

ザンビア共和国  
磷酸肥料工場建設  
計画調査報告書  
(要約)

1987年9月

国際協力事業団

工計鉦

J R

87-128





JICA LIBRARY



1040348[3]

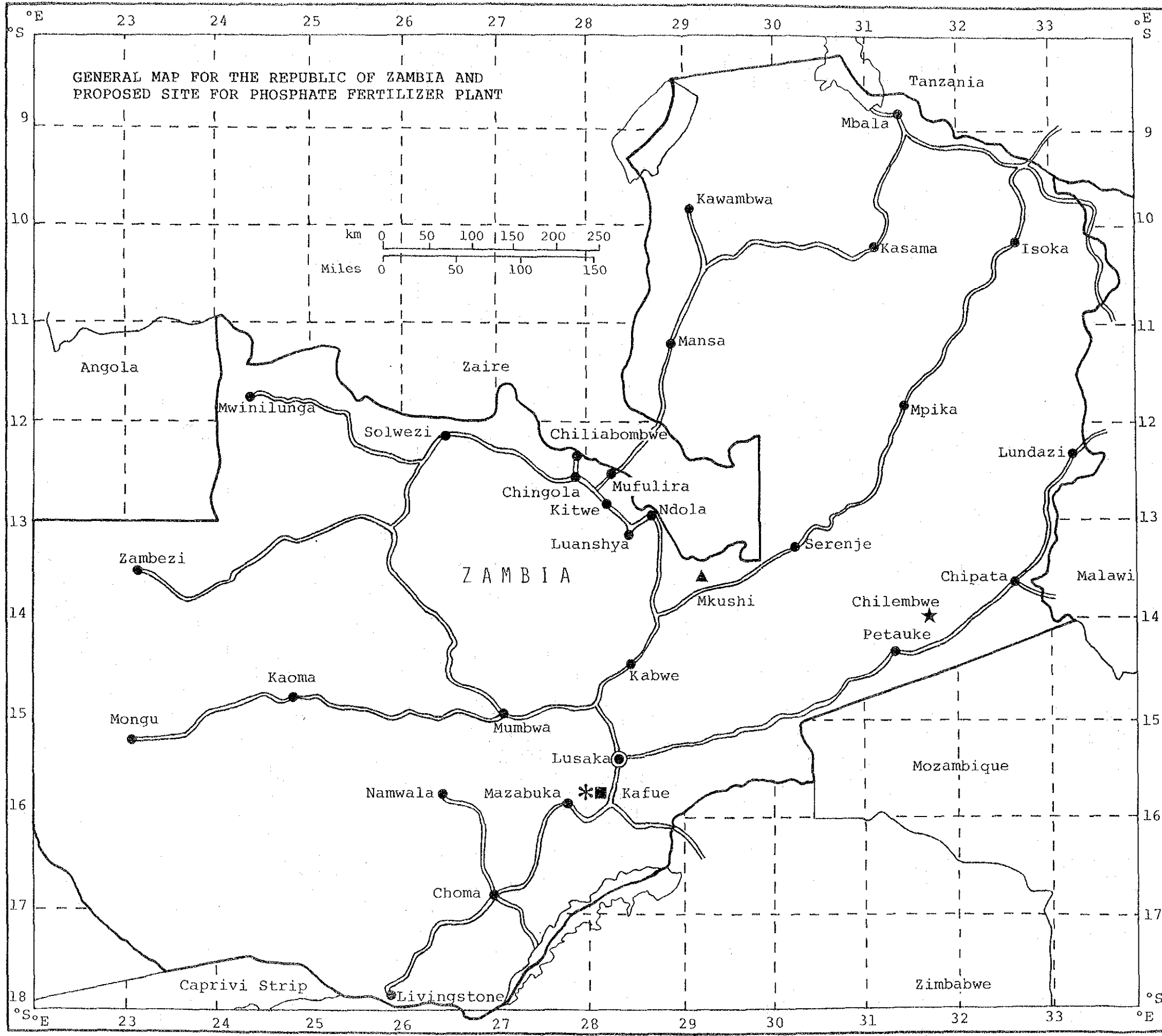


ザンビア共和国  
燐酸肥料工場建設  
計画調査報告書  
(要約)

1987年9月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'87.10.20	533
登録 No.	16932	68.4
		MPI



Republic of Zambia

- Land Area : 753,000 km<sup>2</sup>
- Population : 6.88 Millions - 1986
- Increase Rate : 3.1%/Year
- GDP/Capita : ZK1,759 - 1986
- Exchange Rate : ZK8.00/US\$ - 1987

Reference Location for the Study Project

- ★ Chilembwe: Phosphate Reserve
  - Ore Reserve : 1.55 Million Tons
  - Ore Quality : 11.5% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
  - Production Potential : Concentrate (30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 35,181 TPY, 14 + years)
  - Administration : MINEX, ZIMCO

- ▲ Mkushi: Serpentine Reserve
  - Ore Reserve : 1.0 Million Tons
  - Ore Quality : 32.8% of MgO (South Hill)
  - Production Potential : Crushed Ore (32.8% MgO, 19,103 TPY, 32 + years)

- Nitrogen Chemicals of Zambia Ltd. (NCZ), Kafue
  - Ammonia : 96,000 TPY
  - Nitric Acid : 120,000
  - Sulfuric Acid : 60,000
  - Ammonium Sulfate : 50,000
  - Complex Fertilizer : 142,320
  - Ammonium Nitrate : 140,000

- \* Proposed Site for Phosphate Fertilizer Plant: Southwest of NCZ Plant in Kafue

Plant Capacity:

- Fused Magnesium Phosphate : 50,400 TPY (20.11% C-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- or
- Single Super Phosphate : 57,205 TPY (17.20% Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)





## ABBREVIATIONS, ACRONYMS AND CONVERSION FACTORS

### General

DCF	Discounted Cash Flow
Fiscal Year	January 01 to December 31 in Zambia
GDP	Gross Domestic Product
GNP	Gross National Product
IRR	Internal Rate of Return
ZK	Zambian Kwacha (ZK1.00 = Ngwe 100.0)
ROI	Return on Investment
ROE	Return on Equity
S/W	Scope of Work (INDECO-JICA, August 19, 1986)
The Study	The Feasibility Study on the Establishment of a Fused Magnesium Phosphate Fertilizer Plant in the Republic of Zambia
The Cost Estimate Date	January 1, 1987 for the Study
MM	Million
MVA	Manufacturing Value Added
NPV	Net Present Value
Ngwe	Ngwe 100.0 = ZK1.00
US\$	U.S. Dollar

### Exchange Rates

- October 11, 1986	ZK5.01/US\$	Weekly foreign exchange auction system (Marginal Rate) at BOZ
- January 1, 1987	ZK12.71/US\$	Weekly foreign exchange auction system (Dutch Rate) at BOZ
- May 1, 1987	ZK8.00/US\$	Fixed foreign exchange rate system at BOZ
- The Study	ZK8.00/US\$	Prevailing prices level in Zambia is estimated on January 1, 1987 but the exchange rate of ZK8.00/ US\$ is applied because of adjustment delay of domestic prices to foreign exchange rate fluctuation observed during the study period.

## Organization and Others

BOZ	The Bank of Zambia
CAPC	Central Africa Power Company
CDA	Cattle Development Area
CFC	Cattle Financing Company
COZ	Credit Organization of Zambia
CPC	Copper Belt Power Company
CSO	Central Statistical Office
CSBZ	Cold Storage Board of Zambia
CSSL	Crushed Stone Sales Ltd./INDECO
DAO	District Agriculture Officer
DBZ	Development Bank of Zambia
DOM	Department of Meteorology
DPB	Dairy Produce Board
EOJ	Embassy of Japan
EF	Emergent Farmers
FAO	Food and Agriculture Organization
FD	Forestry Department
FINDECO	Financial Development Corporation
FPRD	Forest Products Research Department
GRZ	Government of the Republic of Zambia
IDZ	Intensive Development Zones
INDECO	Industrial Development Corporation Ltd.
IRDP	Integrated Rural Development Programme
JICA	Japan International Cooperation Agency
LINTCO	Lint Company of Zambia
MAWD	Ministry of Agriculture and Water Development
MCOOP	Ministry of Co-operatives
MCI	Ministry of Commerce and Industry
MCL	Maamba Collieries Ltd.
MD	Meteorological Department
MINEX	Mineral Exploration Department, Exploration House, ZIMCO
MLNR	Ministry of Lands and Natural Resources
MOF	Ministry of Finance
MOM	Ministry of Mine
Mount Makulu	Agricultural Research Station, Lusaka
MTC	Ministry of Transport and Communication

NAMBOARD	National Agricultural Marketing Board
NATCO	National Tobacco Company
NCDP	National Commission for Development Planning
NCSR	National Council for Scientific Research
NCZ	Nitrogen Chemicals of Zambia Ltd.
NEC	National Energy Council
NIEC	National Import and Export Corporation Ltd.
NMB	National Marketing Board
NSE	Nakambala Sugar Estate
OFF	Operation Food Production (Zambia: 1980 - 1990)
PCMU	Provincial Cooperative Marketing Unions
PFO	Provincial Forest Offices
PIC	Prices and Income Commission
PTA	Preferential Trade Area for Eastern and Southern Africa
SAA	Senior Agricultural Assistant
SADCC	Southern African Development Co-ordination Committee
SIDO	Small Industries Development Organization
TAZARA	Tanzan Railway
TBZ	Tabacco Board of Zambia
UNIP	United National Independency Party
UNZA	University of Zambia
Zambia	Republic of Zambia
ZADB	Zambia Agricultural Development Bank
ZABS	Zambia Bureau of Standards
ZCCM	Zambia Consolidated Copper Mines Ltd.
ZCF	Zambia Cooperative Federation
ZESCO	Zambia Electricity Supply Corporation Ltd.
ZHPL, ZAMHORT	Zambia Horticultural Product Ltd. (Zam Hort)
ZIMCO	Zambia Industrial and Mining Corporation Ltd.
ZIT	Zambia Institute of Technology
ZNEL	Zambia National Energy Ltd.
ZR	Zambia Railways
ZSC	Zambia Sugar Company Ltd.

## Units Conversion Factors

Acre, A	1.0 Acre	= 4,047 m <sup>2</sup>
ata	Atmospheric Pressure in Absolute	
atg	Atmospheric Pressure in Gauge	
BBL	Barrel, 1.0 BBL	= 42.0 US Gallon
		= 34.97 Imperial Gallons
BSCF, BCF	Billion SCF	
BSCFD	Billion SCF per Day	
BTU	British Thermal Unit,	
	1.0 BTU	= 0.252 kcal
Bushel	1.0 Bushel	= 34.25 Liters
DWT	Deat Weight Ton	
EL	Elevation Level	
GW	Giga Watt, Billion Watt	
Ha	Hectare, 1.0 ha = 10,000 m <sup>2</sup> = 2,471 Acres (A)	
HHV	High Heating Value	
Gallon	1.0 US Gallon	= 0.003785 m <sup>3</sup>
	1.0 Imperial Gallon	= 0.004546 m <sup>3</sup>
kVA	Kilovolt-Ampere	
kW	Kilowatt	
kWh	Kilowatt-Hour	= 3.413 BTU
LHV	Low Heating Value	
Mills	US Cents 0.1/kWh	
MW	Megawatt, Million Watt	
MMBTU	Million BTU	
MMSCF	Million SCF	
MMSCFD	Million SCF per Day	
MSCF	Thousand SCF	
MSL	Mean Sea Level	
Nm <sup>3</sup>	Normal Cubic Meter measured at 0°C and 1.0 ata	
psi	Pound per Square Inch	
	1.0 psi	= 0.07031 kg/cm <sup>2</sup>
SCF, CF	Standard Cubic Feet measured at 60°F and 14.7 lb/in <sup>2</sup>	
	1.0 SCF	= 0.0283 Nm <sup>3</sup>
SCFD, CFD	Standard Cubic Feet per Day	
STB	Standard Tankage Barrel	
	1.0 STB	= 0.159 Litre (60°F)

TSCF, TCF	Trillion SCF	
TPH	Ton per Hour	
TPD	Ton per Day	
TPT	Ton per Ton	
TPY	Ton per Year	
Ton, ton	Metric Ton	
K, K <sub>2</sub> O	1.0% K	= 1.2046% K <sub>2</sub> O
	1.0% K <sub>2</sub> O	= 0.8302% K
P, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , BPL	1.0% P	= 2.2914% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		= 5.0073% BPL
	1.0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	= 0.4364% P
		= 2.1853% BPL
	1.0% BPL	= 0.1997% P
		= 0.4576% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Fe, FeO, Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0% Fe	= 1.2865% FeO
		= 1.3820% Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
		= 1.4297% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Ca, CaO, CaCO <sub>3</sub>	1.0% Ca	= 1.3992% CaO
	1.0% CaO	= 1.7848% CaCO <sub>3</sub>
Mg, MgO, MgCO <sub>3</sub>	1.0% Mg	= 1.6582% MgO
	1.0% MgO	= 2.0916% MgCO <sub>3</sub>
S, SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	1.0% S	= 1.9980% SO <sub>2</sub>
		= 2.4970% SO <sub>3</sub>
		= 2.9960% SO <sub>4</sub>

#### Fertilizer

Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Available Phosphate, Neutral Ammonium Citrate Soluble P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
AN	Ammonium Nitrate Fertilizer, (34.5-0-0)
A-N	Ammoniacal Nitrogen
APP	Ammonium Poly-Phosphates, (11-55-0)
AS	Ammonium Sulfate Fertilizer, (21.2-0-0)
BPL	Bone Phosphate of Lime in Terms of Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , BPL/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> = 2.1853
CAN	Calcium Ammonium Nitrate Fertilizer, (26-0-0)
CCN	Calcium Cyanamida Fertilizer, (21-0-0)
CF	Compound Fertilizer, (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O)

CN	Calcium Nitrate Fertilizer, (16-0-0)
C-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Citric Acid Soluble P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
C-MgO	Citric Acid Soluble MgO
CX	Complex Fertilizer, (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O)
DAP	Diammonium Phosphate Fertilizer, (18.2-46.4-0)
FMP	Fused Magnesium Phosphate, (0-20.11-0), P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in Terms of C-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
F-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Formic Acid Soluble P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
N	Nitrogen Nutrient Expressed in Terms of N
N-N	Nitrate Nitrogen
NP	Nitric Phosphate, (28-14-0) or (23-23-0)
NP/NPK	Compound Fertilizer or Complex Fertilizer, (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O)
MAP	Monoammonium Phosphate Fertilizer, (16.2-48.4-0)
MOP	Muriate of Potash, Potassium Chloride Fertilizer, (0-0-60)
PAPR	Partially Acidulated Phosphate Rock
SOP	Sulfate of Potash, Potassium Sulfate Fertilizer, (0-0-50)
SSP	Single Super Phosphate Fertilizer, (0-17.20-0), P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> in terms of Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
TCP	Tri-Calcium Phosphate; CaO <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , (0-45.76-0)
TPL	Tri-Phosphate of Lime; CaO <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , (0-45.76-0)
T-K <sub>2</sub> O	Total Potash, Nitric Acid Soluble K <sub>2</sub> O
T-N	Total Nitrogen
T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Total Phosphate, Nitric Acid Soluble P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
TSP	Triple Superphosphate Fertilizer, (0-46.4-0)
U-N	Urea Nitrogen
Urea	Urea Fertilizer, (46.4-0-0)
W-N	Water Soluble N
W-K <sub>2</sub> O	Hot Water Soluble K <sub>2</sub> O
W-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Water Soluble P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

目 次

— 要 約 —

ザンビア共和国および本計画立地地図  
略号および単位換算表

計画の要約、結論および勧告

1.	計画の概要	S-1
1.1	計画の背景	S-1
1.2	計画設備	S-2
1.3	財務分析および経済評価	S-4
2.	調査結果の要約	S-6
2.1	市場調査	S-6
2.2	原料供給	S-13
2.3	技術的検討	S-17
2.4	財務分析および経済評価	S-21
3.	結論と勧告	S-26
3.1	結 論	S-26
3.2	勧 告	S-27

表、図および付録





## List of Table

Table 2-1-1	CONSUMPTION OF FERTILIZER IN ZAMBIA, 1972 - 1985
Table 2-1-2	SUPPLY AND CONSUMPTION OF FERTILIZER IN ZAMBIA, 1983 - 1986
Table 2-1-3	SALES PRICE AND PURCHASE PRICE OF FERTILIZER BY NAMBOARD
Table 2-1-4	PROJECTED DEMAND FOR PHOSPHATE FERTILIZER IN ZAMBIA
Table 2-1-5	SALES VOLUME OF FMP IN ZAMBIA
Table 2-1-6	SALES VOLUME OF SSP IN ZAMBIA
Table 2-2-1	MAJOR FACILITY OF NITROGEN CHEMICALS OF ZAMBIA LTD AT KAFUE
Table 2-2-2	COMPOUND FERTILIZERS PRODUCTION AT NITROGEN CHEMICALS OF ZAMBIA LTD AT KAFUE
Table 2-2-3	FERTILIZER CONTROL REGULATION IN ZAMBIA (1/3 - 3/3)
Table 2-2-4	ZAMBIAN RAW MATERIAL ANALYSIS SUMMARY
Table 2-3-1	PRODUCTION TEST RESULTS OF FUSED MAGNESIUM PHOSPHATE
Table 2-3-2	PRODUCTION TEST RESULTS OF SINGLE SUPER PHOSPHATE
Table 2-3-3	SITE CONDITIONS FOR PHOSPHATE FERTILIZER PLANT AND RAW MATERIAL SUPPLY IN ZAMBIA (1/2-2/2)
Table 2-3-4	UTILITY SUPPLY AND PROJECT INFRASTRUCTURE IN ZAMBIA
Table 2-3-5	FINANCIAL AND ECONOMIC PRICING OF ELECTRICITY IN ZAMBIA
Table 2-3-6	PHOSPHATE FERTILIZER RAW MATERIALS AND PRODUCT PHYSICAL DISTRIBUTION COSTS COMPARISON (1/2-2/2)
Table 2-3-7	RAW MATERIAL CONSUMPTION CALCULATION FOR FUSED MAGNESIUM PHOSPHATE PRODUCTION (1/2-2/2)
Table 2-3-8	RAW MATERIAL CONSUMPTION CALCULATION FOR SINGLE SUPER PHOSPHATE PRODUCTION (1/2-2/2)
Table 2-4-1	FOREIGN CURRENCY EXCHANGE RATE TREND IN ZAMBIA
Table 2-4-2	CORPORATE INCOME TAX LAW AND DEPRECIATION PRACTICE IN ZAMBIA
Table 2-4-3	CAPITAL COST ESTIMATE FOR PROJECT (1/5 - 5/5)
Table 2-4-4	OPERATING COST ESTIMATE AND PROJECTION FOR THE PROJECTS
Table 2-4-5	RAW MATERIAL AND PRODUCT IMPORT SUBSTITUTE PRICE ESTIMATE AND PROJECTION
Table 2-4-6	FINANCIAL ANALYSIS SUMMARY FOR PROJECT INTEGRATION
Table 2-4-7	PROJECT PROFILE AND FINANCIAL ANALYSIS SUMMARY (1-1/5 -5-5/5)
Table 2-4-8	CONVERSION FACTORS FOR ECONOMIC ANALYSIS OF PROJECT IN ZAMBIA



## List of Figures

- Figure 2-1-1 FLOW OF FERTILIZER DISTRIBUTION  
Figure 2-1-2 CLASSIFICATION OF AREA IN VIEW OF USE OF FMP AND LIME
- Figure 2-3-1 INTEGRATION OF PHOSPHATE MINING AND CONCENTRATE PROJECT AND PHOSPHATE FERTILIZER PROJECTS IN ZAMBIA  
Figure 2-3-2 PROCESS CONFIGURATION FOR THE PHOSPHATE MINING AND CONCENTRATE PROJECT  
Figure 2-3-3 PROCESS FLOW DIAGRAM FOR FUSED MAGNESIUM PHOSPHATE PRODUCTION  
Figure 2-3-4 GENERAL PLOT PLAN OF FUSED MAGNESIUM PHOSPHATE PROJECT  
Figure 2-3-5 PROCESS CONFIGURATION FOR THE FUSED MAGNESIUM PHOSPHATE PROJECT  
Figure 2-3-6 PROCESS FLOW DIAGRAM FOR SINGLE SUPER PHOSPHATE PRODUCTION  
Figure 2-3-7 GENERAL PLOT PLAN OF SINGLE SUPER PHOSPHATE PROJECT  
Figure 2-3-8 PROCESS CONFIGURATION FOR THE SINGLE SUPER PHOSPHATE PROJECT



## 計画の要約、結論および勧告

### 1. 計画の概要

#### 1. 1 計画の背景

ザンビア共和国政府の要請により国際協力事業団は『ザンビア共和国燐酸肥料工場建設計画調査』を実施した。

調査の目的はザンビアのチレンブェにて採掘選鉱される燐鉱石を使用し熔成燐肥（熔燐）および過燐酸石灰（過石）の二つの代替製品製造計画について、その市場性および製造技術調査とともに計画の財務分析および経済評価を調査することである。現状ではすべての燐酸肥料は輸入依存であり、チレンブェ鉱床はその輸入代替として 14 年以上のプロジェクト・ライフに亘り、年間 10,554 TPY の P2O5 を供給することが可能と確認されている。

ザンビアの経済は伝統的に銅鉱業に過度に依存してきたが、1974 年以降の銅輸出価格の急落により、ザンビアの開発計画は農業開発と未開発地域の開発促進、特に主要食料の自給達成に重点が置かれてきた。肥料はザンビアの農業開発に最も重要な資材である。ザンビアの余剰低価格水力発電および硫酸を利用できることは、上記二つの代替製品製造に有利である。

国際協力事業団の調査団は、本調査のコーディネイティング・ボディーおよびカウンターパート・エイジェンシーである INDECO の援助と助言を得て、ザンビア国内の現地調査を1986年11月および12月に実施し、更にチレンブェの燐鉱石およびムクシの蛇紋岩の代表試料を採取し、燐精鉱および二つの代替製品の製造評価試験を実施した。

これらの製造試験を通じて、二つの代替製品肥料は慣行の製造技術により標準品質の製品を製造できることが技術的に可能であることが確認された。

## 1. 2 計画設備

製造評価試験結果と詳細な技術解析を基礎とし、計画設備の概念設計を行った。その概要は次の通りである。

Basic Features of Proposed Projects					
Proposed Project	Location, Site Area, m <sup>2</sup>	Product and Specification	Rated Capacity TPY	Permanent Employment	Capital Investment US\$, MM -1991
- Phosphate Mining and Concentrate, I	Chilembwe 779,000	Phosphate Concentrate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 30.00%, CaO 41.11%)	35,181	117	14.6
- Fused Magnesium Phosphate, II	Kafue 27,000	Fused Magnesium Phosphate, Bags (0-20.11-0)	50,400	83	21.5
or					
- Single Super Phosphate, III	Kafue 20,800	Single Super Phosphate, Bulk (0-17.20-0)	57,205	74	19.8

計画はチレンブエ産の燐精鉱を 35,181 TPY 使用し、1991年に商業生産開始とし、15年のプロジェクト・ライフに亘り、年間 50,400 TPY の熔燐または 57,205 TPY の過石を製造するものである。

製造技術は燐精鉱計画については露天掘り、浮選および口過、熔燐計画はチレンブエ燐精鉱とムクシ蛇紋岩混合物の電気炉反応、また過石計画はチレンブエ燐精鉱とカフエの NCZ より供給される硫酸との酸分解と熟成反応技術が適用される。

計画の実施に当ってはザンビアのナショナル・プロジェクトとして国営企業体が設立され、燐精鉱計画は MINEX、また燐肥計画は INDECO の下に計画は推進されるものと想定し、更に計画の監理には国際的な経験を有するエンジニアリング・コンサルタントの技術援助を得ることを前提とした。

燐精鉱計画は燐鉱床との関連でチレンブエ立地となるが、燐肥計画は原料および肥料製品の物流最適化の観点より、予め選定された工場立地候補地：カフエ、カブエ、ンドラおよびキトウエの四地点よりカフエが最適地に選定された。

工場建設計画は1989年 7月にランプ・サムおよびフル・ターン・キー型の工場建設契約が締結され、1991年 3月に完工また1991年 7月に商業生産が開始されるものと想定した。

製品燐肥は NCZおよび NAMBOARD を通じ国内市場にて販売されるものとしたが、チレンブエ燐鉱石資源量が限定されているため、燐肥工場能力はザンビアの所要燐肥の半分から三分の一を供給する規模とならざるを得ない。

計画工場の逐年製品販売量および販売価格は次のように想定した。

Product Sales Projection						
Year	Fused Magnesium Phosphate			Single Super Phosphate		
	Product Sales	Unit Price	Annual Sales	Product Sales	Unit Price	Annual Sales
	TPY	US\$/Ton-Bags - 1991	US\$, MM - 1991	TPY	US\$/Ton-Bulk - 1991	US\$, MM - 1991
1991						
(1/2 year)	15,120	180.0	2.72	17,162	150.0	2.57
2	37,800	180.0	6.80	42,904	150.0	6.44
3	45,360	180.0	8.16	51,485	150.0	7.72
4	50,400	180.0	9.07	57,205	150.0	8.58
5	50,400	180.0	9.07	57,205	150.0	8.58
...	...	...	...	...	...	...
2005						
(1/2 year)	30,240	180.0	5.44	34,323	150.0	5.15
Project Life Total/ Average	735,840	180.0	132.45	835,193	150.0	125.28

### 1. 3 財務分析および経済評価

本計画は技術的にはフィージブルであると結論されるが、財務分析の結果は長期借入金金利を4および12%/年とした場合、投資利益率および資金繰りの双方において財務的存立性はない。財務的内部収益率はいずれの場合も負となる。財務分析の結果を次に要約する。

Project Financial Analysis Summary						
Long Term Interest Rate	FIRROI, DCF, After Tax, %		Project Life Average Debt Service Ratio		Transfer Price of Phosphate Concentrate	
	4.0%	12.0%	4.0%	12.0%	4.0% \$/Ton	12.0% \$/Ton
Individual Projects						
- Phosphate Mining and Concentrate, I	(-)4.29	(-)4.27	0.35	(-)2.76	(130.0)	(130.0)
- Fused Magnesium Phosphate, II	(-)10.11	(-)10.06	(-)1.27	(-)3.50	(130.0)	(130.0)
- Single Super Phosphate, III	(-)3.53	(-)3.52	0.64	(-)2.18	(130.0)	(130.0)
-----						
Integrated Projects						
- Phosphate Mining and Concentrate, and Fused Magnesium Phosphate, I + II	(-)8.04	(-)8.00	(-)0.51	(-)3.12	120.3	120.3
- Phosphate Mining and Concentrate, and Single Super Phosphate, I + III	(-)3.85	(-)3.84	0.63	(-)2.27	131.3	131.3

熔燐計画と過石計画の双方とも財務的存立性はないが、過石計画は熔燐計画よりやや収益性が良い計算結果となっている。

感度分析の結果は製品価格設定の影響が最も大きく、計画の財務自立性を確保するためには、本計画の輸入代替価格設定値より60%以上高くすることが必要となる。しかし磷酸肥料の世界的設備過剰と途上国の増設計画推進に伴う世界的市況低迷の現状および近い将来の状況より考え、このような価格上昇は起こり難いと考察される。



経済評価の結果も、計画の収益率は負の値を示している。磷酸肥料輸入代替による外貨節約額は、過石計画の場合はかなり大きな値を示しているが、熔燐計画の場合は僅かな値を示している。しかし、熔燐の場合もザンビアにおける農芸学的試験によりその高い有効性が確認されるならば、外貨節約額は改善されるものと期待される。経済的便益は世界的磷酸肥料工業の現状と近い将来の状況を考えるとザンビア共和国の経済にとって魅力あるものとは言い難い。

## 2. 調査結果の要約

### 2. 1 市場調査

#### 2.1.1 ザンビアの農業と肥料の消費、供給、流通

##### (1) ザンビアにおける肥料消費

表2-1-1に見られるように、ザンビアの肥料消費量は1977年に至るまでは年々増加傾向を示してきた。しかし、それ以降、年々増減を繰り返し、1980年以降の最高消費レベルは218,800トン（N 57,800トン、P205 21,700トン、K20 8,000トン）であった。

ザンビアの肥料消費の特徴は、圧倒的部分が化成肥料として消費されているということである。ザンビアの肥料のほとんどはメイズに消費されている。大規模および中規模商業的農家層の場合はほとんど例外なくメイズに肥料を施用している。小規模商業農家層の場合も一般にメイズには肥料を施用しているが、現金不足等の時には購入できないこともあり、そのような場合は無肥料栽培である。自給自足農家層の場合、彼らは、周辺の商業的農家が施肥を行なっている様子とその効果を見ており、施肥をすることを希望している。しかし、実際には購買力がなく、ほとんど施肥していないのが実態である。

##### (2) ザンビアにおける肥料供給と流通

1983～86年におけるザンビアの肥料総需給は表2-1-2の通りである。ザンビアにおける肥料供給は、大部分は輸入に依存している。NCZはザンビア唯一の肥料製造会社であり、アンモニア、硝安、硫安ならびに化成肥料の生産設備を有する。

従来、肥料の流通はNAMBOARDが独占的に扱っていた。NCZが、自社の化成肥料原料として輸入する以外の全ての肥料はNAMBOARDが輸入し、また、国内で生産されるNCZの肥料も全量NAMBOARDが購入し流通していた。（図2-1-1）

1986年度以降、政府はNAMBOARDの流通過程における独占をやめ、流通の自由化を行った。しかしながら、資金的、設備的（とりわけ輸送手段）準備不足もあり、また、補助金（あるいは公定価格）があるため、この流通自由化は今年度は順調には機能せず、NAMBOARDが従来通り流通をほぼ全面的に取り扱っている。

### (3) 国内肥料価格ならびに肥料に対する補助金制度

肥料価格は2つのレベルにおいて政府によって公定されている。すなわち、1つは、NCZ から NAMBOARD への販売価格であり、他の1つは、末端販売所における販売価格である。NCZ から NAMBOARD への販売価格は、最近の例では NCZの生産原価より低く設定され、この差額は政府から補給される建前となっており生産者補助金 (Producer Subsidy) と呼ばれる。

次に、末端販売所における販売価格は、その末端販売所の位置にかかわらず一定であり、位置によって異なる物流コスト加算後の実際コストと公定価格との差額分は、輸送費補助金 (Transportation Subsidy) と呼ばれている。

最近の NAMBOARD による輸入肥料輸入コストならびに NCZ からの購入価格 (公定) と、NAMBOARDの販売価格 (公定) の推移を表 2-1-3に示した。

### (4) 肥料物流

国内生産肥料は、NAMBOARD が NCZから工場置場渡しで買い取り、各地の配送センター (Major Depots) にトラックまたは鉄道によって運ばれ、次いで末端デポに運搬される。

輸入肥料の場合は、タンザニアの Dar-es-Salaam港に陸上げされる場合が最も多く同港で袋詰めされ、鉄道で主要なデポまで輸送される。

## 2.1.2 ザンビアにおける FMP / SSP の市場性

### (1) FMP の市場性

#### 1) 磷酸肥料としての FMP の市場性

現在ザンビアで使用されている磷酸肥料は全て水溶性磷酸肥料を含有している。これに対し FMP は水溶性磷酸を含有せず、全て枸溶性磷酸のみである。今までのところ、ザンビアにおいては、FMP の含有する枸溶性磷酸について、精度の高い組織的な施用試験は行なわれていない。限られた数の FMP 施用の観察結果では、FMP 肥効は他の水溶性磷酸肥料の肥効に競べて遜色がないと言われている。

一般に、ザンビアに広く見られるような酸性土壌地帯においては、FMPのような枸溶性磷酸1%と水溶性磷酸1%とは、磷酸の肥効という意味で等価であると言える。図 2-1-2に示すように、このような枸溶性磷酸の効果を期待できる地域は、一部を除き、ザンビアのほぼ全域をカバーしている。

ザンビアでは磷酸肥料は化成肥料として全量元肥で施用される。FMPは現在の施肥慣行のままで流通させるのは容易ではない。しかし、FMPの原料が国内原料であり、またザンビアの国際収支からくる輸入の困難さから考えて、現在の施肥慣行を変えてでも国産肥料の普及を計ろうとする動きが、同国の農業指導者層にある。このような国産のFMP普及に対する支持があれば、このような問題点の克服も可能であり、FMPは市場性を持ち得るものと考えられる。

## 2) 副成分の効果によるFMPの市場性

FMPは含有するマグネシウム、カルシウム、珪酸により副次的効果が期待される。一つは、これら成分を必要とする土壌での評価であり、他の一つは酸性土壌の矯正効果である。前者についてはこれを評価するに足る農業試験がまだ行なわれていないため、本調査ではこの効果による市場性は考慮の対象外とした。

FMPに含有されるCaOやMgOは、土壌の酸性矯正力をもっている。しかしながら、土壌の酸性を矯正する効果があるためには、かなり大量に施用することが必要である。ザンビアでの磷酸施肥基準量はせいぜい20~40kg P2O<sub>5</sub>/ha程度であり、これでは酸性矯正効果は期待できない。また、FMPをこの施用レベルで数年連続して使用しても、果たして有意な酸性矯正効果が期待できるかどうかは疑問である。従って、今後、ザンビアの土壌で施用試験が行なわれ、有効であるという結果を得られるまでは、FMPに含有されているCaOおよびMgOの効果を磷酸成分の効果に加えて評価することは難しい。

## (2) SSPの市場性

SSPは水溶性磷酸肥料であり、肥効面においては他の水溶性磷酸肥料と変わりが無い。従って、肥効面から見たSSPの市場性には全く問題がないと言える。

更に、ザンビアの土壌では硫黄施用の効果が明らかになっており、SSPに含有される硫黄の効果が評価される。

### 2.1.3 FMP/SSP販売価格想定

#### (1) 販売価格想定 の条件と前提

現在の肥料流通ならびに価格形成は、政府がコントロールしている。すなわち、肥料の輸入と流通は NAMBOARD が独占的に行ない、販売価格は政府が設定している。政府の基本政策においては、将来、このようなコントロールを徐々になくし、自由化を行ないたい意向であり、流通独占の廃止は1986年に試みられた。この販売価格想定においても、肥料価格は統制が廃止され、各種製品間、供給者間の競争の中で価格は形成されて行くものとして想定する。

#### (2) FMP/SSP販売価格想定

化成肥料の使用が一般化している市場に新たにFMPまたはSSPを導入する場合を想定すると、これらの肥料の導入は、使用肥料の袋数を増加させ、更にFMPの場合は使用直前の配合を必要とするため農家にとってはわずらわしく、従って、このような肥料の組み合わせ価格が、従来の化成肥料との組み合わせ価格よりも安くなければ選択されないであろう。

もし、仮に、流通自由化の過程において、このような施肥体系が崩れ、FMP/SSPの導入時点においてそれぞれの消費者（農家）が、それぞれの農地に必要な養分量を各種の肥料の組み合わせによって選択使用するようになっている場合には様子が異なる。各農家は、FMPあるいはSSP入り化成肥料をその時点でそれぞれ自分達の使用している磷酸肥料と対比し、経済性ありと判断すれば導入する。この場合、FMPについては、対比されるTSPあるいはDAPと磷酸1%価格で等価である必要がある。

以上の結果、FMP/SSPの販売可能価格は次のように想定される。

#### FMP/SSP想定販売価格

工場渡し価格 (US\$/トン)	
FMP	US\$ 110/トン ±20%
SSP	US\$ 97/トン <sup>*/</sup>

(注) <sup>\*/</sup> 最高期待価格

### (3) 肥料流通に関する政策オプションと販売価格への影響

前節では、肥料流通の自由化が図られることを前提として販売価格を想定した。しかし前述の通り、同国の流通体制の現状から見て、流通への多数の業者の参入には一定の時日を要するものと推定され、また価格設定の自由化は、他の諸物価との関連もあって果たして肥料価格だけを自由化できるかどうか疑問がある。また、肥料の輸入自由化についても、今後 NCZ の操業を確保できるかどうかという点から、やはり同国の政策と密接に関連している。このような諸点を考慮し、以下においては、肥料流通に関する種々の政策的選択を想定し、その動きによって前述の想定価格がどのように影響を受けるかについて考察する。

#### 1) 肥料価格の上昇率が他の諸物価の上昇率と同じとなるようにコントロールされるものと仮定した場合（シナリオ1）

1986年の各肥料の公定価格をもとに、いずれの肥料価格も年率 3.0%で引き上げられた場合であり、1991年々央の価格は、輸入コストより低く、これが実現されるためには補助金が附されることになる。

この場合、FMPの実現可能価格は、US\$80/トン（ZK640/トン）と低くなる。これは、FMPによって置き換える肥料コスト部分が、公定価格によって輸入コストベースより低く押さえられているためである。

この場合、肥料生産者にとっては、一定の補助金が還元されることになるが、この率は、国内生産者をどの程度保護するかの政策決定によって大きく変わりうる。今、仮りにこの率を25%とすると、FMPの実現可能価格は約US\$110 トン（ZK880/トン）となる。

尚、化成肥料原料として使用されるSSPはこの場合も評価できない。

## 2) NCZ の操業継続が政策の前提とされる場合 (シナリオ 2)

現在見られるように、銅の国際市況が不調の場合、ザンビアの外貨不足は将来も好転しない恐れがある。このような場合、NCZ の操業継続は窒素源の国内生産に継ながら外貨節約の役割を果たす。このような点から NCZ の生産が継続され、競合する肥料の流通が制限されることも考えられる。

このような場合前述の自由化にある程度の制限が加えられることになる。しかし、それぞれの肥料価格が実際のコストに比べてどのレベルに設定されるかについては、他の物価の動き、外貨不足の程度、農業政策の方向、補助金財源の有無等々から決定されるであろう。

そのうち、最も低い価格レベルは、シナリオ 1 に設定したように、将来の一般物価の上昇と同じレベルだけ肥料価格が引き上げられる場合である。逆に、最も高い価格レベルは、輸入単肥は輸入コストをベースに価格が設定され、化成肥料は NCZ の生産コストをベースに価格を設定される場合である。この両者の間には、上述の通り、政策的観点からいろいろなレベルでの価格設定の可能性がある。

主原料を除く化成肥料製造加工費が製造原価の 15-25% と仮定して、生産コストを試算、それをもとにして FMP の実現可能価格を試算すると、FMP の導入は、化成肥料の一部を代替する形をとるのであるから、当然化成肥料価格が高く設定されればされるほど、FMP の実現可能価格は高くなることになり、最も高い場合で US\$178/ トン (ZK1,424/ トン) となる可能性がある。

このように化成肥料の国内生産が前提される場合には、化成肥料原料としての SSP の評価は、化成肥料生産者 (ここでは NCZ) にとって他の磷酸原料との比較の上で磷酸 1% 当り同等またはそれ以下であることが条件となる。この場合、最も高い場合で US\$142/ トン (ZK1,139/ トン) となる。

#### 2.1.4 ザンビアにおけるFMP／SSPの販売可能量見通し

肥料の大部分は、メイズに使用されている。従って、肥料需要に最も大きな影響を与える要因としてまず第1に、メイズの作付け（商品化されるメイズの作付け）を挙げることができる。長期的には、都市人口が増大するに伴って市場でのメイズ需要が増加するため、それに伴ってメイズの作付けが刺激され増加する。しかし、都市人口が増加し、その結果メイズ需要が増加しているからといって、そのままメイズの作付けが増加すると期待することは出来ない。

ここでは、将来のメイズ作付面積の予測を行ない、現在の施肥基準であるN 112kg/ha、P205 40kg/ha、K20 20kg/ha を乗じ潜在需要量を算出、更に過去における実際の州別消費量の潜在需要量に対する割合（需要実現率）をもとに、州別の肥料需要量を予測した。

磷酸肥料についての需要予測結果は表 2-1-4の通りである。

磷酸肥料需要量のうち、どれだけをFMPの需要として実現させることができるかについては、この新しい肥料を導入するに当ってどれだけの強い販売促進策がとられるか、FMPの販売価格がいくらに設定されるか、また農業指導層の強い支持が得られるかどうかによって異なる。ここでは、これらに対する十分な策がとられるものとの前提のもとで、FMPの需要見通しを推定している。

SSPは、水溶性磷酸を含有しており、化成肥料として販売されるため磷酸肥料の施用全場面に対して適用可能である。

従って、いずれの場合も販売見込み量は市場規模よりもむしろ生産可能量によって制限される。FMPの販売を酸性土壌地帯だけに限定するものと仮定し、また、SSPは磷酸必要量の30%を満たすものと仮定すると、FMPおよびSSPの販売見込み量は表2-1-5 および表2-1-6 の通りとなる。



## 2. 2 原料供給

### 2.2.1 肥料製造工場

ザンビアには Nitrogen Chemicals of Zambia Ltd. (NCZ) の肥料工場がただ一つある。同工場はルサカ南方約44kmのカフェ工業団地内に立地し、マアンバ石炭を原料とするアンモニア工場が2系列あり、アンモニアの年産能力は 96,000 TPY である。製品アンモニアは同工場で硝酸、硝安、硫安および粒状化成肥料の製造に使用されている。同工場の稼働率は半分以下であり工場の改修工事が行なわれている。

改修工事の完了する1988年後の NCZの原料と製品バランスは次のように想定される。

Production Balance Projection at NCZ				Unit: 1,000 TPY	
Inputs		Intermediates		Salable Products	
Coal, Maamba	191.7	Ammonia	96	Nitric Acid	7.7
Pyrite, Nampundwe	40	Nitric Acid	120	Sulfuric Acid	10
Lime, CSSL	8.5	Sulfuric Acid	60	Ammonium Nitrate	
DAP, Import	27.5	Ammonium Nitrate	140	- Fertilizer	85
TSP, Import	23.7	Ammonium Sulfate	50	- Explosives	24
SOP, Import	9.6	Compound		Compound	
MOP, Import	3.8	Fertilizer	142.32	Fertilizer	142.32
Conditioner, Import	1.5	Methanol	1.65	Methanol	1.65
Raw Water, Kafue River	21,600 TPD	Carbon Dioxide	1	Carbon Dioxid	1
Electricity, ZESCO	46 MW				

NCZ の全製品は Ministry of Cooperatives 傘下の政府機関である NAMBOARD に売却され、国内市場への物流および販売が行われる。国内物流は包装製品の鉄道および道路輸送によりザンビア国内15の倉庫に届けられる。NAMBOARD は国産および輸入肥料（商取引および二国内援助）の独占調達を行っており、価格差補償および物流費補償の補助金を受けている。肥料の最終物流と販売は Ministry of Cooperatives 傘下の Provincial Cooperative Marketing Units (CMU)により行われる。CMUはザンビア国内の18カ所に肥料倉庫を保有している。

### 2.2.2 肥料取締法

ザンビアにおける肥料取締はAgriculture (Fertilizers and Feed) Act - Chapter 351 of the Law of Zambia により規定されている。同法はザンビア国内の肥料の定義、分析

法および肥料成分の変動許容範囲とともに肥料の品質および数量管理を規定している。

肥料取締法の重点は窒素のみならず燐酸および加里成分についても酸化物標示でなく元素標示であり、水溶性燐酸を法律上有効燐酸成分として認定し、また硝酸態窒素および硫酸加里性の加里が規制上重視されている。しかしながら、ザンビアの肥料の商工業の実態は国際的な慣例が受け入れられている。

### 2.2.3 原料の供給

本計画の燐肥の製造には各種の原料を必要とするので、ザンビア国内のこれら原料の供給性を調査した。製品と原料の組み合わせは次の通りである。

Product Alternatives and Raw Materials	
Product Alternatives	Raw Materials
Fused Magnesium Phosphate Single Super Phosphate	Phosphate Concentrate and Serpentine Phosphate Concentrate and Sulfuric Acid
Triple Super Phosphate Diammonium Phosphate	Phosphate Concentrate and Sulfuric Acid Phosphate Concentrate, Sulfuric Acid and Ammonia
Nitric Phosphate	Phosphate Concentrate, Nitric Acid, Ammonia and Carbon Dioxide

#### (1) 燐鉍石

MINEX はチレンブェ燐鉍石の開発がザンビア国内で最も有望であると結論し、1984/85年に詳細調査が実施された。調査結果は『ザンビア共和国燐鉍石開発計画調査報告書、1985年、国際協力事業団』に纏められている。

調査結果によれば、可採燐鉍石は11.5%P2O5品位で 1.55 百万トンであり、浮選により30.00 % P2O5 品位の燐鉍石を 40,000 TPY - 湿基準の生産が可能である。燐鉍石埋蔵量は小さく限定されているため、15年間のプロジェクト・ライフで採掘は完了する。

## (2) 蛇紋岩

MINEX、ZIMCO は1986年にムロバ、ムクシの蛇紋岩資源の調査を行なった。調査結果は『Occasional Report on the Muloba Serpentine, Mkushi District, Central Province, Zambia, MINEX, ZIMCO, September, 1986』に纏められている。鉱床はカピリ・ムボン北東55kmのGreat North Roadおよび TAZARA 鉄道沿線に位置している。

報告書によれば、鉱石の主要鉱物はアンティゴライト ( $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) とカルサイトが主体でトルマリン、クリソタイト、セルポファイトを含む。結晶の大きさは直径 0.2mm、比重は 2.5である。資源の規模は充分大きく、MgOおよび  $\text{SiO}_2$  の品位も高く、本調査計画の熔燐製造用に32年以上の供給余力がある。

熔燐計画が認可になった場合には、MINEX、ZIMCOは蛇紋岩の採掘計画を推進し、粉碎蛇紋岩を供給することを前提として熔燐計画を立案した。

## (3) 硫酸その他の原料

過石の製造計画には概略 20,000 TPY の硫酸を必要とする。硫酸はカフエの NCZ およびキトウェ近辺のチャンビシおよびンカナの ZCCM にて製造されている。

NCZ の硫酸工場は、ルサカの西方50kmの ZCCM のナンブンディエ鉱のパイライトを原料としている。工場は1983年完成し、設計能力は 60,000 TPY である。パイライトの供給能力は充分あるが、1986年の稼働率は硫安工場の低操業のため半分以下である。1988年に完了する改修工事後の NCZの硫酸バランスは次の通りである。

### Sulfuric Acid Balance at NCZ, 1989

Design Capacity	60,000 TPY
Annual Production	60,000
Consumption	
- NCZ's Captive Uses	50,075
- Ammonium Sulfate (50,000 TPY)	(39,075)
- Direct Use for Compound Fertilizer (142,300 TPY)	(11,000)
Outside Sales	
- Alum Production in Kafue	7,000
Surplus	2,925

したがって、原則的には上記条件を仮定すると、過石計画のための硫酸供給はザンビア国内では不十分である。しかしながら、実際的には、NCZ の硫酸製造の目的がザンビアの硫黄欠乏土壌への硫黄補給のための化成肥料への硫黄添加であることを考えると、現状の硫酸製造用硫酸を過石製造用に転用しても製品過石中に硫黄分が残りザンビアの土壌に施用されるので、ザンビア農業の硫黄バランスには同一結果をもたらす。

以上のことから、NCZ は現状の硫酸製造用の硫酸を一部転用し、過石製造用に使用することについて、その経済的便益が立証され、また価格が満足すべきものであれば、硫酸の供給に同意する可能性があると考えた。

## 2.3 技術的検討

### 2.3.1 製造試験

#### (1) 磷精鈳

1986年11月28日に MINEXとの協議の結果、チレンブエの代表磷鈳石を 220kg採取し、日本国内で詳細分析、磷精鈳の製造試験およびこの磷精鈳を使用した熔磷および過石の製造試験を行なった。

チレンブエ磷精鈳はX線回析および化学分析より弗化アパタイト  $[3Ca_3(P_2O_4)_2 \cdot CaF_2]$  および水酸化アパタイト  $[3Ca_3(P_2O_4)_2 \cdot Ca(OH)_2]$  を主体とし、石英( $SiO_2$ ) および角閃石 ( $2CaO \cdot 5MgO \cdot 8SiO_2 \cdot H_2O$ )を含むものであることが確認された。

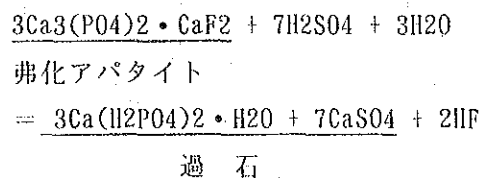
試験の結果では製品の磷精鈳は乾量基準で、33.69%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>および46.18%CaOの分析値を示すものが得られたので、これを使用し磷肥の製造試験を行なった。しかし、チレンブエ鈳のプロジェクト・ライフの平均組成としては設計の余裕を考慮して30.00% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> および41.11%CaO組成の磷精鈳を供給する計画であり、すべての概念設計は30.00% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の磷精鈳を使用することを前提としている。

#### (2) 熔磷

熔磷は磷精鈳と蛇紋岩を電気炉で溶融反応させて製造する。製造試験は7kg規模の回分式電気炉で1,300℃の温度で50分間反応させ、反応生成物を水槽中に急冷して硝子状の熔磷を製造した。得られた製品の品位は磷酸のくえん酸可溶率が高く、化学分析およびX線回析試験の結果はザンビア製品と日本製品との間に物性上の格差は認められなかった。

#### (3) 過石

過石は磷精鈳と硫酸の反応生成物であり、その製造反応は弗化アパタイトの場合、次の如く表示される：



過石の製造試験はチレンブエ磷精鉱とともに米国フロリダ磷精鉱との対比において実施した。その理由は、フロリダ磷精鉱が世界的に広く磷肥の製造に使用されており標準的原料と考えられているためである。

試験の結果は、ザンビア産のチレンブエ磷鉱石より回収した磷精鉱を使用し標準品質の過石が製造されることを示している。

試験の結果、チレンブエ鉱はフロリダ鉱に比較し、硫酸との反応性が低いことが判明した。反応を完結させ、反応精製物を完全に固化させるためには反応デンの滞留時間を長くし、更に反応温度を高くすることが必要である。

### 2.3.2 立地選定と用役供給

1986年11月から12月に亘り、ザンビア国内現地調査の際、INDECOとの協議により工場立地として四カ所の工場立地代替案を選定した。立地比較と選定の検討項目は原料と製品の輸送、用水と電力などの用役供給、更にインフラストラクチュアの状況また従業員の技術水準などの現状と将来展望などある。ザンビア国内で予備選定された立地候補地は次の通りである。

代替候補地	位置
(1) カフェ	NCZ の南西
(2) カブエ	チマニマニ村
(3) ドンドラ	工業用地
(4) キトウエ	工業用地

各立地は各々独自の特性があるが、用役、インフラストラクチュアおよび技能レベルにおいてはカフェ、ドンドラおよびキトウエはほぼ同等の評価であり、カブエは現在用水供給の点で不利である。

工場立地選定上の最重要項目は原料と製品の輸送である。熔磷製造のためにはチレンブエより40,000TPYの磷精鉱とムクシより20,000TPYの蛇紋岩の原料を工場立地に運び、50,000TPYの製品を毎年運搬する必要がある。過石の製造はチレンブエより40,000TPYの磷精鉱とカフェのNCZより20,000TPYの硫酸を原料として運搬し、57,000TPYの製品過石をカフェのNCZの化成肥料工場まで輸送する必要がある。

したがって、原料および製品物流の最適地として、カフェが選定されたので、本計画工

場はカフェに立地すべきであると結論した。磷精鉱は道路輸送によりチレンブエよりカフェに運搬されるが、カフェはチレンブエに最も近いとともにザンビアの磷酸肥料消費地の中心地に近く位置している。

用役、インフラストラクチュアおよび技能水準は、カフェの用水供給が窮屈であることを例外として、カフェ、ンドラおよびキトウエはほぼ同等である。

カフェは、更にNCZの確立された工場経営基盤を本磷肥計画に利用できる点で有利であり、工場建設、操業段階での用役供給、操業および保全支援およびプロジェクト管理の点でもNCZの協力が期待される利点が認められる。

### 2.3.3 計画の概念設計

本調査では三つの計画について調査および分析を行なうことになる。すなわち、チレンブエ立地の磷精鉱の上流計画が一つと、カフェ立地の熔磷と過石の下流計画の二つである。

その他に上流計画として小規模のムクシ立地の蛇紋岩計画があるが、所要資金が小規模であるため、その計画はカフェ立地の熔磷計画のために、粉碎蛇紋岩を製造原価で供給するMINEXの独自の計画として取扱うこととした。

#### (1) 磷精鉱計画

本計画の開発計画調査と概念設計は1985年に完了している。本計画はチレンブエ立地で332,400TPYの磷鉱石を採掘、選鉱し35,181TPY - 乾物基準(30.00%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>および41.11%CaO)の磷精鉱を製造するものである。

製品磷精鉱は12%の自由水分を保有し、カフェまで541キロを長期運搬契約により道路輸送されることになる。

#### (2) 熔磷計画

本計画はカフェ立地でチレンブエ磷精鉱35,181TPY-乾物基準とムクシ蛇紋岩19,103TPY-乾物基準を使用し、最終製品として50,400TPYの熔磷を製造する。

製品の仕様はC-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20.11%、C-MgO 14.05%およびS-SiO<sub>2</sub> 26.16%であり、くえん酸可溶性P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は99%以上である。

(3) 過石計画

本計画はカフェ立地でチレンブヒ燐精鋳35,181TPY-乾物基準とNCZ から供給される19,850TPY の硫酸を使用し、最終製品として57,205TPY の過石を製造する。

製品の仕様は AV-P205 17.20%、W-P205 15.15%であり、P205の可溶率は96%以上である。

(4) 統合計画

総合的な計画の財務分析および経済評価のためには上流と下流計画の統合計画を策定する必要がある。統合計画は二つある、即ち燐精鋳計画（Ⅰ）と熔燐計画（Ⅱ）または燐精鋳計画（Ⅰ）と過石計画（Ⅲ）である。

これらの五計画：（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）、（Ⅰ+Ⅱ）および（Ⅰ+Ⅲ）に関する工場建設計画の概念設計を行ない、計画の財務分析および経済評価を実施した。



## 2. 4 財務分析および経済評価

### 2.4.1 財務分析

計画の財務存立性分析については、固定価格による割引率法による財務的内部収益率について実施した。内部収益率とともにプロジェクト・ライフの資金繰りについては、長期借入金返済能力および短期借入金の所要量についても留意して検討した。

計画の総所要資金はザンビア国内の物価および国際的物価の現状の動向より推定し、物価調査時のコストに本計画の製品商業生産開始時までの物価上昇を加え、本計画の総所要資金を算出した。

計画の総所要資金を次表にまとめた。

Proposed Project	Financing Required			Financing Plan			Annual Sales
	Foreign	Local	Total	Long Term		Total	
	Currency	Currency		Equity	Loan		
<b>Individual Projects</b>							
- Phosphate Mining and Concentrate, I	10.11	4.45	14.56	3.64	10.92	14.56	4.57
- Fused Magnesium Phosphate, II	16.66	4.86	21.52	5.38	16.14	21.52	9.07
- Single Super Phosphate, III	14.58	5.21	19.79	4.95	14.84	19.79	8.58
<b>Integrated Projects</b>							
- Phosphate Mining and Concentrate, and Fused Magnesium Phosphate, I + II	26.77	9.31	36.08	9.02	27.06	36.08	9.07
- Phosphate Mining and Concentrate, and Single Super Phosphate, I + III	24.69	9.67	34.36	8.59	25.77	34.36	8.58

Base Case: Interest Rate of Long Term Loan; 12.0%/year

財務分析の計算結果は、長期借入金金利を 4.0%および12.0%/年とした場合について次表にまとめた。

Project Financial Analysis Summary						
Long Term Interest Rate	FIRROI, DCF, After Tax, %		Project Life Average Debt Service Ratio		Transfer Price of Phosphate Concentrate	
	4.0%	12.0%	4.0%	12.0%	4.0% \$/Ton	12.0% \$/Ton
Individual Projects						
- Phosphate Mining and Concentrate, I	(-)4.29	(-)4.27	0.35	(-)2.76	(130.0)	(130.0)
- Fused Magnesium Phosphate, II	(-)10.11	(-)10.06	(-)1.27	(-)3.50	(130.0)	(130.0)
- Single Super Phosphate, III	(-)3.53	(-)3.52	0.64	(-)2.18	(130.0)	(130.0)
-----						
Integrated Projects						
- Phosphate Mining and Concentrate, and Fused Magnesium Phosphate, I + II	(-)8.04	(-)8.00	(-)0.51	(-)3.12	120.3	120.3
- Phosphate Mining and Concentrate, and Single Super Phosphate, I + III	(-)3.85	(-)3.84	0.63	(-)2.27	131.3	131.3

プロジェクト・ライフ平均の製品原価は、次に示す如く想定製品価格より高い。

Project Life Average Production Cost, US\$/Ton-1998						
Project	Production Cost					Projected Price
	Variable/ Transport	Direct Fixed	Deprecia- tion	Sales/ Interest	Total	
<b>Individual Projects</b>						
- Phosphate Mining and Concentrate, I	98.5	14.5	25.8	111.4	250.2	130.0 Bulk
- Fused Magnesium Phosphate, II	162.3	9.9	25.8	128.1	326.1	180.0 - Bags
- Single Super Phosphate, III	127.4	7.7	19.9	79.2	234.2	150.0 - Bulk
<b>Integrated Projects</b>						
- Phosphate Mining and Concentrate, and Fused Magnesium Phosphate, I + II	141.4	19.7	43.8	200.9	405.8	180.0 - Bags
- Phosphate Mining and Concentrate, and Single Super Phosphate, I + III	108.0	16.3	35.8	141.2	301.3	150.0 - Bulk

Base Case: Interest Rate of Long Term Loan; 12.0%/year

計画の財務分析の結論は、設定された前提条件下では長期借入金金利 4.0から12.0%/年の範囲で、財務的存立性はなく、投資利益率は負の値を示すとともに純現在価値も負の値を示す。

#### 2.4.2 経済評価

経済的収益率は、財務分析の基本事項を基礎として計画の経済的所要資金、経済的年間原価および経済的便益の計算および収益率の算出の四段階で実施した。経済評価はザンビアの特性を考慮し、上流および下流部門統合の二つの計画について評価を行なった。

Economic Internal Rate of Return on Investment, %		
	EIRROI, DCF, %	
	Low Interest Rate Case, 4.0%/Year	Base Interest Rate Case, 12.0%/Year
Integrated Projects		
- Phosphate Mining and Concentrate, and Fused Magnesium Phosphate, I + II	(-) 10.07	(-) 10.07
- Phosphate Mining and Concentrate, and Single Super Phosphate, I + III	(-) 5.02	(-) 5.02

純現在価値も、12%/年のカット・オフ・レートを使用すると負の数値を示すことになる。  
 また、外貨節約は熔磷計画については US\$ 1.22 百万/年、また過石計画については  
 US\$ 23.63 百万/年と計算された。計算結果は下記の通りである。

Project Life Foreign Exchange Savings, US\$, MM/Year - Net Present Value - 1991				
	Foreign Exchange for Import of Phosphate Fertilizer	Foreign Exchange Outlays from the Project		Net Foreign Exchange Saving
		Debt Service of Foreign Loan	Foreign Procurement	
Integrated Projects				
- Phosphate Mining and Concentrate Project, and Fused Magnesium Phosphate Project, I + II	87.46	28.49	57.75	1.22
- Phosphate Mining and Concentrate Project, and Single Super Phosphate Project, I + III	84.91	26.91	34.37	23.63

Notes: - Interest rate for long term loan : 4.0%/Year  
 - Assumed import price of triple super phosphate : US\$286/Ton  
 at Kafue in 1991  
 - Escalation rate : 3.0%/Year  
 - Deflator : 3.0%/Year

本計画は約 200名の雇用機会の提供、技術移転およびザンビア国内の地域開発の促進などへの寄与は認められるが、総合的に評価しザンビアの国家経済に寄与するものとは言い難い。

### 3. 結論と勧告

#### 3.1 結論

ザンビア共和国燐酸肥料工場建設計画調査の結論は、チレンブエにおける燐精鉱の回収(35,181 TPY、P2O5 30.00%、CaO 41.11%)、カフェ立地でのチレンブエ燐精鉱を使用する熔燐製造[50,400 TPY、(0-20.11-0)、くえん酸可溶性 P2O5]あるいは過石製造[57,205 TPY、(0-17.20-0)、くえん酸アンモニウム可溶性 P2O5]の工場建設は技術的に可能であると結論される。

しかしながら、これら計画の財務分析の結果は、長期借入金金利 4.0および12.0%/年の条件下で、収益率および資金繰りの点で財務的計画存立性はない。投資の収益率は負の値を示し、ザンビアの計画財務評価基準として予め定められているカット・オフ・レートより著しく低い。

経済的収益率もやはり負の値が得られる。燐酸肥料輸入代替による外貨節約額は過石計画の場合はかなり大きな値を示しているが、熔燐計画の場合は僅かな値を示している。しかし熔燐の場合もザンビアにおける農芸学的試験により、その高い有効性が確認されるならば、外貨節約額は改善されるものと期待される。

上記の調査結果をもたらす主要原因については、次のように纏められる。

- チレンブエ燐鉱資源は小規模であり、採掘・選鉱にあたり規模の経済性が期待出来ない。
- チレンブエ燐鉱資源は火成性起源で、P2O5品位が低く、燐精鉱製造のために高度の選鉱・濃縮工程を必要とする。
- チレンブエ燐鉱資源の立地が遠隔地にあり、輸送インフラストラクチャ、特に鉄道がないため、カフェまで燐精鉱の道路輸送に過度のコストを必要とする。
- 上記理由に加えて、現在の国際的燐精鉱市況の低迷のためチレンブエからの国産燐精鉱の価格は、高品位・大規模燐石資源を大規模に開発している海外からの輸入燐精鉱の到着価格に比較して高い。
- 熔燐と過石の製造原価は輸入燐酸肥料の代替価格に比較して高い。その理由は小規模生産、チレンブエ燐精鉱および副原料の蛇紋岩や硫酸などの高価格、更に現在および近い将来に予測される重過石あるいは二燐安などの高濃度燐酸肥料の国際価格低迷などのためである。

- 本計画について国産チレンブエ燐精鉱の代りに輸入燐精鉱を原料としても収益率は正とならないことに留意する必要がある。
- 過石に含まれる硫黄はザンビアの硫黄欠乏土壌の肥効成分として製品価格に評価されるが、熔燐に含まれる可溶性マグネシア、シリカおよびアルカリ分などの肥料としての有効性は製品価格に反映されていない。理由はザンビア国内に実証可能な肥効試験データが今日まで整備されていないため、この理由もあり熔燐の収益率はやや低い。
- 各種の製品代替案のうち、もしカフェのNCZの粒状化成肥料工場の改造が技術的および財務的に実施可能なら、硝酸化成の製造は収益性が高くなる可能性がある。

本調査計画は技術的に実施可能であるが、財務的存立性は無く、経済的にもザンビアにおける燐酸肥料の輸入代替国産化計画の一環として直ちに商業的に着手する工業計画として正当化することは困難であると評価される。

### 3. 2 勸告

主に現在と近い将来に予測される燐精鉱と燐酸肥料の国際市況低迷のため、本調査計画の財務および経済収益率は低い。したがって、本計画に関し次の通り勸告を行う。

- 漸くの間、ザンビアの当面の商業生産を目的とした工業プロジェクトとして本調査計画の推進および準備活動は行なわない。
- 計画の可能性改善の方策について調査・検討を続行する： ザンビアにおける大規模・高品質の燐鉱石の探索あるいはカフェのNCZにおける硝酸化成肥料製造可能性調査など。
- 多様化かつ集約化しつつあるザンビアの農業に鑑み、ザンビアの法律で規定されている水溶性燐酸のみならず、くえん酸およびくえん酸塩可溶性燐酸成分の肥効、また各種燐酸肥料に含まれる可溶性マグネシア、シリカおよびアルカリ成分などのザンビア農業における有効性確認のための農業的研究活動の推進。
- ザンビア農業開発のためのザンビアにおける、より有効な肥料調達および物流システムの推進。

