

中華人民共和国
工場（雲南化工）近代化計画
調査報告書

目 次

第Ⅰ編 序論

1. 調査の背景	I - 1
2. 調査の目的	I - 1
3. 調査の対象工場及び対象製品	I - 1
4. 調査の内容	I - 1
4.1 現地調査	I - 1
4.2 日本国内調査	I - 2
5. 現地調査団の構成、日程、主要面談者	I - 2
5.1 調査団の構成	I - 2
5.2 調査日程	I - 2
5.3 中華人民共和国側面談者	I - 3

第Ⅱ編 工場概要

1. 雲南省の概要	II - 1
1.1 雲南省の自然条件	II - 1
1.2 雲南省の社会的環境	II - 1
1.3 雲南省の経済的環境	II - 2
2. 昆明市の概要	II - 3
2.1 昆明市の自然条件	II - 3
2.2 昆明市の社会的環境	II - 3
2.3 昆明市の経済的環境	II - 3
3. 工場概要	II - 5
3.1 雲南化工廠の基本形態	II - 5
3.2 工場配置	II - 5
3.3 製品	II - 7
3.4 組織及び人員	II - 12
3.5 原材料・資材	II - 15
3.6 製造設備	II - 17
3.7 用役設備	II - 18
3.8 保全設備	II - 19
3.9 物流設備	II - 20
3.10 情報機器	II - 21
3.11 工場管理	II - 22
3.12 問題点	II - 25

第Ⅲ編 生産工程の現状と問題点

1. 生産工程概要	III - 1
1.1 塩化ビニル樹脂（PVC）製造プロセスの種類と概要	III - 1
1.2 PVC生産部門の組織と人員	III - 6
1.3 生産計画及び生産実績管理	III - 10
1.4 生産能力	III - 11

1.5 原材料	Ⅲ - 15
2. 製造プロセス	Ⅲ - 19
2.1 反応工程	Ⅲ - 19
2.2 沈析工程	Ⅲ - 25
2.3 脱VCM工程	Ⅲ - 25
2.4 脱水工程	Ⅲ - 26
2.5 乾燥工程	Ⅲ - 27
2.6 篩粉工程	Ⅲ - 27
2.7 サイロ保管・包装工程	Ⅲ - 28
2.8 原単位	Ⅲ - 28
3. 生産設備	Ⅲ - 33
3.1 機器リスト	Ⅲ - 33
3.2 計装機器リスト	Ⅲ - 37
3.3 設備配置	Ⅲ - 38
4. 生産検査	Ⅲ - 41
4.1 原料受け入れ検査	Ⅲ - 41
4.2 工程検査	Ⅲ - 41
4.3 製品検査	Ⅲ - 42
5. 環境・安全対策	Ⅲ - 48
5.1 環境対策	Ⅲ - 48
5.2 安全対策	Ⅲ - 49
6. 生産工程に関する問題点	Ⅲ - 52

第Ⅳ編 生産管理の現状と問題点

1. 研究開発	Ⅳ - 1
1.1 担当部門・体制・人員	Ⅳ - 1
1.2 開発の方法と管理体制	Ⅳ - 2
1.3 研究報告書	Ⅳ - 4
1.4 技術情報	Ⅳ - 5
1.5 開発実績と今後の予定	Ⅳ - 5
1.6 研究開発に関する問題点	Ⅳ - 9
2. 生産技術管理	Ⅳ - 10
2.1 担当部門・体制・人員	Ⅳ - 10
2.2 技術標準・操作マニュアル類	Ⅳ - 11
2.3 技術改造	Ⅳ - 13
2.4 技術検討報告書管理	Ⅳ - 15
2.5 生産技術管理に関する問題点	Ⅳ - 15
3. 販売管理	Ⅳ - 17
3.1 担当部門・体制・人員	Ⅳ - 17
3.2 販売計画・価格決定手順	Ⅳ - 18
3.3 販売業務の流れ	Ⅳ - 19
3.4 販売先からの各種要望状況	Ⅳ - 20

3.5 顧客の状況と販売戦略	IV-24
3.6 販売管理に関する問題点	IV-26
4. 調達管理	IV-27
4.1 担当部門・体制・人員	IV-27
4.2 調達計画	IV-27
4.3 調達業務の流れ	IV-28
4.4 調達元における問題点	IV-30
4.5 調達管理に関する問題点	IV-31
5. 在庫管理	IV-32
5.1 担当部門・体制・人員	IV-32
5.2 在庫品の種類・数量	IV-33
5.3 在庫管理の方法	IV-34
5.4 在庫管理に関する問題点	IV-35
6. 工程管理（生産計画と実績管理）	IV-36
6.1 担当部門・体制・人員	IV-36
6.2 生産計画策定	IV-37
6.3 生産実績把握	IV-42
6.4 工程管理に関する問題点	IV-43
7. 品質管理	IV-44
7.1 担当部門・体制・人員	IV-44
7.2 品質保証体系	IV-45
7.3 品質検査	IV-46
7.4 小集団活動	IV-47
7.5 品質管理に関する問題点	IV-47
8. 設備管理	IV-49
8.1 担当部門・体制・人員	IV-49
8.2 保全基準・計画	IV-49
8.3 設備保全業務	IV-50
8.4 設備保全費用の実績	IV-52
8.5 設備管理に関する問題点	IV-53
9. 安全管理	IV-54
9.1 担当部門・体制・人員	IV-54
9.2 安全管理体系	IV-55
9.3 安全活動	IV-56
9.4 安全教育・訓練	IV-60
9.5 災害実績	IV-63
9.6 安全管理に関する問題点	IV-64
10. 教育・訓練	IV-65
10.1 担当部門・体制・人員	IV-65
10.2 教育体系	IV-65
10.3 改善提案制度と小集団活動	IV-67
10.4 個人の業績評価	IV-67

10.5 教育・訓練に関する問題点	IV-67
11 環境対策	IV-69
11.1 担当部門・体制・人員	IV-69
11.2 適用法規及び基準	IV-69
11.3 環境対策設備	IV-70
11.4 環境保全実施状況	IV-71
11.5 環境対策の将来計画	IV-74
11.6 環境対策に関する問題点	IV-74
第V編 財務管理の現状と問題点	
1. 財務管理状況	V-1
1.1 財務管理担当組織・体制・人員	V-1
1.2 財務管理体系	V-2
1.3 利益管理状況	V-11
1.4 資金管理状況	V-14
1.5 設備投資管理	V-17
2. 製造原価ならびに製品別損益管理状況	V-18
2.1 製造原価計算体制	V-18
2.2 原価計算の方法および手順	V-18
2.3 売上原価および製品別損益の計算の方法	V-21
3. 財務状況および原価状況	V-25
4. 財務管理の問題点	V-29
4.1 財務状況、原価状況からみた問題点	V-29
4.2 利益管理の問題点	V-33
4.3 その他の問題点	V-35
第VI編 工場近代化計画	
1. 近代化計画の目標と前提	VI-1
1.1 近代化計画の目標	VI-1
1.2 近代化計画の前提	VI-2
2. 工場側より提示された近代化計画の構想	VI-3
2.1 近代化計画のスケジュール	VI-3
2.2 近代化計画に投入する資金	VI-3
2.3 近代化計画の構想	VI-3
3. 近代化の重点課題	VI-8
4. 塩化ビニル樹脂（PVC）の製品展開計画	VI-9
4.1 中国におけるPVCの生産、需要状況	VI-9
4.2 PVCの市場見通し	VI-11
4.3 雲南化工廠のPVC製品の市場競争力	VI-13
4.4 塩化ビニル樹脂の品種計画	VI-15
5. 生産工程面の近代化計画	VI-16
5.1 近代化計画の概要	VI-16

5.2 近代化計画第1段階	VI-25
5.3 近代化計画第2段階	VI-31
5.4 将来計画	VI-44
5.5 改善により期待される効果	VI-45
6. 生産管理面の近代化計画	VI-48
6.1 全般	VI-48
6.2 技術開発の近代化	VI-61
6.3 生産技術管理の近代化	VI-69
6.4 販売管理の近代化	VI-70
6.5 調達管理の近代化	VI-71
6.6 在庫管理の近代化	VI-72
6.7 工程管理の近代化	VI-72
6.8 品質管理の近代化	VI-75
6.9 設備管理の近代化	VI-76
6.10 安全管理の近代化	VI-78
6.11 教育・訓練の近代化	VI-79
6.12 環境対策の近代化	VI-79
6.13 生産管理の近代化実施による期待効果	VI-80
7. 財務管理面の近代化計画	VI-82
7.1 財務管理面の課題と近代化計画のテーマ	VI-82
7.2 中長期経営計画の策定	VI-83
7.3 計画、実績差異分析体系の改善	VI-100
7.4 資金計画の作成	VI-104
7.5 財務管理の近代化実施による期待効果	VI-106
8. 中期経営計画	VI-107
8.1 中期経営計画策定の前提	VI-107
8.2 中期経営計画試算結果概要	VI-111
8.3 工場経営改善の見通し	VI-112
9. 設備投資額の試算	VI-116
9.1 設備積算の前提	VI-116
9.2 総投資額概要	VI-116
9.3 PVC生産工程の近代化計画に要する費用	VI-117
9.4 近代化計画導入による収益改善評価	VI-118
10. 近代化計画の実行手順とスケジュール	VI-121
11. 近代化計画実施上の留意点	VI-124

別紙 中期経営計画計算資料

表目次

表Ⅱ－１	製品の生産能力と仕様、主要用途	Ⅱ－１０
表Ⅱ－２	製品の販売額推移	Ⅱ－１０
表Ⅱ－３	塩素バランス	Ⅱ－１１
表Ⅱ－４	雲南化工廠人員構成	Ⅱ－１５
表Ⅱ－５	主要原材料の使用量・購入額推移	Ⅱ－１６
表Ⅱ－６	雲南化工廠製品製造設備	Ⅱ－１７
表Ⅱ－７	用役設備	Ⅱ－１９
表Ⅱ－８	倉庫の種類・保管条件等	Ⅱ－２１
表Ⅱ－９	設置コンピュータの概要	Ⅱ－２２
表Ⅱ－１０	主要製品の生産計画および生産実績推移	Ⅱ－２４
表Ⅲ－１	PVC重合の方法	Ⅲ－１
表Ⅲ－２	懸濁重合PVCの用途	Ⅲ－５
表Ⅲ－３	中国における懸濁重合PVCの品種	Ⅲ－５
表Ⅲ－４	PVC生産現場の各作業組の業務内容	Ⅲ－８
表Ⅲ－５	PVC生産プラントの各工程の工程別能力	Ⅲ－１１
表Ⅲ－６	反応工程の平均サイクルタイム	Ⅲ－１３
表Ⅲ－７	PVC重合工程の稼動時間ロス	Ⅲ－１３
表Ⅲ－８	SG5の運転状況解析結果	Ⅲ－１４
表Ⅲ－９	自製原材料の受入れ基準と実績	Ⅲ－１５
表Ⅲ－１０	購入原材料の受入れ規格	Ⅲ－１７
表Ⅲ－１１	重合処方一覧表	Ⅲ－２１
表Ⅲ－１２	VCM及び主要助剤の原単位	Ⅲ－２９
表Ⅲ－１３	用役の原単位	Ⅲ－３０
表Ⅲ－１４	工程別用役使用量	Ⅲ－３１
表Ⅲ－１５	機器リスト(1)	Ⅲ－３４
表Ⅲ－１６	機器リスト(2)	Ⅲ－３５
表Ⅲ－１７	機器リスト(3)	Ⅲ－３６
表Ⅲ－１８	機器リスト(4)	Ⅲ－３７
表Ⅲ－１９	計装機器リスト	Ⅲ－３８
表Ⅲ－２０	VCM中のアセチレン含有量の推移(1998年1月)	Ⅲ－４２
表Ⅲ－２１	懸濁重合PVCの中国国家規格	Ⅲ－４３
表Ⅲ－２２	PVC製品の規格と品質実績(1)	Ⅲ－４５
表Ⅲ－２３	PVC製品の規格と品質実績(2)	Ⅲ－４６
表Ⅳ－１	今後の研究開発の主要目標	Ⅳ－８
表Ⅳ－２	製品価格構成	Ⅳ－１８
表Ⅳ－３	PVCの月間使用量別の顧客数	Ⅳ－２５
表Ⅳ－４	顧客におけるPVCの用途、加工方法	Ⅳ－２５
表Ⅳ－５	製品別顧客数	Ⅳ－２５

表Ⅳ－６	主要品目の在庫条件	Ⅳ－３３
表Ⅳ－７	年度生産計画に採用されたＰＶＣ関連数値	Ⅳ－４０
表Ⅳ－８	設備保全用検査機器	Ⅳ－５２
表Ⅳ－９	設備保全費用実績推移	Ⅳ－５３
表Ⅳ－１０	災害実績	Ⅳ－６３
表Ⅳ－１１	環境保全対策設備	Ⅳ－７１
表Ⅳ－１２	工場衛生管理状況	Ⅳ－７２
表Ⅳ－１３	過去９年間の排水水質実績	Ⅳ－７２
表Ⅳ－１４	１９９７年の月次排水測定値実績	Ⅳ－７２
表Ⅳ－１５	過去９年間の大気環境測定値実績	Ⅳ－７３
表Ⅳ－１６	１９９７年の月次大気環境測定値実績	Ⅳ－７３
表Ⅴ－１	勘定体系	Ⅴ－５
表Ⅴ－２	固定資産及累計減価償却表	Ⅴ－９
表Ⅴ－３	雲南化工廠が支払う税金	Ⅴ－１０
表Ⅴ－４	財務状況変動表	Ⅴ－１５
表Ⅴ－５	国家資金の借入状況	Ⅴ－１６
表Ⅴ－６	原価計算表	Ⅴ－２０
表Ⅴ－７	製品別販売利益明細表	Ⅴ－２３
表Ⅴ－８	製造原価目標達成情况分析表	Ⅴ－２４
表Ⅴ－９	貸借対照表の推移	Ⅴ－２６
表Ⅴ－１０	損益計算書の推移	Ⅴ－２７
表Ⅴ－１１	主要製品単位当り製造原価の推移	Ⅴ－２８
表Ⅴ－１２	売上高、売上利益、営業利益の推移	Ⅴ－２９
表Ⅴ－１３	ＰＶＣ売値と製造原価の推移	Ⅴ－３０
表Ⅴ－１４	管理費用、財務費用の推移	Ⅴ－３０
表Ⅴ－１５	資産と借入金の推移	Ⅴ－３１
表Ⅴ－１６	売上債権、棚卸資産の推移	Ⅴ－３１
表Ⅴ－１７	固定資産増加の推移	Ⅴ－３２
表Ⅴ－１８	資産勘定の推移	Ⅴ－３３
表Ⅵ－１	雲南化工廠「九五」後半３年計画プロジェクト	Ⅵ－４
表Ⅵ－２	中国国内のＰＶＣ生産能力および生産量	Ⅵ－９
表Ⅵ－３	中国国内のＰＶＣ需要量および輸入量	Ⅵ－１０
表Ⅵ－４	中国国内の主要ＰＶＣメーカー	Ⅵ－１０
表Ⅵ－５	雲南化工廠のＰＶＣ生産品種	Ⅵ－１１
表Ⅵ－６	雲南省のＰＶＣ加工製品生産量	Ⅵ－１２
表Ⅵ－７	中国のＰＶＣ製造コスト比較	Ⅵ－１３
表Ⅵ－８	生産工程の課題と改善策概要	Ⅵ－２１
表Ⅵ－９	第１段階の生産工程近代化計画概要	Ⅵ－２６
表Ⅵ－１０	ＰＶＣ重合工程の停止時間低減の概要	Ⅵ－２７
表Ⅵ－１１	ＰＶＣ製品粒度分布	Ⅵ－２９

表VI-12	第2段階の生産工程近代化計画概要	VI-32
表VI-13	反応工程の平均サイクルタイム短縮の概念	VI-33
表VI-14	脱水機の形式と特徴	VI-36
表VI-15	乾燥機の形式と特徴	VI-37
表VI-16	生産現場の改造機器リスト	VI-43
表VI-17	ベンチ規模開発設備機器リスト	VI-43
表VI-18	PVC製品評価設備機器リスト	VI-44
表VI-19	将来計画の反応工程のサイクルタイム	VI-45
表VI-20	生産活動における管理業務の例	VI-51
表VI-21	現状の問題点	VI-52
表VI-22	化学プラントの生産要素技術	VI-63
表VI-23	日本企業と雲南化工廠の技術要員配置	VI-65
表VI-24	化学系生産会社の企業技術の体系	VI-66
表VI-25	化学プラントの生産業務	VI-73
表VI-26	故障の種類と設備管理	VI-77
表VI-27	経営計画体系対比	VI-84
表VI-28	企業能力分析様式	VI-85
表VI-29	環境領域体系化例	VI-86
表VI-30	生産販売計画	VI-89
表VI-31	一貫変動費計算の流れ	VI-91
表VI-32	変動費集計表	VI-93
表VI-33	固定費明細表	VI-94
表VI-34	設備投資計画	VI-96
表VI-35	中期計画総合表(1.利益計画表)	VI-97
表VI-36	中期計画総合表(2.資金収支計画表)	VI-97
表VI-37	損益表	VI-101
表VI-38	製品別損益差異集計表	VI-102
表VI-39	原価差異集計表(原価部門:カーバイド)	VI-103
表VI-40	差異分析計算式	VI-104
表VI-41	生産販売計画	VI-108
表VI-42	設備投資計画	VI-110
表VI-43	利益計画表	VI-111
表VI-44	資金収支計画表	VI-112
表VI-45	近代化所要総投資額概要	VI-116
表VI-46	PVC生産工程の近代化に要する費用	VI-117
表VI-47	生産検査の近代化費用	VI-118
表VI-48	塩化ビニル樹脂生産工程の近代化投資利益計算	VI-120

図目次

図Ⅰ－１	調査業務のフローチャート	Ⅰ－６
図Ⅱ－１	雲南化工廠周辺位置図	Ⅱ－６
図Ⅱ－２	工場配置図	Ⅱ－８
図Ⅱ－３	雲南化工廠内主要製品フロー	Ⅱ－９
図Ⅱ－４	雲南化工の組織・人員数	Ⅱ－１３
図Ⅱ－５	主要原材料の購入額推移	Ⅱ－１６
図Ⅱ－６	PVCの生産計画および生産実績	Ⅱ－２５
図Ⅲ－１	PVCプラントのブロックフローダイヤグラム	Ⅲ－３
図Ⅲ－２	PVC生産現場の組織と人員	Ⅲ－７
図Ⅲ－３	PVC生産工程プロセスフローシート	Ⅲ－２０
図Ⅲ－４	PVC製品の粒度分布	Ⅲ－２３
図Ⅲ－５	VCMの物質収支	Ⅲ－２９
図Ⅲ－６	PVC重合工程１階平面図	Ⅲ－３９
図Ⅲ－７	PVC重合工程２，３階平面図	Ⅲ－４０
図Ⅲ－８	アセチレン中の不純物含有量	Ⅲ－４２
図Ⅲ－９	不合格品発生時の処置手順	Ⅲ－４７
図Ⅳ－１	技術開発処体制	Ⅳ－１
図Ⅳ－２	総工程師室の体制	Ⅳ－１０
図Ⅳ－３	技術開発処の生産技術管理体制	Ⅳ－１０
図Ⅳ－４	調達販売運輸処の販売管理体制	Ⅳ－１７
図Ⅳ－５	調達販売運輸処の調達管理体制	Ⅳ－２７
図Ⅳ－６	調達品の在庫管理体制	Ⅳ－３２
図Ⅳ－７	製品の在庫管理体制	Ⅳ－３２
図Ⅳ－８	生産総合処体制	Ⅳ－３６
図Ⅳ－９	年次生産計画策定フロー	Ⅳ－３８
図Ⅳ－１０	塩素の計量系統図	Ⅳ－４２
図Ⅳ－１１	品質管理処の体制	Ⅳ－４４
図Ⅳ－１２	品質管理体系構成図	Ⅳ－４５
図Ⅳ－１３	設備動力処体制	Ⅳ－４９
図Ⅳ－１４	安全環境保全処の安全管理体制	Ⅳ－５４
図Ⅳ－１５	人事教育処体制	Ⅳ－６５
図Ⅳ－１６	環境保全部門の体制	Ⅳ－６９
図Ⅴ－１	財務管理組織	Ⅴ－１
図Ⅴ－２	一般的な財務管理体系図	Ⅴ－２
図Ⅴ－３	会計報告書体系図	Ⅴ－３
図Ⅴ－４	帳簿体系	Ⅴ－４

図 V-5	年度計画編成手順	V-12
図 V-6	設備投資認可手順	V-17
図 V-7	製造原価計算体制	V-18
図 V-8	主要原価部門設定状況	V-19
図 V-9	売上高, 売上利益, 営業利益の推移	V-29
図 V-10	資産, 借入金の推移	V-31
図 VI-1	生産能力に関する問題点連関図	VI-17
図 VI-2	製品品質の問題点連関図	VI-19
図 VI-3	原単位, 環境面の問題点連関図	VI-20
図 VI-4	生産工程の近代化計画取り進めフローチャート	VI-23
図 VI-5	正規確率紙	VI-30
図 VI-6	ジャケットポンプによる反応缶冷却水循環	VI-34
図 VI-7	スクリュードカンク型遠心脱水機の構造	VI-35
図 VI-8	サイクロンドライヤの原理	VI-36
図 VI-9	脱 VCM 塔周りのフロー図	VI-38
図 VI-10	蒸気ミキサー設置による反応缶昇温	VI-41
図 VI-11	生産活動の意味	VI-49
図 VI-12	生産活動における管理の意味	VI-49
図 VI-13	管理システムの構造	VI-50
図 VI-14	全般にわたる生産管理近代化の枠組	VI-55
図 VI-15	省エネルギープロジェクト組織例	VI-58
図 VI-16	業務量分析の例	VI-74
図 VI-17	利益管理体系に占める差異分析の位置づけ	VI-82
図 VI-18	企業分析と環境分析	VI-85
図 VI-19	PPM 標準戦略事例	VI-87
図 VI-20	雲南化工廠における一貫変動費計算の流れの全体図	VI-90
図 VI-21	損益分岐点図表 (1998 年計画ベース)	VI-98
図 VI-22	計画実績差異分析の体系図	VI-100
図 VI-23	損益分岐点図表 (1998 年: 2000 年比較)	VI-113
図 VI-24	雲南化工廠近代化計画実行スケジュール	VI-123

略語・用語リスト

AC	アゾジカーボンアミド	(Azo-di-Carbon Amide)
EHP	重合開始剤の1種	(Di-2-Ethylhexyl Peroxidicarbonate)
HPMC	懸濁剤の1種	(Hydroxy-propyl-methyl cellulose)
PVA	部分鹸化ポリビニルアルコール	(Poly Vinyl Alcohol)
PVC	塩化ビニル樹脂	(Polyvinyl Chloride)
TPN	商品名”百菌清”の物質	(Tetrachloroisophthalonitrile)
VCM	塩化ビニルモノマー	(Vinyl Chloride Monomer)

第 I 編 序論

1. 調査の背景

中華人民共和国は、1979年以来「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もとでの経済開発のため、工業の活性化に取り組むとともに、1982年の党大会で、西暦2000年までに農業・工業生産を1980年の4倍に拡大するとの目標を発表した。

さらに、同国政府は、この目標達成の一環として投資効果の高い既存工場の近代化を図ることとし、日本国に対しても協力を要請してきた。本調査は1997年度中華人民共和国政府より要請のあった雲南省昆明市の雲南化工廠の近代化計画に関するものであり、国際協力事業団は1997年7月に予備調査団を派遣し、実施細則の協議を行い、1997年9月29日に国際協力事業団中国事務所長熊岸健治と中華人民共和国側の国家経済貿易委員会技術改造司副司長李琳との間で前記実施細則の署名を行なった。

本調査は、この実施細則に則り実施された。

2. 調査の目的

第1次及び第2次現地調査で工場診断を実施し、調査結果に基づき問題点の摘出を行なった。この問題点に対し、既存設備の有効利用に重点をおいた、生産能力・生産工程技術および生産管理・財務管理の向上、改善に関する近代化計画を提案するのが本調査の目的である。

また、本調査の実施を通じて雲南化工廠に対し、工場近代化に関する技術移転を行なった。

3. 調査の対象工場および対象製品

本調査の対象工場は雲南省昆明市の雲南化工廠であり、対象製品は塩化ビニル樹脂である。

4. 調査の内容

調査は中国における現地調査と日本国内調査から構成され、図1-1「調査業務のフローチャート」に示す基本的流れに則って実施された。

4.1 現地調査

第1次、第2次の現地調査では以下の調査業務を実施した。

- 4.1.1 工場概要調査
- 4.1.2 生産工程調査
- 4.1.3 生産管理調査
- 4.1.4 財務管理調査
- 4.1.5 近代化目標の確認調査
- 4.1.6 工場改善に関する提案
- 4.1.7 販売先および調査元訪問調査
- 4.1.8 技術セミナー

4.2 日本国内調査

現地調査の結果を踏まえ、次の項目からなる報告書を取りまとめた。

- (1) 工場概要
- (2) 生産工程の現状と問題点
- (3) 生産管理の現状と問題点
- (4) 財務管理の現状と問題点
- (5) 工場近代化計画
 - 1) 生産工程面の近代化計画
 - 2) 生産管理面の近代化計画
 - 3) 財務管理面の近代化計画
 - 4) 近代化計画に要する費用
 - 5) 近代化計画の実施スケジュール
 - 6) 近代化計画実施上の留意点

5. 現地調査団の構成、日程、主要面談者

5.1 調査団の構成

総括（生産管理）	青木 成夫
生産工程・設備積算	日高 勝郎
財務管理	登坂 彰
通訳	小泉 久隆

5.2 調査日程

5.2.1 第1次現地調査

1997年12月1日から12月25日迄の25日間実施した。

12月1日	移動（成田→北京）
12月2日	中華人民共和国国家経済貿易委員会打合わせ 日本国 国際協力事業団中国事務所打合わせ
12月3日	移動（北京→昆明）
12月4日～22日	調査－雲南化工廠工場調査
12月23日	移動（昆明→北京）
12月24日	調査進捗状況報告－中華人民共和国国家経済貿易委員会 調査進捗状況報告－日本国 国際協力事業団中国事務所
12月25日	移動（北京→成田）

5.2.2 第2次現地調査

1998年2月14日から3月20日迄の35日間実施した。

2月14日	移動（成田→北京）
2月15日	移動（北京→昆明）
2月16日	第2次調査計画説明・協議
2月16日～3月17日	調査－雲南化工廠工場調査
3月18日	移動（昆明→北京）
3月19日	調査進捗状況報告－日本国 国際協力事業団中国事務所 調査進捗状況報告－中華人民共和国国家経済貿易委員会
3月20日	移動（北京→成田）

5.3 中華人民共和国側面談者

(1) 雲南化工廠

廠 長	杜 文龍（近代化委员会主任委員）
党 委 書 記	王 永隆（近代化委員会副主任委員）
副 廠 長	杜 伯雄（近代化委員会副主任委員）
総 工 程 師	王 洪晴（近代化委員会副主任委員）
副 廠 長	懷 安森
副 総 工 程 師	楊 仲文（近代化委員会委員）
廠 弁 公 室 主 任	陳 世雄（近代化委員会委員）

技術開發處處長	周 国輝	(近代化委員會委員)
生產綜合處處長	陳 玉昆	(近代化委員會委員)
財 務 處 所 長	程 積	(近代化委員會委員)
企業管理處處長	胡 俊毅	(近代化委員會委員)
車 間 主 任	蔣 光興	(近代化委員會委員)
生活後勤處處長	張 忠祥	(近代化委員會委員)
安全環境保全處處長	張 樹賓	
安全環境保全處副處長	高 祖祥	
勞働人事教育處處長	孫 祖順	
勞働人事教育處副處長	王 靖	
財 務 處 副 處 長	史 華生	
財 務 處 副 處 長	董 儀	
財 務 担 当	劉 榮文	
材料・計測管理處副處長	王 伯魯	
設備動力處處長	王 根源	
設備管理担当	周 曉燕	
品質監督處處長	張 瑞森	
總工程師室工程師	崔 敏	
總工程師室工程師	曹 衡東	
技 術 担 当	王 胜玉	
車 間 副 主 任	馮 自全	
企業管理處副處長	趙 德安	
環境保全担当	王 涛	
調達處副處長	孔 琦	
販賣處副處長	劉 文洪	
販 売 業 務	陳 紅	
統 計 師	楊 華	
統 計 師	郭 水森	
安 全 担 当	陳 劍超	
保 安 担 当	李 白貴	
技 術 担 当	華 曼麗	
技 術 担 当	曹 慧	
計 画 統 計 員	李 琼珍	
計 画 員	李 正端	
計 画 員	余 裴	

資 料
通 訊

馮 立峰
高 光榮

(2) 雲南麒麟塑化集團有限公司

副 總 經 理
副 總 經 理
生產技術部經理

盧 建華
方 南榮
方 學軍

(3) 昆明塩鉍

省塩業總公司總經理
鉍 長
副 鉍 長
鉍 長 助 理
鉍 長 助 理

馬 家柱
劉 建林
齊 國安
高 輝
段 東成

(4) 雲南人造纖維廠

生 產 副 廠 長
總 會 計 師
調 達 科 長
黨 委 書 記

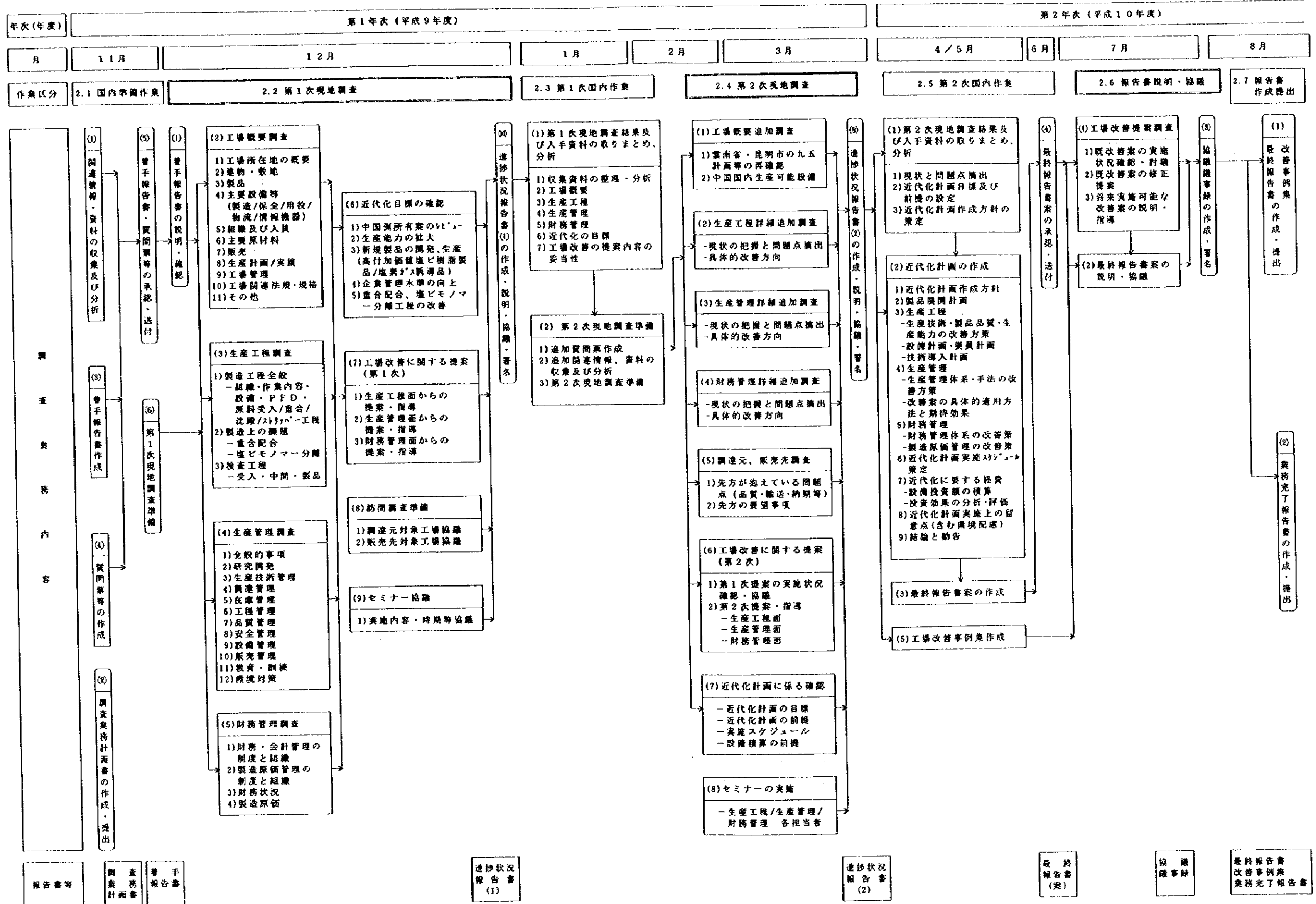
馬 鴻昌
蘇 建剛
陳 平
宣 福照

(5) 昆明万和塑料有限公司

總 經 理
副 總 經 理
生 產 部 經 理

馬 建忠
王 建國
管 弦

図 I - 1 調査業務のフローチャート



報告書等

調査業務計画書
着手報告書

進捗状況報告書(1)

進捗状況報告書(2)

最終報告書(案)

協議事項録

最終報告書
改善事例集
業務完了報告書

第Ⅱ編 工場概要

1. 雲南省の概要

1.1 雲南省の自然条件

雲南省は滇(dian)と称され、中華人民共和国の西南部に位置する内陸省で、雲南・貴州高原の西南部にまたがっており地理環境は非常に複雑である。北は四川・チベット、東は貴州・広西省、南および西南部はヴィエトナム、ラオス、ミャンマー3国と接し、中国の西南部の重要な玄関口である。

東西885km、南北910kmの総面積 39.4万Km²が北緯21°9'～29°15'、東経97°32'～106°12'の間に位置している。山地の面積が全体の 94%を占め、標高は東北部から西南部に向けて徐々に低くなっている。

雲南省の気候は、独特の亜熱帯～熱帯高原湿潤季節風気候に属し、季節による風向の変化が少ない。年間を通じ西風が多いが冬季および夏季には西南風が多くなる。乾湿季は顕著に分かれ、気温の年間差は小さいが昼と夜の温度差が大きい。気候の類型は多様で垂直方向の変化が明白であり分布は複雑である。

年間降雨量は 600mmから2300mm、5～10月は雨季で6から8月の降水量は年間降水量の60%を占めている。四季いずれも日照時間と雨量が十分で植物の生育期間が長い。

1.2 雲南省の社会的環境

雲南省は1994年末の統計によれば人口は39,392,000人、中国で民族の最も多い省である。

雲南省は昆明、東川の二つの直轄市、15の地州（8の民族自治州、7の地区）、127の県級行政機関（14の市、80の県、29の民族自治県、4の区）を管轄している。主要な都市は、昆明、東川の他に個旧市・開遠市・曲靖市・玉溪市・大理市・楚雄市・昭通市・保山市・邊町市等がある。雲南省の交通は鉄道が貴昆線（貴陽から昆明）・成昆線（成都から昆明）・南昆線（南寧から昆明）・昆河線（昆明から河口）等の幹線鉄道が国内外を連結している。貴昆線は電化が完成している。道路網は昆明市を中心に組まれ隣接する省および省内各地を結んでいる。国道は次の8線がある。

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ① 108線（北京—成都—昆明） | ② 213線（蘭州—成都—昆明—景洪） |
| ③ 214線（西寧—昌都—景洪） | ④ 226線（楚雄—墨江） |
| ⑤ 320線（上海—南昌—昆明—畹町） | ⑥ 323線（瑞金—紹興—柳州—臨滄） |
| ⑦ 324線（福州—広州—南寧—昆明） | ⑧ 320線（秀山—畢節—個旧） |

空路は8空港があり、国内、国際線は40路線以上開通している。国際線はバンコク、ビエンチャン、ヤンゴン、シンガポール、クアラルンプールまで直行便が出ている。

雲南省には大学が26校あり、在校生51,000人、各種専門学校が143校で103,000人の在校生がいる。改革開放後の教育の発展により、17年間に30万人の専門学校卒業生、16万人の大学卒業生を養成し、経済発展を支えてきた。

1.3 雲南省の経済的環境

雲南省は鉱物資源の種類が多く広く分布し、同一鉱区にある金属の種類が多く利用価値が高い。エネルギー源も豊富であり、石炭の埋蔵量は239億トンでその内褐炭埋蔵量は全国一である。また、水力発電の理論上開発可能な発電量は1.04億kWといわれ、しかも大型の発電所が建設できる河川の割合が高い。こうした豊富な地下資源および水力発電を主とする安価な電力を背景に、雲南省の産業は冶金（非鉄金属、鉄鋼）、磷化学工業、塩化学工業、クロルアルカリ、機械（工作機械）、光学計器、食品、化学肥料、精糖、製紙および煙草等の工業が主要なものとなっている。

改革開放は雲南省の経済を活性化し、17年間に省内のGDPは69億元から1,200億元まで、年平均9.8%の増加比率を示した。しかしながら一方では、最近の経済改革の中で著しい発展を遂げた沿海地域に比べると、内陸部に属する雲南省は経済の発展が遅れていることも事実である。この沿海地域と内陸部の経済較差の是正は中華人民共和国の重要な経済政策となっており、今後の雲南省の経済発展が期待されている。

（出典：当章および次章は、雲南化工廠からの情報に加え、一部は中国国家统计局「中国富力」（'97年版：1997年7月 NECクリエイティブ発行）から引用した）

2. 昆明市の概要

2.1 昆明市の自然条件

昆明市は雲南省の省都で4区8県を管轄している。省の中央部に位置し北緯25°02′，東経102°43′にあり、平均海拔1,891m、総面積は1.59万km²である。

昆明市の気候は、1.1 雲南省の自然条件で述べたとおりの亜熱帯高原湿潤季節風気候に属し、「四季春の如し」といわれる心地よい気候となっている。

2.2 昆明市の社会的環境

1989年の統計では人口 340万で、市内4区が 150万、周辺の県市 190万のうち呈貢県が14万、宜良県36万、安寧県23万、富民県3万、晋寧県23万、嵩明県30万、禄勐県41万、路南県20万となっている。

昆明市の交通は「八五」期間中に発展を遂げ、昆明―玉溪鉄道は既開通、1990年代の中国における最大の貧困脱却助成プロジェクトである昆明―南寧鉄道建設も完成した。成都―昆明鉄道の電化改造工事も完成し、1994年の鉄道旅客輸送量は 568万人、鉄道貨物輸送量は1,131tであった。

昆明市の道路合計長は 6,029kmで、その内国道・省道は 1,366kmである。年間旅客輸送量は 1,000万人以上、貨物輸送量は4,000tを越えている。

航空路は全国41の都市と結ばれており、昆明空港の年間旅客輸送量は 450万人に達している。

昆明市には高校16校、専門学校52校、技術学校40校、普通中学 144校、農業・職業中学23校があり、これらの在校生数は 179,000人となっている。

2.3 昆明市の経済的環境

昆明市は2000年もの歴史を持ち、全国24の歴史文化名城の一つで観光名所であるが、また雲南省の交通要衝でもあり東南アジアに通じる重要な門戸であり、内陸解放都市である。1996年に全国50の「資本構造最適化」実験都市の一つに指定され、国が「九五」計画の中で打ち出している中西部地区の発展促進政策に基づく各種優遇政策を受けている外、昆明市自身も独自の各種投資優遇政策を制定している。

昆明市の産業構造は、国内総生産に占める産業の比率は、第一次産業が 25.2%、第二次産業 44.5%、第三次産業 30.3%で、工業が成長段階の特徴を呈している。また、1994年の統計による工業生産額では煙草加工業が65.6億元で突出し、次いで非鉄金属精錬及び圧延加工業24億元、交通運輸設備製造業19.8億元、化学原料及び化学製品製造業13.3億元の順位となっている。

昆明市の「九五」計画では、産業構造の最適化により、2000年までに第一、第二、第三各産業の増加値の比重を5：49：46に達させることとしている。「九五」計画中に重点的に育成する支柱産業は、煙草産業、機械電子工業、食品工業、建築材料工業、化学工業および観光業となっている。

3. 工場概要

3.1 雲南化工廠の基本形態

本調査の対象工場である雲南化工廠は1958年に設立された国有企業である。当初の主製品は水銀法苛性ソーダ 7,500t/年および塩素関連製品であった。その後40年を経て現在はイオン交換膜法苛性ソーダ30,000t/年、カーバイド20,000t/年、塩化ビニル樹脂（PVC）17,000t/年を主力製品とする雲南省で最大のクロルアルカリ生産企業となっている。

雲南化工廠の基本形態を以下に記す。

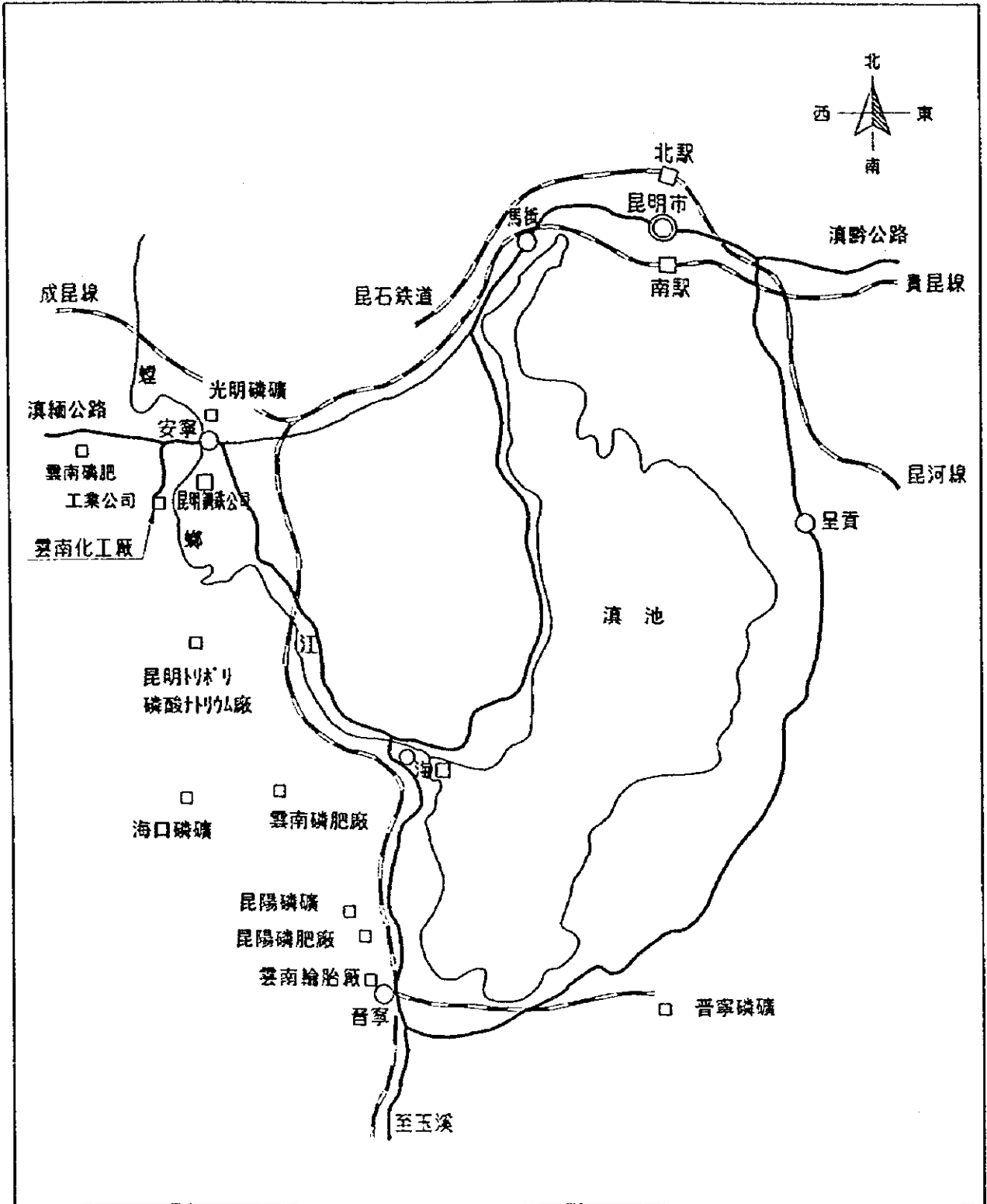
- (1) 所在地 : 雲南省昆明市安寧
- (2) 所有制 : 国有
- (3) 主管官庁 : 中央部－国家石油化学工業局 地方－雲南省石油化学工業庁
- (4) 設立時期 : 1958年
- (5) 敷地面積等 : 敷地－68.6万㎡ 建屋－14.5万㎡
- (6) 年間生産額 : 1.3 億元(1997年)
- (7) 従業員数 : 2,610人
- (8) 主要製品 : 苛性ソーダ、塩化ビニル樹脂、塩酸、液体塩素、百菌清
- (9) 固定資産原価 : 1.66億元 (1997年)
- (10) 流動資産 : 0.73億元 (1997年)
- (11) 福利厚生 : 生活区として従業員宿舍、幼稚園、学校、病院を所有

創設以来、順調な発展を遂げてきた雲南化工廠であるが、主原料および電力価格の高騰により業績が悪化し、1996年からは欠損状態に転じている。現在の苦境から脱却するために、雲南化工廠では、現有製品の生産能力増強および新製品の導入開発により、2000年までに従業員1人当たりの営業収益を1997年の5万元/人・年から10万元/人・年までに倍増させる計画をもって改革・近代化に取り組んでいる。

3.2 工場配置

雲南化工廠は、図Ⅱ-1に示すとおり昆明市の西郊外である安寧市区の西南4km、昆明市からは西に国道で40kmに位置する。鉄道に関しては工場が所有する5.4kmの専用線が成昆鉄道に接続し、また工場の道路が国道 320号昆楚線に昆明から36kmのところで繋がる等、交通輸送の便に恵まれている。

圖 II - 1 雲南化工廠周邊位置圖



近隣に昆明鋼鉄公司、光明磷砒廠、雲南磷肥工業公司および昆明トリポリ磷酸ナトリウム廠が10km以内に所在し、かつ安寧地区には塩砒、磷鉍、石灰石が豊富に賦存し、電力、水源に恵まれているので工業の発展に良好な条件を備えている。

雲南化工廠の敷地は工場区と生活区の2カ所に分かれている。

工場区全体の敷地は約 686,000㎡であり、このうち建物の総面積は約145,000㎡である。工場区の配置図を図Ⅱ-2に示す。工場全体の敷地は 686,000㎡と比較的広い面積を有しているが、この面積の中には、電解工程からの廃棄物である塩泥を処分する塩泥池およびカーバイド残渣池が含まれている。

各設備の配置は、蒸気、用水等の用役設備が中央部に配置され、生産設備は敷地内東部に北からカーバイドおよびアセチレン、電解および苛性ソーダ、塩素処理、PVCの順に配置されている。敷地の東端は塩泥廃棄池、東南端はカーバイド残渣堆積場として使用されている。敷地の西半分は経営棟、調達倉庫、事務所等の管理部門および機械修理分廠あるいは空気分離ステーション等が分散配置されている。

物流設備は工場外物流は鉄道による貨車輸送とトラック輸送が輸送手段となっており、各々鉄道引込線と構内主要道路沿いに配置されている。

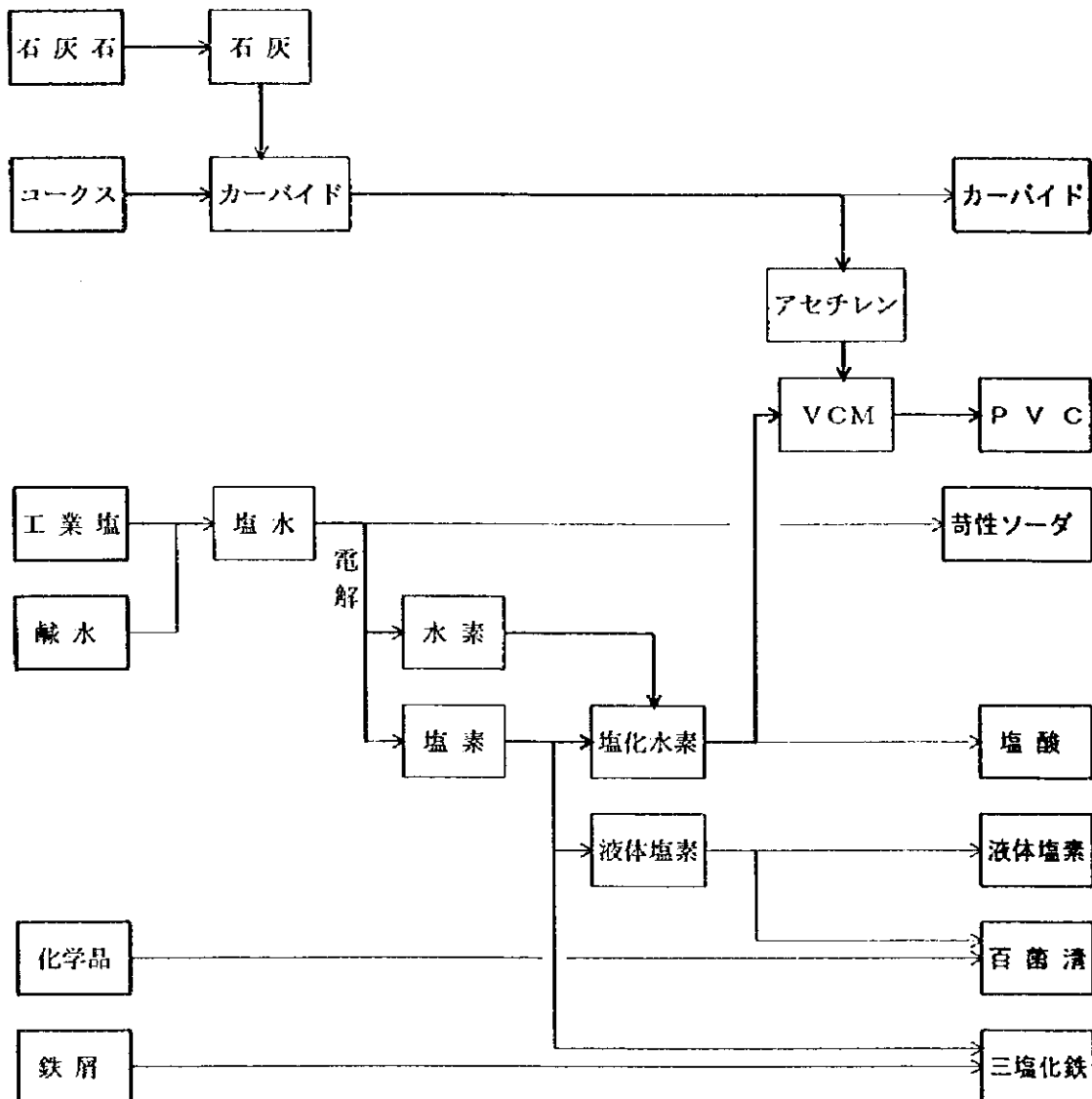
将来の設備新設用地として、敷地内西部の倉庫近辺も利用可能であるが、当面は図Ⅱ-2に示した斜線部分を新規プロジェクトの用地と考えている。

3.3 製品

3.3.1 製品構成

雲南化工廠における廠内の主要製品授受フローを図Ⅱ-3に示す。外部から購入する主な原材料の一つであるコークスと自前の石灰石からカーバイドを製造し、さらにカーバイドから塩化ビニルモノマー（VCM）の原料であるアセチレンが製造される。一方外部購入の固体塩および自前の鹹水を電解して苛性ソーダ、塩素および水素が得られ、さらに塩素と水素から合成される塩化水素と上記のアセチレンからVCMが、またVCMの重合によりPVCが製造される。塩化水素はVCMの原料として使用されるほか塩酸として外販される。このほかに塩素は液体塩素として販売され、さらに塩素を利用した誘導品製品として、三塩化鉄（塩化第二鉄）、百菌清（テトラクロロイソフクロニトリル（TPN）の商品名）等がある。

図Ⅱ－３ 雲南化工廠内主要製品フロー



製品の生産能力と仕様、主要用途を表Ⅱ－１に、また主製品の過去10年間の販売額推移を表Ⅱ－２に示す。外販用は各種成形品製造用の塩化ビニル樹脂（PVC）および製紙、捺染用等の苛性ソーダが主製品である。カーバイドは上記のとおりアセチレン製造用に廠内で消費する外に一部外販もしている。

苛性ソーダの主要販売先は大理紙廠、雲南人造纖維廠等で、過去、数量の安定した伸びに伴って販売額も伸びてきたが、1996年には①小規模な製紙工場の操業が禁止されたこと、②不況による価格競争の影響を受けたこと、③固体製品の需要がなかったこと等により販売額が低下している。

表Ⅱ－１ 製品の生産能力、仕様、主要用途

製品名	生産能力 (t/年)	仕 様	主 要 用 途
苛性ソーダ	30,000	30%, 50%液体、100%固体	製紙、捺染
カーバイド	20,000	2501/kg	アセチレン製造用廠内消費
PVC	17,000	XJ1-6型、SG1-7型	各種プラスチック製品製造
塩酸	17,000	31%	各種工業用
液体塩素	10,000	99.5%	漂白、消毒
三塩化鉄	2,000	99.5%固体	金属板エッチング、下水処理
T P N	1,000	40%, 60%, 75%等剤型	殺菌農薬

表Ⅱ－２ 製品の販売額推移

単位：百万元

製品名	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
苛性ソーダ	13.4	16.9	17.7	11.5	23.3	25.3	24.7	29.9	28.5	27.9
PVC	26.9	25.1	31.3	30.8	37.7	55.5	69.6	72.6	63.2	85.7
百菌清						8.1	11.7	10.7	5.3	5.6
その他	2.8	3.0	2.7	4.7	5.4	7.4	6.9	6.4	11.0	9.8
計	43.2	45.0	51.8	47.1	66.5	96.4	113.0	119.6	108.1	129.0

全売上高の 60%を占める主力製品である PVC の販売先は昆明市内および省内のプラスチック製品製造工場で、1995年までは順調に生産能力見合いの販売額の伸びを示してきた。特に1995年には国際的な品不足の影響で、特異的な価格の上昇を見せた（ここ数年の安定価格は約6,000元/t であるのに対し1995年は 7,000元/t）が、1996年にはその反動による価格下落および販売量の落ち込みにより販売額が落ち込み、企業収益悪化の一因となっている。

1993年からの新製品である百菌清は、園芸用の殺菌剤で、果樹、野菜の病害防除に広く用いられている。河南省および山東省の農業物資経営販売組織向けに販売し、価格が40,000元/tと高価格であるが、現在は製造コストが高く非収益性製品となっており、かつ1996年から販売不調に陥っている。

3.3.2 塩素バランス

塩素は消毒剤、漂白剤として用途の広い製品であるが、塩素自体の毒性のため大量貯蔵は許されない。従って、塩素を原料とする製品であるPVC、三塩化鉄、塩酸あるいは百菌清等の生産が何らかの理由で不調となって塩素の工場内消費量が減少した場合、または塩素の外部への販売が不振の場合、主製品の一つである苛性ソーダの生産そのものにも大きな影響を与えることとなる。従って雲南化工廠が新規設備投資を実施する場合、塩素バランスは常に検討を要する重要課題である。

この塩素バランスの問題を表Ⅱ-3に取りまとめた。1997年の生産予算は現状の製品構成による塩素利用率96%の塩素バランスとなっている。「九五」計画期間内に、苛性ソーダの生産能力は10,000t/年ずつ2回にわたる増強が計画されている。第1次の増強により苛性ソーダ生産能力30,000万t/年の実現時には、PVCの反応槽の6基から8基への増設によりPVCの生産能力が17,000t/年となり、塩酸、液体塩素、三塩化鉄および百菌清の既存製品それぞれの拡張の外に、新製品塩素化パラフィンの稼働開始による新たな塩素消費

表Ⅱ-3 塩素バランス

苛性ソーダ生産 (t/年)	塩素生産 (t/年)	塩素消費 (t/年)
21,000 (1997年生産予算)	19,300	10,800 PVC 2,700 塩酸 2,100 液体塩素 1,380 三塩化鉄 1,500 百菌清
30,000 (1万t/年増設完成時)	26,600	15,300 PVC 3,300 塩酸 3,100 液体塩素 1,500 三塩化鉄 2,500 百菌清 1,500 他
40,000 (将来計画)	35,400	19,800 PVC 5,600 塩酸 15,000 液体塩素 2,500 三塩化鉄 5,400 百菌清 3,300 塩素化パラフィン 2,700 三塩化アルミニウム 10,500 四塩化エチレン

が計画されている。

苛性ソーダ40,000t/年の将来計画に対する塩素消費量は設備能力を示すものである。将来は製品の多様化により塩素利用率は180%を超えるものとなるので、実際の生産活動においては、付加価値の高い塩素誘導品の生産を優先すること、および電解設備の稼働率を高く維持するために苛性ソーダ販売を確保することが重要となる。

3.4 組織および人員

3.4.1 雲南化工廠の組織

雲南化工廠の組織・人員数を図II-4に示す。廠長の下に経営・生産・設備及び建設の4人の副廠長と総工程師が補佐をする体制となっている。総會計師はおかず、また研究開発と生産技術管理、調達と販売、安全と環境保全管理を同一部門とする等、比較的コンパクトな組織体制といえる。

各生産現場には主任の下に職能小組および班組がある組織となっている。廠内各階層は次の呼称で格付けされている。

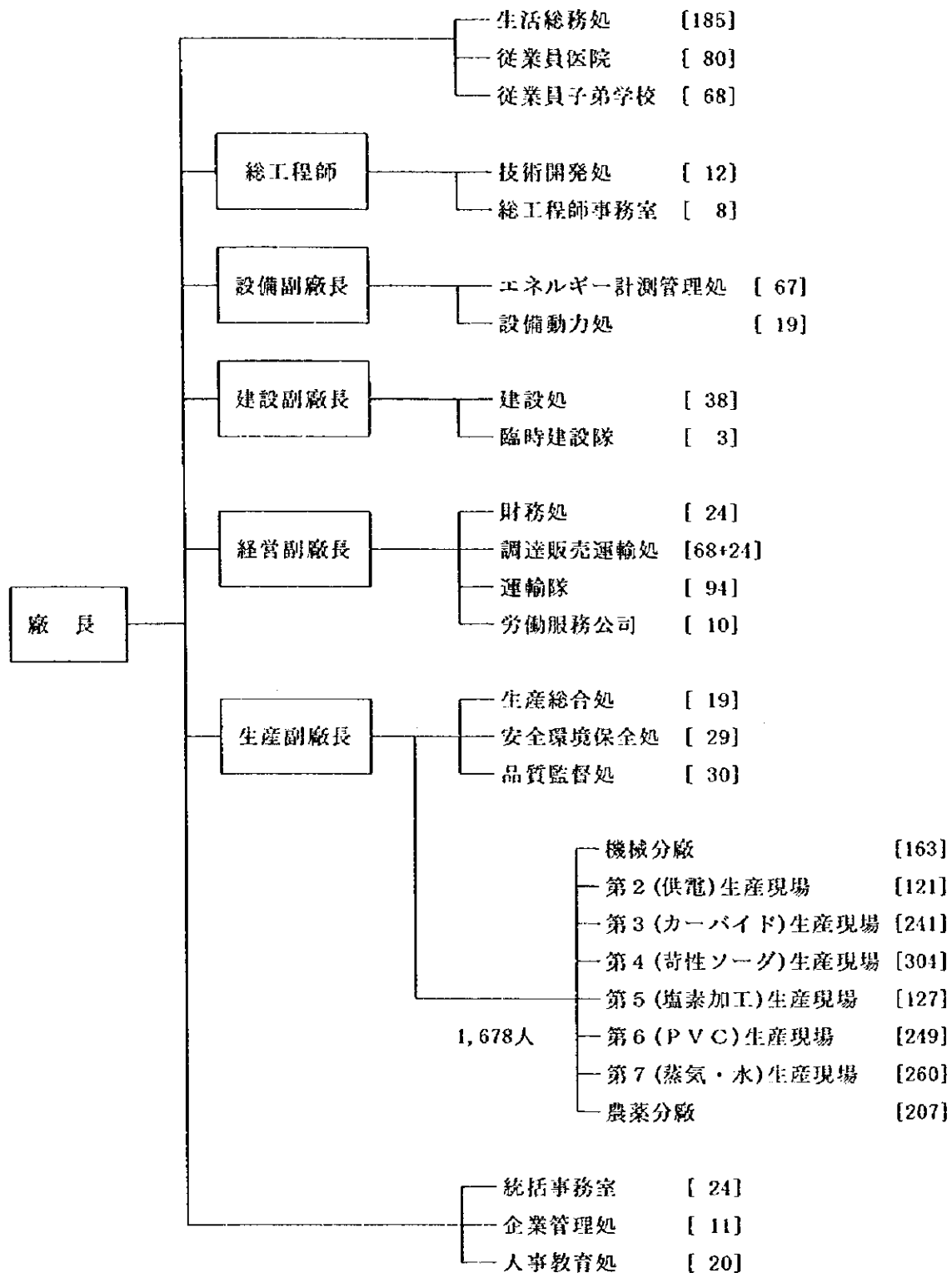
- 一級：廠長，副廠長，總工程師
- 二級：処長，室長，生産現場主任
- 三級：職能小組，班組

各組織の主要任務を以下に示す。

(1) 管理部門

- 生産総合処：生産バランス調整，生産計画編成，工業經濟技術指標管理，統計計算等の業務管理
- 調達販売運輸処：原材料，燃料，部品・備品，五金材料，工具等の調達、在庫等の管理
工業製品の倉庫保管，販売及び廠内外の物資・製品輸送等の管理
- 財務処：工場の財務管理，會計計算および會計分析等の業務
- 安全環境保全処：工場生産經營活動の安全管理，労働保護用品の計画・支給等の業務；
工場生産經營活動の環境保全，汚染防止、排出物の観測・統計分析、
環境保全設備の管理等の業務
- 技術開発処：生産プロセス技術規程・標準の編成および日常の監督管理；
新製品の開発研究，技術改造等の業務

図 II-4 雲南化工廠の組織・人員数



*1 上表の他に行政関係の組織がある。

*2 この組織は1998年3月1日現在の組織である。

設備動力処	: 企業の設備、機械、建造物等の固定資産の業務管理； 設備の更新、改造、大中小修理の包括、外からの電力供給管理
建設処	: 企業の新設工事、拡張工事、技術改造等の建設・据付・試運転調整等の業務
品質監督処	: 購入原材料・燃料等の品質分析； 出荷製品の品質検定； 製品生産工程における主要原料の品質分析・試験等の業務
エネルギー計測管理処	: 企業内で消費するエネルギーの計量、統計、分析管理、企業全体の計器の購入・設置、据付、調整テスト、維持等の業務
労働人事教育処	: 労働組織および労働定員の編成、給与管理、労働給与統計、従業員教育等の業務
統括事務室	: 企業行政に関する文書機密管理、文書管理、対外応接、対外連絡・資客接待、工場内総務管理、関連会議の運営
企業管理処	: 企業の規定・制度、標準化、経済責任制、近代化管理の普及推進・運用、情報および品質管理等の業務
生活総務処	: 従業員の生活、住居、電気・水供給、幼児の託児所・幼稚園、集合住宅管理等の業務

(2) 生産現場（分廠）

機械分廠	: 鋳造、防錆・防食管理、リベット締・溶接、土建、金属加工、製缶およびその生産設備の維持管理等
第二生産現場	: 電力供給管理および買電設備の維持管理
第三生産現場	: カーバイドの生産およびその生産設備の維持管理
第四生産現場	: 苛性ソーダの生産およびその生産設備の維持管理
第五生産現場	: 液体塩素・塩化水素の生産およびその生産設備の維持管理
第六生産現場	: P V C の生産およびその生産設備の維持管理
第七生産現場	: 水・蒸気・窒素・酸素の生産およびその生産設備の維持管理

3.4.2 人員構成

総従業員数は2,610 人で男性が1,470人、女性が1,140人である。また、管理人員が 262人、技術人員が304人、そして一般工員が2,044人である。

学歴および年齢別の人員構成を表Ⅱ－４に示す。将来の発展を担う20代、30代の人員が全体の60%を超え、バランスの良い年齢構成となっている。

表Ⅱ－４ 雲南化工廠人員構成

学歴	20代	30代	40代	50代	60代	合計
大学・専門校	68	100	21	36	2	227
技術専門学校	45	113	37	69		264
中学	772	522	619	205	1	2,119
合計	885	735	677	316	3	2,610
(比率:%)	(34)	(28)	(26)	(12)		(100)

雲南化工廠では、今後の新規採用は主として大卒等の高学歴者を計画し、一方で退職者が見込まれるので2000年末の従業員数は現状より約 300人少ない 2,300人以下に抑える方針である。

3.5 原材料・資材

3.5.1 主要原材料

雲南化工廠が用いる原料・燃料は10品目、年間購入量約15万トンである。主要原材料は次の3種類である。

- ①固 体 塩：苛性ソーダおよび塩素の原料として塩水電解工程で用いられ、昆明塩礦から購入する。数年前の値上がりにより、雲南化工廠では自前の鹹水を開発し、その使用比率を高めることにより工業塩の購入量減少を図ろうとしている。
- ②コークス：カーバイドの原料として第3生産現場で用いられる。昆明鋼鐵總公司焦化廠から調達可能な粒状の冶金コークスと省外から調達する塊状の石油コークスとがある。
- ③石 灰 石：コークスと共にカーバイド生産の主要原料である。雲南化工廠では自前の鉱山を有し、石灰石を採石している。

過去10年間の主要原材料の購入額推移を表Ⅱ－５および図Ⅱ－５に示す。

固体塩は苛性ソーダ30,000t/年ベースでは年間使用量約3.3万tとなる。1991年に苛性ソー

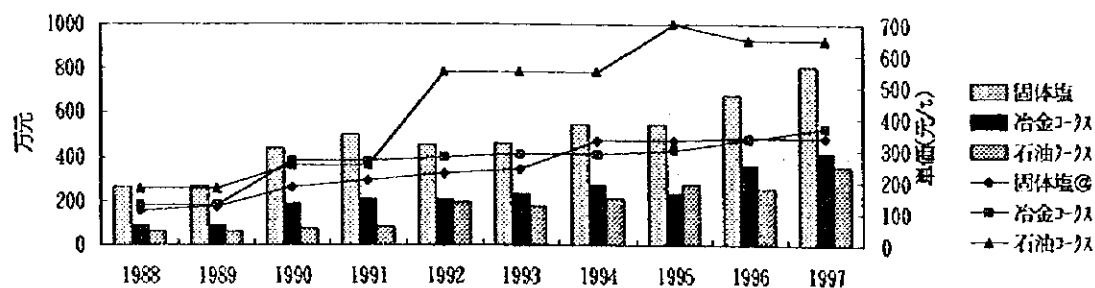
ダ生産設備を水銀法からイオン交換膜法に転換したことに伴い、原料塩に対する品質規格が厳しくなったため、単価の高いものを購入するようになったが、単価は国家統制価格で近年は比較的安定している。雲南化工廠では自前の鹹水利用により固体塩の購入量を抑え、原料コストの低減を図っている。

表Ⅱ－５ 主要原材料の使用量・購入額推移

(単位 単価：元/t 使用量：万t 購入額：万元)

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
固体塩										
単価	110	120	184	203	226	240	330	330	337	337
使用量	2.38	2.24	2.37	2.47	2.01	1.90	1.65	1.66	2.00	2.40
購入額	261	268	435	500	454	457	545	547	674	809
冶金コークス										
単価	128	128	266	266	280	288	288	300	333	368
使用量	0.71	0.66	0.71	0.77	0.74	0.83	0.96	0.77	1.09	1.13
購入額	90	85	188	204	206	232	276	230	362	415
石油コークス										
単価	180	180	254	254	550	550	550	700	650	650
使用量	0.33	0.33	0.30	0.31	0.35	0.32	0.39	0.39	0.39	0.54
購入額	60	60	77	79	194	175	213	272	254	351

図Ⅱ－５ 主要原材料の購入額推移



カーバイドの原料であるコークスの単価も上昇が著しい。コークス単価高騰の原因は①コークスの需要量増、②採炭コスト上昇、③コークス製造は過酷な労働で危険度も高いこと、

等が挙げられる。石炭資源は再生不可能であり、今後採掘の増加と資源の減少により価格上昇は避けられない傾向にある。

石炭は粉状のものを年間2万トン程度消費している。

3.5.2 副原料等

副原料は雲南化工廠では化工原料と称しており20品目ある。雲南省外から調達する必要があるものとしてPVC分散剤、ポリビニルアルコール（PVA）、重合開始剤（EHP）、触媒、カーバイド電極糊等がある。

これらの外、必要な副資材として鋼材・配管材料・電気材料・ゴム・プラスチック・労働保護用品等の消耗品があるが、これらの副資材は必要の都度昆明市内の市場で即納が可能である。

3.6 製造設備

雲南化工廠における現在の製造設備を表Ⅱ－6に示す。

表Ⅱ－6 雲南化工廠製品製造設備

製品名	生産能力	建設時期	採用技術
苛性ソーダ（100%）	30,000t/年	1997	イオン交換膜法
カーバイド	20,000t/年	1969	開放炉
PVC	17,000t/年	1985	懸濁重合法
塩酸（ $\geq 31\%$ ）	17,000t/年	1962	降解法
液体塩素（ $\geq 99.5\%$ ）	10,000t/年	1962	アンモニア冷凍法
三塩化鉄（固体 $\geq 99.5\%$ ）	2,000t/年	1966	高温塩化法
百菌清（TPN）	1,000t/年	1989	塩化法
酸素（ $\geq 99.2\%$ ）	109万 m^3 /年	1989	深冷分離法
窒素（ $\geq 99.5\%$ ）	420万 m^3 /年	1989	深冷分離法
石灰石	50,000t/年		
鹹水	60,000 m^3 /年		

表Ⅱ－6中の苛性ソーダ製造設備は、雲南化工廠の設立当初は水銀法であったが1991年に日本の旭化成技術によるイオン交換膜法20,000t/年に転換し、1997年にさらに10,000t/年

設備の増設を行ったもので、現在10,000t/年の電解槽が3基ある。

カーバイド設備は20,000t/年の電気が1基を有するが、開放炉であるために粉塵による環境問題およびエネルギー消費量が大という欠点を抱えている。

PVC製造設備は中国国内の技術による懸濁重合法で、反応器は国内でも最も小型に属する13.5m³が8基あり、生産能力17,000t/年は中国国内80社中の中位に位置する。

液体塩素製造用に、塩素圧縮機5台およびアンモニア冷凍法による液化器2台がある。

百菌清（TPN）は近隣企業との共同で開発したプロセスである。

石灰石および鹹水は雲南化工廠自身で鉱山および井戸を所有している。

3.7 用役設備

雲南化工廠の用役設備を表II-7に示す。

表中、工業用水は主たる水源は河川水で急速ろ過により懸濁物質を除去した後、各工程で冷却用に用いる外、必要な現場で使用するプロセス用水の原水となる。これら各プロセス固有のプロセス用水、即ち苛性ソーダ生産用水、ボイラ用水およびPVC生産現場でアセチレン製造用に用いる用水等の設備はそれぞれの現場に分散配置されている。工業用水の節減のため、再冷水として循環利用し、循環利用率は65%に達している。

蒸気はボイラでは2.4MPa、390℃の加熱蒸気20t/hを発生させ、背圧タービンで0.6MPaに減圧しつつ1,000kWの発電を行っている。現有のボイラからの蒸気は必ずしも安定供給がなされていないために、蒸気不足による生産工程の停止がかなりの頻度で発生している。対応策として、3.8MPa、450℃、35t/hの2号コージェネレーション設備を建設中である。これにより新たに3,000kWの自家発電能力が加わり、同時に蒸気の安定供給により生産設備の稼働率も向上することが期待される。

電力の最大の消費先はカーバイド生産用電気炉で1997年の生産予算では原単位3,550kWh/tであった。塩水電解工程が2,500kWh/t・苛性ソーダでこれに次ぎ、動力用電力の消費量比率は低い。整流変圧器2基（5,600kVAおよび4,900kVA）は電解槽への直流電気供給用である。電力コストは製造コスト構成要素の中で最大のものであり、近年発電会社からの電力価格の高騰が雲南化工廠の企業収益悪化の最大原因となっている。

表Ⅱ－7 用役設備

用 役 設 備	設備能力
①工業用水	
工業用水受入設備	800 t/h (水源：河川および貯水池)
用水製造設備	430 t/h × 2 基 (急速濾過)
再 冷 水 設 備	480 t/h × 3 基 (夏季設計値：24℃ 実績：25-26℃)
深 井 戸 水 設 備	10 t/h
②プロセス用水	
苛性ソーダ生産用水設備	16 t/h × 2 基
ボイラ用水設備	50 t/h × 2 基
PVCプロセス用水設備	4 t/h × 2 基
③蒸気	
蒸気の種類	2.4MPa × 390℃ (10t/h) 0.6MPa × 280℃ (10t/h)
ボ イ ラ 設 備	20 t/h × 1 基 (熱効率 68%) 10 t/h × 1 基
④電気	
自家発電設備	1,000 kW
買電設備：動力変圧器	4,000 kVA × 1 基
調変器	4,000 kVA × 2 基
整流変圧器	4,900 kVA × 1 基 5,600 kVA × 1 基
⑤空気および不活性気体	
計装用空気設備	6 m ³ /分×0.8MPa×1台 (使用量：5 m ³ /分)
雑用空気設備	10m ³ /分×0.8MPa×2台 8 m ³ /分×0.6MPa×1台
窒素設備	10m ³ /分×0.8MPa×1台

計装用空気、雑用空気および空気分離による窒素は第7生産現場から各現場に供給される。窒素は不活性ガスとして、第4、第5、第6生産現場および農薬分廠で使用される。窒素製造時に併産する酸素は外販する。

3.8 保全設備

雲南化工廠内の保全体制は、中小規模修理および日常の簡単な修理業務は各生産現場の設備保全組が実施し、大規模修理は設備動力処が実施することになっている。雲南化工廠が保有する保全設備を以下に示す。

旋盤	15台
ボール盤	4台
フライス盤	3台
電気溶接機	15台
卓上ドリル	3台

設備動力処はこれらの機械を使用して製造設備の保全を実施する他、外部からの設備修理・製作業務をも請けて実施している。

現在雲南化工廠に所属する保全技術者の構成は次の通りである。

機械修理工	181人
電気溶接工	14人
旋盤工	27人
電工	141人
計装工	45人

3.9 物流設備

3.9.1 倉庫

雲南化工廠が保有する原料・製品用の倉庫・タンクの種類および保管能力を表Ⅱ－8に示す。使用量の多い石炭、コークス等は露天保管であるので、倉庫としては固体塩の3,000tおよびPVCの1,000tが大きなものである。材料倉庫は、省外からの化学品以外は昆明近辺で購入可能であるために一時保管的な性格のものである。

3.9.2 輸送設備

雲南化工廠は原料・製品用として倉庫・タンクを有する他、トラック5トン車16台、8トン車1台、10トン車1台、フォークリフト5トン3台、3トン4台および工事用車両4台を保有している。また鉄道輸送用として塩酸輸送貨車1輛、苛性ソーダ輸送貨車19輛を保有している。

中華人民共和國において通常製品の輸送代金は買手が負担であるが輸送の納期上自衛手段としてトラックと貨車を雲南化工廠自体が保有している。

表Ⅱ－８ 倉庫の種類・保管条件等

倉庫種類	保管内容	保管条件	保管量
①原燃料庫	石炭	露天	5,000t
	石油コークス	露天	} 5,000t
	コークス	露天	
	固体塩	倉庫	
②材料倉庫	鋼材倉庫	一部露天	
	化学品倉庫		
	機械電気設備・バルブ倉庫		
	五金・電気材料・プラスチック		
	ゴム・包装材等倉庫		
③製品倉庫	PVC		1,500t
	三塩化鉄		300t
	固体苛性ソーダ・カーバイド倉庫		
④製品貯槽	液体苛性ソーダタンク (100%)		1,200t
	塩酸タンク (31%)		700t

3.10 情報機器

雲南化工廠に設置されている情報機器類について以下に示す。

3.10.1 コンピュータ

コンピュータは表Ⅱ－９に示すとおり、購買待ちのものを含めると全廠で8部門に導入されている。現在の主要用途は事務処理および各種データ処理用で、必要とする部署がそれぞれに導入・設置する形態となっている。従って、データベースの一元化による全廠情報の共有化および有効利用を図る段階にはまだ至っていない。廠内情報ネットワークの構築により、業務の効率化および情報の高度利用を図る構想はあるが、資金の制約で当面は実行できない状況にある。

また、プロセス解析・計算等の技術分野へのコンピュータ適用も今後の課題となっているようである。

表Ⅱ－９ 設置コンピュータの概要

設置場所	ハードウェア	ソフトウェア	主要用途
財務処	HPサーバ (586/75MHz、 16MB、1GB) プリンタ6台	UNIX 化学工業向業務ソフト	財務管理、原価計算等
人事	IBM586/75	人事管理ソフト	人事、給与、社会保険 管理
工場管理処	(購買待ち)		
壮禾	IBM互換機 (486/66)	事務用ソフト	事務業務
企業管理処	DEC486/66	国家経貿委経済情報 ネットワークソフト	経貿委情報ネットワーク端末
環境保全処	環境データ分析用 (486/66)	生産日報・月報作成用 環境観測データ分析用	生産日報表・月報表処理 環境観測データ分析
品質監督処	環境データ分析用 (486/66)	データ処理	製品品質分析
学校	IBM互換機 (486/66)	事務用ソフト	学校事務管理

3.10.2 事務機器

現有の事務機器は複写機7台（統括事務室3台、第4生産現場1台、企業管理処1台、プロセス1台、機械分廠1台）およびタイプライタ2台（統括事務室2台）である。

3.11 工場管理

3.11.1 企業形態

1997年9月の第15回共産党大会における国有企業の現代化企業制、すなわち会社化の決定を受け、雲南省経済貿易委員会の内部に、会社化担当部門が設置され、1998年から企業内部強化および会社化運動を推進することとなっている。これを受け、雲南化工廠でも会社化改造計画に参加する計画はあるが、その時期は未定である。

会社の形態は、①独立企業（国有と変わらぬが資産権利が明確化される）、②株式化の2

ケースがあるが、株式化による有限責任会社となる可能性が高いと考えられている。

雲南化工廠では、まず生活区等の福利厚生部門を分社化し、こうした会社化の対象とする構想があるようであるが、具体化の検討には至っていない。

3.11.2 重要会議

雲南化工廠の重要な意思決定を行う会議体として従業員代表大会、党政联席会、廠務会議および廠長事務会議がある。なお、500 万元を超える設備投資については、雲南化工廠が原案を作成し、雲南省石油化学工業庁に上提して認可を受ける必要がある。

(1) 従業員代表大会

従業員代表大会は年度予算および前年度決算等の重要事項の最終決定会議であって、毎年年初に開催される。事務局である廠労働組合の主席が議長を務め、廠全体の従業員の代表が参加する。

(2) 党政联席会議

党政联席会議は必要の都度開催され、工場の重要事項および二級以上の中層幹部人事の審議を行う会議体である。構成メンバーは副廠長級以上の他に党委員会メンバーが加わり、事務局は政治処で党委員会書記が議長を務める。

(3) 廠務会議

廠務会議は週に1回開催され、構成メンバーは廠長・総工師・生産副廠長・経営副廠長・建設副廠長の6名で構成されている。事務局は統括事務室が担当し議長は廠長である。工場の生産・経営および管理等の重要な問題がこの会議で審議・決定される。

(4) 廠長事務会議

工場の生産・経営および管理等に関する具体的な事項を討議・解決する会議で、廠務会議メンバーの他に関係する処・室・生産現場（分廠）の処長、主任および関係者が出席する。事務局は統括事務室、議長は廠長である。

3.11.3 年度計画

雲南化工廠の経営計画は、各年度毎に策定されるものが基本となっている。2年以上にわたる中期あるいは長期の経営計画の策定はなされていない。年度毎の経営計画は生産計画

が基本となっており、次の手順により策定されている。

(1) 基本計画

生産計画の出発点は毎年7月に雲南省石油化学工業庁宛に提出する「化工製品生産計画建議書」であり、これは石油化学工業庁で審査の上、各企業の翌年度生産指示として下達される。これに基づき、販売計画・調達計画・設備計画・安全計画・環境計画等が各生産現場と所管部門の間で立案され、生産総合処が取りまとめを行なう。

(2) 年度経営計画

策定された基本計画に対し財務処が行う利益計算に基づき諸調整が行なわれ、さらに石油化学工業庁からの「翌年度利益目標」指令との整合性を確認し、年度末に翌年の販売予算・生産予算・調達予算・管理费用等がまとめられる。こうして立案された雲南化工廠の年度予算は廠務会議で審議の後、従業員代表大会で最終審議・決定される。

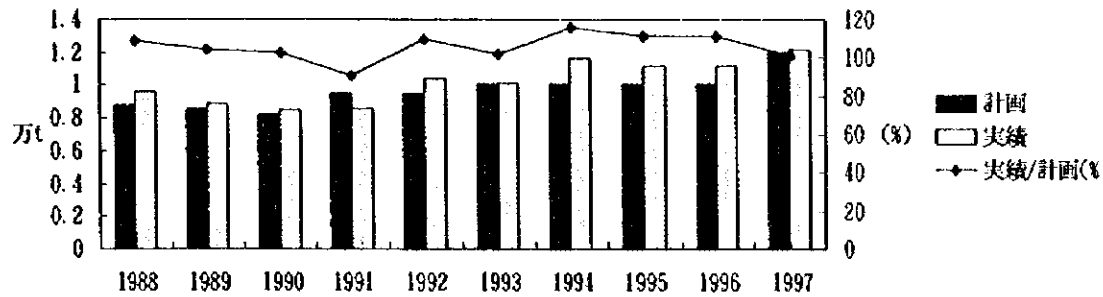
表Ⅱ-10に過去10年間の生産予算および生産量実績を、また図Ⅱ-6にPVCの生産計画と実績を示した。予算（計画）段階では生産能力に余裕を見込み、実能力の約90%の生産量としているために、生産量実績は常に計画値を上回る結果となっている。

表Ⅱ-10 主要製品の生産計画および生産実績推移

単位：t, 実績/計画%

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
苛性ソーダ										
計画	10,600	13,000	13,700	13,800	15,500	15,500	17,000	17,000	17,000	21,000
実績	14,085	13,454	13,882	13,874	15,807	15,699	17,496	18,206	17,725	17,732
実/計	133	103	101	101	102	101	103	107	104	84
PVC										
計画	8,760	8,600	8,200	9,500	9,500	10,000	10,000	10,000	10,000	12,000
実績	9,590	8,844	8,431	8,599	10,426	10,161	11,570	11,105	11,103	12,161
実/計	109	104	103	91	110	102	116	111	111	101
カーバイド										
計画	17,000	16,000	16,000	17,500	17,500	18,000	18,000	18,000	18,000	20,000
実績	17,338	16,156	16,595	17,897	17,802	18,851	21,269	20,721	21,537	22,376
実/計	102	101	104	102	102	104	118	115	120	112

図Ⅱ－6 PVCの生産計画および生産実績



3.12 問題点

1) 廠近代化の成否は2000年までに実施が計画されている生産設備の新設、拡張および新製品導入開発プロジェクトの成功如何に懸かっているが、従来各プロジェクトの実行計画はあるが、それらの集大成である中期あるいは長期の経営計画が策定されていない。多額の投資を経営基盤の強化、企業収支の改善を確実に結びつけるために、厳密な経営計画を策定し、実行過程での目標管理を徹底することが是非とも必要である。（詳細については、第Ⅴ編、第Ⅵ編の財務管理で述べる。）

2) 上記に関連して企業の経営企画を担当する部門がない。具体的な新製品あるいは新規プロジェクトのF/Sは技術開発処が所管するが、企業経営をマクロに捉え中長期の経営計画を検討・策定する企画部門が必要であろう。

第Ⅲ編 生産工程の現状と問題点

1. 生産工程概要

1.1 塩化ビニル樹脂（PVC）製造プロセスの種類と概要

1.1.1 PVC生産プロセス

(I) PVC重合プロセスの種類

塩化ビニル樹脂（PVC）の製造工程は、塩化ビニルモノマー（以下VCMという）を重合させる重合工程と、残存するVCMの除去、製品乾燥等の後工程に分かれる。

重合法には懸濁重合、塊状重合、乳化重合、溶液重合およびこれらの変形等がある。工業的には当初乳化重合から始まったが、現在では製品品質が優れ、設備および製造コストが安く、生産管理が容易な懸濁重合が主流となり、全世界塩化ビニル樹脂生産量の80%以上が懸濁重合によるとされている。

雲南化工廠のプロセスは懸濁重合で、本調査の対象プロセスであるが、雲南化工廠では将来乳化重合法の採用計画もあるので、予め重合プロセスの各法について触れておくこととする。

表Ⅲ－1にPVC重合の方法を示し、以下に各法の概要を述べる。

表Ⅲ－1 PVC重合の方法

重合方法	重合開始剤	保護コロイド剤	粒子径	加工法・用途
懸濁重合法	油溶性	懸濁剤	100～150 μm	押出、射出、カレンダ加工 (パイプ、電線、継ぎ手、 フィルム、レザー)
塊状重合法	油溶性	なし	100～150 μm	
乳化重合法	水溶性	乳化剤	0.1～2 μm	ペーストゾル加工 (壁紙、床材、人形等)
マイクロエマルジョン法	油溶性	乳化剤	0.1～2 μm	
溶液重合法	油溶性	なし	溶液	塗料

1) 懸濁重合

重合器に脱イオン水、懸濁剤としての親水性保護コロイド剤、モノマー可溶性の重合開始

剤等を仕込み、脱気した後VCMを仕込み、攪拌しつつジャケットに熱水又はスチームを通して加温し、重合を開始する。反応中は、ジャケットに冷却水を循環させて反応熱を除去し、必要とする平均重合度により40～70℃の所定の重合温度に調節する。一般に反応温度が高ければ平均重合度は低くなり、低ければ平均重合度が高くなる。

所定の転化率に達した時点で未反応VCMを回収、ストリップングしてPVC中の残存VCMを減少させた後スラリー貯槽を経由して遠心脱水機へ送り、水分含量10～30%のケーキとして乾燥機へ供給、乾燥する。乾燥されたPVC粉末中の粗粒を篩で除き製品とする。懸濁重合法による製品は熱安定性、電気的性質が良好で、又、見掛け比重、粒度等の粉体特性も良好なため、カレンダー加工、押出し加工、射出成形加工には塊状重合品とともにもっぱらこの重合体が用いられる。

2) 塊状重合

工業的に採用されている塊状重合法は、2段塊状重合法である。

第1段の予備重合器で分解速度の早い油溶性の重合開始剤を用いて、約1/2量のVCMを高速攪拌下で重合転化率8～10%まで重合し、シードポリマーを生成させる。これを第2段の重合器に移し、新たに油溶性の重合開始剤、残りのVCM及びその他の添加剤を加え重合する。重合反応終了後未反応VCMを回収し、PVCはそのまま貯槽に移し、コンディショニングした後分級し、粗粒を粉砕して製品とする。

尚、塊状重合法では、水を使用していないので乾燥工程は省略されている。

塊状重合法による製品は、懸濁重合法による製品と同様にカレンダー加工、押出し加工、射出成形加工等に用いられる。塊状重合品は、PVC市場の約10%を占めている。

3) 乳化重合

界面活性剤の作用によって水相中に塩化ビニルモノマーを乳化・分散させ、水溶性重合開始剤を用いて、粒径10分の数ミクロン～数ミクロンの塩化ビニル樹脂ラテックスを得、これを噴霧乾燥して製品とする。

製品はペーストゾル加工用として供され、マイクロサスペンション重合法品とともにPVC市場の約10%を占めている。

4) マイクロサスペンション重合

マイクロサスペンション重合法は油溶性重合開始剤を含むVCMラテックスを機械的に作成のうえ重合するところが特徴的で、得られたラテックスを噴霧乾燥して製品とするところ

ろは乳化重合と全く同じであり、又市場も乳化重合品と同じである。

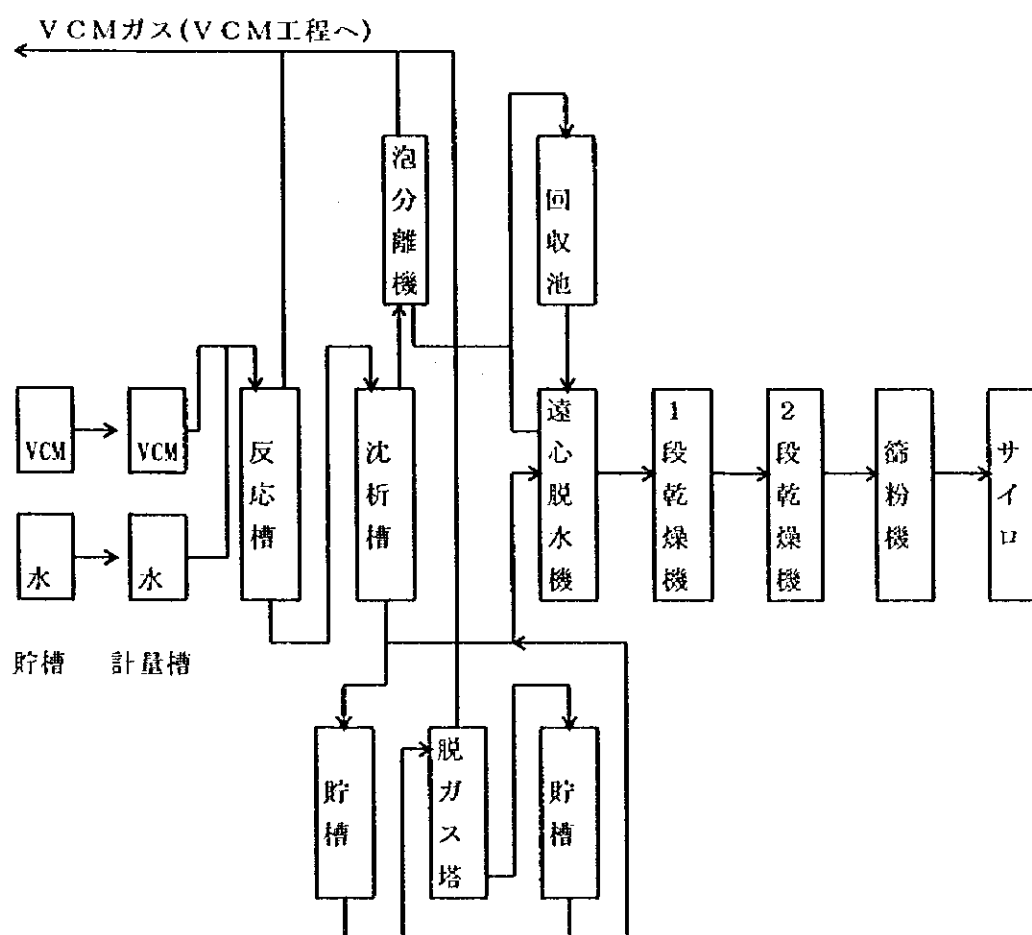
5) 溶液重合

溶剤中で重合させ、塗料および接着剤向けの製品を製造する方法であるが、工業的な生産量は極少量である。

(2) 雲南化工廠のPVC生産工程概要

雲南化工廠のPVC生産工程は懸濁重合法によっており、図Ⅲ-1のブロックフローダイヤグラムに示すプロセス構成となっている。点線部分は設備として設置されてはいるが、仕様あるいは製作上の不備があり、現在は未使用である。

図Ⅲ-1 PVCプラントのブロックフローダイヤグラム



反応工程において、脱イオン水および助剤としての懸濁剤、重合開始剤及びその他の所定

量を計量し、反応槽に仕込む。その後0.3MPaの窒素を用いて2回の窒素置換により気相部の残存酸素を置換除去し、その後主原料のVCMを攪拌下で仕込む。これらの全原材料の仕込み終了時点から常温で30分の予備攪拌を実施した後、反応器のジャケット温度を上げることにより缶内温度を所定反応温度まで昇温し重合反応を開始する。

反応時間は品種により異なるが約7～9時間で、反応槽の内圧が0.2MPa低下した時点を終点としてその時点で槽内スラリーを沈析槽へ取り出す。

沈析槽に移送されたスラリーは脱ガスタにて残留しているVCMを回収後、遠心脱水機にフィードされる設備となっているが、現在脱ガスタへのスラリーフィードポンプが故障しているため、脱ガス工程をバイパスして運転している。

遠心脱水機は濾布を用いたパッチ式のものである。

乾燥機は2段構成で1段が気流乾燥機、2段が流動乾燥機となっているが、負荷は1段が90%以上で2段は補助的な使い方である。

乾燥後の樹脂は篩粉されてサイロに保管後、25Kg袋に包装され出荷される。

1.1.2 PVC製品品種

(1) PVCの用途と中国における品種

PVCは、加工時の可塑剤の使用有無により、可塑剤を含まない硬い成形品から可塑剤を含む柔らかい成形品まで幅広い用途の成形品を造ることができる。又、加工成形法の違いにより、薄いフィルム状のものから肉厚の厚いパイプのようなものまで幅広い用途の成形品が生産できる特徴がある。

このように可塑剤の使用有無および加工成形法の違いにより、PVCに要求される品質は自ずと異なり、同一平均重合度をもつ品種帯に、それぞれの用途、加工成形法向けに適した何種類かの品種が設定されているのが一般的である。

表III-2に懸濁重合法PVCの平均重合度と用途の関係をまとめた。表中、ストレートとあるのはVCMのみを重合した製品を意味し、共重合体とは原料としてVCMのほかに酢酸ビニル等のその他の単量体を共重合させた製品を意味している。

PVCの成形品は、加工する際の配合剤としての可塑剤の有無によって軟質製品と硬質製品に分けられる。

軟質製品は可塑剤を含むもので、食品包装材や農業用、工業用等に使用される軟質フィルム、軟質シート、レザー、電線、ホース類等があり、使用される品種は平均重合度1,000～1,500のものが一般的であるが、特殊なケースとして平均重合度2,000～3,000の高重合度P

表Ⅲ－２ 懸濁重合PVCの用途

樹脂の種類		用 途
種類	平均重合度	
スト レ ー ト	2,000～3,000	軟質艶消し成形品
	1,300～1,500	電線、軟質フィルム、レザー、ホース
	1,000～1,100	パイプ、波板、電線、軟質フィルム、レザー、ホース
	700 ～ 800	硬質板、波板、硬質フィルム、瓶
共重合体	400 ～ 800	床材、接着剤、レコード

V Cがゴム様外観をもつ艶消し成形品用として使用されるケースもある。

硬質製品は可塑剤を原則的に含有しないもので、パイプ及び継手類、建材、硬質板、硬質フィルム、硬質シート、瓶および各種成形品等がある。これらの用途に使用される品種は、平均重合度1,100 以下のものが一般的である。

現在、中国における懸濁重合法PVCの品種は、表Ⅲ－３に示す8種が国家規格として定められている。SG1～SG8は、粘数の差異によって規定されている。粘数は平均重合度に対応する指数であるが、表ではK値と呼ばれる重合度指数および平均重合度（P）も併せて記載した。

表Ⅲ－３ 中国における懸濁重合PVCの品種

	粘数 (ml/g)	重合度指数 (K)	平均重合度 (P)
SG1	156～144	77～75	
SG2	143～136	74～73	
SG3	135～127	72～71	1,350～1,250
SG4	126～119	70～69	1,250～1,150
SG5	118～107	68～66	1,100～1,000
SG6	106～ 96	65～63	950～ 850
SG7	95～ 87	62～60	850～ 750
SG8	86～ 73	59～55	750～ 650

一般には、軟質製品向けにはSG1～SG5の重合度の品種が、又、硬質製品向けにはSG3～SG8の重合度の品種が、使用されている。

各品種の規格の詳細は第4章で示すが、異物、揮発分、見掛密度、粒度、フィッシュアイ、可塑剤吸収量、水抽出液導電率、白度および残留VCMの各評価項目について、優等品、一級品および合格品の3ランクの規定がなされている。規格自体は幅が広く、日本のPVC製造企業が顧客向けに規定している納入規格に比べ、非常にゆるやかなものとなっている。

(2) 雲南化工廠のPVC生産品種

現在雲南化工廠で生産しているPVC製品の品種は上記の中国国家規格に基づいており、SG2、SG3、SG5の3品種があるが、定常的に生産しているのはSG3とSG5の2品種だけである。主たる用途はSG2が電線、SG3がホース・靴底、SG5がパイプで、フィルム等の品質要求の厳しい分野への販売量は少ない。

雲南化工廠では、近代化計画の一環としてPVC製品品種の拡大を希望している。過去には、電線向けの高重合度品SG1および煙草箱包装用の低重合度品SG8を試作したことがあるが、いずれも顧客の評価は高くはなかった。

1.2 PVC生産部門の組織と人員

PVCの生産部門は生産副廠長の指導下にある第6生産現場（PVC生産現場）である。

1.2.1 第6生産現場の組織・人員

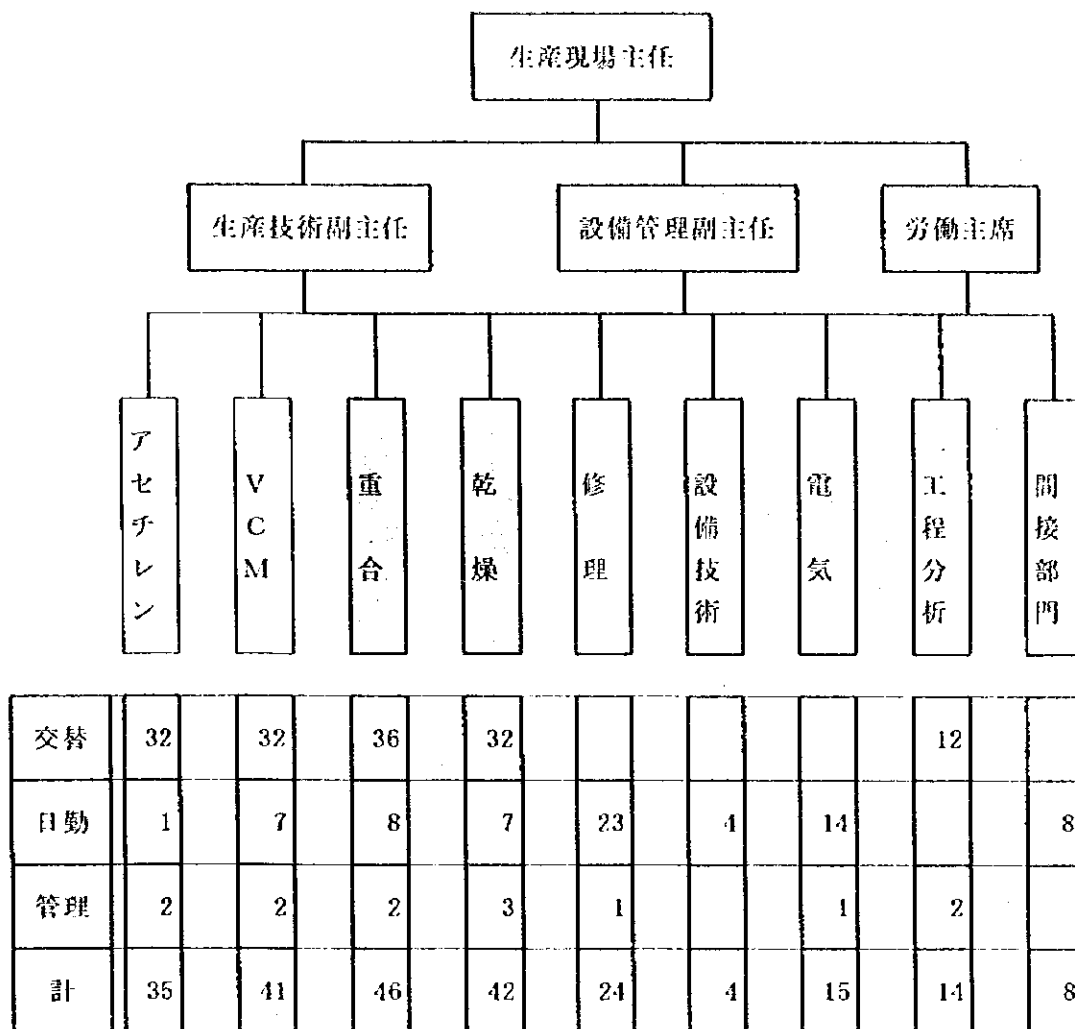
PVC生産現場の組織と人員構成を図III-2に示す。

PVC生産現場は現場主任が全体を統括し、生産技術副主任、設備管理副主任、労働主席が補佐する体制となっている。現場主任のもとに運転、保全および管理の3部門がある。運転部門はアセチレン作業組(35名)、VCM作業組(41名)、重合作業組(46名)、および乾燥作業組(42名)の4作業組からなり、保全部門には修理作業組(24名)、電気作業組(15名)、および設備技術作業組(4名)の3作業組がある。管理部門としての工程分析作業組(14名)、工務作業組(8名)を加えた9作業組から構成され、計229名が所属している。

1.2.2 業務内容

PVC生産現場の運転部門の内、本調査の対象となる重合および乾燥の2作業組と保全・

図Ⅲ－２ PVC生産現場の組織と人員



管理部門に属する5作業組の業務内容を表Ⅲ－4に示す。保全・管理部門に属する修理作業組、電気作業組、設備技術作業組、工程分析作業組、工務作業組の業務は重合作業組、乾燥作業組だけではなくアセチレン作業組、VCM作業組を含むPVC生産現場全体を対象とする業務範囲となっている。

運転部門の各作業組および工程分析作業組には、交替勤務を行う班があり、それぞれ生産の重要な実務を担っている。交替勤務における勤務の交替時刻は、朝8時、午後4時および深夜0時で各直8時間の勤務を4班3交替で行っている。

(1) 重合工程作業組の業務内容

重合工程作業組は、3交替勤務の計器、反応、沈析の各班と常駐勤務の日勤班、管理班から構成される。

表Ⅲ－４ ＰＶＣ生産現場の各作業組の業務内容
(アセチレン作業組、ＶＣＭ作業組は除く)

作業組	班・勤務形態		人員数	業務分担
重 合	交替	計 器	2 × 4 班	重合反応制御，記録
		反 応	5 × 4 班	原材料仕込み，ＰＶＣスラリー取出等
		沈 析	2 × 4 班	未反応ＶＣＭの回収
	日 勤		8	バッチ毎の助剤秤量，缶内付着除去等
	管 理		2	作業組内規定類，材料等の管理
乾 燥	交替	乾 燥	5 × 4 班	遠心脱水機，乾燥機の運転
		包 装	3 × 4 班	ＰＶＣの篩粉，秤量包装
	日勤	紙袋準備	3	包装袋の準備(約1,500袋/日)
		製品整理	4	包装品の整理(約30～40t/日)
	管 理		3	作業組内規定類，材料等の管理
工程分析	交替	分 析	3 × 4 班	工程分析(主にアセチレン，ＶＣＭ)
	管 理		2	作業組内規定類，薬品等の管理
修 理	日 勤		2 3	生産現場の設備，配管の維持管理
	管 理		1	作業組内規定類，工具等の管理
技 術	日 勤		4	生産現場のプロセス，技術の改善
	管 理			
電 気	日 勤		1 4	生産現場の電気設備，計器の維持管理
	管 理		1	作業組内規定類，工具，材料等の管理
工 務	日 勤		8	安全，材料，給料等のまとめ
	管 理			

計器班の業務は計器室を中心とする業務で、各反応缶の反応温度の制御、記録等である。

反応班は現場の重合缶回り中心の業務を担当し、各缶へ仕込まれる脱イオン水、VCMの仕込み計量作業、予め計量された懸濁剤の溶解、仕込み作業、予め計量された重合開始剤、助原料の仕込み作業、及び反応終了後のPVCスラリー取出作業等の定常作業ならびにVCMフィルタ、脱イオン水フィルタが目詰まりした場合、または仕込み配管が閉塞した場合の洗浄作業等の非定常作業が主たる業務である。

沈析班は、反応終了後各反応缶から取り出されるPVCスラリーに消泡剤（2-エチルヘキシルフタレート）を添加し、できるだけ発泡させないように未反応VCMを回収する業務を担当する。

常昼勤務の日勤班の主たる業務は、反応班が重合缶へ仕込むバッチ毎の助剤を秤量して準備しておくこと、各重合缶に対し1回/週の頻度で実施する缶内付着スケール除去のための入缶清掃、および品種替え時の泡沫捕集機、回収池の洗浄等である。

管理班は、作業組内規定類、技術、材料等の管理を担当する。

(2) 乾燥工程作業組の業務内容

乾燥工程作業組は、3交替勤務の乾燥、包装の各班と常昼勤務の日勤班、管理班から構成される。

3交替勤務の乾燥班の主たる業務は、遠心脱水機、気流乾燥機、流動乾燥機の運転及び遠心脱水機の濾布の目詰まり洗浄（1回/2～3時間）である。

包装班は、主としてPVCの篩粉及び秤量・包装を担当する。

常昼勤務の日勤班の主たる業務は、包装班が包装時使用する包装袋の準備（約1,500袋/日）と包装品の整理等である。

管理班の業務は作業組内規定類、技術、材料等の管理である。

(3) 工程分析作業組の業務内容

工程分析作業組の業務は3交替勤務班、管理班に分かれる。

3交替勤務班の業務は工程分析及び脱イオン水の生産である。工程分析の対象は窒素、アセチレン、塩化水素、VCMの純度等PVCの前工程での分析が主体となっている。本調査の診断対象であるPVC生産工程に係るものとしては、脱イオン水の品質および製品PVC中の水分に関する分析を行う程度である。

管理班の業務は作業組内の規定類、技術、材料、薬品等の管理である。

(4) 修理作業組の業務内容

修理作業組は常昼勤務の日勤班、管理班のみで、日勤班は生産現場の設備、配管等の維持管理を、また管理班は作業組内規定類、技術、工具等の管理をそれぞれ担当する。

(5) 技術作業組の業務内容

技術作業組は常昼勤務の日勤班のみで、PVC生産現場のプロセス、技術の構築改善を担当する。

(6) 電気作業組の業務内容

電気作業組は常昼勤務の日勤班、管理班のみで、日勤班は生産現場の電気設備、計器等の維持管理を、また管理班は作業組内規定類、技術、工具、材料等の管理をそれぞれ担当する。

(7) 工務作業組の業務内容

工務作業組は常昼の日勤班のみで、生産現場の材料、安全、給料等の統計管理を担当する。

1.3 生産計画及び生産実績管理

PVCの生産計画は、毎月月末に開催される生産総合処所管の「生産管理会議」（生産副廠長、生産総合処、生産現場、調達販売運輸処、技術開発処、設備動力処、および安全環境処等20数名が出席）において決定され、同計画に基づいて生産が実施される。

月間においては、毎日始業時30分間程度の生産、販売、在庫状況等に関する打ち合わせを生産総合処、生産現場、販売部門出席のもとにもち、生産計画の変更の必要性の有無について協議する。

変更の必要がある場合は、変更の3日前までに連絡を受け対応することとなっている。

その際窒素、水、蒸気等の変更は生産総合処から関係部門に連絡され、VCM及びその他職場内の事項は職場内で連絡する。

生産に際しての運転操作はユニット操作法、工程技術規定、安全技术規定類を遵守して実施される。

生産実績は毎月開催の経済分析会（財務、党員含む全体会議）において販売、在庫、損益状況とともに生産総合処が照会し管理している。

1.4 生産能力

雲南化工廠のPVCの生産能力は、1998年3月現在13.5m³の反応器×6基で12,000t/年であるが、更に同一サイズの反応器2基の増設計画が進行中で、工事終了後の生産能力は17,000t/年となる見込みである（反応器2基の増設工事は1998/6完成予定）。

1998年3月時点の雲南化工廠の反応器の単位体積当たりの生産性は約150t/(m³・年)と非常に低い。将来は中国政府の設定している国内平均レベルの200t/(m³・年)まで改善し、22,000t/年の生産能力にもっていくことを希望している。

PVCの生産能力は、製造プロセスの反応→脱VCM(現在未稼動)→遠心脱水→乾燥→篩粉→包装の各工程の中でボトルネックとなる工程の能力によって制約される。

各工程の工程別能力を表Ⅲ-5に示す。年間能力は、脱VCM・脱水・乾燥工程に於いては稼働時間6,400時間/年、その他は8,000時間/年とした。脱VCM・脱水・乾燥工程の稼働時間を下げたのは、同工程は品種替え時等の稼働率低下は避けられないため、稼働率=80%とみたものである。

表Ⅲ-5 PVC生産プラントの各工程の工程別能力

	設計能力		備 考
	(t-PVC/h)	(千t/年)*	
反 応	1.5	12	
脱VCM	(2.4)	(15)	未稼動
脱 水	4.8	30	
乾 燥	(2.6)	(16)	
包 装	2.5	20	

*稼働時間： { 脱VCM塔・脱水・乾燥～6,400時間/年
 { その他～8,000時間/年

脱VCM工程は、現在ストリップング塔送りのスラリーポンプが液洩れを起こすという理由で稼働しておらず、又、能力チェックも実施されていないため実能力は不明であるが、雲南化工廠では設計能力(15,000t/年)以上の生産能力は出せると推定しており、またスト

リッピング塔の使用は必要最低限に限定するとしているので、脱VCM工程の能力が制約となることはないと思われる。

脱水工程の能力は、目標の生産能力22,000t/年に対しては十分な能力をもっている。

乾燥工程の能力は、他社PVCメーカーの設計で詳細不明であるが、2.5節で述べるように2段の流動乾燥機の負荷を殆ど上げていないことより、能力には相当の余力を残していると思われるが、負荷を上げるとPVC製品の異物レベルが悪化するという品質上の問題が発生するとのことであり、能力増強時には設備の更新が必要である。

包装工程は完全な手作業である。現在、2基あるサイロの片方のみから包装しているが、2基あるサイロから2系列同時に包装すれば能力は倍増するので、人手の問題を別にする、生産能力の障害にはならない。

以上、生産能力増強を考える場合は、乾燥能力の問題はあるが、如何に反応工程の能力を上げるかにかかっている。

反応工程の生産能力は、①1バッチ(B)当たりのPVC生産量 ②バッチのサイクルタイム ③稼動時間にて決定され、1998年3月現在の重合缶6基によるPVC生産能力は次式により算出され12,000t/年である。

$$\begin{aligned} \text{PVCの生産能力} &= (1 \text{バッチ当たりのPVC生産量}) / (\text{バッチのサイクルタイム}) \\ &\quad \times (\text{稼動時間}) \times (\text{反応缶の数}) \\ &= 3.4(\text{t/B}) / 10.46(\text{h/B}) \times 6,000(\text{h/年}) \times 6(\text{缶}) \\ &= 11,700(\text{t/年}) \end{aligned}$$

以下に生産能力を決定する各要因の現状について述べる。

(1) バッチ当たりのPVC生産量

バッチ(B)当たりのPVC生産量は通常の正規品が3.3t/Bである。その他に、2.2 沈析工程で後述するとおり、沈析槽からVCM回収ラインへ飛散するPVCを回収し靴底用製品として販売する回収品が0.1t/Bあるので、1バッチ当たりの生産量は計3.4t/Bである。

(2) バッチのサイクルタイム

反応工程の各品種平均の設定サイクルタイムは表Ⅲ-6のとおりである。

表中の清掃整備とあるのは、フィルタ、配管等の目詰まり・閉塞時の洗浄作業である。

「塗布」は、反応缶内壁にPVC樹脂が薄膜状のスケールとなって付着するのを防止するために黄色塗料を塗布する作業で、反応缶毎にH動作業で1回/日、15分/回 行うものである。

また入缶洗浄は反応缶内部のスケール除去作業を13バッチ毎に1回、5～6時間/回、日勤作業で行うものである。

表Ⅲ－6 反応工程の平均サイクルタイム

(単位：時間)

仕込	予備 攪拌	昇温	反応	取出し	清掃 整備	塗布	入缶 掃除	計
0.50	0.50	0.50	8.05	0.33	0.08	0.08	0.42	10.46

(3) 稼働率

雲南化工廠の年間の所定稼働時間は8,000時間であるが、PVC生産工程は表Ⅲ－7に示す各種要因によって年間約2,000時間のロスがあり、稼働時間は最大6,000時間/年である。

表Ⅲ－7 PVC重合工程の稼働時間ロス

単位：時間

要 因	停止時間	備 考
1. 外部要因	400	蒸気・窒素不足，低圧力、停電等
2. VCM工程要因		
①内部に起因	300	アセチレン発生器，VCM転化器等の設備故障によるVCM生産停止または不足
②上流工程に起因	350	カーバイド，塩化水素不足等によるVCM生産停止
3. 重合工程要因		
①設備に起因	500	攪拌翼の修正，配管清掃，バルブ交換等の設備修理，調整に要する時間
②管理要因	200	修理の時間延長，仕込みの時間ロス等の人的要因
4. 乾燥工程要因		
①設備に起因	150	遠心脱水機・フロア故障，修理等による乾燥工程停止に伴う重合工程停止
②外部要因	100	用役（水，窒素，電気，蒸気）停止による乾燥工程停止に伴う重合工程停止
合 計	2,000	

稼働率低下要因のうち、重合工程自身に起因するのは 700時間で35%にすぎず乾燥工程要因を含めてもPVC生産工程に起因するものは50%に満たない。用役不足に起因する停止が乾燥工程停止による間接的なものを含めると 500時間と25%に上っている。原料・用役等が、密接な授受関係を形成することで合理的なシステムを構成するのが特徴の化学工場としては、雲南化工廠は改善の余地が大いにあることを示している。

無作為で抜き出した1997.11.12～15の運転状況の解析結果を、表Ⅲ－8に示す。バッチ毎の設定時間からのズレの平均時間は、予備攪拌時間で11分、昇温時間で30分、取出し待ち時間で20分、仕込み待ち時間で132分で、合計193分（3.22時間）である。現状の1反応缶当たりの年間仕込みバッチ数は、 $12,000/3.4/6=588$ バッチである。前述のバッチ当たりの非稼働時間3.22時間を年間ベース（588バッチ）に置き換えると約1,890時間となり、年間2,000時間の非稼働時間と比較すると、この時期は平均的な状態よりは稼働率が若干良好な状態で運転出来ていることを示している。

表Ⅲ－8 SG5の運転状況解析結果

		予備攪拌 時 間	昇温時間	反応時間	取出し待ち 時 間	仕込み待ち 時 間
解 析 デ ー タ	平均値	41 分	60 分	405 分	20 分	132 分
	標準偏差	4 分	36 分	28 分	72 分	190 分
	最大値	60 分	240 分	490 分	450 分	790 分
	最小値	40 分	25 分	350 分	0 分	5 分
設定値		30 分	30 分	430 分	0 分	0 分

これらの各工程の設定値との差違が非稼働時間に直結している訳であるが、昇温時間については、バッチ当たりの非稼働時間としての30分のロスがある。これは、表Ⅲ－7の1.蒸気不足により重合工程が停止したものである。

又、取出し待ち時間、仕込み待ち時間が各々平均で20分、132分となっている。これらの要因は全要因の複合によるものと考えられる。反応時間の変動は、非稼働時間とは直接関係はないが、反応時間自体は、運転管理の強化により反応時間の短いところで一定化出来

る筈である。又、反応時間が変動することは、脱気の条件・重合開始剤の仕込み量・VCM仕込み量・VCMの品質等何らかの重合条件が変動していることを表わしており、品質面からみても絶対避けねばならないことであり、運転管理の強化が望まれる。

1.5 原材料

雲南化工廠のPVC生産工程で使用する原材料の内、主原料である塩化ビニルモノマー（VCM）、脱イオン水および助剤の一部である苛性ソーダは自廠製品で、懸濁剤、重合開始剤およびその他の助剤類は全て購入品である。

主要原材料に関する特記事項を自廠製品と購入品に分けて以下に記す。

1.5.1 自製原材料受入れ規格と品質実績

原料VCM、脱イオン水はPVC生産現場内製品であり、工程分析で検査し管理している。いずれも品質に問題があるので、受け入れ基準、実績を表Ⅲ－9に示し現状の問題を以下に述べる。ここで受け入れ基準とは、自廠製品を反応工程で受け入れ、使用して良い基準としてPVC重合部門と供給部門との間で取り交わしている基準である。

表Ⅲ－9 自製原材料の受入れ基準と実績

原材料	検査項目	受入れ基準	実 績
VCM	アセチレン	$\leq 10 \text{ ppm}$	30～50
	高 沸 物	$\leq 100 \text{ ppm}$	2,000
	pH	6～7	4～5
	鉄分	検出されず	500
脱イオン水	塩素イオン	$\leq 20 \text{ ppm}$	検出されず
	総 硬 度	$\leq 5 \text{ ppm}$	検出されず
	pH	7～9	10.8
苛性ソーダ	濃 度	$\geq 30 \%$	$\geq 30 \%$

(1) VCM

VCMはアセチレン作業組でカーバイドと水から製造するアセチレンと第5生産現場からの塩化水素を原料としてVCM作業組で生産するものを配管で受け入れている。1998年3月現在、VCM精留塔の調子が悪くアセチレン、高沸物、鉄含有量及びpHがほとんど定常的に規格外れとなっている。

VCM中のアセチレン含有量が多いとPVC製品の色目に影響を与え、アセトアルデヒドはPVC製品の粒度に大きな影響を及ぼすものである。

不合格品が発生した場合、VCM工程と反応工程で打ち合わせをもち、原則として不合格品はVCMガスホルグへ移送し、VCM工程へ返品することとなっている。しかし現実には返品した場合のPVCの減産が大きい「やむなし」として不合格品をそのまま反応工程で使用している。この点、PVC製品の品質向上を図るためには源流管理の強化が必要である。

尚、VCM精留塔は1998年4月の大修理時に改善予定で、それ以降は問題は解決する見込みである。又、VCMの品質が悪化するのにはプラントが停止した後の再立ち上げ後4時間位の間が品質不良VCMが発生するとのことであるので、VCM工程立ち上げ時の品質不良VCMを別取りし、再処理のうえ合格品として反応工程へ移送するシステムを構築すれば、この問題は改善できると考えられる。

VCM工程が停止する主な理由は、アセチレン等の原料不足、水蒸気・電気等の用役不足等にあるので、1998年完成予定の3,000kW背圧タービン省エネ計画およびカーバイドの能力増強計画が完成すれば、プラント立ち上げの頻度自体が減少し、VCMの品質悪化に伴う諸トラブルは改善されると期待出来る。

(2) 脱イオン水

脱イオン水もpHが定常的に規格外れとなっている。

不合格品が発生した場合、反応工程が軟水工程へ連絡し、原則として不合格品は軟水工程へ返品のうえ、再処理することとなっている。しかし、実際は重合処方ではアルカリを使用していることもあって、「問題なし」として不合格品をそのまま反応工程で使用している。規格外の脱イオン水の使用がPVC製品品質の変動の一要因となっていると考えられるので、VCMと同様に源流管理の強化が必要である。

(3) 苛性ソーダ

苛性ソーダは社内製品である。第4生産現場において30%以上に濃度管理されたものを配

管で受入れている。

1.5.2 購入助剤

購入助剤の受入れ規格を表Ⅲ－10に示し、以下に概要を述べる。

表Ⅲ－10 購入原材料の受入れ規格

	規格項目	受入れ規格	備 考
HPMC (E50)	メチル基含量(%)	28～30	メーカー：ウミカ
	ヒドロキシプロピル基含量(%)	7.5～12	
PVA (KH20)	粘度(4%溶液、20℃)	42～52	メーカー：日本合成 化学工業㈱
	鹸化度	78.5～81.5	
重合開始剤 (EHP)	色 度	≥ 50	メーカー：湖南資江 農薬廠
	活性酸素量	2.73～2.83	
	濃 度	60±1	
	総酸素含量	≥ 0.20	
重炭酸ナトリウム	総 含 量	≥ 99 %	中国国家規格 食品添加剂
硫化ナトリウム	澄 液 度	合 格	中国国家規格
	水不溶物	≤ 0.005	
	アンモニウム塩	≤ 0.006	
	チオ硫酸ナトリウム	≤ 1.0	
	含 量 (9水塩)	≥ 96 %	
工業用エタノール	透 明 度	合 格	中国国家規格
	総 含 量	≥ 95 %	

(1) 懸濁剤

懸濁剤のHPMC（ヒドロキシプロピルメチルセルロース；E50）およびPVA（部分鹸化ポリ酢酸ビニル；KH20）は各々アメリカ、日本よりの輸入品である。

(2) 重合開始剤

懸濁重合法PVCの反応には工業的にはラジカル重合開始剤が用いられ、重合時間短縮による生産性向上を図るために、活性の高い過酸化物が使用されるようになった経緯がある。雲南化工廠においても、1996年に現在の高効率重合開始剤EHP（ジ2エチルヘキシルパーオキシジカーボネート）の応用を開始し、1997年の年度予算から計画に織り込まれたものである。

EHPは湖南資江農薬廠製のものを受け入れ、-5℃の冷蔵倉庫に保管している。

(3) 反応助剤

反応缶内壁へのスケール付着防止の目的で、重炭酸ナトリウムおよび前述の苛性ソーダ添加によりアルカリ条件とし、さらに付着防止剤として硫化ナトリウムを用いている。

(4) その他助剤

その他の助剤として、PVC製品の白度改善助剤の脂肪酸亜鉛、スケール付着防止用塗布剤の黄色塗料および黄色塗料の溶剤である工業用エタノール等が用いられている。

2. 製造プロセス

雲南化工廠のPVC生産工程のプロセスフローシートを図III-3に示す。

図の点線部分は、設備としてはあるが不備により現在は未使用の部分である。本調査の調査対象である反応工程、沈析工程、脱VCM工程、脱水工程、乾燥工程、篩粉工程、および包装工程の特徴を以下に述べる。

2.1 反応工程

2.1.1 重合処方

PVCの懸濁重合はVCM、脱イオン水、懸濁剤、油溶性重合開始剤を激しい攪拌下のもとに重合する製法である。バッチ方式のプロセスであるので、1バッチ当たりの原材料・助剤等の仕込量、攪拌条件、反応温度、反応圧力および仕込み手順等を通常「重合処方」として表わす。

雲南化工廠のPVC製造プロセスで採用している重合処方を表III-11に示す。表中、VCM以外の物質の単位はPHM（VCM100重量部当たりの重量部数）である。SG2、SG3、SG4、およびSG5の4品種に対する重合処方であるが、品種によって変わるのは重合開始剤の量および反応温度だけである。また、攪拌回転数は設備上、206rpm固定で処方によって変えることは不可能である。

一般的な製造法との差異を中心に、雲南化工廠の現行処方の特徴について以下に記述する。

(i) 仕込み原材料・助剤

1) 浴比

脱イオン水とVCMの仕込み量の重量割合（以降「浴比」という）は、通常は100～130%といわれているが、雲南化工廠の現行処方では浴比=181と非常に大きい。

浴比が高いと懸濁安定性は良好な傾向となるが、水張り量が多い分VCM仕込み量を抑制せざるを得ず、1バッチ当たりのPVC生産量は低いレベルとならざるを得ない。

2) スケール付着防止対策

PVC樹脂が反応缶内壁に膜状付着したものをスケールと称し、脱落して製品に混入するとフィッシュアイレベルを悪化させるので、スケールの付着防止はPVC反応工程の要点の

表Ⅲ-11 重合処方一覧表
(VCM以外の仕込み量はVCM100重量部当たりの重量部数)

	SG 2	SG 3	SG 4	SG 5
VCM (t)	4.2	4.2	4.2	4.2
脱イオン水	181	181	181	181
HPMC (E50)	0.050	0.050	0.050	0.050
PVA (KH20)	0.024	0.024	0.024	0.024
EHP	0.0343	0.0386	0.0429	0.0471
脂肪酸亜鉛	0.0476	0.0476	0.0476	0.0476
重炭酸ナトリウム	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238
硫化ナトリウム(Na ₂ S)	0.00595	0.00595	0.00595	0.00595
苛性ソーダ(NaOH)	0.000214	0.000214	0.000214	0.000214
攪拌回転数(rpm)	206	206	206	206
反応温度(℃)	48	51	53.5	56
回収圧(MPa)	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
仕込み順次	①脱イオン水の仕込み→ ②HPMC, PVA, 脂肪酸亜鉛, 硫化ナトリウム, 重炭酸ナトリウム, 苛性ソーダ, EHPの仕込み→ ③マンホール閉→ ④窒素置換×2回(窒素圧力:0.3MPa)→ ⑤予備攪拌30分→ ⑥昇温			

一つである。雲南化工廠では、スケール付着防止の目的でアルカリ条件下で重合させるべく、重炭酸ナトリウム(NaHCO₃)、苛性ソーダ(NaOH)等のバッファの無機塩、あるいは付着防止剤としての硫化ナトリウム(Na₂S)等無機塩を使用している。

アルカリ条件下でのPVCの重合は、懸濁安定性を損なう傾向にあり(特にPVAを懸濁安定剤として主体的に使用した場合)、懸濁安定剤の使い方に大きな制限を受ける。

また、これらの無機塩を使用したPVC製品は電線等の電気絶縁性を必要とする用途に使用した場合、電気絶縁性が悪化する傾向があるので用途が制限されることとなる。

スケール付着防止対策に関しては、上記の助剤のほかに黄色塗料を塗布しているが、作業時に塗布剤が霧状化せず効率が悪いという問題がある。これにより塗布剤の原単位悪化とともに、PVC製品の異物レベル悪化の一因となっている可能性が高い。

3) 白度改善助剤

PVC製品の白度改善のための添加剤として脂肪酸亜鉛を添加している。

脂肪酸亜鉛は、PVCの加工時に成形品の色目改良剤として一般的に使用される加工助剤でPVCの色目改良効果がある。しかしながら、一方で脂肪酸亜鉛は熱分解促進剤ともなって熱安定性の悪化を伴い、加えて透明性を阻害するので顧客で種々のトラブルを起こす可能性がある。脂肪酸亜鉛に代えて抗酸化剤を使用することが望ましい。

(2) 残存酸素除去法

重合反応時に酸素が残留すると、PVC製品の白度悪化および加工時の成形品の色目悪化の原因となるので、一般には真空ポンプにより残留酸素を除去するプロセスを採用する。雲南化工廠では、残存酸素置換のために0.3MPaの圧力の窒素により2回置換している。現在は窒素圧が低いこと、及び窒素中の酸素濃度が1.5%と高いことから、残存酸素濃度は50～100ppmと相当高く、窒素置換では完全な対策となっていない。

(3) 操作手順

仕込み終了後、30分の予備攪拌を実施している。予備攪拌を実施する理由は懸濁系が不安定となり、粒度分布が粗くなるためとのことであるが、予備攪拌の実施分はサイクルタイムが延び、生産性が低下することとなる。

(4) PVC粒子の形態

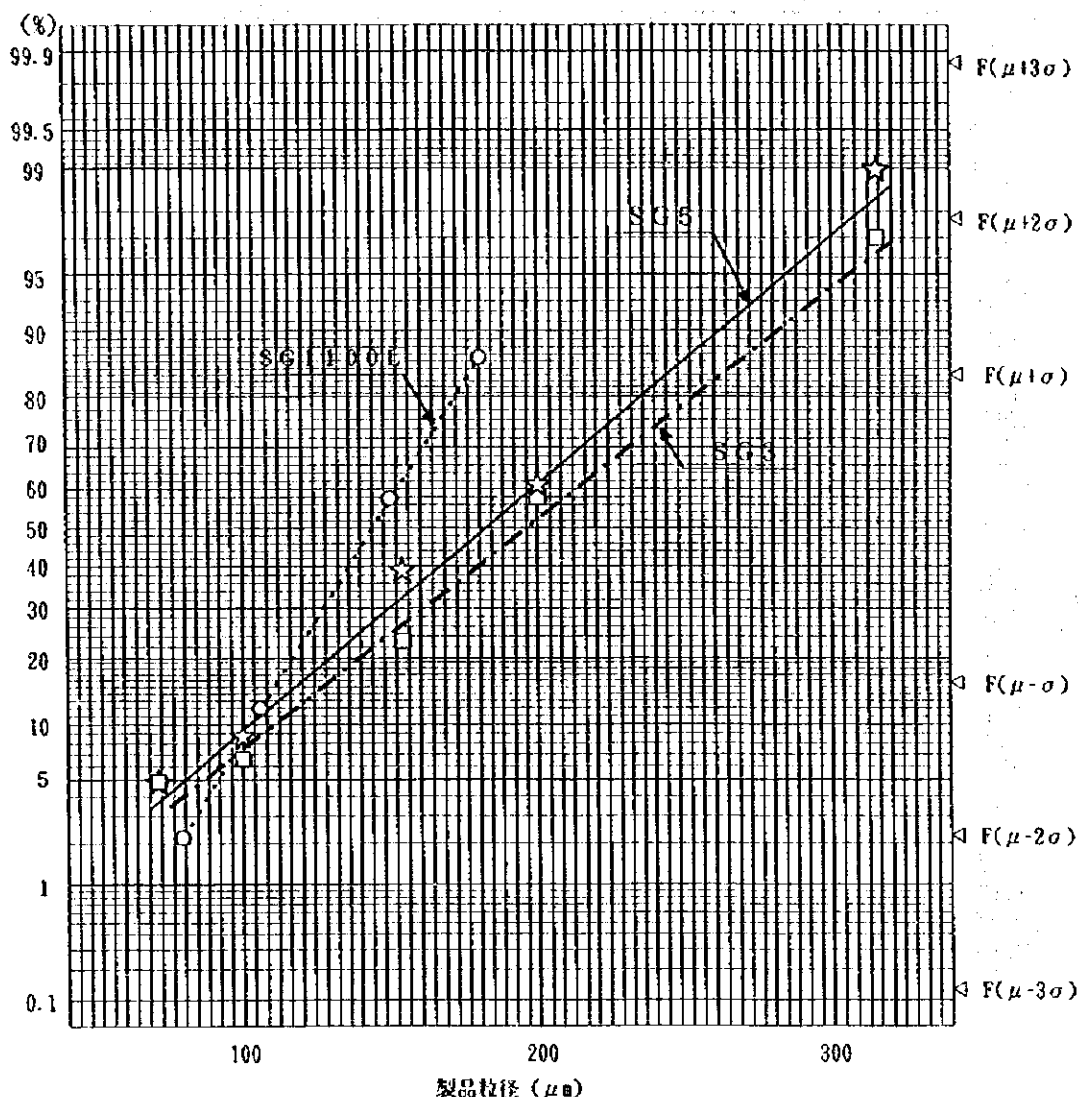
PVC製品粉末の顕微鏡観察の結果、雲南化工廠のPVC製品には棒状の異形粒子および「多孔性でない」粒子が多数見られた。これらは、雲南化工廠の反応処方適正でないことが原因と考えられるので、処方の適正化が必要である。

棒状の異形粒子の混入は見掛け比重の低下をもたらし、また「多孔性でない」粒子の混入はフィッシュアイレベルの悪化を引き起こすものである。

(5) 懸濁重合反応時の懸濁安定性

雲南化工廠のPVC製品の粒度分布を正規確率紙にプロットした結果を図Ⅲ-4に示す。

図Ⅲ-4 PVC製品の粒度分布



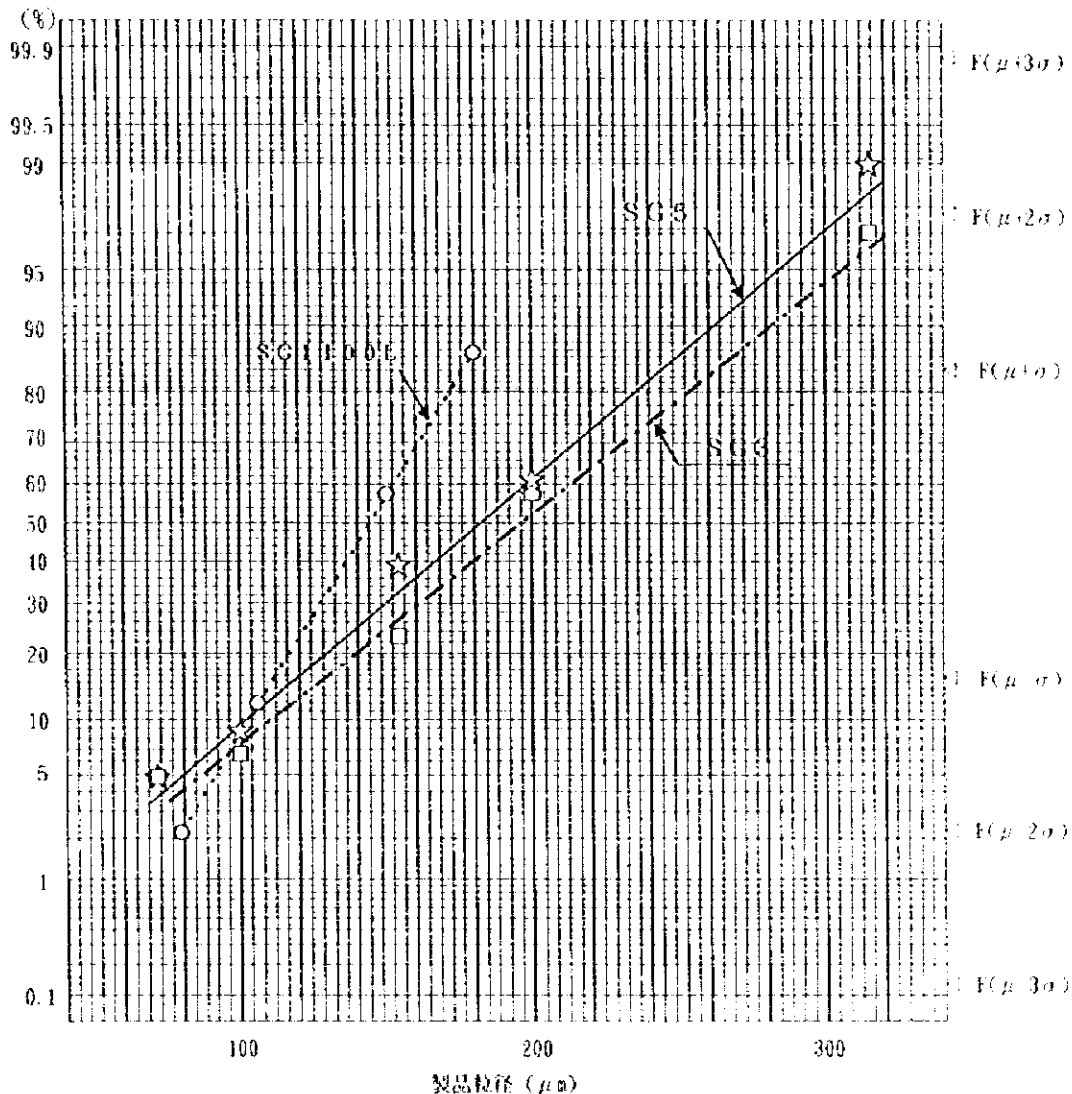
一般には懸濁重合PVCの粒度分布は図Ⅲ-4の三菱化学株式会社のSG1100Lの例にみられるように正規分布をしている。それに対し雲南化工廠のPVC製品の粒度分布は細粒および粗粒が多いこと、また分布が広いことが特徴である。特に細粒側で正規分布から外れることは、攪拌が1個所であれば起こり得ず、懸濁系が不安定になっていることを示唆している。

又、その他に反応終了後のPVCスラリー中に、塊状の粗粒が平均でバッチ当たり15Kgも発生している事実があり、これも懸濁安定性が悪いことを示唆している。

(5) 懸濁重合反応時の懸濁安定性

雲南化工廠のPVC製品の粒度分布を正規確率紙にプロットした結果を図III-4に示す。

図III-4 PVC製品の粒度分布



一般には懸濁重合PVCの粒度分布は図III-4の三菱化学株式会社のSG1100Lの例にみられるように正規分布をしている。それに対し雲南化工廠のPVC製品の粒度分布は細粒および粗粒が多いこと、また分布が広いことが特徴である。特に細粒側で正規分布から外れることは、攪拌が1個所であれば起こり得ず、懸濁系が不安定になっていることを示唆している。

又、その他に反応終了後のPVCスラリー中に、塊状の粗粒が平均でバッチ当たり15Kgも発生している事実があり、これも懸濁安定性が悪いことを示唆している。

又、(3) 操作手順の項で記述したとおり、懸濁系が不安定となり、粒度分布が粗くなるため、仕込み終了後30分の予備攪拌を実施している。懸濁安定性に問題があることを示唆している。

これらのことより現行処方には懸濁安定性に問題があり、改善の必要があるといえる。

2.1.2 仕込み・反応・取り出し操作手順

(1) 仕込み

仕込みは先ず脱イオン水の仕込みから開始される。脱イオン水は貯槽から計量槽へポンプで移送された後、計量槽より反応槽へ仕込まれる。反応缶への仕込み量はマンホールから水面までの距離を検尺することにより計測される。仕込み作業、計量作業は完全な手作業である。

次いでHPMC(E50)、PVA(KH20)の懸濁剤水溶液、脂肪酸亜鉛、硫化ナトリウム、重炭酸ナトリウム、苛性ソーダの助剤類、EHPの重合開始剤がマンホールより所定量仕込まれた後マンホールが閉じられる。

次いで0.3MPaの圧力の窒素にて2回の窒素置換が実施される。

しかる後VCMが仕込まれる。VCMは、仕込み作業に先立ち、先ず貯槽から3階に設置されている計量槽へ両槽の圧力差を利用して移送される。この圧力差を発生させるために、計量槽のVCMをバージしVCM蒸留工程へ戻していることによりモノマー工程でのエネルギーロスをもたらしている。

VCMの計量は、3階に設置されたVCM計量槽のクリンカーゲージにより目視で行われ、計量槽から反応槽への仕込みは両槽のヘッド差を利用して実施されている。尚、反応缶には窒素置換に伴う残存窒素があるためその分は反応缶と計量槽を均圧化して実施される。

VCMの仕込み作業、計量作業ともに完全な手作業である。過去に流量計を用いてVCM仕込量の計量自動化を試みたが、計量誤差が大きく目的を達成できなかった。

(2) 反応

仕込み終了後30分の予備攪拌を実施し、その後所定の反応温度まで昇温する。攪拌は5段パドルの攪拌翼による。反応制御は所定の反応温度を保持することである。内圧が所定圧まで降下した時点を終点とし内容物を沈析槽へ取り出す。

この際、残留酸素除去のために窒素置換に使用した残存窒素量がバッチ毎に変動し、その分圧が変動することにより、重合変換率が変動する結果となっている。さらに重合変換率

の変動により、PVC製品の平均重合度、フィッシュアイ、および多孔性等の樹脂特性に影響を及ぼしている。

(3) 抜き出し

槽内スラリーの沈析槽への抜き出しは両槽の内圧差を利用して行う。但し、沈析槽は耐圧がないため沈析槽に移送されたスラリーから即座にVCM回収ラインにVCMをパージすることにより、沈析槽の圧力が立たないように調整しながら移送する。この際、急速なVCMパージによって線速度が大きくなりすぎ、スラリーが発泡するためVCM回収ラインにPVCが飛散するという問題が生じている。

また、反応終了時点で沈析槽が使用中の場合には、そのままの温度で「取り出し待ち」として待機するため、そのまま反応が進行し結果として重合変換率が高くなりすぎ、PVC製品の平均重合度、フィッシュアイ、および多孔性等の樹脂特性に影響を及ぼしている。

2.2 沈析工程

沈析工程は反応終了後のPVCスラリーを反応缶から沈析槽に取り出す工程である。沈析槽としては正規の沈析槽(18.8m³) 2基と現在脱VCM塔が未稼働のため遊休となっている離心高位槽(容量および構造は沈析槽と同一) 2基の計4基がある。

上述のとおり、PVCスラリーの取り出し時は、沈析槽に移送されたスラリーからVCM回収ラインにVCMをパージし沈析槽の圧力が立たないように調整するが、この際VCM回収ラインへのスラリー飛散が避けられないために、ラインに泡沫捕集機を設置して飛散PVCを捕集するシステムとなっている。捕集されたPVCは回収池経由で遠心脱水機へ送出され靴底用の製品として特定の顧客向けに販売されている。

このように、飛散したPVCスラリーを泡沫捕集機で捕集後製品化する方式では、PVCスラリーからのVCM高温真空回収が全く実施されない前にPVCが飛散するため、回収製品中の残留VCMレベルの改善の可能性が全くないこと、および回収池周辺のVCM環境濃度の改善が困難という問題がある。

2.3 脱VCM工程

脱VCM工程はPVCスラリーから残留しているVCMを効果的に回収除去する工程で、

PVC製品中の残留VCMレベルを中国国家規格内(10ppm以下)まで改善することを目的とするものである。

沈析槽に取り出されたスラリーは、スラリータンクに移送された後、75～80℃に昇温され脱VCM塔に連続フィードされ、薄膜状にされたPVCスラリーから残留しているVCMを高温真空状態下において効果的に回収除去するように設計されている。

しかしながら現在は、

- ①脱VCM塔へのスラリーフィードポンプが故障している。
- ②脱VCM塔出回収VCMラインのオンライン酸素濃度分析計が故障している。
- ③同一メーカーから納入された同一タイプの脱VCM塔が中国国内の他企業に2基あるが、いずれも効果的に運転されていない。

という三つの理由から脱VCM塔は運転されておらず、脱VCM工程をバイパスして直接遠心脱水機にフィードする方式を採っている。

従って、PVC製品中の残留VCMレベルが中国国家規格よりはるかに高いという品質上の問題がある。現状は残留VCMの検査をせずに一級品合格としているが、残留VCMが規格内にあることを要求する顧客は当然のこと、その他一般顧客でも徐々に要求が厳しくなる傾向にあるので、市場要求に合った製品を供給するという命題を解決するためには、前述の①脱VCM塔へのフィードスラリーポンプの故障、②回収VCMラインのオンライン酸素濃度分析計の故障の二つの問題を、早期に解決して脱VCM塔の使用を開始することが必要である。

2.4 脱水工程

PVCスラリーを含水率10～30%まで脱水する工程である。遠心脱水機は濾布を用いたパッチ式のもので、処理能力2.4 t/hの脱水機を2基保有しているが、通常は1基のみ運転しており1基は予備としている。

当脱水機は濾布を用いているため濾布の目詰まりが発生し、経時的に能力が低下する問題がある。この対応策として、現状では1回/2時間程度脱水機を停止し、脱水機を開放の上濾布の洗浄を実施している。

このような作業は非効率であるとともに、高い頻度で開放洗浄を行うためには作業性の問題から密閉系とすることが難しく、開放部分が多い構造となっている。このために、異物の混入の可能性があること、および濾布の目詰まり程度によって脱水された湿潤ケーキの含水率が変化し乾燥機の運転を難しくしているという問題がある。

2.5 乾燥工程

脱水工程で得られる含水率10～30%の湿潤ケーキを乾燥する工程である。

乾燥機は2段構成で、1段は気流乾燥機、2段は流動乾燥機を採用している。2段構成ではあるが、稼働時の熱エネルギー負荷的には1段が90%以上で2段は補助的な使い方しかしていないのが実態である。

2.5.1 1段乾燥機

1段乾燥機は、熱風により湿潤ケーキを解砕・乾燥させる形式の気流乾燥機である。

気流乾燥機の運転方法は、熱風のフィード条件(温度:150℃、風量:12,600m³/h)を一定とし、乾燥機から出る熱風温度が約75～105℃の範囲の設定温度で一定になるように脱水機で脱水された湿潤ケーキのフィード量を調節する方法を採っている。湿潤ケーキのフィード量調節は脱水機から気流乾燥機に湿潤ケーキをフィードするスクリーフフィードの回転数を制御することにより行われている。回転数の制御は運転員による手動制御である。

2.5.2 2段乾燥機

2段乾燥機は材料の下から熱風を送入して流動層を形成させ、粉粒体と熱風間で熱と水分の移動を行わせる形式の流動乾燥機である。

流動乾燥機の運転方法は、熱風のフィード条件(温度:78℃、風量:12,600m³/h)一定のもとで、乾燥機から出るPVC製品温度が60℃等の設定温度で一定になるように温水チューブにフィードする熱水量を制御する方法を採っている。熱水量の制御は運転員による手動制御である。

2.6 篩粉工程

乾燥されたPVC製品中の粗粒を除去する工程である。

篩粉機は2段構成で、1段篩粉機は六角形の籠型の回転式篩粉機、2段が振動篩で篩はいずれも30メッシュである。1段の回転式篩粉機で篩いきれなかった規格内品を2段の振動篩にフィードし再篩粉する方式となっている。

篩粉工程の処理能力は3t/hあるので現状は問題ないが、PVCの揮発分が低下すると静電気帯電により処理能力が低下するという問題が発生する。

PVC製品中の揮発分は0.3～0.4%と異常に高いレベルにあるが、篩粉工程の問題とも密

接に関係する問題である。

2.7 サイロ保管・包装工程

篩粉されたPVCは、サイロに空送・保管後、全量包装される。

2.7.1 空送

流動乾燥機からサイロに送入する空送用空気は循環再利用されている。これにより、製品中に異品種が混入する、あるいは何らかの異物混入があった場合、それが全品種に拡大するという可能性が高くなっている。

2.7.2 包装

包装は、サイロ下に設置された台秤の上でポリプロピレン製包装袋に25Kg単位で充填する方式である。充填量は、台秤を見ながら所定量になったらサイロ下の布シュートを手で絞って充填を留め充填量を制御するもので、完全手動式包装方法である。

所定量の充填が終了したら、手動ミシンでミシン掛けしてシールし、包装完了となる。

2.8 原単位

2.8.1 VCM及び主要助剤の原単位

VCM及び主要助剤の原単位を表Ⅲ-12に示す。

VCM原単位は1,055Kg/t-PVCで、一般的な1,010Kg/t-PVC以下と比較して悪いレベルにある。その他の助剤類の原単位は処方見合いの原単位である。

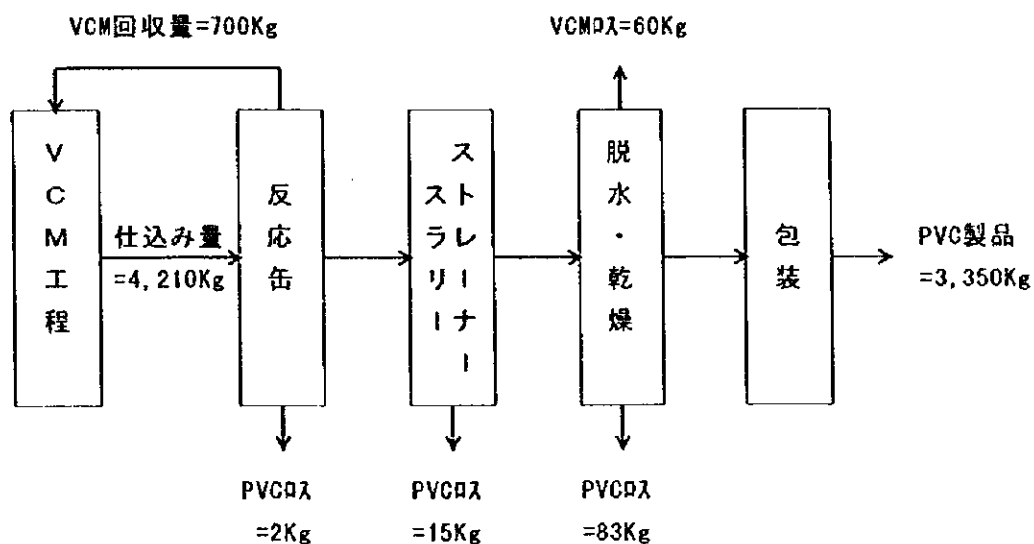
VCM原単位が悪い主な要因は、図Ⅲ-5に示すVCMの物質収支より明らかなように、①乾燥工程でのVCMロス、②脱水・乾燥工程でのPVCロス、③スラリーストレナーでのPVCロスの3点である。

以下に各要因について付言する。

表Ⅲ-12 VCM及び主要助剤の原単位

品 名	原単位 (Kg/t-PVC)	品 名	原単位 (Kg/t-PVC)
VCM	1,055	重炭酸ナトリウム	0.30
		硫化ナトリウム	0.076
HPMC	0.62	苛性ソーダ	9.1 ml/t-PVC (30%水溶液)
PVA	0.30		
脂肪酸亜鉛	0.61	エタノール	0.30
EHP	1.00	黄色塗料	0.03

図Ⅲ-5 VCMの物質収支



(1) 乾燥工程でのVCMロス

乾燥工程でのVCMロスが大きい。未反応VCMを高温下で真空回収する脱VCM工程をバイパスして運転しているために、PVCスラリー中の残存VCM濃度が高く、それをそのまま乾燥するために、乾燥工程でのVCMの放散量が多いことを表わしている。また、脱VCM工程のバイパス運転により、沈析工程～乾燥工程で開放系となる場所または乾燥機の排気からVCMが揮散することとなり、労働環境の悪化は避けられない。加えてPVCの残存VCMレベルの改善もできないという問題があるので、脱VCM工程の運転を再

開することが望ましい。

(2) 脱水・乾燥工程でのPVCロス

脱水・乾燥工程でのPVCロスが大きいのは、脱水機としてパッチ式の濾布使用の遠心脱水機を使用していることに起因している。約2時間間隔で開放洗浄を余儀なくされており、開放洗浄時に、PVCロスがある。さらに、湿潤ケーキを再度スラリー化して回収池に移送し、再処理して靴底用SG3として製品化するが、その間回収池でのPVCロスがある。回収池に移送されるPVCとしては、その他に、沈析工程での反応器からPVCスラリーを取り出す際のVCM回収ラインに飛散するPVCスラリーの泡沫捕集器での捕集品がある。

これらが脱水・乾燥工程でのPVCロスの原因となっている。これらの改善のためには、脱水機を連続式にすること及び沈析槽を耐圧化して、沈析槽でのVCM回収時の発泡に伴うスラリー飛散を防止することが必要である。

(3) スラリーストレナーでのPVCロス

スラリーストレナーでのPVCロスは、現行処方の懸濁安定性に問題があるため、粗粒の生成量が多いことに起因しており、懸濁安定性の良好な処方への改善が必要である。

2.8.2 用役の原単位及び工程別用役使用量

用役の原単位を表Ⅲ-13に示す。

用役の原単位に関しては、蒸気の前単位がVCMの高温真空回収を実施していない割には悪い。

表Ⅲ-13 用役の原単位

項 目	原 単 位	
	単 位	実 績 値
電 気	kWh/t-PVC	200
蒸 気	t/t-PVC	1.2
純 水	m ³ /t-PVC	4.0

(1) 熱水の加熱調整方法

蒸気原単位が悪い原因は、反応開始時に反応缶の内温を上げる手段として、熱水を用い、その熱水槽を常時92℃に加熱調整していることである。

反応缶の昇温作業は30分/バッチ×(12～15)バッチ/日の作業で、実質延べ6～7時間/日の作業であるが、その作業のために1日24時間を通して昇温用熱水を常時92℃に加熱調整しているため、その間の放熱があり効率が悪くなっていると推定される。

これを改善するために、反応缶毎に昇温用の蒸気ミキサーを設置すれば、必要の都度蒸気を通して熱水をつくり昇温することとなり非常に効率的となる。

(2) 乾燥工程のエネルギー効率

蒸気原単位が悪い第2の要因は乾燥工程にある。

工程別用役使用量を表Ⅲ-14に示す。

乾燥工程の蒸気使用量が多すぎるが、この原因は湿潤ケーキの含水率が高いこと、および乾燥機の構成にあると考えられる。

脱水工程で脱水された湿潤ケーキが乾燥機にフィードされるが、遠心脱水機は2台中1台のみが運転されている。これにより脱水時間またはバッチ処理量が制限され、結果としてケーキ中の含水量が高めとなってしまう。

表Ⅲ-14 工程別用役使用量

	単位	重 合	脱ガス	乾 燥	計
工業用水	m ³ /h	2 3 6	(5 6)	1 0	2 4 6
電 気	kWh/h (kWh/t)	1 8 0 (129)	(7 0) (5 0)	9 9 (7 1)	2 7 9 (200+50)
蒸 気	t/h (t/t)	0 . 6 (0 . 45)	(0 . 5) (0 . 34)	1 . 0 (0 . 75)	1 . 6 (1.2+0.3)
脱イオン水	m ³ /h	4 . 7	(0 . 6)	0 . 8	5 . 5
窒 素	kg/h	4 6	(-)	2 0	6 6

また、乾燥機の使用法は、10～30%の水分含有の脱水後のケーキを1～3%程度の水分まで第1段の気流乾燥機で乾燥させるもので、殆どの水分を1段乾燥機で乾燥させている。

2 段の流動乾燥機は、1 ～ 3 % 程度の水分を更に 0.4% 以下に落とすための補助的な使われ方しかされていない。

この改善のためには、熱効率の良い流動乾燥機の負荷を上げるか、又は、熱効率の良い乾燥機への更新が必要である。

3. 生産設備

3.1 機器リスト

機器リストを表Ⅲ－15～表Ⅲ－18に示し、特記事項を以下に述べる。

3.1.1 重合反応器

重合反応器は中国国内で最小規模のもので、SUS304相当のステンレス鋼の無垢材を使用している。ステンレス鋼には、①熱伝導度が小さい、②塩素イオン存在下での使用では孔蝕を受けやすい、③応力腐食割れを起こす可能性が高い等の問題があるので、一般に重合反応器にはクラッド鋼が採用されている。

その意味で雲南化工廠が重合反応器にステンレス鋼の無垢材を使用しているのは特異的である。

(1) 総括伝熱係数

重合反応は発熱反応であるために、反応缶のジャケットに冷水を通水し、反応熱を除去し反応温度を制御する構造となっている。

雲南化工廠の反応缶は、①ステンレス鋼の熱伝導度が小さいこと、および②ジャケット冷却水流速が遅いため境膜伝熱係数が小さいこと、に起因して、総括伝熱係数が $240 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ と小さく、生産性を上げにくい缶となっている。一般的には、ステンレスのクラッド鋼を使用した反応缶の総括伝熱係数は $600 \sim 700 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ のレベルである。又、最近の内部ジャケットタイプの反応缶の総括伝熱係数は $1,000 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上のレベルに至っている。

(2) 孔蝕および応力腐食割れ

SUS304相当のステンレス鋼無垢材の重合反応缶は、伝熱の問題とともに、高温での塩素イオン存在下では応力腐食割れや孔蝕を受けやすいという問題があるために、重合反応器の使用温度を制限することとなる。その意味で、重合反応器にはSUS316L クラッド鋼を採用することが望ましい。

(3) 形状

重合反応器の形状は、反応缶の直胴部の長さと同径の比が約4.4 倍と非常に縦長であるの

が特徴である。縦長缶の場合、単位容量当たりのジャケットの冷却面積は大きく採れるが缶内の均一性が悪いという欠点がある。

缶内の均一性を改善するための大きな要素はパツフルの使い方である。雲南化工廠の反応缶はパツフルなしで、缶内の均一性は攪拌翼を5段と多くすることによって改善しているが、攪拌翼のみで十分な均一性が得られるかどうかは問題含みである。また、攪拌機の回転数は206rpmで固定である。

3.1.2 反応工程以外の機器

反応工程以降の沈析工程、脱VCM工程、脱水工程、乾燥工程における水存在下での機器においてもSUS304相当のステンレス鋼を使用しているものが多数あるが、これらの機器についても高温での塩素イオン存在下では、応力腐蝕割れや孔蝕を受けやすいという問題があることは重合反応器の場合と同じである。

表Ⅲ-15 機器リスト(1)

工程	機器名	数量	仕 様
反 応	重合反応器 (錦西化工機械廠製)	6	内径 : 1,600mm Φ 直胴部長さ : 6,972mm 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)無垢 耐圧 : 1.4 MPa 総括伝熱係数 : 240 kcal/m ² ・h・°C 攪拌翼 : 5段傾斜パドル スパン~700Φ 巾~150 回転数~206rpm固定 パツフル : なし 攪拌モータ : 30kW
	VCM貯槽 (雲南金屬構件廠製)	2	容量 : 50m ³ (2,600Φ×10,040×18) 材質 : 炭素鋼
	VCM計量槽 (北京化工機械廠製)	1	容量 : 7 m ³ (1,600Φ×4,214×8) 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	純水計量槽 (江西石油化工機械廠製)	2	容量 : 5 m ³ (1,600Φ×2,500×8) 材質 : アルミニウム
	昇温用熱水槽	2	容量 : 20 m ³ 材質 : 炭素鋼

表Ⅲ-16 機器リスト(2)

工程	機器名	数量	仕様
反応	VCM濾過器 (上酒四方鍋炉廠製)	1	容量 : 300Φ×552mm 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	純水ポンプ	1	揚程 : 20m 流量 : 45 m ³ /h 材質 : 炭素鋼
	昇温用熱水ポンプ (昆明水ポンプ廠製)	2	揚程 : 20 m 材質 : 炭素鋼
沈析	沈析槽	2	容量 : 18.8m ³ (2,400Φ×5,209×8) 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	泡沫捕集器	1	容量 : 9.4 m ³ (1,600Φ×4,980×5) 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
脱VCM	脱VCM塔	1	600Φ×22,426 棚段=40段 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	混料槽 (スラリータンク)	1	容量 : 45 m ³ (3,400Φ×5,556) 電動機 : 22kW 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	脱VCM塔排熱回収器	1	チューブ表面積 : 18 m ² 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	真空回収ポンプ吐出水凝縮器	1	容量 : 0.2 m ³ (273Φ×1,884) 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	真空回収ポンプ吸入スレーナ	1	容量 : 150Φ×2,050 材質 : 炭素鋼
	脱VCM塔スレーナ	2	容量 : 400Φ×2,000 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	脱VCM塔純水供給ポンプ	2	揚程 : 33 m 電動機 : 2.2 kW 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	脱VCM塔真空回収ポンプ	2	抽気量 : 1.5 m ³ /分 電動機 : 4.5 kW 材質 : 炭素鋼
	脱VCM塔スレー送出ポンプ	2	揚程 : 45 m 電動機 : 22 kW 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)

表Ⅲ-17 機器リスト(3)

工程	機器名	数量	仕 様
脱 VCM	脱VCM塔スクリュー抽出ポンプ	2	揚程 = 45 m 電動機 = 22 kW 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
脱 水	離心機 (上海化工機械廠製)	2	回転数 : 1,500rpm 電動機 : 30kW 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	離心高位槽	2	容量 : 18.8 m ³ (2,400Φ×5,209×8) 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	スクリーフフィーダー	1	容量 : 219Φ×4,800×6 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
乾 燥	気流乾燥機	1	容量 : 850Φ×13,224×4 材質 : アルミニウム
	流動乾燥機	1	床面積 = 4.1m ² (4,000×1,600×367) 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	空気加熱器 (気流乾燥機用)	1	S-2R-24-54型 : 10組 材質 : 銅
	空気加熱器 (流動乾燥機用)	1	S-2R-24-66型 : 3組 材質 : 銅
	流動乾燥機熱水槽	1	容量 : 7 m ³ (1,600Φ×4,090×14) 材質 : 炭素鋼
	流動乾燥機温水ポンプ	1	揚程 : 32 m 材質 : 炭素鋼
	気流乾燥機用送風機	1	揚程 : 9,229~9,310 Pa 風量 : 12,577~18,447m ³ /h 電動機 : 30 kW 材質 : 炭素鋼
	流動乾燥機用送風機	1	揚程 : 9,229~9,310 Pa 風量 : 2,577~18,447m ³ /h 電動機 : 30 kW 材質 : 炭素鋼
	気流乾燥機1段サイクロン	1	容量 : 400Φ 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	気流乾燥機2段サイクロン	1	容量 : 400Φ 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	流動乾燥機1段サイクロン	1	容量 : 3500Φ 材質 : アルミニウム

表Ⅲ－18 機器リスト(4)

工程	機器名	数量	仕 様
乾燥	流動乾燥機 2 段サイクロン	1	容量 : 3500Φ 材質 : アルミニウム
篩 粉 ・ 包 装	振動篩	1	篩面積 = 1,950×1,200 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	回転式篩	1	篩面積 = 3,770×3,570 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	サイロ	1	容量 : 20 m ³ 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)
	サイロ送り 送風機	1	揚程 : 6,400～6,954 Pa 風量 : 3,996～4,901 m ³ /h 電動機 : 18 kW 材質 : 炭素鋼
	空送ライン サイクロン	1	容量 : 450Φ 材質 : SUS304(Cr18Ni9Ti)

3.2 計装機器リスト

計装機器リストを表Ⅲ－18に示す。

計装機器は反応工程の反応缶廻りにのみ設置されており、後工程の沈析、脱水、乾燥および包装の各工程はすべて手動である。

尚、反応温度記録計（缶内温度、ジャケット温度）は現在故障中で、反応温度の記録は人手によって10分間隔で記録用紙に記録しているのが実態である。

表Ⅲ-19 計装機器リスト

名 称	型 式	数 量	備 考
温度調節計	KMM201-0-012	6	反応温度 熱水回収用 レベル切替え式 缶昇温用熱水槽
	5248-3100	6	
	KMS100-0-012	1	
温度記録計 温度変送器	KMR200-0-X	6	反応缶内温度、ジャケット温度 反応缶内温度 ジャケット温度 熱水回収用 熱水槽温調用
	NAX101-0S-H	6	
	NAX101-0S-H	6	
	5251-3016	6	
	NAX101-0S-H	1	
安全保持器	NTW183-Y-X(H)	6	熱水用 冷水用 冷水微調用
	NTW183-Y-X(H)	6	
	NTW183-Y-X(H)	6	
エアシリンダ 薄膜調節バルブ	VST-K 4B×4B	6	熱水用 冷水用
	VST-B 3B×3B	6	
エアシリンダ	VST-B 2B×2B	6	冷水微調用
エアシリンダ切替バルブ	ZMAN-16B	6	工水放出用 熱水回収用
	ZMAN-16K	6	
安全弁	8907/51-74/45	1	熱水槽温調用 反応缶用
	DAB-3120	6	
管式調節バルブ	VQC-10K 50×50	1	熱水槽温調用
圧力指示計 圧力変送器	KMF100-0-20	6	反応缶用 反応缶用
	DBY-1301	6	

3.3 設備配置

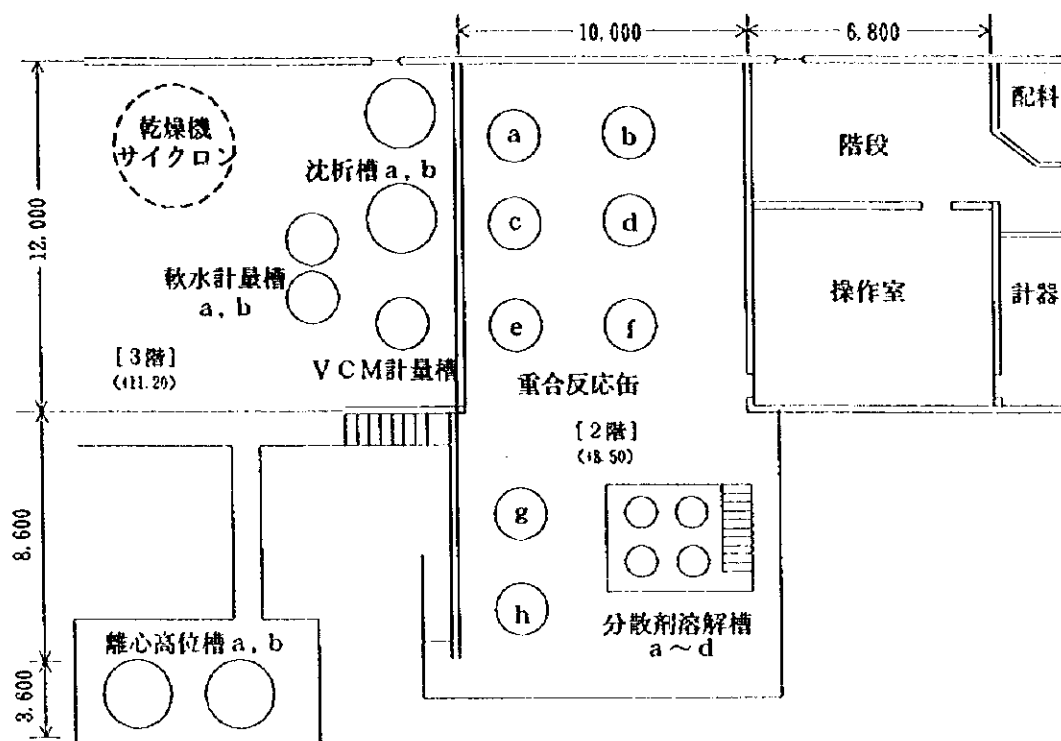
PVC生産設備は、工場内中央部やや東部よりの南端に近い位置に配置されている。

PVC重合工程の設備配置図を図Ⅲ-6 および図Ⅲ-7 に示す。

主要機器は1階、+8.5m の2階および+11.2mの3階の3レベルに立体的に配置されている。

Figure 1 is a schematic diagram of the layout of the VCM production facility. The diagram shows three main buildings: a Drying Building (乾燥建屋) on the left, a Packaging Building (包装建屋) at the bottom left, and a VCM Production Building (VCM工程) on the right. The Drying Building contains a resin recovery tank (樹脂回収池), resin pumps (樹脂ポンプ a, b), and a resin collector (捕集器). The Packaging Building contains resin pumps (樹脂ポンプ a, b) and resin recovery tanks (注水回収槽 a, b). The VCM Production Building contains a resin recovery tank (注水回収槽 a, b), resin pumps (樹脂ポンプ), and a resin recovery tank (注水回収槽 a, b). The layout is divided into three main sections: a top section (10,000 x 6,800), a middle section (10,000 x 8,500), and a bottom section (10,000 x 8,000). Dimensions are provided for each section and the total width of the facility (29,550).

図Ⅲ-7 PVC重合工程2, 3階平面図



4. 生産検査

雲南化工廠における検査体制は次のとおりとなっている。

- ①原材料検査：品質監督処が抜き取りで実施。
- ②製品出荷検定：品質監督処が実施。
- ③中間品検査：各生産現場の工程分析班が実施。

PVCの生産にかかる検定の現状について以下に述べる。

4.1 原料受け入れ検査

購入原料の受け入れ規格を表Ⅲ-10に示した。

懸濁剤のHPMC（ヒドロキシプロピルメチルセルロース）、PVA（部分鹸化ポリ酢酸ビニル）および重合開始剤EHP（ジオクチルパーオキシジカーボネート）に関しては、製造メーカーと購買規格を取り交わしているが、いずれも雲南化工廠には検査技術がないので受入れ検査は実施せず、メーカーの出荷検査に基づいて受入れている。

その他の購入助剤は、中国国内の製品を中国国家規格に基づき合格品を受入れているが、硫化ナトリウム、工業用エタノールのみは、品質監督処で純度の受入れ検査を実施している。

助原料の受け入れにおいて、品質不合格品は返品することになっているが、過去に不良品として返品したのは、変色した重合開始剤EHPが入荷した際の1回のみであった。

4.2 工程検査

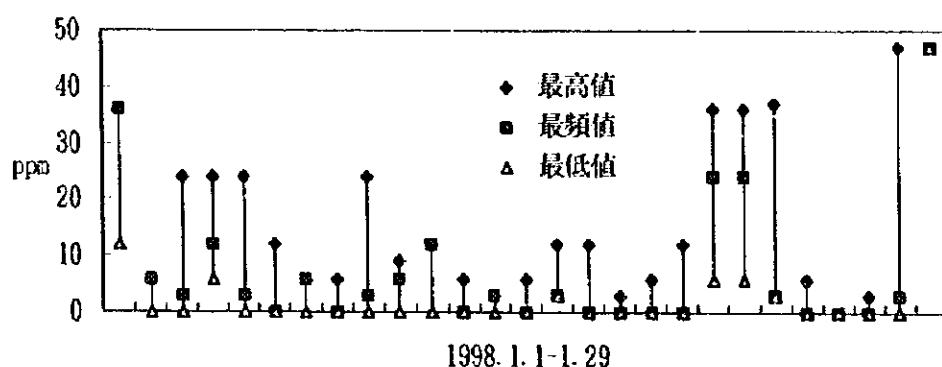
PVC生産現場内の自製品であるVCM及び脱イオン水の品質検査は、第6（PVC）生産現場の工程分析作業班が担当しているが、1.5 で述べたように、いずれも品質に大きな問題がある。

VCMは精留塔の調子が悪くアセチレン、高沸物、鉄含有量及びpHが定常的に規格外れとなっている。表Ⅲ-20に1998年1月のVCM中のアセチレン含有量の推移を、またその日間の最高値、最低値および最頻値をプロットしたものを図Ⅲ-8に示す。図表から解るとおり受入れ基準10ppm以下を満足できていないケースが多い。

表Ⅲ-20 VCM中のアセチレン含有量の推移(1998年1月)

月日	検査値 (ppm)	月日	検査値 (ppm)	月日	検査値 (ppm)
1/01	12, 36, 36, 36, 24, 24, 36	/10	0, 0, 6, 6, 6, 6, 9, 9, 9, 9	/19	0, 0, 0, 0, 0, 12, 12, 12, 0
/02	0, 0, 0, 6, 6, 6, 6, 6, 3, 3, 3	/11	6, 6, 12, 12, 12, 0	/22	6, 6, 24, 24, 24, 12, 36
/03	0, 0, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 24, 24	/12	3, 0, 0, 0, 6, 6, 6, 0, 3, 3	/23	12, 12, 6, 24, 24, 36, 36
/04	24, 12, 12, 12, 12, 6, 24	/13	3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 0, 0, 0	/24	36, 36, 36, 37, 3, 3, 3, 3
/05	24, 24, 0, 0, 0, 3, 3, 3, 24	/14	3, 3, 3, 0, 0, 0, 0, 6, 6, 6	/25	6, 6, 6, 3, 3, 3, 0, 0, 0, 0
/06	0, 0, 0, 0, 0, 12, 12, 3, 3	/15	3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 12	/26	0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
/07	3, 0, 0, 0, 6, 6, 6, 6, 6, 6	/16	12, 12, 3, 3, 0, 0, 0, 0, 12	/27	3, 3, 3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
/08	6, 6, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0	/17	3, 3, 3, 3, 3, 0, 0, 0, 0, 0	/28	3, 3, 3, 0, 3, 3, 6, 6, 47
/09	0, 0, 0, 0, 24, 3, 3, 3, 3, 3	/18	0, 0, 0, 0, 0, 6, 6, 6, 0, 0	/29	47, 47, 47

図Ⅲ-8 VCM中のアセチレン含有量



4.3 製品検査

SG1からSG8まで8品種の懸濁重合法PVCの中国の国家規格を表Ⅲ-21に示す。

検査項目として、粘数(平均重合度、重合度指数K値)、異物、揮発分、見掛比重、粒度($\geq 250\mu\text{m}$ 、 $\geq 63\mu\text{m}$)、フィッシュアイ(FE)数、可塑剤吸収量、加熱後の樹脂の白度、水抽出液の導電率、残留VCM等が規定されている。

表川-21 懸濁重合PVCの中国国家标准

項 目		SG 1	SG 2	SG 3	SG 4	SG 5	SG 6	SG 7	SG 8
粘 数 (ml/g)		156	143	135	126	118	106	95	86
		144	136	127	119	107	96	87	73
異 物 (g/100g)	優等	≤16	≤16	≤16	≤16	≤16	≤16	≤20	≤20
	一級	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30	≤40	≤40
	合格	≤90	≤90	≤90	≤90	≤90	≤90	≤100	≤100
揮発分 (%)	優等	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.30	≤0.40	≤0.40	≤0.40	≤0.40
	一級	≤0.40	≤0.40	≤0.40	≤0.40	≤0.40	≤0.40	≤0.40	≤0.40
	合格	≤0.50	≤0.50	≤0.50	≤0.50	≤0.50	≤0.50	≤0.50	≤0.50
見掛密度 (g/ml)	優等	≥0.45	≥0.45	≥0.45	≥0.45	≥0.45	≥0.48	≥0.48	≥0.48
	一級	≥0.42	≥0.42	≥0.42	≥0.42	≥0.42	≥0.45	≥0.45	≥0.45
	合格	≥0.40	≥0.40	≥0.40	≥0.40	≥0.40	≥0.40	≥0.40	≥0.40
粒 度	0.25mm 篩上	優等	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0
		一級	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0
		合格	≤8.0	≤8.0	≤8.0	≤8.0	≤8.0	≤8.0	≤8.0
	0.063mm 篩上	優等	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90
		一級	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90
		合格	≥80	≥80	≥80	≥80	≥80	≥80	≥80
フィッシュアイ (g/400cm ²)	優等	≤20	≤20	≤20	≤20	≤20	≤30	≤30	≤30
	一級	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	≤50	≤50	≤50
	合格	—	—	—	—	—	—	—	—
可塑剤吸収量 (g/100g-PVC)	優等	≥27	≥27	≥26	≥23	≥20	≥18	≥16	≥16
	一級	≥25	≥25	≥25	≥22	≥19	≥16	≥14	≥14
	合格	—	—	—	—	—	—	—	—
水抽出液 導電率	優等	≤5× 10 ⁻³	≤5× 10 ⁻³	≤5× 10 ⁻³					
白度 (%) (160℃10秒)	優等	≥74	≥74	≥74	≥74	≥74	≥74	≥70	≥70
残留VCM (ppm)	優等	≤8	≤8	≤8	≤8	≤8	≤8	≤8	≤8
	一級	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
	合格	—	—	—	—	—	—	—	—

雲南化工廠のPVC製品規格は中国の国家規格をそのまま採用している。

製品検定は1件/パッチの頻度で品質監督処で実施されている。表III-22及び表III-23に代表的項目についてPVC製品の規格と品質実績を示した。

(1) 粘数

粘数（すなわち平均重合度）は国家規格の範囲内には入っているがそのフレ幅は相当大きく規格の限界値のロットもある。

本調査における販売先訪問調査では、重要顧客から「雲南化工廠のPVC製品は国家規格内にはあっても重合度の幅が広く、平均重合度のロット間ばらつきが大きい」という指摘を受けている。雲南省の市場が、国家規格よりも管理幅の狭い安定した品質の製品を要求していることを示している。

(2) 見掛け比重

見掛け比重も国家規格の範囲内には入っているがそのフレ幅は相当大きく、特に季節的な要因か冬場と夏場の見掛け比重間に大きな差異が見られる。

(3) 揮発分、異物

揮発分、異物も同様に国家規格の範囲内には入っているが、はたしてこのレベルで顧客が問題なく使用出来るのか疑問に感じる程度の品質レベルである。

現実に販売先訪問調査では、雲南化工廠製品は省外品に比べ、異物レベルが劣るとの指摘を受けている。製品中の異物レベルを改善するためには、まず異物を同定する必要があるが、従来異物同定の検討はなされていない。

(4) 粒度

粒度に関しては、国家規格として定められている粗粒量および細粒量のみが測定されている。PVC樹脂の流動性等の加工特性には製品の粒度分布が影響するので、今後市場からの要求が厳しくなることに対応するためには、粒度分布の管理レベルを向上させることが必要である。

(5) 残留VCM

残留VCMについては高温下でのVCM真空回収を全く実施していないため、国家規格を満足できていないが検査をせず一級品合格としている。（中小メーカーではそのようなケースが多々ある）

表Ⅲ-22 PVC製品の規格と品質実績(1)

検査 項目	年月	SG 2				SG 3				SG 5			
		平均	3 σ	最高	最低	平均	3 σ	最高	最低	平均	3 σ	最高	最低
粘 数 (ml/g)	97/07					132	5.19	135	128	112	4.95	115	110
	/08	139	2.82	140	138	129	5.64	134	127	111	3.15	113	110
	/09	139	0.14	139	138	131	5.97	135	128	112	4.77	115	110
	/10					131	4.41	134	129	113	1.41	116	110
	/11									113	5.79	116	109
	/12					129	2.61	130	127	112	4.92	115	109
	規格			143	136			135	127			118	107
見 掛 比 重 (g/ml)	97/07					0.49	0.023	0.49	0.47	0.49	0.030	.50	0.47
	/08	0.48	0.025	0.49	0.47	0.49	0.029	0.50	0.47	0.49	0.030	.51	0.48
	/09	0.47	0.014	0.47	0.46	0.48	0.020	0.50	0.48	0.48	0.033	.50	0.46
	/10					0.47	0.039	0.48	0.45	0.48	0.045	.51	0.46
	/11									0.46	0.033	.48	0.44
	/12					0.43	0.048	0.47	0.42	0.46	0.033	.47	0.45
	規格				0.42				0.42				0.42
揮発分 (%)	97/07					0.30	0.138	0.39	0.22	0.31	0.114	.39	0.31
	/08	0.27	0.042	0.28	0.25	0.28	0.114	0.39	0.24	0.24	0.093	.26	0.21
	/09	0.25	0.025	0.26	0.24	0.27	0.099	0.30	0.24	0.28	0.078	.33	0.24
	/10					0.28	0.117	0.34	0.23	0.29	0.078	.35	0.25
	/11									0.28	0.123	.33	0.22
	/12					0.31	0.135	0.42	0.29	0.30	0.123	.25	0.23
	規格			0.40				0.40				.40	

表Ⅲ－23 PVC製品の規格と品質実績(2)

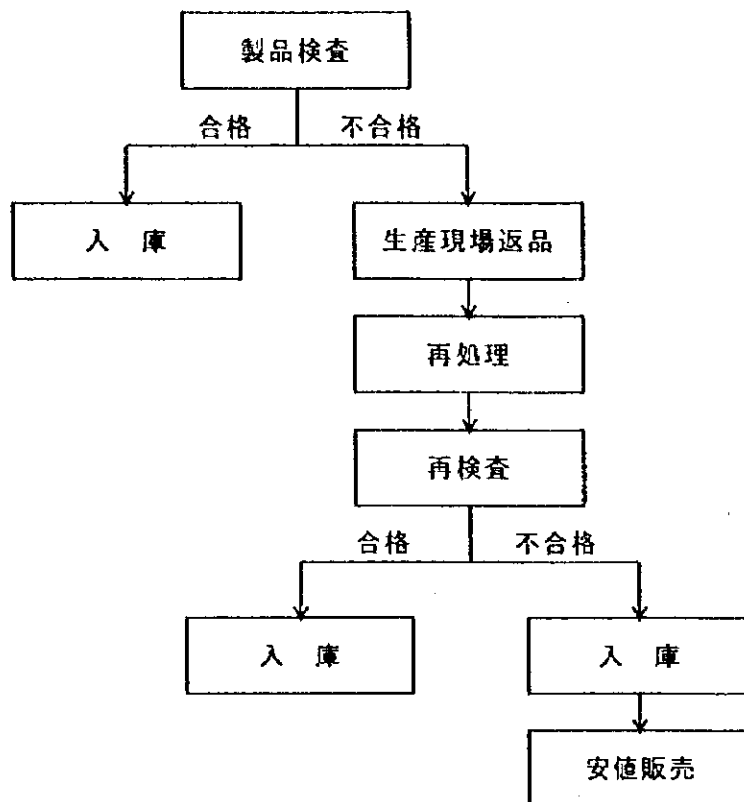
検査 項目	年月	SG 2				SG 3				SG 5			
		平均	3 σ	最高	最低	平均	3 σ	最高	最低	平均	3 σ	最高	最低
異 物 (ϕ / 100g)	97/07					17	19.8	35	13	14	7.2	20	12
	/08	12	1.41	13	12	15	10.2	24	11	16	11.9	22	12
	/09	15	7.08	18	13	14	8.58	21	10	15	15.3	30	7
	/10					11	8.01	14	5	11	11.7	16	5
	/11									12	12.4	23	4
	/12					12	9.72	17	5	12	16.4	23	5
	規格			30				30				30	
粒 度 (0N% -63 μ)	97/07					99.3	0.57	99.5	99.0	98.8	0.48	99.2	98.5
	/08	98.5	0.28	98.6	98.4	99.1	0.93	99.6	98.8	98.4	3.60	99.2	94.0
	/09	98.7	0.28	98.8	98.6	98.3	1.14	98.5	98.0	98.5	1.38	99.0	97.0
	/10					99.1	1.41	99.6	98.0	98.5	1.56	99.2	96.8
	/11									98.4	1.95	99.6	96.2
	/12					98.6	1.20	99.2	97.7	98.5	0.72	99.0	98.2
	規格				90				90				90

以上のようにPVC製品の品質は中国の国家規格の一級品合格としているが、顧客対応を考えた場合、より一層の品質改善が望まれる。

不合格品が発生した時の処置方法は、図Ⅲ－9の手順に従って対応する。製品検査で1度不合格となったものは、生産現場で再処理した後再検査で不合格となった場合には安値販売をすることとしている。

生産現場での再処理の内容は、揮発分が規格外れとなった場合は、包装品を乾燥機フィード口に戻し、再乾燥することによって揮発分を規格内にもってくるというようなことである。

図Ⅲ－９ 不合格品発生時の処置手順



5. 環境・安全対策

5.1 環境対策

懸濁重合PVCプラント固有の環境問題として考慮しなければならないのは、VCMの大気への排出問題とそれによる労働環境問題である。

5.1.1 VCMによる労働環境

PVC生産現場では、工場衛生管理基準に則り、VCM作業環境基準 $30\text{mg}/\text{m}^3$ を目標に管理し実測値約 $28\text{mg}/\text{m}^3$ と基準値内に納まっている。しかし、この濃度が検出されるということは、発生元近傍では更に高い濃度になっていることが予想されるので、今後さらなる改善努力が必要な状況にある。

なお日本においては環境基準 2ppm (約 $6\text{mg}/\text{m}^3$) が設定されている。

(1) PVCスラリーからのVCM排出

現在の雲南化工廠の運転方法において、VCMを大気に放出している最大の部位はスラリー経由のものである。現行運転方法では重合反応終了後、未反応VCMの回収に関しては自圧回収のみで、高温での真空回収が実施されていない。それ故に脱水工程に供給されるPVCスラリー中にはPVCに対して1～1.5%という多量のVCMが含まれている。

このPVCスラリー中の残存VCMは大部分は乾燥機の排気とともに大気中に放出され、大気汚染の原因となっている。同時にPVCプラントのスラリー、湿潤ケーキを取り扱う工程で開放となる箇所（回収池、開放洗浄時の脱水機）においてはVCMが揮散することとなり労働環境を悪化させている。現在スラリーフィードポンプの故障で運転停止している脱VCM塔の早期復旧が必要である。

(2) VCMフィルタ開放に伴うVCM排出

次にVCMを大気に放出している部位として受け入れVCMのフィルタ開放がある。

この理由はVCM中にPVCが含有されているためで、現在1回／2～3日の頻度で開放しフィルタ清掃を実施している。通常、長期に高温にさらされない限りVCMが自然重合することはないので、隣接する工程から受け入れるVCM中にPVCが存在するのは、不純物が影響していると考えられる。

対策として、混入するPVCを除去するのではなく、重合させないことが重要で、VCM

工程で重合禁止剤を注入することにより重合を防止し、フィルタ清掃頻度を1回／年程度に改善することが望ましい。

(3) 停電時のVCM放出

その他に1～2回／年の頻度で落雷に伴う停電時に、缶内に仕込まれているVCMを大気放出していることが挙げられる。これは安全性にも係わることであるが、そのような際には反応を緊急に停止して缶内のVCMは回収系へ安全に回収する工夫が必要である。

5.2 安全対策

懸濁重合PVCプラント固有の安全問題として考慮すべき点は、重合反応の暴走と過酸化物の取り扱いである。

5.2.1 重合反応の暴走

重合反応が暴走するケースは、処方不適格で暴走する場合と用役停止等の原因で重合反応における発熱を制御できなくなった場合がある。処方不適格による暴走は現在まで発生していないが、今後パッチサイズの増大、反応時間短縮等、冷却能力をフルに使う方向にもっていけば発生の可能性が高くなるので運転管理の強化が必要となる。

雲南化工廠においては1～2回／年の頻度で落雷に伴う停電が発生している。停電時の対応の仕方は、大気放出、又は安全弁からの大気放出で内温上昇に対応している。

安全弁からの大気放出では、VCMの放出速度が大きくなりすぎ、激しい発泡等を引き起こし安全弁、パージ配管を閉塞させる等のトラブルを伴う可能性も否定出来ない。

停電時には、全反応缶が安全弁からの大気放出を必要とするまで内温が上昇する事態になる可能性が高いので、安全弁、放出配管等の閉塞が発生し、安全弁からの放出がうまく機能しないケースも想定し、用役停止時でも反応停止剤を確実に投入できるシステムとする等、反応を確実に停止する手段を準備しておくことが望ましい。

5.2.2 過酸化物の取り扱い

雲南化工廠で重合開始剤として使用している過酸化物はEHP（ジ2エチルヘキシルパーオキシジカーボネート）で、低温での活性の強い物質であるので保管に際しては十分な配慮が必要である。

雲南化工廠では当該過酸化物を－5℃に設定されている冷凍庫に貯蔵保管しているが、過

酸化物の自己分解によって温度上昇をきたし、ポリエチレン製容器が変形するというトラブルが発生したことがある。そうした場合の処置法として、過酸化ホスホン酸メーカーが推奨しているのは、「広い安全な場所で地面又は池等に放出すること」である。

しかし、要はそのような状態にしないことが第一であり、そのためには現行の貯蔵保管温度 -5°C では不十分で、安全上貯蔵保管温度を -15°C 以下にすることが必要である。

過酸化ホスホン酸メーカーが推奨している貯蔵、取り扱い時の注意事項、廃棄法は下記の通りである。

(1) 貯蔵上の注意事項

- ①有機過酸化ホスホン酸専用冷凍庫に貯蔵する。
- ②貯蔵庫の温度は -15°C 以下に保つ。
- ③貯蔵庫中の容器の間隔は3 cm以上あけ、冷却が充分出来るようにする。
- ④容器の蓋には通気孔があるので、横置き、逆置きは液洩れするので厳禁。
- ⑤搬入は20～30分以内にすみやかに完了させる。
- ⑥貯蔵庫には外部から充分わかる温度監視装置を設置する。
- ⑦警報ブザーは設定値 $+5^{\circ}\text{C}$ にセットする。
- ⑧火気は絶対に近づけない。

(2) 取り扱い上の注意事項

- ①使用直前まで冷凍庫に保存する。
- ②金属、酸、アミン類等の分解を促進する異物の混入禁止。
- ③容器はアルミニウム、ガラス、ステンレス、ポリエチレン製のものとする。
- ④火気厳禁。
- ⑤衝撃、摩擦は避ける。
- ⑥運搬・仕込み作業時
 - ・直射日光、雨がかからないように覆いをする。
 - ・運搬・仕込みは30分以内と速やかに完了させる。
 - ・ラジエター、スチームパイプ等の熱源に容器が直接接触しないようにする。
- ⑦小分け作業時
 - ・小分け容器はアルミニウム、ステンレス、ポリエチレン製のもので異物、薬品が付着していないものを使用する。
 - ・小分け容器は小分けに先立ち予め冷却しておく。
 - ・小分けは20分以内に速やかに完了させる。

⑧残液処理

- ・冷凍機より搬出したものは使い切る。
- ・少量残った場合は直ちに処分する。（焼却、アルカリ分解、地中埋設）

⑨空容器の処分

- ・水洗、水張り後キャップを緩め直射日光の当たらない場所に保管。

(3) 廃棄方法

- ①焼却----トルエン、石油、メタノール等の可燃性液体で 1/5程度に希釈し類焼の恐れのない場所で半切りドラムにて焼却する。
- ②アルカリ分解----0.3%の界面活性剤を含む 20%苛性ソーダ水溶液に過酸化物を添加し、充分に攪拌後一昼夜放置し分解させる。
- ③地中埋設----処理量が少量の場合は深さ30cm程度の穴を掘って埋めれば自然に分解する。

6. 生産工程に関する問題点

雲南化工廠のPVC生産工程には、①生産能力、②製品品質、③製品品種数、④原単位および⑤環境・安全面でそれぞれ問題があり、1章から5章で述べてきた。ここでは6.1で全般にわたる問題として生産現場の技術レベルについて触れ、6.2以降で個別の問題点をそれぞれ要約する。なお、個別の問題については既述の章・項番号を〔 〕内に記すこととする。

6.1 全般

生産現場の技術レベルの問題として、情報収集・解析能力、技術開発能力、市場対応能力等種々の問題がある。

PVC市場に関する情報収集・解析能力、顧客要求と樹脂特性及びPVCの製造方法との関連付けを検討する技術レベルに、以下に示すような問題がある。

(1) PVC市場の情報収集・解析能力

品種数拡大の必要性として、雲南化工廠の現有3品種に対し、世界的には2,000種類位あるとしている。しかし、PVC市場の実態は、懸濁重合品（塊状重合品も同じ）の顧客要求品種は、最も顧客よりの対応をする日本市場でも10～30品種程度であり、欧米ではそれより遥かに少なく、2,000種類もあることなどあり得ない。又、その他に低重合度品・高重合度品を特殊品として位置づけているが、特殊品に拘る日本市場でも低重合度品の需要は、PVC市場の0.1%未満で殆ど需要がない。高重合度品は、艶消し成形品用として、日本のPVC市場で約1.5%の需要があるが、世界的には、それより遥かに少ないと思われる。市場の要求を文献によって把握するのではなく、顧客の声を直接捉える努力が重要である。

(2) 顧客要求と樹脂特性の認識及びPVCの製造方法との関連付け

SG1、SG8の生産が難しいと判断しているが、これが問題である。SG1は顧客要求を満足するフィッシュアイレベルの製品を生産出来ず、SG8はフィルムを生産している顧客に対して顧客要求を満足する品質（異物・フィッシュアイ・フィルム外観・残留VCMレベル）の製品を生産出来なかったにすぎない。

フィルム・電線・軟質チューブ用に出荷しているSG2、SG3あるいは透明シート用に

出荷しているSG5においては、フィッシュアイ・異物に関して厳しい顧客要求が出てくるのが一般的である。現在その種の顧客要求がないのが不思議で、近い将来顧客要求は厳しくなり、かつ全品種共通の品質問題と考えるべきである。

さらに耐熱電線向けのPVCを特殊品として認識しているのも問題である。耐熱電線の生産において、特別なPVCが使用されている訳ではない。使用される品種は、SG2・SG3の電線用品種である。耐熱電線と汎用电線との違いは、使用する可塑剤がジオクチルフタレートから耐熱ランクに応じて、ジイソデシルフタレート、リニヤ高級アルコールのフタレートまたはトリオクチルトリメリテートに代わるにすぎない。ただ、これらの可塑剤はPVCとの親和性が劣る傾向にあるので、PVCとしてはフィッシュアイレベルのより良好なものが求められるのが通常である。

PVCを成形するに際しての品質要求は、成形品の違い、配合の違い、加工成形法の違いにより千差万別である。従って、顧客要求に合うPVCの品質設計に際しては下記事項を整理把握しておかなければならない。

①顧客はどのような樹脂を望んでいるのか。

②顧客要求を満足するためには、樹脂特性をどうしたら良いのか。

③そのような樹脂を生産するためには、どのような製造方法としたら良いのか。

これらの事項を推進出来る技術者の育成、加工評価設備の整備が望まれる。

又、品質に関する調査段階でフィッシュアイの改善のためには、異品種の混入防止はppm単位での配慮が必要との提言に対し、中国市場ではそこまでの配慮は不要とのことであったが、実際はフィッシュアイ問題等で上市できない品種があることをみれば、否定しきれない事象と思われる。これらのことは、①～③の解析が不十分で、異品種が混入した時、どの程度の混入量で成形品のどのような特性にどの程度影響を及ぼすかというようなデータがないことが原因と思われる。①～③の解析を基礎的なところから充分に行い、記録として蓄積することが必要である。

6.2 生産能力

雲南化工廠のPVC生産工程の反応缶単位容積当たりの生産性は約 $150\text{t}/\text{m}^3 \cdot \text{年}$ で、中国の平均レベルの $200\text{t}/\text{m}^3 \cdot \text{年}$ に比較し劣る。これは以下にまとめるとおり反応工程が原因となっている。

(1) パッチサイズの問題

雲南化工廠の現行反応処方におけるバッチサイズは3.4t/バッチと小さい。[1.4 (1)]

(a) この原因は、浴比=180と大きいためである。[2.1.1 (1), 1)]

(b) 現行処方では、懸濁安定性が悪いので浴比低下処方の採用は難しい。[2.1.1 (5)]

(2) サイクルタイムの問題

雲南化工廠のPVC生産工程のサイクルタイムが長い。[1.4 (2)]

サイクルタイムの相当部分を占めるのは反応時間である。雲南化工廠のSG2, SG3, SG5の3品種の反応時間は品種によって違うが、7時間10分～9時間20分である。それに対して、中国国内で同型の反応缶を使用しているPVCメーカーでは、同一重合度の品種を5時間から6時間30分で生産している。この反応時間の差が生産性の差の大きな要因の一つとなっている。

この原因は、反応缶の冷却能力の変動にある。現在、反応缶の冷却は、再冷水部門の再冷水送りポンプでの圧力でもって循環冷却されている。この方式の場合、他部門または他缶での再冷水の使用状況によって、各反応缶の受け入れ再冷水の圧力が変化し、結果的に冷却能力が変動することとなる。このような状況では、反応時間は冷却能力が最小となる条件にあわせざるを得ない。従って、平均反応時間は長くならざるを得ない。

(3) 稼働時間の問題

PVC生産工程の稼働時間は、約6,000時間/年で、標準の8,000時間/年に対し、2,000時間/年のロスがある。[1.4 (3)]

日本の一般的最大年間稼働時間は、8,400時間/年位のレベルにある。

6.3 品質の問題点

雲南化工廠のPVC製品には、

①平均重合度のバラツキが大きい [4.3 (1)]

②粒度分布が広い（細粒又は粗粒が多い） [2.1 (5)]

③見掛け比重のフレが大きい（季節変動極めて大） [4.3 (2)]

④揮発分（水分）が大きい [2.6, 4.3 (3)]

⑤異物が多い [4.3 (3)]

⑥残留VCMが多い [2.3]

⑦PVCの白度が悪い [2.1.1 (2)]

⑧成形品の色目が悪い〔2.1.1 (2)〕

⑨フィッシュアイレベルが劣る〔2.1.1 (4)〕

等の品質上の問題がある。これらの品質が劣る原因は、

(a) 品質不合格のVCM、脱イオン水を使用している。〔1.5.1 (1), (2), 4.2〕

(b) 重合処方が最適化されていない。〔2.1.1〕

(c) 脱水機・乾燥機が旧式である。〔2.5〕

等に結論づけられる。

6.4 原単位の問題点

原単位の問題点として、①VCM原単位が悪い、②蒸気原単位が悪いという問題点があげられる。

(1) VCM原単位

VCM原単位が悪い原因は次の3点である。

(a) 乾燥工程でのVCMロスが大きい〔2.8.1 (1)〕

(b) 脱水・乾燥工程でのPVCロスが大きい〔2.8.1 (2)〕

(c) スラリーストレナーでのPVCロスが大きい〔2.8.1 (3)〕

(2) 蒸気原単位

蒸気原単位が悪い原因は、次の2点である。

(a) 反応缶昇温に用いる熱水を、熱水槽で常時92℃に加熱調整している。〔2.8.2 (1)〕

(b) 熱効率の悪い気流乾燥機を主に使用している。〔2.8.2 (2)〕

6.5 製品品種数の問題点

製品品種数は、本来顧客が要求する事項を満足させる樹脂の合計数で決まるものである。製品品種数が少なければ少ない程、①品種替え時のロスが少ない、②在庫量が少なく出来るという理由で一般には製造コストは安く出来る。従って、顧客要求事項を満足させ得て、品種数が少ないのがベストであり、その意味で品種数が少ないことは、必ずしも問題ではない。

しかし、雲南化工廠の場合、顧客要求を満足する品質の品種を生産出来ないところが問題

であり、その意味では品質の問題である。今まで顧客要求を満足させ得る品種を生産出来なかった例として、フィルムメーカーが満足する品質（異物、フィッシュアイ、フィルム外観、残留VCM等）のSG8を生産出来ないこと、およびフィッシュアイレベルの良好なSG1を生産出来ないことがある。

製品品種数に関連して品質以外の問題点として、顧客がどのような品質の樹脂を要求しているのかを把握しきれていない面がある。例えばSG8は、フィルム用樹脂としては種々品質の問題があったが、硬質のパイプ継手等の射出成形用としてはどうか、あるいは三層発泡パイプ用としてはどうかの検討がなされていない点が問題である。これらの用途ではフィッシュアイは殆ど問題とならず、異物についても厳格な要求はしないのが一般である。

6.6 環境・安全の問題点

(1) 環境上の問題点

VCMの大気への排出の問題とVCMの労働環境濃度の問題がある。

(a) VCMの大気への排出の問題 [5.1.1 (1), (2), (3)]

(b) VCMの労働環境濃度 [5.1.1 (1), (2)]

(2) 安全上の問題点

安全上の問題は次の2点がある。

(a) 重合反応における発熱制御問題 [5.2.1]

(b) 過酸化物の取り扱い [5.2.2]