の過程で使用された資料、情報および方法は、パラグエイ政府の工業開発政策のスタッフが、各製品についての政策の立案、外国民間企業を誘致するためのガイドラインの作成、企業よりのプロジェクト・プロポーザルの評価のための基礎的情報として役立つことを期待した。

さらに、この調査の結果は次の段階として現地調査を含むプロジェクトのF/Sを行うべき産品を選定するために役立つように配慮した。

この調査を行うに当たって、いくつかの困難な問題があった。

- (1) 世界の電力多消費型工業は近年の石油エネルギー価格の上昇により、立地条件が大きく変化したため、国別の生産構造、新規の企業立地は大きな変化期に入っていて、将来の世界的生産構造を予測することが非常に困難である。
- (2) 石油危機以降の世界経済の停滞、とくに工業先進国の工業製品市場の極度の不振から、将来の産品の市場予測、価格予測が不明確である。
- (3) パラグエイの現地条件について、日本での入手が困難で多くの調査の要素について仮定せざるを得なかった。

したがってこの調査はあくまで preliminary study であって、次の段階の study は現地調査を含めて、多くの人員と時間をかけて実施する必要があることを強調しておく。

第 二 編

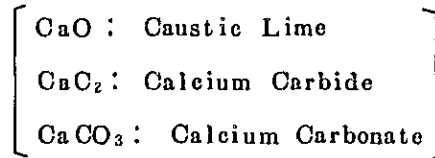
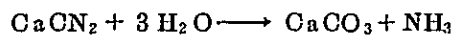
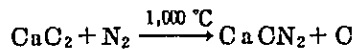
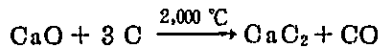
化 学 工 業

1 電力多消費型化学工業総論

一般論として、化学工業の発展の歴史は、より経済的に目的物を得るための Alternative Process の追求と開発であったといえる。一つの例として、窒素肥料の場合を考えてみると、合成肥料の最初は、石炭乾溜による Cokes 製造の副産物である Ammonia を硫酸と反応させて得られた硫酸 Ammonia であった。

20 世紀に入るや、この Ammonia 合成にむかって、各種のプロセスの開発が進められた。

まず、Calcium Cyanamide による方法。



次いで、空気中での電弧放電 (Electric Arc) による、硝酸 (Ammonia の酸化物) 合成が実用化されたが、これらのプロセスは、そのエネルギー消費が高いために続いて開発された水素と窒素からの Ammonia 合成 (Haber-Bosch) プロセスにとって換わられることになる。

次の段階として、この水素と窒素の製造の方法として、水の電気分解、Coke のガス化、石炭の部分酸化による方法が工業化された。その後、1950 年前後から、石油及び天然ガスの利用が最も経済的なプロセスとして、世界の Ammonia 合成のほとんど全てを占めるようになった。

1973 年の Oil Crisis 以降の原油価格の高騰の結果、石油は Ammonia 合成原料として優位を失い、現在は天然ガスが最も秀れた原料として考えられている。

一方、製品形態も、Ammonia Sulphate から Ammonium Nitrate や Urea に転換され、現在の世界の窒素肥料市場を形作っている。

このような製造プロセス及び原料の転換は、Nylon 原料、塩化 Vinyl の原料についても見出すことができる。

このことは、Paraguay で得られる多量の電力を消費する目的に合致するプロセスを見出すことは、比較的容易であることを示す。Table I-1 には、その代表的な製品、プロセスが示されている。

しかしながら、ほとんど全ての製品について、他のプロセスによる製造が可能であることから、電力消費型プロセスの持つ競争力の検討が必要である。生産に必要な電力以外の原料の入手の難易、又、製品の販売できる価格の如何によっては、電力コストをゼロに下げても、その工業が経済的に成り立たない場合もでてくる。従って、可能性のある製品及びプロセスについて、Para-

guayにて生産を行なう場合のEconomic Feasibilityの確認が必要となる。そこで、次章以下において、どのようなプロジェクトがFeasibilityが高いと判断できるかについて、考察を行なう。

Table I-1 Preliminary Evaluation of the Potential Projects

| Project | Raw Material | Electricity | International Price | Market | Raw Material Availability | Technology | Remarks | |
|---------|---|---|--|---------------------------------|-------------------------------|--|--|--|
| 1-1) | Adiponitrile (HC-(CH ₂) ₄ -CN) | Acryle Nitrile (Toluene Sulphonic acid tetra ethylene ammonia) | 3,500 kWh/ton | US\$20,000/ton | Not in the region. | From U.S.A. (Brazil) | Complex | The related industries (Raw material and end user) are far away. |
| 1-2) | Calcium Carbide (CaC ₂) | Lime Stone, Cokes | 3,360 kWh/ton | US\$10,000/ton | Potential as raw material. | Available in the region. | Moderate | Good potential depend on electricity cost. |
| 1-3) | Chlorine (Cl ₂) | Salt (NaCl) | 2,600 kWh/ton | US\$6,000/ton | Potential as raw material. | Available in the region. | Simple | Good potential depend on salt availability and electricity cost. |
| 1-4) | Hydrogen (H ₂) | Water | 3 kWh/m ³ 640/m ³ (comb) | Potential as raw material. | Available. | Simple | Very low cost electricity required. | |
| 1-5) | Hydrogen Peroxide (H ₂ O ₂) | Water, Sulphuric Acid, Ammonia | 3,800 kWh/ton | US\$15,000/ton | Potential for bleaching | Available (auxiliary material not available.) | Simple | Water and electricity cost is important. |
| 1-6) | Oxygen (O ₂) | Water or Air | 0.6 kWh/ton (Air Separation) | US\$60/m ³ (comb) | Limited | Available. | Simple | Market is limited. |
| 1-7) | PhC- Caprolactam (C ₁₂ H ₁₇ NO) | Cyclohexanon | 2,000 kWh/ton | US\$40,000/ton | Not in the region. | From U.S.A. (Brazil) | Complex | The related industries are far away. |
| 1-8) | Phosphorus (P) | Phosphate Rock, Silica, COGas | 13,400 kWh/ton | US\$50,000/ton | Potential as raw material. | Available in the region. | Moderate | Good potential depend on electricity cost. |
| 1-9) | Fused Phosphate | Phosphate Rock Serpentine | 1,700 kWh/ton | US\$0,000/ton | Potential. | Available in the region. | Moderate | Good potential if market exist. |
| 1-10) | Silicon Carbide | Silica, Cokes | 10,000 kWh/ton | | Not in the region | Available in the region | (Rather complex.) | |
| 1-11) | Sodium Hydroxide | Salt | 2,200 kWh/ton | US\$70,000/ton | Potential | Available in the region | Simple | |
| 1-12) | Chlorinated Hydrocarbon | Chlorine, Ethylene | | | Not in the region | From U.S.A. (Brazil) | Complex | |

con'd

Table I-1 Preliminary Evaluation of the Potential Projects (con'd)

| Project | Raw Material | Electricity | International Price | Market | Raw Material Availability | Technology | Remarks | |
|---------|----------------------------------|--|---------------------------------|--|---|---|------------------------|--|
| 11-1) | Acetylene | Calcium Carbide | 10,500 kWh/ton | US\$40/m ³ (comb) | Limited. Potential as raw material. | Can be produced. | Simple | |
| 11-2) | Ammonia | Hydrogen, Nitrogen | 11,700 kWh/ton | US\$90,000/ton (Fertilizer US\$40,000/ton) | Potential. | Can be produced. | Moderate | Cost can be high unless low price. Power is available. |
| 11-3) | Ammonium Nitrate | Ammonia, Nitric Acid | 5,350 kWh/ton | US\$50,000/ton | Potential. | Can be produced. | Moderate | As above. |
| 11-4) | Calcium Cyanamide | Carbide, Nitrogen | 2,600 kWh/ton | US\$6,000/ton | Potential. | Can be produced. | Moderate | Market also may be limited |
| 11-5) | Calcium Hypochlorite | Lime, Chlorine | 1,000 kWh/ton | US\$30,000/ton (33% Cl ₂) | Potential as bleaching agent. | Can be produced. | Simple | Market may be small. |
| 11-6) | Hydrochloric Acid | Hydrogen, Chlorine | 2,700 kWh/ton | US\$26,000/ton | Limited. Potential as raw material. | Can be produced. | Simple | Depend on vinylchloride production. |
| 11-7) | Nitric Acid | Ammonia | 2,600 kWh/ton | US\$60,000/ton (67%) | Limited. Potential as raw material. | Can be produced. | Moderate | Depend on ammonia cost. |
| 11-8) | Micro Phosphate Fertilizer | Nitric Acid, Phosphate Rock, Ammonia, etc. | 5,150 kWh/ton | US\$40,000/ton (20-20-0) | Potential. | Can be produced. | Moderate | As above. |
| 11-9) | Phosphoric Acid | Phosphorus | 2,800 kWh/ton | US\$190,000/ton | Potential as raw material. | Can be produced. | Moderate | Depend on the cost of elementary phosphorus |
| 11-10) | Soda Ash | Caustic Soda, Carbon Dioxide | 3,800 kWh/ton | US\$70,000/ton | Potential. | Available in the region. | Moderate | Market and cost are keys. |
| 11-11) | Vinyl Chloride | Acetylene, Hydrogen Chloride | 6,700 kWh/ton | US\$180,000/ton | Potential. | Can be produced. | Rather complicated. | As above. |
| 11-12) | Vinyl Acetate | Acetylene, Acetic Acid | 3,700 kWh/ton (exclude acid) | US\$160,000/ton | Not in the region. | Acetic acid may not be in the region. | Rather complicated. | Market is limited. |

2 Paraguay に立地可能な化学工業プロジェクトについて考慮すべき諸要因

2-1. 選択の Criteria

常識的には、投下された資本に対して十分な利益が得られるプロジェクトであれば、その実現が容易なこと（Feasibilityが高い）ことは明白であるが、例えば、森林資源等が、その事業に、再生可能水準を越えて使われるような条件が含まれる場合には、プロジェクトの外部で社会的な損失を起しており、このようなプロジェクトは、その原料の市場価格に森林資源の維持回復に必要なコストを加えて、なおかつ収益力があるか否か、といった、国家経済上の見地からのアセスメントが必要となる。又、一方、あるプロジェクトが収益力が低いと見成されたとしても、国内の資源が有効活用され得るプロジェクト（人的資源・鉱産資源）であれば、そのプロジェクトの国家経済上の意味は高いと判断される。いずれにせよ、まず、経済合理性の面で比較的優位にあると考えられるプロジェクトを選び出すことが必要となる。ここでは、輸入関税障壁などによる保護は考えないこととする。

2-2. 化学工業立地としての Paraguay の利点、欠点

工場の立地について、一般的に考慮されねばならない要素として、次の諸点がある。

- (1) 製品の市場に近いか否か
- (2) 製造原料・副原料の経済的入手が可能な場所か
- (3) 質の高い労働力が得られるか
- (4) 工場建設に適した土地が入手可能か
- (5) 原料の輸送・製品の輸送等に必要なインフラストラクチャーが備わっているか

今、新しい生産設備を建設し、ITAIPUの電力を利用し、化学製品を製造し販売する場合は、既存の外国の工場及びこれから建設されるであろう外国の工場で生産される製品との競争を前提として考えねばならない。そこで、とり上げるべきプロジェクトとそのCompetitorとの競争力の優劣について考える。

化学製品を Typical な、三つの異った種類に分けて考察してみる。

- (1) 染料・医薬品に代表される、ファイン・ケミカルグループ
- (2) 酸・アルカリ・肥料等に代表されるグループ
- (3) Polyethylene, Vinyl Chloride 等の汎用石油化学製品

2-2-1 ファインケミカルグループ

この製品の特徴は、重量当りの価格が高いこと、量的には多量消費ではないこと、多種の原料、副原料が必要であると同時に、製造技術や販売技術に多くの技術者が必要であること、等

である。従って、Paraguayにおける立地条件は、マイナスが多いことが明かで、日・欧・米の伝統的な生産者が世界のほとんどをその市場とすることを可能とする要因であり、Paraguayで立地することには困難がある。

2-2-2 肥料・酸・アルカリ等のグループ

このグループの特徴は、多量消費製品であり、単位重量当りの価格も比較的安く、原料・製品の産出地と消費地間の輸送コストがプロジェクトの経済性に大きな影響があり、製造技術の移転が比較的容易なことである。故に、原料の経済的入手が可能で、しかも近接地域に市場が確保できるならば、Paraguayでの立地が可能となり得る。

2-2-3 汎用石油化学製品グループ

このグループは、上記2グループの中間的な性質である。故に、先進工業諸国に比較し、原料及び用役費（電力等のコスト）と市場の確保に優位が確保できるならば、Paraguay立地も可能となる。しかしながら、技術要員の養成について、プロジェクトに相当財務上の負担が加わることは避けられず、国家的な見地からこれらの技術移転コストを考えることも必要になってくる。

2-3. 市場規模と生産設備の経済規模

前章に述べた立地条件の市場の有無に関連して、プロジェクトの価格競争力を決める要因として、生産規模（市場規模）の問題がある。この問題は、製品価格に占めるCapital Costの割合の高くなるプロジェクトほど重要となる。

今回の場合、Ammoniaの工場を単独で考えるならば、その設備費（Capital Cost）は、Ammoniaトン当たり約150 Sとなり、これだけでもAmmoniaの国際的な市場価格に近い価格になってしまう。もし、スケールを3倍に拡大するならば、その設備費は90 S/tonに下げることが可能になる。しかしながらこの場合、Paraguay及びその近隣地域で消費できないAmmoniaは、域外へ輸出する必要がでてくる。液安の輸送は、大型船を使用した大量輸送を別にして、コストが非常に高く、販売価格（工場出口）を下げざるを得ないこととなり、スケール・アップの効果が消えてしまう。

将来、Paraguay国内で肥料の利用が定着拡大する時期には、工場規模も拡大可能となり、肥料プロジェクトの収益も高くなると考えられる。しかしながら、国内市場の開拓を可能にするためにも、安価で安定した供給を可能にする国内供給を開始することが必要条件となる。

従って、このようなパイオニア的プロジェクトに対しては、国家的な見地からの援助が考慮される必要があると考えられる。

2-4. Paraguay 国内資源

現在までの地下資源調査の結果では、工業原料として確認されているのは、石灰岩、珪石、マグネシウム塩くらいであり、燐鉱石・Rock Salt の存在の可能性が知られている程度で、輸出目的の大規模工業を可能にする原料の所在は望みが少ない。燐酸Complex、カルシウム・カーバイドComplexは、原料面での優位性は有ると考えられる。

2-5. インフラストラクチャーの問題

工業先進国のプロジェクトの場合は、工業用地、原料・製品の積込み積出し設備、輸送設備等は、既存であったり、又、公機関により整備されていることから、工業プロジェクトがそのようなコストをbearせずとも済む。それに対して、Paraguayでは、プロジェクトのコストとなる可能性が強く、この面でプロジェクト採算性を圧迫する。この点を考えても、最初から巨大プロジェクトを導入することは困難が多いと考えられる。

以上の物理的インフラストラクチャーに対して、工業プロジェクトのsuccessfulな達成に必要な管理者、化学技師、機械技師、運転・保全の要員の確保、機器の修理に必要な材料・技術者の供給等の社会的インフラストラクチャーの不足に対しての考慮も、重要な因子としなければならない。

3 Paraguayにおいて立地可能となり得るプロジェクトの予備検討

3-1. 選択された Project Scheme

前章までに述べたごとく、Paraguayで最初に設立されるべき化学工業として考えられるべき条件は、国内又は近隣地域で相当量消費可能な製品であること、原料の入手が経済的に可能であること、技術の移転が比較的容易であること、経済・財務的な収益性が必要水準を満たし得る可能性があること、等であり、これらを考慮し、又、中南米及びアジア諸国での工業プロジェクトの発展の歴史的な経過を見るに、次の工業が浮かび上ってくる。

- (1) 肥料工業
- (2) 塩化ビニール工業
- (3) 食塩電解工業

3-1-1 肥料工業

現在の世界各国における農業の現状を見ると、北米・欧州・日本等の、肥料・農薬等を大量に利用し、単位面積から大量の収穫を得る Intensive 型農業と、Paraguay, Argentine 等でも今も主として行なわれる Extensive 型農業、即ち、肥料・農薬等の資本投下を行わずに、土地の自然生産力に頼り、生産力が下がれば新たに荒野を開き農作を行ない、既耕地は放棄して行く、といった形が見られる。

しかしながら、人口の増加と可耕可能未開地の減少に伴い、世界各国において、徐々に Extensive 型から Intensive 型への移行が見られている。(Paraguay 農業の肥料利用の展望については Appendix I 参照)

ITAIPU YACYRETA' ダムの建設は、Paraguay の農地に対する Irrigation を現在以上に改善する可能性を有し、このことは Intensive 型農業の拡大に貢献することが期待されている。

一方、農業生産に肥料が大量に利用されるためには、農家の肥料入手のコストが、その肥料投与によって得られる農作物の増収量と、その販売による収入増に比較して、1/3 以下になることが必要とされている。Argentine などの現状を見るに、Farmer's gate price が国際価格に比し大変高く、このことが肥料消費の阻害要因となっている。

従って、国内で適正な価格で安定供給が行なわれるようになれば、国内市場も次第に拡大すると考えられる。しかしながら、この過程には相当の時間がかかると考えられるので、第一期の工業は、スケールメリットは期待できないので小型の工場を考えざるを得ない。このことは、生産コストは工業先進国の大型工場に比較し高くなることは避けられないこととなるが、Paraguay の地理的な特殊性からくる、輸入に伴う輸送コスト、輸入手続き等に伴うコストとあ

る程度 set off され、輸入品と比較し、遜色ない価格で供給できることが期待される。特に原料の燐鉱石が Paraguay 又は Brazil 南西部から経済的な価格で入手可能となれば、非常に良いプロジェクトとなり得る。Fused Phosphate 製造は价格的に優位があるが、Paraguay 農業の中でこの種の肥料が適するか否かについて問題がある。

3-1-2 塩化ビニール工業

現在の社会は、Plastic Age と言われるほど、合成樹脂は生活の必需物資として、その消費量は年々増大している。塩化ビニールは、農業資材及び建築資材として多量に消費され、世界各国での生産が進められている。

現在の塩化ビニール生産は、ナフサ・エタンの熱分解で得られるエチレンの誘導体から製造されているが、電力と石灰石、Coko からのカーバイト・アセチレンからも製造可能である。このことは、Paraguay で容易に入手できる原料で生産可能であり、又、国内需要及び近隣地域での消費も相当量期待できる。又、どちらかといえば、大規模生産と小規模生産の間の価格差も少なく、輸入品と比較し、価格競争力を維持できる可能性はある。

特に ITAIPÚ YACYRETÁ ダムの水を農業用水として積極的に利用を考えると、硬質塩化ビニールパイプの需要が相当量増えることが予想される。

3-1-3 食塩電解工業 (Caustic Soda 及び Chlorine Complex)

塩化ビニールの生産を行なうとすれば、必ず主原料の一つである塩素又は塩化水素の製造が必要となる。電力以外に必要な他の原料である食塩は、近隣諸国から入手が可能である。この塩素の製造価格を国外よりの輸入品と競争できる水準まで引き下げるためには、プラント（食塩電解）の規模を拡大することが望ましい。電力利用工業の一つとして、アルミニウム精錬がとりあげられる可能性があり、このためにはアルミナの輸入もしくは生産が必要となる。

Caustic Soda はアルミナ生産のための必要原料で、アルミナ 1.0 トンに対して 0.1 トン位消費される。そこで、アルミナ輸入の場合は、その輸送手段を利用して Caustic Soda をアルミナ製造工場に売ることが可能となれば、電解プラントの国際競争力が強くなると考えられる。又、Caustic Soda と塩素と Paraguay で得られる lime stone、この有効利用として飲料水の殺菌、パルプ等の漂白に消費する Bleaching Powder (Calcium Hypochlorite) の生産を計画した。

Paraguay 及び近隣諸国における Bleaching Powder の将来の市場について調査が必要となる。

Note: 今回検討された Project の主製品は DAP, 元素燐, Ammonia PVC, 塩素, 苛性ソーダ, 晒粉であるが、その工程中でできる中間製品も販売可能である。これらの主製品及び中間製品についてその性質、一般的製法等について、Appendix II に記した。

3-2. Material Balance

3-2-1 肥料工業

Paraguay で、Brazil San Paulo State から比較的容易に入手可能と考えられる主原料の磷鉍石を軸として、Silica, Cokes を使い、電力のコスト優位を生かし、将来の Paraguay 農業の重要なインプットとなる Di-ammonium Phosphate, Ammonium Sulphate, Ammonia, (又は Fused Phosphate) の国内市場向け生産を行なう。但し、同時に、中間製品である元素磷の一部の輸出も考える。原料から中間製品を経て最終製品に到る量的関係は Fig III-2-1 に示す。

この Balance は、Fused Phosphate と DAP プロジェクトを同時に実施する場合で示してあるが、Paraguay 国外への製品輸出 (Brazil, Uruguay, Argentine, Bolivia) が国内市場と同程度見込める場合にのみ実現可能で、早急にプロジェクトの実施を行なう場合は、DAP か Fused Phosphate のいずれかを先行させるのが現実的と考える。

Appendix I に見られるごとく、近い将来に具現化する P_2O_5 肥料の市場は 16,000 t/Y と見られている。その為に Fused Phosphate のフロント規模は P_2O_5 16,000 t/Y としたが、この全量を国内で消費するのは困難で、半分以上を Brazil, Uruguay 等へ輸出する努力が必要となろう。アンモニアフロントの規模は 1990 年の需要 Nitrogen 13,000 ton/Year に見合う規模をベースとした。また一方、生産コストの引き下げを目的として、Paraguay 及び周辺地域 (Brazil) の資源・磷鉍石と Silica を利用できる磷の生産規模を増し、一部輸出を考えた。

| | | |
|---------------|-------------|--|
| Ammonia 工場 | 60 ton/day | (Nitrogen 14,800 t/Y) |
| DAP 工場 | 120 ton/day | (P_2O_5 16,500 t/Y) |
| Phosphorus 工場 | 50 ton/day | (P 15,000 t/Y incl, 7,000 t/Y 外販) |

なお、Ammonium Sulphate は、硫化鉍精錬の副産硫酸処理として考えたが、硫酸が無い場合は DAP の増産または Ammonia の市販を増加させることで処理できる。

3-2-2 塩化ビニール工業

Paraguay で豊富に産出する Lime Stone と豊富な電力から考えられる化学工業にはカーバイドの製造があり、さらにカーバイドより得られるアセチレンからの誘導体が考えられる。その中で、Paraguay 及び周辺で消費が可能な製品として、塩化ビニールがある。塩化ビニールは建築関係、農業資材、雑貨等、広汎な用途がある。今回検討したプラントは、市場の調査が不十分であるが、最小の規模で考えた。故に、現在の国際価格 (大型プラントにより製造されている) に比較しコスト面で問題があるが、Brazil, Argentine 等の近隣諸国の市場に入ることが可能であれば、規模の拡大による経済競争力の強化の可能性は残されている。又、将来、Paraguay 国内市場の拡大があれば、能力増強によるコスト・ダウンも可能と考えられる。

Fig. III-2-1 (a) Fertilizer Complex Material Balance

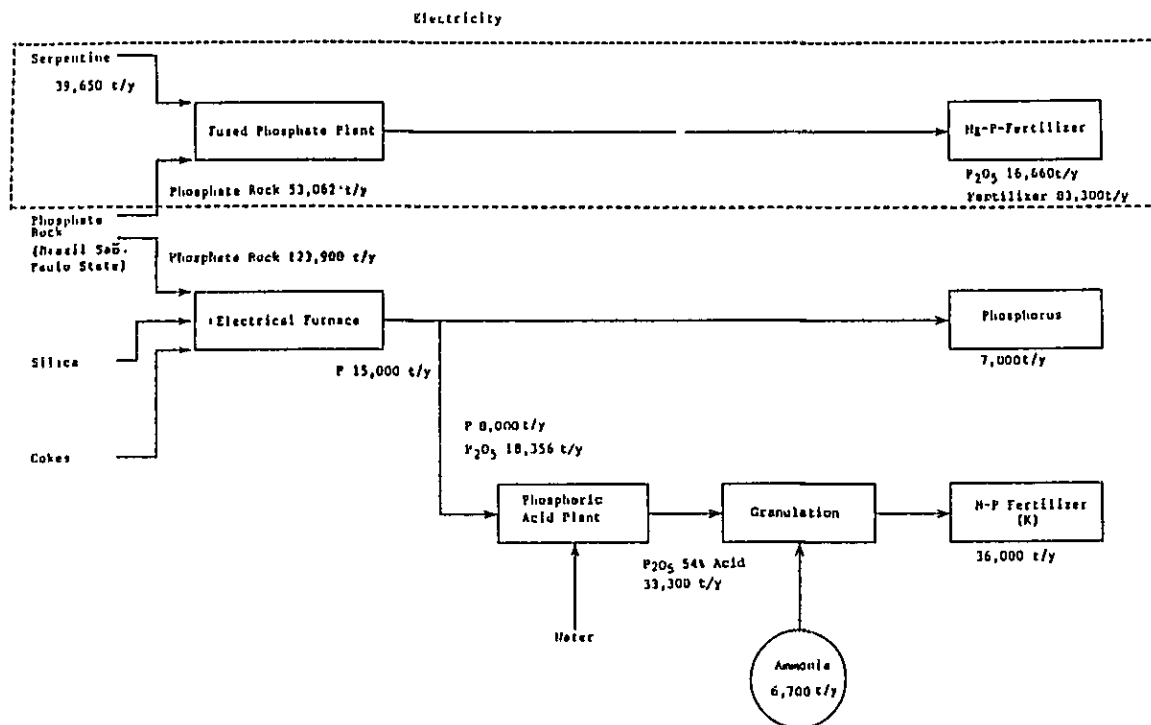


Fig. III-2-1 (b) Fertilizer Complex Material Balance

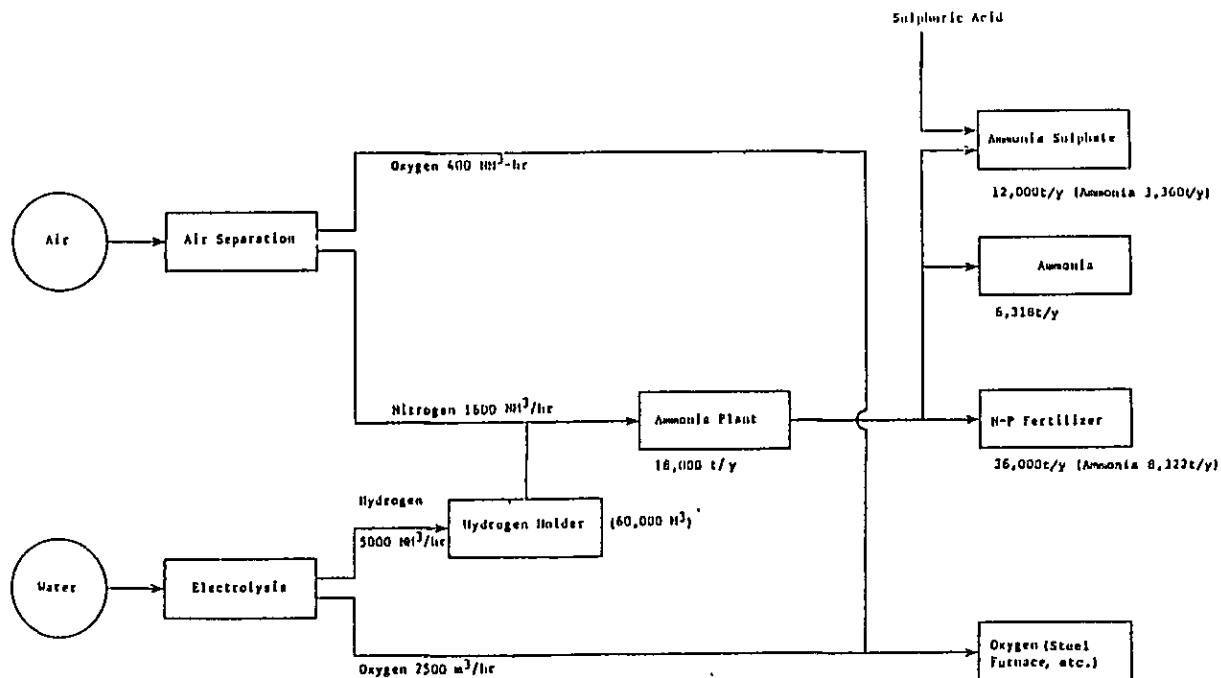


Fig. III-2-2 Poly Vinyl Chloride Complex Material Balance

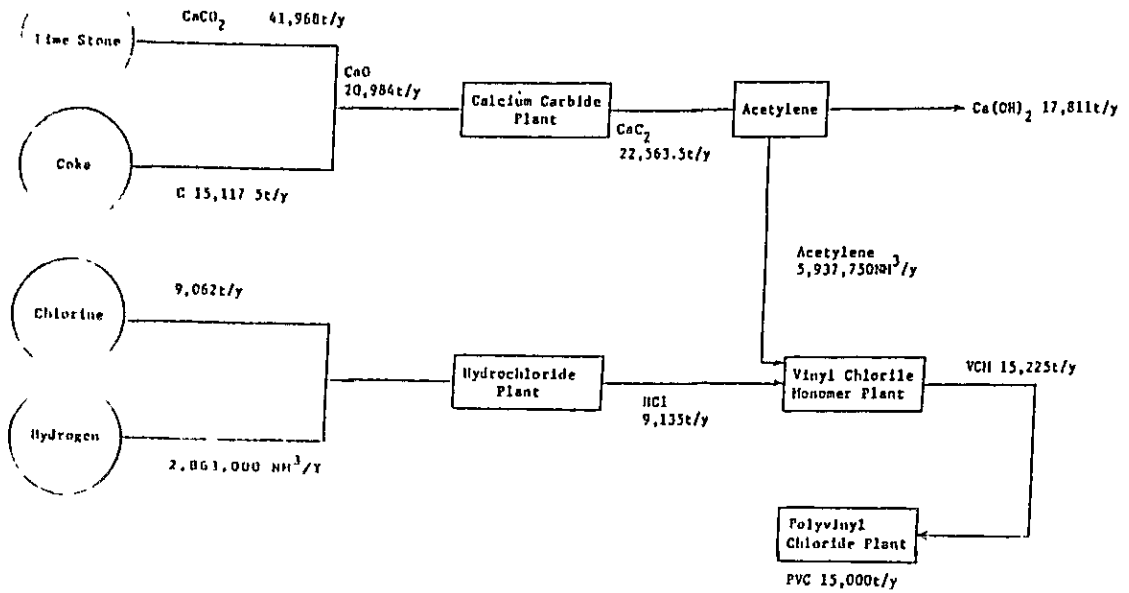
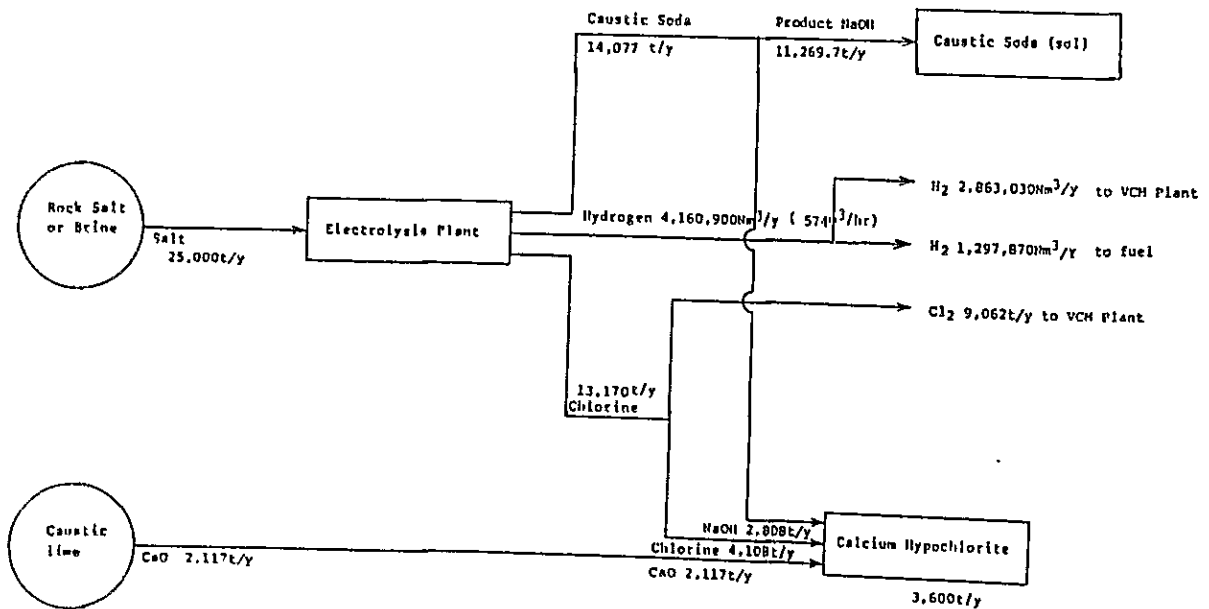


Fig. III-2-3 Electrolysis Complex Material Balance



塩化ビニールの生産規模（15,000 t/Y）の決定には、次の諸点を考慮した。

一般に GNP per capita が 1,000 ドル程度に発展した段階の国では、PVC は人口一人あたり 2 Kg/Y 程度が消費されている。その上、熱可塑性樹脂に属する Polyethylene（軟・硬質一諸）で 3 Kg/Y と、Polypropylene 1.5 Kg/Y が同時に消費されている。このようなデータから、Paraguay で PVC の国産化が開始されれば、本来の PVC 用途に加え Polyethylene の市場の一部は PVC で代替できると考えられ、per capita 消費は 4～5 Kg/Y の達成は、さほど困難とは思えない。また、Paraguay 周辺地域での需要も含めて考えて Minimum の経済規模と考えられる 50 t/day（15,000 t/Y）を第一期の生産規模とした。将来、国内市場の拡大と周辺地域への販売増加が達成できれば、規模の拡大を行ない生産コストの引き下げも可能性がある。

本プロジェクトの経済性の鍵は、原料塩素のコストダウンのための Caustic Soda の販売の確保にある。

3-2-3 食塩電解工業

塩化ビニールを生産する場合には、食塩電解による塩素の生産は不可欠で、同時に苛性ソーダが副産される。この塩素及び苛性ソーダの一部を利用して、高度サラシ粉の生産を考える。この場合の中間製品と最終製品は、

- 1) 塩素
- 2) 苛性ソーダ
- 3) サラシ粉である。

その Material Balance は Fig III-2-3 で示した。製造規模は塩化ビニールの製品に必要な原料の確保により、サラシ粉製造は最小規模を採用したが、Paraguay とその周辺国の市場如何では、より大きな規模で生産し、さらにコストダウンを計ることも可能である。副産苛性ソーダの販売は、アルミ精錬との関連、もしくは、周辺国の Alkaline 原料、また必要であれば、ガラス原料の Soda Ash の製造等を考えることになろう。

3-3. 製造工程の概要

3-3-1 肥料工業 (Scheme I)

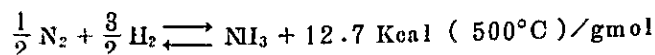
3-3-1-1 Ammonia

(1) プロセス

Ammonia の合成は、原料の水素ガスと窒素ガスを、高温高圧下で、鉄系の触媒を使って反応させる。

水素ガスは、不純物を取り除いた水に、電導度を高めるために苛性ソーダを添加し、Nickel メッキした steel の陽極と Carbon steel の陰極に、Asbest の隔膜を持つ電解槽で、直流電流により電気分解して得られる。一方の窒素は、空気を極低温に冷し液化して、精溜により酸素と分離して得られる。

アンモニア合成の反応は次の式によって進行する。

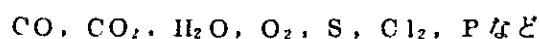


化学平衡上から、圧力が高いほど、アンモニアへのコンバージョンが多くなる。また発熱反応であるから、反応熱を制御して最大の反応率を得ると同時に、有効に利用するため、熱交換器による送ガスの予熱あるいは蒸気として回収するなど、合成塔の構造は種々研究されている。また触媒層に関しても、触媒層を数段に分離し各段に冷ガスをコールドショットすることによって、全体の触媒層の温度分布を、反応が最大になるように最適にして、アンモニアの収率を高くするなどのくふうがなされている。

(2) 原料ガス

反応式で明らかのように、原料ガス中の H_2 と N_2 の比が3:1である必要がある。 H_2 または N_2 のいずれかが過剰になっても、アンモニア合成系統に蓄積し、その程度がはなはだしいときは著しく反応を阻害して、触媒温度が低下し、操業継続ができなくなってくる。したがって、原料ガス中の H_2 と N_2 の比の調整は、苦心を要する点である。

原料ガス中の不純物（触媒毒）として問題になるものには、次のものがある。



COはその含有量が多いと、触媒を被毒して接触能を低下させ、アンモニア合成反応を著しく妨害するので、通常数10 ppm（1 ppmは百万分の1）程度まで除去する必要がある。CO₂についても同様である。（炭化水素原料の場合）

最近ではCOの除去は、 $\text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ の反応を利用したメタネーションによるものが多くなった。ガス中の水分は特に乾燥のための設備を設けないが、合成塔に送入する前に低温部（ -20°C 位）を先に通過させて、高压低温を利用して乾燥するのが普通である。

O₂は、電解水素を原料としてアンモニアを合成する場合に、原料水素および窒素に微量に含有されている。これは、精製炉で接触的に H_2 と反応させて水として、10 ppm程度まで除去する。

原料ガスの種類、ガス精製の方式などによって異なるが、精製原料ガス中にはS化合物が微量含有される場合がある。このような場合は、S化合物は触媒に硫化鉄の形で固定され、接触能を永久に喪失させる。水電解による水素は、この心配がない。

原料として石炭、コークス、油、天然ガスを使用した時は、精製ガス中に2%以下程度の CH_4 が含まれている。 CH_4 は不活性ガスであるから触媒に対しての毒作用はないが、合成系に蓄積して H_2 と N_2 の混合ガスを希釈し、反応を妨害するので、ある限度（普通10～15%）以上に蓄積する場合には、系外に放出する必要がある。このため水素の収率が低下するので、できる限り除去することが望ましい。

また、空気の中にわずかに含まれる不活性ガスのアルゴンについても、 CH_4 と同じように H_2 と N_2 の混合ガスを希釈する。

(3) 触媒

アンモニア合成触媒は、鉄に助触媒として K_2O 、 Al_2O_3 、 CaO 、 SiO_2 などを数%加えたものが使用されている。現在は溶融法によって製造されている。

触媒の良否はアンモニア合成反応に著しい影響を持っているので盛んに研究され、現在は活性、耐毒性、耐熱性共に非常にすぐれたものができるようになった。触媒は反応圧力、反応塔の構造、原料ガスの性質などとも密接な関係があるので、その選択に当っては細心の注意が必要である。触媒の形状は通常破砕された5～15mm位の粒状である。粒の大きさは反応塔の構造によって選択される。

(4) Facility

原料製造のための多数の電解槽と一基の空気分離器に加え、この混合ガスを合成圧力150～300気圧まで昇圧する合成圧縮機が必要である。大型のアンモニア工場では高速遠心圧縮機が利用されるが、Paraguayで考えられる規模の100トン/日前後では、通常往復(Reciprocating Type)の圧縮機使用される。

昇圧された混合ガスは、合成管出口ガスに混合され、同伴する微量の水分、油分を製品のアモニアと一諸に分離するためにRefrigerated Coolerによって冷却後、合成管出口ガスと熱交換により加熱され、合成塔内触媒層に導入される(Ref Fig III-3-1-1)。

3-3-1-2 Elementary Phosphorus - 黄リン

リン鉱石を密閉電気炉で加熱還元し黄リンを得る。

(1) プロセス

黄リンの製造法としては電炉法と鼓風炉法が知られているけれども、今日行なわれているのは、電炉法のみである。合成化学工業の発展と共に触媒としてのリン酸の需要は増大し、洗剤、金属表面処理剤、農薬、可塑剤関係など、その需要は年々増加の傾向にある。初期の製リン電気炉の容量は、100KV A足らずの小さいものであったが、漸次大型化し、日本でも1万KV Aを超える炉が操業されており、アメリカでは、回転式電気炉の稼働が報告されている。(Ref Fig III-3-1-2)

(2) Facility

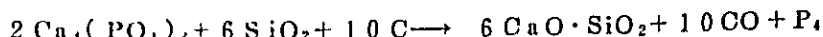
電気炉の形状は円形または長方形の密閉炉で、炉床および溶融体のたまる部分よりやや上までカーボン材内張りになっており、リン鉱およびスラッグを排出するタップ口は炉底部に、原料投入口および電炉ガスの取り出し口は上部に設けてある。

(3) 作業条件

リン鉱石、コークスおよび珪石などの原料は、粒度調整、乾燥した後、自動秤量されて

連続的に炉内へ投入される。炉内圧力は、大気圧と等しくなるように自動的に調整される。使用電圧は200～400Vである。

炉内反応を簡素化すると次式になる。



発生する電気ガスはCO 85%，P 8%を含み200～400°Cの温度であり、これをコックレル電気収塵器に通じ、混在する原料粉塵を除去する。収塵器を出たガスは豎形コンデンサーに導き、上部から温水を噴霧して冷却し、黄リンを凝縮させる。コンデンサー底部に留ったリンはポンプで吸上げ、ろ過精製して貯槽へ送り貯蔵する。電気炉炉底の溶融鉍滓は、随時炉外へ排出され、硅酸石灰肥料および構築材料などの原料として用いられる。使用するリン鉱石によってリン鉄を生成する。これは鉍滓タップ口の下部に設けられたリン鉄タップ口より排出、固化させる。

市販黄リンは、直接ドラム詰か、成型固化した後、ドラム詰となっている。

(4) 製品の純度，収率，副産物の生成量

| | |
|-------------------|----------------------|
| 製品の純度 | 99.5% |
| 収率 | 98% |
| 副産物（黄リン1.000Kg当り） | |
| 鉍滓 | 7.500Kg |
| 排出ガス | 2.500Nm ³ |
| リン鉄 | 100Kg |

3-3-1-3 Phosphoric Acid（乾式法）

(1) プロセス

アメリカにおける本法の工業化は古く、1919年に開始された。これは高濃度リン酸肥料を得る目的で開発されたものである。これに対し、日本の本法の工業化は遅く、本格的には第二次世界大戦中であり、合成化学用薬品としてのリン酸を目的としたものであった。このように日本の乾式法によるリン酸の製造は遅く開始されたが、その高純度、高品位という利点から戦後急激に発展した。しかし、コスト的に湿式法によるリン酸とどのように競合していくかが問題とされるところである。

原料の元素磷は加温され、液体として加圧され、燃焼室にてatomizeされ、空気中の酸素により燃焼される。ここで得られるP₂O₅はhydratorにて水と反応させられ、H₃PO₄となる。用途に応じてP₂O₅とH₂Oの割合は調節されるが、一般にはP₂O₅ 52～54%の磷酸が製造される。（Ref Fig III-3-1-3）

(2) Facility

高温におけるリン酸の腐食が烈しいため、装置材質の選定が重要である。燃焼炉および

Fig. III-3-1-1 Ammonia Plant Flow Sheet

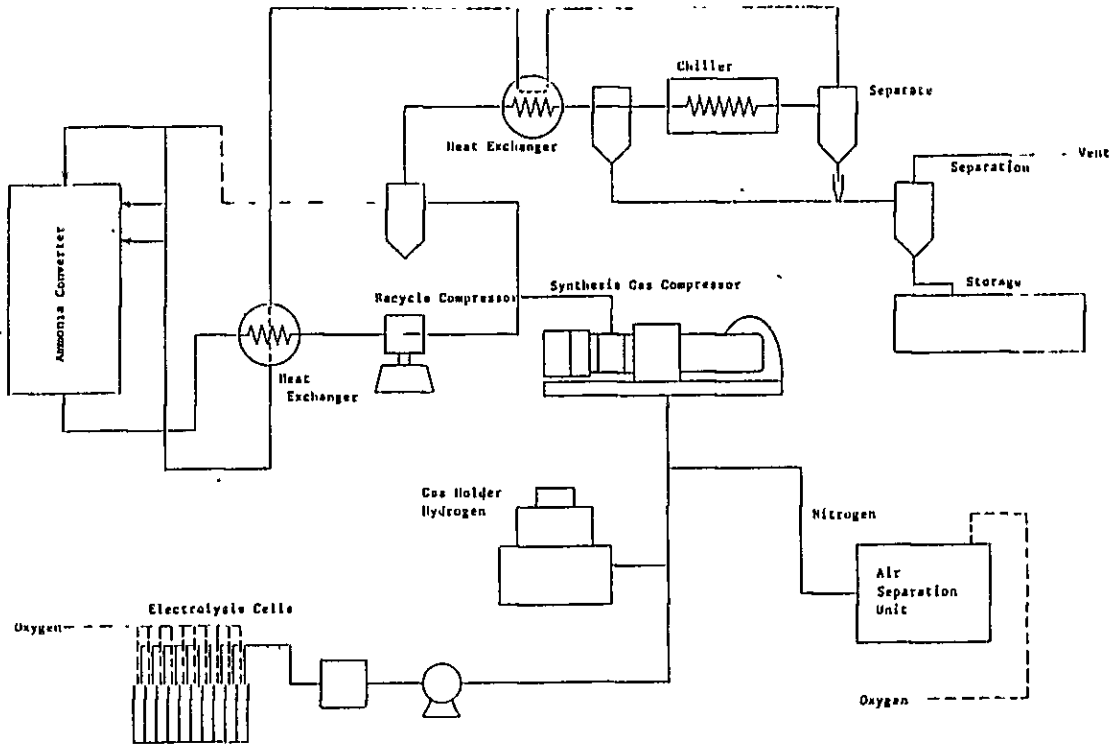
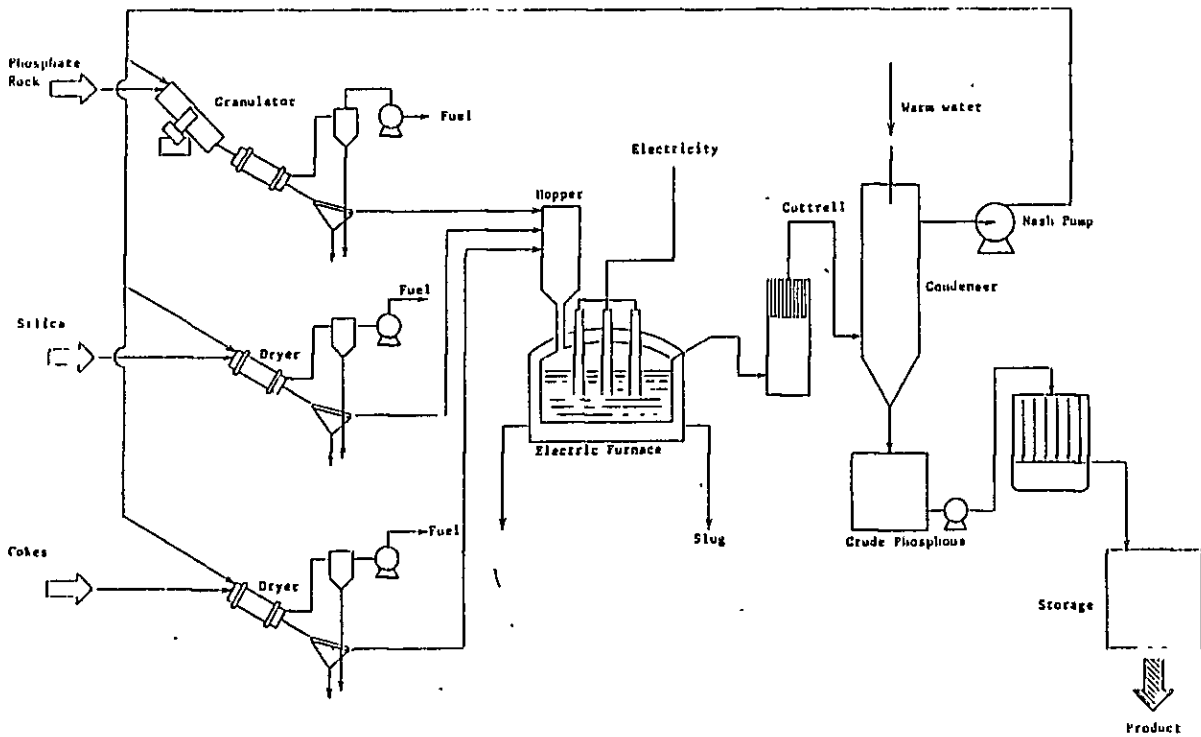


Fig. III-3-1-2 Elementary Phosphorus Plant Flow Sheet



水和塔はカーボン材を用い、外部を空冷または水冷する。

濃度調整槽、貯槽はゴムまたは合成樹脂ライニング、リン酸輸送ポンプ、輸送配管はカーボン材、磁製、合成樹脂など、適当な材質のものを選択して使用する。そして金属材料との接触を極力防ぎ、低温（50°C以下）のリン酸と接触するところで一部ステンレス鋼が用いられる。

(3) 作業条件

溶融黄リンと空気を定量的に燃焼炉へ吹きこみ、燃焼させる。温度は800°C以上にまで達するため、外部より水冷し、約200°Cにして水和塔へ導く。そして水和塔の上部より濃希薄リン酸を噴霧し、無水リン酸を吸収させる。ここで回収できなかったリン酸ヒュームは大量の空気を伴って、ベンチュリースクラバーへはいる。この時のガス温は50°C以下にすることが必要であり、ここではほとんどのリン酸を回収する。得られた希薄リン酸は水和塔の噴霧水として使用される。水和塔で得た高濃度リン酸は、濃度調整槽へ送られ、それぞれの目的に応じて89%、85%、75%の濃度に調整され、貯蔵タンクへ送り貯蔵する。

市販は、タンクローリー、ドラム詰、ポリエチ缶詰にして出荷される。

3-3-1-4 Di-Ammonium Phosphate

(1) プロセス

Di-Ammonium Phosphateは、リン酸をAmmoniaで中和することによって製造されるが、使用及び貯蔵に便利な様に適当な大きさの粒状に成型される。

この中和は二段階に行なわれる。第一段階では、リン酸1 molに対して約1.5 molのAmmoniaが反応させられる。この中間生成物は造粒工程にて発生する粉碎されたoversizeやundersizeと一諸にGranulatorに送られ、さらにAmmoniaと反応させながら造粒される。この工程でAmmoniaが追加され、1 molのリン酸に対して、Ammoniaは2.0 molの割合になる。

肥料成分のNとP₂O₅の割合を調整するために、少量の硫酸が利用される。特にP₂O₅に比較しN分多い肥料が望まれる場合は、この硫酸の量を増加する。(Ref Fig III-3-1-4)

(2) Facility

最初にAmmoniaがリン酸と反応する際(Neutralization)に発生するSteamにAmmonia及びMist状の反応生成物が同伴されるので、これを除去するためのScrubberが設置される。Neutralizerを出たSlurry状のAmmonium phosphateの水溶液と結晶のslurryはGranulatorにfeedされる。GranulatorではDryer出口で篩分され、Recycleされるundersizeとoversize(Crusherで破砕後)と混合され、Ammoniationと同時に

に Granulation が進められる。造粒機を出た半製品は Rotary Dryer により熱風にて乾燥され、その後篩分され、製品と Recycle される undersize と oversize に分けられる。

3-3-1-5 Ammonium Sulphate

(1) プロセス

沸騰している硫酸アンモニア飽和液中に Steam で希釈された Ammonia Vapour が吹きこまれ、反応槽上部より滴下される硫酸と反応し、硫酸アンモニアの結晶として晶山する。

(2) Facility

装置は簡単で、Ammonia と硫酸の反応する中和槽とそこで折出した結晶を母液と共に汲み出して母液から結晶を分離する遠心分離機が主要機器である。(Ref Fig III-3-1-5)

3-3-1-6 Fused Magnesium Phosphate (Alternative Phosphate Fertilizer)

(1) プロセス

磷鉍石と蛇紋岩は、通常、あみ目 15~20 mm のふるいを通る程度に破砕された上、適当な割合で混合され、ファーネスに供給される。

この粗混合物は、その割合により 1,300~1,350°C で溶かされ、反応が起こる。この反応では、磷鉍石中の CaF_2 は CaO と HF に分解され(脱フッ素され)、 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ の溶解性が改善される。

出てきた熔融物は噴射水により水砕・急冷され、ガラス状になる。

このガラス状の粒子は水から分離され、ロータリードライヤー内で適当な温度で乾燥され、次にボールミルに送られて粉状にされ、パイプレーティング・シーブにより粉末の大きさをそろえられる。

粉末になる前の粒状の FMP も、同様に製品となる。製品はサイロに貯えられ、ポリエチレンの袋に詰めて送り出される。

また、ファーネスからの排ガスは、フッ素化合物及び酸化硫黄を含んでいるので、排ガスが大気汚染により農作物に被害を及ぼす恐れのある場合には、排ガス処理装置をつける必要がある。(Ref Fig III-3-1-6)

(2) Facility

原料の蛇紋岩を磷鉍石に混じりやすい粒度にするための粉砕設備と原料を適当な割合に電気炉に Feed する設備、これは、Hopper と定量 Feeder の組合せとなる。電気炉内では抵抗電熱によって加熱が行なわれる。熔融物の反応生成物は quenching trough で大量の水と接触、急冷される。この半製品は Rotary Dryer で熱風により乾燥され、さらに必要に応じ ball mill 等により粉砕され袋詰される。

3-3-2 塩化ビニール工業 (Scheme II)

Fig. III-3-1-3 Furnace Phosphoric Acid Plant Flow Sheet

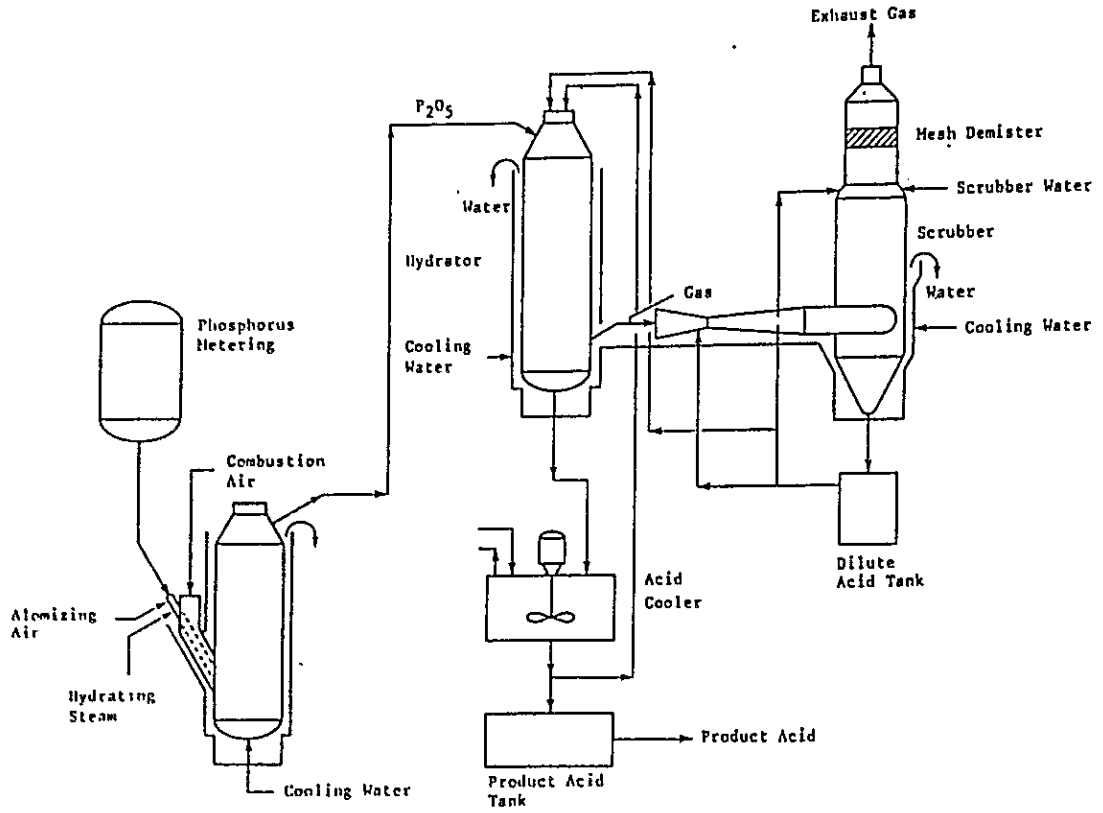


Fig. III-3-1-4 Granulation (DAP) Plant Flow Sheet

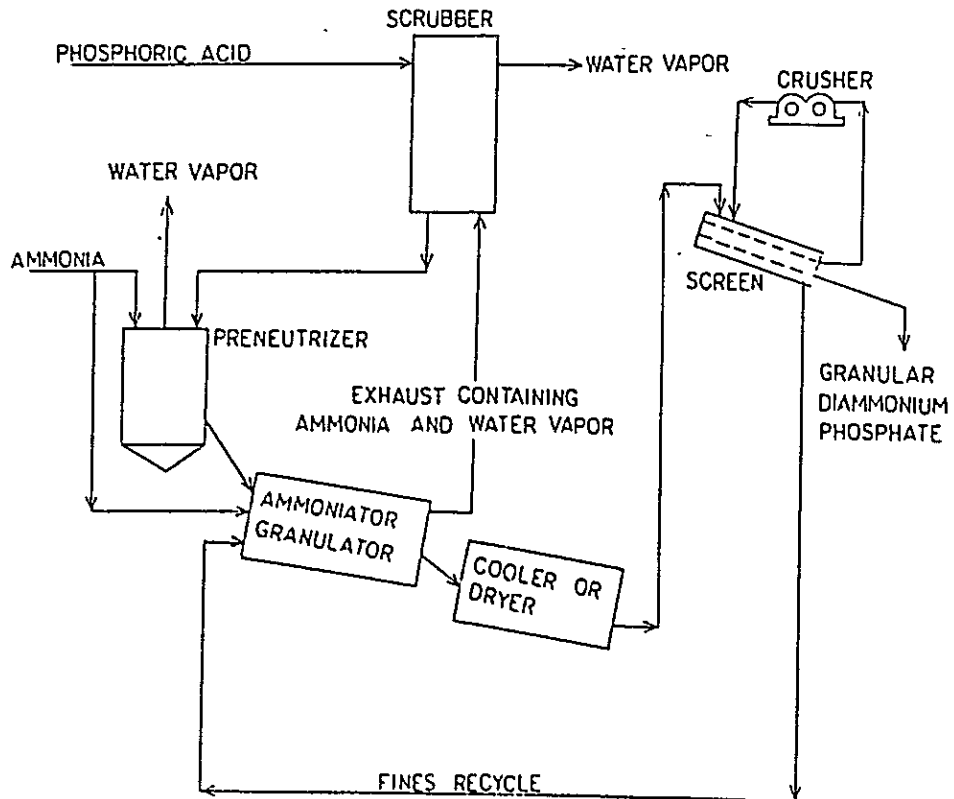


Fig. III-3-1-5 Ammonium Sulphate Plant Flow Sheet

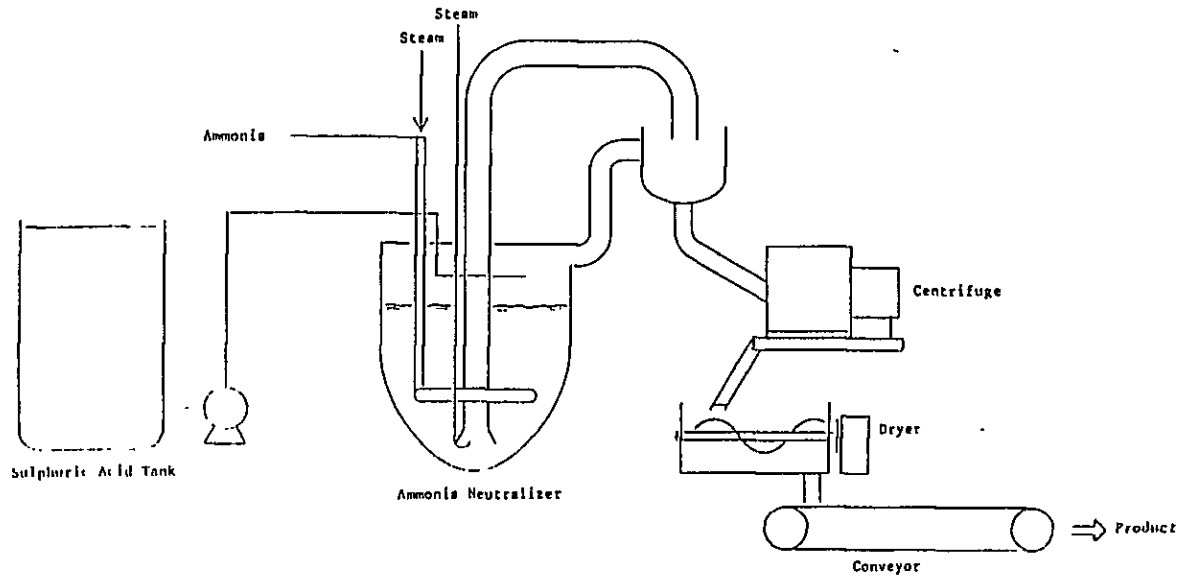
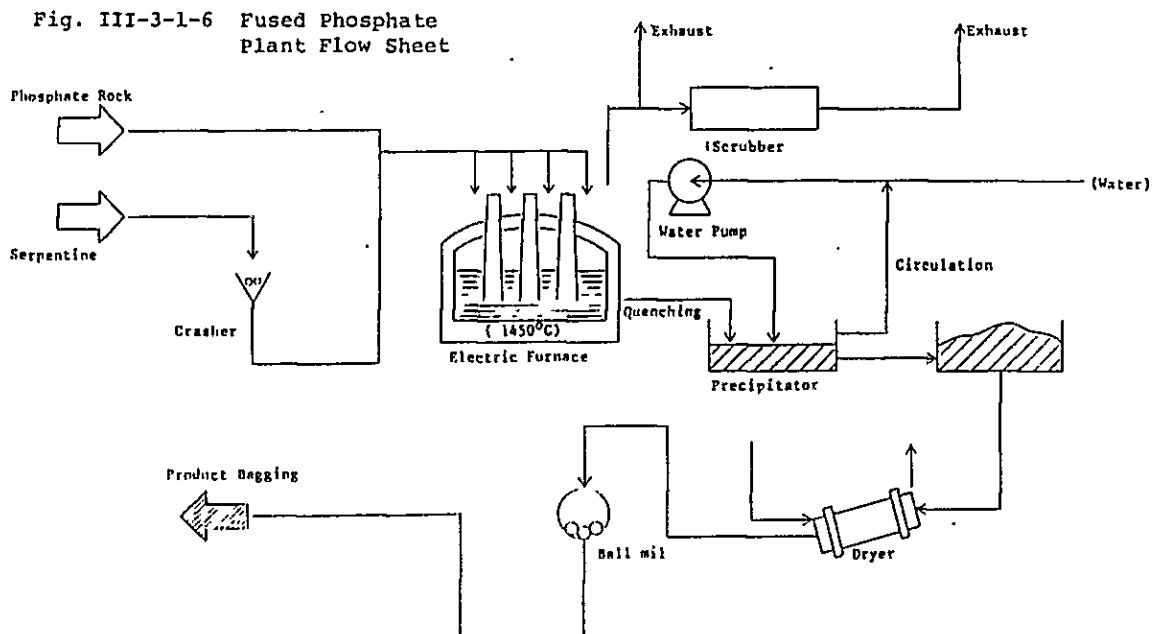


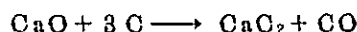
Fig. III-3-1-6 Fused Phosphate Plant Flow Sheet



3-3-2-1 カーバイド (Calcium Carbide)

(1) プロセス

カーバイドは炭素と生石灰を電炉内で1,900~2,200°C反応させる事により、次の反応で生成する。



このために必要な原料の生石灰は不純物として硫黄、燐、MgOを含まない純度98%以上で結晶質でない物が望ましい。通常原料としてLime Stoneを受け入れ、電炉から回収されるCOを燃料としてShaft Kirnによってか焼 (Calcination) される。一方、炭素源としてのコークスは固定炭素の多い (揮発物の少ない) 燐、硫黄等の不純物の少ない物が必要とされる。このコークスは乾燥機により充物乾燥される。

現在の電気炉は密閉式で交流による抵抗電熱で加熱し反応を起こさせる。また、反応で生成するガスは回収され、燃料として利用される。生成したカーバイドは熔融状態で電炉内に溜まる。この熔融物はtapping machineにより、取出し口より間歇的にポットに取出される。熔融物は自然冷却により固化後取出され、粉碎され、次工程に送られる。

(2) Facility

カーバイド製造設備の抵抗式電気加熱炉と、原料処理のKirn及びDryerが主である。回収される一酸化炭素を利用するために洗滌塔Holderが設置される。(Ref : Fig III-3-2-1)

3-3-2-2 塩化水素 (Hydrogen Chloride)

(1) プロセス

塩素ガスと水素を若干水素過剰の状態に反応させて得られる塩化水素を希塩酸 (20.2%) に吸収せしめ、36%とし、この塩酸を再蒸溜することによって無水塩酸を得る。

(2) Facility

不透性黒鉛製の燃焼室にて水素と塩素の反応を起こさしめ、混合ガスは冷却後吸収塔に導き塩酸とし、これを放散塔にて蒸溜する。(Ref : Fig III-3-2-2)

3-3-2-3 Vinyl Chloride Monomer (VCM)

(1) プロセス

アセチレンと塩化水素からの塩化ビニール生成は、Vapour phaseで進む。カーバイドから発生されるアセチレンはPH₃やH₂Sなどの不純物を含み、これらの触媒毒として働くので、反応器に送る前に精製工程で処理される。アセチレンは完全に乾燥された後、塩化水素ガスと混合される。この混合比は若干塩化水素過剰の最適割合に保たれ、Catalystの充填された反応器に送りこまれる。反応温度は厳密に制御される。

反応器を出た反応混合物は、Caustic soda solutionによって未反応の塩化水素を除

Fig. III-3-2-1 Calcium Carbide Plant Flow Sheet

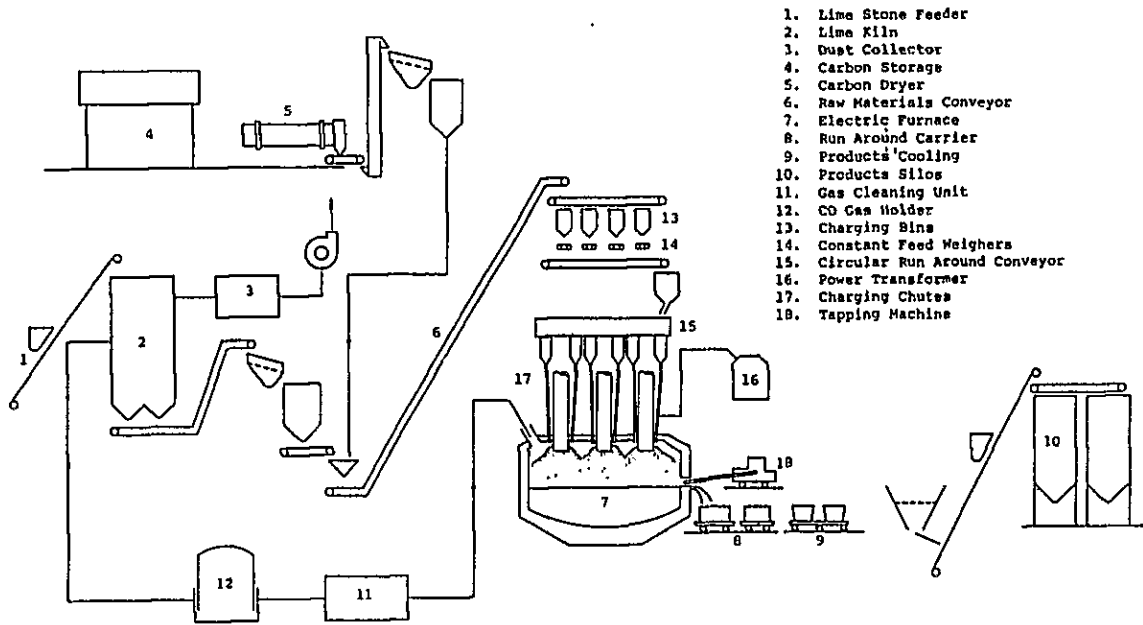
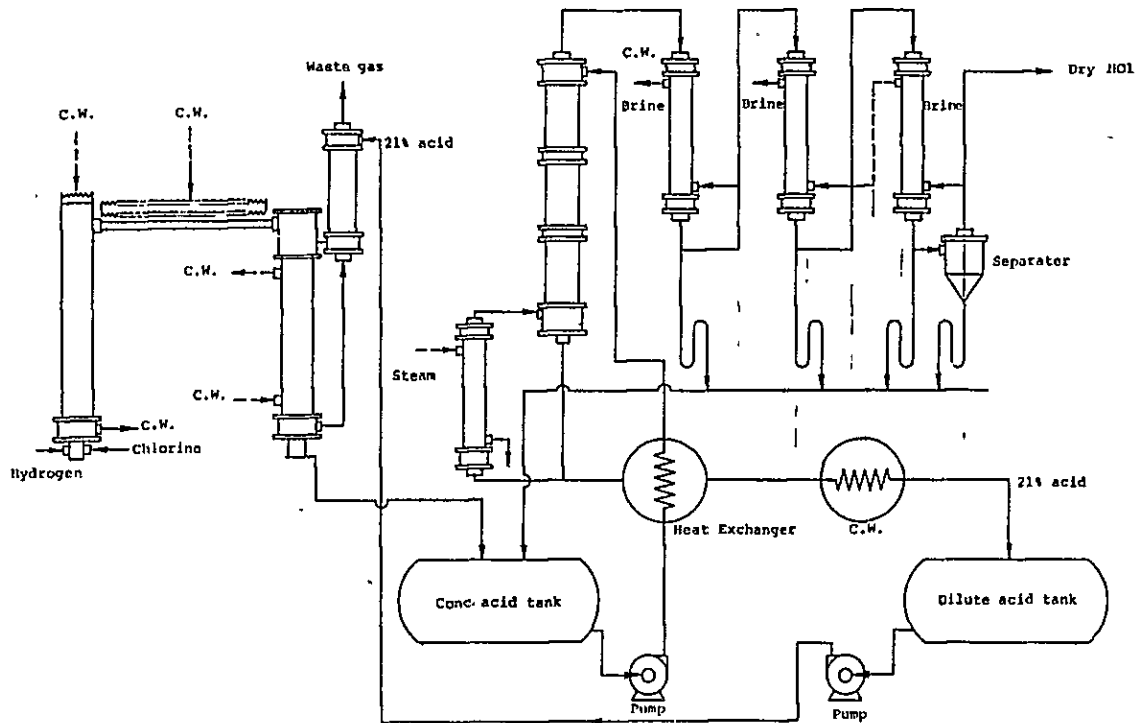


Fig. III-3-2-2 Hydrogen Chloride Plant Flow Sheet



去される。次いで、混合物は乾燥された後に圧縮され、精溜操作にかけられ、未反応物や副反応生成物を分離し、製品VCMが得られる。

(2) Facility

VCMの合成設備は、原料の精製及び乾燥設備、反応器と反応生成物の分別装置から成っている。(Ref: Fig III 3-2-3)

3-3-2-4 Poly Vinyl Chloride (PVC) (Suspension Polymerization)

(1) プロセス

攪拌機、温度制御用ジャケットと還流コンデンサーの付いた未反応器に demineralized water を入れ、これに Surfactant、触媒、Chemical が加える。その後、VCMが feed され、ジャケットに温水を通じ加温し、槽内圧力が7~10 kg/cm²に保たれ、重合が開始される。

重合反応が発熱反応であるので、重合が開始すると同時にジャケットには冷水が通され、冷却により温度が制御される。重合反応は槽内の圧力が一定値以下に下がるまで継続される。

重合の終了と同時に未反応の monomer は stripping により系外に取り出され、Vinyl Chloride Monomer 処理設備を経て反応系に戻される。以上の反応制御には Direct digital Control が使用される。

重合物は slurry として取り出され、残っている微量の monomer を完全に除去した後、遠心分離機により水分を取り除く。Polymer はさらに乾燥工程に送られ、水分0.1~0.2%まで乾燥され、製品とされる。

(2) Facility

重合プラントは、反応器と重合物の脱水乾燥系統、及び未反応 monomer の精製回収工程から成る。(Ref: Fig III 3-2-4)

3-3-3 食塩電解工業

Paraguay もしくは Argentine より得られる Salt 水溶液を電気分解することにより生産できる苛性ソーダと塩素(大半は塩化ビニール用)、及び塩素と Caustic Lime から生産できる Bleaching Powder が得られる。

3-3-3-1 食塩電解 (Chlorine - Caustic Soda)

(1) 食塩電解プロセス

現在、工業的に利用されている電解プロセスには次の3種類がある。

1) Mercury Process

Fig 3-3-1(a)に示されるごとく、Brine と Mercury から、それぞれ Purifier と Decomposer と Electrolysis Cell の間を循環し、外部から NaCl と水が feed され、外

Fig. III-3-2-3 VCM Plant Flow Sheet

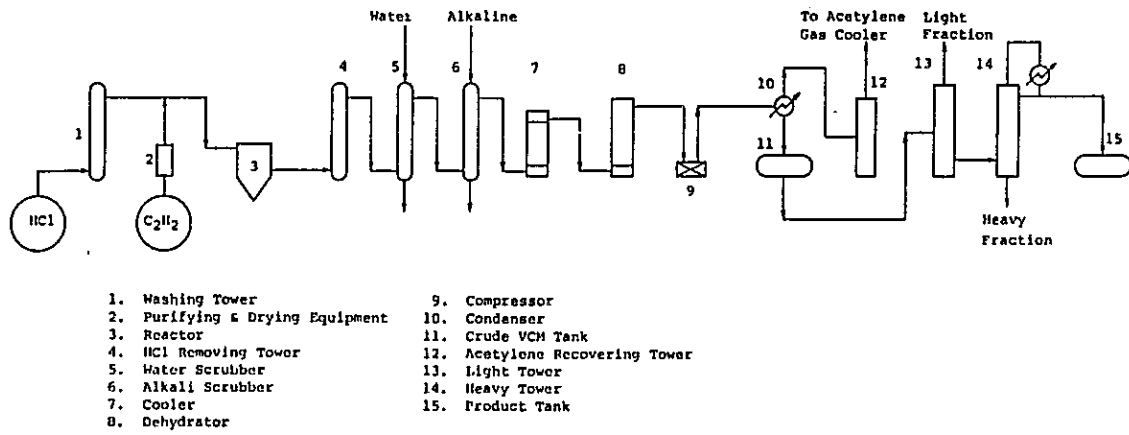
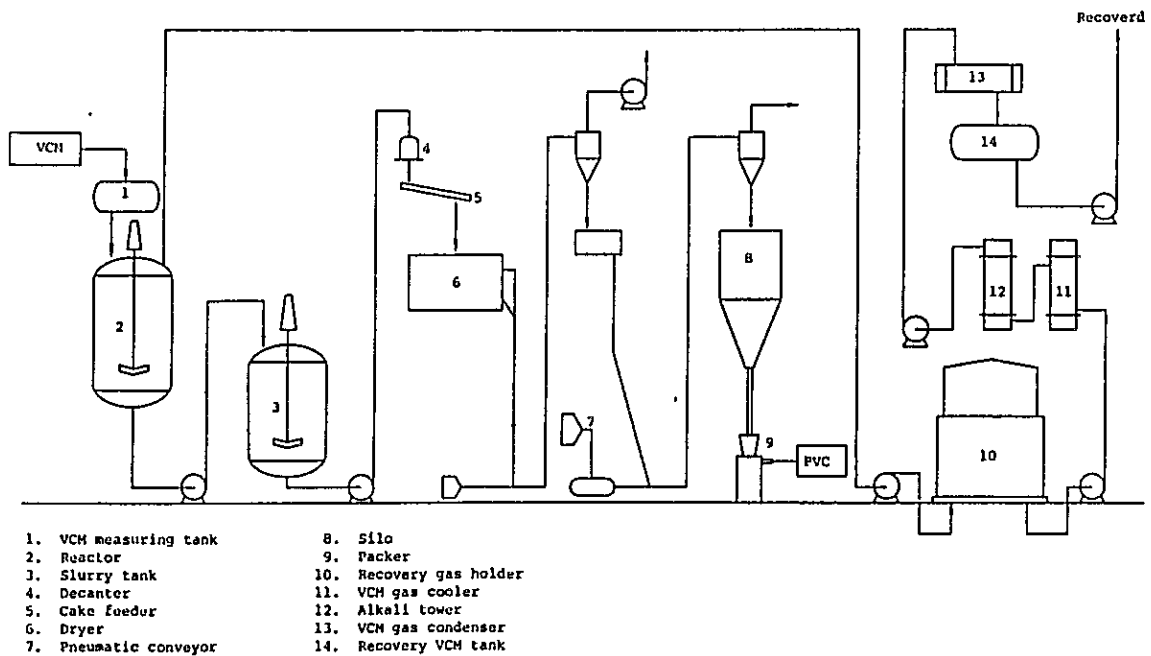


Fig. III-3-2-4 PVC Plant Flow Sheet.



部に Caustic Soda Solution と塩素と水素が取り出される。

このプロセスの特徴は、純度の高い濃厚な NaOH 水溶液の生産が可能であることである。環境汚染の原因となりやすい水銀という重金属を使用していることから、この Mercury の漏洩防止の技術が重要な要素となる。

2) Diaphragm Process

Fig・Ⅲ 3 - 3 - 1 (a)に示されるごとく、この場合は Electrolysis cell と Purification section の間の Brine の循環は無く、NaCl の飽和溶液が feed され、NaOH 11 ~ 20 %、NaCl 15 ~ 18 % の Brine が取り出される。この NaOH と NaCl の混合水溶液は多段濃縮によって精製され、濃縮され、一部の NaCl は結晶として分離され回収される。しかしながら、NaCl を完全に除くことは不可能で、他のプロセスに比較すると純度がある。又、得られる NaOH の溶液濃度が低いことから、濃縮のエネルギー消費が多い。

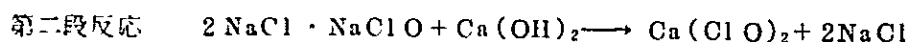
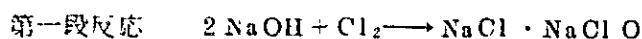
3) Ion Exchange Membrane Process

Fig・Ⅲ - 3 - 3 - 1 (a)に示されるごとく、このプロセスにおいては、Brine が Electrolysis cell と Purification section を循環する間に 20 ~ 40 % の NaOH 水溶液が系外に取り出される。このプロセスでは、比較的高濃度の NaOH 溶液が得られるが、Mercury cell に比較すると効い。又、得られる製品の純度も比較的良い。

3 - 3 - 3 - 2 高度晒粉 (Calcium Hypochlorite)

(1) プロセス

Calcium Hypochloride の製造プロセスは、Sodium Hypochlorite と Slaked Lime との反応で Calcium Hypochlorite を折出せしめ、母液から分離乾燥することにある。



(2) Facility

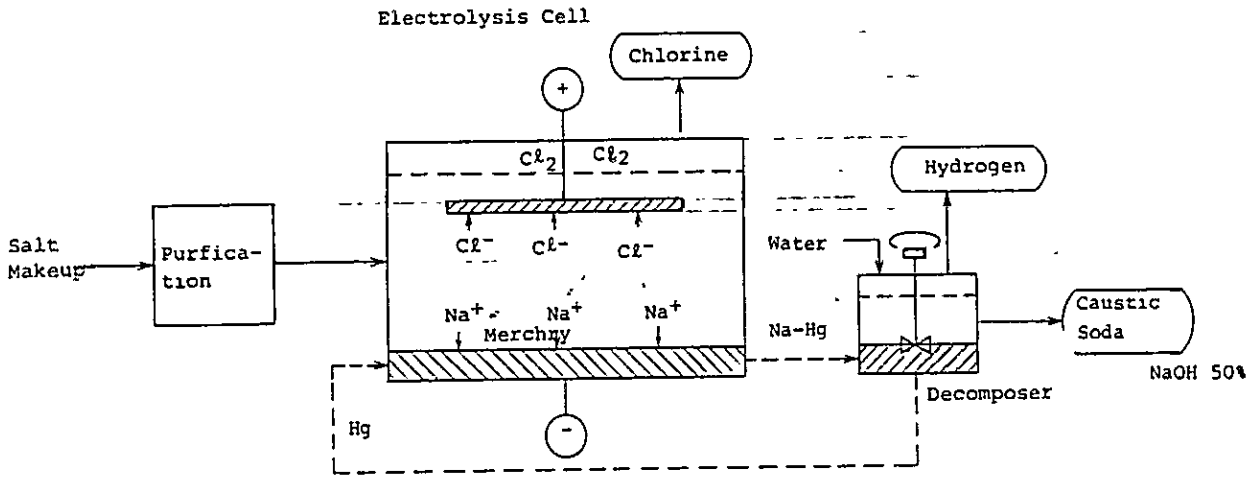
Fig・Ⅲ - 3 - 3 - 2 に示されるように、塩素と苛性ソーダを、反応熱を Brine で除去しながら混合する Sodium Hypochlorite solution 製造系統、及び Caustic Lime から Slaked Lime を製造する反応系から、Calcium Hypochlorite 反応器に Lime と Sodium Hypochlorite が供給され、ここで生成反応と結晶析出が行なわれる。結晶を含む Slurry は反応器から Centrifuge に送られ、母液と分離される。製品の結晶は水を含むので、分解を防ぐために Flash dryer, Fluidized dryer 等により短時間で正確な温度制御を行ないながら乾燥を行ない袋詰する。

3 - 3 - 4 Calcium Cyanamide

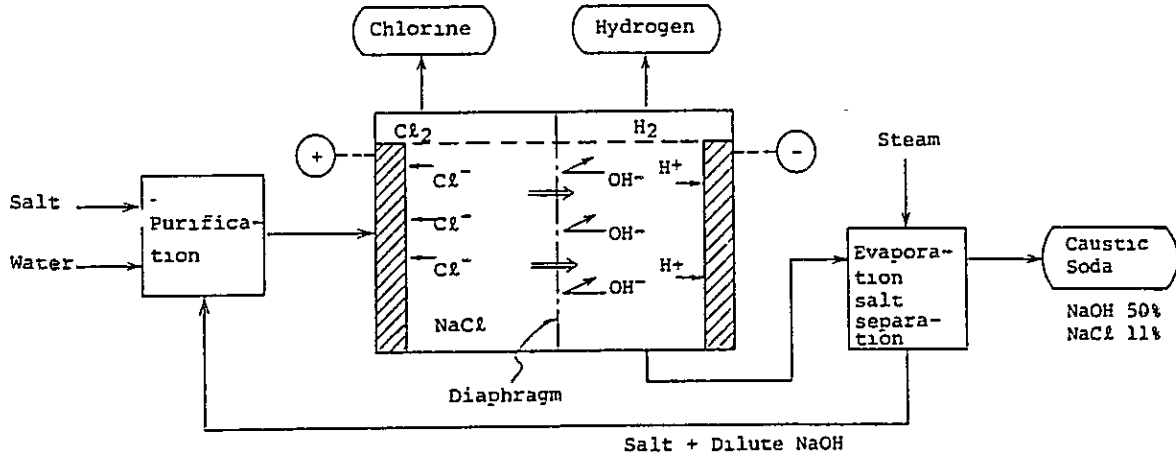
(1) プロセス

Fig. III-3-3-1(a) Illustration of Processes

Mercury Process



Diaphragm Process



Iron Exchange Membrane Process

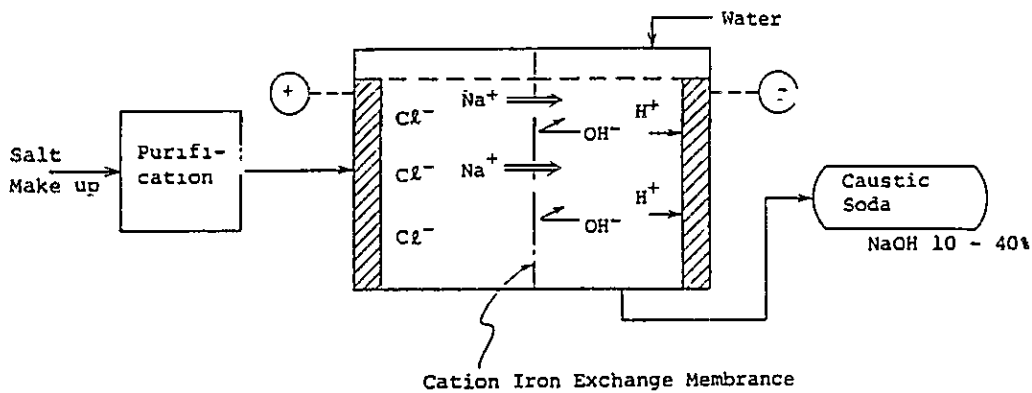


Fig. III-3-3-1 (b) Electrolysis (NaOH, Chlorine) Plant Flow Sheet

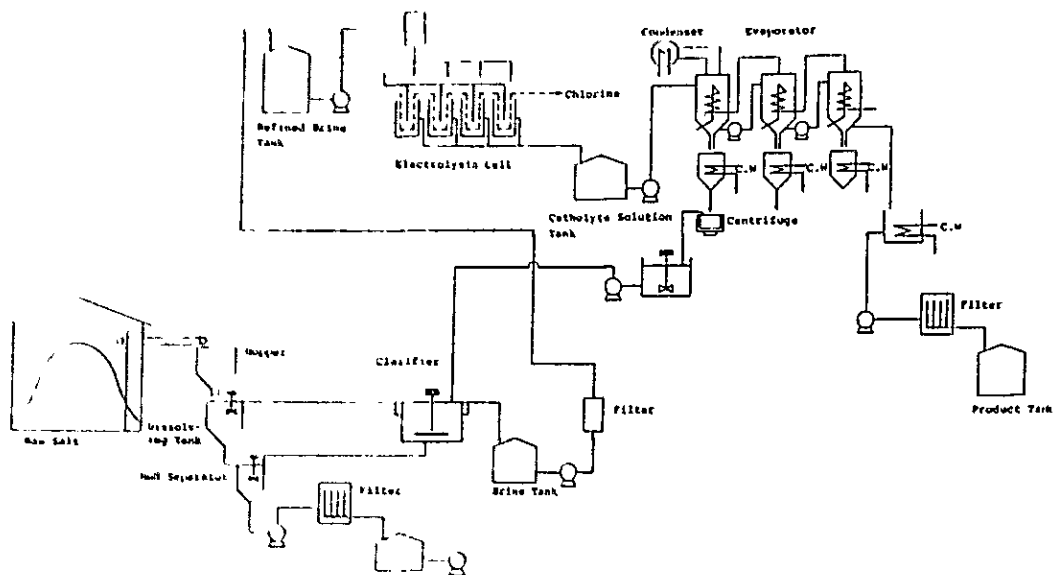
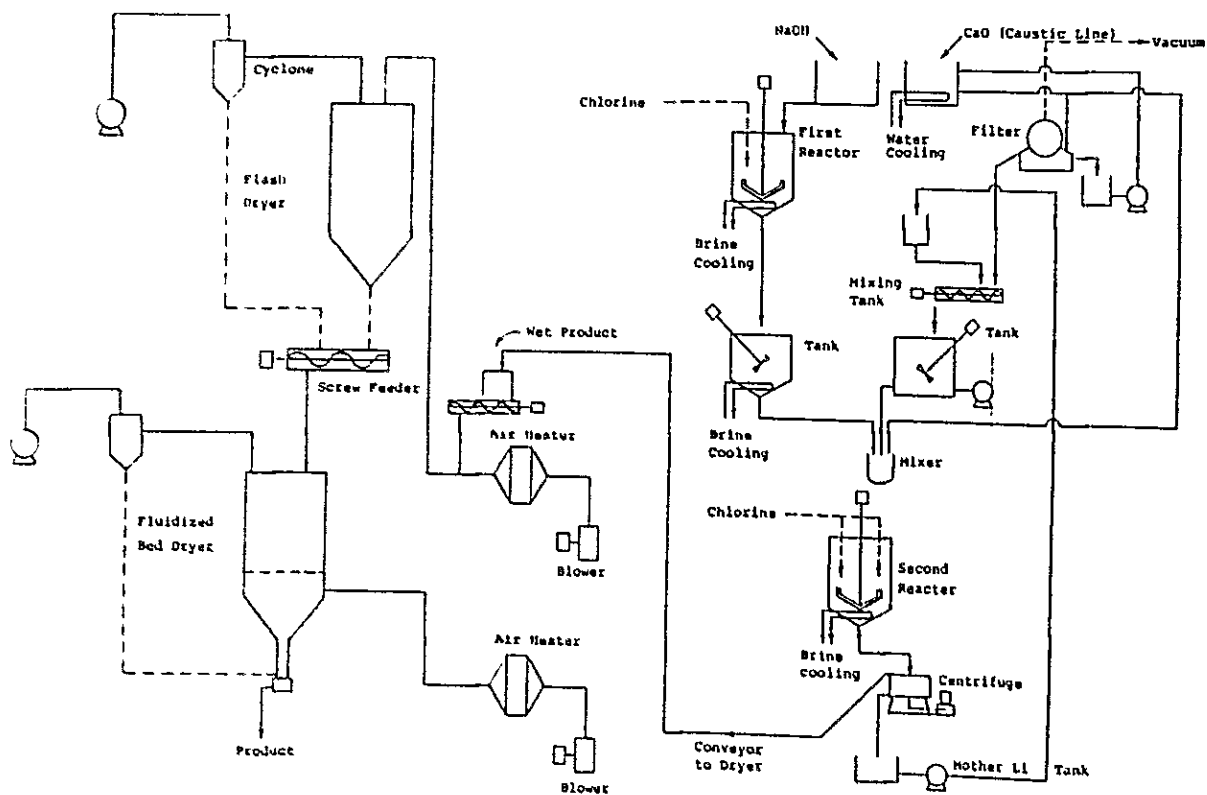


Fig. III-3-3-2 Calcium Hypochlorite Plant Flow Sheet



カーバイド（ CaC_2 約 80% 純度）の粉末または小粒を窒素気体中で $1,000 \sim 1,150^\circ\text{C}$ に加熱すると、発熱を伴い Calcium Cyanamide が生成する。



製品は粒状または半融状であるが、温度が $1,160^\circ\text{C}$ を越すと硬い塊状となり、また、 $2,000^\circ\text{C}$ を越すと反応は逆に進む。したがって、反応の温度制御が重要である。窒化開始温度及び反応速度は添化物（ $\text{CaF}_2 \cdot \text{CaCl}_2$ ）等の種類や量で決まるが、低温で反応が進むことが望ましい。一般に、反応温度は反応熱によって保たれる。炉外に取り出される際に反応物の温度は 400°C 以下になる様に冷やされ、空気中の酸素と反応を起こさないようにする。空気中の水分との反応を防ぐため、密閉タンクに貯蔵され、また、販売に際しては防湿包装として取り扱われる。

(2) Facility

主要な製造装置は窒化炉であるが、その他原料及び製品輸送、粉碎設備、窒素分離機などがある。窒化炉の型式と特長は次のとおりである。

| | D 式 | T 式 | N 式 | F・C 式 |
|----------------|---------|--------------|---------|--------------|
| 1 炉 1 日当たりの生産量 | 3.75 t | 4.35 ~ 5.2 t | 5.3 t | 0.33 ~ 1.8 t |
| 反 応 別 | 自 己 反 応 | 自 己 反 応 | 電 熱 反 応 | 電 熱 反 応 |
| 操 業 | 連 続 式 | 連 続 式 | 連 続 式 | 非 連 続 式 |

窒化炉はいずれも外側鉄板製で、内張りは断熱レンガ、及び N 式の上部反応槽は截頭円錐型及び円筒型をなし、下部は冷却筒となり、D 式は鉄板の円筒のみであるが、N 式は冷却筒が二重となり、これを水冷している。さらに、D 式は補熱用カーボン電極装置がなく、窒化の反応熱によって反応を進行させる。T 式は、上部は円錐型で鉄板、内部は耐火レンガを使用していることは前者と同じであるが、N 式及び O 式の長短補った漸進的窒化炉である。

また、現在窒化の固定をよくするためホタル石を使用しているが、塩化カルシウム、石灰窒素を使用してもよい。なお窒素ガスは、リンデ、クロードの分離機が使用されている。また、日本の製造技術は、諸外国に比べきわめて優位にある。

原単位（石灰窒素 N 21% ~ 25% 当たり）

カーバイド（品位 280 ~ 290 ℓ） 700 ~ 770 kg

窒 素 300 m³ 以上（窒素反応にあずかるもの 75 m³）

3 - 4. 販売可能価格の分析

化学工業関係の製品の価格は、短期的には需要・供給のバランスで大幅な変動を見ることがあ

るが、長期的には国際市場に対して支配的な供給を行なっている供給国の生産コストが国際価格形成要因となる。この範ちゅうに属する製品は、

| | |
|----------------------|--------------------------------------|
| 肥料の場合 | DAP (Diammonium Phosphate) |
| 電解プロジェクトの場合 | NaOH ^{*1)} (Caustic Soda) |
| 塩化ビニールの場合 | PVC (Poly Vinyl Chloride) |
| Phosphate Complexの場合 | Phosphorus |

一方、Ammonium Sulphateの如く、その大部分が他の工業製品の生産に伴って生産される (By-product) 場合は、生産コストは価格形成の主因とはならず、むしろ、その製品と用途的に競合する製品 (Ammonium Sulphate との場合は、Urea, Ammonium Nitrate) の価格によって決定されるといえる。

3-4-1 肥料価格の動向

肥料価格の動向については、各種の projection が行なわれているが、ここでは過去の実情と世界銀行等が発表した数値に基づいて価格動向をDAPと窒素肥料の代表としてUreaの価格をグラフ化した。(Ref・Fig・III-4-1-1, Tabl・III-4-1-1)

Ammonium Sulphateの価格は、有効成分の割合から考えれば、1:2.2, Ureaのほぼ1/2程度が基準となっている。

このデータは国際市場に於ける大量取引の場合の価格であり、実際に農民が入手する価格は輸送費、輸入に伴う金利等々が加わってはるかに高くなっている。最近の世銀の調査によると、DAPは400~460 S/tonに達している(南米)といわれており、Ureaは280~350 S/tonで、Ammonium Sulphateは120~220 S/tonに達していると推定されている。

(Ref・Tabl・III-4-1-2)

ParaguayでのDAP価格は330 S/ton, Ammonium Sulphateは120 S/tonが可能な売値と考えた。

Anhydrous Ammoniaは、過去の傾向から、Ureaと同程度の300 S/tonを採った。

此れ等の価格水準は長期的に肥料市場を開拓して行く為に必要な肥料の価格と農民が増産により得られる増収のバランスを維持する様に設定された。

3-4-2 (P) 燐価格の動向

国際価格はUSAからの供給可能価格によって支配されているといえる。供給可能価格は燐鉱石、電力、Cokeのコストの推移が支配的な要素である。過去の動向と将来についての推定は次の様になる。

Note x1) NaOHは、窒素生産のby-productであることと、天然Soda Ashとの価格競争があり、コストのみとはいえない。

Fig. III-3-4-1 Calcium Cyanamide Plant Flow Sheet

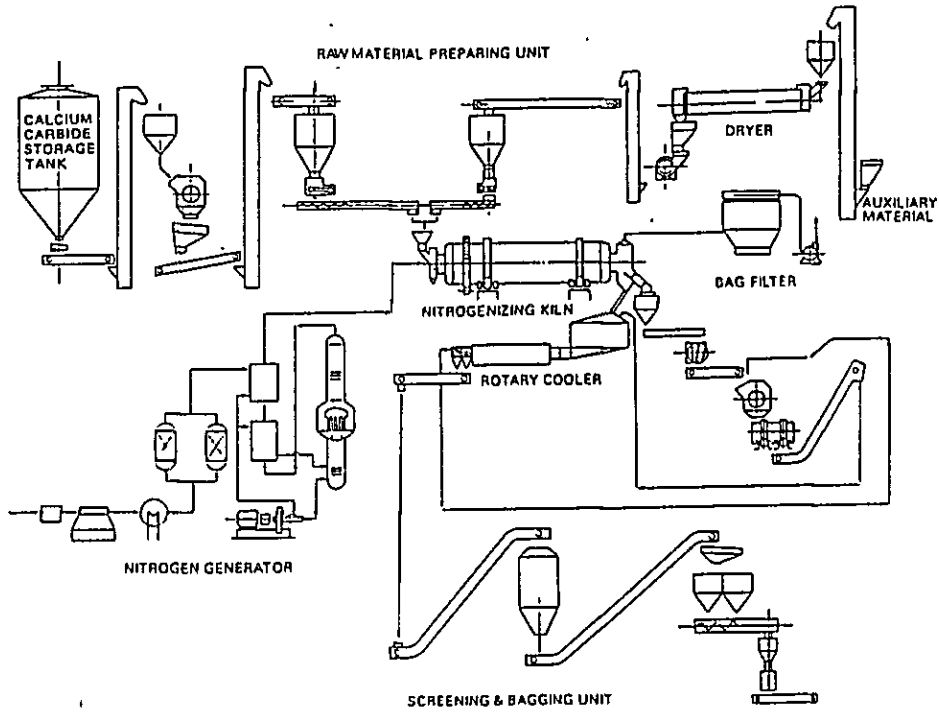
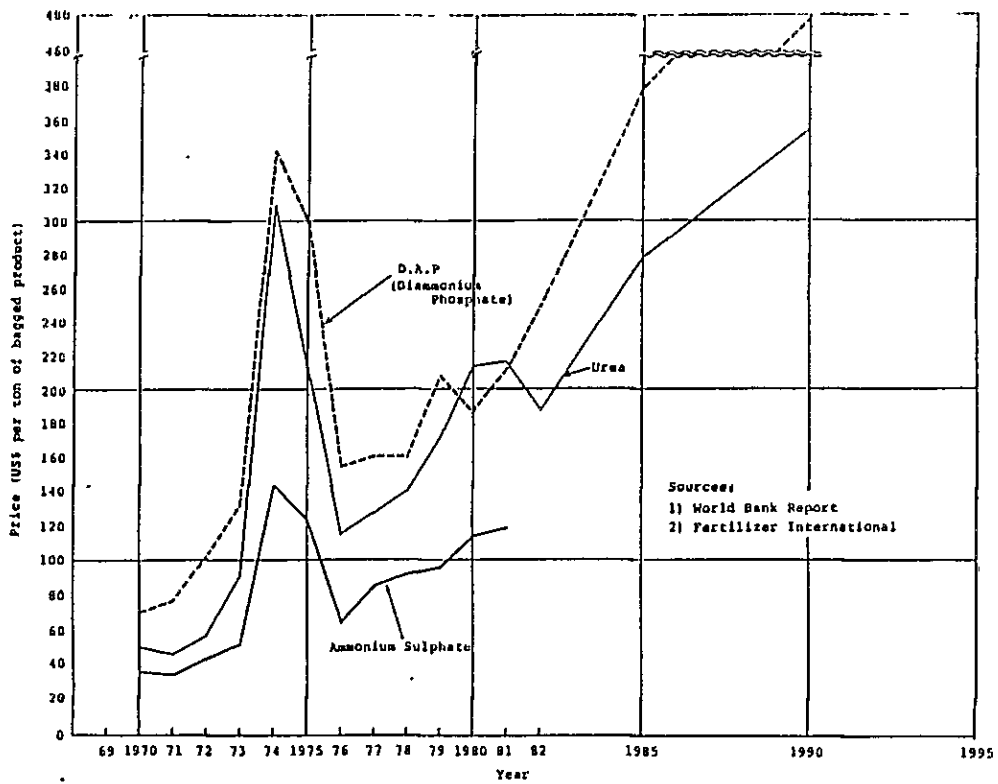


Fig. III-4-1-1 Price Trend/Forecast of Fertilizer



Tab. III-4-1-1 Annual Statistics of World Fertilizer Production and Consumption

Unit: 10³ tons nutrient

SUMMARY OF WORLD NITROGEN FERTILIZER PRODUCTION AND CONSUMPTION

| | 1977/78 | | 1978/79 | | 1979/80 | |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Production | Consumption | Production | Consumption | Production | Consumption |
| West Europe | 10,183 | 8,977 | 10,923 | 9,844 | 11,382 | 10,337 |
| East Europe | 15,196 | 12,058 | 15,686 | 12,947 | 15,509 | 12,444 |
| North America | 11,089 | 9,688 | 11,772 | 10,555 | 12,846 | 11,136 |
| Central America | 791 | 1,325 | 737 | 1,282 | 914 | 1,312 |
| South America | 606 | 1,260 | 613 | 1,215 | 657 | 1,298 |
| Africa | 768 | 1,297 | 839 | 1,387 | 849 | 1,548 |
| Asia | 13,202 | 14,921 | 15,241 | 16,333 | 17,236 | 18,632 |
| Oceania | 215 | 237 | 199 | 238 | 217 | 273 |
| WORLD TOTAL | 51,960 | 49,763 | 56,010 | 53,801 | 59,610 | 56,980 |
| Less losses of 3%* | 50 401 | | 54,330 | . | 57,822 | |
| Net difference | | + 638 | | + 529 | | + 842 |

SUMMARY OF WORLD PHOSPHATE FERTILIZER PRODUCTION AND CONSUMPTION

| | 1977/78 | | 1978/79 | | 1979/80 | |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Production | Consumption | Production | Consumption | Production | Consumption |
| West Europe | 5 846 | 5,988 | 5,919 | 6,600 | 5,966 | 6,675 |
| East Europe | 8 639 | 8,381 | 9,079 | 8,714 | 9 127 | 8,831 |
| North America | 8 034 | 5,198 | 8,546 | 5,717 | 9,339 | 5,505 |
| Central America | 303 | 403 | 256 | 433 | 237 | 426 |
| South America | 1 227 | 1,826 | 1,285 | 1,837 | 1,387 | 2,068 |
| Africa | 1 033 | 901 | 1,103 | 921 | 1,202 | 1,008 |
| Asia | 3,236 | 3,985 | 3,593 | 4,396 | 4,453 | 5,354 |
| Oceania | 1,152 | 1,194 | 1,173 | 1,250 | 1,367 | 1,287 |
| WORLD TOTAL | 29,470 | 27,876 | 30,954 | 29,868 | 33,078 | 31,154 |
| Less losses of 3%* | 28,586 | | 30,025 | | 32,086 | |
| Net difference | | + 710 | | + 157 | | + 932 |

SUMMARY OF WORLD POTASH FERTILIZER PRODUCTION AND CONSUMPTION

| | 1977/78 | | 1978/79 | | 1979/80 | |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Production | Consumption | Production | Consumption | Production | Consumption |
| West Europe | 4 765 | 4 977 | 5 314 | 5,284 | 5 678 | 5 482 |
| East Europe | 11 576 | 8 818 | 11 516 | 8,786 | 10 031 | 7,423 |
| North America | 8,463 | 5,276 | 8,626 | 6,010 | 9 397 | 5 971 |
| Central America | — | 287 | — | 335 | — | 288 |
| South America | 12 | 1 076 | 15 | 1,157 | 22 | 1,275 |
| Africa | 81 | 378 | — | 336 | — | 348 |
| Asia | 727 | 1 900 | 700 | 2 286 | 776 | 2,430 |
| Oceania | — | 252 | — | 274 | — | 253 |
| WORLD TOTAL | 25,624 | 22,964 | 26,171 | 24,468 | 25,904 | 23,480 |
| Less loss of 5%* | 24 343 | | 24 862 | | 24 508 | |
| Less industrial sales | 23 684 | | 24 143 | | 23,844 | |
| Net difference | | + 720 | | -325 | | + 364 |

* This represents an estimate of losses incurred by transport, bagging and handling operations i.e. between the production and consumption stages

Source: British Sulphur

Tab. III-4-1-2

Information on Fertilizer Price at Farmer's Gate, (W.B.)
COUNTRY SOUTH . CENTRAL AMERICA

| | | | | | <u>Exchange rate</u> |
|------------------------------|-------------|---------|---------|----------|----------------------|
| UREA | Brazil | 1980 | 291-353 | US\$/ton | 39-61 |
| | | 1981 | 347-452 | " | 65-125 |
| | EL Salvador | 1981 | 291-352 | " | 2.5 |
| | Argentina | 1980 | 334-343 | " | 1,730 |
| | Venezuela | 1980 | 102 | " | 4.3 |
| | Chile | 1980 | 280-306 | " | 39 |
| | Colombia | 1980-82 | 324-344 | " | 45-50 |
| DAP | Brazil | 1981 | 479-581 | " | |
| | Argentina | 1980 | 456-460 | " | |
| | Venezuela | 1980 | 140-140 | " | |
| TSP | Colombia | 1982 | 319-401 | " | |
| | Argentina | 1980 | 306-328 | " | |
| | Chile | 1980 | 268-296 | " | |
| Ammonia Sulphate | Dominica | 1980 | 130-174 | " | |
| | Brazil | 1981 | 198-260 | " | |
| | EL Salvador | 1981 | 178-232 | " | |
| | Argentina | 1980 | 226-227 | " | |
| | Venezuela | 1980 | 63 | " | |
| Product Price, Farmer's Gate | | | | | |
| <u>Wheat</u> | Argentina | 1980 | 133-134 | " | |
| | Chile | 1980 | 200-237 | " | |
| <u>Maize</u> | Brazil | 1981-82 | 112-189 | " | |
| | Argentina | 1980 | 133-135 | " | |
| <u>Soya</u> | Brazil | 1981 | 160-209 | " | |

Table・Ⅲ-4-2-1

Unit: \$/製品 ton

| | Phosphate Rock | Coke | Electricity | Fuel | Miscellaneous Capital (Cost) | Phosphorus (Estimated Cost) |
|------|-------------------|-------|------------------|-------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1975 | 205.50 | 119.0 | 138.97 | 19.05 | 145.03 | 665 |
| 76 | | | | | | 770 |
| 77 | 293.9 | | | | | 825 |
| 78 | 285.3 | | | | | 983 |
| 79 | 287.01 | 169.0 | 351.7 | 20.91 | 163.4 | 1,044 |
| 80 | 301.80 | 170.8 | 426.6 (3) | 23.0 | 176.5 | 1,387 |
| 81 | | | | | | |
| 82 | | | | | | |
| 83 | | | | | | |
| 84 | | | | | | |
| 85 | 492.8 | 251.1 | 711.0 (5) | 29.38 | 259.4 | 2,168 |
| 86 | | | | | | |
| 87 | | | | | | |
| 88 | | | | | | |
| 89 | | | | | | |
| 90 | 629.0 | 368.9 | 852.2 (6) | 43.16 | 381.4 | 2,898 |
| 91 | | | | | | |
| 95 | 812.6 | 542.0 | 1,023.8 (7.2) | 63.40 | 560.7 | 3,889 |

以上は生産コストの推定であるが、過去の実情は、この方式によるコストとほぼ等しいか、10～15%上廻る程度で推移してきている。従って、今後の価格水準も、この推定コストと同一水準となると考えられる。Paraguayから輸出市場までのFreightは同一とし1981年価格として、1,500 \$/tonを販売価格とした。

3-4-3 高度晒粉 (Calcium Hypochlorite) 価格の動向

現在、高度晒粉は、日本から米国・中南米諸国にも、水道、水泳用プールの殺菌用として大量の輸出が続けられている。従って、日本の輸出価格が国際市場価格の標準と考えられる。

将来の価格動向の推定は、生産コストのほとんどが設備の償却費・人件費であることから、推定は困難で、過去のtrendから、年率4%程度のエスカレーションがあるものとしての価格を予測すると、次の様になる。

Table・Ⅲ-4-3-1 Calcium Hypochlorite Price Trend

Unit : US \$/ton

| Year | Price | Note |
|------|--|-----------------------|
| 1972 | 468 (Exfactory) | (化工統計) Exfactory |
| 73 | 472 " | " |
| 74 | 595 " | " |
| 75 | 732 " | " |
| 76 | 709 " | " |
| 77 | 959 " | " |
| 78 | 949 " | " |
| 79 | 904 (Exfactory) (1,040 (FOB)) | (Export Statistics) |
| 80 | 1,127 (Exfactory) (1,200 (FOB)) | " |
| 81 | 1,159 (Exfactory) (1,236 (FOB)) | " |
| 85 | 1,359 (Exfactory) | (Estimate) |
| 90 | 1,650 (Exfactory) | (Estimate) |

1981年価格で日本のFOB 1,200 \$/tonであることからParaguay及びその周辺部にて販売するとすれば、Freight等の差から1,300 \$/tonで販売可能と考える。

3-4-4 苛性ソーダ価格の動向

苛性ソーダは、一般に塩素生産の副産物としての性格と天然のアルカリ物質である天然ソーダ灰(苛性ソーダも、ソーダ灰からの生産も可能である)との競合商品としての性格を持ち、その価格は変転する。従って、原料コストからの推算はあまり意味がないため、過去のtrendからextrapolationを行なうと、米国では値上り無し、という結果となり(276 \$/ton)、ヨーロッパの場合では、下表の様である。

また、コスト側(USA)からの推測Rock salt、電力、及びその他について分析した場合は、Profitをどう見るかが問題であるが、Exfactory Costの20%を考えれば、300 \$/ton程度となる。今回の検討では300 \$/tonを採用する。天然ソーダ灰の供給可能量と価格競争力から、今後もこの価格水準に押さえられると考えられる。

(現在の供給Ref・Table・Ⅲ-4-4-2)

Table・Ⅲ-4-4-1

Unit: \$/製品 ton

| Europe Price | Trend Extr- (operation) | Cost Base Estimate | | | |
|--------------|----------------------------|--------------------|--------|--------|-------|
| | | Salt | Elect. | Others | Total |
| 1975 | 224 | | | | |
| 76 | 309 | | | | |
| 77 | 266 | | | | |
| 78 | 306 | | | | |
| 79 | 309 | | | | |
| 80 | 310 | | | | |
| 81 | 320 | 40.9 | 86.4 | 122.7 | 250 |
| 82 | 330 | | | | |
| 83 | 339 | | | | |
| 84 | 349 | | | | |
| 85 | 358 | 46.0 | 144.1 | 166.9 | 357 |
| ∧ | ∧ | | | | |
| 90 | 407 | 53.4 | 158.4 | 245.5 | 457 |
| ∧ | ∧ | | | | |
| 95 | | 61.9 | 201.6 | 360.7 | 624 |

3-4-5 Fused Phosphate 価格の動向

Fused Phosphate は、現在は、日本、ブラジル、韓国、台湾など限られた国で生産・消費されており、国際的な価格は形成されていない。一般にMgO、SiO₂ 欠乏土地帯で使用されるため、その有効成分としてP₂O₅のみならずMgO、SiO₂も評価される。そのため日本では、Single Super Phosphateより20～30%高い値段で売られている。

Table・Ⅲ-4-5-1 Wholesale Price

| | U.S.S./20kg bag, U.S.S./ton | |
|------|-----------------------------|-------|
| 1975 | 2.84 | 142.2 |
| 76 | 3.73 | 186.4 |
| 77 | 3.82 | 190.9 |
| 78 | 3.66 | 183.0 |
| 79 | 3.68 | 184.1 |

一般にBrazil南部、Argentina北部の比較的降雨量の多い地域では、酸性土壌が多く、MgO分が有効である場合が多いので、180～200 \$/tonで販売可能と考えられる。

Tab. III-4-4-2 Production of Caustic Soda

| | Unit: 10 ³ tons | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | <u>1970</u> | <u>1971</u> | <u>1972</u> | <u>1973</u> | <u>1974</u> | <u>1975</u> | <u>1976</u> | <u>1977</u> | <u>1978</u> | <u>1979</u> |
| Africa | 29 | 26 | 21 | 17 | 33 | 39 | 29 | 28 | 31 | 37 |
| North America | 10,228 | 9,811 | 10,366 | 10,913 | 11,595 | 9,466 | 10,432 | 11,197 | 11,034 | 12,573 |
| South America | 318 | 359 | 453 | 464 | 463 | 479 | 544 | 550 | 532 | 573 |
| Asia | 4,758 | 4,999 | 5,102 | 5,357 | 5,360 | 5,176 | 5,222 | 4,971 | 5,170 | 5,636 |
| Europe (excl. USSR) | 6,759 | 7,071 | 7,569 | 8,660 | 9,099 | 8,313 | 9,515 | 9,593 | 9,844 | 10,378 |
| USSR | 1,783 | 1,866 | 1,899 | 2,020 | 2,174 | 2,395 | 2,604 | 2,658 | 2,763 | 2,680 |
| Oceania | 112 | 120 | 128 | 123 | 141 | 139 | 137 | 135 | 131 | 132 |
| Total | 23,987 | 24,252 | 25,538 | 27,554 | 28,865 | 26,007 | 28,483 | 29,132 | 29,505 | 32,009 |

3-4-6 PVC価格の動向

PVC価格は、原料価格と Investment Cost が価格決定要素となるが、現在の世界中での製造プロセスは多種ある。Naptha 分解, Ethylene, 天然ガス, Ethane 溜分分解, 重質油分解による Ethylene-Acetylene からの製造等などがあり、単一プロセスからのコスト計算では、価格の推定は困難である。そこで、一般に使われる手法として、製造価格に最も影響を大きく与えるファクター、例えば Naptha 価格等との相関関係を求め、この関係が将来とも成立する考え、推定を行なう。その結果は Table・Ⅲ-4-6-1 に示されている。1981年の平均の先進国の Exfactory 価格が 1,040 \$/ton であれば、Export のための経費、Freight を考慮すれば、Paraguay で 1,300 \$/ton で充分販売可能と考える。(Ref・5-4-3)

Table・Ⅲ-4-6-1 PVC (General Purpose)
(UNICO ESTIMATE)

Unit : \$/ton

| Year | Price |
|------|-------|
| 76 | 590 |
| 77 | 543 |
| 78 | 530 |
| 79 | 650 |
| 80 | 962 |
| 81 | 1,040 |
| 82 | 1,127 |
| 83 | 1,221 |
| 84 | 1,325 |
| 85 | 1,438 |
| } | } |
| 90 | 2,202 |

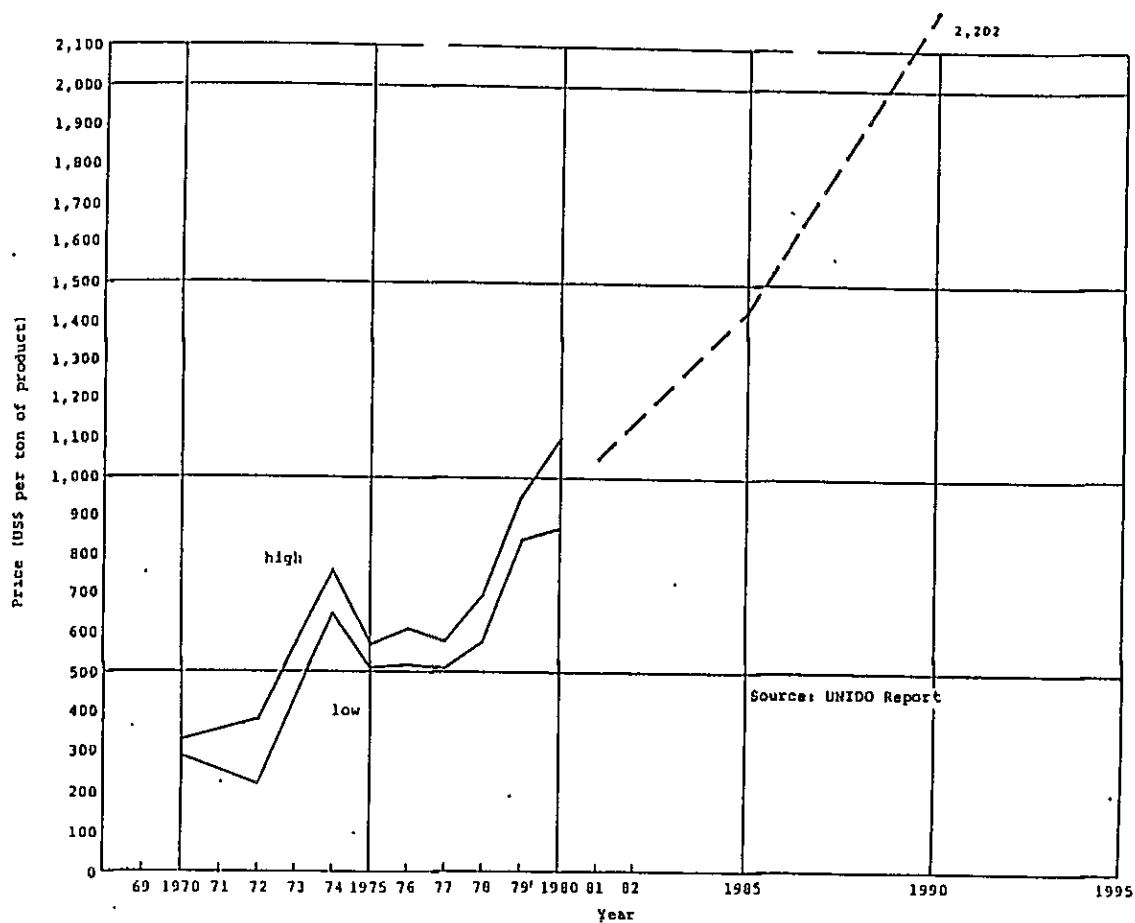
(過去の価格・世界の供給 Ref・Fig・Ⅲ-4-6-2, TableⅢ-4-6-2)

3-4-7 Calcium Cyanamide 価格の動向

現在では、Calcium Cyanamide は、その製造コストの高いことから、一般的な窒素肥料としては、殺菌、殺虫効果を兼ねた特殊な肥料として使用されているにとどまるため、価格データは乏しい。日本では 300 \$/ton 前後で市販されている。

肥効分からいえば、Urea の 1/2 で 150 \$/ton 前後となるが、特定作物用として上記の殺菌・殺虫効果を入れて、300 \$/ton 程度で取引きされている。Paraguay でも同様と考える。

Fig. III-4-6-1 Price Trend/Forecast of Polyvinyl Chloride



Tab. III-4-6-2 Production Trend/Forecast of PVC

| AREA | Actual | | | | | | | | | | | Forecast | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|----------|-------|--|
| | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1985 | 1990 | |
| North America | 1485.5 | 1636.9 | 2058.7 | 2196.1 | 2265.7 | 1704.4 | 2158.1 | 2488.9 | 2688.9 | 2973 | 4124 | 4124 | 4124 | |
| Central South America | *222.5 | *230.5 | *232.2 | *232.9 | *273.2 | *242.1 | 290.7 | 295.9 | 276.5 | 292 | 344 | 683 | 683 | |
| Asia (Excl. USSR) | *1542.7 | *1434.3 | *1512.8 | *1777.1 | *1932.6 | *1578.3 | *1536.7 | *1504.8 | *1777.8 | *2310.4 | 2868 | 3629 | 3629 | |
| West Europe | 2486.1 | 2598.7 | 2903 | 3426.8 | 3375 | 2801.7 | 3376.1 | 3288.3 | 3500.7 | 3763.9 | 4390 | 5293 | 5293 | |
| East Europe | 233.8 | 263.1 | 299.8 | 326.6 | 359.9 | 402.3 | 534.8 | 640.1 | 751.1 | 792.7 | 1366 | 1799 | 1799 | |
| Others | | | | | | | | | | | 272 | 272 | 272 | |
| World Total | 5970.6 | 6163.5 | 7006.5 | 7959.5 | 8206.4 | 6729.0 | 7896.4 | 8218.0 | 8995.0 | 10132.0 | 13364 | 15800 | 15800 | |

Table・Ⅲ-4-7-1 Wholesale Price

| | \$ / 20Kg Bag | \$ / ton |
|------|---------------|----------------------|
| 1975 | 5.65 | 282 |
| 76 | 6.17 | 309 |
| 77 | 6.49 | 324 |
| 78 | 6.52 | 326 |
| 79 | 6.47 | 324 (320~285 \$/ton) |

3-4-8 Industrial Phosphoric Acid 価格の動向

元素磷から生産される工業用磷酸は、種々の化学薬品原料、食用の磷酸、飼料用磷酸カルシウム原料等の用途に利用されるので、Brazil, Argentine での需要もかなりあると考えられるが、市場調査の結果を見る必要がある。今回の Study では、販売量を 1,500 t/Y とした。この販売価格は、日本での状況では次の表の様である。

Table・Ⅲ-4-8-1

Unit: \$/ton

| Year | Price |
|------|-------|
| 1976 | 650 |
| 1977 | 586 |
| 1978 | 554 |
| 1979 | 531 |

今後、価格の低落傾向が続くか否か明らかでないが、 P_2O_5 当り 500 \$/ton の価格は充分維持できると考えられる。

3-5. 収益性の検討

計画された工場のはとんどの機器・材料は Brazil, Argentine にて購入可能と考えられる。従って、現地での建設費は、本検討の数値と若干異なることもあると思われるが、現地の十分なデータがないので、日本における場合の数値を基準とし、その 25% up を使用した。又、原料の価格についても、現地事情が明らかでないため、日本と同様な水準と考えて計算を行なった。

特に肥料 Complex の場合、製品の売値は、Cost からではなく、市場での販売可能価格から決定されるところを考慮しないので、国際価格に Paraguay までの輸送・輸入のためのコストを加えた数値を基礎に、現状の中南米での farmers gate price の実情を考え推定した。

収益率は製品売値・建設費(金利)原料価格が大きく影響するので、その影響の分析を行なった。

又、一方、電力のコストの影響についても計算を行なった。

3-5-1 収益性分析の基礎

3-5-1-1 収益性分析に使用した製品の価格

別紙に示されるプロジェクト収益率分析に使用した製品の販売価格は、

| | <u>Unit : U S \$ / ton</u> |
|------------------------------------|----------------------------|
| Ammonia | 300 |
| Phosphorus | 1,500 |
| D.A.P | 330 |
| Ammonium Sulphate | 120 |
| Phosphoric Acid (Chemical Grade) | 500 (輸出向) |
| P.V.C | 1,300 |
| Bleaching Powder | 1,300 |
| Calcium Silicate | 50 |
| 溶 リ ン | 180 |

この価格の妥当性については、将来の detailed study では二つの角度からの確認が必要となる。その一つは、国外からの輸入品との価格競争と同時に、価格による消費マーケットの消長の問題である。また、国外輸出を必要とする Elemental Phosphorus については、輸先までの輸送コストを考慮し、工場出口価格を再設定することが必要となる。

今回の価格設定の考え方は原則として III-4 で述べた国際価格又は日本の現状によった。

(Ref・Table・III-5-1-1 ~ III-5-1-5)

3-5-1-2 収益性分析に使用した Investment 及び Cost データ

Tab. III-5-1-1(a) Cost Data of Phosphoric Acid Plant

| | Phosphoric Acid Plant (111 ton 54% Acid) P ₂ O ₅ (119,000 t/y) | | Phosphorus (15,000 t/y) | |
|-------------------------|---|--|----------------------------|---|
| | 10 ⁶ \$ | | 10 ⁶ \$ | |
| Investment | | | | |
| Whole plant | | 4.628 | | 32.906 |
| Process plant | | 2.248 | | 20.117 |
| Building and foundation | | 0.480 | | 3.938 |
| Engineering and license | | 0.620 | | 2.200 |
| Spare parts | | 0.174 | | 11.400 |
| Auxiliary off site | | 1.156 | | 5.251 |
| Variable Cost | | | | |
| | Phosphorus | 0.447 t/t (P ₂ O ₅) | Phosphate rock | 8.26 t/t (P ₂ O ₅ 34) |
| | Chemicals | 2.0\$/t (P ₂ O ₅) | Silica stone | 2.50t/t |
| | Electricity | 200 KWH/t (P ₂ O ₅) | Cokes | 1.46 t/t |
| | Water | 12.2/P ₂ O ₅ (filtered) | Fuel oil | 75 l/ton |
| | | | Electricity | 14,220 KWH/t |
| | | | Kerosene | 22 l/t |
| | | | Electrode | 18 × 10 ⁻³ t/t |
| | | | Chemical and lubricant | 9.6\$/t |
| | | | By-product | Slug 7.2 Ironphosphide 0.07 |

Tab. III-5-1-1(b) Cost Data of DAP Granulation Plant, Ammonia Plant, Ammonium Sulphate Plant

| | DAP (18-46) Granulation (35,870t/y) (P ₂ O ₅ 16,500t/y) | | Ammonia Plant (18,000 t/y) | | Ammonium Sulphate (12,000 t/y) (Sulphuric acid 9,380t/y) | |
|-------------------------|--|------------|-------------------------------|--------------|---|----------|
| | 10 ⁶ \$ | | 10 ⁶ \$ | | 10 ⁶ \$ | |
| Investment | | | | | | |
| Whole plant | | 6.583 | | 13.575 | | 1.129 |
| Process plant | | 1.197 | | 6.936 | | 0.806 |
| Building and Foundation | | 0.823 | | 1.222 | | 0.079 |
| Engineering and license | | 0.880 | | 1.760 | | 0.172 |
| Spare parts | | 0.220 | | 0.395 | | 0.032 |
| Auxiliary | | 1.553 | | 3.270 | | 0.040 |
| Variable Cost | | | | | | |
| Ammonia | | 0.232 t/t | | | Ammonia | 0.28 t/t |
| Phosphoric acid | | 0.484 t/t | | | Sulphuric acid | 0.78 t/t |
| Sulphuric acid | | 0.045 t/t | | | | |
| Steam | | 0.05 t/t | Process water | 2.0 t/t | Electricity | 90 KWH/t |
| Electricity | | 54 KWH/t | C.W. make up | 6.0 t/t | Steam | 1.0 t/t |
| Fuel oil | | 17 liter/t | Electricity | 11,940 KWH/t | Chemical and lubricant | 2.0\$/t |
| Process water | | 0.4 t/t | Catalyst and lubricant | 2.4\$/ton | Bags | 24.0\$/t |
| Chemicals | | 2.0\$/t | | | | |
| Bags | | 24.0\$/t | | | | |

Tab. III-5-1-2 Cost Data of Fused Phosphate Plant

Fused Phosphate 83,300 ton/year
 P_2O_5 20% MgO 18%

| Investment | $10^6 \$$ |
|-------------------------|-----------|
| Whole Plant | 14.921 |
| Process plant | 9.552 |
| Building and foundation | 2.674 |
| Engineering and license | 1.009 |
| Spare parts | 0.390 |
| Auxiliary off site | 1.296 |

Variable Cost

| | |
|------------------|--------------------------|
| Phosphate Rock | 0.637 t/t |
| Serpentine | 0.476 t/t |
| Electrode | 5.0×10^{-3} t/t |
| Fuel oil | 8 l/ton |
| Bags | 24.0¢ /ton |
| Electricity | 1,400 KWH/ton |
| Water (filtered) | 8 m ³ /ton |

Tab. III-5-1-3 Cost Data of PVC Complex

PVC (from $Cl_2 \cdot CaCO_3 \cdot C$) 15,000 t/y

| Investment | Total Complex | CaC ₂ | VCM | PVC |
|---------------------|---------------|------------------|-------------|-------------|
| | | (22,563t/y) | (15,225t/y) | (15,000t/y) |
| | $10^6 \$$ | $10^6 \$$ | $10^6 \$$ | $10^6 \$$ |
| Whole Plant | 43.009 | 14.567 | 16.887 | 11.555 |
| Process Plant | 23.290 | 8.106 | 9.036 | 6.148 |
| Building Foundation | 4.260 | 1.482 | 1.653 | 1.125 |
| License, Eng., Sup, | 5.248 | 1.426 | 2.236 | 1.586 |
| Spare Parts, Mat. | 0.851 | 0.296 | 0.330 | 0.225 |
| Auxiliary facility | 0.360 | 3.257 | 3.632 | 2.471 |

Variable Cost

| | | | | | | | |
|----------------------|------------|-------------|------------|----------|----------------------|-----|----------|
| Lime Stone | 2.8t/tPVC | Lime Stone | 1.9t/t | Carbide | 1.482t/t | VCM | 1.015t/t |
| Coke | 1.0t/t | Coke | 0.67t/t | Chlorine | 0.60t/t | | |
| Chlorine | 0.604t/t | | | Hydrogen | 190m ³ /t | | |
| Electricity | 5,560KWH/t | Electricity | 1,200KWH/t | | | | |
| Steam, Water | 36.0¢/t | | | | | | |
| Chemicals, Lubricant | 71.6¢/t | | | | | | |

Tab. III-5-1-4 Cost Data of Calcium Cyanamide Plant

| Calcium Cyanamid (preliminary) Say 10,000 t/y CaCN ₂ (As H211) | | |
|--|-------------------------------|--------------------------|
| | Calcium Carbide (6,500t/y) | Cyanamide (10,000t/y) |
| Investment | <u>10⁶\$</u> | <u>10⁶\$</u> |
| Whole Plant | 8.770 | 2.256 |
| Process Plant | 3.953 | 1.240 |
| Building Foundation | 0.942 | 0.240 |
| License, Eng. Sup | 1.200 | 0.480 |
| Spare Part | 1.884 | 0.048 |
| Auxiliary Facility | 0.791 | 0.248 |
| Variable Cost | | |
| Lime Stone | | 1.21 t/t |
| Coke | | 0.436 t/t |
| Electricity | | 2,280 Kwh/t |
| Utility | | 7.65/t |
| Auxiliary | | 50.9\$/t |

Tab. III-5-1-5 Cost Data of Electrolysis Plant

| Electrolysis Plant | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------|
| | Chlorine (13,176t/y) | | Calcium Hypochlorite (2,600t/y) |
| Investment | <u>10⁶\$</u> | | <u>10⁶\$</u> |
| Whole plant | 24.176 | Whole plant | 6.089 |
| Process plant | 15.511 | Process plant | 3.864 |
| Building and foundation | 2.737 | Engineering | 0.579 |
| Engineering and license | 1.600 | Building and fundation | 0.500 |
| Spare parts | 0.558 | Spare part | 0.116 |
| Auxiliary facility | 3.970 | Auxiliary facility | 1.010 |
| Variable Cost | | Variable cost | |
| Rock salt | 1.90 t/t | Chlorine | 1.14 t/t |
| Caustic soda | (1.08 by product) | NaOH | 0.78 t/t |
| Hcl by-pro. | | CaO | 0.588 t/t |
| Electricity | 2,800Kwh/t | Electricity | 900 kWh/t |
| Steam | 0.4 t/t | Steam | 2.75 t/t |
| Process water | 2.3 t/t | C.H. make up | 12.0 t/t |
| Chemicals | 28.0\$/t | Packing | 60.0\$/t |

3 - 5 - 2 Expected Man Power Cost

Unit : 10³ \$/Year

| Function | 10 ³ \$/Y/person | Fertilizer Complex | PVC Complex | Electrolysis | Fused Phosphate | Calcium Cyanamide |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Engineer | 25,560 | 5 | 127,800 | 2 | 51,120 | 2 |
| Supervisor | 17,040 | 7 | 102,240 | 3 | 34,080 | 2 |
| Foreman | 14,484 | 20 | 217,260 | 10 | 72,420 | 10 |
| Skilled Labour | 6,816 | 61 | 545,280 | 32 | 272,640 | 30 |
| Semi-Skilled Labour | 5,964 | 20 | 143,136 | 8 | 119,280 | 12 |
| Total | | 1,071 × 10 ³ | 1,136 × 10 ³ | 513 × 10 ³ | 548 × 10 ³ | 506 × 10 ³ |

3 - 5 - 3 Manning Plan

| Function | 10 ³ \$/Y/person | Fertilizer Complex (Ammonia, DAP, etc) | Fertilizer (Fused Phosphate) | PVC Complex (Carbide, VCM, PVC) | Electrolysis Complex | Calcium Cyanamide |
|---------------------|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------|
| Engineer | 25,560 | 5 | 2 | 5 | 2 | 2 |
| Supervisor | 17,040 | 7 | 2 | 6 | 3 | 2 |
| Foreman | 14,484 | 20 | 5 | 15 | 10 | 10 |
| Skilled Labour | 6,816 | 61 | 40 | 80 | 32 | 30 |
| Semi-skilled Labour | 5,964 | 20 | 20 | 24 | 8 | 12 |

3-5-4 原料コストの検討

今回採り上げた各種の化学工業は、比較的原料入手は容易なものを選んであるが、磷酸肥料 Complex については、磷鉱石の入手価格が Feasibility 決定の重要な要素である。さらに、磷製造の副原料として、また PVC 原料 Acetylene 発生カーバイド製造用に必要な炭素材の Coke も重要な原料である。苛性ソーダ、塩素の原料の NaCl は、国内で入手できる可能性もあるが、輸入するとすれば、Brazil, Argentine が source となる。他に Lime Stone, Silica, Serpentine が原料として使用されるが、これ等は比較的容易に、また経済的な価格で Paraguay または近隣地域で入手が可能と思われる。

(1) Phosphate Rock

現在の国際市場の磷鉱石価格は、大量産出国である USA と Morocco の建値で支配されている。現在 1981 ~ 1982 年の Morocco 価格は BPL 68% 規格で 50 ~ 52 \$/ton となっており、また Florida (USA) 価格は 39 ~ 40 \$/ton となっている。

世銀が発表している長期予測では、1985 ~ 1990 年で 39 \$/ton と予測している。

従って、磷鉱石を原料とする磷酸肥料の価格水準も、この原料価格に準じた価格になる。Paraguay において磷及び磷酸肥料を製造するには、この原料磷鉱石を国際水準に近い価格で入手することがプロジェクトの経済性を高める上で必要条件となる。

最も望ましいのは、Paraguay 国内で磷鉱石が発見されて、その利用が可能になることであるが、現在までのところ、埋蔵は確認されていない。幸い、Paraguay に近い Brazil の San Paulo 州には、いくつかの磷鉱石鉱床が確認されており、Jacupiranga では、Commercial Scale で生産が続けられている。Paraguay から数 100 km 以内に鉱床がある可能性も高く、鉄道、もしくは Parana 水系を利用した輸送手段によりプラント入口で 50 ~ 60 US\$/ton で入手できる可能性は充分あるものと推定される。

(2) Coke

磷鉱石のコストに次いで、カーバイド (PVC)、磷の生産コストに影響する原料に Coke がある。現在、日本でも、Australia, Canada 等より輸入しており、その価格もトン当たり 130 ドルとなっている。近接の Brazil の Santa Catalina 州で、あまり品質は良くないが、粘結性石炭が産出する。この石炭が経済的に輸送可能であればコストは下がる可能性はあると考えられるが、現地調査による確認が必要で、今回のコスト計算は北米の Breeze 価格に Freight to Paraguay を加えた 165 \$/ton (Freight 70 \$/ton + 20 \$ miscellaneous) を採用した。

Table · III - 5 - 4 - 1 World Phosphate Rock Production and Consumption

Unit : 10³ ton

| | 1977 | | 1978 | | 1979 | |
|--------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| | Production | Consumption (apparent) | Production | Consumption (apparent) | Production | Consumption (apparent) |
| West Europe | 215 | 21,786 | 137 | 22,019 | 126 | 23,270 |
| East Europe | 23,612 | 30,282 | 23,595 | 30,573 | 24,473 | 31,639 |
| Africa | 29,626 | 6,777 | 32,141 | 7,456 | 33,978 | 8,354 |
| North America | 47,256 | 37,233 | 50,037 | 40,144 | 51,611 | 43,000 |
| Central America | 366 | 1,719 | 402 | 1,867 | 324 | 1,451 |
| South America | 651 | 2,405 | 1,126 | 2,414 | 1,700 | 2,746 |
| Asia | 9,392 | 11,750 | 11,243 | 12,813 | 14,918 | 16,438 |
| Oceania | 2,060 | 2,652 | 2,702 | 3,666 | 2,291 | 3,857 |
| WORLD TOTAL | 113,178 | 114,606 | 121,382 | 120,951 | 129,421 | 130,754 |

Table · III - 5 - 4 - 2 Rock Salt Production and Consumption (1975)

| | 生 産 A (千トン) | 消 費 B (千トン) | 自 給 率 A/B (%) |
|-----------|----------------|----------------|------------------|
| フ ラ ン ス | (3.4) 5,347 | 5,371 | 99.6 |
| 西 ド イ ツ | (5.4) 8,440 | 8,693 | 97.1 |
| イ タ リ ー | 4,411 | 4,396 | 100.3 |
| オ ラ ン ダ | 2,690 | 814 | 330.5 |
| ス ペ イ ン | 2,646 | 2,615 | 101.2 |
| イ ギ リ ス | (4.9) 7,630 | 7,130 | 107.0 |
| 東 ド イ ツ | 2,430 | 2,242 | 108.4 |
| ポ ー ラ ン ド | 3,513 | 3,230 | 107.1 |
| ル ー マ ニ ア | 3,331 | 3,152 | 121.5 |
| ソ ビ エ ト | (8.3) 13,000 | 12,918 | 100.6 |
| カ ナ ダ | (3.1) 4,836 | 5,146 | 94.0 |
| メ キ シ コ | (23.7) 37,222 | 38,933 | 95.6 |
| メ キ シ コ | (4.0) 6,350 | 2,440 | 260.2 |
| ブ ラ ジ ル | 2,145 | 2,145 | 100.0 |
| 中 国 | (19.1) 30,000 | 29,605 | 101.3 |
| イ ン ド | (4.5) 7,000 | 6,738 | 103.9 |
| 日 本 | 1,068 | 7,367 | 14.5 |
| オーストラリア | (2.9) 4,568 | 712 | 641.6 |
| 世 界 計 | (100) 156,892 | | |

(注) 生産額の()内は、世界計に対する割合
(%)を示す。

Production (1979)

Argentina 997,000 トン
Brazil 2,812,000 トン
Chile 590,000 トン

Tab. III-5-4-3 Production of Coke-Oven Coke

| | Unit: 10 ³ tons | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | <u>1970</u> | <u>1971</u> | <u>1972</u> | <u>1973</u> | <u>1974</u> | <u>1975</u> | <u>1976</u> | <u>1977</u> | <u>1978</u> | <u>1979</u> |
| Africa | 4,310 | 4,493 | 4,477 | 4,483 | 4,964 | 5,248 | 5,781 | 6,350 | 6,032 | 6,500 |
| North America | 71,099 | 61,998 | 65,189 | 70,106 | 68,001 | 63,160 | 64,335 | 59,958 | 55,539 | 59,750 |
| South America | 3,060 | 3,108 | 2,880 | 3,030 | 3,182 | 3,660 | 4,271 | 4,755 | 5,144 | 5,290 |
| Asia | 66,647 | 71,069 | 72,566 | 82,360 | 82,271 | 84,421 | 86,126 | 89,110 | 89,984 | 99,945 |
| Europe (Excl. USSR) | 125,959 | 121,034 | 118,223 | 122,563 | 123,245 | 121,221 | 119,746 | 113,360 | 109,671 | 112,341 |
| USSR | 75,404 | 78,329 | 79,773 | 81,401 | 82,641 | 83,543 | 84,400 | 86,000 | 86,400 | 86,500 |
| Oceania | 4,983 | 4,410 | 4,594 | 4,945 | 5,114 | 5,239 | 5,310 | 4,701 | 5,228 | 5,330 |
| Total | 351,462 | 344,441 | 347,702 | 368,888 | 369,418 | 366,492 | 369,969 | 364,234 | 357,998 | 375,656 |

(3) Rock Salt

電解（苛性ソーダ・塩素工場）の原料には、約 26,000 t/Y の塩が必要であるが、全量を国外から入手することになると、輸送コストが問題となる。本来、生産地における塩の価格は 10 \$/ton 前後であるが、その輸送コストが加わり、消費地では 20 \$/ton を越すことになる。

今回の検討では、工場着 30 \$/ton としたが、これは Paraguay 国内のブラインと輸入塩とを利用することで平均のコストを 30 \$/ton 前後に押えることは可能と考えた。

3-5-5 各 Project Scheme の Financial Assessment

3-5-5-1 総論及び前提条件

(1) 総論

選り出された各 scheme について financial feasibility を、その project の Internal Rate of Return を指標として評価する。この分析の基礎は、投下資金（Plant Construction のための Investment）に対して、その Project の産み出す Cash（Income Statement Table で、例えば、Net Profit に Depreciation と長期資金に対する金利を加えた値）の Project Life に亙る総量が如何なる Discount Rate を適用した場合に投資資金に equivalent になるかを算出する考え方で、その Project の資金コスト等に無関係にその project の持つ Cash Generating Power を見出す分析法である。

Table・Ⅲ-5-3-1（IRR Calculation on Total Investment）を例にとり説明すると、Table の左から 2 番目のコラムに投下資金が年次別に示されている。1995 年に入っている -1,677 は、プラントの償却未完価格が残存価格として Investment の minus として算出されている。

一方、左から 6 番目のコラムには、Start 後 10 年間の Generated Cash（Profit before tax t Depreciation + Interest on Long Term Debt）が年次別に示されている。この Project への資金投下開始から工場 Start 後 10 年間の Cash を 1983 年の貨幣価値に換算するための Discount Factor が 7 番目のコラムに示されている。Discount Factor は、金利と逆の考え方で、1983 年の投下資金 100 は、若し Project に投下せず銀行に預ければ金利を生み、1988 年には、年利率を α % とすれば、 $100 \times (1 + \frac{\alpha}{100})^5$ となるはずで、従って、1983 年に 100 ドル投資した資金を 1988 年に回収する場合は、100 ドルではなく、 $100 \times (1 + \frac{\alpha}{100})^5$ が必要だという考え方である。換言すれば、1988 年の貨幣 100 は 1983 年には、 $1 / (1 + \frac{\alpha}{100})^5$ に当る、という考え方となる。従って、投下資本も、1984 年、1985 年となると、1983 年の資金に対しては Discount した価値を考えている。この Discount Factor を投資と Generated Cash に適用した結果が Before Tax Present Value として 8、9 番目のコラムに表示してあり、両者が equiv-

alent になっている。このDiscount Factor $(1 - \frac{11.56}{100}) = 0.8964$ の 11.56% が Internal Rate of Return と言われ、この金利以下の資金コストで資金が得られない限り、Project は利益にならないという水準を示している。

各Project scheme の Base Case (Electricity Cost 1 ϕ /KWH) での IRR は次の様になっている。

| | Before Tax |
|---|------------|
| Fertilizer Complex (Ammonia · DAP) | 0 % |
| PVC Complex (PVC) | 8.75 % |
| Electrolysis Complex (NaOH · Ca(ClO) ₂) | 10.12 % |
| Fertilizer, Fused Phosphate | 11.56 % |
| Calcium Cyanamide | 0 % |

いずれの場合も一般のPrivate Investor が求める利益水準の IRR 15 ~ 20% に達していない。

この理由は、原則としてParaguay 国内及びその周辺という限定したMarket を前提としたため、工場規模が小さいので、固定費が多くなっているためである。

さらに、Paraguay における工場建設費は、日本に比較し 25% 高い、という前提があり、そのため生産コストが高くなっている。一方、売値の設定は国際価格を基準としているために、収益性はあまり高くない。

しかしながら、各々のProject によっては、原料価格の低減及びBrazil, Argentine からの機器購入により建設費を下げる可能性は残っていると考えられる。

電力価格を 2 ϕ /KWH とした場合にも何とかFinancial に Justify できる Project は Poly Vinyl Chloride と Electrolysis の結果になるが、以下さらに説明する。

(2) 収益性分析に使用した前提条件

1 一般事項

1) プロジェクト名:

ケース I Fused Phosphate Fertilizer

熔成磷酸肥料

ケース II Fertilizer Complex (Electrolysis Ammonia and Dry Process Phosphate Acid)

肥料 Complex (電解水素からのアンモニアと乾式磷酸)

ケース III PVC (From Cl₂ · CaCO₂ · C)

ポリ塩化ビニール (カーバイトアセチレンによる)

ケースⅣ Calcium Cyanamid (Preliminary)

石灰窒素

ケースⅤ Chlorine Caustic Complex

電気分解工場 (塩素, 苛性ソーダ)

- 2) プラント建設開始年度: 1983年1月1日
- 3) 操業運転開始年度: 1986年1月1日
- 4) 操業運転開始後プロジェクトライフ (経済計算年数): 10年
- 5) 通貨単位: US\$ 1,000
- 6) 残存価格: IRRの計算においてプロジェクトライフ最終年度に
① 土地取得価格 ② プラントの残存簿価 ③ 運転資本
(Working capital) の初期投資額全額
を回収する。
- 7) 払込み資本及び借入金についてのIRR計算を行なう。
- 8) 運転資本も投資総額に含む。
- 9) 今計年度: 1月1日 - 12月31日

2 生産及び販売計画

1) 年間生産能力

| ケースⅠ | ケースⅡ | ケースⅢ |
|------------|-------------------------|------------|
| 83,300トン/年 | ① アンモニア 18,000トン/年 | 15,000トン/年 |
| | ② 黄 燐 15,000トン/年 | |
| | ③ 燐 酸 18,000トン/年 | |
| | ④ 燐 安 35,870トン/年 | |
| | ⑤ 硫 安 12,000トン/年 | |
| | ⑥ カルシウムシリケート 15,000トン/年 | |
| ケースⅣ | ケースⅤ | |
| 10,000トン/年 | ① 塩 素 13,095トン/年 | |
| | ② 苛性ソーダ 11,269トン/年 | |
| | ③ 高度さらし粉 3,600トン/年 | |

- 2) 操 業 率 運転開始1年目 80 %
2年目 90 %
3年目以降 100 %
- 3) 在 庫 量 ケースⅠ, Ⅲ, Ⅳ, Ⅴ 次年度生産量の2ヶ月分相当

ケースⅡ 操業1年目 販売量の1ヶ月相当分
2年目以降 販売量の1ヶ月相当分

4) 販売量

| ケースⅠ | ケースⅡ |
|---------------|------------------------------|
| (生産量) - (在庫量) | ① (6,300 トン/年) - (在庫量の増加分) |
| | ② (6,954 トン/年) - (在庫量の増加分) |
| | ③ (1,500 トン/年) - (在庫量の増加分) |
| | ④ (35,870 トン/年) - (在庫量の増加分) |
| | ⑤ (12,000 トン/年) - (在庫量の増加分) |
| | ⑥ (60,000 トン/年) - (在庫量の増加分) |
| ケースⅢ,Ⅳ | ケースⅤ |
| (生産量) - (在庫量) | ① 8,987 トン/年 |
| | ② (生産量) - (在庫量) |
| | ③ |

5) 販売価格

| ケースⅠ | ケースⅡ | ケースⅢ | ケースⅣ | ケースⅤ |
|----------|--------------|------------|----------|--------------|
| US\$ 180 | ① US\$ 300 | US\$ 1,300 | US\$ 300 | ① US\$ 240 |
| | ② US\$ 1,500 | | | ② US\$ 300 |
| | ③ US\$ 500 | | | ③ US\$ 1,300 |
| | ④ US\$ 330 | | | |
| | ⑤ US\$ 120 | | | |
| | ⑥ US\$ 50 | | | |

3 所要資金

1) 土地代, 整地費用 : 0

2) 設備費

今回の検討で Investment として考えた範囲は, 生産設備と用役設備に加えて工場オフィス, メンテナンス設備, 倉庫等は含めて考えた。但し, 道路, 鉄道側線, Jetty, 社(住)宅等は, 除外してある。

用役設備, メンテナンス設備についてもいくつかの Plant が共用する前提で考えている。

建設コストは, 1981年の契約ベースで考えている。これは工場生産コスト, 製品の売上げ価格等, 全て1981年の数値を使って収益性の検討を行う為である。

| (US\$ 1,000) | I | II | III | IV | V |
|--------------|----------|----------|----------|---------|----------|
| プロセスプラントコスト | 11,858.0 | 50,025.0 | 35,940.0 | 9,582.4 | 25,648.8 |
| 付帯設備費 | 3,062.8 | 2,199.2 | 7,068.0 | 1,494.0 | 4,816.0 |

(Civil & Building)

3) 操業準備費 (US\$ 1,000)

| | I | II | III | IV | V |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1,200 | 2,400 | 2,400 | 1,200 | 1,200 |

4) 建設期間中金利： 1) 2) 3) の合計の 10%

5) 固定資本： 1) 2) 3) 4) の合計

6) 初期運転資本：製品在庫と原料在庫の 2ヶ月分相当

4 資金計画

1) 固定資本及び運転資本は全て払い込み資本と長期借入金でまかなう。

2) 払い込み資本と長期借入金の比率：7/3

3) 長期借入金：返済期間：8年 商業運転開始後3年目より元金返済開始

返済方法：元金均等払，年賦

年利：10% 利息の支払いは，操業開始年度より開始

4) 短期借入金：操業開始後資金不足が発生した時のみ，その金額を年利10%の短期借入金でまかなう。

5 投資及び資金源のスケジュール

1) 操業準備費： 操業開始年度に投資

| | | |
|--------------|-----|-----|
| 2) 自己資金の払い込み | 1年目 | 50% |
| | 2年目 | 30% |
| | 3年目 | 20% |
| 長期借入金の払い込み | 1年目 | 30% |
| | 2年目 | 40% |
| | 3年目 | 30% |

6 在庫費用，売掛金，買掛金

1) 製品在庫： 次年度生産量の 2ヶ月分相当。費用は工場原価に入る。

2) 原材料在庫：原材料費の 2ヶ月分相当。費用は，操業開始初年度に全額投入。

3) 売掛金： 総売上高の 1ヶ月分相当

4) 買掛金： 変動費の 2ヶ月分相当

7 変動費

1) 原材料費

| | | 原 単 位 | 単 価 |
|------|---------------------|----------------------------|---------------|
| ケースⅠ | 燐 鉍 石 : | 0.637 トン/トン | US\$ 60/トン |
| | 蛇 紋 岩 : | 0.676 トン/トン | US\$ 30/トン |
| | | 生 産 量 | |
| ケースⅡ | 燐 鉍 石 : | 123,900 トン/年 | US\$ 50/トン |
| | 硅 石 : | 37,500 トン/年 | US\$ 40/トン |
| | コ ー クス : | 21,900 トン/年 | US\$ 170/トン |
| | | 原 単 位 | |
| ケースⅢ | 石 灰 石 : | 2.8 トン/トン | US\$ 12/トン |
| | コ ー クス : | 1.0 トン/トン | US\$ 170/トン |
| | 塩 素 : | 0.604 トン/トン | US\$ 180/トン |
| | | 原 単 位 | |
| ケースⅣ | 石 灰 石 : | 1.21 トン/トン | US\$ 300/トン |
| | コ ー クス : | 0.436 トン/トン | US\$ 170/トン |
| | | 生 産 量 | |
| ケースⅤ | 岩 塩 : | 24,880.5 トン/年 | US\$ 30/トン |
| | 2) 副原料用役費 | | |
| ケースⅠ | 電 力 料 : | 1,400 KWH/トン | US 1/KWH |
| | 試 薬 等 : | | US\$ 20/トン |
| | 袋 : | | US\$ 24/トン |
| ケースⅡ | 電 力 料 : | 433.82×10^6 KWH/年 | US 1/KWH |
| | 工 場 用 水 : | 470.3×10^3 トン/年 | US 8/トン |
| | 燃 料 : | 2,110 K1/年 | US\$ 320/K1 |
| | 電 極 : | 270 トン/年 | US\$ 3,600/トン |
| | その他コスト : | US 2,668 \times 10^3$ /年 | |
| ケースⅢ | 電 力 料 : | 5,560 KWH/トン | |
| | スチーム, 工場用水 : その他 | | US\$ 36/トン |
| | 試薬類, 潤滑油類 : | | US\$ 71.6/トン |
| ケースⅣ | 電 力 料 : | 2,280 KWH/トン | US 1/KWH |

| | | | |
|-------|-------------------|------------------|--------------|
| | スチーム，工場用水： その他 | | US\$ 7.6/トン |
| | 副原料，副資材： | | US\$ 50.9/トン |
| ケース V | 電力料： | 40,953,600 KWH/年 | US 1/KWH |
| | スチーム： | 15,138 トン/年 | US\$ 12/トン |
| | 工場用水： | 73,318.5 トン/年 | US\$ 0.2/トン |
| | 試薬類，包装材料： | 13,095 トン/年 | US\$ 28/トン |
| | | 3,600 トン/年 | US\$ 60/トン |

8 固定費

1) 人件費(1年)

| | |
|---------|----------------|
| ケース I | US\$ 548,000 |
| ケース II | US\$ 1,071,000 |
| ケース III | US\$ 1,136,000 |
| ケース IV | US\$ 506,000 |
| ケース V | US\$ 513,000 |

2) 工場管理費

| | |
|-------------------|------------|
| ケース I, III, IV, V | 人件費の 100 % |
| ケース II | 人件費の 50 % |

3) 修繕維持費

設備費の 3 %

4) 租税公課，保険料

「DEP」で指定した償却資産と土地代の合計から、「前年までに償却された額」を差し引いたものの 1 %

9 償却費及び年賦償還費

1) プロセスプラント

定額償却：償却年数 10 年，残存率 10 %

2) 付帯設備費

定額償却：償却年数 15 年，残存率 15 %

3) 操業準備費

定額年賦償還：償還年数 10 年，残存率 0

4) 建中金利

定額年賦償還：償還年数 10 年，残存率 0

10 販売費

生産コストの5%

11 その他

1) 最低手持資金：0

2) 法人所得税：損金繰越し年数：5年

税率：50%，免税期間：3年

3) 配当：払い込み資本金の10%

ケーススタディ

ケースI, III, N, V

(ケースA)

電力費 US 2/KWH

(ケースB)

投資額 5%ダウン

(ケースC)

投資額 10%ダウン

(ケースD)

販売単価 5%アップ

(ケースE)

販売単価 10%アップ

(ケースF)

原材料費 5%ダウン

(ケースG)

原材料費 10%ダウン

ケースII

(ケースA)

電力費 US 2/KWH

(ケースB)

投資額 5%ダウン

(ケースC)

投資額 10%ダウン

(ケースD)

投資額 10%アップ

(ケースE)

販売単価 5%アップ

(ケースF)

販売単価 10%アップ

(ケースG)

原材料費 5%ダウン

(ケースH)

原材料費 10%ダウン

注 計算結果については、頁 から頁 まで参照

3-5-5-2 プロジェクトの収益性

(1) Fertilizer Complex

このProjectは、現状のParaguayでの肥料市場規模に基づきPlant Sizeを設定したために、小規模設備となったことと、磷鉍石の価格を50\$/tonと設定したことが、収益性が低く押さえられた原因となっている。もし、Paraguayのみならず、Brazil, Argentine, BoliviaのMarketも対象と考へScale-upが可能となれば、かなり収益性は改善

できると考えられる。例えば、生産規模が2倍になればCapital Cost 製品トン当たりが20%は下がるので、電力を2倍としても充分利益も出るProject となり得る。Phosphate RockのCostは通常Mineでは20~30 \$/ton程度であり、MineからPlantまでの輸送費を考慮して50 \$/tonと評価した。この点についての期待はBrazilのParaguayに近い地域、もしくはRio Uragay等の水運の利用できる地域の燐鉱石が開発されるならば、Plant Siteで40 \$/ton程度で入手出来る事である。

Fertilizer Complexの収益性がFeasibleとなる為には今回設定された条件の内二つ以上の要素が同時に改善されない限り財務的にJustifyする事は困難である。しかしながらParaguay農業の将来にとって有用なProjectで有り建設費の削減の可能性は有り、又原料Cost、用役Costについてもなお削減される可能性は充分あるので詳細検討を行うに値すると考えられる。

特に農業生産に対するImpactを考えた国家経済面からの分析が必要である。又操業開始時の操業度の向上、10%の操業Cost削減と低Cost資金の利用が可能となればFinancialなFeasibilityも出て来るはずである。

(2) P V C Complexの収益性

Base CaseでのIRRは8.75%となったが、本ProjectはCostに占めるCapital Costの割合が高く、Paraguayでの工場建設費の詳細検討の如何で相当改良される可能性を持っている。今回の検討はP V CのChip製造までで終わっているが、加工業を含めて考えるとParaguayの工業化の第一段階として非常に大きなPotentialを持ったProjectであり、市場の拡大によるCost-downも長期的な展望では充分期待できる。Sensitivity Studyでは、Sales Priceの影響が高く出ているが、今回採用した販売価格1,300 \$/tonは国際価格より高水準に有りParaguayの国内価格がさらに高くなる可能性は少い。

(3) Electrolysis Complexの収益性

本Schemeは、実際上P V C projectの成立が前提であり単独では成立しないが、苛性ソーダは化学工業の基礎原料であり、現在でもParaguay及び周辺諸国での潜在需要は更に多く、また売値自体も国際価格より相当高く売れる可能性を含んでいる。

Uragay, Brazil, ArgentineのPaper Industrieでの塩素、苛性ソーダ需要について充分な調査を行ないたいと考える。Base CaseのIRRは10.12%であるが、周辺諸国への販売が好条件で行えれば採算性の一層の向上も期待出来る。

(4) Fused Phosphateの収益性

取り上げられたprojectでは最も収益性が良く出ているが、その理由の一つは、工場の規模の決定にParaguayの P_2O_5 肥料の消費を全量このタイプの肥料で充当するという考え方によったため、PlantのスケールがFused Phosphateとしては充分な大きさの規模

であるため、製品需要を詳細な市場調査により確認する必要がある。しかしながら、一方、Paraguayの周辺地域でこの種の肥料が非常に有効な農地が多い（酸性でMgO, SiO₂の欠乏）ことも知られており、国外への販売の可能性がでてくれば、非常に収益性が良いprojectとなり得る。

今回の収益性の検討では、本projectのみは初期のMarketingが困難と考えられるため、初期の操業度を低く（一年目60%、二年目80%）見た。

(5) Calcium Cyanamide

Calcium Cyanamideを今回検討のPlant Sizeで独立して生産することは、Financialには成立しない。IRRはゼロと出る。

前にも述べた如く、この肥料は窒素肥料としてよりは殺菌・殺虫効果を持つ肥料として使用されており、その市場も限定される。そのため、経済規模での生産は単独ではFinancialには成立しない。従って、このprojectが成立できる条件は、PVC projectの一部に含まれ、PVC用Carbideの設備を拡張し、そのCarbideを利用しCalcium Cyanamideを製造するというSchemeが成立する場合にのみ実現される。もっとも、市場の存在の確認が本projectでは第一の必要条件であるが、本プロジェクト単独でなく、PVC Complexの一部とし、PVCのためのCarbideプラントのCapacity-upによりCarbideを生産すれば、設備費は単独の場合の約40%となるし、Carbideプラントの運転員の労働費も不要となり、生産コストは次の様になる。

| | Unit : \$/ton | |
|----------------------|---------------|---------|
| | PVCと併産の場合 | 単独生産の場合 |
| Variable Cost | 169.9 | 169.9 |
| Capital Cost | 47.8 | 119.6 |
| Fixed Cost | 43.0* | 143.4 |
| Interest | 38.0 | 95.1 |
| Sales Administration | 21.6 | 21.6 |
| | 320.3 | 584.4 |

*30% of Independent

単独生産の584.4 \$/tonは320 \$/tonに下がり、ほぼSales Priceに近いコストとなる。換言すれば、PVC Complexが建設されるという前提が成立すれば、それに関連する石灰窒素の様な化学工業が経済的に成立することを示している。

此の様にプロジェクトの経済性は若干悪くとも、将来の関連工業発展のためのPotentialを持っているので、financial feasibilityに加えて、この様なメリットを考える必要があることを示唆する一つの例である。

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 CASE 1 FUSED PHOSPHATE FERTILIZER (US\$,1,000)

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-T DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | BEFORE TAX | | LESS: INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | AFTER TAX | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|--------|------------------|------------------|-----------------|-----------------------|--------|
| | | | | | | | PRESENT VALUE INVEST. | RETURN | | | | PRESENT VALUE INVEST. | RETURN |
| 1983 | 4030. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 4030. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 4030. | 0. |
| 1984 | 8060. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.8764 | 7225. | 0. | 0. | 0. | 0.9111 | 7344. | 0. |
| 1985 | 4030. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.8035 | 3230. | 0. | 0. | 0. | 0.8391 | 3345. | 0. |
| 1986 | 235. | -1487. | 1540. | 1263. | 1316. | 0.7202 | 169. | 948. | 0. | 1316. | 0.7563 | 178. | 995. |
| 1987 | 0. | -500. | 1540. | 1263. | 2306. | 0.6456 | 0. | 1497. | 0. | 2306. | 0.6890 | 0. | 1587. |
| 1988 | 0. | 575. | 1540. | 1263. | 3479. | 0.5797 | 0. | 2013. | 0. | 3479. | 0.6277 | 0. | 2184. |
| 1989 | 0. | 866. | 1540. | 1105. | 3514. | 0.5187 | 0. | 1823. | 0. | 3514. | 0.5712 | 0. | 2010. |
| 1990 | 0. | 1039. | 1540. | 940. | 3527. | 0.4650 | 0. | 1640. | 298. | 3229. | 0.5211 | 0. | 1683. |
| 1991 | 0. | 1210. | 1540. | 790. | 3540. | 0.4168 | 0. | 1470. | 605. | 2935. | 0.4747 | 0. | 1393. |
| 1992 | 0. | 1311. | 1540. | 632. | 3553. | 0.3730 | 0. | 1320. | 491. | 2863. | 0.4325 | 0. | 1238. |
| 1993 | 0. | 1453. | 1540. | 474. | 3567. | 0.3342 | 0. | 1194. | 376. | 2790. | 0.3941 | 0. | 1100. |
| 1994 | 0. | 1724. | 1540. | 316. | 3580. | 0.3002 | 0. | 1075. | 862. | 2710. | 0.3590 | 0. | 976. |
| 1995 | -2040. | 1995. | 1540. | 150. | 3593. | 0.2691 | -712. | 967. | 947. | 2649. | 0.3271 | -865. | 865. |
| TOTAL | 13710. | | | | 31973. | | 13951. | 13951. | | 27794. | | 14031. | 14031. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 11.56 PER CENT (BEFORE TAX) 9.76 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 6.10 YEAR (BEFORE TAX) 6.44 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEG. OF OPERATION)

| CAPITAL REQUIREMENTS | | SOURCE OF FUNDS | |
|------------------------------|--------|----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAY-UP SHARE CAPITAL | 5415. |
| PROCESS PLANT | 11050. | LONG TERM DEBT | 12634. |
| CIVIL BUILDING | 3063. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 14921. | FINANCIAL RESOURCES | 18049. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 1200. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 1693. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 17813. | | |
| | 162. | | |
| | 73. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 235. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 18049. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 CASE 2 INVESTMENT FOR UREA

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-T DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | BEFORE TAX | | LESS: INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | AFTER TAX | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|--------|------------------|------------------|-----------------|-----------------------|--------|
| | | | | | | | PRESENT VALUE INVEST. | RETURN | | | | PRESENT VALUE INVEST. | RETURN |
| 1983 | 3027. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 3027. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 3027. | 0. |
| 1984 | 7254. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.8794 | 6380. | 0. | 0. | 0. | 0.9005 | 6532. | 0. |
| 1985 | 3027. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.7734 | 2805. | 0. | 0. | 0. | 0.8109 | 2841. | 0. |
| 1986 | 208. | -1140. | 1306. | 1137. | 1263. | 0.6901 | 141. | 927. | 0. | 1263. | 0.7302 | 152. | 955. |
| 1987 | 0. | -137. | 1306. | 1137. | 2386. | 0.5981 | 0. | 1427. | 0. | 2386. | 0.6575 | 0. | 1569. |
| 1988 | 0. | 1046. | 1306. | 1137. | 3565. | 0.5260 | 0. | 1077. | 0. | 3565. | 0.5921 | 0. | 2113. |
| 1989 | 0. | 1200. | 1306. | 955. | 3580. | 0.4629 | 0. | 1050. | 474. | 3107. | 0.5331 | 0. | 1650. |
| 1990 | 0. | 1353. | 1306. | 763. | 3592. | 0.4067 | 0. | 1461. | 677. | 2916. | 0.4801 | 0. | 1400. |
| 1991 | 0. | 1527. | 1306. | 571. | 3604. | 0.3577 | 0. | 1209. | 754. | 2850. | 0.4313 | 0. | 1232. |
| 1992 | 0. | 1611. | 1306. | 366. | 3616. | 0.3142 | 0. | 1137. | 831. | 2785. | 0.3893 | 0. | 1064. |
| 1993 | 0. | 1815. | 1306. | 221. | 3628. | 0.2760 | 0. | 1004. | 900. | 2720. | 0.3505 | 0. | 954. |
| 1994 | 0. | 1945. | 1306. | 104. | 3640. | 0.2433 | 0. | 885. | 989. | 2655. | 0.3157 | 0. | 810. |
| 1995 | -2370. | 2123. | 1306. | 142. | 3651. | 0.2135 | -509. | 781. | 1042. | 2590. | 0.2842 | -616. | 716. |
| TOTAL | 12334. | | | | 32429. | | 12445. | 12445. | | 26940. | | 12577. | 12577. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 13.71 PER CENT (BEFORE TAX) 11.05 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 5.49 YEAR (BEFORE TAX) 6.02 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEG. OF OPERATION)

| CAPITAL REQUIREMENTS | | SOURCE OF FUNDS | |
|------------------------------|--------|----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAY-UP SHARE CAPITAL | 5472. |
| PROCESS PLANT | 10672. | LONG TERM DEBT | 11360. |
| CIVIL AND BUILDING | 2757. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 15429. | FINANCIAL RESOURCES | 16240. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 1000. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 1523. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 16052. | | |
| | 142. | | |
| | 66. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 208. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 16260. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
(CASE L) SALES PRICE FOR LP

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-1 DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | BEFORE TAX PRESENT VALUE | | LESS: INCLUDE TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | AFTER TAX PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|--------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1983 | 4030. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 4030. | 0. | 0. | 1.0000 | 4030. | 0. | |
| 1984 | 0000. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9857 | 0000. | 0. | 0. | 0.9857 | 0000. | 0. | |
| 1985 | 4030. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9715 | 2882. | 0. | 0. | 0.9715 | 2882. | 0. | |
| 1986 | 235. | -688. | 1540. | 1263. | 2116. | 0.9574 | 142. | 1200. | 0. | 2116. | 0.9574 | 1996. | |
| 1987 | 0. | 744. | 1540. | 1263. | 3552. | 0.9432 | 0. | 1017. | 0. | 3552. | 0.9432 | 3330. | |
| 1988 | 0. | 2197. | 1540. | 1263. | 5000. | 0.9291 | 0. | 2162. | 0. | 5000. | 0.9291 | 4621. | |
| 1989 | 0. | 2320. | 1540. | 1165. | 5013. | 0.9150 | 0. | 1834. | 1124. | 3630. | 0.9150 | 3317. | |
| 1990 | 0. | 2539. | 1540. | 950. | 5027. | 0.9009 | 0. | 1559. | 1267. | 3757. | 0.9009 | 3382. | |
| 1991 | 0. | 2710. | 1540. | 790. | 5040. | 0.8868 | 0. | 1310. | 1335. | 3605. | 0.8868 | 3191. | |
| 1992 | 0. | 2811. | 1540. | 632. | 5053. | 0.8727 | 0. | 1110. | 1440. | 3612. | 0.8727 | 3130. | |
| 1993 | 0. | 3052. | 1540. | 474. | 5066. | 0.8586 | 0. | 948. | 1540. | 3540. | 0.8586 | 3025. | |
| 1994 | 0. | 3223. | 1540. | 316. | 5079. | 0.8445 | 0. | 804. | 1612. | 3460. | 0.8445 | 2917. | |
| 1995 | -2646. | 3144. | 1540. | 150. | 5092. | 0.8304 | -2646. | 681. | 1647. | 3390. | 0.8304 | 2806. | |
| TOTAL | 13710. | | | | 46030. | | 13317. | 15917. | 35955. | | 13771. | 13771. | |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 16.25 PER CENT (BEFORE TAX) 14.06 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 4.47 YEAR (BEFORE TAX) 4.55 YEAR (AFTER TAX)
(THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEG. OF OPERATION)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|--------|----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAY-UP SHARE CAPITAL | 4450. |
| PROCESS PLANT | 11050. | LONG TERM DEBT | 12030. |
| CIVIL AND BUILDING | 3063. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 14921. | FINANCIAL RESOURCES | 13049. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 1200. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 1693. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 17013. | | |
| | 162. | | |
| | 73. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 235. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 18045. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
(CASE H) MAX MATERIAL FOR OLGA

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-1 DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | BEFORE TAX PRESENT VALUE | | LESS: INCLUDE TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | AFTER TAX PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|--------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1983 | 4030. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 4030. | 0. | 0. | 1.0000 | 4030. | 0. | |
| 1984 | 0000. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9790 | 0000. | 0. | 0. | 0.9790 | 0000. | 0. | |
| 1985 | 4030. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9576 | 1114. | 0. | 0. | 0.9576 | 1052. | 0. | |
| 1986 | 223. | -1240. | 1540. | 1263. | 1503. | 0.9361 | 151. | 1011. | 0. | 1503. | 0.9361 | 1390. | |
| 1987 | 0. | -113. | 1540. | 1263. | 2070. | 0.9146 | 0. | 1000. | 0. | 2070. | 0.9146 | 1884. | |
| 1988 | 0. | 1157. | 1540. | 1263. | 3400. | 0.8931 | 0. | 2070. | 0. | 3400. | 0.8931 | 3031. | |
| 1989 | 0. | 1340. | 1540. | 1105. | 3972. | 0.8716 | 0. | 1834. | 2060. | 3237. | 0.8716 | 2812. | |
| 1990 | 0. | 1599. | 1540. | 897. | 3986. | 0.8501 | 0. | 1610. | 2060. | 3407. | 0.8501 | 2880. | |
| 1991 | 0. | 1630. | 1540. | 709. | 3999. | 0.8286 | 0. | 1425. | 2060. | 3237. | 0.8286 | 2680. | |
| 1992 | 0. | 1841. | 1540. | 511. | 4013. | 0.8071 | 0. | 1250. | 2060. | 3164. | 0.8071 | 2540. | |
| 1993 | 0. | 2012. | 1540. | 313. | 4026. | 0.7856 | 0. | 1100. | 2060. | 3092. | 0.7856 | 2400. | |
| 1994 | 0. | 2113. | 1540. | 116. | 4039. | 0.7641 | 0. | 977. | 2060. | 2947. | 0.7641 | 2260. | |
| 1995 | -2634. | 2154. | 1540. | 150. | 4052. | 0.7426 | -2634. | 862. | 2060. | 2815. | 0.7426 | 2120. | |
| TOTAL | 13710. | | | | 36031. | | 13020. | 13820. | 29955. | | 13565. | 13565. | |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 13.77 PER CENT (BEFORE TAX) 11.06 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 5.47 YEAR (BEFORE TAX) 6.00 YEAR (AFTER TAX)
(THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEG. OF OPERATION)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|--------|----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAY-UP SHARE CAPITAL | 5411. |
| PROCESS PLANT | 11050. | LONG TERM DEBT | 12025. |
| CIVIL AND BUILDING | 3063. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 14921. | FINANCIAL RESOURCES | 18036. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 1200. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 1693. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 17013. | | |
| | 157. | | |
| | 66. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 235. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 18036. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 CASE II FERTILIZER COMPLEX (US\$1,000)

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-T DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1983 | 15305. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. |
| 1984 | 30611. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. |
| 1985 | 15305. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. |
| 1986 | 395. | -9756. | 5913. | 4763. | 921. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 921. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1987 | 0. | -8169. | 5913. | 4763. | 2507. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 2507. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1988 | 0. | -7383. | 5913. | 4763. | 3293. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 3293. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1989 | 0. | -7489. | 5913. | 4763. | 2592. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 2592. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1990 | 0. | -7574. | 5913. | 3572. | 1871. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 1871. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1991 | 0. | -7705. | 5913. | 2977. | 1101. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 1101. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1992 | 0. | -7836. | 5913. | 2302. | 459. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 459. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1993 | 0. | -7975. | 5913. | 1786. | -276. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | -276. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1994 | 0. | -8129. | 5913. | 1191. | -1025. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | -1025. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1995 | -8917. | -8298. | 5913. | 595. | -1789. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | -1789. | 0.0 | 0. | 0. |
| TOTAL | 92701. | | | | 9753. | | 0. | 0. | | 9753. | | 0. | 0. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 0.0 PER CENT (BEFORE TAX) 0.0 PER CENT (AFTER TAX)

SUM OF THE COST IS LARGER THAN THE ACCUMULATED RETURN, SO THAT IRR WILL BE GOT IN NEGATIVE QUANTITY (BEFORE TAX)

SUM OF THE COST IS LARGER THAN THE ACCUMULATED RETURN, SO THAT IRR WILL BE GOT IN NEGATIVE QUANTITY (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD (YEARS) ***** THE INVESTMENT CAN NOT BE PAID OUT WITHIN THE PROJECT LIFE (AFTER TAX BASE)
 ***** PAY-OUT PERIOD (YEARS) ***** THE INVESTMENT CAN NOT BE PAID OUT WITHIN THE PROJECT LIFE (BEFORE TAX BASE)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAID-UP SHARE CAPITAL | 20414. |
| PROCESS PLANT | 50025. | LONG TERM DEBT | 47632. |
| CIVIL AND BUILDING | 8797. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 50022. | FINANCIAL RESOURCES | 68046. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 2400. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 6428. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 67650. | | |
| | 142. | | |
| | 254. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 395. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 68046. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 (CASE C) INVESTMENT 10% DOWN

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-T DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1983 | 13775. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. |
| 1984 | 27550. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. |
| 1985 | 13775. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. |
| 1986 | 352. | -8638. | 5322. | 4287. | 1170. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 1170. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1987 | 0. | -6761. | 5322. | 4287. | 2048. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 2048. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1988 | 0. | -5855. | 5322. | 4287. | 3714. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 3714. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1989 | 0. | -5917. | 5322. | 3751. | 3156. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 3156. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1990 | 0. | -5925. | 5322. | 3215. | 2608. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 2608. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1991 | 0. | -5942. | 5322. | 2679. | 2059. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 2059. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1992 | 0. | -5956. | 5322. | 2143. | 1509. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 1509. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1993 | 0. | -5972. | 5322. | 1607. | 957. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 957. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1994 | 0. | -5950. | 5322. | 1072. | 403. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 403. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1995 | -8021. | -6009. | 5322. | 536. | -152. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | -152. | 0.0 | 0. | 0. |
| TOTAL | 47431. | | | | 18271. | | 0. | 0. | | 18271. | | 0. | 0. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 0.0 PER CENT (BEFORE TAX) 0.0 PER CENT (AFTER TAX)

SUM OF THE COST IS LARGER THAN THE ACCUMULATED RETURN, SO THAT IRR WILL BE GOT IN NEGATIVE QUANTITY (BEFORE TAX)

SUM OF THE COST IS LARGER THAN THE ACCUMULATED RETURN, SO THAT IRR WILL BE GOT IN NEGATIVE QUANTITY (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD (YEARS) ***** THE INVESTMENT CAN NOT BE PAID OUT WITHIN THE PROJECT LIFE (AFTER TAX BASE)
 ***** PAY-OUT PERIOD (YEARS) ***** THE INVESTMENT CAN NOT BE PAID OUT WITHIN THE PROJECT LIFE (BEFORE TAX BASE)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAID-UP SHARE CAPITAL | 18371. |
| PROCESS PLANT | 45023. | LONG TERM DEBT | 42866. |
| CIVIL AND BUILDING | 7917. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 52940. | FINANCIAL RESOURCES | 61237. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 2160. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 5785. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 60885. | | |
| | 123. | | |
| | 228. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 352. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 61237. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
CASE III PVC (FROM CLR,CAC01,C1) (US\$,,000)

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-T DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1943 | 15305. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 15305. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 15305. | 0. |
| 1944 | 30611. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9979 | 30546. | 0. | 0. | 0. | 0.9979 | 30546. | 0. |
| 1945 | 15305. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9958 | 15241. | 0. | 0. | 0. | 0.9958 | 15241. | 0. |
| 1946 | 145. | -7627. | 5913. | 4763. | 1049. | 0.9937 | 193. | 3040. | 0. | 3049. | 0.9937 | 393. | 3030. |
| 1947 | 0. | -5357. | 5913. | 4763. | 5319. | 0.9916 | 0. | 5275. | 0. | 5319. | 0.9916 | 0. | 5275. |
| 1948 | 0. | -3475. | 5913. | 4763. | 6701. | 0.9895 | 0. | 6631. | 0. | 6701. | 0.9895 | 0. | 6631. |
| 1949 | 0. | -3143. | 5913. | 4763. | 6117. | 0.9874 | 0. | 6258. | 0. | 6337. | 0.9874 | 0. | 6258. |
| 1950 | 0. | -3473. | 5913. | 3572. | 6012. | 0.9853 | 0. | 5924. | 0. | 6012. | 0.9853 | 0. | 5924. |
| 1951 | 0. | -3177. | 5913. | 2977. | 5713. | 0.9832 | 0. | 5617. | 0. | 5713. | 0.9832 | 0. | 5617. |
| 1952 | 0. | -2850. | 5913. | 2362. | 5444. | 0.9812 | 0. | 5342. | 0. | 5444. | 0.9812 | 0. | 5342. |
| 1953 | 0. | -2451. | 5913. | 1786. | 5200. | 0.9791 | 0. | 5099. | 0. | 5208. | 0.9791 | 0. | 5099. |
| 1954 | 0. | -2056. | 5913. | 1191. | 5007. | 0.9770 | 0. | 4892. | 0. | 5007. | 0.9770 | 0. | 4892. |
| 1955 | -8917. | -1662. | 5913. | 595. | 4847. | 0.9750 | -8694. | 4725. | 0. | 4847. | 0.9750 | -8694. | 4725. |
| TOTAL | 52701. | | | | 53638. | | 52792. | 52792. | | 53638. | | 52792. | 52792. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 0.21 PER CENT (BEFORE TAX) 0.21 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD (YEARS) ***** THE INVESTMENT CAN NOT BE PAID OUT WITHIN THE PROJECT LIFE (AFTER TAX BASE)
***** PAY-OUT PERIOD (YEARS) ***** THE INVESTMENT CAN NOT BE PAID OUT WITHIN THE PROJECT LIFE (BEFORE TAX BASE)

| CAPITAL REQUIREMENTS | | SOURCE OF FUNDS | |
|------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAID-UP SHARE CAPITAL | 20414. |
| PROCESS PLANT | 50025. | LONG TERM DEBT | 47632. |
| CIVIL AND BUILDING | 8797. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 58822. | FINANCIAL RESOURCES | 68046. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 2400. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 6428. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 67650. | | |
| | 142. | | |
| | 254. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 365. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 68046. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
CASE III RAW MATERIAL BUY DOWN

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-T DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1943 | 15305. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1944 | 30611. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1945 | 15305. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1946 | 365. | -6824. | 5913. | 4761. | 1050. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 1850. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1947 | 0. | -6998. | 5913. | 4761. | 3675. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 3675. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1948 | 0. | -5971. | 5913. | 4761. | 4703. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 4703. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1949 | 0. | -5937. | 5913. | 4762. | 4142. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 4142. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1950 | 0. | -5086. | 5913. | 3571. | 3598. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 3598. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1951 | 0. | -5831. | 5913. | 2976. | 3058. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 3058. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1952 | 0. | -5770. | 5913. | 2381. | 2524. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 2524. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1953 | 0. | -5763. | 5913. | 1785. | 1996. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 1996. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1954 | 0. | -5629. | 5913. | 1190. | 1474. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 1474. | 0.0 | 0. | 0. |
| 1955 | -8802. | -5547. | 5913. | 595. | 961. | 0.0 | 0. | 0. | 0. | 961. | 0.0 | 0. | 0. |
| TOTAL | 52701. | | | | 27980. | | 0. | 0. | | 27980. | | 0. | 0. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 0.0 PER CENT (BEFORE TAX) 0.0 PER CENT (AFTER TAX)

SUM OF THE COST IS LARGER THAN THE ACCUMULATED RETURN, SO THAT IRR WILL BE GOT IN NEGATIVE QUANTITY (BEFORE TAX)

SUM OF THE COST IS LARGER THAN THE ACCUMULATED RETURN, SO THAT IRR WILL BE GOT IN NEGATIVE QUANTITY (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD (YEARS) ***** THE INVESTMENT CAN NOT BE PAID OUT WITHIN THE PROJECT LIFE (AFTER TAX BASE)
***** PAY-OUT PERIOD (YEARS) ***** THE INVESTMENT CAN NOT BE PAID OUT WITHIN THE PROJECT LIFE (BEFORE TAX BASE)

| CAPITAL REQUIREMENTS | | SOURCE OF FUNDS | |
|------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAID-UP SHARE CAPITAL | 20405. |
| PROCESS PLANT | 50025. | LONG TERM DEBT | 47611. |
| CIVIL AND BUILDING | 8797. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 58822. | FINANCIAL RESOURCES | 68015. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 2400. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 6428. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 67650. | | |
| | 137. | | |
| | 228. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 365. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 68015. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 CASE III PVC FROM CL2.CACOL.CI (US\$1,000)

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | INTEREST RETURN ON DEBT | | | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|-------------------------|-------|--------|-----------------|----------------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|---------|
| | | | DEPRECIATION | (-) | (DEBT) | | TAX | INVEST. | | | | RETURN | INVEST. |
| 1964 | 11122. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 11122. | 0. | 0. | 1.0000 | 11122. | 0. | |
| 1965 | 22244. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9199 | 20477. | 0. | 0. | 0.9250 | 21001. | 0. | |
| 1966 | 11122. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.8499 | 9599. | 0. | 0. | 0.4556 | 9713. | 0. | |
| 1967 | 0. | -2056. | 4375. | 3535. | 5055. | 0.7775 | 222. | 3930. | 0. | 5055. | 0.7915 | 256. | 4001. |
| 1968 | 0. | -2056. | 4375. | 3535. | 4371. | 0.7149 | 0. | 4555. | 0. | 4371. | 0.7321 | 0. | 4664. |
| 1969 | 0. | -2056. | 4375. | 3535. | 3677. | 0.6514 | 0. | 5047. | 0. | 3677. | 0.6772 | 0. | 5199. |
| 1970 | 0. | -2056. | 4375. | 3093. | 2715. | 0.5889 | 0. | 5667. | 0. | 2715. | 0.6265 | 0. | 5033. |
| 1971 | 0. | -2056. | 4375. | 2651. | 2224. | 0.5259 | 0. | 6310. | 0. | 2224. | 0.5794 | 0. | 4493. |
| 1972 | 0. | -2056. | 4375. | 2209. | 1732. | 0.4611 | 0. | 7003. | 0. | 1732. | 0.5360 | 0. | 4176. |
| 1973 | 0. | -2056. | 4375. | 1767. | 1240. | 0.3974 | 0. | 7750. | 0. | 1240. | 0.4958 | 0. | 3882. |
| 1974 | 0. | -2056. | 4375. | 1324. | 748. | 0.3322 | 0. | 8541. | 1041. | 680. | 0.4546 | 0. | 3131. |
| 1975 | 0. | -2056. | 4375. | 882. | 257. | 0.2674 | 0. | 9374. | 1324. | 4503. | 0.4242 | 0. | 2793. |
| 1976 | -4012. | 3124. | 4375. | 442. | 734. | 0.2025 | -2562. | 2104. | 1284. | 6101. | 0.3924 | -2657. | 2282. |
| TOTAL | 39707. | | | | 74912. | | 29612. | 29612. | | 69446. | | 29476. | 39476. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 6.72 PER CENT (BEFORE TAX) 6.11 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 7.45 YEAR (BEFORE TAX) 7.05 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEG. OF OPERATION)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|--------|----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAY-UP SHARE CAPITAL | 15150. |
| PROCESS PLANT | 22244. | LONG TERM DEBT | 35350. |
| CIVIL BUILDING | 1000. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| UNCONSTRUCTED FACILITIES | 43000. | FINANCIAL RESOURCES | 50500. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 2500. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 6700. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 56176. | | |
| | 220. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 104. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 29200. | | |

*** PARAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 CASE C) INVESTMENT FOR DEBT

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | INTEREST RETURN ON DEBT | | | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|-------------------------|-------|--------|-----------------|----------------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|---------|
| | | | DEPRECIATION | (-) | (DEBT) | | TAX | INVEST. | | | | RETURN | INVEST. |
| 1963 | 10217. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 10217. | 0. | 0. | 1.0000 | 10217. | 0. | |
| 1964 | 20434. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9017 | 18425. | 0. | 0. | 0.9135 | 16665. | 0. | |
| 1965 | 10217. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.8131 | 8307. | 0. | 0. | 0.6344 | 6525. | 0. | |
| 1966 | 2043. | -1119. | 3930. | 3101. | 5200. | 0.7332 | 200. | 3813. | 0. | 5200. | 0.7622 | 211. | 3964. |
| 1967 | 0. | -1119. | 3930. | 3101. | 6004. | 0.6611 | 0. | 4366. | 0. | 6004. | 0.6922 | 0. | 4591. |
| 1968 | 0. | -1119. | 3930. | 3101. | 7072. | 0.5961 | 0. | 4693. | 0. | 7072. | 0.6360 | 0. | 5082. |
| 1969 | 0. | -1119. | 3930. | 2703. | 7900. | 0.5375 | 0. | 4250. | 0. | 7900. | 0.5810 | 0. | 4593. |
| 1970 | 0. | -1119. | 3930. | 2386. | 8441. | 0.4847 | 0. | 3849. | 501. | 7300. | 0.5307 | 0. | 3516. |
| 1971 | 0. | -2049. | 3930. | 1980. | 7975. | 0.4371 | 0. | 3406. | 1025. | 4951. | 0.4846 | 0. | 3369. |
| 1972 | 0. | -2049. | 3930. | 1570. | 6910. | 0.3941 | 0. | 3157. | 1241. | 4704. | 0.4420 | 0. | 2957. |
| 1973 | 0. | -2049. | 3930. | 1193. | 6044. | 0.3554 | 0. | 2854. | 1427. | 4300. | 0.4045 | 0. | 2665. |
| 1974 | 0. | -2049. | 3930. | 795. | 5079. | 0.3205 | 0. | 2564. | 1673. | 3406. | 0.3695 | 0. | 2307. |
| 1975 | -4042. | 3776. | 3930. | 350. | 4114. | 0.2890 | -1752. | 2344. | 1889. | 3225. | 0.3375 | -2046. | 2101. |
| TOTAL | 35002. | | | | 75745. | | 35405. | 35405. | | 47900. | | 35517. | 35517. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 10.50 PER CENT (BEFORE TAX) 9.67 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 6.24 YEAR (BEFORE TAX) 6.52 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEG. OF OPERATION)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|--------|----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAY-UP SHARE CAPITAL | 15032. |
| PROCESS PLANT | 22244. | LONG TERM DEBT | 31034. |
| CIVIL BUILDING | 1000. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| UNCONSTRUCTED FACILITIES | 40767. | FINANCIAL RESOURCES | 45531. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 2160. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 4291. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 45158. | | |
| | 169. | | |
| | 94. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 283. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 45441. | | |

*** PARAGUAY ELECTRIC COMPANY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 (BASED ON SALES PRICE 104 UP) PERCENTAGE ON TOTAL INVESTMENT

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON DEBT | RETURN ON DEBT | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|------------------|----------------|-----------------|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1963 | 11352. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 11352. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 11352. | 0. |
| 1964 | 22704. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.8800 | 20163. | 0. | 0. | 0. | 0.9047 | 20540. | 0. |
| 1965 | 11352. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.7600 | 8554. | 0. | 0. | 0. | 0.8184 | 8291. | 0. |
| 1966 | 324. | -1472. | 4375. | 3235. | 6000. | 0.7000 | 227. | 4531. | 0. | 6468. | 0.7434 | 246. | 4789. |
| 1967 | 0. | 270. | 4375. | 3235. | 0150. | 0.6221 | 0. | 3070. | 0. | 4150. | 0.6699 | 0. | 3455. |
| 1968 | 0. | 1710. | 4375. | 3235. | 5027. | 0.5525 | 0. | 5318. | 0. | 5627. | 0.6000 | 0. | 5634. |
| 1969 | 0. | 2157. | 4375. | 3093. | 5605. | 0.4900 | 0. | 4742. | 1094. | 8507. | 0.5402 | 0. | 5697. |
| 1970 | 0. | 2677. | 4375. | 2851. | 4704. | 0.4357 | 0. | 4228. | 1332. | 8305. | 0.4900 | 0. | 7145. |
| 1971 | 0. | 3157. | 4375. | 2609. | 5742. | 0.3870 | 0. | 3710. | 1977. | 8103. | 0.4407 | 0. | 3603. |
| 1972 | 0. | 3637. | 4375. | 1747. | 4700. | 0.3437 | 0. | 3361. | 1819. | 7902. | 0.4009 | 0. | 3232. |
| 1973 | 0. | 4118. | 4375. | 1226. | 5819. | 0.3022 | 0. | 2957. | 2059. | 7700. | 0.3622 | 0. | 2590. |
| 1974 | 0. | 4598. | 4375. | 604. | 4357. | 0.2711 | 0. | 2672. | 2259. | 7500. | 0.3262 | 0. | 2511. |
| 1975 | -6745. | 5078. | 4375. | 442. | 5090. | 0.2407 | -1024. | 2302. | 2537. | 7350. | 0.2906 | -2027. | 2211. |
| TOTAL | 30907. | | | | 92700. | | 39072. | 39072. | | 79477. | | 39495. | 39495. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 12.60 PER CENT (BEFORE TAX) 10.54 PER CENT (AFTER TAX)
 ***** PAY-OUT PERIOD ***** 5.71 YEAR (BEFORE TAX) 6.15 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEGINNING OF OPERATION)

| CAPITAL REQUIREMENTS | | SOURCE OF FUNDS | |
|------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAID-UP SHARE CAPITAL | 10190. |
| PROCESS PLANT | 35540. | LONG TERM DEBT | 33300. |
| CIVIL AND BUILDING | 7000. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| UNSTRUCTURED FACILITIES | 43000. | FINANCIAL RESOURCES | 30000. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 2400. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 4760. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 50176. | | |
| | 214. | | |
| | 54. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 300. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 50480. | | |

*** PARAGUAY ELECTRIC COMPANY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 (BASED ON RAW MATERIAL 104 DOWN)

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON DEBT | RETURN ON DEBT | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|------------------|----------------|-----------------|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1963 | 11352. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 11352. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 11352. | 0. |
| 1964 | 22704. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9109 | 20662. | 0. | 0. | 0. | 0.9191 | 20007. | 0. |
| 1965 | 11352. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.8258 | 9420. | 0. | 0. | 0. | 0.8447 | 8904. | 0. |
| 1966 | 300. | -2450. | 4375. | 3235. | 5413. | 0.7559 | 233. | 4092. | 0. | 6475. | 0.7764 | 506. | 4203. |
| 1967 | 0. | -1062. | 4375. | 3235. | 6857. | 0.6886 | 0. | 4715. | 0. | 6475. | 0.7132 | 0. | 4800. |
| 1968 | 0. | 259. | 4375. | 3574. | 8169. | 0.6273 | 0. | 5125. | 0. | 8169. | 0.6550 | 0. | 5357. |
| 1969 | 0. | 735. | 4375. | 3042. | 8207. | 0.5714 | 0. | 4090. | 0. | 8207. | 0.6020 | 0. | 4767. |
| 1970 | 0. | 1223. | 4375. | 2800. | 8245. | 0.5205 | 0. | 4292. | 0. | 8245. | 0.5540 | 0. | 4568. |
| 1971 | 0. | 1700. | 4375. | 1747. | 8372. | 0.4742 | 0. | 3522. | 180. | 8104. | 0.5092 | 0. | 4200. |
| 1972 | 0. | 2180. | 4375. | 1226. | 8361. | 0.4319 | 0. | 3599. | 1390. | 7232. | 0.4640 | 0. | 3844. |
| 1973 | 0. | 2660. | 4375. | 604. | 8339. | 0.3935 | 0. | 3290. | 1330. | 7031. | 0.4291 | 0. | 3700. |
| 1974 | 0. | 3140. | 4375. | 0. | 8339. | 0.3564 | 0. | 3010. | 1370. | 6829. | 0.3953 | 0. | 2700. |
| 1975 | -6729. | 3620. | 4375. | 442. | 8330. | 0.3265 | -2197. | 2700. | 1810. | 6627. | 0.3633 | -2445. | 2400. |
| TOTAL | 30907. | | | | 78000. | | 39490. | 39490. | | 72700. | | 39602. | 39602. |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 9.70 PER CENT (BEFORE TAX) 8.00 PER CENT (AFTER TAX)
 ***** PAY-OUT PERIOD ***** 6.64 YEAR (BEFORE TAX) 6.76 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEGINNING OF OPERATION)

| CAPITAL REQUIREMENTS | | SOURCE OF FUNDS | |
|------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAID-UP SHARE CAPITAL | 10190. |
| PROCESS PLANT | 35940. | LONG TERM DEBT | 33350. |
| CIVIL AND BUILDING | 7000. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| UNSTRUCTURED FACILITIES | 43000. | FINANCIAL RESOURCES | 30000. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 2400. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 4760. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 50176. | | |
| | 214. | | |
| | 54. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 300. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 50480. | | |

*** PARAGUAY ELECTRIC & INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 CASE V. CHURINE CAUSTIC COMPLEX (US\$1,000)

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT DEFERRE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | LESS: INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|--------------------|--------------|------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1983 | 7125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0000 | 7125 | 0 | 0 | 1.0000 | 7125 | 0 | |
| 1984 | 14249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.9002 | 12825 | 0 | 0 | 0.9002 | 11522 | 0 | |
| 1985 | 7125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7925 | 5646 | 0 | 0 | 0.7925 | 4440 | 0 | |
| 1986 | 0 | -109 | 2745 | 2212 | 4155 | 0.7055 | 2922 | 0 | 4155 | 0.7055 | 2922 | 3126 | |
| 1987 | 0 | 61 | 2745 | 2212 | 5030 | 0.6200 | 3126 | 0 | 5030 | 0.6200 | 3126 | 3126 | |
| 1988 | 0 | 92 | 2745 | 2212 | 5009 | 0.5391 | 2692 | 0 | 5009 | 0.5391 | 2692 | 3555 | |
| 1989 | 0 | 123 | 2745 | 1935 | 5713 | 0.4677 | 2643 | 0 | 5713 | 0.4677 | 2643 | 2529 | |
| 1990 | 0 | 154 | 2745 | 1659 | 5938 | 0.4030 | 2331 | 767 | 5171 | 0.5010 | 2541 | 2541 | |
| 1991 | 0 | 185 | 2745 | 1382 | 5922 | 0.3444 | 2022 | 918 | 5045 | 0.4549 | 2270 | 2270 | |
| 1992 | 0 | 216 | 2745 | 1106 | 5907 | 0.2911 | 1702 | 1068 | 4839 | 0.4113 | 2023 | 2023 | |
| 1993 | 0 | 247 | 2745 | 829 | 6012 | 0.2425 | 1479 | 1219 | 4791 | 0.3726 | 1760 | 1760 | |
| 1994 | 0 | 278 | 2745 | 553 | 6036 | 0.2000 | 1249 | 1369 | 4667 | 0.3376 | 1575 | 1575 | |
| 1995 | -4147 | 309 | 2745 | 276 | 6061 | 0.1627 | 1027 | 1520 | 4542 | 0.3038 | 1406 | 1406 | |
| TOTAL | 24749 | | | | 5011 | | 24502 | 24502 | 4954 | | 24502 | 24502 | |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 10.12 PER CENT (BEFORE TAX) 9.03 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 6.20 YEAR (BEFORE TAX) 6.20 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEG. OF OPERATION)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|-------|----------------------|-------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0 | PAY-UP SHARE CAPITAL | 10534 |
| PROCESS PLANT | 25049 | LONG TERM DEBT | 24579 |
| CIVIL BUILDING | 4012 | SHORT TERM DEBT | 0 |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 30465 | FINANCIAL RESOURCES | 35113 |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 1200 | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 2225 | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 34996 | | |
| | 107 | | |
| | 17 | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 123 | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 35119 | | |

*** PARAGUAY ELECTRIC & INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 CASE VI INVESTMENT FOR DCLN

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT DEFERRE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | LESS: INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|--------------------|--------------|------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------|------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1983 | 7125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.0000 | 7125 | 0 | 0 | 1.0000 | 7125 | 0 | |
| 1984 | 14249 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8902 | 12685 | 0 | 0 | 0.8902 | 11522 | 0 | |
| 1985 | 7125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.7925 | 5646 | 0 | 0 | 0.7925 | 4440 | 0 | |
| 1986 | 109 | -109 | 2745 | 2212 | 4155 | 0.7055 | 2922 | 0 | 4155 | 0.7055 | 2922 | 3126 | |
| 1987 | 0 | 61 | 2745 | 2212 | 5030 | 0.6200 | 3126 | 0 | 5030 | 0.6200 | 3126 | 3126 | |
| 1988 | 0 | 92 | 2745 | 2212 | 5009 | 0.5391 | 2692 | 0 | 5009 | 0.5391 | 2692 | 3555 | |
| 1989 | 0 | 123 | 2745 | 1935 | 5713 | 0.4677 | 2643 | 0 | 5713 | 0.4677 | 2643 | 2529 | |
| 1990 | 0 | 154 | 2745 | 1659 | 5938 | 0.4030 | 2331 | 767 | 5171 | 0.5010 | 2541 | 2541 | |
| 1991 | 0 | 185 | 2745 | 1382 | 5922 | 0.3444 | 2022 | 918 | 5045 | 0.4549 | 2270 | 2270 | |
| 1992 | 0 | 216 | 2745 | 1106 | 5907 | 0.2911 | 1702 | 1068 | 4839 | 0.4113 | 2023 | 2023 | |
| 1993 | 0 | 247 | 2745 | 829 | 6012 | 0.2425 | 1479 | 1219 | 4791 | 0.3726 | 1760 | 1760 | |
| 1994 | 0 | 278 | 2745 | 553 | 6036 | 0.2000 | 1249 | 1369 | 4667 | 0.3376 | 1575 | 1575 | |
| 1995 | -4147 | 309 | 2745 | 276 | 6061 | 0.1627 | 1027 | 1520 | 4542 | 0.3038 | 1406 | 1406 | |
| TOTAL | 24496 | | | | 5011 | | 24502 | 24502 | 4954 | | 24502 | 24502 | |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 10.03 PER CENT (BEFORE TAX) 10.00 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 6.20 YEAR (BEFORE TAX) 6.20 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE BEG. OF OPERATION)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|-------|----------------------|-------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0 | PAY-UP SHARE CAPITAL | 5479 |
| PROCESS PLANT | 25084 | LONG TERM DEBT | 22117 |
| CIVIL AND BUILDING | 4334 | SHORT TERM DEBT | 0 |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 2740 | FINANCIAL RESOURCES | 31564 |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 1000 | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 2462 | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 31491 | | |
| | 90 | | |
| | 15 | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 105 | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 31596 | | |

*** PANAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 (CASE E) SALES FILE 101 UP

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-1 DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1963 | 7916. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 7916. | 0. | 0. | 1.0000 | 7916. | 0. | |
| 1964 | 15832. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9052 | 14235. | 0. | 0. | 0.9020 | 14281. | 0. | |
| 1965 | 7916. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.7832 | 6203. | 0. | 0. | 0.8136 | 4441. | 0. | |
| 1966 | 121. | -457. | 3050. | 2458. | 4051. | 0.6997 | 86. | 3505. | 0. | 0.7339 | 51. | 3505. | |
| 1967 | 0. | 368. | 3050. | 2458. | 5816. | 0.6140 | 0. | 3571. | 0. | 0.6620 | 0. | 3650. | |
| 1968 | 0. | 1267. | 3050. | 2458. | 6775. | 0.5435 | 0. | 3682. | 0. | 0.5571 | 0. | 4045. | |
| 1969 | 0. | 1602. | 3050. | 2458. | 8002. | 0.4812 | 0. | 3273. | 0. | 0.5336 | 0. | 3232. | |
| 1970 | 0. | 1916. | 3050. | 1843. | 8429. | 0.4255 | 0. | 2909. | 464. | 0.4858 | 0. | 2647. | |
| 1971 | 0. | 2271. | 3050. | 1241. | 8857. | 0.3770 | 0. | 2585. | 1135. | 0.4382 | 0. | 2507. | |
| 1972 | 0. | 2665. | 3050. | 1229. | 8854. | 0.3338 | 0. | 2258. | 1303. | 0.3959 | 0. | 2206. | |
| 1973 | 0. | 2940. | 3050. | 422. | 8711. | 0.2954 | 0. | 2042. | 1470. | 0.3505 | 0. | 1940. | |
| 1974 | 0. | 3274. | 3050. | 14. | 8437. | 0.2615 | 0. | 1815. | 1637. | 0.3216 | 0. | 1705. | |
| 1975 | -4615. | 3605. | 3050. | 367. | 8066. | 0.2315 | -1008. | 1613. | 1804. | 0.2501 | -1335. | 1457. | |
| TOTAL | 27174. | | | | 65024. | | 27152. | 27152. | 56511. | | 27340. | 27340. | |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 12.57 PER CENT (BEFORE TAX) 10.00 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 5.56 YEAR (BEFORE TAX) 6.02 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE B.C. OF OPERATION)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAID-UP SHARE CAPITAL | 10334. |
| PROCESS PLANT | 25649. | LONG TERM DEBT | 24579. |
| CIVIL AND BUILDING | 4816. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 30465. | FINANCIAL RESOURCES | 30113. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 1200. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 3325. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 34950. | | |
| | 102. | | |
| | 17. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 123. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 35113. | | |

*** PANAGUAY ELECTRICITY INTENSIVE CHEMICAL INDUSTRY ***
 IRR CALCULATION ON TOTAL INVESTMENT
 (CASE D) RAW MATERIAL 10% DGM

| YEAR | TOTAL INVESTMENT | PROFIT BEFORE TAX | DEPRECIATION | INTEREST ON L-1 DEBT | RETURN BEFORE TAX | DISCOUNT FACTOR | (BEFORE TAX) PRESENT VALUE | | (LESS) INCOME TAX | RETURN AFTER TAX | DISCOUNT FACTOR | (AFTER TAX) PRESENT VALUE | |
|-------|------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------------|--------|
| | | | | | | | INVEST. | RETURN | | | | INVEST. | RETURN |
| 1963 | 7916. | 0. | 0. | 0. | 0. | 1.0000 | 7916. | 0. | 0. | 1.0000 | 7916. | 0. | |
| 1964 | 15832. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.9062 | 14348. | 0. | 0. | 0.9161 | 14534. | 0. | |
| 1965 | 7916. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0.8212 | 6501. | 0. | 0. | 0.8392 | 4443. | 0. | |
| 1966 | 121. | -1358. | 3050. | 2458. | 4149. | 0.7447 | 90. | 3080. | 0. | 0.7687 | 53. | 3150. | |
| 1967 | 0. | -572. | 3050. | 2458. | 4771. | 0.6744 | 0. | 3352. | 0. | 0.7042 | 0. | 3500. | |
| 1968 | 0. | 322. | 3050. | 2458. | 5829. | 0.6112 | 0. | 3563. | 0. | 0.6451 | 0. | 3760. | |
| 1969 | 0. | 650. | 3050. | 2151. | 5857. | 0.5536 | 0. | 3244. | 0. | 0.5909 | 0. | 3461. | |
| 1970 | 0. | 951. | 3050. | 1843. | 5854. | 0.5015 | 0. | 2953. | 37. | 0.5413 | 0. | 3165. | |
| 1971 | 0. | 1325. | 3050. | 1241. | 5711. | 0.4548 | 0. | 2689. | 663. | 0.4955 | 0. | 2808. | |
| 1972 | 0. | 1660. | 3050. | 1229. | 5939. | 0.4122 | 0. | 2448. | 830. | 0.4542 | 0. | 2321. | |
| 1973 | 0. | 1954. | 3050. | 422. | 5466. | 0.3735 | 0. | 2220. | 957. | 0.4161 | 0. | 2003. | |
| 1974 | 0. | 2325. | 3050. | 14. | 5193. | 0.3385 | 0. | 2022. | 1124. | 0.3812 | 0. | 1841. | |
| 1975 | -4612. | 2563. | 3050. | 367. | 4820. | 0.3067 | -1415. | 1847. | 1332. | 0.3492 | -1110. | 1657. | |
| TOTAL | 27174. | | | | 51520. | | 27440. | 27440. | 51493. | | 27545. | 27545. | |

***** INTERNAL RATE OF RETURN ***** 10.35 PER CENT (BEFORE TAX) 9.16 PER CENT (AFTER TAX)

***** PAY-OUT PERIOD ***** 6.42 YEAR (BEFORE TAX) 6.63 YEAR (AFTER TAX)
 (THE YEAR WHEN THE TOTAL CAPITAL COST WILL BE PAID OUT BY ACCUMULATED TOTAL RETURN, FROM THE B.C. OF OPERATION)

CAPITAL REQUIREMENTS

SOURCE OF FUNDS

| | | | |
|------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| LAND AND SITE IMPROVEMENT | 0. | PAID-UP SHARE CAPITAL | 10334. |
| PROCESS PLANT | 25649. | LONG TERM DEBT | 24577. |
| CIVIL AND BUILDING | 4816. | SHORT TERM DEBT | 0. |
| CONSTRUCTED FACILITIES | 30465. | FINANCIAL RESOURCES | 30113. |
| PRE-INVEST AND START-UP EXP | 1200. | | |
| INTEREST DURING CONSTRUCTION | 3325. | | |
| TOTAL FIXED CAPITAL | 34950. | | |
| | 102. | | |
| | 15. | | |
| INITIAL WORKING CAPITAL | 121. | | |
| TOTAL CAPITAL COST | 35113. | | |

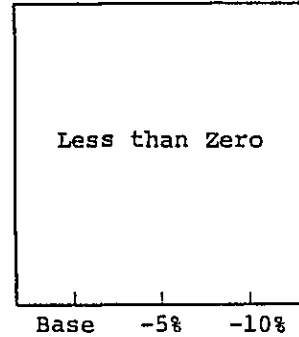
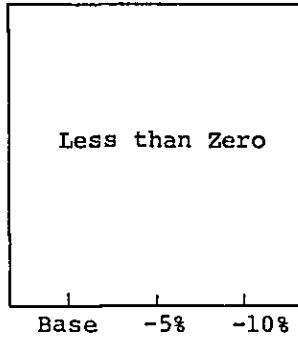
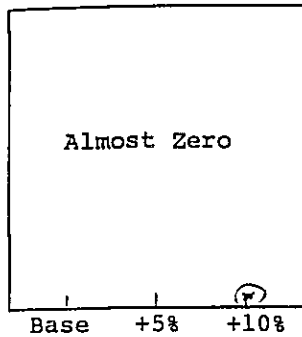
Internal Rate of Return of the Projects

Sales Price

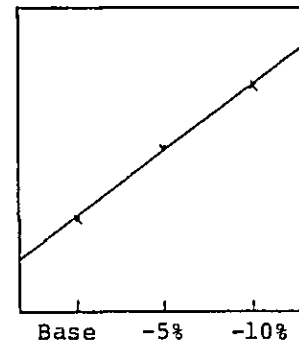
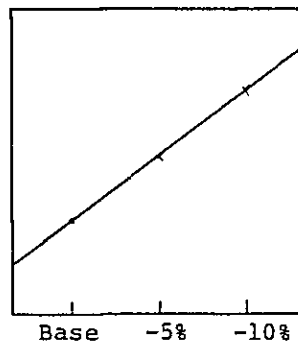
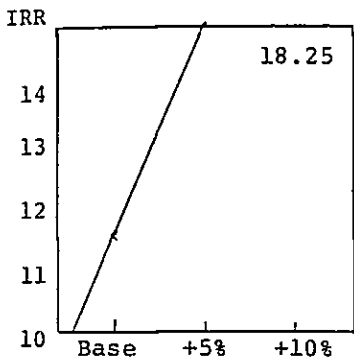
Investment

Raw Material

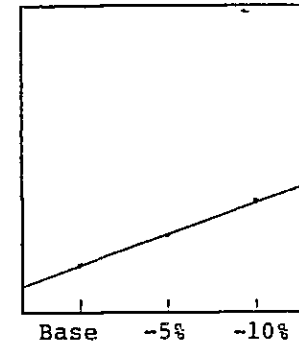
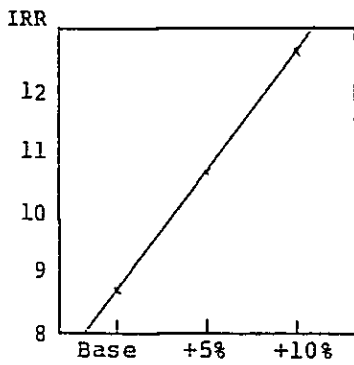
Fertilizer Complex - Electricity 4,348,000US\$/Y



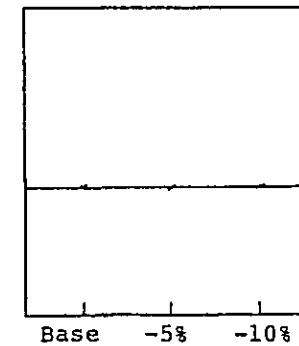
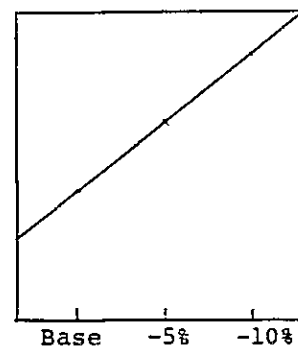
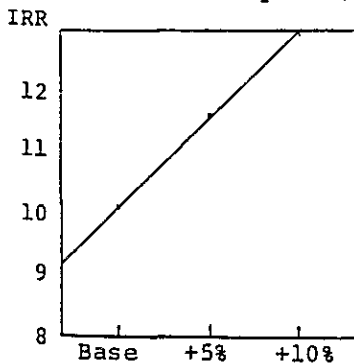
Fused Phosphate Fertilizer - Electricity 1,166,000US\$/Y



Poly Vinyl Chloride Complex - Electricity 834,000US\$/Y



Electrolysis (Chlorine-Caustic Soda) Complex - Electricity 410,000US\$/Y



3-5-6 選択された電力消費型プロセスのAlternative プロセスについて

今回検討対象として取り上げられたプロジェクトの中で、元素磷と苛性ソーダ・塩素については、現在世界で行なわれているプロセスと同一プロセスである。その価格競争力はそれぞれ、電力コストを始め、磷鉱石、Rock Salt, Coke等の副原料価格、消費地への輸送コストと、生産規模のメリットが得られるかにあり、プロジェクトのフィージビリティの決定もこの点の確認にある。

一方、窒素肥料としてのアンモニア、磷酸肥料としてのDAP、合成樹脂としてのPVCは、現在の世界のほとんどの国では別の製造プロセスによっており、今回提案されたプロセスとの価格競争力比較については、異なった要素の分析が必要となる。ここでは、一般的な比較を行なうこととする。

3-5-6-1 Ammoniaの製造

現在考えられているParaguayの生産設備は、市場との距離の関係から比較的小規模となっており、そのため世界の一般的な工場と同様なScale Meritを受けることができず、これがコストアップの原因となっているが、もし輸出の可能性を含めて量産を行なうとしても、なお電力コストと天然ガスコスト(競合プロセスのコスト要素)の競合がある。

今、世界中の市場を支配しているAmmoniaの原料は天然ガスである。この天然ガスを原料として、Ammoniaの経済スケールでの工場でのコスト分析を行なうと、次の様であるといえる。

| | | |
|---|-----------------------------------|------------|
| 生産コスト | 260 \$/ton (Ammonia Metric Ton) | |
| Capital Cost (金利, 償却, etc.) | | 100 \$/ton |
| Man Power Cost (incl Overhead)・Others | | 40 \$/ton |
| Feed Stock (天然ガス) | $30 \text{ MMBTU} \times 4 =$ | 120 \$/ton |

このコストの中で、上の二つの要素はほとんど世界共通で、また、工業先進地のガスコストも $4 \sim 5 \text{ \$/MMBTU}$ である。これに対して、Feed Stockを経済的に入手可能な(例えばFeed Stock $1.0 \text{ \$/MMBTU}$)工場、産油国で天然ガスSurplusのある所、などは、非常に強い競争力を持つことになる。

これに対して、水電解によるAmmoniaは、電力消費量がトン当たり約12,000 KWHとなる。従って、十分に大きな規模の工場にして、Capital CostとMan Power Costを他のプロセスと同一水準に成し得たとしても、この $30 \text{ \$/ton}$ のFeed Stock^{*} Costと電力コストがequivalentとなるためには、 $(\text{MMBTU } 1.0 \text{ \$}) 30.00 \text{ \$} \div 12,000 = 0.25 \text{ \$}$ で電力が入手できねばならないことになる。従って、現在の産ガス国の天然ガス価格がLNG輸出という手段により $1.0 \text{ \$/MMBTU}$ ではなく、 $4.0 \text{ \$/MMBTU}$ となる時でない、電力コスト $1.0 \text{ \$/KWH}$ でも競争不能となる。但し、この議論は、製品の輸送コストがはいっ

ていない。Paraguay 及び周辺地域で消費するアンモニアについては、国際市場からの輸送コストを考えれば此の Cost 差は埋り 1.0 円で競争可能となる。天然ガス価格の上昇傾向、燐酸の製品化の必要性を含めて、Ammonia・Phosphorous・DAP Complex として考えた場合には電解水によるアンモニアの経済性が出て来る。

特に、Paraguay のように外洋に面していない国では、肥料などの輸入に関しては、輸入品の積替、倉庫での保管等にコストがかかり、farmers' gate price が非常に高くなる可能性があるので、このような国で、天然ガスの入手不可能な場合には、水電解または石炭からの Ammonia の生産が成立すると考えられている。

従って、Paraguay で水電解による Ammonia 生産を行なう場合には、電力の Opportunity Price (代替利用価値) の検討と Bolivia-Argentine からの天然ガスの入手の可能性とその価格の検討、及び Paraguay 周辺地域での天然ガスからの Ammonia (窒素肥料) 計画について検討が必要である。

3-5-6-2 燐酸肥料の製造

燐鉱石から燐酸肥料を製造する方法としては、最も広く行なわれているのが、硫酸により燐鉱石を分解して燐酸を製造し、Ammonia と反応させる方法である。この場合は、硫酸のコストが重要である。また、硝酸により燐鉱石を分解して燐酸を製造し Ammonia と反応させる方法があり、この場合は副成する硝安カルシウム (CAN) の市場と硝酸原料の Ammonia の経済的な入手が問題となる。

一方、燐鉱石を電気炉により還元し燐を製造するプロセスは、燐鉱石が内陸部で産出し (輸出には、そのままでは輸送費がかかりすぎる)、電力が経済的に入手可能な場合に、燐、もしくは燐酸として利用する方法として適切であるとされている。

現在、世界の燐酸肥料マーケットは U S A, Morocco, Tunisia, Jordan 等からの輸出品で支配されているといっても過言ではない。Paraguay では、これらの国際マーケットからの輸入と輸送のコストが相加わるために、Farmers' gate price が高くなっており、そのため消費が押えられている可能性が高いと考えられる。従って、燐鉱石が国際価格 60 ~ 70 \$/ton で入手可能であれば、電力コスト 1 円/KWH として充分経済性のある燐酸肥料プロジェクトが成立する。一方、硫酸分解の燐酸プロジェクトは、硫化鉱を原料とする Cu, Zn, Smelter プロジェクトと Combine され、副産硫酸を低い価格で評価される場合に、かなり低価格で燐酸製造が可能となるので、このようなプロジェクトの近隣諸国での実現の可能性について充分調査することが必要と考えられる。

D A P Cost の比較

| | 現在, 世界の標準的コスト | Paraguayのコスト(推定) |
|----------------|---------------|------------------|
| Capital | 46.1 | 132 (Assume) |
| Phosphate Rock | 80.0 | 80 |
| Sulphur | 54.0 | — |
| Ammonia | 28.0 | 60 (exclude KWH) |
| Electricity | 2.0 | 58 |
| Others | 35 | 10 |
| | 238. | 341 |

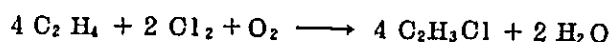
Unit: \$/ton

国際価格に比し Cost が高いのは今回の計画は Plant Scale が小さい事から固定費部分が多い事、電力は(アンモニア・燐を含めて)硫酸製造の硫黄に 1 ㄶ/KWH でほぼ等しい事を意味している。将来、Scale up により固定費が下れば国際市場価格に Freight を加えた価格より充分低く出来ると思う。

3-5-6-3 PVC の製造

Poly Vinyl Chloride は、熱可塑性樹脂の代表として建築材料等に広く利用されている。現在ほとんどの国ではナフサ又は天然ガス中のエタンの分解によるエチレンから生産されている。

すなわち、Oxy-Chlorination プロセス(下式の反応)により、Ethylene と Chlorine から VCM が製造され、さらに重合により PVC が得られる。



この製造プロセスでは、Ethylene のコストが総コストの 25% を占め、Ethylene をいかに安く入手するかが問題である。Ethylene 製造原料のナフサ・エタン価格は今後も上昇傾向にあり、Paraguay で経済的な価格の電力と Coke の入手が確保できるならば、少なくとも輸入品と同一水準での製造が可能と考えられる。但し現状では、Paraguay 国内及び周辺地域の消費量は経済的な規模の工場建設を可能にするほど多くない。従って、建設資金に低金利資金を導入する等の施策がプロジェクトの Viability を高めるために必要となる。

Ammonia の生産計画と同様に、Bolivia, Argention の天然ガスからのエタンが低価格で大量に利用できる場合は、Paraguay の電力を利用して製造する塩素とエタン分解によるエチレンを利用するプロジェクトとの比較検討が必要ということになる。

世界でのエチレンからの PVC のコストは、次の様に推定されている。(1979年)

| | U.S.A | 日 | 本 | 西 | 独 |
|--------------------------|-----------------|--------------------------|---|-------|---|
| Variable Cost | (US \$/ton PVC) | | | | |
| Ethylene | 248.6 | 354.4 | | 344.0 | |
| Chlorine | 100.8 | 127.9 | | 98.3 | |
| Cat. Chem | 24.2 | 24.2 | | 24.2 | |
| Sub-total | 373.6 | 506.2 | | 466.2 | |
| Utility | | | | | |
| Electricity (3 ¢/ton) | 22.4 | (assume same as U.S.A) | | | |
| Fuel Steam CW | 23.9 | | | | |
| Sub-total | 46.3 | | | | |
| Man Power | 18.8 | (assume same as U.S.A) | | | |
| Capital Cost | 103.7 | | | | |
| Miscellaneous | 76.0 | | | | |
| Sub-total | 198.6 | | | | |
| Sales Expense (5%) | 28.3 | | | | |
| Return (20%) | 129.0 | | | | |
| Total (1980 US \$/ton) | 776.3 | 909.2 | | 869.1 | |

この価格はEx-factory価格で、1981年で考えれば900 S/ton前後でParaguay着では1,100~1,200 S/ton前後となるものと推定される。現在は不況により米国の安値に影響されているが長期的に見ればParaguayの輸入価格として1,300 S/tonが想定される設備資金の負担が減ったあとであれば、Paraguay生産品も輸入品との価格競争力がでてくる。プロジェクトのFinancial Viabilityを高めるには、低金利資金の確保が必要となるであろう。

4 計画されたプロジェクトの問題点

4-1. 工場建設費の詳細見直し

現在考えられている建設費は、通常考えられる補助設備のみを考えており、プロジェクト専用の港湾建設、鉄道の siding、道路、township などのインフラストラクチャーのコストは考慮していない。また、工場用地の整備についても、平坦で地耐力の高い土地が低コストで得られると考えている。これらのインフラストラクチャーに属する Investment については、立地の選定に深くかかわっており、現地の調査が必要であり、プロジェクトの経済性に重要な影響を持つ。

4-2. 原料・副原料の入手価格再検討

磷、磷酸系肥料の生産コストは、磷鉱石の工場着価格が重要な要素であり、また、Carbide 及び磷の製造原料の炭素材価格が影響する。今回の study では輸入価格としているが、Paraguay または Brazil 西南部での Cokes 類の入手の可能性、特に石油 Refinery の製品の軽質化のための Coker 建設の計画などがあれば、炭素源のコストダウンは充分可能と考えられる。

4-3. 磷輸出の問題点

磷は、その製造に多量の電力を消費するので、低価格電力と Paraguay 又は Brazil 西南部で磷鉱石が安価に採掘可能であれば、国際競争力を持ち得る商品の一つである。しかしながら、この製品は空気に触れると発火するという性質もあるので、取扱いや輸送に特別の注意が必要である。従って、近隣諸国の消費先への輸送システムについての技術上、経済上の検討が重要である。

4-4. 工業プロジェクトの要員養成

化学工業プロジェクトが Grass Roots から作り上げられる場合には、各種の技術者・専門家が必要となる。これ等の function を埋めるために、外国から経験者を求めて業務の遂行と Paraguay の要員の訓練を行なうことになると考えられるが、このためのコストは相当額（数 100 万 U S S）を越える可能性もあり、特に小規模のプロジェクトでは収益性を圧迫する要因となりかねない。一方、工場の効果的運転のためには、能力のある技術者を確保することは不可欠である。必要な技術移転を、プロジェクトに過大な経費負担を生ずることなしに必要な技術移転を達成する方策が望まれる。

4-5. Pre-marketjng Activities

工業プロジェクトにおいては、既成消費市場が輸入品もしくは先行企業によって作りあげられ

る場合を除くと、工場の建設終了と同時に販売量が工場の full 生産能力まで上ることは非常に困難である。一方では、生産コストの内固定費は販売量が多くとも少くとも同一であるので、低生産量はコストの up、収益性の低下に直結する。そこで、工場建設と同時に市場の確保のための対策が必要となる。

例えば、肥料の場合は、同種肥料の輸入により Demonstration Farm の set-up 等の手段による市場拡張が必要となる。また、塩化ビニールの場合は、加工工場等の建設、製品販売が望まれる。このような Pre-marketing の activity がプロジェクトのコストによらねばならぬか、または Distributing Agency の責任で進められるのかによって、プロジェクトのコストに反映される必要がある。

4-6. Financial Arrangement for the Project

今回のプロジェクトの経済性は、プロジェクト自体の有する Cash Generating Power を評価する IRR を使用し評価したが、プロジェクトが Private で進められる場合には、Equity に対する Return の評価、プロジェクトライフにおける Cash Balance がより重要な要素となる。この点の詳細な検討のためには、プロジェクトに使用される借入金の条件が最重要な因子であるので、個々のプロジェクトについてさらに検討することが必要である。

4-7. コスト・インフレーション及び製品価格インフレーション

今回の経済評価には、製品の売値についてのインフレーション及び原料のインフレーションは無視した。一般的に、インフレーションは売値にも原料価格にも同様に作用するが、Capital や Debt には反映させないので、IRR は高く出る。しかし、プロジェクトの持つ収益性について考えれば、むしろエスカレーションは無視して比較する方が、正しい評価が可能と思われるので全ての価格を1981年に固定して計算した。しかしながら先に述べたごとく企業の Cash Flow の詳細な検討を行う場合には此のエスカレーションの影響は無視する事は出来ない点に注意が必要である。

5 Detailed Feasibility Study についての Recommendation

5-1. 総 論

前章までにおいて述べたごとく、各プロジェクトの Feasibility を決定する要因として、工場建設のための投資、原料の入手源の確定とその価格、製品の販売可能量とその価格が重要である。そのため、Detailed Feasibility Study においては、これ等の要因について、Paraguay 国内の現状と周辺諸国の現状の調査を行ない、集められたデータ、情報を分析し、プロジェクトの Feasibility を判断する必要がある。

以下に、各プロジェクトについて行なわれるべき詳細 feasibility study 調査内容について概説する。

5-2. 肥料プロジェクトの Feasibility Study

5-2-1 市場調査

現在まで Paraguay の肥料消費水準は低く、経済規模の工場建設を可能にする市場は現存しない。しかしながら、過去に多くの国で、国内での生産開始により安定した。また、経済的な供給が可能となった。またそれと同時に消費が急速に増加し、工場能力の拡張が必要となり、製品コストの低減が可能になり、それにより需要の拡大が可能になるといった結果を見ることも多々ある。このような Potential Market の存在の調査は、以下の様に行なわれる。

- (1) Paraguay の現在及び将来の農作物の種類別、地域別の作付予想
- (2) 各地域の農地の示す、窒素・磷肥料による収穫増加可能量の調査
- (3) 現在及び将来の収穫物の販売価格 (Farmer's Sales Price) の調査
- (4) 国内生産肥料が Farmer の庭先に届けられる価格の推定 (工場出口価格は、市場規模を工場建設費、原料価格の推算に Feed-back して決定する)。
- (5) 地域別、作物別の最適施肥の決定、肥料 input のコストと増収の output の value の比により推定が行なわれる。
- (6) 市場の拡大のために採るべき手段を策定する。

5-2-2 原料調査

肥料生産の原料としては次の様な項目の確認が必要である。窒素肥料は、採り上げた水電解の Alternative プロセスの評価のための、Hydrocarbon の供給可能量とその価格の確認。磷肥料については、主原料の Phosphate Rock, Silica, Cokes 又は Serpentine について、所在、供給源とその価格 (工場着)。Phosphata Rock については、Brazil の San Paulo 州から産出する Rock を利用するケースが主となる。国内資源の探査を同時に行なうことも考え

られるが、時間的な制約を考えれば、燐鉱石輸入（BrazilまたはFlorida, Morocco）でプロジェクトを進め、国内供給は将来のPotentialとして考えるべきと思う。

調査項目

(1) 燐鉱石, 珪石, Serpentine

1) Commercial Productionが行なわれている場合

(Brazil 等 Import)

- a) 供給源の確認とその価格
- b) 供給源別の最適輸送手段の選定とそのコストの試算

2) Commercial Productionが行なわれていない場合

- a) ボーリング等による資源所在の確認
- b) 採掘プロセスと生産コストの推定
- c) 輸送手段の選択とそのコストの推定

この場合の輸送コストと輸送手段の決定は次に述べるPlant Site Selectionと関連させて最適計画を選ぶ必要がある。

(2) Cokes

Brazil, Argentineでは大規模な製鉄が行なわれており、そのためCokesはこのいずれかからの輸入で考えることとなる。但し国内の炭素源の可能性として検討が必要と考えられるのは、Paraguay国内での石油誘導体の需要・供給構造の変化から、残渣油のCokingがJustifyされる可能性が有り、この場合には経済的なCokesの入手が見込める。

5-2-3 Plant Site Selection

化学工業の生産設備のためのInvestmentは、その立地によって相当な差が出てくる。即ち、原料及び製品を積み出すための設備（道路、鉄道、Jettyを含む）が既にあるか否か、Utility（電力、工業用水）の取得のための設備が要るのか否か、工場勤務員の生活のための住宅、病院等の附属設備が必要か否か、により影響を受ける。一方、原料入手、製品の輸送やWaste類の処理などの運転経費も、工場と原料生産地・消費地の位置で影響を受ける。

従って、いくつかのAlternative Siteを選択し、その各々について次の諸点を検討する必要がある。

(1) Soil Conditions

プラントの候補地は、まず、良い地耐力を持ち、基礎（建屋、装置）の建設に、土地改良piling等の余分なコストのかからない場合であることを確認する。予備ボーリングの実施。

(2) 輸送設備の所在

原料、製品の輸送、及び建設資材の搬入等に船、貨車、トラックの利用が必要である。このため、選択されたSiteにJettyとUnloading Facilityを新たに建設する必要があるか、

あるとすればどの様なコストが必要となるかの検討が必要になる。鉄道の側線及び幹線道路からの道路建設が必要な場合は、これらについての Investment の比較検討が必要となる。

(3) Utility の入手についての検討

化学プラントでは、電力及び工業用水の確保が必要となり、そのための設備が Site の location によっては重大なコスト要因となる。従って、送電線の availability, 工業用水の availability とその確保のための設備とそのコストを確認する必要がある。

(4) 環境調査及び Environmental Management Cost

工場の建設場所が交通の便利な市街地の近くに選ばれた場合は、工場の騒音の低下や原料・廃棄物の管理のための対策を十分に考慮し、そのためのコストを考慮する必要がある。このため、工場用地の周辺の状況を調査し、プロジェクトに対する影響を定量的に把握する必要がある。

(5) インフラストラクチャーの調査

工場の候補地を原料生産地（燐鉱石やその他鉱物）に近い所に選べば、原料輸送費が節減できる。しかしながら多くの場合、工場の運営に必要な人々の生活のための Facility が利用できない場合が多い。この様な場合には、住居はもちろんのこと、学校、自動車修理工場、等々の設備を建設することが必要になり、プロジェクトの所要資金の増大、コストアップということになる。また、これらの生活環境が整えられない場合には、質の高い Man Power を確保するためには人件費を相当増やさねばならないことになる。従って、Site の選択については、これらの問題について充分考慮を払う必要がある。

5-2-4 Technical Study (Conceptional Design)

プロジェクトの Feasibility の判定のため、2-1~2-3 の調査によって得られた情報に基づき、生産設備の規模、原料の受入設備、貯蔵設備の決定、生産設備の大略設計、Utility 設備、廃気・廃水・廃棄物の処理設備、工場保守のための修理設備の設計、工場運営のための Laboratory, office 等の設計等々を、所要 Investment, 工場建設期間の推定等に先立って行なわなければならない。また、これらの設計によって最終的に必要な原料、副原料、Utility と Man Power が決定され、製造コストの推定に必要なデータが確認される。

5-2-5 Financial and Economic Viability Study

2-1~2-4 までの調査の結果は、全て最終的には Monetary Term に換算され、同時に Paraguay における税制、金融制度、出資側の条件、原料購入、製品販売の資金需要を検討し、プロジェクトの財務的な分析を行なう。その内容については、報告書の Appendix IV と同様であるが、基礎になるインプットデータが最終的で精度の高いものとなり、結果の信頼性が充分確保できることになる。