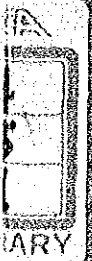


ジンバブエ共和国
アンモニア工場建設計画調査
報告書

(要約)

1989年6月

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1075867101

19547

ジンバブエ共和国
アンモニア工場建設計画調査
報告書

(要約)

1989年6月

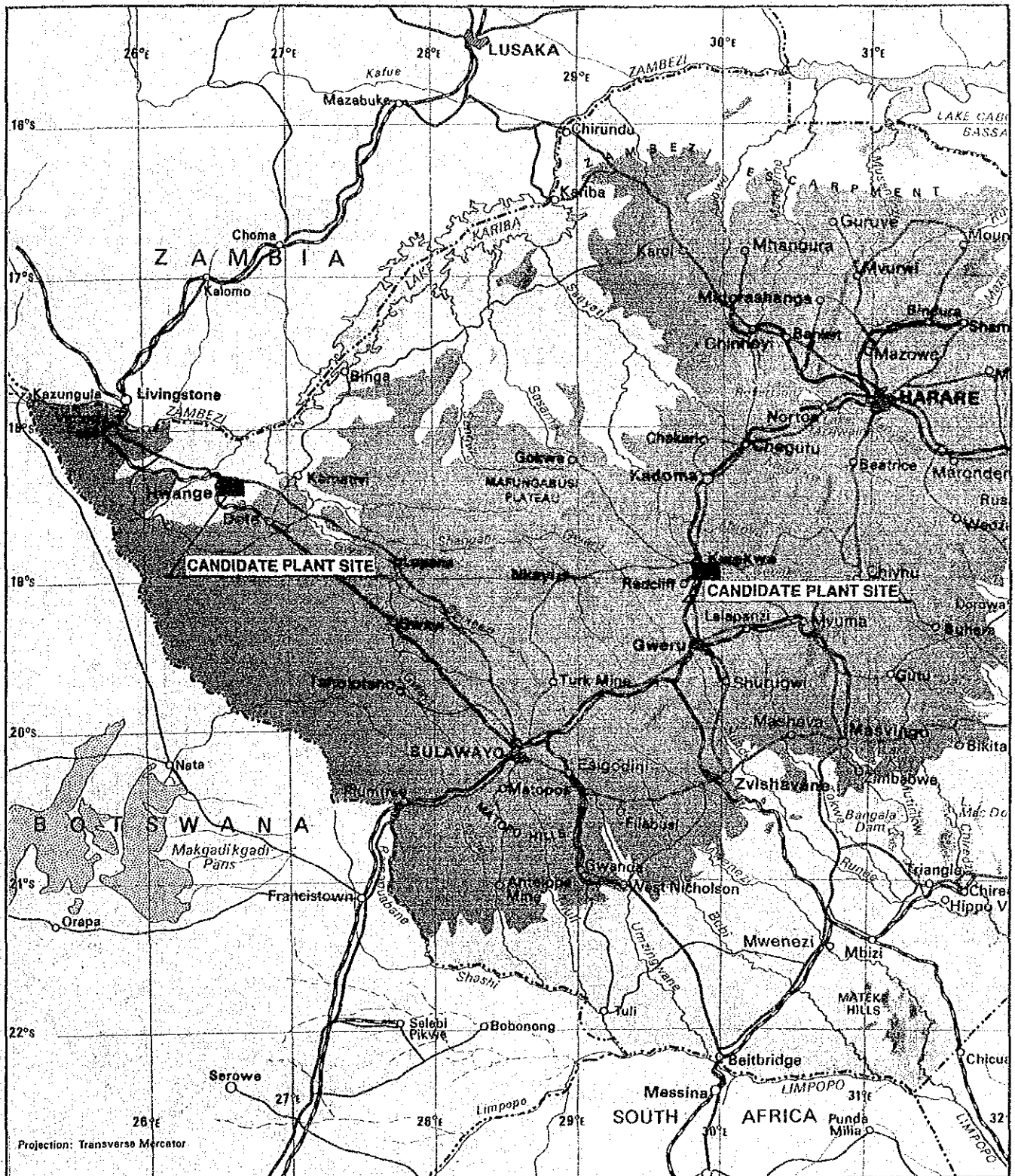
国際協力事業団



国際協力事業団

19547

PHYSICAL MAP ZIMBABWE



要 約

目 次

	頁
第1章 序 論	
1.1 調査の背景	1-1
1.2 調査の目的	1-1
第2章 ジンバブエ国の肥料事情	
2.1 農業事情	2-1
2.2 肥料需要予測	2-2
第3章 原料と用役	
3.1 ジンバブエ国の石炭資源	3-1
3.2 電 力	3-3
3.3 工業用水	3-5
第4章 建設予定地の選定	4-1
第5章 アンモニア・尿素工場建設計画	
5.1 製造設備	5-1
5.2 実施計画	5-3
5.3 総所要資金	5-3
5.4 財務評価	5-6
5.5 経済分析	5-11
第6章 アンモニア工場建設計画	
6.1 製造設備	6-1
6.2 実施計画	6-1
6.3 総所要資金	6-1

6.4	財務評価	6-3
6.5	経済分析	6-7
第7章 アンモニア・メタノール工場計画		
7.1	メタノールの市場	7-1
7.2	アンモニア・メタノール製造設備	7-3
7.3	考察	7-4
第8章 アンモニア・タール工場計画		
8.1	コークス・タールの市場	8-1
8.2	アンモニア・タール製造設備	8-3
8.3	考察	8-5
第9章 結論と勧告		
9.1	結論	9-1
9.2	勧告	9-3

第 1 章 序 論

1.1 調査の背景

ジンバブエ国は1980年4月の独立以降、農業の発展を経済政策の中心に据え、土地の再配分、土壌改良、灌漑等を積極的に行うことによって農業生産を拡大する方針を掲げている。一方農産物増産に必要な肥料については、硝安、過燐酸石灰、重過燐酸石灰の生産を行っているが、不足するアンモニア（約100T/D）、尿素、カリなどを国外より輸入している。アンモニアに関しては3分の2を国産し3分の1を輸入しているのが現状である。

このような背景の下に、ジンバブエ国政府は、肥料の完全自給と、より安価な肥料供給体制を確立すべく、国内炭を原料として利用するアンモニア工場の建設計画に関するフィージビリティスタデー調査の実施について、1985年9月我が国の技術協力を要請した。

これに対し国際協力事業団は、1988年2月事前調査団をジンバブエ国に派遣し、ジンバブエ国関係機関と協議し、アンモニア工場建設計画に関するScope of Workを定めた。

本調査は、このScope of Workに基づき実施されたもので、1988年7月～8月に現地調査を行い、この結果に基づき国内作業を行い、結果を本報告書にまとめたものである。

1.2 調査の目的

本調査の目的は、ジンバブエ国において石炭を利用してアンモニアを生産し、さらに可能であれば他の付加価値のある化学製品を併産するようなアンモニア製造工場を建設しようという計画に関する技術的、経済的フィージビリティを調査することで、次の4つのケースについて検討した。

- ① アンモニアのみの場合
- ② アンモニアと尿素の場合
- ③ アンモニア（コークス炉ガスから合成される）とタールの場合
- ④ アンモニアとメタノールの場合

1988年8月25日ハラレで、現地調査に基づくプログレス報告書についてカウンター

パートである工業技術省と打合せを行い、上記4つのケースのうち重要なアンモニアのみの場合およびアンモニアと尿素の場合については建設費を算出し財務分析、経済分析を行ってプロジェクトの評価を行い、アンモニアとコールタールの場合およびアンモニアとメタノールの場合にはプロセスの検討まで行ってプロジェクトの評価を行うこととした。

第2章 ジンバブエ国の肥料事情

2.1 農業事情

農業はこの国の基幹産業でGDPの約12%を占め、食料を自給するのみならず総輸出額の40%を占めている。

農業の経営形態は次の3つに区分される。

- ・ Large Scale Commercial Farming : ヨーロッパ系入植者
- ・ Small Scale Commercial Farming : 現地人土地所有者
- ・ Communal Land Farming : 部族所有地および現地人の入植地（政府による農地買上げ後の土地）

Communal Land Farming は全人口の57%を吸収している。

主要作物は次の通りである。

Table 2-1 Crop Production by Sector

Unit: 1,000T

	1980			1983		
	Commerc.	Commun.	Total	Commerc.	Commun.	Total
Maize	910	600	1,510	624	285	909
Sorghum	16	66	82	7	44	51
Wheat	154	-	154	110	-	110
Groundnut	10	67	77	9	22	31
Soybean	89	8	97	78	2	80
Coffee	5	-	5	8	-	8
Cotton	145	12	157	114	32	146
Tobacco	119.8	0.2	120	93.3	0.6	93.9
Sugarcane	2,528	-	2,528	3,438	-	3,438
Tea	9	-	9	10	-	10

Source: Statistical Yearbook 1987

1986/87における作付面積は、以下の通りである。

Commercial farm 478,462 ha

Communal farm 1,811,996 ha

肥料消費量 (Nutrients) は、以下の通りである。

	総計	成分トン
Commercial farm	310 KT/Y	0.232 T/ha
Communal farm	120 KT/Y	0.0237 T/ha

2.2 肥料需要予測

(1) 作付面積

作付面積の伸び率を年5%とすると、1995/96の作付面積は以下のごとく予想される。

Commercial farm	600,000 ha
Communal farm	2,900,000 ha

(2) 単位面積当りの肥料消費

肥料消費量に関するCommercialの伸び率は年間2%と予想される。

1995/96のcommunal farmにおけるha当たりの消費量は、1995/96のcommercial farmにおけるha当たりの消費量の1/5になると考える。

1995/96のha当たりの消費量は、以下の通りである。

Commercial farm	0.277 T/ha
Communal farm	0.056 T/ha

(3) 窒素肥料

1995/96における窒素肥料消費量は、以下の通り予測される。

Commercial farm	$0.277 \times 0.54 \times 0.60 \text{MMha} = 89,748 \text{ TN/Y}$
Communal farm	$0.056 \times 0.54 \times 2.90 \text{MMha} = 87,696 \text{ TN/Y}$

計177,444 TN/Y \approx 177,400 TN/Y

(注) 肥料3要素中、Nの比率を0.54とする。

従って1995/96における窒素肥料需要はアンモニア換算 215,400トンとなる。
 また、アンモニアの需要は、他の推定も考慮して、安全サイドで 200,000トン
 (アンモニア)も予測される。

(4) 尿素肥料需要

現在ジンバブエ国の窒素肥料の大部分は SABLE社にて生産される硝安により賄われ、尿素は全量輸入されて追肥用単肥、複合肥料原料、牛の飼料として消費されている。

輸入量は下記の通りである。

Unit : T				
1983	1984	1985	1986	1988
24,000	30,265	32,182	24,106	1,031

尿素は窒素肥料として優れた性能を有し、硝安より尿素への代替は容易である。
 次の仮定を設けて1995/96年の尿素需要を推定した。

- ・農業、土壌、気象条件の良いMashonaland, Manicalandで使用される窒素肥料が尿素に代替される。これは全窒素肥料の76%に相当する。
- ・単肥として使用される窒素肥料が尿素に代替される。これは窒素肥料使用量の76%に相当する。
- ・尿素肥料需要推定 (1995/96)

$$180,000 \text{ TN/Y} \times 0.76 \times 0.76 = 104,000 \text{ TN}$$

$$= 226,000 \text{ 尿素 T}$$

(注) 0.46 NT = 1 尿素 T

本計算では、2.2(3)での 177,400TN/Yを丸めて 180,000TN/Yとした。

この外に

国内飼料用尿素 15,000 T/Y
 輸 出 尿 素 54,000 T/Y

(5) アンモニアおよび尿素の生産規模

1995/96 年におけるアンモニアおよび尿素の需要は、以下の通りである。

アンモニア 200,000 T

尿 素 226,000 T

以上より生産規模と以下の通り設定する。

アンモニア 600 T/D 198,000 T/Y

尿 素 525 T/D 173,250 T/Y (アンモニア 300T/D 相当)

アンモニア 300T/D は SABLE社に供給され、従来通り硝安が生産される。

第 3 章 原料と用役

3.1 ジンバブエ国の石炭資源

ジンバブエ国には22ヶ所の石炭埋蔵が知られており、その可採埋蔵量は10,571百万トンに達し、主として国の西北部および南部に分布している。

しかし、現在採炭の行われているのは、国の北西部HwangeにあるWankie鉱山のみで、その概要は次の通りである。

可採埋蔵量 655百万T

(うち露天掘) 324.8百万T

生産能力 600万T/Y

製品種類、価格

	<u>灰 分</u>	<u>価格 (Z\$/T)</u>
発電用炭	25%以下	13.41
一般用未篩分炭	14% max. 22%	25
一般用篩分炭	13% max. 18%	25
一般用洗炭、篩分炭	12% max. 15%	29
粘結炭	9~11%	33

本計画では石炭ガス化にTexaco法を採用することとし、Texaco法では各種石炭の使用が可能であるが、建設費、原単位を考慮して一般用未篩分炭を使用することとし、採取した石炭サンプルの分析結果を Table 3-1 に示す。

アンモニア計画およびアンモニア尿素計画における石炭消費量は約年間 240,000トンの供給は可能である。

アンモニア、メタノール計画では石炭消費が増加するために、発電用炭と混用となる。アンモニア・タール計画では年間1.32百万トンの粘結炭が必要で、現状では供給不能で、新たに粘結炭の採炭が必要である。

Table 3-1 Coal Analysis

Number of Coal	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
1. Total Moisture (Received Basis)	1.4	1.1	1.0	1.3	1.1	1.0	1.1	1.0
2. Proximate Analysis								
(1) Inherent Moisture	1.8	1.2	1.3	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2
(2) Ash	37.2	11.1	11.9	14.4	13.8	7.5	17.0	9.1
(3) Volatile Matter	17.5	28.0	28.0	24.2	30.4	30.4	30.7	29.7
(4) Fixed Carbon	43.5	59.1	58.8	59.9	61.0	60.9	61.1	60.0
3. Gross Heating Value (Inherent Moisture Basis)	4.700	7.440	7.270	7.020	7.090	7.760	7.820	7.920
4. Hardgrove Grindability Index	73	57	57	64	60	59	60	55
5. Crucible Swelling Number	1/2	1	1 1/2	1 1/2	1	5 1/2	6 1/2	1 1/2
6. Miltate Analysis (Dry Basis)								
(1) Ash	37.9	11.2	12.1	14.5	14.0	7.6	7.1	9.2
(2) Carbon	50.7	75.7	75.4	72.9	73.1	79.9	80.3	78.4
(3) Hydrogen	2.7	4.3	4.3	3.7	3.8	4.5	4.6	4.4
(4) Oxygen	6.2	4.6	4.6	5.5	5.4	4.8	5.0	5.2
(5) Nitrogen	1.1	1.6	1.5	1.6	1.5	1.7	1.6	1.5
(6) Inflammable Sulfur	1.40	2.47	2.13	1.71	2.18	1.37	1.37	1.33
(7) Total Sulfur	1.42	2.58	2.25	1.83	2.23	1.44	1.44	1.43
(8) Nonflammable Sulfur	0.02	0.11	0.12	0.12	0.10	0.06	0.07	0.10
(9) Chlorine	0.021	0.021	0.014	0.014	0.021	0.021	0.021	0.014
(10) Fluorine	0.013	0.014	0.015	0.012	0.012	0.015	0.008	0.009
7. Ash Mineral Analysis								
(1) SiO2	55.12	35.25	38.97	40.60	44.03	44.80	43.55	42.78
(2) Al2O3	30.90	21.70	22.68	23.40	24.80	28.76	28.25	27.40
(3) Fe2O3	8.00	19.00	16.10	13.70	16.50	3.30	2.70	4.92
(4) CaO	0.90	10.80	10.17	11.90	6.50	9.50	9.10	10.83
(5) MgO	0.50	0.80	1.36	1.10	0.70	0.70	1.30	1.00
(6) SO3	0.16	2.48	2.56	1.99	1.71	2.13	2.81	2.82
(7) P2O5	0.80	0.35	0.40	0.38	0.30	0.35	0.35	0.30
(8) TiO2	2.10	1.10	1.17	1.43	1.37	1.56	1.56	1.30
(9) Na2O	0.25	1.85	1.50	0.85	1.10	1.85	1.70	1.72
(10) K2O	0.70	0.38	0.40	0.30	0.30	0.50	0.58	0.55
8. Ash Fusion Temperature								
(1) Initial Deformation Temperature	RT (OT)	RT (OT)	RT (OT)	RT (OT)	RT (OT)	RT (OT)	RT (OT)	RT (OT)
(2) Softening Temperature	1.430 (1.550)	1.100 (1.320)	1.200 (1.330)	1.200 (1.330)	1.170 (1.310)	1.350 (1.370)	1.350 (1.370)	1.350 (1.370)
(3) Hemispherical Temperature	1.530 (1.600)	1.300 (1.350)	1.330 (1.360)	1.330 (1.360)	1.240 (1.330)	1.380 (1.400)	1.380 (1.400)	1.380 (1.410)
(4) Fluid Temperature	1.580 (1.605)	1.320 (1.360)	1.350 (1.360)	1.350 (1.360)	1.260 (1.340)	1.390 (1.410)	1.390 (1.410)	1.390 (1.420)

RT : Reducing ; (OT) : Oxidizing

3.2 電力

ジンバブエ国の電力はKariba水力発電所（666MW）、Hwange火力発電所（920MW）、大都市周辺の老朽化した小火力発電所およびザンビアからの買電により賄われている。

(1) 電力需給バランス

1985/86、86/87年の電力消費をTable 3 - 2に、現在の発電設備をTable 3 - 3に示す。

1986/87の総電力消費量は8,180GWhでザンビアからの買電量は2,214GWhとなっている。1980年以降7年間の電力消費の増加率は年平均約2%であるが、経済開発5ヶ年計画では今後年率3.5%の増加が見込まれ、1993/94年には年間需要10,688GWh、最大需要1,627MWが見込まれている。これに対応するためにKariba水力改良（666MW→750MW）、Kariba水力能力増強（300MW）、Hwange火力Ⅲ（440MW）が計画されている。

(2) 電力料金

過去においてジンバブエ国の電力料金は水力発電を主体として極めて安価に推移したが、国の経済成長にともない電力消費が増加し、Hwange石炭火力発電所を建設し、以来電力料金は年々上昇の傾向にあるが、世界全般的に見ると料金は安価に保たれている。1985/86、86/87年のSector別電力料金はTable 3 - 4の通りであるが、1988年10月からの料金改訂以降、工業用電力料金は、0.049 Z\$/kWhと試算される。

(3) 本プロジェクトに対する電力の供給

本プロジェクトの実施によりアンモニアが石炭より生産されると、現在SABLE社で運転中の水の電気分解による水素からのアンモニア合成は中止となり、水の電気分解に消費する電力が不要となり約100,000kWの電力が余剰となるため、基本的に本プロジェクトへの電力の供給に問題はない。

サイトがKwekwe地区の場合、ZESAの変電所の能力に余裕がないが、SABLE社への供給分が不要となるので問題はない。

サイトがHwangeの場合、サイトはHwange火力の近傍であり電力供給に問題はない。Kwekwe、Hwange地区ともに送電幹線に接続し、電力の供給状況は安定しているの
で、工場側に自家発電所をもつ必要はない。

Table 3-2 ZESA Energy Balance

1985/86 Energy in kWh	Source	1986/87 Energy in kWh
3,146,077,790 3,291,318,000	Import ex Zambia (1) Kariba entitlement	2,214,964,600 3,022,725,700
6,437,395,790 1,863,618,000 211,367,210	Sub total Hwange power station sent out Old thermals sent out	5,237,690,300 3,441,809,000 201,777,790
8,512,381,000 322,349,576	Interconnected System Sent Out Transmission losses (6)	8,881,277,090 (3) 354,275,065
8,190,031,424 577,191 631,410 13,966,306	Bulk supply sent out Triangle Ltd (2) ZESCO Chirundu and Victoria Falls (2) ESCOM (Beitbridge) (2)	8,527,002,025 (4) 479,621 439,780 16,937,335
8,205,206,331 322,076,823	Distribution losses (7)	8,544,858,761 364,369,873
7,883,129,508	Total sales	8,180,488,888

- NOTE: 1) Excess of Kariba entitlement
 2) Imports at distribution voltage
 3) Maximum demand on interconnected system 1,342.0 MW
 4) Maximum demand at bulk supply points 1,294.5 MW
 5) Load factors @ 3) 75.55%
 @ 4) 75.22%
 6) Transmission losses 3.99%
 7) Distribution losses 4.26%

Table 3-3 Power Station in Zimbabwe

Power Station	Type	Unit x Output MW	Total output MW	Start of operation
Kariba South	Hydro	6 x 111	666	1960
Hwange-I	Coal	4 x 120	480	1986
Hwange-II	Coal	2 x 220	440	1988
Munyati	Coal	2 x 60	120	Before 1966
Harare	Coal	2 x 10 2 x 20	60	ditto
Bulawayo	Coal	2 x 15 3 x 30	120	ditto
Total			1,886	

Table 3-4 Power Tariff

Unit: Z\$/kWh

	1985/1986	1986/1987
Mining	0.04886	0.04970
Industrial	0.03456	0.03558
Farming	0.06844	0.06805
Municipal	0.03977	0.04447
Commercial & Lighting	0.07784	0.08067
Domestic	0.07532	0.08080
Weighted average	0.04320	0.04594

3.3 工業用水

工業用水は化学工業には重要な要素で、本計画ではアンモニアおよび尿素を生産する場合、8,400 T/D の工業用原水を必要とする。

(1) Kwekwe地区

この地区には Sebakwe河、Kwekwe河があるが、すでに農業用、生活用および工業用に水を供給し、本プロジェクトへの供給余力に乏しい。

ジンバブエ国を定期的に訪れる異常渇水年を考慮すると工業用水の確保に心配がある。

(2) Hwange地区

Zambezi 河からの取水が可能であるが、45kmの送水配管を必要とする。

第 4 章 建設予定地の選定

KwekweとHwange地区を工場建設対象地として比較検討を行った。

i. Location	Hwange	Kwekwe
a) Adjacent township	○	○
b) Area availability	○	○
c) Land cost	○	○
d) Weather condition	○	○
e) Soil condition	○	○
ii. Utilities		
a) Water supply		
- Availability	○	×
- Quality	○	○
- Cost	△	×
b) Electric power		
- Availability	◎	○
- Cost	○	○
iii. Transport Infrastructure		
a) Road condition	○	○
b) Railway condition	○	○
iv. Transportation and Distribution		
a) Raw coal transportation	◎	△
b) Product ammonia distribution	△	◎
c) Product distribution	△	○
v. Employee Recruiting		
	○	◎

Notes: ◎ Excellent
 ○ Adequate
 △ Inadequate
 × Unavailable

原料、製品輸送の面よりKwekweが経済的に優れているが、用水入手が困難のためHwangeを建設予定地とした。

第5章 アンモニア・尿素工場建設計画

5.1 製造設備

(1) 基本的考え方

設備	能力 (T/D)	年間稼働 330日 (T/Y)
アンモニア	600	198,000
尿 素	525	173,250
硫黄回収	18.1	5,973
アンモニア出荷設備	300	99,000

生産されるアンモニア 600T/D 中、300T/DはHwangeにて尿素の原料として消費され、残り300T/DはSABLE 社に送られて硝安の原料として消費される。

(2) 製造プロセスの概要

フローシートをFig. 5-1に示す。原料炭は微粉碎され、水スラリーとしてガス化炉に供給され、空気分離装置からの高圧酸素と反応し、 H_2 、 CO 、 CO_2 より成る反応ガスとなる。反応ガスは CO コンバーターに送られ、 H_2 および CO_2 の混合ガスとなり、次いで酸性ガス除去設備にて、硫黄化合物および CO_2 が除去される。同ガスは窒素洗浄設備にて精製され、必要量の N_2 ガスと混合され、アンモニア合成塔に送られアンモニアが製造される。

アンモニア設備の概念設計には次のプロセスを対象と考えた。

石炭ガス化炉にはTexaco法を対象とした。Texaco法はWankie炭の使用が可能で、ガス化効率が高く、分解ガス中にメタン、タール等副生物を含まぬので工程が簡単になる。

脱硫、脱炭酸設備にはRectisol法を対象とした。

Rectisol法は入手容易なメタノールを溶媒として使用し、分離した炭酸ガスと硫黄化合物を高濃度にて個別に得ることができる。硫黄化合物よりClaus法により高濃度の固体硫黄を得る。

アンモニア合成にはKellogg法を対象とした。合成圧力は $150kg/cm^2$ 以下となり回転式圧縮機の適用が容易で、実績も多い。

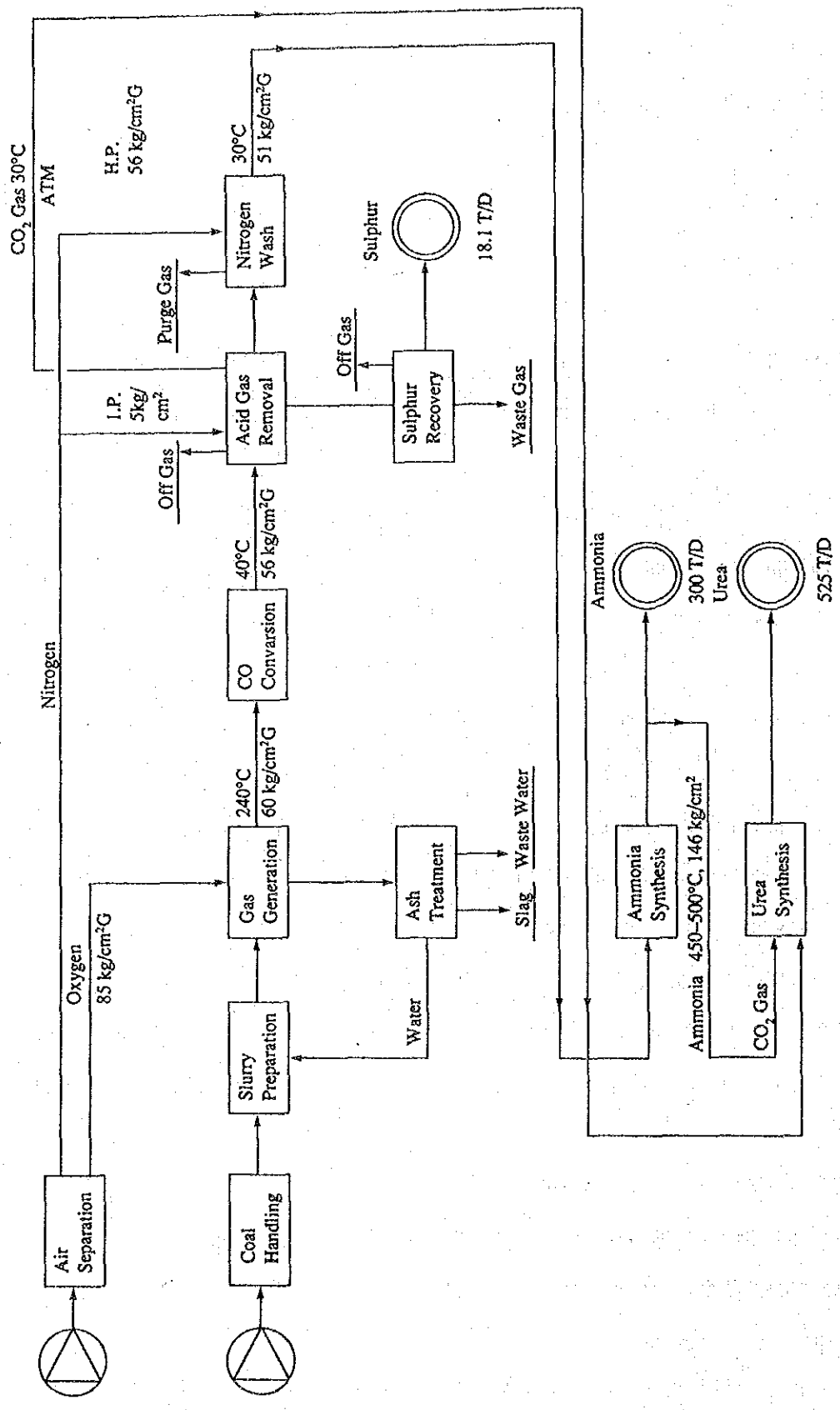


Fig. 5-1 Block Flow Diagram of Project (Ammonia/Urea Production)

尿素設備は Stamicarbonプロセスを概念設計のベースとした。同法は省エネルギー型プロセスで実績も多い。尿素の造粒には流動層式造粒法を採用した。これにより粒子強度は高く、粒度の均一な大粒子が得られ固結しにくく、また他の肥料との混合が容易である。

5.2 実施計画

F/S 報告提出	1989年6月
プロジェクト実施決定	1989年12月
建設契約	1990年12月
建設開始	1991年1月
建設完了	1993年12月
商業運転開始	1994年1月

5.3 総所要資金

総所要資金とはプラントの運転を開始するまでに必要な資金の合計であり、以下に述べるプロジェクト費用、操業前費用、運転資金、オペレーションコンサルタント費用および建設期間中の金利を含む。

(1) 積算のための基本条件

・機器の調達方式：

競争入札により調達することとした。

・価格の基準：

1988年末の価格を基準とし、各費用の実際の出費までの時期に合わせ所要のエスカレーションを見込んだ。

・積算のための通貨と換算率：

外貨部分は US\$と日本円で積算し、日本円で積算したものは1US\$ = 130円の交換率でUS\$に換算した。現地通貨部分はジンバブエ・ドル(Z\$)で積算し、1US\$ = 1.8 US\$ の交換率で US\$に換算した。

・エスカレーション：

総所要資金の算定にあたっては、エスカレーション率を年 3.5% (内貨部分・外貨部分共) とした。

・ 輸入関税：

生産財の輸入関税は免除となる。従って輸入関税は計上しない。

(2) プロジェクト費用

プロジェクト費用には以下の費用が含まれるものとする。

- ・ 土地購入費と造成費
- ・ プラント建設費
- ・ スペアパーツ（2年分）
- ・ 触媒および薬品
- ・ 予備費

(3) 操業前費用

操業前費用には以下の費用が含まれるものとする。

- ・ コンサルタント費（5名、3年6ヶ月）
- ・ 要員訓練費（国外：12名×3ヶ月、国内：60名×6ヶ月）
- ・ 管理費
- ・ 試運転費用（正味1ヶ月、平均操業率：80%、原料・用役原単位：商業運転時の120%、試運転期間中に得られる7,200Tのアンモニアおよび12,600Tの尿素は外販する）

(4) 初期運転資金

本調査では以下の費用を見込んだ。

- ・ 手持ち現金（人件費の1月分相当額と初年度の売掛金）
- ・ 触媒・薬品（1年分相当）
- ・ 原料在庫（4,000Tの原料炭）

(5) オペレーションコンサルタント費（操業初年度に5名）

(6) 建中金利

外貨部分を年利10%の長期借入金、内貨部分と建設期間中の金利を自己資金で賄うものとし、建設期間中の金利を算出した。

(7) 総所要資金

上記の資金計画に基づき総所要資金を計算し、Table 5-1に示す。

Table 5-1 Summary of Total Capital Requirement

Unit : US\$1,000

	Foreign	Local	Total
[in 1988 Constant Price Base]			
Project Cost	202,114.9	76,261.2	278,376.1
Pre-operation Cost	5,315.0	7,068.7	12,383.7
Working Capital	1,100.0	5,597.4	6,697.4
Operation Consultant	1,150.0	127.8	1,277.8
Interest during Construction	35,388.7	0.0	35,388.7
Total Financing Required	245,068.6	89,055.2	334,123.8
[Current Price Base]			
Project Cost	230,399.8	88,229.9	318,629.8
Pre-operation Cost	6,056.8	8,282.4	14,339.1
Working Capital	1,306.5	6,648.0	7,954.5
Operation Consultant	1,365.8	151.8	1,517.6
Interest during Construction	39,977.8	0.0	39,977.8
Total Financing Required	279,106.7	103,312.1	382,418.8

Note: Project Cost covers following costs.

- Land Acquisition and Site Preparation Cost
- Plant Construction Cost
- Spare Parts for 2 years
- Catalysts & Chemicals (initial charge)
- Physical Contingency

5.4 財務評価

(1) 主要前提条件

1) プロジェクトの期間

- ・入札業務：6ヶ月
- ・建設期間：3年
- ・運転期間：15年

2) 価格の基準

財務分析で用いる価格は全て1988年固定価格とし、現地通貨および日本円で見積ったものは以下の換算レートで US\$ に換算する。

- ・ 1 US\$ = 1.87\$ = 130円

3) 生産および販売計画

本プロジェクトの生産および販売計画を Table 5 - 2 に示す。

Table 5-2 Production and Sales Plan

Unit: T/Y

Project Year	1	2	3-15
On-stream Factor	80%	90%	100%
Ammonia Section			
Production Volume	158,400	178,200	198,000
Sales Volume			
Ammonia-A	76,000	76,000	76,000
Ammonia-B	<u>23,000</u>	<u>23,000</u>	<u>23,000</u>
Sub-Total	99,000	99,000	99,000
to Urea Plant	56,400	79,200	99,000
Stock	3,000	(3,000)	(3,000)
Total	158,400	178,200	198,000
Urea Section			
Production Volume	98,700	138,600	173,250
Sales Volume	88,700	138,600	173,250
Stock	10,000	(10,000)	(10,000)

製品アンモニア A は SABLE社が生産しているアンモニアを代替し、B は輸入アンモニアを代替するものである。製品の工場出荷価格は市場調査の結果に基づき、Table 5 - 3 に示すとおりとする。

Table 5-3 Sales Prices

Unit: US\$/T

		Weighted Average
Ammonia-A	361.3	} 351.6
Ammonia-B	319.2	
Urea	237.4	237.4

4) 法人税と減価償却

本プロジェクトに対しては税引き前利益の50%の法人税が賦課される。ただし、この法人税は投資コスト（プラント代金）が回収されるまでは免除されるものとする。また、減価償却は以下のとおりである。

項 目	減価償却方法	残存価値
機 器	10年定額	10%
土建と建屋	20年定額	10%
操業前費用	5年定額	—
建中金利	5年定額	—

5) 運転資金

以下に示す流動資産から流動負債を引いた額を運転資金と定義する。

① 流動資産

- ・現 金：人件費の1ヶ月分
- ・触媒薬品：1年分相当の触媒・薬品
- ・原料在庫：石炭 4,000 T
- ・製品在庫：アンモニア 3,000 T および尿素10,000 T
- ・売掛金：アンモニアおよび尿素的販売代金の1ヶ月分

② 流動負債

- ・買掛金：原材料費（石炭・電力）の1ヶ月分

6) 資金計画

上記の「総所要資金」の積算結果に基づき、建中金利を除く総投資額の70%を長期借入金で、残りの30%および建中金利を自己資金で賄うものとする。

長期借入金の条件は以下のとおりとする。

- ・金利：年率10%
- ・返済：10回/10年
- ・返済免除期間：借入れ調印後4年間

なお、運転期間中に資金不足が発生した場合は、下記の条件の短期借入金を導入するものとする。

- ・金利：年率15%
- ・返済：金額翌年返済

(2) 総所要資金

財務分析の実施を目的に価格上昇を除いた1988年固定価格ベースの総所要資金を算出し、その結果をTable 5-4に示す。

Table 5-4 Total Capital Requirement

Unit: US\$ Million

	1990	1991	1992	1993	Total
Application of Funds					
Project Cost	0.00	76.63	147.95	53.80	278.38
Preoperation Cost	0.64	1.69	4.01	6.05	12.38
Initial Working Capital	0.00	0.00	0.00	6.70	6.70
Interest During Const.	0.02	2.79	10.85	18.49	32.15
Total	0.66	81.11	162.80	85.03	329.60
Source of Funds					
Equity	0.21	26.28	56.43	38.45	121.38
Long-term Loan	0.45	54.83	106.37	46.58	208.22
Total	0.66	81.11	162.80	85.03	329.60

Note: Operation consultant cost is not included in the above table, but included in operation cost at the 1st year of commercial operation

(3) 運転費用

1) 石炭

アンモニアの製造に必要な石炭の量および単価を各々、1.21T/T・アンモニアおよび13.89US\$/Tとした。

2) 電力

石炭からアンモニアおよびアンモニアから尿素を製造するのに必要な電力原単価は下記のとおりである。電力の平均単価は0.027US\$/kWhとした。

- ・アンモニア製造：848.0 kWh (取水・送水用 34.8kWhを含む)
- ・尿素製造：224.0 kWh (取水・送水用 6.6kWhを含む)

3) 製品梱包費

製品尿素は50kg詰めのポリエチレン製の袋に入れて出荷させる。肥料袋の価格は一枚当たり83Zφである。

4) 触媒および化学品

触媒および化学品の年間平均費用を1,100,000US\$と見積った。

5) 副製品控除

原料ガスの脱流工程より回収される年間5,973トン（100%操業時）の副製硫黄を販売するものとし、運転費用から硫黄の販売代金を控除する。硫黄価格は国際価格と同額の100US\$/Tとした。

6) 人件費

本計画の実施に必要な要員は526名であり、その年間費用は10,453,000Z\$である。なお、操業初年度は上記以外に、外国人のオペレーションコンサルタント5名を雇用するために、1,278千US\$の費用が必要となる。

7) 管理費

人件費の100%とする。

8) 補修費

プラントの年間補修費をプラントコストの1.5%とする。

9) 保険代

年間の保険代をプラントコストの0.7%とする。

(4) 財務分析結果

以上の前提諸条件に基づき算出された財務指標は以下のとおりである。IRR（IRROI税引前）の指標からはプロジェクト実施の妥当性が示される。

- ・ IRROI（税引前）：10.4%
- ・ IRROI（税引後）：7.9%
- ・ IRROE（税引前）：9.8%
- ・ IRROE（税引後）：6.4%
- ・ 総投資回収期間：7.2年
- ・ 自己資金回収期間：10.7年

(5) 感度分析

感度分析を以下の表にまとめる。

Table 5-5 Summary of Sensitivity Analysis

Unit: %

Parameter	IRROI (b/tax)	IRROI (a/tax)	IRROE (b/tax)	IRROE (a/tax)
Product Price				
+10%	12.6	9.7	13.6	9.9
Base Case	10.4	7.9	9.8	6.4
-10%	8.0	5.9	5.0	2.3
Plant Investment Cost				
+10%	9.0	6.8	7.1	3.8
Base Case	0.4	7.9	9.8	6.4
-10%	12.0	9.3	12.6	9.1
Raw Material Cost				
+20%	9.9	7.5	8.8	5.4
+10%	10.1	7.7	9.3	35.9
Base Case	10.4	7.9	9.8	6.4
-10%	10.7	8.2	10.2	6.8
-20%	10.9	8.4	10.7	7.1
Financing Source				
Base Case	10.4	7.9	9.8	6.4
Soft Loan Case	10.4	7.9	17.4	14.4
Soft Loan with 11 yrs Grace of Repayment	10.4	7.9	20.8	18.8
Equity Ratio				
20%	10.4	7.9	9.3	5.4
30% (Base Case)	10.4	7.9	9.8	6.4
40%	10.4	7.9	10.0	6.7
Inflation				
0% (Base Case)	10.4	7.9	9.8	6.4
3%	14.1	10.7	16.0	11.8
5%	16.5	12.7	19.8	15.1
Operating Rate				
1994 1995 1996 1997 1998 60%, 70%, 80%, 90%, 100%	8.8	6.4	6.1	3.1
Soft Loan with 11 yrs Grace of Repayment	8.8	6.4	16.0	13.4

(6) 以下に財務分析の要約を示す。

- ・プロジェクトの評価の指標である内部収益率 (IRROI)は税引前で10%を越え、本プロジェクトの妥当性を示している。
- ・操業開始時には資金繰りにやや難があるが、それ以降の資金繰りに問題はなく、プロジェクト全体の収益性は良好である。
- ・ソフトローンを想定した場合には、感度分析から明らかなように、プロジェクトの収益性を大幅に向上し、資金不足は一切発生しない。それ故、本計画の実施にあたっては、できるだけ低利で有利な資金を調達するよう努力すべきである。
- ・以上を総合すると、本計画は主要前提条件に大きな変化がない限り、IRROEを改善すれば財務的に妥当な計画である。

5.5 経済分析

本経済分析では、定量的および定性的分析に分けるが、定量分析では、経済的内部収益率 (EIRR) および外貨節約効果を算出し、本プロジェクトを評価する。さらに定性的な便益の評価を行った。

(1) 経済的内部収益率 (EIRR)

1) 主要前提条件

- ・トランスファー項目の削除
- ・修正為替レート $SER = 1.25 \cdot OER$
- ・修正賃金 $SW = 0.3$

2) 計算結果

各種国際機関のガイドラインでは、プロジェクトの種類によって異なるが経済的内部収益率に対するプロジェクト実施の判定基準 (カットオフレート) を8%~12%程度としている場合が多い。本プロジェクトのEIRRは11.4%を示す。

(2) 外貨収支への影響

1) 前提

本検討は、1988年固定価格で行い、従ってインフレーションの影響を考慮に入れない。

2) 計算結果

本計画の実施によりプロジェクト終了時には 237百万US\$ が外貨バランスとして

残ることになる。

3) その他の経済効果

鉱業部門特に石炭産業、エネルギー部門、輸送部門、農業部門、雇用機会の増大、関連産業への波及等、本プロジェクトの実施は大きな経済効果が期待できる。

この中でも特筆すべきものは、農業部門における肥料の安定供給であり、またエネルギー部門では、次の波及効果が期待できる。

SABLE 社がアンモニアプラントの運転を休止すれば、約100MW の電力が節約でき、ジンバブエ国の電力供給に大きく貢献する。さらに、100MW の石炭火力発電所の建設には約15千万US\$ の投資が必要と言われ、本プロジェクトを実施すればこの投資が節約できる。

また、Kwekwe地区はHwangeおよびKaribaの両主力発電所より遠く、330KV の送電線によって電力供給を受けているが、電力需要が大きいため、すでに送電線および開閉所の増設なしには新しい需要に対応できない状況にある。従って、本プロジェクトによって、電気分解によるアンモニアの生産を止めると約 100MWの電力を同地区で節約できることの意義は単に発電の面だけでなく送電の面でも設備投資の節約をとめない効果が大きい。

第 6 章 アンモニア工場建設計画

6.1 製造設備

(1) 基本的考え方

設備	能力 (T/D)	年間稼働 330日 (T/Y)
アンモニア	600	198,000
硫黄回収	18.1	5,973
アンモニア出荷設備	600	198,000

生産されるアンモニアは全量タンク車でKwekweに輸送され、300T/Dは SABLE社で硝安原料として消費される。残り300T/Dはジンバブエ政府の手により今後計画される窒素系肥料の原料として消費される。

(2) 製造プロセスの概要

5章5.1(2)参照

6.2 実施計画

5章5.2に同じ

6.3 総所要資金

総所要資金には以下のプロジェクト費用、操業前費用、運転資金および建設期間中の金利が含まれる。

(1) 積算のための基本条件

5章5.3に同じ

(2) プロジェクト費用

5章5.3に同じ

(3) 操業前費用

操業前費用には以下の費用が含まれるものとする。

- ・コンサルタント費（4名、3年6ヶ月）
- ・要員訓練費（国外；10名×3ヶ月、国内；50名×6ヶ月）

・管理費

・試運転費用（正味1ヶ月、平均操業率：80%、原料・用役原単位：商業運転時の120%、試運転期間中に得られる14,400トンのアンモニアは外販する）

(4) 初期運転資金

5章5.3に同じ

(5) オペレーションコンサルタント費（操業初年度に4名）

(6) 建中金利

5章5.3に同じ

(7) 総所要資金

本計画実施のための総所要資金をTable 6-1に示す。

Table 6-1 Summary of Total Capital Requirement

Unit: US\$ 1,000

	Foreign	Local	Total
[in 1988 Constant Price Base]			
Project Cost	178,507.5	66,316.7	244,824.2
Preoperation Cost	4,480.0	4,492.4	8,972.4
Working Capital	1,000.0	4,699.1	5,699.1
Operation Consultant	920.0	102.2	1,022.2
Interest during Construction	31,137.8	0.0	31,137.8
Total Financing Required	216,045.3	75,610.5	291,655.7
[Current Price Base]			
Project Cost	203,517.2	76,687.1	280,204.3
Preoperation Cost	5,107.1	5,230.8	10,337.9
Working Capital	1,187.7	5,581.1	6,768.8
Operation Consultant	1,092.7	121.4	1,214.1
Interest during Construction	35,180.5	0.0	35,180.5
Total Financing Required	246,085.1	87,620.4	333,705.5

Note: Project Cost covers following costs.

- Land Acquisition and Site Preparation Cost
- Plant Construction Cost
- Spare Parts for 2 years
- Catalysts & Chemicals (initial charge)
- Physical Contingency

6.4 財務評価

(1) 主要前提条件

1) 生産および販売計画

本プロジェクトの生産および販売計画をTable 6-2に示す。

Table 6-2 Production and Sales Plan

Unit: T/Y

Project Year	1	2	3-15
On-stream Factor	80%	90%	100%
Production Volume	158,400	178,200	198,000
Sales Volume			
Ammonia-A	76,000	76,000	76,000
Ammonia-B	23,000	23,000	23,000
Ammonia-C	56,400	79,200	99,000
Stock	3,000	(3,000)	(3,000)
Total	158,400	178,200	198,000

製品アンモニアAはSABLE社が生産しているアンモニアを代替し、Bは同社が輸入しているアンモニアを代替するものである。CはHwengeを対象とした製品である。

製品の工場出荷価格は市場調査の結果に基づき、Table 6-3に示すとおりとする。

Table 6-3 Sales Prices

Unit: US\$/T

Ammonia-A	361.3
Ammonia-B	319.2
Ammonia-C	337.3

2) その他

5章5.4に同じ

(2) 総所要資金

財務分析の実施を目的に価格上昇を除いた1988年固定価格ベースの総所要資金を

算出し、その結果をTable 6-4に示す。

Table 6-4 Total Capital Requirement

Unit: US\$ Million

	1990	1991	1992	1993	Total
Application of Funds					
Project Cost	0.00	67.49	130.48	46.85	244.82
Preoperation Cost	0.51	1.43	3.63	3.40	8.97
Initial Working Capital	0.00	0.00	0.00	5.70	5.70
Interest during Const.	0.02	2.45	9.55	16.21	28.23
Total	0.53	71.37	143.66	72.16	287.72
Source of Funds					
Equity	0.17	23.13	49.79	32.99	106.08
Long-term Loan	0.36	48.25	93.88	39.17	181.65
Total	0.53	71.37	143.66	72.16	287.72

Note: Operation consultant cost is not included in the above table, but included in operation costs.

(3) 運転費用

1) 電力

石炭からアンモニアを製造するのに必要な電力原単位は 848.0kWh/T (取水・送水用6.6kWh/Tを含む)である。電力の平均単価は0.027US\$/kWhとした。

2) 人件費

本計画の実施に必要な要員は 341名であり、その年間費用は 6,989,000US\$である。なお、操業初年度は上記以外に、外国人のオペレーションコンサルタント4名を雇用するために、1,022千US\$の費用が必要となる。

3) 触媒および化学品

触媒および化学品の年間平均費用が1,000,000US\$と見積った。

4) その他

5章5.4参照(尿素のためのバッグは必要なし)

(4) 財務分析結果

以上の前提所条件に基づき算出された財務指標は以下のとおりである。何れの指標からもプロジェクト実施の妥当性が示される。

・ IRROI (税引前) : 12.5%

・ IRROI (税引後) : 9.7%

・ IRROE (税引前) : 13.4%

- IRROE (税引後) : 9.8%
- 総投資回収期間 : 6.2年
- 自己資金回収期間 : 8.1年

(5) 感度分析

Table 6-5 Summary of Sensitivity Analysis

Unit: %

Parameter	IRROI (b/tax)	IRROI (a/tax)	IRROE (b/tax)	IRROE (a/tax)
Product Price				
+10%	14.6	11.5	17.2	13.3
Base Case	12.5	9.7	13.4	9.8
-10%	10.2	7.7	9.4	6.0
Plant Investment Cost				
+10%	11.0	8.5	10.8	7.2
Base Case	12.5	9.7	13.4	9.8
-10%	14.2	11.1	16.5	12.7
Raw Material Cost				
+20%	12.0	9.3	12.5	9.1
+10%	12.2	9.5	13.0	9.5
Base Case	12.5	9.7	13.4	9.8
-10%	12.7	9.9	13.9	10.2
-20%	13.0	10.0	14.3	10.6
Financing Source				
Base Case	12.5	9.7	13.4	9.8
Soft Loan Case	12.5	9.7	22.3	19.3
Soft Loan with 11 yrs Grace of Repayment	12.5	9.7	25.5	23.6
Equity Ratio				
20%	12.5	9.7	13.7	9.9
30% (Base Case)	12.5	9.7	13.4	9.8
40%	12.5	9.7	13.2	9.8
Inflation				
0% (Base Case)	12.5	9.7	13.4	9.8
3%	16.1	12.6	19.6	15.1
5%	18.6	14.4	23.4	18.6
Operating Rate				
<u>1994 1995 1996 1997 1998</u>				
60% 70% 80% 90% 100%	10.9	8.2	10.5	7.0
Soft Loan with 11 yrs Grace of Repayment	10.9	8.2	20.8	18.5

(6) 財務分析結果のまとめ

以下に財務分析の要約を示す。

- ・アンモニアの平均製造原価は242US\$/Tで、SABLE社の既存プラントの製造原価および輸入価格を下回る。従って、製造原価の分析から本プロジェクト実施の妥当性が示される。
- ・プロジェクトの評価の指標である内部収益率（IRROI）は税引前で10%を越え、本プロジェクトの妥当性を示している。
- ・操業開始時には資金繰りにやや難があるが、それ以降の資金繰りに問題はなく、プロジェクト全体の収益性は良好である。
- ・ソフトローンを想定した場合には、感度分析から明らかなように、プロジェクトの収益性は大幅に向上し、資金不足は一切発生しない。それ故、本計画の実施にあたっては、できるだけ低利で有利な資金を調達するよう努力すべきである。
- ・以上を総合すると、本計画は主要前提条件に大きな変化がない限り、財務的に妥当な計画である。

6.5 経済分析

本経済分析では、定量的および定性的分析に分けるが、定量分析では、経済的内部収益率（EIRR）および外貨節約効果を算出し、本プロジェクトを評価する。

(1) 経済的内部収益率（EIRR）

1) 主要前提条件

- ・トランスファー項目の削除
- ・修正為替レート $SER = 1.25 \cdot OER$
- ・修正賃金 $SW = 0.3$

2) 計算結果

本プロジェクトのEIRRは11.5%である。

(2) 外貨収支への影響

1) 前提

本検討は、1988年固定価格で行い、従ってインフレーションの影響を考慮に入れない。

2) 計算結果

本計画の実施によりプロジェクト終了時には146百万US\$が外貨バランスとして残ることになる。

第7章 アンモニア・メタノール工場計画

7.1 メタノールの市場

(1) メタノールの用途

世界における用途別メタノールの使用量は Table 7-1 の通りである。

Table 7-1 Categorical Demand for Methanol
(Percentage estimates for 1982)

Unit: %

Fields of Demands	U.S.A.	Western Europe	Japan
Formalin	30 %	50 %	47 %
Chloromethanes	9	6	3
MTBE	8	5	—
DMT	4	4	1
Methylamine	4	4	2
MMA	4	3	6
Acetic acid	12	5	10
For solvent	10	6	6
Blending with Gasoline	6	5	—
Others	13	12	25
Total	100	100	100
Demand of Methanol (1,000 T)	3,155	3,257	1,070

Source: 'World trend of Methanol', Kagaku Keizai, January, 1984.

メタノールは主としてホルマリン、酢酸の原料として消費されていたが最近では自動車用ガソリン配合の用途が増加して来た。

(2) 燃料用メタノール

世界的に自動車用ガソリンの無鉛化が進み、日本では分解ガソリンによるオクタン価向上が計られているが、アメリカおよびヨーロッパではMTBEおよびアルコール類の添加によるオクタン価向上が計られ、最近ではメタノール需要の20%がガソリ

ン混合用に使用されている。

またメタノールはオクタン価向上剤としての使用のみでなく、ガソリンおよびディーゼル油に次ぐ第3の自動車用燃料として100%メタノールの使用が研究されている。

この技術は従来のガソリンエンジン、ディーゼルエンジンの改造を含め開発途上にある。

(3) ジンバブエ国におけるメタノール需要

ジンバブエ国では従来自動車用ガソリンの輸入量を節減するために自産のエタノールをガソリンに混合して来た。またその効果を高めるために現在の5ヵ年計画期間中にエタノールの混合量を20%まで高めることを目標としている。さらにディーゼル油についてはメタノール20%を混合することを計画している。

最近数年間のジンバブエ国のメタノール輸入量は年間100～190トンにすぎぬが、ジンバブエ国で消費するディーゼル油に20%のメタノール配合が可能であればメタノールの需要は年間205,000トンに達する。

(4) ジンバブエ国におけるメタノール設備能力

現在のディーゼル油に20%のメタノールの配合が可能であれば需要は年間205,000トンとなり、日産600トンのメタノール工場が必要となる。現在世界で計画されるメタノールプラントの能力は日産2,000～3,000トンである。600T/Dの規模は過少ではあるが、内陸国であるジンバブエ国への輸入メタノールの価格を考えればメタノールプロジェクトは実施可能であろう。

しかしディーゼルエンジンへのメタノール使用技術は開発途上にあり、またこのためにエンジンの改造が必要となればエンジン改造の設備も必要となる。従ってメタノールプロジェクトはメタノール用エンジンが完成されその実績を検討したのち計画すべきと考える。また100%メタノールエンジンが完成すればメタノールの需要量も増大し、更に経済的なメタノール工場の建設が可能となる。

石炭を原料としてメタノールを製造する場合、後述するようにガス化炉は3基(予備1基)となり、その工程はアンモニアと条件が異なるので別系統となるので、メタノール工場はアンモニア工場と個別に建設しても経済的損失は少ないものと考えられる。従ってメタノール工場はメタノール用ディーゼルエンジンの開発をまって計画すべきと考える。

7.2 アンモニア・メタノール製造設備

(1) 製造設備の基本的考え方

上述のようにアンモニア設備とメタノール設備は時期をずらして並設することとしその能力は下記の通りとする。

アンモニア 600T/D

メタノール 600T/D

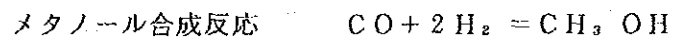
(2) 製造設備

メタノール製造のブロック・ダイアグラムをFig. 7-1に示す。

製造工程はメタノール合成設備を除きアンモニア製造工程に類似している。

1) 石炭ガス化炉はアンモニアの場合と類似のものが必要であるが、下流の条件が異なるために、反応条件は異なりガス化炉の基数は常用2基、予備1基となろう。

2) CO転換設備



アンモニア合成原料ガスを製造する場合にはガス化炉よりの反応ガス中のCOの全量がH₂に転換するようにCO転換反応を進めるが、メタノール合成の場合には水素ガス2モルに対し一酸化炭素1モルが残るようにCO転換反応の条件を調整する。

以上のようにアンモニアとメタノールの製造設備はよく類似しているが、夫々の反応条件は異なるので同一の設備で両者を生産することはできない。

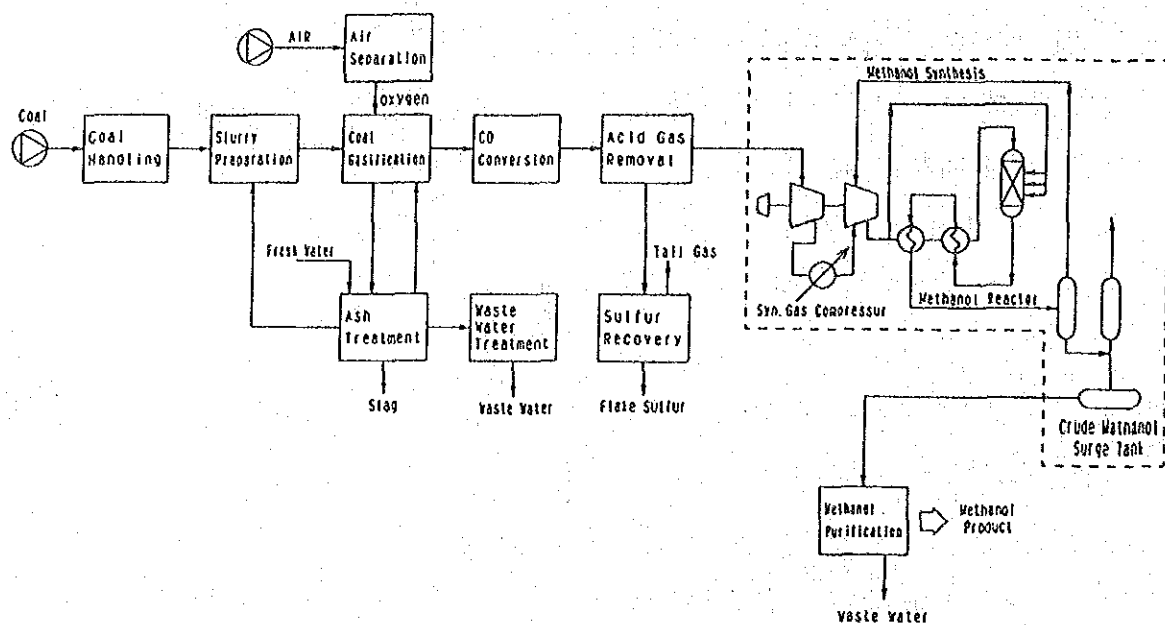


Fig. 7-1 Block Diagram for the Methanol Process

7.3 考察

メタノールをディーゼル油に20%配合することが可能になれば600T/Dのメタノール設備をアンモニア設備に並設することが可能となるが、メタノールのディーゼルエンジン燃料としての使用は開発途上にある。ジンバブエ国でメタノールプロジェクトを実施する場合にはメタノールのディーゼルエンジンに燃料化の技術が完成した後、その経済性を検討して、メタノールプラントをアンモニアプラントに並設すべきと考える。

第8章 アンモニア・タール工場計画

8.1 コークス・タールの市場

(1) タールの用途

タールは石炭を乾留してコークスを製造する際に発生する石炭分解ガス中より分離される液状物で、多くの芳香族有機化合物を含んでいる。タールは精密分留されて医薬、農薬、染料等有機化学品の原料として使用されるとともに、目的に応じて分留され、道路舗装材、木材防腐材、炭素電極原料、カーボンブラック原料、ピッチコークス原料等に使用される。

ジンバブエ国ではタールの分留が行われていないために、粗ベンゼンが自動車ガソリン配合用に、タールの一部が道路舗装に用いられ、残りは用途がないために燃料として使用されている。

(2) ジンバブエ国におけるコークスおよびタールの需給バランス

コークス炉によるコークス、タールの生産は ZISCO社、WANKIE社の2社で行われ、その状況は次の通りである。

	製品	生産量	消費
<u>ZISCO 社</u>			
	コークス(KT/Y)	540	全量製鉄用に自消
	COG(Nm ³ /H)	26,400	全量燃料用に自消
	コールタール(KT/Y)	22	燃料：自消13 販売7.2 舗装用：販売1.8
	粗ベンゼン(KI/Y)	1,800	NOCZIM社へ販売、ガソリン混合用
<u>WANKIE社</u>			
	コークス(KT/Y)	168	輸出60% 国内40%
	COG(Nm ³ /H)	8,200	自消燃料70%、燃焼30%
	コールタール(KT/Y)	11	舗装用、燃料用販売50%
	粗ベンゼン(KI/Y)	2,900	ガソリン混合77%、タール混合23%

またコークスおよびタール製品の輸出入実績は次の通りである。

コークス輸出入実績

	Unit:T				
	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
輸入	39,408	52,950	87,633	175,170	96,140
輸出	135,272	101,871	89,612	113,133	24,537

タール関連製品の輸入実績

	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
コールタール (T)	207	265	401	297	194
クレオソートオイル (K1)	625.9	157.5	118.4	339.6	181.4
ベンゼン (K1)	36,106	33,928	419	494	260
ビチューメン (T) (アスファルト系)	15,476	13,757	11,610	16,366	15,433

① コークス

ZISCO, WANKIE両社の生産能力に余裕があるにもかかわらず1986年以降輸入が増加しているのは、Wankie炭中の硫黄および燐分が多いため、コークスの品質によるものと考えられる。

ジンバブエ国におけるコークス需要は ZISCO並びにWANKIE社の現有設備で十分賄われる能力をもっている。

② コールタール

現在ジンバブエ国では、コークス炉ガスより粗ベンゾールと粗タールが回収され、各成分の分留は行われていない。

粗ベンゾールはNOCZIM社にてガソリン混合用に利用され、粗タールの一部が道路舗装用に使用されるが、残部は燃料として消費されている。

道路舗装にタールを使用すると耐久性が低いために、年間15,000トンのピチュメンが輸入されている。道路舗装用タールは舗装最下層の防水層に使用され、その量は年間3,600トンと推定される。

少量のクレオソート油（木材防腐剤）、ベンゼンが輸入されている。現在 ZISCO 社ではWANKIE社と ZISCO社の粗タールを併せて分留精製する計画があるが、これによりタール製品の国内供給が可能になろう。

- ③ 上記の通りコークス、コールタールに関しては供給能力が需要を上廻り、新規プラントを必要としない。

8.2 アンモニア・タール製造設備

前項で述べたように、ジンバブエ国においてコークスおよびタールの供給能力は充分にあり、新たにコークス炉ガスを原料としアンモニアを生産し併せてコークスおよびコールタールを生産する必要性はないが、コークス炉ガスを原料としてアンモニアを製造した場合の全体像を見るために検討を行った。

(1) 製造設備の基本的考え方

Wankie鉱山の粘結炭を原料としコークス炉にてコークスを製造し、そのとき副生するコークス炉ガスを原料としてアンモニアを製造する。アンモニアの製造能力は600T/Dとする。

(2) 製造設備

Fig 8-1 ブロックダイヤグラムに製造工程の概要および原料、製品、副製品の関係を示す。コークス炉ガスはガス中にタール分が残留しているためと、メタン等の炭化水素を含有するために石炭直接ガス化に比してアンモニア合成までの工程が複雑になる。

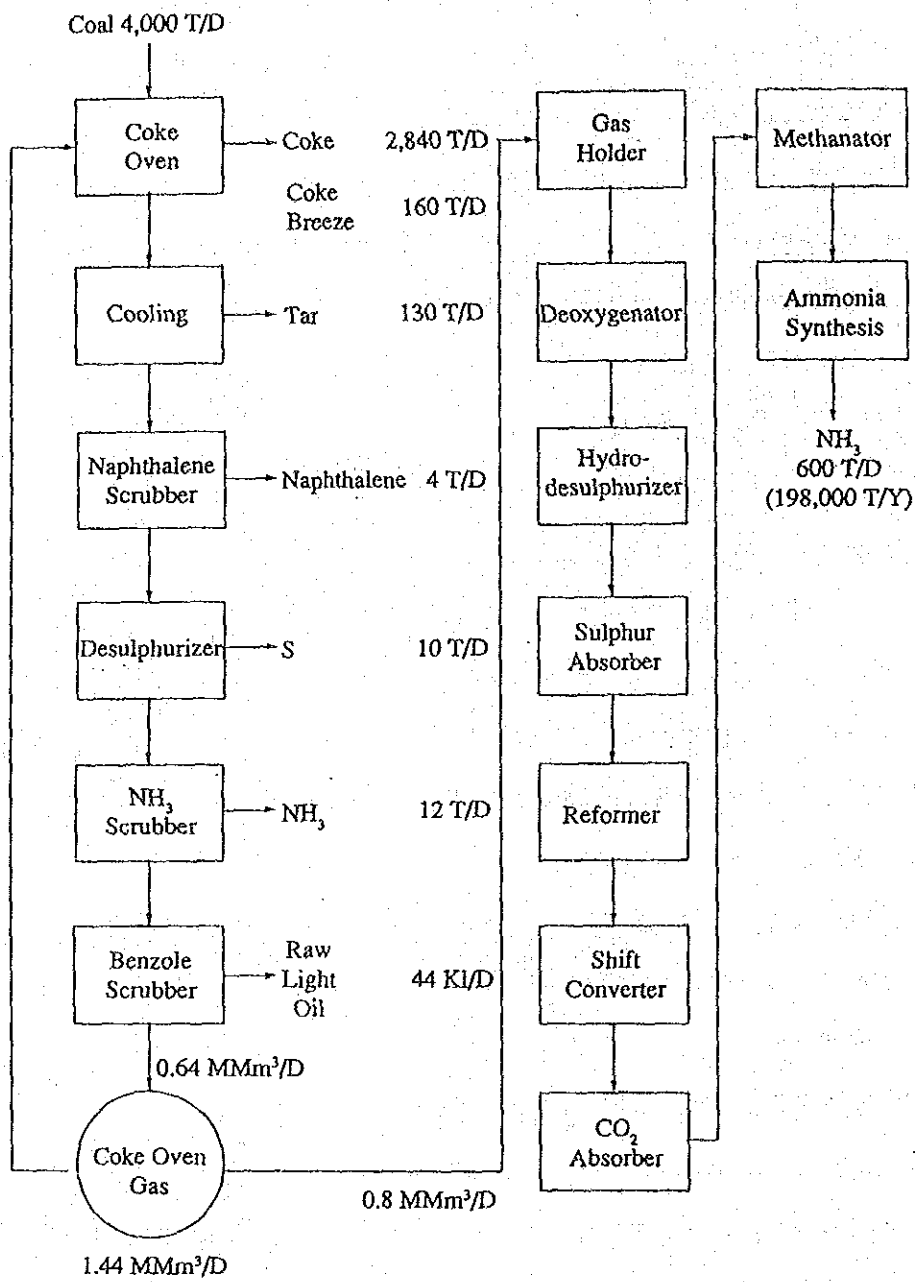


Fig. 8-1 Block Diagram for the Coke-Oven Ammonia Process

(3) 原料、製品、副生品の関係

<u>項目</u>	<u>T/D</u>	<u>T/Y (330 日稼動)</u>
原料 石炭	4,000	1,320,000
製品 アンモニア	600	198,000
コークス	3,000	990,000
タール	130	42,900
ナフタリン油	4	1,320
粗軽油 (kl/D)	44	14,520
副製 アンモニア	12	3,960
硫黄	10	3,300

8.3 考 察

本プロジェクトを実施した場合の状況を現状と比較すると、以下の通りである。

	<u>現 況</u>	<u>プロジェクト実施後</u>
粘結炭	生産量 840,000T/Y	新たに1,320,000Tが必要となり 供給不能。
コークス	生産量 708,000T/Y	新たに990,000Tの増加となり 消費不能。
タール	生産量 33,000T/Y	新たに 42,900T増加し燃料以外 用途なし。

従ってコークスおよびタールを製造し、副生するコークス炉ガスよりアンモニアを製造する計画は適当でない。

第9章 結論と勧告

9.1 結論

本調査ではジンバブエ国において石炭を原料としてアンモニアを生産し、さらに付加価値のある化学製品を併産するアンモニア製造工場の建設計画について調査し次の4つのケースについて検討した。

- ・アンモニアと尿素の場合
- ・アンモニアのみの場合
- ・アンモニアとメタノールの場合
- ・アンモニア（コークス炉ガスから合成される）とタールの場合

その結論は次の通りである。

(1) 市場

1) アンモニア

市場調査の結果より窒素肥料の需要を推定し、これよりアンモニアの必要量は1995/96年に年間約20万トンとした。このためには600T/Dのアンモニア設備が必要となる。

2) 尿素

尿素有潜在需要は1995/96年に年間約226千トンと推定し、今後不足する窒素肥料は尿素によって供給されるとして、525T/Dの尿素設備が必要となる。

3) メタノール

ジンバブエ国内で使用するディーゼル油にメタノールが20%添加されるとすると、メタノールの必要量は1995年には年間205,000トンとなる。このためには600T/Dのメタノール設備が必要となるが、ディーゼル油/メタノール混合燃料の使用技術は開発途上にあるので、この完成をまってメタノールの生産は計画されるべきである。

4) コールタール

現在コールタールはWANKIE社、ZISCO社で生産され、需要が少いために一部は燃料として使用されている。従ってコークス炉ガスを原料としてアンモニアを製造すると大量のコールタールおよびコークスが市場に供給され大過剰となる。輸出が必要となるがこれも困難なので、このプロジェクトの実施は不可能である。

(2) 原料石炭

1) アンモニア・尿素、アンモニア計画

一般用未篩分炭（灰分14%、max 22%）を使用し、その量は年間 240,000トンで、現在のWANKIE社の設備で供給可能である。

2) アンモニア・メタノール計画

メタノール生産のためには新たに250,000T/Yの石炭が必要となる。アンモニア生産のための240,000T/Yと合算すると一般用未篩分炭では供給不足となり、発電用炭（灰分25%以下）を使用することとなる。

3) アンモニア・タール計画

年間 1,320,000トンの粘結炭が必要となり、現在のWANKIE社の設備では供給不能である。

(3) 建設予定地

HwangeとKwekweについて検討した。Kwekweは用水が不足するのでHwangeを予定地として選定した。

(4) 技術

石炭からのアンモニア製造プロセス、尿素製造プロセス、メタノールの製造プロセスはいずれも多くの実績があり実施に当たり技術的に問題はない。

(5) 総所用資金（実施ベース）

Unit : 1,000US\$

	<u>アンモニア・尿素プロジェクト</u>	<u>アンモニア・プロジェクト</u>
外貨	279,106.7	246,085.1
内貨	103,312.1	87,620.4
合計	382,418.8	333,705.5

(6) 財務分析

	<u>アンモニア・尿素</u>	<u>アンモニア</u>
IRROI (税引前)	10.4%	12.5%
IRROI (税引後)	7.9%	9.7%
IRROE (税引前)	9.8%	13.4%
IRROE (税引後)	6.4%	9.8%

アンモニア・尿素プロジェクトに比しアンモニア・プロジェクトの利益率が良いのはアンモニアおよび尿素の国内価格の設定が相対的にアンモニアプロジェクトに有利に働いているためである。アンモニア・プロジェクトでは生産量600T/Dのうち300T/DはSABLE社に供給されるが、残りの300T/Dは今後ジンバブエにて計画されるプロジェクトに供給される。

したがってアンモニアおよび計画されるプロジェクトを併せ検討した場合の利益率とアンモニア・尿素プロジェクトの利益率が比較されねばならない。

利益率、資金繰りより見て両プロジェクトはフィージブルと考えられる。また外貨借入にソフトローンを適用すれば資金繰りは更に容易となりIRRROEは向上する。

(7) 考察

- 1) アンモニア・尿素プロジェクトの場合にはアンモニア300T/DはSABLE社で硝安原料となり、残り300T/Dは新尿素工場で尿素原料となる。この結果ジンバブエ国は硝安、尿素2種類の肥料を生産できるだけでなく、将来電力料金が上昇しても安価な肥料を供給することができるようになる。

調査団はアンモニア・尿素プロジェクトは最良のプロジェクトであり、実施すべきものとする。

- 2) アンモニア・プロジェクトは利益率は良いが、アンモニア300T/DはSABLE社で硝安原料となり、残り300T/Dは今後計画されるプロジェクトにより消費される。従ってこのプロジェクトとアンモニア・プロジェクトとは並行して実施されねばならない。600T/Dのアンモニア工場を建設した場合に、生産量が300T/Dでは設備の性格から運転不能となる。
- 3) アンモニア・メタノールプロジェクトはディーゼル油/メタノール混合燃料用エンジン完成後、その効果を調査したのち慎重に検討されねばならない。
- 4) アンモニア・コールタールプロジェクトはインフィージブルである。

9.2 勧告

調査団はアンモニア・尿素プロジェクトを最良のプロジェクトとし、その実施にあたり次の通り勧告する。

- (1) ジンバブエ国では従来、窒素肥料には硝安が使用され、農民は尿素の使用に馴れ

ていない。尿素の生産に先がけジンバブエ政府は尿素の使用法につき農民の指導を行う。

- (2) 尿素の生産が開始されるまで、年々窒素肥料の需要は増加し、不足分は海外より輸入の必要がある。輸入窒素肥料としては尿素を輸入し尿素需要の拡大を計る。
- (3) 運転前のオペレーター訓練は重要で、SABLE社またはWANKIE社にて化学プラント・オペレーションの訓練を実施する。
- (4) SABLE社は良好な管理の下に高能率の生産を継続している、このプロジェクトが実施されるとアンモニア設備は休止されるが、硝酸および硝安の生産は継続される。この硝酸、硝安設備は将来リハビリテーションが必要となろう。設備の老朽化に応じ適切な改修工事を行う。
- (5) このプロジェクトが実施されるとHwange、Kwekwe、Harare間の輸送量が増加する。またHarareより肥料需要地への肥料輸送量が増加する。これに備えあらかじめ輸送計画の立案する。

JICA