No. 40

中華人民共和国
工場(大連化学)近代化計画
調　査　報　告　書
〔要　約〕

1985年10月

国際協力事業団

JICA
105
68.4
MPI
LIBRARY

鉱計工
[redacted]
85 － 168

No. 40

中華人民共和国
工場(大連化学)近代化計画
調　査　報　告　書

〔要　約〕

JICA LIBRARY
1034146[9]

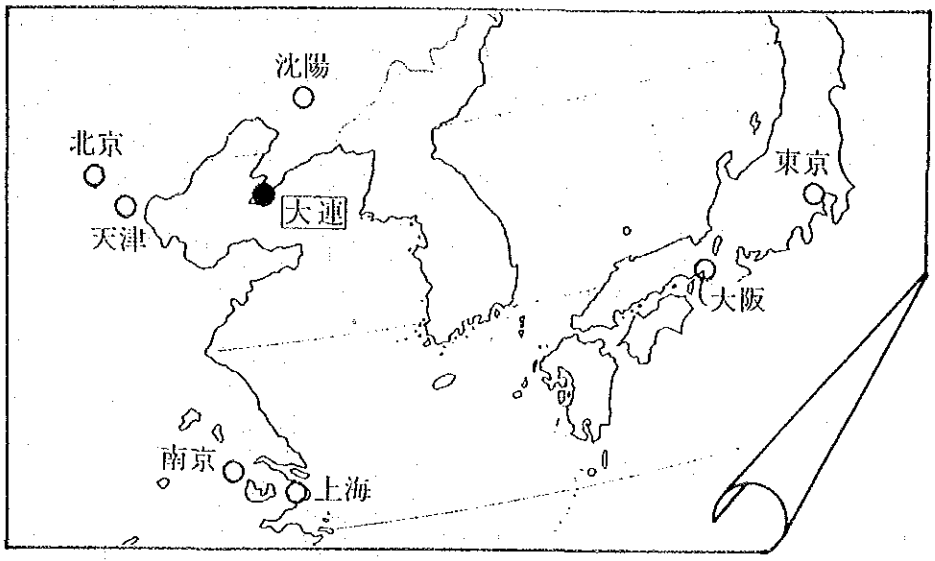
1985年10月

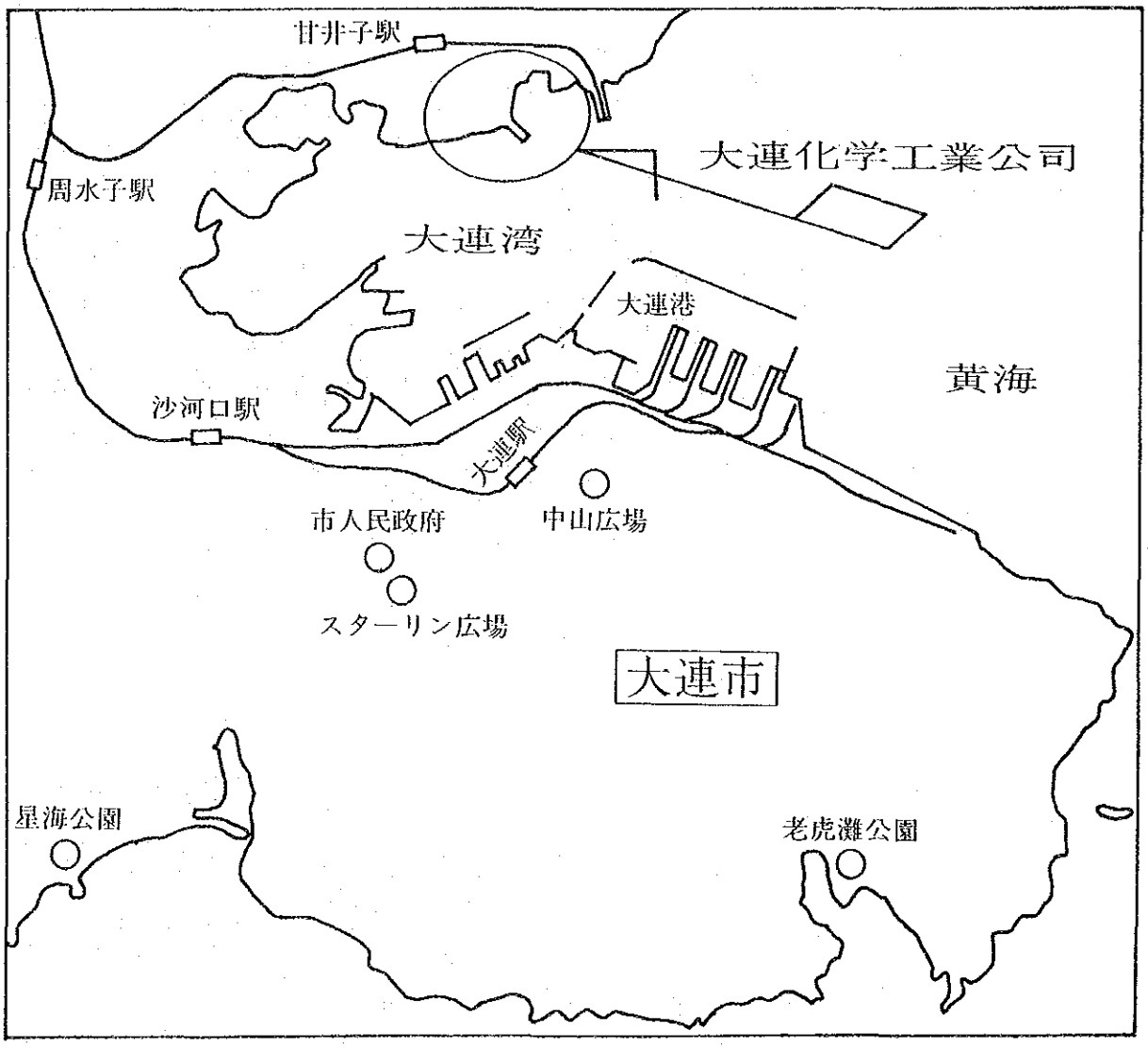
国際協力事業団

鉱計工
[redacted]
85 － 168

国際協力事業団

受入月日 '85.11.18	105
	684
登録No. 12096	MPI





大連化学工業公司位置図

中華人民共和国工場（大連化学）近代化計画調査結果の大要

1. 調査の概要

(1) 調査の背景
本調査は国際協力事業団と中華人民共和国国家経済委員会が、１９８４年１１月９日付で署名した「中華人民共和国工場近代化計画調査実施細則」に基づき、実施するものである。
(2) 調査の目的
大連化学工業公司化肥工場アンモニア製造工場の生産設備及び生産管理の現状調査を行い、製造技術・生産設備及び生産管理の近代化計画を提案する。
(3) 調査の対象
１）対象工場：大連化学工業公司化肥工場
２）対象製品：合成アンモニア
(4) 現地調査
山中信夫を団長とし、５名で構成され現地調査団が、１９８５年２月２５日より３月１６日の２０日間、現地調査を行った。

2. 工場概要

(1) 所在地：遼寧省大連市甘井子区
(2) 設立：１９３３～１９３５年
(3) 面積：1,150,000㎡（公司）
(4) 人員：約17,000人（公司）
約 3,700人（化肥工場）
(5) 年間生産額：２億９千万元（公司）
（３１９億円）
(6) 製品：アンモニア，硫酸，硝酸，硝安，
ソーダ灰，プラント機器等
（下線は化肥工場）
(7) アンモニア生産実績
１９８２年度：177,244 t
１９８３年度：173,097 t
１９８４年度：170,309 t

3. 生産工程

(1) コークス炉 （ 53tNH_3d）
(2) 水生ガス発生炉 （289tNH_3d）
(3) 常圧重油ガス化装置 （ 76tNH_3d）
(4) 加圧重油ガス化装置 （119tNH_3d）
(5) 脱硫装置
(6) 常圧一酸化炭素変換
(7) 加圧一酸化炭素変換
(8) 脱炭酸ガス
(9) ガス精製
(10) ガス圧縮
(11) アンモニア合成（ 537tNH_3d）
(12) 空気分離器

4. 原　料

(1) 石炭：黒龍江省産が中心である。
(2) 重油：第７製油所より供給される。

5. 工場近代化計画

(1) 近代化肥計画の内容
・ガス化工程を改造すると工場全体の建て直しに近くなるので除外する。
・既存の加圧ガス化変換工程は改造の必要性を認めない。
・変換工程を加圧として低温の２段とする方法がよい。
・脱炭工程には改良ベンフィールド法の採用がよい。
・精製工程は新型窒素洗滌とPSA法がよい。
・以上より以下の３案を近代化計画案として検討した。

	Ⅰ　案	Ⅱ　案	Ⅲ　案
変換工程	加圧２段 コークス炉ガス通さず	加圧２段 コークス炉ガス通さず	加圧２段 コークス炉ガス通す
脱炭工程	改良ベンフィールド ２系列	改良ベンフィールド 水洗	改良ベンフィールド ２系列
精製工程	新液窒洗滌 コークス炉ガス PSA	新液窒洗滌 コークス炉ガス PSA	新液窒洗滌 ２系列
合成工程	給水予熱１系列	給水予熱１系列	給水予熱１系列

(2) 製造原価
変動費に関するアンモニア製造原価の低減は、4,000～4,500円／tNH_3である。
(3) 工期：１６ケ月（既設プラントへの接続のための運転停止期間は２週間以内とする）
(4) 近代化に要する経費
・Ⅰ案：3,031万元（33.3億円）　・Ⅱ案：2,229万元（24.5億円）
・Ⅲ案：3,237万元（35.6億円）
(5) 生産管理の近代化
・組織としては整っている。
・しかし従業員各個人が、自分の組織として運営していこうという意識が乏しい。
・これを改善する為には、組織の活性化を図り、各個人の意識を高める必要がある。
・その為には、日本を始め外国の管理を参考にして、中国独自の生産管理の近代化を検討し、実行に移す。
(6) 近代化実施上の留意点
・既存設備の停止期間は３週間以内を要求されており、この期間で継込みを完了する必要がある。
・機器搬入、据付工事にスペース上の困難さがある。
・既存設備は運転中であり、安全には十分注意を要する。
・生産管理の改善は時間をかけて実施する。

6. 経済性評価

現状と近代化実施後の費用の増減を比較し、それを基に以下の結果を得た。

	Ⅰ　案	Ⅱ　案	Ⅲ　案
総所要資金（A）	3,031万元（33.3億円）	2,229万元（24.5億円）	3,237万元（35.6億円）
投資回収期間	４．６年	３．６年	５．８年
15年間の節約費用（B）	10,680万元（ 117億円）	9,745万元（ 107億円）	9,291万元（ 102億円）
B／A	３．５	４．４	２．９

7. 結論と勧告

(1) 近代化を実施することにより、現状の16×10^6 kcal／tNH_3のエネルギー消費を14×10^6 kcal／tNH_3とする事ができる。
(2) 投資額の小さいⅡ案の実施を第一に提言するが、脱炭工程の整理を望むならⅠ案もありうる。又一工程のみの近代化を行うことも可能である。
(3) 設備は老朽化しているので、長期的な検討も必要である。
(4) 今後の設備は１系列を基本とすべきである。
(5) 従業員全員が経営に参加するという意識を培う努力をする。その為に配置転換、責任範囲の拡大、積極的な小集団活動の実施等の方策をとる必要がある。

目　　次

頁

第1章　序　論 …… 1

1.1　調査の背景 …… 1

1.2　調査の目的 …… 1

1.3　調査の対象 …… 1

1.4　現地調査団の編成及び日程 …… 2

第2章　工場概要 …… 3

2.1　大連化学工業公司 …… 3

2.2　化肥工場 …… 5

2.3　製品及び生産 …… 6

2.4　製造設備 …… 6

2.5　生産実績 …… 8

2.6　販売実績 …… 8

第3章　近代化計画 …… 9

3.1　生産管理 …… 9

3.1.1　工場管理 …… 9

3.1.2　生産管理 …… 9

3.1.3　在庫管理 …… 11

3.1.4　技術管理 …… 11

3.1.5　品質管理 …… 12

3.1.6　原価管理 …… 12

3.1.7　教育訓練 …… 13

3.1.8　設備保全管理 …… 13

3.1.9　安全・衛生・環境管理 …… 14

3.1.10　調達管理 …… 14

3.2　工場設備の近代化 …… 15
3.2.1　アンモニア製造工程の現状 …… 15
3.2.2　各工程別の問題点 …… 15
3.2.3　各工程改善の可能性 …… 19
3.2.4　近代化計画実行案 …… 22

第4章　経済性評価 …… 29

第5章　結論と勧告 …… 31

第1章 序　論

1.1　調査の背景

中国の化学工業は現在一定の基礎ができた為、当面の主要課題として

・現有企業の技術改造を進め生産技術水準を高める。

・老朽化した企業の改造に重点を置き、技術交流を強化する。

・原料、加工、製品間の効率化をはかり、製品構成を改変する。

を掲げている。

この当面課題の一つとして掲げられた既存老朽工場の改造を、国家機関の指導のもとに強力に推進している。この為、日本国に対しても工場近代化計画につき協力を要請してきており、この要請に基づき、日本国国際協力事業団と、中華人民共和国国家経済委員会が、工場近代化計画調査実施細則を１９８４年１１月９日に調印した。本調査はこの調査実施細則にのっとり実施されるものである。

1.2　調査の目的

大連化学工業公司化肥工場アンモニア製造工場の生産設備の現状を調査し、工場診断を行うとともに、生産管理に対しても実状の聴取、把握を行い、製造技術・生産設備及び生産管理に関する近代化計画を作成、提示することを本調査の目的とする。

1.3　調査の対象

(1)　対象工場：大連化学工業公司化肥工場

(2)　対象製品：合成アンモニア

(3)　対象範囲：本調査の対象範囲は下記の通りである。

・工場概要調査

・生産工程調査

・生産管理調査

・原料調査

・工場近代化計画調査

・経済性調査

・結論及び勧告

1.4　現地調査団の編成および日程

現地調査団は、１９８５年２月２５日より同年３月１６日にかけて現地調査を実施した。現地調査団の編成および調査日程は次のとおりである。

(1)　現地調査の編成

団　長	山中　信夫	（総括・生産工程）
団　員	石井　暢夫	（機械設備・経済計算）
	山森　茂治	（生産工程・生産管理）
	大塚　邦夫	（生産管理）
	東　　晃	（コスト積算）

(2)　現地調査の日程

１９８５年２月２５日	東京より北京へ移動
２月２６日	北京より大連へ移動
２月２７日	
～	大連化学工業公司工場調査
３月１３日	
３月１４日	大連より北京へ移動、JICA北京事務所報告
３月１５日	国家経済委員会と打合せ
３月１６日	北京より東京へ移動

第２章　工場概要

調査対象である化肥工場アンモニア工場は、大連化学工業公司の一部である。以下に大連化学工業公司及び化肥工場の概要を示した。

2.1　大連化学工業公司

公司の基本的な形態は次の通りである。

(1)　所在地　　遼寧省大連市甘井子区

(2)　主管部門　　（中央）化学工業部

（省）　遼寧省石油化学工業局

（市）　大連市経済委員会

(3)　設立時期　　1933～1935年

(4)　占有総面積　　1,150,000㎡

(5)　建屋総面積　　640,000㎡（うち工場建屋面積　320,000㎡）

(6)　固定資産原価　　4億3千万元

(7)　流動資金　　5千万元

(8)　年間生産額　　2億9千万元

(9)　主要生産品　　ソーダ灰、アンモニア、硫酸、硝酸、硝安、プラント機器等

(10)　人員　　約17,000人（うち管理職2,500人、技師850人

(11) 組織

公司の組織は図２－１に示す通りである。

スタッフ部門は１０課（処）５室に分かれ、生産現業部門は３部門、販売と原料供給を担当する供銷公司、教育を担当する教育訓練センター、生活勤労公司、労働服務公司、基礎建設処等、従業員の日々の生活を見る部署、労働力を提供する部署、簡単な工事を分担する部署等が存在し、かなり特色のある組織となっている。

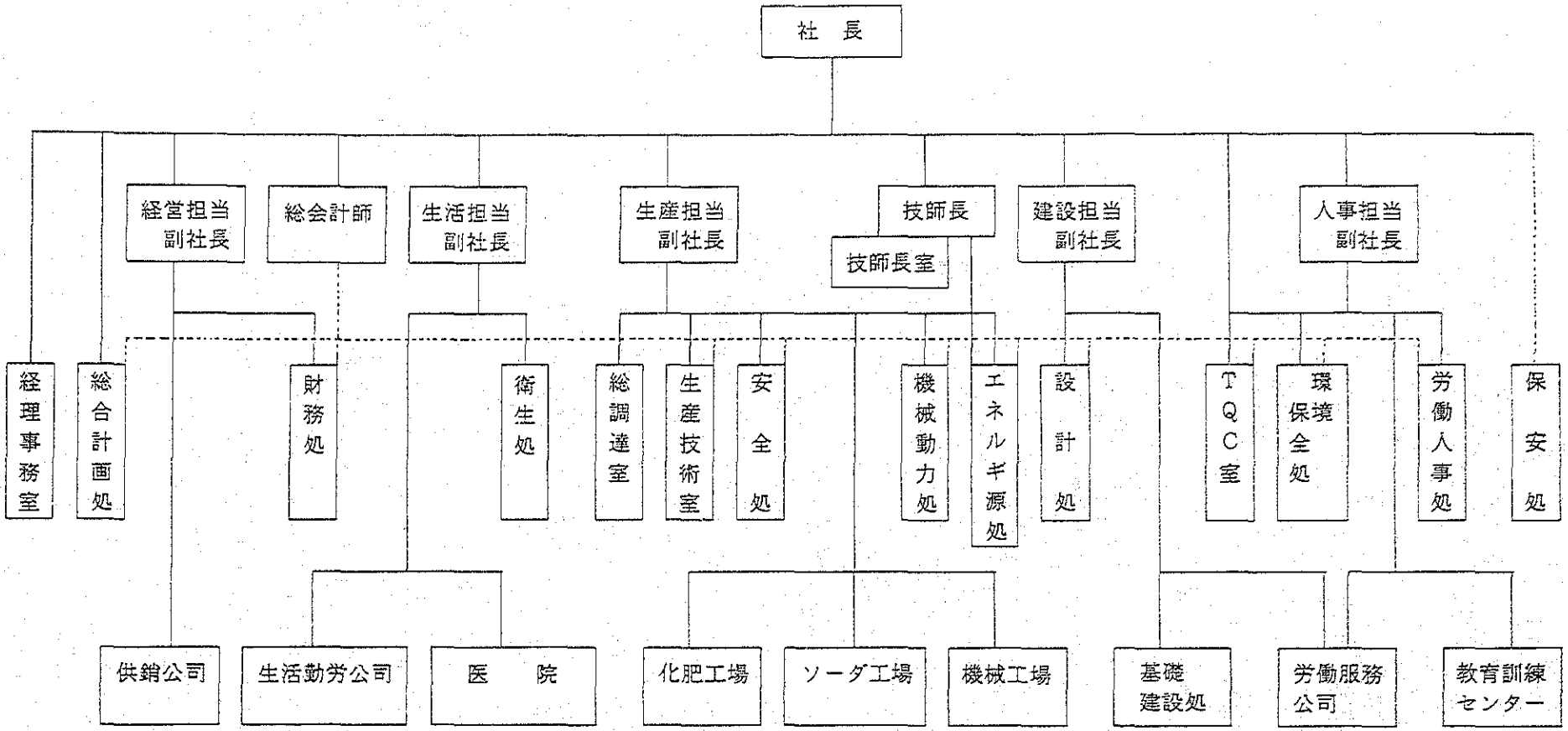


図２－１　大連化学工業公司管理組織機構

2.2　化肥工場

前述のように、化肥工場は大連化学工業公司の一部であり、１９３３年に建設された。主要製品は、コークス、合成アンモニア、硫酸、硝安、硫酸で、従業員は約3,680人である。アンモニア工場の人員は現場だけで、1,185名であり、これは化肥工場の現業５職場2,445名の48％にあたる。工場組織（図２－２参照）としては、工場長の下に、生産担当、設備担当、経営担当の副工場長と技師長室があり、更に管理部門として１６課・室、現場部門として化工５職場、補助４職場に分れている。

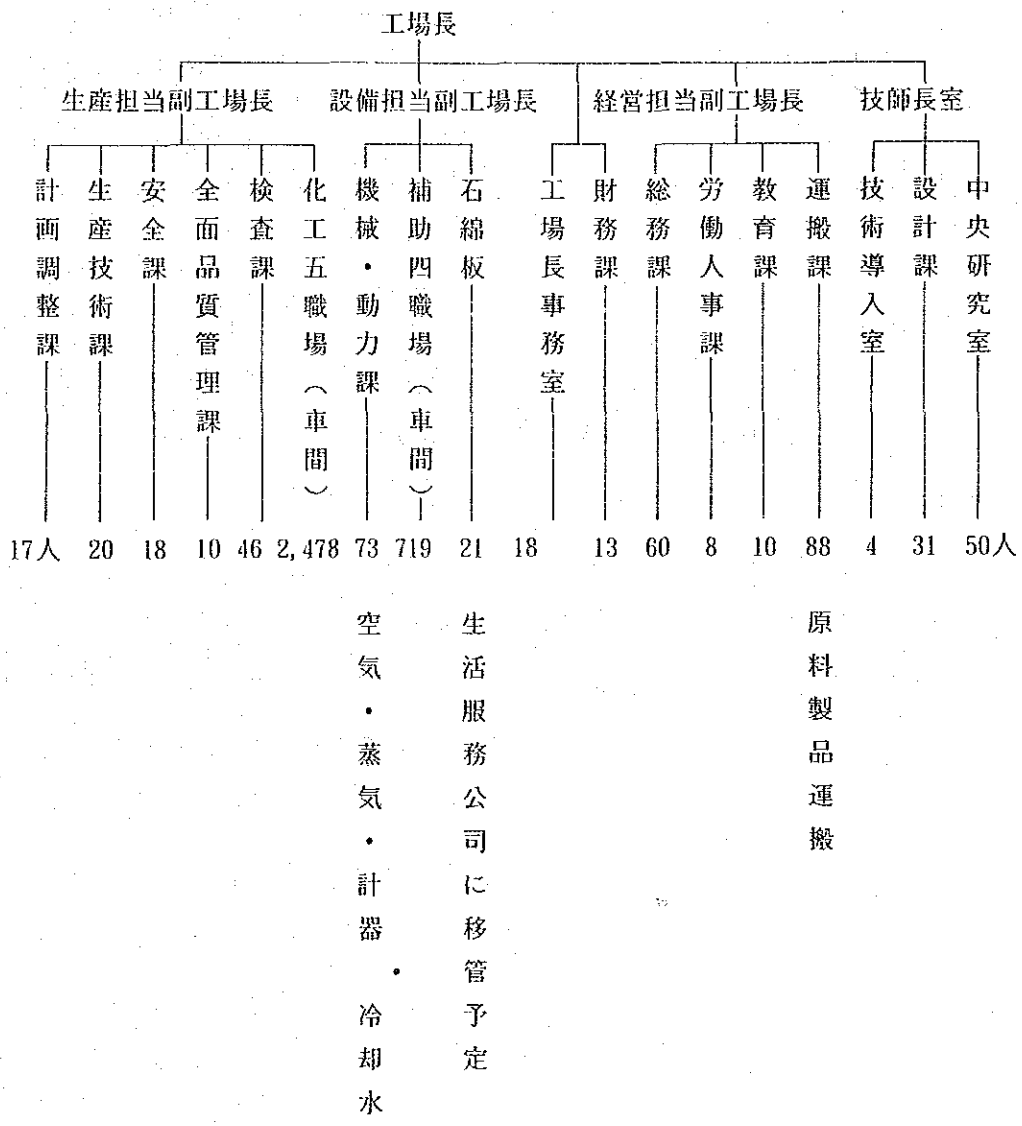


図２－２　化肥工場組織図

2.3　製品及び生産

化肥工場の主要製品とその設備能力及び実生産能力は表２－１の通りである。

表２－１　化肥工場の設備能力及び実生産能力

製　品　名	設備能力（t／年）	実生産能力（t／年）
コークス	140,000	190,000
合成アンモニア	160,000	180,000
硝　　安	160,000	120,000
硝　　酸	70,000	100,000
硫　　酸	300,000	240,000

上記の主要製品のうち、本調査の対象品目である合成アンモニアについて、以下に述べる。

2.4　製造設備

アンモニアの原料はコークスと重油の２つであり、ガス発生部門はそれぞれの原料毎に２系統の流れに分かれている。ガス精製部門、圧縮工程及びアンモニア合成部門は１系統になっている。

しかし、各部門にはそれぞれ多数の系列がある上に、長年に亘って増設、改造工事が順次実施されてきたため、フローが非常に複雑になっているのみならず、配置上の見地からいっても整理されていない。これを整理してブロックフローダイヤグラムに示すと図２－３の通りである。又、原料別、プロセス別のアンモニア生産能力を示すと表２－２の通りとなる。

表２－２　原料・プロセス別のアンモニア生産能力

原料・プロセス	生産能力（t／日）
加圧重油炉	１１９
常圧重油炉	７６
水性ガス発生炉	２９９
コークス炉ガス	５３
合　　計	５４７

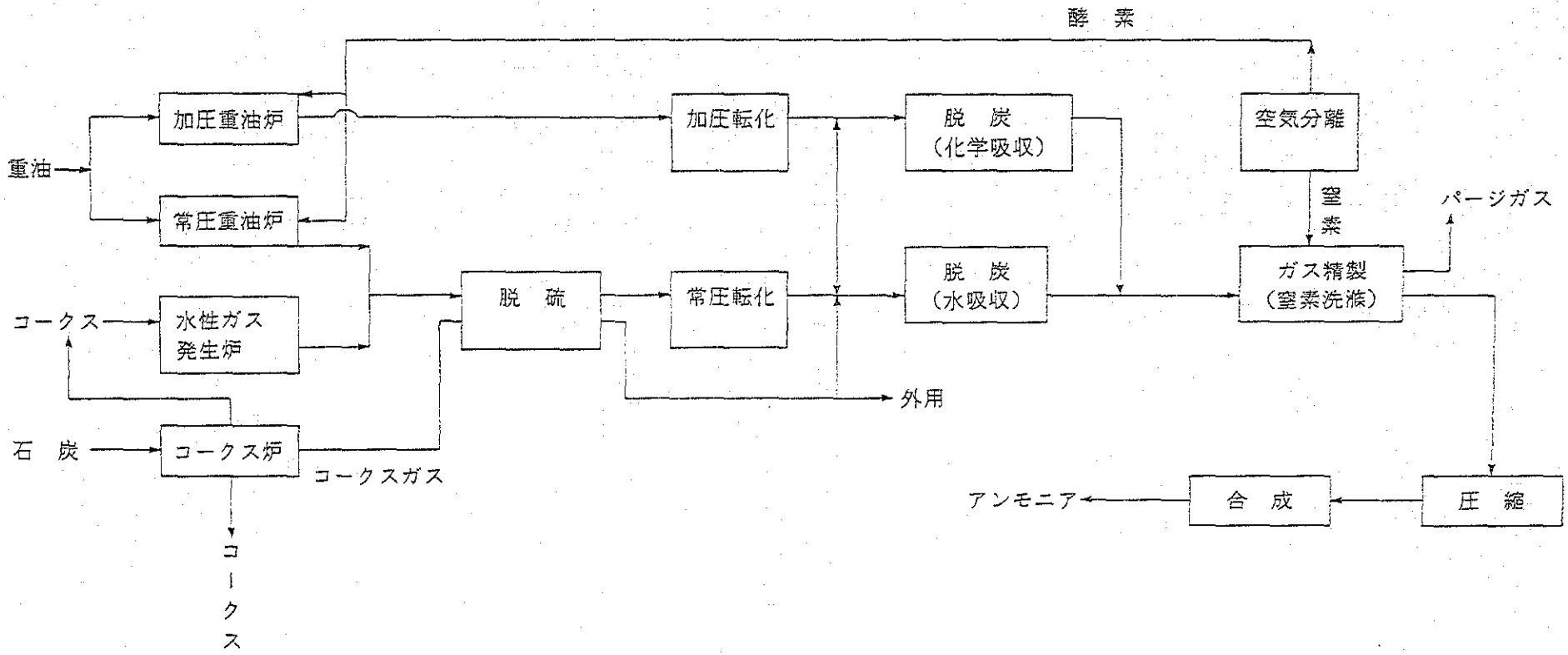


図２－３　アンモニア工場ブロックフローダイヤグラム

2.5　生産実績

過去数年間のアンモニア生産実績は表２－３の通りである。

表２－３　アンモニア生産実績

年　　度	アンモニア生産量(t)
1980	188,789
1981	181,628
1982	177,244
1983	173,097
1984	170,309

2.6　販売実績

化肥工場のアンモニア工場の製品は、アンモニアとして販売されるものは少なく、アンモニア年生産量の１％内外である。殆んど全量のアンモニアは、化肥工場の硝酸工場、硝安工場の原料としてパイプラインで供給されている。アンモニアとしての販売実績は表２－４の通りである。

表２－４　アンモニアの外販実績

年　　度	アンモニア外販量(t)
1980	1,947
1981	1,923
1982	2,467
1983	2,205
1984	2,182

第３章　近代化計画

3.1　生産管理

3.1.1　工場管理

現　　状	近　代　化　案
(1)工場組織（図３－１参照） (2)化肥工場には約 3,600人がアンモニアの生産のほか、硫酸、硝酸、硝安等の製造に従事している。 (3)化肥工場長のもとに、３副工場長（生産担当、設備担当、総務担当）と技師長が配置され、日常の運営管理責任を負っている。 (4)従業員の責任範囲と作業基準を明文化した作業規約が存在する。この規約に従って責任は明確になっている。従業員はこの規約に従うことになっているが、実際には守る意識が低い人もいる。	(1)少人数による工場の運転 化肥工場の事情があるが従業員の人数が多い。諸外国のアンモニア工場は少人数で工事管理・操業されている。中長期展望では小人数で、より高効率の運転・管理を指向すべきである。 (2)組織の活性化 従業員は長年同一作業に従事しており、これが組織の硬直化につながっている。担当業務の拡大・配置転換等により組織の活性化に努める。 (3)従業員の意識向上 従業員自らが自分の目標を設定し、それを達成するという所までの意識の向上が望まれる。

3.1.2　生産管理

現　　状	近　代　化　案
(1)生産計画は国家が通達してくる生産量を工場が実際の生産状況に照らして各期・年の生産計画として作成し、上部の承認を得る。 (2)利益計画も国家通達の利潤計画、建議指標に基づき策定され、承認を得る。 (3)原単位管理は日々の原燃料、用役使用量を製品当りに直し、これを記録管理している。 (4)設備予算管理は各職場より設備計画を提出させ、その案につき資金状態を擦り合せ、外部資金を申請するものと、工場内で処理するものとに分けて、工事計画に移す。 (5)運転管理は各種マニュアル記載の方法、順序指示、対応策に基づき管理されている。 (6)工程管理は全面品質管理方式により、工段→職場→工場の３段階で行われている。	(1)予算計画作成への積極的参加 化肥工場に与えられた予算を守るだけでなく、利益計画予算作成に積極的に参画し、少しでも原価を下げ、利益を生みだすべく努力すべきであり、従業員からの積極的改善提案が原価低減に即刻反映出来るような体制作りが望まれる。 (2)運転指導要領（マニュアル）の改訂 マニュアルは装置の改良と共に遂次改訂されるべきである。利益向上という観点より積極的に小さな改造・改良からの取り組みが望まれる。 (3)運転員の教育・訓練 工場の最適運転条件を探究できるようにするには、運転員の職場内教育を能動的に進め、適宜職場配置転換とあわせ、職場内の環境整備に心掛けることが望ましい。

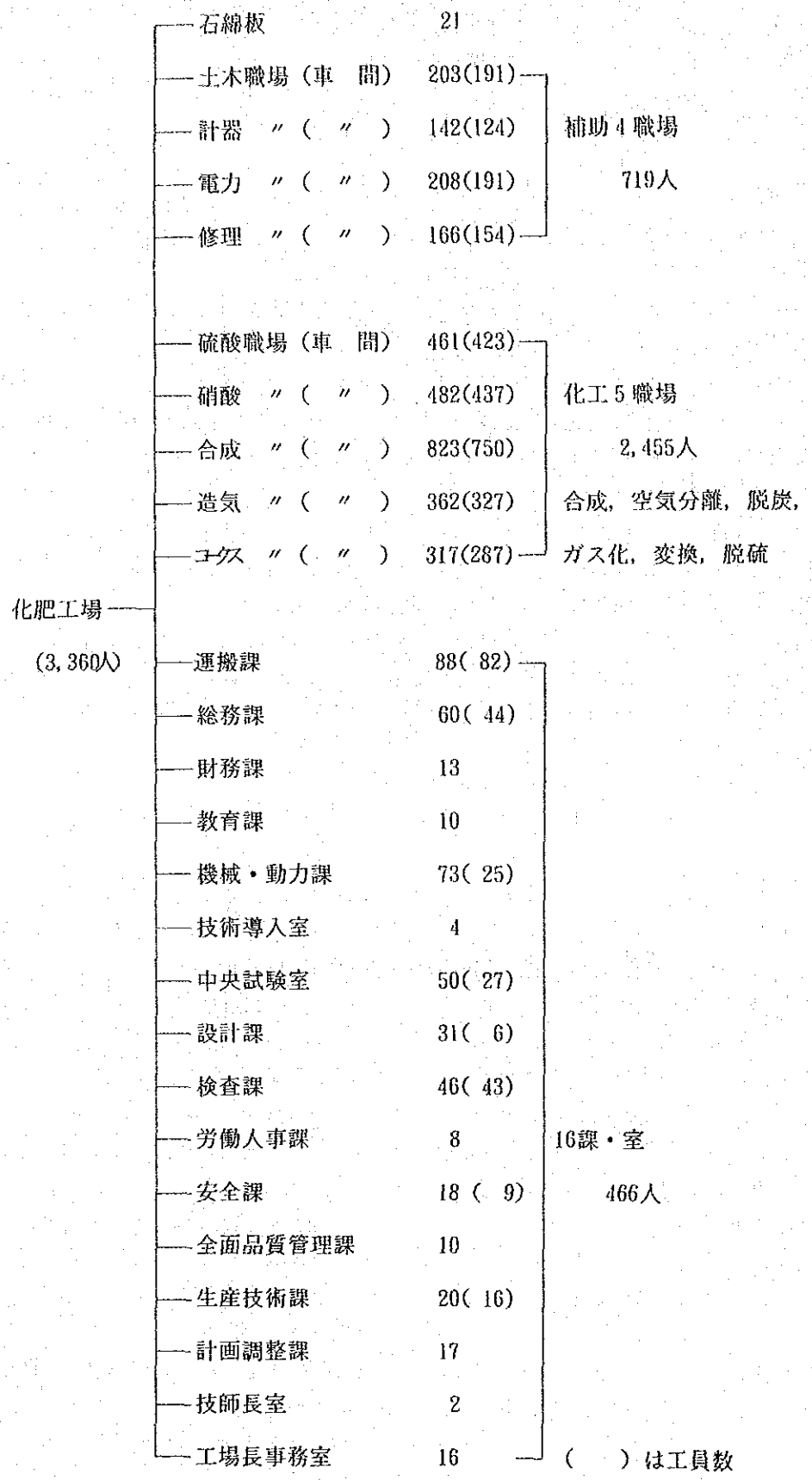


図３－１　化肥工場生産管理組織

3.1.3　在庫管理

現　　状	近　代　化　案
(1)主要原材料である石炭、重油等は国家より配給されている。 (2)年度毎に原材料の年間必要量を工場にて算出し、国家に申請して、公司の供銷公司経由供給されている。 (3)供給元よりの交通・輸送状態、供給元の能力等を考え、原料倉庫に余裕があればできるだけ沢山の原材料を在庫している。	(1)在庫量の低減化 主要原材料が国家の分配・配給による現状では今すぐ適用は困難と思うが、在庫量を最小限に押えることが今後は重要となる。 (2)資金負担の軽減化 資金の流動化の要請、在庫品に対する金利負担等の考え方が導入されるにつれて、原材料在庫及び製品在庫が必要以上あると経営が圧迫される。諸因子（工場操業の危険度、販売量、流通機構の余裕度、倉庫設備・容量、出荷能力・設備等）を考慮し、最適在庫量を設定し、資金負担の軽減化が望まれる。

3.1.4　技術管理

現　　状	近　代　化　案
(1)プロセス、標準原単位、エネルギー量・用途、環境保護、設備、新製品開発、安全技術、全面品質管理等の広範囲にわたり技術管理が行われている。 (2)技術管理目標は上部機関が出した年度目標と、工場の実情、市況等により、工場での討議の上、年間技術管理目標が設定される。 (3)技術情報管理は技術情報収集、工場内技術交流、先進技術の工場内公布、「大化科技の発刊等により行れている。 (4)新製品の開発も技術管理の重要なテーマである。当面の開発方針は： ・副産物利用による新製品の開発 ・既存製品を利用した先端製品の開発 ・将来は有機製品も製造可能な工場とする。	(1)技術の伝承 将来の技術開発の基礎となるのは現有技術の把握であり、この技術は若手技術者に積極的に伝承すべきである。 (2)新技術の導入・開発 海外の化学分野・機械設備分野の技術情報は主として英文で書かれている。英語の文献を読みこなす語学力を養う必要がある。又新しい技術を独自に開発する努力も必要である。 (3)若手技術者の積極的採用 新技術開発、新製品の開発という作業は創造的若手研究者・技術者により達成されてきている。若い優秀な研究者・技術者を積極的に採用し、新製品開発部門に投入することが望まれる。

3.1.5　品質管理

現　　状	近　代　化　案
(1)化肥工場の日々の品質管理業務は製造工場内の化学分析室、検査課、全面品質管理課の三つの部署で行われている。 (2)製品の検査は、プロセス制御、職場化学分析室の分析によるチェック、検査課による出荷前の製品品質検査の3段階の検査制度によりチェックされる。 (3)化学製品の規格は国家標準規格に準拠している。化肥工場の製品規格は生産技術課で制定され、定期的に修正される。 (4)品質保証は国家規格にもとづき検査専門工程師が出荷製品品質証明書を作成し、製品一緒に出荷する。	(1)分析・検査器具の更新 分析器具・検査器具が大変古い。新型の器具・設備に早急に取り換えることが望まれる。 (2)品質管理意識の向上 品質管理は製品の品質分析を行い、顧客に品質不合格の製品を出さなければ良いというだけでは不充分である。常に合格品を製造していくことが利益に直結しているということを従業員各自が認識し、利益向上に努力することが望まれる。 (3)品質管理手法の改良。 化肥工場で改良された品質管理の工夫、手法を採用するのは当然であるが更に他の工場、他の公司が発表して内容の良い品質管理手法は積極的に採用すべきである。

3.1.6　　原価管理

現　　状	近　代　化　案
(1)原価は、公司財務処原価組、工場財務課原価組、各職場の管理組原価員によって管理されている。 1）職場の原価員：実際のコスト計算、コスト管理を行い、実際原価と計画原価の対比分析を行う。 2）工場の財務課原価組：計画原価作成と実際原価の総括を行う。 3）公司財務処原価組：各工場の原価を管理し、市、省、国に対し会計の責任を負う。又、予算の分配を行い、計画原価、目標原価を各工場に指示する。 (2)各職場の従業員全員が原価低減を考え、実施するという意欲に乏しい。	(1)全員の原価意識の高揚 職場の人間1人1人に原単位管理の教育を行いどの原価項目を下げれば利益にどうはね返るかという具体的な事柄を教え、自分達で原価低減を行うのだという意識を植え付ける。計画及び目標原価の立案を各職場で行い、自分達で作成した原価目標は、必ず達成するという体制にする。 (2)全体的な原価管理 職場単位の原価管理ばかりでなく、複数の職場にまたがる原価削減の方策を検討する。 (3)原価削減の為の小集団活動の活用 原価削減を小集団活動のテーマとして取り上げ全員が原価について考える。

3.1.7　教育訓練

現　　状	近　代　化　案
(1)職務転換は班組ないしは工段内でのみ行われており、他の職場への配置転換はない。 (2)集合教育は従業員の教育レベルを上げる「文化教育」が主体で、業務に関する集合教育は余り行われていないようである。 (3)職場内教育（O.J.T.）は入社後1年間実施されるが、その後の組織的なO.J.T.はなされていない。 (4)上層部主導による安全教育訓練は十分行われているが、自分達の安全を自分達で守るという姿勢に欠けている。	(1)職務転換の実施 従業員の長期育成計画の一貫として職務転換を行い、個人の成長を促すと共に、仕事のマンネリ化を防ぎ、職場の活性化を図る。 (2)業務関連の集合教育の実施 (3)職場内教育（O.J.T.）の充実 職場の上司は常にO.J.T.を実施し、知識・技術の伝承を図ると共に、社内的にO.J.T.をバックアップする体制を作る。 (4)自己啓発の発揚 職場の活性化、モラルの向上を図り、自己啓発意欲を喚起させる。 (5)安全教育訓練 各個人が自分の安全を考えるよう教育する。

3.1.8　設備保全管理

現　　状	近　代　化　案
(1)保全組織は、日常の設備保全を行う化工五職場内の修理工段と、専門の保全組織の補助四職場がある。 (2)予防保全、保全情報の分析及びその結果のフィードバック等、近代的な保全管理の概念に乏しい。 (3)古い設備の割には良く保全されているが、保全費用は多い。	(1)保全組織の一本化 保全組織を一本化することにより、作業の専門化、技術の向上、知識・技術の伝承を図る。 (2)合理的な保全システムの確立 予防保全、情報のフィードバック等合理的な保全システムを確立する。 (3)予備機保有の逓減 保全管理を充実させて予備機の保有を最小限にする。又、現在ある予備機も不用のものは転用等の検討を行う。 (4)設備保全予算の削減 工員各々が保全合理化について考え、保全予算の削減に努める。

3.1.9　安全・衛生・環境管理

現　　状	近　代　化　案
(1)上部からの指令を守る安全衛生組織は整備されている。 (2)自分達の安全を自分達で考え、災害を減らそうという意欲に乏しい。 (3)公害防止の意欲は感じられるが、実際には公害防止は厳格に守られていないようだ。	(1)安全推進グループ活動の実施 国、党の指揮・命令を守る安全衛生管理組織とは別に、作業者自身の身の廻りの安全を考え、積極的に安全を追求する安全推進グループ活動を実施する。 (2)環境管理の努力 国の環境基準を遵守すると共に、工場の古い設備は、経済性があり、且つ公害を発生しない設備に、順次転換する必要がある。

3.1.10　調達管理

現　　状	近　代　化　案
(1)原材料の調達管理は、供銷公司の原料課が行う。 (2)石炭、重油のような主要原材料は、申請に基づき国家が分配する。	(1)在庫を最小限に抑える調達管理 管理部門は原材料の使用側と常に連絡をとりながら、在庫量を減らす努力を行う。それにより在庫維持費用の削減を図り、資本の固定化を避ける。調達部門は、品質の良いものを安く安定的に調達できるよう努力する。

3.2　工場設備の近代化

3.2.1　アンモニア製造工程の現状

アンモニア製造工程のブロック図は図2－3の通りである。石炭／コークス及び重油を原料としているが、工程は非常に入り組んでいて複雑である。且つ各設備は大変老朽化していて、常識的には、全工場を建て直すべき段階にきている。少くとも故障頻度の高い設備は順次更新されて行かねばならない。以下に各工程別の問題点、特にエネルギーの損失となっている点を列挙し、それに対する改善の可能性をすべてあげ、その中から実行案を取り上げる事とする。

3.2.2　各工程別の問題点

(1)　コークス炉

コークス炉は45室から成る普通の型式のものである。古い設備であるので、保守に手間と費用を必要としているであろうが、設備としては問題なく、今後もしばらくは運転継続できるであろう。

問題点は、コークスの外販又は他用途の利用が非常に少く、アンモニア原料用として、わざわざ石炭をコークス化している事であって、基本的にはアンモニア原料としてはコークスを経由する必然性は無い。その為に、石炭を直接ガス化する場合と比較して、かなり大きな熱量の損失となっている。

(2)　水性ガス化炉

コークスを空気で一部燃焼して赤熱させ、そこに水蒸気を通して水性ガスとする反応を3分一巡の割合で切換方式で行っている炉が8系列ある。コークスを赤熱させた空気は、一応熱回収はしているが、かなり高温で大気放出される方式であって、その熱損失は大きい。

それ以上に、このガス化装置は常圧ガス化装置であり、最近通常行われている加圧ガス化装置と比較した場合、発生したガスと同伴水蒸気を常温迄海水により冷却せねばならず、大きな熱量損失となっている。又、加圧ガス化の場合には発生ガスを反応圧力まで昇圧するエネルギーが不要であって、その量は非常に大きい。

(3)　常圧重油ガス化工程

重油の酸素による部分燃焼法ガス化装置であるが、現在建設中の2系列目の加圧重

油ガス化装置が完成したら運転は停止される事になっている。

(4) 脱硫装置

亜砒酸の炭酸ソーダ溶液でガス中の硫黄化合物を吸収し、硫黄とチオ硫酸ソーダとして硫黄分を回収する装置であって、装置は大きいが、脱硫率は比較的良く、常圧ガスの処理には良い方法であると言える。しかし加圧ガスを処理するには、別の脱硫方式を採用せざるを得なくなる。この装置では、水性ガスとコークス炉ガスは別々に処理している。

(5) 常圧一酸化炭素変換工程

高温で活性のある通常の触媒を充填した変換器と加湿・除湿装置が組になった常圧の装置8系列より成っている。高温で活性のある触媒しか使用していないので、出口ガス中の一酸化炭素濃度は約3％とかなり高く損失となっている。又、全体で27.2t/hという多量の水蒸気を添加しており、しかも常圧であって、その後工程が圧縮工程である為に、過剰水蒸気を全て海水による冷却で凝縮させ、大きな熱損失となっている。低温活性触媒を用いて残一酸化炭素を少くする事と加圧化して、水蒸気を後工程で利用する事が考えられる。

(6) 加圧重油ガス化変換装置

重油の酸素による部分酸化ガス化を加圧下で行わせる装置で、中国独自の設計で比較的最近建設された装置である。小型ではあるが、順調に運転されていて、エネルギー効率等各種原単位も、最新型の装置と比較して遜色なく、この工程に手を加える必然性は見当らない。

(7) 脱炭酸ガス工程

水に加圧下で炭酸ガスを吸収させ、脱圧して放散させる水洗法と、熱炭酸カリ溶液に添加剤を加えた液に炭酸ガスを化学的に吸収させるベンフィールド法の二つの方法が行われている。

水洗法は熱エネルギーを必要としないが、吸収液量が多いので所要動力が多く、水素の損失が大きく炭酸ガスの純度が悪いという欠点がある。一方ベンフィールド法は、全く逆で、所要動力、水素の損失は少く、炭酸ガスの純度は高いが、再生に水蒸気を必要とする。

(8) 精製工程

液体窒素でガス中のメタン、一酸化炭素等の不純物を吸収し蒸留によって不純物を濃縮された形で取り出す液体窒素洗滌装置が6系列あり、4系列が常時運転されている。この方法自体は良い方法であるが、非常に古い装置である為に、窒素を液化させる冷熱源として高圧（200kg/㎠）の窒素を必要とする為に非常に大きな電力を必要とし、又蒸留効率が悪く水素の損失が大きくなっている。

(9) 圧縮工程

非常に数多くの各種圧縮機が使用されていて、老朽化しているものが多く、保守に時間と費用を必要としているが、特に根本的な問題はない。プロセスの変更に伴って変更しなければならない機種もある。例えば窒素ガス圧縮機は高圧を必要としなくなる。

(10) アンモニア合成工程

260kg/㎠の圧力で運転される高圧合成装置2系列と、150kg/㎠の圧力で運転される低圧合成装置2系列から成っている。この工程が全アンモニア製造工場の中で一番能力的余裕が少い。合成塔の構造は、触媒層の中にガスによる冷却管を持ったものであって、設備費はかかるが合理的な構造のものである。生成した液体アンモニアはほとんど全部ガス冷却の為に蒸発して、製品はガスアンモニアとして得られる。すでに存在する合成装置について論じるならば、操業圧力や装置の構造はエネルギー効率にはほとんど影響を及ぼさないので、装置を大巾に改造する必然性は認めない。しかし合成反応熱はすべて合成塔出口で海水により冷却される事によって損失となっているので、この熱の回収は考慮されるべきである。

(11) 空気分離機

空気を液化して、窒素と酸素に分離し、窒素はアンモニア合成に酸素は重油の部分酸化に使用するものであって、200kg/㎠の空気を使用する高圧装置4系列と、6kg/㎠の空気を用い、膨脹タービンで冷熱源を得る低圧装置2系列装置より成っている。両装置の電力消費量は最新型のものと比較して1.5倍程度大きくなっているが、その節約の為に全装置を更新する意義は認めない。

(12) 工場配置

以上の工場配置は図3－1のようになっている。

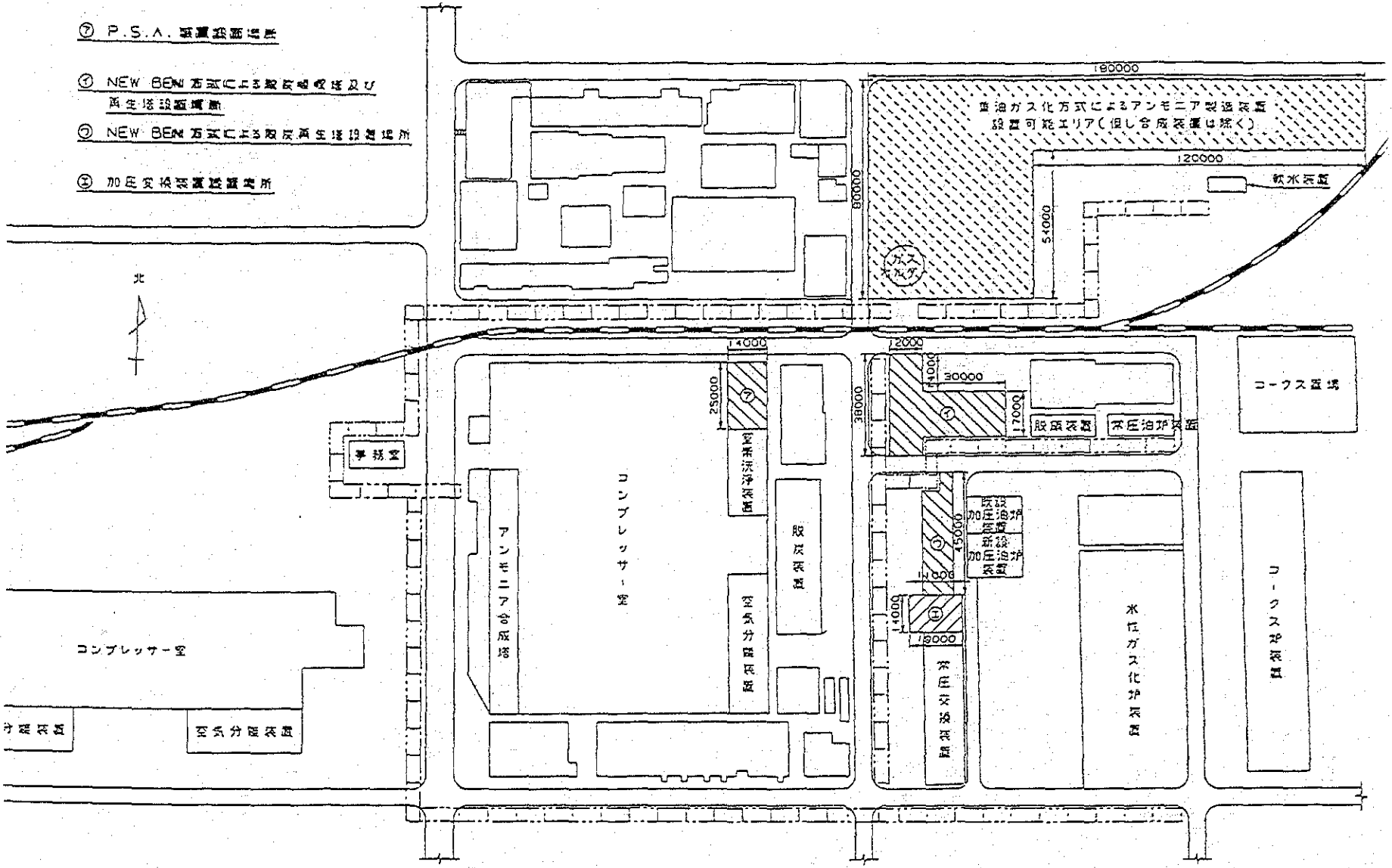


図３－１　アンモニア工場配置図

3.2.3　各工程改善の可能性

前節において工程別に問題点を列挙したが、そのうち改善する必要を認めないものを除き、改善方法の考えられるものをすべてあげてみる。そして、それ等の問題点を述べ、採用された場合のエネルギー節約の計算値と予想される所要資金を最後の表にまとめる。

(1)　原料

アンモニアの原料としては、H／Cの大きな炭化水素の方が、単位エネルギー当りとしては有利である。即ちメタン（天然ガス）が最も有利で、以下LPG，ナフサ、重油、石炭の順となる。一般にこの順で単位発熱量当りの価格も下って来るので、その土地で得られる価格を考慮しないとどれが有利かは一概には言えないが、化肥工場においては重油と石炭の価格が非常に近い。従って、もし入手可能であるならば、今後の大改造計画においては重油を使用するように努力すべきである。しかしこの調査においては現状を大巾に変更しないという原則があるので、原料は変更されないという仮定で検討を進める。

(2)　ガス発生工程

石炭を原料とするかぎりにおいては、コークスを経由してガスを製造するのは不経済であるので、石炭の直接ガス化を考える。加圧ガス化した方が、使用した過剰水蒸気の利用、ガス顕熱の利用、ガス圧縮動力の節約という点から非常に有利になるが、合成圧縮機の改造を含め、それ以降の工程をすべて更新しなければならなくなる。一方常圧石炭ガス化とした場合には、それ以降の工程を必ずしも更新しなくてもよいが、エネルギー節約が余り大きくない割に所要資金が大きくなる。

常圧の例としてKoppers－Tozek法、加圧の例としてTexaco－宇部法をとりあげて、各々の場合のエネルギー消費との現状との差を種々の仮定を置いて計算した結果及び概略所要資金は3.2.4に示す表3－1の1項の通りである。

尚、どちらの場合も酸素を必要とするので、空気分離装置の新設費とその所要電力は加えられている。

(3)　一酸化炭素変換工程

低温で活性がある触媒を使用して残留一酸化炭素を減らして損失を減らす事と、加圧下で反応させて過剰に添加された水蒸気を次の脱炭酸ガス工程で利用出来るようにする事、及びガス圧縮動力が小さくなる事でエネルギーの節約が可能である。

180℃程度から活性がある銅－亜鉛触媒もあるが、これは硫黄化合物が存在すると使用できないので、それより高温の250℃程度から活性があるコバルト－モリブデン系の触媒を、1段目で通常の鉄－亜鉛触媒で高温で反応させた後の2段目の反応に使用して、残留一酸化炭素を0.5%以下に減らせる。

これ等のエネルギー節約の計算値及び加圧2段変換方式とする為の概略所要資金は表3－1の2項の通りである。

尚加圧変換とする場合には、添加する水蒸気は20kg/㎠程度の圧力を必要とするが、この水蒸気は合成塔出口から回収される温水でほぼまかなう事が出来る。

(4) 炭酸ガス除去工程

脱炭方法としてはいくつかの方法が考えられるので、それ等の特徴を述べる。

1） 改良ベンフィールド：ベンフィールド法の水蒸気消費が多い点を改善する為に、半再生液から4段に減圧下する事により水蒸気を発生させ、その水蒸気を吸収液の再生に使用するものである。既存のベンフィールド法もこの方法に改造出来る。

2） レクチゾール法：－20～－60℃の冷メタノールに炭酸ガスを吸収させるものであって、再生に水蒸気を必要としないが、窒素ガスを要する。水素の損失率も低い。最大の特徴は石炭や重油のガス化のような場合に別途の脱硫工程を設けなければ多量に硫黄化合物が含まれるが、この方法では炭酸ガスと硫黄化合物を分別取得する事が出来る事であって、石炭加圧ガス化の場合は脱硫も兼ねてこの方法又は次のセレキソール法を採用する事となる。しかし圧力を30～40kg/㎠位に高くしないと、窒素及び電力の消費量が大きくなり、且つ炭酸ガス中の窒素が多くなって不都合を生じる。従って加圧石炭ガス化を採用した場合にのみ考えられる方法である。

3） セレキソール法：レクチゾール法とほぼ同様な方法であって、吸収溶剤がジメチルエーテルポチエチレングリコールである点が異る。温度はレクチゾールより高くてよい。

4） PSA法：固体吸着剤に炭酸ガス、メタン、一酸化炭素等の水素より重いものを吸着させ、脱圧して離脱させる事により、それ等の不純物を同時に除去出来る。全くエネルギーを必要としないが、水素損失が大きい事が欠点である。又、離脱は脱圧と同時に窒素ガスを使用するので、炭酸ガスの純度が下り化肥工場では採用出来ない。又メタン等の不純物も燃料とする事が出来ない。

既存脱炭工程は水洗法とベンフィールド法の２つがあるので、

・既存のベンフィールド法を改良ベンフィールド法に改造し、水洗法はそのまま残す。

・既存ベンフィールド法を改良法とし、もう１系列新しいベンフィールド法装置を作る。

・高圧レクチゾール法１系列を新設する。

の三つの場合について、現状よりのエネルギー消費の節約及び所要資金概算を述べると表３－１の３項の通りである。

(5) 精製工程

精製工程としてはいろいろな方法があるので、特徴を列挙する。

１） 液体窒素洗滌法：既存の装置と同一原理であり、今でも部分酸化法のガス精製には適した方法である。最近のものは電力原単位もずっと低く、水素損失も少ない。

２） 銅アンモニア溶液洗滌法：一酸化炭素の除去には適するが、メタンは除去出来ず、適当な方法でない。

３） メタン化法：一酸化炭素、二酸化炭素を触媒上で水素と反応させメタンとし、アンモニア合成工程に送り込んでしまう方法で、最近の空気を用いるリホーマー方式ではほとんどの場合に採用されている。熱も電力も必要としないが、水素の損失が大きい事と、合成工程にメタンが行くので、合成圧力が高くなるのが欠点である。既存の合成装置を用い、且つそこの能力に余裕がない化肥工場の場合に採用するのは不適当である。

４） PSA法：脱炭酸ガスと同時に行う場合は不適当であると説明したが、脱炭酸ガス後のガスの処理には化肥工場においても採用出来る。この場合は窒素を用いなくても吸着物の離脱を行わせる事が出来、熱も電力も消費しないが、水素の損失が大きい事が欠点である。PSA法の場合は、吸着すべき不純物の量で装置の大きさが決って来る。不純物の大部分はコークス炉ガスから来ているので、コークス炉ガスを変換工程も脱炭工程も通さずにPSAにかけるという事は、その他のガスをどの方法で処理するにしても有利になる。

上記のような背景から、次の四つの場合についての現状との比較のエネルギー節

約及び概略投資額は表３－１の４項の通りである。

１）　すべてのガスを１系列の新型液体窒素洗滌装置で処理する。

２）　すべてのガスを１系列の窒素ガスを用いる方法のPSA装置で処理する。

３）　コークス炉ガスはPSAで処理し、残りのガスは新型液体窒素洗滌装置で処理する。

４）　コークス炉ガスを１つのPSAで処理し、残りのガスはもう１系列のPSAで処理する。

(6)　アンモニア合成工程

アンモニア合成の反応熱を回収する方法として次の三つが考えられる。

１）　合成塔出口にボイラー給水予熱器を設ける。安価に熱量は回収出来るが、得られた熱水全量を使用する場所が無い。

２）　同じく合成塔出口に低圧ボイラーを設ける。得られる水蒸気が非常に低圧である上、熱の回収率も下る。

３）　合成塔の内部装置を改造し、内部熱交換器を外に出して、触媒層出口ガスを高圧のボイラーに通す事によって高圧水蒸気として熱を回収する。用途的にも熱回収率も良いが、合成塔本体も含めて老朽化した設備の大改造になる点が問題である。

以上の三つの場合を４系列全部の合成装置に適用した場合のエネルギー節約は表３－１の５項の通りである。

3.2.4　近代化計画実行案

基本的には化肥工場アンモニア装置は非常に古いものであって、建て直しされるべき時期に来ている。しかしそれでは本調査の主旨に添わない。表３－１に見られる如くガス発生工程を改良するならば、当然加圧ガス化方式を採るべきである。しかしその際は前にも述べた如くそれ以降の工程をほとんど全部更新しなくてはならない。その時採用されるべき方法は表３－１右端大改造案の欄に○印がしてあるが、そのエネルギー節約の合計は4.7×10^6kcal／tNH_3で、現状の16×10^6kcal／tNH_3のエネルギー消費から差し引くと11.3×10^6kcal／tNH_3となって、石炭ガス化の最新の方法のエネルギー原単位に近い。しかし所要資金も100億円以上と非常に大きく、これは工場の更新に近い

状況であるので、この大改造案は採用しない事とする。従って本調査においては表3－1の改造案の欄に○をつけた投資金額に対してエネルギー節約が大きく且つ化肥工場の条件にあった改造を提案する。それ等は

1） 一酸化炭素変換工程の加圧二段化。

2） 脱炭工程の既存ベンフィールド法への改造、又は改造と1系列新設。

3） 精製工程を新型窒素洗滌とPSAの組合せ又は新型窒素洗滌2系列とする。

4） 合成塔出口1系列のみボイラー給水予熱器を設ける。

である。尚化肥工場側の要求として、全工程中に1系列しかない工程は設けないという条件がある為、脱炭工程及び精製工程は2系列づつにしてある。又、コークス炉ガスを変換工程に通すか否かによっても変換工程に若干の差が出て来る。

上記改造提案は1項目づつ単独で実行する事が可能であるが、総合的経済評価は4項目共全部実行したものと仮定して行う。又各項目に二つずつの場合があるので、組合せは非常に多くなるが、その差は小さいので次の三つの場合について総合検討を行う。

表３－１　検討結果のまとめ

	エネルギー節約A (10^6kcal/h)	投資額B (10^6円)	A / B (10^{-3}kcal / 円)	改造提案	大改造案
1.ガス化工程					
(a)常圧石炭ガス化	43.1	7,200	6.0		
(b)加圧石炭ガス化	63.1	5,700	11.1		○
2.変換工程					
(c)加圧２段ＣＯ変換	15.9	636	25.0	○	○
3.脱炭工程					
(d)既存ベンフィールドの改造	11.3	730	15.5		
(e)２系列ベンフィールド	12.4	1,600	7.8	○	
(f)レクチゾール法	21.0	2,300	9.1		○
4.精製工程					
(g)新型窒素洗滌	13.2	500	26.4		○
(h)N_2パージ法PSA	9.6	720	13.3		
(i)窒素洗滌、PSA組合せ	14.9	740	20.1	○	
(j)２種PSA組合せ	12.7	840	15.1		
5.合成工程					
(k)合成塔出口給水予熱器	11.8	65	181.5	○	○
(l)合成塔出口低圧ボイラー	8.8	230	38.3		
(m)合成塔中間高圧ボイラー	11.8	1,000	11.8		
エネルギー節約計（10^6kcal / h）*1				46.7	109.5
アンモニアｔ当りエネルギー節約（10^6kcal / t NH_3）				2.0	4.7
概算投資額計（百万円）				3,009	10,169*2

＊１：改造提案では（ｋ）　は、3.5×10^6kcal / ｈ、金額19百万円のみ実行

＊２：所要投資額として合成圧縮機改造等を追加

	Ⅰ　案	Ⅱ　案	Ⅲ　案
変換工程	コークス炉ガス通さず	コークス炉ガス通さず	コークス炉ガス通す
脱炭工程	改造＋新設	改造＋水洗	改造＋新設
精製工程	新窒素洗滌 コークス炉ガスPSA	新窒素洗滌 コークス炉ガスPSA	新窒素洗滌 2系列
合成工程	給水予熱1系列	給水予熱1系列	給水予熱1系列

この三つの場合の総合的原単位の向上は次の通りである。

	Ⅰ　案	Ⅱ　案	Ⅲ　案
原料石炭（kg／tNH_3）	43	24	56
水蒸気　（t／tNH_3）	1.12	1.86	0.92
電　力　（kWh／tNH_3）	419	333	370
清　水　（t／tNH_3）	0.56	▲ 0.08	0.56
海　水　（t／tNH_3）	▲ 15	32	▲ 21

同様に所要金額は次の通りである。

	Ⅰ　案	Ⅱ　案	Ⅲ　案
所要金額（百万円）	3,334	2,452	3,560

この改造工事は新設すべきものは前述の図3－1の⑦～⑭の遊休設備撤去跡地にあらかじめ装置を建設しておき、最終的な配管のつなぎ込み工事のみを既存工場を停止させて行う事となる。

以上の改造工事を行うに要する期間は表3－2の通りであって、契約後16ケ月以内で工事は完了させられるであろう。又既存設備へのつなぎ込みの為の工場停止期間は2週間程度見ておけば十分と考えられる。

図3－2に近代化計画達成の系統図を示した。

表3－2　工　程　表

番号	項　　目	月																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	変換・脱炭工程																		
1	設計　（3.5ケ月）		契約																
			設計開始																
2	製作　（8ケ月）																		
					発注							船積							
3	建設　（7ケ月）																		
										撤去	基礎工事		据付工事	配管／計装／電気工事					
	精製工程																		
1	設計　（3ケ月）																		
2	製作　（12ケ月）																船積		
3	建設　（5ケ月）													撤去	基礎工事		据付	工事	

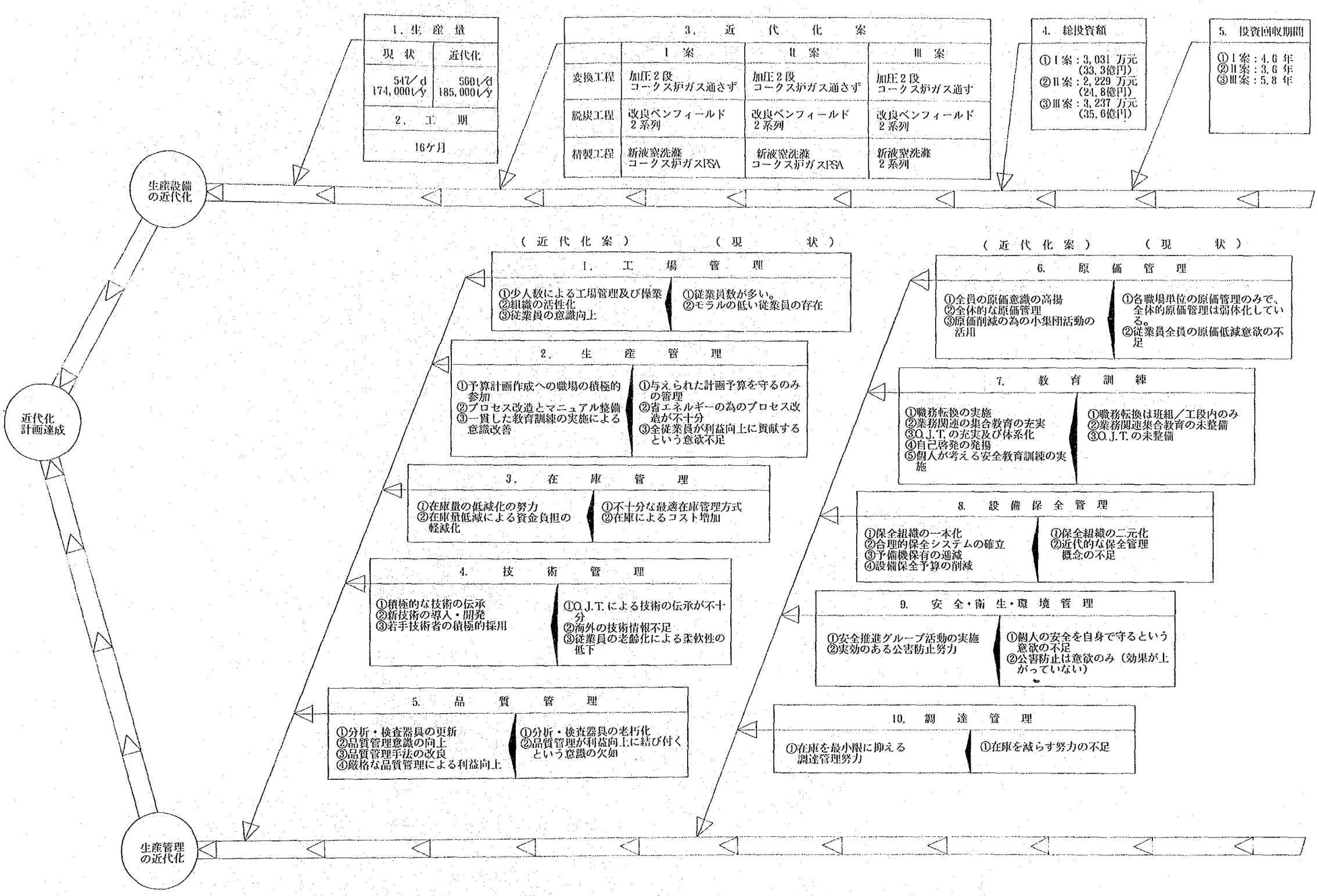


図３－２　近代化計画達成の系統図

第4章　経済性評価

現状の生産量を547t／d（174,000t／y），近代化実施後の生産量を560t／d（185,000t／y）として、表4－1に経済性評価結果をまとめた。

表4－1　経済性評価結果

項目＼案		I　案	II　案	III　案
近代化工事	変換工程	加圧2段 コークス炉ガス通さず	加圧2段 コークス炉ガス通さず	加圧2段 コークス炉ガス通す
	脱炭工程	改良ベンフィールド 2系列	改良ベンフィールド 水洗	改良ベンフィールド 2系列
	精製工程	新液窒洗滌 コークス炉ガスPSA	新液窒洗滌 コークス炉ガスPSA	新液窒洗滌 2系列
	合成工程	給水予熱1系列	給水予熱1系列	給水予熱1系列
総所要資金(A)		3,031万元（33.3億円）	2,229万元（24.5億円）	3,237万元（35.6億円）
投資回収期間		4.6年	3.6年	5.8年
15年間の節約費用（B）		10,680万元（117億円）	9,745万元（107.2億円）	9,291万元（102億円）
B／A		35	4.3	2.9

第5章　結論及び勧告

大連化肥工場は老朽化した工場であって、本来的には建て直すべき状況になっている。又、根本的に合理化するには、ガス発生工程を変更する必要があるがそれを行うと、工場の建て直しに近い改造となり、それでは調査実施細則の主旨に添わない事となる。

従って技術面から各工程の改善の可能性を幅広く検討した結果、調査実施細則の主旨に添った内容のものとして、

① 一酸化炭素変換工程の加圧2段化

② 脱炭酸ガス工程の新型ベンフィールド方式への改造

③ 精製工程の新型液体窒素洗滌法と吸着法（PSA）の組合せへの変更

④ アンモニア合成塔出口からの熱回収

の四つの改造を提案した。

この四つの改造は別々に実行する事もできるが、四つ全部を実行したとすると、全所要資金は23～36億円と予想され、アンモニアトン当たりの所要エネルギー量として、現状の16×10^6 kcalを14×10^6 kcal程度とすることができ、現在の最新の石炭からのアンモニア製造装置が11×10^6 kcal／tNH_3のエネルギーを必要とする事を考えれば、かなりの成果と言えるであろう。変動費に関するアンモニア製造原価の低減は、4,000～4,500円／tNH_3であり、これにより投下資金は、3.6～5.8年で回収する事ができる。

又経済評価は組合せ三つについて行ってあるが、これ等の間ではⅡ案＞Ⅰ案＞Ⅲ案の順となっている。従って投下資金が少くエネルギー節約では大差が無いⅡ案の採用をすすめる。Ⅱ案とは既存の水洗式脱炭酸ガス工程をそのまま残す案であって、投下資金は3.6年で回収出来、例え工場大改造の実現が時期的に早くなったとしても、この投資が無駄になる可能性は少い。

これ等の提案は、既存装置を極力利用して、所要資金をあまり大きくしないという条件下で選ばれたものである。従って、工場の大部分が建て直しとなるような大改造は除外されている。しかし化肥工場は建設されてから50年以上たって居り、常識的には建て直しの時期にきている。従って機械装置が老朽化していて、保全費もかなりの額になっている。又、特に老朽化したものは順次入れ替えて行かねばならないであろう。今回の提案は、改造を極力少くする為に、ガス発生工程は全く手をつけない事にしてある。今後数年から10年程度は運転は続けられるであろうが、コークス炉は特に老朽化が激しく、運転が続けられないような状態になる事も考えら

れ、そうなってからでは手遅れとなる。ガス発生工程を含めた大改造の検討を進めておく事が必要であろう。

又今回の改造は、全アンモニア製造工程中、1系列しか無い工程は設けないという大原則で計画され、それが為に経済的に不利となった所もある。最近のアンモニア装置はすべて1系列であって、ほとんど事故は無くなっているのが実状であるから、他工場への原料供給の義務に支障を来さないようにという理由からであるならば、それに対する対策例えば貯槽等を考える事として、今後の計画は1系列という考え方をとるべきであろう。

工場管理関係については、大連化工公司は組織としてはほぼ整っていると言える。しかし問題点はその組織を運営して行く上で、従業員各人が、自分等の組織として運営しようとして行こうという意識を持っているかどうかという点である。各人の持場を守っていればよいという意識が根底にあるように見受けられるが、従業員全員が経営に参加するのだという意識を持つような雰囲気を作り出す事が、必要である。その為に、配置転換、責任範囲の拡大、小集団による研究検討活動、提案制度の活性化等の方法を適用し、全員の意識を向上させる事が必要である。