

ザンビア共和国
窒素肥料工場改修計画
調査報告書

1982年3月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1019372[0]

ザンビア共和国
窒素肥料工場改修計画
調査報告書

1982年 3月

国際協力事業団

国際協力事業団		
受入 月日	84. 8. 23	533
登録No.	13721	684 MPI

は し が き

日本国政府は、ザンビア共和国の要請に基づき同国窒素肥料工場改修計画のフィージビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、安達勝雄氏を団長とする調査団を編成し、1981年2月20日から3月21日まで及び10月2日から11月5日までザンビア共和国に派遣した。

同調査団は、ザンビア共和国政府及び関係機関と協議し、かつその協力を得てプロジェクト関連地域の踏査、関係資料の収集等を行なった。帰国後現地調査の結果をふまえ、関連データの検討、解析等の国内作業を行った。

本報告書は、この成果を取りまとめたものである。本報告書が、ザンビア共和国における窒素肥料工場改修計画の推進に貢献できれば幸いである。

終りに、調査に際し多大の御協力をいただいたザンビア共和国政府、在ザンビア日本国大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し衷心より感謝の意を表わすものである。

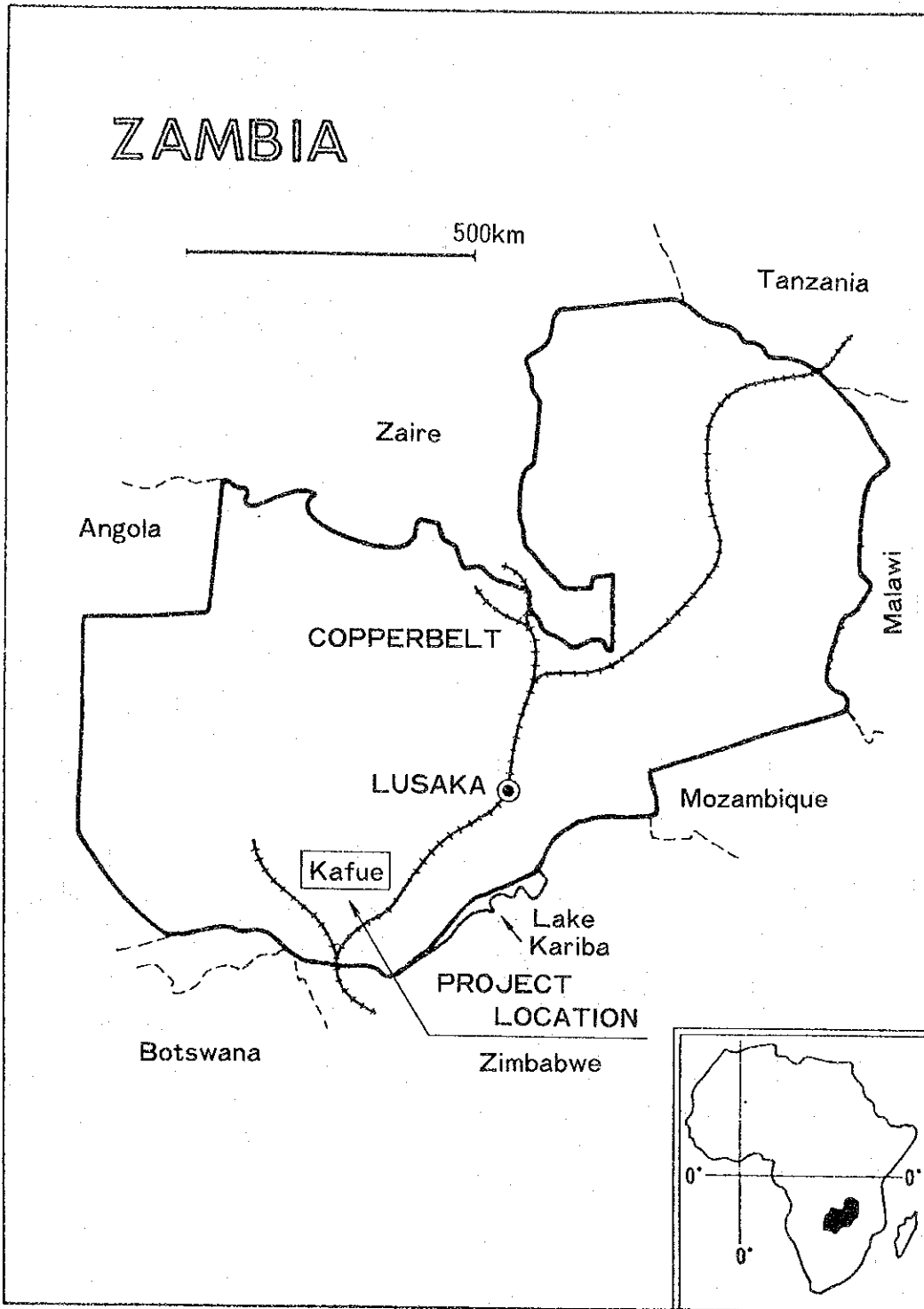
1982年3月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

ZAMBIA

500km



目 次

要約, 結論及び勧告	要-1
第1章 序 論	1-1
第2章 ザンビア国の食糧, 肥料事情	
2.1 食糧事情	2-1
2.1.1 主要穀物生産	2-1
2.1.2 流通経路	2-2
2.1.3 政府の方針	2-2
2.2 肥料事情	2-5
2.2.1 国産肥料	2-5
2.2.2 肥料の流通経路	2-5
2.2.3 肥料の需給状況	2-5
第3章 NCZの現況	
3.1 設立の経緯	3-1
3.2 NCZの概要	3-1
3.3 既設工場	3-2
3.3.1 概 要	3-2
3.3.2 操業以来の実績	3-2
3.4 新設工場	3-2
3.5 新設完成後のNCZ肥料工場の概要	3-4
3.5.1 既設工場と新設工場の設備的關係	3-4
3.5.2 NCZ既設, 新設プラントにおける製品バランス	3-4
3.6 NCZの管理体制	3-7
3.6.1 NCZの職制機構及び配員	3-7
3.6.2 職務規定	3-8
3.6.3 運転管理	3-8
3.6.4 安全管理, 教育	3-9

3.6.5	保守管理	3-10
第4章 既設工場の技術検討		
4.1	既設工場のプロセスの説明	4-1
4.1.1	既設工場全般	4-1
4.1.2	アンモニアプラント	4-1
4.1.3	硝酸プラント	4-2
4.1.4	硝安プラント	4-2
4.1.5	付属設備	4-2
4.2	既設工場の現状及び問題点	4-7
4.2.1	概 要	4-7
4.2.2	アンモニアプラント	4-13
4.2.2.1	301 石炭ハンドリング設備	4-13
4.2.2.2	302 石炭ガス化設備	4-13
4.2.2.3	303 脱硫設備	4-16
4.2.2.4	304～309 ガス精製及びアンモニア合成設備	4-17
4.2.2.5	310 圧縮機セクション	4-27
4.2.2.6	311 空気分離装置	4-28
4.2.3	硝酸プラント	4-29
4.2.4	硝安プラント	4-34
4.2.5	付属設備	4-39
4.2.5.1	601 水処理設備	4-39
4.2.5.2	604 取水設備	4-40
4.2.5.3	605 廃水処理設備	4-40
4.2.5.4	602 ボイラ	4-40
4.2.5.5	計装設備	4-41
4.2.5.6	電気設備	4-47
4.3	開放点検結果	4-51
4.3.1	概 要	4-51
4.3.2	各設備の状況	4-53
4.3.2.1	301 石炭ハンドリング設備	4-53

4.3.2.2	302 石炭ガス化設備	4-53
4.3.2.3	303 脱砒化水素設備	4-53
4.3.2.4	304～308 ガス精製設備	4-54
4.3.2.5	309 アンモニア合成設備	4-55
4.3.2.6	310 圧縮機セクション	4-55
4.3.2.7	311 空気分離装置	4-56
4.3.2.8	401 硝酸プラント	4-56
4.3.2.9	501 硝安プラント	4-58
4.3.2.10	601 水処理設備	4-59
4.3.2.11	602 ボイラー	4-59
4.3.2.12	604 取水設備	4-59
4.3.2.13	605 廃水処理設備	4-60
4.3.2.14	計装設備	4-60
4.3.2.15	電気設備	4-60

第5章 設備改修計画案

5.1	改修計画の基本的考え方	5-1
5.2	最適案選定のための計画案	5-1
5.2.1	3案の比較検討	5-3
5.2.2	最適案の選定	5-5
5.3	設備改修計画	5-5
5.3.1	修理・改修の範囲	5-5
5.3.2	修理・改修工事の問題点	5-6

第6章 改修工事計画

6.1	本プロジェクトの範囲	6-1
6.2	機器及び材料の調達	6-1
6.3	機器及び材料の内陸輸送	6-1
6.3.1	鉄道ルート	6-1
6.3.2	道路ルート	6-2
6.3.3	サイトにおける荷卸し及び保管	6-2

6.4	現地工事	6-2
6.4.1	スクラップアンドリプレース工事	6-3
6.4.2	部品交換又は部分補修工事	6-3
6.4.3	オーバーホール工事	6-3
6.4.4	その他の工事	6-3
6.4.5	現地工事工数	6-3
6.4.6	スタッフ, スーパーバイザー, 技能士の動員計画	6-3
6.4.7	建設機械及び建設用工具	6-4
6.4.8	工事用ユーティリティー	6-4
6.4.9	N C Z 既設施設の利用	6-4
6.4.10	サブコントラクター	6-4
6.5	試運転	6-5
6.5.1	試運転の体制	6-5
6.5.2	試運転の内容	6-5
6.6	プロジェクトスケジュール	6-5
6.7	トレーニング	6-5
6.7.1	国外におけるトレーニング	6-5
6.7.2	オンザジョブトレーニング	6-6
6.8	コンサルティング	6-6
第7章 必要資金		
7.1	改修工事費	7-1
7.1.1	算出の基礎	7-1
7.1.2	必要投資金額	7-1
7.2	必要資金の調達	7-1
7.2.1	外貨分	7-1
7.2.2	内貨分	7-3
7.3	資金配分計画	7-3
7.4	必要投資金額見積の基礎	7-3
7.4.1	輸送及び保険	7-3
7.4.2	現地工事	7-4

7.4.3	現地工事機材	7-4
7.4.4	監督, 指導	7-5
7.4.5	トレーニングフィー	7-5
7.4.6	予備費	7-5
第8章 事業実施体制		
8.1	実施体制	8-1
8.2	管理内容	8-1
8.2.1	工程管理	8-1
8.2.2	品質管理	8-1
8.2.3	原価管理	8-1
8.2.4	資材管理	8-1
8.2.5	労務管理	8-1
8.2.6	安全管理	8-1
8.3	管理体制	8-1
8.3.1	N C Z の管理体制	8-1
8.3.2	コントラクターの管理体制	8-2
第9章 財務評価		
9.1	財務評価の基本的方針	9-1
9.2	生産販売計画	9-1
9.2.1	販売計画	9-1
9.2.2	改修工事を行わない場合の既設プラントの販売量	9-3
9.2.3	生産計画	9-3
9.2.4	改修工事を行わない場合の既設プラントの生産計画	9-3
9.3	製造原価要素	9-4
9.3.1	既設プラントの製造原価要素	9-4
9.3.2	新設プラントの製造原価要素	9-4
9.4	償却, 金利, 返済	9-4
9.4.1	1981年度末の既設プラント	9-4
9.4.2	新設プラント	9-4

9.4.3	既設プラント改修工事費	9-5
9.4.4	償却	9-5
9.5	その他要素	9-5
9.5.1	運転資金	9-5
9.5.2	租税	9-5
9.6	販売価格	9-5
9.6.1	各製品の販売価格	9-6
9.6.2	製造原価算出の条件	9-6
9.7	プロジェクトライフ	9-7
9.8	財務分析	9-7
9.8.1	改修工事による収益性の改善	9-7
9.8.2	改修工事の投資効果	9-8
9.8.3	NCZ社全体の損益見通し	9-10
9.8.4	感度分析	9-12
	付表一覧	9-20
第10章	経済効果	
10.1	外貨節約	10-1
10.2	付加価値	10-1

LIST OF TABLES

Table 2-1	Changes in Planted Area and Marketed Production During The 1979/80 Crop Season	2-3
Table 2-2	Demand Projections and Estimates of Production for Important Agricultural Commodities in 1983	2-4
Table 2-3	Fertilizer Sales Volume by NAM Board (Actual and forecast 1972 through 1987)	2-6
Table 2-4	Comparison between Demand and Production of NCZ for Ammonium Nitrate (1980 through 1987)	2-6
Table 3-1	Production Results of NCZ	3-3
Table 3-2	Sales and Profit Results of NCZ	3-3
Table 3-3	Outline of Expansion Plant	3-3
Table 3-4	Organizational Position	3-8
Table 3-5	Statistics of NCZ Personnel Accidents	3-9
Table 4-1	Statement of Production	4-8
Table 4-2	Present Conditions of Facilities	4-10
Table 4-3	Operation Data of Gas Purification and Ammonia Synthesis Section ..	4-18
Table 4-4	Causes of Stoppage (Gas Purification and Ammonia Synthesis Section) ..	4-20
Table 4-5	Differential Pressure of Primary Shift Converter	4-23
Table 4-6	Operation Data for Ammonia Converter	4-25
Table 4-7	Nitric Acid Production and Ammonia Consumption	4-30
Table 4-8	Time and Causes of Stoppage (Nitric Acid Plant)	4-31
Table 4-9	Production Conditions of Ammonium Nitrate Plant	4-35
Table 4-10	Analysis Data of Ammonium Nitrate	4-38
Table 4-11	NCZ-Owned Test Instrument	4-45
Table 4-12	Operation Data of Main Motors	4-50
Table 4-13	Sectionwise Numbers of Equipment/Machinery to be Rehabilitated	4-52
Table 5-1	Comparison of the Three Rehabilitation Plans	5-2
Table 6-1	Construction Facilities	6-11
Table 6-2	Sub-contractors	6-13
Table 7-1	Capital Requirements	7-2
Table 7-2	Capital Allocation	7-3
Table 7-3	Interest during Construction	7-3
Table 7-4	Supervisor's Fee	7-5
Table 9-1(1)	Production Plan	9-2
Table 9-1(2)	Sales Plan	9-2
Table 9-2	Production Plan of Existing Plant	9-3

Table 9-3	Cost Factors of Existing Plant	9-14
Table 9-4(1)	Cost Factors of Expansion Plant (Unit Consumption)	9-16
Table 9-4(2)	Cost Factors of Expansion Plant	9-17
Table 9-5	Production Volume	9-6
Table 9-6	Raw Materials of Compound Fertilizers	9-19
Table 9-7	Distribution of Fixed Costs	9-7
Table 9-8	Efficiency Improvements	9-7
Table 9-9	Profit and Loss Positions after Tax for Ten Years	9-8
Table 9-10	Investment Effect	9-9
Table 9-11	Cumulative Profit	9-11
Table 9-12	Sensitivity Analysis - Investment Effect	9-12
Table 9-13	Sensitivity Analysis - Profitability (1)	9-12
Table 9-14	Sensitivity Analysis - Profitability (2)	9-13
Table 10-1	Foreign Exchange Saving	10-2
Table 10-2	Value Added	10-2
(Attachment)	9-20~92

* Base Study

Table 9.8-1	Investment Effect of Rehabilitation
2	Existing Plant not Rehabilitated
3-7	Existing Plant Rehabilitated
8-11	Integration of Existing & Expansion Plant

* Sensitivity Study (1) (Sales Price)

Table 12-14	Investment Effect of Rehabilitation
15-23	Existing Plant Rehabilitated
24-32	Integration of Existing & Expansion Plant

* Sensitivity Study (2) (Interest Rate)

Table 33-38	Existing Plant Rehabilitated
-------------	------------------------------

LIST OF FIGURES

Fig. 3-1	Outline of Ammonia Plant Capacity	3-5
Fig. 3-2	Production Balance (as per The Plan NO.3)	3-6
Fig. 4-1	General Block Diagram	4-4
Fig. 4-2	General Layout of NCZ	4-5
Fig. 4-3	Present Site Plan	4-6
Fig. 6-1	Tanzania Zambia Railway Line	6-7
Fig. 6-2	Mobilization Scheme for Contractor's Labour	6-8
Fig. 6-3	Mobilization Scheme for Contractor's Staff/Supervisor/Technician	6-9
Fig. 6-4	Provisional Project Schedule for NCZ Rehabilitation Work	6-10
Fig. 8-1	Organization Structure for NCZ	8-3
Fig. 8-2	Organization Structure for Contractor	8-4
Fig. 9-1	Basis of Production Cost Calculation	9-18

APPENDIX

1. Program of Survey and Evaluation Study
2. Members of the First and Second Survey Team
3. Itinerary of the First and Second Survey
4. Places Visited
5. List of Documents Provided to Survey Team
6. Members of the Zambian Counterpart Team, NCZ
7. Description of Process
8. Result of Check/Inspection and Rehabilitation Works
9. List for Renewal and Newly Installed Equipment
10. List for the Parts of Equipment to be Replaced.
11. – Minutes –
The First Field Survey
12. – Interim Report –
The Second Field Survey

ABBREVIATIONS

NCDP	National Commission for Development Planning
ZIMCO	Zambia Industrial and Mining Corporation
NAM Board	National Agricultural Marketing Board of Zambia
INDECO	INDECO Limited
ZESCO	Zambia Electric Supply Corporation
NCZ	Nitrogen Chemicals of Zambia Limited
GDP	Gross Domestic Product
GNP	Gross National Product
IRR	Internal Rate of Return
Y	Year
M	Month
D	Day
H	Hour
Min	Minute
Sec	Second
km	Kilometer
m	Meter
mm	Millimeter
m ²	Square Meter
m ³	Cubic Meter
l	Liter
T	Metric Ton
Kg	Kilogramme
g	Gramme
kg/cm ² G	Kilogramme Per Square Centimeter Gauge

KV	Kilovolt
V	Volt
KVA	Kilovolt Ampere
KW	Kilowatt
KWh	Kilowatt-hour
Hz	Hertz(Frequency)
°C	Degree Centigrade
%	Percent
wt %	Weight Percent
vol. %	Volume Percent
ppm	Parts Per Million
AN	Ammonium Nitrate
AS	Ammonium Sulphate
ANBA	Ammonium Nitrate for Blasting Agent
CF	Compound Fertilizer
K	Kwacha
Y	Yen

要約，結論及び勧告

要約，結論及び勧告

1. 調査の背景，目的

ザンビア共和国は肥料の自給を計るために，首都ルサカ市の南方 50km のカフエ市に，アンモニア年産 30,000T，硝酸 50,000T，硝安 60,000T の肥料工場を建設し，1970 年より肥料の生産を開始した。続いて，さらに肥料の自給率を高めるためにアンモニア年産 66,000T，硝酸 70,000T，硝安 80,000T，硫安 50,000T，複合肥料 141,000T の新工場を建設し，1982 年より製造運転を開始する予定である。

しかしながら 1970 年より運転を開始した既設工場は既に 10 年を経過して，設備の老朽化が進み，生産量も 70% 程度に低下した。このまま放置した場合には，今後数年のうちに生産量はさらに低下し，肥料の自給計画に重大な影響を及ぼすことが予測された。

ザンビア共和国政府より日本国政府に既設工場改修のためのフィージビリティスタディ (F. S.) の要請がなされ，国際協力事業団はザンビア国に調査団を派遣し，F. S. 調査を行った。

本調査の目的は生産量低下の原因を明らかにし，当初の設計能力の範囲内にて安定操業が出来るような改修計画案を策定し，その財務，経済効果を評価することとした。

2. 調査の範囲及び内容

本調査の内容は下記のごとく大別される。

- (1) ザンビア共和国における経済事情，肥料需給状況の調査
- (2) 肥料工場の現況及び生産低下の原因調査
- (3) 老朽化設備の点検及び老朽化の状況把握
- (4) 改修計画案の策定
- (5) 本計画案の所要資金の算定及び資金計画の策定
- (6) 本計画の財務分析及び経済評価

調査団は 1981 年 2 月 20 日より 3 月 21 日に至る 30 日間，ザンビア国 NCZ 肥料工場を生産運転時に訪問し，同国の経済ならびに肥料需給状況，NCZ の現況，生産低下の原因を明らかにし，あわせて運転停止時に解放点検すべき機器を選定した。この調査の結論に基づいて，1981 年 10 月 2 日より 11 月 5 日に至る 35 日間，定期点検のための NCZ の操業停止時に現地調査を行ない，個別機器の点検を行って老朽化の度合を把握した。

3. ザンビアにおける肥料需給状況

- (1) ザンビア国の食料自給率は現在50%で、食料輸入がこの国の外貨事情を大きく圧迫している。
- (2) 第3次国家開発計画は食糧自給を第一目標とし、いくつかの農業プロジェクトが計画され、1983年には食糧自給が達成される予定である。本開発計画が達成されるためには、肥料の確保が必須の条件となる。
- (3) NCZはザンビア国における唯一の肥料工場で、硝安肥料を製造している。一方、NAM Boardは肥料を輸入し、国産肥料とあわせて専売制で肥料の販売を行っている。
- (4) NCZは現在既設工場にて40,000T/Yの硝安を製造し、20,000T/Yを鉱山用発破薬に、残りを肥料用に付けている。

又、1982年より新設工場によりさらに硝安80,000T/Y、複合肥料141,000T/Yの増産を計画している。

しかしながら、NAM Boardの需給計画によると、NCZ増産計画完了後も窒素肥料は不足し、大量の尿素肥料を輸入することになっている。

- (5) 従って既設肥料工場の生産低下は大問題で、その改修工事が絶対に必要である。

4. NCZの現状

NCZの概要は次の通りである。

- (1) 資本金 K 12,880,000
- (2) 所在地 KAFUE (首都 LUSAKA 南方50km)
- (3) 従業員 1,000人 増設完了後 1,500人の予定
- (4) 既設工場設計能力(1970年生産開始)

アンモニア	30,000T/Y
硝酸	50,000T/Y
硝安	60,000T/Y
- (5) 新設工場設計能力(1982年生産開始の予定)

アンモニア	66,000T/Y (アンモニア合成原料ガス部門90,000T/Y)
硝酸	70,000T/Y
硝安	80,000T/Y
硫酸	50,000T/Y
複合肥料	141,000T/Y

アンモニア設備は最終製品部門の能力に比し、過剰の能力を有している。

(6) 操業以来の生産量及び売上高の実績

	<u>アンモニア (T/Y)</u>	<u>硝酸 (T/Y)</u>	<u>硝安 (T/Y)</u>
1971	15,000	25,400	32,500
1972	14,300	24,500	29,300
1973	26,400	48,400	53,400
1974	26,100	47,600	52,100
1975	22,400	40,300	44,200
1976	24,400	44,800	49,100
1977	24,000	44,100	47,500
1978	24,800	44,700	48,800
1979	23,900	43,700	47,000
1980	19,540	35,510	36,413

	<u>売上高 (K 1,000)</u>	<u>税前利益 (K 1,000)</u>
1970	4,800	54
1971	11,400	△3,017
1972	7,500	△3,371
1973	5,000	△268
1974	10,700	1,071
1975	9,400	689
1976	11,100	1,141
1977	13,700	3,332
1978	14,300	1,450
1979	17,336	3,275

1974年以降年間生産量は漸減し、今後急速に低下すると考えられる。

5. 既設工場の技術的問題

(1) 各設備の状況

第一次調査の結果より見た各設備の状況は次の通りである。

設 備	設計能力	現在能力	期待能力
石炭ハンドリング 石 炭 T/Y (アンモニア換算T/D)	6.6 (95.3)	8 (85)	8 (85)
石炭ガス化 ガス量 Nm ³ /H (アンモニア換算T/D)	10,600 (95.3)	8,500 (85)	8,500 (85)
脱硫設備 ガス量 Nm ³ /H 出口 H ₂ S ppm	10,600 3	8,500 800	10,600 3
ガス精製 アンモニア合成T/D	95.3	79	95.3
硝 酸 T/D	172.4	150~160	172.4
硝 安 T/D 火薬用 肥料用	205 39 166	205	205

〔註〕 設計能力 当初の設計能力

現在能力 現在の生産量

期待能力 外的要因、故障等の排除により期待出来る能力

石炭ハンドリング、石炭ガス化設備の現在能力が低いのは、設備の老朽化による能率低下のみによるものでなく、原料石炭を設計時の高品位炭より低品位炭に変更したためである。このため設計変更を行い、設備の大改造を行わない限り当初の設計能力は期待出来ない。脱硫設備以降の各設備は改修工事を行えば、設計能力の回復が可能である。

(2) 開放点検結果

調査団は第2次調査において336基の機器の点検を実施した。その結果は次の通りである。

(a) 新機器と交換する必要があるもの

81基(24%)

- (b) 機器の一部分又は部品の交換を必要とするもの 117基(35%)
- (c) 改修工事の対象外のもの 138基(41%)

(3) 改修工事を実施しない場合の推定稼働率

調査団は改修工事を実施しない場合、当プラントの稼働率は下記のごとく低下し、修繕費は逐年増加するものと推定した。

年次	※1 運転日数 日/年	※2 稼働率 %	※3 生産率 %
1982	285	86.3	73.1
1983	260	78.8	66.7
1984	260	78.8	66.7
1985	240	72.7	61.6
1986	240	72.7	61.6
1987以降	210	63.6	53.9

※1 年間330日稼働

※2 (年間運転日数)/330日

※3 稼働率×72/85 アンモニア能力72T/Dとする

(4) 調査団は設備老朽化の原因を下記のように推定した。

- (a) 外貨不足のために部品及び薬品類の輸入が充分に行われず、このために
 - 1) 整備不良のまま機器の運転を行ったため、老朽化が進行した。
 - 2) 腐食防止剤等が規定通り添加出来ず設備の腐食が進行した。
 - 3) 計装機器の補修が不十分で、一部盲運転が行われ、設備の腐食を招いた。
- (b) 運転管理が不十分で、小異常が放置され設備の老朽化を促進した。
- (c) 不適切な保守を行い、このために老朽化を招いた。

6. 改修工事計画案

(1) 計画案の策定に当り次の点を前提とした。

- (a) 目標生産量は当初の設計能力を限度として生産規模を定める。
- (b) 通常の保守を実施すれば、改修工事後大規模な修理を行わずとも数年間の連続安定操業が出来るよう計画した。
- (c) 計画に当り最大の投資効果が得られるよう考慮した。

(2) 最適案の選定

下記の3案を比較検討した。

- (a) 当初の設計能力であるアンモニア30,000T/Y, 硝安60,000T/Yの生産規模を回復する。このためにはアンモニア原料ガス部門の設計変更, 大改造を要する。
- (b) 前記の期待能力まで改修する。このためには特に老朽化の激しいアンモニア原料ガス部門を大巾に改修する必要がある。
- (c) 老朽化の激しいアンモニア原料ガス部門は緊急時のみ運転可能の程度に改修し, 常時は予備とし, 余剰能力を有する新プラントより, アンモニア原料ガス(アンモニア換算24,000T/Y)及びアンモニア(4,300T/Y)の供給を受け, 硝酸及び硝安プラントは完全に修復して, 当初の設計値通り生産を行う。

NCZの新設プラントのアンモニア原料ガス部門は90,000T/Y(アンモニア換算), アンモニア合成部門は66,000T/Yの能力を有し, 製品部門に比して過剰能力を有しており, 既設プラントへアンモニア原料ガス及びアンモニアの供給が可能である。従って(c)案は設備投資額が最低で, 最終製品である硝安の生産量は変わらず, かつ新プラントの過剰設備が有効利用される事となるので, (c)案を最適案とした。

(3) 改修工事の範囲は下記のごとく定めた。

- (a) このプロジェクトは, 設計, 機器調達, 輸送, 現地工事を含むターンキーベースで実施されるものとした。
- (b) 試運転はNCZにより実施される。試運転の円滑を計るためにコントラクターより派遣されるスーパーバイザーを含む事とした。
- (c) NCZの保守技術向上のために, 海外における訓練を含めた。
- (d) コンサルティングはザンビア国外における図面, ドキュメントの検討及び完成機器の検査に限定した。

(4) プロジェクト工程は下記のごとく考えた。

1982年3月末	F/S報告提出
1983年3月末	ザンビア政府実施の決定
1983年9月末	コントラクト締結完
1985年3月	現地工事着工
1985年8月	工事完
1985年9月	試運転完

- (5) プロジェクトの実施に当っては, NCZの現組織内にプロジェクトチームを組織し, 遂行することをリコメンドする。

7. 所要資金

(1) 本計画の所要資金は、下記の前提に基づいて算出した。

- (a) 現地工事は1985年8月完，9月試運転完了とした。
- (b) 工事範囲は6-(3)の通りである。
- (c) 貨幣の交換率は下記の通りとする。(過去1年の平均値)

$$K 1.00 = ¥ 266 = SDR 1.01227$$

(d) コスト見積時期 1981年12月(現在)

(e) 予備費は下記の通りとする。

外貨分 8%

内貨分 10%

(f) プライス・エスカレーション(年率)は下記を使用する。

外貨分 7%

内貨分 12%

(2) 本計画の所要資金は下記のごとく見積った。

	Foreign		Local	Total
	¥	K	K	K
Engineering Fee	274,700	1,033		1,033
Machinery & Equipment (FOB)	3,125,300	11,749		11,749
Construction Equipment & Materials	190,300	715	169	884
Ocean Freight & Insurance	196,100	737	48	785
Inland Transport & Handling Charge	150,500	566	48	614
Erection			641	641
Supervising	216,300	813	306	1,119
Training	25,700	97		97
Consultant Fee	70,000	263		263
Base Project Cost	4,248,900	15,973	1,212	17,185
Physical Contingency	339,900	1,278	121	1,399
Price Contingency	792,700	2,980	499	3,479
Total Project Cost	5,381,500	20,231	1,832	22,063
Interest During Construction				
Interest Rate				
Foreign 10%, Local 10%		2,461	92	2,553
Foreign 7%, Local 10%		1,705	92	1,797
Foreign 4%, Local 10%		964	92	1,056

(3) 資金配分計画は下記の通りとする。(K 1,000)

	1983	1984	1985	計
外貨分	3,957	15,761	513	20,231
内貨分			1,832	1,832
計	3,957	15,761	2,345	22,063

(4) 本計画の所要資金はすべて長期借入金によるものとし、借入条件は下記の通りとする。

	外貨分	内貨分
返済期間	10年	10年
金利 %	10	10

外貨金利について、4%及び7%のケーススタディーを行った。

8. 財務評価

(1) 財務評価は次の基本方針に従った。

- (a) 既設工場が改修工事を行わぬ場合の逐年損益を検討した。
- (b) 既設工場が改修工事を行った場合の逐年損益を求めた。
- (c) 既設工場が改修工事を行った場合と行わぬ場合の逐年損益の差を改修投資の利益と考えて内部収益率 (IRR) を求めた。
- (d) 改修工事を実施した場合の、NCZ 総合の逐年損益を検討した。

(2) NCZ より入手した資料を分析、検討して評価のための数値とした。

(3) 評価の期間は1982年より1994年までの13年間とした。

改修プロジェクトのライフは9.5年となる。

(4) 評価のための価格は1982年の値を用い、この価格に固定した。本計画の所要資金は、プライスコンティンジェンシーを除いた額を1982年における金額として評価を行った。

(5) 販売計画はNCZの長期販売計画を基礎とした。

(6) 既設プラントではアンモニア及び硝酸を生産するが、全量を硝安の原料とし、硝安のみを生産し販売するものとした。

(7) 既設プラントは改修工事が終了するまで逐年生産量が低下することとした。

(8) 運転資金は既設にあっては硝安2ヶ月分、新設工場は複合肥料2ヶ月分とした。

(9) 既設工場の原材料原単位は改修工事後向上するものとした。

(10) 既設工場の修繕費は運転停止日数の増加に応じて増加するものとし、改修工事実施後は一定とした。

(11) 新設、既設工場の資金構成を下記の通りとした。(K 1,000)

	既設プラント 1982	新設プラント 1982	既設改修工事
設備費			
機械	6,180	274,400	18,584
建物		20,000	
運転資金	6,700	4,560	2,165 (建中金利)
借入金	10,000	180,760	20,749
資本金	12,880	118,200	
内部保留	(-) 10,000		

(12) 償却・事業税

(a) 償却は下記の通りとした。

機械設備	7.5 %	定額
建物	2.0 %	定額

(b) 事業税は50%が課税され、新設プラントにあっては製造開始後5年間、損金繰越の場合も5年間課税が免除される。

(13) NCZの肥料はNAM Boardにより販売されるが、両者とも国営会社であり、肥料価格は毎年政策価格が設定されている。NCZの新設プラントは1982年1月より商業運転に入るので、これを考慮した新肥料価格は関係諸機関により現在検討中である。新価格は方針として製造原価を基礎として設置されるので、調査団は既設、新設プラントを総合した各製品の製造価格を算出し、これを販売価格の基礎として分析を行い、健全経営のための販売価格を検討した。各製品の販売価格を下記のごとく設定した。

アンモニア	751 K/T	複合肥料C	519 K/T
硝酸	295	" D	531
硝安	507	" R	557
硫安	471	" X	565

(14) 既設工場の財務状況

改修工事を行わぬ場合には次表に示すように、生産量の低下のため1985年以降毎年赤字

となり、改修工事を実施すれば収益性は向上し、1986年以降黒字に転ずる。

改修工事後10年間の税引後損益推移

(K1,000)

年次	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
改修しない 場 合	△ 647	△ 582	△ 2,789	△ 2,893	△ 3,147	△ 3,425	△ 3,732	△ 4,069	△ 4,440	△ 4,848
改修した 場 合	△ 4,436	1,870	2,252	2,592	2,354	1,569	1,705	1,842	1,978	2,115

(a) 改修工事を実施した場合の既設工場の損益見通し

外貨貸入金金利	%	10	7	4
1994年末累積利益	K 1,000	7,926	10,735	12,889
1994年末現金残高	K 1,000	11,671	14,697	17,064
1994年末償却累計	K 1,000	21,337	21,337	21,337

借入金の返済は可能であるが、償却不足となっている。金利が4%であれば財務状況は改善される。

(b) 改修工事を実施した場合としない場合の収益差を、改修工事投資に見合う収益と考えて内部収益率を求めると、

IRR (税引前) : 26.02%

IRR (税引後) : 19.17%

となり、改修工事の投資は有効である。

また、既設プラントについて1982年における資本金および負債と改修工事のための新規投資額の合計を投資額と見なして、内部収益率 (IRR) を求めると、

IRR (税引前) : 7.41%

IRR (税引後) : 5.87%

となる。収益率が低いのは負債を投資額に繰込んだためである。

(15) NCZ 全体の総合損益見通し

1994年末累積利益	K 112,000,000
1994年末現金残高	K 223,000,000

総投資額

K 313,000,000

NCZは累積損益については1985年より、現金残高については1984年より黒字となり、新設工場を含めて借入金の返済は可能であるが、若干償却不足である。NCZ健全経営のためには販売価格の5～10%引上げの検討が必要である。

9. 経済効果

(1) 外貨の節約

1994年までの10年間外貨の節約は105,414千クワチャとなる。

(2) 付加価値

肥料増産による付加価値(税引前利益+労務費+償却+金利)は10年間で70百万クワチャの増加が見込まれる。

10. 結論

- (1) ザンビア国の肥料需給状況は、本計画実施後も窒素系肥料は不足し、尿素肥料を輸入すべき状況にある。したがって改修工事後の肥料の増産分は全量消費され、本計画はフィージブルと判断される。
- (2) 改修計画案としては、(c)案即ち最も投資金額の少ないアンモニア原料ガス供給を新設工場より受ける案が好ましく、この案によれば新設工場の余剰能力を有効利用できるもので、経済性が高い。
- (3) 改修工事の実施に当っては、経験豊かなエンジニアリング会社のターンキー方式で一括請負させる方式が最適であり、この場合は技術的リスクは至って少ない。
- (4) NCZは既に10年間の運転経験を有し、改修工事完了後の試運転、製造運転に何等問題はない。
- (5) 改修工事のみに着目した利益率は非常に高い値を示し、この計画はNCZの収益改善に貢献すると考えられる。しかしながらNCZ自体過去の負債を持っているので、その財務状況は必ずしも健全でない。長期見通しでは償却不足が予想されるが、借入金の返済は充分可能である。
- (6) ザンビア国は外貨の不足に悩んでいるので、経済的に見れば本計画実施による外貨流出防止はザンビア国の国際収支に貢献する。
- (7) 以上を総合すれば本計画はフィージブルであり、ザンビア国の国際収支、食糧政策ならびにNCZの収益改善に貢献するものと考えられる。

11. 勸 告

- (1) この計画の実施により、工場の運転が正常化されるが、再び10年後にこのような大規模な改修工事が必要になってはならない。
- (a) 計画的に予備品の手配を行い、適切な保守を実施する。このためには外貨の優先割当てが必要である。
 - (b) 教育により保守技術のレベルをあげ、適切な保守を実施する。
 - (c) 各部署間の連絡を密にして、問題を小異常のうちに解決する。
 - (d) 製造部門運転員のレベルアップを計り、運転設定値の保守、異常の早期発見に努める。
- (2) ザンビア国の肥料価格は国際価格に比して著しく高い。従って製造原価を低下させる事は、NCZの収益を改善するのみならず、ザンビア国の国益に大きく貢献する。
- (a) 改修工事費を低下させるために、本計画スコープのうちNCZ独自で工事可能な分を検討し、NCZの工事として実施する。現地工事期間5ヶ月は既設プラントの運転が停止されるので、製造部門、工務部門の人的能力を有効活用すべきである。
 - (b) 新設工場の生産率は原則として85%に抑えられているが、運転技術の向上を計り、早期に100%生産を目標とすべきである。
100%の目標を立て、これに努力することは小トラブルの早期発見、問題点の早期解決となり、良好な保守が行なわれ、プラントライフの延長が計られる。
ザンビア国の窒素肥料は不足の状況下であり、増産は製造原価の低減のみならず、肥料の輸入量を抑えザンビアの国際収支改善に貢献する。

第 1 章 序 論

第 1 章 序 論

1. 調査の背景

ザンビア共和国は、同国の産業発展と肥料自給を目的に、INDUSTRIAL DEVELOPMENT CORPORATION LIMITED (INDECO LTD) の傘下に、1967年 NITROGEN CHEMICALS OF ZAMBIA LIMITED (NCZ) を設立し、1970年5月、首都ルサカの南約 50km にあるカフエ市に、初の肥料工場を完成させ、自国に産出する石炭を主原料として肥料及び鉱山で使用する採掘用爆薬の硝安を生産している。

しかしながら同工場は既に 10 年余りを経過し、設備、機器の老朽化が激しく、生産量は 70% 程度まで低下し、このままでは今後数年のうちに、工場が停止してしまう可能性もあることから、工場改修のための全面的見直しが必要になった。

このような状況下、1979年11月、国際協力事業団の鉱工業プロジェクトファインディングミッションのザンビア共和国訪問のおり、ザンビア政府より改修のためのフィージビリティスタディの要請がなされ、さらに1980年9月、ザンビア共和国大統領の来日に際し、その共同コミュニケにより、フィージビリティスタディの実施が確認された。

これにより、日本政府は国際協力事業団に、その実施を委託した。

2. 調査の目的

本調査の目的は、前記背景に鑑み、工場の操業低下の原因をハード面、プロセス面、管理運営面等、種々の視点より検討し、当初能力の範囲内で安定操業が出来るよう改修計画案を策定し、その財務経済効果を評価することとした。

3. 調査の範囲

前記の調査目的に則り、本調査の範囲は第1次調査（工場操業時）、第2次調査（工場の年次定期修理により操業停止時）の2回に分けおおむね下記の通り設定された。

(1) 第1次現地調査

- (a) ザンビア共和国の経済事情、肥料需給動向の調査
- (b) NCZ 工場の操業低下原因の把握
 - 1) 過去の操業実績の把握
 - 2) 設備、機器類の稼動状況の把握
 - 3) 原料、ユーティリティ状況の把握

- 4) 工場管理維持状況，管理システムの把握
- (c) NCZ の経理，財務状況の調査
- (d) 開放点検すべき機器の選定

(2) 第2次現地調査

- (a) 第1次現地調査により選定された機器の開放検査
- (b) 改修工事策定に必要な資料の収集

4. 調査方法及びスケジュール

本調査の実施に当っては，改修計画という特殊性に鑑み，工場操業時及び工場操業停止時の二度にわたって調査を行う事とし，第1次調査は，安達勝雄を団長とする専門家10名ならびに機関の担当官1名の計11名からなる調査団が1981年2月20日より3月21日に至る30日間，ザンビアにおいてNCZ工場操業時に現地調査を行ないINDECO LTD, NCZの関係者から成るカウンターパートとともに各プロセスの運転状況，原料の分析等，運転状況下に把握できる操業率低下の要因を分析し，開放点検すべき機器の選定を行なった。更に同国の経済事情，肥料需給状況，NCZの財務状況の把握を行なった。

第二次調査は同じく安達勝雄を団長とする専門家7名ならびに政府関係省及び機関の担当官2名，計9名からなる調査団が1981年10月2日より11月5日に至る35日間再度ザンビアにおいて，NCZ工場操業停止時に現地調査を行ない，NCZのカウンターパートとともに運転中には点検できない，第一次調査で選定した機器を開放し内部の損傷，摩耗，腐食等の調査を行なった。

(注) 下記資料を付属資料に示す。

- App. 1. Program of Survey and Evaluation Study
- " 2. Members of the First and Second Survey Team
- " 3. Itinerary of the First and Second Survey
- " 4. Places Visited
- " 6. Members of the Zambian Counterpart Team, NCZ

5. 調査の概要

本章第1～3に列挙した調査の範囲より，本調査の主要分野は下記の通りである。

(I) ザンビア共和国の食料，肥料事情

- (a) ザンビアで生産されている穀物の種類，量及び自給率の調査を行なった。

- (b) 第三次五ヶ年計画における政府の農業政策を分析した。
 - (c) 肥料の需給状況，流通経路の調査を行なった。
 - (d) NAM Board が行なった，肥料の販売予測をレビューした。
 - (e) 現時点における需要量を基礎として，前記各要素を加味し将来の需要の予測を行なった。
- (2) NCZ の現況
- (a) NCZ 設立の経緯，概要を調査した。
 - (b) 既設工場の操業状況を調査した。
 - (c) 新設工場の生産計画を調査した。
 - (d) 既設工場と新設工場の設備的關係，生産バランスを調査した。
- (3) 既設工場の技術検討
- (a) 各プロセスの問題点及び能力低下の原因を調査した。
 - (b) 第一次調査にて開放点検を必要とする機器の選定を行ない，第二次調査にて開放点検を実施して，機器の損耗状況を把握した。
- (4) 設備改修計画案
- (a) 改修方法について3案を立案し，比較検討を行ない最適案を選定した。
 - (b) 改修工事の範囲，内容，問題点につき検討した。
- (5) 改修工事計画
- (a) 改修工事の範囲を決めた。
 - (b) 改修工事に必要な機器，材料の調達について検討した。
 - (c) 改修工事に必要な機器，材料の輸送方法について検討した。
 - (d) 現地工事の内容につき詳細に検討した。
 - (e) 現地工事の工数について検討した。
 - (f) 建設機械，建設用具について検討した。
 - (g) その他工事用ユーティリティ，利用可能なNCZ現有設備，現地サブコントラクター，トレーニング，試運転，コンサルティング等について検討した。
 - (h) プロジェクトスケジュールを決めた。
- (6) 必要資金
- 上記(4)に基づく，本計画の総所要資金の算定及び資金計画の策定を行なった。
- (7) 事業実施体制
- 現在のNCZの管理体制を検討し，プロジェクトの実施体制について検討した。

(8) 財務評価及び経済効果

上記(6)に基づき、かつ、その他必要諸要素の検討結果に基づき、NCZの財務分析ならびに本改修計画の投資効果の分析を行なった。

投資効果の分析においては、既設工場に新規投資を行なった場合に、収益性の改善分をこの投資に見合う収益と考え、内部収益率を算出し投資効果の分析を行なった。それによって本計画の企業性、財務的健全性ならびに経済的效果を評価した。

第2章 ザンビア国の食糧、肥料事情

第2章 ザンビア国の食糧、肥料事情

2.1 食糧事情

2.1.1 主要穀物生産

1979/1980 穀物年度の主要穀物生産は、前年度に比べ主要穀物であるトウモロコシで約14%、米で同じく14%、小麦で7%の増加を示した。しかし、穀物生産は国内需要の約50%を満たすにすぎず、残りを輸入に頼っているのが実情である。

上述のように前年度に比べて増産はしたものの、外貨不足の問題は農業分野にも影響を及ぼし、農機具、貯蔵設備、肥料、農薬などの輸入が制限された。

また、一部の地方では南部アフリカ地域の不安定な外部環境によって、特に1979年において農業生産活動がかなりの制約をうけた。

また、農産物の市場開拓、農業従事者のトレーニングについても農家への融資制限と共に、生産活動へ影響を与えている。(表2-1)

(1) トウモロコシ

1979/80 穀物年度におけるトウモロコシの生産高は4.2百万袋(90kg入)で前年度よりも増加しているが、単位ha当りの収穫量は低下している。

同年の国内需要は約8百万袋(90kg入)で、2.3百万袋(90kg入)を輸入した。

(2) 米

米の作付面積は、1979/80 穀物年度においては前年度の65%増加し、5,100 ha となった。

同年度の生産高は、26,300袋(80kg入)であったが、これは内需のほぼ50%を満たしているに過ぎない。

(3) 小麦

1979/80 穀物年度においては、小麦の生産量は6,966トンであったが、同年の内需は115,000トンに達した。

2.1.2 流通経路

ザンビア共和国で販売される全ての穀物は農業省 (Ministry of Lands and Agriculture) 傘下の公団である National Agricultural Marketing Board of Zambia (NAM Board) が取扱いことになっている。

すなわち、国内生産された穀物は NAM Board が買い上げ、輸入穀物についても同じく公団がすべて扱うことになっている。購入価格と販売価格の差額は補助金として政府予算から補てんされている。トウモロコシ補助金は 1981 年予算においては約 25 百万クワチャ (約 6 億 5 千万円) が計上されており、政府全補助金予算 1 億 25 百万クワチャの 20% を占めている。

2.1.3 政府の方針

第 3 次国家開発計画においていくつかの穀物プロジェクトが計画され、一部はすでに着手されている。

— Kabwe-Mkushi "Maize Project"

1979/80 開始

8.6 百万クワチャ (約 21.5 億円)

EEC がファイナンス

— Chama "Rice Development Project"

1979/80 開始

— Zam-Can "Wheat Project"

Canada 政府の協力

Zam-Can Growers Ltd.

— Mpongwe Pilot Project ("Wheat")

EEC によるパイロットプロジェクト

第 3 次計画最終年である 1983 年においてザンビア政府としては

— トウモロコシ：完全自給

— 米： "

— 小麦：内需の 25% 自給

を目標としている。(表 2-2)

これらのプロジェクトが効果をあげるためには、肥料の増産は必須条件となっている。

Tabl 2-1 Changes in Planted Area and Marketed Production during the 1979/80 Crop Season

Crop	Unit of Output	1978/79		1979/80		Change (%)	
		Planted area (ha)	Marketed Production	Planted area (ha)	Marketed Production	Planted area (ha)	Marketed Production
Maize	Million 90kg. bags	336,000	3.7	540,000	4.2	61	14
Rice	80kg. bags	3,100	23,156	5,100	26,300	65	14
Wheat	Tonnes	2,100	6,528	2,400	6,966	14	7
Groundnuts	80kg. bags	27,487	34,213	25,552	25,000	-7	-27
Soyabeans	90kg. bags	2,607	14,387	3,700	38,000	42	164
Sunflower	50kg. bags	26,709	238,371	30,791	340,000	15	43
Cotton (seed)	Tonnes	24,146	15,000	30,300	23,000	25	53
Sorghum	90kg. bags	—	—	—	1,661	—	—
Tea	kg.	—	245,902	—	300,000	—	22
Tabacco							
(a) Virginia flue-cured	Tonnes	4,700	4,591	—	4,127	—	-10
(b) Burley	Tonnes	—	381	—	554	—	45

Table 2-2 Demand Projections and Estimates of Production for Important
Agricultural Commodities in 1983

(Unit : T)

Commodity	Total Internal Demand	Estimated Production
Maize	1,483,000	1,700,000
Rice	15,000	15,000
Wheat	190,000	48,000
Barley	40,000	16,000
Sweet Potatoes and Potatoes	54,000	100,000
Cassava	*	41,753
Dry Beans	21,000	30,000
Groundnuts (in shell)	93,000	94,000
Sunflower Seed	32,000	32,000
Soyabean	6,500	6,500
Tea	1,200	650
Coffee (ground)	400	400
Seed Cotton	27,000	32,000
Virginia Tobacco	+	12,000
Burley Tobacco	+	1,100
Oriental Tobacco	+	315
Beef	74,370	53,460
Pork and Bacon	8,000	12,000
Poultry Meat	26,000	33,000
Eggs	5,000	13,000
Milk (litres)	92,000	38,150

* Not available

+ Not significant

2.2 肥料事情

2.2.1 国産肥料

1970年以來、NCZ社が唯一の肥料製造会社として、アンモニア、硝酸、硝安（肥料用、発破薬用）を製造して来た。また更に窒素系肥料の自給率を高めるために新設工場を建設中で、1982年より生産開始の予定である。その詳細は第3章に述べる通りである。

2.2.2 肥料の流通経路

穀物と同じように肥料についても、ザンビア共和国においてはNAM Boardの“モノポリ”となっており、国産肥料の全量買い取り、輸入肥料の取扱い、そして販売と全ての流通経路を握っている。

2.2.3 肥料の需給状況

NAM Boardは1972～1979年に表2-3に示すような肥料の購入、販売を行なっている。

窒素系肥料のうち硝安分（N含有量35%）については、全量をNCZ社が生産したものである。

その他は主として尿素、硫安及び複合肥料を輸入することによって内需をまかなっている。

一方、NCZ既設工場の肥料用硝安の生産能力は40,000T/Y(14,000NT/Y)であり、現在建設中の増設工場の肥料生産能力は、硝安80,000T/Y、硫安50,000T/Y、複合肥料141,000T/Yで、NTベースでは38,500NT/Yである。NCZより供給可能な窒素肥料はNTベースで52,500T/Yであり、1984年以降もNTベースとして不足が考えられる。

次に、表2-4にて硝安をベースにして同国の需給バランスを検討した。

ザンビア国では現在多量の尿素を輸入しており、新設工場完成後は輸入尿素を硝安に切換える予定である。しかしながら、尿素需要の50%が硝安に切換えるものとしても、当初より硝安は不足する。1982年以降、既設工場の老朽化により生産が低下した場合、硝安の不足はさらに悪化し、国是である食糧増産計画に大きな影響を及ぼすことになる。このためにも既設肥料工場の改修工事は絶対に必要となる。

**Table 2 -3 Fertilizer Sales Volume by NAM Board
(Actual and Forecast 1972 through 1987)**

	NPK Compound	NT* Fertilizer	P Fertilizer		K Fertilizer		Others
			NSP	TSP	Potassium Chloride	Potassium Sulphate	
1972	66,490	27,378	832		498		-
1973	51,081	20,216	1,226		200		-
1974	48,076	26,965	2,751		351		-
1975	74,784	33,152	1,086	386	11	316	156
1976	78,272	39,932	751	1,325	38	1	4,900
1977	90,225	44,717	130	1,480	134	35	-
1978	77,140	31,216	308	1,588	87	62	471
1979	80,136	35,858	137	1,588	140	62	2,035
1980	88,150	39,444	151	1,747	154	68	2,239
1981	96,965	43,388	165	1,921	169	75	2,462
1982	106,661	47,727	183	2,113	186	83	2,708
1983	117,327	52,499	200	2,325	205	91	2,979
1984	129,060	57,750	220	2,557	225	99	3,277
1985	141,966	63,525	242	2,813	248	110	3,605
1986	156,162	69,877	267	3,094	273	120	3,965
1987	171,779	76,865	294	3,404	200	132	4,362

- Note; (1) According to achievements and projection of supply demand by NAM Board
(2) 1972 - 1973 achievements
(3) 1980 - 1987 projection by annual increase rate of 10% by NAM Board
(4) * NT Base for fertilizer, including compound fertilizers
(5) NSP; Normal Super Phosphate, TSP; Triple Super Phosphate

**Table 2-4 Comparison between Demand and Production of NCZ
for Ammonium Nitrate(1980 through 1987)**

	Ammonium Nitrate 1.	AN 2.	Urea	AN 3.	AN Total	NCZ Production
1980	14,877	19,626	46,642	31,250	65,753	24,275
1981	16,241	21,589	51,306	34,375	72,205	-
1982	18,001	23,747	56,437	37,813	79,561	75,787
1983	19,790	26,122	62,001	41,540	87,452	81,349
1984	21,781	28,734	68,289	45,753	96,268	93,349
1985	23,958	31,600	75,117	50,328	105,886	88,000
1986	26,353	34,769	82,629	55,361	116,481	108,000
1987	28,989	38,246	90,092	60,361	127,596	108,000

第 3 章 NCZ の現況

第 3 章 NCZ の現況

3.1 設立の経緯

ザンビアは世界屈指の産銅国で、銅鉱石採掘のために大量の鉱山用発破薬を使用している。ザンビア政府はこの鉱山用発破薬を国産化することを目的に、硝酸及び硝安を製造して、鉱山発破薬用硝安の自給、及び将来の硝酸系発破薬の製造を計画した。しかしながら調査の結果、発破薬用の生産のみでは経済性に乏しいことが明らかになり、肥料用及び発破薬用硝安の併産計画が立案された。

上記の背景の下に 1967 年 9 月、INDECO の 100% 持株会社として NCZ が設立された。その事業内容は次の通りである。

資本金	INDECO	100%
所在地	カフエ市(首都ルサカの南方 50 km)	
生産品目	アンモニア	年産 30,000 T
	硝酸	" 50,000 T
	硝安	" 60,000 T

3.2 NCZ の概要

NCZ は現在ザンビア最大の化学会社で、その概要は下記の通りである。

資本金 K	12,880,000		
売上 K	17,336,000	(1980)	
税前利益 K	3,275,000	(1980)	
生産、販売(1980)		生産(T/Y)	販売(T/Y)
	アンモニア	19,540	—
	硝酸	35,510	7,399
	硝安	36,413	35,808
	液化炭酸ガス	605	913
従業員	999 人	(新設完了時 1509 人の予定)	

また、ザンビア国肥料需要の増加を満たすために、肥料の増産を計画した。

新設工場の内容は次の通りである。

投資金額	K 294,400,000
生産開始	1982 年 1 月

設備内容	アンモニア	年産	66,000 T
	硝酸	"	70,000 T
	硝安	"	80,000 T
	硫安	"	50,000 T
	複合肥料	"	141,000 T

引きつづき、硫安の原料となる硫酸プラント(年産60,000 T)を1983年5月完成予定で建設中である。

3.3 既設工場

3.3.1 概要

神戸製鋼所により1968年に建設が開始され、1970年5月に完成した。

その当初の設計能力は下記の通りである。

アンモニア	日産	95.3 T	年産	30,000 T
硝酸	"	172.4 T	"	50,000 T
硝安	"	205 T	"	60,000 T

試運転時は設計値の能力を示したが、商業運転に入ってから原料炭をシアンコルドボ炭より低品位の国産マアンバ炭に変更したために、アンモニアの能力は日産85 T、年産25,000 Tに低下し、原料アンモニアの不足により硝安の能力は年産50,000 Tに減少した。

1978年アンモニアの運転安定化のために予備ガス化設備を増設。1979年炭酸ガス回収設備(1,000 T/Y)を新設し、液体炭酸ガスの販売を開始した。

生産した硝安の50%は鉾山発破薬用として(株)カフィロンダに販売し、残り50%が肥料用としてNAM Boardより販売される。

3.3.2 操業以来の実績

NCZの操業以来の生産、販売、損益実績は表3-1および表3-2の通りである。

3.4 新設工場

新設工場は西独クロックナー社により建設された。その内容は次表3-3の通りである。

Table 3-1 Production Results of NCZ (T/Y)

	Ammonia	Nitric Acid	Ammonium Nitrate
1971	15,000	25,400	32,500
1972	14,300	24,500	29,300
1973	26,400	48,400	53,400
1974	26,100	47,600	52,100
1975	22,400	40,300	44,200
1976	24,400	44,800	49,100
1977	24,000	44,100	47,500
1978	24,800	44,700	48,800
1979	23,900	43,700	47,000
1980	19,540	35,510	36,413

Table 3-2 Sales and Profit Results of NCZ

(K 1,000)

	Sales	Profit before Tax
1970	4,800	54
1971	11,400	(-)3,017
1972	7,500	(-)3,371
1973	5,000	(-)268
1974	10,700	1,071
1975	9,400	689
1976	11,100	1,141
1977	13,700	3,332
1978	14,300	1,450
1979	17,336	3,275

Table 3-3 Outline of Expansion Plant

Production	Capacity T/D	Capacity T/Y	Process
Ammonia	220	66,000	(Coal Handling) Krupp-Koppers
			(Gasification) Krupp-Koppers
			(H ₂ S Removal) Rectisol
			(Gas Purification) Rectisol
			(Ammonia) Cassale
			(Air Separation) Linde
Nitric Acid	212	70,000	Grand Paroises
Ammonium Nitrate	242	80,000	Ketioner
Ammonium Sulphate	151	50,000	Ketioner
Compound Fertilizer	427	141,000	CDF Chemie

3.5 新設完成後のNCZ肥料工場の概要

3.5.1 既設工場と新設工場の設備的關係

石炭を原料とするアンモニア設備は、次表のごとく区分される、既設、新設について各区分毎の設備の能力を、アンモニアに換算して示すと次表の通りである。

アンモニアプラントのセクション別能力(T/D)設計値

セクション	既 設	新 設
石炭ハンドリング	953(85)	300(150×2)
ガ ス 化	"(85)	300(100×3)
原料ガス圧縮	"	330(165×2)
脱 硫 化 水 素	"	300
ガス精製設備	"	220
合成ガス圧縮	"	242(121×2)
アンモニア合成	"	220
空 気 分 離	"	220

既設の()は原料炭をマアンバ炭に変更した現在の能力

新設プラントは、石炭ハンドリングより脱硫設備までがアンモニア合成設備220T/Dに対し300T/Dと過剰設計になっている。また、ガス化設備は既設、新設共通となり、4機中1機は共通予備となっている。

従って、新設のアンモニア原料ガス部門をフル稼動すれば、新設よりアンモニア換算80T/Dのアンモニア原料ガスを既設プラントに供給することが可能である。図3-1は既設及び新設のアンモニアプラントの關係を示すものである。

3.5.2 NCZ 既設、新設プラントにおける製品バランス

改修工事を想定した場合、工事完了後のNCZの製品バランスは図3-2のごとくなる。

新設プラントのアンモニア生産能力は66,000T/Yで、硝酸、硝安、硫酸プラントに原料アンモニアを供給しても、10,000T/Y以上の余裕がある。

3.5.1で述べたように新設プラントよりアンモニア換算24,000T/Yのアンモニア原料ガスを既設プラントに供給し、アンモニア24,000T/Yを生産した場合、さらに新設プラントよりアンモニア4,300T/Yを既設プラントに供給すれば、既設プラントは硝酸50,000T/Y、硝安60,000T/Yの生産が可能になる。

Fig. 3-1 Outline of Ammonia Plant Capacity (designed capacity: NT/Y)

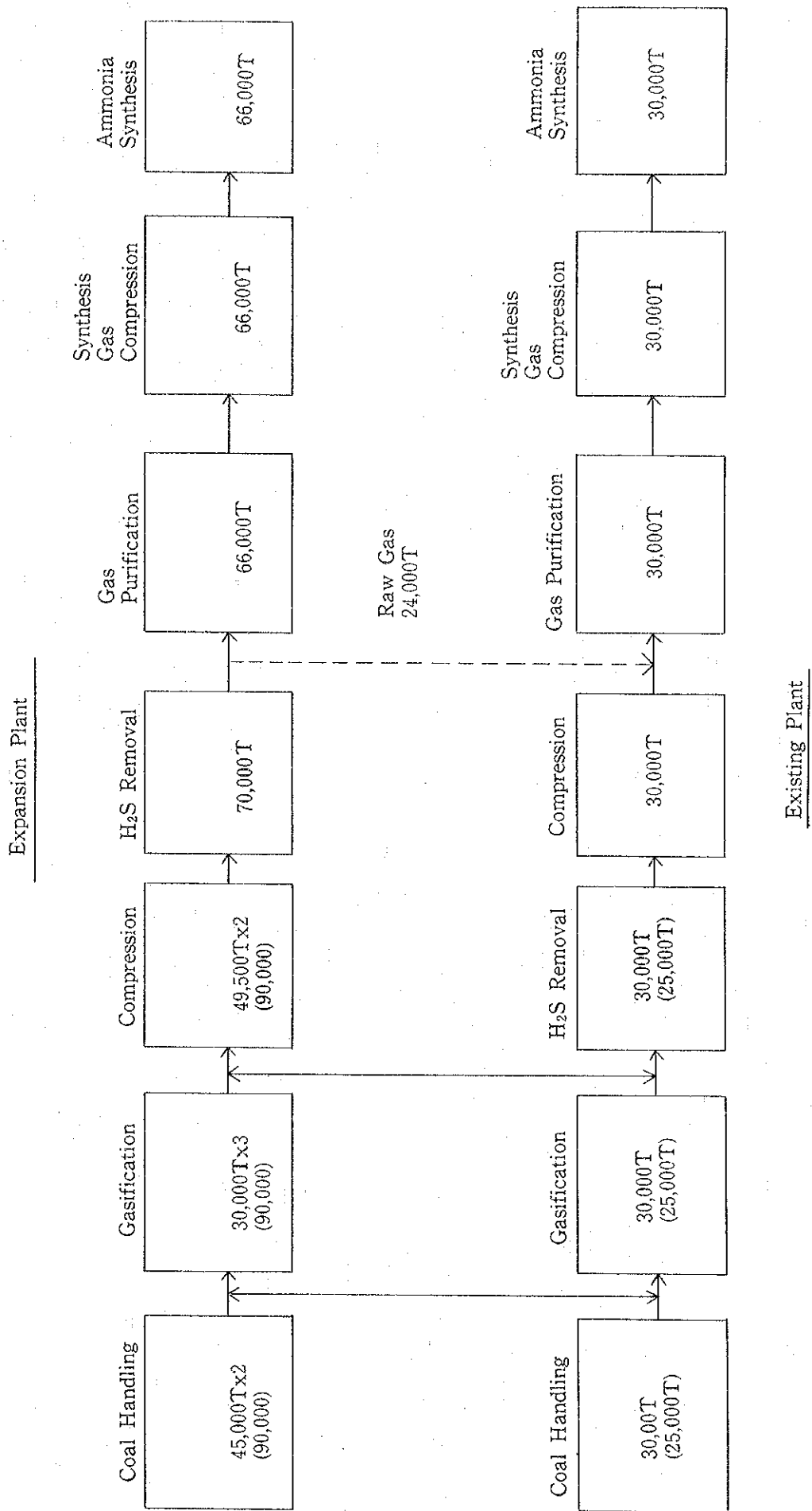
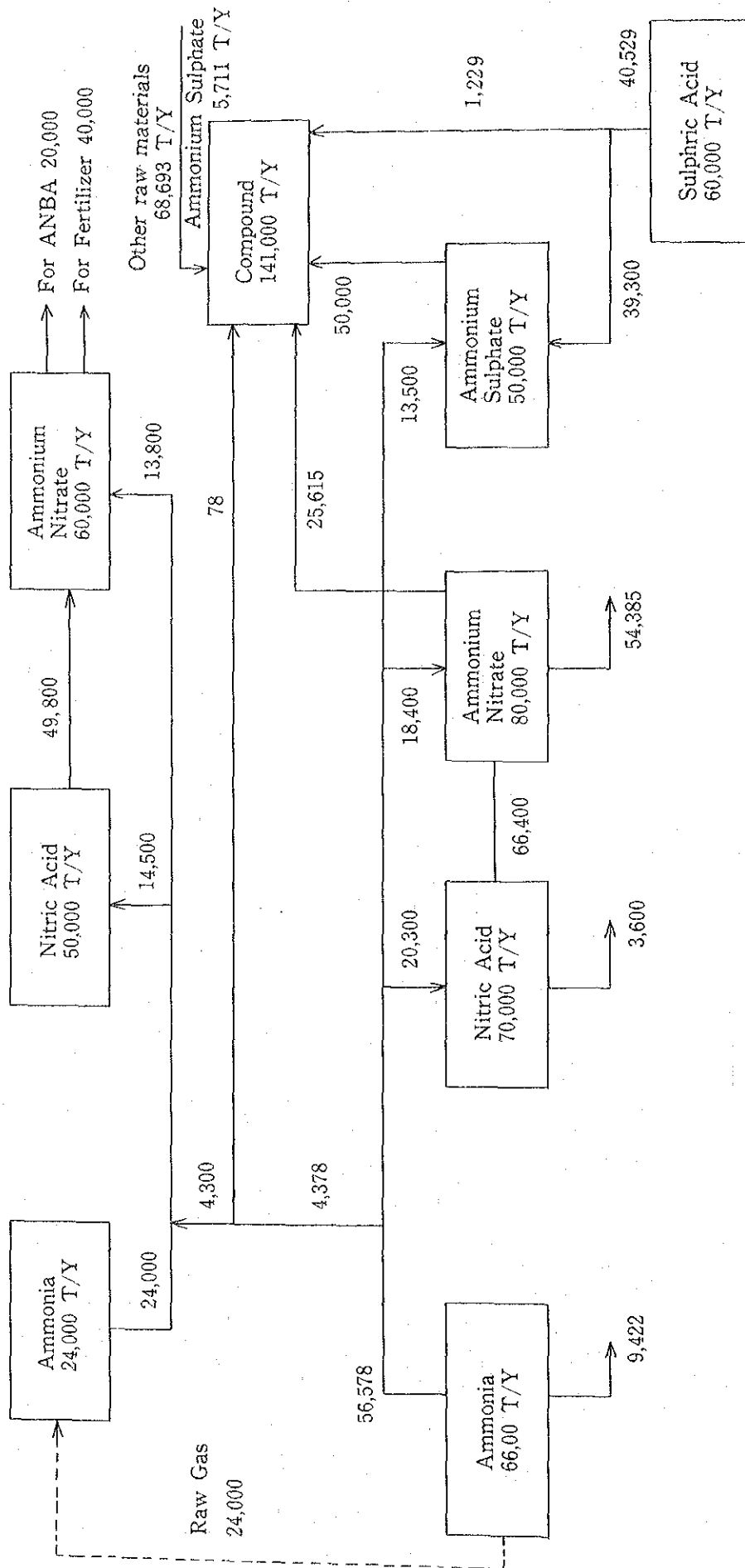


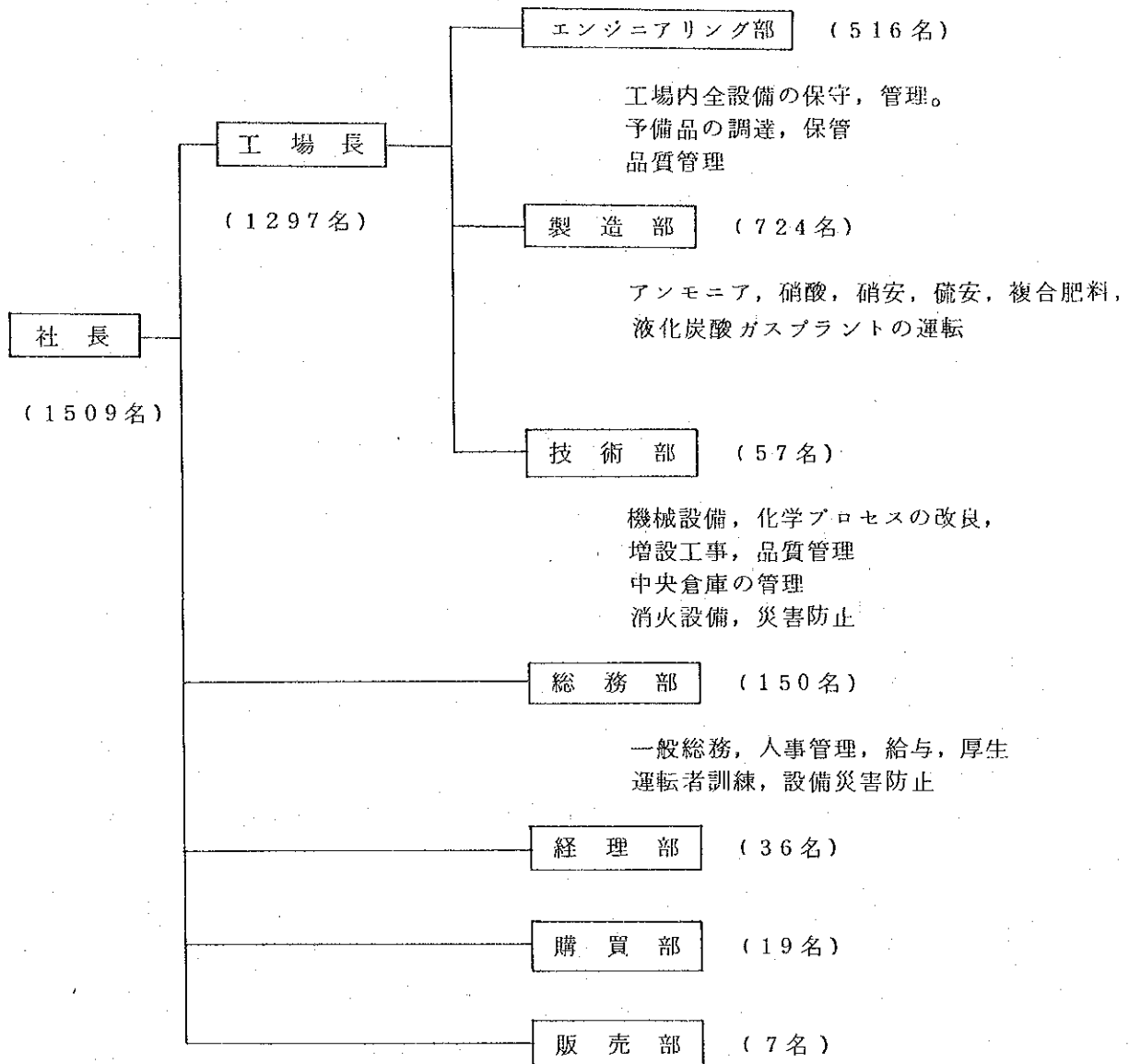
Fig. 3-2 Production Balance (as per the plan No.3)



3.6 NCZ の管理体制

3.6.1 NCZ の職制機構及び配員

NCZ の職制機構は次の通りで、7部門に分かれており、製造関係は工場長に統括され、事務系4部門は社長に直轄している。



※配員数は新設プラント完了時の予定人員

技術系従業員の階層別分布は次の通りである。

Table 3-4 Organizational Position

	Engineering Dept.	Production Dept.	Technical Dept.	Total
Manager	1	1	1	3
Assist. Manager	1	1	1	3
Section Engineer	9	5	3	17
Engineer	39	39	5	83
Assist. Engineer	37	45	5	87
Technician Supervisor	87	98	9	194
Craftman / Operator	284	353	26	663
General Worker	58	182	7	247
Total	516	724	57	1297

セクション・エンジニアは大学卒，経験5年以上を必要とし，エンジニアは高校卒，経験5年以上を必要とする。

NCZ の各プラントには，3 交替運転の各シフトに2名ずつのエンジニアを配置している。

3.6.2 職務規定

各職種，各階層別にセクション・エンジニア以下の職務規定が整備されている。職務規定には義務，権限，資格，報告先が明記されている。

3.6.3 運転管理

運転組織，管理体制，教育制度等は一見良く整備されており，1時間毎の現場点検，およびデータ記録，所定箇所の分析等，規定に従い実施されているが，調査団の点検によれば次の点が指摘される。

- 1) 誤指示の計器がそのまま放置されている。
- 2) 指定運転条件よりはずれた条件にて運転している。
- 3) 蒸気洩れ，水洩れ等の小故障がそのまま放置されている。
- 4) プラント敷地内の整理・整頓が良くない。
- 5) 回転機械の油污れが目立つ。保全状況が悪い。
- 6) 同種事故を繰返している。

以上の状況が生産能力，原単位，プラントライフの低下を招くものと考えられる。以上の点を解決するためには

- 1) 運転員各人がコスト意識をもち，異常を認めた場合はただちに処置をする。

- 2) 機器類の保守責任はエンジニアリング部の所管になっているが、製造関係ミドル・マネージメントが保守について大きな関心をもつこと。
 - 3) 指定運転条件が設定されている理由をよく理解し、条件から離れた場合には処置をすること。
 - 4) 機器の破損、設備事故が起こった場合、その原因を明らかにし、エンジニアリング部門より製造部門にフィードバックして原因を周知させ、同じ事故を二度と起こさないように努めること。
 - 5) 全員が整理・整頓、清掃に留意すること。
 - 6) 製造部門、保守部門、技術部門が積極的に連絡を保つこと。
- が必要である。

3.6.4 安全管理，教育

人的災害防止，火災防止は技術部が，設備災害防止および教育は総務部が担当している。

(1) 人的災害，火災防止

安全ハンドブック，火災防止ハンドブックが個人に配布され，又，定期的に消火訓練，上級管理職による安全点検を行ない安全管理に努めている。

1970年以降の人的災害の発生状況は次の通りである。

Table 3-5 Statistics of NCZ Personnel Accidents

	Non-Disabling injury	Disabling injury	Total
1970	212	9	221
1971	604	21	625
1972	267	37	304
1973	90	11	101
1974	108	12	120
1975	106	13	119
1976	71	17	88
1977	77	21	98
1978	47	17	64
1979	52	13	65
1980	34	17	51

逐年の安全成績の向上は認められるが、通常日本の同規模工場の実情（不休0～5件、休業0～2件）に比較すると、なお今後の努力が必要である。

(2) 災害防止教育

能力アップ、安全運転のために、総務部の中に訓練センターを設けて教育を行なっている。

新入社員コース

初級コース

中級コース

上級コース

各職種別コース

があり、個別にカリキュラムが定められて、定期的に教育が実施される。教育終了後は認定試験が行なわれ、試験合格は昇格の条件となっている。

3.6.5 保守管理

エンジニアリング部が全工場保守の全責任を有し、その責任分担は次の通りである。

電気セクション	全工場の電気関係設備，3交替勤務
計装セクション	全工場の計装設備，品質管理，3交替勤務
エリアー1機械	石炭ハンドリング，ガス化，ボイラー，水処理
エリアー2 "	脱硫，圧縮機，ガス精製，アンモニア合成及び空気分離
エリアー3 "	硝酸，硝安，袋詰設備
エリアー4 "	硫安，複合肥料，輸送袋詰設備及び倉庫
機器修理	全プラントの機器の修理，3交替勤務
製作工場	配管，製缶，溶接
修理工場	工作機械類による機械，自動車修理
土建セクション	土建工事
事務セクション	総合管理

管理機構は完備されているが、次の点が指摘される。

- 1) 運転部門との連絡が悪く、設備の状況を把握していない。
- 2) エンジニアリング部内でも相互の連絡が悪く効率が低い。
- 3) 保守作業の手順書がなく、結果が安定しない。
- 4) 測定工具、治具工具が不足し、仕上がり精度が悪い。
- 5) 予備品が不足し、修理が遅れ設備破損の度合が大きくなる場合が多い。また、修理不能のため放置される計器が多い。このために運転側は盲目運転に馴れ、ルーズな運転管理状況

になっている場合がある。

- 6) 漏洩箇所の修理が遅れ、運転員は漏洩に馴れ、注意を払わなくなっている。
- 7) 予備品在庫は良く整理されているが、台帳への記入がされていない。
- 8) 予備品のうち使用頻度の高い安価な予備品の不足が目立つ。購入に際してはひとつの工夫が必要である。
- 9) 保全部門従業員の教育が遅れている様に見受けられる。

外貨不足により予備品の購入が予定通り進まず、予備品不足が整備保全不良の主因となっているが、これから派生して運転管理に不良が生じている様に見受けられる。

これらの改善のためには、予備品管理体制の拡充が必要であるが、さらに少い外貨割当をより有効に生かすために、綿密な購入計画が必要である。又、各部門の連絡を密にし、早期補修を心掛け設備損耗を最小限に止めなければならない。

全般的に見て、管理システムは良く出来ているが、その運営に不馴れの感がある。特にミドルマネージメントが問題意識をもち、この機構を有機的に運営する必要がある。

第 4 章 既設工場の技術検討

第 4 章 既設工場の技術検討

4.1 既設工場のプロセス説明

既設工場のプロセスおよび機器に関する技術検討を報告するに先立ち、プロセスの概略を説明する。

4.1.1 既設工場全般

本工場はアンモニアプラント、硝酸プラント、硝安プラントおよび付属設備に大別され、設備構成は図 4-1 に示す通りである。

なお、参考までに計画時および現在の工場全体配置図を図 4-2 および図 4-3 に示す。

4.1.2 アンモニアプラント

アンモニアプラントの主原料である石炭（名称 Maamba coal マアンバコール）は近くの露天掘炭鉱より鉄道貨車にて供給される。

石炭は石炭ハンドリング設備にて微粉炭にされたのち、石炭ガス化設備に送られここで空気分離装置から送られてくる酸素と部分燃焼によりアンモニア合成用の原料ガスが製造される。

原料ガスは、脱硫化水素設備で硫化水素を除去されたのち、原料ガスコンプレッサーによりガス精製設備に送られ、アンモニア合成用ガスに精製される。精製されたアンモニア合成用ガス（主に水素）は、空気分離装置からの窒素と混合され合成ガスコンプレッサーにより昇圧されてアンモニア合成設備に送られる。

アンモニア合成設備では、水素および窒素を触媒の存在下で反応させることによりアンモニアが製造されている。

能力は 95.3 T/D で、次の各設備により構成されている。

- (1) 石炭ハンドリング設備
- (2) 石炭ガス化設備
- (3) 脱硫化水素設備
- (4) ガス精製設備
 - ・ 一次 CO 転化セクション
 - ・ 熱炭酸カリ CO₂ 除去セクション
 - ・ 二次 CO 転化セクション
 - ・ モノエタノールアミン (MEA) CO₂ 除去セクション
 - ・ メタネーション CO₂ 除去セクション

(5) アンモニア合成設備

(6) 圧縮機セクション

(7) 空気分離装置

4.1.3 硝酸プラント

硝酸プラントでは、アンモニアプラントで製造されたアンモニアと空気を混合させ、触媒の存在下でアンモニアを酸化し二酸化窒素とし、それを水に吸収させることによつて硝酸が製造されている。

能力は172.4 T/D (100%硝酸として)である。

生産される硝酸濃度は55wt%である。

4.1.4 硝安プラント

硝安プラントではアンモニアプラントで製造されたアンモニアおよび硝酸プラントで製造された硝酸を化合させて硝安溶液とし、これを濃縮して肥料用およびANBA用それぞれの造粒塔に送り、それぞれのクーラーで空気により冷却された後、吸湿防止用コーティングが行われ、肥料用およびANBA用の粒状硝安が製造されている。

能力は肥料用166 T/D, ANBA用39 T/Dである。

4.1.5 付 属 設 備

工場用水は3 Km離れたカフエ川から取水設備のポンプにより工場内にある水処理設備へ送られてくる。

工場用水は冷却水として使用される他、水処理後プロセスウォーター(滲過水)および純水として全工場に給水される。

蒸気はボイラより供給される他、各設備の廃熱回収ボイラで発生するものが使用されている。

電力は国営発電会社ZESCOから工場内の主変電所に6.6 KVで配電される。

付属設備の主な仕様は次の通りである。

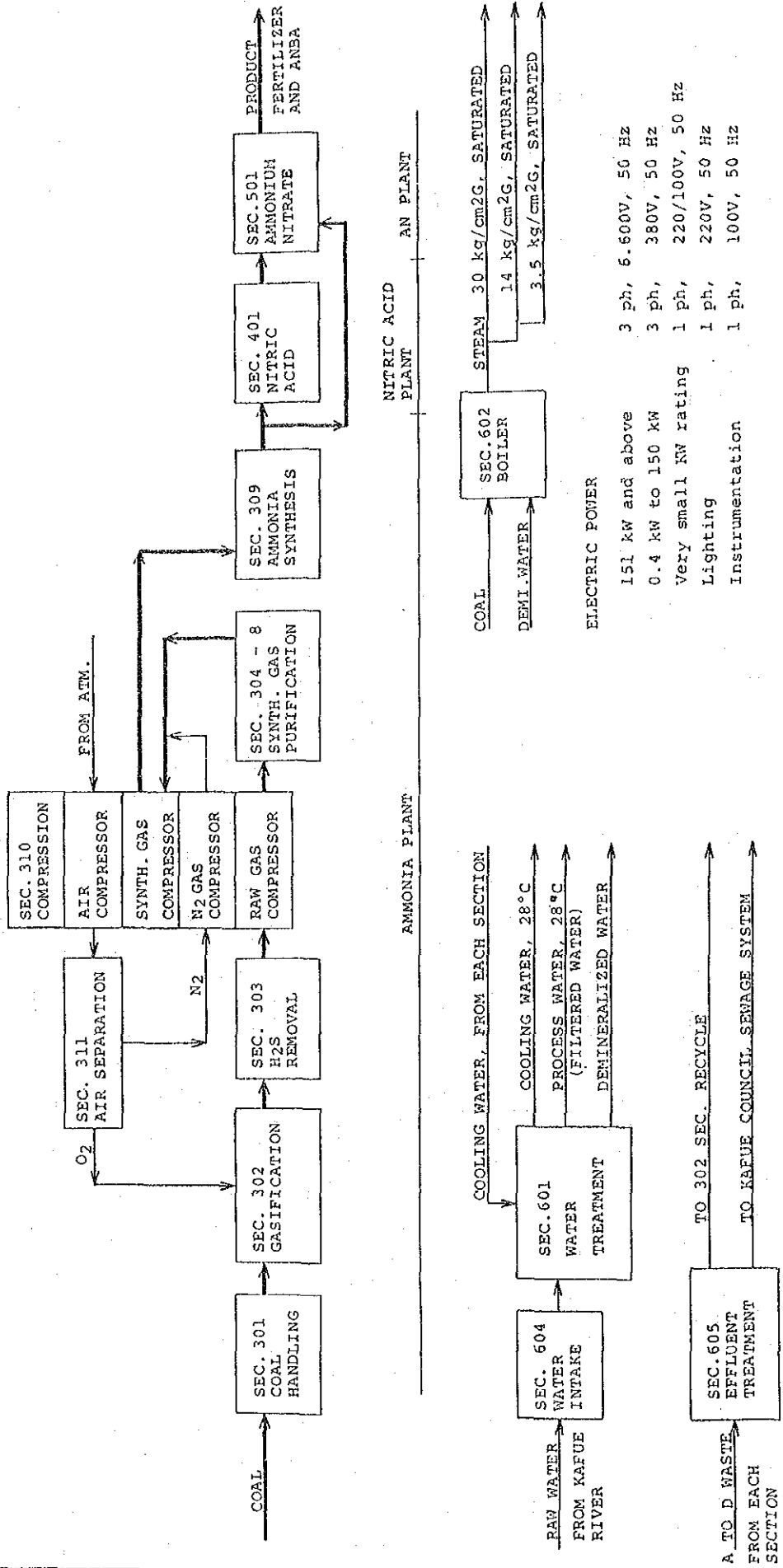
- | | |
|---------------|---------------------------------|
| (1) 取 水 設 備 | 500 m ³ /H |
| (2) 水 処 理 設 備 | |
| ・ 処 理 水 量 | 500 m ³ /H |
| ・ 冷 水 塔 | 3400 m ³ /H |
| ・ 純 水 製 造 | 40 m ³ /H |
| (3) ボ イ ラ | 32 Kg/cm ² G, 13 T/H |
| (4) 廃水処理設備 | |

- ・ 処理水量 630 m³/H
- (5) 電気・計装設備
- (6) 非常用電源設備 ジーゼルエンジン駆動 375 KVA
- (7) 分析室
- (8) 工作工場

(詳細プロセス説明)

詳細プロセス説明に関しては、付属資料 7 を参照されたい。

Fig. 4-1 NITROGEN CHEMICALS OF ZAMBIA Ltd.
GENERAL BLOCK DIAGRAM



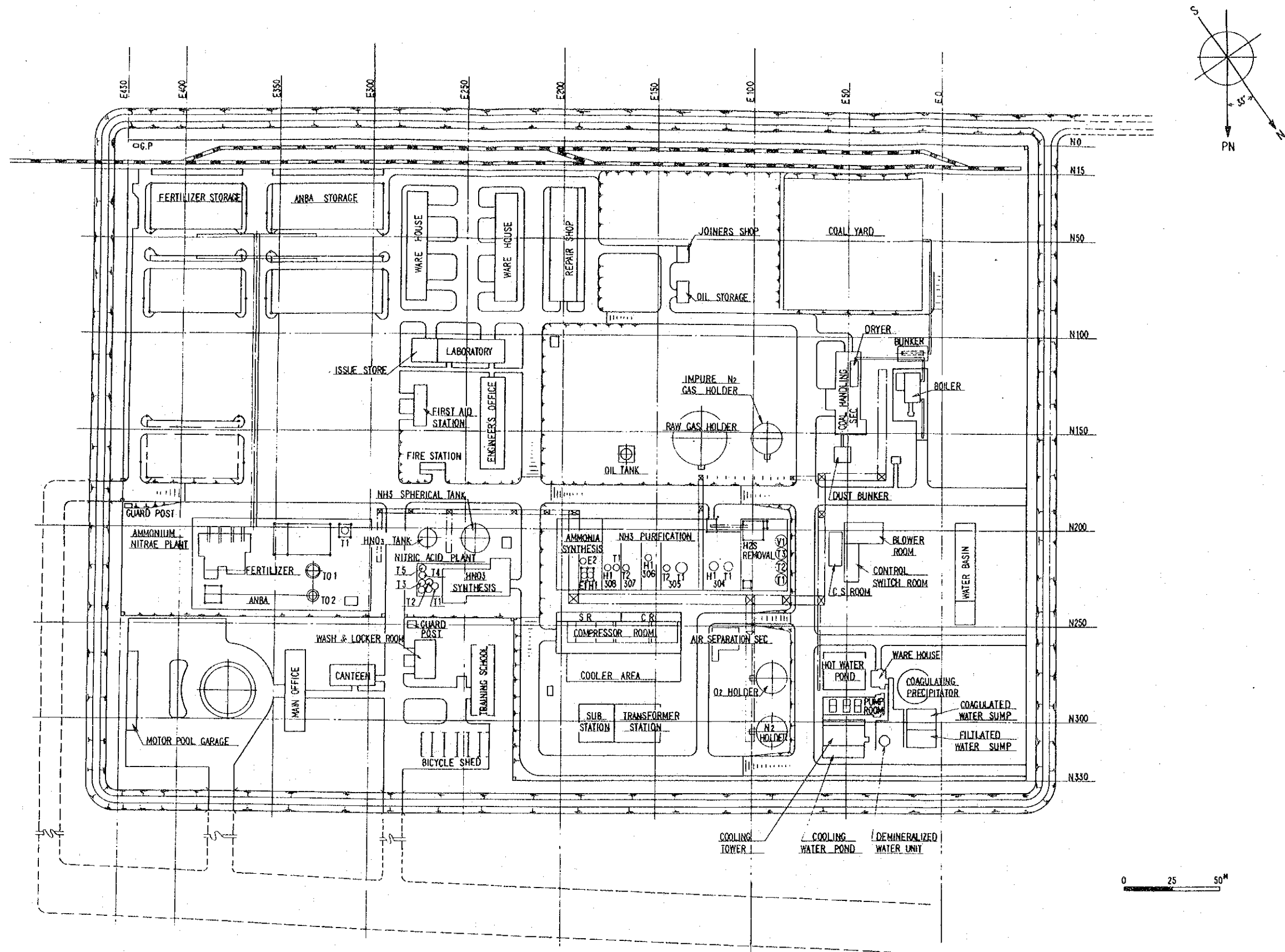


FIG. 4-2
GENERAL LAYOUT OF NCZ

4.2 既設工場の現状及び問題点

4.2.1 概 要

1970年に操業を開始して以来10年を経過し、工場全体としては年数相応に老朽化している設備とさらに激しく老朽化している設備とがある。特にアンモニアプラントの石炭ハンドリングおよび脱硫設備の損耗が激しく、又硝酸および硝安プラントの腐食も大であった。

安全上問題となるのは、硝酸プラントであると予想されるので常に注意を払い運転すると共に早急な改修が必要と考えられる。

工場全体としては、逐年部分補修をすれば4～5年の継続使用も可能であると考えられるが、補修に要する期間および部材は年次毎に増加していくであろう。

過去の操業実績は表4-1に示すように、設備の老朽化による稼働率の低下と、原料炭の品位低下のために1979年度硝安生産量は約47,000トンで、設計値の78%となっている。年間生産量は1973年度の53,400トンをピークに年々低下し、今後急速な低下が考えられる。

各設備の現状、および問題点について次項以下で詳細に述べるが、以下の各項目について概要を表4-2にまとめてあるので参照されたい。

- (1) 設 計 能 力
- (2) 現 在 能 力
- (3) 期 待 能 力
- (4) 稼 働 率
- (5) 問 題 点

Table 4-1 Nitrogen Chemicals of Zambia Limited
Statement of Production

(Figure in T.)

Financial Year Quarter	Ammonia	Nitric Acid	Fertilizer	Dense	Porous	Total Ammonium Nitrate
TOTAL FOR THE YR. 1971-1972	15,000	25,400				32,500
TOTAL FOR THE YR. 1972-1973	14,300	24,500				29,300
TOTAL FOR THE YR. 1973-1974	26,400	48,400				53,400
April 1974-March 1975						
1st Qtr.	6,038	10,667	5,651	2,451	3,779	11,881
2nd Qtr.	7,420	13,570	8,820	3,763	2,714	15,297
3rd Qtr.	6,727	12,372	3,415	4,335	5,797	13,547
4th Qtr.	5,913	11,016	5,259	300	5,827	11,386
TOTAL FOR THE YR.	26,098	47,625	23,145	10,849	18,117	52,111
April 1975-March 1976						
1st Qtr.	3,492	6,367	426	2,597	3,575	6,598
2nd Qtr.	6,459	11,491	8,163	2,176	2,303	12,642
3rd Qtr.	6,323	11,507	4,098	3,223	5,544	12,865
4th Qtr.	6,116	10,969	4,431	2,515	5,177	12,123
TOTAL FOR THE YR.	22,390	40,334	17,118	10,511	16,599	44,238
April 1976-March 1977						
1st Qtr.	3,448	6,697	826	2,713	3,248	6,787
2nd Qtr.	7,670	14,126	8,813	3,571	3,519	15,903
3rd Qtr.	6,826	12,378	4,665	2,485	6,322	13,472
4th Qtr.	6,439	11,631	8,559	1,344	3,025	12,928
TOTAL FOR THE YR.	24,383	44,832	22,863	10,113	16,114	49,090

Financial Year Quarter	Ammonia	Nitric Acid	Fertilizer	Dense	Porous	Total Ammonium Nitrate
April 1977-March 1978						
1st Qtr.	5,395	9,735	4,268	2,085	4,042	10,395
2nd Qtr.	6,335	11,900	7,857	2,756	2,371	12,984
3rd Qtr.	5,841	10,651	6,590	2,356	2,410	11,356
4th Qtr.	6,383	11,829	4,630	3,585	4,547	12,762
TOTAL FOR THE YR.	23,954	44,115	23,345	10,782	13,370	47,497
April 1978-March 1979						
1st Qtr.	4,815	8,924	3,550	2,357	3,579	9,486
2nd Qtr.	7,126	12,565	9,059	1,962	2,877	13,898
3rd Qtr.	6,401	11,470	8,432	1,826	2,701	12,959
4th Qtr.	6,428	11,711	8,391	1,560	2,506	12,457
TOTAL FOR THE YR.	24,770	44,675	29,432	7,705	11,663	48,800
April 1979-March 1980						
1st Qtr.	6,680	11,920	5,970	4,210	3,508	13,688
2nd Qtr.	4,027	7,988	6,005	4,621	1,693	7,698
3rd Qtr.	6,846	12,371	5,363	4,621	3,485	13,469
4th Qtr.	6,326	11,414	8,964	8,831	3,161	12,125
TOTAL FOR THE YR.	23,879	43,693	26,302	8,831	11,847	46,980
April 1980-Dec. 1980						
1st Qtr.	5,921	11,105	2,614	5,283	3,575	11,472
2nd Qtr.	2,149	3,744	2,691	2,360	928	3,619
3rd Qtr.	5,757	10,651	4,319	2,360	4,109	10,788
TOTAL FOR NINE MTHS.	13,827	25,500	9,624	7,643	8,612	25,879

Table 4-2 Present Conditions of Facilities

Facilities	Design Capacity	Present Capacity	Expected Capacity	Operation Rate	Problems
Coal Handling	Coal 6.6 T/H	Coal 8 T/H	Coal 8 T/H	92%	<p>1) A change in coal specification has made the handling capacity insufficient.</p> <p>As designed (Shankandobo coal) (Maamba coal)</p> <p>Carbon (elemental analysis) 85.90% 69.4%</p> <p>Volatile component (proximate analysis) 20.00% 21.7%</p> <p>Ash (proximate analysis) 16.95% 17.1%</p> <p>2) All the instruments are in faulty condition and the dryer is operating insufficiently. This makes the raw coal high in water content and of unstable quality, resulting in a lot of carbon burnt imperfectly in the Gasification.</p> <p>3) Leaked fine coal accumulates on the moving portions of the equipment, which is a cause of wear there.</p>
Gasification	Gas 10,600 Nm ³ /H (NH ₃ 95.3 T/D)	Gas 8,500 Nm ³ /H (NH ₃ 85 T/D)	Gas 8,500 Nm ³ /H (NH ₃ 85 T/D)	97%	<p>1) Lowered quality of raw coal and its higher moisture content produce more accompanying clinker from the ash, which accumulates in the gas line and finally closes it. This increases the pressure inside the furnace and makes it inoperable.</p>

*1 Capacity : Represented by production per day

*2 Operation rate : Actual operating days/planned operating days (%)=(planned operating days-nonoperating days due to trouble)/planned operating days (%), derived from the performance over the past one to two years.

*3 Expected capacity : Capacity expected if external causes, machine trouble, etc. are eliminated.

Facilities	Design Capacity	Present Capacity	Expected Capacity	Operation Rate	Problems									
Gasification (Continued)					<p>2) Operation at gas flow of 9,000 to 9,500 Nm³/H increases the furnace internal pressure to the point at which operation is no longer possible.</p> <p>3) A standby furnace is available and used alternately realizing a high operation rate of the Gasification.</p>									
H ₂ S Removal	Gas 10,600 Nm ³ /H H ₂ S at outlet 3 ppm	Gas 8,500 Nm ³ /H H ₂ S at outlet 800 ppm	Gas 10,600 Nm ³ /H H ₂ S at outlet 3 ppm		<p>1) Faulty preparation of desulphurizing and absorbing solutions contributed to ineffective desulphurization.</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>Setting</td> <td>Present</td> </tr> <tr> <td>NaVO₃</td> <td>1.5g/l</td> <td>0.5g/l</td> </tr> <tr> <td>ADA</td> <td>5.0g/l</td> <td>1.5g/l</td> </tr> </table> <p>2) The circulating solution containing a lot of H₂S has corroded the equipment very much.</p> <p>3) The deteriorated filtering equipment is not capable of fully recovering the sulphur content of the circulating solution and the free sulphur blocks the absorbing tower packings.</p>		Setting	Present	NaVO ₃	1.5g/l	0.5g/l	ADA	5.0g/l	1.5g/l
	Setting	Present												
NaVO ₃	1.5g/l	0.5g/l												
ADA	5.0g/l	1.5g/l												
Gas Purification and Ammonia Synthesis	NH ₃ 95.3 T/D	NH ₃ 79 T/D	NH ₃ 95.3 T/D	85%	<p>1) The operation rate is low because of power failure and trouble on the upstream facilities.</p> <p>2) The catalyst bed of the primary shift converter is clogged and produces a great differential pressure, lowering capacity. Design capacity can be realized again if the catalyst is replaced and raw gas is fed in sufficient quantities.</p> <p>3) The potassium carbonate regenerator tower is operated in a faulty condition and the equipment is in an advanced state of corrosion.</p> <p>4) The instruments have deteriorated and can not show the correct operating condition.</p>									

Facilities	Design Capacity	Present Capacity	Expected Capacity	Operation Rate	Problems
Nitric Acid Plant	HNO ₃ 172.4 T/D	HNO ₃ 150-160 T/D	HNO ₃ 172.4 T/D	98%	<ol style="list-style-type: none"> 1) Because of shortage of raw ammonia, the production capacity is reduced. 2) The cooler is corroded and clogged, which reduces the plant capacity and make it impossible to maintain set operating conditions. 3) The equipment is corroded to a considerable degree.
Ammonium Nitrate Plant	For ANBA 39 T/D For Fertilizer 166T/D <u>Total 205 T/D</u>	AN 205 T/D	AN 205 T/D	every day stopped due to minor troubles.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Given an adequate supply of raw material, the plant can be operated at its design capacity. 2) Bagging and weighing machines are broken. 3) The mother liquor line filter has been removed. This causes frequent clogging of the prilling nozzles. 4) Crystals adhere to the prilling tower bottom. 5) The troubles above are corrected by resorting exclusively to abundant manpower. 6) The equipment is corroded in a considerable extent.

4.2.2 アンモニア プラント

4.2.2.1 301石炭ハンドリング設備

(1) 生産量および能力

現在ウェットコールは設計値 6.6 T/H に対して 8 T/H 程度（水分 8 % 程度）で運転中である。石炭の品位低下のためこれでも能力不足であるが、現在の生産に見合ったアンモニア 85 T/D 相当の能力を持っているものと見られる。

(2) 稼働率

1978年第4四半期から1980年第3四半期までの平均をみると、91.8%稼働している。（定期修理期間を除く15,408 時間に対し、14,152 時間動いている。）

停止の主な原因としては停電、石炭ダストの掃除、ウェーイングフィーダーの故障、粉炭ラインのつまり等である。

(3) 運転の状況

プラント内全般に大量の粉塵が堆積している。

この大部分は微粉炭であり、主に次の箇所から発生している。

- (a) ミルへの原料供給スクリーフィーダーの受口
- (b) ドライヤーの原料受口
- (c) 石灰供給口
- (d) ドライヤーの燃料炭投入口

この粉塵は作業環境の悪化のみならず、機器摺動部の磨耗により寿命短縮の原因ともなり、また火災の原因にもなり得る。

これを防止するには上記各部に局部集塵用として、合計 $100\text{m}^3/\text{Min}$ 程度の処理風量の集塵機をつけるとよい。

コントロール ルームのパネルについている計器は保守状況が悪く、ほとんど信頼できないといっても過言ではない。

現在は手動操作に頼っているが、これをもとの状態に復帰させる必要がある。

このプロセスの安定操業のためには、ドライヤーの安定した運転がまず必要であり、そのためには上記計装関係の整備が第一の課題である。

4.2.2.2 302石炭ガス化設備

(1) 生産量および能力

本プラントはアンモニア 95.3 T/D 生産に必要な原料ガスを石炭を原料として製造する設備で、当初の設計では炭素分 85.90%、揮発分 20.00%、灰分 16.95%のシアンカン

ドボ炭 (Shiankandobo) を使用するものとして計画、かつ建設された。

ところが、シアンカンドボ炭は入手困難となり、ギャランティーテストではほぼこれに近いワンキー炭 (Wankie) を使用した。その結果、平均 $6,600 \text{ Kg/H}$ (ドライベース) の石炭を使用し、原料ガス $10,000 \text{ Nm}^3/\text{H}$ を製造し、アンモニアの生産 100 T/D が達成できた。

その後のコマーシャルオペレーションではザンビア国産のマアンバ炭 (Maamba) が使用され、ワンキー炭に比較し、炭素分は 20% 少ないものであるため、本プラントのガス化の効率は 66% 位にまで低下している。

NCZ の過去 10 年間の運転結果から判断すると、 1 週間～ 10 日間位ならば、原料ガス $9,000 \sim 9,500 \text{ Nm}^3/\text{H}$ 程度の運転は可能であるが、その時の石炭送入手量は 9 T/H 前後となり、石炭送入手スクリーコンベアの能力の上限に近い。また、この状態ではアッシュクリンカーがガスの通路を閉塞し、ガス化炉の圧力が上昇し、プラント停止に至る。

従って、長期運転のためにはガス発生量を $8,500 \text{ Nm}^3/\text{H}$ 、石炭送入手量 8 T/H 前後 (アンモニア生産量にして 85 T/D 前後) 程度がよいと思われる。

(2) 稼働率

現状 $8,000 \text{ Nm}^3/\text{H}$ 程度の運転であり、 1979 年 9 月から 1980 年 3 月の期間では $5,136$ 時間のところ $5,010$ 時間動いており (97.6% 稼働) 極めて良好である。

1978 年に建設された予備プラントが運転の安定化に寄与している。

(3) 機器の損耗状況

クーリングウォッシャー、ウオーターセパレーターについては NCZ が補修済で問題ない。ガソフアイヤーは水冷ジャケットからの水洩れがあったが、材質を SB から SUS に変えエキスパンションジョイントを設けることで解決した。

ラジエーションボイラとチューブラボイラとの接続部、チューブラボイラ、タイゼンウォッシャーについてはそれぞれ補修あるいは交換が必要である。

(4) 操業について

石炭ガス化設備の能力はその原料処理能力つまり石炭ハンドリング設備の処理能力と密接に関係を有するものであり、マアンバ炭の使用によって大幅に石炭原単位が悪化したため、石炭ハンドリング設備がその仕様の処理能力 6.6 T/H を越えて使用されているにもかかわらず低い能力に止まる結果となっている。この石炭ハンドリング設備における長期にわたるオーバーロード オペレーションは、コールダスト粒度を粗大な

らしめ、石炭ガス化設備におけるガス化効率を悪化させているのみならず、未燃コールダスト量の増加が本ガス化設備の操業を悪化させ、かつ後続工程に多大の影響を与え、これらが絡み合ってアンモニアの生産を低下させている。

石炭ガス化設備単独の能力としては、NCZが1973年10月に行なった「ガスプラント エフィシエンシー テストランレポート」によれば、本ガス化プラントはアンモニア合成原料ガス $8,400 \sim 9,280 \text{ Nm}^3/\text{H}$ を生産することができ、その際のアンモニア生産量は $77.9 \sim 86.97 \text{ T}/\text{D}$ 石炭原単位は $1.790 \sim 1.889 \text{ T}/\text{NH}_3 \text{ T}$ である旨が報告されている。このような状態を改善し、アンモニアプラントのオペレーションフレキシビリティを増加するためNCZは1978年1月に予備ガス化設備を1基増設し、そのコミッショニングを行なっている。

この予備ガス化設備はマアンバ炭を原料として設計されたものであるから、その石炭消費量は当然本ガス化設備より大きく設計されている。しかし、予備ガス化設備自体も石炭ハンドリング設備の処理能力によってその能力が制限され、仕様以下の石炭供給で操業されるから効率が悪く、一方石炭ハンドリング設備はオーバーロードを要求されるからコールダストの粒度が粗大化し、予備ガス化設備のガス化効率を益々悪化させている。

幸いにも、現在コミッショニング中の新設石炭ハンドリング設備の稼働も近いので、この設備において製造されたコールダストが本ガス化設備や予備ガス化設備に供給され、かつ既設の石炭ハンドリング設備のオーバーロードが解決されれば、ガス化設備の操業はかなり改善されることが期待される。

(5) 安定運転について

マアンバ炭を含め低品位炭は、一般に均一な品質のものを得るのが難しい。このため、ガス化炉の操業に当っては、操作変数を十分に理解し原料炭性状に合わせ操業を対応させる（操業ノウハウの確立）ことが必要である。

現状では1978年に建設された予備ガス化設備が運転の安定化に寄与しているが、トラブル発生時の切替運転がスムーズに行なわれず、後続工程のガス精製およびアンモニア合成設備の安定運転に影響を与えている場合が多いようである。

石炭ガス化設備のストップ原因は表4-4に示すように、スラグおよびフライアッシュによる系内の詰りである。これの発生を完全に防止することは大規模な改造なしには非常に困難である。従って、現状での詰りによる運転停止回数を減らすためにはスラグおよびフライアッシュが堆積しやすい個所の定期的な清掃・保守を行わなければならない。

(6) E01とE02の接続部分について

ラジエーションボイラ(E01)とチューブラボイラ(E02)のガス流路連結部およびチューブラボイラの管板面はフライアッシュによるエロージョンが非常に激しい。何らかの対策を構ずるべく検討したが、抜本的な解決策としては流路の変更と流速を下げる必要があるとあり、このための改造は大がかりとなるので今回の改修計画とは別に今後検討されるべきと考える。なお、ガス整流板は現在取はずされており、エロージョン発生を助長させていると考えられるので早急に取付けるべきである。又、この整流板は消耗予備品と考えるべきであろう。

(7) 計器について

計器については全面的に老朽化が進んでおり、更新の必要がある。

計器の不調、信頼性のなさが運転員のノウハウ確立並びに慎重な操作を阻害している。更新しなければ操業率が上がらないばかりか危険でもある。

4.2.2.3 303 脱硫設備

(1) 生産量および能力

本設備は硫化水素0.92%を含む原料ガス10,600 Nm³/Hを処理し、出口での硫化水素を3 ppm以下にすべく設計、建設された。

ギャランティテスト時の入口硫化水素濃度は0.36~0.6%であり、出口の硫化水素は設計通りの値であった。

その後10年余運転しているが、脱硫溶液の組成の調整が悪く、そのため液中にHS⁻¹が残留し、脱硫率が悪い。(出口で800 ppmを越えることがある。)

さらに、液中の硫黄が除去されないまま液を循環しているため吸収塔の木格子に硫黄が付着して吸収塔を閉塞させる。また液中のHS⁻¹による機器・配管の腐食が激しい。正しい溶液の組成を保てば腐食は軽減されよう。

(2) 操業と稼働率

前述のように液の組成が設計値とかけ離れた値(特にバナジン酸ナトリウム1.5 g/lの設計値に対し0.5 g/l程度、およびADA 5.0 g/lに対し1.5 g/l程度)であり、溶液中でのV⁺⁵によるH₂S→HS→硫黄の反応が進まずHS⁻¹が残留したまま運転されている。pHが8.2の場合HS⁻¹が5.5 ppmあると、H₂Sは100ppm以下にはならない。

本プラントの稼働率は、定修時の補修と、年1回の木格子の清掃程度で停止するだけであり、非常に高い。

(3) 機器の損耗状況

前述の通り腐食の激しい状態での運転を続けているため吸収塔の腐食および木格子のつまりが不必要に多い。

液中の硫黄を除去するためのフィルタープレスも使用中ではあるが、漏液している。

全般的にかなり手をかけてはいるが、何れも後手にまわっており必要以上に損傷している。大幅に改修する必要がある。

4.2.2.4 304～309 ガス精製およびアンモニア合成設備

(1) 生産量および能力

現在の負荷はアンモニア79T/D程度である。原因はプライマリーシフトコンバーターの触媒の劣化にある。このコンバーターの3段目の触媒層での差圧が限界値(設計上限値0.5Kg/cm²に対し0.5～0.6Kg/cm²)に達しており、これ以上の負荷はかけられない。この触媒を交換すれば当初の設計能力を回復すると思われる。

(2) 操業と稼働率

保温の状態が悪く、配管部品の老朽化も著しい。計装設備の老朽化もひどく、日常の保守点検も十分でない。誤指示をしていると思われる計器が多く、運転状態の把握が十分には出来なかった。

各所からのスチーム漏洩放置、冷却水の放出量の未管理等製造コストに対する関心も薄いように見受けられた。

第2カーボネートリボイラー、306プレヒーターA等は設定条件から外れた運転のためチューブあるいは附近の配管が腐食されている。操業は停電や設備内のトラブルのため中断され、1980年について見ると、上流側設備のトラブル、停電等外部要因によるもの43日、配管、装置等内部要因によるもの3.5日の計46.5日停止しており、約85%の稼働率であった。

(3) 機器の損耗状況

保温の損傷している機器が多く、外装板の腐食、変色も目立つ。鋳鉄、鋳鋼製の機器は特に老朽化が目立つ。計装設備、炭素鋼配管、配管サポート等老朽化したものが多く、スチームトラップは満足に作動していないものが多い。冷却水の水質管理不良や運転条件の設定値からのズレの放置によって腐食等の損耗が進行している。

(4) 操業について

1980年1月1日から1980年12月31日までの1ケ年間について、NCZの運転日報を基にアンモニア生産量の実績をまとめた結果は表4-3に示した通りである。

Table 4-3 Operation Data of Gas Purification and Ammonia Synthesis Section

(1980)

Month	Normal Operation			Stoppage due to External Factor			Stoppage due to Internal Factor			Remarks
	Days	Av. Daily Product	Max. Daily Product	Times	Days	AV. Daily Product	Times	Days	Av. Daily Product	
Jan	28	82.3	84	2	3	58.9	0	0	—	
Feb	15	*	*	10	14	*	0	0	—	
Mar	20	79.2	81	7	11	48.3	0	0	—	
Apr	19	79.9	86	8	11	42.7	0	0	—	
May	20	84.3	88	7	11	43.3	0	0	—	
Jun	15	83.7	85	5	5	74.1	0	0	—	
Jul	Annual shut-down (total 66 days)									
Aug	4	*	*	2	3	*	0	0	—	
Sept	21	74.5	80	9	9	41.0	1	1	69.3	
Oct	17	80.2	81	5	7	35.4	6	7	46.9	
Nov	14	80.9	84	10	15	49.8	1	1	73.8	
Dec	19	77.2	80	6	9	27.9	3	3	70.2	
	192	80.2	88	71	98	44.9	11	12	56.8	

注) ① *部は計量器の故障で生産量が不明である。以降の計算には年間の平均値を適用する。

② NCZ社はNH₃のポンペ出荷をしているが、それは計量器の前(上流側)から抜取られているので上記生産量に含まれていない。

この量は年平均では0.1 T/日以下であろう。

③ 外部要因及び内部要因による停止の「日数」は生産量が影響を受けた日数である。

④ Product : T/D

(年間生産量)

この表からアンモニアの年間生産量を推定すると、

$$\left. \begin{array}{l} 192 \text{日} \times 80.2 \\ 98 \times 44.9 \\ 12 \times 56.8 \end{array} \right\} 20,480.2 \text{ T/Y} + \text{ポンペ出荷}$$

→ 20,500 T/Y 程度となる。

(稼働率)

稼働率低下への要因別寄与日数は、

外部要因による稼働率低下 : $98 \text{日} \times (80.2 - 44.9) \div 80.2 = 43 \text{日}$

内部要因 " : $12 \text{日} \times (80.2 - 56.8) \div 80.2 = 3.5 \text{日}$

合計 46.5日となり、稼働率は、

$$\left(1 - \frac{46.5}{300} \right) \times 100 \div 85 \% \text{となる。}$$

(5) 安定運転について

ガス精製およびアンモニア合成設備のストップ原因は表 4-4 に示すように、次の3点で約 80% を占めている。

(a) ガス化設備のトラブル (58%)

(b) 停電 (12%)

(c) ローガス コンプレッサのトラブル (8%)

Table 4-4 Causes of Stoppage
(Gas Purification and Ammonia Synthesis Section)

	Cause of Stoppage	Frequency
Gasification	Ash Extractor clogging	13
	Pressure rise on blow pipe	17
	Tubular Boiler clogging	2
	Gasifier internal pressure rise	11
	Others	5
	SUM	48 (57.8%)
Ammonia Synthesis	Synthesis Gas Compressor Valve leakage	4
	Pump trouble	1
	Water Pipe leakage	1
	Heat Exchanger leakage	1
	Instrument trouble	3
	Operational trouble	1
SUM	11 (13.3%)	
Other Facilities	Coal Handling section trouble	1
	Raw Gas Compressor trouble	7
	H ₂ S Removal section trouble	1
	N ₂ purity drop	1
	Raw Gas Holder repair	1
	Cooling Water short	2
	Boiler stop	1
	Electric Failure	10
SUM	24 (28.9%)	
	TOTAL	83 (100%)

従って、本設備の安定運転のためにはガス化設備でのトラブルを減少させることが何よりも緊急に必要である。ガス化設備の稼働率は良好であるが、これは稼働率であって安定に運転しているという率ではない。小停止が多数回あるために下流のプラントはそのたびに停止し、稼働時間が短くなってしまっている。対策については第4章4.2.2.2を参照されたい。

停電については雨期の落雷によることが多いようであるが、NOZ工場としては対策がとれないので今後電力公社等により検討されるべきである。

ローガスコンプレッサーのトラブルを減少させるためには定期的なオーバーホールによる整備が重要である。NOZはこれまでに毎年定期的にオーバーホールを実施して来たが、ここ2～3年は予備品の不足によって十分な整備がなされていない。従って、予備品を確保した上でのオーバーホールを実施する必要がある。

(6) サチュレーター(304-T01)のランヒリングについて

頻繁に取替えられている。短いものは半年、長いものでも2年半で取替えられている。今回水質分析をした結果、pHは7.55であった。水質を十分調査して購入しても通常の磁製品では高温の熱水に長期間使用出来るとは限らない。この取替頻度から判断するとステンレス製に変更すべきである。なお、変更に際してはサチュレーターの性能を考慮してステンレスリングの仕様を決めなければならない。

(7) カーボネートCO₂リムーバルおよびMEA CO₂リムーバル セクションのランヒリングについて

カーボネートアブソーバーのボトムベッド用を除き、現状程度の取替はやむを得ないと考えられる。一般的実績として、この種のプラントでの磁製リングの寿命は4年から8年程度である。このため最近の日本の同種プラントでは樹脂製を使う例が多い。カーボネートアブソーバーのボトムベッド用は毎年取替えられているが、これは設備の腐食により発生するスラッジがここに集積されるためと推定される。

防食剤の適用と溶液フィルターの使用が是非必要である。

(8) カーボネートCO₂リムーバル セクションの腐食について

このセクションのカーボンスチール製品および第1、第2、リボイラーに顕著な腐食が発生している。これは防食剤の使用を1974年5月からストップしたのが最大の原因である。

防食剤にはバナジウム、ヒ素、クロム等各種のものがあるが、公害問題を考えればバナジウムが最適と考えられる。防食剤を使用しないのであれば、全ての接液部はステン

レスチールに取替えるべきである。

第2リボイラーは第1リボイラーより緩やかな設計条件であるにもかかわらず、ダメージを受けた原因はオーバーロードにあると推定される。設計以上のスチームを供給したため溶液の濃度が高くなり腐食されたものと考えられる。

なお、この溶液の腐食性は濃度の上昇とともに増加する特性がある。ちなみに、1次調査時に行なった第1および第2リボイラーの外表面温度測定によれば第2の方が5℃程度高い結果となっている。

本セクションのアブソーバー出口のCO₂濃度は0.8～1.0%で設計されているが、1981年2月24日の運転日報によるとCO₂濃度は0.55%と異常に低い。これはリボイラーのオーバーロードと考えられる。

第2リボイラーは1979年に腐食によってチューブに孔があいたため、大量のプラグ打ちを行ない運転を続けていたが、数ヶ月後に新品と取替えられた。ところが1980年および1981年にも新チューブバンドルと取替えられている。オリジナル製品が約10年間使えたのに比べNCZ製リブレース品がわずか数ヶ月しか使えない理由は材質選定に問題があったためと考えられる。

3) セコンダリーソフト プレヒーターA (306-E01) チューブの腐食について

運転温度が低い場合チューブ表面でコンデンセートが生じ、腐食されるものと考えられる。上流側設備のトラブルが多く、極低負荷運転や停止・再起動の多い点を考慮すれば、チューブをステンレススチールとするのがよい。

4) 触媒について

CO転化触媒、メタネーション触媒、アンモニア合成触媒いずれも日本国内における実績に比較して劣化が早い。原因は定常運転が出来ていないためと推定される。シャットダウン回数が異常に多いことや、運転中の頻繁な処理量の変動などは触媒層の温度変動・圧力変動を引き起こし、著しく触媒の性能を劣化させる。更に前工程からの飛沫同拌を起こしやすくなり触媒の汚染・強度低下を促すことになる。

プライマリーCOコンバーターについて、運転日報によれば1980年10月14日の12時から14時の間に急激に触媒層の差圧が上昇している。差圧増加以外には記録に残っている異常がないため原因の確定はできないが、今回の調査で各段の差圧を測定した結果、表4-5に示される通り第3段の触媒層での差圧が限界値(設計値0.5 Kg/cm²)に対し0.5～0.6 Kg/cm²)に達しており、これ以上の負荷はかけられない状態であった。

Table 4-5 Differential Pressure of Primary Shift Converter

kg/cm²

	1st Run	2nd Run
1st Bed	0.21	0.19
2nd Bed	0.29	0.31
3rd Bed	0.50	0.60
Total	1.00	1.10
Note 1) Date: March 4, 1981 2) Raw Gas Flow: 9,600Nm ³ /H 3) Steam Flow: 6,960kg/H		

NOZ の記録によると、この触媒は 1979 年に第 1 層、第 2 層、第 3 層の全てが同時に取替えられたことになっているが、この種の反応器の触媒は特別の誤操作がない限り、運転上もっとも厳しい第 1 層目が先ず劣化し、第 2 層、第 3 層は第 1 層の 2 倍程度の寿命があるものである。

第 3 層目のこの急激な差圧の増加は設備の何らかの異常、又は何らかの重大な誤操作をうかがわせる。

推定される要因としては、

- (a) 差圧計の故障による誤指示
- (b) 触媒受の破損
- (c) 第 3 層触媒への異物の混入
- (d) コンデンセートの混入による触媒の劣化
- (e) 第 2 デスーパーヒーターの閉塞

が考えられるので触媒交換時によくチェックする必要がある。触媒の劣化を防ぐには、プラント全体を定常運転することが最も大切であり、そのためには運転要領書に基づいた運転をすると共に、シャットダウンをできる限り少なくすることが肝要である。

年間 80 回余の停止回数は何としても減らさねばならない。

(1) アンモニア合成塔内部装置について

調査時点での運転状態は触媒層入口温度の変動が大きく 350~500℃の幅で全く不規

則に変動しており、触媒層温度も1段目はかなり変動しており、その他の部分の温度、ループ圧力、原料ガス受入量なども定常的でなかった。現在使用中の内部装置は1976年5月に取付けられたもので、この時充填した触媒はトブソ一品+BASF残品(1973年充填残)+BASF中古品であったが、1980年7月まで運転した後BASF新品と取替えられている。

従って、調査時点で使用されていたものは1976年5月からの内部装置と、1980年7月充填の触媒である。

コミッションング時、触媒取替前後(1980年7月)、現地調査時点(1981年2月)の4種類の運転データを表4-6に示してあるので参照されたい。調査時点では故障計器が多く、作動している計器の指示値も信頼性に欠けるため原因の確定はできないが、温度変動の原因は主に次の2つがあると推定される。

(a) 合成塔内部でのショートパス

これには更に次の2種類のショートパスが予想される。

1) 保温カバーシート面からシェルクーリングガスが触媒層入口にショートパスす

る。この場合、運転値に次のような影響が出ることが予想される。

- ① 触媒層温度が変動する。特に触媒層入口温度に大きく響く。
- ② 漏洩量が多いと耐圧胴表面温度に影響が出る。
- ③ 漏洩量が多いとガスの流量に変動が出る。

調査時の運転値および入手データでは①の現象が顕著であり、触媒層入口温度は50~100°C位変動していることがある。②③の現象は確認できる大きな変動はなかった。①の現象が保温カバーからの漏洩だけとすると熱収支から推定して②③の現象が同時に生ずると考えられる。

2) 触媒管外から管内へのショートパス

各段の触媒管の連結部からの漏洩、内部熱交連結部の漏洩が予想される。この場合には運転データに次のとき影響が現われると推定される。

- ① 触媒層の温度が変動する。
- ② 合成塔の性能が低下する。見掛上の触媒の劣化が早い。
- ③ 1段のホットスポットを抑えにくくなる。(1段のSVが小さくなるため)

1980年7月に取替え、8月下旬から運転開始した触媒にしては、1981年2月~3月の運転データは合成塔の性能が落ちすぎていることを示している。また触媒層の温度変動、1段ホットスポットの異常高温など①②③全ての現象がみられる。

Table 4-6 Operation Date for Ammonia Converter

Items		Time	Commiss ioning	Before change July, 1980	After change July, 1980	1st Survey Feb., 1981
Flow Rate (Nm ³ /H)	Circulation Gas		47,500	45,500	46,000	44,300
	Shell Cooling		4,750	5,000	5,000	4,500
	Bottom Gas		20,000	29,000	29,000	26,400
	1st Quench		13,600	—	6,400	(2,200)
	2nd Quench		3,500	4,500	3,200	3,300
	3rd Quench		3,400	3,500	—	3,100
	4th Quench		6,600	—	—	(1,600)
	BFW		4,000	3,500	3,500	3,250
	Purge Gas		550	700	610	620
	Flash Gas		170	54	162	out of order
Pressure (kg/cm ²)	NH ₃ Cold Condenser		2.72	1.4	1.4	1.5
	Steam Drum		6.0	6.6	6.0	5.4
	Gas Condenser Outlet		279	315	300	303
	Gas Circulator Δp		14.2	17.1	15.7	16.5
	NH ₃ Condenser Δp		4.0	—	—	out of order
Concentration (%)	Circulating Gas H ₂		66.5	—	63	61.5 (70.3)
	Converted Gas NH ₃		23.0	—	—	—
	Purge Gas CH ₄		5.6	—	—	— (4.1)
	Purge Gas Ar		9.0	—	—	— (9.98)
	Circulating Gas NH ₃		2.5	—	—	— (4.10)
Temperature (°C)	NH ₃ Cooled Cond. Gas outlet		0	-4	-11	-1
	Catalyst Tube inlet		440/429	452/455	— /455	455/450
	1st above		548/532	545/570	562/567	540/560
	Circulator outlet		29	40	30	38
	Quench Gas		150	138	130	126
	Converted Gas NH ₃		332	234	209	199
Liquid NH ₃ Production (T/D)			98.18	85.8	80.9	79

(b) 運転条件の変動

特に原料ガス受入量の変動が温度変化をもたらす。

現状運転方法は、原料ガスの受入を圧力コントロールに委ねているが、これは受入量変動の原因にもなっている。

合成塔の温度変動は上記の原因が重なって生じているものと考えられる。合成塔内部のショートパスは異常に多いシャットダウンが主原因と考えられる。なお、シャットダウンによる圧力変動、温度変動は内部装置に損傷を与える危険性があるのでシャットダウンの回数は極力減らすようにしなければならない。原料ガスの受入量変動による温度変動、圧力変動はシャットダウンのそれと比べれば変動幅は小さいが、頻度が多くやはり内部装置に悪影響をおよぼしている。

ちなみに、日本国内における同種合成塔の実績は正常に運転された場合、触媒寿命は5年以上、内部装置寿命は10年以上である。

対策としては、内部装置の補修は構造的にみて困難であり、材料の使用条件での劣化（チッ化、水素化の進行）を考慮すれば一式新品と取替える必要がある。その際、保温カバーは溶接型に改造するのがよい。スタートアップヒーターラインの内部連結管には熱応力を緩和するため、エキスパンションジョイントを使用する場合と使用しない場合（現状）とが考えられるが、エキスパンションジョイントを使用した場合は、薄肉となるため使用条件から考えて材料の劣化による破損が懸念される。また、日本国内の同種合成塔ではエキスパンションジョイントを採用していない。よって、エキスパンションジョイントは使用すべきでないとする。

4.2.2.5 310 圧縮機セクション

圧縮機セクションの構成機器は、コンプレッサーが4台で毎年の定期修理時に分解点検を行っており、特に大きな問題はない状態で運転している。各コンプレッサーの状況は以下の通りである。

(1) ローガス コンプレッサー (310-K01)

1段吐出の温度に比し、2段、3段の温度が高目であり、各段のクーラーおよびドレンセパレーターの定期的点検が必要である。

入口フィルターは、充填物を撤去して運転している。(カーボン粉末の詰りによって充填物が閉塞されるため)コンプレッサー保護のために復旧すべきである。

現在、カーボンダストによるディスチャージサイレンサーの閉塞防止策として、1段のサクシオン側からガス中にオイルを供給しているが、ガス精製セクションへの悪影響を除くため、4段ディスチャージ側にオイルセパレーターを設置する必要がある。

(2) ナイโตรジェン ガスコンプレッサー (310-K03)

運転は好調であるが、やや振動が大きい。(昨年の定期修理以後のこと)この状態が長期化すればコンプレッサーに悪影響が及ぶので再調整が必要である。又、この種の振動は基礎に起因する場合が多いので、今後充分な観察・検討を行ない、適切な処置をすべきである。

(3) シンセシス ガスコンプレッサー (310-K03)

2段と3段の吸入温度が高目になっている。各段のクーラーの定期的点検が必要である。

(4) エアーコンプレッサー (310-K04)

運転は好調である。

4.2.2.6 311 空気分離装置

(1) 生産量および能力

ギャランティーテストにおいて98.0%酸素, 3,800 Nm^3/H , 99.99%窒素, 2,850 Nm^3/H , 93%窒素, 5,000 Nm^3/H の計画能力が実証され, 現在まで10余年ほとんど故障もなく運転を続けている。1976年4月にリバーシングヒート エクスチェンジャーとチャッキバルブを交換しただけである。

(2) 操業と稼働率

現在は運転開始当初に比し, やや過冷却気味の運転で下部塔の圧力がやや低下し, 酸素純度が当初よりやや悪くなっているが, ギャランティー値は保っている。(98% O_2)

(3) コールドボックス内機器のオーバーホール

10余年, 全くのオーバーホールなしで事故もなく運転を続けている。この設備は全工場のシステム上, 定期修理期間でも運転を停止する事が難しいためにオーバーホールが出来なかったものと思われる。運転停止が難しいという理由は, 次の通りである。

- (a) アンモニア合成塔用触媒の保護等のため窒素シールを続ける必要がある。
- (b) 他セクションの機器開放前に, 危険ガスをブローするために窒素が必要であり, 他セクションよりも停止する時期が少なくとも10日は遅れる。
- (c) 本設備を停止させるための前処理(加温)に3~5日必要である。
- (d) 本設備を運転開始してから, 通常の生産量が出るまでに2~3日必要である。
- (e) 他セクションの運転開始に先駆けて(約7日)運転しなければならない。
- (f) 通常の定期修理期間は1ヶ月であり, 上記b)~e)までを考慮すると点検・補修期間は5~8日程度と短かく, コールドボックス外の補修および清掃しかできない。

ちなみに, 日本における同種設備では年1回の定期修理時にコールドボックス外から系統的に耐圧・気密テストを行っており(高圧ガス取締法に基づく), 2~3年毎にコールドボックス内を開放して内部機器のオーバーホールを実施している。

従って, 改修時には今後の耐用年数と安全性を把握する意味からも是非コールドボックス内機器オーバーホールを行なうべきである。

4.2.3 硝酸プラント

(1) 経緯と現状

本硝酸プラントは硝酸100%純度換算で172.4 T/D (55%, 310 T/D)を製造するプラントとして計画され、建設された。性能保証試験運転において100%換算硝酸174~175 T/Dの生産が可能であり、その原単位も仕様のアンモニア0.285 T/硝酸T (100%換算)を上廻る0.2808~0.2815であることが実証されている。(ギャランティテストデータによる)

その後10余年の営業運転を続け現在に至っているが、性能上は表4-7に示すように低下していない。ただプラントの各所に激しい腐食が発生し、棚段の脱落や冷却コイルおよび熱交換器類のチューブの漏洩等が目立ち始めているので、このままの状態では操業を続けると遠からずプラントの性能が低下するのみならず操業不能にもなりかねない現状である。

(2) 生産量および生産能力

本硝酸プラントは現在100%操業の状態ではない。

これは原料アンモニアの生産が低下しているために、アンモニアの生産量に応じた操業をしているからである。すなわち、100%硝酸172.4 T/Dの仕様に対して150~160 T/Dの生産を続け87~93%の操業となっている。しかし、このような操業であっても、短期間では硝酸プラントにおける硝酸の消費量に応じて100%に近い操業をしている期間がある。表4-7に示されている生産量および原単位は1981年2月28日から3月2日までの操業日報より得たそのままの数値である。

測定値が正しければ2月28日の10-6シフトでは100%換算硝酸58.82 T/8H = 176.46 T/Dと短期間ではあるが、本硝酸プラントは100%操業が可能であることを実証している。

(3) 安定運転について

表4-8には外部要因を除く硝酸プラント自身の過去1年間の停止時間とその原因を示してあるが、停止率4.88%すなわち、稼働率95.12%である。停止原因は触媒の交換と機械的故障とに2大別される。前者が235時間25分、後者が106時間20分であり、プラントの機能上避けられない触媒の交換のための停止を除けば、停止率1.5%、稼働率98.5%と極めて良好である。

なお、触媒の交換は4.5ヶ月位毎に生産量18,000 T (100%換算)に達したときに行なわれている。

Table 4-7 Nitric Acid Production and Ammonia Consumption

Date	Item		10-6 Shift	6-2 Shift	2-10 Shift	TOTAL
28th Feb. 1981	55% Nitric Acid Production	T	106.95	94.38	100.33	301.66
	Concentration of Nitric Acid	%	55	55	56	
	100% Nitric Acid Production	T	58.82	51.91	56.18	166.91
	Ammonia Consumption	T	16.19	14.53	15.45	46.17
	$\text{NH}_3^T/\text{HNO}_3^T$ (as 100%)					0.2766
1st March 1981	55% Nitric Acid Production	T	92.70	100.65	99.31	292.66
	Concentration of Nitric Acid	%	55	55	54	
	100% Nitric Acid Production	T	50.99	55.36	53.62	159.97
	Ammonia Consumption	T	14.32	15.50	15.32	45.14
	$\text{NH}_3^T/\text{HNO}_3^T$ (as 100%)					0.2822
2nd March 1981	55% Nitric Acid Production	T	101.20	97.78	94.92	293.90
	Concentration of Nitric Acid	%	56	57	56	
	100% Nitric Acid Production	T	56.67	55.73	53.16	165.56
	Ammonia Consumption	T	15.58	15.09	14.62	45.29
	$\text{NH}_3^T/\text{HNO}_3^T$ (as 100%)					0.2736

Table 4-8 Time and Causes of Stoppage (Nitric Acid Plant)

Year, Month	Cause of Stoppage	Total
1981 Jan	Due to PO 1A&B Pumps (Main fuse on Electrical panel blown)	29.20
1980 Dec		0
" Nov	Due to change of catalyst	13.00
" Oct	Due to Burner jacketing	22.00
	Due to catalyst change and Ammonia limitation	97.00
" Sep	Due to steam leak from the burner dome Jacketing pipe because of cracks	30.00
	Due to steam leak from 15kg/cm ² steam export header safety valve flange	25.00
" Aug	Annual Shut-down	
" Jul	Annual Shut-down	
" Jun		0
" May		0
" Apr	Due to change of the catalyst	125.25
" Mar		0
" Feb		0
		341 ^h 45 ^m
	Total	=341.75 ^h
	Normal Operation Days : 292 = 7008 ^h	
	Rate of Stoppage	
	$\frac{341.75}{7008} = 0.0488 = 4.88\%$	

(4) 現在の操業状態

現在の操業状態が性能保証試験運転当時に比較して、次の点で異なっていることがわかった。

(純水タンクの純水温度上昇)

これはエコノマイザーにおける凝縮液量が余りにも多いため、純水タンクにスチームを注入し、エコノマイザー入口の純水の温度を60～80℃に上昇させて、ガスのエコノマイザー出口温度を従来の65℃から95℃に上昇させ、凝縮液量の減少を図っているためである。

また、エコノマイザー出口には凝縮液を回収するためのタンクが新設されていて、凝縮液を18%程度の濃度の弱酸として回収している。この液は濃度34～37%程度の別系統の弱酸と共に吸収塔に送入される。

一方、酸化塔に温度の高いガスが送入されないように冷却器出口にある液分離器に水冷却コイルを巻き付けてガスを冷却し、従来と同様60℃程度に維持させている。

(酸化塔および吸収塔系統の操業温度上昇)

酸化塔入口温度は従来とほぼ同様であるのに、以後の工程の操業温度は5℃から10℃以上も高くなり、製品硝酸の温度も従来24℃程度のものが34℃になっている。気温の影響を考慮に入れたとしても冷却不足の状態にあると言える。例えば、第1吸収塔の1段目および2段目の冷却コイルは酸が洩れるため全て盲を入れられ全く冷却されていないので、温度は従来より約5℃上昇している。吸収塔の効率は低温程よいのであるから、各塔入口温度が25℃から30℃に維持されるよう速やかに処置すべきである。

(テイルガス プレヒーターの設置)

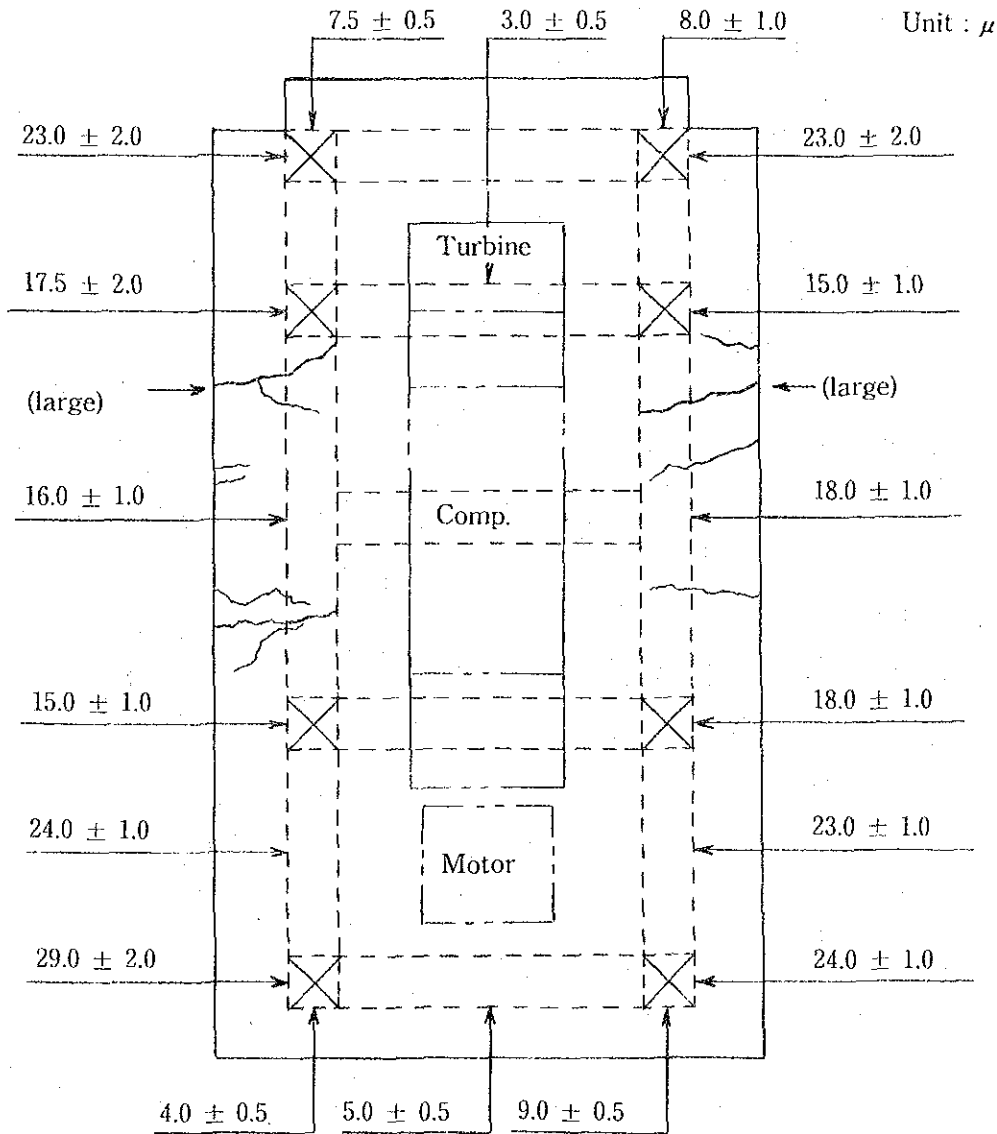
1975年頃テイルガス ヒーター(401-E04)とエコノマイザー(401-F05)との接続フランジ部分が凝縮液により著しく腐食され、ガスの漏洩が生ずるに至った。そこでNCZは凝縮液を減少させるべく、テイルガス ヒーターのテイルガス入口側にテイルガス プレヒーターを設け、30～35℃のテイルガスをスチームによって加熱し、60～65℃に温度を上昇させてテイルガス ヒーターに入れるように改造した。この結果、接続フランジ部分の腐食の進行は減少したが、補修出来ないため現在でも若干のガス漏洩が続いている。早急に補修すべきである。なお、テイルガス ヒーターとエコノマイザー間に凝縮液が発生することはプロセス上も好ましくないため、本改造による凝縮液の減少は有意義であり、改修後も継続してこの方法が続けることを勧める。

(排出ガス)

排出ガス中に含まれる未吸収分のNO + NO₂を分析したところ、その値は1,000 ~ 1,200 ppmであった。この値は設計値の2,100 ppmに対して約半分であって、現状では良好な状態が維持されているので特に問題ない。

(5) K01 エアー コンプレッサー基礎について

1次調査時点でのコンクリート基礎に関する振動状況およびクラック発生状況は次の通りであった。



上記のように振動は最高29μと大きく(通常の許容値は10μ程度である)又、コンプレッサーの載っている所にクラックが数ヶ所発生しているので基礎の補強が必要である。

4.2.4 硝安プラント

(i) 生産量および原単位について

硝安の全生産量は、最近5年間は安定して47,000 T/Yを保っているが、1980年度
の生産量は定期修理と増設プラントのつなぎ込み工事のため、約2ヶ月間全工場を運転停
止したため大幅に減産となっている。ANBAは肥料に比較するとやや安定した生産を行な
っている。

(硝酸の原単位)

硝酸の消費量を単純に硝安生産量で割ってみると、年度毎に原単位が悪化している。通常、
硝酸の損失は取扱い上および硝安としての損失であり、急激な原単位の悪化は考えられ
ない。これは計量器に問題があると考えられるので、流量計の定期的な点検および実流
テストによる修正を確実に行なうべきである。

(アンモニアの原単位)

アンモニアは液体アンモニアで計量しており、かなり正確に計量されていると思われ
るが、原単位は設計値に比べ高位となっている。これは硝安溶液の中和・蒸発設備での
アンモニア損失によるものであり、次の機器から主に損失されている。

V O 3 アジャスター タンク

E 0 9 プレリミナリ サーフェース コンデンサー

E 1 0 フォーリング フィルム エバポレーター

なお、V O 3 は pH 計の作動が不調であるため過剰に補正を行ない、マンホールから
アンモニアが吹き出し、タンク周辺を汚染しているので pH 計の修理又は取替をすべ
きである。また、E09からも安水として多量にアンモニアを損失している。

(Nuflo-10の原単位)

毎日の計量がされておらず不明であるが、1980年6月および10月の運転日報によ
ると、添加率0.17～0.18%であり正常であった。なお、Nuflo-10の固結面での問題は
少ない。

(2) 生産能力について

生産状況は下表の通りである。

Table 4-9 Production Conditions of Ammonium Nitrate Plant

T/D

	Design values	Average in Oct., 1980	Average in June, 1980	Instant on Mar.1 1981	Instant on Mar.2 1981
ANBA	39	53	60	15	120
Fertilizer	166	93	105	261	186
Total	205	146	165	276	306

ANBAについては、設計値39 T/Dを大幅に上廻って増産しており、最高瞬間値では120 T/Dにもなっている。但し、運転状況から判断すると、製品温度の管理が行なわれておらず冷却空気の温度が32℃を越え、当然製品の温度が32℃の転移点を残したままと考えられるので生産能力としては正しくないといえる。肥料については、瞬間的に設計値の166 T/D以上を達成している日もあるが、平均すると大幅に下廻っている。原因としてはANBAの生産に重点をおいていることと故障による造粒停止時間が多いことであり、ほとんど毎日停止している。造粒量は造粒ノズルの使用枚数が5枚以上（設備数：6枚）であれば設計値の166 T/Dの生産が可能であるが、1980年10月の造粒ノズル使用状況をみると、6枚のときが5日間、5枚-2日間、4枚-9日間であり、3枚のときもかなりある。造粒ノズル3枚では、生産量が未達になっても当然なので常に5枚以上使用できるように対処すべきである。

(3) 稼働率について

(肥料)

生産量未達の一つの原因は稼働率が低いことである。

1980年10月の操業日報によると造粒停止の記録はほとんどないが、造粒ノズルの使用状況およびフォーリング フィルム エバポレーター (E10) の記録から判断する

と毎日停止している。10月1日から20日までの間で合計200余時間、造粒を停止している。

造粒停止の原因および所要時間の記録は不十分であるが、停止の原因は主に次の3点となっている。

- (a) 造粒ノズルの詰り洗浄
- (b) 造粒塔底部へのAN結晶付着及びその洗浄
- (c) ホッパーの詰り

造粒ノズルの詰り洗浄が稼働率アップの上からも一番問題である。現在は常時1名のオペレーターを造粒塔頂部にある造粒ノズルの洗浄員として張付けているが、詰りの原因を取り除くことが先決である。

詰りの原因は硝安母液の濾過器(E01)を撤去しているためであり、復旧する必要がある。

(ANBA)

ANBAの稼働率も肥料とほぼ同じである。

(4) 造粒ノズルについて

度々の造粒ノズルの詰り除去、洗浄の繰り返しにより造粒ノズルの孔径が大きくなっているため、肥料用およびANBA用硝安の粒径も大きくなり、振動篩による製品篩い分けの段階でオフグレードとなり生産量に計上されない量もかなりある。造粒ノズルの更新が必要である。

(5) 品質について

硝安の品質について1980年10月2日から6日までの分析データ(表4-10)に基づき検討した。

(サンプリング)

工程が非常に不安定であり、サンプリング条件が変化しているが、現在各直毎に1回の割合でサンプリングを実施している。分析は工場内にある分析室で行なわれており、分析データの整理・管理もよく行なわれている。

(分析データの検討結果)

(a) ANBA

一番重要なポイントであるオイル吸収率は非常に高い値を示しており、好ましい状態である。

湿分は 0.1 % 程度でありよく乾燥されている。

かさ密度 (B . D) は 0.77 ~ 0.78 g / cc で良好である。

その他の分析値も特に問題となる点はなく良好である。

(b) 肥料

湿分は 0.2 % 程度で良好である。

pH は時々低い値を示しているので問題である。常時 4.8 以上に保つようにすべきである。

(c) 硬度指数 (H . I)

肥料, ANBA 共に硬度指数が同じような値を示しており, 異常である。また, 通常この指数は肥料の方が ANBA より高い (硬い) 値を示すのであるが, この分析データをみると逆になっている。これは測定方法のまちがいと考えられるので是正する必要がある。

(6) 品質管理について

分析室はかなりよく管理され, 分析データの整理もされており, 良好であるが, 品質管理で重要なのは分析室の管理もさることながら, むしろ操業管理である。今回の調査結果から運転上次の点に注意を払うべきと考える。

- ・現場における製品中の水分管理を実施する。
- ・硝安は非常に吸湿しやすいということをオペレーター クラスまで十分に認識させる。
- ・現場における製品温度管理を実施する。(32℃の転移点以下に製品温度を保つことが固結および詰り等の防止に役立つ。なお, 製品クーラーの空気入口温度は 15℃程度に保つべきである。)

Table 4-10 Analysis Data of Ammonium Nitrate

	Date	Moisture (%)	Insoluble Matter (%)	pH	B.D. (g/cc)	Oil Absorption	Size (%)				H.I.
							+ 8	+ 10	+ 14	- 14	
ANBA	2, Oct.	0.06	0.35	6.4	0.769	10.8	0.1	10.5	74.3	15.1	-
ANBA	4, Oct.	0.14	0.07	4.9	0.794	12.6	-	14.2	81.4	4.4	99.8
ANBA	6, Oct.	0.10	0.06	4.9	0.781	10.8	-	9.1	86.0	4.9	99.8
Fertilizer	2, Oct.	0.11	0.46	6.4	0.943	-	3.3	16.6	61.6	18.5	99.2
Fertilizer	4, Oct.	0.16	0.05	5.2	0.962	-	-	2.0	27.4	70.6	99.3
Fertilizer	6, Oct.	0.25	0.03	4.0	0.943	-	0.2	8.2	64.7	26.9	98.6

Year 1980

4.2.5 付 属 設 備

4.2.5.1 601 水 処 理 設 備

水処理設備はコアギュレーション ユニット、フィルトレーション ユニット、デミネライゼーション ユニット、およびクーリングタワーからなる。

コアギュレーション ユニットおよびフィルトレーション ユニットは原水取入れ、デミネライゼーション ユニットはボイラー用純水の製造、クーリングタワーは循環冷却水の冷却用である。

(1) コアギュレーション ユニットおよびフィルトレーション ユニット

フィルトレーション ユニットはストレーナプレート修理のため開放中であったが、能力は十分持っていると思われる。コアギュレーション ユニットのプレシピテーターは設計値 $500\text{m}^3/\text{H}$ に対し、 $200\sim 500\text{m}^3/\text{H}$ で使用しており、能力は大丈夫であるが、薬品注入用ポンプ、薬品調整用タンクのレベルゲージの破損等のため正確な濃度のものが注入されているという保証はない。しかし、分析値から見ると、アルミニウムサルフェートを現状 $30\sim 40\text{ppm}$ から 50ppm とし、補助凝集剤を $0.1\sim 0.2\text{ppm}$ 注入した方がより効果が上ると考えられる。

(2) デミネライゼーション ユニット

設計流量 $40\text{m}^3/\text{H}$ に対し、現在 $45\sim 50\text{m}^3/\text{H}$ で運転を続けているが、実用上の問題は出ていない。

しかしカチオン塔、アニオン塔のそれぞれのスローリンスの時間を現状の2分および5分から6分および20分にした方がよい。

現在使用中のコンダクティビティメーターは応答が大変遅く、交換すべきである。

(3) クーリング タワー

循環水量 $3,400\text{m}^3/\text{H}$ 、補給水量 $153\text{m}^3/\text{H}$ の設計に対し、それぞれ $3,500\text{m}^3/\text{H}$ 、 $180\text{m}^3/\text{H}$ 程度となっている。ブローオフ量は $95.2\text{m}^3/\text{H}$ の設計値に対し、現在はほとんど0である。これは循環中のロスが非常に多く、ブローオフした場合以上の量が循環中に損失となっているからである。

このロスを減らし、ブローオフを正確に行うべきである。

塩素注入を行っているが、2トン/2ヶ月という雑な管理しかしていない。残留塩素 0.5ppm を毎日4～6時間維持するようにすべきである。

循環ライン中にスライムが発生しているので、インヒビターを使用すべきである。

4.2.5.2 604 取水設備

増設プラント用の取水設備を運転中で、既設プラント用は停止中であつたが、直ちに使用できる状態にある。

4.2.5.3 605 廃水処理設備

廃水のうち、一番危険なガシファイヤーからのB-エフルメントは下水へ放流せず、専用のラグーンへパイプ輸送している。

このラグーンには小魚も泳いでおり、問題にはなっていない。

4.2.5.4 602 ボイラー

(1) 生産量および能力

当初は石炭焼きであつたが、現在は微粉炭燃焼方式に改造し、一部オイルを併用する方式になっている。能力は $32\text{ Kg/cm}^2\text{G}$ で、常時 12 T/H 、最大 13 T/H の操業を続けている。

(2) 操業と稼働率

微粉炭はハンマクラッシャーとブロワーを結合した装置により供給されている。メインバーナーは2本1組が2組、計4本あり、このバーナー内には着火と補助燃焼を兼ねたオイルバーナーも設けられている。さらにこのバーナーとは別に補助燃焼用バーナーが左右各1本、計2本設置されている。

石炭の計量はしておらず、使用量は不明である。

本ボイラーは2ヶ月毎に48時間計画的に停止し、チューブ外面に付着したクリンカーやエコノマイザーに付着したコールドダスト、すす等を清掃している。本ボイラーの停止期間中は急速スタート(30~60分で定格運転可能)の出来るオイル焼きボイラーを使用するので、プラントの操業に支障はない。

(3) 機器の損耗状況

ボイラー本体のチューブ10本を1978年6月に交換し、以後トラブルはない。

燃焼ガス中にコールドダストが多いためか、吸込みファンのインペラーの摩耗が激しい。材質を検討し交換すべきである。

4.2.5.5 計 装 設 備

(1) 一 般

装置工業での計測機器の信頼性は、安定した生産と装置の安全性にとって極めて重要である。しかし、当工場における計装設備の維持管理は必ずしも充分ではなく、計器類の寿命ばかりでなく、装置そのものの寿命も縮めてきたように思われる。

計測機器の高い信頼性を維持するのに必要な、保全体制上の諸点について改善・確立が望まれる。

(a) 測定器具の管理

計装品の調整に必要な校正機器に誤差があると、保全修理を行ってもその修理品が修理前よりも悪くなることがある。

NCZ工場が現在保有している測定器のリストを別表4-11に掲げる。このうち30%程度は不良と思われ、保管場所の環境も悪い。測定器を検定する基準器・標準器がなく度量衡管理の体制が出来ていない。測定器具の管理はQC、QAの手法を使い、基準器・標準器の管理体制を確立することから始める必要がある。

(b) 治工具の不足

不良工具が多く、またFOXBOROタイプの計器に必要な専用工具も不足しており、このような状態では完全補修が難しく保全の成果が上らない。治具・工具類の点検整備を早急に行う必要がある。

なお、保有することをリコメンドする測定器および治工具のリストを付属資料8の中に掲げている。

(c) 作業標準の作成

非常に熱心に保全修理を行っているが、成果が上っていない。作業手順・作業標準を記したマニュアルを作成し、作業者に供しその手順を確認しながら作業させる必要がある。

計装作業は、小さな作業でも非常に重要なポイントがあり、基本作業と周囲の状況判断および経験が必要であるが、正しい作業手順を修得させれば、修理・調整は手際よく行われるであろう。

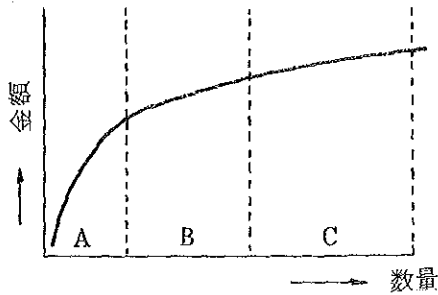
(d) トレーナーの養成

計装品の取扱いは専門的であるため、修理工およびオペレーターに社内教育できるようなトレーナーを養成することが肝要である。

(e) 予備品在庫管理

修理に必要なパーツは、適正な在庫管理が必要で使用量の多い消耗品と、高価で重要なパーツの区分管理を行うべきである。そのためには、ABC管理の手法がある。

る。



A：数量が少ないが金額の高いもの。

B：数量はAより多いが、金額はAより安い。

C：数量は非常に多く、一品当りの金額が非常に安い。

A、Bは台帳をつくり倉庫と計装で管理を行う。

Cは台帳の必要はなく、計装で引取り管理を行う。

調達は期間中の使用量を予測し、不足しないよう補充する。

また、現状は保管予備品の管理、手入、棚札の管理が悪い。定期的な棚卸しや、台帳のチェックなど数量把握が必要である。入荷時の検査を計装担当者立会のもとに厳正に行ない、検査成績書を確実に保管する必要がある。

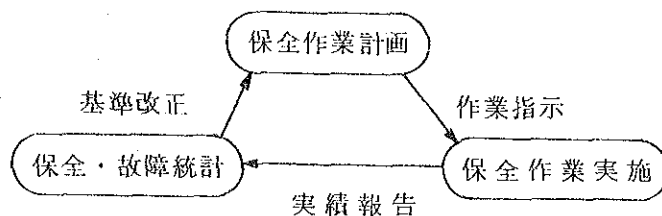
(f) セクショナリズムの改善

日頃から運転、機械、電気、計装の各部署の技術情報交換を綿密に行ない、保全作業計画書を作成し、協同作業で保全修理を行わなければならない。

運転中に計器および計装品、電機品の異常をオペレータが発見した場合、その症状を詳細に担当部署に連絡し、処置がとられるような協力体制を強化する必要がある。故障を放置すれば大事故につながる。

(g) 設備保全サイクルの確立

現状では、計装に限らず機器の保全および故障に関する統計資料がなかったり、保全工事の報告様式（取替部品、検査方法など）や保全基準（例えば、点検項目と点検周期など）が作成されていない。綿密な保全記録は、次回の保全作業計画を確かなものにする。



(2) 計器各論

(a) パネル計器

装置運転上一番大切なパネル計器の信頼性が欠けている。特に目立つのは、記録計の記録機構不良により多くの記録計が記録不能になっている。記録計は、いうまでもなくプラントの時々刻々の状態を休みなく記録し、問題発生時、原因究明に必要なデータを提供する重要な計器である。インキ誘導システム等に欠陥があったのではなく、取扱いが悪いことによるものと思われ、早急に正しい操作手順をオペレーターに訓練すべきである。

パネルメーターの横河電機 (YEW) 製 Model 54タイプのインクカバーにも破損が多い。インキ交換や計器引出時の取扱いが悪いためと考えられる。

YEW Model 54, 52のベローで302, 303-309セクション用のものは錆びているものが多く、取替を要する状況にある。

(b) YEW計器のモデル変更

NCZ工場のパネル計器は主としてYEW製であるが、工業計器の進歩により旧式化してきている。すでに、生産を中止してパーツの在庫のないタイプ (モデル54, 52, 44, EIH等)、近い将来に生産を中止するタイプ ('84年 ERB, TIH等) があり、不良計器類は、今後のメンテナンスを考えて思い切った新モデルへの取替が必要になっている。取替えられた不良計器類の使用可能な部品は、予備部品として勿論活用を計る。

以上の、損傷状況およびモデル変更事情を考慮し、パネルおよびパネル計器を各セクションとも全面的に取替えざるを得ないと考えられる。

(c) 現場計器 (ローカルメーター)

定期的な点検でd/pセル型伝送器は各部ガスケットの取替、リレーは清掃、調整、ディスプレイサ レベルメーターはトルクチューブ、フロートのチェック、チャンバー内の清掃、ミドルレンジの校正を行うことが必要である。

(d) コントロール弁

全体に整備が悪く、リーク、応答性の悪いものが多い。

弁の分解、手入れそのものはうまく行われているが、グランドパッキンおよびガスケットの予備品不足のためそのまま組込んでいる。これでは、運転中のリークは避けられない実態である。

(e) ローカル パネル

各セクションに設置されている現状は下記のとおり。

301 G03	取替が必要
301 Y14	ダストブローフにて取替が必要
303 F01	取替が必要
309 K01	塗装が必要
309 K33 A/B	一部補修を要する

310 K01	} 良 好
" K02	
" K03	
" K04	
401 K01	

(f) 空気信号配管

バルブグランド部のもれるものが多い。

ドレンが多いため末端部(501,601,602 セクション)では、ドレンを常に抜くよう心がけ、計装品の故障を防ぐ必要がある。6/4銅管のジョイントが3種類あり、1種類に統一すべきである。銅管の曲げ加工は、ベンダーを使用すべきである。

(g) 電気信号用ケーブル

端末フレキシブルチューブの不良が多い。

電気系統の絶縁抵抗をチェックすべきである。(定期的)

(3) 計装用空気ドライヤー

計装用空気ドライヤーについては、現状ヒーター損傷による再生能力不足のため除湿不十分な空気が供給されており、計器類開放点検時には水滴が流出する程である。計器類全般の寿命を縮める基本的な問題であり、早急に再生能力の十分な装置に回復させるべきである。

Table 4-11 NCZ-Owned Test Instrument

No.	Item	Model No.	Maker	
1	Multimeter	PM24121/01	PHILIPS	
2	Multimeter	PM24121/02	PHILIPS	
3	Digital Multimeter	PM 2513	PHILIPS	
4	AVO Meter	8 MK IV	AVO LTD.	
5	Multimeter	JP-8D	SANWA	(Japan)
6	Multimeter	JP-8D	SANWA	(Japan)
7	Multimeter	JP-8D	SANWA	(Japan)
8	Multimeter	JP-8D	SANWA	(Japan)
9	Multimeter	JP-8D	SANWA	(Japan)
10	Digital Multimeter	464	B.B.C METRAWATT	
11	A.C Meter	SP FB	YOKOGAWA	
12	D.C Meter	2012	YOKOGAWA	
13	Metra Pont R.L.C	RLC 2	METRAWATT	
14	Clip-on Ammeter	FE251104	GOER ELECTRO	
15	Megger (500 V)	L-5	YOKOGAWA	
16	Megger (500 V)		YOKOGAWA	
17	Megger	40050	E & V	
18	Current Calibrator	0110	DELRISTOR	
19	Current Calibrator	0110	DELRISTOR	
20	Current Calibrator	0110	DELRISTOR	
21	Potentiometer	44228	CAMBRIDGE INST	
22	Potentiometer	44228	CAMBRIDGE INST	
23	Potentiometer	PP 321	FOSTER CAMBRIDGE	
24	Potentiometer	PP 321	FOSTER CAMBRIDGE	
25	D.C Potentiometer	P 31	YOKOGAWA	
26	A.C, D.C Decade Resistor		CAMBRIDGE	
27	A.C, D.C Decade Resistor		CAMBRIDGE	

No.	Item	Model No.	Maker	
28	A.C, D.C Decade Resistor		CAMBRIDGE	
29	A.C, D.C Decade Resistor		CAMBRIDGE	
30	Decade Resistor	RP-51L	YOKOGAWA	
31	Decade Resistor	32370	ELECTROFACT	
32	Wheatston Bridge	43379	CAMBRIDGE INST	
33	Wheatston Bridge	L-3C	YOKOGAWA	
34	PH Meter Checker	Y-J260	YOKOGAWA	
35	Amplifier Tester	E9128WA	YOKOGAWA	
36	Thickness Detector	KM-1	KRAUTKRAMER	
37	Thickness Detector	UTM-20	TOKYO KEIKI	
38	Hand Digital Tachometer	HT-330	ONO SOKKI	
39	PH Calibration	77B	ELECTRONIC & INSTRUMENTS	
40	Xenon Stroboscope		EDWARD SCIENTIFIC INTERNATIONAL	
41	Pneumatoc Calibrator	FA-145	WALLACE & TIERNAN	
42	Pneumatoc Calibrator	FA-145	WALLACE & TIERNAN	
43	Dead Weight Tester	FIG-280H	BUDENBURG	
44	Dead Weight Tester	P-5	NAGANO KEIKI	High range 100kg/cm ²
45	Dead Weight Tester	P-1	NAGANO KEIKI	Low range 25kg/cm ²
46	Pressure Comparator	TA-1000	CELLA	
47	Pressure Comparator	TA-1000	CELLA	
48	Mercury Manometer	YJ285H	YOKOGAWA	
49	Water Manometer	YJ285A	YOKOGAWA	
50	Mercury Manometer	MCH-316	CELLA	
51	Water Manometer	MCA-316	CELLA	
52	Set of STD. Gauges		CELLA	
53	Standard Thermometer		TOSHIBA	
54	Fluidised Bath	FB-07	(England)	

4.2.5.6 電 気 設 備

(1) 一 般

現状電力使用量は、28万KWH/DAY程度である。主要電動機の運転電流の実例(1980. 3.)は別表4-12のとおりである。電気設備の保全体制上の諸問題については、計装設備の項で述べたことが同様にあてはまるため、本項では省略する。高圧パネルはオーバーホール点検を行ない油入遮断器、保護リレーの取替を行う必要のあるものが多い。低圧パネルは、オーバーホール点検を行ない電磁接触器、ノーフューズブレーカーの取替を行う必要のあるものが多い。

トランスはオーバーホールし、オイルおよびシリカゲルの取替が必要である。ローカルスイッチおよびモーターについては、次項のセクション別記述で述べる。

(2) 301 セクション

コンベミル用モーター(280KW)は1980年7月約10年目のオーバーホールを実施したが、次は起動器の開放点検を要する。機側スイッチ類の損傷は少ないが、コールドダストによる汚れでショート、アースの危険があるので、日常の清掃を充分行う必要がある。

(3) 302 セクション

全般的に良好。但し、モーターのベアリング不良と思われるもの約12台あり、次期定修時取替が必要な状況である。機側スイッチの不良品がある。外箱のふた、押釦スイッチ、電流計の不良品取替が必要な状況である。

(4) 303-311 セクション

303セクションの機側スイッチはほとんど全数不良で、取替が必要な状況で、モーターの腐食も著しい。

305P01A/B-M1 カーボネイト・ポンプ用モーター(340KW×2台)は、1980年7月にオーバーホールを実施したが、軸受メタルの予備品がなくそのまま復旧しており、至急購入取替が必要な状況にある。しかし、本件に限らず数年先となるとモーター一式を取替えるのが妥当と考えられるものもある。

低圧盤および低圧モーターは、303セクションを除き良好。補修を念入りに実施すれば、当分使用可能と思われる。

(5) 310 セクション・大型モーター

310 K01-M1	原料ガスコンプレッサー用モーター	(2400 KW)
310 K02-M1	窒素ガス	" " (530 ")
310 K03-M1	合成ガス	" " (1750 ")
310 K04-M1	原料エア	" " (2300 ")

について1981年10月に開放点検を行なったが、一部部品等がなくそのまま復旧しており早急に対処しなければならない問題は次のとおりである。

K01 センターリングの修正，通風ダクトのたまり水の排水設備の設置，マグネットセンターのズレによる影響チェック

K02 振動の修正（モーターへの悪影響によつては大きなトラブルになりかねない）

K03 軸レベルの修正，ベアリングの交換

K04 センターリングの修正

また，モーターの寿命そのものについては，巻線の状態できまるので絶縁診断の必要がある。

(6) 401 セクション

401K01-M1 エアコンプレッサー用モーター（2200KW）は，1980年7月にオーバーホールし，ウェッジの入替，ローターバランス修正を行い8月試運転に入ったところ起動時，ステーターコイルアースにより断線，応急修理して運転を続行している（現在定格電流に対し約82%で運転中）。もともと，起動，停止の頻度も経年的に多く経験し，経年劣化による絶縁低下を起こしており，良好なメンテナンスも期待できないため，1980年7月のような事故の再発を起こしかねないので，重要な心臓部の機器であることを考えれば改修計画では取替が望ましい。低圧モーターおよび機側スイッチについては，腐食のはげしいものがあり取替が必要と思われる。401K01-M1用油入遮断器のコンタクト予備品は準備する必要がある。

(7) 501 セクション

低圧モーター，機側スイッチとも腐食が激しく，全数取替が必要な状況である。

(8) 601 セクション

コールドウォーターポンプ及びホットウォーターポンプ用モーターの各3台は，1980年7月にオーバーホールを実施し，当面問題なし。屋外のポンプ用モーターのベアリング部不良が多い。使用中止機器のモーターは取外し，他に転用されている。

(9) 602 セクション

モーターは良好。パネルは補修が必要な状況である。

(10) 605 セクション

機器の使用中止が多数あり、モーターも多く取り外している。各モーターの取外し、回路の変更をNCZ側で実施しているが、保護回路に問題があり、定修時点検していく必要がある。

(11) 604 セクション

取水設備のパネルは虫が中に入り、その死骸で異様な匂いがする程になっている。完全密閉型のパネルに取替えるか、パネル室を改造する必要がある。(隣に新装置のパネルが設置されているが密閉型になっており、内部は非常に良い状態であった。)ポンプ用モーターはオーバーホールが必要がある。

(12) 603 セクション

6600V系のメインケーブルは、絶縁抵抗を測定した結果良好な状況であった。しかし、ケーブルピットの蓋の破損が多く、ケーブルの保護のためには、早急に新しい蓋と取替える必要がある。モーターのコントロール・ケーブルについては、絶縁が悪く、特に401,501セクションは悪い。301セクションは清掃すれば絶縁が上る状況にあると思われる。

(13) その他

天井走行起重機は、310セクション・コンプレッサー室用、309セクション合成塔用、修理工場用いずれも問題なく、310の操作用押釦スイッチが接触不良をおこしている程度である。

電話交換機、自動火災警報装置ともに問題ない。工作機械の電動機類の修理は問題なく行われている。自動ミールリング盤の自動回路は故障して手動で運転している。

Table 4-12 Operation Data of Main Motors

(1980.3.3)

Tag No.	Item	Capacity	Operated/ Rated A	%
310K01-M1	Raw Gas Comp.	2400 KW	200/242	82.6
310K02-M1	Nitrogen Gas Comp.	530 KW	57/64	89.1
310K03-M1	Ammonia Synthesis Gas Comp.	1750 KW	120/179	67.0
310K04-M1	Raw Air Comp.	2300 KW	180/238	75.6
305P01-M1	Carbonate Pump	340 KW	32/35.5	90.1
309K02-M1	Ammonia Refrigerator	370 KW	36/41	87.8
301G05-M1	Compeb Mill	280 KW	26/32	81.2
601P09A-M1	Cold Water Pump (No.1)	200 KW	21/23	91.3
601P09B-M1	Cold Water Pump (No.2)	200 KW	21/23	91.3
601P09C-M1	Cold Water Pump (No.3)	200 KW		
601P08A-M1	Hot Water Pump (NO.1)	100 KW	160/190	84.2
601P08B-M1	Hot Water Pump (NO.2)	100 KW	160/190	84.2
601P08C-M1	Hot Water Pump (NO.3)	100 KW	160/190	84.2
401K01-M1	Air Comp.	2200 KW	180/220	81.8

4.3 開放点検結果

4.3.1 概 要

1970年に操業を開始して以来約10年が経過し、プラント全体としては使用年数相当に老朽化している。

硝酸プラントおよび脱硫化水素設備を除く他設備の塔の本体は大きな腐食や浸食がなく良好な状態であったが、内部品のほとんどは老朽化が激しく取替、または修理が必要である。槽類は特に問題とすべき機器は少なかった。

熱交換器類はプロセス流体側の汚れ、腐食がひどい。特にガス精製設備までの熱交換器はコールダストと油の混合物により非常に汚れた状態であった。また、冷却水を使用しているカーボンスチール製熱交換器は激しく腐食されている。これは冷却水の水質管理に問題があると考えられる。

回転機械類は損耗が激しい。これは予備品不足により通常メンテナンスが行なわれない状態で運転されているため、早期の老朽化を招いたものと考えられる。

今回調査した機器の総数は336基であり、その概略結果は次の通りであった。

(1) 新機器と交換する必要があるもの	81基 (24%)
(2) 機器の一部分又は部品の交換が必要なもの	117基 (35%)
(3) 改修対象外の機器	138基 (41%)

注：改修対象外の機器の中にはNOZにて修理する必要がある機器37基が含まれている。

改修すべき機器のセクション別内訳に関しては表4-13を参照されたい。

各機器の開放点検概略状況、予測寿命、プロセス面および開放点検の結果より総合的に検討した結果に関しては、付属資料8に表としてまとめてあるので参照されたい。

Table 4-13 Sectionwise Numbers of Equipment/Machinery to be Rehabilitated

Section	Complete Replacement	Replacement of Parts	Repair by NCZ	N/R
301	8	14	(1)	8
302	12	12	(2)	10
303	7	12	(2)	6
304-8	10	18	(6)	19
309	3	3	—	4
310	9	11	(3)	10
311	1	15	—	4
401	5	11	(6)	18
501	6	10	(13)	34
601	8	7	(4)	13
602	2	2	—	4
604	2	1	—	1
605	8	1	—	7
Total	81(24%)	117(35%)	(37) (Included in) N/R	138(41%)

N/R : not included in the rehabilitation

Grand Total 336 items

4.3.2 各設備の状況

4.3.2.1 301 石炭ハンドリング設備

本セクションは全体的に機器の老朽化および汚れが著しい。現在までにも損傷の激しいもので修理可能な機器はNCZで修理し、使用しているが、予備品の不足している機械部品等については完全に修理が出来ていない。特にコンベブミル(G05)のシェルライナーは交換の時期に来ているし、ダストコレクター(C01, C03)やスクラパー(C02)は内部の腐食が激しいため機能低下している。また、原料石炭の計量装置が破損して使用量のチェックが出来ない。ホットエアーファーンエス(G03)の給炭機は撤去されており、人力で投入されている状態であり、当初の据付状態と異なった状況であり安定運転は望めない。ドライヤー(D01)はシェル以外の大部分を取替える必要がある。

4.3.2.2 302 石炭ガス化設備

全般的に高温部はその内面に損傷を受け、外部は汚れが著しい。特にガンファイヤー(G01, ガス化炉)を中心とするG02, G03は耐火レンガが脱落したところから腐食し、NCZで度々溶接補修している。又、ウォーターセパレーター(T02A/B)は腐食が激しく内部のサポートも変形している(B機は内部のスプレーノズルがなくなっていた。)

チューブラーボイラー(E02)はチューブシートやチューブのエロージョンが激しい。アッシュエキストラクター(G06, 灰取出機)はオリジナルのものが使用不能となったためNCZで製作したものを現在使用しているが、構造上問題がありスムーズに作動していない。

タイゼンウォッシャー(N01-1A/B, N01-2A/B, ガス洗浄機)は腐食およびエロージョンによりかなり損耗部分が多いので材質を検討し、取替える必要がある。

4.3.2.3 303 脱硫化水素設備

(1) 塔

第1および第2アブソーバー(T01, T02吸収塔)は外部にかなりのパッチ当てをしており、内面には塔底部にステンレススチールのライニングが施してあるが、溶接補修方法に問題があって、その部分から液洩れによる腐食を生じ、その都度洩れ防止措置

を講じている。特に第1アブソーバーはそれが激しい。又、塔内部に充填してある木格子は第1～第3アブソーバーとも破損が大であり、交換すべきである。

(2) 槽

全体的に貯槽類は溶液の溢流、洩れ、詰り等で外観上非常に汚れが目立ち塗装の剝離、溶液の固着、使用停止機器の放置もあって、日常のメンテナンスや清掃の不足が推察できる。

特にミストセパレーター(V06)はシエルの腐食が激しい。カーボンドアストの目詰りのため、内部デミスターを取り外して使用している。又、内部にはカーボンドアストが堆積している。セパレーター型式の検討が必要である。

(3) 熱交換器

ソリューションヒーター(E01)はチューブ側に腐食があり、チューブの入口に溶液がかなり詰まっている。又、エバポレーター(E02)はフレームの腐食、充填物の破損、ファン各部の磨耗と溶液の固着が著しい。

(4) ポンプ類

吸収塔のフィードポンプの吸入側パイプラインはNCZにて相当取替えたり、パッチ当てをしている。吐出側パイプラインの逆止弁作動不良による洩れのため、時々溶液が逆流している。ポンプケーシングおよびインペラーにエロージョンが発生している。

(5) フィルタープレス建屋内

自動濾過システム用エアークンプレッサー(K02 A/B)は現在撤去されており、計装用空気で代用している。NCZは今後も計装用空気を使用する考えである。フレーカー(D01)は使用されていない。オートクレーブリメーター(V09 A/B)の底部のスチームトレースは腐食が激しいので交換すべきである。

フィルタープレス(F01)はその駆動部分の損傷が大である。

自動濾過システムは大部分の機器が腐食されているため作動しておらず、現在人力によって運転している。

4.3.2.4 304～308 ガス精製設備

(1) 塔

全般的に塔本体については若干の腐食が見られるものの、寿命としては当分使用できる状態にある。しかし、内部の付属品(グレーチング、ディストリビュータ、サポート等)は腐食や損傷がかなりある。

又、内部充填物(ラシヒリング、触媒等)は取替える必要がある。

4.3.2.5 309 アンモニア合成設備

(1) 塔 槽

アンモニア合成塔は過去のデータにより、今回開放点検の対象としなかった。

スチームドラム(V04)は現在運転中であり、外観からのみの点検を行ったが問題はない。但し、過去のデータより内部のデミスターは腐食されていると判断される。

(2) 熱交換器

このセクションのコンデンサーはすべて冷却水側の腐食が激しく、取替の必要がある。

(3) ポンプ類

一部のポンプはNCZで取替えているので、現状では問題点はない。ガスサーキュレーター(K01)は改修時に部品の取替と共にオーバーホールを実施する必要がある。

4.3.2.6 310 圧縮機セクション

本セクションの圧縮機本体は、毎年定期修理時にオーバーホールを実施しているが、予備品の不足により完全には行なわれていない。従って、改修時には予備品を準備し、完全なオーバーホールを行なう必要がある。

(1) ローガス コンプレッサー(K01)

インタークーラー(D1~D3)については、シェル側、チューブ側ともNCZでステンレススチール製と交換しており腐食はないが、ガス中に含まれるカーボンおよびオイルの混合物による汚れが著しい。又、冷却水側のチューブに冷水塔(601-T04)からの木片による詰りもかなりあった。

バイパスクーラー(E4)はカーボンスチール製でありエロージョンが激しい。

ドレンセパレーター(V1~V4)はシェルにかなりパッチ当てをしており、板厚測定の結果、腐食のため相当板厚が減少しているので早急に交換する必要がある。

サイレンサー(V20, V25)は、カーボンおよびオイルの混合物が多く溜っており、定期的な洗浄と内部エレメントの交換を実施すべきである。

サクションフィルター(F1)は現状、内部のエレメントを取り外して使用している。又、カーボンダストが堆積しており、これが関連機器の汚れに関係していると考えられる。

シールポンプ(P2A/B, P3A/B)は性能不足であり、交換の時期である。

(2) N₂ ガス コンプレッサー(K02)

インタークーラー(E1~E3)はチューブ側(冷却水側)の腐食が大である。又、

水藻が相当付着している。チューブバンドルの交換が必要である。

オイルクーラー（E4）は若干の腐食が見られるが当分使用できる。

(3) シンセシスガス コンプレッサー（K03）

インタークーラー（E1～E3）はチューブ外面に孔食が発生しているが、問題とすべき現状ではない。但し、ガス入口配管部分にかなり深く広範囲に腐食されているので早急に取替えねばならない。

（NCZにて本調査期間中に取替を完了した。）

オイルクーラー（E4）はNCZにて予備のものを製作しているので問題はない。

(4) エアー コンプレッサー（K04）

インタークーラー（E1A～C）およびアフタークーラー（E2）はチューブ側（冷却水側）にかなりの腐食がある。又、ドレントラップは配管部も含めて取替が必要である。

オイルクーラー（D3）のシェルは401セクション（硝酸プラント）のものを転用し、チューブ側はNCZで製作したものを使用しており、現状は良好である。

4.3.2.7 311 空気分離装置

保冷箱内の機器は開放困難なため、今回の調査では対象外とした。いずれにしても約10年間一度もオーバーホールを実施していないので、改修時にオーバーホールをする必要がある。

エアフィルター（F01）、プライマリーフィルター（K01-F1A/B）およびセカンダリーフィルター（K01-F2A/B）は内部のフィルターエレメントの交換が必要である。

4.3.2.8 401 硝酸プラント

(1) 塔

全般的に塔下部の腐食が激しくNCZで洩れ防止のため溶接補修をしている。オキシデーション アンド ブリーチング タワー（T01）は内部トレイも腐食し、一部脱落している。又、コンクリート基礎も補修が必要である。第1アブソープション タワー（T04）は冷却用コイルを取替える必要がある。

(2) 槽

セパレーター（V03）はNCZにより溶接補修しており、現状は問題ない。

バーナー（H01）は下部に全面的な腐食がある。又、白金触媒支持用フレームおよびシェルフランジの変形もひどく一部破損しているものがあり、かなりの部分を取替える

なお、プライマリー ソフトコンバーター (304-H01) の内部キャストブルの取替およびサチュレーター (304-T01) 底部のステンレススチール ライニングの補修は早い機会に実施すべきである。

(2) 槽

第2コンデンセート セパレーター (307-V01) のオリジナルはカーボンスチール製であったが、腐食のためNCZ がステンレス製のものと取替えており、現在特に問題ない。

デスーパーヒーター (304-V02, V03) は内部パッフルプレートが激しく腐食されており、穴があいている。又、大きな割れも発生している。

(3) 熱交換器

全般的に冷却水によるスケールの付着、孔食、全面腐食が多く発生している。又、カーボネート溶液やプロセスガスに含まれるカーボンドストによる汚れが非常に著しい。カーボンスチール製のシェル側に冷却水が通る場合、チューブバンドル (ステンレス製) のパッフルプレート (カーボンスチール製) が腐食されている事が多く、遊動頭式熱交換器の場合、チューブバンドルを引き出すのにかなりの労力を費やしている。又、チューブ側に冷却水が通る場合は、チューブ内よりもチューブシートとチューブの溶接部付近のほうが腐食の程度が大きい。

(4) ポンプ類

主要部品や、予備品を補給することにより当分使用できるポンプが多い。予備品不足のためNCZ 機械工場で作成した部品を組み込んで運転しているポンプもあるが、機械加工の未熟さと材質の問題によりかえって損傷を大きくしているポンプがある。

(5) 配 管

NCZ によってカーボンスチールからステンレススチールに取替られている配管がかなりあり、それらの部分については特に問題はないが、エルボ、レデューサはパイプをこま切れにして溶接を行ない製作しているため、その溶接不良により一部取替をすべきところがある。

304セクションから306セクションにかけてのカーボンスチール ラインはNCZ でバッチ当てしている部分があり、内面の腐食も激しいので取替を必要とするところが多い。

必要がある。

(3) 熱交換器

本セクションの熱交換器は8基ともかなり問題が多く、NCZにてかなり補修しているが限界に達している。部分的に使用できるものがあったとしても溶接施工上の問題や、作業の困難性等の見地から全面的交換が必要である。なお、エコノマイザー(E05)、ガスクーラー(E03)のチューブバンドルはNCZですでに手配している。プロデュースドアシッドクーラー(E07)、ウィークアシッドクーラー(E08)およびコンデンサー(E06)の本体は特に問題はないが、カーボンスチール製のサポートが腐食されている。

(4) ポンプ類

特に問題とすべきポンプは少ない。但し、フィードウォーターポンプ(P01)はエロージョンおよびコロージョンが見られるので取替えるべきである。又、エアークンプレッサー(K01)は改修時に完全なオーバーホールを実施する必要がある。

(5) 配管

エコノマイザー(E05)上部のエキスパンションジョイント(EXJ-01)は腐食が激しく取替える必要がある。逆止弁は腐食により洩れが大であり、機能を失っているので取替える必要がある。エコノマイザー(E05)から第1アブソープションタワー(T04)までの配管は腐食が激しく、いたる所にパッチ当て等により補修されているが限界であるので取替えねばならない。

4.3.2.9 501 硝安プラント

(1) 塔

造粒塔上部にある造粒ノズルは目詰りのために運転時ハンマリングをするので変形が大である。又、隅肉溶接部に一部クラックが発生している。造粒塔下部のライニングはかなり剝離やクラックがあり、全面的に交換する必要がある。なお、改修時まで現状のまま放置しておくのは非常に危険であるので早急に補修すべきである。ニュートラライザー(T01)はデミスターの交換のみ必要である。

(2) 熱交換器

全般的にアンモニアを取扱う熱交換器に腐食が多い。特にアンモニアエバポレーターバイスチーム(E01)およびアンモニアヒーター(E03)はそれが激しいのでチューブバンドルの交換が必要である。

(3) 槽 類

製品ホッパの下部は詰りによるハンマリングによってひどく変形しており、ますます詰り易くなっているため取替えるべきである。又、ブリッジブレーカー又は、ロッカー等を設置することを検討すべきである。タンク類の本体はほとんど問題ないが、コンクリート基礎が腐食されているものが多い。

(4) 駆動機械

バケットコンベヤーの下部ケーシングは何れも変形しているため修理する必要がある。なお、数機はすでに修理済であった。

バイブレイティング スクリーン (A02, A03, A09) は破損と変形が著しいため取替が必要である。クーラー (D02, D04) およびドライヤー (D01) は入口側、出口側のフードが変形しているため修理する必要がある。

コーティングドラム (D03, D05) は駆動部関係の部品 (ギヤー、ローラー、リング等) を交換しなければならない。

(5) ポンプ類

不具合になったポンプはNCZにて取替済 (英国製) であり、現在は異常なし。

4.3.2.10 601 水処理設備

カチオン エクステンジャー (T01) は内外面とも再生用の硫酸による腐食が激しく、内面のゴムライニングの一部が剝離しているため全面的に交換しなければならない。アシッド ストレージタンク (V05) は腐食が大であり、交換する必要がある。(NCZにて取替の予定)

クーリングタワー (T04) は木製のドリフト エリミネータおよび充填物が老朽化により破損している。又、冷却水中に小木片が混入し、プラント内の熱交換器等に障害をもたらしている。木製部を取替える必要がある。

4.3.2.11 602 ボイラー

一部のポンプは部品の交換が必要である。インデュースト ドラフトファン (K03) はエロージョンが激しく度々取替えられている。材質の検討を行ない交換すべきである。

4.3.2.12 604 取水設備

ウォーターインテーク ポンプ (P01) はインペラーとウェアリング リングの部品交換で使用可能である。バキュームポンプ (P02) およびドレンポンプ (P03) は破損が激しく交換する必要がある。

4.3.2.13 605 廃水処理設備

ニュートライザー ミキサー (B09) はB-エフルエント ポンド用の攪拌機を使用しているが、シャフトが短く攪拌効果が不足しているためオリジナルのものに復旧させるべきである。

C-エフルエント ポンプ (P09 A/B) およびD-エフルエント ポンプ (P10 A/B) は本体、インペラーともに腐食が激しいので交換する必要がある。

4.3.2.14 計装設備

1次調査の際に、計装関係の調査はほとんど全体をカバーしていたことと、開放点検をいたずらに多くしても、取替部品がないため、元の不良状態のまま復旧せざるを得なくなり、却ってリークを招来するなどの状況を考え、2次調査では、開放点検はほとんど行わずコントロールバルブ、計装用空気ドライヤー、測温抵抗体、熱電対、レベルメーター (ディスプレイサ型) の各一部を点検したにとどまった。パネル計器、コントロールバルブの構成部品別の損傷状況 (良, 不良), および全体としての取替要否を1点毎に示した表を付属資料8に示す。

4.3.2.15 電気設備

計装設備と同じく、2次調査で特に開放点検を実施した訳ではないが (富士電機による大型モーターの開放点検を除いて), 既に1次調査ならびにそれ以前のNCZによる調査ではほぼ全体像を把握してきた。それらの結果に基づく良・不良, 取替要否, 部品の取替, オーバーホールなどの判定を, 高・低圧パネル, ローカルスイッチ, モーター, トランス, 電動操作弁その他の電気機器 (バッテリーチャージャー, バッテリー, ディーゼルエンジン・発電機など) について, チェックリストとしてまとめたものを付属資料8に掲げている。

第 5 章 設備改修計画案

第5章 設備改修計画案

5.1 改修計画の基本的考え方

改修計画は次の2点を前提とした。

- (1) 生産量は当初の設計能力内で最適な生産規模とし、規模の拡大は考えないこととする。
- (2) 通常のメンテナンス、オーバーホールを除いて大規模な修理を行なわなくとも今後数年間は安定操業（連続運転）が出来るように改修計画を策定する。

NCZの既設プラントは既に述べたように、原料炭の変更のために当初の設計能力が出ないこと、又、1982年より新增設プラントが稼動するので、この点を考えて改修計画を策定した。

5.2 最適案選定のための計画案

前述の基本的考え方に基づき、3案を立案・検討した。

各案の比較を表5-1に示す。

Table 5-1 Comparison of the Three Rehabilitation Plans

Item	Capacity Section	Design Capacity	Expected Capacity based on Present Conditions	Capacity of each Plan		
				plan 1	plan 2	plan 3
1	Coal Handling	30,000 T/Y	25,000 T/Y	30,000 T/Y	25,000 T/Y	Standby
2	Gasification	„	„	„	„	„
3	H ₂ S Removal	„	30,000	„	„	„
4	Raw Gas compressor	„	„	„	30,000	„
5	Gas Purification	„	„	„	„	30,000
6	Synthesis Gas Compressor	„	„	„	„	„
7	Ammonia Synthesis	„	„	„	„	„
8	Nitric Acid Plant	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
9	Ammonium Nitrate Plant	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
10	Auxiliary Facilities	100%	100%	100%	100%	100%

Note 1 : Items 1-6 ; capacity as ammonia

Note 2 : Items 10 ; taking original design capacity as 100%

Plan 1 : Rehabilitation based on original design

Plan 2 : Rehabilitation based on the capacity expected from present conditions

Plan 3 : Raw gas and liquid ammonia are supplied from the expansion plant.

5.2.1 3案の比較・検討

各案の概要および特徴は次の通りである。

(1) 第1案：初期設計値通りに改修するケース

この案は石炭ハンドリングからアンモニア合成設備までを当初設計値通り 30,000 T/Y、硝酸設備を 50,000 T/Y、硝安設備を 60,000 T/Y の設計値まで生産量を回復させる計画である。その得失は次の通りである。

利 点

- (a) この計画では、新設プラントとは関係なく、全系統フル稼動が可能で最終製品 AN 60,000 T/Y の生産が確保できる。
- (b) 石炭ガス化設備は一般的に運転がむずかしく、予備設備を持って安定運転を確保するのが一番よい方法である。

この計画では石炭ガス化設備を当初設計値まで改修するので、能力的には新增設プラントの石炭ガス化設備と同一となり、運転上既設 1 基、新設 2 基、予備 1 基の態勢が取られるので、アンモニア合成の安定化が計られる。

欠 点

- (a) アンモニアの生産量は第 4 章で述べた通り原料炭の品質低下により、現在 24,000 T/Y 程度を維持しているが、現在使用されている原料炭をベースとして、アンモニアを設計能力の 30,000 T/Y まで生産できるようにするためには、石炭ハンドリング設備および石炭ガス化設備の大巾な改造が必要である。このための石炭ハンドリング設備および石炭ガス化設備の改造費は 20 億円強と推定される。
又、改造工事は長期間を要し、この間の運転休止の損害は莫大なものとなる。
- (b) この計画では石炭ガス化までの既設、新設両設備が稼動することになり運転コストが上昇する。

(2) 第2案：現状での期待能力までに改修するケース

第2案は現在の設備を現状通りに改修するので、各セクションの能力は現状期待能力まで回復するが、石炭ハンドリングおよびガス化設備の工程が 25,000 T/Y に限定されるので、最終製品である AN の生産量は 50,000 T/Y に限定される。

利 点

(a) 第1案より改修総費用が大巾に減少し、改修期間も短くなる。第1案に比し生産コストも安くなる。

(b) 第1案同様、既設、新設両プラントが独立して運転されるので運転は安定化する。

欠 点

(a) アンモニア原料設備と最終製品であるANの能力がアンバランスで設備として無駄が多い。

(b) 石炭ガス化までの既設、新設両設備が稼動することになり第1案同様運転コストが上昇する。

(3) 第3案：新設プラントより原料供給を受けるケース

石炭ハンドリング設備、脱硫設備、原料ガスコンプレッサーは予備として緊急時稼動可能な程度に改修し、通常は使用しない。石炭ガス化設備は現状通りに改修し他の石炭ガス化設備（3ユニット）の共通予備として交互に切換運転を行なう。脱硫済原料ガス 24,000 T/Y（アンモニア換算）、液体アンモニア 4,300 T/Yを新設プラントより供給し現有設備にて液体アンモニア 24,000 T/Y、硝酸 50,000 T/Y、硝安 60,000 T/Y を安定して生産できるように改修する案である。

利 点

(a) 改修工事費が最低である。

(b) 最終製品であるAN、複合肥料の生産量は第1案と同様で、かつアンモニア原料ガスの生産は新設プラントのみで行なわれるので、製造コストは最も安価になる。

(c) 新設プラントの原料ガス設備が故障の場合には、休止中の既設設備の稼動により、既設の生産維持が可能である。

欠 点

(a) 新設プラントの余力に対する依存度が高く、仮に新設プラントが停止した場合を想定すると次のようになると考えられる。

1) 第2案より不安定な運転となる。

2) 生産量は第2案より減少する。

(b) ガス化設備は共通予備として使用できるように改修するが、他の3ユニットより能力が小さいため完全な共通予備となり得ない。

5.2.2 最適案の選定

調査団は各案を比較検討した結果、最終製品の生産量 AN60,000T/Y を維持でき、しかも改修工事費、運転コストの最も安い第3案を最適案として採用した。

5.3 設備改修計画

本章5-2, 第3案に基づく改修計画は次の通りである。

石炭ハンドリング設備： 非常時のみ運転可能な程度に改修。
通常使用せず予備設備とする。

石炭ガス化設備： 現状通りに改修し、新設ガス化設備の予備設備として交互に使用する。

脱硫化水素設備
原料ガスコンプレッサー： 石炭ハンドリング設備に同じ。

ガス精製設備
合成ガスコンプレッサー：
アンモニア合成設備： { 初期設計能力をもつ設備に完全に改修し、新設プラントより脱硫済原料ガスの供給を受け、液体アンモニアを24,000T/Y生産する。(設備としての生産能力は30,000T/Y)

硝酸プラント：
硝酸安プラント： { 初期設計能力をもつ設備に完全に改修し新設プラントより液体アンモニア4,300T/Yの供給を受け、硝酸50,000T/Y, 硝酸安60,000T/Yを生産する。

付帯設備： 初期設計能力をもつ設備に復旧する。

5.3.1 修理・改修の範囲

本計画における修理・改修の対象となる設備は次の通りである。

- | | | |
|-----|---------------|------------|
| (1) | 301 セクション | 石炭ハンドリング設備 |
| (2) | 302 セクション | 石炭ガス化設備 |
| (3) | 303 セクション | 脱硫化水素設備 |
| (4) | 304~308 セクション | ガス精製設備 |
| (5) | 309 セクション | アンモニア合成設備 |
| (6) | 310 セクション | 圧縮機セクション |
| (7) | 311 セクション | 空気分離装置 |