

国際協力事業団
中華人民共和国
国家経済貿易委員会

No. 18

中華人民共和国
工場（雲南磷鉍山溶成磷肥）近代化計画調査
報告書

1998年8月

JICA LIBRARY



J 1145056(6)

ユニコ インターナショナル株式会社

鉍調工

CR(5)

98-132



1145056 (6)

国際協力事業団

中華人民共和国

国家経済貿易委員会

中華人民共和国

工場（雲南磷鉍山溶成磷肥）近代化計画調査

報 告 書

1998年8月

ユニコ インターナショナル株式会社

序文

日本国政府は、中華人民共和国の要請に基づき、同国の工場近代化計画調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施しました。

当事業団は、1997年12月から1998年7月までの間、3回にわたりユニコインターナショナル株式会社の今井達夫氏を団長とし、ユニコインターナショナル株式会社の団員から構成される調査団を現地に派遣しました。

調査団は、中華人民共和国政府関係者と協議を行うとともに、現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、同国の工場近代化計画の策定に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心から感謝申し上げます。

1998年8月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎

藤田公郎

1998年8月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎 殿

伝 達 状

中華人民共和国工場（昆明磷鉍山溶成磷肥）近代化計画に関する調査報告書を提出申し上げます。本報告書は溶成磷酸肥料工場に関する生産工程・生産管理・財務管理の改善・近代化計画を提案したものであります。とりわけ新製品開発を中心とした本工場の増強及びそれに伴って必要となる本工場の各面に渡る改革の方向について重点を置いております。

本工場は単一の製品である溶成磷肥を生産販売しています。生産量は設計値を上回っていますし、十分とは言えなくとも利益を上げており、現状では優良な工場といえます。しかし現在本工場は、中国の市場主義経済によってもたらされた激烈な競争にさらされており、今後生き残って行くためには現状のままでは不十分で、新製品の開発を中心とした売上高及び利益の増大が必要であります。

本報告書ではこの点に配慮しいくつかの新製品を提案し、新工場の概念設計、今後発生するであろう問題に対処するための技術・管理・財務各面での改善の方向及び理論を提示いたしております。

特に煙草肥料に関する提案が成功すれば、中国における煙草生産に大きな影響を与えるものと考えております。

本調査の実施にあたり貴重なご指導、ご支援を賜りました貴事業団、外務省、通産省、駐中国日本大使館の関係各位に、心より感謝の意を表します。また中華人民共和国の国家・雲南省の関係者各位及び現地調査において調査にご協力くださった昆陽磷鉍山及び溶成磷肥工場各位に感謝いたします。

国際協力事業団

中華人民共和国（雲南磷鉍山溶成磷肥）

近代化計画調査団 団長

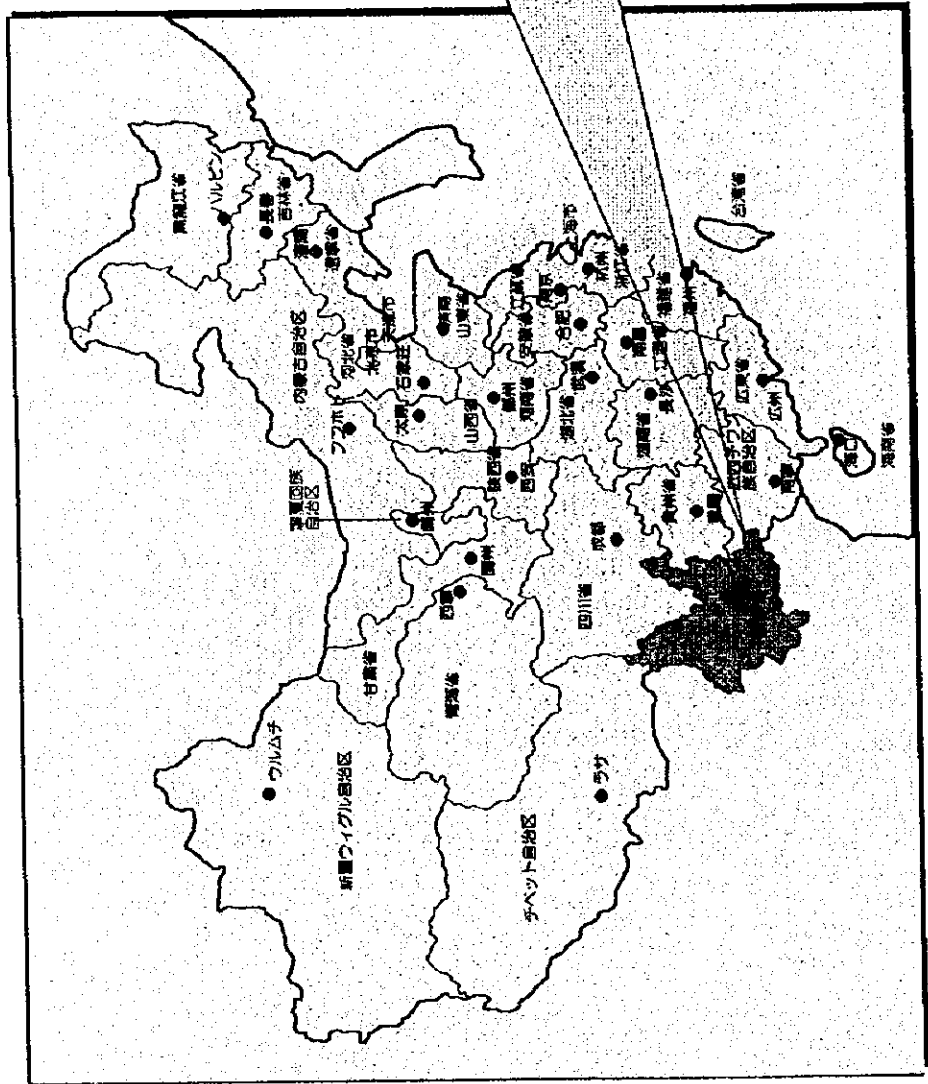
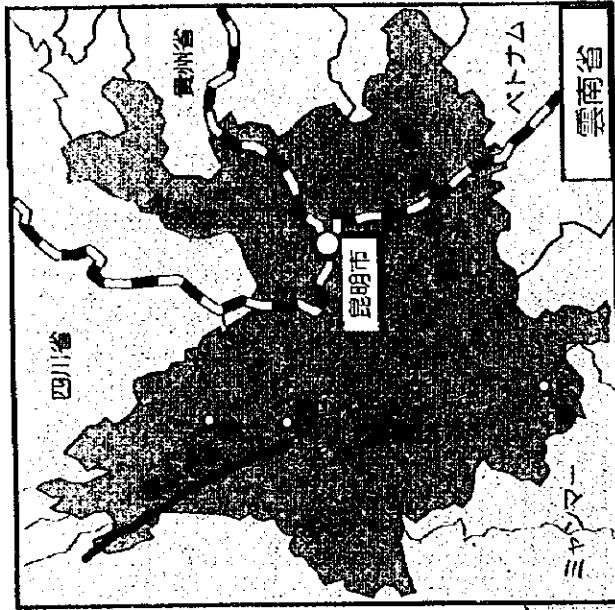
ユニコ インターナショナル株式会社

今 井 達 夫



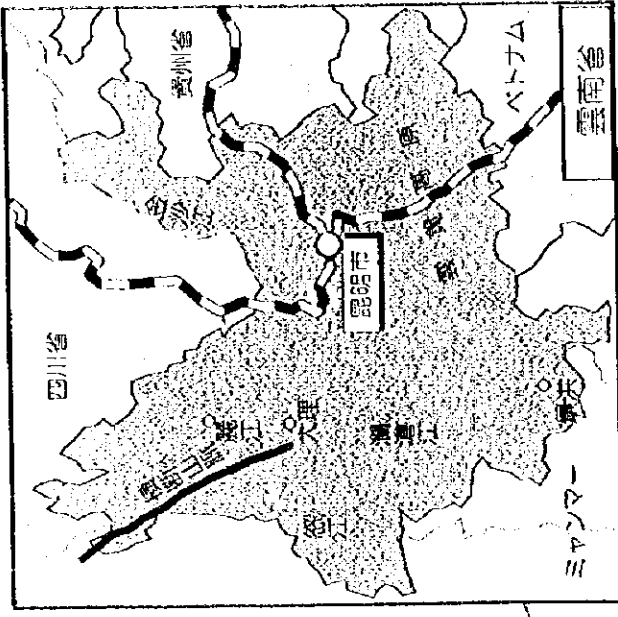
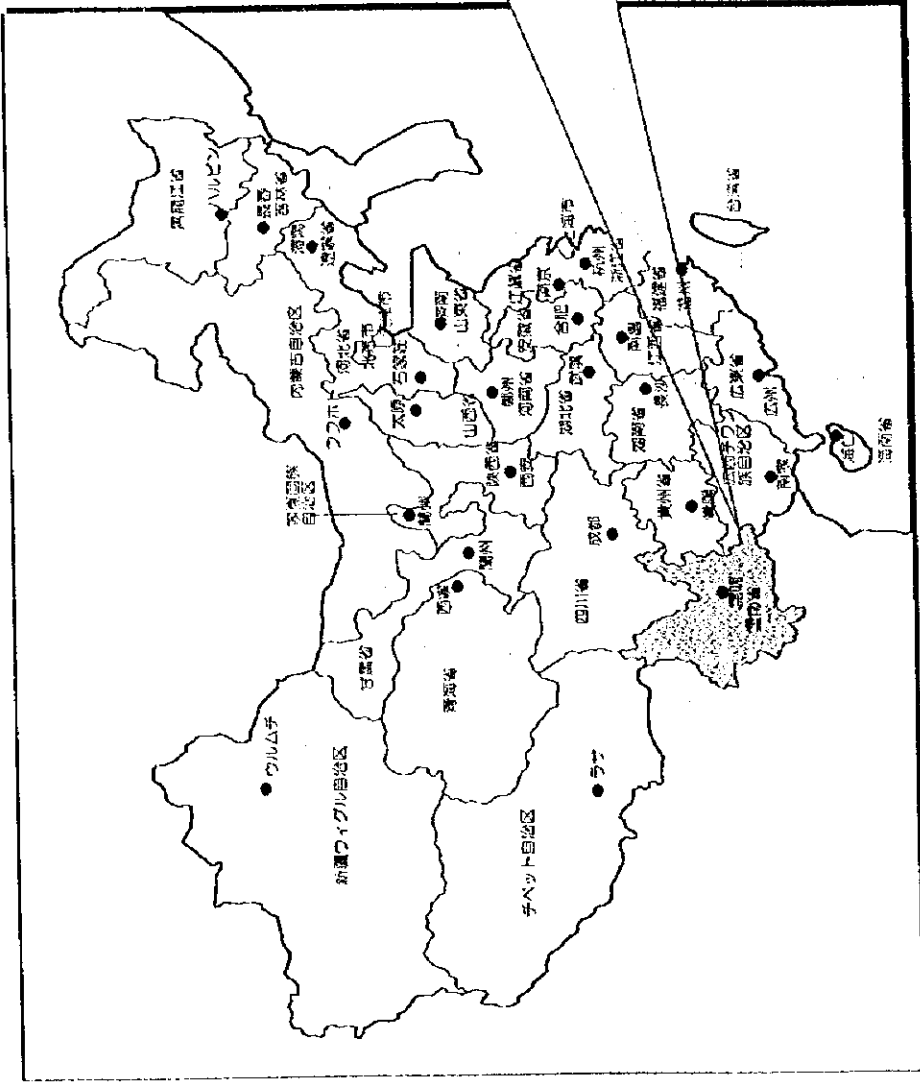
調査地区案内図

(雲南省・昆明市)



調査地区案内図

(雲南省・昆明市)



目次

	頁
第一部 要約	
Ⅰ 調査の概要	1
1. 調査の背景及び経緯	1
2. 調査の目的	1
3. 調査対象	2
4. 調査の対象範囲	2
5. 調査団の構成と日程	4
Ⅱ 工場の概要	5
1. 晋寧県の概要	5
2. 工場の概要	5
Ⅲ 生産工程に関する調査	8
Ⅳ 生産管理に関する調査	10
Ⅴ 財務システムの調査	12
1. 財務管理の現状と問題点	12
2. 財務管理及び製造原価制度の近代化	14
Ⅵ 近代化計画	15
1. 近代化計画について	15
2. 各新製品等についての提案及び説明	16
3. 近代化計画の留意点	19

目 次

	頁
第二部 本文	
第1章 工場の概要.....	1-1
1.1 雲南省及び晋寧県の概要.....	1-1
1.1.1 雲南省の概況.....	1-1
1.1.2 晋寧県の概要.....	1-2
1.2 工場の概要.....	1-4
1.2.1 基本的事項.....	1-4
1.2.2 組織及び人員.....	1-5
1.2.3 製品及び生産能力.....	1-5
1.2.4 生産額.....	1-6
1.2.5 原材料.....	1-6
1.2.6 販売.....	1-6
1.2.7 雲南省溶成磷肥業界に於ける本工場の地位.....	1-8
1.3 製造設備及び工場配置.....	1-9
第2章 生産工程.....	2-1
2.1 溶成磷肥.....	2-1
2.1.1 磷酸肥料.....	2-1
2.1.2 溶成磷肥.....	2-1
2.2 溶成磷肥の製造工程.....	2-3
2.2.1 概要.....	2-3
2.2.2 本工場の生産工程.....	2-6
2.3 製造工程の技術的問題1－高炉工程.....	2-15
2.3.1 溶成磷肥原料のモル比と加熱・溶融の関係について.....	2-15
2.3.2 水砕技術と拘溶率との関係.....	2-16
2.3.3 溶成磷肥の原料配合（中国側の原料より考察しての1例）.....	2-17
2.4 製造工程の技術的問題2－乾燥装置の能力概算.....	2-20
2.5 製造工程の技術的問題3－粉砕機の能力概算.....	2-23
2.6 製造工程の技術的問題－除塵装置.....	2-27
2.7 高炉操業におけるトラブル対策.....	2-33

目 次

	頁
2.8 高炉耐火煉瓦浸食に関する事	2-41
2.9 高炉の熱精算 (Heat Balance of Cupola)	2-43
第3章 生産管理	3-1
3.1 溶成燐肥工場における生産管理の特異性	3-1
3.1.1 生産管理の前提	3-1
3.2 品質管理	3-4
3.2.1 品質管理の概念	3-4
3.2.2 品質管理の手順と手法	3-5
3.2.3 品質の変動について	3-7
3.2.4 統計的品質管理	3-8
3.2.5 本工場の品質管理上の課題	3-11
3.3 設備管理	3-13
3.3.1 設備管理の目的	3-13
3.3.2 設備保全の意義	3-13
3.3.3 保全の内容	3-14
3.3.4 検査の方法	3-15
3.3.5 修理ならびに改善	3-16
3.3.6 検査と修理の記録	3-16
3.3.7 本工場の課題	3-17
3.4 量産管理	3-19
3.4.1 量産方式の直接的効益	3-19
3.4.2 量産方式の間接的効益	3-20
3.4.3 量産管理と標準化	3-21
3.5 工程管理	3-25
3.5.1 工程計画	3-25
3.5.2 日程計画	3-26
3.5.3 作業配分	3-27
3.5.4 進捗統制	3-27

目 次

	頁
3.6 資材の調達、在庫管理.....	3-29
3.6.1 原材料の意義.....	3-29
3.6.2 材料購買調達.....	3-29
3.6.3 材料倉庫.....	3-30
3.6.4 材料検収.....	3-30
3.6.5 材料保管.....	3-31
3.6.6 材料庫出.....	3-31
3.7 熱管理.....	3-33
3.7.1 燃料（高炉用コークス）管理.....	3-33
3.7.2 燃焼管理.....	3-34
3.7.3 熱利用管理.....	3-34
3.8 環境対策.....	3-36
3.8.1 産業から発生する汚染源（工場外）.....	3-36
3.8.2 作業場内での汚染源.....	3-37
3.9 安全対策（管理）.....	3-38
3.9.1 工場災害.....	3-38
3.9.2 労働災害.....	3-39
3.10 教育訓練.....	3-41
3.10.1 会議式訓練法.....	3-42
3.10.2 実演式訓練法.....	3-42
3.10.3 技能者養成教育.....	3-43
3.10.4 管理者及び技術者の教育.....	3-43
3.11 終わりに生産管理の重要性.....	3-44
3.11.1 生産管理の意義.....	3-44
3.11.2 生産管理の重要性.....	3-45
3.11.3 本工場の課題.....	3-45

目 次

	頁
第4章 財務管理.....	4-1
4.1 財務管理の目的.....	4-1
4.1.1 財務管理の近代化、健全化の必要性.....	4-1
4.1.2 中国と日本の会計制度比較.....	4-2
4.2 財務管理の現状と問題点.....	4-4
4.2.1 過去の財務諸表の分析（添付表参照）.....	4-4
4.2.2 会計監査と税務調査の状況.....	4-13
4.2.3 財務組織の状況.....	4-13
4.2.4 在庫管理.....	4-13
4.2.5 債権管理.....	4-14
4.2.6 資金計画と予算実績分析.....	4-14
4.2.7 固定資産管理.....	4-15
4.3 財務管理上の問題点.....	4-16
4.3.1 過去の財務諸表分析による指摘事項.....	4-16
4.3.2 売上債権管理の問題点.....	4-16
4.3.3 固定資産管理の問題点.....	4-17
4.3.4 在庫管理の問題点.....	4-18
4.3.5 資金計画と予算実績分析の問題点.....	4-19
4.4 製造原価分析の現状と問題点.....	4-21
4.4.1 製造原価分析の現状（添付表参照）.....	4-21
4.4.2 製造原価の問題点.....	4-22
4.5 財務管理の近代化計画.....	4-26
4.5.1 財務の近代化.....	4-26
4.5.2 売上債権管理.....	4-26
4.5.3 固定資産の管理.....	4-28
4.5.4 在庫の管理.....	4-28
4.5.5 資金計画と予算実績分析.....	4-29
4.5.6 その他.....	4-32
4.6 製造原価の近代化計画.....	4-34
4.6.1 標準原価計算の採用.....	4-34
4.6.2 作業時間データの集計業務.....	4-37

目 次

	頁
第5章 近代化計画.....	5-1
5.1 近代化計画について.....	5-1
5.1.1 近代化計画の基本的考え方.....	5-1
5.1.2 近代化計画の内容.....	5-2
5.2 微量要素入り BM 溶成燐肥.....	5-3
5.2.1 製造.....	5-4
5.2.2 製造配分設計.....	5-4
5.2.3 溶成燐肥に及ぼす Mn、Boron と K ₂ O の影響.....	5-5
5.2.4 特性.....	5-6
5.3 腐植燐.....	5-8
5.3.1 製造方法の概略.....	5-8
5.3.2 成分.....	5-8
5.3.3 特性.....	5-9
5.3.4 施用方法.....	5-9
5.4 腐植酸（ニトロフミン酸）及び腐植酸マグネシウム <small>（Mg）</small> の製造.....	5-11
5.4.1 ニトロフミン酸について.....	5-11
5.4.2 製造法.....	5-12
5.4.3 腐植酸苦土肥料.....	5-14
5.4.4 土壤腐植の化学的分類法（腐植酸カリについて）.....	5-15
5.5 煙草産業会社向け腐植入り肥料について.....	5-17
5.5.1 日本における煙草栽培の現状.....	5-18
5.5.2 肥料の吸収.....	5-19
5.5.3 カリ欠乏の徴候と対策.....	5-19
5.5.4 煙草の品質、用途.....	5-20
5.5.5 元肥（基肥）腐植質燐肥と煙草栽培肥料について.....	5-21
5.6 煙草栽培について.....	5-23
5.6.1 煙草栽培の品質改善に関する考察.....	5-23
5.6.2 タバコの施肥の理論.....	5-27
5.6.3 腐植酸質資材について.....	5-35
5.7 飼料用燐化合物.....	5-39
5.7.1 飼料用燐化合物の製造法と性質の概要.....	5-40
5.7.2 燐酸二石灰 通称 DCP（Calcium phosphate di basic）の製造.....	5-42
5.7.3 脱弗燐酸三石灰（Defluorinated tri Calcium phosphate）TCP.....	5-46

目 次

	頁
5.8 腐植りん又は類似肥料の造粒技術と設計基礎.....	5-51
5.8.1 造粒の方法.....	5-51
5.8.2 造粒に関係のある諸因子.....	5-52
5.8.3 製品の乾燥.....	5-59
5.9 腐植磷製造の実際（20,000T/Yの造粒工場の概念設計）.....	5-63
5.9.1 プロセスの詳細.....	5-63
5.9.2 設備建設費用の推定.....	5-64
5.9.3 経済性計算.....	5-64
5.10 近代化計画の留意点.....	5-66

表 目 次

	頁
第 1 章 工場の概要	
表 1-1 工場在籍従業員詳細.....	1-11
1-2 生産設備.....	1-12
第 4 章 財務管理	
表 4-1 比較貸借対照表（借方）.....	4-6
4-2 比較貸借対照表（貸方）.....	4-7
4-3 比較損益計算書.....	4-8
4-4 財務分析結果.....	4-9
4-5 製造原価推移.....	4-24
4-6 製造原価比較表.....	4-25
第 5 章 近代化計画	
表 5-1 設備建設費用【腐植酸入り溶成磷肥、粒状化工場建設】.....	5-68
5-2 新造粒工場経済計算前提.....	5-70
5-3 複合肥料造粒工場建設計画－各計算結果－.....	5-72
5-4 IRR 計算条件.....	5-73
5-5 溶成磷肥工場の近代化.....	5-74
5-6 溶成磷肥工場新製品開発工程.....	5-77

目 次

頁

要約

図 1	昆陽磷鉍平面図.....	-21-
2	造粒工場のプロセスフロー.....	-22-

第1章 工場の概要

図 1-1	昆陽溶成磷肥工場組織図.....	1-16
1-2	溶成磷肥高炉工程 Flow Sheet.....	1-17
1-3	溶成磷肥乾燥粉碎包装工程 Flow Sheet.....	1-18
1-4	工場配置図.....	1-19

第3章 生産管理

図 3-1	標準化が関連して行く事項図.....	3-23
-------	--------------------	------

第5章 近代化計画

図 5-1	栄養吸収状況の経過.....	5-27
5-2	粉の給鉍及び散水位置.....	5-57
5-3	装置各部の概略仕様.....	5-79
5-4	腐植磷造粒工場配置図.....	5-81

第一部 要約

I 調査の概要

1. 調査の背景及び経緯

中華人民共和国は、1979年以來「調整・改革・整頓・向上」の方針のもとに、新しい社会主義経済体制の下での経済開発のため、工業の活性化に取り組んで来た。

一方、「社会主義市場経済」が進展する中で、郷鎮企業、外資を導入した民間企業等の非国有部門の生産が伸長し、国有企業は生産額で、1985年の65%から1995年には31%までに、その比率を著しく低下させている。このため、1996年の全国人民代表大会の第9次5ヶ年計画と2010年長期目標要綱の中でも、国有企業改革を経済体制改革の中心とする旨述べられている。

以上の様な工業分野の経済改革の進展に伴い、同国政府は、投資効果の高い既存工場の近代化を図ることを目指し、わが国に対して国有企業の近代化について協力を継続して要請してきた。これを受けて「事業団」は1981年度から1996年度にかけて104の既存工場の近代化計画調査に協力してきた。

本調査は、昨年度中国政府から要請のあった昆陽磷鉍山溶成磷肥工場の近代化計画に関し、国際協力事業団が中華人民共和国国家経済貿易委員会との間で1997年9月20日に締結した、「中華人民共和国工場（雲南磷化学工業集团公司昆陽磷鉍山溶成磷肥工場）近代化計画調査実施細目」に基づき実施したものである。

2. 調査の目的

本調査は昆陽磷鉍山溶成磷肥工場に対し、工場診断を実施しその結果に基づいて既存設備の有効利用に配慮した生産工程技術および生産管理の向上、改善に関する近代化計画を提案することが目的である。

また本調査の期間中、調査に参画した中国側関係者に対し、現地調査業務を通じ、工場近代化に関する技術の転移を行った。

3. 調査対象

本調査の対象は下記の通りである。

対象工場 : 雲南磷化学工業集团公司 昆陽磷鉍山 溶成磷肥工場
(但し高炉を使用した生産工程は対象外とする)

対象製品 : 溶成磷酸肥料

以下対象工場を溶成磷肥工場、又は本工場と記す。

4. 調査の対象範囲

調査の対象範囲は下記の通りである。

(1) 雲南省昆明市晋寧県の概要

(2) 工場の概要

- 1) 基本的事項
- 2) 製品及び生産能力
- 3) 生産額
- 4) 工場配置
- 5) 製造設備
- 6) 組織及び人員
- 7) 原材料
- 8) 販売

(3) 生産工程に関する調査

- 1) 高炉工程
- 2) 乾燥工程
- 3) 粉碎工程
- 4) 集塵装置

(4) 生産管理に関する調査

- 1) 品質管理
- 2) 設備管理
- 3) 量産管理
- 4) 工程管理
- 5) 資材、調達・在庫管理
- 6) 熱管理
- 7) 環境対策
- 8) 安全対策
- 9) 教育訓練

(5) 財務管理に関する調査

- 1) 財務管理の現状と問題点
- 2) 製造原価分析の現状と問題点
- 3) 財務管理の近代化計画
- 4) 製造原価管理の近代化計画

(6) 工場近代化計画に関する調査

近代化計画として下記の如く、燐鉱石資源を有する利点を活用した高付加価値燐酸塩製品の生産を重点に調査した。

- 1) 微量成分を加えた溶成燐酸肥料の開発
- 2) 溶成燐肥と腐植酸の複合肥料（腐植燐）の開発
- 3) 溶成燐肥を使用した新しい煙草用複合肥料の開発
- 4) 飼料用カルシューム製品製造技術確立のための技術的助言
- 5) 複合肥料用の造粒技術の提供及び造粒工場（年産 20,000 トン）の概念設計

5. 調査団の構成と日程

調査団の第1次現地調査は1997年12月1日より12月20日にかけて、第2次現地調査は1998年2月22日より3月24日にかけて、第3次現地調査は1998年7月6日より7月17日にかけて実施した。調査団の構成は下記の通りである。(なお団員長瀬庄三は第2次現地調査にのみ参加した)

氏名	所属	担当	業務内容
今井 達夫 (Imai Tatsuo)	エコ インターナショナル	団長・総括	<ul style="list-style-type: none"> 調査団の総括 工場概要、生産工程、生産管理、及び工場近代化計画の調査 工場近代化計画のまとめ
河端 勝美 (Kawahata Katsumi)	朝日工業	生産工程・生産管理	<ul style="list-style-type: none"> 生産工程、生産管理、高炉工程の調査 工場近代化計画の立案と作成 新造粒工場の設計
山村 正二郎 (Yamamura Shojiro)	監査法人トーマツ	財務管理	<ul style="list-style-type: none"> 財務・会計管理 工場近代化計画の作成
長瀬 庄三 (Nagase Shozo)	朝日工業	積算	<ul style="list-style-type: none"> 工場近代化計画の作成 新造粒工場の設計(機器仕様、フローシート、配置図等の作成) 生産工程の調査
石山 優 (Ishiyama Yu)	セイゾン科学	通訳・翻訳	<ul style="list-style-type: none"> 通訳及び報告書、収集資料の翻訳

II 工場の概要

1. 晋寧県の概要

本工場の所在地は雲南省昆明市晋寧県古城鎮。晋寧県は雲南省の省都である昆明市中心部より約 70km、滇池西南岸に位置した街で人口は約 25 万人である。雲南磷化学工業集団公司の本拠地となっており、集団公司に属する昆陽磷鉍山、昆陽磷肥工場の他、国有工場として雲南タイヤ工場、昆明化肥工場が在る。

標高約 1,900m の高原であるが、緯度が低いため 1 年を通じ温暖な気候である。

2. 工場の概要

(1) 基本的事項

1) 概要

本工場は中国随一の磷鉍山を持ち、近辺の多くの磷関係企業を集合した雲南磷化学工業集団公司の中心となっている昆陽磷鉍山の子会社である。

設計能力 50,000T/Y の高炉法による溶成磷酸肥料生産設備を保有している。

2) 主要管理部門

中央部 : 化学工業部

省 : 雲南省石油化学工業庁

3) 資本関係

雲南磷化学工業集団公司の一部である昆陽磷鉍山の 100% 出資子会社

4) 工場敷地及び建物

敷地面積 58.25 千平方メートル

建築面積 4.52 千平方メートル

5) 雲南省溶成磷肥業界に於ける本工場の地位

雲南省には現在 14 の溶磷工場がある。本工場はそのうち第 9 位の生産能力を有している。本工場の特徴は

- ・ 磷鉱山に隣接して建設されているおり、極めて安い単価で磷鉱石を入手できるため製造コストが安い。
- ・ 低品位磷鉱石を使用して磷成分の高い肥料を生産する技術を保有している。事から比較的強い競争力を持っていることである。

(2) 製品及び生産能力

製品 : 有効成分 18%以上の粉状溶成磷酸肥料

生産能力 : 設計能力 約 5 万トン/年

(3) 生産額

生産高 : 5 万トン強/年

売上高 : 約 15 百萬元

(4) 製造設備

原材料のうち磷鉱石、珪石、白雲石は本工場近辺で採取され、蛇紋岩、コークスは遠隔地より運搬される。これらの原料は高炉塔頂より供給され、内部にて反応し生成された溶成磷肥が下部より取出され、水で急冷され半製品となる。水分離後、乾燥、粉碎、包装して製品とする。

(5) 工場配置

工場は磷鉱山第 1 鉱区近辺に位置している。尚事務所は、多少離れて街近くに置かれている。(図-1 参照)

(6) 組織及び人員

人員 : 在籍従業員数 255 名

(7) 原材料

磷鉍石、白雲石及び珪石は工場近辺より、蛇紋岩及びコークスは遠方より購入、トラックにより運搬している。

(8) 販売

基本的に各地の農業資材会社を通じて農家に販売している。但し比較的後発のため販売先は雲南省外、それも陝西省、河南省といった中国中部以北の省が60%以上を占めており、農家への最終販売価格が輸送費の変動の影響を受けやすい状況となっている。

中国に於ける肥料販売の規制が緩和され、農業資材会社経由でなく、生産者が直接農家に販売する事が可能となった。但し本工場がこの販売方法を採用するためには製品在庫の保持、流通経路の確立等財務的内容も含まれた問題点の解決が必要である。

III 生産工程に関する調査

溶成磷肥は本来は磷鉱石に添加剤を加えて溶融処理して製造する肥料塩の総称である。一般にはこのうち溶成苦土磷肥を溶成磷肥または溶磷と呼ぶ。

溶成磷肥は磷鉱石に蛇紋岩等を加え、1,300～1,400℃で加熱溶融し水流にて急冷し乾燥、粉砕して製品とする。加熱方法に電気エネルギーを使用した電炉法、重油の燃焼熱を使用した平炉法、コークスの燃焼熱を利用する高炉法がある。日本に於いては高炉法も研究されたが、耐熱煉瓦が浸食される問題が克服できず工業化されていない。中国ではこの問題が完全に克服されたわけではないが、他のエネルギーに比べコークスが廉価なため、高炉法による生産が一般的である。

本工場では雲南省の他の溶磷工場と同様の、日本に於いては経験のない、高炉による生産工程を採用している。このため高炉工程は今回の調査団の調査対象外となっているが、本工程の理解無くしては設備全体の把握が不可能なため調査を行い、可能な限り技術的助言を行った。

どのような工場でも、連続して目標値を上回る生産を行い、激しい競争下で利益を計上するためには多大の努力を必要とする。本工場はこの2年間設計能力並または以上の量の製品を生産し、未だ問題含みではあるが利益を計上しており、この点は高く評価されるべきであろう。

しかし詳細に見ると本工場にはまだ多くの問題が残っている。

- ・ 各工程のデータ採取及び解析を行いそれを基礎に設備を改良して増産を図り収益を増す
- ・ 例えば原料、半製品の貯蔵、装入等各部運転状況に細かい注意を払い無駄をなくし運転条件を改善する
- ・ 品質・設備管理を中心とした工場管理を運転現場が先頭に立って進める
- ・ 絶え間ない教育により全員の意識、技術、技能を高める
- ・ その他

により工場の生産体制の改善を行い、来るべき競争に備え次の発展を図らなければならない。

本報告書では、将来の発展に向けて工場の増産、改造、新設等を行う時、担当者が各工程を理論的に理解することが必要であるため、これを助けるべく、技術的な助言、解説を行っている。中国側がこれらを生かし効果的な改善を進めることを希望する。

調査団としては、中国側が早急に取りかかることが望ましいと考えられる項目として、下記の3点を挙げる。

- a) エネルギー源であるコークスのコストが製造コストの1/3近い割合を占めている。省エネルギー対策及び購入単価の低減が課題。
- b) 本工場は設計能力以上の生産を行っており、溶燐工場の現状としては問題ないと考えられるが、他の化学プロセスの連続運転工場に比較して見ると操業日数が少ないことが分る。高炉の問題点の改善、年1回の大修理の工事期間の短縮等により、操業の安定、操業率の向上を果し利益の増大を図りたい。
- c) 設備各機器の運転状況、最大能力及び全体設備生産能力に対する余裕等を明確にし、増産、改造等に際しては的確な理論的方向性の下に進めることが望ましい。これらについては物質収支、熱収支を初めとした基礎的な設備及び操業解析データを平常より揃えて行く事が必要となる。

IV 生産管理に関する調査

本工場は一工場単一製品体制であり、精密な手続きを要求する管理方式は必ずしも効率的とはいえない。現実にも工場長、副工場長を中心とした極少数の幹部により運営されており、この状況で設計能力を超える生産を継続している事は高く評価されるべきである。

但し将来の設備増設、新製品工場建設等を考えると現在の管理方式では限界があり、早急に再構築に取掛かる事が望まれる。

生産工場で先ず第1に考慮すべき問題は品質管理と設備管理である。何れも専門担当者の特別の業務でなく、工場全員特に設備運転者が自らの仕事として取り組まなければならない。その意識改革の第一歩も兼ねて、

- ・ 品質管理では源流管理の考えを理解させることも目的として高炉への原料装入方法の見直し
- ・ 設備管理では設備愛護の精神徹底を目的として工場の清掃を提案した。

この他本報告書では各管理方法の要点を述べ、工場管理の再構築の方向を示唆した。その重要性を認識し一步一步進めていくよう望まれる。

工場管理を効果的に行うためには、各管理手法とは別に基礎的な幾つかの点に注意を払う必要がある。ここに4点を記載するのでこれらの点に配慮して進める事が望ましい。

(1) 人材育成

工場及び製品数が増加すると管理業務も増加し、少数の幹部では処理の限界を超えるため各下部組織の長に権限の委譲を行う必要がある。しかし権限を委譲される下部組織の長が十分な能力と経験を保持していなければならず、今から計画的に育成の必要がある。工場は直ちに育成計画を作成し、人材育成を始めた。

(2) 標準化

組織が大きくなり分化すると、各部分がどのような業務をどのように処理するかが明確にされ、それが組織全体に理解されていなければならない。このために各組織の業務規定、基準等の設定が必要である。これは現状業務の標準化から開始しなければならない。

(3) 専門家の活用

工場発展には、工場内のみでなく、広く外部の知識、経験を取り入れて行かなければならない。例えば、工場及び製品数が増加しそれらが相互に関連した生産を行う様になると、一部で起きた生産の異常の影響範囲が広がり全体の操業度が下がる方向に行く。これを防止するためには各管理水準を高める事が必須と成る。

新製品開発も含め、広く外部の経験、知識を取り入れるために、極力専門家を活用し理論的理解を深め、問題を事前に改善する姿勢が必要である。

(4) 管理改善の進め方

どの工場に於いても、幾つかの管理手法の改善を同時に進めて一般従業員を混乱させることは避けるべきである。最も重要な改善について比較的単純な行動を通して徐々に意識改革を図ることが好ましい。

V 財務システムの調査

1. 財務管理の現状と問題点

溶燐工場より入手した過去 4 年の財務諸表その他をもとに現状分析と問題点の指摘を行った。

(1) 現状と問題点

1) 財務管理業務

財務管理業務は中国の会計管理制度に基づいて行われているが、工場の技術的、手続的な問題点もあり、細部についての厳密さに関しては尚改善の余地が大きい。但し現状の一工場一製品体制のままに継続されるとするならば、現在の業務方式で大きな問題が出るとは考えられない。

2) 全般状況の推移

1995 年度より売上高が伸張するなど経営が上向いて来ている。この結果 1996 年度より各財務指標が好転し利潤を計上できるようになった。しかし製造原価の低下にもかかわらず売上原価率が上昇している、利潤の増加は税金の払い戻しによるものが大きい等、経営的に安心できる状況にはまだ財務的に改善されるべき課題は多い。

3) 債権管理

中国の「商習慣」の影響が多きいと思われるが、売上債権が大きく滞留化している。現在の回収状況は売上高の 90%と上昇しているがなお 10%の未回収を残しており、また現財務担当者が着任した 1996 年度以前については詳細が確認されておらず、回収可能性の低い売上債権がかなりの金額に達していることが疑われる。

債権の年齢表の作成、販売先に対する与信管理の導入、貸倒引当金の設定等を検討する必要がある。

4) 資金計画と予算実績分析

企業の意志決定、現状分析の基本的手法でありながら、工場独自の資金計画、予算実績分析は行っていない。計画経済から市場経済への移行過程に於ける整備遅れと考えられるが早期の解消が望まれる。

(2) 製造原価分析の現状と問題点

1) 製造原価の内容

財務管理の項でも指摘したが、1996年度以前については製造原価明細書の作成の有無は不明である。

現在の製造原価の特徴は原材料費の比率が高いことが指摘される。これはコークスの購入価格が高いことによる。

また製造費用（製造間接費）の構成を見ると、減価償却費が40～50%と相対的に高い比率を占め、新規投資を考慮すると償却費負担の増加を注意する必要がある。

2) 原価計算方法

現行の計算方法は工程別実際原価計算である。原材料費の評価、半製品数量の把握等の問題はあるが大きな問題点はなく運営されている。しかしながら下記の点に注意することが必要であろう。

a) 昆陽鉱山側の事務処理の迅速化

すでに建設が終了して使用されており原価が生じているにもかかわらず、鉱山から工事精算書が得られていないため、償却が行われていない資産がある。また実地棚卸結果として減耗損が発生したが、鉱山側の承認遅れのため決算に反映できなかった等の問題が指摘される。

手続の迅速化が必要である。

b) 予定原価制度の導入と原価分析

原価計算結果を経営に反映させるための原価管理制度が未整備である。従って経理側から経営上の問題点を早期に指摘できない。

2. 財務管理及び製造原価制度の近代化

前述の如く現在の財務管理方式で大きな問題が発生するとは考えられない。しかし本工場がさらなる発展をするためには、本報告書で指摘した各問題点を克服し強固な財務的基盤を構築する必要がある。

本報告書ではこれら問題解決の方法、目標等について記述している。これを参考に本工場が確実に進歩していくことを望みたい。

VI 近代化計画

1. 近代化計画について

(1) 近代化計画作成の基本的考え方

1) 本調査の位置付け

本調査の初期の前提は既存溶成燐肥工場の活用であったが、本工場は現在設計能力以上を生産している事、主要生産工程である高炉工程について調査団には知見が無い事、すでに年産5万トンから12万トンへの増設計画が完成している事から、既存工場の部分的改造等の効果的活用の検討は難しく、また工場側の強い希望もあって新製品生産及び新工場建設に対する技術指導に大部分の時間を割いた。

本調査は「中華人民共和国工場（雲南燐化学工業集团公司昆陽燐鉍山溶成燐肥工場）近代化計画調査実施細目」を踏まえて近代化計画を作成し、本工場の近代化に技術協力するものである。本工場及び昆陽燐鉍山が推進している財務体質改善を含む経営改善に大きな役割を果たすものと位置付けられる。

2) 基本的な考え方

現在の溶成燐肥工場は幾つかの問題点を持っているとは言え、前述の如く既存設備を活用しての近代化計画は行えなかった。

従って近代化計画の主要検討項目は本工場が豊富な燐鉍山を背景にしている利点を生かして付加価値の高い燐酸塩製品の開発に絞った検討を行った。

(2) 近代化計画の内容

1) 生産能力の増強

本工場の生産能力は現在5万トン／年で雲南省内の溶燐工場中第9位である。この生産能力を12万トン／年に増強するべく計画中であった。中国に於ける溶燐業界の競争は厳しく競争力の弱い企業は淘汰されつつある。雲南省はその中では豊富な原料燐鉍石を武器に優位に立っているが、雲南省内部においても

激しい競争が行われて淘汰が進行中であり、幾つかの工場が閉鎖されている。今後市場主義の浸透、工場からの直接販売の自由化等はこの競争をさらに激化させ、人件費等の上昇と相まって更なる生産性の上昇を図らざるを得ず、これへの対応が各工場の集約の形で現れる可能性が高い。本工場はその立地及び技術上の点から現状では比較的強い競争力を持っている。しかし激しさを増す市場経済の競争の中で将来生き残って行くためには充分とは言えず、溶成磷肥生産設備の2系列化、新製品の開発による収益力の増強が必至の目標となると考える。本工場は磷鉱山に隣接し且つ低品位鉱使用可能と言う優位性を持ち、それが又磷資源の有効利用と言う役割を果たしており、淘汰の波に飲み込まれない様努力すべき対象と考えられる。溶成磷肥新工場建設計画実施が決定したとのことであるが、今後来ると予想される工場の集約、大型化の中心として発展することを希望する。

しかしながら設備増設によって価格競争に巻き込まれる可能性を避けるため、新製品等の差別化戦略の進行状況を配慮しつつ、市場の需給関係に基づいた適切な建設時期決定を行う必要がある。

2) 新製品の開発

当初調査団より本工場の製品である溶成磷肥を使用した新肥料 3 種類の開発を提案、工場側より良質な磷鉱石を活用した飼料用カルシウムについての技術情報の提供を求められた。

調査団より提案した溶成磷肥と石灰窒素の複合肥料は、石灰窒素の入手の困難さ及び弱いながら保有される毒性の問題から検討を中止した。

3) 新造粒工場の概念設計

調査団より腐植磷を想定した年産 20,000T/Y の肥料造粒工場の概念設計（フロー、機器概算仕様、配置図、建設費概算設計を含む）を提出した。

2. 各新製品等についての提案及び説明

(1) 微量元素入り溶性磷肥

この製品は土壤に不足している微量元素を溶成磷肥製造時に添加し、植物の生育、結実等を助けるものである。本製品は製造技術的には容易であり、製品

の分別を工夫すれば、微量成分を各原料とともに高炉に挿入することで設備の変更なしで製造可能である。従って販売を考慮した添加微量成分の決定、工場の生産手順の検討のみが残されている。溶成燐肥とは異なった肥効を持った肥料として位置付けることにより溶成燐肥の拡販が可能であり、すでに販売している企業もあるとのことで早急な実施が望ましい。

(2) 溶成燐肥と腐植酸との複合肥料（腐植燐）

現在日本で煙草用等で注目されている肥料であり、中国でも同様に有望な肥料と考え、当面煙草栽培を対象として提案した。しかし雲南省の専門家に対する聞き取り調査の結果、現状では煙草用肥料として問題があることが判明した。

即ち

- 1) 現在の農民の経済状況では腐植酸肥料はまだ高価であり、効果を上げるためにはある程度以上の施肥量が必要な事を考えると購入意欲は弱い。
- 2) 土壌の関係で、雲南省において煙草中の最も不足している成分はカリである。煙草用肥料としてはカリ補給（煙草葉中のカリ成分を増加させる肥料）について考慮の必要がある。

このため煙草のカリ補給を助けると考えられる仕様を提出し、これについてテストする事とし、テスト肥料として4種の仕様を提出した。但しこれらの仕様は日本に於ける経験を基づいており、中国の土壌、肥料、農業等の専門家の意見を十分に採り入れて検討されることが必要である。

なおこの肥料は基肥として使用することを考えているため、提案した春時期を逃すとテストが1年遅れとなることを考え、粉状の各成分を手作業により混合して目的の肥料を生産し、早急に試験にはいるよう提案し、工場は早速その手配を行った。

またテスト及びその後の普及には時間がかかり徐々に需要量が増加して行くことを考え当面は手作業による混合、次の段階は造粒機のみ購入しての普及販売を行い、全体設備建設はその後（3～4年を想定）とすることを提案した。

現在煙草に対する嗜好は飲み口を軽くする事が世界的傾向であるが、雲南省で生産される煙草は全般的に辛口である。これは煙草葉中のカリ成分が少ないことが大きな原因となっており、このためのカリ分量を増加が課題となっている。このテストが成功すれば雲南省の煙草葉の販売に対し大きな力を与え得

るものと考えられ、雲南省の煙草公司も大きな関心を抱いているとのことであった。

このテストは本工場の経営改善の大きな力となるだけでなく、雲南省の煙草生産にも大きな影響を与え得るものであり、多方面からのバックアップが望まれる。

本仕様のテストは順調に進行している。但し植物対象のテストであるため結果は12月の収穫まで得られず、又年単位でのテストの継続が必要となる。

(3) 磷酸水素カルシウム

昆陽磷鉍山側より脱弗設備を中心として情報提供及び日本企業の技術提供の可能性についての情報探索を求められていた。

日本において本製品を生産している企業に技術提供を求めて接触したが、日本の経済状況からか、現在その余裕なしとの否定的な見解しか得られなかった。

今回は調査団が日本に於いて調査した磷酸中の弗素除去工程および磷酸水素カルシウム製造工程に関する一般的技術情報について中国側にかなり詳細な説明を行った。

- (4) 当初調査団より溶成磷肥と石灰窒素の複合肥料を提案したが、石灰窒素が弱いながら毒性のあること及び現地での入手が経済的に容易でないことから検討を中止した。

(5) 新肥料造粒工場の概念設計の提示

中国に於ける肥料の形態は、運送及び農家での取扱上の容易さから、今後日本と同様の粒状化の方向に向かうと考えられる。この点を考慮し、腐植酸混合の溶成磷酸肥料を前提に肥料造粒工場の概念設計を行った。

本工場は腐植磷を前提として概念設計を行ったが、煙草用肥料を含めほとんどの複合肥料をも生産可能である。

1) 対象肥料

調査団より当初提案した溶成磷肥と腐植酸の複合肥料

2) 生産能力

工場側の希望を入れ設備の経済性、市場規模等を考慮し 20,000T/Y の能力とした。

3) 設備フロー

図-2 参照

4) 設備建設費用

建設費用は日本に於ける概算推定費用の他、中国側も中国に於ける建設費用を推定している。

なおこの設計はあくまでも概念設計であり、詳細計算を行ったものではない。実際の建設に当たっては詳細化工計算を行って機器仕様を確定し、建設費用は工場内での据付、接続条件等を考慮して正確な積算を行う必要がある。

5) 経済性

この工場により、テスト仕様として提出した煙草葉中のカリ成分を増加させる肥料の生産を行う場合について経済性計算を行った。ここでは中国側推定の建設費、原料購入価格、製品販売価格等の数字を使用して内部収益率の計算を行った。

その結果内部収益率（税後）21.55%となった。製品価格及び建設量についての敏感性の検討も行ったが、製品価格の影響が大きい。なお中国側より提出された各計算基礎数値について調査団としての検討、検証は行っていない。

3. 近代化計画の留意点

(1) 既存工場の安定経営

新製品開発には長期に渡る人及び費用の負担が必要となるのが普通である。このためには既存工場が技術的、経営的に安定している事が条件となる。また将来に向けた現工場の管理体制の改善も進める必要がある。

(2) 専任チームの編成

今回の開発は未だ多くの検討すべき項目を抱えており、成功させるためには多大の努力が必要であり、専任チーム（当面は専任者を少なくとも1名）を編成し作業を進める事が重要となる。

(3) 専門家の活用

今回の開発目標は何れも本工場にとって経験のない製品である。開発初期段階より専門家の意見を十分に反映させてゆく必要がある。

(4) 設備設計の再確認

今回調査団より提出した造粒工場の設計は日本に於ける建設を仮定した概念設計であり、中国の諸条件を確認し反映して、詳細計算設計を行ったものではない。

生産する製品群、それらの生産量、採用する機器の詳細仕様、建設場所の気象条件等を反映した詳細設計を行い、経済的な設備建設を行うことが望ましい。なお設備建設費はこの最終段階でなければ確定し得ない。

(5) 経済性の再確認

新製品開発、新工場建設の実施を最終的に決定するものは経済性であり、もともと力を入れて検討すべきである。調査団が行った内部収益率計算の基礎数値は中国側の推定を用いているが、これらの数字は今後市場調査等により確認されるべきであろう。

特に販売価格及び販売量推移に関しては、現状で十分なデータがないため楽観的な値となっている可能性があり注意を要する。

(6) 造粒工場の活用

今回提出した設計では、予定製品のみでなく種々の製品を生産できる。新工場の操業度を高く保つために今回組上に上がった製品以外の複合肥料、例えば高度化成肥料、の生産を検討することが望ましい。

これにより、新工場の設備操業度が上昇し、採算が改善され得る。

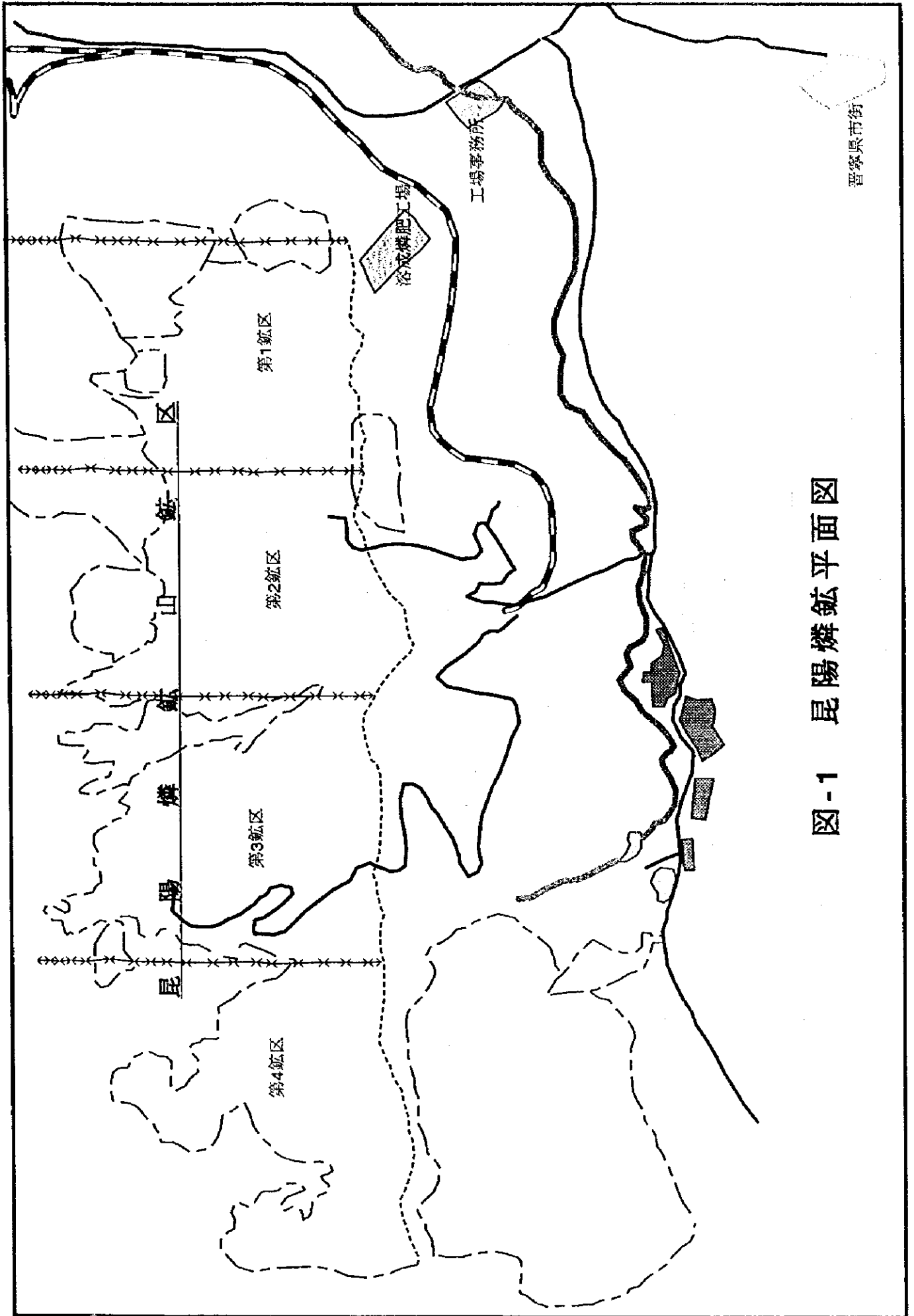
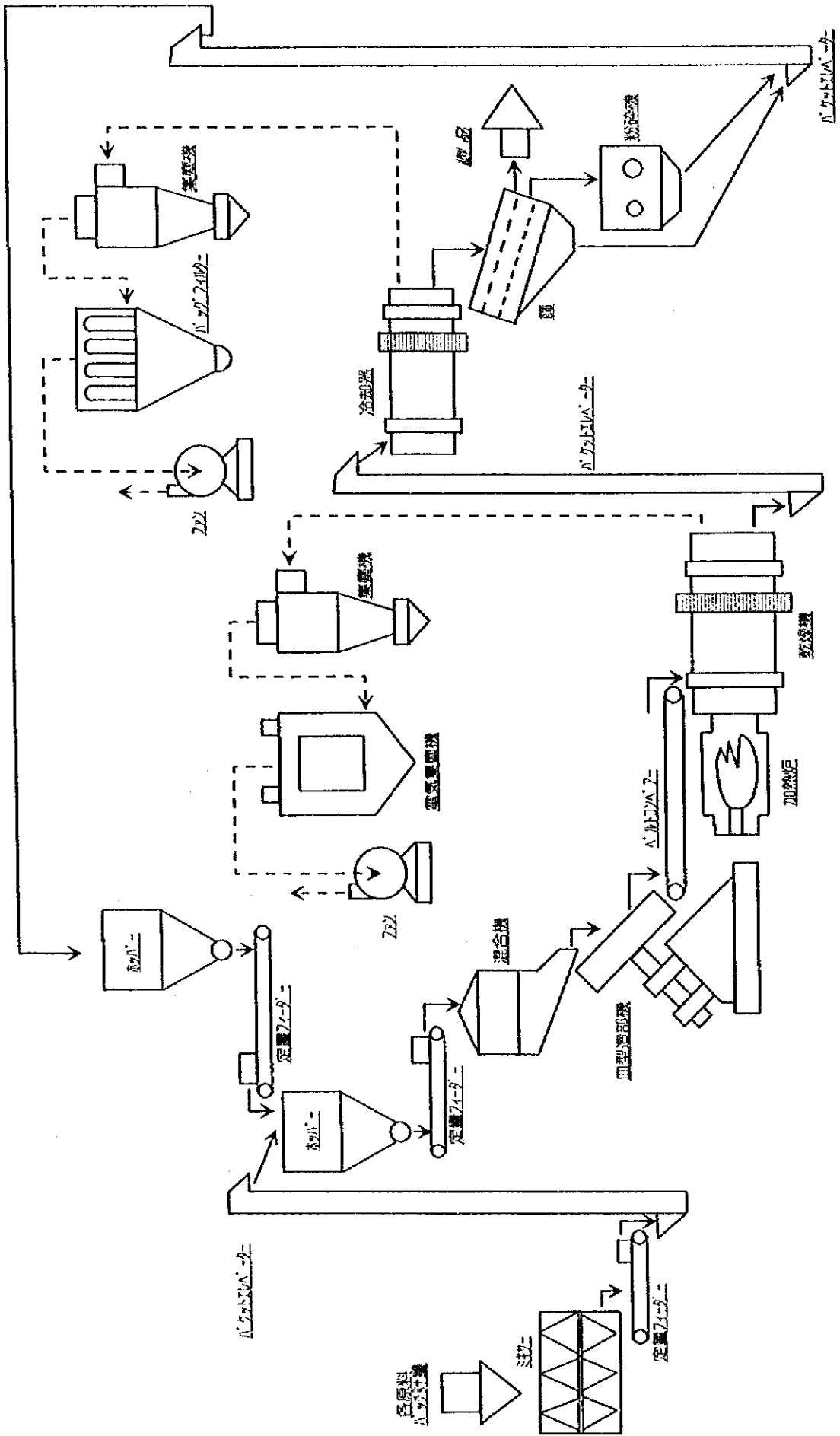


图-1 昆陽磷山平面圖

図-2 造粒工場のプロセスフロー



第二部 本文

第 1 章 工場の概要

第1章 工場の概要

1.1 雲南省及び晋率県の概要

1.1.1 雲南省の概況

中国西南部にある省。面積 39 万 4,000 余 km²、人口 3,990 万 (1995)。2 地区級市、7 地区、8 自治州からなり、さらにこれらが 127 県級行政地域 (4 市轄区、15 市、79 県、29 自治県) に区分されている。省都は昆明。北はチベット自治区、四川省、東は貴州省、広西チワン族自治区、南はベトナム、ラオス、西はミャンマーと接し、少数民族が 30% をしめる。イ (彝)、ペー (白)、ラフ (拉焦) 族など中国での大半の 51 の少数民族がおり、うち 70% 近くが山地に居住する。

(1) 自然

雲南省はほぼ北高南低の地勢で、北西部の横断山脈部、東部の雲南高原および南部の山間・河谷盆地部に区分できる。

北西部ではチベット高原の延長として南北走向をもった横断山脈が発達して数条の支脈が平行に走り、その間をそれぞれ河川が深い峡谷を刻んでいる。平均標高 3,000~5,000m、河谷の乾燥地低木林から 4,500~5,000m 以上の永久積雪帯まで、植生の垂直分布が明瞭である。

東部は平均標高 1,400~2,000m の高原である。まとまりのある山地性高原面を形成しているが、平均 1,000m の貴州高原部をあわせて雲貴高原とする場合も多い。西部の基岩は紫色砂岩系、東部は揚子準卓状地の先カンブリア時代~中生代炭酸岩系のため路南、弥勒 (びろく) の石林、六郎洞 (りくろうどう) のウパーレなどカルスト地形が発達している。高原上の山間には壩子 (はし) とよばれる平坦な盆地があらわれる。土層も厚くこの地域の農業の中心地である。さらに断層、陥没によってできあがった滇池 (てんち) や項海 (じかい)、撫仙 (ぶせん) 湖などの断層湖もみられる。気候は四季春のごとしといわれ、寒帯大陸気団と熱帯大陸気団が雲貴上空でぶつかってできた昆明準停滞前線の影響で冬も比較的暖かい。クリやカシの類を代表とする常緑広葉樹林やシャクナゲ類など植生は豊かである。

南部はほとんどが1,500m以下で怒江や瀾滄江、元江などの谷地が発達し、熱帯モンスーン気候があらわれる。とくに南端のシーサンパンナ（西双版纳）タイ族自治州では熱帯降雨林もみられる。

(2) 産業と都市

省都の昆明市は標高約1,900mにあり、その気候はおだやかで〈常春城〉ともよばれ、雲南の政治経済の中心である。火力発電所を基礎に化学や電機工業が発達している。大理ペー族自治州の中心大理市では、化学肥料、機械工業がさかんである。また大理市は大理石加工、東川市と箇旧（こきゆう）市はそれぞれ銅およびスズの産地として知られ、大姚（だいよう）県塩豊の岩塩採掘なども有名である。高原部の山間盆地、壩子では農業がさかんで、水利化は60%をこえ、イネ、トウモロコシ、タバコなどが栽培されている。とくにタバコは雲煙とよばれ、雲南の財政収入の過半を占める。中央部の玉溪や楚雄などが主産地である。山地では水利化が遅れ、土地の乾燥化、酸性化の傾向が強いため生産性は高くない。雲南全体では斜面での耕地など低産農地は1/3にのぼる。その他、瀾滄江河谷では普項（プーアル）茶、根紅で知られる茶、シーサンパンナではゴムやコーヒーなどの熱帯作物が栽培されている。雲南省はGDPや1人当たり収入の低い省であるが、貧困脱却援助の一環として、1996年の昆明～曲靖高速自動車道の開通につき、97年には、電化された昆南（昆明～南寧）鉄道が通り、食糧供給や鉱産品などの流通の加速を図っている。また、1996年中国がASEANの正式対話国となつてから、メコン川とその上流の雲南省の瀾滄江の流域開発により、中国西南部とASEAN地域との、鉄道・情報網形成プロジェクトを含む経済協力を進めている。

1.1.2 晋寧県の概要

晋寧県は雲南省中部の滇池西南岸にある。東は澄江県、南は玉溪市及び江川県、西は安寧、山我山、易門県、北は西山区、呈貢県と隣接している。県城昆陽鎮から昆明市内まで62km、県の東西間は66km、南北間は33kmである。総面積は1,230.86km²であるが、山岳地形および半山岳地形が70.7%を占めている。

総人口は73,424戸、248,738人で、人口密度は202.1人/km²となる

(1) 自然

気候は緯度が低く、高原地帯で亜熱帯季節風気候である。冬は暖かく夏は涼しく四季が春のようであると言われる温暖な気候である。平均気温は約 16℃（1994 年）である。今迄の最高気温は 31.4℃（1958 年 6 月 1 日及び 1963 年 5 月 31 日）最低気温は-6.2℃（1982 年 12 月 27 日）であった。最も暑い月は 7 月で平均気温 19℃、最も寒い月は 1 月で平均気温 7.8℃である。年平均日照時間は 2,291.2 時間、平均降水量 901.1mm（最も多かった年は 1970 年の 1,172.2mm、最も少なかった年は 1960 年の 628.2mm）である。風は西南風が多く最大風速は 23m/s であった。

(2) 自然資源と産業

植物は 900 種以上あり、動物は 120 種以上いる。鉱物資源は多く現在判明している資源量は、磷鉱石 8.4 億トン、鉄鉱石 760 万トン、珪石が 375 万トン、鉛鉱が 260 万トン、石灰石が 7 億トンである。なお滇池に沿って豊富な地下草炭が在る。

晋寧県の国有企業として

- 1) 雲南磷化学工業（集団）公司
- 2) 雲南磷化学工業（集団）公司 昆陽磷鉱山
主製品：磷鉱石、磷鉱粉、溶性磷肥、硫酸、3 カルシューム、爆薬
- 3) 雲南磷化学工業（集団）公司 雲南昆陽磷肥工場
主製品：溶性磷肥、重カルシューム、硫酸、黄磷
- 4) 雲南輪胎工場
主製品：タイヤ
- 5) 昆明化肥工場
主製品：アンモニア、炭化アンモニウム、磷酸アンモニウム
等が挙げられる。

1.2 工場の概要

本工場は近辺の多くの磷関係企業を集合した雲南磷化学工業集団公司の中心であり、中国随一の磷鉍山を持つ昆陽磷鉍山の子会社である。設計能力 50,000T/Y の高炉法による溶成磷酸肥料生産設備を保有している。

1.2.1. 基本的事項

(1) 資本関係

雲南磷化学工業集団公司の一部である昆陽磷鉍山の 100% 出資子会社である。法人登録は県行政管理局に行われている。

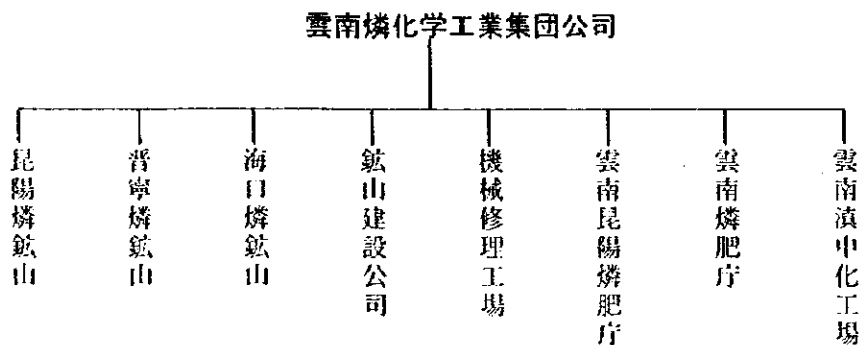
(2) 上部組織

本工場の上部組織として昆陽磷鉍山、さらに上部の組織として雲南磷化学集団公司がある。

集団公司の組織は下記の如くである。

a) 雲南磷化学工業集団公司

集団公司雲南省化工庁の管理下にあり、その組織は下記の如く 3 鉍山、3 工場、1 公司より成っている。



集団公司以前は鉍務局が 3 鉍山、1 公司、機械修理工場を管理していた。1991 年磷鉍山と磷化学工場を統一的に管理する事が望ましいとの観点より、3 つの磷化学工場を加え集団公司として発足した。現在鉍務局時代の 5 企業を中核企

業として位置づけている。集团公司と構成各企業間の関係はかなり緩いもので、日常の企業活動は各企業独自で行っている。

b) 昆陽磷鉱山

昆陽磷鉱山は、従業員は約3,000人、4つの鉱区（推定埋蔵量1億2百万トン）を持ち、更に2鉱区（推定埋蔵量8千万トン）を申請中との事であった。

(3) 主要管理部門

中央部 : 化学工業部
省 : 雲南省石油化学工業庁

(4) 工場敷地及び建物

敷地面積 : 58.25 千平方メートル
建築面積 : 4.52 千平方メートル

1.2.2 組織及び人員

(1) 組織

本工場の組織を図 1-1 に示す。

(2) 要員及び勤務体制

本工場の従業員人数を表 1-1 に示す。人数は 255 名である。1 日の労働時間は 8 時間で、土曜日、日曜日及び国家の定める日が休日となっている。生産現場は 24 時間操業で交代制であるが、その交代勤務方法は各現場、班により異なる。

1.2.3 製品及び生産能力

製品 : 有効成分 18%以上の粉状溶成磷酸肥料
生産能力 : 設計能力 約 5 万トン/年

1.2.4 生産額

生産高：5万トン強／年

売上高：約15百万元

1.2.5 原材料

主な原材料は燐鉱石、珪石、白雲石、蛇紋岩、コークスであり、それらの購入仕様及び購入産地は下記の通りである。原材料の輸送は殆どがトラックにより工場まで輸送されている。

原料名称	規格	産地
コークス	固定カーボン $\geq 75\%$	曲靖、貴州
燐鉱石	$P_2O_5 \geq 22\%$	昆陽燐鉱山
白雲石	CaO $\geq 30\%$, MgO $\geq 19\%$	晋寧県
珪石	SiO ₂ $\geq 90\%$	晋寧県
蛇紋岩	SiO ₂ $\geq 38\%$, MgO $\geq 35\%$	雲南省元江地区

燐鉱石は昆陽燐鉱山が高品位燐鉱石の採掘を終了した鉱区より、低品位燐鉱石を安価に採掘入手している。

コークスは主として貴州より購入しており、長距離の運送費と相まって原材料費中最も大きな比率を占めている。

1.2.6 販売

本工場の溶成燐肥は基本的に各地の農資会社に売り渡され、農資会社が農家への販売を行っている。

農資会社は農業資材流通機関として各省に設立された。各県に下部組織を持ち、かつてはこの分野に於いて独占的な地位を占めていた。現在でもその力は大きく、本工場の製品倉庫容量が約1週間分と非常に在庫が少なくて済んでいるが、これは販売先が農資会社であるためと考えられる。但し基本的に流通業であり、日本に於ける農協組織の如き金融機能は持っておらず、農家に対する影響力も日本の

農協ほどには強くない。尚国（省）の農業技術関係機関は別途に設置されており、農業関係の調査、指導を行っている。

中国に於ける肥料販売の規制が緩和され、農資公司経由の義務が無くなり、生産者が直接農家に販売する事が可能となった。これを利用して農民への直接販売が増加しており、農資公司の取扱量は減少している。これらの理由により農資公司の経営は苦しくなり合理化を図りつつある。

本工場はこの直接販売方式を採用していないが、直接販売方式の採用には大きな利点があるものと考えられる。但しこのためには本工場が保持する製品在庫の増加、（現在約1週間の在庫量に対し、少なくとも1~2ヶ月分、望むべくは4ヶ月分の在庫が必要と考えられる）流通経路の確立等、流動資産の増加と言う財務的内容も含まれた問題点の解決が必要である。

また本工場は比較的後発のため、販売先は次表の如く競争の少ない雲南省外、それも陝西省、河南省といった中国中部以北の省が60%以上を占めている。このような運送費の高い地域にて競争力を持ち得るのは、雲南省が低品位磷鉱石の省外販売を禁止していること、また中国の鉄道輸送が磷鉱石等の原材料を、溶成磷肥等の製品に対し、より高い運賃を設定する傾斜運賃制を採用していることに負う面が大きいのと思われる。しかし最終販売価格が輸送費の変動の影響を受けやすい状況であることは避けられず、鉄道運賃政策に注意する必要がある。

本工場の主たる販売先

(単位トン/年)

陝西省	8,000
山東省	6,000
河南省	5,000
河北省	5,000
安徽省	5,000
広西省	2,000
吉林省	1,000

1.2.7 雲南省溶成磷肥業界に於ける本工場の地位

(1) 雲南省に於ける溶磷工場

雲南省には現在 14 の溶成磷肥工場があり、その生産能力は下記の如くである。

	(P ₂ O ₅ 100%換算)
1. 光明磷化工総庁	3.78 万トン/年
2. 玉溪溶成磷肥庁	3.60 万トン/年
3. 个旧磷化工総庁	3.60 万トン/年
4. 沾益磷肥庁	2.34 万トン/年
5. 昆陽磷肥庁	1.80 万トン/年
6. 楚雄州磷肥庁	1.80 万トン/年
7. 滇東磷化工公司	1.44 万トン/年
8. 凤鳴磷肥庁	1.08 万トン/年
9. 昆陽磷鉍溶成磷肥庁	0.90 万トン/年
10. 华並磷肥庁	0.54 万トン/年
11. 磷都磷肥庁	0.54 万トン/年
12. 会泽磷肥庁	0.54 万トン/年
13. 安寧溶成磷肥庁	0.54 万トン/年
14. 个旧市化肥庁	0.36 万トン/年
計	22.86 万トン/年

近年の実際の生産量は 17~18 万トンで平均操業率は約 78%である。

本工場はそのうち第 9 位の生産能力を有しているが、操業率は雲南省溶成磷肥工場の平均が約 78%であるのに対し 100%を超えており優秀な生産実績を示している。

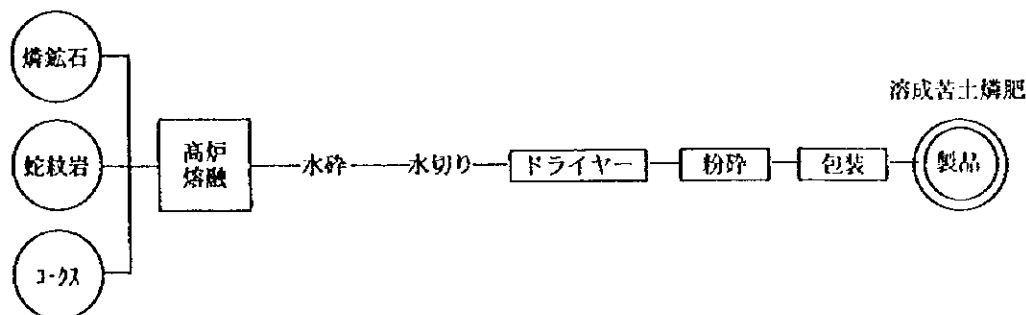
(2) 本工場の特徴

本工場の特徴として

- ・ 磷鉍山に隣接して建設されているおり、昆陽磷鉍山が採掘を終了した鉍区より農民等の安い労働力を使用して採掘した残低品位磷鉍石を極めて安い単価で入手できるため製造コストが安い。これは又、資源の有効利用ともなっている。
- ・ 低品位磷鉍石を使用して磷成分の高い肥料を生産する技術を保有している。事から比較的強い競争力を持っていることが挙げられる。

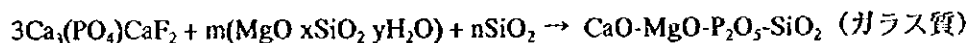
1.3 製造設備及び工場配置

(1) 溶成磷肥の製造工程（図 1-2、図 1-3 参照）



溶成磷肥の主原料は磷と石灰を含む磷鉱石と、珪酸と苦土を含む、例えば、蛇紋岩である。これ等の主原料を配合し、高炉で所定の溶融温度で溶解反応させ、水で急冷水砕する。

上図は製造工程の概略を示したものである。熱源として電力、重油、コークスを使用するが、その使用エネルギーによって製造工程を異にする。中国では石炭を使用しての高炉法が発展して現在に至っており、本工場も高炉法を採用している。製造反応を化学式で表現すると下記の様になる。



製品は水には不溶であるが2%のクエン酸液に溶解する、いわゆる拘溶性を有する。即ち溶融によって、磷鉱石中の難溶性のフッ素アパタイト構造が破壊され、磷酸分を初め各成分が可溶性の形態に変るものと考えられる。溶融温度は約1,400℃で完全に溶融したものを連続的に炉から取出し、(不連続的に取り出す場合もある) 流れ出る溶融液に加圧した水を噴射接触させて急冷水砕を行う。これを水槽から引き上げ脱水後、回転乾燥機で乾燥し、ボールミルを通して微粉砕を行い製品とする。

(2) 主要製造設備

主要製造設備及び関連設備を表 1-2 に示す。

(3) 工場配置

工場配置図を図 1-4 に示す。

表1-1 工場在籍従業員詳細

1. 生産関係の従業員人数

番号	名称	交代数	一交代の人数	合計人数	備考
1	高炉裏班	3	10	30	
2	秤班	3	2	6	
3	原料投入班	3	1	3	
4	高炉表班	3	9	27	
5	フロアー班	3	3	10	班長を含む
6	ポンプ班	4	2	9	班長を含む
7	クレーン班	4		5	
8	ベルトコンベア班・乾燥班・球磨班			17	
9	包装班	3	10	30	
10	車への積込班	1	15	15	
11	分析試験班			7	
12	フォークリフト班	1	1	1	
13	設備修理班	2		19	
14	秤班	2	2	4	
15	倉庫管理班	1	1	1	
	合計(1)			184	

2. 生産管理従業員人数

番号	名称	交代数	一交代の人数	合計人数	備考
1	各工場管理			25	
2	生産進度管理			4	
3	生産技術管理			1	
4	機械設備管理			1	
5	各種物材供給			1	
	合計(2)			32	

3. 総務関係従業員人数

番号	名称	交代数	一交代の人数	合計人数	備考
1	ドライバー			6	
2	食堂コック			7	
3	守衛			7	
4	掃除			1	
	合計(3)			21	

4. 工場管理従業員人数

番号	名称	交代数	一交代の人数	合計人数	備考
1	工場経営			8	
2	政治指導員			1	
3	計画統計			1	
4	財務			3	
5	人事			1	
6	販売			3	
7	秘書			1	
	合計(4)			18	

合計：(1) + (2) + (3) + (4) **255**

表1-2 生産設備 (1/4)

1. 原料置場

番号	設備名称	型式	仕様	台数	備考
1	粉碎機	DZ-400A		1	
2	筒状篩		φ800 x3,500	1	
3	秤	ZGT30B		1	
4	秤	TGT-1000		1	
5	ベルトコンベア	B650	15m	2	
		B800	20m	1	
		B500	10m	1	

表1-2 生産設備 (2/4)

2. 高炉部分

表 4

番号	設備名称	型式	主な仕様	数量	備考
1	高圧ブロアー	264WD	流量 250m ³ /min. 主軸回転数 980r/min.	2 台	
2	トランスフォーマー	S7-4006/0.4	400KW	1 台	
3	高圧スイッチボックス	GC-1A-22		1 台	
		GC-1A-78		1 台	
		GC-1A-06		1 台	
		GC-1A (F) -75		1 台	
		GC-1A (F) -01		1 台	
		GC-1A-55		1 台	
4	低圧スイッチボックス	BSL-12-01		1 台	
		BSL-12-30		1 台	
		BSL-12-35		1 台	
5	ケーブルリフト	JJMP-8T	モーター 29.5KW	1 セット	
6	大原料置場用 ケーブルリフト	JJM-8T	モーター 11.5KW、 巻上げ能力 3,000kg、 上昇速度 8.4m/min.	1 セット	ワイヤー径 φ155mm
7	小原料置場用 ケーブルリフト	JJM-8T	モーター 7.5KW、 巻上げ能力 3,000kg、 上昇速度 9m/min.	1 セット	ワイヤー径 φ155mm
8	キャパシター	PGT-G		1 台	
9	遠心式ポンプ	100-65-200	流量 100m ³ /hr., 回転数 2,900r/min., 揚程 50m, モーター容量 : 22kw	4 セット	ポンプキャピ テーション3.6m
		150TSWAx4	流量 155m ³ /hr., 回転数 1,480r/min., 揚程 120m, モーター容量 : 90kw	4 セット	ポンプキャピ テーション2.6m
		100-65-200	流量 100m ³ /hr., 回転数 2,900r/min.	2 セット	ポンプキャピ テーション3.6m
10	低圧スイッチパネル	BDL-1-11P		1 セット	
		BDL-1-27P		1 セット	
		BDL-1-32P		1 セット	
11	高炉本体		88m ³	1 セット	
12	ガス洗浄システム		315m ³	1 セット	
13	重力除塵システム	φ4,000		1 セット	
14	サイクロン	φ1,080		1 セット	
15	洗浄塔	φ2,200		1 セット	
16				1 セット	
17	洗浄塔	φ2,000		1 セット	
18	熱風炉		暖気炉有効蓄積面積1,865m ² , m ³ 当り高炉有効蓄積熱面積 41.86m ² /m ³ , m ³ 当りブロアー暖気炉蓄積熱 面積 5.64m ² /m ³	3 セット	
19	燃焼補助用ブロアー	9-19N010D	80KW	2 セット	

表1-2 生産設備 (3/4)

3. 乾燥及び粉砕システム

番号	設備名称	型式	主な仕様	数量	備考
1	トランスフォーマー	500KWD		1台	
2	低圧スイッチボックス	BSL-12-37		1台	
		BSL-12-39		1台	
		BSL-12-19G		1台	
		BSL-12-01		1台	
3	ボールミル	φ1,830x8,400	能力: 8.5T/hr. 回転速度 23.9r/min. 最大積載量 18.5T.	1セット	
4	乾燥機	φ2,200x1,400	モーター: 22KW	1セット	
5	半製品昇降機	D250	モーター: 3KW	1セット	
6	円筒式粉砕機	1,830x61 (ck100)	モーター 2.2KW	2台	
7	製品昇降機	D250	モーター: 3KW	1セット	
8	遠心式換気機		流量 1,170-1,715M ³ /H 全圧 517-523mmwg、 回転数 960r/min.	1セット	媒体温度 20℃、 媒体比重 12kg/m ³
9	遠心式ポンプ	160-65-200		2台	
10	サイクロン			1セット	
11	5tクレーン	57x13.5m		1セット	
12	ベルトコンベア	TD75C	モーター 11KW	1セット	
13	包装機		モーター: 55kw、 入口 215x215、 出口 φ2	1セット	
14	遠心式換気機用モーター	Y250m-37kw		1台	
15	除塵設備用モーター	Y160m-4-15kw		1台	

表1-2 生産設備 (4/4)

4. 化学実験室

番号	設備名称	型式	主な仕様	数量	備考
1	イオン計	WL-15		1台	
2	ミール	JW-1		1台	
3	オープン	RJm-28-10		1台	
4	分光光度計	7230		1台	
5	粉碎機	SD-60X100	モーター 2.2KW	1台	
6	ウォーターバス	SS2-193-75		1台	
7	恒温乾燥器	101-1		1台	
8	デジタル式天秤	JG328B		1台	
9	蒸留水製造装置	ESZ11-10		1台	
10	サンプル粉碎機	GT100-3		1台	
11	遠心式プラスチック換気器	4-62-4A		1台	
12	ホットプレート	SB-3, 6-4		1台	
13	真空ポンプ	2x2-1		1台	

5. メンテナンス用設備

番号	設備名称	型式	主な仕様	数量	備考
1	直流溶接機	Ax7-500	26KW	1台	
2	交流溶接機	BX3-400	20KW	1台	
3	交流溶接機	JB3843-84	15KW	1台	
4	旋盤	CW6140A		1台	
5	直流溶接機	AX3-300	20KW	1台	

图1-1 昆陽溶成磷肥工場組織図

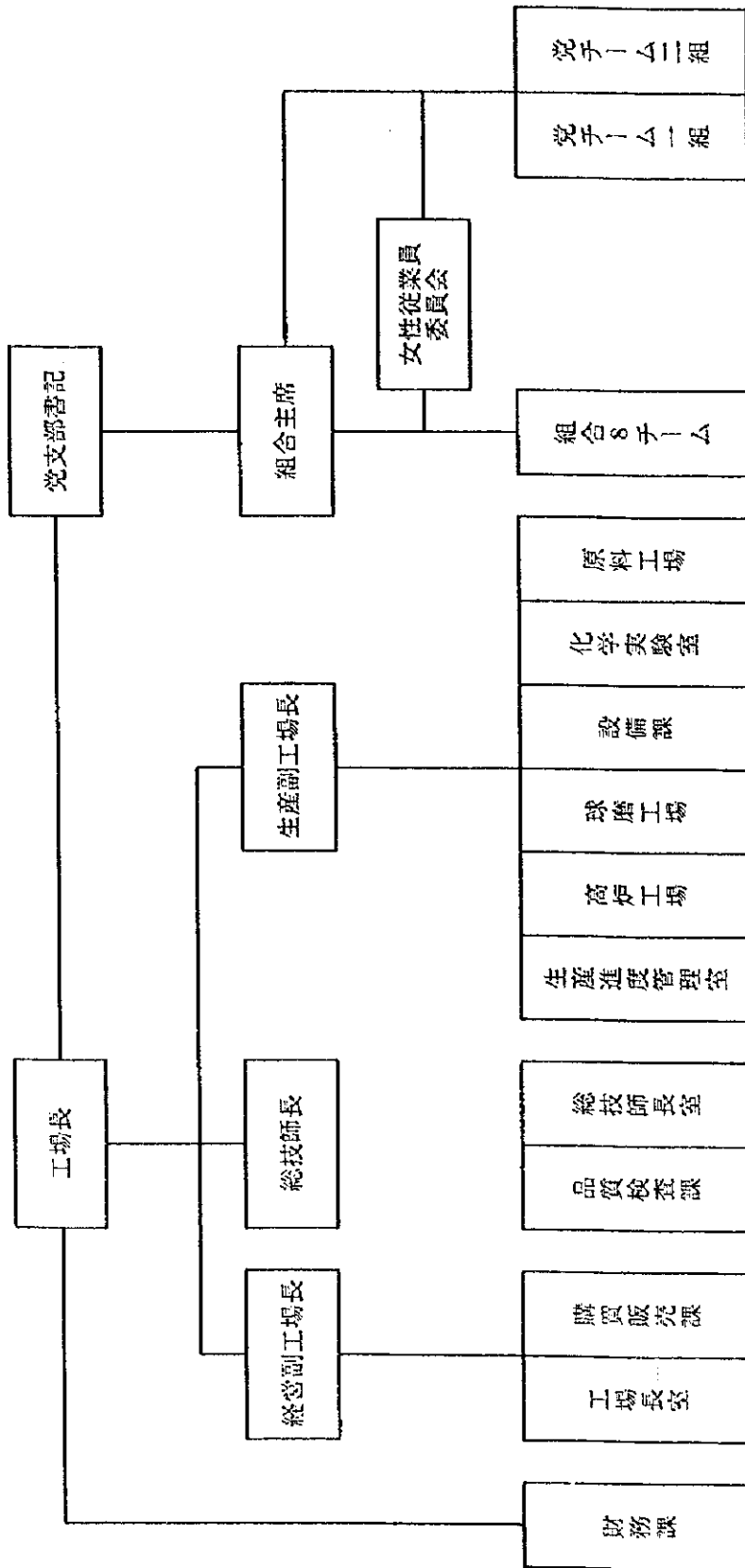


图1-2 溶成磷肥高炉工程 Flow Sheet

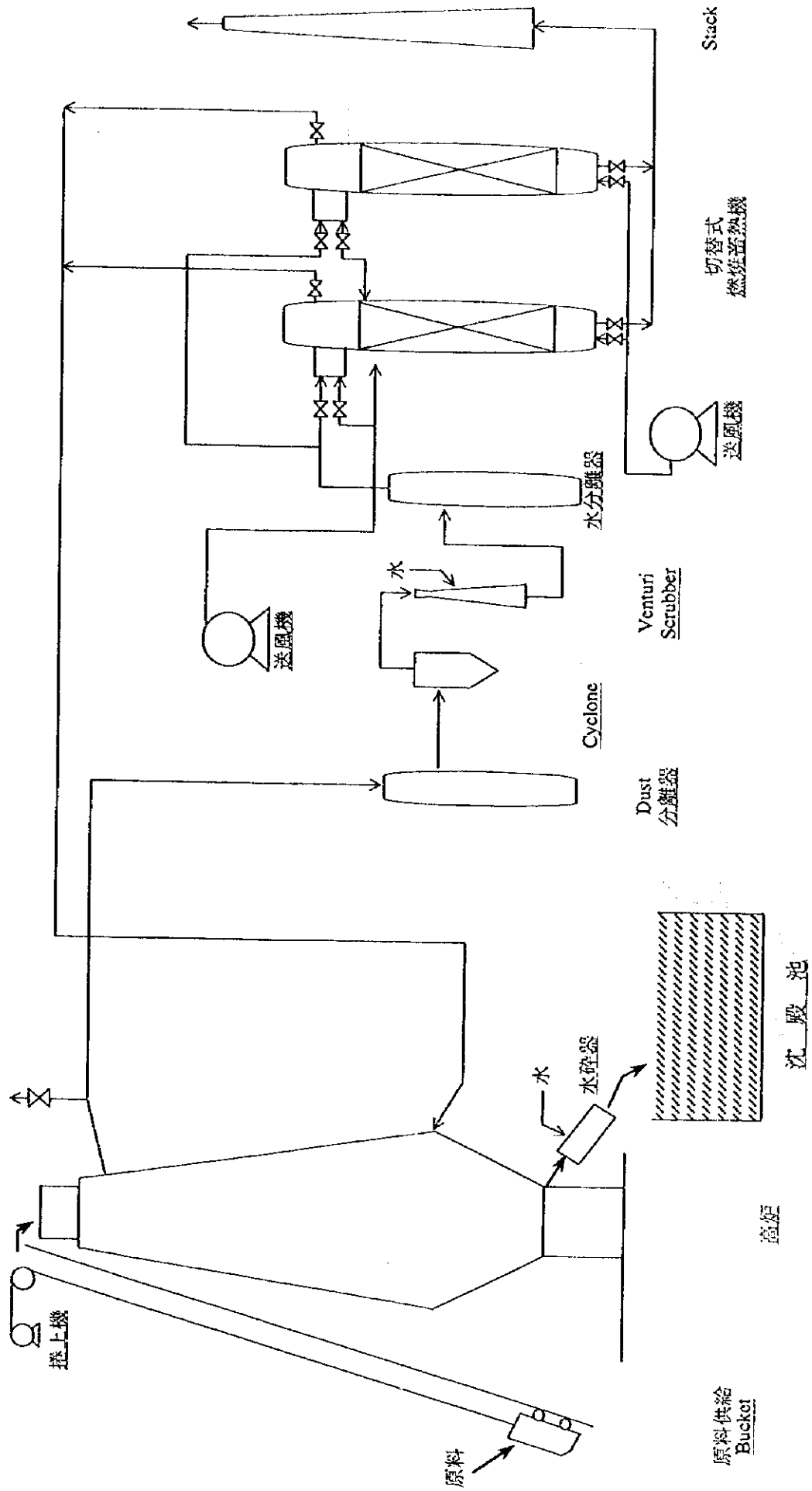


图1-3 溶成磷肥干燥粉碎包装工程 Flow Sheet

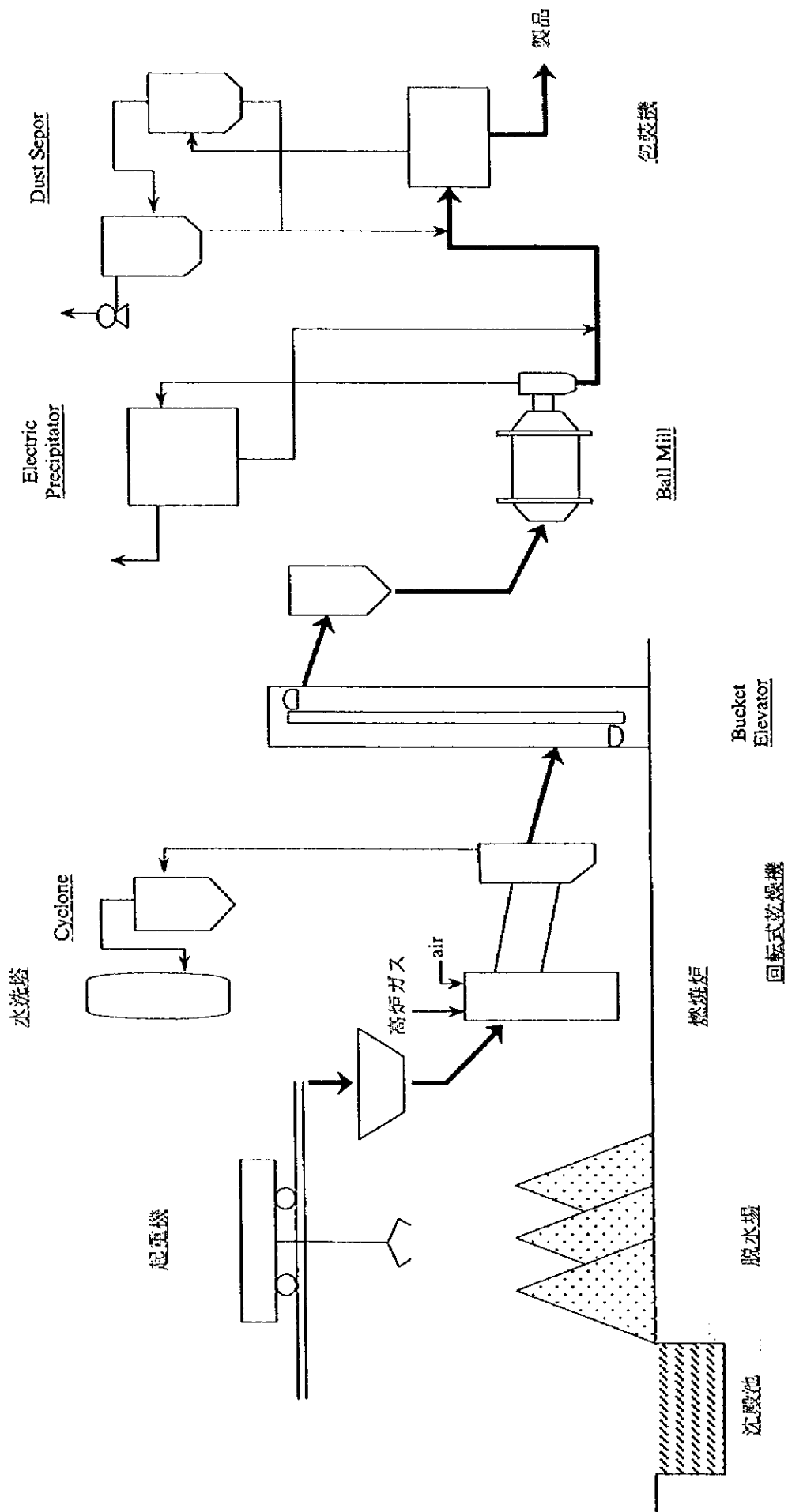
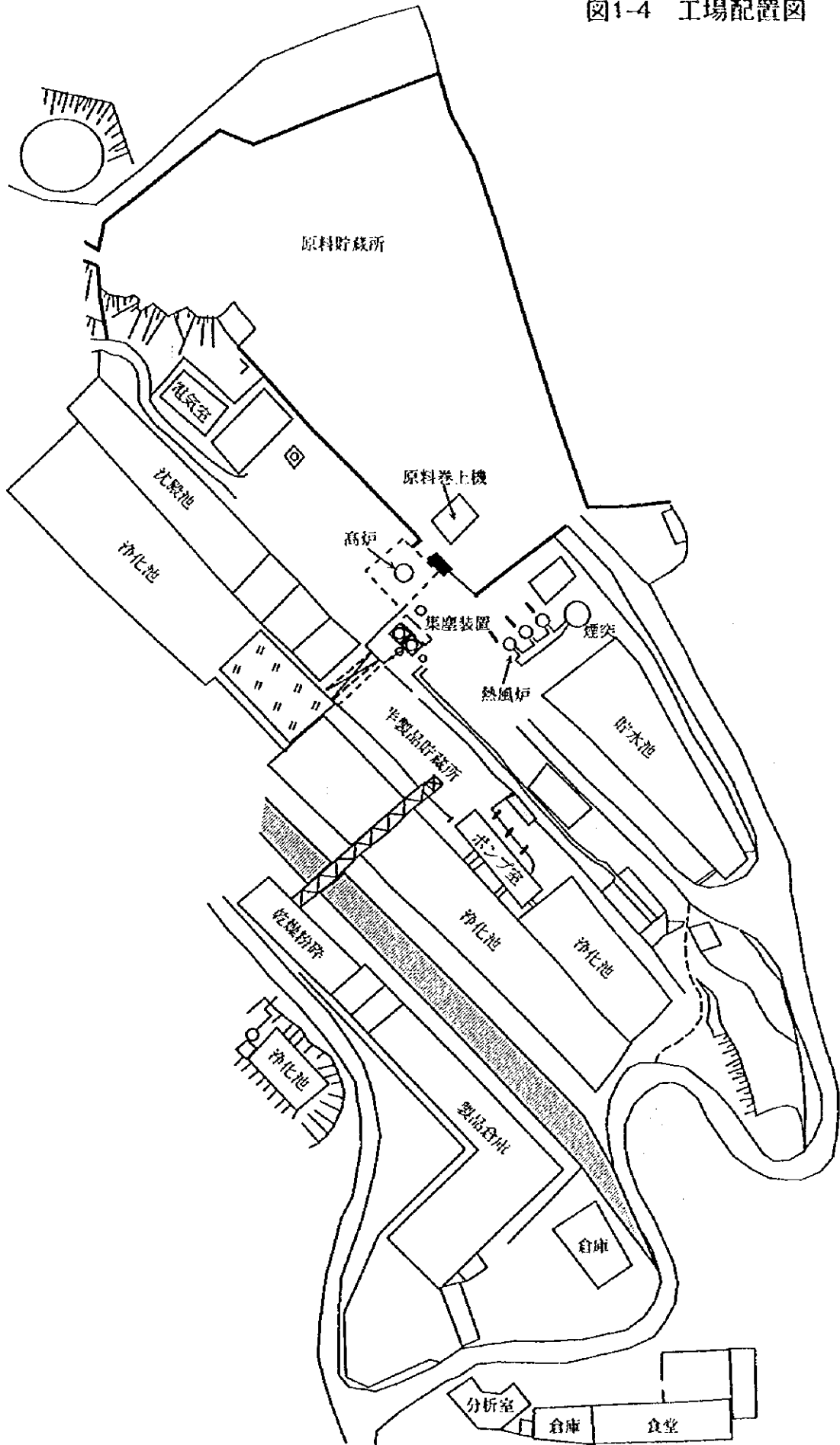


図1-4 工場配置図



第 2 章 生産工程

第2章 生産工程

2.1 溶成磷肥

2.1.1 磷酸肥料

土壤に磷酸を供給することを目的として施用される肥料を指す。磷あるいは磷酸は、核酸、磷脂質、糖磷酸、ATPなどの構成成分として植物にとって必要な養分である。古くから用いられている有機質肥料の米糠、骨粉、グアノは磷酸を比較的多く含み、磷酸肥料でもある。

一般に骨粉中の磷酸は溶解性が小さく、肥効が低かったが、これに硫酸を作用させると肥効の高い磷酸肥料すなわち過磷酸石灰となることを見出された。その後原料として磷鉱石の利用が開始され、過磷酸石灰の生産は著しく増大した。以後種々の磷酸肥料の生産が行われるようになった。

市販されている磷酸肥料の主要なものには、磷鉱石を硫酸、磷酸、硝酸、などの鉱酸で分解して湿式法で製造する過磷酸石灰、重過磷酸石灰、磷安などがある。これらは磷酸を主として水溶性の磷酸の形で含み、溶解すると $H_2PO_4^-$ か HPO_4^{2-} のオルト磷酸になり植物に吸収される。

また磷鉱石にアルカリ塩や珪酸塩を加えて、 $1,200^{\circ}C$ ほどで加熱焼成したり、 $1,400^{\circ}C$ ほどで熔融して、いわゆる乾式法で製造する磷酸肥料もあり、焼成磷肥や溶成磷肥といわれている。

2.1.2 溶成磷肥

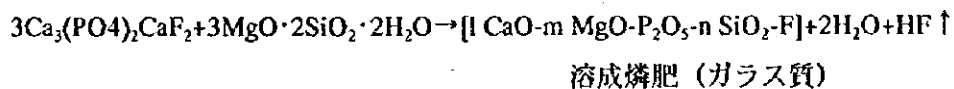
溶成磷肥は本来は磷鉱石に添加剤を加え熔融処理して製造する肥料塩の総称である。溶成苦土磷肥、レヒリング磷肥、脱弗熔融磷酸三石灰、メタ磷酸石灰などの種類が工業化あるいは研究された。日本で現在生産されているのは溶成苦土磷肥だけなので、一般にはこれを溶成磷肥（溶磷）と呼ぶ。生産量は中国が最も多く、この他に日本、ブラジル、ベトナム、等でも生産されている。基礎研究、生産技術は日本が最も進んでいる。磷鉱石に珪酸マグネシウム質資材（蛇紋岩、フェロニッケル合金スラグなど）を混合したものを、電気炉、平炉、高炉で $1,400^{\circ}C \sim 1,500^{\circ}C$ 程度に熔融し、流出時に水流急冷を行った後、乾燥、粉碎して製品とする。水には不溶で、クエン酸液には可溶性のガラス質粉末である。組成から見る

とCaO-MgO-P₂O₅-SiO系ガラスであり、磷はオルト磷酸根PO₄³⁻の形で含まれている。1949年に日本で開発された肥料である。マグネシウムを含み、硫酸根を含まない塩基性の肥料で特に酸性の磷欠乏土壤やマグネシウム欠乏土壤に、土壤改良材や塩基供給材としても利用されている。

2.2 溶成燐肥の製造工程

2.2.1 概要

溶成燐肥は一般的に燐鉍石に蛇紋岩（カンラン岩又はフェロニッケル鉍滓）を配合し、必要あれば更に硅砂を加え1,300~1,500℃で加熱溶融し、融液を水で冷却して生産される。この場合の化学反応式は



尚、原料の燐鉍石はBPL68%程度の粗粒品が使用されている。又、融点低下の目的で添加する硅酸及びマグネシウム原料は我が国で最も産出量の多い蛇紋岩 $[\text{3}(\text{MgFe})\text{O}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ かカンラン岩等 $[\text{2}(\text{MgFe})\text{O}, \text{SiO}_2]$ である。その外ズン岩 (dunite) [苦土カンラン岩] (forsterite) $(\text{2MgO}, \text{SiO}_2)$ を主体とするもの) 硅酸マグネシウム鉍他にフェロニッケル鉍 [ガーニエライト (garnierite) $(\text{Ni Mg}) \text{SiO}_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$] を用い、更に CaSO_4 、コークスを配合し、溶融してニッケルマットと溶成燐肥を併産する方法が企業化されたが燐の還元によるマイナスや、ニッケルの収率が低下する等の欠点があったため生産は中止されている。

日本においては電力を熱源として使用する電炉法と、重油を熱源として使用する平炉法が採用されている。

電炉法による大型炉では、炉壁が溶成燐肥の溶融物により十分に保護されているため、数年間に亘り連続操業が出来る。しかし小型電炉の場合は連続タッピングが困難になりやすく操業期間も比較的短いので大型炉に比較して経済的に劣っている。

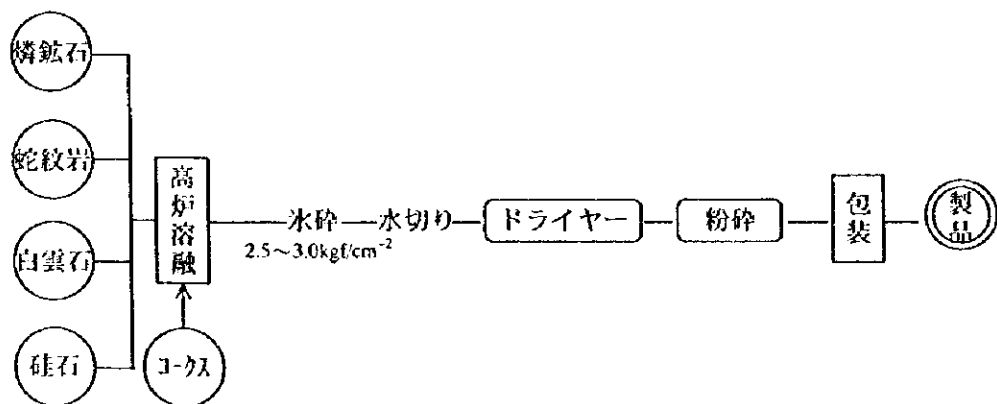
一方平炉法による操業においては、その操業率は平炉天井レンガの耐火性の程度に影響される。従って溶融温度も電炉法より若干低い温度で操業している。(製品の融点を低くさせる原料調合割合とする) 原料調合割合と融点との関係については燐鉍石、蛇紋岩及び硅砂を種々の割合についての測定を行い、必要な温度条件を満足させる。

詳細については後述するが、原料配合中の MgO/SiO_2 モル比が小さい程、即ち硅酸含有量が高い程、低い温度で溶融がはじまるが溶融物の粘度が高い。 MgO/SiO_2

モル比が高い場合は、溶融温度は高いが溶融がはじまるとかなり速やかに溶けて、流動性が非常によい状態となる。MgO/SiO₂ mol比0.8付近においては融点が高いが融液の粘度が高い。従って実際操業の場合1.0付近に調合されていることが多い。又溶融物の流動性を十分良くした融解を完全にして炉からの融液の流れを良くして、速やかに水冷する必要がある。

流れ出た融液に加圧した水流を接触させて水砕急冷を行う。この処理で砂状に砕かれた粗粒半製品が得られる、これを水槽からひきあげ自然脱水後、回転式乾燥機、ボールミルを通して乾燥と微粉碎とを行い製品化する。

中国における溶成磷肥生産は、コークスをエネルギーとして使用する高炉法が一般的に用いられている。下記は高炉法による製造工程の概略を示したものであるが、本工場に於いても高炉法により生産されている。



高炉は外側を厚い鋼板で構築し、内側を耐火煉瓦で内張した堅型炉で、炉頂から磷鉱石、コークス等の原料を装入する。下部の羽口からは熱風を吹き込んでコークスを燃焼させ、発生した高温ガスによって原料を加熱溶解する。生成された溶融液は炉底の湯溜まりに落ちて来る。出湯口より連続的にタッピングし、水砕し半製品とする。

一般に高炉の生産性を表す指標として下記の2項目が用いられている。

① 出湯比 (t/day/m³)

高炉1日当りの出湯量を高炉内容積で割った値

② コークス比 コークスkg/ton出湯量 (燃料費)

コークス比は出湯量/tonを生産するのに消費されるコークス量

なお高炉以外の乾燥及びミル等は基本的に日本と同一の工程である。

日本でも高炉法について工業化試験を実施したが、炉内に於ける耐火煉瓦の侵蝕が激しく工業生産に不適當であった。これは原料の熔融及び反応が長時間のため、これに接触する耐火煉瓦の侵蝕問題が発生するが、これに対応可能な耐火煉瓦がなく、また熔融した製品によるセルフコーティングも実施するには不適當と考えられたため、日本では現在に至る迄工業化されていない。即ち原料にコークスを積層し仮焼、半熔融、熔融の三工程で加熱熔融されるが、この処理時間が長いと煉瓦の侵蝕が激しく、長時間熔融に耐えられる耐火煉瓦の開発が必要であるが難しいと考えられた事による。

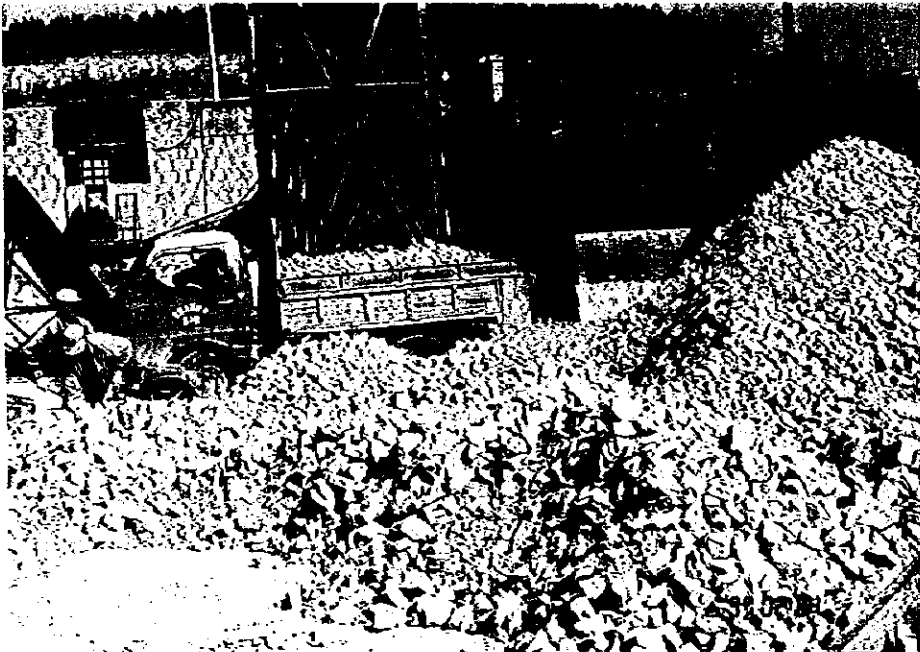
中国に於いては電気及び重油価格が高く電炉又は平炉による経済的な溶成燐肥の製造が難しかった事、及びコークスが安価だったため、連続操業時間、消費エネルギー、炉本体寿命等の要求を切り下げて、高炉法による生産を成功させ普及させたものと思われる。

2.2.2 本工場の生産工程

(1) 原料の受入及び装入工程

購入された原料はトラックにより納入される。燐鉱石、蛇紋岩、コークス等の原料は各原料別に原料置場内に山積みされ貯蔵される。各原料は必要であれば適当なサイズまで砕かれ、人力により運搬、重量計測、高炉装入用の巻き上げ機への投入が行われる。投入原料量は計測し記録されているが、労働者による運搬車への積み込み量がそのまま装入され、装入毎の各原料重量の微調整は行われていない。

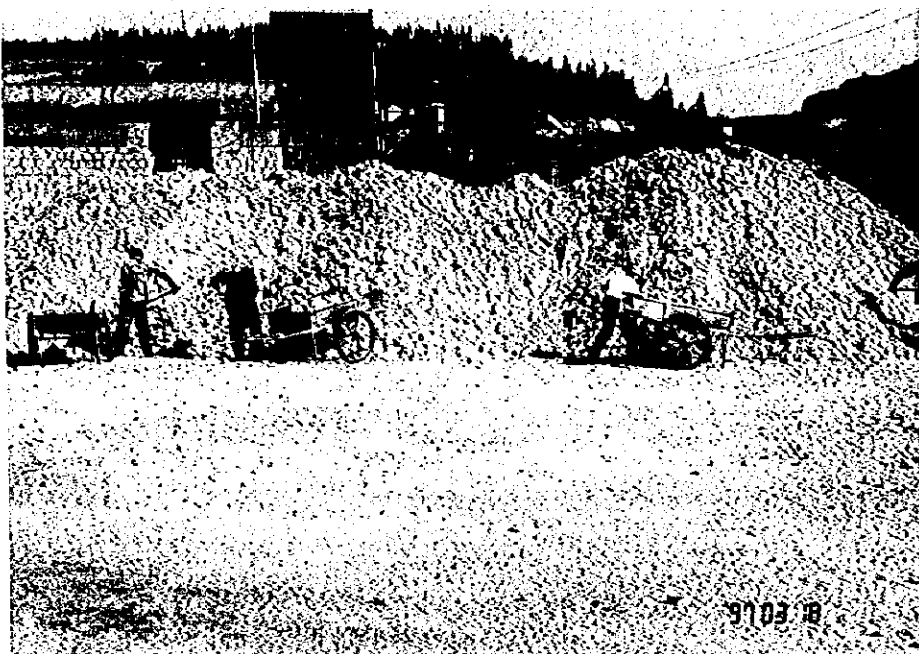
巻き上げ機のバケットに挿入された原料は高炉塔頂部に運ばれ装入される。写真のように貯蔵所は露天であり、降雨時は供給原料中の水分はかなり増加すると思われる。



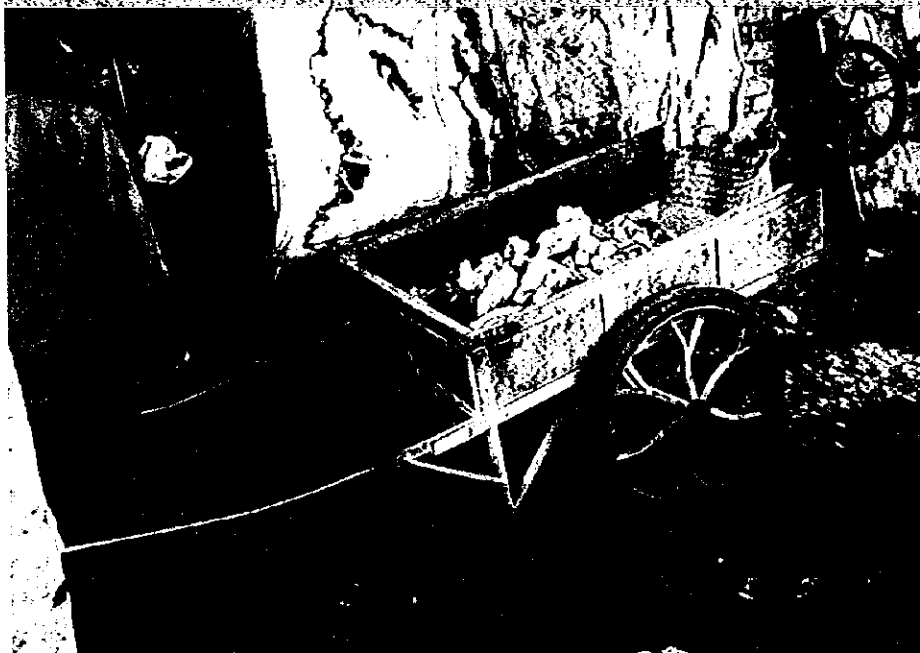
トラックによる
原料搬入



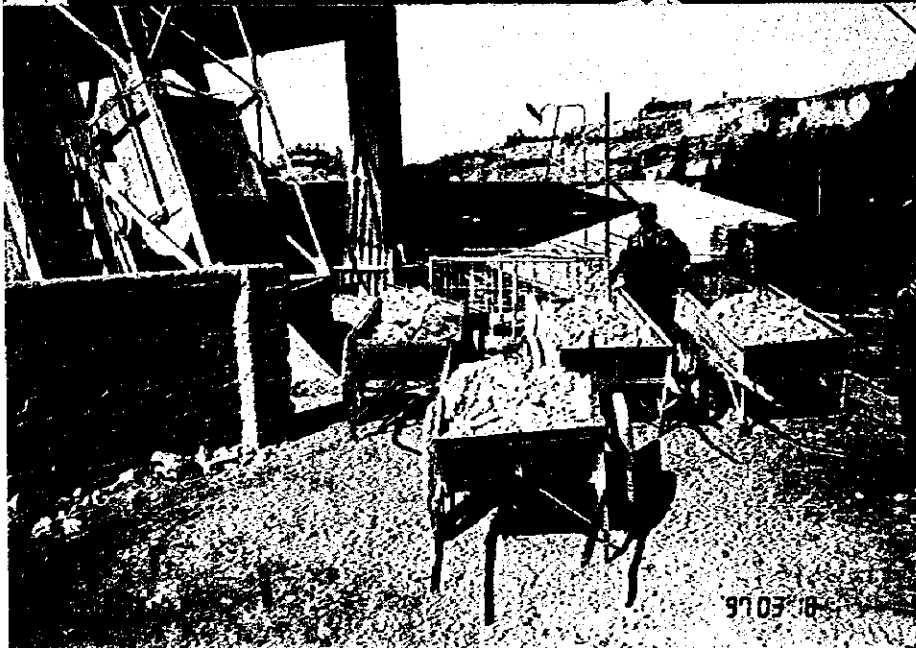
貯蔵所に山積
された原料



山積された原料
の運搬作業



原料重量の計量

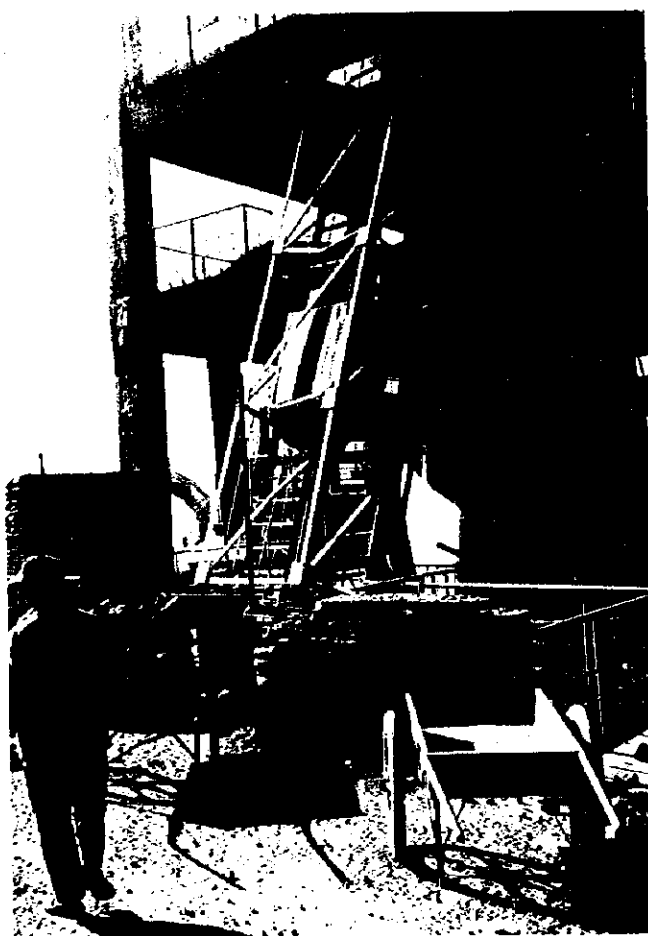


装入を待つ各原料

(2) 高炉反応及び廃熱回収工程

塔頂より高炉内に装入された原料はコークスの燃焼により溶融反応して、高炉下部より流出する。流出した溶湯は水流により急激に冷やされ、固化し粉碎され半製品となる。

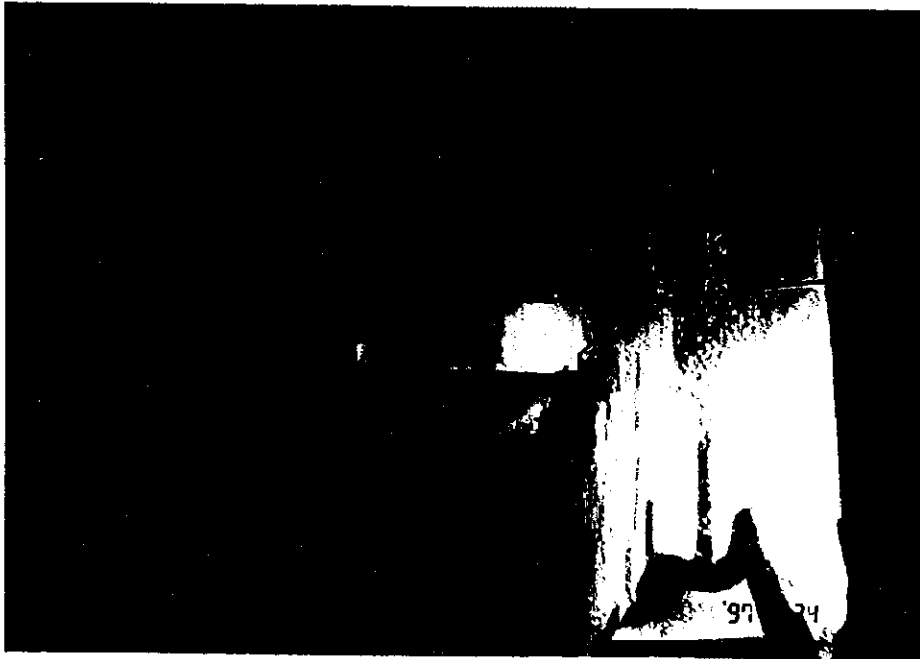
高炉内での燃焼ガスは塔頂より排出されるが、多量の粉塵を含有するため、集塵装置にて清浄化される。その後熱風炉に導入され、含有 CO ガスの燃焼により高炉吹き込み空気を昇温させた後、煙突より排出される。熱風炉は燃焼ガスにより蓄熱体を昇温させる炉と、高温になった蓄熱体により高炉吹き込み空気を昇温させる炉の、2基の炉が一对をなしている。



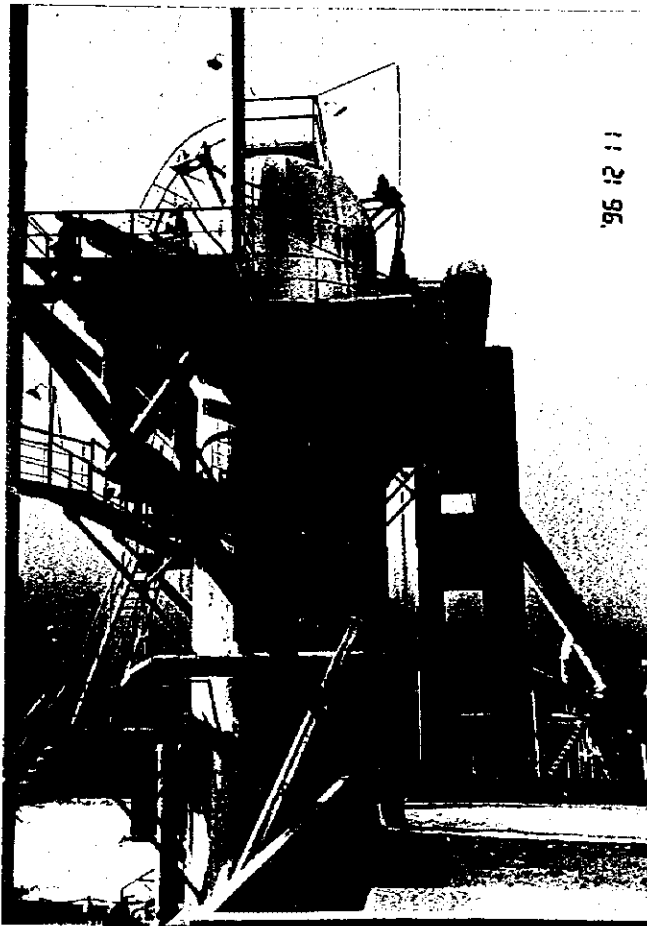
高炉への原料装入



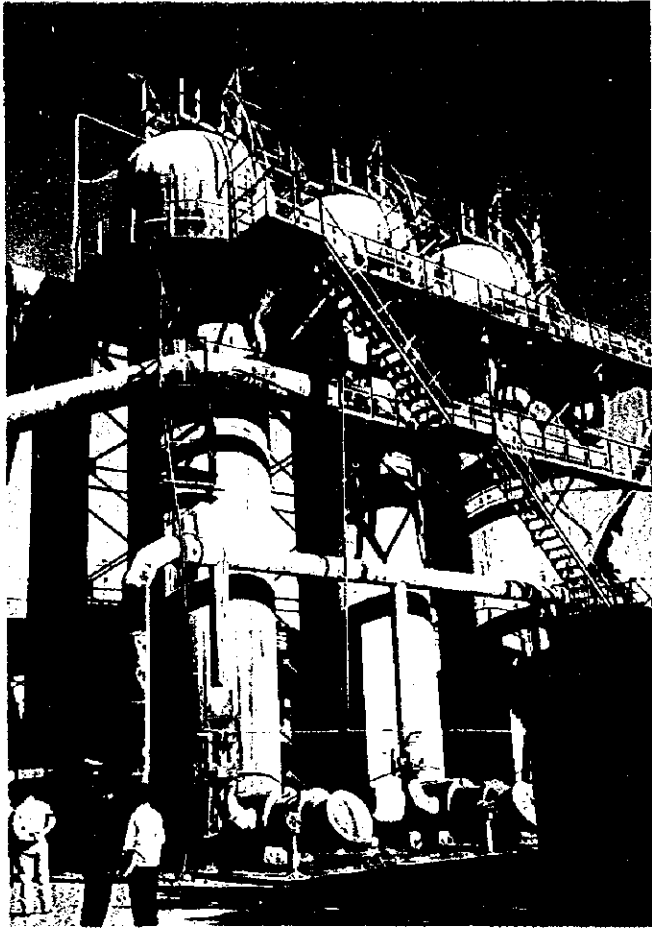
高炉全景



高炉より流出する
溶融半製品（水冷部）

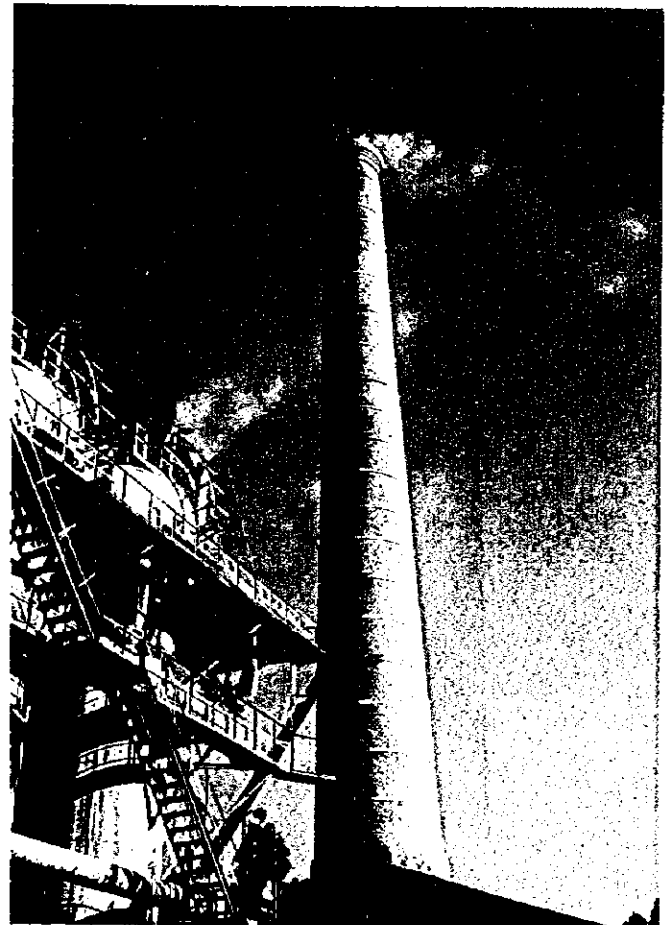


高炉廃ガス除塵装置



熱風炉（3基中の1基は予備）

煙突

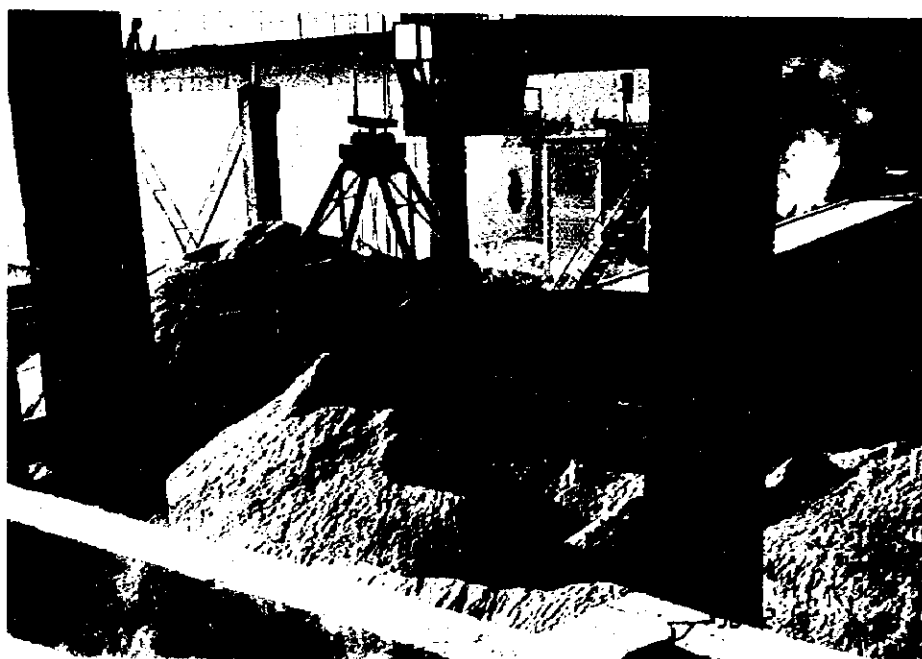


(3) 半製品貯蔵

高炉より取り出された溶成燐肥半製品は、冷却用の水流とともに沈殿池に流し込まれる。沈殿した半製品はバケットにて取り出され、貯蔵所に山積みして自然脱水される。半製品を分離した水は高炉からの溶湯冷却用として循環再利用される。



沈殿池



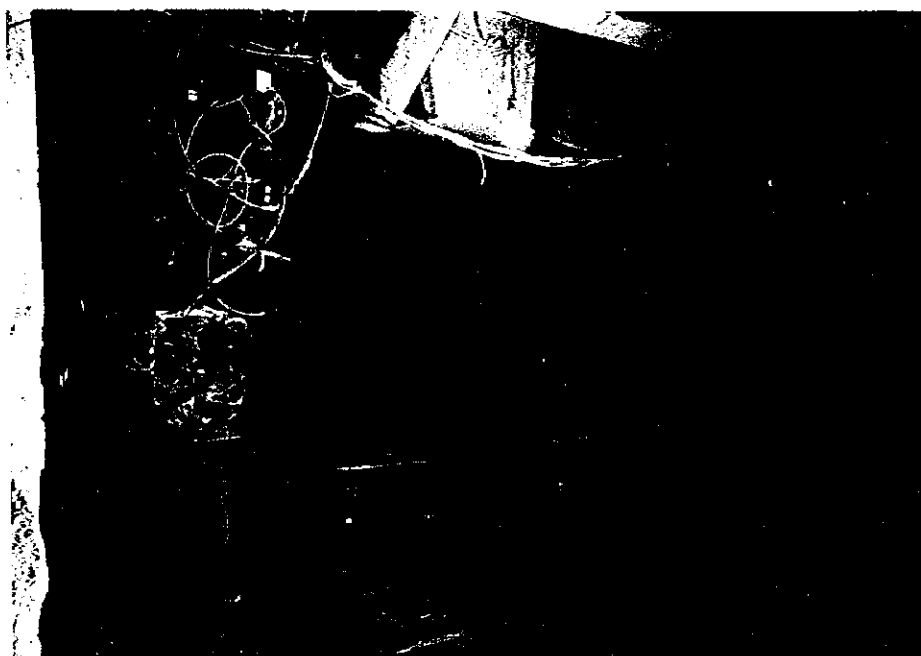
半製品貯蔵所

(4) 乾燥及び粉砕工程

半製品貯蔵所よりベルトコンベアにて回転円筒式の乾燥炉に投入される。乾燥炉には熱風発生炉が付属している。その燃料は高炉排ガスが主として使用されるが、ガスが不足の場合は石炭も使用できる設計となっている。乾燥した半製品は次のボールミルにて所定の粒径まで粉砕され製品となる。計量され、包装されて製品倉庫に貯蔵される。



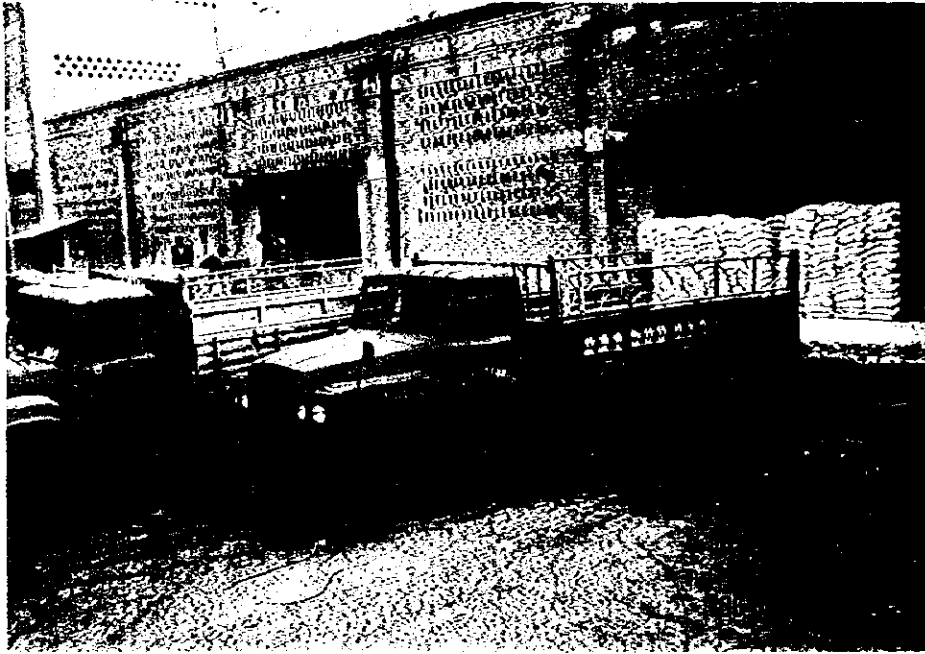
乾燥機用熱風炉
向こうに乾燥機が見える



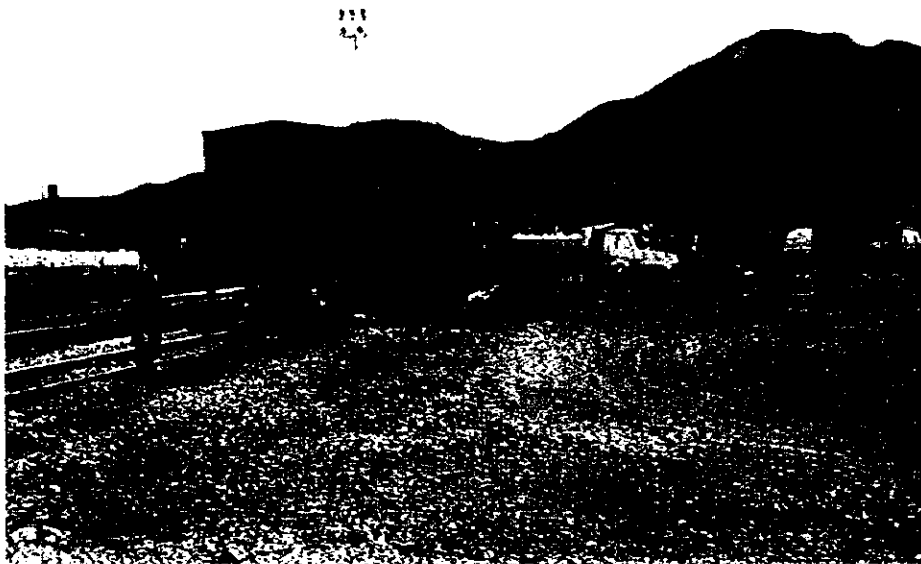
製品包装及び計量

(5) 出荷

製品倉庫は比較的小さく約 1 週間分の貯蔵量である。製品は倉庫よりトラックにて出荷され、鉄道貨車に積み替えられて最終消費地に配達される。



トラックにより倉庫
よりの製品出荷



鉄道貨車への積替え



包装された製品

2.3. 製造工程の技術的問題1－高炉工程

日本に於いては前述の如く高炉を使用しての溶成燐肥の生産経験はない。従って本調査団は本工場の高炉工程について具体的且つ詳細な助言を行うことは出来ない。しかしながら高炉内の溶成燐肥の挙動は電炉又は平炉とほぼ同じと考えられ、原料配合、水砕技術等の点から本工場関係者の理解を助け得る助言が可能である。また除塵装置等では一般的、理論的内容の解説は可能でありこれらを行うことにより工場担当者の理解を助け、改善のための検討の基礎を提供しようとする。

本工場では高炉原料として低品位鉍石を使用して必要な製品仕様を得るため、高炉の運転条件としては厳しい条件となっているが、本項目の内容を十分理解し更なる改善を行うことを希望している。

2.3.1 溶成燐肥原料のモル比と加熱・溶融の関係について

高炉内の各原料及び溶成燐肥の挙動は温度及び装入原料の配合によってほとんど決められる。従って高炉を安定した運転に保ちながら、目的とする仕様の製品を得るためには高炉内の物理的、化学的挙動について理解し、より適切な原料配合について検討しなければならない。

このため蛇紋岩及び燐鉍石の加熱変化、原料配合物の加熱溶融及び冷却時の変化、蛇紋岩及び燐鉍石の焼成時の分解熱、原料配分の融解熱による軟化溶融点及び溶融製品の流れの状態等を考察し、実際に拘溶率の高い溶燐を作るためのモル比について解説する。

一般的に $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ が小さい場合は $\text{MgO}/\text{SiO}_2 > 1.0$ とする。

逆に $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ が大きい場合は $\text{MgO}/\text{SiO}_2 < 1.0$ にした方が融点が低くなると考えられる。

従って

- 1) $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ mol比が4.6～4.8及び $\text{MgO}/\text{SiO}_2 = 0.7$ 程度が最も軟化溶融点が低く更に全燐分 (TP) 18%付近が最も軟化溶融温度が低いのでTPを余り上げないよう設計する事が必要である。
- 2) しかし溶融物の流れは(1)の場合よりも MgO/SiO_2 0.8付近でよい流れを示し粘

性も低い。

- 3) 但し溶成磷肥中の Al_2O_3 、 FeO 、 CaO 特に増加する場合には(1)と異なり MgO/SiO_2 の小さい方に、またTPも18%以下に最低融点範囲が移動する。

従ってTPは18.5%程度としTPを19%以上に上昇させない事、且 CaO は35%以上にならないよう原料成分を調整する事が必要と考える。

以上の条件を満たすには下記条件の設計が好ましい。

	成分	標準値	mol	P_2O_5 当りmol
TP	18.5~19.0	18.75	0.1320	1
SiO_2	24.0~25.0	24.50	0.4083	3.093
MgO	11.5~12.0	11.75	0.2875	2.178
CaO	35	35.00	0.6250	4.735

$$MgO/SiO_2 = 2.178/3.093 = 0.7041$$

$$CaO/SiO_2 = 4.735/3.093 = 1.531$$

以上の調合により実際の操業では溶融物の流動性を十分良くし、且つ融解を完全にして炉からの融液の流れを良くし、速やかに水冷する事が必要となる。

2.3.2 水砕技術と拘溶率との関係

溶成磷肥の製品仕様は酸に溶解する磷成分を規定している。従って全磷分に対する酸溶解分の比率、即ち拘溶率が重要となる。高炉法の場合、電炉法及び平炉法に比較して、高炉内での通過ガス量が多いため弗素の除去率が高くアバタイト結晶の生成が少ない。従って拘溶率を高めるための高度の水砕技術の必要性は電炉法、平炉法ほどではない。しかし本工場の如く低品位鉱石を使用するため全磷分が比較的低くならざるを得ない場合、拘溶率を高める配慮が必要となる。

水砕方法によって溶成磷肥のガラス性結晶性が全く異なり、拘溶率が大きく変化する。水砕技術の基本的な考え方は、溶融した溶成磷肥の冷却時中間温度での滞在時間を可能な限り短縮する事であるが、理論的な解析はなされておらず、経験的に試行錯誤により設計している。

本工場では現在の設計を大幅に改造することは難しいと考えられるが、次の諸条件についてデータを取り、運転設定基準及び運転マニュアルを作成し適正に処

理する事が重要である。

- ・ 水圧2.5kgf/cm²~3.0kgf/cm²
- ・ 水量25m³~30m³/ton
- ・ 水砕Nozzleの構造
- ・ 水砕位置
- ・ 湯量の連続化
- ・ 湯の落下位置

又溶成燐肥の融解が十分の場合は、水砕粒度が粗くても結晶成分が少なく拘溶率が高い。しかし融解が不十分の場合は水砕粒度が粗いと、アパタイトの結晶が生成するため拘溶率の低下が著しいので、水砕をよくする必要がある。即ち融解を充分にする事が重要である。

2.3.3 溶成燐肥の原料配合（中国側の原料より考察しての1例）

中国側は原料配合を企業秘密であるとして詳細開示はされなかった。調査団は、原料、製品の成分構成等より推定を行いこれについて検討した。

(1) 原料成分

(a) 磷鉍石 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$

P_2O_5	CaO	SiO_2	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	ig-loss	free H_2O
26.0%	37.0	19.0	1.0	0.8	0.7	7.0	2.0

(b) 蛇紋岩 $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

MgO	SiO_2	ig-loss	free H_2O
38.0%	40.0	13.0	—

(c) 白雲石 $\text{CaCO}_3 \text{MgCO}_3$

CaO	MgO	ig-loss	free H_2O
32.0%	21.0	46.0	—

(d) 珪石

SiO ₂	free H ₂ O
95	-

(e) Cokes

C	ash	free H ₂ O	V.M
80.0	19.5	3	0.9~1.2
	↓		
<u>Al₂O₃ 30.0、SiO₂ 47.0、others 15.0</u>			

(2) 原料配合割合

	投入(kg)		(kg)	製品			(%)
	Wet	Dry		Base	P ₂ O ₅	MgO	CaO
磷鉍石	745	730.1	679	18.98	0.73	27.01	13.87
蛇紋岩	114	114.0	98		4.33		4.56
白雲石	326	326.0	176		6.85	10.43	
珪石	29	29	29				2.75
Cokes	270	262	18				2.40
mol数				18.98	11.91	37.44	23.58
P ₂ O ₅ との mol比率				0.1337	0.2977	0.6686	0.3930
				1	2.226	5.000	2.939

ここでの各成分比率は

$$\text{MgO}/\text{SiO}_2 = 2.226/2.939 = 0.7574 > 0.7$$

$$\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 5.000/2.939 = 1.701 > 1.5$$

$$\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5 = 5/1 = 5.000 > 4.8$$

本工場での配合は標準mol比に比較しCaOが高いように考察される。SiO₂を高くし25~26%、CaO35%以下にするよう原料配合調整する事が好ましいと考えら

れる。これらの点に配慮しより良い配合が得られる様研究される事を望んでいる。

2.4 製造工程の技術的問題2-乾燥装置の能力概算

現在本工場での乾燥装置には大きな問題は発生していない。しかし計画されている新溶成磷肥工場の設計、装置の余裕を利用しての新製品の試作、等の問題を考え乾燥装置の設計、解析に必要な基礎理論を解説した。本工場の担当者がこの理論的内容を理解し、より高い効率での操業が可能となることを望む。

新工場建設時は既設工場の解析と異なり形式選定から開始される。乾燥装置の選定を行う場合第一に考えるべき事は、湿り材料の形態、処理量、処理方式に基づいて選定を進め、さらに材料特性よりの検討を加え、立地条件、熱源、価格等の問題を加味して、適応する乾燥器の形式を選定する事である。この時数種の形式について種々の性能の具体的な比較を行う事が重要である。装置形式を決定した後、その大きさの概算を行い、考えられる幾つかの使用条件について能力計算を行う事もまた極めて大切な事である。

本工場の場合は日本の溶成磷肥工場と同様のロータリキルンが用いられており、解説の対象として適切であると考えこれについて述べた。

熱風から受熱する形式の乾燥器にあつては伝熱量 q (kcal/hr)は

$$q = hao (\Delta t)_{lm} V$$

ここで

$(\Delta t)_{lm}$: 材料入口及び出口における熱風と材料の温度差の対数平均値 (°C)

hao : 熱容量係数 (kcal/hr°Cm³)

V : は必要熱量 q を与えるための乾燥器容積 (m³)

t_1 : 入口ガス温度

t_2 : 出口ガス温度

T_1 : 入口材料温度

T_2 : 出口材料温度

とすると

直熱式回転乾燥器内の材料と熱風間の熱容量係数は

$$(\Delta t)_{lm} = \frac{(t_1 - T_1) - (t_2 - T_2)}{\ln \frac{t_1 - T_1}{t_2 - T_1}} = \frac{(350 - 20) - (130 - 80)}{\ln \frac{330}{50}} = 148.4^\circ\text{C}$$

G : 熱風の質量速度 [kg/m³hr]

ファン排気点における温度80℃とし、空気中の湿度Hを0.05 kg H₂O/kg dry air

$$V_H = (0.7734 + 1.244H) \times \frac{273 + t_2}{273} = (0.7734 + 1.244 \times 0.05) \frac{273 + 80}{273} = 1.080 [m^3 / kg]$$

$$A = (2.2)^2 \times 0.7854 = 3.801 m^2 \text{ (断面積)}$$

$$200 m^3 / \text{min} / 1.080 = 185.2 [kg / \text{min}] \times 60 = 11,112 [kg / \text{hr}]$$

X : ホールドアップ量 (%)

G : 熱風の質量速度 (kg/m² hr)

D : 筒の径 (m)

として

$$G = 11112 / 3.801 = 2923 [kg / m^2 \text{hr}]$$

$$hao = \frac{19(X)^{0.5} G^{0.16}}{D} = \frac{19(6)^{0.5} (2923)^{0.16}}{2.2} = \frac{19 \times 2.449 \times 3.585}{2.2} = 75.82 [kcal / m^3 \text{hr}^\circ C]$$

$$q = hao (\Delta t) \pi AL = 75.82 \times 148.4 \times 3.801 \times 14 = 598740 [kcal / \text{hr}]$$

ここで水分6%、20℃の半製品を、水分0.5%のDry Base製品とする場合、使用熱風温度350℃、排気温度130℃、製品温度80℃とし、筒内材料保有率6%、無水物の比熱Csは0.3kcal/kg℃と仮定すれば、直径2.2m、長さ14mのロータリキルンの乾燥能力は下記計算より11,250kg/hrと推定される。

$$t_1 = 6\% \quad t_2 = 0.5\% \text{と見なし}$$

$$q_1 = W_o (C_s + H_2O) (60 - 20) = W_o (0.3 + 0.06) 40 = W_o \times 14.40$$

$$q_2 = W_o (0.06 - 0.005) [563 + 0.46 (130 - 60)] = W_o \times 32.74$$

$$q_3 = W_o (0.3 + 0.005) (80 - 60) = W_o \times 6.1$$

$$q = q_1 + q_2 + q_3 = 53.24 W_o$$

$$53.24 W_o = 598740 [kcal / \text{hr}]$$

$$W_o = 11246 [kg / \text{hr}] \approx 11250 [kg / \text{hr}]$$

特にDryerにおいては、タイヤローラ等の潤滑油、注油、軸受類へのグリス注入等

回転部での潤滑を良好にする事が重要で、目視による摩耗の有無、異音、動力変動等をチェックする事も必要である。又発見した時は早めに対応する事が大切である。

その外空気シール部分の摩耗、胴体の摩耗や腐食、円筒内壁への材料付着状況等を定期的に点検する事が望ましい。

又回転乾燥機に限った事ではないが、投入排出部の状態、ダクト内への粉塵の詰まり、熱風炉の状況、排風機その他の付帯設備の状況、温度計その他計器類のチェック等も点検項目に入れておくべきである。

2.5 製造工程の技術的問題3—粉砕機的能力概算

本工場の粉砕機は能力上の問題を抱えていた。この問題は調査団専門家の助言により解決したが、前項と同様に新工場の設計、新製品試験等のためにも現状解析が必要であり、基本理論について解説したので、担当者の理解が深まることを望んでいる。

多くの製造工業で取扱う破砕物粒子の大きさは数cm程度の塊状のものから、ミクロン程度の超微粉に至る広範囲に及び、又碎料の物理的性質も多種多様である。本工場では従来から微粉砕用として広く用いられている連続供給長胴のチューブミル（ボールミル）を採用しているが、これは日本の工場でも採用されている最適な形式と考え、これについて説明する。

(1) 回転速度

回転速度は臨界速度、遠心力と重力とが釣り合っミル内容物がミルと共に回転する速度の60～80%で運転するのが普通である。臨界速度 N_c は理論的に次式によって表される。

$$N_c = \frac{42.3}{\sqrt{D}} [rpm]$$

D は裏打ちを行った場合の正味のミルの内径 (m) である。比較的あらい粉砕には高速で、微粉には低速で操作した方が効率がよいといわれる。

本工場の場合内径は $D=1.83$ mであるから

$$N_c = \frac{42.3}{\sqrt{1.83}} = 31.27 [rpm]$$

また本工場の乾燥機の回転速度は

$N = 23.9$ rpmとのことであるため

$$\frac{N}{N_c} = \frac{23.9}{31.27} = 0.7643$$

となり、回転速度は最適回転数の範囲内にある事が分かる。

(2) 最適媒体の大きさ

最適ボール径が製品粉体の粒径 x の関数として表したCoghill-DeVancyの簡単な式がある。

本工場の製品の粒径を0.15cmとすると、

$$B(\text{cm}) = (9 \sim 13) \sqrt{(x \text{cm})}$$

$$= 9 \sim 13 \sqrt{0.15} = 3.485 \sim 5.035 [\text{cm}]$$

一般に小さい粒子には小さい媒体がよい。ちなみに本工場でBallを4cmのBall径に変更した所、25~30%粉碎能力が上昇する実績が得られた。

(3) 媒体量 (ボール装入量)

ρ_B : ボールの比重 (T/m³)

ρ : 碎料の比重 (T/m³)

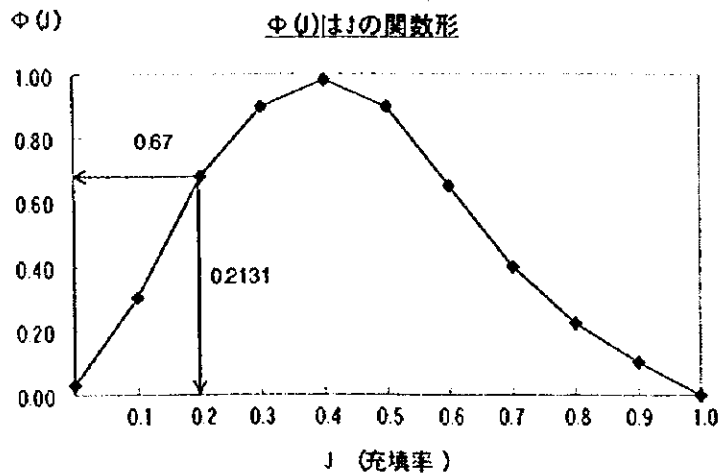
ε_B : ボールの空隙率

ε_p : 碎料の空隙率

$$6 = R = \frac{\text{媒体重量}}{\text{試料重量}} = \frac{\rho_B (1 - \varepsilon_B)}{\varepsilon_p (1 - \varepsilon_p) U \rho} = \frac{7.8(1 - 0.4)}{0.4(1 - 0.4)U \cdot 3.15} = \frac{4.68}{0.756U}$$

$U = 1.032$ (粒子充填率の最適値)

ミル媒体と試料重量比をR=6とするとU=1.032となる。



φ 1.830 L6.100 tube-Mill内のボール装入量16Ton

$$\text{面積 } A = (1.83)^2 \times 0.7854 = 2.630 [\text{m}^2]$$

$$\text{容積 } V = AL = 2.630 \times 6.100 = 16.04 \text{ [m}^3\text{]}$$

鋼球のミル内充填率はボール充填部の空隙率0.4とし、ボール材料の比重を7.8として

$$J = \frac{\text{ボール量} / \rho_b (1 - \varepsilon)}{V} = \frac{16 / 7.8 (1 - 0.4)}{16.04} = 0.2131 \quad \Phi_{(j)} \rightarrow 0.67$$

(4) ボールミルの所要動力

(a) 次元解析によって整理したRoseの式

実験的に定めたRoseの式は臨界速度80%以下では近似的に次式で与えられる。

$$\frac{P}{D^5 N^3 \rho} = K \left(1 + \frac{0.4 \sigma}{\rho}\right) \left(\frac{L}{D}\right) \left(\frac{N_c}{N}\right)^2 \Phi_{(j)}$$

ここでPは動力、Dはミルの直径、N、Ncは回転速度及び臨界回転速度、Lはミル長さ、σは砕料の密度、ρ媒体の密度、Jはミル内媒体充填率、Φ_(j)はJの関数形図の通り、Kは定数で3.66と与えられる。

$$\frac{P}{(1.83)^5 \left(\frac{23.9}{60}\right)^3 7800} = 3.66 \left(1 + \frac{0.4 \cdot 3.2}{7.8}\right) \left(\frac{6.1}{1.83}\right) \left(\frac{1}{0.7643}\right)^2 0.67$$

$$\frac{P}{20.53 \times 0.06320 \times 7800} = 3.66 \times 1.164 \times 3.333 \times 1.712 \times 0.67$$

$$P = 164754 \text{ [kgm}^2 \text{ / sec}^3\text{]}$$

$$KW = \frac{164800}{102 \times 9.807} = 164.7kw \rightarrow / 0.85 = 193.8 \approx 200kw$$

動力は直径の2.5乗に比例する $P \propto D^{2.5}$

(5) 粉碎能力 (t/hr)

粉碎能力は過去の経験からDの2.6~3.0乗に比例しているようであるが最近粉碎能力Gと所要動力Pとの間に

$$G \propto P^\sigma$$

なる関係を考え、σを粉碎機容量効果指数と名づけられている。この指数は、一般に粉碎機のScale upの時に重要な値であるが上述の結果からボールミルの

場合には σ 1.04~1.2 という値になる。

従って本工場粉砕機の実使用動力210kwとなっているので、下記式に挿入して

$$G = \frac{1}{4} \times 0.0762 P^{1.12} = \frac{1}{4} \times 0.0762 \times (210)^{1.12} = 7599 \text{ kg/hr} \approx 7.6 \text{ [t/hr]}$$

約7.6 t/hrの粉砕能力を有する事となる。

(b) Bondのワークインデックスの式による試算

Bondは実際の粉砕機の動力を簡単な試験用ミルによる粉砕試験、又は操業実績から推定する方法を半経験的な方法で開発した

F_{80} 原料の80% (質量) が通過する篩の目開き (μ)

P_{80} 粉砕産物の80% (質量) が通過する篩の目開き (μ)

W F_{80} から P_{80} まで粉砕に要する動力消費 (仕事量) (kwH/short-ton)

W_i ワークインデックス (work index) (kwH/short-ton)

W_i 溶成磷肥のWork index 35 (kwH/short-ton)

とすると

$$W = 10 W_i \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right)$$

W_i は内径8 feetの湿式閉回路溢流式ボールミルで、一般実用機の平均的粉砕効率のモーター出力に対応し、Bondの式に対し、操業実績に基づいて次の補正式が必要に応じて用いられる。

乾式粉砕では $W_i \times \frac{4}{3}$

ミル径 $D(\text{ft})$ として $W_i \times \left(\frac{8}{D} \right)^{0.20}$

$$W = W_i \times \left(\frac{8}{D} \right)^{0.20} \times \left(\frac{10}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{10}{\sqrt{F_{80}}} \right) \times \frac{4}{3} = 35 \times \left(\frac{8}{6} \right)^{0.20} \times \left(\frac{10}{\sqrt{250}} - \frac{10}{\sqrt{3500}} \right) \times \frac{4}{3}$$

$$= 35 \times 1.059 (0.6324 - 0.1690) \times \frac{4}{3} = 22.90 \text{ [Kw H/short ton]}$$

$$\times 1.105 = 25.30 \text{ [Kw H/short ton]}$$

$$210 \times 0.9 / 25.30 = 7.470 \text{ [t/hr]} \approx 7.5 \text{ [t/hr]}$$

2.6 製造工程の技術的問題－除塵装置

本工場における公害発生の可能性を持つ最大の箇所は煙突からの高炉炉頂ガスの放出である。今後より厳しくなると考えられる規制に対し、新工場の設計、既設工場の除塵強化を考慮して全般的な解説を行った。また本工場で現在使用されているベンチュリー型の除塵装置に問題が何回も発生しており、中国側の要請に応じてベンチュリースクラバーについては特に詳細に解説した。

高炉炉頂における煤塵濃度は2~20gr/Nm³前後である。高炉の排ガス中より比較的粗い粒子だけを除去し、煤塵排出濃度を1.0gr/Nm³程度にする事は、湿式集じん装置を利用すれば可能である。

湿式集塵装置には溜水式と加圧水がある。溜水式は装置内の水又は他の液体に含塵ガスを流入し、液滴、液膜、気泡を形成してガスの洗浄を行うものである。一方加圧式は洗浄水を加圧して供給し含塵ガスの洗浄を行うもので、これにはベンチュリースクラバ等がある。

湿式方式は親水性の粉塵、ミストに対し有効であり、同時に有害ガスの除去に適している。

又他に濾過集塵装置は、含塵ガスを炉材を通す事により粒子を分離捕集する装置で、これは内面濾過と表面濾過の二方式がある。表面濾過方式をとったものが、バグフィルターで最も広範囲に使用されている。この外直流高電圧のコロナ放電を利用して、排煙の粉塵粒子を荷電し電氣的引力によって分離する電気集塵装置がある。この装置は微細なヒュームの捕集に適している。

我が国における高炉の集塵装置の現状調査によれば湿式洗浄型式36%、ベンチュリースクラバー24%、バグフィルター40%とこの三種の装置がほぼ同率で使用されている。

なお、一般的な高炉から排出されるガスの性状は下記の如くである。

排ガス量	高炉送風の1.5~3.0倍
排ガス温度	150~400℃
排ガスCO ₂	2~15%
粉塵濃度	2~20gr/Nm ³ 粒度50μ以上が50%以上
比重	1.35~7.0

粉塵組成SiO₂: 25%, Fe₂O₃&Al₂O₃: 5%, CaO: 35%, P₂O₅: 20%, ig loss: 15%

コークスの細粒、燐鉱石、MgO、SiO₂、ash等の媒塵が含まれており、煤煙排出規制に従った防止対策が必要となる。

スクラッパ（Scrubber）は種類が多く、限界粒径、圧力損失、洗浄水量、処理ガス量等は装置の種類や運転条件によって異なる。代表的なScrubberについて簡単な比較を示すと次の通りである。

型 式	適用粒径	圧力損失	洗浄水量	効率	運転費	設備費	据付面積
噴霧室	5~100 μ	10~80mmH ₂ O	0.5~5l/m ³	小	小	小	大
ジェットスクラバ	0.1~50	0~300	10~100	大	大	中	小
サイクロンスクラバ	0.5~50	50~300	0.5~1.5	中	中	中	中
ダクトスクラバ	0.5~100	-100~-300	0.5~2.0	中	中	大	小
水車型スクラバ	1~100	30~100	0.1~1.0	中	小	中	中
パンチリスクラバ	0.1~50	200~800	0.5~1.5	大	大	中	小
ビ-ボディスクラバ	0.1~50	50~300	1~5	中	中	大	中
転流型スクラバ	1~100	30~100	0.1~1	中	小	小	中
充てん塔	1~100	50~200	1~5	中	小	中	中

(1) 噴霧室 (spray chamber)

噴霧室内に噴霧ノズルを適当に配置し、比較的低速度で含塵気流を通過させ、洗浄水と接触させる型のスクラッパで、構造が簡単で圧力損失が小さく自由な形に設計でき価格も低廉であるため、最も広く使用される洗浄集塵装置である。

(2) ジェットスクラッパ (Jet Scrubber)

水の所要量及び水圧が一般に高いので、送風動力は必要ないがポンプ動力が大きい欠点があり、水の循環設備を設けなければならない。設計にも難しい点があって現在余り使用されていないが、液-ガス比を大きく出来る関係から、難溶性ガスの吸収を平行する場合は他のスクラッパより能力が大きい利点がある。

(3) サイクロンスクラッパ (Cyclone Scrubber)

特殊な旋回路を用い洗浄水は壁面を上昇する水膜の形でガスと接触させる。Airs-Tumbler他多くの型がある。いずれも遠心力による集塵作用を併用するScrubberである。

(4) 機械的スクラッパ (Mechanical Scrubber)

代表的なこの種のScrubberにタイゼン洗浄機 (Theisen washer) をあげる事ができる。タイゼン洗浄機は、ターボ送風機に似た回転羽根の中心部から洗浄水を供給し、吸引されたガスは固定羽根と回転羽根との間でせん断作用を受けて激しい乱れを与えられ、回転羽根によって分散された水滴と接触して洗浄される装置である。

(5) ピーボティースクラッパ (Peabody Scrubber)

Peabody板と呼ばれる特殊な構造を持つ段板数枚を円筒中に付設し、洗浄水は最上段に供給され板上を浅く流れて溢流管から順次下段に流下する、含塵ガスはPeabody板の気孔から気泡状で洗浄水中に入り気孔の直上にある衝突板に衝突して急激に流れの方向を変えるものである。設備はやや大型となり水の所要量も多いが性能はよいといわれている。

(6) 転流型スクラッパ (Impinger Scrubber)

洗浄水中にかなり大きい速度で含塵気流を噴出し、気泡状に分散して水中の衝突板に衝突転流させる型式のScrubberで、ガスを水中に導く前に噴霧を与える事もある。この場合ダスト濃度が高いとノズル部の閉塞を起こす事があるから注意を要する。

(7) 充てん塔 (Packed tower)

洗浄水との接触時間が長くとれるため、難溶性ガスの吸収を兼ねた集塵に用いられる事がある。但し、ダスト濃度が高いと閉塞しやすく、単位ガス量当りの設備費も必ずしも低廉でないので特に優れたものではない。

(8) ベンチュリスクラバー (Venturi-Scrubber)

高性能のScrubberの1種で圧力損失が大きい欠点があるため、用途には制限がある。

a) 構造とその設計

下流にサイクロンその他の気泡分離器を設ける。縮小角は圧力損失に余り影響がないので20~30°とする。拡大角は8°を越えると境界層の剥離を生じ圧力損失が増すので、7°程度が適当である。スロート直管部は注水方式にもよるが、長さが直径以上になる事は望ましくない。注水方式にはジャケット式、圧力ノズル式等があるが、要はガス流によって噴霧された洗浄水がスロート断面に均等に分散する事が必要である。

洗浄水の分散は液位置ガス比、流速、噴射速度、注水孔位置によって決まるから

$$W = \xi n \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gcp}{Pe}}$$

注水圧力 p : 1kgf/cm²、注水孔径: d 、孔数: n 、流出係数 ξ : 0.65水比重: Pe とすれば

$$W = 0.65n \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2 \times 9.807 \times 10000}{1000} \dots 1)}$$

液ガス比0.6 l/m³、流速を $u=60$ m/secとすると注水量は

$$W \frac{\pi}{4} D_s^2 \cdot U \cdot 0.6 \times 10^{-3} = \frac{\pi}{4} D_s^2 60 \cdot 0.6 \times 10^{-3} \dots 2)$$

$$\frac{\pi}{4} D_s^2 60 \times 0.6 \times 10^{-3} = 0.65 n d^2 \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{2 \times 9807}{1000}} 10000$$

$$D_s^2 \times 0.036 = n d^2 9.103$$

$$\left(\frac{d}{D_s}\right)^2 = \frac{0.036}{n 9.103} = \frac{0.003955}{n} \doteq \frac{0.004}{n}$$

設計の基本は p を1 kgf/cm² = 10000 kgf/m²、液ガス比を0.6~1.5 l/m³、流速を60~80m/secに調整する事により、液体の分離状態が噴霧流と液滴に分散し閉

塞を起こさない事となる。

b) 作業条件

処理ガス量 $250[\text{m}^3/\text{min}] \times 60 = 15000 [\text{m}^3/\text{hr}]$

$$\frac{\pi}{4} D_s^2 = \frac{15000}{3600} \times \frac{1}{70} \quad \text{スロート部の流速 } 70\text{m/sec}$$

$D_s = 0.2753 (\text{m})$ スロート部の大きさ

初速度を 5m/sec とし、 $d = 5\text{mm}$ 、液ガス比を $L = 0.9 \text{ lit}/\text{m}^3$ とすると

$$n = \frac{(15000/3600) 0.9 \times 10^{-3}}{0.7854 \cdot 5^2 \times 10^{-6} \times 5} = 38.2 \doteq 38 [\text{個}]$$

$$W = 0.65 n \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{\frac{2 \times 9.807 p}{1000}} = \frac{15000}{3600} \times 0.9 \times 10^{-3}$$

$$= 0.65 \cdot 38 \cdot 0.7854 \cdot 5^2 \times 10^{-6} \sqrt{\frac{2 \times 9.807}{1000} p} = 3.75 \times 10^{-3}$$

$$p = 3050 \text{kgf}/\text{m}^2 = 0.305 [\text{kgf}/\text{cm}^2]$$

u : スロート部のガス流速 = 70m/sec

L : 液ガス比 = $0.9\text{lit}/\text{m}^3$

であるから

$$D_w = \frac{4980}{u} + 28.8 L^{1.5}$$

$$= \frac{4980}{70} + 28.8 (0.9)^{1.5} = 71.14 + 24.59 = 95.73$$

$$D_w = 95.73 \mu \quad (\text{平均液滴径 } \mu)$$

ベンチュリスクラバの圧力損失については

ρ : 処理ガスの比重を $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ とすると

$$\frac{\Delta P}{\rho u / 2gc} = 0.3 + 0.8L \quad \Delta P = (0.3 + 0.8L) \frac{\rho u}{2gc} = (0.3 + 0.8 \times 0.9) \frac{1.2 (70)^2}{2 \times 9.807}$$

$$= 305.8 \text{ kgf/m}^2 = 306 \text{ mm H}_2\text{O}$$

$$\text{分離数は } Nse = \frac{\rho p U d_p^2}{18 \mu Dw} = \frac{2 \times 10^3 \times 70 (10^{-6})^2}{18 \times 18 \times 10^{-6} \times 95 \times 10^{-6}} = 4.548$$

$$L\sqrt{Nse} = 0.9\sqrt{4548} = 1.919$$

集塵効率

$$1-y = \exp(-K_v L \sqrt{Nse})$$

$$= \exp(-1.535 \times 1.919) = 0.05257$$

$$y = 0.9474 \approx 95\%$$

但し、 K_v はスロート部の大きさや構造によって定まる装置定数で1.535とする。

液ガス比Lを増加すると集塵効率は急激に増加するが、ある程度以上大きくなるとあまり増加しなくなるため、Dwが大きくなり効率を減少させる。

スロート部の流速uが大きいとDwが小さくなり効率を向上させる。但し、圧力損失は流速の2乗に比例するため、uを余り大きくとる事は好ましくない。実用上50~90m/sec程度が適当と考えられる。又、実用上L液ガス比の値は0.5~1.5l/m³の範囲内である。

2.7 高炉操業におけるトラブル対策

本工場の生産能力は年間操業時間を約6,700時間で設計されている。他の連続操業化学工場、例えば石油化学工場、アンモニア、尿素等の肥料工場、は通常8,000時間操業が基準であることと比べ短いと考えられる。この原因の一つが不定期であるが年に何回か発生する高炉の不調である。もしこの原因が解明され操業時間が増加すれば、その利益は大きなものである。残念ながら調査団は高炉工程に知見が無く適切な助言を行うことは出来ないが、鉄の溶解等の経験を踏まえ可能な限りの技術的参考意見を提示した。後述する原料装入問題も含めて原因の解明につとめ安定な操業が得られることを望む。

高炉操業を行う手順や方法に入る前に、操業条件のうち主だった因子、例えばコークスの使用量や粒度、炉内での層の厚さ、装入順序、溶成燐肥の成分、等が炉況や溶湯性能にどのような影響を与えるか問題点を探る事が重要である。

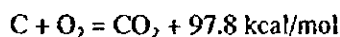
こういった操業に関与する因子と、炉況や溶湯性状との関係を充分理解し、これを基本として操業条件を決める事が肝要と考える。

(1) 操業に関与する溶解の基本

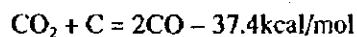
(a) 炉内の雰囲気

高炉内の雰囲気は羽口から送風された空気中の O_2 及び N_2 、 O_2 とコークスの反応により生ずる CO_2 及び CO が中心である。

これなどのガス濃度はコークス量と空気量との相互関係及び炉内位置により異なる。即ち羽口から送風された空気中の酸素はコークスと反応し発熱する。



一方、ベットコークスは上記の反応により $1,700 \sim 1,800^\circ\text{C}$ 程度の高温となるため一部の CO_2 は CO に転化する。



従って熱量のみからすれば酸化反応が望ましい訳である。鉄溶解の場合は、 Fe 、 Si 、 Mn 等の酸化防止の面から考えると還元反応が望ましいが、溶成燐肥の場合は酸化反応が望ましい訳で、炉頂ガス組成 $CO_2/CO + CO_2 > 0.75$ となるよう、コークス燃焼が一般に行われ技術的にも大過ないようである。

以上のように高炉内の雰囲気は支配する因子はコークス比の条件と送風の条件である。

コークス条件としては粒径が大きくなる程、その燃焼性及び反応性が小さい程、またコークス比の低い程雰囲気はCO₂が多くなる。

送風条件としては送風の熱風温度の低い程又送風量の大きい程CO₂が多くなる。

(b) 溶湯とコークスとの接触反応

高炉にはベットコークスが存在するため、種々の反応が行われる。操業条件としては、コークスの粒度及び灰分、コークス比、送風量、送風温度等により炉況の溶湯性状に変化が生じて来る。

即ち、コークス量が少なければ燃焼発生熱が少ないため溶湯の温度は低下する。又、一般に化学反応は温度保持時間、接触面積等を増すと促進するので、コークス粒が小さい場合は大塊より接触面積が増加する分だけ反応が進む事となるが、除塵設備でDustの閉塞が問題となって来る。

(c) 溶成燐肥との反応

溶成燐肥の主成分は酸化性物質、塩基性酸化物及び両性酸化物でありこれらの化合物は

酸性酸化物	SiO ₂ , P ₂ O ₅
塩基性酸化物	CaO, MgO, FeO, MnO
両性酸化物	Al ₂ O ₃

等である。これらの成分が溶湯と反応して

$$\text{CaO/SiO}_2 \quad \text{CaO + MgO/SiO}_2 \quad \text{CaO + MgO/SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$$

等のmol比によるが、軟化点、滴下温度が低く、低温から溶融が起こる場合は溶融物は粘稠であって流れが悪い等の現象が発生する。

又、逆に溶成燐肥が塩基性で燐酸を含み流動性がよい場合は、耐火物を甚だしく侵蝕する現象を示す事もある。

(2) 高炉の構造について

炉体は円筒形であり外殻は鋼板で内部は耐火物によりライニングされている。コークスの燃焼に必要な空気は送風機から炉体の外周を取り巻く風箱を経て、羽口から炉内へ送られる。

原材料コークス等は炉体上部の装入口から投入される。送風によりコークスは燃焼し、原料は溶解され出湯口より溶成燐肥が出湯して水砕され炉外に排出される事となる。

(a) 炉体内部の形状

炉体内部は耐火物によりライニングされているが、耐火物が操業中に侵食されるの見込んで予め侵食部を広げたものもある。又、予熱帯を拡げて予熱効果を上げる目的としているものもあるが棚吊り現象を起こし易い欠点がある。

(b) 有効高さ

有効高さとは羽口面から装入口下端までの高さ (H) を言い、これを羽口面の炉内直径 (D) で除したものを有効高さ比 (H/D) と称する。この部分では装入物の予熱が行われるが、その高さは炉の大きさにより異なる。適当な有効高さ比は4~6であるが、通常炉内径が大きい程適正有効高さ比は小さくなる。

有効高さが長い事は多量の顕熱を持ったガスが炉内を上昇するとき、その熱が予熱、溶解、加熱に有効に使われる事を意味している。しかし、有効高さを高くする事は炉の下部に充填されているペットコークスに大きな圧力が加わり、操業中に破碎され操業条件を変える恐れがあり、又炉内の通風抵抗を大きくし風力に脈動現象を起こす場合もある。

炉内の通風抵抗の増加は送風機の負荷を大きくする。従って送風量を保つためには、送風機にルーツブローアを使用する事が好ましい。

有効高さHと高炉面内径Dとの比 (H/D) を有効高さ比と呼ぶが上記相反する二点、即ち上昇ガスの熱量の有効利用及び炉内充填コークスの破碎と通風抵抗増加に伴う送風機の高負荷を考え、適当な有効高さ比を決定する事が好ましい。

(c) 風箱

送風機から送られた空気を各羽口から均一に炉内に入れるためのものである。そのため送風管を風箱の外周に対し接線方向に取りつける。風箱の中を送風管の直径と等しくする。風箱の高さを直径の4倍以上にする等の方法がとられている。この外平衡送風の目的から、風箱中の空気の通路にじゃま板や閉鎖弁をつけて空気の流れを調節し、各羽口へ入る風量を均等にする方法も行われる事がある。

(d) 羽口

高炉に空気を送り込む口である。羽口は高炉1基に対し6~8個程度の数が円周等分位置に取り付けられている。各羽口の断面積の総和を a 、羽口面における高炉の炉内断面積を A とすると、

A/a を羽口比と称する

この羽口比が小さい場合、即ち羽口断面積が大きい場合には、送風速度が遅くなり送風が炉の中心にまで到達しにくい。又羽口比が大きい場合には送風速度が速くなりすぎる。一般には羽口比は5~10を採用しているが、炉径の小さくなる程小さい方の値を採用している。

羽口の形状としては円形、正方形、矩形がある。又、羽口の傾斜としては水平又は炉内に向かって5~15°程度下向きに傾斜させる。羽口の段数としては1段羽口と多段羽口とがあるが、良質のコークスが得られる現在ではほとんど1段羽口を採用している。

(e) 羽口面から炉底までの深さ

羽口面から炉底迄は常にベットコークスが満たされている。

(3) 送風量の決定

高炉の操業状況、生産量を決定する重要な要因として空気量が上げられる。本工場では空気量の測定がなされていないが、空気量を積極的に適正值に調節することにより、高炉の順調な操業を保つことが出来る。しかし現状では適正空気量を計算で求めることは出来ず、経験的なデータを積み重ねて行くことが必要となる。ここでは空気量計算方式を通じて高炉内部での酸素の働きについ

ての理解を深め、より効率的な操業を保つことを希望する。

羽口から送られる空気量をコークスの燃焼に消費される最低必要量と考えれば、

$$\text{送風量 } Q[\text{Nm}^3/\text{min}] = \frac{1000}{60} \times W \times \frac{K}{100} \times \frac{k}{100} \times L = \frac{WKkL}{600}$$

ここに

W 高炉溶解速度 (8T/H)

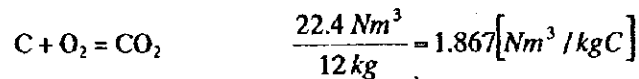
K 溶成磷肥100kg当り燃焼に消費されるコークス量27kg、コークス比 (0.27)

k コークス100kg中に含まれる固定炭素量80kg (固定炭素含有率)

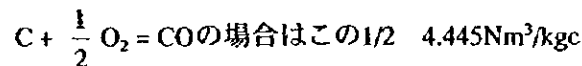
L 炭素1kgを燃焼するに必要な空気量 (Nm³/kg炭素)

即ち $\frac{1000}{60} \times W \times \frac{K}{100} \times \frac{k}{100}$ は高炉で1分間に燃焼消費される炭素量を表し、

これに下式の炭素1kgを燃焼するに必要な空気量L (Nm³) を乗ずれば1分間当りの必要送風量Qが求められる。



この酸素量が空気中の酸素21%に相当するので、 $1.867 \times \frac{100}{21} = 8.890 \text{ m}^3$



即ちC 1kgがCO₂になるための空気量は8.890Nm³/kg C

COになるための空気量は4.445Nm³/kg C

である。

このCO₂とCOの比率は一般に燃焼率 $\eta_o = \left(\frac{\text{CO}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \right)$ で示されるので

CO₂=20%、CO=5%と仮定した場合は

$$\begin{aligned} L &= L_{\text{CO}_2} \times \frac{\text{CO}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}} + L_{\text{CO}} \times \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \\ &= 8.89 \frac{\text{CO}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}} + 4.445 \frac{\text{CO}}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \end{aligned}$$

$$= 4.445 \frac{2CO_2 + CO}{CO_2 + CO} = 4.445 \left(\frac{CO_2 + CO}{CO_2 + CO} + \frac{CO_2}{CO_2 + CO} \right)$$

$$= 4.445(1 + \eta_v) = 4.445 \left(1 + \frac{0.2}{0.20 + 0.05} \right) = 8.001$$

$$Q = \frac{WKk}{600} 4.445(1 + \eta_v) = \frac{8.27 \times 80 \times 8.001}{600} = 230.4 \text{ [Nm}^3 \text{/min]}$$

しかし、この式のW（高炉の溶解速度）と燃焼率 η_v は送風量、溶成磷肥の成分や粒度、コークス粒度等の多くの因子で変化するので送風量を決定する事は困難である。

以上のように送風量を理論に基づいた数式で表す事は今の所不可能である。

Patterson氏は経験値として下記の式を提案している。本数値を目安として現高炉の操業状況を検討されたい。

Q送風量 (Nm³/min)、A (炉の断面積m²) としてQ/A=90~110 [Nm³/min/m² 高炉面積]の値を採用し、炉の単位断面積当りに換算することによって必要送風量を推定する。

(4) 操業管理

製品の品質を向上させ均質化を図るためには高炉操業を充分管理する事が必要である。

- ・ 操業中は送風量を規準とし風圧を参考とする
- ・ 出湯口は常に掃除し、溶湯の滴下状況を観察する
- ・ 出湯温度測定と炉質ガス分析を行い変動を測定する
- ・ 湯面模様と流動性を観察する

等の手順を守り安定に操業する。

温度が低かったり出湯量が少ないのはコークベットが高すぎる場合もあり、早く多くの溶湯が出て温度が低いのはコークベットが低すぎる場合である。

コークスの品質、コークス比やコークベットの高さ、装入剤原料、品質組成、大きさ粒度等の種々の要因で溶湯状況が異なるので、基準値について下記項目別に工程順に列記し、マニュアル化し適切な操業を行うことが重要である。

特に操業中は羽口は常に完全に開口し、燃焼が盛んになるように絶えず注意

し、羽口がスラグでふさがりそうな時は鉄棒で掃除する等常に監視する事の必要性も重視される。

管理すべき項目、手法等を下記解説すると

1) 操業

a) ベットコークスの積込

①コークスの装入、②ベットコークスの高さの確認

b) 空吹き

①時期、②時間、③送風量、④ベットコークスの高さの再調整

c) 材料装入

①時期、②装入順序、③予熱時間

d) 送風溶解開始

①送風開始時期の確認、②送風量、③初湯滴下時間の確認

e) 定常操業時の確認事項

①送風温度、②出湯温度、③溶解温度、④冷却水の温度と量、⑤風圧、⑥排ガスの組成と温度

f) 溶湯性状の判断（湯流れ）

g) 操業時の異常と対応

①棚吊、②羽口閉鎖、③出湯口閉塞、④各種機器の故障（送風機、排風機、冷却水ポンプ装入、機器etc）

2) 操業準備

a) 溶融材料の決定

①規準材質の選定、②目標化学組成の設定、③配合材料の設定、④溶解量、溶解順序の設定、⑤送風条件の設定

b) 機器の点検

送風機：回転車の損傷の有無、送風系統の風漏れ

秤量器重量の正確度、材料送入機の作動状況

各種測定機器の正確さと精度

得られたデータについて計算して管理図を作成し、その結果から工程やロ

ットを推理し、もし目標から離れている場合には工程の修正を施し、目標値に近づけ作業を標準化して常にその値を維持するよう努める事が統計的管理方法である。

2.8 高炉耐火煉瓦浸食に関すること

日本でも当初高炉に対する耐火物との反応について研究を行った。結論としてマグネシア煉瓦の場合が最も軟化点が高く、耐火物の中では塩基性の耐火物が成分的に溶成燐肥に対して好適であり、時にマグネシアが成分的により事を示した。但し、一般に組織が緻密でないため、実際に使用した場合、侵食に対して余り強くなく、実用上効果がなかったため高炉は日本では発展せず、現在に至った。

しかし日本に於ける経験から考え対策として次の事が実行されれば、幾分なりとも炉の寿命を長期化出来るのではないかと推定されるので検討を望みたい。

(a) 溶成燐肥の諸成分の影響 (mol比の調整)

原料配合により溶成燐肥内のmol比が適正を欠いていないか検討が必要である。特に $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ mol比を上げると、熔融温度が上昇し顕著な発熱を伴って結晶化する。又、 $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ mol比が高いと融点範囲が高い温度に移動し、熔融物の粘度が高くなるのでよい傾向を示さない。

(b) コークスの選択基準

- ① 塊の大きさが炉径の1/10～1/15程度で粒の揃っているもの。
- ② 強度が高く炉内を下降する間に破碎し難いもの。

特に粒度については、通気抵抗、炉内ガスの成分の分布に重大な影響がある。コークスの燃焼反応は塊の表面付近で行われるので、粒度が細かいと短時間で酸素を消費、羽口直上の酸化帯の位置が下り溶湯の温度が高くなる。(燃焼性コークス比の低い場合も同様)

特に追込みコークスの過不足等でベットコークスの変化の推移により高融点低融点の雰囲気曝される事もあるので、炉内ガス分布、温度分布の影響要因に対し特に注意を要する。

コークスの性状粒径、羽口の形状、送風量、送風温度、空気温度等を出湯温度に応じ、上記の項目を考慮して適切な操業条件を見出す事が高炉操業の管理重要項目である。

- (c) 本工場で原料に細粉品が多量に混在している事により除塵設備での閉塞現象が生じ、ガスの流通性を欠く事によりエアクリーナ等のVenturi-Scrubber出口の閉塞の頻度が高いと聞かされた。

従って炉内の温度が上昇して溶け落ちの位置が低くなり、高温の雰囲気におかれるため、煉瓦の侵食促進、組織の異常化を受け易いので浸食を早める事となる。(液ガス比、流速、噴射圧力の改善)

2.9 高炉の熱精算 (Heat Balance of Cupola)

生産の正常な発達は適正なエネルギー管理なしでは望み得ない。いかに作業を自動化し品質管理を強化しても、もしエネルギーの適正な管理が伴わないならば完全なものとはいえない。

工業に使われるエネルギーの主流は熱であり、エネルギー管理の根底は熱管理である。熱管理とは工場内で最小限度のエネルギーを消費し、かつ出来るだけ少ない作業で最大の質及び量の生産をなすための技術である。

設備の安定運転とは別の表現をすれば異常状態の防止である。異常状態が発生したとき、これを認識し、解析し、原因を発見しそして問題を解決しなければならない。このためには正常な状態についてのデータを蓄積して、異常時の数値と比較する事によってのみ問題点を正しく把握できる。また設備の改造、新設に際して適切な設計を行うためには、やはり現状の正しい把握が必要となる。

調査団はこの観点から、本工場の物質及び熱収支の作成を提案した。しかし工場操業の事情で必要なデータの採取が不可能となり、残念ながら実際の収支表は作成できなかった。

そのため本報告書では、仮定の数値を使用した高炉の熱精算の計算例を示し、将来工場にて収支計算を行う参考として提出する。

熱収支、物質収支としてはここに挙げた高炉工程以外に、熱風炉、乾燥炉等があるが比較的単純で理解しやすいため、高炉工程に絞って説明した。

1. 高炉操業条件の確定

1.1 各操業状態の測定

(1) 運転状況

化学装置の各部分には値の大小はあるが必ず時間遅れがあり、これを収支に繰り入れて計算することは實際上不可能に近く変化していない条件での測定が必要である。従って物質収支、熱収支のための測定時は工程を出来る限り安定な運転状態に保たなければならない。高炉の場合、少なくとも高炉内の原料滞留時間以上の安定運転を継続したことを確認後、各運転値を測定するべきである。

(2) 測定量

a) 原料

安定運転時間中の原料は各部分が充分均一になるようかき混ぜ、5カ所以上のサンプル採取を行って分析し、各分析値を平均する。装入量及び装入頻度が平均化するように注意し、少なくとも各15分間の平均装入量を4倍して時間あたりの装入量とする。特に原料中の水分量、原料装入時の飛散量に十分注意すること。

b) ガス分析

炉頂ガスについて成分分析を行う。

炭酸ガス、一酸化炭素、窒素、酸素、水分、その他成分を分析の必要がある。

c) 温度

溶湯温度、装入空気温度、炉頂ガス温度、環境温度

d) 製品

製造された溶成磷肥の各成分を分析する。分析は3回以上行い各測定値を平均する。

以上が最低必要な測定値である。

e) その他

装入空気量、炉頂ガス流量、各部圧力、各部温度、熱風炉周りの各運転量、等可能な限り多くのデータを採取すること。

各データは測定誤差を含むためそれぞれの値を十分吟味し、尤も信頼できる値を用いて計算を行う。

(3) 本仮定計算の前提

高炉に供給される空気及び高炉より排出される炉頂ガスの量は炉頂ガスの成分を仮定して計算を行った。

但し実際の物質収支を計算する場合は、供給空気及び炉頂ガスの量及び成

分を直接測定してその測定データを用いなければならない。これは複数のデータによりクロスチェックを行うことにより、精度を高めることと、異常の発見を容易にするためである。

過剰の O_2 の存在下で大量のCOが生成する可能性はほとんどないと考えられる。勿論偏流、層流等のため部分的に O_2 が不足する場合はあり得るが、ここでは高炉内の空気は充分攪拌され、均一に流れていると考える。従って高炉への空気の過剰はないとする。

高炉に投入されるC量は

コークスより

$$270 \times 0.76 \times 7.5 = 1535 \text{ kg/hr}$$

白雲石より

白雲石のCaOを32%、MgOを21%とすると

$$C/CaO \times 0.32 = 12/56 \times 0.32 = 0.06857 \quad C/Mg \times 0.21 = 12/40 \times 0.21 = 0.063$$

従って白雲石中のCの重量は

$$326 \times (0.06857 + 0.063) \times 7.5 = 321.7 \text{ kg/hr} \quad \text{これは } 321.7 / 12 = 26.8 \text{ Kmol/hr}$$

となる

このCより生成される CO_2 及びCOの量は

$$(1535 + 321.7) \times 22.4 / 12 = 3465.8 \text{ m}^3/\text{hr}$$

この CO_2 及びCOを生成するのに必要な O_2 の量は

$$3465.8 \times 21.3 / (21.3 + 5.6) = 2744.3 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$3465.8 \times 5.6 / (21.3 + 5.6) / 2 = 360.8 \text{ m}^3/\text{hr}$$

また白雲石由来の O_2 は

$$26.8 \times 22.4 = 600.3 \text{ m}^3/\text{hr}$$

従って空気により供給される O_2 は

$$2744.3 + 360.8 - 600.3 = 2504.8 \quad \text{となり供給空気量は}$$

$$2504.8 / 0.21 = 11927.6 \text{ m}^3/\text{hr} \quad \text{即ち } 11927.6 / 60 = 198.7 \quad \therefore 200 \text{ m}^3/\text{min}$$

とする。

また炉頂ガス量は $CO_2 + CO$ の量と%から

$$3465.8 / (0.213 + 0.056) = 12884 \text{ m}^3/\text{hr} \quad \text{即ち } 214.7 \text{ m}^3/\text{min} \quad \therefore 215 \text{ m}^3/\text{min} \text{とする。}$$

1.2 現有高炉の操業諸元

生産能力 7.5 (T/hr)
操業/Cycle 4hr
コークス比 270kg/溶成磷肥T

コークス成分

FC	VM	ash	H ₂ O (%)
76	1.5	19.5	3.0

出湯温度 1450℃

炉頂ガス成分

CO ₂	CO	N ₂	vol %
21.3	5.6	73.1	

炉質ガス温度 150~200℃
室温 20℃

2. 原料物質収支（高炉内）

出湯溶成磷肥1T当りの原単位

	Wet up	水分	付着 水分	Dry Base	CO ₂ , CHO, SO ₃	(F↑)	F	P ₂ O ₅	CaO	Mgo	SiO ₂	磷肥 Base	
磷鉱石	745	2%	15kg	730	7.0%	51kg	(2.0%)	3.6%	26	37	1	19	664.4kg
蛇紋岩	114	-	-	114	13.0	16	(14.6kg)				38	40	98
白雲岩	326	-	-	326	46.0	150					21	30	176
珪石	29	-	-	29	-	-						95	29
コークス	270	3%	8	262	80.0	211							51
	1484kg		23kg	1461kg		428kg	14.6kg						1018.4
						注1	注2				1.84% Flying loss		18.4
													1000kg

注1有機物、炭水化物、硫化物の分解

注2弗素化合物の分解

3. 熱勘定

入熱

① コークスの有する発熱量

一般によく使われる $Q_f = 0.97\{8100C + 10000(0.96 - W)(V + W)\}$ の式を用いる。Cは1kg中に含まれる固定炭素量 (kg) 又は1kg中に含まれる水分量に関する係数で6.5とする。Wは燃料1kg中に含まれる水分量 (kg) Vは燃料1kg中に含まれる揮発分量 (kg)

$$Q_f = 0.97\{8100 \times 0.76 + 10000 \times (0.96 - 6.5 \times 0.03) \times (0.015 + 0.03)\}$$

$$= 0.97 \times (6156 + 344.25) = 6305 \text{ [kcal/kg]}$$

溶成磷肥1t生産するのに要する熱量は $6305 \times 270 \text{kg} = 1.702 \times 10^6 \text{ [kcal/t]}$

② 熱風350℃ 湿度H=0.10 [kgH₂O/kg dryair] で羽口に送入されると仮定すると

$$VH = (0.7734 + 1.244H) \times \frac{293}{273} (0.7734 + 1.244 \times 0.10) \frac{293}{273} = 0.9636 [m^3/kgdryair]$$

比熱は

$$C_{air} = (0.24 + 0.46 \times 0.1) = 0.286$$

$$qa = 200 \times \frac{1}{0.9636} \times 60 / 7.5 \times 0.286 (350 - 20) = 145500 [kcal/T]$$

出熱

③ 各種原料の溶解×に必要な熱量

(a) 燐灰石

$$(500 - 20) \times 730 \times 0.246 = 86198 \quad 244880 [kcal/T]$$

$$(1450 - 500) \times 679 \times 0.246 = 158682$$

(b) 蛇紋岩

$$(500 - 20) \times 114 \times 0.278 = 152212 \quad 41094$$

$$(1450 - 500) \times 98 \times 0.278 = 25882$$

(c) 白雲石

$$(500 - 20) \times 326 \times 0.3 = 46944 \quad 97104$$

$$(1450 - 500) \times 176 \times 0.3 = 50160$$

(d) 珪石

$$(1450 - 20) \times 29 \times 0.25 = 10368 \quad 10368$$

(e) コークス灰分相当量

$$(1450 - 20) \times 51 \times 0.35 = 25526 \quad 25526$$

$$\text{従って総計は } 418972 = 41.90 \times 10^4 [kcal/T]$$

④ 各原料の分解に消費される熱量

$\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{MgO} + \text{CO}_2$ 及びコークス等の分解作用に必要な熱量及び各鉱石中の有機物、炭水化物の分解に要する溶成燐肥1t当りの熱量は
 $900\text{kcal/kg} \times (51 + 16 + 150 + 211 + 14.6) = 900 \times 442.6 = 398,340 [\text{kcal/T}]$

⑤ 付着水の蒸発ならびに顕熱に必要な熱量

(a) 付着水の蒸発

$$551 \times 23 = 12,673$$

(b) 付着水の感熱

$$\{(80 - 20) \times 1 + (550 - 80) \times 0.378 \times 22.4/18\} \times 23 = 6,465$$

合計19138 [kcal/T]

⑥ 炉頂ガスの持ち去る熱量

(a) COガス量による炉質ガスの持ち去る熱量

$$215 \times 60/7.5 \times 0.056 = 96\text{Nm}^3/\text{T}$$
$$96 \times 0.32 \times (150 - 20) = 4,007\text{kcal/T}$$

(b) CO₂ガスの持ち去る熱量

$$215 \times 60/7.5 \times 0.213 = 366\text{Nm}^3/\text{T}$$
$$366 \times 0.472 (150 - 20) = 22,480\text{kcal/T}$$

(c) N₂ガスの持ち去る熱量

$$215 \times 60/7.5 \times 0.731 = 1257\text{Nm}^3/\text{T}$$
$$1257 \times 0.315 \times (150 - 20) = 51,487\text{kcal/T}$$

従って総計は4,007 + 22,480 + 51,487 = 77,974 kcal/T

⑦ COガスの燃焼熱

$$215 \times 60/7.5 \times 0.056 = 96\text{Nm}^3/\text{T}$$
$$96 \times 3,098 = 298,400\text{kcal/T}$$

⑧ 炉体の輻射その他に費やされる熱量

$$\begin{aligned}
 Q_7 &= \text{入熱} - \text{出熱} = (Q_1 + Q_2) - (Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7) \\
 &= (1702 + 146) \times 10^3 - (419 + 398 + 19 + 78 + 298) \times 10^3 \\
 &= 636 \times 10^3 \text{ kcal/T}
 \end{aligned}$$

上記の結果を表示すれば次のごとくである。

項目	入熱	%	出熱	%
1. コークスの有する発熱量	1702×10 ³ kcal/T	91.0		
2. 熱風で羽口に送入される熱量	146×10 ³	9.0		
3. 各原料の溶解に必要な熱量			419×10 ³ kcal/T	22.7
4. 各原料の分解に消費される熱量			398×10 ³	21.6
5. 付着水の蒸発、感熱に必要な熱			19×10 ³	1.0
6. 炉頂ガスの持ち去る熱量			78×10 ³	4.2
7. COガスの燃焼熱			298×10 ³	16.1
8. 炉体輻射その他に費やされる熱量			636×10 ³	34.4
合計	1848×10 ³ kcal/T	100	1848×10 ³ kcal/T	100