

インドネシア共和国

合成繊維原料工業化計画
調査報告書

昭和49年10月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1055476[4]

インドネシア共和国

合成繊維原料工業化計画
調査報告書

昭和49年10月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 年月日 '84. 3. 22	108
	69.6
記録No. 01253	MP

は し が き

日本政府は、インドネシア政府の要請に基づき、同国の合成繊維原料工業を確立するための工業化計画および建設すべき工場の具体案の策定のための調査を行うことになり、その実施を海外技術協力事業団（同事業団は昭和49年8月1日に設立された国際協力事業団に統合された）に委託した。

海外技術協力事業団は中川芳一氏（ユニコインターナショナル常務取締役）を団長とする8名の専門家からなる調査団を編成し、昭和48年11月19日から12月14日まで26日間にわたって現地に派遣した。

調査団は、インドネシア関係当局—化学工業局、繊維工業局、石油・天然ガス局、PERTAMINA等と打ち合わせをすると同時に、ジャワ島内のJakartaはじめBandung, Cilacap, Surabaya, Semarang, Cilegon, Yogyakarta, スマトラ島のMedan, Palembangにおいて立地条件等の調査を行った。

調査団は帰国後、資料を分析のうえ技術的、経済的検討を加えてここに報告書提出の運びとなった。本報告書がインドネシア共和国の合成繊維原料工業の開発に寄与するとともに、同国とわが国の経済交流の進展に、より一層役立つことを願うものである。

終りに、調査に協力されたインドネシア共和国の関係機関の方々を始め、在インドネシア日本大使館の方々ならびにわが国の通産省、外務省等関係機関の方々に衷心より謝意を表すものである。

昭和49年10月

国際協力事業団

総裁 法眼晋作

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作 殿

昭和47年度海外技術協力事業団にご起用いただき弊社が実施いたしましたインドネシア共和国合成・化学繊維工業開発計画調査に引き続き、昭和48年度その継続調査として実施のご依頼を受けました同国合成繊維原料工業化調査の報告書が完成いたしましたので、ここに提出申し上げます。

最近の合成繊維事情は、すでにご承知のように昭和47年度調査を行ないました時点とは全く様相を異にしており、中東の石油問題でクローズアップされた合繊原料の不足、世界的な合成繊維需要の増大に対する供給力の不足から合繊およびその原料の増産が切望されております。

今回の調査では、これらの事情を特に加味して調査、検討を進めました。

インドネシア共和国は、東南アジアにおける数少ない産油国であり、しかも近年東南アジア諸国において合成繊維の企業化計画が次々と発表されている現状では、同地域の合成繊維原料の不足は明らかであり、本計画の成否が東南アジア各国の合成繊維事業に与える影響は大きなものがあります。

調査報告書は昭和48年11月19日に出発し、約1か月に亘る現地調査とそれにより入手した資料、知見をもとに帰国後行なわれた技術的ならびに経済的検討によりとりまとめられたもので、報告書は主にインドネシア共和国で需要が大きいと予想されるナイロンおよびポリエステル繊維について、その原料の需要、技術、企業の採算性を中心にまとめました。

報告書を提出するにあたり、現地調査ならびに報告書作成にあたって多大な協力をいただきましたインドネシア共和国の工業省化学工業局、同繊維工業局をはじめ関係各省、日本政府通商産業省および在インドネシア日本大使館、ならびに民間関係者に感謝の意を表します。

最後に調査実施期間中終始ご協力をいただきました貴事業団に対して心から感謝いたします。

インドネシア共和国合成繊維原料工業化計画調査団

団 長 中 川 芳 一

(ユニコインターナショナル株式会社 常務取締役)

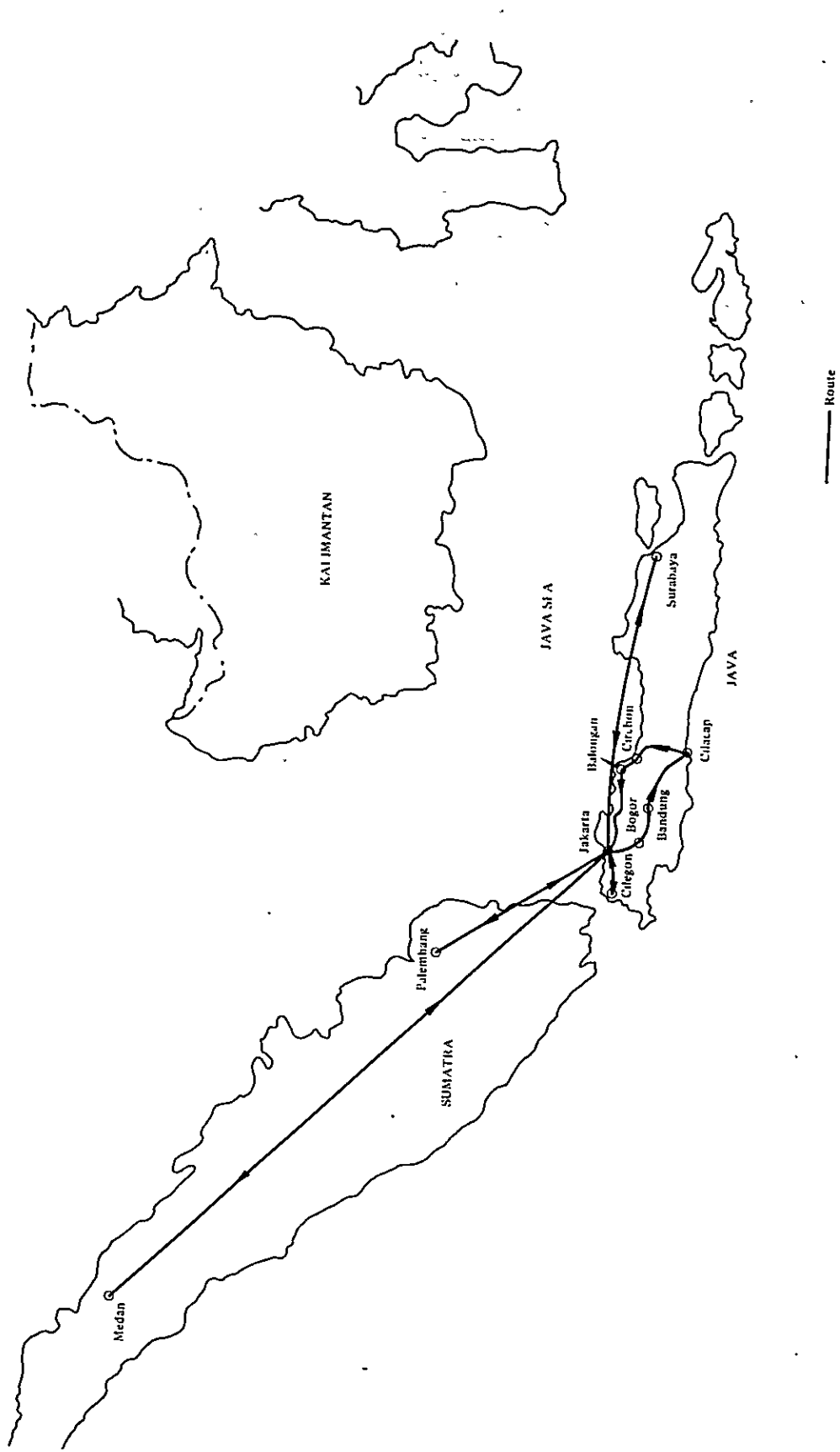


図 I-1 Aチーム行動図

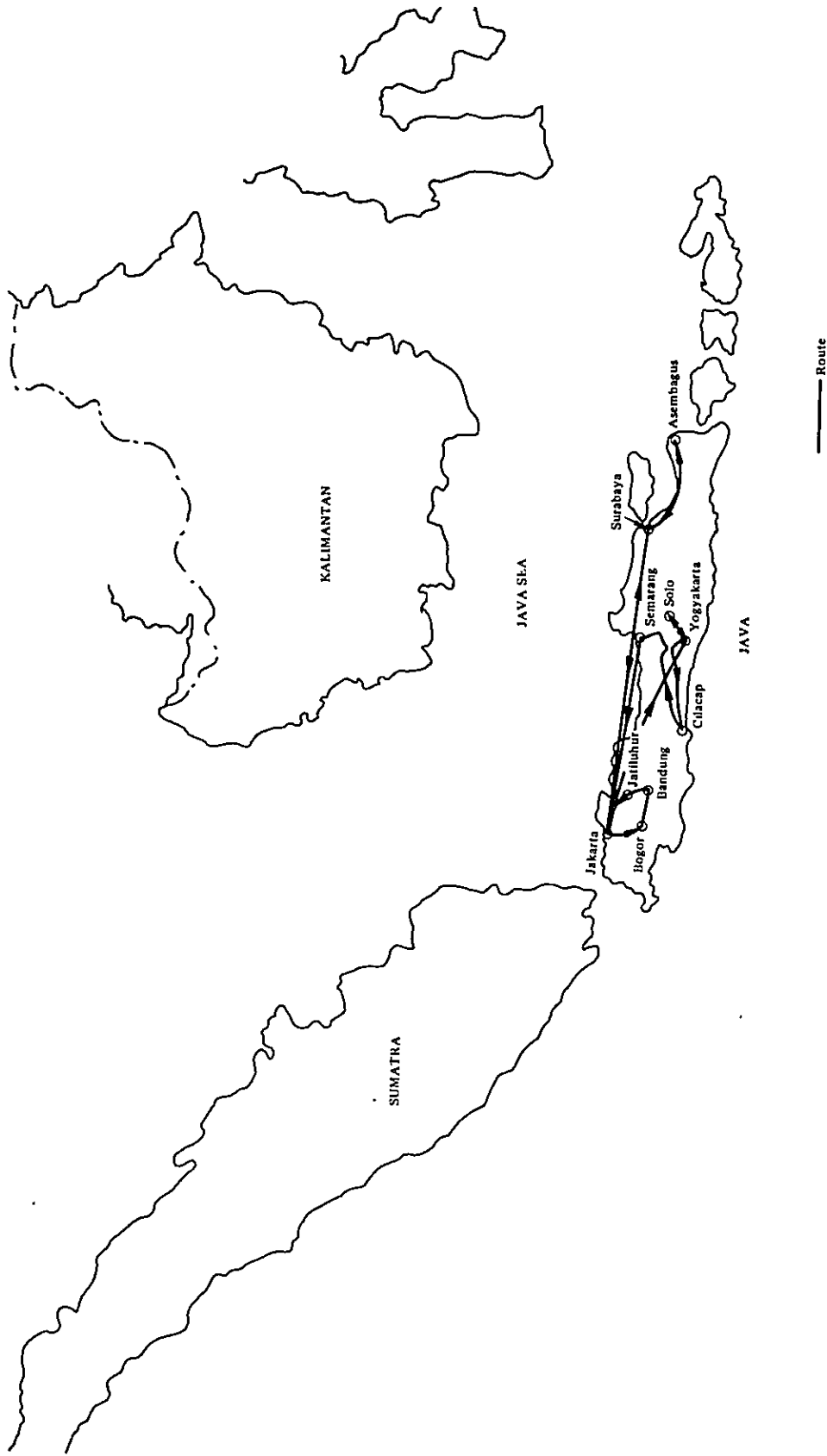


図 I-2 Bチーム行動図

略 語 表

B T X	ベンゼン, トルエン, キシレン
p - Xylene	パラキシレン
m - Xylene	メタキシレン
o - Xylene	オルソキシレン
T P A	テレフタル酸
p - T P A	高純度テレフタル酸
c - T P A	粗テレフタル酸
D M T	ジメチルテレフタル酸
E G	エチレングリコール
E O	エチレンオキサイド
A N	アクリロニトリル
A H - Salt または A H 塩	ヘキサメチレンジアミン・アジピン酸塩 (ナイロン 66 塩)
S F	ステーブルファイバー (短繊維)
F Y	フィラメントヤーン (長繊維)
I R R	Internal Rate of Return
b b l	Barrel
B P S D	Barrel per Stream Day
ton	特に断わらない限りメートル法の ton
\$	特に断わらない限り US \$ である
交換レート	1971年 1 US \$ = 360円 1 US \$ = 415 Rp
	1973年末以降 1 US \$ = 300円 1 US \$ = 415 Rp

目 次

I	序	1
	1. 調査の目的	1
	2. 調査団の編成	1
	3. 調査スケジュール	2
	4. 謝辞	4
II	結 論	5
	1. 要旨	5
	2. 結論	5
	2-1 合繊需要予測	5
	2-2 合繊原料需給動向	6
	2-2-1 B T X	6
	2-2-2 ポリエステル原料	6
	2-2-3 ナイロン原料	7
	2-2-4 アクリル原料	7
	2-3 企業化すべきモノマーの選択	7
	2-3-1 ポリエステル原料	7
	2-3-2 ナイロン原料	7
	2-3-3 アクリル原料	8
	2-4 ポリエステル原料	8
	2-5 ナイロン原料	9
	2-6 インドネシア国家への貢献	10
	2-6-1 外貨の節約	10
	2-6-2 潜在価格を用いた経済性評価	11
III	調査方法	13
	1. 調査方法全般および作業範囲	13
	(1) 工業化プランの作成	13
	(2) 建設すべき工場の具体案	13
	(3) 経済，社会発展に与える貢献度	13
	2. 合繊需要予測	14
	2-1 世界の地域別・素材別合繊生産量の予測方法	14
	2-2 インドネシアの1971年の素材別繊維消費量の推定方法	16
	2-2-1 推定方法	16
	2-2-2 11 か国輸出統計の処理方法	17
	2-3 インドネシアの合繊需要量の予測	19

3. 合繊原料需給動向	20
4. 価格予測	22
4-1 プラント建設費	22
4-2 価格予測	24
5. 建設費見積りの範囲	28
5-1 プロセスプラント	28
5-2 計装設備	29
5-3 用役設備	29
5-4 保全設備	30
5-5 分析, 検査, 技術室	30
5-6 倉庫および出荷設備	30
5-7 タンクヤード	31
5-8 予備品	31
5-9 機械倉庫	31
5-10 廃棄物処理設備	32
5-11 保安設備	32
5-12 通信設備	32
5-13 事務所その他	32
5-14 その他	32
5-15 福利設備	32
6. 経済性評価基礎条件および方法	33
6-1 資金	33
6-2 返済方法	33
6-3 投資額	33
6-4 操業条件	35
6-5 固定費	35
6-6 比例費	36
6-7 General Administrative Expenses, Selling Expenses	36
6-8 Corporate Tax	36
6-9 Internal Rate of Return	36
7. 国民経済からみた経済性評価	37
7-1 外貨収支	37
7-2 国民経済からみたプロジェクトの評価	37

IV 需要予測	39
1. 序	39
2. 世界の地域別・素材別合繊生産量の予測	40
2-1 世界の今後の繊維事情	40
2-2 世界の地域別・素材別合繊生産量	43
3. インドネシアの繊維消費の現状	46
3-1 総繊維消費量	46
3-1-1 これまでの総繊維消費量に関する調査	46
3-1-2 1971年の総繊維消費量	48
3-2 素材・形態別繊維消費量	52
3-2-1 これまでの素材・形態別繊維消費量に関する調査	52
3-2-2 1971年の素材別繊維消費量	57
4. インドネシアの合繊需要量の予測	59
4-1 国内総繊維需要量	59
4-2 国内合繊需要量	63
4-2-1 合繊化率	63
4-2-2 素材別合繊需要比率	72
4-2-3 素材別国内合繊需要量	74
4-2-4 現地調査による知見	76
4-3 合繊原糸・原綿生産可能量	77
4-3-1 合繊原糸・原綿加工量	77
4-3-2 合繊原糸・原綿輸出量	88
4-3-3 合繊原糸・原綿生産可能量	88
V 合繊原料需給動向	93
1. 序	93
1-1 合繊原料生産設備増設の停滞	94
1-2 合繊原料工場へのフィードストックの不足	94
1-2-1 米国における製油所建設の停滞	95
1-2-2 米国政府の燃料重点政策	95
1-3 石油化学工場の事故多発	95
2. 合繊原料工業の特質	95
3. 芳香族	99
3-1 米国の需給状況	99
3-1-1 米国のベンゼン需給状況	99
3-1-2 米国のトルエン需給状況	102

3-1-3	米国の混合キシレン需給状況	102
3-1-4	芳香族不足の原因	105
3-1-5	不足緩和の見通し	106
3-2	西欧の需給状況	106
3-2-1	芳香族不足の背景	106
3-2-2	西欧のベンゼン需給状況	107
3-3	日本の需給状況	107
3-3-1	日本のベンゼン需給状況	107
3-3-2	日本のトルエン需給状況	109
3-3-3	日本の混合キノレン需給状況	111
4.	ポリエステル原料	113
4-1	概説	113
4-2	p-TPA/DMT	114
4-2-1	p-TPA/DMTの過去の需給状況	114
4-2-2	p-TPA法とDMT法に関する各メーカー動向	117
4-2-3	p-TPA法とDMT法のマクロ的動向	121
4-2-4	p-TPA法とDMT法の比較	125
4-2-5	p-TPA/DMTの需給予測	130
4-3	バラキシレン	137
4-4	酸化エチレンおよびエチレングリコール	139
4-4-1	米国のエチレンオキサイド需給見通し	139
4-4-2	西欧のエチレンオキサイド需給見通し	143
4-4-3	東南アジアのエチレンオキサイド需給見通し	143
4-4-4	世界のエチレンオキサイド需給見通し	145
5.	ナイロン原料	145
5-1	概説	145
5-2	ナイロン66とナイロン6	146
5-3	カプロラクタム	147
5-3-1	カプロラクタムの過去の需給状況	147
5-3-2	カプロラクタムの需給予測	154
5-4	シクロヘキサン	154
5-4-1	シクロヘキサンの需要構造	154
5-4-2	米国のシクロヘキサン需給見通し	157
5-4-3	西欧のシクロヘキサン需給見通し	158

5-4-4	東南アジアのシクロヘキサン需給見通し	158
5-4-5	世界のシクロヘキサン需給見通し	159
6.	アクリル原料	159
6-1	アクリロニトリルの過去の需給状況	159
6-2	世界のアクリロニトリル需給見通し	167
VI	価格動向および予測	169
1.	価格動向	169
2.	価格予測	174
2-1	原油価格	174
2-2	ナフサ価格	175
2-3	B T X	175
2-4	シクロヘキサン, パラキシレン	177
2-5	カプロラクタム	178
2-6	p-T P A, D M T	178
2-7	アンモニア	179
2-8	硫安	179
2-9	硫酸	180
2-10	酢酸	180
2-11	メタノール	181
2-12	エチレングリコール	181
VII	立地調査	187
1.	化学工業立地の諸条件	187
2.	合繊原料工業における工場配置	187
3.	芳香族抽出, シクロヘキサン, パラキシレンプラント立地の特殊条件	188
4.	T P A および/またはD M T プラント立地の特殊条件	188
5.	カプロラクタムプラント立地の特殊条件	189
6.	インドネシアの特殊条件	189
7.	インドネシア各地の比較	190
7-1	南スマトラ (Palembang)	190
7-2	東部ジャワ (Surabaya の近郊)	191
7-3	中部ジャワ (Cilacap)	191
7-4	西部ジャワ	192
7-5	北スマトラ (Medan 近郊, Aceh 近郊)	192
8.	立地に関する結論	193

8-1	B T X, パラキシレン, シクロヘキサン プラント立地	193
8-2	T P A / D M T プラント立地	193
8-3	カプロラクタムプラント立地	193
Ⅷ	B T X, パラキシレン, シクロヘキサンの製造	195
1.	序	195
2.	B T X 製造	195
3.	パラキシレンの製造	197
4.	シクロヘキサンの製造	198
5.	プロセスの説明	198
5-1	B T X の溶剤抽出	198
5-2	トルエンの不均化	200
5-3	パラキシレンの分離, 異性化	201
5-4	ベンゼンの水素添加	202
Ⅸ	ポリエステル原料 (p - T P A, D M T)	205
1.	製造能力の設定	205
1-1	需要予測よりみた製造能力	205
1-2	経済規模よりみた製造能力	206
1-3	立地面からの制限	206
1-4	製造能力についての結論	206
2.	製造品目の選定	207
2-1	歴史的考察	207
2-2	新增設の動向からの考察	207
2-3	インドネシア国内の需要構造の面からの考察	207
2-4	経済性の比較	208
2-5	製造品目についての結論	208
3.	プロセスの選定	208
3-1	プロセス選定の一般的条件	208
3-2	ポリエステル製造と原料ルート	209
3-3	T P A プロセスの選定	212
3-4	D M T プロセスの選定	213
3-5	p - T P A, D M T 併産プロセス	214
3-6	プロセス選定の結論	214
4.	プロセスの説明	215
4-1	Amoco法 T P A および D M T プロセス	215

4-2	Witten 法DMTプロセス	217
5.	プラントの建設, 運転	218
5-1	建設のスケジュール	218
5-2	建設費の見積り	219
5-3	人員	224
5-4	運転指導	225
5-5	工場配置	225
6.	経済性評価	225
6-1	生産量, 稼働率	225
6-2	国内向出荷量, 輸出量	225
6-3	製造原価計算	227
6-4	DCF法による評価	227
6-5	p-TPAとDMTの価格について	247
7.	インドネシア国家に対する貢献	249
X	ナイロン原料(カプロラクタム)	255
1.	製造能力と立地	255
1-1	需要予測	255
1-2	プラントの規模	255
1-3	製造能力の決定	256
2.	プロセス概要	257
2-1	プロセスの動向	257
2-2	カプロラクタムのプロセス概要	558
2-3	各種プロセスの概要とその比較	262
2-3-1	フェノール法(Allied法およびRaschig法ヒドロキシルアミン製法)...	262
2-3-2	DSM法	265
2-3-3	BASF法	268
2-3-4	Inventa法	269
2-3-5	PNC法	269
2-3-6	SNIA法	271
2-3-7	ニトロシクロヘキサン法	272
2-3-8	Techni-Chem法	273
2-3-9	ラクトン法(UCG法)	274
2-3-10	プロセス選定	274
3.	選定したプロセスの詳細な説明	278

3-1	新DSM法	278
3-1-1	新DSM法の化学反応	278
3-1-2	新DSM法のプロセスフロー	282
3-2	PNC法	284
3-2-1	PNC法の化学反応	284
3-2-2	PNC法のプロセスフロー	285
3-3	BASF法およびNew Inventa法	287
3-3-1	プロセスの説明	287
3-4	各プロセスの原単位比較	289
4.	プラントの建設, 運転	290
4-1	建設のスケジュール	290
4-2	建設費の見積り	291
4-3	人員	292
4-4	運転指導	293
4-5	工場配置	293
5.	経済性評価	294
5-1	生産量, 稼働率	294
5-2	国内向出荷量, 輸出量	294
5-3	製造原価計算	295
5-4	DCF法による評価	308
6.	インドネシア国家に対する貢献	310

表 目 次

表Ⅱ-1	インドネシアの合繊生産予測	6
表Ⅲ-1	素材、形態分類用2元表	18
表Ⅲ-2	消費者物価、卸売物価の値上り率(1973年)	22
表Ⅲ-3	Nelson Refinery Inflation Index	24
表Ⅲ-4	インドネシアの輸入諸経費	26
表Ⅳ-1	世界の合繊化率の推移	40
表Ⅳ-2	世界の繊維需要量の予測	42
表Ⅳ-3	世界の繊維需要量の予測	42
表Ⅳ-4	世界の繊維生産量の予測	43
表Ⅳ-5	世界の素材別合繊生産量の予測	43
表Ⅳ-6	ナイロン(SF+FY)の地域別生産量の予測	44
表Ⅳ-7	ポリエステルSFの地域別生産量の予測	44
表Ⅳ-8	ポリエステルFYの地域別生産量の予測	44
表Ⅳ-9	アクリル(SF+FY)の地域別生産量の予測	44
表Ⅳ-10	ナイロン6; ナイロン66の地域別生産量の予測	45
表Ⅳ-11	東南アジアの素材別合繊生産量の予測	45
表Ⅳ-12	インドネシアの繊維生産、輸入量および全消費に占める割合	46
表Ⅳ-13	インドネシアの繊維輸入量	47
表Ⅳ-14	インドネシアの素材別繊維消費量(FAO)	48
表Ⅳ-15	日本、シンガポール、ホンコン、台湾、韓国、米国、ヨーロッパ5か国から インドネシアへの繊維輸出量	49
表Ⅳ-16	インドネシアの素材別繊維消費量	53
表Ⅳ-17	フィリピンの素材別繊維消費量	53
表Ⅳ-18	タイの素材別繊維消費量	53
表Ⅳ-19	マレーシアの素材別繊維消費量	53
表Ⅳ-20	インドネシアの形態別合繊消費量	54
表Ⅳ-21	フィリピンの形態別合繊消費量	54
表Ⅳ-22	タイの形態別合繊消費量	54
表Ⅳ-23	マレーシアの形態別合繊消費量	55
表Ⅳ-24	インドネシアの素材別合繊消費量	55
表Ⅳ-25	フィリピンの素材別合繊消費量	56

表Ⅳ-26	タイの素材別合繊消費量	56
表Ⅳ-27	マレーシアの素材別合繊消費量	57
表Ⅳ-28	インドネシアの素材別繊維消費量(1971年)	58
表Ⅳ-29	前回調査によるインドネシアの素材別繊維消費量(1971年)	58
表Ⅳ-30	インドネシアの人口および1人当りGNPの予測	59
表Ⅳ-31	発展途上国の1人当り繊維消費量の推移	62
表Ⅳ-32	インドネシアの1981年における総繊維需要量, 1人当り繊維消費量	63
表Ⅳ-33	インドネシアの合繊化率の予測	66
表Ⅳ-34	世界各国の綿花栽培面積の予測	67
表Ⅳ-35	世界の綿花生産量の予測	68
表Ⅳ-36	世界の綿花需要量の予測	68
表Ⅳ-37	日本からの輸出先別再生繊維輸出比率	70
表Ⅳ-38	西欧からの輸出先別再生繊維輸出比率	71
表Ⅳ-39	世界の1人当り繊維消費量の推移	72
表Ⅳ-40	4か国(インドネシア, フィリピン, タイ, マレーシア)全体の 素材別合繊消費比率	73
表Ⅳ-41	インドネシアの素材別合繊需要比率の予測	74
表Ⅳ-42	インドネシアの素材別合繊需要量の予測	74
表Ⅳ-43	前回調査によるインドネシアの素材別繊維需要比率(1980年)	75
表Ⅳ-44	インドネシアの紡績・製布能力比	78
表Ⅳ-45	フィリピン, タイの紡績・製布能力比	79
表Ⅳ-46	台湾の紡績・製布能力比	79
表Ⅳ-47	インドネシアの紡績・製布能力比の予測	81
表Ⅳ-48	訪問工場の概要	83
表Ⅳ-49	国営紡の紡績設備の概要	84
表Ⅳ-50	国営紡の素材別紡出計画	84
表Ⅳ-51	州営紡の紡績設備の概要	84
表Ⅳ-52	日系合併会社の紡績設備の概要	85
表Ⅳ-53	国営紡, 州営紡の製織設備の概要	86
表Ⅳ-54	日系合併会社のスパン製織設備の概要	87
表Ⅳ-55	インドネシアの素材別合繊加工量の予測	88
表Ⅳ-56	インドネシアにおける外資系企業の合繊製造計画(既設分を含む)	89
表Ⅳ-57	インドネシアの素材別合繊生産可能量の予測	89
表Ⅳ-58	インドネシアの素材別合繊生産可能量およびその用途	90

表V-1	1972年の1次エネルギー消費量	93
表V-2	合繊工業における世界の主要化学会社の関与	97
表V-3	世界の10大合繊会社による合繊原料生産量	98
表V-4	米国のベンゼン生産量と輸出, 輸入量	100
表V-5	米国のベンゼン生産能力と操業率	100
表V-6	米国のベンゼン需給バランス	101
表V-7	米国のトルエン生産量と輸出, 輸入量	102
表V-8	米国のトルエン生産プラントの操業率	103
表V-9	米国のトルエン消費量	103
表V-10	米国の混合キシレン生産量と輸出, 輸入量	104
表V-11	米国の混合キシレン生産能力と操業率	104
表V-12	西ヨーロッパのベンゼン需給バランス	107
表V-13	日本のベンゼン生産量と輸出, 輸入量	108
表V-14	日本と米国のベンゼン生産原料の種類と割合(1973年)	109
表V-15	日本のベンゼン需給バランス	110
表V-16	日本のトルエン生産量と輸出, 輸入量	110
表V-17	日本のトルエン消費量	111
表V-18	日本の混合キシレン生産量と輸出, 輸入量	111
表V-19	日本の混合キシレン需給バランス	112
表V-20	混合キシレンの原料別キシレン異性体の代表的分析例	113
表V-21	米国のc-TPA生産量	114
表V-22	米国のDMT生産量と輸出量	115
表V-23	西ドイツのDMT輸出, 輸入量	115
表V-24	日本のc-TPA生産量と消費量	116
表V-25	日本のDMT生産量と消費量	116
表V-26	世界の主要会社のp-TPAプラントの増設計画	118
表V-27	p-TPAおよびDMT設備の増設計画	119
表V-28	大手ポリエステル繊維メーカーグループの動向	120
表V-29	ポリエステル繊維地域別生産能力予測(1981年)	120
表V-30	世界のp-TPA, DMTの生産能力比率	121
表V-31	米国のp-TPA, DMTの生産量	122
表V-32	p-TPAとDMTの地域別需要予測	125
表V-33	ポリエステルチップの製造原価(p-TPA法)	126
表V-34	ポリエステルチップの製造原価(DMT法)	127

表V-35	プロセス別ポリエステルチップの輸送費	129
表V-36	世界のp-TPA, DMT生産能力の予測と動向	131
表V-37	世界のp-TPA, DMTの需給バランス予測	136
表V-38	米国のバラキシレン生産量と輸出量	137
表V-39	西ドイツのバラキシレン輸出, 輸入量	137
表V-40	日本のバラキシレン生産量と消費量	138
表V-41	世界のバラキシレン需給バランス予測	139
表V-42	米国のエチレンオキサイド生産量	140
表V-43	米国のエチレングリコール生産量	140
表V-44	日本のエチレンオキサイド生産量と消費量	141
表V-45	日本のエチレングリコール生産量と消費量	141
表V-46	米国のエチレンオキサイド需給バランス予測	142
表V-47	西ヨーロッパのエチレンオキサイド需給バランス予測	143
表V-48	東南アジアのエチレンオキサイド需給バランス予測	144
表V-49	東南アジアのポリエステル用エチレングリコール需給バランス予測	144
表V-50	世界のエチレンオキサイド需給バランス予測	145
表V-51	ナイロン66の4大グループの生産能力	147
表V-52	米国のカプロラクタム生産量と輸出量	148
表V-53	日本のカプロラクタム生産量と消費量	148
表V-54	日本のプロセス別硫安生産(率)	150
表V-55	世界のプロセス別カプロラクタム生産能力(1973年)	150
表V-56	世界のカプロラクタム生産能力の予測と動向	151
表V-57	世界のカプロラクタム需給バランス予測	154
表V-58	米国のシクロヘキサン生産量と輸出量	156
表V-59	西ドイツのシクロヘキサン輸出, 輸入量	156
表V-60	日本のシクロヘキサン生産量と消費量	157
表V-61	米国のシクロヘキサン需給バランス予測	157
表V-62	西ヨーロッパのシクロヘキサン需給バランス予測	158
表V-63	東南アジアのシクロヘキサン需給バランス予測	158
表V-64	世界のシクロヘキサン需給バランス予測	159
表V-65	米国のアクリロニトリルの生産量	160
表V-66	西ドイツのアクリロニトリルの輸出, 輸入量	160
表V-67	日本のアクリロニトリルの生産量と消費量	161
表V-68	世界のアクリロニトリル生産能力の予測と動向	163

表V-69	世界のアクリロニトリル需給バランス予測	167
表VI-1	日本の合繊原料価格	174
表VI-2	日本, 米国のB T X価格	176
表VI-3	日本, 米国の原油値上り後のB T X価格予測値	176
表VI-4	合繊原料製造の原単位, 加工費一覧表(1971年)	177
表VI-5	合繊原料価格予測値(1977年)	178
表VI-6	合繊原料の国際価格予測値(年率7%)	182
表VI-7	合繊原料の国際価格予測値(年率5%)	182
表VI-8	合繊原料の国内向価格(年率5%)	182
表VI-9	合繊原料の国内向価格(年率7%)	183
表VI-10	合繊原料の輸出価格(年率7%)	183
表VI-11	合繊原料の輸出価格(年率5%)	184
表VI-12	原料購入価格(年率7%)	184
表VI-13	原料購入価格(年率5%)	185
表VII-1	パラキシレンおよびベンゼン新增設計画	198
表VII-2	シクロヘキササン新增設計画	198
表IX-1	ポリエステル原料のインドネシア国内需要および東南アジア地域への輸出可能量	205
表IX-2	ポリエステルのモノマーとポリエステル製造の各種プロセス	210
表IX-3	Amoco 法 p-TPA の原単位	213
表IX-4	Witten 法 DMT の原単位	213
表IX-5	c-TPA 経由 DMT の原単位	214
表IX-6	c-TPA 経由 p-TPA, DMT 併産時の原単位 (p-TPA と DMT の比率 1 : 1.1)	214
表IX-7	投資額推定(1977年) ケースA-1	219
表IX-8	投資額推定(1977年) ケースA-2	220
表IX-9	投資額推定(1977年) ケースA-3	220
表IX-10	投資額推定(1977年) ケースB-1	221
表IX-11	投資額推定(1977年) ケースB-2	221
表IX-12	投資額推定(1977年) ケースC-1	222
表IX-13	投資額推定(1977年) ケースC-2	222
表IX-14	投資額推定(1977年) ケースD-1	223
表IX-15	投資額推定(1977年) ケースD-2	223
表IX-16	p-TPA, DMT プラント必要人員(直接, 間接, 計)	224

表K-17	p-T P A, D M Tのインドネシア需要量	226
表K-18	p-T P A, D M Tの生産量と国内・輸出出荷量	226
表K-19	p-T P A, D M T製造原価(147,000t/y)	228
表K-20	p-T P A製造原価(70,000t/y)	233
表K-21	Witten法D M T製造原価(77,000t/y)	238
表K-22	p-T P A, D M T製造の各ケースとI R R	244
表K-23	p-T P A 70,000t/y, D M T 77,000t/y 製造による外貨の節約	250
表K-24	p-T P A, D M T製造の国家便益の評価	251
表X-1	インドネシア国内におけるカプロラクタムの需要予測	255
表X-2	最近完成したカプロラクタムプラント	256
表X-3	世界のカプロラクタム製法別分類	258
表X-4	Allied法における原料原単位および用役原単位	264
表X-5	旧D S M法における原料原単位および用役原単位	267
表X-6	新D S M法における原料原単位および用役原単位	267
表X-7	B A S F法における原料原単位	268
表X-8	New Inventa法における原料原単位および用役原単位	270
表X-9	P N C法における原料原単位および用役原単位	270
表X-10	S N I A法における原料原単位	272
表X-11	Techni-Chem法における原料原単位および用役原単位	274
表X-12	各種カプロラクタム製法比較	275
表X-13	カプロラクタム・プロセスの原単位比較	290
表X-14	投資額推定(1977年) ケース1	291
表X-15	投資額推定(1977年) ケース2	292
表X-16	カプロラクタム・プラント必要人員(直接, 間接, 計)	293
表X-17	カプロラクタムの生産量と国内・輸出入出荷量(60,000t/y)	294
表X-18	カプロラクタムの生産量と国内・輸出入出荷量(40,000t/y)	295
表X-19	カプロラクタム製造原価(60,000t/y)	296
表X-20	カプロラクタム製造原価(40,000t/y)	301
表X-21	硫安の副生量とカプロラクタム製造の比例費(60,000t/y)	308
表X-22	カプロラクタム60,000t/y 製造による外貨の節約	310
表X-23	カプロラクタム製造の国家便益の評価	311

目 次

図 I - 1	A チーム行動図	i
図 I - 2	B チーム行動図	ii
図 III - 1	調査方法概要	14
図 III - 2	世界の地域別, 素材別合繊生産量の予測方法	15
図 III - 3	インドネシアの 1971 年の素材別繊維消費量の推定方法	16
図 III - 4	インドネシアの合繊需要量の予測方法	19
図 III - 5	合繊原料需給動向予測方法(1)	21
図 III - 6	合繊原料需給動向予測方法(2)	21
図 III - 7	機械器具卸売物価動向	23
図 III - 8	プラントコスト上昇率	25
図 IV - 1	世界の繊維生産量の推移	40
図 IV - 2	世界の 1 人当り繊維消費量の推移	41
図 IV - 3	インドネシアの繊維消費量, 輸入量の各種データの比較	51
図 IV - 4	発展途上国の 1 人当り繊維消費量と 1 人当り G N P の関係 (1971 年)	60
図 IV - 5	東南アジア諸国の 1 人当り繊維消費量と 1 人当り G N P の関係	60
図 IV - 6	世界各国の 1 人当り繊維消費量と 1 人当り G N P の関係	61
図 IV - 7	東南アジア諸国の合繊化率の推移	64
図 IV - 8	先進国の合繊化率の推移	64
図 IV - 9	合繊化率のマスター・カーブ	65
図 IV - 10	インドネシアの合繊化率のロジスティック曲線	66
図 IV - 11	インドネシアの綿花生産計画	69
図 IV - 12	世界各国の再生繊維の輸出余力の推移	69
図 IV - 13	インドネシアの合繊 S F 形態別消費量の推移	77
図 IV - 14	インドネシアの合繊 F Y 形態別消費量の推移	77
図 IV - 15	インドネシアの紡績能力比	80
図 IV - 16	インドネシアの S F 系製布能力比	80
図 IV - 17	インドネシアの F Y 系製布能力比	81
図 IV - 18	インドネシアのナイロン F Y 生産可能量およびその用途	91
図 IV - 19	インドネシアのポリエステル S F 生産可能量およびその用途	91
図 IV - 20	インドネシアのポリエステル F Y 生産可能量およびその用途	91
図 IV - 21	インドネシアのアクリル S F 生産可能量およびその用途	92

図V-1	合繊生産工程の概略図	93
図V-2	合繊中間体の価格動向	94
図V-3	日本の合繊中間体の用途	96
図V-4	会社別合繊中間体の生産能力	97
図V-5	合繊, 合繊モノマーの世界生産量予測	98
図V-6	米国のベンゼン消費量	101
図V-7	米国の混合キシレン消費量	105
図V-8	日本のベンゼン消費量	108
図V-9	世界のp-TPA, DMT需給バランス	117
図V-10	ポリエステル製造工程	118
図V-11	米国のp-TPA, DMT生産量	122
図V-12	米国のエチレンオキサイド生産に占める空気酸化プロセスの割合	123
図V-13	米国のアクリロニトリル生産に占めるプロピレンプロセスの割合	124
図V-14	p-TPAとDMTの重合時の物質収支	128
図V-15	世界の全ナイロン生産量に占めるナイロン66の割合	146
図V-16	世界のカプロラクタム需給バランス	149
図V-17	世界の用途別シクロヘキサン需要(1973年)	155
図V-18	世界のアクリロニトリル需給バランス	161
図VI-1	BTX, シクロヘキサンの価格動向	169
図VI-2	合繊モノマー, パラキシレンの価格動向	169
図VI-3	パラキシレン, DMTの生産量と価格	170
図VI-4	シクロヘキサン, カプロラクタム, アクリロニトリルの生産量と価格	170
図VI-5	DMT, パラキシレン加工費	171
図VI-6	シクロヘキサン生産量と加工費	171
図VI-7	パラキシレン, DMTの生産量と加工費	172
図VI-8	日本のカプロラクタム生産量, 輸出量	173
図VI-9	日本のDMT生産量, 輸出量	173
図VI-10	トルエンとキシレンの価格	176
図VI-11	ベンゼンとトルエンの価格	177
図VI-12	尿素, 硫安のFOB出荷価格の推移(日本)	179
図VI-13	尿素, 硫安価格比の推移(日本)	180
図VII-1	ナイロン, ポリエステル製造工程	187
図VIII-1	芳香族工業の典型的フロー・スキーム	196
図VIII-2	パラキシレンの製造	197

図Ⅷ－ 3	スルフォラン・プロセス	199
図Ⅷ－ 4	Tatorayプロセスのフロー・ダイアグラム	200
図Ⅷ－ 5	Aromax - Isolene プロセスのフロー・ダイアグラム	201
図Ⅷ－ 6	シクロヘキサン製造プロセス	203
図Ⅸ－ 1	ポリエステルモノマーとポリエステル製造の各種プロセス	211
図Ⅸ－ 2	Amoco法TPA/DMTのフロー・ダイアグラム	215
図Ⅸ－ 3	Witten 法フロー・ダイアグラム	218
図Ⅸ－ 4	p-TPA 100,000 t/y 工場建設暫定スケジュール	218
図Ⅸ－ 5	100,000 t/y p-TPA工場配置図	225
図Ⅸ－ 6	p-TPA, DMT 製造原価の感度分析(ケースA)	243
図Ⅸ－ 7	p-TPA製造原価の感度分析(ケースB)	243
図Ⅸ－ 8	DMT (Witten法)製造原価の感度分析(ケースC)	243
図Ⅸ－ 9	p-TPA, DMTの生産量とIRR	243
図Ⅸ－ 10	p-TPA, DMT製造のIRR感度分析(ケースA-2)	245
図Ⅸ－ 11	DMT製造のIRR感度分析(ケースB-1)	245
図Ⅸ－ 12	p-TPA製造のIRR感度分析(ケースC-1)	246
図Ⅸ－ 13	p-TPA, DMTの輸出比率とIRR(ケースA)	247
図Ⅸ－ 14	回収メタノール価格とポリエステルチップ製造原価	248
図Ⅸ－ 15	ポリエステルチップ製造原価, 回収メタノール価格およびp-TPA, DMT価格差	249
図Ⅹ－ 1	カプロラクタムの出発原料別生産比率	257
図Ⅹ－ 2	カプロラクタム主反応プロセス	259
図Ⅹ－ 3	ニトロソ基導入プロセス	260
図Ⅹ－ 4	カプロラクタム製造の反応法の組み合わせ	261
図Ⅹ－ 5	Allied 法プロセスブロックダイヤグラム	262
図Ⅹ－ 6	新DSM法プロセスブロックダイヤグラム	280
図Ⅹ－ 7	新DSM法プロセスフローシート	280
図Ⅹ－ 8	新DSM法プロセスフロー	282
図Ⅹ－ 9	PNC法プロセスフローシート	286
図Ⅹ－ 10	BASF法プロセスフローシート	287
図Ⅹ－ 11	カプロラクタム 60,000 t/y 工場建設暫定スケジュール	291
図Ⅹ－ 12	60,000 t/y カプロラクタム工場配置図	293
図Ⅹ－ 13	カプロラクタム製造原価の感度分析(60,000 t/y)	306
図Ⅹ－ 14	カプロラクタム製造原価の感度分析(40,000 t/y)	307
図Ⅹ－ 15	カプロラクタム製造のIRR感度分析(60,000 t/y)	308
図Ⅹ－ 16	カプロラクタム製造のIRR感度分析(40,000 t/y)	309

I 序

1. 調査の目的

今回の調査は、インドネシア共和国（工業省化学工業局）の要請に基づき、インドネシアにおける合繊原料（モノマー）工業企業化に必要なマスタープランを作成するとともに、本計画を推進するための必要施策についてガイドラインを策定することにある。

調査の範囲は

- (1) インドネシア繊維事情の再調査および合繊の長期需要予測
- (2) 合繊原料の世界的需給の調査
- (3) 合繊原料工業化の可能性調査
- (4) 建設すべき工場の概要作成（建設費、立地の調査および経済性評価）
- (5) 長期開発マスタープランの作成およびプロジェクトの同国国民経済に与える影響

2. 調査団の編成

	氏 名	職 名	担 当 業 務	
調査団長	中川芳一	ユニコインターナショナル(株)常務取締役	総 括	
現地調査団長	前田種雄	ユニコインターナショナル(株)合成繊維部長	現地調査総括および調査団長補佐	Aチーム
団 員	金井孜夫	ユニコインターナショナル(株) 嘱 託	合 繊 原 料	"
"	中川嘉憲	"	ナイロン原料	"
"	永井 聡	"	ポリエステル原料	"
"	毛利忠徳	"	土 木 建 築	"
"	地崎 修	通商産業省基礎産業局基礎化学品課	合繊原料政策	"
"	今井 中	ユニコインターナショナル(株)繊維加工部長	繊 維 加 工	Bチーム
"	西田元紀	ユニコインターナショナル(株) 嘱 託	繊維市場調査	"

3. 調査スケジュール

1973年 月 日	曜日	行 程		訪 問 先	
		A チーム	B チーム	A チーム	B チーム
11月19日	月	TOKYO → JAKARTA*		(移動)	
20	火	JAKARTA		日本大使館, O.T.C.A, 化学工業局, 日本のメーカー	
21	水	"		化学工業局, 繊維工業局, CENTEX,	
22	木	"		繊維工業局, P.N.SANDANG 本社, 統計局	
23	金	"		PERTAMINA 統計局	
24	土	"		MIGAS 日本のメーカー 化学工業局	
25	日	JAKARTA → BANDUNG		(移動)	
26	月	BANDUNG → CILACAP (金井 BANDUNG → JAKARTA)	BANDUNG (西田 BANDUNG → JAKARTA)	(移動)	I. T. T, C. V. LANGSUNG
27	火	CILACAP → CIREBON (金井 JAKARTA)	BANDUNG (西田 JAKARTA)	港湾事務所 (CILACAP) 立地調査 (CILACAP) (移動) (金井 化学工業局, 日本のメーカー) 港湾事務所 (CIREBON) PERTAMINA (BALONGAN) (移動) (金井 PERTAMINA, MIGAS 他)	PATAL CIPADUNG PATAL BANJARAN 市場調査 (BANDUNG) (西田 日本大使館, 繊維工) 業局, 統計局
28	水	CIREBON → BALONGAN → JAKARTA (金井 JAKARTA)	BANDUNG (西田 JAKARTA → TOKYO*)	DASATEX, NAINTEX	
29	木	JAKARTA → PALEMBANG*	BANDUNG → JAKARTA	(移動) P. T. PUSRI	TEXFIBER (移動)
30	金	PALEMBANG	JAKARTA → YOGYAKARTA	PERTAMINA (PLAJU, SUNGAI, GERONG)	(移動) パティック手芸研究所 PRIMISSIMA パティック工場

月 日	曜日	行 程		訪 問 先	
		A チーム	B チーム	A チーム	B チーム
13	12月 1日	PALEMBANG → JAKARTA *	YOGYAKARTA	化学工業局支所 (PALEMBANG) P.T. PUSRI (移動)	PATAL, SECANG, 市場調査 (SOLO)
14	2 日	JAKARTA → SURABAYA *	YOGYAKARTA → CILACAP	(移動)	(移動)
15	3 月	SURABAYA	CILACAP → SEMARANG	P.N. PETROKIMIA, 立地調査 (SURABAYA)	PATAL CILACAP (移動)
16	4 火	SURABAYA → JAKARTA *	SEMARANG	P.N. SODA, 立地調査 (SURABAYA) PINDA SANDANG 本社 PPK JANTRA	
17	5 水	JAKARTA → MEDAN *	SEMARANG → JAKARTA *	(移動), 化学工業局支所 (MEDAN), PERTAMINA, 立地調査	市場調査 (SEMARANG) (移動)
18	6 木	MEDAN → JAKARTA *	JAKARTA → SURABAYA *	立地調査 (MEDAN), (移動)	(移動) PERUM PERKEBUNAN- KAPAS (綿栽培研究所) 市場調査 (SURABAYA)
19	7 金	JAKARTA	SURABAYA (ASEMBAGUS)	P.T. PEMBANGUNAN JAYA 運輸名	PATAL GRATI, UNIT ASEMBAGUS (線り綿工場)
20	8 土	JAKARTA (CILEGON)	SURABAYA → JAKARTA *	立地調査 (CILEGON)	(移動)
21	9 日	JAKARTA		調査結果のまとめ	
22	10 月	"		P.N. PELNI 織 維 局	P.N. SANDANG 本社 P.N. SENAYAN
23	11 火	"		P.U.T.L データ収集	織維工業局, P.N. SENAYAN 市場調査 (JAKARTA)
24	12 水	"		中間報告の説明	
25	13 木	"		化学工業局, データ収集	
26	14 金	JAKARTA → TOKYO *		(移動)	

注: 1. *印 航空機

2. A チーム 前田, 金井, 中川, 永井, 毛利, 地崎 B チーム 今井, 西田

4. 謝 辞

調査にあたっては、インドネシア共和国政府関係諸機関、特に工業省化学工業局、繊維工業局、鉱業省、農業省をはじめ、各国営および州営工場等の多大な便宜供与と協力を得た。このため、各訪問先での調査を円滑に行ないえたことについて、厚くお礼申し上げます。

なお、現地調査中、カウンターパートとして次の方々に同行、案内、データ収集などをしていただいた。

Mr. Nico Kansil	工業省化学工業局
Mr. Suprptama	"
Mr. Kusmono	"
Mr. Simanungkalit	"
Mr. Asnawi	工業省繊維工業局
Mr. Yusuf	"

II 結 論

1. 要 旨

インドネシアの1977～78年の合繊生産量は、ポリエステル $80 \sim 110 \times 10^3 \text{ t/y}$ 、ナイロン $24 \sim 31 \times 10^3 \text{ t/y}$ 、計 $100 \sim 140 \times 10^3 \text{ t/y}$ と推定され、以後さらに生産が増加すると予測される。

この量の繊維を生産するのに必要なモノマーは、TPA/DMT (TPA換算)で、 $80 \sim 110 \times 10^3 \text{ t/y}$ 、カプロラクタム $26 \sim 33 \times 10^3 \text{ t/y}$ 、エチレングリコール $28 \sim 39 \times 10^3 \text{ t/y}$ である。

合繊原料は今後世界的に不足すると予測され、インドネシアにおいて合繊産業を発展させるためには、合繊原料を粗原料からインドネシアで生産しなければならないであろう。

インドネシアにおいて、当面生産すべきモノマーは、p-TPA/DMT、カプロラクタムである。これらモノマーは輸出も十分に可能であり、輸出分も含めて規模を決定した。操業開始は1977年中頃とした。カプロラクタムについては、 $60 \times 10^3 \text{ t/y}$ 、 $40 \times 10^3 \text{ t/y}$ のケースについて、経済性の検討を行った。Internal Rate of Returnは各々11.8%、10.6%であり、インドネシアにおける将来の需要増を考慮に入れて $60 \times 10^3 \text{ t/y}$ のプラントを建設するのが適当である。低価格の燃料を使うことができれば、IRRは高くなる。燃料として重油の代りに天然ガスを使えば、カプロラクタム $60 \times 10^3 \text{ t/y}$ 製造の場合で、IRRは14.5%に高められる。プロセスとしては、硫安副生量の少ないものを採用するのが望ましい。

立地としては、Gresik, Palembangが適当である。ポリエステル原料はp-TPA法がDMT法と比べて経済性その他の面で優れているため、世界的にそのシェアを増加させている。したがって、将来の国内、輸出市場面からインドネシアにおいてもp-TPAを採用するのが望ましい。

国内需要をp-TPA、DMT各々ずつと仮定し、規模を $150 \sim 210 \times 10^3 \text{ t/y}$ として経済性の検討を行った結果、c-TPA経由p-TPA、DMTを製造するプロセスが最も有利であるとの結論を得た。IRRはp-TPA、DMT計 $147 \times 10^3 \text{ t/y}$ で24.3%である。

ただし、生産規模を同一とし、国内需要をp-TPA、DMTのいずれかだけであるとするならば、p-TPAのみを生産するのが有利である。

立地としては、原料供給面からPalembangが最適である。

2. 結 論

2-1 合繊需要予測

- (1) 1981年におけるインドネシアの総繊維需要量は約 $380 \times 10^3 \text{ t/y}$ 、1人当りの消費量は 2.4 kg/y になると予測される。これは年11%の伸びに相当し、昨年度の予測結果とほぼ同じである。

なお、1971年における総繊維消費量は、 $135 \times 10^3 \text{ t/y}$ 、1人当りの消費量は 1.1 kg/y

である。

- (2) 1981年におけるインドネシアの合繊化率は40%程度になり、合繊需要量は 150×10^3 t/y ($0.96\text{kg}/\text{人}\cdot\text{y}$)になると予測される。
- (3) 一方、各社の合繊製造進出計画を基礎にして、インドネシアの1977～78年の合繊生産量を予測した(表Ⅱ-1)。生産量は、ポリエステルSF $60 \sim 80 \times 10^3$ t/y, ポリエステルFY $20 \sim 30 \times 10^3$ t/y, ナイロンFY $24 \sim 31 \times 10^3$ t/y, 計 $104 \sim 140 \times 10^3$ t/yである。アクリル系の需要量は、国内と輸出用を合わせて $5 \sim 6 \times 10^3$ t/y である。

表 Ⅱ-1 インドネシアの合繊生産予測

	1977 - 1978			1981		
	Production	Domestic Demand	Export ¹⁾	Production	Domestic Demand	Export ¹⁾
Nylon FY	24 ~ 31	24 ~ 27	- ~ 4	47	35	12
Polyester SF	60 ~ 80	38 ~ 49	22 ~ 31	127	72	55
Polyester FY	20 ~ 30	18 ~ 22	2 ~ 8	55	37	18
Acrylic SF	5 ~ 6	5 ~ 6	- ~ -	12	9	3
Total	109 ~ 147	85 ~ 104	24 ~ 43	241	153	88

Notes: Refer to Table IV - 58

1) Export includes exportation of SF, FY and processed goods

合繊生産量の予測は昨年度の予測値より大幅に増加した。これは世界的に合繊原料需給事情が大幅に変化したためである。

- (4) (3)で述べた量の合成繊維の生産に必要な原料は次のようになる。

	(10^3 t/y)
TPA / DMT (TPA 換算)	80 ~ 110
カプロラクタム	26 ~ 33
アクリロニトリル	5 ~ 6
エチレングリコール	28 ~ 39
(エチレンオキサイド)	23 ~ 32)
パラキシレン	57 ~ 78
シクロヘキサン	26 ~ 33

2-2 合繊原料需給動向

2-2-1 BTX

世界的に、当分ベンゼンを中心に芳香族不足が続く。したがって、インドネシアで合繊原料を製造する場合にはBTXを自製する必要がある。

2-2-2 ポリエステル原料

ポリエステル原料としてp-TPA, DMTの2つがあり、現在、この両者が競合関係にある。

しかし、

- (1) p-TPA法は、経済性、公害問題、省資源等、いずれの面においてもDMT法より優れており、今後、世界的にp-TPA法が主流になるものと予測される。

インドネシアでも、今後、ポリエステル繊維産業を長期に育成することおよび周辺諸国への原料の供給等を考えるならば、p-TPA法を採用するのが望ましい。

- (2) p-TPA/DMTは世界的に不足傾向にあり、特に、東南アジア地区のp-TPA不足は著しい。DMT需要は1979～80年で頭打ちになり、以後減少していくものと予測される。したがって、インドネシアでポリエステル原料を製造する場合には、p-TPAを選択する方が有利である。DMT製造は輸出マーケット面で問題があろう。

- (3) 東南アジア地区のパラキシレンは、現在計画中のp-TPA/DMT設備分は充当できるが、それ以上の余力はないので、新設p-TPA/DMT設備用パラキシレンは、独自に手当てしなければならない。

- (4) エチレングリコールも今後かなり不足すると予測されるので、インドネシアにおける早期の自製が好ましい。

2-2-3 ナイロン原料

- (1) カプロラクタムは、ベンゼンの不足、硫安問題等から長期的に不足すると予測される。したがってインドネシアでもカプロラクタム自給化が必要である。

- (2) シクロヘキサンは、東南アジアでは一応現在計画中のカプロラクタム設備分は充当できるが、それ以上の余力はない。さらに米国の輸出余力の低下から、世界的にもシクロヘキサンは不足すると予測される。インドネシアでのカプロラクタム製造用のシクロヘキサンは自製しなければならない。

2-2-4 アクリル原料

アクリロニトリルも世界的に不足する。インドネシアでは内需量が小さいので、当分自製を急ぐ必要はないと思われるが、アクリロニトリル輸出を目的とした製造は、マーケット面から見て可能である。

2-3 企業化すべきモノマーの選択

2-3-1 ポリエステル原料

p-TPA/DMTは、需要量からみて十分に国産化可能量に達しており、かつ、将来不足が予測され、周辺諸国への輸出も可能であるので、インドネシアにおいて自製すべきモノマーである。エチレングリコールはエチレンの製造を行わなければならないが、エチレン製造を待つて生産すべきものである。

2-3-2 ナイロン原料

カプロラクタムは、p-TPA/DMTと比較して需要量は少ないが、将来の需要増加や輸出

が可能であることを考えると、インドネシアにおいて自製すべきモノマーである。

2-3-3 アクリル原料

アクリロニトリルは、需要量が少なく現在企業化を検討すべきモノマーではない。エチレン、プロピレンの生産と共に考慮すべきものである。

2-4 ポリエステル原料

(1) ポリエステルの原料としては、p-TPA, DMTの2つがある。そしてこれらの原料を製造する際に次の3つのケースがある。

p-TPAのみを製造する(ケースB)

DMTのみを製造する(ケースC)

c-TPAを経由してp-TPAとDMTの両方を製造する(ケースA)

これらの製造方法の中からどのケースを選択するかは、その需要量と経済性を考慮して決定すべきである。

(2) 原油価格の大幅値上がりを考慮に入れて原料価格、製品価格を予測し、これをもとに1977年中頃にp-TPA, DMTの製造を開始するとして経済性の検討を行った。

1977年の原料価格(買値)および製品の売値を次のようにした。

原料価格

パラキシレン	42.6 US\$/kg
酢酸	42.8 "
メタノール	20.8 "

製品価格

p-TPA, DMT 国内向	73.2 US\$/kg
p-TPA, DMT 輸出向	52.2 US\$/kg

(3) 製造プロセスの優劣を比較するため、同一規模でこれら製品を製造した場合の金利込製造原価を推定すると次のようになり、p-TPAを製造するのが最も有利である。しかし、p-TPAの製造と、c-TPA経由p-TPA, DMTの製造の差はわずかである。

p-TPA	100 10 ³ t/y	59.5 US\$/kg
DMT (Witten法)	110 10 ³ t/y	68.2 "
c-TPA経由	{ p-TPA 50 10 ³ t/y DMT 55 10 ³ t/y }	60.4 "

Witten法DMTは、その工程から考え燃料使用量が多いと考えられ、これが経済性を低下させている。上記計算は燃料を重油価格で評価したものであるが、もし安価な天然ガスを

使用できれば、経済性は p-TPA に接近する。

したがって、需要量が p-TPA または DMT のいずれか一方であり、モノマーはそのいずれかを製造すれば良いという条件においては、p-TPA を製造するのが最も有利である。

(4) しかし、一般的には p-TPA、DMT の需要はそのいずれか一方に限定することはできない。そこで、p-TPA、DMT の需要を繊維換算で各々ずつであるとし、製品の出荷は国内需要を優先させ残りを輸出するという条件で経済性評価を行った。

(5) p-TPA、DMT プラントの規模としては、国内需要、輸出市場の量を考慮して、p-TPA、DMT 計約 $150 \times 10^3 \text{ t/y}$ (パラキシレン約 $100 \times 10^3 \text{ t/y}$ に相当) および $210 \times 10^3 \text{ t/y}$ (パラキシレン約 $150 \times 10^3 \text{ t/y}$ に相当) について検討した。

p-TPA、DMT 計 $150 \times 10^3 \text{ t/y}$ 製造の場合の総投資額、金利込製造原価、Internal Rate of Return (IRR) は次のとおりであり、c-TPA 経由 p-TPA、DMT を製造 (ケース A-2) するのが最も有利である。

ケース	A-2	B-1	C-1
製品 p-TPA (10^3 t/y)	70	70	-
DMT (10^3 t/y)	77	-	77 (Witten 法)
総投資額 ($10^8 \text{ US\$}$)	129	74	80
金利込製造原価 (US¢/kg)	58.9	62.2	70.9
IRR (%)	24.3	18.7	10.5

さらに、 $210 \times 10^3 \text{ t/y}$ 製造の場合は次のとおりであり、やはり c-TPA を経由して p-TPA、DMT を製造するのが最も有利である。

ケース	A-3	B-2	C-2
製品 p-TPA (10^3 t/y)	100	100	-
DMT (10^3 t/y)	110	-	110 (Witten 法)
総投資額 ($10^6 \text{ US\$}$)	169	93	98
金利込製造原価 (US¢/kg)	57.5	59.5	68.2
IRR (%)	23.8	19.8	11.4

(6) 立地としては、原料供給面から Palembang が最適である。しかし、将来、Cilacap に大型の新製油所が建設されることを考えると、Cilacap も有力な候補地になる。

もし、p-TPA/DMT を Palembang または Cilacap で製造しなければ、パラキシレンを Palembang または Cilacap から p-TPA/DMT の製造工場へ輸送しなければならない。その場合、Cilegon 周辺 (西部ジャワ) は市場に近いという点で適している。

2-5 ナイロン原料

(1) カプロラクタムの製造には多くのプロセスがある。世界的なプロセス改善の方向は、硫安の副生量を減少させることにある。

硫安の副生しないプロセスもいくつか発表されているが、工業化されたものはない。現在工業化実績を持つプロセスの中で副生硫安の少ないのは、PNC法、新DSM法であり、各1.7、1.8 kg/kgカプロラクタム、次がNew Inventa法、BASF法の2.6、2.7kg/kgカプロラクタムである。

これらはいずれも大規模工業生産の実績を持つプロセスであり、インドネシアで採用するプロセスはこれらの中から選ぶべきであり、さらに将来の硫安価格の変動と尿素増産計画を考慮して、できるだけ副生硫安を少なくできるプロセスを選定すべきである。

- (2) 原油価格の大幅値上がりを考慮に入れて原料価格、製品価格を予測し、これをもとに1977年中頃にカプロラクタム $60 \cdot 10^3$ t/y、 $40 \cdot 10^3$ t/y の製造を開始するという2つの案について検討した。

1977年の原料価格(買値)は、シクロヘキサン 30.5 US $\text{\$}$ /kg、硫酸 4.5 US $\text{\$}$ /kg、アンモニア 15 US $\text{\$}$ /kg、製品の売値は、カプロラクタム国内向 100.1 US $\text{\$}$ /kg、輸出向 74.6 US $\text{\$}$ /kg、硫安 8.3 US $\text{\$}$ /kg として評価した。

総投資額は $60 \cdot 10^3$ t/y の場合、 $124 \cdot 10^8$ US $\text{\$}$ 、 $40 \cdot 10^3$ t/y の場合、 $95 \cdot 10^8$ US $\text{\$}$ とした。

製品については、国内需要を優先させ残りを輸出するという条件で経済性評価を行った。金利込製造原価は $60 \cdot 10^3$ t/y で 88.0 US $\text{\$}$ /kg、 $40 \cdot 10^3$ t/y で 93.6 US $\text{\$}$ /kg である。

Internal Rate of Return (IRR) は $60 \cdot 10^3$ t/y で 11.8 %、 $40 \cdot 10^3$ t/y で 10.6 % であり、いずれにしても $60 \cdot 10^3$ t/y の方が有利であり、 $60 \cdot 10^3$ t/y の工場を建設するのが適当である。

低価格の燃料を使うことができれば、IRRは高くなる。価格が重油価格の半分である天然ガスを燃料として使うことができれば、カプロラクタム $60 \cdot 10^3$ t/y 製造の場合で、IRRは 14.5 % に増加する。

IRRに最も影響を与えるのは製品の販売価格である。

- (3) 立地については、現在のインドネシアの肥料工場の立地、その他の条件を考慮して Gresik, Palembang が適当であると判断される。

2-6 インドネシア国家への貢献

本プロジェクトが実施された場合のインドネシア国家への貢献を、外貨の節約、潜在価格を使用している経済性評価という面から検討した。

2-6-1 外貨の節約

カプロラクタム $60 \cdot 10^3$ t/y を製造した場合には、10年間の外貨節約額は、 $378 \cdot 10^6$ US $\text{\$}$ 、 15 %/y でディスカウントすると $173 \cdot 10^6$ US $\text{\$}$ になる。

また、c-TPA 経由で p-TPA, DMT 計 $147 \cdot 10^3$ t/y 製造した場合の10年間の外

貨節約額は、 573×10^6 US\$, 15%/y でディスカウントすると 258×10^6 US\$ になる。

2-6-2 潜在価格を用いた経済性評価

原料は CIF Jakarta で買い、製品は CIF Jakarta で売ることとし、交換比率として、519RP/US\$, 労務費として実賃金の40% を使用して経済性評価を行った。その結果、カプロラクタム 60×10^3 t/y の場合、14.5%, c-TPA 経由, p-TPA, DMT 計 147×10^3 t/y 製造した場合、27.1% であり、目標値を満足しているといえる。

1974年4月から始まるインドネシアの第2次5か年計画の重点目標は次のようである。

国民の購買力に応じた十分な食糧, 衣料の供給

国民のための住宅建設

産業基盤の拡充

社会福祉の充実

雇用機会の拡大

合繊原料は将来不足が予測されている。したがって、本プロジェクトの実現により原料の供給が円滑に行なわれ、インドネシアの合繊産業の発展、衣料の十分な供給が可能になり、その波及効果は極めて大きいといえる。

Ⅲ 調査方法

1. 調査方法全般および作業範囲

本調査の Terms of Reference は次の通りである。

「調査内容は最低限次の3項目を含む。なお、今回の調査は昨年度貴社が実施した合成繊維調査および UNIDO が調査中の石油化学工業調査との整合性を考慮しつつパラキシレン、シクロヘキサン、プロピレン等を粗原料とするモノマー例えば、TPA / DMT, ラクタム, アクリロニトリルの製造について実施することとする。

(1) 工業化プランの作成

インドネシア共和国における合成繊維需要推移（加工能力の今後の伸びの予測も含む）から、世界における合成繊維原料需給事情を加味して同国における合成繊維原料の国内消費量および輸出の可能量を調査した上で、工業化についての経済的技術的フィージビリティを検討するとともに、最適生産規模、粗原料の入手（輸入と計画中の石油化学工場からの調達との比較検討を含む）など、このプロジェクトを推進するための長期プランを作成する。

(2) 建設すべき工場の具体案

上記の結論をもとに、製造すべきモノマーの選択、建設すべき工場の生産計画、販売計画、粗原料（パラキシレン、シクロヘキサン、プロピレンなど）の入手、立地、採用する製造技術、建設スケジュール、必要人員および組織、訓練計画、必要資金その他このプロジェクトを進めるために必要とされる諸施策についてガイドラインを作成する。

(3) 経済、社会発展に与える貢献度

上記の計画を実行した場合、それがインドネシア共和国の経済、社会発展に与える貢献度を所得の拡大、外貨節約、雇傭の拡大、関連産業の発展などの観点を含め考察しシャドープライス等を採用して総合的なプロジェクトアプレイザルを行なう。」

調査方法全般を図Ⅲ-1に示す。またインドネシア国内の合繊需要予測を行なう。これは昨年度 O T C A により行なわれた調査結果をその後の事情の変化を加味して再チェック、改訂したものである。

この結果と将来の高次加工能力の予測や現在インドネシア政府に提出されているいくつかの合繊製造計画を考慮に入れて合繊の生産量の予測を行なう。そしてこの生産量に見合う合繊原料モノマーの需要量を求める。

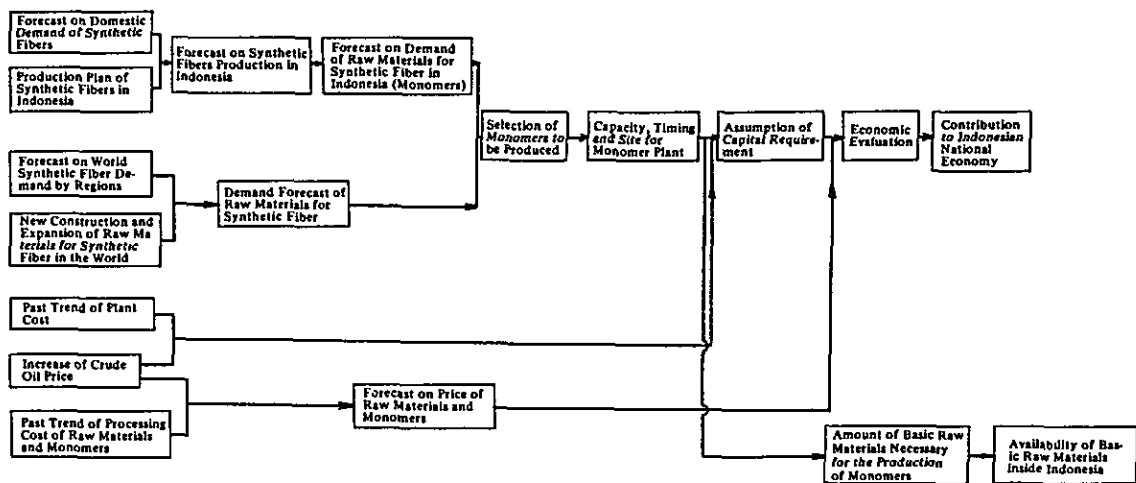


図 Ⅲ- 1 調査方法概要

一方世界の合繊の地域別需要予測と世界の合繊原料新增設計画から、今後の合繊原料需給予測を行なう。この需給予測結果と先に求めたインドネシアにおける合繊原料需要予測およびモノマー製造の最小経済規模等を考慮に入れて、インドネシアにおいて製造すべきモノマーの選定を行なう。そして選定されたモノマーについて工場建設の時期、規模および立地等を検討する。

つぎに過去のプラント建設費の推移に原油価格の大幅値上がりによる今度の価格上昇を考慮に入れて、プラント建設のための投資金額の算定を行なう。また過去の原料価格、加工費の推移に原油価格の値上がりによる影響を考慮して原料価格の予測を行った。

この価格予測と投資金額の算定結果を用いてプロジェクトの経済性評価を行った。

さらにプロジェクトが実施された場合のインドネシア国家への貢献度を評価するため外貨節約額および潜在価格法を用いてのプロジェクトの評価を行った。

またモノマーを製造するのに必要な粗原料の量を求め、インドネシア国内における入手可能性を簡単に述べた。

2. 合繊需要予測

合繊需要予測は 1972 年に O T C A 調査団により実施されているので、ここでは調査方法のうち、特に今回配慮した点を中心に述べることにする。

なお、需要予測の期間は新しいデータをとり入れて 1971 年を基準とし、1981 年までの 10 年間とした。

2-1 世界の地域別・素材別合繊生産量の予測方法

図Ⅲ- 2 に世界の地域別・素材別合繊生産量の予測方法を示す。まず F A O の資料を用いて、世界各国の将来の人口、1 人当り G N P を予測した。次に世界各国を 6 グループ（先進国、中近

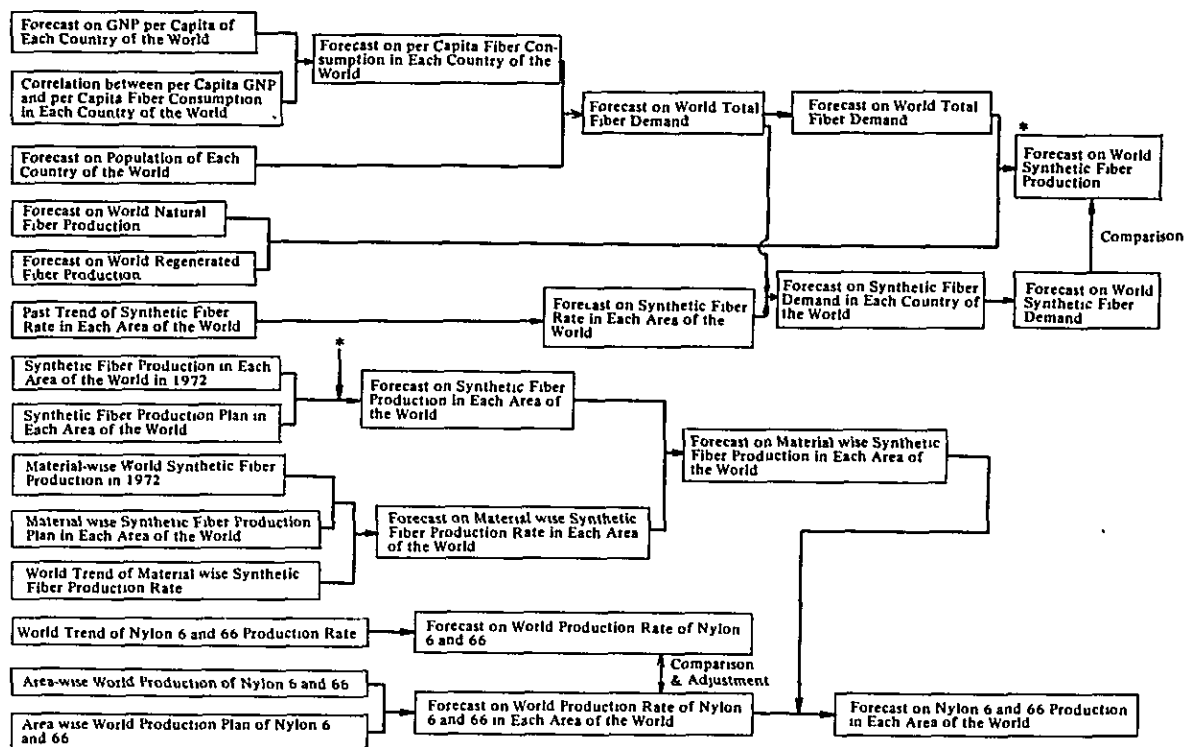


図 III-2 世界の地域別、素材別合繊生産量の予測方法

東、中南米、アジア、アフリカ、共産圏)に分け、1970年のFAO、AIDのデータを用いてグループ毎に1人当りGNPと1人当り繊維消費量との関係を求めた。この関係と前述の1人当りGNPの予測とから、1975～80年の世界各国の1人当り繊維消費量を予測した。この1人当り繊維消費量と前述の人口の予測とから1975～80年の世界各国の総繊維需要量を予測し、これらをまとめて1975～80年の世界全体の総繊維需要量とした。

一方、各地域別に天然繊維(綿花、羊毛、麻、絹)、再生繊維の生産動向を調べ、前記1975～80年におけるこれら繊維の世界全域での生産量を予測し、これらと先に求めた世界の総繊維需要量との差を世界の合繊生産量とした。さらに、この合繊生産量を合繊化率から予測した世界の合繊需要量と対比した。

この合繊生産量を東南アジア、米国、西欧、＃その他＃地域の素材別生産量に分けた。ここで＃東南アジア＃とは、インドネシア、フィリピン、タイ、マレーシア、シンガポールにラオス、クメール、南ベトナム、日本、韓国、台湾、ホンコンを加えたものである。

まず、上述地域毎に1972年における合繊生産量1973～74年の合繊生産能力(いずれもTextile Organonによる)および公の情報による計画生産能力をもとに1975年の合繊生産量を予測した。この各地域の合繊生産量を世界の合繊生産量に対する比率(合繊生産比率)で表し、これを用いてすでに求めた世界の合繊生産量を地域別に分けた。

なお、1980年の地域別生産量は1975年の地域別生産比率が1980年にもほぼ維持されると

假定して求めた。また 1975 ～ 80 年以外の年における合繊生産量は毎年ほぼ一定量ずつ生産量が増加するとして求めた。

一方、地域毎に素材別の合繊生産計画（既設分を含む）をまとめ、これに過去の世界の素材別合繊生産比率の推移を加味して世界各地域の素材別合繊生産比率を予測した。これとすでに予測した世界各地域の合繊生産量とから世界各地域の素材別合繊生産量を予測した。

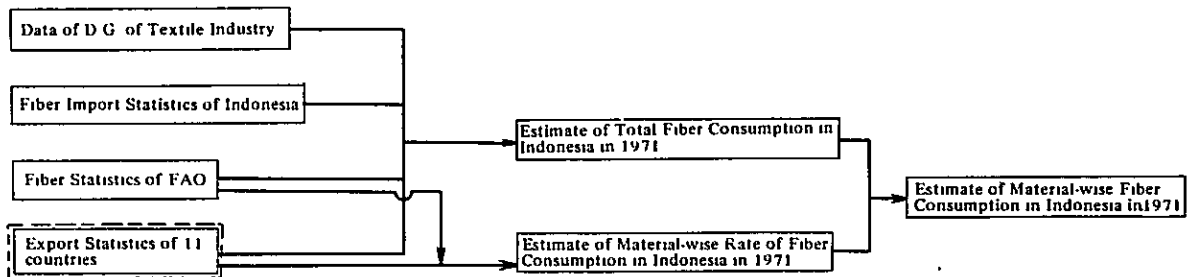
さらにナイロンはナイロン 6 とナイロン 66 に分けた。これは、今回調査の主目的が合繊原料の調査だからである。

まず世界全体の今までのナイロン 6 とナイロン 66 の生産比率の推移を求め、これをベースとして将来の世界全体での生産比率を予測した。一方、世界を米国、西欧、“その他”地域に分け、地域毎にナイロン 6 とナイロン 66 の生産計画量（既設分を含む）をまとめて生産比率を求め、これらの加重平均が先に予測した世界のナイロン 6 とナイロン 66 の生産比率に合致するように調整しながら世界各地域のナイロン 6 とナイロン 66 の生産比率を予測した。これと先に予測した世界各地域のナイロン生産量とから世界各地域のナイロン 6 とナイロン 66 の生産量を予測した。

2-2 インドネシアの 1971 年の素材別繊維消費量の推定方法

2-2-1 推定方法

(1) 図 III-3 にインドネシアの 1971 年の素材別繊維消費量の推定方法を示す。



Note. The Portion enclosed by a dotted line represents the items to which a particular revisions have been incorporated in the present survey

図 III-3 インドネシアの 1971 年の素材別繊維消費量の推定方法

図 III-3 で、点線で囲んだ部分は今回特に改善を加えた検討項目である。すなわち、各国の輸出統計を調査する際、「インドネシア共和国合成・化学繊維工業開発計画調査報告書（OTCA、1972 年 12 月）」（以後、前回調査という）では、対象国を日本、シンガポール、米国の 3 か国としたが今回は日本、シンガポール、ホンコン、台湾、韓国、米国、英国、西独、仏、伊、蘭の 11 か国とした。

(2) 推定方法は前述した改善点以外前回調査と同じである。

その概略を述べると次のとおりである。

まず、インドネシア工業省繊維局のデータ、インドネシア輸入統計、FAOの繊維統計、11か国の輸出統計（以下、11か国輸出統計という）について個々に整理し、これらを相互に比較してインドネシアの1971年の総繊維消費量を推定した。

- (3) 次に前述の11か国輸出統計から求めたインドネシアへの再生繊維、合繊輸出量およびFAOの繊維統計の天然繊維消費量とから素材別比率を求め、これをインドネシアの素材別繊維消費比率とみなし、これと先に求めた総繊維消費量とから1971年の素材別繊維消費量を推定した。

素材別比率を求める際、天然繊維のみFAOの繊維統計を用いたのは輸出統計の調査対象国以外からも天然繊維のインドネシア向け輸出はありうるからである。

2-2-2 11か国輸出統計の処理方法

(1) 統計資料

日本、シンガポール、ホンコン、台湾、韓国、米国については輸出統計を調べた。さらに前述のヨーロッパ5か国からの化合繊輸出については、国際人造繊維委員会の資料により調べた。

(2) 布重量

日本、韓国、ヨーロッパ5か国を除いた国々の輸出統計には布の量は重量で記載されており面積でのみ記載されている。（なお、台湾の1972年の輸出統計は重量、面積で記載されている）。そこで、日本からホンコンおよびシンガポール向けの布の目付（単位面積当りの重量）を年ごとに日本貿易月表で求めた。ホンコン、台湾、米国からの輸出布には日本からホンコン向けの布の目付を、シンガポールからの輸出布には日本からシンガポール向けの布の目付を適用して重量に換算した。

(3) シンガポール輸出統計

シンガポールからインドネシアへの輸出については、両国の話し合いによりシンガポールの輸出統計には全く記載されていない。しかし両国は距離的に近く、かなり大量の繊維が輸出されていると考えられるのでこの輸出量を推定した。

方法は前回調査の場合と同じであり、シンガポールへの繊維（衣料品以外）の輸入量とシンガポールからの繊維（衣料品以外）の輸出量の差の70%がインドネシアに輸出されると仮定した。

(4) 素材分類

a) 日本、ホンコン、韓国、米国の輸出統計

これらの国々の輸出統計では、繊維品の素材形態はほぼ明らかなので輸出品を素材、形態別に分類した。混紡品についてはできるかぎり混紡率を推定し分類した。

このようにしても、なお素材がわからず、合繊、化合繊としか分類できない項目は合繊、化合繊の項目で集計した（他の輸出統計でも同様である）。

b) シンガポールからの輸出

シンガポールの合繊輸入について調べると、1970～71年の平均でその83%が日本から輸入されている。

したがって、シンガポールからインドネシアへ輸出される合繊の素材別比率は日本からシンガポールへの輸出の場合と同一と仮定してもさほど大きな誤りはないと考えられる。そこで、日本からシンガポール向けの合繊の素材別比率にしたがいインドネシアへ輸出された合繊を各素材に分類した。

c) 台湾の輸出統計

台湾の輸出統計では化合繊は合繊、再生繊維、化合繊（合繊もしくは再生繊維のいずれであるか不明なもの）にしか分類できないのでこのままにした。

d) ヨーロッパ5か国からの輸出

国際人造繊維委員会の資料では素材については合繊、再生繊維に分類されているだけであり、素材名は何ら記載されていないのでこのままにした。

e) 各素材への分類

以上のようにできるかぎり詳細に分類した後、各国からの化合繊の輸出を素材・形態別に集計し、表Ⅲ-1のような2元表にまとめた。

表Ⅲ-1から、たとえばポリエステル原綿での消費量は次の式で求めた。

$$b_1 + \frac{b_1}{a_1 + b_1 + c_1} \times \left(e_1 + f_1 \times \frac{A+B+C+D}{A+B+C+D+E} \right)$$

表 Ⅲ- 1 素材，形態分類用2元表

	Nylon	Polyester	Acrylic	Regenerated	Synthetic	1) Synthetic ¹⁾ & regenerated	Total
SF	a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁	f ₁	g ₁
Spun Yarn	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂	f ₂	g ₂
Spun Fabric	a ₃	b ₃	c ₃	d ₃	e ₃	f ₃	g ₃
FY	a ₄	b ₄	c ₄	d ₄	e ₄	f ₄	g ₄
Filament Fabric	a ₅	b ₅	c ₅	d ₅	e ₅	f ₅	g ₅
Total	A	B	C	D	E	F	G

Note: 1) Unclassifiable

2-3 インドネシアの合繊需要量の予測

今回は入手しえたデータの関係で主としてクロス・セクション法を用いて予測した。この場合、インドネシアの今後の経済成長（GNPの伸び）、人口増加の予測が必要であるが、これは世界銀行、AIDなどで行なわれた調査結果を利用した。

また繊維の素材別需要予測の進め方としては、まず総繊維需要量を予測し、これをその国および他国の過去の素材別消費比率の実績から素材別に分けていく方法と、まず用途別需要量を予測し、これら各用途に用いられる繊維の素材別需要量を求める方法の2つがある。

予測の仕方としては、前述の2つの方法を用いその結果を比較しながら予測の精度を上げていくことが望ましいが、往々にして適切なデータが入手しえないため、1つの方法しかとれない場合がある。

今回の調査では用途別需要量を予測するために必要なデータが入手しえなかったため、まず総繊維需要量を予測し、これを素材別に分けていく方法を用いた。これを図Ⅲ-4に示す。

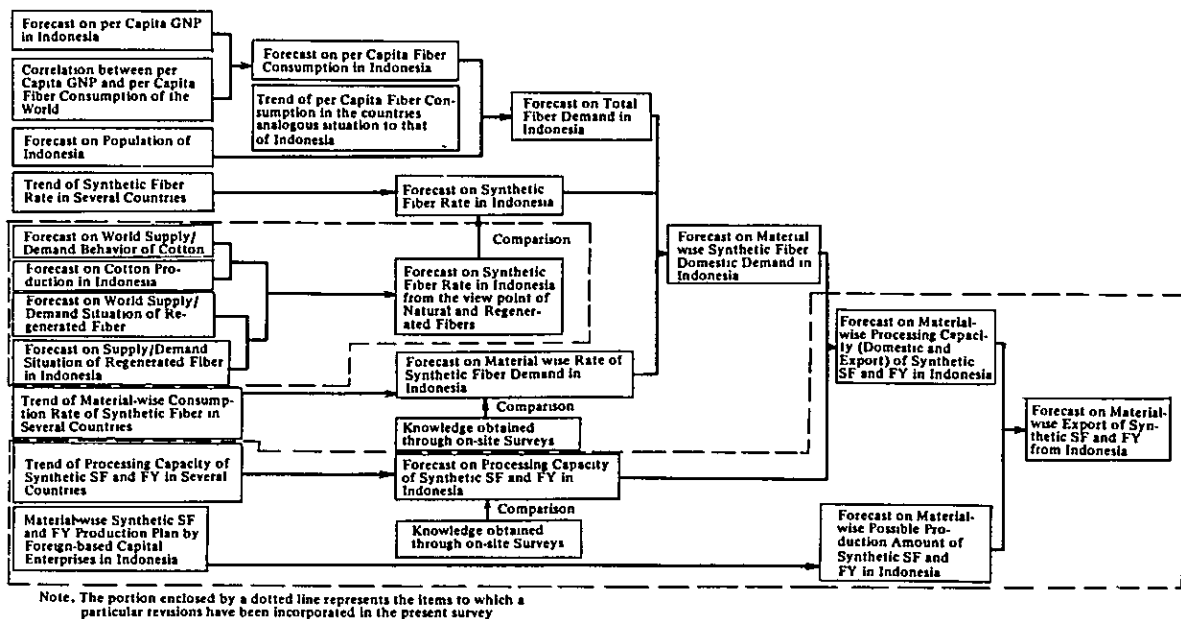


図 Ⅲ-4 インドネシアの合繊需要量の予測方法

(1) 図Ⅲ-4で、点線で囲んだ部分は今回改善を加えた検討項目である。すなわち、インドネシアの合繊化率を予測する際、前回調査では合繊面だけからの検討で予測したが、今回は天然、再生繊維面からみた場合の合繊化率も予測し、世界各国の合繊化率の推移をベースにして予測した合繊化率と比較検討した。

また今回はインドネシアにおける合繊加工能力の伸びを定量的に予測するとともに、インドネシアからの合繊原糸・原綿輸出力、合繊加工品輸出力を予測した。

(2) 予測方法は前述した改善点以外前回調査とほぼ同じである。概略を述べるとまず、世界各国の1人当りGNPと1人当り繊維消費量との関係を求め、これとインドネシアの1人当り

GNPの予測とから1人当り繊維消費量を予測した。この際、インドネシアと国情を同じくする国の1人当り繊維消費量の推移と比較検討した。これと人口の予測とからインドネシアの国内総繊維需要量の推移を予測した。

一方、各国の合繊化率の推移からインドネシアの今後の合繊化率の推移を予測した。このインドネシアの合繊化率を世界の今後の天然、再生繊維の需給関係、インドネシアにおけるこれら繊維の生産見通しから予測した合繊化率と比較検討した。

さらに各国の素材別合繊消費比率の推移をベースにしてインドネシアの今後の素材別合繊需要比率を予測した。この際インドネシアの繊維市場訪問などにより得られた知見と比較検討した。

上述のインドネシアの国内総繊維需要量、合繊化率および素材別合繊需要比率の予測からインドネシアの素材別国内合繊需要量を予測した。

次に各国の合繊原糸、原綿加工能力の推移からインドネシアの今後の合繊原糸、原綿加工能力の推移を予測した。この際、インドネシアの繊維加工工場訪問などにより得られた知見と比較検討した。

このインドネシアの合繊原糸、原綿加工能力の予測値とすでに予測したインドネシアの素材別国内合繊需要量とからインドネシアの今後の素材別合繊原糸、原綿加工量の推移を予測した。この際、原糸、原綿加工品は優先的に国内需要にふり向け、国内需要量をオーバーする分は輸出にふり向けると仮定し、この輸出の可能量を検討した。

また公の情報によるインドネシアにおける外資系企業の素材別合繊原糸、原綿製造計画（既設分を含む）をベースにしてインドネシアの今後の素材別合繊原糸、原綿生産可能量の推移を予測した。

これとすでに予測したインドネシアの素材別合繊原糸・原綿加工量の予測からインドネシアの素材別合繊原糸・原綿輸出量を予測した。この際、世界の合繊需給関係などから、合繊原糸・原綿の輸出の可能性を検討した。

3. 合繊原料需給動向

合繊原料が他の原料と異なる点は本文中にも述べたようにいくつかあるが、その中で最も著しい点は合繊製造以外にほとんど用途がないということである。したがって合繊原料の需給動向は合繊の需要動向によって決定的な影響を受ける。

そこで合繊需要調査の項において世界の合繊需要予測を行ない、この結果をもとに合繊原料の需給予測を行った。この方法を図Ⅲ-5に示す。

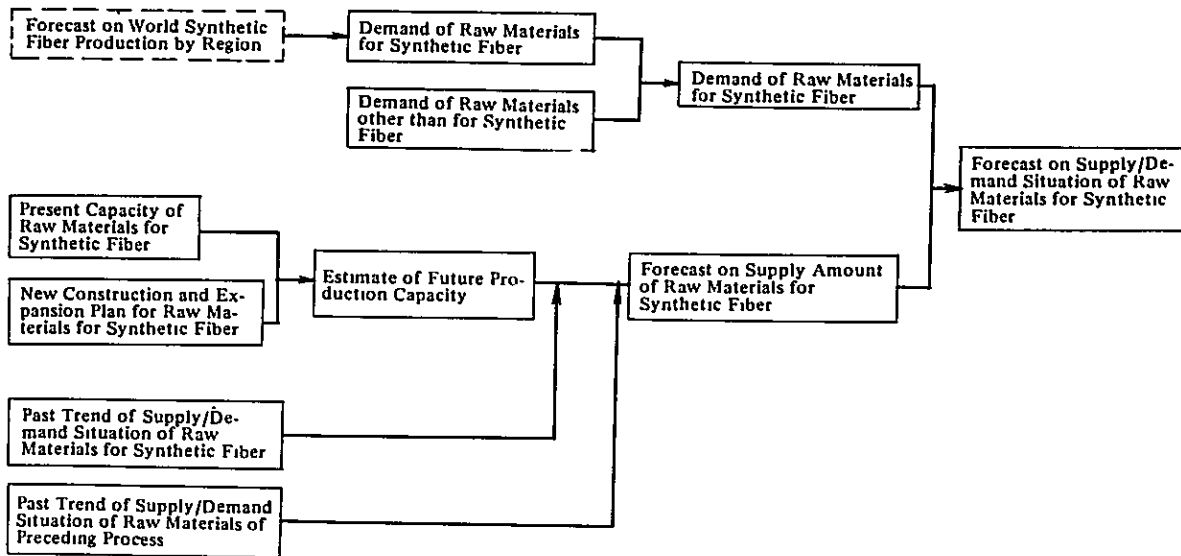


図 Ⅲ— 5 合繊原料需給動向予測方法(1)

まず前章にて行った世界の地域別合繊生産量予測値に原単位をかけて合繊用の原料需要量(カプロラクタム, p-TPA, DMT等)を求めた。これと合繊用以外の需要量から合繊原料の需要量を求めた。

一方, 合繊原料の現存設備能力と1978年頃までの設備新增設計画を調査して1978年頃までの設備能力を推定した。このようにして推定したカプロラクタム等の将来の設備能力と, その原料であるシクロヘキサン, パラキシレン等の過去の需給動向を考慮して将来の合繊原料供給量の予測を行った。これと先に求めた合繊原料需要量の予測値とを比較して合繊原料需給予測を行った。

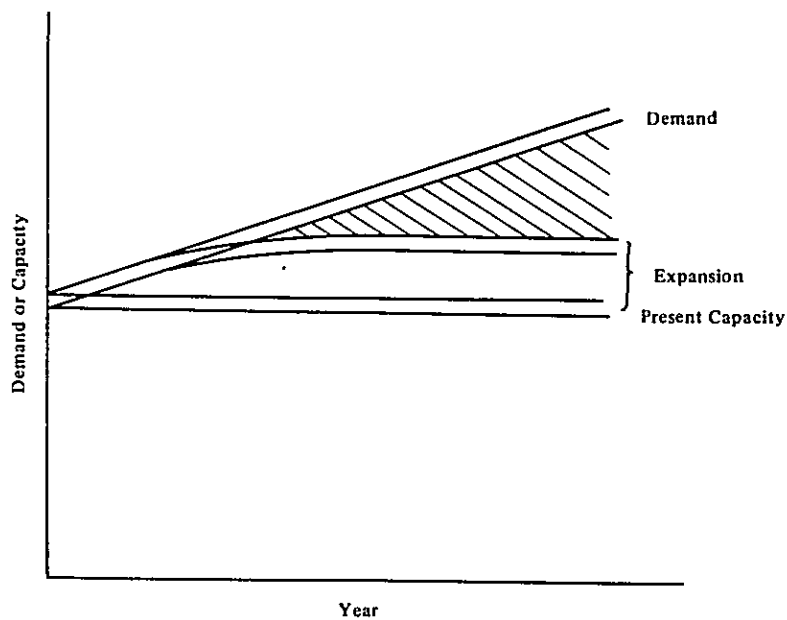


図 Ⅲ— 6 合繊原料需給動向予測方法(2)

これを簡単に図示すると図Ⅲ-6のようになる。すなわち需要量と現在判明している新增設が完成した後の能力との差(斜線の部分)を将来の不足分とした。この不足分はいずれ新規計画が出て埋め合わされるべきものでありここにインドネシアが進出できるということである。

なお合繊原料は現在その大部分を米国、西欧、日本で生産しているため、これらの国々における将来の需給動向に特に注目して調査を行った。

4. 価格予測

4-1 プラント建設費

合繊原料工場用機器を、現在製作、納入出来る力のある国は、米国、欧州と日本である。

ところが、これらの国において、機器製作コストには、相当のひらきがあるだけでなく、その相対的な力もインフレーションの進行度合と、為替レートの変更により大きく変化して来た。

さらに、これに産油国の原油の値上げがありこれからも変化を余儀なくされることは、間違いない。

表 Ⅲ-2 消費者物価、卸売物価の値上り率(1973年)

	Whole Sales Price	Consumer's Price
Japan	29.0 (Dec.)	17.0 (Dec.)
U.S.A.	18.2 (Dec.)	8.4 (Nov.)
U.K.	9.5 (Nov.)	10.3 (")
W. Germany	8.1 (")	7.4 (")
France	15.4 (")	8.4 (")
Italy	21.1 (Oct.)	11.4 (")

1973年の原油価格の大幅値上げにより世界各国の卸売物価、消費者物価は表Ⅲ-2に示すように著しく上昇した。しかしこの時期においては原油価格は1973年12月23日にOAPEC諸国から発表された新公示価格11.65 US \$/bblに達しておらず、今後とも各国のインフレーションが進行するものと予想せざるを得ない。

図Ⅲ-7は、米国、欧州、日本のそれぞれの機械器具卸売物価の1970年から現在迄の動向を表わしたものである。

この図からわかるように、1971年迄は、日本が最も安定していたことが判る。

その後、日本は、1972年末頃一度下落したあと急上昇している。

一方、1971年以降最も安定した変化をみせているのが米国である。

この各国の変化に加えて、為替レートの変化が、1971年以降大きく2度行なわれた。すなわち、1971年頭初US \$ 1.00が360円であったものが、一時260円になり、最近300円の声が

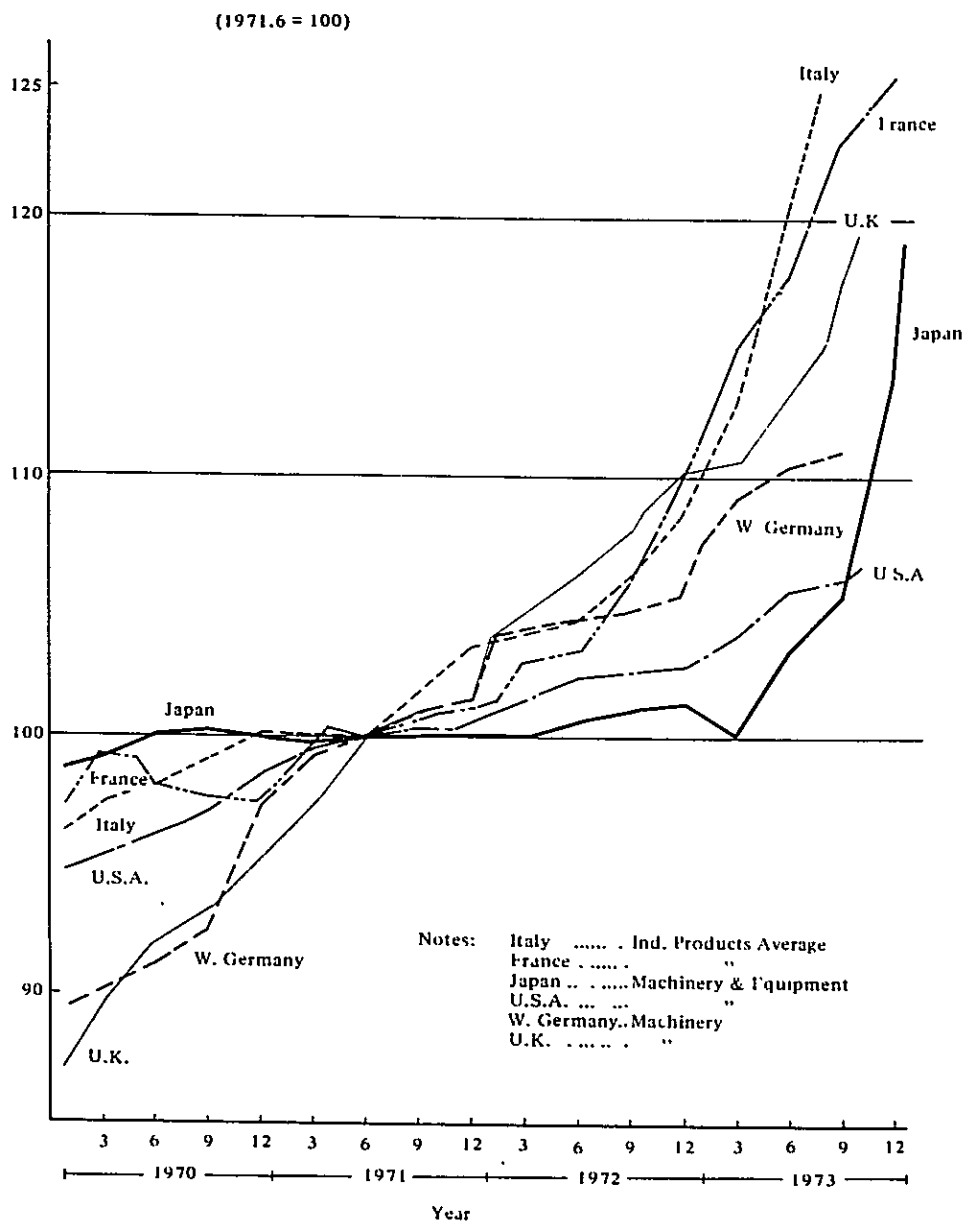


図 Ⅲ- 7 機械器具卸売物価動向

聞かれるようになった。

300円を仮定すると、1.2 倍に日本の円が高くなったことを意味する。

1971 年をベースとした米ドル換算での変化を見ると、日本は指数が、1.19 で、これに上記為替レート変化 1.2 を入れると約1.43倍になったことになる。

これに対し、米国は約1.08倍である。

1971 年当時、米国の機器コストは、日本の 1.19 倍であった。

したがって、1971 年の日本をベースとすると、現時点では、日本の1.43に対し、米国は $1.19 \times 1.08 = 1.29$ となり、その差0.14米国が安いことになる。

これは、 $0.14/1.43 \div 0.1$ となるように、日本のコストの約10%米国が安いことになる。西独も米国より高くなる。

上記の値は一般的機械器具のコストであるが米国のRefineryについてまとめたNelson Refinery Inflation Indexは表Ⅲ-3のようであり1962～70年は年3.4%、1970年以降は年7～11%の上昇となっている。

表 Ⅲ-3 Nelson Refinery Inflation Index

	1954	1962	1970	1971	1972	Mar. 1972	Mar. 1973
Index	179.8	237.6	364.9	406.0	438.5	429.5	458.8
Average Annual Change(%)	-	3.5	3.4	11.3	8.0	-	6.8

Source: Oil and Gas Journal
Aug. 6, 1973

したがって、本報告書においては、1971年当時安定していた日本の価格をベースとし、それを米国の価格に直し、その後の変化は米国の上昇率7%をとることとした。

このように、日本の機械代が、現在高くなっているが、いずれ原油価格が安定した時には、すでに製鉄所等の設備投資が大幅になされ、また労働賃金も安く、輸出依存度の高い日本が、米国の価格より高くなるとは考えられないので、その機器コストを将来の日本のコストとみなすこととする。

なお、この他に現在原油の値上がりそれに伴うエネルギー、鉄鋼資材、労働賃金の上昇が行なわれつつあり、これが、機器コストにどのように影響するか、未だ判明しないが、一応20%増と仮定した。

なお、今後のコスト上昇率も年7%と仮定した。上記計算方法を図示すると図Ⅲ-8のようになる。

現在の日本の機械コストは、物価上昇過程と経済的不安定を反映して、見限りすら出てこないのが実態であり、したがって上記前提の価格よりはるかに高い価格になっている。上記の価格はいずれ諸物価安定の時を予測したものであり現在すぐ発注される場合にはこの図はそのままは適用できないであろう。

4-2 価格予測

少なくとも1972年までは合繊原料を含めて、石油化学製品の価格は低下を続けてきた。しかし、原油価格の1年間で4倍の値上げおよび原料不足という現在までにない状況が出現し、原料

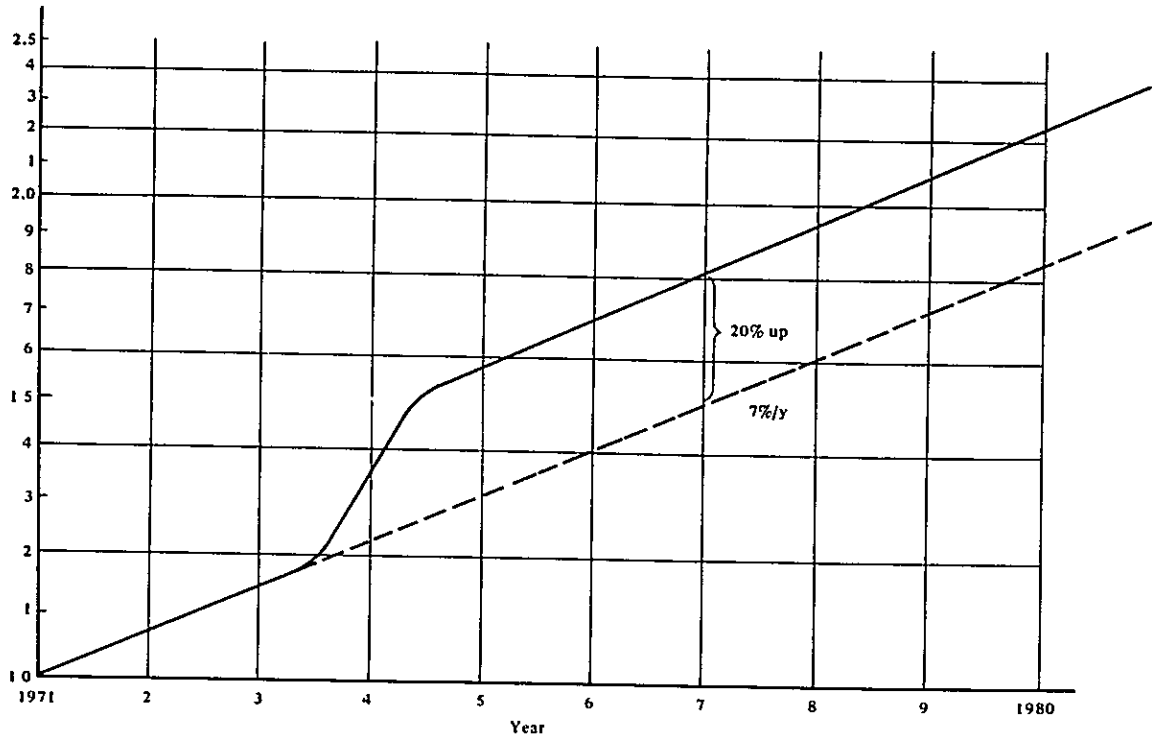


図 Ⅲ— 8 プラントコスト上昇率

価格は大幅に上昇した。そしてこの原油価格の上昇は一時的なものでなく、今後も少なくともインフレ率と同程度の上昇はあるものと予測されている。したがって、過去の価格、生産、需要動向を分析して、その傾向から将来の価格を予測するという従来行なわれてきた手法はそのまま適用できなくなった。そして、原油価格値上げは単に原料代の値上げのみならず、卸売物価、消費者物価上昇等、社会全体の物価上昇へも影響し、合繊原料製造の際の加工費も著しく上昇した。そこで原油価格の値上げによる製品価格の値上がり、直接的影響と間接的影響とに分けてとらえることができる。

価格予測の方法もこの2つの面から行なうことにした。すなわち、直接的影響としては原油価格の値上がりによる原料価格の上昇、間接的影響としてはプラント建設のための原材料、工事費の上昇、人件費の上昇すなわち加工費の上昇としてとらえることにした。

直接的影響としてとらえる場合にも原油からはいくつもの留分が得られ、その留分の価格はその需要構造かその国の政策によって決定されるため、原料代値上がりの予測も単純には行なえない。そこで原油代の値上がりによるナフサ価格の値上がりは、原油の値上がり率と同じと仮定した。なお、原油値上がり前の時点としては価格が比較的安定していた1971年をとることにした。

B T Xの価格についてはナフサからのB T Xの収率、組成を仮定し、さらに過去の価格推移を考慮に入れてトルエンとキシレンは同価格、ベンゼンはトルエンの1.3倍、ラフィネートはリフオメートと同じとして計算した。

さらにシクロヘキサン，バラキシレンの価格は，上記の方法で求めたベンゼン，キシレンの価格に原単位を掛けて値上がり後の原料代（直接的影響）を求め，加工費（間接的影響）は1971年の加工費を基礎としてプラントコストの値上がり率と同じ係数（図Ⅲ-8）を掛けて求めた。カプロラクタム，p-TPA/DMTの場合は，上記の方法で求めたシクロヘキサン，バラキシレンの価格を用いて同様に計算した。すなわち式で示すと次のようになる。

$$\text{値上後のある年における製品価格} = \text{値上後主原料価格} \times \text{原単位} \times \alpha_1 + 1971 \text{年加工費} \times \alpha_2$$

ここで α_1 ， α_2 は値上がり率である。原油値上げは1974年に行なわれたとして α_1 は年7%の増加， α_2 はプラントコストの値上がり率と全く同じと考え図Ⅲ-8に示した係数をそのまま使用した。

たとえば1977年の製品価格を求める場合には， α_1 は1974年から1977年までの3年間とし， 1.07^3 ， α_2 は1971年から1977年までとして $1.07^6 \times 1.2$ とした。

以上のような考え方により求める際に使用する1971年の価格，加工費についてはすべて日本，米国の生産者出荷価格を用いた。そしてこの価格は国際価格（CIF Jakarta）と考えた。この価格は本来はその国における生産者の出荷価格になるが，価格動向の項で述べたように，日本の場合には従来は国内価格に比し輸出価格が10～20%も安かった。そのためCIF Jakarta価格と国内価格には大きな差はなかったものと考えられる。さらに国内価格も日本と米国では差があり，米国の方が10%以上は安かった。このように価格は一定しないため，日本と米国の原料，加工費の平均を求めて，これにより導かれた価格を国際価格（CIF Jakarta）と考えた。

この国際価格を基礎にして国内向と輸出向の出荷価格を求めた。Jakarta港についた製品は，輸入税その他諸経費がかかった後，インドネシアのマーケットに出てくる。その費用として表Ⅲ-4に示したものをを使用した。すなわちCIF価格を1.29倍したものがインドネシア国内での輸入品の販売価格になる。

表 Ⅲ-4 インドネシアの輸入諸経費

Bank Charge + Cable Charge	CIF x 1%
Import Commission	CIF x 3%
MPO	CIF x 3%
Import Duty	CIF x 15%
Sales Tax	CIF x 5%
Clearance Charge	CIF x 2%
Total	CIF x 29%
Final Sales Price	CIF x 1.29

一方、製品を国産化した場合には、輸入品の販売価格に対抗できる価格で出荷すればよい。出荷価格に手数料、販売税を加えたものが市場に出る価格であるから、これは次式のように表わされる。この際手数料は3%、販売税は5%、計8%とする。

$$(\text{Ex-Factory Price for Domestic Market}) \times 1.08 = (\text{C I F Jakarta}) \times 1.29$$

したがって次式のようになり、C I F 価格の 19 % up が国内向出荷価格になる。

$$(\text{Ex-Factory Price for Domestic Market}) = (\text{C I F Jakarta}) \times 1.19$$

ただし、カプロラクタム、p-T P A、DMT については次の式を適用した。

$$(\text{Ex-Factory Price for Domestic Market}) = (\text{C I F Jakarta}) \times 1.19 - 2.5 \text{ US}\$/\text{kg}$$

この理由は次のようである。

カプロラクタム、p-T P A、DMT の消費地は Jakarta であるが、プラントは Jakarta には建設されない。そこでプラントの立地から Jakarta までの輸送費を差し引いたものを国内向出荷価格としなければならない。プラント立地を Palembang と仮定して輸送費を計算すると次のようになる。

Palembang から Jakarta への 1977 年の運賃は、インドネシアの海上輸送の品別分類 G O L A A (Bagged Product) が適用されるとし次式で求めた。

$$0.8 \times 1.52 \times 107 \times 1 / 0.65 \times \sqrt{345} = 3.7 \text{ Rp/kg}$$

ここで ; 0.8 ; Coefficient Factor

$$1.52 ; \text{Escalation } (1.25 \times 1.05^4)$$

$$107 ; \text{Rupiah}$$

$$0.65 ; \text{Bulk Density } (t/m^3)$$

$$345 ; \text{Miles (Palembang to Jakarta)}$$

この運賃に積込、積卸の費用 6.8 Rp/kg を加え 10.5 Rp/kg = 2.5 US\$/kg を 1977 年の Palembang から Jakarta の全輸送費とした。

次に、インドネシアからの輸出価格は工場出荷価格に運賃、保険を加えたものが国際価格に等しくなると考えた。すなわち次式のようにである。

$$\begin{aligned} & (\text{Ex-Factory Price for Overseas Market}) + (\text{Freight}) + (\text{Insurance}) \\ & = (\text{C I F Jakarta}) \end{aligned}$$

すなわち

$$(\text{Ex-Factory Price for Overseas Market}) = (\text{CIF Jakarta}) - (\text{Freight}) - (\text{Insurance})$$

ここで運賃は次のようにして求めた。

1973年における合繊原料の日本→インドネシアの運賃は次のようであった。

BTX, シクロヘキサン, パラキシレン	3.3 US ¢/kg
エチレングリコール	5.0 "
カプロラクタム, p-TPA, DMT	5.0 "

しかし、その後の原油値上がり等により運賃も大幅に上昇すると考えられるので、運賃を燃料代、造船代、人件費に分けて各々値上がり率を求め、1977年の運賃を次のように予測した。

BTX, シクロヘキサン, パラキシレン	7.1 US ¢/kg
エチレングリコール	10.8 "
カプロラクタム, p-TPA, DMT	10.8 "

1977年以降の値上がり率は年率7%とした。

カプロラクタム等を製造する際のシクロヘキサン等の購入価格は、原則として先に求めた国内向け出荷価格を使用した。しかし、アンモニア、硫酸については、外国からの輸送というケースはほとんど考えられないため、国際価格で購入するものとした。

なお、硫酸の工場出値は、国際価格から袋詰代1 US ¢/kg を差し引いたものを使用した。

5. 建設費見積りの範囲

建設費見積りの範囲は以下のようである。なお、立地は、インドネシアの中でもインフラストラクチャーが比較的整備された地域を前提とする。すなわち、港湾幹線道路、交通網、学校、教会等の文化施設、病院等の医療施設は整備されているものとする。

5-1 プロセスプラント

5-1-1 カプロラクタム

シクロヘキサン、アンモニア、硫酸、発煙硫酸等の主原料およびその他の副原料（化学薬品）を受け入れてフレーク状ラクタムおよび副生硫酸にするまでの装置、機器、配管、配線、構築物等すべての製造設備を含む。すなわち

- (1) カプロラクタム合成および精製設備
- (2) 硫酸製造設備

5-1-2 p-TPA/DMT

パラキシレン、酢酸、メタノールおよびその他の副原料（化学薬品）を受け入れて粉末状のp-TPA, DMTにするまでの装置、機器、配管、配線、構築物等すべての製造設備を含む。

すなわち

- (1) c-TPAを経由するp-TPAおよび/または精製DMT製造設備および/または
- (2) c-TPAを経由しない精製DMT製造設備

5-2 計装設備

プロセスプラントを運転管理するための計装設備および計器用の圧空発生装置、ドライヤー等。

5-3 用役設備

5-3-1 蒸気および電気

電力についてはPLNにて整備拡充の計画があるので買電というケースも考えられよう。しかしながら化学工場においては多量の低圧蒸気を必要とするのでボイラーで高圧蒸気を発生させこれを一度発電に利用した後低圧蒸気として再利用することが経済的に有利である。また、一方では停電が運転上極めて大きな支障になるので、より供給が確実な自家発電を持つのが通例である。したがってこの計画においてもボイラー、スチームタービン等を含めた自家発電設備を持つことにする。また、プラントへの電力配置設備も含める。なお、外部からの電力購入が不可能の場合には、自家発電装置の始動用にディーゼル発電機の設置が必要とされるが、ここではこの分の電力は買電可能としてディーゼル発電機の設置は考慮しない。

5-3-2 取水および水処理設備

工業用水は濁度のかなり高い河川表流水を送水管により受け入れて、沈殿池にて第一次沈殿を行った後、凝集沈殿および汙過を行なうものとする。立地は臨海地と考えると海水の混入を防止するため、海水混入のおそれのない上流より取水する必要がある。取水および水処理設備として送水管、一次沈殿池、凝集沈殿槽、汙過装置を設置する。

5-3-3 冷水塔

冷却用水としては海水あるいは河川水を一過式で使うことも可能ではあるが、使用量が少ないので全て循環式の冷却水とするのが適当である。そのために冷水塔を設置する。

5-3-4 純水装置

ボイラー給水としてイオン交換処理を行った純水が必要になり純水装置を設置する。

5-3-5 窒素発生装置

可燃物のブランケット用、その他の目的で不活性ガスを必要とする。TPAの場合には純度の制限はゆるやかであるので必ずしもこの装置による必要はないが、カプロラクタム、DMTの場合には製品の劣化防止のために高純度の窒素が必要とされる。したがってここでは、深冷分離による窒素発生装置を設置する。

5-3-6 空気圧縮機

5-3-7 冷凍機

カプロラクタム製造設備にはヒドロキシルアミンの製造等で比較的低温での反応があるため、冷凍機が必要になる場合が多い。したがってこれを見積りに計上しておく。

5-3-8 液体アンモニア蒸発設備

カプロラクタム製造用のアンモニアは液体で供給されるとして、液体アンモニアを蒸発させる設備を設置する。

5-4 保全設備

保全業務は工場の修理が一時期に集中し、他の期間は比較的仕事が少ない場合が多い。したがって、工場の維持に必要な全ての保全設備、保全要員を自前で持つことは経済効率が低く、またコスト面でも大きな負担になる。望ましいのはその地域の工場群が共同して大型の設備および人員を持つことである。この考え方に立ち、本計画では日常の補修に十分な設備および人員のみを取りあげる。工場全体の修理については熟練労働者は上記人員によることとし、外部から多数の未熟練労働者と大型の機械を一時的に導入することとする。保全設備の概要は次のようになる。

保全工場

旋盤、ボール盤、フライス盤、カッター、グラインダー、溶接機、コンプレッサー等の小型のもの、電気、計装関係、試験器、メーター類、作業場事務所等

5-5 分析、検査、技術室

工程管理および品質検定のための分析設備としてガスクロマトグラフ、ポーラログラフ、分光光度計等の分析機械、天秤、ピーカー等の機器類を一式備えた分析室を設置する。また工程改善等技術的検討を行なうための技術室を設置する。

5-6 倉庫および出荷設備

製品は全量 30 kg 入りの紙袋に詰めて出荷するものとする。他の方法としては、カプロラクタムの場合は溶融させて液状で運搬する方法等がある。しかしカプロラクタム工場が Jakarta 近郊に建設されない限り、この方法の採用はタンクローリーの保温、品質の劣化等の面から無理であり、本報告書ではこの方法はとらなかった。p-TPA、DMT の場合は、他の方法として上記以外に 1 ~ 2 ton 入りの容器（ゴム或いはポリプロピレン製）ホッパー車を使用する方法がある。また DMT の場合は溶融状態でタンクローリー等で出荷する方法があるが、カプロラクタムの場合と同様の理由で DMT 工場が Jakarta 近郊に建設されない限り採用することは難しい。

これら製品の輸出の場合には紙袋が一般的に使用されている。また、カプロラクタムの場合の副生硫安は全量紙袋に詰めて出荷するものとする。

以上述べたように紙袋に詰めて出荷するのが最も適当であるので次の設備を設置する。

- (1) 袋詰機
- (2) フレーカー（カプロラクタム用）
- (3) 紙袋詰製品倉庫（p-TPA, DMT, 15日分, カプロラクタム 30日分）
- (4) バルク貯蔵サイロ（p-TPA, DMT 15日分）
- (5) 硫安倉庫

出荷は上記製品倉庫からトラックで近くの港へ送り、ここから国内、国外へ輸送するものとする。

5-7 タンクヤード

- ・ シクロヘキサン、バラキシレン、硫酸、アンモニア等の原料および燃料（重油）は、隣接した精製工場からパイプで輸送されるものと考え貯蔵量は少なくてもよいとする。副原料の酢酸、メタノールおよびその他化学薬品は当面、外国からの輸入または遠隔地からの輸送に頼らなければならぬので十分な貯蔵能力を持つ必要がある。

タンクヤードの能力

シクロヘキサン	10日分
バラキシレン	10日分
硫 酸	10日分
アンモニア	10日分
燃 料	10日分
酢 酸	60日分
メタノール	60日分
その他化学薬品	60日分
硫 安	90日分

受け入れ設備は1 km の輸送パイプを考える。

5-8 予 備 品

プロセスプラント、用役プラントに含まれる機器材料の予備品

5-9 機械倉庫

機械類の予備品、触媒、薬品等の倉庫を設置する。

5-10 廃棄物処理設備

5-10-1 焼却炉

プラントから出る残滓、次項の排水処理設備より出る汚泥、塵芥等を焼却する炉が必要とされる。付属設備として電気集塵機、煙突があるがこれらは人家から離れた立地においては必ずしも必要なものではないので除いた。

5-10-2 排水処理設備

プラントから排出される排水には若干有機物が含まれている。通常、この排水は河川、または海へ放流されているが、河川、または内海などで水の富栄養化が問題となる場合には、活性汚泥装置により有機物を減少させることが出来る。また油分離中和装置も必要である。これら装置を設備に計上しておく。

5-11 保安設備

保安設備としては各プラントの消化栓への水のポンプ、消防車、救急車を考える。

5-12 通信設備

電話、構内通信設備

5-13 事務所その他

工場内設備として、事務所、食堂、更衣室、シャワー室、医務室、車庫、駐車場、工場フェンスおよび工場周辺照明灯が必要である。

5-14 その他

工場内道路、排水溝、照明、緑化工事、境界フェンス、一般配管等が必要である。

5-15 福利設備

5-15-1 社宅

工場立地は従来の居住区域から離れた場所になる。また、プラント設立に関連した地域開発の一環としての居住環境の整備拡充のために社宅は十分なものを作るべきであり、特に今後の社会の発展を考慮するならば、中堅階級の住居に重点を置くことになるとの考えから、社宅入居率を次のように想定した。

課長	全員社宅
係長・スタッフ	＃
フォアマン	＃
オペレーター	40%社宅

40 % 独身寮

雑作業員 50 % 社宅および寮

5-15-2 ゲストハウス

10 室のゲストハウスを作る。これは建設、試運転時の社外アドバイザーの宿舎ともなる。

5-15-3 その他

テニスコート程度の運動場、娯楽室等

6. 経済性評価基礎条件および方法

6-1 資 金

(1) 分 類

自己資金 全投資の 30 %

借入金 " 70 %

運転資金は現地に於て借り入れる。

(2) 調 達 先

外貨借入金 国際金融機関

現地資金 インドネシアの公的金融機関

(3) 金 利

外貨借入金 7.5 %/y

現地借入金 12 %/y

6-2 返済方法

外貨借入金 5 年間の返済猶予期間後、7 年間の均等分割払

現地借入金 返済猶予期間なしの 3 年間の均等分割払

ただし、プラント購入のための投資はスタートアップの 16 か月前に行なわれるとしたので、外貨借入金の返済猶予期間はスタートアップ後 4 年間となる。

6-3 投 資 額

投資は次の 8 項目に分類した。

Battery Limit

Auxiliary & Off-Site

Buildings & Housing Colony

Royalty (Paid-up), Eng.Fee & Technical Expenses

Pre-operating Expenses

Interest during Construction

Land

Working Capital

以上の各項目の内容は次のようである。

(1) Battery Limit

機器，材料費

輸送費

現地建設費

予備品

現地建設指導，監督費

(2) Auxiliary & Off-Site

機器，材料費

輸送費

建設費

予備品

(3) Buildings & Housing Colony

機器，材料費

輸送費

建設費

(4) Royalty, Eng. Fee & Technical Expenses

Royalty (Paid - up)

詳細設計費，調達役務費等

スタートアップ後の技術指導・トレーニング費

(5) Pre-operating Expenses

試運転期間 3 か月，稼働率 50 %，クズ率 40 %としてその比例費損失分。すなわち，3 か月間の比例費 $\times 0.5 \times 0.4$

(6) Interest during Construction

上記(1)~(5)の項目に土地代を加えた額 (A とする) に対し

金 利 7.5 %

建設期間 30 か月 (金利対象期間は $\frac{1}{2}$ とする)

自己資本比率 30 %

すなわち $A \times 0.7 \times 0.075 \times \frac{30}{12} \times \frac{1}{2}$

(7) Land

整地代を含む

(8) Working Capital

初年度の比例費を用いて計算した製造原価の4か月分

(9) Total Capital Requirement

以上の(1)から(8)を加えたもの

6-4 操業条件

プラントライフ 10年

稼働日数 330日/年

6-5 固定費

(1) Battery Limit

10年定額償却

(2) Auxiliary & Off - Site

15年定額償却

(3) Buildings & Housing Colony

30年定額償却

(4) Royalty, Eng. Fee & Technical Expenses

5年定額償却

(5) Pre - operating Expenses

5年定額償却

(6) Interest during Construction

5年定額償却

(7) Maintenance & Insurance

Battery Limit, Auxiliary & Off - Site

Buildings & Housing Colonyの投資額計に対し, 4%/y

(8) Municipal Property Tax

0%

(9) Plant Overhead Cost

労務費と同額

(10) 労務費

1977年における年間労務費を次のようにし, 年間労務費上昇率を7%とした。

工場長 9,300 US \$/y

製造部長 6,500 "

課長 5,500 "

係長	4,600	"
主任	3,400	"
オペレーター	1,300	"
労務者	1,000	"

6-6 比例費

原料費は別項にまとめた値を使用した。用役費は比例費のみで示し、燃料の必要量のみをまとめて示した。用役発生のための固定費は、すべて投資額に含まれている。

インドネシアにおいては、過去、国内の原油価格と重油価格は、バーレル当りではほとんど同じであった。原油値上がり後（1974年）のMinas原油の公示価格は10.8 US\$/bblであるので、重油価格もこれと同じに評価して6.8 US\$/kgとした。年平均値上り率を7%と仮定し1977年の価格を8.3 US\$/kgとした。

6-7 General Administrative Expenses, Selling Expenses

(1) Selling Expenses

1977年まで1.4 US\$/kg

(2) General Administrative Expenses

Production Cost と Selling Expenses 計の3%/y

6-8 Corporate Tax

ジャワ外では、5年のTax Holidayの後、利益の45%

6-9 Internal Rate of Return

次式により計算した。

$$I + W - L = \sum_{n=1}^{10} \frac{R_n}{(1+r)^n} + \frac{S+W}{(1+r)^{10}}$$

ここで ; I: Total Capital Investment Excluding Working Capital

W: Working Capital

L: Land Price

R_n: Net Cash Flow in n-th Year

S: Salvage Value

r: Internal Rate of Return

7. 国民経済からみた経済性評価

7-1 外貨収支

プロジェクトが実施された際の外貨収支は、次式によって計算した。すなわち、パラキシレン、シクロヘキサンは国産化されたとして、これを全量輸出した場合に比較して、DMT, p-TPA, カプロラクタムを国内で生産した場合に、どれだけ外貨が節約できるかを計算する。(この場合 519 Rp/US\$ を適用)

$$F = A - B - C + D - E$$

A : DMT, p-TPA, カプロラクタム, 硫酸の国内需要量に見合う売上額(この場合, 価格は FOB Jakarta を使用)

B : 国内需要量に見合うパラキシレン, シクロヘキサン, メタノールの輸出額(この場合, 価格は FOB Jakarta を使用)

C : 外貨借入金の返済, および金利支払

D : DMT, p-TPA, カプロラクタムの輸出額(FOB Jakarta)

E : DMT, p-TPA, カプロラクタム製造時の副原料輸入額のうち, 酢酸, その他は CIF Jakarta とし, 硫酸, アンモニアは FOB Jakarta とする。

F : 外貨節約

7-2 国民経済からみたプロジェクトの評価

国民経済からみたプロジェクトの評価を行なう場合, 一般に次の4項目の潜在価格が使用される。

- (1) 外貨
- (2) 労働
- (3) 資源
- (4) 資本

ここでは外貨については 519 Rp/US\$ を, 労働については実賃金の 40 % を適用して計算する。資源としてここで使用するものは原油, ナフサであるが, ここではモノマー製造工程だけのプロジェクトの評価を行なうため, 原料(たとえばシクロヘキサン)は CIF Jakarta で評価した。評価の手法としては DCF 法を使用し, 次のような条件の下に計算を行った。

- (1) 外貨との交換レート

$$519 \text{ Rp} / \text{US} \$$$

- (2) 労働

実賃金の 40 %

(3) 原料価格

主原料，副原料等すべて国際価格（C I F Jakarta）で評価し，外貨とした。

(4) 用役価格

重油はF O B Jakarta で評価し外貨とした。

(5) 固定費

投資はすでに外貨，現地通貨部分に分けてあるのでそれを使用した。

(6) 税

すべて0とした。

(7) 売値

国内向は国際価格（C I F Jakarta）として外貨収入とした。

輸出向は輸出向価格（F O B Jakarta）として外貨収入とした。

IV 合 織 需 要 予 測

1. 序

今回の合織需要予測の目的は、

- (1) 前回の「インドネシア共和国合成・化学繊維工業開発計画調査報告書（O T C A, 1972年12月）」（以後、前回調査という）の予測結果をみなおし改訂すること。
- (2) 世界の地域別・素材別合織生産量を予測すること。

の2つである。

前回の調査の予測結果をみなおし改訂したのは次の2つの理由による。

- (1) 前回調査以後、2～3の綿花生産国の輸出禁止および石油問題に起因する合織原料事情の変化等世界の繊維事情がかなり変わったこと。また、インドネシアでは合織原糸・原綿製造に関する企業化申請が相次ぐとともに合織加工企業の大幅な設備拡張が発表され、まさに繊維産業企業化ラッシュの観があること。
- (2) 前回の調査からすでに1年以上経過し、新しいデータが入手できた上、新しい予測手法も開発されたので前回調査に比べ予測精度を向上させうること。

このため、今回の調査では前回調査と比べて主として次のような改善を行った。

- (1) 前回調査では予測の基準年を1970年としたが今回は新しいデータをとり入れて1971年とした。
- (2) インドネシアの1971年の素材別繊維消費量を推定する資料として各国の輸出統計を調査する際、前回調査では対象国を日本、シンガポール、米国の3か国としたが、今回はこれら3か国を含む11か国とした。これはその後の検討で前述の3か国以外の国々からのインドネシアに対する繊維品輸出がかなりあることをみとめたからである。
- (3) インドネシアの合織化率を予測する際、前回調査では世界各国の合織化率の推移、および世界各国の1人当りGNPと1人当り合織消費量の関係をもとに合織面だけの検討から予測したが、今回は天然・再生繊維面からみた場合の合織化率も予測した。これは、将来、天然・再生繊維の需給関係がタイトになることがほぼ確実視されるに至ったためである。
- (4) 今回は、インドネシアにおける合織加工能力の伸びを定量的に予測すると共に、インドネシアからの合織原糸・原綿輸出量、合織加工品輸出量を予測した。これは前述のように、現在インドネシアでは繊維産業企業化ラッシュの観があり、これら企業の中には合織原糸・原綿、合織加工品の輸出を計画している企業があるはずだからである。

また、世界の地域別、素材別合織生産量を予測したのは、今回のプロジェクトがインドネシアの合織原料工業化調査なので第V編で述べる合織原料の地域別の需給バランスを検討する上で是非必要であり、更にインドネシアの将来の合織需要量、合織生産量は将来の世界の

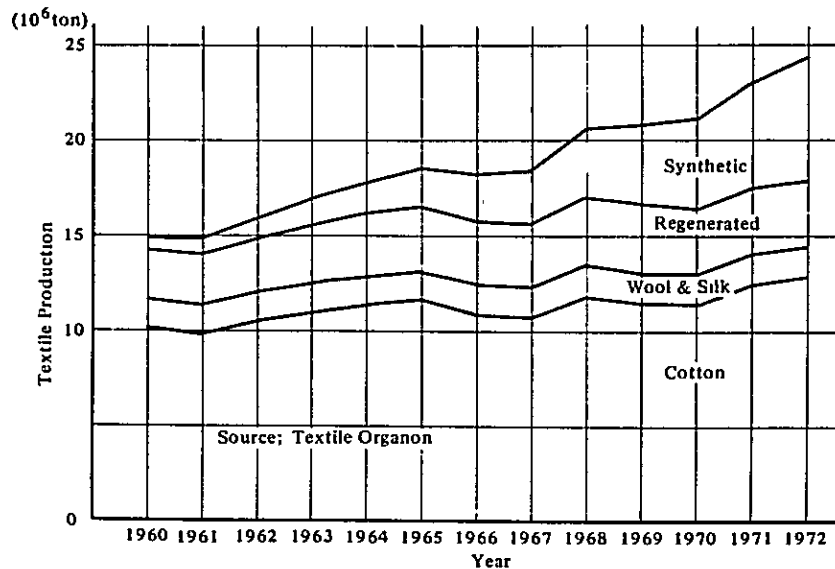
、 地域別・素材別合繊生産量と密接な関係にあるはずだからである。

2. 世界の地域別・素材別合繊生産量の予測

2-1 世界の今後の繊維事情

まず過去の世界の素材別繊維の生産量、1人当りの繊維消費量の推移をみておきたい。

図Ⅳ-1に、1960～72年における世界の素材別繊維生産量の推移を示す。全繊維生産量は、1960年の14.9 10⁶ tonから1972年の24.3 10⁶ tonへと約1.6倍に増加している。しかし、木綿、羊毛、再生繊維の伸びは小さく、合繊だけが急激に伸びている。すなわち、合繊はこの12年間で生産量が9.0倍になっており、年平均伸び率は20.2%である。なお、合繊化率の推移は表Ⅳ-1のようである。



図Ⅳ-1 世界の繊維生産量の推移

表Ⅳ-1 世界の合繊化率の推移

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Share of Synthetic Fiber (%)	4.7	5.6	6.8	7.9	9.5	11.1	13.1	14.9	17.4	20.1	22.2	24.3	26.1

Source: Textile Organon

図Ⅳ-2は、世界の1人当りの繊維消費量の推移を示したものである。1人当り繊維消費量は1960年の5.0 kg/yから1972年には6.4 kg/yに増加しているが、合繊以外の消費量は横ばいであり、合繊消費量の増加が繊維消費量の増加をもたらしていることがわかる。

さて、今後各種繊維の生産がどのように推移するかについて考えてみる。天然繊維の生産は自然条件による制約に加え、人口増加に伴う食糧増産との競合が問題になっていくものと思われる。

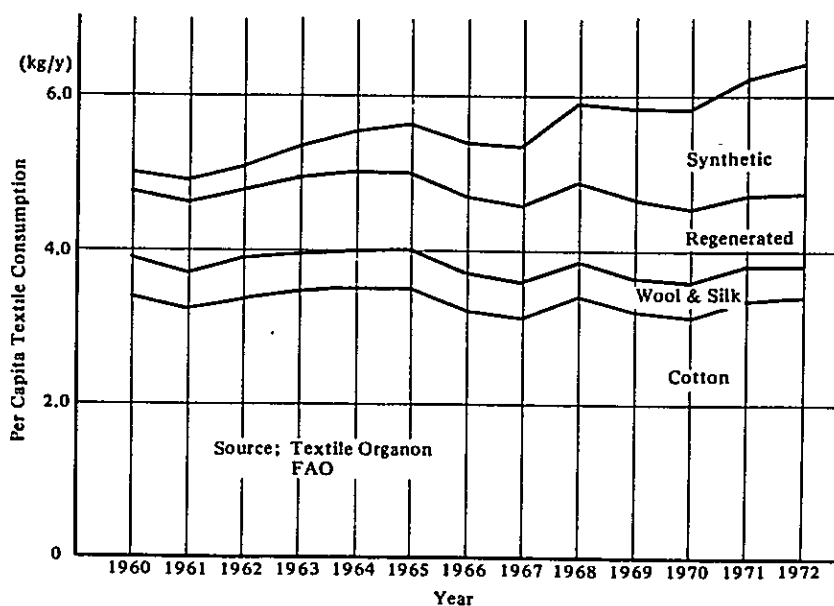


図 N-2 世界の1人当り繊維消費量の推移

木綿の生産量は1972年時点で12.8 10^6 tonであり全繊維生産量の53%を占めているが、今後生産量が大幅に増加することは期待できず、かなり楽観的に見ても微増にとどまるものと考えられる。すなわち、作付面積については一部の地域で拡張が可能であろうが、他方、前述の食糧問題がある。また、単位面積当りの収量については技術革新や、かんがい施設によりゆるやかな上昇はあろうがそう大きな進展はないと思われる。

羊毛についてもとくに増産は期待できそうにない。FAOのProduction Yearbookによれば、ここ数年世界の羊毛の生産量および羊の頭数は横ばいであり、今後、これが増加するきざしがみられないからである。

再生繊維の生産はすでに飽和に達した観があり、今後再び生産が増加することはないと考えられる。これは原料パルプの入手難のほか、再生繊維製造に伴う公害問題もあり、日本、米国、西欧では生産量が減少しつつあり、増設が行なわれている他地域においても同様の問題が時期の差はあれ、起こると思われるからである。

このようなことを考えると、今後の人口増加、所得向上に伴う繊維需要量の増加分はほとんど合繊の増産でまかなわれることになろう。

ここで、今後の世界の素材別繊維生産量(または需要量)に関する予測データのうち、その代表的なものを以下に示す。

表N-2はHoechst社のDr.R.Kleberによる予測である。1970~80年における素材別の年平均伸び率は木綿1.2%、羊毛1.9%、再生繊維1.0%、合繊8.5%であり、合繊の中ではポリエステルが10.2%と最も大きい。合繊化率は1976年が33%、1980年では38%と予測され

表 N-2 世界の繊維需要量の予測

	(10 ³ ton)				
	1970	1972	1974	1976	1980
Cotton	11,550	11,700	12,000	12,300	13,000
Wool	1,650	1,700	1,800	1,900	2,000
Regenerated	4,000	4,100	4,200	4,300	4,400
Synthetic	5,300	6,600	7,900	9,300	12,000
Nylon	2,050	2,500	2,800	3,200	4,100
Polyester	1,750	2,300	2,900	3,450	4,600
Acrylic	1,000	1,250	1,500	1,800	2,300
Others	500	600	700	800	1,000
Total	22,500	24,100	25,900	27,800	31,400

Source: Dr. R. Kleber (Hoechst)
Chemiefasern, July (1972)

ている。

表N-3は「Textil Mitteilunger」に発表されたもので、素材別の年平均伸び率は木綿1.2%、羊毛0.7%、再生繊維0.3%、合繊8.5%である。また、合繊化率は1980年で38%と予測されている。

表 N-3 世界の繊維需要量の予測

	(10 ³ ton)	
	1971	1980
Cotton	11,600	12,900
Wool	1,600	1,700
Regenerated	3,510	3,600
Synthetic	5,372	11,000
Nylon	2,110	4,100
Polyester	2,097	4,300
Acrylic	1,165	2,600
Total	22,082	29,200

Source: Textil Mitteilunger, Aug. 9 (1973)

表Ⅳ-4はMonsanto社のMr.Greeneによる1985年における世界の素材別繊維生産量の予測である。素材別の年平均伸び率は木綿0.7%,羊毛0.5%,再生繊維1.1%,合繊7.5%である。なお、合繊化率は1985年で47%と予測されている。

以上のように、各予測データはいずれも今後合繊が大きく伸びるとしている。これに対し、天然繊維、再生繊維の伸びはいずれも小さいとしており、今後の繊維需要量の増加分はそのほとんどが合繊でカバーされるとみてさしつかえないと考えられる。これに伴い、合繊化率は1971年の25%弱から急激に伸び1976年で35%程度、1980年には40%程度に達するとみられる。

表Ⅳ-4 世界の繊維生産量の予測

	(10 ³ ton)	
	1972	1985
Cotton	12,300	13,500
Wool	1,500	1,600
Regenerated	3,400	3,900
Synthetic	6,600	16,800
Nylon FY	2,000	4,100
" SF	400	800
Polyester FY	1,100	3,500
" SF	1,400	3,800
Acrylic SF	1,200	3,100
Others	500	1,500
Total	23,800	35,800

Source: Mr. Greene (Monsanto Textile) C. E. N., Feb. 19 (1973)

2-2 世界の地域別・素材別合繊生産量

今回予測した世界における素材別合繊生産量を表Ⅳ-5に、これら各素材の地域別生産量を表Ⅳ-6～Ⅳ-9に示す。また表Ⅳ-10にナイロン6,ナイロン66の地域別生産量を示す。

表Ⅳ-5 世界の素材別合繊生産量の予測

	(10 ³ ton)										
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Nylon (SF+FY)	2,156	2,425	2,653	2,826	3,062	3,272	3,478	3,653	3,814	3,975	4,115
Polyester SF	1,164	1,375	1,620	1,800	2,050	2,340	2,610	2,920	3,390	3,800	4,050
Polyester FY	957	1,133	1,470	1,740	2,000	2,300	2,560	3,060	3,490	3,850	4,170
Acrylic (SF+FY)	1,170	1,269	1,510	1,650	1,847	2,040	2,220	2,435	2,600	2,780	2,960
Total	5,447	6,202	7,253	8,016	8,959	9,952	10,868	12,068	13,294	14,405	15,295

Source: UNICO Estimate

表 N-6 ナイロン(SF+FY)の地域別生産量の予測

	(10 ³ ton)										
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Southeast Asia	372	375	427	453	509	580	645	690	730	775	810
(Indonesia)	0	0	427	453	509	580	645	690	730	775	810
(Others 1))	372	375									
U. S. A.	724	896	990	1,040	1,090	1,140	1,180	1,210	1,230	1,250	1,270
Western Europe	675	722	760	810	860	890	930	970	1,010	1,040	1,070
Others	385	432	476	523	603	662	723	783	844	910	965
Total	2,156	2,425	2,653	2,826	3,062	3,272	3,478	3,653	3,814	3,975	4,115

Note: 1) the Philippines, Thailand, Malaysia, Singapore, Laos, Khmer Viet-Nam, Rep. of, Japan, Korea, Rep. of, Taiwan, Hong Kong

Source: UNICO Estimate

表 N-7 ポリエステルSFの地域別生産量の予測

	(10 ³ ton)										
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Southeast Asia	234	253	325	420	480	550	620	670	780	900	950
(Indonesia)	0	0	325	420	480	550	620	670	780	900	950
(Others 1))	234	253									
U. S. A.	518	624	710	710	780	850	900	970	1,050	1,100	1,150
Western Europe	254	326	380	430	480	550	610	640	670	700	730
Others	158	172	205	240	310	390	480	640	890	1,100	1,220
Total	1,164	1,375	1,620	1,800	2,050	2,340	2,610	2,920	3,390	3,800	4,050

Note: 1) See Table IV-6

Source: UNICO Estimate

表 N-8 ポリエステルFYの地域別生産量の予測

	(10 ³ ton)										
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Southeast Asia	226	225	300	405	480	560	620	710	810	880	950
(Indonesia)	0	0	300	405	480	560	620	710	810	880	950
(Others 1))	226	225									
U. S. A.	308	432	595	680	750	850	900	1,030	1,100	1,150	1,200
Western Europe	332	328	400	440	480	530	580	630	680	720	760
Others	91	148	175	215	290	360	460	690	900	1,100	1,260
Total	957	1,133	1,470	1,740	2,000	2,300	2,560	3,060	3,490	3,850	4,170

Note: 1) See Table IV-6

Source: UNICO Estimate

表 N-9 アクリル(SF+FY)の地域別生産量の予測

	(10 ³ ton)										
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Southeast Asia	326	320	392	435	500	560	600	680	740	810	850
(Indonesia)	0	0	392	435	500	560	600	680	740	810	850
(Others 1))	326	320									
U. S. A.	247	284	340	340	360	380	400	460	480	500	530
Western Europe	477	522	603	660	720	780	830	870	900	920	950
Others	120	143	175	215	267	320	390	425	480	550	630
Total	1,170	1,269	1,510	1,650	1,847	2,040	2,220	2,435	2,600	2,780	2,960

Note: 1) See Table IV-6

Source: UNICO Estimate

表 N-10 ナイロン6, ナイロン66の地域別生産量の予測

		(10 ³ ton)										
		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Nylon 6	U. S. A.	261	332	372	406	436	456	472	484	492	500	508
	Western Europe	331	361	388	421	447	463	484	504	525	551	567
	Others	658	738	820	869	954	1,077	1,166	1,240	1,310	1,414	1,476
	Sub-Total	1,250	1,431	1,580	1,696	1,837	1,996	2,122	2,228	2,327	2,465	2,551
Nylon 66	U. S. A.	463	564	618	634	654	684	708	726	738	750	762
	Western Europe	344	361	372	389	413	427	446	466	485	489	503
	Others	99	69	83	107	158	165	202	233	264	271	299
	Sub-Total	906	994	1,073	1,130	1,225	1,276	1,356	1,425	1,487	1,510	1,564
Total		2,156	2,425	2,653	2,826	3,062	3,272	3,478	3,653	3,814	3,975	4,115

Source: UNICO Estimate

世界全体の合繊生産量は1971年の5.45 10⁶ tonから1981年には15.3 10⁶ tonに伸びると予測され、年平均伸び率は10.9%になる。素材別に年平均伸び率をみると、ナイロンは6.7%、ポリエステルSFは13.3%、ポリエステルFYは15.9%、(ポリエステル全体では14.5%)、アクリルは9.7%であり、ポリエステルFYの伸びがとくに大きいことがわかる。

これらの傾向は2-1で述べた2~3の予測結果とかなり異なり、とくにポリエステルの生産量の伸びが大きくなっている。これは、予測を行った時点が1年もしくはそれ以上異なり、最近1年間でも世界の繊維事情がかなり変わり、とくに欧米では今後ポリエステルの需要が大幅に増大するといわれており、ここではこの点を十分考慮したためである。

表N-11に東南アジア地域(インドネシア、フィリッピン、タイ、マレーシア、シンガポールにラオス、クメール、南ベトナム、日本、韓国、台湾、ホンコンを加えた)の素材別合繊生産量を示す。東南アジア地域の合繊全体の生産量は1971年の1.16 10⁶ tonから1981年には3.56 10⁶ tonに増加すると予測され、年平均伸び率は11.9%になる。素材別に年平均伸び率をみると、ナイロンは8.1%、ポリエステルSFは15.1%、ポリエステルFYは15.5%、アクリルは10.1%である。

表 N-11 東南アジア¹⁾の素材別合繊生産量の予測

		(10 ³ ton)										
		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Nylon (SF+FY)		372	375	427	453	509	580	645	690	730	775	810
Polyester SF		234	253	325	420	480	550	620	670	780	900	950
Polyester FY		226	225	300	405	480	560	620	710	810	880	950
Acrylic (SF+FY)		326	320	392	435	500	560	600	680	740	810	850
Total		1,158	1,173	1,444	1,713	1,969	2,250	2,485	2,750	3,060	3,365	3,560

Note: 1) Indonesia, the Philippines, Thailand, Malaysia, Singapore, Laos, Khmer, Viet-Nam, Rep. of, Japan, Korea, Rep. of, Taiwan, Hong Kong

Source: UNICO Estimate

これは世界全体での傾向とほぼ同様である。

なお、表Ⅳ-10からナイロンの場合、東南アジア地域を含む“その他”地域では、将来ともナイロン6が生産量のほとんどを占めると予測される。

3. インドネシアの繊維消費の現状

現在、インドネシアには同国の繊維事情、たとえば繊維の総消費量、素材別消費量などをとらえられる適切な資料がない。しかし、これらはインドネシアにおける将来の合繊需要量を予測するための基礎データとして是非とも必要である。

そこで、まず現在のインドネシアの総繊維消費量を推定し、これを素材、形態別の消費量にわけることとした。さらにこれらを他の東南アジア諸国のものと比較し、インドネシアにおける繊維消費の特質を明らかにした。

3-1 総繊維消費量

現在の総繊維消費量を推定するため、まず現時点で入手しうる統計データについて個々に整理し、それらを相互に比較検討した。

3-1-1 これまでの総繊維消費量に関する調査

ここではインドネシア工業省繊維局発表の繊維製品の生産・輸入・消費に関するもの、インドネシア輸入統計、FAOの繊維統計、各国の輸出統計をとりあげた。

(1) インドネシア工業省繊維工業局のデータ

表Ⅳ-12は繊維工業局から発表された *Datas About the Textile Indonesia 1970* および他の繊維工業局データをもとにインドネシアにおける総繊維消費量、およびこれに占める国内生産紡績糸、輸入糸、輸入布の量、比率を求めたものである。

表Ⅳ-12 インドネシアの繊維生産、輸入量および全消費に占める割合

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Domestic Spun Yarn Production	20,356 (18.9)	24,062 (20.2)	33,077 (29.0)	39,500 (32.8)	43,221 (28.8)
Imported Yarn	11,476 (10.6)	21,879 (18.3)	41,237 (36.3)	44,600 (37.1)	55,950 (37.3)
Imported Fabric ¹⁾	76,118 (70.5)	73,332 (61.5)	39,648 (34.7)	36,218 (30.1)	50,932 (33.9)
Total Textile Consumption	107,950	119,273	113,962	120,318	150,103

Source: Departemen Perindustrian

Notes: () ---- % on total textile consumption

1) Estimated by using conversion figure 140 g/m²

1967～70年にかけてこの年間の総繊維消費量は110～120 10³ tonでその変化はわずかであるが、1971年には150 10³ tonへと急激に増加し、対前年の伸び率は25%に達している。これには輸入糸、輸入布の急増が大きく効いている。

(2) インドネシア輸入統計

表Ⅳ-13はインドネシア統計局発行の繊維(原糸・原綿・紡績糸・布)の輸入統計を天然・人造繊維別、形態別にまとめて総輸入量を求めたものである。

表Ⅳ-13 インドネシアの繊維輸入量

		(ton)					
		1967	1968	1969	1970	1971	1972
Natural	Raw Fiber	17,375	13,723	21,280	19,115		
	Spun Yarn	11,730	22,107	31,382	31,423		
	Fabric	52,823	28,886	23,994	17,522		
	Sub-Total	81,928 (74.2)	64,716 (77.4)	76,656 (76.2)	68,060 (65.3)		
Man-made	SF, FY	2,290	3,929	3,822	2,675		
	Spun Yarn	1,538	2,927	9,733	14,524		
	Fabric	24,695	12,075	10,436	18,907		
	Sub-Total	28,523 (25.8)	18,931 (22.6)	23,991 (23.8)	36,106 (34.7)		
Total		110,451	83,647	100,647	104,166	116,941 ¹⁾	128,963 ¹⁾

Source: Indonesia Imports Statistics

Notes: () ----- % on total textile importation

1) Details are not clear

1971～72年については輸入統計の概要しか入手できなかったため総輸入量のみ示してある。

1968年の総輸入量は前年にくらべてかなり減少したが、1968～72年にかけては増加を続け、1972年には129 10³ tonになった。

なお、布の面積から重量への換算はⅢ2-2-2(2)のシンガポールの場合に用いたのと同じ方法を使い、日本貿易月表から推定した。

(3) F A Oの繊維統計

表Ⅳ-14はF A Oの繊維統計によるインドネシアの素材別繊維消費量である。

総繊維消費量は1967～70年にかけてわずかずつではあるが減少している。しかし、後述の各国の輸出統計を集計した結果によれば繊維消費量は年々増加しており、このようなことは理解しがたい。

表 N-14 インドネシアの素材別繊維消費量 (FAO)

	(10 ³ ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Natural	99.4(81.2)	99.3(84.7)	100.9(86.3)	86.7(83.6)	94.0(86.3)
Regenerated	8.0(6.5)	6.7(5.7)	5.8(5.0)	5.4(5.2)	4.2(3.9)
Synthetic	15.0(12.3)	11.2(9.6)	10.2(8.7)	11.6(11.2)	10.7(9.8)
Total	122.4	117.2	116.9	103.7	108.9

Note: () ----- % on total textile consumption

Source: FAO

(4) 各国の輸出統計

インドネシアは若干の綿花を除いて、繊維素材をすべて輸入している。そこで、他国のインドネシアへの繊維の輸出統計を調べ、インドネシアの繊維消費量を推定する資料とした。

調査対象にとりあげた国は日本、シンガポール、ホンコン、台湾、韓国、米国、英国、西独、仏、伊、蘭の11か国である。

これは世界的にみて、化合繊をインドネシアへ輸出できるのは前述の国々だけと考えられ、また、天然繊維はほとんどが木綿であり、米国がPL-480によりインドネシアへ大量の綿花を輸出しているからである。もちろん、綿花、綿製品については前述の国々以外からの輸出も考えられるが、その量はさほど多いとは思われない。

11か国からのインドネシア向け輸出量を素材別にまとめたのが表N-15である。

総輸出量は1967年の102 10³ tonから1972年には149 10³ tonへと着実に増加している。

表N-15から前回調査で対象とした日本、シンガポール、米国以外の国々からの輸出量を求めると、1972年では天然繊維 8.5 10³ ton, 再生繊維 5.0 10³ ton, 合繊 15.8 10³ ton, 化合繊(合繊か再生繊維のいずれであるか分類できないもの) 0.6 10³ tonでこれらの合計は 29.8 10³ tonになる。これは11か国からの輸出量合計 148.9 10³ tonの20%に相当し、今回調査で11か国の輸出統計(以後、11か国輸出統計という)を対象にしたのは十分意義があったといえる。

3-1-2 1971年の総繊維消費量

以上に述べた4種の統計データをまとめて示したのが図N-3である。

これらのデータの中でFAOの繊維統計はインドネシア繊維工業局のデータを使用している可能性が強く、独立性のあるデータとはいえない。また、繊維消費量は年とともに減少しており、前述の理由から妥当なものとは考えられない。当然他の3種のデータとは全く傾向が異なる。

そこで、ここでは相互に独立と考えられる繊維工業局のデータ、インドネシア輸入統計、11か国輸出統計を比較検討した。このうち繊維工業局のデータだけは消費量である。

表 IV-15 日本、シンガポール、ホンコン、台湾、韓国、米国、ヨーロッパ5か国から
インドネシアへの 繊維輸出量

Exports from	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Japan	7,916	5,393	2,769	2,592	1,897	2,418
Singapore 1)	14,978	26,865	33,651	35,083	26,347	20,126
Hong Kong	29,730	21,785	11,414	3,952	5,193	5,160
Taiwan	10,694	326	764	456	993	2,877
Natural						
Korea, Rep. of	43	-	23	100	170	427
U. S. A.	16,452	26,845	39,557	59,310	47,708	54,324
Sub-Total	79,813 (77.9)	81,214 (80.2)	88,178 (74.4)	101,493 (74.9)	82,308 (62.5)	85,332 (57.3)
Japan	3,261	2,430	2,192	1,948	2,650	3,114
Singapore 1)	1,999	2,533	3,298	3,463	4,096	1,840
Hong Kong	5,002	3,142	3,236	1,510	1,910	2,470
Taiwan	54	401	1,413	2,249	940	2,020
Regenerated						
Korea, Rep. of	33	-	-	-	-	228
U. S. A.	76	322	68	-	93	50
Europe	114	50	4	14	412	247
Sub-Total	10,539 (10.3)	8,878 (8.8)	10,211 (8.6)	9,184 (6.8)	10,101 (7.7)	9,969 (6.7)
Japan	5,055	2,178	4,971	6,186	11,087	15,852
Singapore 1)	3,639	6,447	10,306	12,109	16,123	14,422
Hong Kong	1,223	875	902	379	1,395	3,082
Taiwan	-	-	1,378	3,889	5,362	11,212
Synthetic						
Korea, Rep. of	241	157	88	342	680	1,261
U. S. A.	-	46	-	30	829	2,225
Europe	9	57	223	62	466	235
Sub-Total	10,167 (9.9)	9,760 (9.6)	17,868 (15.1)	22,997 (17.0)	35,942 (27.3)	48,289 (32.4)
Japan	916	360	302	396	960	1,684
Singapore 1)	729	766	969	948	1,914	2,986
Hong Kong	255	284	265	21	47	113
Taiwan	-	-	-	85	20	34
Regenerated and Synthetic (unclassified)						
Korea, Rep. of	-	-	365	304	466	472
U. S. A.	-	-	412	7	32	-
Sub-Total	1,900 (1.9)	1,410 (1.4)	2,313 (1.9)	1,761 (1.3)	3,439 (2.5)	5,289 (3.6)
Japan	17,148	10,361	10,234	11,122	16,594	23,068
Singapore 1)	21,345	36,611	48,224	51,603	48,480	39,374
Hong Kong	36,210	26,086	15,817	5,862	8,545	10,825
Taiwan	10,748	727	3,555	6,679	7,315	16,143
Total						
Korea, Rep. of	317	157	476	746	1,316	2,388
U. S. A.	16,528	27,213	40,037	59,347	48,662	56,599
Europe	123	107	227	76	878	482
Total	102,419	101,262	118,570	135,435	131,790	148,879

Notes: () ----- % on total textile export

1) Assumed by 0.7 x (Imports - Exports) of Singapore

Source: Exports Statistics

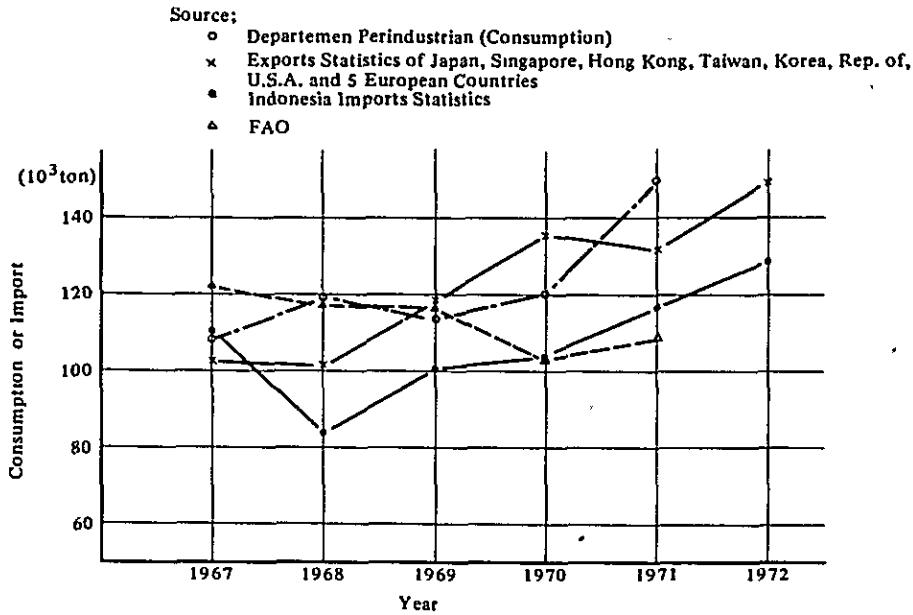


図 Ⅱ- 3 インドネシアの繊維消費量，輸入量の各種 データの比較

まず繊維工業局のデータであるが、1971年の総繊維消費量は1970年に比べて25%も伸びており、それ以前の伸びとは大きな差がある。たしかにインドネシアの繊維産業が順調に伸びていることは現地調査からも感じられるが、他の2種のデータと比べても極端に大きな量であり、これをそのまま1971年の総繊維消費量とするには問題がある。

インドネシア輸入統計による総繊維輸入量は、1968年において前年より大幅に減少し、再び1967年の水準をこえるのは1971年である。これは他のデータと傾向が異っており、また、1971年の総繊維輸入量が117 10³ tonと他のデータよりかなり少ない。この総繊維輸入量を11か国輸出統計から求めた繊維輸出量と比べると、各年とも20 10³ ton程度少ない。繊維輸出量は対象国を限定したため若干のものはあるはずであり、むしろ繊維輸出量の方が少なくなつて当然である。これらのことから、インドネシアの輸入統計にはやや問題があると思われる。

11か国輸出統計から求めたインドネシアへの繊維輸出量は繊維工業局のデータと比較的よく似た傾向を示し、ほぼ順調に増加している。そして、繊維輸出量は1971年には132 10³ tonに達している。

以上に述べたように、3種のデータのうちでは、繊維工業局のデータにもとづく総繊維消費量と11か国輸出統計から求めた繊維輸出量とが比較的よく似た傾向を示し、これまでの推移もインドネシア輸入統計のデータに比べて妥当と思われる。

そこで、この総繊維消費量のデータ、繊維輸出量のデータからそれぞれ一次回帰式を求め、1971年の値を試算してみた。これによると各々約139 10³ ton, 137 10³ tonになる。このように回帰分析により1971年の値を試算したのは、総繊維消費量のデータ、繊維輸出量のデータ共年により増減があつて単調な傾向を示さず、したがって1971年時点の値をつかみがたい

からである。

以上の回帰分析の結果から、1971年の総繊維消費量は少なくとも $135 \times 10^3 \text{ ton}$ には達していると考えられる。

1971年のインドネシアの人口は 124.4×10^6 人であり、総繊維消費量 $135 \times 10^3 \text{ ton}$ を1人当りの消費量に換算すると 1.09 kg/y になる。いま、布の目付を 140 g/m とすると1人当りの布の消費量は 7.8 m になり、繊維工業局発表の1970年の1人当り 7.0 m からみて妥当な消費量といえる。

以上の検討により、インドネシアの1971年の繊維消費量を $135 \times 10^3 \text{ ton}$ と推定し、以後の需要予測のベースにする。

3-2 素材・形態別繊維消費量

3-2-1 これまでの素材・形態別繊維消費量に関する調査

インドネシアにおける素材・形態別繊維消費量を調べる場合、最も大きな問題点は素材を明記した資料が入手できないことである。

すなわち、繊維工業局のデータでは素材名は記載されておらず、インドネシアの輸入統計では天然繊維と人造繊維の分類がなされているだけである。

ところで、前述の11か国輸出統計をみると、1部に素材不明のものがあるが、かなりの部分は明らかであり、また素材不明のものも推定が可能である。

そこで、インドネシアにおける素材・形態別消費量は11か国輸出統計をベースにして推定することにした。

(1) 11か国輸出統計による素材別繊維消費量表N-16は、インドネシアにおける1967～72年の素材別繊維消費量である。

天然繊維はほとんどが木綿であるが、数量はこの5年間ほとんど変わっていない。また、再生繊維も同様である。

一方、合繊は1967年の $11 \times 10^3 \text{ ton}$ から1972年には $53 \times 10^3 \text{ ton}$ へと4.8倍に増加しており、とくに1971～72年における増加が著しい。すなわち、この5年間におけるインドネシアの繊維消費量の増加は合繊消費量の増加によっているといえる。

この結果、天然繊維の総繊維消費量に占める比率は1967年の81%から1971年には65%、1972年には60%に大きく低下している。

これと対比的に合繊化率（総繊維消費量に占める合繊の比率）は1967年の9%から1971年には27%、1972年には33%へと伸びている。なお、再生繊維の比率はわずかではあるが減少の傾向にあるといえる。

ここで、フィリッピン、タイ、マレーシアについてインドネシアと同一の方法で素材別消費量・比率を求めると表N-17～N-19のようになる。なお、フィリッピン、タイでは合

織を生産しているのでTextile Organon で生産量を求め、11 国からの輸出量に加えて消費量にした。

表 N-16 インドネシアの素材別繊維消費量

	(ton)					
	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Natural	99,400 (81)	99,300 (83)	100,900 (77)	86,700 (72)	94,000 (65)	97,449 (60)
Regenerated	11,540 (10)	9,550 (8)	11,051 (8)	9,687 (8)	10,856 (8)	10,873 (7)
Synthetic	11,066 (9)	10,493 (9)	19,341 (15)	24,255 (20)	38,626 (27)	52,674 (33)
Total	122,006	119,348	131,292	120,642	143,482	160,996

Notes: () ----- % on total textile consumption.

1) Estimated by the ratio of FAO/Exports Statistics in 1971

Source: Exports Statistics, FAO

表 N-17 フィリピンの素材別繊維消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Natural	40,100 (57)	46,900 (52)	46,200 (50)	43,700 (50)	40,600 (40)
Regenerated	22,223 (31)	26,599 (30)	27,800 (30)	25,315 (29)	27,306 (27)
Synthetic	8,508 (12)	15,798 (18)	18,218 (20)	18,942 (21)	33,696 (33)
Total	70,831	89,297	92,218	87,957	101,602

Note: () ----- % on total textile consumption.

Source: Exports Statistics, FAO, Textile Organon

表 N-18 タイの素材別繊維消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Natural	71,800 (79)	65,500 (78)	62,500 (75)	66,600 (73)	71,200 (68)
Regenerated	9,032 (10)	7,942 (10)	8,039 (10)	8,416 (9)	9,330 (9)
Synthetic	9,983 (11)	9,972 (12)	12,583 (15)	16,894 (18)	24,016 (23)
Total	90,815	83,414	83,122	91,910	104,546

Note: () ----- % on total textile consumption

Source: Exports Statistics, FAO, Textile Organon

表 N-19 マレーシアの素材別繊維消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Natural	17,100 (72)	23,500 (76)	21,800 (70)	23,000 (72)	21,700 (62)
Regenerated	3,693 (16)	2,733 (9)	3,225 (10)	2,197 (7)	4,840 (14)
Synthetic	2,805 (12)	4,475 (15)	6,273 (20)	6,720 (21)	8,274 (24)
Total	23,598	30,708	31,298	31,917	34,814

Note: () ----- % on total textile consumption

Source: Exports Statistics, FAO

これら3か国とも天然繊維、再生繊維の消費量はこの4年間横ばいか若干の増加にとどまっている。これに対し、合繊の消費量はこの4年間でフィリピンが約4倍、タイが2.4倍、マレーシアが約3倍に増加しており、その傾向はインドネシアと同様である。

なお、フィリピンのみは総繊維消費量に占める再生繊維の比率がこの4年間ほと30%と高く、他の国々とは趣きを異にしている。

(2) 11 各国輸出統計による形態別合繊消費量

インドネシアにおける合繊消費量を原糸・原綿，紡績糸，布に分類して示したのが表N-20である。

1967年では原糸・原綿，紡績糸での消費は極めてわずかで，布での消費がほとんどである。しかし，原糸・原綿，紡績糸での消費は年とともに増加し，1972年にはそれぞれ16 10³ ton，12 10³ tonとなった。この結果，総合繊消費量に占める原糸・原綿の比率は31%，紡績糸の比率は22%に達し，逆に布の比率は47%に低下している。フィリッピン，タイ，マレーシアにおける形態別合繊消費量を表N-21～23に示す。

表 N-20 インドネシアの形態別合繊消費量

	(ton)					
	1967	1968	1969	1970	1971	1972
SF, FY	236 (2)	718 (7)	5,249 (27)	5,473 (23)	8,534 (22)	16,125 (31)
Spun Yarn	- (-)	282 (3)	1,470 (8)	3,337 (14)	8,186 (21)	11,829 (22)
Fabric	10,830 (98)	9,498 (90)	12,622 (65)	15,445 (63)	21,906 (57)	24,720 (47)
Total	11,066	10,498	19,341	24,255	38,626	52,674

Note: () ----- % on total synthetic textile consumption

Source: Exports Statistics

表 N-21 フィリッピンの形態別合繊消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
SF, FY	4,221 (50)	10,111 (64)	11,474 (63)	13,019 (69)	28,280 (84)
Spun Yarn	434 (5)	1,246 (8)	1,149 (6)	327 (2)	880 (3)
Fabric	3,853 (45)	4,441 (28)	5,595 (31)	5,596 (29)	4,536 (13)
Total	8,508	15,798	18,218	18,942	33,696

Source: Exports Statistics,
Textile Organon

Note: () ----- % on total synthetic textile consumption

表 N-22 タイの形態別合繊消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
SF, FY	2,207 (22)	2,502 (25)	5,680 (45)	9,812 (58)	18,682 (78)
Spun Yarn	834 (8)	986 (10)	1,858 (15)	1,751 (10)	1,648 (7)
Fabric	6,942 (70)	6,484 (65)	5,045 (40)	5,331 (32)	3,686 (15)
Total	9,983	9,972	12,583	16,894	24,016

Source: Exports Statistics, Textile Organon

Note: () ----- % on total synthetic textile consumption

表 N-23 マレーシアの形態別合繊消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
SF, FY	225 (8)	289 (6)	292 (5)	536 (8)	1,083 (13)
Spun Yarn	- (-)	40 (1)	101 (1)	303 (5)	134 (2)
Fabric	2,580 (92)	4,146 (93)	5,880 (94)	5,881 (87)	7,057 (85)
Total	2,805	4,475	6,273	6,720	8,274

Source: Exports Statistics

Note: () ----- % on total synthetic textile consumption

フィリッピン、タイの形態別合繊消費比率の推移はインドネシアと比較的似た傾向を示している。しかし、フィリッピン、タイともに原糸・原綿での消費比率はインドネシアに比べて極めて高く1971年ではフィリッピンが84%、タイが78%になっている。また、紡績糸での消費比率はフィリッピン、タイともわずかで、年とともにやや減少する傾向がみられる。

なお、マレーシアの場合は1971年においても布での消費が圧倒的に多く、原糸・原綿、紡績糸での消費はわずかである。

(3) 11 개국輸出統計による素材別合繊消費量

インドネシアにおける合繊消費量を素材別に示したのが表N-24である。

表 N-24 インドネシアの素材別合繊消費量

	(ton)					
	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Nylon SF	145 (1.3)	62 (0.6)	474 (2.5)	124 (0.5)	71 (-)	16 (-)
" FY	3,170 (28.6)	2,919 (27.8)	8,262 (42.7)	9,097 (37.5)	10,943 (28.3)	14,881 (28.3)
Polyester SF	6,185 (55.9)	6,019 (57.3)	7,784 (40.2)	11,089 (45.8)	18,217 (47.4)	22,491 (42.7)
" FY	1,183 (10.7)	974 (9.3)	1,908 (9.9)	2,967 (12.2)	6,533 (16.9)	12,221 (23.2)
Acrylic SF	383 (3.5)	524 (5.0)	913 (4.7)	978 (4.0)	2,862 (7.4)	3,065 (5.8)
Total	11,066	10,498	19,341	24,255	38,626	52,674
Share of SF(%)	60.7	62.9	47.4	50.3	54.8	48.5

Note: () ----- % on total synthetic textile consumption

Source: Exports Statistics

1972年における素材別消費量はポリエステルSFが22 10³ tonで最も多く、次いでナイロンFY 15 10³ ton、ポリエステルFY 12 10³ tonの順である。この5年間に於ける素材別消費量の伸びをみるとナイロンFY(SFも含む)が4.5倍、ポリエステルSFが3.6倍、ポリエステルFYが10.3倍、アクリルSFが8.0倍であり、とくにポリエステルFYはここ2年間の伸びが大きい。

このため、ポリエステルFYの総合織消費量に占める比率は1970年の12%から1972年には23%へと大幅に増加している。この間ナイロンFYの比率は減少傾向にあり、ポリエステルSF、アクリルSFの比率はほぼ横ばいである。なお、総合織消費量に占めるSFの比率はほぼ50%である。

このような素材別合織消費量をフィリッピン、タイ、マレーシアについて求めたのが表IV-25～27である。

表 IV-25 フィリッピンの素材別合織消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Nylon SF	49 (0.6)	21 (0.1)	115 (0.6)	116 (0.6)	89 (0.3)
" FY	3,662 (43.1)	7,149 (45.3)	8,350 (45.9)	7,348 (38.8)	12,567 (37.3)
Polyester SF	2,862 (33.6)	4,823 (30.6)	5,892 (32.4)	8,042 (42.5)	14,986 (44.4)
" FY	1,014 (11.9)	1,851 (11.7)	1,722 (9.4)	1,748 (9.2)	3,035 (9.0)
Acrylic SF	921 (10.8)	1,954 (12.3)	2,139 (11.7)	1,688 (8.9)	3,019 (9.0)
Total	8,508	15,798	18,218	18,942	33,696
Share of SF(%)	45.0	43.0	44.7	52.0	53.7

Source: Exports Statistics, Textile Organon

Note: () ----- % on total synthetic textile consumption

表 IV-26 タイの素材別合織消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Nylon SF	116 (1.2)	68 (0.7)	11 (0.1)	81 (0.5)	-
" FY	3,812 (38.2)	4,459 (44.8)	4,322 (34.3)	4,807 (28.4)	6,901 (28.7)
Polyester SF	4,531 (45.4)	3,985 (39.9)	7,113 (56.6)	9,479 (56.1)	13,124 (54.7)
" FY	832 (8.3)	1,028 (10.3)	622 (4.9)	1,872 (11.1)	3,116 (13.0)
Acrylic SF	692 (6.9)	432 (4.3)	515 (4.1)	655 (3.9)	875 (3.6)
Total	9,983	9,972	12,583	16,894	24,016
Share of SF(%)	53.5	45.9	60.8	60.5	58.3

Source: Exports Statistics, Textile Organon

Note: () ----- % on total synthetic textile consumption

表 N-27 マレーシアの素材別合繊消費量

	(ton)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Nylon SF	- (-)	3 (0.1)	9 (0.1)	6 (0.1)	2 (-)
" FY	1,073 (38.3)	1,961 (43.9)	2,256 (36.1)	2,715 (40.4)	3,574 (43.2)
Polyester SF	879 (31.3)	1,277 (28.5)	1,929 (30.7)	2,083 (31.0)	2,355 (28.5)
" FY	688 (24.5)	1,071 (23.9)	1,820 (29.0)	1,747 (26.0)	2,175 (26.3)
Acrylic SF	165 (5.9)	163 (3.6)	259 (4.1)	169 (2.5)	168 (2.0)
Total	2,805	4,475	6,273	6,720	8,274
Share of SF(%)	37.2	32.2	34.9	33.6	30.5

Note: () ----- % on total synthetic textile consumption Source: Exports Statistics

国により各素材の消費比率はかなり異なる。

1971年の素材別消費比率をみるとフィリッピンではポリエステルSFが44%で最も大きく、次いでナイロンFYの37%、ポリエステルFYの9%の順であり、タイではポリエステルSFが55%で最も大きく、次いでナイロンFYの29%、ポリエステルFYの13%の順である。一方、マレーシアでは、ナイロンFYが43%で最も大きく、次いでポリエステルSFの29%、ポリエステルFYの26%の順であり、他国の順序とは異なる。これは、マレーシアの場合各年ともナイロンFY消費量のほぼ1/3をタイヤコード織物、漁網が占めているからである。

3-2-2 1971年の素材別繊維消費量

以上の検討結果より、以下に1971年時点のインドネシアにおける素材別繊維消費量を推定する。

総繊維消費量はすでに3-1-2で135 10³ tonと推定した。

さて、各素材の比率であるが表N-16から1971年では天然繊維が65%、再生繊維が8%、合繊が27%であり、これらの比率の推移からみて、前述の比率をそのまま1971年の素材別繊維消費比率としても問題はないと考えられる。すなわち、合繊化率は27%と推定される。

合繊の素材別比率は表N-24に示したように年によりかなり変動がある。そこで、ここでは1970、71年の平均を取りこれを1971年の素材別合繊消費比率とした。すなわち、ナイロンFYは33.1%、ポリエステルSFは46.6%、ポリエステルFYは14.6%、アクリルSFが5.7%である。

以上のデータをもとに1971年における各素材の消費量、総繊維消費量に占める比率を求めると表N-28のようになる。

表 N-28 インドネシアの素材別繊維消費量（1971年）

	Quantity (t/y)	Ratio (%)
Cotton, Other Natural Fibers	87,750	65.0
Nylon FY	12,060	8.9
Polyester SF	16,990	12.7
Polyester FY	5,320	3.9
Acrylic SF	2,080	1.5
Regenerated SF	8,640	6.4
Regenerated FY	2,160	1.6
Total	135,000	100.0

Source: UNICO Estimate

なお、再生繊維のSFとFYへの分離はⅢ2-2-2(4)にもとづいて行った。また、再生繊維はほとんどがレーヨンとみなしてさしつかえないと思われる。

前回調査との比較

前回の予測結果によると、1971年の素材別繊維消費量（全繊維の伸び率が12%/yの場合）は表N-29のようである。

表 N-29 前回調査によるインドネシアの素材別繊維消費量（1971年）

	Quantity (t/y)	Ratio (%)
Cotton	99,800	74.3
Nylon FY	7,900	5.9
Polyester SF	12,700	9.4
Polyester FY	4,900	3.6
Acrylic SF	1,200	0.9
Others	1,900	1.4
Regenerated SF	5,100	3.8
Regenerated FY	900	0.7
Total	134,400	100.0

Note: Average annual growth rate is 12.0%

Source: The Republic of Indonesia, Survey Report on Synthetic and Rayon Fiber Industry Development (OTCA, Feb. 1973)

今回調査による総繊維消費量は前述のように $135 \times 10^3 \text{ ton}$ であり、前回調査の結果と全く同じである。しかし、総繊維消費量に占める再生繊維、合繊の比率は前回調査に比べてかなり高くなっている。この点については前回調査では日本、シンガポール 2 か国からの輸出をベースにして再生繊維、合繊の比率を推定したが、今回は前述のように 11 か国輸出統計をベースにしているので、今回の結果はより精度が高いものと考えられる。

4. インドネシアの合繊需要量の予測

需要予測の基礎データとして使用する人口、1人当りGNPの予測値は表Ⅳ-30に示すものを使用した。これは、前回調査と同じであり、1981年の人口、1人当りGNPはそれまでの伸び率がそのまま維持されるとして求めた。

表 Ⅳ-30 インドネシアの人口および1人当りGNPの予測

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Population (10^6 men)	124.4	127.5	130.9	134.0	137.1	140.3	143.5	146.8	150.2	153.6	157.1
Per Capita GNP (US\$/y)	114	120	127	133	141	148	156	165	173	183	193

Source: Departemen Perindustrian, A.I.D., World Bank's Report

4-1 国内総繊維需要量

前回調査でも述べたように一般に、ある国の1人当り繊維消費量と1人当りGNPとは高い相関関係にある。

図Ⅳ-4は1971年における1人当りGNPが500US\$/y以下、人口百万人以上の発展途上国29か国について、1人当り繊維消費量と1人当りGNPとの関係をFAOの繊維統計、AIDの1人当りGNPを用いてプロットしたものである。

なお、インドネシアの1人当り繊維消費量を詳細に調べたところでは前述のように1.09kg/yと推定されるので、ここではこの値を用いている。

回帰式を求めると、

$$\log y = -1.2175 + 0.7019 \log x \quad (r = 0.73)$$

となる。ただし、ここで

y : 1人当り繊維消費量 (kg/y)

x : 1人当りGNP (US\$/y)

である。

一方、インドネシアと同じ地域に属する国々、すなわち、フィリピン、タイ、マレーシアについて、インドネシアとともにここ約10年間のデータをプロットしたのが図Ⅳ-5である。

インドネシアの場合、AIDの資料では1人当りGNPが1962~71年の間ほとんど増加し

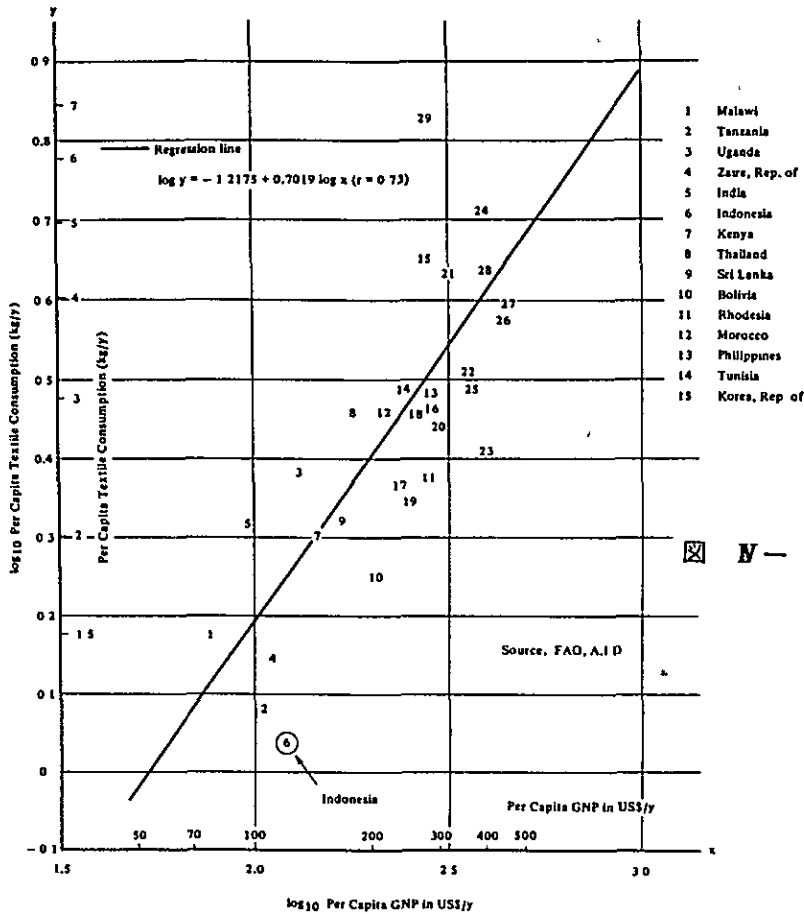


図 N-4 発展途上国の1人当り
繊維消費量と1人当り
GNPの関係
(1971年)

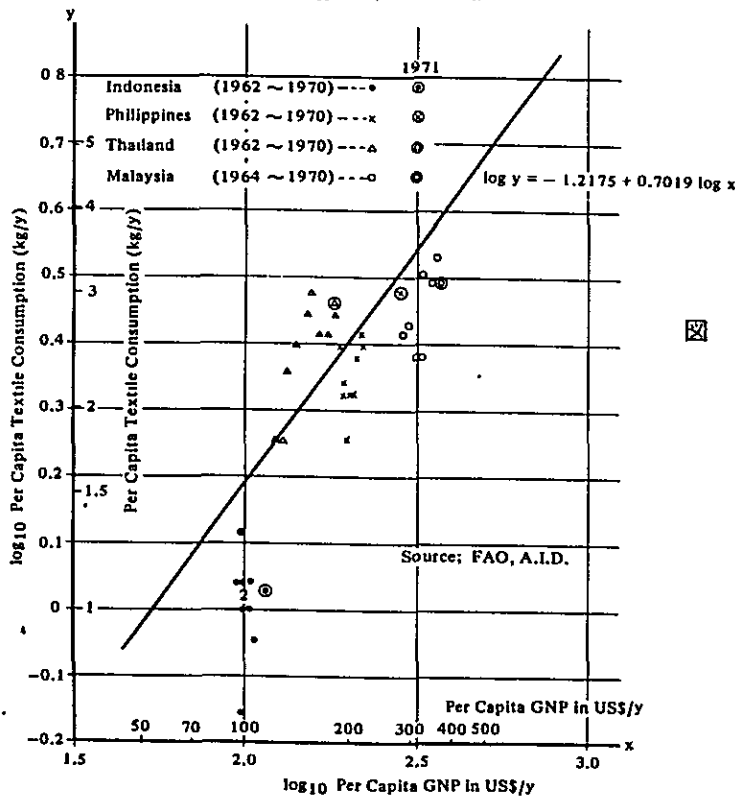
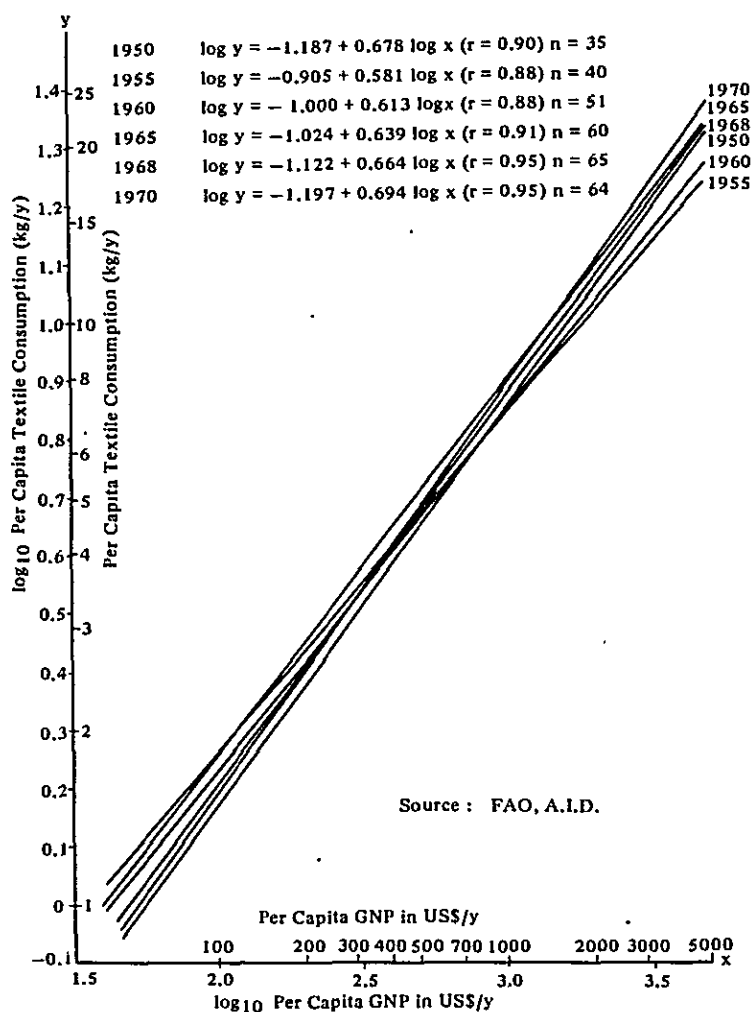


図 N-5 東南アジア諸国の1人当り繊維
消費量と1人当り
GNPの関係

ておらずデータの信頼性にやや問題がある。しかし、フィリッピン、マレーシアについては図Ⅳ-4のプロットから求めた回帰直線の近傍にプロットがならび、東南アジア諸国の場合も、前述の回帰式で1人当り繊維消費量と1人当りGNPの関係がよく表わされることがわかる。なお、図Ⅳ-6は各年における世界各国の1人当り繊維消費量と1人当りGNPとの関係について回帰直線を求めたものである。年が変わっても、回帰直線はほぼ同じである。したがって、図Ⅳ-4に示した1人当り繊維消費量と1人当りGNPの関係は将来とも維持されるはずである。

ここで、インドネシアの1人当り繊維消費量がいつ図Ⅳ-4に示されるような他国の状態に到達するかが需要予測の大きなポイントになってくる。



図Ⅳ-6 世界各国の1人当り繊維消費量と1人当りGNPの関係

図Ⅳ-5からわかるように、インドネシアの実績値がここ10年もの間、つねに回帰直線から大きく離れて下側に存在したのはそれなりの理由があったのはずである。

しかし、第1次5か年計画では、繊維産業は目標を上回る成果をあげ、また今年から始まる第2次5か年計画では衣料のより以上の充足が重点目標になっている。

現地調査の結果でも、国営紡、州営紡はともに設備強化に努めており、また、外資系合併企業、民族資本系民間企業の設備拡張はまさにラッシュの観がある。また、合繊原糸・原綿製造の企業化申請が相次いでいる。

したがって、近い将来、インドネシアの繊維消費水準が急速に他国の水準に近づくであろうことは十分期待できる。

ここで他国の過去における繊維消費量の増加の例をあげてみたい。

表Ⅳ-31は1人当り繊維消費量が比較的少なく、かつその増加が著しい発展途上国について1962～71年までの9年間における1人当り繊維消費量の推移を示したものである。

表Ⅳ-31 発展途上国の1人当り繊維消費量の推移

	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	(kg/y) Times (1971/1962)
Togo	0.7	1.1	2.3	2.1	2.5	2.6	2.6	1.7	2.0	2.2	3.1
Cameroon	1.3	1.1	1.6	1.3	1.4	2.0	1.9	2.2	2.7	3.0	2.3
Congo, People's Rep of	1.1	1.5	1.0	1.3	1.0	2.6	2.7	2.4	2.1	2.2	2.0
Equador	1.7	2.1	2.3	2.3	2.3	2.2	2.4	2.7	2.8	3.0	1.8
Central African Rep.	1.4	1.5	2.1	1.7	1.7	2.0	2.1	2.5	2.3	2.3	1.6
Thailand	1.8	1.8	2.3	2.5	2.8	3.0	2.6	2.6	2.8	2.9	1.6

Source: FAO

表Ⅳ-31によれば、トーゴの1人当り繊維消費量は1962年の0.7 kg/yから1971年には2.2 kg/yと3.1倍になっている。カメルーン、コンゴも1人当り繊維消費量の伸びは大きく、1962～71年の間にそれぞれ2.3倍、2.0倍になっている。

これらの国々は当初いずれも1人当り繊維消費量が少なくインドネシアにおいても、今後10年ぐらいの間に1人当り繊維消費量が2～3 kg/yに向って急激に増加していくことが十分予想される。

ここで、表Ⅳ-30から1981年の1人当りGNPを193 US\$/yとして1981年の1人当り繊維消費量を前述の回帰式によって求めると、2.44 kg/yとなる。1971年の1人当り繊維消費量は1.09 kg/yなので、この10年間に約2.2倍になることになる。

10年間に1人当り繊維消費量が2.2倍になるということは、かなり大幅な増加である。しかし、すでに述べたように1971年のインドネシアの1人当り繊維消費量は1.09 kg/yであり、発展途上国の中でもとくに低い水準にあること、また、前述のように過去にこのような大幅な伸びを示した国がいくつかあること、繊維産業も活発な状態であることからみて、このような消費

量の増加は十分可能であろう。

インドネシアは豊富な石油産出国で、工業化も急速に進みつつあり、今後著しい経済成長が予測されている。

これらのことを総合して考えれば、1981年の1人当り繊維消費量が2～3 kg/yになることは十分に予測できるところである。

そこで、1981年のインドネシアにおける総繊維需要量を表Ⅳ-32のように予測した。

表Ⅳ-32 インドネシアの1981年における総繊維需要量、1人当り繊維消費量

	Per Capita Textile Consumption (kg/y)	Total Textile Consumption (t/y)	Growth Rate (%/y)
Minimum	2.2	351,000	10.1
Medium	2.4	383,000	11.1
Maximum	2.7	420,000	12.1

Notes: 1. Population 157 10⁶ men
2. Per Capita GNP US\$193/y

Source: UNICO Estimate

4-2 国内合繊需要量

4-2-1 合 繊 化 率

インドネシアの今後の合繊化率を他国の合繊化率の推移をベースにした場合および今後の世界における天然繊維、再生繊維の需給関係をベースにした場合の2面から予測した。

(1) 他国の合繊化率からの予測

図Ⅳ-7は、インドネシアおよび同じ東南アジアに位置するフィリッピン、タイ、マレーシアについて合繊化率の推移をみたものである。

1967年では4か国とも合繊化率は10%前後であったが、フィリッピンは、インドネシア、タイ、マレーシアに比べて合繊化率の伸びが大きく、1971年には33%に達している。また、インドネシアの1971年の合繊化率は27%で、タイ、マレーシアより高くなっている。

ただ、インドネシアは合繊加工業が始まってから日が浅く、これのかなり進んでいるタイより合繊化率が高いのはやや納得しにくいところである。むしろ、タイより合繊化率が低くても当然のように思われる。インドネシアの1971年の合繊化率がタイより高くなった原因は前述したシンガポールからインドネシアへの繊維輸出量をシンガポールへの繊維（衣料品以外）輸入量をシンガポールからの繊維（衣料品以外）輸出量の差の70%と仮定したこと、およびこの場合に天然繊維、再生繊維、合繊いずれも一律に前述の70%としたことにあるかも知れない。

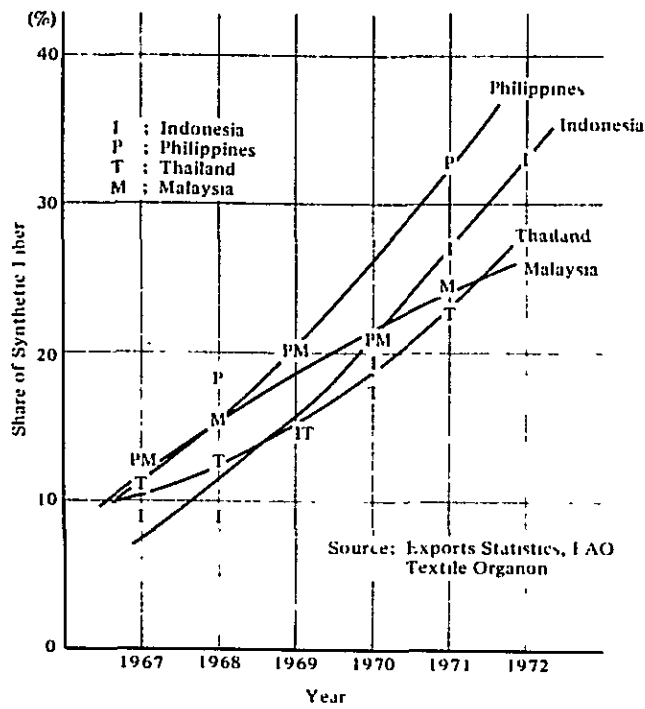


図 N-7 東南アジア諸国の合繊化率の推移

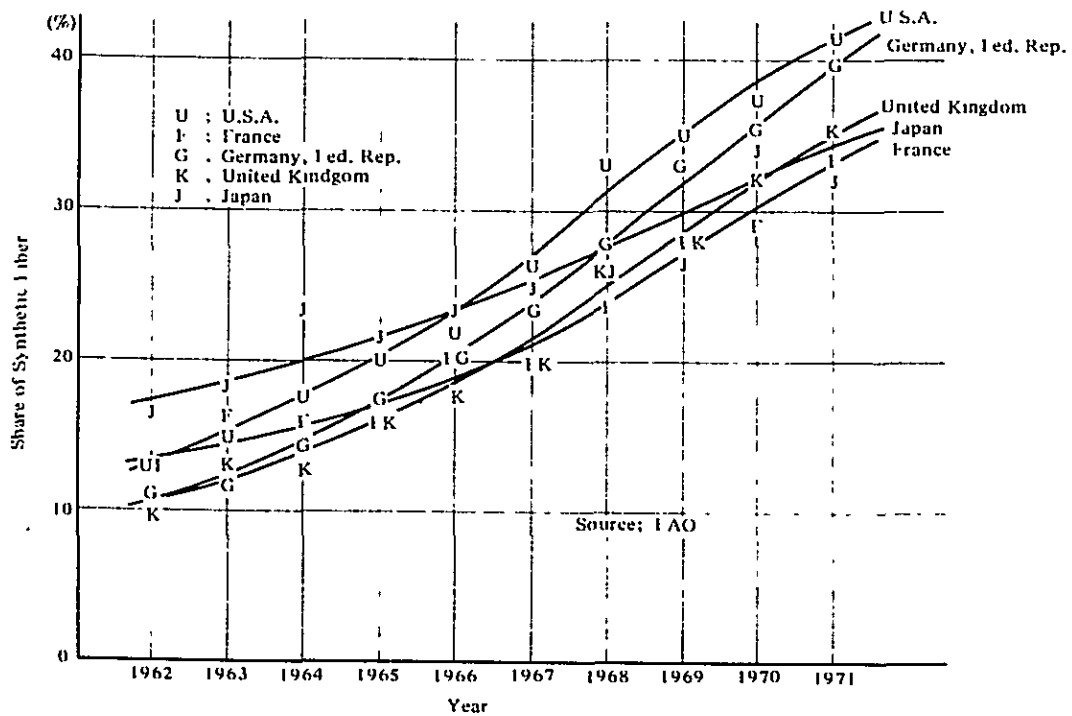
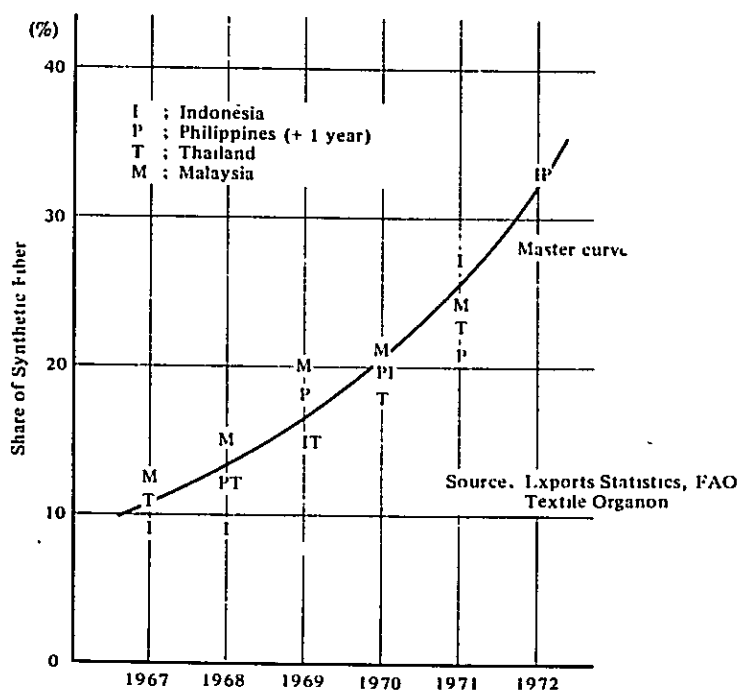


図 N-8 先進国の合繊化率の推移

一方、先進国について合繊化率の推移を示したのが図Ⅳ-8である。合繊化率は1962年の10～15%から1971年には35～40%程度に伸びており、まだ飽和の傾向はみられない。したがって、インドネシアにおいても今後さらに合繊化率は増大することが予想される。

さて、図Ⅳ-7のままでは1国のデータが少なく、今後のインドネシアにおける合繊化の動向を予測することは難しい。そこで4か国のデータをまとめて合繊化率の推移を示したのが図Ⅳ-9である。



図Ⅳ-9 合繊化率のマスター・カーブ

この場合、フィリピンは他国より合繊化率が高いので1970年の値を1971年の位置にプロットするというように1年ずつずらしてプロットした。この図ではほぼ明瞭な傾向をつかむことができるので、これをロジスティック曲線に近似させることにした。この場合、合繊化率の上限は前述した他国の実績、東南アジアの気象条件、さらに2-1で述べた世界的にみた繊維需要の予測データ等を考慮して40%とした。

なお、前回調査では合繊化率の上限を35%としたが、その後も先進国の合繊化率は増大して飽和に達する傾向がみられず、また、将来、天然繊維、再生繊維の需給関係がタイトになることがほぼ確実視されるに至ったため、ここではインドネシアの合繊化率の上限を40%と予測した。

回帰式は、

$$\log \left(\frac{y}{40-y} \times 10^3 \right) = -406.81 + 0.20807 x \quad (r=0.959)$$

ここで； y： Share of Synthetic Fiber (%)

x： Year (e. g., 1975)

である。これを図 N-10 に示す。

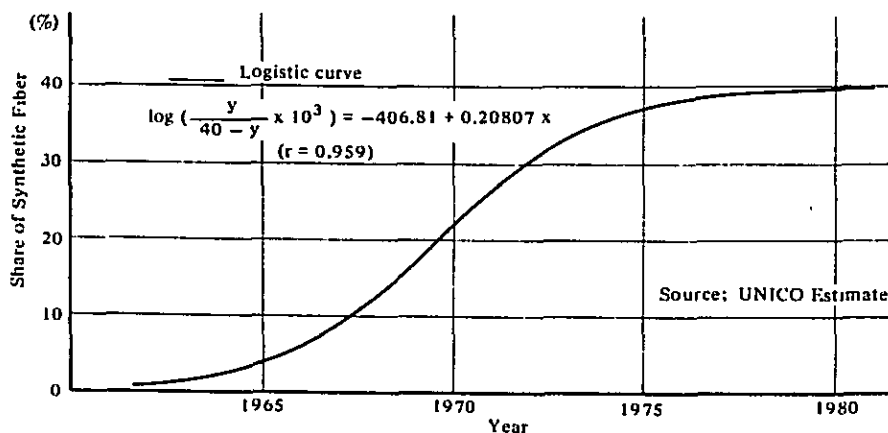


図 N-10 インドネシアの合繊化率のロジスティック曲線

上述の回帰式からインドネシアの 1981 年までの合繊化率を予測すると表 N-33 のようになる。

表 N-33 インドネシアの合繊化率の予測

	(%)										
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Share of Synthetic Fiber	27.0	30.4	33.5	35.7	37.2	38.2	38.9	39.3	39.6	39.8	40.0

Source: UNICO Estimate

すなわち、1976 年の合繊化率は 38.2 %、1981 年のそれは 40.0 %である。

(2) 天然・再生繊維からの予測

一国の合繊需要量を予測する場合、天然・再生繊維の需給関係を無視しては問題がある。

それは、合繊と天然・再生繊維とはある面で互換関係にあるからである。

そこで、インドネシアにおいて天然繊維需要のほとんどを占める木綿および再生繊維について、インドネシアで将来どの程度入手可能であるかを検討してみたい。

a) 木綿の入手可能性

1) 世界の今後の綿花需給

世界的にみて、今後、木綿の増産は見込みがうすいと一般にいられている。

表Ⅳ-34はInternational Cotton Advisory Committeeの「Cotton」、日本紡績協会の「日本紡績月報」などを参考にして主要綿産国、その他の国々について将来の綿花栽培面積を試算したものである。

これによると、1976年の栽培面積は1971年と同程度であり、1981年でも1971年に比べて伸びは5%程度と予測される。すなわち、今後、栽培面積の拡大はまず見込めそうにない。

表Ⅳ-34 世界各国の綿花栽培面積の予測

	(10 ³ ha)		
	1971	1976	1981
Mexico	494	450	450
U. S. A.	4,221	4,000	4,000
North, Central America ¹⁾	256	200	150
Brazil	2,606	2,500	3,000
South America ²⁾	891	1,100	1,300
Western Europe	259	150	50
Eastern Europe	65	50	50
U. S. S. R.	2,565	2,700	3,100
China, People's Rep. of	4,689	4,700	4,700
India	7,683	7,300	7,000
Pakistan ³⁾	1,845	2,000	2,200
Turkey	641	600	500
Asia ⁴⁾	1,040	1,100	1,200
Oceania	36	50	100
Egypt	659	650	650
Sudan	512	550	600
Africa ⁵⁾	3,414	4,000	4,500
World Total	31,967	32,100	33,550

Source: Cotton (ICAC),
Monthly Report of Japan Spinners' Association

- Notes: 1) Excluding Mexico, U.S. A.
 2) " Brazil
 3) Including Bangladesh
 4) " China, People's Rep. of, India, Pakistan, Turkey
 5) " Egypt, Sudan

綿花の単位面積当りの収量は今後の品種改良、かんがい技術の進歩などで向上するであろう。この収量の向上をFAOのProduction Yearbookのデータを用いて予測し、これと前述の栽培面積から将来の綿花生産量を予測したのが表N-35である。

一方、将来の1人当り綿花消費量を前述の図N-2のデータのトレンドで予測し、これとFAOの世界人口の予測値から今後の世界の綿花需要量を予測すると表N-36のようになる。

表 N-35 世界の綿花生産量の予測

	1971	1976	1981
Acreage (10 ³ ha)	31,967	32,100	33,550
Yield (ton/ha)	0.365	0.380	0.395
Production (10 ³ ton)	11,668	12,200	13,250

Source: FAO, Table IV-34

表 N-36 世界の綿花需要量の予測

	1971	1976	1981
Per Capita Consumption (kg/y)	3.14	3.01	2.88
Population (10 ⁶ men)	3,797	4,208	4,671
Consumption (10 ³ ton)	11,923	12,666	13,452

Source: Textile Organon,
FAO

表N-35, N-36から綿花の需給バランスをみると、1976年では470 10³ton
1981年では200 10³tonほど需要が供給を上回ることになる。

したがって、将来、綿花需給はタイトになり、綿花の輸入が容易にできるという状態ではなくなると思われる。

2) インドネシアにおける国産綿花の将来

現在、インドネシアでは東部ジャワ、Lombok島で綿花栽培が行なわれているが、まだ生産量はごくわずかである。

しかし、インドネシアには中部ジャワ、南スラウエシ、バリ島などにも綿花栽培に適する土地がかなりあるといわれ、綿花生産には相当の努力が払われている。

それでも Pola Pembangunan Industri Tekstil Repelita Tahap II のドラフトによれば第2次5か年計画内における綿花生産高は図N-11.のようで、計画最終年度(1978/1979)で約14 10³ tonである。これは1人当りの消費量になおすとわずか0.09 kg/yにすぎない。

したがって、インドネシアは当分の間綿花需要のほとんどを他国に依存しなければならず、今後大幅に消費量を増大させることは難しいであろう。

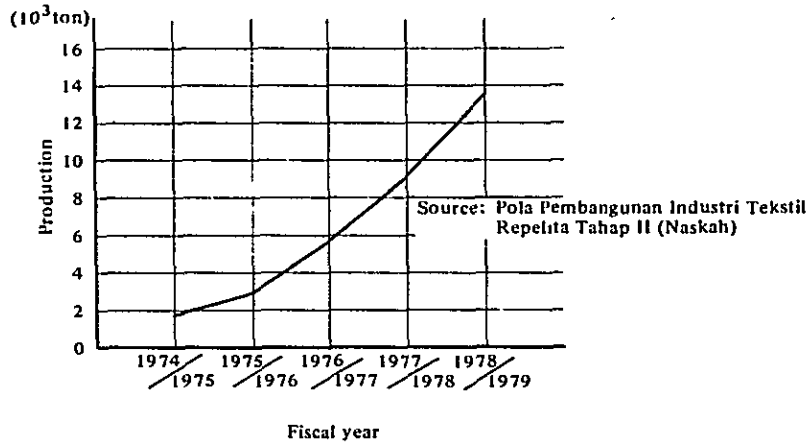


図 N-11 インドネシアの綿花生産計画

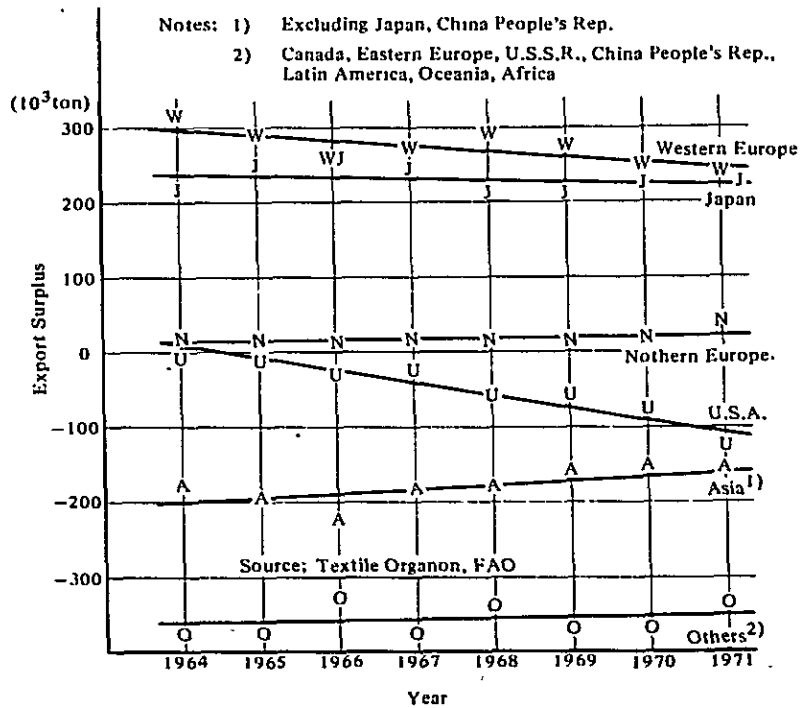


図 N-12 世界各国の再生繊維の輸出余力の推移

b) 再生繊維の入手可能性

世界的にみて、今後再生繊維が増産されることはまず難しいと考えられる。

それはすでに先進国では原木費の高騰・公害対策費の増大等から生産コストが上昇し、生産が減少しつつあり、他方、発展途上国では生産能力の拡張が行なわれているものの、大幅に増産されることは難しいのではないかと考えるからである。

図Ⅳ-12は再生繊維の主要生産国、およびその他の国々について再生繊維の生産と国内消費の差から輸出余力を求めたものである。

1971年において輸出余力の大きいのは西欧、日本だけである。しかし、西欧のケースはかなり急激に輸出余力が低下しつつあり、日本もわずかながら低下の傾向にある。

表Ⅳ-37は日本からの再生繊維の輸出を輸出先別に比率で示したものである。また、表Ⅳ-38は西欧からの輸出の場合である。

表Ⅳ-37 日本からの輸出先別再生繊維輸出比率

	(%)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Canada	1.1	1.3	0.9	0.6	0.4
U. S. A.	5.8	5.7	5.3	3.7	3.6
Western Europe	2.3	2.8	4.7	4.1	3.3
Northern Europe	0.9	0.7	0.9	0.6	0.1
Eastern Europe	0.6	1.3	3.0	4.7	3.8
U. S. S. R.	3.5	3.0	3.5	1.9	2.3
China, People's Rep. of	9.3	6.5	5.3	10.0	3.8
Asia 1)	53.9	60.7	61.3	56.2	64.9
Latin America	4.8	4.6	4.5	5.8	6.7
Oceania	3.5	3.6	3.4	3.0	3.1
Africa	14.3	9.8	7.2	9.4	8.0

Note: 1) Excluding Japan, China, People's Rep. of Source: Kasen Boeeki Nenpoo

表 N-38 西欧からの輸出先別再生繊維輸出比率

	(%)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Canada	0.7	1.0	1.1	1.5	1.0
U. S. A.	12.3	14.9	12.1	8.2	10.9
Northern Europe	5.3	5.2	4.7	4.1	2.8
Eastern Europe	13.2	16.9	22.1	24.8	21.0
U. S. S. R.	14.8	7.9	9.7	14.5	15.2
Japan	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1
China, People's Rep. of	11.2	7.7	4.7	2.0	9.3
Asia ¹⁾	15.7	16.3	14.7	15.9	17.2
Latin America	3.8	3.1	3.4	3.9	2.1
Oceania	3.5	2.4	2.6	3.5	2.7
Africa	19.2	24.4	24.7	21.4	17.7

Source: International Rayon and Synthetic
Fibres Committee

Note: 1) Excluding Japan, China, People's Rep. of

日本からの輸出は 60 %程度がアジアの国々向けであり、その比率はやや増加の傾向にある。西欧からの輸出は東欧、ソ連、アジア、アフリカを主体に各地に分散し、アジアへの輸出比率は 10 数%で若干比率が増加する傾向にある。

しかし前述したように、西欧、日本の輸出余力は減少しつつあり、今後インドネシアで再生繊維の消費量を大幅にふやすことは、国産化しないかぎり難しいといえよう。

現在、インドネシアではレーヨン製造について 2~3 社が進出を計画しているようである。しかし、操業開始時期は未定であり、ここ当分は国産レーヨンで国内需要量を充足するには至らないと考えられる。

c) 天然・再生繊維からみた合繊化率

表 N-39 は、世界の国々を先進国、共産圏、発展途上国に分類し、1人当りの木綿、再生繊維、総繊維の消費量の推移を示したものである。

発展途上国は木綿、再生繊維とも先進国、共産圏に比べて消費量が少ない。木綿の1人当り消費量についてみると、先進国では年と共に減少の傾向にあり、共産圏では若干増加の傾向、発展途上国では横ばいである。

一方、再生繊維では先進国がやや減少の傾向にあり、共産圏、発展途上国は横ばいである。

表 IV-39 世界の1人当り繊維消費量の推移

		(kg/y)							
		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Developed Countries	Cotton	6.6	6.6	6.8	6.6	6.3	6.3	6.1	6.1
	Regenerated	2.9	2.9	2.8	2.7	2.9	2.9	2.6	2.7
	Total Fibers	13.2	13.7	14.2	14.0	15.0	15.6	15.4	16.1
Centrally Planned Countries	Cotton	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.0	3.1	3.2
	Regenerated	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8
	Total Fibers	4.4	4.7	4.7	4.9	4.9	5.1	5.1	5.3
Developing Countries	Cotton	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9
	Regenerated	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Total Fibers	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8

Source: FAO

先進国は1人当り繊維消費量がすでに高水準にあり、かつ将来とも合繊化が進むと考えられるので、木綿、再生繊維の1人当り消費量は減少を続けるであろう。共産圏、発展途上国の中にはむしろ増加する国があると考えられる。

とくに発展途上国には今後大きな経済発展の期待される国も少なくなく、このような国では1人当り繊維消費量の増加が予想されるので、合繊消費量の増加とともに木綿、再生繊維の1人当り消費量も増加すると思われる。

さて、1971年におけるインドネシアの木綿、再生繊維の1人当り消費量はそれぞれ0.71 kg/y、0.09 kg/yである。

一方、1964～71年の間発展途上国の1人当り木綿消費量は2.0 kg/y、再生繊維は0.3 kg/yであり、インドネシアは発展途上国の平均より木綿で1.3 kg/y、再生繊維で0.2 kg/yだけ少ない。

しかし、インドネシアは今後大きな経済発展が見込まれ1人当り繊維消費量も1981年には2.4 kg/y程度に増加すると予測されるので、木綿、再生繊維は入手しにくい環境になると考えられるものの、衣料の多様化からこれら繊維の消費量は発展途上国の平均に漸次近づいていくと予測される。

4-2-2 素材別合繊需要比率

インドネシアにおける過去の素材別合繊消費比率はすでに表IV-24に示したが、この素材別合繊消費比率は既存の繊維加工設備等の影響を受けているはずである。したがって、インドネシアのデータをそのまま将来のインドネシアの素材別合繊需要比率を予測するベースにするのは問題であろう。

そこで、インドネシア、フィリッピン、タイ、マレーシアの4か国全体での1967～71年の素材別合繊消費比率を求め、これをベースにしてインドネシアの今後の素材別合繊需要比率を予測した。このように4か国全体の素材別合繊消費比率を用いたのは、前述のように国により素材別合繊消費比率は異なるものの、全体をまとめれば東南アジア特有の素材別合繊消費比率になっ

ていると考えられるからである。

この4か国全体の素材別合繊消費比率を表N-40に示す。各素材の比率はとくに大きな増減

表 N-40 4か国（インドネシア、フィリッピン、タイ、マレーシア）
全体の素材別合繊消費比率

	(%)				
	1967	1968	1969	1970	1971
Nylon SF	1.0	0.4	1.1	0.5	0.2
Nylon FY	36.2	40.5	41.1	35.9	32.5
Polyester SF	44.6	39.5	40.3	45.9	46.5
Polyester FY	11.5	12.1	10.7	12.5	14.2
Acrylic SF	6.7	7.5	6.8	5.2	6.6
Share of SF	52.3	47.4	48.2	51.6	53.3

Source: Exports Statistics, Textile Organon

がなく、ほぼなめらかに推移している。1970、71年の平均を1971年の素材別比率とすると、ナイロンFY（SFを含む）34.5%、ポリエステルSF 46.2%、ポリエステルFY 13.4%、アクリルSF 5.9%となり、インドネシア1国の場合とほとんど変わらない。

ここで、表N-40のデータを用いて一次回帰式により1981年の素材別合繊需要比率を試算すると、ナイロンFY 21.6%、ポリエステルSF 55.5%、ポリエステルFY 19.3%、アクリルSF 3.6%となる。すなわち、試算結果ではナイロンFY、アクリルSFの比率が減少し、ポリエステルSF、ポリエステルFYの比率が増加することになる。ポリエステルの需要増加は世界的傾向である。

今までインドネシアには合繊原糸・原綿の生産がなく、また合繊の加工設備も少ないため合繊は紡績糸、布での輸入が多かった。したがってインドネシアの過去における素材別合繊消費比率は必ずしも消費者の好みが十分反映されたものとは思われない。

しかし、現在、インドネシアには後述するように合繊原糸・原綿の製造に関する企業化申請が相次いでおり、対象品種もナイロンFY、ポリエステルSF、ポリエステルFYにわたっている。また、合繊の加工設備も急速に拡充されつつある。

このような状況から考えると、近い将来、インドネシアでは消費者が好みに合う合繊製品をかなり自由に選択できるようになると思われる。したがって、将来の素材別合繊需要比率は前述の試算結果とは異なったものになるだろう。

そこで、以下に各素材について将来のインドネシアにおける需要動向を検討してみる。

ナイロンFYはポリエステルFYに比べると発色性の面で優れ、比較的原色に近い色彩が好まれる東南アジアの衣料には向いている。しかし、欧米では衣料用としてすでにポリエステルFY

がナイロンFYを凌駕しており、インドネシアでも合繊FYの需要量がある程度ふえた段階では衣料の多様化からポリエステルFYの需要がふえ、ナイロンFYの需要量を凌駕することが予想される。このことは、1972年にポリエステルFYの輸入量が急増したことからもうかがえよう。

ポリエステルSFはすでにインドネシア国民の間にかなり浸透し、また、消費比率も飽和に達した観がある。したがって、将来とも現状の比率で推移するとみてさしつかえないと思われる。

アクリルSFの消費量は現在わずかであり、その用途からみてインドネシアで今後需要が大幅に伸びるとは考えられない。しかし、インドネシアでも地域によってはアクリルの衣料が充分使用できるところもあり、また、発色性のよさは1つのメリットであろう。したがって、現状程度の比率は将来とも維持されると思われる。

以上の検討から、1981年までのインドネシアの素材別合繊需要比率を表Ⅳ-41のように予測した。

表Ⅳ-41 インドネシアの素材別合繊需要比率の予測

	(%)										
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Nylon FY	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
Polyester SF	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
" FY	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Acrylic SF	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Source, UNICO Estimate

4-2-3 素材別国内合繊需要量

以上の検討結果より、インドネシアにおける素材別国内合繊需要量を総繊維需要量の伸び率が11.1%/yの場合について、表Ⅳ-33に示した合繊化率、表Ⅳ-41に示した素材別合繊需要比率をもとに予測すると表Ⅳ-42のようになる。すなわち、1981年の国内総合繊需要量は

表Ⅳ-42 インドネシアの素材別合繊需要量の予測

	(10 ³ ton)										
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Nylon FY	12.0	14.6	17.3	19.8	22.1	24.3	26.5	28.7	30.8	33.0	35.3
Polyester SF	17.2	21.5	26.2	31.0	35.8	40.9	46.2	51.8	57.9	64.6	72.0
Polyester FY	5.1	6.8	8.9	11.2	13.7	16.8	19.6	23.1	27.1	31.6	36.8
Acrylic SF	2.2	2.7	3.3	3.9	4.6	5.2	5.9	6.6	7.4	8.2	9.2
Total	36.5	45.6	55.7	65.9	76.2	86.9	98.2	110.7	124.4	137.4	153.3

Source UNICO Estimate

153 10³ t/y である。

これを素材別にみると、ナイロンFYが35 10³ t/y、ポリエステルSFが72 10³ t/y、ポリエステルFYが37 10³ t/y、アクリルSFが9 10³ t/yである。なお、1971～81年における年平均伸び率は国内総合繊維需要量が15.4%、ナイロンFYが11.4%、ポリエステルSFが15.4%、ポリエステルFYが21.9%、アクリルSFが15.4%で、ポリエステルFYの伸びがとくに大きい。

これは2-2で述べた世界の素材別合繊生産量の伸びと同様の傾向である。

前回調査との比較

前回調査では1980年の総繊維需要量を次のように予測した。

上限	407 (10 ³ t/y)	(全繊維の伸び率 13 %/y)
中心	373 (")	(" 12 %/y)
下限	341 (")	(" 11 %/y)

今回の調査による1980年の総繊維需要量は前述の表N-32から345 10³ t/yと予測され、前回調査の下限値に等しい。

また、前回調査による1980年の素材別繊維需要比率の予測結果は表N-43のようであり、合繊化率は35.0%である。

今回は表N-33に示したように1980年の合繊化率をほぼ40%と予測した。

この理由は4-2-1(1)に述べた通りである。

表 N-43 前回調査によるインドネシアの素材別繊維需要比率(1980年)

	Ratio (%)	
Cotton	59.4	
Nylon FY	9.2	} 26.3
Polyester SF	16.6	
Polyester FY	6.6	
Acrylic SF	1.2	
Others	1.4	
Regenerated SF	4.9	} 5.6
Regenerated FY	0.7	
Total	100.0	

Source: The Republic of Indonesia, Survey Report on Synthetic and Rayon Fiber Industry Development (OTCA, Feb. 1973)

なお、前回調査による素材別合繊需要比率は表Ⅳ-43から、ポリエステルSFが47%で最も大きく、ナイロンFY 26%、ポリエステルFY 19%、"その他" 4%、アクリルSF 3%の順である。ポリエステルのシェアの増加は世界的傾向である。今回調査では、表Ⅳ-41に示したようにポリエステルSFが47%で最も大きく、ナイロンFY 24%、ポリエステルFY 23%、アクリルSF 6%の順である。すなわち、今回はポリエステルFYの需要比率を前回調査に比べて大きく予測したわけであり、これは前述したように今回の予測にはこの1年間における世界の今後の素材別合繊需要比率に対する見通しの変化およびインドネシアへのポリエステルFYの輸入急増などを反映させたためである。

4-2-4 現地調査による知見

今回の現地調査ではスケジュールに、インドネシアの5大繊維市場といわれるJakarta, Bandung, Solo, Semarang, Surabayaの訪問を組み込んだ。

回教徒の正月から間がないため、いずれの市場も買手は少なくやや閑散としていたが、商店の品物は豊富である。また、商店はかなり専門店化している。

なお、織物、既製品、手編糸にはかなり輸入品がみられる。

インドネシアの消費者の多くはすでに合繊製品のメリットを知っているようである。しかし、現時点では合繊製品の価格は綿製品に比べて高く、思うようには購入できない状態にある。事実、インドネシアでは現在の消費者の繊維製品購入の第1要因として価格をあげる人が多く、P.N. Sandangの本社でも同様の意見であった。

また、同程度の製品について輸入品と国産品の価格を比べると、一般に輸入品が高い。

このような状況にもかかわらず、すでに合繊製品はかなり用いられており、とくにT/C製のシャツがよく普及している。

従来、インドネシアでは合繊製品としてポリエステルSF、ナイロンFY製のものが主に用いられて来た。最近、ポリエステルFY製のものが伸びている。

今後、繊維消費量の増加に伴って、衣料は多様化するであろう。この衣料の多様化に際してポリエステル加工糸は適当な素材と思われる。

現在、インドネシアでは仮ヨリ加工機が約150台あるといわれ、ポリエステル、ナイロン合わせて約5 10³ t/yの加工糸生産が可能である。

この他にも、かなりの仮ヨリ加工機の新設計画があるといわれる。したがって、近い将来ポリエステル加工糸使用の編織物は急激にふえると予想される。

アクリルは手編糸、毛布、セーターなどに多いが、製品は他素材のものに比べて少ない。

Bandungのホテルではアクリル製毛布が使われていたが、熱帯といえども高地では使用感がよい。しかし、素材的にみて、インドネシア全体でみると、今後もそう大きく伸びるとは考えられない。

以上の知見から、インドネシアにおける将来の合繊需要について素材別比率を推定するならば、

ポリエステルSF, アクリルSFは現状と同程度の比率で推移するものの, ポリエステルFYが大きく伸びてナイロンFYと肩を並べるようになると考えられる。これは4-2-2で述べた予測結果とも一致する。

4-3 合繊原糸・原綿生産可能量

ある国における原糸・原綿の生産可能量は原糸・原綿を加工する設備能力と原糸・原綿をどれだけ輸出できるかによって決ってくる。すなわち次のようになる。

$$\text{原糸・原綿生産可能量} = \text{原糸・原綿加工量} + \text{原糸・原綿輸出量}$$

4-3-1. 合繊原糸・原綿加工量

(1) これまでの合繊原糸・原綿加工能力に関する調査

図N-13, N-14は, インドネシアの1967~72年における形態別合繊消費量をSF, FY系に分けてグラフ化したものである。

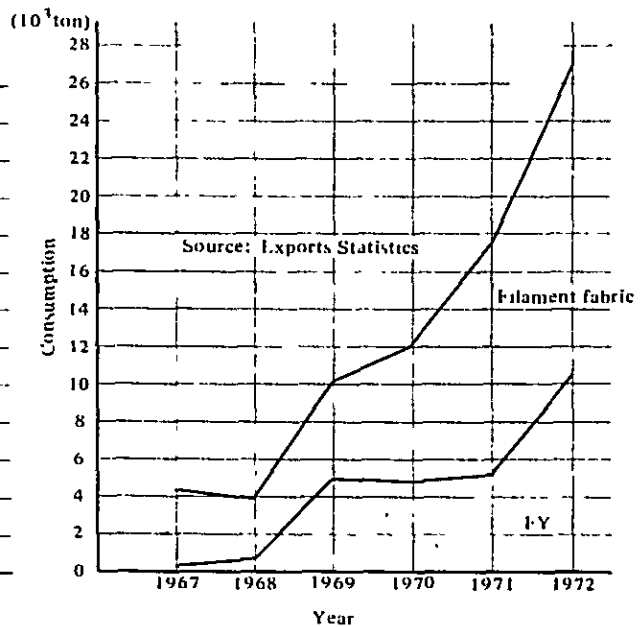
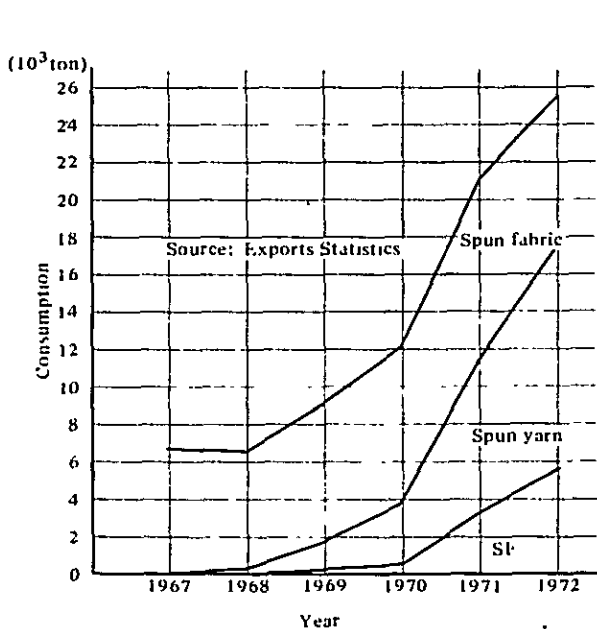


図 N-13 インドネシアの合繊SF形態別消費量の推移

図 N-14 インドネシアの合繊FY形態別消費量の推移

SF系では原綿, 紡績糸での消費の伸びが著しく, 布での消費はほぼ横ばいになっており, 紡績, 製布能力の拡充が急速に進んでいることがわかる。

一方, FY系では1969~71年まで原糸での消費は停滞していたが, 1972年には大幅に伸びている。なお, 布での消費はSF系の場合と異なり, まだ増加を続けている。

すなわち, FY系では製布能力が1972年ぐらいから大幅に拡充され出したきざしがみえ

るが、なおF Y系合繊消費量を充足するに必要な能力の1/2にも達していない。

ここで、S F系の紡績能力および製布能力、およびF Y系の製布能力について、それぞれS FあるいはF Y系合繊消費量に対する比（以下、紡績能力比、S F系製布能力比、F Y系製布能力比という）を求めると表N-44のようになる。

表 N-44 インドネシアの紡績・製布能力比

	1967	1968	1969	1970	1971	1972
A	0	0.01	0.03	0.05	0.16	0.22
B	0	0.05	0.19	0.32	0.54	0.68
C	0.05	0.17	0.49	0.41	0.30	0.39

Source: Exports Statistics

Notes: A: $\frac{\text{Spinning capacity of synthetic fiber}}{\text{Synthetic SF consumption amount}}$

B: $\frac{\text{Production capacity of synthetic spun fabric}}{\text{Synthetic SF consumption amount}}$

C: $\frac{\text{Production capacity of synthetic filament fabric}}{\text{Synthetic FY consumption amount}}$

インドネシアの場合、S F系製布能力比が最も大きいですが、それでも0.68である。紡績能力比、F Y系製布能力比はこれよりはるかに小さい。

(2) 合繊原糸・原綿加工能力の予測

インドネシアは合繊加工が始まってから未だ日が浅く、したがって表N-44に示したデータだけでは将来の合繊原糸・原綿加工能力を予測することはできない。

そこで同じ東南アジアでインドネシアより繊維産業の進んでいるフィリッピン、タイ、および繊維産業にはとくに力を入れ、すでに繊維加工品の輸出がかなりある台湾の場合について、各加工能力比の推移を求め、これらを予測のベースに用いることにした。それはインドネシアでも繊維産業には重点がおかれ、繊維加工設備の新設はまさにラッシュの観があり、今後インドネシアはこれらの国と同様な経過をたどることが十分に予想されるからである。これらを表N-45、表N-46に示す。

1971年にはフィリッピン、タイとも紡績能力比、S F系製布能力比は0.8～0.9程度であり、紡績能力比とS F系製布能力比との差は小さい。なお、F Y系製布能力比はS F系のそれよりやや小さい。

台湾の場合はすでに1965年において紡績能力比、S F系製布能力比は1.0をこえており、これ以後も各能力比は増大を続けている。F Y系製布能力比はS F系のそれよりやや遅れて

表 N-45 フィリッピン、タイの紡績・製布能力比

		1967	1968	1969	1970	1971
Philippines	A	0.51	0.69	0.66	0.73	0.85
	B	0.63	0.87	0.80	0.76	0.90
	C	0.48	0.61	0.61	0.64	0.82
Thailand	A	0.20	0.23	0.44	0.64	0.82
	B	0.36	0.45	0.69	0.81	0.94
	C	0.25	0.27	0.47	0.50	0.72

Source: Exports Statistics, Textile Organon

Note: A, B, C: See Table IV-44

表 N-46 台湾の紡績・製布能力比

	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
A	0.94	1.02	0.98	1.04	1.20	1.23	1.44	1.60	1.96
B	0.94	1.01	0.95	1.01	1.18	1.24	1.51	1.60	1.70
C	0.93	0.93	0.91	0.91	1.13	1.23	1.45	1.65	1.83

Note: A, B, C: See Table IV-44

Source: The Trade of China,
Textile Organon

1966年で1.0を越えている。なお、1970年ではFY系製布能力比はSF系製布能力比より大きくなっている。

これらのデータをまとめ、各加工能力ごとにインドネシア以外の国については加工能力比の大きさにもとづき横軸を移動させると図N-15~N-17のようになる。

これらの図によれば、インドネシアの加工能力が国内合繊需要量を充足する(加工能力比が1.0になる)年はそれぞれ紡績1982年、SF系製布1977年、FY系製布1979年になる。

現在、インドネシアでは製布能力に比べ紡績能力が小さい。しかし、最近、とくに紡績能力の拡充に力が注がれており、今後、このアンバランスは漸次解消されていくと考えられる。したがって、1980年頃には、紡績能力がSF系能力に追いつき、紡績糸の輸入がなくなるようになる予想される。そこで、上述の結果を考慮に入れて紡績能力比は1981年にはSF系製布能力比に追いつくと仮定した。すなわち、紡績能力比は1976年以後、図N-15に記入した点線(1981年の紡績能力比を1981年のSF系製布能力比と同一にしている)にもとづき拡充されると仮定した。

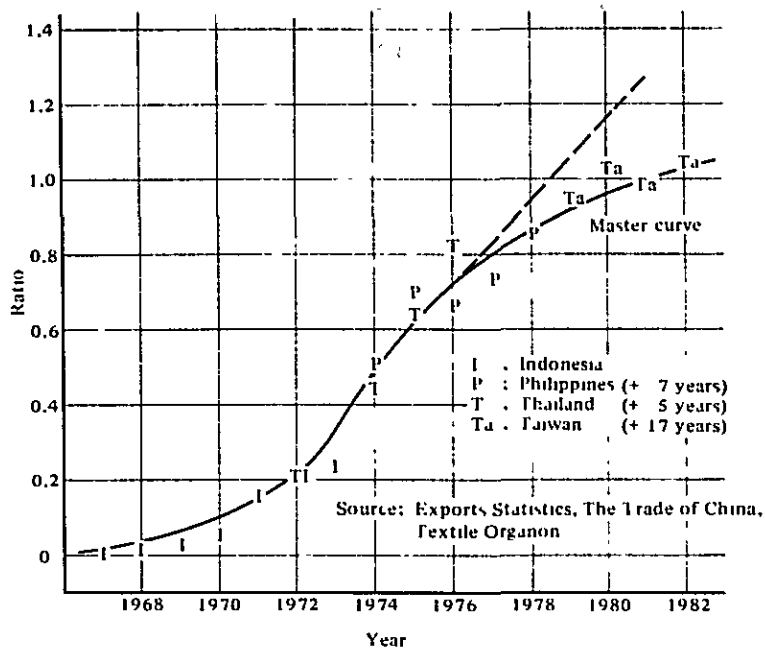


図 N-15 インドネシアの紡績能力比

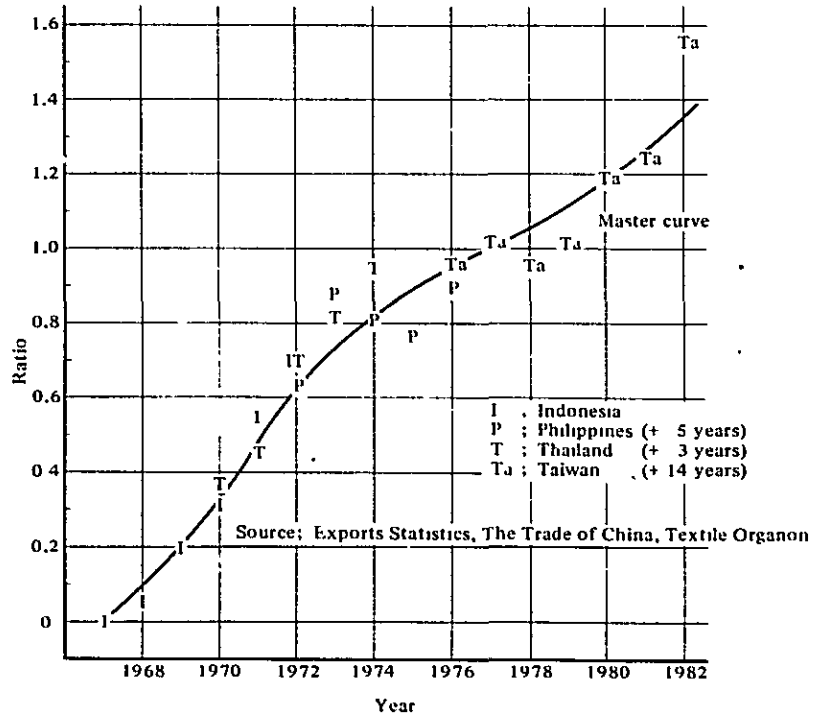


図 N-16 インドネシアのSF系製布能力比

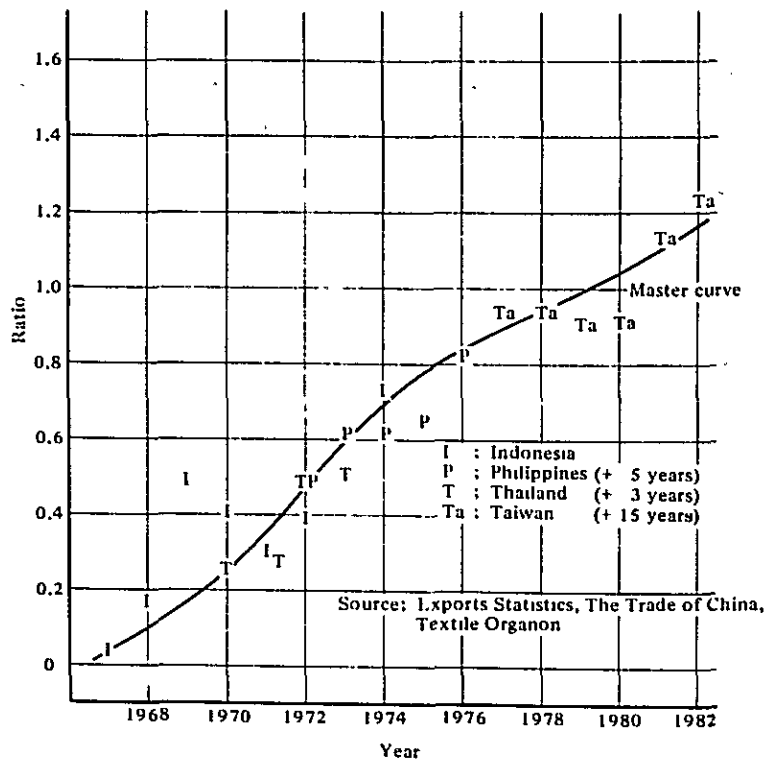


図 N-17 インドネシアのFY系製布能力比

上述にもとづき、インドネシアの各加工能力比の推移を予測すると、表N-47のようになる。すなわち、国内合繊需要は、スパン布の場合1979年から、フィラメント布の場合1980年から全量が国産品でまかなわれると予測される（ここで、国産品とは紡績、製布とも国内で行なわれたものをいう）。

前述したように、フィリッピン、タイでは、すでに1971年において国内合繊需要量の80%程度が国産品でまかなわれ、また台湾では1966年において全量が国産品でまかなわれている。現在、インドネシアでは、繊維加工企業の設備拡張はラッシュの観があり、また第2次5か年計画では衣料のより以上の充足を重点目標にかかげているので、インドネシアの加工能力比が将来ともこれらの国々より低いことは考えられず、したがってインドネシアの加工能力比が今後表N-47に示した推移をたどることは十分予測される。

表 N-47 インドネシアの紡績・製布能力比の予測

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
A	0.16	0.20	0.33	0.48	0.61	0.72	0.83	0.94	1.05	1.16	1.27
B	0.54	0.61	0.73	0.82	0.89	0.95	1.00	1.05	1.12	1.18	1.27
C	0.30	0.45	0.60	0.70	0.77	0.84	0.89	0.94	0.99	1.04	1.10

Note: A, B, C: See Table IV-44

Source: UNICO Estimate

前回調査との比較

前回調査では合繊原糸・原綿加工量を1976～77年以降国内需要量の50%程度と予測したが、今回は、1976～77年で70～80%、1980年で100%と予測した。理由は前述したとおりで、今回の予測の方が妥当と考える。

(3) 現地調査による知見

今回の調査では、I T Tを含めて11の紡績工場、2つの仮ヨリ工場、3つの織物工場、1つの編物工場および5つの染色仕上工場を訪問した。訪問工場の概要を表N-48に示す。

a) 紡績設備

インドネシアの紡績企業は中央政府、州政府、民族資本あるいは合併のいずれかによって運営されている。

現在、国営紡は表N-49に示すように9工場を有し242³ 錘あり、Patal Banjaran, Cipadung, Secang, Grati でT/C, T/Rが紡績されている。この生産量は1972年において3.3³ tonに達し、紡出品種もかなりバラエティに富んでいる。国営紡本社の計画によれば、さらに80³ 錘の増設が行なわれ、1976年には322³ 錘になるはずである。

国営紡本社は今後木綿の供給には限度があるとみており、紡績設備を漸次合繊紡用に転換させつつある。表N-50に1976年までの国営紡における素材別紡出計画の比率を示す。1972年における国営紡の全生産量は約24³ tonであり、1976年には紡績設備が1972年の242³ 錘から322³ 錘に増加するはずなので、これをもとに1976年における国営紡のポリエステルSF消費量を試算すると7³ tonになる。これ以後の計画については不明であるが、ポリエステルSFの紡出量はさらに増大することが十分予想される。

州営紡には表N-51に示すように現在、3工場があり、設備錘数は128³ 錘である。このうち、PPK CilacapがT/Cを紡出しその生産量は730 t/yである。この他、Texinではアクリル紡績糸を12.5 t/monthずつ生産している。

現在、州営紡本社では15³ 錘の増設を考えており、1975年には143³ 錘になるはずである。

この増設分は1部合繊紡績にもあてられることになっており、1975年には現在より多量の合繊が州営紡で紡績されるはずである。

一方、日系合併会社の紡績設備は計画分も含めて表N-52のようである。これらの設備は1975年半ばにはほぼ稼働するとみられる。

ここで、表N-52に示したT/C, T/R, Ac¹⁰⁰ 紡績の能力をそれぞれ年間1錘当たり0.08 t, 0.14 t, 0.24 tとすれば、生産量はT/C紡績糸11.83³ t/y, T/R紡績糸7.14³ t/y, アクリル紡績糸2.88³ t/yになる。T/C, T/R紡績糸

表 IV-48 訪問工場の概要

Mill Name	Location	Equipment				Dyeing & Finishing	Yarn (t/d)	Production	
		Spinning	Weaving	Knitting	Fabric (m/d)			Fabric (m/d)	
Patal Bekasi	Bekasi	30,240				C ¹⁰⁰ 21/1, 42/1		6.3	
Patal Cipadung	Bandung	30,132				C ¹⁰⁰ 20/1, 42/1, T/C 40/1		7.1	
Patal Banjarn	"	30,784				C ¹⁰⁰ 20/1, 30/1, T/C 20/1, 40/1, 40/2, 44/1, T/R 40/1		8.9	
Patal Secang	Magelang	30,132				C ¹⁰⁰ 20/1, 30/1, 42/1, T/R 20/1, 40/1, 40/2		8.3	
Patal Grati	Pasuruan	30,132				C ¹⁰⁰ 30/1, T/R 20/1, 40/1, 40/2, 44/1		9.0	
Pabrik Tekstil Senayan Jakarta	Jakarta	30,000	520		2 sets	C ¹⁰⁰ 16/1, 20/1, 30/1		12.6	C ¹⁰⁰ , T/C, T/R
P.P.K. Jantra	Semarang	31,140				C ¹⁰⁰ 1/1, 20/1, 32/1, 40/1		9.1	
P.P.K. Cilacap	Cilacap	60,000			Yarn dyeing	C ¹⁰⁰ 12/1, 20/1, 32/1, 42/1, T/C 45		18.9	
I.T.T.	Bandung	8,000			3	C ¹⁰⁰ Ave. 30/1		2.2	
Primissima	Yogyakarta	9,072	180			C ¹⁰⁰ 50/1, 60/1		1.1	C ¹⁰⁰
Dasatex	Bandung	15,000				C ¹⁰⁰ Ave. 20/1		8.0	
Naintex	"	False twisting 640				T ¹⁰⁰		7	T/R, T ¹⁰⁰
C.V. Langsung	"				2 sets				
					Raschel 27 Circular 5				N ¹⁰⁰ , T ¹⁰⁰ , R ¹⁰⁰
Texfiber	Jatiluhur	False twisting 1,920			1 set				
					Yarn dyeing			4.0	

表 N-49 国営紡の紡績設備の概要

Mill Name	Capacity(spindle)	Production (t/y)	Yarn	Expansion Plan
Pabrik Tekstil Senayan	30,000	3,774	C ¹⁰⁰	30,000 spindles are planned to be installed in 1975
Patal Banjaran	30,784	3,327	C ¹⁰⁰ , T/C, T/R	30,000 spindles are planned to be installed in 1974
Patal Cipadung	30,132	2,378	C ¹⁰⁰ , T/C	
Patal Secang	30,132	3,023	C ¹⁰⁰ , T/R	
Patal Grati	30,132	3,042	C ¹⁰⁰ , T/R	
Patal Lawang	15,200	2,090	C ¹⁰⁰	20,000 spindles are planned to be installed in 1976
Patal Tohpati	15,200	2,060	C ¹⁰⁰ , R ¹⁰⁰	
Patal Bekasi	30,240	1,667	C ¹⁰⁰	
Patal Palembang	30,384	2,120	C ¹⁰⁰	
Total	242,204	23,481		

Source: P.N. Sandang

表 N-50 国営紡の素材別紡出計画

	(%)					
	1971 ¹⁾	1972 ¹⁾	1973	1974	1975	1976
Cotton	96.25	87.41	79.32	71.73	68.28	73.11
Rayon SF	0.93	3.55	6.10	6.11	5.42	4.60
Polyester SF	2.82	9.00	14.58	22.16	26.30	22.29
Acrylic SF	-	0.04	-	-	-	-

Note: 1) Actual

Source: P.N. Sandang

表 N-51 州営紡の紡績設備の概要

Mill Name	Capacity(spindle)	Production (t/y)	Yarn	Expansion Plan
P.P.K. Cilacap	60,000	7,530	C ¹⁰⁰ , T/C	
Texin	37,072	4,400	C ¹⁰⁰ , AC ¹⁰⁰	
P.P.K. Jantira	31,140	4,040	C ¹⁰⁰	15,000 spindles are planned to be installed in 1975
Total	128,212	15,970		

Source: Pinda Sandang

表 N-52 日系合併会社の紡績設備の概要

Name	Capacity (spindle)	Yarn
BELL・A・BELL TEXTILE	20,000	T/C
P. T. UNITEX	15,500	"
P. T. CENTEX	21,600	"
P. T. K. T. S. M.	20,368	"
P. T. EASTERNTX	20,000	"
Mermaid Textile Industry Inc.	13,500	"
P. T. K. M. T. I.	36,900	"
SOUTHERN CROSS	30,000	T/R
ISTEM	21,000	"
Sub-Total	198,868	
PT INDONESIA ASAHI CHEMICAL INDUSTRIES	5,000	AC ¹⁰⁰
P. T. ACTEM	2,000	"
(MITSUBISHI)	5,000	"
Total	210,868	

Note: Including plan

Source: Nihon Kasen Kyokai (Japan Chemical Fibers Association), Newspaper

のポリエステルSFの混紡率を65%とすれば、ポリエステルSFの消費量は 12.65×10^3 t/yとなる。

また、今回訪問した民族資本のNaintexは今まで織布、染色仕上げが専門の会社であったが合繊紡(T/Cが主体と考えられる)用に 35×10^3 錠の新設を計画しており、100%外資のDasatexは合繊紡(T/Cが主体と考えられる)用として 5×10^3 錠の増設計画をもっている。この他にも数多くの計画があるであろう。

このようにみてくると、1976年頃には、ポリエステルSFの消費量は 30×10^3 ton程度、アクリルSFの消費量は 4×10^3 ton程度にはなるものと予測される。この時点でのポリエステルSFの国内需要量は約 40×10^3 ton、アクリルSFのそれは約 5×10^3 tonであり、国内需要量のそれぞれ75, 80%が国内で紡績されうることになる。

b) 製布設備

インドネシアの製織、編成はほとんどが民間企業にゆだねられ、国営紡、州営紡にはわ

ずかの織機があるだけである。民間企業の動向はつかみがたい面が多く、したがってこれら設備能力の推移を予測することは難しい。

現在、インドネシア政府には製織、編成についてかなり多くの新設、増設申請が出されているようで、織機は約 40×10^3 台、編機は各種合わせて 2.5×10^3 台程度といわれる。これらのうち、ほとんどは合織用であろう。

今日訪問した Naintex では詳細はかたまっていないものの合織用製織設備の拡張プランを持っていた。また、C V Langsung でも合織加工用に、多数の編機をもつ新工場を建設中である。

したがって、上述の新設、増設申請のかなりの部分が具体化すると考えてもよいであろう。これから3年先の1976年に申請の半分が実際に稼動し始めるとし、織機1台当りの生産高を 2 t/y 、編機1台当りのそれを 20 t/y とすれば、生産高は織機、編機合わせて $65 \times 10^3 \text{ t/y}$ になる。この生産高のうち半量が紡績糸使いとし、紡績糸は T/C、T/R が主体なのでその $2/3$ が合織と仮定すると、合織消費量は約 $54 \times 10^3 \text{ t/y}$ になる。

表 IV-20 に示したようにすでに1972年に合織の原糸・原綿、紡績糸での消費量は $28 \times 10^3 \text{ ton}$ に達している。これに上記 $54 \times 10^3 \text{ t/y}$ を加えると1976年頃の製織、編成加工量は $82 \times 10^3 \text{ t/y}$ になる。

この時点におけるインドネシアの国内合織需要量は約 $87 \times 10^3 \text{ t/y}$ と予測されるので、国内需要量の94%が布に加工されうることになる。

なお、参考までに国営紡、州営紡の製織設備、日系合併会社の製織設備（スパン関係のみ、計画分を含む）を表 IV-53、IV-54 に示す。

表 IV-53 国営紡、州営紡の製織設備の概要

Mill Name	Capacity (No.)	Production (10^3 m/y)	Fabric
Pabrik Tekstil Senayan	N 320	6,726	C ¹⁰⁰ , T/C
	W 200	4,029	T/R
Patun Madurateks	N 24	1,168	C ¹⁰⁰
	W 144	2,810	C ¹⁰⁰
Patun Makateks	N 12	923	C ¹⁰⁰
	W 48		
Sub-Total	748	15,656	
Texin	N 1,031	27,000	C ¹⁰⁰ , T/C
	W 233		
Kuriatex	N 143	3,650	C ¹⁰⁰ , T/C
	W 53		
Inpitex	N 191	4,800	C ¹⁰⁰ , T/C
	W 30		
Sub-Total	1,681	35,450	
Total	2,429	51,106	

Note: 1. N: Narrow loom
W: Wide loom

Source: P.N. Sandang, Pinda Sandang

表 IV-54 日系合併会社のスパン製織設備の概要

Name	Capacity (No.)	Fabric
BELL・A・BELL TEXTILE	700	T/C
P. T. UNITEX	400	" , C100
P. T. CENTEX	580	T/C
P. T. K. T. S. M.	600	"
P. T. EASTERNTEX	500	"
P. T. K. M. T. I.	1,000 ?	"
Mermaid Textile Industry Inc.	504	"
SOUTHERN CROSS	200	T/R
ISTEM	200	"
Total	4,684	

Note: Including plan

Source: Nihon Kasen Kyokai (Japan Chemical Fibers Association), Newspaper

(4) 合繊原糸・原綿加工量

以上に検討したように、1976年における合繊加工能力の予測値は過去のデータにもとづくものと現地調査によるものとで大きな差はない。

そこで表IV-42、IV-47に示したデータを用いて1981年までの素材別の合繊加工量を予測した。これを表IV-55に示す。

インドネシアでは雇用機会の増大、所得配分の公平化のため中小企業の振興が必要であり、第2次5か年計画にもこれがもり込まれている。したがって、今後、繊維加工の分野にもかなりの数の中小企業の進出が予想され、その結果、表IV-55に示した合繊加工量は更に増大すると考えられる。現に、日本でも繊維加工の分野には数多くの中小企業が存在し、大きな成果を上げている。日本には中小企業の振興に関する豊富な知見、実績があり、これらはインドネシアの中小企業振興に大いに役立つと考えられる。なお、この表IV-55では、国内需要量をオーバーする原糸・原綿加工量は加工品輸出として表示してある。また、ポリエステルSF、アクリルSFの加工量は紡績能力にもとづいて算出してある。これはSFの場合、紡績→製布という加工工程を通すが、インドネシアの場合、表IV-47に示すように1981年までは紡績工程の能力が製布工程の能力より小さいと予測されるからである。

いま、各素材をまとめた加工品輸出量、およびこれの総加工量に対する比率を求めると、1979年 3.3×10^3 tonで2.6%、1980年 14.2×10^3 tonで9.4%、1981年 29.1×10^3 tonで16.0%となる。

表 IV-55 インドネシアの素材別合繊加工量の予測

		(10 ³ ton)										
		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Nylon FY	Domestic Demand	3.6	6.6	10.4	13.9	17.1	20.5	23.6	27.0	30.5	33.0	35.3
	Export of Processed Goods	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	3.5
	Total	3.6	6.6	10.4	13.9	17.1	20.5	23.6	27.0	30.5	34.3	38.8
Polyester SF	Domestic Demand	2.8	4.3	8.7	14.9	21.9	29.5	38.4	48.7	57.9	64.6	72.0
	Export of Processed Goods	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9	10.3	19.4
	Total	2.8	4.3	8.7	14.9	21.9	29.5	38.4	48.7	60.8	74.9	91.4
Polyester FY	Domestic Demand	1.0	3.1	5.4	7.9	10.6	13.9	17.5	21.8	26.9	31.6	36.8
	Export of Processed Goods	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	3.7
	Total	1.0	3.1	5.4	7.9	10.6	13.9	17.5	21.8	26.9	32.9	40.5
Acrylic SF	Domestic Demand	0.4	0.6	1.1	1.9	2.9	3.8	4.9	6.2	7.4	8.2	9.2
	Export of Processed Goods	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	1.4	2.5
	Total	0.4	0.6	1.1	1.9	2.9	3.8	4.9	6.2	7.8	9.6	11.7

Source UNICO Estimate

インドネシアは労働力が豊富であり、かつ新設、増設では新鋭機が導入されるので、加工品の国際競争力は極めて強いといえよう。したがって、上述程度の加工品輸出は十分可能と考えられる。

4-3-2 合繊原糸・原綿輸出量

インドネシアからの原糸・原綿輸出量を予測するには、近隣諸国の需要量、生産量などを素材毎に詳細に把握しなければならない。そこでここではまずインドネシアにおける合繊の生産量を予測し、これからインドネシアでの原糸・原綿加工量を差し引き、残りを輸出にふり向けうる量と仮定した。その後、この量が実際に輸出可能か否かについて考察した。

4-3-3 合繊原糸・原綿生産可能量

インドネシア国内で合繊原糸・原綿を生産する場合、最小限は原糸・原綿加工量に見合う量である。

しかし、インドネシアは豊富で良質な石油の産出国であり、人口も多いため合繊原料、合繊の製造計画がかなり発表されている。これらの中には合繊原糸・原綿輸出を計画している企業があるはずである。したがって、インドネシアでの合繊生産量は原糸・原綿加工量にかなりプラスされたものとなる。

各社が計画している合繊原糸・原綿生産能力（既設分を含む）を公の情報をもとにまとめると表 IV-56 のようである。この中には生産能力あるいは操業時期が不明なもの、さらには単なる計画段階のものがある。しかし、1976～77年にはかなりの生産量になるものと考えられる。

この情報をベースにして、生産規模の経済性その他を考慮して素材別に生産量のまとまる 1976

表 N-56 インドネシアにおける外資系企業の合繊製造計画（既設分を含む）

		(t/d)						
		~1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Nylon FY	I T S	6		12 ³⁾				
	ASAHI INDONESIA	12						
	UNITIKA				40 ¹⁾			
Polyester SF	I T S	12		36 ³⁾				
	TEIJIN			50				150 ¹⁾
	KURARAY			30		60 ¹⁾³⁾		
	UNITIKA				30 ¹⁾²⁾			
	AKZO							
	HOECHST							
Polyester FY	TEIJIN			20				60 ¹⁾
	UNITIKA				20 ¹⁾²⁾			
	AKZO							
	ASAHI				15 ³⁾			
Acrylic SF	ASAHI					20 ³⁾		

Source: Japanese newspaper, Others

Notes: 1) Start-up date is not clear

2) Total amount is divided into SF and FY by estimation

3) Only plan

表 N-57 インドネシアの素材別合繊生産可能量の予測

		(10 ³ ton)		
		1976	1977	1980
Nylon FY		-	23	45
Polyester SF		40	-	120
Polyester FY		-	20	50

Source: UNICO Estimate

表 N-58 インドネシアの素材別合繊生産可能量およびその用途

		(10 ³ ton)										
		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Nylon FY	Production	3.6	6.6	10.4	13.9	17.1	20.5	23.6	30.7	37.9	45.0	47.3
	Domestic Demand	3.6	6.6	10.4	13.9	17.1	20.5	23.6	27.0	30.5	33.0	35.3
	Export of Processed Goods	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	3.5
	Export of FY	-	-	-	-	-	-	-	3.7	7.4	10.7	8.5
Polyester SF	Production	2.8	4.3	8.7	14.9	21.9	40.0	60.0	80.0	100.0	120.0	127.4
	Domestic Demand	2.8	4.3	8.7	14.9	21.9	29.5	38.4	48.7	57.9	64.6	72.0
	Export of Processed Goods	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9	10.3	19.4
	Export of SF	-	-	-	-	-	10.5	21.6	31.3	39.2	45.1	36.0
Polyester FY	Production	1.6	3.1	5.4	7.9	10.6	13.9	20.0	30.0	40.0	50.0	55.2
	Domestic Demand	1.6	3.1	5.4	7.9	10.6	13.9	17.5	21.8	26.9	31.6	36.8
	Export of Processed Goods	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	3.7
	Export of FY	-	-	-	-	-	-	2.5	8.2	13.1	17.1	14.7
Acrylic SF	Production	0.4	0.6	1.1	1.9	2.9	3.8	4.9	6.2	7.8	9.6	11.7
	Domestic Demand	0.4	0.6	1.1	1.9	2.9	3.8	4.9	6.2	7.4	8.2	9.2
	Export of Processed Goods	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	1.4	2.5
	Export of SF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Source: UNICO Estimate

年あるいは1977年、および1980年の生産可能量を予測すると表IV-57のようになる。

これをもとに年毎の生産可能量を予測したのが表IV-58である。ポリエステルSFについては、1975年以前、ポリエステルFYについては1976年以前、ナイロンFYについては1977年以前は原糸・原綿加工量が合繊生産可能量を上回るのので、原糸・原綿加工量をそのまま合繊生産可能量としている。なお、1976年あるいは1977年と1980年の間の生産量は、一定量づつ生産が伸びると仮定した。また、1981年の生産量は1980年の輸出量（加工品輸出+原糸・原綿輸出）がそのまま継続されると仮定して求めてある。素材別の生産可能量をグラフ化したのが図N-18～N-21である。

原糸・原綿での輸出はポリエステルSFが1976年、ポリエステルFYが1977年、ナイロンFYが1978年から始まることになる。そして、1980年には各素材合わせて約73 10³ tonの輸出が予測され、これは生産量の32%に相当する。

世界的にみて、合繊の需要は今後もかなり高い伸び率を維持することは間違いなく、合繊産業の将来は非常に明るい。これには原料供給が円滑に進むことが前提である。世界には原料確保の容易でないところも多く、今後とも合繊を輸入に依存しなければならない国も多いであろう。

前述のように、インドネシアは合繊産業に適した国であり、長期的には生産品は十分国際競争力がつくはずである。したがって1970年代後半からの原糸・原綿輸出の開始、1980年時点での70 10³ t/y強の輸出は十分可能と考えられる。

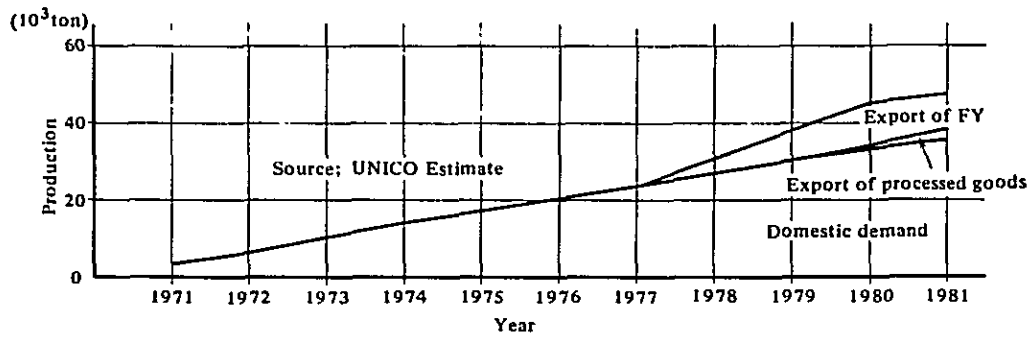


図 N-18 インドネシアのナイロンFY生産可能量およびその用途

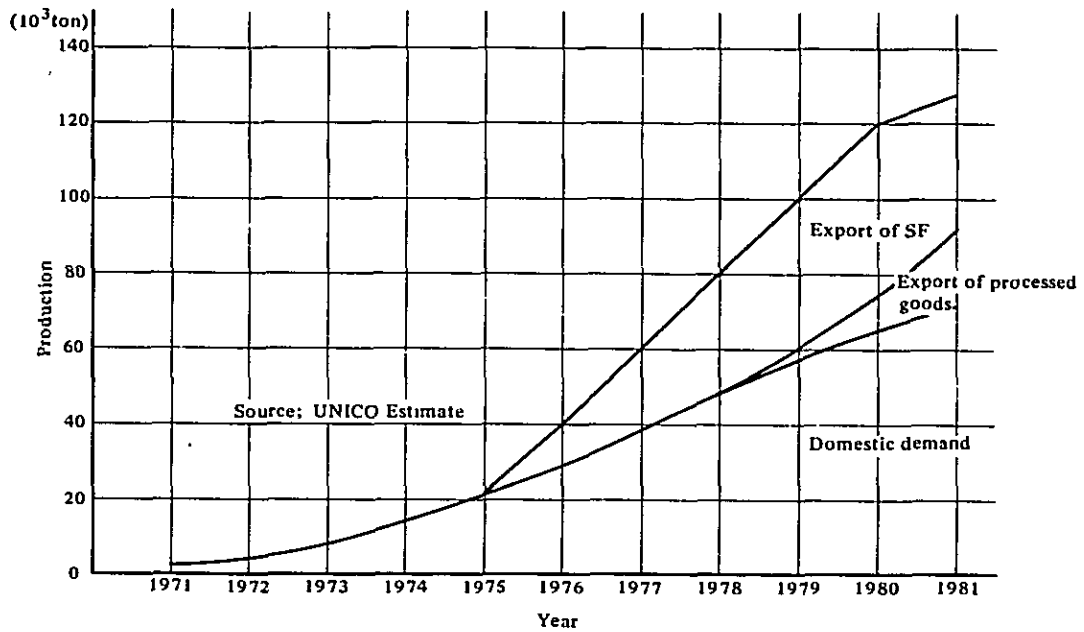


図 N-19 インドネシアのポリエステルSF生産可能量およびその用途

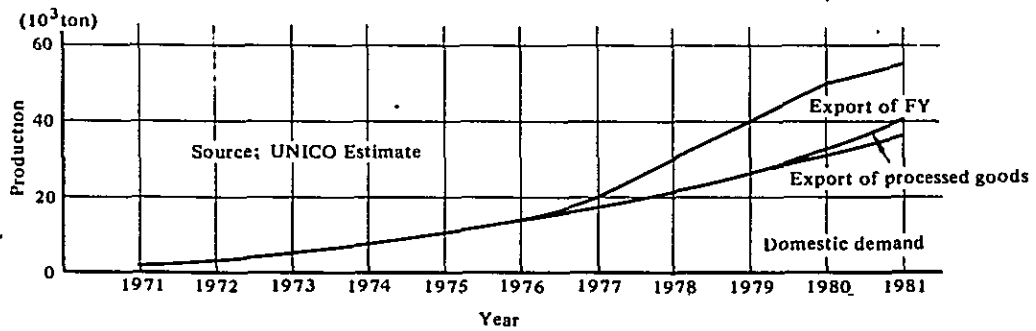


図 N-20 インドネシアのポリエステルFY生産可能量およびその用途

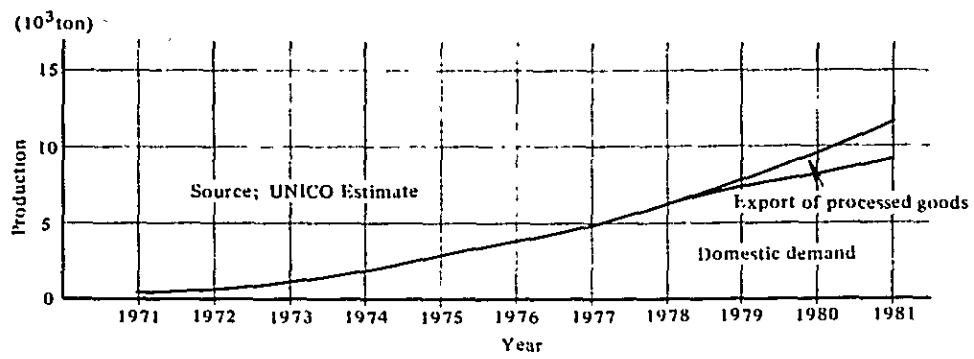


図 N-21 インドネシアのアクリルSF生産可能量およびその用途

V 合 織 原 料 需 給 動 向

1. 序

世界の全繊維（天然及び人造）の生産量の年平均伸び率はほぼ一定で、4%/yである。一方、世界の合織の生産は、1960年代を通じて年率20%強の伸びを続けてきた。これは合織に対する旺盛な需要と、これを支える潤沢な合織原料、粗原料の供給により、達成されたものである。

合織原料の流れを非常に大ざっぱに図式化すると、図V-1のようになる。最終的には、一次エネルギーである天然ガス、石油または石炭に供給源をあおいでいる。これら一次エネルギーの使用比率は、表V-1のように、国によってかなりの違いはあるが、約50%は、石油に依存しており、結果的に合織産業は、石油の需給に強く影響されるといえる。

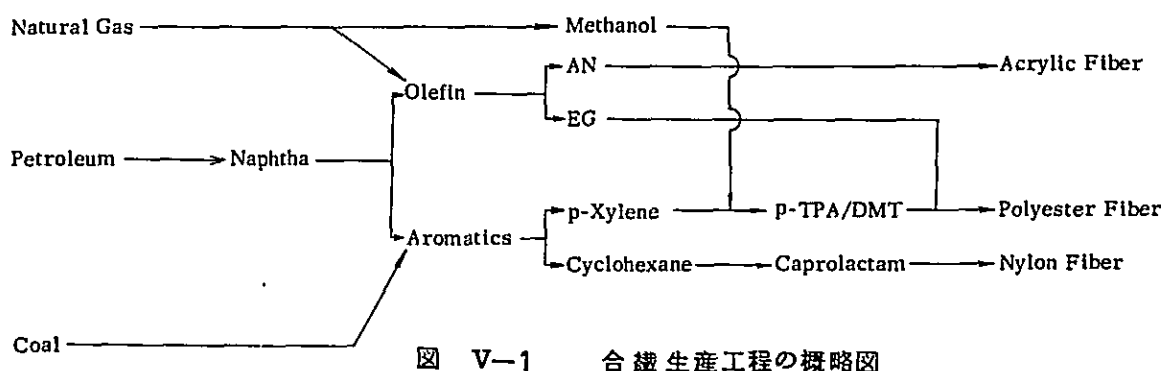


表 V-1 1972年の1次エネルギー消費量

	Total Consumption (10 ⁶ ton)	Component (%)				
		Petroleum	Natural Gas	Coal	Hydroelectric	Atomic
Japan	292	75.3	1.0	21.1	2.4	0.2
U.S.A.	1,634	43.8	34.1	20.6	1.3	0.2
West Europe	1,050	62.1	7.9	26.7	2.9	0.4

Note: 1) Equivalent to Petroleum

この石油は、少なくとも1972年までは潤沢に供給される状態にあったため、図V-1のフローの中で装置ネックが発生しない限り、合織の生産に支障をきたすことはなかった。

一方、合織原料メーカーは、装置大型化による低コスト化を目標に、競って装置の新増設を行ってきたため、合織原料の需給は、局所的なバランス失調はあったにしても、全世界的に見れば、常に供給過剰の状態を続けてきた。しかし、1972年秋頃から事態は急変し、世界的現象として、合織原料不足が顕著になってきた。それ以前には容易に入手できると考えられていた合織原料が、何故急速に不足してきたのか、その原因を整理すると、次の3つに集約することができる。

- (a) 合繊原料生産設備増設の停滞
- (b) 合繊原料工場へのフィードストック（芳香族）の不足
- (c) 石油化学工場の事故多発

これらの原因について以下に詳しく述べる。

1-1 合繊原料生産設備増設の停滞

合繊原料の価格は、世界的な供給過剰の状態と、技術革新ならびに装置大型化を背景に、1972年まで年と共に低下し、1972年中頃には日本の市場価格でDMTは105 ¥/Kg (38 US¢/Kg), カプロラクタムは135 ¥/Kg (48 US¢/Kg) となった。Enka社は、このような価格低下状況および今後の価格動向を図V-2のように、図式化している。このため合繊原料事業の収益性は

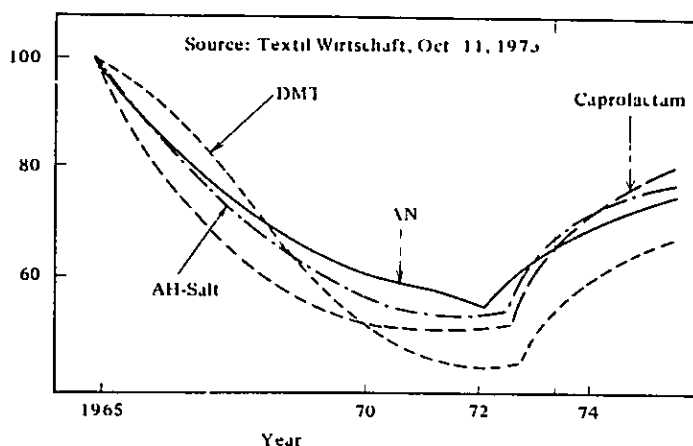


図 V-2 合繊中間体の価格動向

悪化した。一方、1970年に世界的な合繊不況が起った。これらのため、合繊原料メーカー、特に先進国のメーカーでは、設備投資意欲が低下した。しかし、合繊生産は、波はあるものの長期的に見れば、着実な伸びを示した。このため、従来過剰気味だった原料設備能力の余力は、次第になくなりつつあった。また、開発途上国における合繊原料設備の新設計画の遅延も、世界的な設備能力不足の要因となった。1972年に入ると、合繊は再び好況を迎え、先進国での生産が増大し、さらに東南アジアおよび南アメリカでの生産の伸びが加わり、生産量は世界的に急増し始めた。こうして1972年夏以降、合繊原料不足は世界的に大きくクローズアップされ、同時に従来低下を続けたこれら原料の価格は底を打ち、上昇に転じたのである。

1-2 合繊原料工場へのフィードストックの不足

合繊原料は設備能力も不足しているが、その生産設備へ供給するフィードストック、すなわちBTX等も不足をきたしている。その原因としては、主に米国における次の2点があげられる。

1-2-1 米国における製油所建設の停滞

米国では、1973年になってから撤廃されたが、原油輸入規制の法律があり、これが製油所建設意欲を低下させた。また、石油製品の低価格による低収益性も同様の作用をし、そのうえ環境規制も製油所の建設を抑制した。このため、米国の芳香族源である製油所の建設が停滞した。

1-2-2 米国政府の燃料重点政策

製油所能力の不足のもとで米国政府は、燃料重点政策をとっている。ここでいう燃料とは、モーターガソリンと家庭用燃料のことである。このため石油製品の需要は伸びているにもかかわらず、化学原料用にまわる石油製品が、抑えられている。そのうえ、モーターガソリンの無鉛化の推進は、化学原料用芳香族を益々圧迫する方向にある。

米国の石油精製量およびモーターガソリンの消費量は、規模が大きいため世界的な影響力を持っており、その量がわずかに増減しても、世界の化学用芳香族の量的問題は、大きな影響を受けることになる。

1-3 石油化学工場の事故多発

1973年中には、石油化学工場の事故が多発した。これは1973年の合繊原料不足に、益々拍車をかける結果となった。

UCC (米国), PPG (米国), Jefferson Chemical (米国) のエチレンオキシド/エチレングリコールプラントの減産, ICI (英国), BP (英国), 出光石化 (日本), 大阪石化 (日本), 住友化学 (日本) のエチレンプラントの事故, Phenol Chemie (西独) のフェノールプラントの事故などである。

以上述べた3つの原因により、合繊原料は1972年秋以降不足し、かつ需給が深刻化したと考えられる。なお、今後の見通しについては、以下に各原料ごとに考察するが、いずれの原料もこれまでの様な供給過剰の状態はなく、長期的な不足状態が続く見通しである。

2. 合繊原料工業の特質

需給問題を考える前に、合繊原料工業の特質について解説する。合繊原料工業は他の化学工業に比べて、以下に述べるようないくつかの特徴を持っている。

(1) 製品の用途が合繊製造用以外にはほとんどない。

図V-3に、日本における合繊原料の用途を示す。これから明らかなように、ナイロン関係ではシクロヘキサンの90%が、カプロラクタムおよびAH塩に使われ、さらにこれらの85%がナイロン繊維用に使われている。また、ポリエステル関係では、バラキシレンのすべてがp-TPA/DMT用に使われており、p-TPA/DMTの93%が、ポリエステル繊維用である。エチレンオキシドの70%がエチレングリコールになり、その65%がポリエステル用である。アクリル関係では、アクリロニトリルの70%が繊維用に使われている。

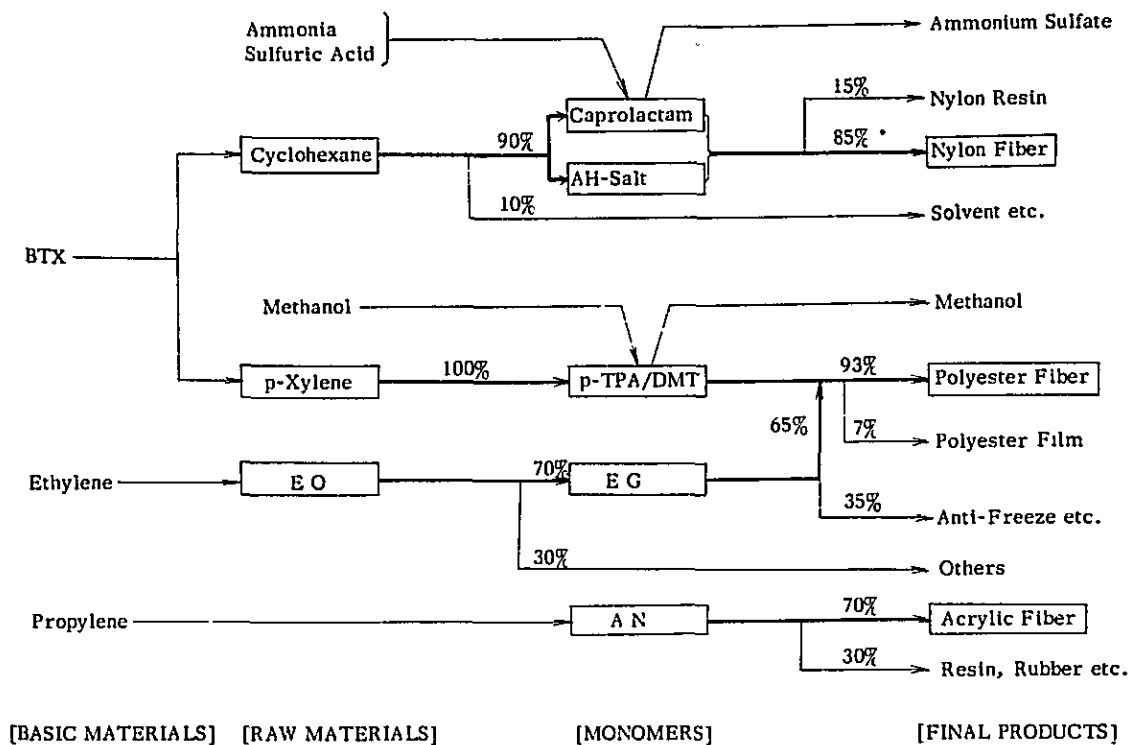


図 V-3 日本の合繊中間体の用途

したがって、これらの合繊原料は、需給のはけ口を合繊原料工業以外に求めることがむずかしく、需給のバランスは、主として輸出入によって調節されている。

(2) 世界の大手化学メーカーが関与している。

化学工業において、合繊原料工業は重要な地位を占めている。表V-2にChemical Age誌がランキングをつけたWorld's Leading Chemical Companies 12社が、どのように合繊原料工業に関与しているかを示した。関連会社を含めると、12社すべてが合繊原料工業に関与しており、平均2種類の合繊原料を製造している。

(3) モノマーは合繊メーカー、粗原料は石油精製会社に関与している。

図V-4に各合繊原料設備能力の、合繊メーカー、石油精製会社および化学会社別占有率を示す。

カプロラクタム、AH塩、p-TPA/DMTおよびアクリロニトリルに関しては、合繊メーカーおよび化学会社のシェアが大きく、石油精製会社のシェアが小さいのに反し、シクロヘキサンおよびパラキシレンにおいては、逆に石油精製会社のシェアが大きくなっている。米国では石油精製会社の進出が大きく、日本および西欧では合繊メーカーの進出が目だっている。

(4) 流通経路は系列化されている。

装置産業に共通のことであるが、装置の安定的な運転を願う供給家と定常的な供給を希望する需要家との間の利害が一致し、合繊原料の流通は系列化が非常に進んでいる。特に合繊原料

表 V-2 合繊工業における世界の主要化学会社の関与

Ranking ¹⁾	Company	Caprolactam	AH-Salt	p-TPA/DMT	AN
1	E. I. Du Pont de Nemours & Co. (U. S. A.)		o	o	o
2	Imperial Chemical Industries Ltd. (U. K.)		o	o	Δ
3	Farbwerke Hoechst AG (W. Germany)			o	o
4	Farbenfabriken Bayer AG (W. Germany)	o			
5	Montedison S. p. A. (Italy)	o		o	o
6	BASF AG (W. Germany)	o	o		o
7	Union Carbide Corp. (U. S. A.)				o
8	Pechiney-Ugine-Kuhlmann (France)				Δ
9	AKZO NV (Holland)			o	
10	Rhone-Poulenc SA (France)		o	o	
11	Monsanto Co. (U. S. A.)		o		o
12	Dow Chemical Co. (U. S. A.)	Δ			

Notes: o : Production by itself.
 Δ : Production by its subsidiary company.
 1) : Chemical Age 1972 July 28, p. S22

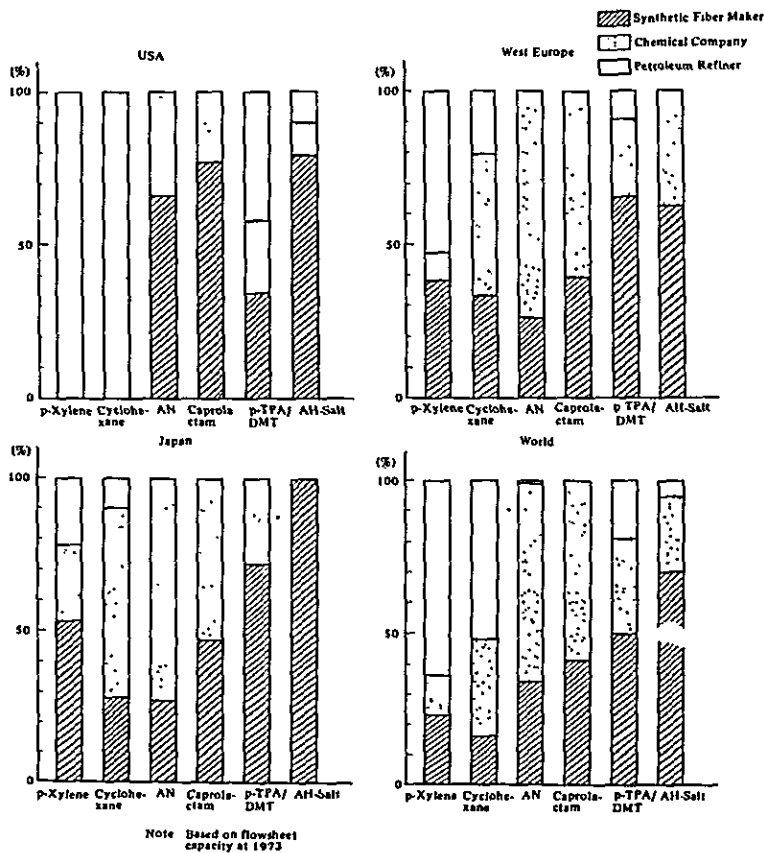


図 V-4 会社別合繊中間体の生産能力

の場合は、先にも述べたように合繊以外の用途が極めて少なくかつ製品の品質が重要なポイントなので、他産業に比べ流通の系列化は顕著である。またさらに表V-3に明らかなように、合繊メーカーは進んで原料自製の方向をとっている。したがって、系列内の需給関係は必然的に均衡を保つ方向をとるため、浮動玉の流通はあくまでも系列内の需給バランスが失調した時の現象と考えられる。

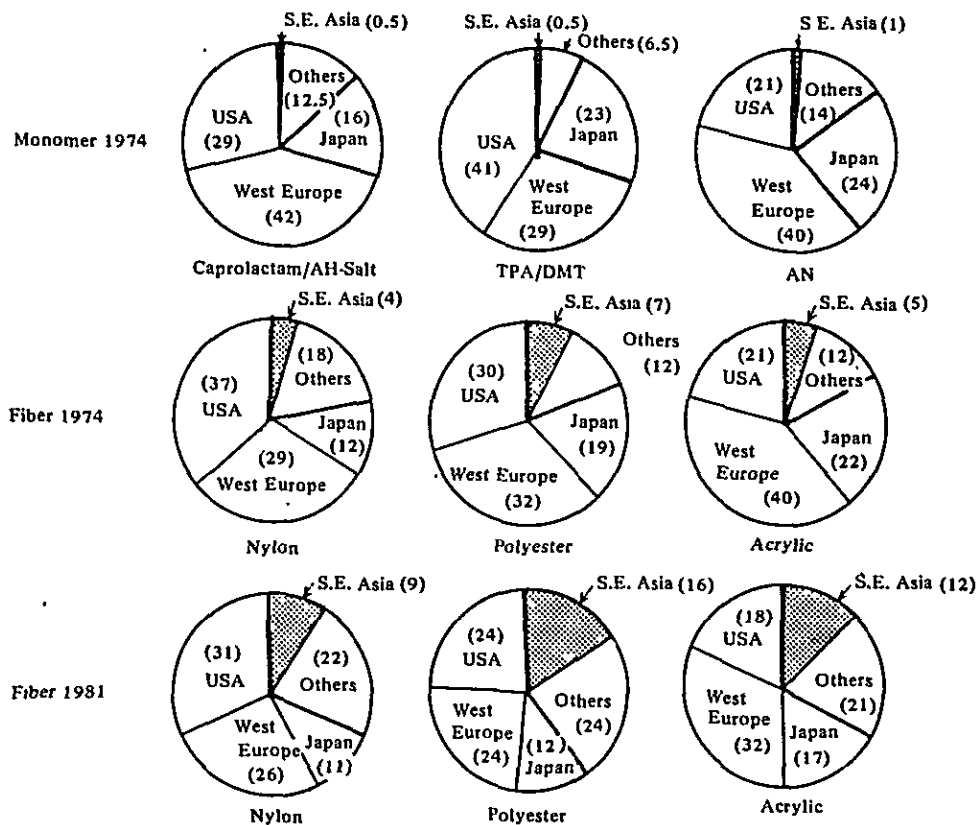
表 V-3 世界の10大合繊会社による合繊原料生産量

	Their Total Share of Synthetic Fiber Production in the World (%)	Monomer Production (Companies)	Raw Materials Production (Companies)
Nylon	48	7	2
Polyester	50	8	4
Acrylic	53	6	0

(5) 先進国偏重である。

図V-5に合繊とモノマーの地域別生産比率予測を示した。

1974年で見ると、米国、西欧および日本の先進国におけるカプロラクタム/AH塩の生産は全世界の87%、p-TPA/DMTは実に93%、アクリロニトリル85%を占めている。合繊原料がいかに先進国偏重であるかがわかる。日本を除いた東南アジア地域でのモノマー生



Note: () %

図 V-5 合繊、合繊モノマーの世界生産量予測

産は、すべて1%以下の比率でしかない。一方、繊維の生産について見ると、1974年の先進国の比率が3大合繊はいずれも80%前後であって、モノマー程ではないが一応先進国偏重である。しかし、1981年になると先進国の比率はすべて60%台に低下し、その他地域の比重が増してくるものと予測される。特に日本を除く東南アジア地区の進出が顕著になろう。

数量の増加を考慮に入れると、東南アジア等の開発途上国の合繊原料必要量は膨大なものになり、現状のように、合繊原料をほとんどすべて先進地域から供給することは物的に不可能に近くなる。したがって、必然的に開発途上国における合繊原料自給化が促進されることになろう。

3. 芳香族

ナイロン、ポリエステル基礎原料である芳香族（ベンゼン、トルエン、混合キシレン）は、現在、石油化学製品のうちでも世界的に極めて不足しているものの1つである。特にベンゼンの不足が顕著で、ベンゼンの誘導品であるスチレン、フェノール、シクロヘキサンなどの不足の最大の原因になっている。また米国、西欧ではトルエンも不足しており、このためのトルエンの脱アルキルによるベンゼンの生産も減少している。混合キシレンの不足は先ず無水フタル酸の原料であるオルソキシレンの不足となって現われており、特に西欧ではパラキシレンの生産にも影響を与えている。

以下、BTXの過去の生産と将来の需給について説明する。

3-1 米国の需給状況

3-1-1 米国のベンゼン需給状況

米国のベンゼン生産量実績と輸出入量を表V-4に示す。生産のうち1959年以降石油系が主流を占めるようになり、1971年には石油系：石炭系は93：7となった。生産は1960年代には平均13.5%という大きな伸びを示した。

ベンゼン生産装置も表V-5に見られるように、需要に見合うように建設されていた。しかし、1970年になり、ベンゼン生産は逆に対前年比減産となった。これに伴い、1961年以降続いていた輸出が減り、1971年以降は輸入量の方が多くなった。

一方、需要は図V-6に示すように、シクロヘキサン、フェノール、スチレンを3本柱として、1955～66年の間、年平均伸び率9.8%/yで順調に増加し、1972年には表V-6に示すように4.4 10⁶ ton、1973年には5 10⁶ tonの量になると見込まれた。これに対し、生産は1972年4.2 10⁶ ton、1973年4.7 10⁶ tonで、ベンゼン不足は230 10³ ton、280 10³ tonになると推定された。特に、1973年は、ベンゼン輸入量が1972年の実績を大幅に下回るだろうと見られており、最終的な消費量は、5 10⁶ tonから、かなり縮小されざるをえないといわれている。

表 V-4 米国のベンゼン生産量と輸出、輸入量

	Production						Export	Import
	Petroleum			Coal	Total	Growth Rate (%)		
	1°	2°	Sub-Total					
1955	114,602	213,192	327,794	628,000	955,794	-	8,185	106,740
56	126,562	244,539	371,101	629,000	1,000,101	4.6	9,047	231,397
57	139,499	246,800	386,298	644,000	1,030,298	3.0	8,967	184,076
58	254,690	217,807	472,497	427,000	899,497	-12.7	38,211	148,215
59	450,622	243,578	694,200	433,000	1,127,200	25.3	24,306	190,774
60	653,271	374,818	1,028,088	489,000	1,517,088	34.6	78,424	126,860
61	1,073,177	299,400	1,372,577	433,000	1,805,577	19.0	154,613	64,400
62	1,075,091	324,631	1,399,722	410,000	1,809,722	0.2	137,281	76,518
63	1,402,373	358,076	1,728,697	407,000	2,135,697	18.0	215,393	24,053
64	1,640,563	405,786	2,046,348	398,000	2,444,348	14.5	290,420	51,856
65	1,877,671	482,341	2,360,012	405,000	2,765,012	13.1	150,750	84,593
66	2,417,329	399,114	2,816,443	380,000	3,196,443	15.6	322,615	76,115
67	2,538,926	402,595	2,941,522	378,000	3,319,522	3.8	339,674	84,903
68	2,679,963	358,113	3,038,075	308,000	3,346,075	0.8	276,648	109,598
69	3,258,493	369,110	3,627,602	338,000	3,965,602	18.5	305,326	202,180
70	-	-	3,481,564	310,000	3,791,564	-4.1	222,650	173,968
71	-	-	3,351,082	239,000	3,590,082	-5.3	141,706	255,161
72	-	-	-	-	-	-	96,498	316,310
73	-	-	3,925,248	-	-	-	98,515	172,565

Sources: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)

U.S. Foreign Trade Exports Commodity by Country (Bureau of the Census)

U.S. Foreign Trade Imports Commodity by Country (")

表 V-5 米国のベンゼン生産能力と操業率

	(10 ³ ton)	
	1965	1967
Production Capacity 1)		
Petroleum	2,692	3,048
Coal	472	472
Total	3,164	3,520
Actual Production 2)		
Petroleum	2,360	2,942
Coal	405	378
Total	2,765	3,320
Operating Rate (%)		
Petroleum	87.7	96.5
Coal	85.8	80.1
Total	87.4	94.3

Notes: 1) Kagaku Keizai (Chemical Economy) (p. 55, February 1965)

2) Table V-4

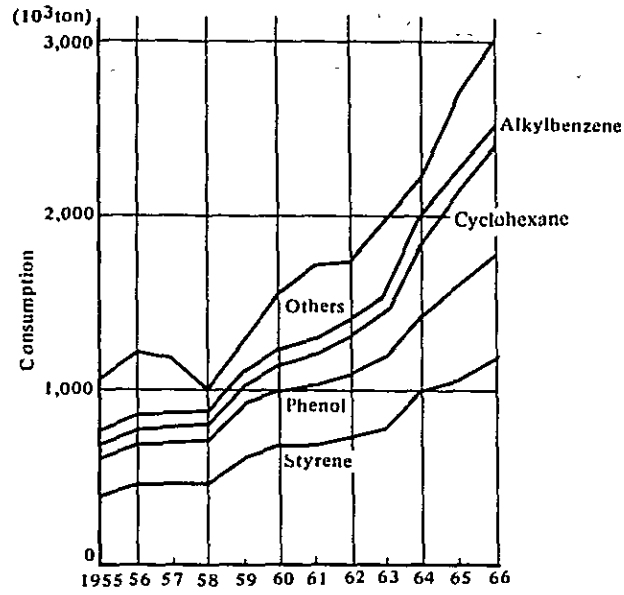


図 V-6 米国のベンゼン消費量

表 V-6 米国のベンゼン需給バランス

		(10 ³ ton)	
		1972	1973
Supply	Reformat	-	2,600
	Dealkylation	-	1,270
	Pyrolysis Gasoline	-	500
	Coal Tar	-	330
	Total	4,180	4,700
Demand (Domestic)	Styrene	2,300	-
	Phenol	750	-
	Cyclohexane	770	-
	Alkylbenzene	100	-
	Aniline	150	-
	Maleic Anhydride	160	-
	Others	180	-
	Total	4,410	4,980
Balance		-230	-280

3-1-2 米国のトルエン需給状況

生産量と輸出入量は表V-7の通りである。生産は97%以上が石油系である。1969年以降輸入国になり、1972年には実質410 10³ tonのトルエンが輸入され、明らかに国内生産が需要に追いついていないことがわかる。

表 V-7 米国のトルエン生産量と輸出、輸入量

	Production						Total	Growth Rate (%)	(ton)	
	Petroleum					Coal			Export	Import
	Nitration grade 1 ^o	Pure commercial grade 2 ^o	Solvent grade 90%	All other	Sub-Total					
1955	177,977	191,126	-	101,865	470,968	138,000	608,968	-	38,121	22
56	173,323	164,827	-	91,313	429,463	140,000	569,463	-6.5	28,604	-
57	267,858	185,960	-	54,933	508,751	140,000	648,751	13.9	80,286	2,480
58	293,684	191,211	-	196,111	681,006	105,000	786,006	21.2	84,013	2,174
59	353,753	226,761	-	243,720	824,234	100,000	924,234	17.6	102,771	4,601
60	557,821	115,790	-	117,086	790,697	110,000	900,697	- 2.5	166,864	9,919
61	514,170	98,686	-	136,994	749,850	103,000	852,850	- 5.3	138,309	5,361
62	686,572	102,940	-	301,057	1,090,570	99,000	1,189,570	39.5	181,646	1,790
63	776,311	52,466	-	415,121	1,243,898	95,000	1,338,898	12.6	197,789	4,992
64	1,038,886	74,119	-	435,316	1,548,320	84,000	1,632,320	21.9	186,145	16,310
65	1,077,676	80,575	56,634	513,138	1,728,023	81,000	1,809,023	10.8	155,971	44,852
66	1,170,739	89,040	-	590,553	1,850,332	74,000	1,924,332	6.4	169,246	96,924
67	1,291,352	272,341	59,427	436,124	2,059,245	70,000	2,129,245	10.6	81,792	102,364
68	1,428,063	252,176	80,684	466,766	2,227,689	70,000	2,297,689	7.9	119,989	106,730
69	1,535,660	288,065	52,080	563,994	2,439,800	70,000	2,509,800	9.2	105,196	164,888
70	1,897,949	193,916	-	587,732	2,679,597	70,000	2,749,597	9.6	75,323	310,048
71	2,015,590	163,561	-	666,481	2,845,632	70,000	2,915,632	6.0	48,266	372,614
72	2,212,172	194,984	69,128	495,907	2,972,190	-	-	-	85,349	494,660
73	-	-	-	-	-	-	-	-	303,695	335,938

Note Production from coal in 1967 - 1971 is estimated. Sources U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)
 U.S. Foreign Trade Exports Commodity by Country (Bureau of the Census)
 U.S. Foreign Trade Imports Commodity by Country (")

表V-8の稼働率を見ると、石油系トルエン装置の能力不足もトルエン不足の一因と見られる。需要は表V-9の通りで、脱アルキル用とガソリン用の取り合いになっている。世界的なベンゼン不足のため生ずる脱アルキル用需要と無鉛化のためのガソリン向け需要共、今後、かなり拡大されると思われ、米国におけるトルエン不足は当分解消されそうにない。

3-1-3 米国の混合キシレン需給状況

表V-10に生産量と輸出入量の実績を示した。99%が石油からの製品である。ベンゼン、トルエンに比べて特徴的なことは、生産量の伸び率が大きく変動していることおよび、輸出入がほとんどない点である。生産装置は、表V-11に見るように、かなり余裕をもって設置されている。

米国のキシレンは、ガソリン工業との関係を見無視しては語れない。すなわち、表V-10に示された生産量は、抽出精製された分のみで、この量は、実際に米国で発生するキシレンの約10%にしか当たっていない。残りの90%※は抽出されずに改質油のまま、ガソリン向けに消費されている。

※ 1965年における米国の改質装置による混合キシレン生産量は3,500~4,000 10⁶ ガロンであるが、実際に分離された量は395 10⁶ ガロンである。

(Hydrocarbon Processing 45(4), p.155, April, 1966)

表 V-8 米国のトルエン生産プラントの操業率

	(10 ³ ton)	
	1965	1967
Production Capacity ¹⁾		
Petroleum	1,816	2,036
Coal	164	164
Total	1,980	2,200
Actual Production ²⁾		
Petroleum	1,728	2,059
Coal	81	70
Total	1,809	2,129
Operation Rate (%)		
Petroleum	95.2	101.1
Coal	49.4	42.7
Total	91.4	96.8

Notes: 1) Kagaku Keizai (Chemical Economy) (p. 55, February 1965)
 2) Table V-7

表 V-9 米国のトルエン消費量

	(10 ³ ton)				
	Dealkylation	Solvent	Gasoline	Others	Total
1965	755	164	542	246	1,707
66	-	-	-	-	-
67	-	-	-	-	-
68	-	-	-	-	-
69	-	-	-	-	-
70 (Estimated)	1,575	210	263	380	2,428

Source: Hydrocarbon Processing
 (45(2) p. 139, February 1966)

表 V-10 米国の混合キシレン生産量と輸出，輸入量

	Production					Coal	Total	Growth Rate (%)	Export	Import
	Petroleum				Sub-Total					
	3 ^o	5 ^o	Aviation grade	All other						
1955	-	-	-	13,791	317,273	38,900	356,173	-	-	46
56	(64,166) ¹⁾	-	102,741	238,874	405,781	39,900	445,681	25.1	-	21
57	-	-	84,201	292,215	376,417	39,500	415,917	- 6.7	-	174
58	-	107,804	-	518,515	626,319	29,400	655,719	57.7	-	933
59	199,995	-	-	563,522	763,517	26,100	789,617	20.4	-	4,737
60	438,009	-	-	458,151	896,160	27,800	923,960	17.0	-	9,350
61	412,666	-	-	402,423	815,089	26,400	841,489	- 8.9	-	5,314
62	618,358	-	-	515,159	1,133,517	24,800	1,158,317	37.7	-	2,523
63	245,471	256,701	-	568,771	1,070,943	24,200	1,095,143	- 5.5	-	1,700
64	165,472	-	-	933,659	1,099,131	23,200	1,122,331	2.5	-	-
65	201,790	-	-	887,477	1,089,267	21,900	1,111,167	- 1.0	-	-
66	304,891	-	-	750,027	1,054,918	19,900	1,074,818	- 3.3	-	-
67	423,710	-	-	1,045,866	1,469,576	18,000	1,487,576	38.4	-	-
68	303,198	257,404	-	1,177,587	1,738,189	18,300	1,756,489	18.1	244,914	-
69	256,580	169,920	-	805,141	1,231,641	17,000	1,248,641	-28.9	69,966	-
70	232,987	268,612	-	1,241,998	1,743,598	14,700	1,758,298	40.8	45,756	-
71	313,349	288,922	-	1,390,807	1,993,078	14,000	2,007,078	14.1	30,396	-
72	537,242	173,899	-	1,695,798	2,406,940	-	-	-	88,180	-
73	-	-	-	-	-	-	-	-	156,890	-

Note. 1) Nitration grade

Sources U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)

U S Foreign Trade Exports Commodity by Country (Bureau of the Census)
U S Foreign Trade Imports Commodity by Country (" ")

表 V-11 米国の混合キシレン生産能力と操業率

	(10 ³ ton)	
	1965	1967
Production Capacity ¹⁾		
Petroleum	3,087	3,167
Coal	33	33
Total	3,120	3,200
Actual Production ²⁾		
Petroleum	1,089	1,470
Coal	22	18
Total	1,111	1,488
Operation Rate (%)		
Petroleum	35.3	46.4
Coal	66.7	54.5
Total	35.6	46.5

Notes: 1) Kagaku Keizai (Chemical Economy) (p. 55, February, 1965)

2) Table V-10

キシレンの消費は図V-7に示した。キシレンは、オルソキシレン、メタキシレン、パラキシレン用と溶剤用向けに消費され、残りは国内のガソリン・ブレンド用に使われ輸出に向けられる量は少ない。極端な見方をすれば、米国では、オルソキシレン、メタキシレン、パラキシレンと溶剤向けのみを抽出すればよく、それ以上の量を生産する必要はない。したがって、今後共、米国のキシレンは自国内で閉鎖的にバランスされ、世界の需給に影響を与えることは少ないものと思われる。

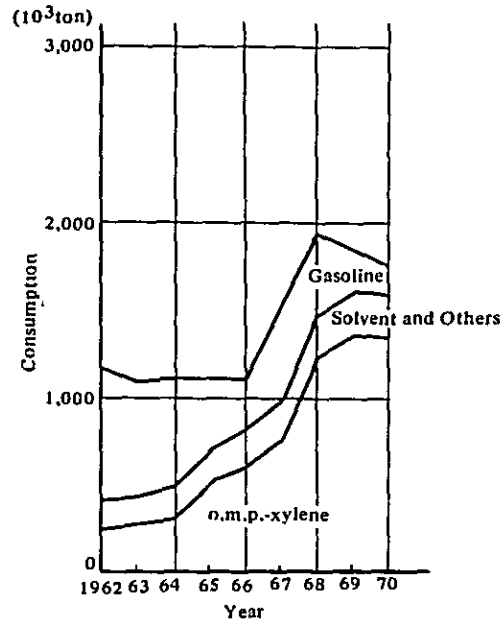


図 V-7 米国の混合キシレン消費量

3-1-4 芳香族不足の原因

以上、述べたように米国においては、1970年以降、特にベンゼンを中心に需給がタイト化した。この原因を以下に考察する。

(1) 米国の原油精製能力が不足している。たとえば、1970～72年の原油精製能力の増設は、西欧 2.71×10^6 BPSD、日本 1.08×10^6 BPSD に対し、米国はわずか 0.75×10^6 BPSD にすぎず、しかも、過去4年間新規の製油所建設は全く行なわれていない。

このような製油所建設の鈍化は、

- ① 輸入制限に伴う石油供給確保の不安
- ② 環境規制による制約
- ③ 低ROI

などによるものである。

(2) 精製能力の不足は、石油化学の基礎原料であるナフサの不足をもたらしている。米国では、ガソリンを含むナフサ留分の殆んどが改質装置にフィードされ、ガソリンおよび芳香族生産用に使用されているが、現在米国では政府が、政策的にナフサ以外の石油留分も含めてガソリンおよび家庭用燃料を優先させており、芳香族生産用としてのナフサは二義的に扱われている。

1973年の米国の原油消費量は約 600×10^6 tonで、このうち、50%に相当する 300×10^6 tonがガソリン用であるのに対し、芳香族用はわずか 7×10^6 tonで、1%強にすぎない。一方、ガソリンの需要は年率6~7%で伸びているので、芳香族の供給は極めて不安定であり、精製能力の増強が行なわれない限り、芳香族の供給は安定しない。

(3) ベンゼン不足に拍車をかけているのは、脱アルキル用のトルエン不足である。すなわち、1972年には脱アルキルによるベンゼンは、米国の総生産量の21%を占めていたと推定されるが、現在 1.75×10^6 t/yの生産能力を持っているにもかかわらず、脱アルキル用に振り向けるよりも、評価の高いガソリンブレンド用に優先的に販売されているため、ベンゼン生産用には十分供給されておらず、かなりの脱アルキル装置が遊休化していると言われている。

3-1-5 不足緩和の見通し

芳香族不足の原因となっている製油能力の不足は、いつ頃解消するであろうか。

(1) 1973年4月に発表された「エネルギー白書」に伴い、現在米国では、 1×10^6 BPSD以上の製油能力増強が行なわれている。しかし、完成は1976年以降である。

(2) また、製油所の建設と並行して、エチレンプラントの増設が行なわれている。この結果、副生する分解ガソリンから抽出される分解系ベンゼンが、供給力増加に寄与することになるだろう。しかし、これら増設中のプラントが完成するのは、製油所の完成時期と同じ頃、すなわち1976年以降となるだろう。

(3) 以上のように、製油所が完成する1976~77年頃が、需給の緩和する時期とする見方もあるが、需要も年々増加するので、当分供給過剰状態にはならない見通しである。

3-2 西欧の需給状況

3-2-1 芳香族不足の背景

米国における製油能力の不足と、これによってもたらされた芳香族の不足は西欧における芳香族バランスに重大な影響を与えている。

すなわち、米国における製油能力の不足は、増大するガソリンおよび芳香族の需要を補うための輸入を一層増加させることになり、この結果西欧においては、

(1) 西欧における需要増加に加えて

(2) 米国ユーザーによる西欧市場における旺盛な買いあさりがあり、

(3) 米国からの輸入減も、一層西欧における芳香族バランスを悪化させている。

さらに、ICI社のエチレンプラント（ $450 \times 10^3 \text{ t/y}$ ）の爆発事故、BP社のエチレンプラント（ $340 \times 10^3 \text{ t/y}$ ）の火災事故も芳香族の不足に拍車をかけている。

3-2-2 西欧のベンゼン需給状況

西欧におけるベンゼンの需給バランスを表V-12に示す。1973年は、生産能力 $4.74 \times 10^6 \text{ ton}$ に対し実生産は、稼働率80%に相当する $3.78 \times 10^6 \text{ ton}$ である。一方、需要は $4.23 \times 10^6 \text{ ton}$ と推定されており、西欧全体でみた需給ギャップは、 $0.45 \times 10^6 \text{ ton}$ の不足を示している。また、1974年においても、ベンゼンの需給ギャップは $0.5 \times 10^6 \text{ ton}$ の不足とみられ、西欧におけるベンゼン不足の深刻さを知ることが出来る。

西欧における芳香族の需給が、米国の動向に左右される面が極めて大きいことを考えると、現在の不足状況は、米国の需給が緩和するまで続くであろう。

表 V-12 西ヨーロッパのベンゼン需給バランス

		(10^3 ton)			
		1972	1973	1974	1975
Supply	Flowsheet Capacity	-	4,740	5,120	-
	Production	-	3,780	4,260	-
Demand	Styrene	1,535	1,885	2,245	2,670
	Cumene/Phenol	785	840	890	960
	Cyclohexane	700	780	860	950
	Aniline	185	225	250	285
	Maleic Anhydride	150	160	170	190
	Alkylbenzene	190	195	200	210
	Others	145	150	160	170
	Total	3,690	4,235	4,775	5,435
Balance		-	-455	-515	-

3-3 日本の需給状況

日本における芳香族の不足は、米国・西欧とはその原因を異にしている。

3-3-1 日本のベンゼン需給状況

日本のベンゼンの生産量と輸出入量実績を表V-13に示す。ベンゼンの供給源をみると、石油系は1966年に石炭系をしのぎ、1972年には85%の比率を占めた。生産量は1960年代に年平均伸び率20~40%で急増したが、1971年以降は、10%以下の年平均伸び率にとどまった。それにもかかわらず、輸出量は停滞していない。

消費実績は図V-8の通りである。スチレンが40%以上のシェアを占め、ついでシクロヘキサン、フェノールが大口である。ところで、日本のベンゼン需給構造は次のような特徴を持っている。

(1) 供給源は、分解ガソリン系が主体である。

表V-14に、日本と米国の1973年におけるベンゼンの供給源を示す。米国は改質油系が

表 V-13 日本のベンゼン生産量と輸出，輸入量

(ton)

	Production			Growth Rate(%)	Export	Import
	Petroleum	Coal	Total			
1953	-	32,611	32,611	-	-	-
54	-	33,212	33,212	1.8	-	-
55	-	40,556	40,556	22.1	-	-
56	-	56,648	56,648	39.7	-	-
57	-	59,759	59,759	5.5	-	-
58	4,913	59,578	64,491	7.9	-	-
59	10,906	81,483	92,389	43.3	-	-
60	14,835	118,721	133,556	44.6	-	-
61	27,327	136,670	163,997	22.8	-	-
62	55,925	141,491	197,416	20.4	3,097	-
63	83,588	167,754	251,342	27.3	436	12,221
64	98,775	209,008	307,783	22.5	10,488	36,476
65	143,013	238,184	381,197	23.9	25,417	21,765
66	279,074	250,161	529,235	38.8	38,973	537
67	370,995	281,552	652,517	23.3	24,721	-
68	541,034	321,121	862,155	32.1	22,786	19,579
69	883,699	337,715	1,221,414	41.7	48,881	17,764
70	1,212,938	371,751	1,584,689	29.7	102,523	1,532
71	1,370,571	318,454	1,689,025	6.6	145,308	5,726
72	1,576,923	274,637	1,851,560	9.6	224,342	14,893
73	1,739,132	256,169	1,995,301	7.8	129,654	24,739

Source: Kagaku Kogyo Tookei Nenpoo
(Year Book of Chemical Industries Statistics)
Nihon Bookei Geppyo (Japan Exports & Imports)

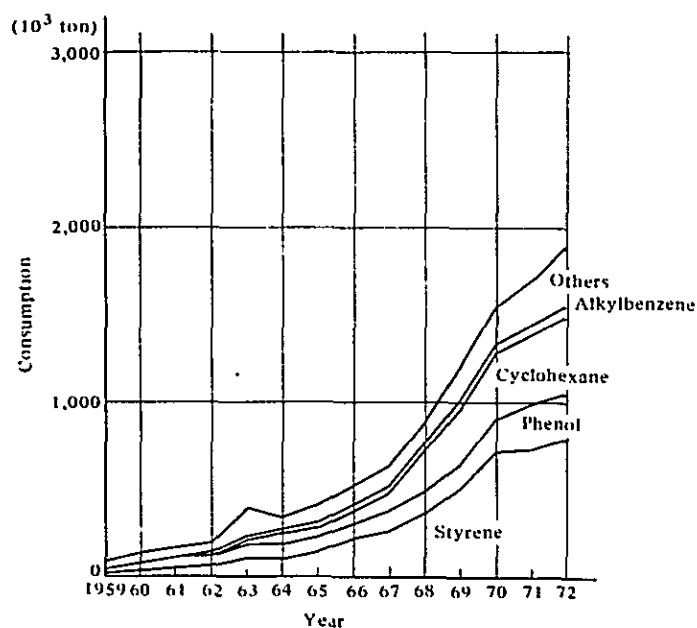


図 V-8 日本のベンゼン消費量

表 V-14 日本と米国のベンゼン生産原料の種類と割合(1973)

	(%)	
	Japan	USA
Pyrolysis Gasoline	53	11
Reformate	7	55
Dealkylation	25	27
Coal Tar	15	7
Total	100 (1,950) ¹⁾	100 (4,700) ¹⁾

Note: 1) () shows total production amount in 10³ ton.

55%と主体であるのに対し、日本では、ナフサ分解によってエチレンを生産する際に副生する、分解ガソリンから得られる芳香族中のベンゼン、すなわち分解系ベンゼンが供給の53%を占めている。脱アルキル系ベンゼンは日本、米国共、供給源の1/4を占めている。日本における改質油系ベンゼンは、わずかに7%である。

(2) 需給調整は輸出によっている。

こうした供給源から明らかなように、日本におけるベンゼン生産量はエチレンの生産によって左右され、直接需要とは関係を持つことが出来ない。これまでエチレンは大幅な生産増加を続けたので、日本のベンゼンは供給過剰状態を示してきた。このため、芳香族メーカーは芳香族事業の採算悪化を防ぐため、翌年の推定生産量と推定内需量の差の推定余剰分を、前年度中に積極的に輸出契約して、需給を作為的に均衡させてきた。このため、内需量が推定より上回ったり、生産量が推定より下回った場合には、一方で相当量の輸出を行ないながら、国内でベンゼン不足状態を来すということもあった。

1973年は出光石化、大阪石化等のエチレンプラント事故により、生産が推定以下になったため、需要がかなりおさえられた。1974~75年の需給見通しは表V-15に示す通りで、既契約の輸出を含めると、需給はほとんど均衡し、バランス上新たな輸出余力はなくなると見られる。

3-3-2 日本のトルエン需給状況

生産量および輸出入量の実績は表V-16の通りである。トルエンは主として改質装置およびナフサ熱分解装置から、需要とは無関係に供給される。一方、需要は表V-17に見るように、溶剤用と脱アルキル用が主体であるが、日本では脱アルキル用水素が不足しているため、脱アルキル用消費が低迷している。したがって、積極的に輸出をして需給バランスをはかっている。

今後、ガソリン・ブレンド用トルエンの需要が増加するとはいえ、トルエンはベンゼン、キシレンに比べ、比較的緩和した需給状態が続くと見られる。

表 V-15 日本のベンゼン需給バランス

(10³ ton)

		1972	1973	1974	1975
Supply	Pyrolysis Gasoline	930	1,030	1,130	1,230
	Reformate	100	130	240	250
	Dealkylation	520	490	530	650
	Coal Tar	300	300	330	330
	Sub-Total (Production)	1,850	1,950	2,230	2,460
	Import	18	30	-	-
	Total	1,868	1,980	2,230	2,460
Demand	Styrene	793	-	-	-
	Cyclohexane	434	-	-	-
	Cumene/Phenol	260	-	-	-
	Alkylbenzene	64	-	-	-
	Maleic Anhydride	32	-	-	-
	Others	83	-	-	-
	Sub-Total (Domestic)	1,666	1,910	2,150	2,430
	Export	230	75	56 ~ 66	-
	Total	1,896	1,985	2,206 ~ 2,216	2,430
Balance		-28	-5	24-14	30

表 V-16 日本のトルエン生産量と輸出，輸入量

(ton)

	Production				Export	Import
	Petroleum	Coal	Total	Growth Rate (%)		
1953	-	6,717	6,717	-	-	-
54	-	6,685	6,685	-0.5	-	-
55	-	7,738	7,738	15.8	-	-
56	-	9,465	9,465	22.3	-	-
57	-	10,387	10,387	9.7	-	-
58	8,975	12,564	21,539	107.4	-	-
59	27,779	17,162	44,941	108.6	-	-
60	34,563	26,494	61,057	35.9	-	-
61	55,919	32,132	88,051	44.2	-	-
62	74,382	34,756	109,138	23.9	179	1,990
63	96,024	37,596	133,620	22.4	432	8,383
64	112,066	44,751	156,817	17.4	2,924	28,599
65	138,738	47,778	186,516	18.9	3,127	25,882
66	200,322	52,499	252,821	35.5	2,972	29,978
67	253,757	55,269	309,026	22.2	2,633	10,083
68	300,938	59,197	360,135	16.5	7,131	7,443
69	535,959	54,456	590,415	63.9	53,715	573
70	719,147	55,866	775,013	31.3	108,267	3,033
71	739,539	50,985	790,524	2.0	141,769	-
72	791,469	41,478	832,947	5.4	167,697	13,000
73	890,689	27,777	918,466	2.7	127,012	21

Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
(Year Book of Chemical Industries Statistics)
Nihon Boeeki Geppyo (Japan Exports & Imports)

表 V-17 日本のトルエン消費量

							(ton)
	Domestic					Export	Total
	Solvent	Dealkylation	TPA	Others	Sub-Total		
1970	301,500	214,700	24,500	134,000	674,700	108,400	783,100
71	316,200	179,100	25,800	123,800	644,900	142,400	787,300
72	338,000	171,800	24,800	142,300	676,900	167,700	844,600
73	365,000	253,700	25,600	157,500	801,800	78,000	879,800
74	387,100	254,000	25,600	165,100	831,800	100,000	931,800
75	410,800	254,000	25,600	188,500	878,900	100,000	978,900
76	436,100	254,000	25,600	196,600	912,300	100,000	1,012,300
77	463,200	254,000	25,600	204,500	947,300	100,000	1,047,300

Source: Sekkakyo (The Association of Petrochemical Industry in Japan)
(June, 1973)

3-3-3' 日本の混合キシレン需給状況

生産量および輸出入量の実績を表V-18に示す。1969~72年は、輸出により需給の均衡をはかった。表V-19に需給の詳細を示す。

表 V-18 日本の混合キシレン生産量と輸出，輸入量

							(ton)
	Production				Export	Import	
	Petroleum	Coal	Total	Growth Rate (%)			
1953	-	1,295	1,295	-	-	-	
54	-	1,223	1,223	-5.6	-	-	
55	-	1,234	1,234	0.9	-	-	
56	-	1,656	1,656	34.2	-	-	
57	-	1,765	1,765	6.6	-	-	
58	7,128	2,343	9,471	436.6	-	-	
59	16,338	3,457	19,795	109.0	-	-	
60	26,136	5,754	31,890	61.1	-	-	
61	42,344	6,320	48,664	52.6	-	-	
62	53,184	7,515	60,663	24.7	434	6,123	
63	63,069	8,161	71,230	17.4	2,567	5,877	
64	73,188	10,575	83,763	17.6	4,262	14,598	
65	91,133	9,780	100,913	20.5	9,114	6,621	
66	137,579	11,585	149,164	47.8	14,496	8,185	
67	183,760	11,049	194,809	30.6	7,911	13,500	
68	278,572	11,257	289,829	48.8	3,119	10,404	
69	531,820	10,238	542,067	87.0	33,912	8,111	
70	752,447	7,457	759,904	40.2	94,215	1	
71	849,948	5,663	855,611	12.6	90,671	1,280	
72	925,205	4,087	929,292	8.6	79,332	9,137	
73	1,057,083	1,015	1,058,098	13.9	73,479	23,579	

Source: Kagaku Koogyo Tookai Nenpoo
(Year Book of Chemical Industries Statistics)
Nihon Boeki Geppyo (Japan Exports & Imports)

表 V-19 日本の混合キシレン供給バランス

(10³ ton)

		1972	1973	1974	1975
Supply	Reformate	620	730	935	1,060
	Pyrolysis Gasoline	330	350	370	390
	Coal Tar	30	40	40	40
	Sub-Total (Production)	980	1,120	1,345	1,490
	Import	16	40	40	40
	Total	996	1,160	1,385	1,530
Demand	Isomerization	787	978	1,195	1,361
	Solvent & Others	161	166	176	188
	Sub-Total (Domestic)	948	1,144	1,371	1,549
	Export	47	14	-	-
	Total	995	1,158	1,371	1,549
Balance		1	2	14	-19

(1) 混合キシレンの供給源

1973年でみると、改質油系混合キシレンは供給の65%を占めており、分解ガソリン系は31%、石炭乾留系は4%である。

また、分解ガソリン系及び石炭乾留系混合キシレンは、それぞれエチレンプラントおよび石炭乾留の副生品的性格が強いのに対し、改質油系混合キシレンのみが混合キシレンを含む芳香族の生産を目的として運転されている。

(2) 混合キシレンの種類

混合キシレンは供給源によりその組成を異にしている。表V-20に典型的な混合キシレン組成を記す。

表 V-20 混合キシレンの原料別キシレン異性体の代表的分析例

(%)

	Catalytic Reformate	Pyrolysis Gasoline	Disproportionation	Coke Oven
Ethylbenzene	17 - 20	53	Nil	15 - 23
p-Xylene	16 - 20	10	26	15 - 17
m-Xylene	35 - 40	25	50	42 - 44
o-Xylene	19 - 26	12	24	14 - 20

Source: Hydrocarbon Processing (July, 1971, p. 113)

これから明らかなように、分解ガソリン系のみエチルベンゼン含有率が53%と高く、他は20%程度である。化学構造式から明らかなように、メタキシレン、オルソキシレンは容易にパラキシレンに異性化することができるが、エチルベンゼンはパラキシレンに異性化するのが比較的難しい。したがって、パラキシレン・メーカーはパラキシレンの生産効率をあげるため、エチルベンゼン含有量の少ない改質油系混合キシレンを好んで使用する。

一方、溶剤用混合キシレンは、特に組成に関しては制約がないため、主として、分解ガソリン系混合キシレンが使われている。

(3) 混合キシレンの需要

1973年でみると、異性化用（パラキシレン・メーカー向けでパラキシレン、オルソキシレンおよびエチルベンゼン生産用）が内需の85%を占めており、残りはほとんどが溶剤向けである。今後も、パラキシレンの生産増大に応じ、異性化用混合キシレンの需要は伸びる見込みである。

(4) 混合キシレンの需給見通し

表V-19に明らかなように、混合キシレン全体でみると、1974～75年共4010³ tonの輸入をして、需給が均衡する見通しである。したがって、輸出余力はなくなるであろう。

ところがこれを品種別に見ると、異性化用の改質油系混合キシレンは不足し、溶剤用の分解ガソリン系混合キシレンが余ることになる。そのため、パラキシレン・メーカーは本来好ましくない、分解ガソリン系混合キシレンを無理して使用しなければならないことになる。

4. ポリエステル原料

4-1 概説

ポリエステルは、各種合繊の中でも最も伸びの大きいものと期待されている。したがって、原料であるパラキシレン、p-TPA/DMTの増設が計画されているが、それでも今後の需給見通しは明るくない。本章ではポリエステル製造の2つの方法、すなわちp-TPA法とDMT法について、その将来の動向を考察し、p-TPAとDMTそれぞれの需給予測を行った。それによると、p-TPAの不足が顕著であり、DMTは将来需要先を失うため、特に東南アジア地区において

1976年以降にDMTプラントを新設するのは、非常にリスクの大きいプロジェクトであるとの結論を得た。

一方、ポリエステルのもう1つのモノマーであるエチレングリコールの不足も深刻である。エチレンオキサイドおよびエチレングリコールはエチレンの誘導品であって、ポリエステル用以外にも不凍液等、伝統的な大きな用途をもっており、そのためエチレンオキサイドおよびエチレングリコールの増設は、従来必ずしもポリエステルの増設と直結して考えられていなかった。そして近年のエチレン不足は、ポリエステルの伸びの見通しとは無関係に、エチレンオキサイド/エチレングリコール・メーカーに対し、その増設計画を遅延させる要因となった。

4-2 p-TPA/DMT

4-2-1 p-TPA/DMTの過去の需給状況

過去の実績に関するデータを表V-21～V-25に示す。米国および西独は、DMTの輸出国である。日本では、DMTは1970年までは輸入していたが、1971年以降輸出国になり、1971年60 10³ ton, 1972年120 10³ tonを主に東南アジア向けに出荷した。これは、東南アジア諸国と日本の合機関係合併企業向けに輸出されたものであるが、1972年の輸出量は、日本の全生産量の19%に当る。しかし、その後の原料不足の状況下において、日本がこのような大量のDMTを今後長期にわたり、輸出し続けられるかどうか疑問である。c-TPAは国内で消費され、輸出入はほとんどない。

表 V-21 米国のc-TPA生産量

	(ton)	
	Production	Growth Rate (%)
1965	-	-
66	233,091	-
67	314,790	35.1
68	420,304	33.5
69	-	-
70	602,813	-
71	717,577	19.0
72	874,933	21.9

Source: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)

表 V-22 米国のDMT生産量と輸出量

	(ton)		
	Production	Growth Rate (%)	Export
1962	-	-	-
63	150,108	-	-
64	161,294	7.8	-
65	247,020	53.1	-
66	361,732	46.4	-
67	424,639	17.4	-
68	593,811	39.8	-
69	-	-	-
70	656,331	-	58,356
71	788,647	20.2	72,229
72	983,080	24.7	52,493
73			76,095

Source: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)

表 V-23 西ドイツのDMT輸出, 輸入量

	(ton)	
	Export	Import
1966	-	-
67	26,244	4,279
68	30,976	9,825
69	27,347	8,314
70	25,777	11,800
71	-	-
72	-	-

Source: Trade Statistics of West Germany

表 V-24 日本のc-TPA生産量と消費量

	(ton)				
	Production	Growth Rate (%)	Consumption 1)	Export	Import
1957	-	-	-	-	-
58	1,726	-	1,677	-	-
59	11,489	565.6	11,066	-	-
60	25,156	119.0	23,832	-	-
61	37,636	49.6	36,310	-	-
62	46,724	24.1	46,235	-	-
63	55,592	19.0	58,552	-	-
64	69,693	25.4	68,977	-	-
65	77,795	11.6	78,440	-	6
66	110,352	41.8	110,451	-	6
67	129,560	17.4	130,223	-	115
68	166,282	28.3	163,154	-	-
69	194,247	16.8	194,175	-	48
70	257,762	32.7	263,552	168	977
71	353,763	37.2	347,352	238	186
72	428,073	21.0	450,601	606	251
73	525,858	22.8	560,552	6,067	1

Note: 1) Including export Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
 (Year Book of Chemical Industries Statistics)
 Nihon Boeeki Geppyo (Japan Exports & Imports)
 Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers Handbook)

表 V-25 日本のDMT生産量と消費量

	(ton)				
	Production	Growth Rate (%)	Consumption 1)	Export	Import
1961	-	-	-	-	-
62	-	-	-	-	72
63	-	-	-	-	2,972
64	-	-	-	-	6,605
65	-	-	-	-	481
66	-	-	-	-	2
67	149,408	-	150,434	-	8,881
68	219,321	46.8	213,935	-	350
69	290,459	32.4	291,594	-	5,213
70	401,719	38.3	409,492	5,187	34,319
71	551,326	37.2	593,639	59,694	1,497
72	647,797	17.5	669,784	124,346	-
73	720,299	11.2	772,373	108,989	998

Note: 1) Including export Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
 (Year Book of Chemical Industries Statistics)
 Nihon Boeeki Geppyo (Japan Exports & Imports)
 Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers Handbook)

図V-9に世界のp-TPAおよびDMTの設備能力と消費の実績を示す。表中の装置稼働率から明らかなように、1967~72年の間は、需給関係は均衡ないしわずかに供給過剰の状態であったが、1973年はp-TPA/DMTの消費量が設備能力を上回り、市況はタイト化し、在庫の取りつぶし等でのいだことになる。

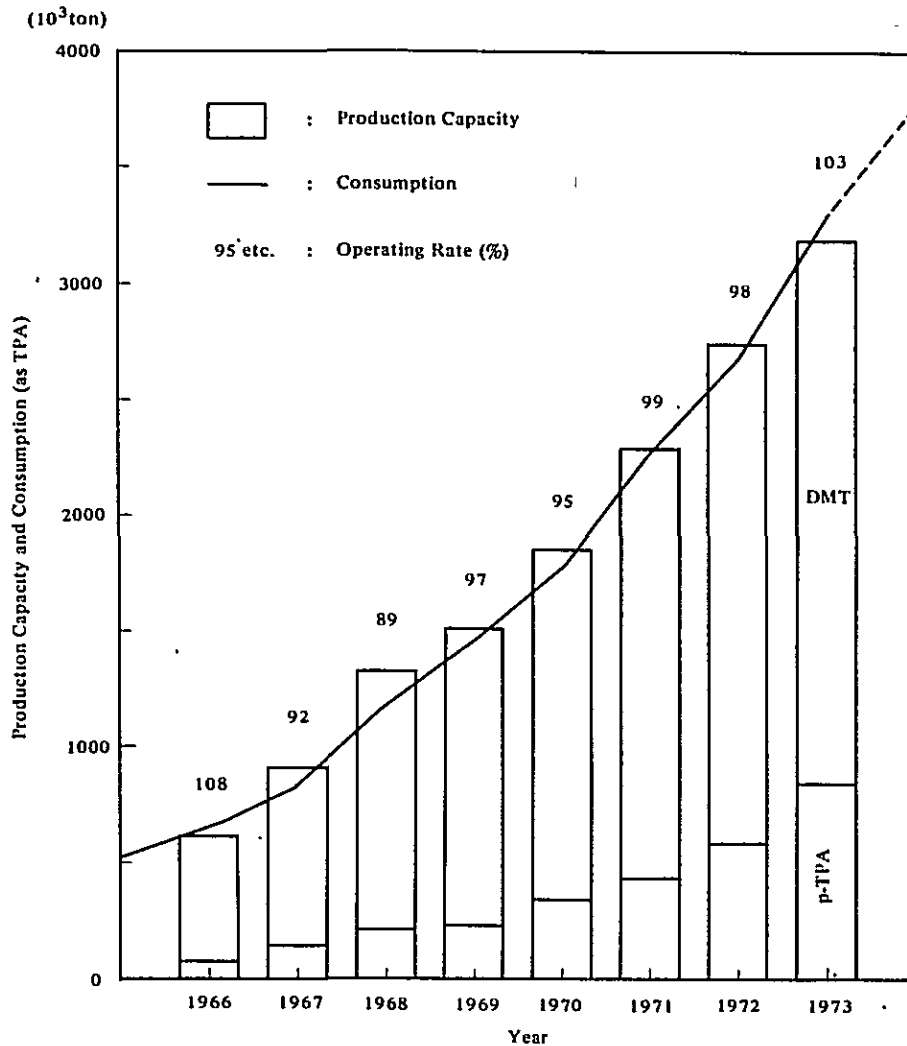


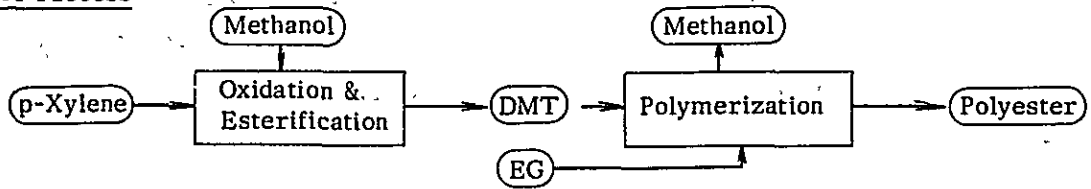
図 V-9 世界のp-TPA, DMT需給バランス

4-2-2 p-TPA法とDMT法に関する各メーカーの動向

すでに衆知のように、ポリエステル製造法には図V-10に示すような2法がある。

p-TPA法はDMT法に比べると新しいプロセスであるが、最近急速にシェアが増大してきている。ここで、原料メーカーおよび繊維メーカーの動向について説明する。

DMT Process



p-TPA Process

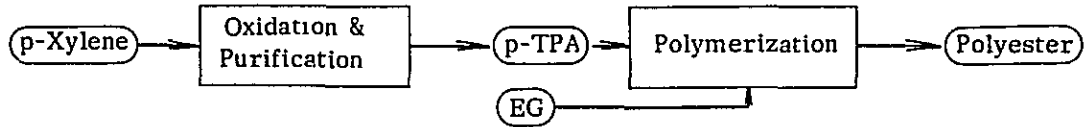


図 V-10 ポリエステル製造工程

(1) 原料メーカーの動向

表 V-26 に各社別 p-TPA 設備の新增設計画を示す。1973 年末で 870 10³ ton の能

表 V-26 世界の主要会社の P-TPA プラントの増設計画 (10³ ton)

		Capacity at the end of 1973	Increase 1974 - 1976	Total Capacity at the end of 1976
Amoco	(USA)	341	+ 495	836
Hercules	(USA)	116		116
ICI	(UK)	155		155
Amoco	(Belgium)	68		68
Rhône-Poulenc	(France)	0	+ 50	50
Montedison	(Italy)	44	+ 80	124
CEPSA	(Spain)	0	+ 50	50
Toray	(Japan)	25	+ 77	102
Mitsubishi Chemical	(Japan)	18 1)	+ 150	150
Mitsui Petrochemical	(Japan)	0	+ 80	80
Mizushima Aroma	(Japan)	36		36
Matsuyama Petrochemical	(Japan)	25	+ 25	50
East Germany		45		45
Total		873	+ 1,007	1,862

Note: 1) This plant is scheduled to be scrapped.

力が、1976年末には 1.86×10^6 ton と2.1倍に能力アップされる。

ここで注目されるのは、Witten法DMTの最大手メーカーであるHercules社が、ユーザー側の強い要求により、ついにp-TPAを製造せざるを得なくなった点である。これは、DMTの将来の衰退方向を示す象徴的な出来事と受けとられている。ICI社は自社のDMT設備を、すべてp-TPA設備にリブレースすることである。また、表V-26以外にDu Pont社とHoechst社が、p-TPA設備の新設を計画しているようである。

1974年と1977年のp-TPAおよびDMTの設備能力を比較すると、表V-27の通りである。1974~77年にかけての設備能力の増加は、p-TPA 800×10^3 ton に対し、DMTはわずかに 480×10^3 tonで、いかに原料メーカーがp-TPAに指向しているかがわかる。その結果、p-TPAのシェアは1977年には、27%から36%へ増加しよう。

表 V-27 P-TPAおよびDMT設備の増設計画

	Flowsheet Capacity(10^3 ton as TPA)				Share (%)	
	1974	Increase	1977	1977/1974	1974	1977
p-TPA	1,064	+798	1,862	1.75	27	36
DMT	2,862	+483	3,345	1.17	73	64
Total	3,926	+1,281	5,207	1.33	100	100

(2) 合繊メーカーの動向

現在判明している情報をもとに、ポリエステル繊維大手メーカーの動向をまとめると表V-28のようになる。今後積極的にp-TPA法を採用していくと思われる会社は、Celanese社(米国)、Rhone-Poulenc社(仏)、東レ(日本)、ICI社(英国)、東洋紡(日本)、Monsanto社(米国)、Montedison社(伊)等である。特に、ICI社は原料、繊維両段階共非常に積極的にp-TPA法への転換をはかっている。

一方、p-TPAを原料とする直重法採用に消極的なグループには、Eastman社(米国)、帝人(日本)、Hoechst社(西独、米国)、AKZO社(西独)があげられる。AKZO社を除いて、すべてDMTプラントを持っており、特に帝人、Hoechst社はWitten法を採用しているため、たとえp-TPA法に転換したくとも出来ない状態にある。しかし、各社共p-TPA法の検討を始めているようである。

なお、Du Pont社はp-TPA法採用の検討をしていると言われているが、どちらにするかまだ未定のようなようである。

表 V-28 大手ポリエステル繊維メーカーグループの動向

Group	Company		Reported Capacity in 1973 (t/d)	Comment
p-TPA Group	Celanese	(USA)	870	Producing both FY and SF by p-TPA process
	ICI	(UK)	318	Producing almost all FY and SF by p-TPA process since early 1973
	Toray	(Japan)	330	Producing SF by p-TPA process these ten years and planning also FY production
	Monsanto	(USA)	149	Producing all FY by p-TPA process
	Rhône-Poulenc	(France)	336	Constructing p-TPA plant of 50,000 t/y
	Montedison	(Italy)	128	Planning to expand existing p-TPA plant of 44,000 t/y to 124,000 t/y
	Toyobo	(Japan)	170	Producing SF by p-TPA process and planning also FY production
DMT Group	Eastman	(USA)	479	Producing DMT by Eastman process
	Hoechst	(W. Germany)	318	Producing DMT by Witten process
	Teijin	(Japan)	330	Producing DMT by Witten process
	Hoechst	(USA)	236	Producing DMT by Witten process
	AKZO	(W. Germany)	179	-
Unknown Group	Du Pont	(USA)	1,081	Considering to adopt p-TPA process in future

ここで世界のポリエステル・メーカーの1981年の推定設備能力を、次のような前提のもとにp-TPA法とDMT法に分類する。

- 前提 (A) 表V-28のp-TPAグループおよびその関連会社、ならびにすでにp-TPA法の採用を考慮している会社は、1981年までに設備のすべてをp-TPA法に転換する。
- (B) 表V-28のDMTグループおよびその関連会社は、1981年まではp-TPA法を採用しない。
- (C) 表V-28のUnknownグループおよび(A)、(B)に当てはまらない会社は、設備の $\frac{1}{2}$ をp-TPA法、 $\frac{1}{2}$ をDMT法で運転する。

結果を表V-29に示す。p-TPA法の比率は世界全体で58%となる。

表 V-29 ポリエステル繊維地域別生産能力予測(1981年)

Area	Estimated Capacity in 1981 (t/d of fiber)			Share (%)	
	p-TPA Process	DMT Process	Total	p-TPA Process	DMT Process
East and West Europe ¹⁾	4,406	3,756	8,162	54	46
South and North America	6,111	4,710	10,821	56	44
Asia, Africa, Oceania ²⁾	4,125	1,966	6,091	68	32
Total	14,642	10,432	25,074	58	42

Notes: 1) Including U.S.S.R.
2) Including Japan

4-2-3 p-TPA法とDMT法のマクロ的動向

以上直重化に対する各社の動きを述べたが、次にマクロ的見地から直重化の現状と将来を考察する。

世界のp-TPAの実際の使用量は把握できないが、生産能力で比べると、表V-30のように1966年に12%であったものが、1973年に27%、1977年には36%になると推定され、p-TPAシェアの年平均伸び率は1966~77年で10.5%である。

表 V-30 世界のP-TPA, DMTの生産能力比率¹⁾

	(% as TPA)	
	p-TPA	DMT
1966	12 (-) ¹⁾	88
67	16 (33)	84
68	16 (0)	84
69	15 (-6)	85
70	18 (20)	82
71	19 (6)	81
72	21 (10)	79
73	27 (29)	73
74	27 (0)	73
75	32 (18)	68
76	34 (6)	66
77	36 (6)	64

Note: 1) () shows annual growth rate of the share of p-TPA process in %.
Average value from 1966 to 1977 is 10.5%.

また、Amoco社によると、米国のp-TPAおよびDMTの生産量の実績および推定は表V-31、図V-11の通りで、p-TPAのシェアは1970年で26%、1976年には50%、1980年には57%になると結論されている。1966~80年のp-TPAシェアの年平均伸び率は14%である。

ところで、ある化学製品を製造する場合、異なるルートを経る複数の製法が拮抗した時、各製法がどのように盛衰するかを考えてみる。合繊原料の中で、この事例に当てはまるものとして、酸化エチレンとアクリロニトリルがあげられる。

表 V-31 米国の p-TPA, DMT の生産量

	Production (ton as TPA)			Share (%)	
	p-TPA	DMT	Total	p-TPA	DMT
1960	-	47,180 (54,886) ¹⁾	47,180	-	-
62	-	67,100 (78,019)	67,100	-	-
64	454	138,870 (161,482)	139,324	0.3	99.7
65	2,722	-	-	-	-
66	30,391	311,300 (361,973)	341,691	9 (-) ²⁾	91
67	62,597	-	-	-	-
68	124,286	510,640 (593,762)	634,926	19 (45)	81
69	170,100	599,580 (697,183)	769,680	22 (13)	78
70	190,512	526,630 (612,360)	717,142	26 (20)	74
72	317,520	688,520 (800,604)	1,006,040	31 (9)	69
74	567,000	780,190 (907,200)	1,347,190	42 (16)	58
76	884,520	877,720 (1,020,600)	1,762,240	50 (9)	50
78	1,179,360	936,230 (1,088,640)	2,115,590	55 (6)	45
80	1,315,440	975,240 (1,134,000)	2,290,680	57 (1)	43

Source: H.A. Leipold and G.C. Brooks, (Amoco Chemical Co.)
 Outlook for Synthetic Fibers - Polyester Fiber Feedstocks
 in the 1970's - Terephthalic Acid and Its Dimethyl Ester

Notes: 1) () shows actual amount of DMT
 2) () shows annual growth rate of the share of p-TPA process in %.
 Average value from 1966 to 1980 is 14%.

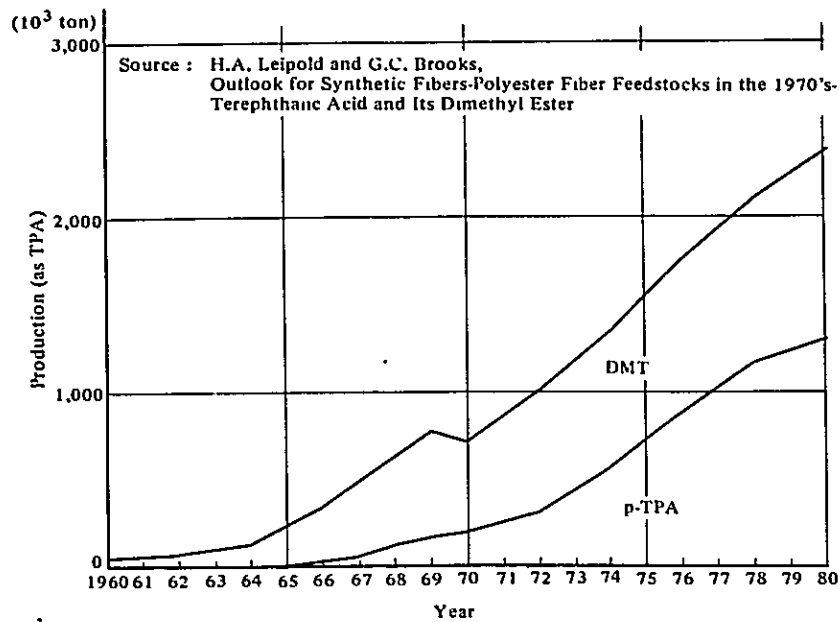
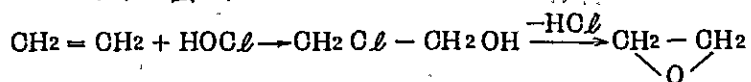


図 V-11 米国の p-TPA, DMT 生産量

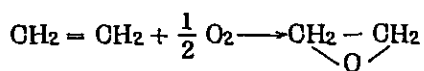
(1) 酸化エチレン

製法としては、エチレンを出発原料とするクロロヒドリン法と直接酸化法とがある。

クロロヒドリン法



直接酸化法



米国における製法別酸化エチレン生産量と、各製法のシェアは表V-42の通りである。ここで直接酸化法のシェアの年次変化を片対数グラフにプロットすると図V-12が得られる。

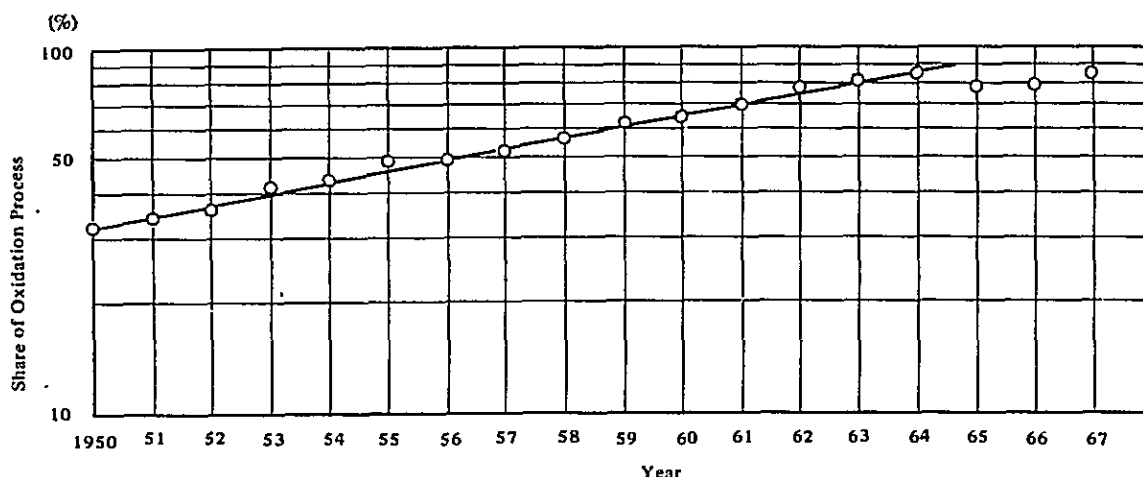
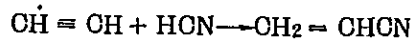


図 V-12 米国のエチレンオキサイド生産に占める
空気酸化プロセスの割合

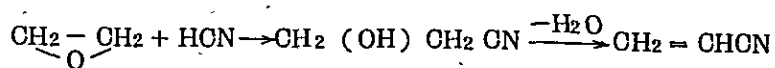
(2) アクリロニトリル

アセチレン法、酸化エチレン法およびプロピレン法の3方法がある。

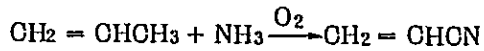
アセチレン法



酸化エチレン法



プロピレン法



米国における製法別アクリロニトリル生産量と各製法のシェアは表V-65の通りである。ここで、プロピレン法のシェアの年次変化を、片対数グラフにプロットすると図V-13が得られる。図V-12および図V-13から明らかなように、酸化エチレン、アクリロニトリルいずれの場合にも、経済的に優位な製法のシェアはそのシェアが80%を越えるまでは、指数関数的に増大している。すなわち、同一製品を製造する複数の製法が拮抗した場合優勢な製法は、他の製法をほとんど完全に駆逐するまで、そのシェアをほぼ一定の伸び率で毎年増大していくことが結論される。

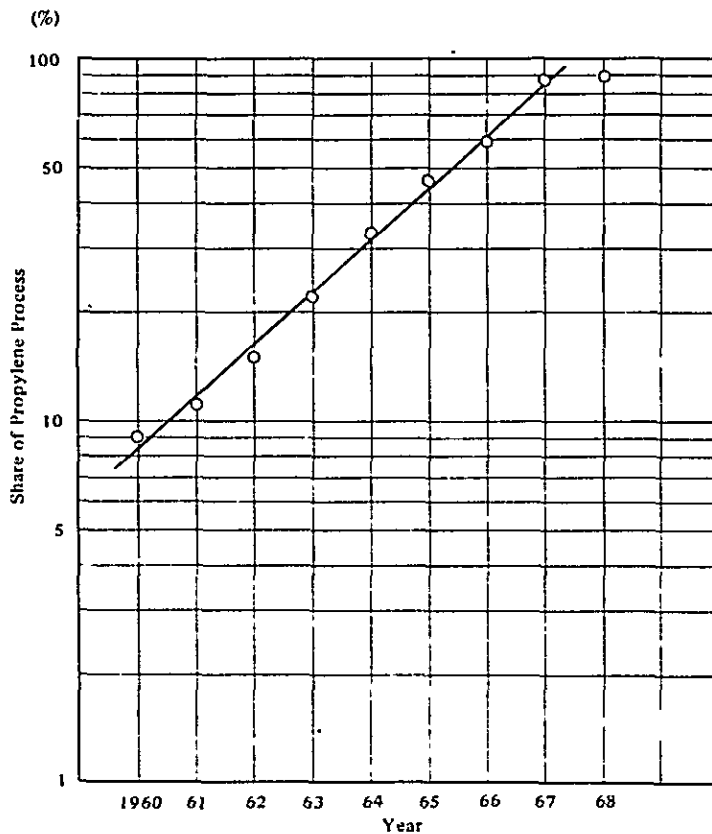


図 V-13 米国のアクリロニトリル生産に占めるプロピレンプロセスの割合

シェアの年平均伸び率は、各製法の相対的な強さに関連するものと判断され、図V-12の酸化エチレン製造の直接酸化法は年率8%、図V-13のアクリロニトリル製法のプロピレン法は年率40%の伸び率を示している。

ここでポリエステル製造のp-TPA法とDMT法の拮抗に対しても、上記経験則が適用できると仮定し、各製法の今後のシェアを、日本を含む東南アジア地区とその他地区に分けて推定

する。各製法のシェアのベース値として、日本を含む東南アジア地区の1974~76年は、実情からの推定値（p-TPA法各年25%、35%、40%）、その他地区の1974年はp-TPA/DMT生産設備能力比（p-TPA法2.8%）を使用する。また、それ以降のp-TPA法のシェアの年平均伸び率は、表V-30（世界）の10.5%および表V-31（米国）の14%の値を参考に、ここでは控え目に見積って10%とする。結果を表V-32に示す。

表 V-32 P-TPAとDMTの地域別需要予測

	(% as TPA)					
	Southeast Asia 1)		Rest of the World		Total 2)	
	p-TPA	DMT	p-TPA	DMT	p-TPA	DMT
1974	25	75	28	72	27	73
75	35	65	31	69	32	68
76	40	60	34	66	35	65
77	44	56	37	63	39	61
78	48	52	41	59	43	57
79	53	47	45	55	47	53
80	58	42	50	50	52	48
81	64	36	55	45	57	43

Notes: 1) Including Japan

2) Weighted Average of Southeast Asia and Rest of the World

これによると、日本を含む東南アジア地区ではp-TPA法は1974年25%のものが、1979年で50%を越え、1981年には64%に達すると推定される。また、その他地区では、1974年28%が1981年には55%になる。世界全体では、1974年の27%が、1980年で50%を越え、1981年には57%となるであろう。この結論は合繊メーカー各社の挙動から推定した表V-29の1981年のp-TPA法シェア世界計の58%とほぼ完全に一致している。

4-2-4 p-TPA法とDMT法の比較

では、なぜこのようにp-TPA法が今後のポリエステル繊維製造法の主流となっていくのであろうか。p-TPA法とDMT法を比較し、その理由を考察してみよう。

(1) 製品品質については、両プロセス共問題ない。

一時、p-TPA法ではFYがつくれなるとの意見もあったが、現在この点は完全に解決されている。すでに表V-28に記載したように、Celanese社（米国）、ICI社（英国）、東レ（日本）、Monsanto社（米国）、東洋紡（日本）、ANIC社（伊）等は、p-TPA法でSFのみならず、FYの製造を実施ないし計画している。したがって、製品SFおよびFYの製造および品質に関しては、p-TPA法、DMT法共全く問題ないと結論できる。

(2) p-TPA法は経済性が高い。

ここで、p-TPA法とDMT法とによるポリエステル・チップの製造原価について比較してみよう。ポリエステル・チップ 36.5×10^3 t/yの規模でp-TPAとDMTの価格を等当り同

値として試算すると表V-33, 34に示すように、金利支払後原価として、

p-TPA法	130.2	US\$/kg-チップ
DMT法	138.2	" - "

となり明らかにp-TPA法の方が安くなる。

表 V-33 ポリエスルチップの製造原価 (p-TPA法) (36,500 t/y)

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US\$/kg)	Unit Cost (US\$/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
p-TPA	0.86	75.7	65.10
EG	0.35	60.69	21.24
Catalysts & Chemicals			2.00
Total Raw Material Costs			88.34
Utilities			
Fuel (kg)	0.06	8.3	0.50
Electricity (KWH)	0.5	2	1.00
Cooling Water (m ³)	0.05	3.2	0.16
Steam (kg)	1.6	6	9.60
Total Utility Costs			11.26
Total Variable Costs			99.60
Fixed Costs			
Wages			0.50
Depreciation			
Battery Limits			7.18
Off-Site			2.66
Building			0.26
Royalty, Eng. Fee			0.55
Pre-Operating Expenses			1.00
Int. During Construction			1.67
Total Depreciation			13.33
Repairs and Insurance			4.79
Taxes			0.00
Plant Overhead Costs			0.50
Total Fixed Costs			19.12
Running Royalty			0.00
Factory Costs			118.72
Selling Expenses			0.00
General Administrative Exp.			3.56
Total Product. Cost Before Int.			122.28
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			3.21
Int. on Working Capital			4.75
Total Interest			7.96
Total Product. Cost Including Int.			130.24

Working Capital (10 ³ US\$)	14,443
Total Investment Cost *(10 ³ US\$)	63,993

* Including Land Price & Working Capital

表 V-34 ポリエステルチップの製造原価 (DMT法)

(36,500 t/y)

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US\$/kg)	Unit Cost (US\$/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
DMT	1.0	75.7	75.70
EG	0.35	60.69	21.24
Catalysts & Chemicals			2.00
Rec. Methanol	0.33	-16.425	-5.42
Total Raw Material Costs			93.52
Utilities			
Fuel (kg)	0.08	8.3	0.66
Electricity (KWH)	0.5	2	1.00
Cooling Water (m ³)	0.05	3.2	0.16
Steam (kg)	1.8	6	10.80
Total Utility Costs			12.62
Total Variable Costs			106.15
Fixed Costs			
Wages			0.52
Depreciation			
Battery Limits			6.99
Off-Site			3.19
Building			0.26
Royalty, Eng. Fee			0.55
Pre-Operating Expenses			1.06
Int. During Construction			1.75
Total Depreciation			13.81
Repairs and Insurance			5.02
Taxes			0.00
Plant Overhead Costs			0.52
Total Fixed Costs			19.87
Running Royalty			0.00
Factory Costs			126.02
Selling Expenses			0.00
General Administrative Exp.			3.78
Total Product. Cost Before Int.			129.80
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			3.37
Int. on Working Capital			5.04
Total Interest			8.41
Total Product. Cost Including Int.			138.21

Working Capital (10³ US\$) 15,332

Total Investment Cost *(10³ US\$) 67,321

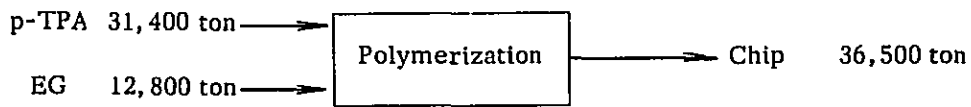
* Including Land Price & Working Capital

さらに、p-TPA/DMTの金利支払後原価は第IX編に述べるように、p-TPA $70 \cdot 10^3$ t/y または DMT $77 \cdot 10^3$ t/y の場合で、p-TPA 62.2 US¢/Kg, Witten DMT 70.9 US¢/Kg であり、p-TPA が安い。この点を考慮すると、パラキシレンを出発原料としたときの p-TPA 法ポリエステル・チップ製造法の経済性は、DMT 法に比べてさらに高くなることが結論できる。

(3) p-TPA法は輸送物量が少ない。

図 V-14 に $36.5 \cdot 10^3$ t/y (100 t/d) のポリエステル・チップの物質収支を示す。まず原料についてみると p-TPA の搬入量は年間 $31.4 \cdot 10^3$ ton, 一方 DMT は $36.5 \cdot 10^3$ ton で p-TPA の方が年間 $5.1 \cdot 10^3$ ton 少ない。エチレングリコールは両プロセスで差はない。

p-TPA Process



DMT Process

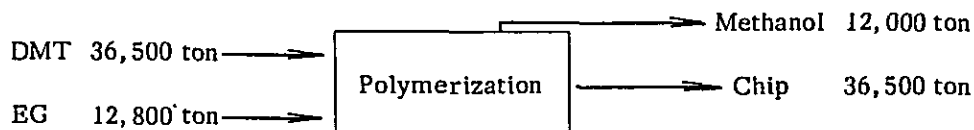


図 V-14 p-TPA と DMT の重合時の物質収支
(チップ 100 t/d, 36,500 t/y)

副生物は p-TPA 法では水なので、工場現場で処分できる。一方、DMT 法ではメタノールが年間 $12 \cdot 10^3$ ton 発生する。これは DMT 工場にもどすか、他用途に消費する必要がある。したがって、DMT 法を採用するためには DMT 工場と重合工場が隣接していることが条件になる。もし、原料工場と重合工場が離れている場合には、当然 p-TPA 法採用がさらに有利になる。

インドネシアを例にとって輸送費用を概算すると表 V-35 のようになる。原料工場を Palembang に、重合工場を Jakarta 近郊に立地させた場合には、DMT 法は p-TPA 法の 1.4 倍の輸送費用がかかることになり、DMT 法の経済性を圧迫することになる。

(4) DMT 法は公害が発生する可能性がある。

p-TPA 法では、メタノールは全く取り扱われないが、DMT 法では年間 $12 \cdot 10^3$ ton ものメタノールが系内で発生する。したがって、エジクター等からメタノールが不可避免的に廃水中に放出される。メタノールは沸点 64.6°C の有毒物質で、水に miscible である。これが微量でも水に混入すると、水中の BOD を著しく増大させる。

もし、インドネシアのように河川の水がそのまま生活用水として使われている所で、このよ

表 V-35 プロセス別ポリエステルチップの輸送費

	Transportation Cost ¹⁾		p-TPA Process		DMT Process	
	(US\$/kg)	(t/y)	(t/y)	(US\$/y)	(t/y)	(US\$/y)
p-TPA	2.7		31,400	847,800		
DMT	2.7				36,500	985,500
EG	2.6		12,800	332,800	12,800	332,800
Methanol	2.6				12,000	312,000
Total				1,180,600		1,630,300

Note: 1) Palembang to Jakarta

うなメタノール含有の工場廃水が放出された場合、人畜および魚貝類に与える被害はかなりのものになるだろう。したがって、DMT法採用工場では多額の公害対策投資をして廃水処理をしなければならぬ。

また、当然のことであるが、上記重合工場とは別に、DMTモノマー製造工場においても、メタノール公害問題が発生する可能性があり、DMT法を採用すれば、モノマー、重合両工場で常に公害発生防止に気を使わねばならないことになる。

(5) p-TPA法は将来性がある。

DMT製造技術は古い技術である。したがって技術改良の余地が少なく、現在の製造原価が精一杯の所で、今後コストダウンの見込みはほとんどない。

一方、p-TPA製造は1964年から実施され、すでに10年の実績がある。にもかかわらず、まだまだ技術改良により経済性向上の余地があると見られている。それはp-TPA製造の精製工程の改善である。これにより、安いp-TPAを製造し、これを原料にポリエステルチップのコストダウンをはかることが可能である。すでにこの方向の検討は、大手ポリエステルメーカーで行なわれており、例えば、丸善石化(日本)のHTAプロセスの採用をDu Pont社(米国)が考慮しているとの報告もある。(Oil, Paint and Drug Reporter, Jan. 14, 1974)

このような事態にすみやかに対応して、ポリエステル事業を常に経済性の高い位置に置いておくためには、これから建設するポリエステル工場はp-TPA法にしておくことである。

DMT法では、重合釜が異なるために、上述のような新しいp-TPA法をこなすことは難しい。

(6) p-TPA法は資源節約型プロセスである。

パラキシレンからポリエステルまでの工程の用役を比較すると、

p-TPA法 9,500 Kcal/Kg-チップ

DMT 法 19,200 Kcal/Kg- "

の通りであり、DMT法がp-TPA法の約2倍である。これは主として、DMT製造のプラント系内で発生するメタノールを回収するための用役差である。

1次エネルギーの石油または天然ガスは、埋蔵量に限度があることから、当然無駄に消費されることは防がなければならない。この点からみても、p-TPA法は優れたプロセスであるといえる。

以上のいくつかの理由から、p-TPA法がポリエステル製造法の主流になっていくことは疑う余地のないことであろう。

4-2-5 p-TPA/DMTの需給予測

次に、今後のp-TPAおよびDMTの需給バランスについて、日本を含む東南アジア地区とその他地区に分けて予測する。前提は次の通りである。

前提 (1) FY, SFの生産量は表IV-7, 8の値を使用する。

(2) 需給はフィルム用を含む国内需要とする。

(3) 需要のp-TPAとDMTの内訳は表V-32の値に従う。

(4) 供給は表V-36のFlowsheet Capacityをベースに推定する。

結果は表V-37の通りである。なお、この表に示した供給量は表V-36に記されている以外の新増設計画は、とりあえずないものとしてまとめた値である。したがって、需給バランス値はインドネシアを含めた新規生産者にとってのマーケットの大きさを示す値となる。

東南アジア地区の供給源は日本および台湾である。p-TPA 397 10³ ton, DMT 660 10³ tonが、現在判明している設備増設計画を含めた最大供給量である。一方、需要はTPA換算で、インドネシアで1974年23 10³ ton, 1981年182 10³ tonへ、その他地区1974年844 10³ ton, 1981年1,816 10³ tonである。インドネシアにおけるp-TPA/DMTの需要量は、1977年には80 10³ tonに達し、p-TPAとDMTの製造の経済規模に十分達すると見られる。p-TPA, DMTの需要の内訳は東南アジア全体をまとめて、p-TPA 1974年217 10³ ton, 1981年1,279 10³ ton, DMT 1974年650 10³ ton, 1981年719 10³ tonである。ここで注目すべきことは、DMT需要の経時変化である。すなわち、1974年に650 10³ tonの需要が、1979~80年に785 10³ tonとなるが、需要はここで極大値に達し、1981年には719 10³ tonと、1976年のベースまで低下することである。これはすでに日本等で手がけられているDMT法重合設備のp-TPA法への転換が進む結果生ずる現象である。

バランスを見ると、p-TPA不足は年々きつくなり、1981年には882 10³ tonに達するのに対し、DMTは1979年に124 10³ tonの不足を示したあと、需給が緩和してくる。このことから、東南アジア地区において、p-TPAプラントを今後建設することは全く問題な

表 V-36 世界のP-TPA, DMT生産能力の予測と動向

Nation	Company	Site	Process	Products	Flowsheet Capacity		Start of Operation	Comment	
					Present	Future			
	Amoco Chemical	Joliet, Ill. Decatur, Ala.	Amoco (p-Xylene)	DMT/p-TPA	68				
				p-TPA	315	540	1958	Expansion to 540,000 t/y is scheduled by the end of 1974.	
				DMT	90		1958		
	Du Pont	Old Hickory, Tenn. Gibbstown, N.J. Wilmington, N.C.	Du Pont	DMT	112				
				DMT	112				
				DMT	-	136		136,000 t/y Plant is due on stream by the end of 1973.	
				DMT	45	68	1955	The expansion Plant is due on stream in early 1974.	
U.S.A.	Hercules	Burlington, N.J. Wilmington, N.C.	Hercules/Witten (p-Xylene)	DMT	270	400	1966		
				p-TPA	-	90		90,000 t/y Plant is scheduled for completion by the end of 1973.	
	Hystroton (Hoechst)	Spartanburg, S.C.	Hercules/Witten (p-Xylene)	p-TPA	45				
	Mobil Chemical	Beaumont, Tex.	Mobil	p-TPA	68				
	Eastman	Kingsport, Tenn.	Eastman	DMT	135			Eastman Process is developed in 1971.	
France	Rhône-Poulenc	St-Fons Chalampé	Witten Rhône-Poulenc (p-Xylene)	DMT	75				
				DMT	-	50		Scheduled for completion by the end of 1973.	
				p-TPA	-	100			
Germany, Fed., Rep. of	BASF	Ludwigshafen	BASF	DMT	45				
	Huels	Marl	(p-Xylene)	DMT	24		1968		
	Dynamit Nobel	Lulsdorf	Witten (p-Xylene)	DMT	90	190	1968	Expansion to 190,000 t/y is scheduled by the end of 1973.	
		Witten	"	DMT					
	Hoechst	Gersthofen	"	DMT	200				
		Offenbach	Amoco (p-Xylene)	DMT					
	Montedison	Ferrara	Amoco (p-Xylene)	DMT	32				
		Porto Marghera	"	p-TPA	45	65	1968	Scheduled for completion by the end of 1974.	
	Italy	SIR	Porto Torres	(p-Xylene)	DMT	12		1968	
		Fibra del Tirso	Ottana	"	p-TPA	-	80		80,000 t/y Plant is scheduled for completion by the end of 1975.
United Kingdom	ICI	Wilton	Amoco	p-TPA	100				
				DMT	100				
	Petrochimie (Amoco)	Delfzijl	Amoco (p-Xylene)	DMT	25				
	Hercules	Middlesburg	Witten (p-Xylene)	p-TPA	30				
	Hoechst Holland	Flushing	"	DMT	70	80	1968	Expansion to 80,000 t/y is scheduled by the end of 1973.	
	Rio-Mit	Tarragona	Mitsui-Toatsu	DMT	50	68		Expansion to 68,000 t/y is scheduled by the end of 1975.	
Spain	Internacional Química		Amoco	DMT	-	50		Scheduled for completion by the end of 1975.	
				p-TPA	-	40		Scheduled for completion by the end of 1974.	
Portugal	Amoníaco Portugues	Estarreja		DMT/p-TPA	-	90			
				p-TPA	-	50		Scheduled for completion by the end of 1976.	
				DMT	-	30			

表 V-36-2

(10³ t/y)

Nation	Company	Site	Process	Products	Flowsheet Capacity		Start of Operation	Comment
					Present	Future		
Turkey	Pekim Petrokimya	Aliaga-Izmit	(p-Xylene)	DMT	-	40	Plan	
Belgium	Amoco Chemical Belgium	Ceel	Amoco (p-Xylene)	p-TPA	50		1969	
				DMT	50			
India	Gujarat Aromatics Project	Koyali	Witten (p-Xylene)	DMT	24		1972	Scheduled for completion by the end of 1975.
				DMT	-	33		
				DMT	-	24		24,000 t/y plant is scheduled for completion by the end of 1974.
Taiwan	Chinese Petroleum	Kaohsiung	Amoco	DMT	26		1973	
				DMT	-	20		Plan
Thailand			(p-Xylene)	DMT	-	20	Plan	
U.S.S.R.	State Complex	Novomoskovsk	Witten	DMT	7		1969	
				DMT	60		1969	Expansion to 174,000 t/y is scheduled in middle 1975.
				DMT	120	174	1970	
Czechoslovakia	Slovanit	Bratislava	V.C.H.Z. Synthestia Pardubice	DMT	12		1971	Scheduled for completion by the end of 1973.
				DMT	-	12		
German Democratic	Erdbiliverarbeitungs- werke	Schwedt	Amoco	DMT	22			
				p-TPA	20		1971	
Rumania	State Complex	Ploesti	Witten (p-Xylene)	p-TPA	-	45		Scheduled to start production by the end of 1973.
				DMT	14	64	1969	Expansion to 64,000 t/y is scheduled by the end of 1975.
Poland	Polimex	Eleha	Witten (p-Xylene)	DMT	15	63		Expansion to 63,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
				DMT	30			
				DMT	-	40		Under construction
Bulgaria	Dimetos Dimow Combine	Jambol	Witten	DMT	14			
Iran	National Petrochemical	Bander Sharpur		DMT	-	30		Scheduled for completion by the end of 1976.
Argentina	Petroquimica Sudamericana	La Plata	Witten (p-Xylene)	DMT	14	25	1972	Expansion to 25,000 t/y is planned.
				DMT/p-TPA	-	45		45,000 t/y Plant is scheduled for completion in 1973.
Brazil	Rhodilaco	Campinas	Amoco (p-Xylene)	DMT	-	30		Plan
Chile		Bahia		DMT	-	15		Plan
Colombia				DMT/p-TPA	-	25		Plan
Mexico	Petrocel	Tampico		DMT	-	91		Scheduled for completion by the end of 1974.
Teijin-Hercules	Matsuyama	Tokuyama	Hercules(p-Xylene)	DMT	36			
				DMT	50			
				DMT	100			
Mitsui Petrochemical	Iwakuni	"	Amoco (p-Xylene)	DMT	102			
				p-TPA	-	80		
Japan	Matsuyama Petrochemicals	Matsuyama	Amoco (p-Xylene)	DMT	90			
				p-TPA	-	50		

表 V-36-3 (10³ t/y)

Nation	Company	Site	Process	Products	Flowsheet Capacity		Start of Operation	Comment
					Present	Future		
Japan	Kuraray Yuka	Yokkaichi	Amoco (p-Xylene)	DMT	95			
	Toray	Tokai	Toray (p-Xylene)	p-TPA	20	100		
		Mishima	Toray	DMT	120			
	Mizushima Aroma	Mizushima	Amoco (p-Xylene)	p-TPA	36			
	Mitsubishi Chemical	Kurosaki	Henkel II (Toluene)	p-TPA	18			
			Amoco (p-Xylene)	DMT	108			
			Mitsubishi (p-Xylene)	p-TPA		150		

Source: Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers Handbook)
(Japan Chemical Fibers Association)

表 V-37 世界の p-TPA, DMT の需給バランス予測

(10³ ton as TPA)

			1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
Southeast Asia	Supply	Japan p-TPA	211	274	397	397	397	397	397	397	
		DMT	632	639	639	639	639	639	639	639	
	Taiwan	DMT	21	21	21	21	21	21	21	21	
		Total	864	934	1057	1057	1057	1057	1057	1057	
			(p-TPA)	(211)	(274)	(397)	(397)	(397)	(397)	(397)	
			(DMT)	(653)	(660)	(660)	(660)	(660)	(660)	(660)	
	Demand	Indonesia	23	33	54	80	110	140	170	182	
		Others ¹⁾	844	976	1113	1223	1342	1529	1699	1816	
		Total	867	1009	1167	1303	1452	1669	1869	1998	
				(p-TPA)	(217)	(353)	(467)	(573)	(697)	(885)	(1084)
		(DMT)	(650)	(656)	(700)	(730)	(784)	(785)	(719)		
Balance			-3	-75	-110	-246	-395	-612	-812	-941	
		(p-TPA)	(-6)	(-79)	(-70)	(-176)	(-300)	(-488)	(-687)	(-882)	
		(DMT)	(3)	(4)	(-40)	(-70)	(-95)	(-124)	(-125)	(-59)	
Rest of the World	Supply		2866	3437	3783	3890	3890	3890	3890	3890	
		(p-TPA)	(800)	(1107)	(1266)	(1373)	(1373)	(1373)	(1373)	(1373)	
		(DMT)	(2066)	(2330)	(2517)	(2517)	(2517)	(2517)	(2517)	(2517)	
	Demand		2918	3325	3801	4242	4960	5711	6348	6875	
		(p-TPA)	(817)	(1031)	(1292)	(1570)	(2034)	(2570)	(3174)	(3781)	
		(DMT)	(2101)	(2294)	(2509)	(2672)	(2926)	(3141)	(3174)	(3094)	
	Balance			-52	112	-18	-352	-1070	-1821	-2458	-2985
			(p-TPA)	(-17)	(76)	(-26)	(-197)	(-661)	(-1197)	(-1801)	(-2408)
			(DMT)	(-35)	(36)	(8)	(-155)	(-409)	(-624)	(-657)	(-577)
	Total	Supply		3730	4371	4840	4947	4947	4947	4947	4947
(p-TPA)			(1011)	(1381)	(1663)	(1770)	(1770)	(1770)	(1770)	(1770)	
		(DMT)	(2719)	(2990)	(3177)	(3177)	(3177)	(3177)	(3177)		
Demand			3785	4334	4968	5545	6412	7380	8217	8873	
		(p-TPA)	(1034)	(1384)	(1759)	(2143)	(2731)	(3455)	(4258)	(5060)	
		(DMT)	(2751)	(2950)	(3209)	(3402)	(3681)	(3925)	(3959)	(3813)	
Balance			-55	37	-128	-598	-1465	-2433	-3270	-3926	
		(p-TPA)	(-23)	(-3)	(-96)	(-373)	(-961)	(-1685)	(-2488)	(-3290)	
		(DMT)	(-32)	(40)	(-32)	(-225)	(-504)	(-748)	(-782)	(-636)	

Note 1) Including Japan

いが、DMTプラント建設は需要面において、非常な危険を伴うことになる。すなわち、1976年以降に新設されるDMTプラントは、1980年までの4年間は需要の増加に支えられて供給先を見つめることが出来ようが、それ以降は需要が年々減少し、供給先を失う危険がある。これを回避するためには、DMTを東南アジア地区以外の地域へ輸出するか、p-TPA製造プラントに改造するか、古いDMTプラントのスクラップの肩変わりをするか、いずれかの道を選ばねばならなくなるが、いずれも非常に難しいであろう。したがって、賢明なDMTメーカーは今後設備の新增設を手びかえることになり、結果として、東南アジア地区の直重法への転換が表V-36の予測よりも速い速度で進むことになるであろう。

同様の現象は、その他地区においても生ずる。バランスを見ると、p-TPAは年々不足し、1981年には2,400 10³ tonに達するが、DMTは1980年に657 10³ tonの不足の極大を示したあと、需要の落ち込みにより需給がゆるむことになる。

いずれにしろ、東南アジア地区のみならず世界全体を対象にしても、DMT製造のプロジェクトは先き行き不安の大きいものであることが結論される。

4-3 パラキシレン

パラキシレンの生産量および輸出入量の実績を表V-38~40に示す。米国は従来よりパラキシレンの輸出国である。これは改質油系混合キシレンの豊富な国内調達力に裏付けされている。西独はパラキシレンを輸入し、表V-23に示したようにDMTを輸出している。

表 V-38 米国のパラキシレン生産量と輸出量

	Production	Growth Rate (%)	Consumption		
			(ton as p-Xylene)		
			TPA	Export	Total
1956	-	-	-	-	-
57	39,162	-	-	-	-
58	48,237	23.2	-	-	-
59	71,653	48.5	-	-	-
60	95,455	33.2	43,000	56,000	99,000
61	112,454	17.8	51,000	48,000	99,000
62	116,343	3.5	64,000	59,000	123,000
63	119,083	2.4	98,000	20,000	118,000
64	134,143	12.6	105,000	46,000	151,000
65	179,777	34.0	163,000	32,000	195,000
66	235,328	30.9	254,000	11,000	265,000
67	343,533	46.0	320,000	30,000	350,000
68	596,778	73.7	500,000	97,000	597,000
69	-	-	580,000	162,394	742,394
70	721,319	-	584,000	150,482	734,482
71	753,785	4.5	-	105,794	-
72	1,001,325	32.8	-	93,898	-
73	-	-	-	72,144	-

Sources: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)
U.S. Foreign Trade Exports Commodity by Country (Bureau of the Census)

表 V-39 西ドイツのパラキシレン輸出, 輸入量

	(ton)	
	Export	Import
1966	-	-
67	2,804	35,718
68	2,000	69,496
69	2,489	89,373
70	2,008	98,657
71	9,170	120,804
72	27,352	60,055
73	13,769	91,837

Source: Trade Statistics of West Germany

表 V-40 日本のパラキシレン生産量と消費量

	Production	Growth Rate (%)	Consumption	Export	Import (ton)
1961	-	-	-	-	-
62	-	-	-	-	7,717
63	-	-	-	-	7,245
64	-	-	-	-	24,036
65	-	-	-	-	15,497
66	-	-	-	-	24,387
67	-	-	-	-	25,673
68	90,900	-	113,596	-	37,321
69	171,659	88.8	191,417	-	32,298
70	255,450	48.8	256,437	-	25,469
71	298,652	16.9	341,399	-	47,124
72	339,203	13.6	380,403	-	96,070
73	421,239	24.2	451,099	-	87,133

Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
(Year Book of Chemical Industries Statistics)
Nihon Boeeki Geppyoo (Japan Exports & Imports)
Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers
Handbook)

日本は西独と同様パラキシレンの輸入国である。DMTは表V-25に示したように、1970年までは輸入していたが、1971年から西独と同様にDMTを輸出しだした。これに伴い、1971年以降パラキシレン輸入量が急増している。今後東南アジア地区へのDMT輸出を続けるためには、パラキシレン手当てが一番の問題となろう。

表V-41に、日本を含む東南アジア地区およびその他地区のパラキシレン需給の見通しを記載した。需要は表V-37に示したp-TPA/DMTの現存および新增設備能力に必要なパラキシレン量およびポリエステル需要量に相当するパラキシレンを示してある。これで見ると、東南アジア地区では1976年までパラキシレンを輸入しないと、p-TPA/DMT設備をフル稼働させることは出来ない。もちろん、これ以外のp-TPA/DMT設備の新增設のためのパラキシレンは、別途考慮しなければならない。

世界のその他地区ではTPA/DMTの新增設備能力から見る限りパラキシレンが余るようになっているが、増設計画の遅延およびOAPECの原油生産制限による原油不足により、パラキシレン余剰量が表V-41の値よりも少なくなることも考えられる。さらにポリエステルの需要量に見合うパラキシレンの量としてみると表V-41に示したように明らかに不足する。

表 V-41 世界のバラキシレン需給バランス予測

			(10 ³ ton as p-Xylene)				
			1973	1974	1975	1976	1977
Southeast Asia	Supply	Japan	411	549	632	730	777
		Taiwan	7	13	19	19	19
		Total	418	562	651	749	796
	Demand	(TPA/DMT) 1)	510	622	672	761	761
		(Polyester) 2)	-	624	726	840	937
	Balance	(TPA/DMT) 1)	-92	-60	-21	-12	35
(Polyester) 2)		-	-62	-75	-91	-141	
Rest of the World	Supply		1964	2225	2548	3004	3133
	Demand	(TPA/DMT) 1)	1788	2063	2475	2724	2801
		(Polyester) 2)	-	2101	2394	2737	3054
	Balance	(TPA/DMT) 1)	176	162	73	280	332
		(Polyester) 2)	--	124	154	267	79
Total	Supply		2382	2787	3199	3753	3929
	Demand	(TPA/DMT) 1)	2298	2685	3147	3485	3562
		(Polyester) 2)	-	2725	3120	3577	3992
	Balance	(TPA/DMT) 1)	84	102	52	268	367
		(Polyester) 2)	-	62	79	176	-63

Notes: 1) Demand (TPA/DMT) = Capacity of p-TPA/DMT as TPA x 0.72
 2) Demand (Polyester) = Demand of p-TPA/DMT as TPA x 0.72

4-4 酸化エチレンおよびエチレングリコール

ポリエステルのもう1つのモノマーであるエチレングリコールについては問題が多い。通常、エチレングリコールの設備能力はエチレンオキシドの設備能力に見合っ建設されているので、エチレンオキシドが十分ありながらエチレングリコールが不足する事態は発生しない。したがって、本報告では主としてエチレンオキシドの需給について考察することとする。

米国および日本のエチレンオキシドおよびエチレングリコールの生産実績を表V-42~V-45に示す。米国のポリエステル繊維生産量が日本の2倍であるのに、エチレングリコールの生産量が日本の4.6倍もあるのは、米国における不凍液用エチレングリコールの需要が大きいためである。

4-4-1 米国のエチレンオキシド需給見通し

表V-46に米国のエチレンオキシドの需給見通しを示す。

現在米国ではエチレンオキシド/エチレングリコールが不足し、需要が満たされていない。エチレンオキシドの2大用途である自動車不凍液用エチレングリコールと、ポリエステル用エチレングリコールはいずれも不足しており、十分な入手が困難な状況にある。1973年の米国エチレングリコール業界には、事故による減産が相次ぎ、そうでなくても不足のエチレングリコー

表 V-42 米国のエチレンオキサイド生産量

	Production (10 ³ ton)			Growth Rate (%)	Share (%)	
	Chlorohydrin Process	Oxidation Process	Total		Chlorohydrin Process	Oxidation Process
1950	141	65	206	-	68	32
1951	158	82	240	16.5	66	34
1952	201	111	312	30.0	64	36
1953	161	111	272	-12.8	59	41
1954	161	122	283	4.0	57	43
1955	203	194	397	40.3	51	49
1956	240	229	469	18.1	51	49
1957	259	277	536	14.3	48	52
1958	232	293	525	- 2.1	44	56
1959	223	364	587	11.8	38	62
1960	226	400	626	6.6	36	64
1961	182	421	603	- 3.7	30	70
1962	159	564	723	19.9	22	78
1963	163	694	857	18.5	19	81
1964	148	833	981	14.5	15	85
1965	218	775	993	1.2	22	78
1966	223	833	1,056	6.3	21	79
1967	162	885	1,047	- 0.9	15	85
1968	-	-	1,191	13.8	-	-
1969	-	-	1,546	29.8	-	-
1970	-	-	1,753	13.4	-	-
1971	-	-	1,638	- 6.6	-	-
1972	-	-	1,852	13.1	-	-

Source: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)

表 V-43 米国のエチレングリコール生産量 (ton)

	Production	Growth Rate (%)
1955	402,879	-
56	462,970	14.9
57	544,286	17.6
58	519,597	-4.5
59	550,920	6.0
60	588,456	6.8
61	536,730	-8.8
62	650,407	21.2
63	752,801	15.7
64	823,103	9.3
65	815,543	-0.9
66	944,012	15.8
67	902,106	-4.4
68	926,635	2.7
69	1,166,182	25.9
70	1,377,810	18.1
71	1,392,524	1.1
72	1,706,017	22.5

Source: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)

表 V-44 日本のエチレンオキサイド生産量と消費量
(ton)

	Production	Growth Rate (%)	Consumption
1952	-	-	-
53	450	-	-
54	661	46.9	-
55	1,014	53.4	-
56	1,348	32.9	-
57	1,712	27.0	-
58	3,709	116.6	3,648
59	8,650	133.2	8,608
60	16,228	87.6	15,945
61	22,668	39.7	22,521
62	27,480	21.2	27,475
63	31,932	16.2	32,009
64	54,277	70.0	53,692
65	76,072	40.2	75,735
66	105,540	38.7	108,182
67	159,327	51.0	162,662
68	176,908	11.0	175,974
69	215,933	22.1	216,556
70	304,347	40.9	304,349
71	333,837	9.7	337,191
72	360,728	8.1	364,588
73	402,553	11.6	406,321

Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
(Year Book of Chemical Industries Statistics)
Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers
Handbook)

表 V-45 日本のエチレングリコール生産量と消費量 (ton)

	Production	Growth Rate (%)	Consumption			
			Domestic Polyester Fiber (A)	A/B (%)	Others	Total (B)
1957	-	-	-	-	-	-
58	2,100	-	-	-	-	-
59	7,490	256.7	-	-	-	9,011
60	13,981	86.7	-	-	-	14,691
61	20,395	45.9	-	-	-	20,861
62	23,051	13.0	16,387	64.5	9,019	25,406
63	27,098	17.6	21,803	71.0	8,904	30,707
64	41,167	51.9	29,949	61.6	18,630	48,579
65	64,797	57.4	34,088	51.7	31,883	65,971
66	93,858	44.8	42,263	38.8	66,781	109,044
67	147,983	57.7	53,187	36.4	92,855	146,042
68	154,285	4.3	63,507	38.7	100,687	164,194
69	191,086	23.9	78,200	39.5	119,864	198,064
70	300,501	57.3	108,108	34.2	207,754	315,862
71	325,483	8.3	140,083	35.8	251,656	391,739
72	346,467	6.4	136,168	35.0	252,841	389,009
73	377,613	9.0	-	-	-	-

Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
(Year Book of Chemical Industries Statistics)
Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers
Handbook)

表 V-46 米国のエチレンオキサイド需給バランス予測

		(10 ³ ton as EO)					
		1973	1974	1975	1976	1977	
Supply	Flowsheet Capacity	2162	2162	2162	2334	2334	
	Production	1800	1950	1950	2100	2100	
Demand	EO	830	900	970	1040	1110	
	EG	Anti-Freeze	570	590	610	630	650
		Polyester	340	390	440	500	560
		Others	230	230	230	230	230
		Sub-Total	1140	1210	1280	1360	1440
	Total	1970	2110	2250	2400	2550	
Balance		-170	-160	-300	-300	-450	

ルが益々不足する結果となった。すなわち、Puerto Rico の電力不足により UCC 社と PPG 社が減産し、Gulf Coast では Jefferson Chemical 社と Shell 社が操業トラブルを起こした。このため合繊メーカーに対するエチレングリコールの供給がカットされ、米国のポリエステル・メーカーはエチレングリコール入手難におちいり、従来重合工程からの回収エチレングリコールはリサイクル使用せず、不凍液市場に売却していたが、現在では 1 部重合工程に再使用する会社も出てきている。

このような状況下でも、不凍液市場から大量のエチレングリコールが合繊メーカーにまわることは、余り期待できないと見られる。それは次の理由による。

- (1) 不凍液そのものも不足しており、自動車メーカーは新車に入れる不凍液の確保に苦勞している程である。
- (2) エチレングリコールは伝統的な大手需要家である不凍液業界に対し、一方的供給削減はできない。
- (3) エチレングリコール・メーカーにとっては、合繊向けより、不凍液向けの方が利益が高い。

今後の需給は表 V-46 に示した通りであるが、エチレンオキサイド不足は当分解消しない。1973 年のエチレンオキサイド設備稼働率は、上述のようなトラブルのため 83% であったと推定されるが、今後トラブルが発生しないとしても稼働率は 90% 程度と見られる。これはエチレン設備の増設の遅れによるエチレン不足が原因である。エチレン設備の建設が進まなかった理由は次の通りである。

- (1) エチレン原料となる石油精製廃ガスおよびナフサの供給源となる製油所の建設が進まなかった。
- (2) 政府の政策により、上記エチレン原料は、モーター・ガソリンおよび家庭用燃料に優先的に向けられ、化学原料向けが抑えられた。

製油所の建設が進まなかった理由については、すでに述べた通りである。現在原油の輸入制限の解除もあり、製油所およびナフサ・クラッカーの建設計画が進められているが、プラント建設には3年はかかり、これら新プラントが生産に加わってくるのは1976~77年と見られる。したがって、エチレングリコールの増産もその頃までは行なわれなことになる。

一方、エチレンオキサイド設備の増設計画も、エチレン不足に対応して1976年までなく、今のところ1976年にエチレンオキサイド345 10³ ton の増設をUCC社が発表しているのみである。

需要は表V-46のように、不凍液用エチレングリコールとポリエステル用エチレングリコールを柱に、年平均伸び率約7%で増加するため、エチレンオキサイド不足は1977年になっても解消せず、むしろ不足はより深刻な状態になると見られる。

4-4-2' 西欧のエチレンオキサイド需給見通し

西欧の需給バランスを表V-47に示す。

表 V-47 西ヨーロッパのエチレンオキサイド需給バランス予測

		(10 ³ ton as EO)				
		1973	1974	1975	1976	1977
Supply	Flowsheet Capacity	1486	1637	1824	1940	1940
	Production	1250	1390	1550	1650	1650
Demand		1150	1200	1320	1450	1590
Balance		100	190	230	200	60

設備能力は1973~1976年までの3年の間に454 10³ ton の増設が見込まれているが、予定通り実現するかどうかにはやや疑問がある。設備稼働率は85%と見込んだが、西欧における原油入手難に起因するエチレン不足から、これが上限であろう。需要との差を見ると1974~76年の間、約200 10³ tonのエチレンオキサイドの余剰が生ずることになっている。

4-4-3 東南アジアのエチレンオキサイド需給見通し

日本を含む東南アジア地区のエチレンオキサイド需給見通しは表V-48の通りである。需要は、ポリエステル用エチレンオキサイドが主体で、1973~77年は年平均伸び率15%で伸びる見込みである。一方、生産は1975年に完成予定の日本の増設と1976年完成予定の台湾の50 10³ ton プラント新設が順調に行なわれるとした数字をあげてあるが、それでも1974年以降東南アジア地区はエチレンオキサイド不足である。

ここで、エチレンオキサイド全体の需給でなく、東南アジア地区のポリエステル用エチレングリコールのみの需給を試算してみよう。ポリエステル向けのエチレンオキサイド供給量は、生産されたエチレンオキサイドが表V-48に示したエチレンオキサイド需要合計中のポリエステル

表 V-48 東南アジアの¹⁾エチレンオキサイド需給バランス予測

		(10 ³ ton as EO)					
		1973	1974	1975	1976	1977	
Supply	Japan	392	412	520	535	535	
	Taiwan	0	0	0	24	47	
	Total	392	412	520	559	582	
Demand	EO	110	130	144	158	174	
	EG Polyester	Indonesia	4	6	9	15	23
		Others	182	239	276	314	344
	Total	186	245	285	329	367	
	Anti-Freeze	39	42	44	47	50	
	Others	55	61	67	73	79	
	Sub-Total	280	348	396	449	496	
Total	390	478	540	607	670		
Balance		2	-66	-20	-48	-88	

Note: 1) Including Japan

用エチレングリコールのシェアによって配分されると仮定する。ポリエステル用エチレングリコールの需要は表V-37のp-TPA需要量に対応する。結果は表V-49の通りである。もし、東南アジア地区へのエチレングリコールの輸入がない場合には、東南アジア地区のポリエステル用エチレングリコール不足は繊維換算で、1974年120 10³ ton, 1975年40 10³ ton, 1976年90 10³ ton, 1977年170 10³ tonとなる見通しである。

表 V-49 東南アジアの¹⁾ポリエステル用エチレングリコール需給バランス予測

		(10 ³ ton as EG)			
		1974	1975	1976	1977
Supply for Polyester		262	340	376	396
Demand for Polyester		304	354	408	456
Balance		-42	-14	-32	-60
		(-120) 2)	(-40)	(-93)	(-171)

Notes: 1. EO : EG = 1 : 1.24
2. Fiber : EG = 1 : 0.35

1) Including Japan

2) () shows polyester fiber equivalent

4-4-4. 世界のエチレンオキサイド需給見通し

以上の結果をまとめると表V-50のようになる。東欧、ソ連の需給は不明であるが、東南アジア、米国および西欧を通してみると、エチレンオキサイドは今後当分不足する。米国の大きな不足は西欧の余力でも充当できず、また東南アジア地区のエチレンオキサイド不足は当分解消されないであろう。

表 V-50 世界のエチレンオキサイド需給バランス予測

			(10 ³ ton as EO)				
			1973	1974	1975	1976	1977
Southeast Asia	Supply	Japan	392	412	520	535	535
		Taiwan	0	0	0	24	47
		Total	392	412	520	559	582
	Demand	Indonesia	4	6	9	15	23
		Others	386	472	531	592	647
		Total	390	478	540	607	670
Balance		+2	-66	-20	-48	-88	
U.S.A.	Supply	1800	1950	1950	2100	2100	
	Demand	1970	2110	2250	2400	2550	
	Balance	-170	-160	-300	-300	-450	
West Europe	Supply	1250	1390	1550	1650	1650	
	Demand	1150	1200	1320	1450	1590	
	Balance	+100	+190	+230	+200	+60	
Total	Supply	3442	3752	4020	4309	4332	
	Demand	3510	3788	4110	4457	4810	
	Balance	-68	-36	-90	-148	-478	

5. ナイロン原料

5-1 概説

ナイロン6の原料であるカプロラクタムの中間原料は、トルエンを原料とする若干のSNIA法を除いて、すべてベンゼンの誘導品であるシクロヘキサンおよびフェノールであり、またナイロン66の原料であるAH塩もそのほとんどがシクロヘキサンを原料とするアジピン酸である。

したがって、ナイロン原料の需給動向は、ベンゼンの需給によって大きく左右されるが、すでにV-3章で述べたように、ベンゼンは世界的な不足状態にある。また、ナイロン6の原料のカプロラクタムの設備増設計画も概して低調で、世界的にカプロラクタム不足が長期化しようとしている。

5-2 ナイロン66とナイロン6

ナイロンには、カプロラクタムを原料とするナイロン6とAH塩を原料とするナイロン66とがある。世界のナイロン6とナイロン66の比率は図V-15に示すように変化してきている。

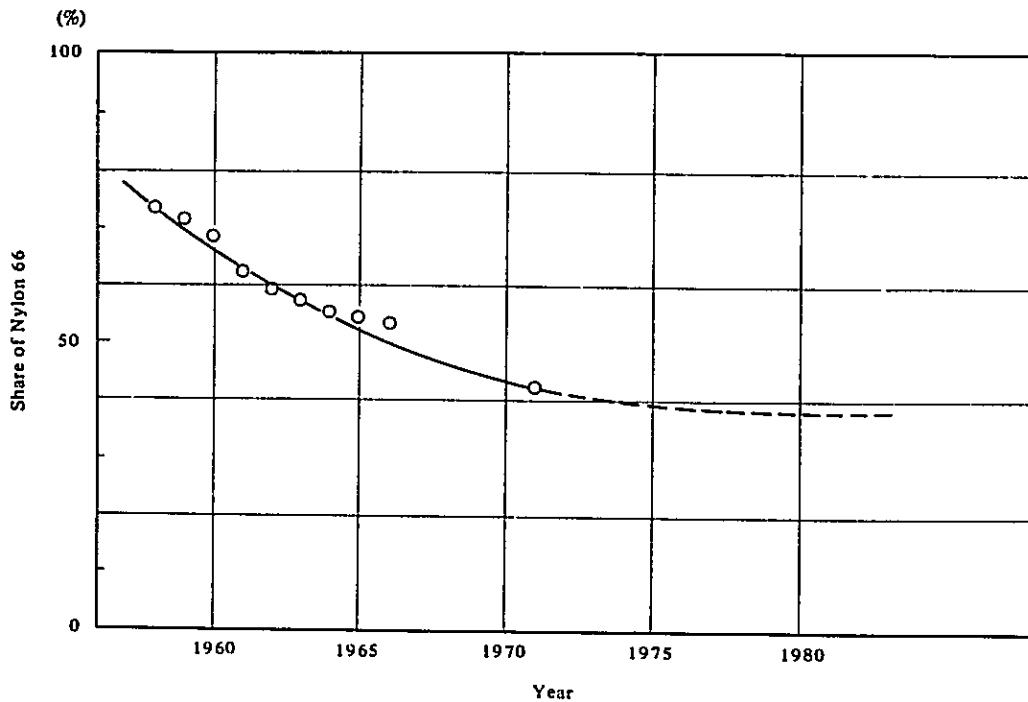


図 V-15 世界の全ナイロン生産量に占めるナイロン66の割合

ナイロン66は1959年には70%のシェアを占めていたが、年々ナイロン6にその地位を奪われ、現在はほぼ40%のシェアになっている。これは主としてナイロン66の高価格に起因しているものと思われる。今後は、それぞれの物性を生かすことのできる分野割りが出来て、ナイロン66：ナイロン6＝40：60の比率に落ち着くであろう。

ところで、ナイロン66は他の合繊とは異って極端な寡占状態を呈している。その理由は、主としてナイロン66を開発したDu Pont社の特許政策によっている。Du Pont社は、その特許を次のように一国一社に限って供与してきた。

英 国：ICI

仏 国：Rhodiaceta (Rhône - Poulenc グループ)

伊 国：Rhodiaceta (Rhône - Poulenc グループ)

独 国：IG

蘭 国：AKU

以来、これらの国では特許に守られて工業化を進めたため、今日でもナイロン66のシェアが高い。今日世界のナイロン66工業は、上記のDu Pont社、ICI社、Rhône - Poulenc グループと1950年代にエントリーした米国のMonsanto社の4グループが総生産の約9割を占めてい

る。表V-51に4大グループのナイロン66の生産能力を示す。関連子会社は諸外国に配置してあるが、東南アジア地区にはまだ存在していない。

表 V-51 ナイロン66の4大グループの生産能力

(10³ ton)

	Capacity	Subsidiary Companies' Capacity	Total Capacity	Site of Subsidiary Companies
Du Pont	380	62	444	Canada, Argentina, West Germany
I C I	226	96	322	U.S.A., West Germany, Australia, New Zealand, South Africa
Rhône-Poulenc	228	108	336	Italy, West Germany, Spain, Switzerland, Brazil, U.S.A.
Monsanto	166	32	198	U.K., Luxemburg, Colombia, Uruguay
Total	1,000	298	1,298	

Source: Kasen Geppo, (p. 54, October 1971)
(Japan Chemical Fibers Monthly)

これらグループは原料AH塩についても一貫生産体制をとっており、子会社には原料は原則として本国から供給するという体制をとっている。このため、AH塩の需給は原則として均衡しており、浮動玉の流通も少ない。この点が、カプロラクタムの需給とは根本的に異なる点である。

日本では、東レと旭化成がAH塩とナイロン66の製造をしているが、世界全体に占める割合は小さい。

以上のように、ナイロン66および原料工業はあくまでも4大グループを中心に展開しているため、需給の実情が把握しにくい。また、日本を除く東南アジア地区では、ナイロン66は生産されていないので、本報告ではナイロン原料に関してはカプロラクタムおよびその原料のシクロヘキサンについてのみ取り扱うこととする。

5-3 カプロラクタム

5-3-1 カプロラクタムの過去の需給状況

表V-52および表V-53に米国と日本のカプロラクタムの生産量と輸出量の実績を示す。日本はナイロンのほとんどがナイロン6であるため、カプロラクタムの生産量は米国の1.5倍と多い。1969年以降、日本はカプロラクタムの輸出国であり、1972年には東南アジア地区へ60 10³ tonの輸出を行った。

表 V-52 米国のカプロラクタム生産量と輸出量

	(ton)		
	Production	Growth Rate (%)	Export
1962	74,300	-	-
63	85,100	14.5	-
64	111,400	30.9	-
65	131,000	17.6	-
66	145,000	10.7	8,435
67	149,000	2.8	7,020
68	181,000	21.5	8,282
69	218,000	20.4	17,950
70	230,000	5.5	22,944
71	-	-	17,753
72	-	-	9,114
73	-	-	8,619

Source: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)

表 V-53 日本のカプロラクタム生産量と消費量

	Production	Growth Rate (%)	Consumption			Export	Import
			Nylon Domestic (A)	A/B (%)	Others ¹⁾		
1953	2,563	-	-	-	-	-	-
54	5,334	108.1	-	-	-	6,027	-
55	9,480	77.7	-	-	-	9,352	-
56	18,236	92.4	-	-	-	17,974	-
57	26,837	47.2	-	-	-	27,316	-
58	25,461	-5.1	-	-	-	25,412	-
59	34,549	35.7	-	-	-	34,656	-
60	45,821	32.6	-	-	-	45,866	-
61	55,373	20.8	-	-	-	55,595	-
62	65,535	18.4	63,159	97.5	1,625	64,784	-
63	87,398	33.4	84,265	97.2	2,457	86,722	-
64	124,258	42.2	116,614	94.4	6,873	123,487	10,574
65	167,158	34.5	127,435	80.2	31,554	158,989	2,392
66	199,905	19.6	157,706	79.9	39,721	197,427	39
67	229,643	14.9	202,729	85.9	33,276	236,005	15,021
68	269,002	17.1	231,776	88.2	31,117	262,893	12,639
69	318,427	18.4	272,621	85.3	47,136	319,757	30,062
70	349,407	9.7	327,389	95.5	15,330	342,719	6,228
71	376,199	7.7	334,324	87.9	46,160	380,484	2,819
72	401,962	6.8	323,123	78.5	88,316	411,442	61,710
73	459,341	14.3	-	-	-	56,107	3,268

Note: 1) Including export

Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo (Year Book of Chemical Industries Statistics)
Nihon Boeki Geppyo (Japan Exports & Imports)
Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers Handbook)

世界全体の設備能力と消費の過去の状況を図V-16に示す。1972年までは設備過剰の状態が続いたが、1973年になり、設備不足を呈し、需給は一転してタイト化した。これは次の理由による。

(1) すでに図V-2に示したように、カプロラクタムの価格は1972年まで年々低下し、カプロラクタムメーカーの採算を圧迫するまでになった。このため、先進国のカプロラクタムメー

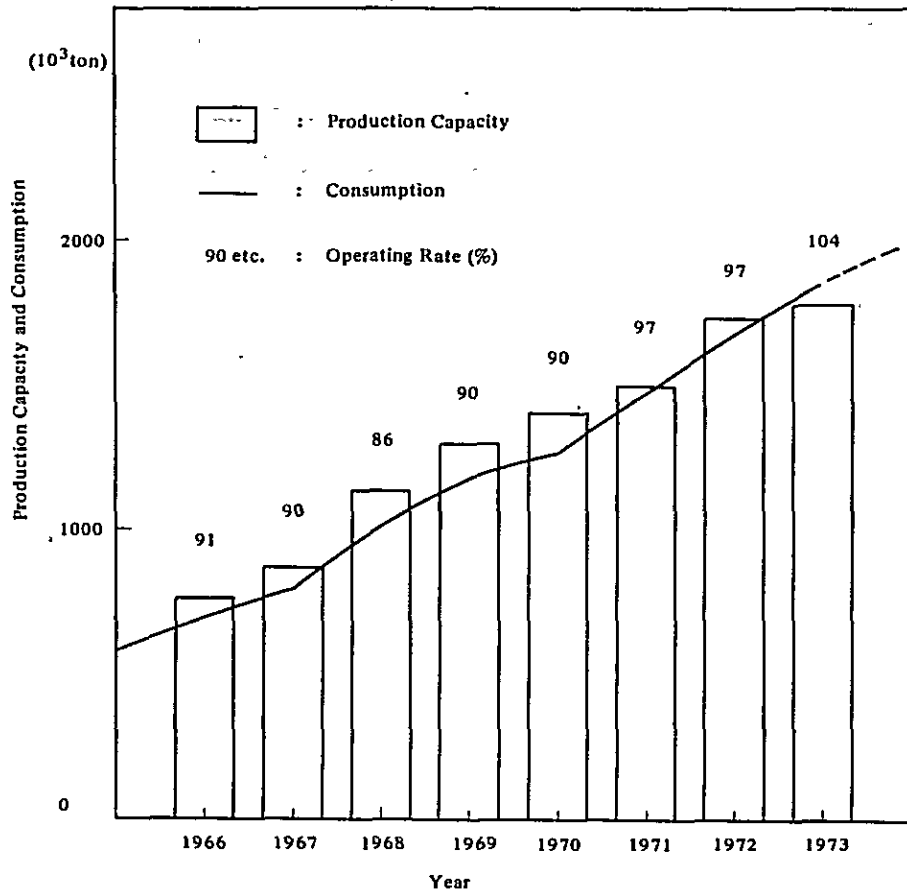


図 V-16 世界のカプロラクタム供給バランス

カーは設備の能力増加を手控えた。

- (2) 開発途上国のカプロラクタム設備の新設計画がほとんどすべて遅延した。
- (3) 世界の硫安市場が軟化し、カプロラクタムメーカーは副生硫安の処理に窮した。このことも、カプロラクタムメーカーの設備新增設手控えの大きな要因となった。

日本の硫安の製法別生産量比率は表V-54の通りである。1964年には合成硫安が60%、カプロラクタム等化学品製造工程からの回収硫安が29%、コークス製造時の副生硫安が11%であったが、1972年には回収硫安が77%を占め、副生硫安が21%、合成硫安はわずかに2%になった。回収硫安のうちほとんどは、カプロラクタム製造プラントからのものである。これら回収および副生硫安は、硫安市場の動向によって生産調整ができない。合成硫安の比率が高いうちは、この需要先を侵食することにより、回収および副生硫安をさばくことができた。しかし、1970年以後になると合成硫安は硫安市場のバッファーとなり得ず、生産過剰になった回収および副生硫安は、輸出を促進するか在庫によりその場をしのぐこととなった。

先進諸国においては、どこも日本と同じ状態であるため、カプロラクタムメーカーは硫安副生量の少ないプロセスの開発を進めた。しかし1973年以降の世界的肥料不足により、硫安の

表 V-54 日本のプロセス別硫安生産(率)

	(%)								
	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Synthesized ¹⁾	59.7	55.6	51.6	43.3	37.2	26.0	10.2	2.1	2.1
Recovered ²⁾	29.1	33.2	36.7	43.6	48.2	56.1	69.0	76.1	76.5
By-produced ³⁾	11.2	11.2	11.7	13.1	14.6	17.9	20.8	21.8	21.4

Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
(Year Book of Chemical Industries
Statistics)

- Notes: 1) Synthesized from ammonium and sulfuric acid
 2) Recovered from the production plants of caprolactam, methyl methacrylate, acrylonitrile, titanium oxide and so on
 3) By-produced in the production plant of cokes

表 V-55 世界のプロセス別カプロラクタム生産能力(1973年)

	(%)
Cyclohexane	66.2
Phenol	20.7
Toluene	5.1
Unknown	8.0
Total	100.0

Source: Table V-56

需要は急増した。しかし、硫安の需要は硫安それ自体に対する需要によって決定されるのではなく、尿素の需給バランスによって大きく左右されるのである。したがって、尿素が増産されればたちまちにして硫安の需要は減少し価格も低下するであろう。今後カプロラクタムを新たに製造するメーカーは過去の副生硫安のにがい経験から、間違いなく副生硫安の少ないプロセスを選ぶであろう。

(4) 世界的なベンゼン不足により、カプロラクタム生産のフィードストックが不足した。カプロラクタム生産設備の製法別シェアは表V-55の通りで、シクロヘキサン法66%、フェノール法21%に対し、トルエン法はわずかに5%である。不明分も含めると、カプロラクタム生産の実に95%がベンゼンを基礎原料としている。したがって、世界のベンゼン不足はそのまま直接的にカプロラクタムの不足を生ぜしめたことになる。

(5) 1973年には新設のカプロラクタムプラントの操業不振が多発した。特に、新DSM法を採用したColumbia Nypro社(米国) 50 10³ ton, Nypro UK(英国) 50 10³ ton,

表 V-56 世界のクロラクラム生産能力の予測と動向

Nation	Company	Site	Process	Flowsheet Capacity		Start of Operation	Comment
				Present	Future		
U.S.A.	Allied Chemical	Hopewell, Va.	Allied (Phenol)	135		1954	
	Dow Badische	Freeport, Tex.	BASF (Cyclohexane)	105	160	1962	Expansion to 160,000 t/y is scheduled by the end of 1976.
	Nypro Columbia	Augusta, Ga.	DSM (Cyclohexane)	45	70		
	Union Carbide	Taft, La.	UCC	25		1970	Plant is not in operation due to technical problems.
Germany, Fed. Rep. of	BASF	Ludwigshafen	BASF (Cyclohexane)	120	180		Expansion to 180,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
United Kingdom	Bayer	Uerdingen	Bayer (Cyclohexane)	50			
	Nypro U.K.	Flixborough	DSM (Cyclohexane)	75	125	1965	
Ireland	SNIA	Sligo	SNIA	-	7		Scheduled for completion by the end of 1973.
Italy	SNIA Viscosa	Torviscosa	SNIA (Toluene)	18		1962	
	Chimica Dauna	Manfredonia	" "	80		1972	
	Montedison	Porto-Marghera	Montedison (Phenol)	75			
Netherlands	SIR	Porto-Torres					
	DSM	Geleen	DSM (Phenol) (Cyclohexane)	160		1952 (Phenol) 1964 (Cyclohexane)	100,000 t/y is produced from Phenol.
Belgium	Bayer	Antwerp	Bayer (Cyclohexane)	90	160	1971	70,000 t/y plant is under construction.
	BASF	Antwerp	BASF (Cyclohexane)	90	120	1969	Expansion to 120,000 t/y is scheduled by the end of 1974.
Spain	Esso Productos	Castellon	Inventa (Phenol)	20		1969	
	Paular	Puertollano	Montedison	-	45		45,000 t/y Plant is scheduled for completion by the end of 1973.
U.S.S.R.	State Complex	Kemorovo	DSM (Cyclohexane)	50	100		Scheduled for completion by the end of 1973.
	"	Grondno	" "	50	100		
German Democratic	Leuna	Leuna		40	64		Expansion to 64,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
Czechoslovak	Spolana	Neratovice	Zimmer	32			
Rumania	State Complex	Savinesti	Zimmer(Phenol)	65	70	1969	Scheduled for completion in early 1973.
Bulgaria	State Complex	Stara Zagora		15			
Hungary	State Complex			20	30	1966	Expansion to 30,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
Poland	Polimex	Tarnow	Inventa	25	50	1971	Expansion to 50,000 t/y is scheduled by the end of 1974.
	Zaklady Azotowe	Palawy	Inventa	-	50		50,000 t/y Plant is scheduled for completion in 1975.

表 V-56-2

(10³ t/y)

Nation	Company	Site	Process	Flowsheet Capacity		Start of Operation	Comment
				Present	Future		
Mexico	Univex	Salamanca	DSM (Cyclohexane)	44		1972	
Colombia	Monomeros de Colombo	Barranquilla	DSM (Cyclohexane)	18		1971	
	Ecopetrol	Barrancabermeja		20		1972	
Argentina	Cordonsed Argentina	San Lorenzo	DSM	-	35		35,000 t/y Plant is scheduled for completion by the end of 1973.
India	Gujarat State Fertilizers	Baroda	Inventa	-	20		20,000 t/y Plant is scheduled for completion in middle 1974.
Taiwan	State Complex			-	33		33,000 t/y Plant is scheduled for completion by the end of 1974.
Korea Rep.	Hankuk Caprolactam	Ulsan	DSM	-	33		33,000 t/y Plant is scheduled for completion by Feb., 1974.
Turkey	Petkim Petrokimya	Yarimca Izmit	Inventa	-	25		25,000 t/y Plant is scheduled for completion in 1974.
Japan	Toray	Nagoya	PNC (Cyclohexane)	100			
	Ube Ind.	Tokai	" "	50			
Japan	Ube Ind.	Ube	Inventa (Cyclohexane)	96			
		Sakai	" "	30			
Japan	Mitsubishi Chemical	Kurosaki	DSM (Cyclohexane)	50			
	Nihon Lactam	Niihama	Inventa (Cyclohexane)	78			
			BASF (Cyclohexane)	65	95		

Source: Kasen Handbook 1974 (Man-made Fibers Handbook)

宇部興産（日本）40、10³ tonの各プラントおよびSNIA法のDauna（伊）40、10³ tonプラントのトラブルは、カプロラクタム不足に拍車をかけた。

以上の事由により、1973年のカプロラクタム不足は発生したと言える。

5-3-2 カプロラクタムの需給予測

次に、今後のカプロラクタムの需給バランスについて、日本を含む東南アジア地区とその他地区に分けて予測する。前提は次の通りである。

前提 (1) FY, SFの生産量は表IV-6の通りである。

(2) 需要は樹脂用を含む国内需要とする。

(3) 供給は表V-56のFlowsheet Capacityをベースに推定する。

結果は表V-57の通りである。

表 V-57 世界のカプロラクタム需給バランス予測

		(10 ³ ton)								
		1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
Southeast Asia ¹⁾	Supply	Japan	458	491	491	491	491	491	491	491
		Korea	15	31	31	31	31	31	31	31
		Taiwan	0	27	52	52	52	52	52	52
		Total	473	549	574	574	574	574	574	574
	Demand	Indonesia	15	18	23	26	33	41	49	51
		Others ¹⁾	510	571	647	714	760	796	837	873
	Total	525	569	670	740	793	837	886	924	
	Balance	-52	-40	-96	-166	-219	-263	-312	-350	
Rest of the World	Supply	1485	1621	1645	1645	1645	1645	1645	1645	
	Demand	1479	1589	1702	1789	1872	1946	2057	2128	
	Balance	6	32	-57	-144	-227	301	-412	-483	
Total	Supply	1958	2170	2219	2219	2219	2219	2219	2219	
	Demand	2004	2178	2372	2529	2665	2783	2943	3052	
	Balance	-46	-8	-153	-310	-446	-564	-724	-833	

Note: 1) Including Japan

日本を含む東南アジア地区では、韓国および台湾で計画中のプラントが順調に予定通り稼動したとしてもカプロラクタムは不足する。もし1976年以降に新增設がないと、カプロラクタムの不足は年と共に増大することになる。インドネシアの国内需要は1977年には26、10³ tonになり、輸出用も考えればカプロラクタム生産の経済規模に達する。東南アジアを除いた世界のその他地区の需給は、1974~75年は均衡しており、他地域への供給余力はほとんどないといえる。1976年以降も現在明らかになっている新增設計画以外の新増設が行なわれなければ、これら地域においてもカプロラクタムは不足になる。したがって、これらの地域からの東南アジア地域への供給余力は1974年以降ほとんどないといえる。

5-4 シクロヘキサン

5-4-1 シクロヘキサンの需要構造

シクロヘキサンはカプロラクタム以外に、アジピン酸と溶剤向け用途をもっており、需給動向の把握はパラキシレン程容易ではない。1973年の世界におけるシクロヘキサンの需要構造を図V-17に示す。

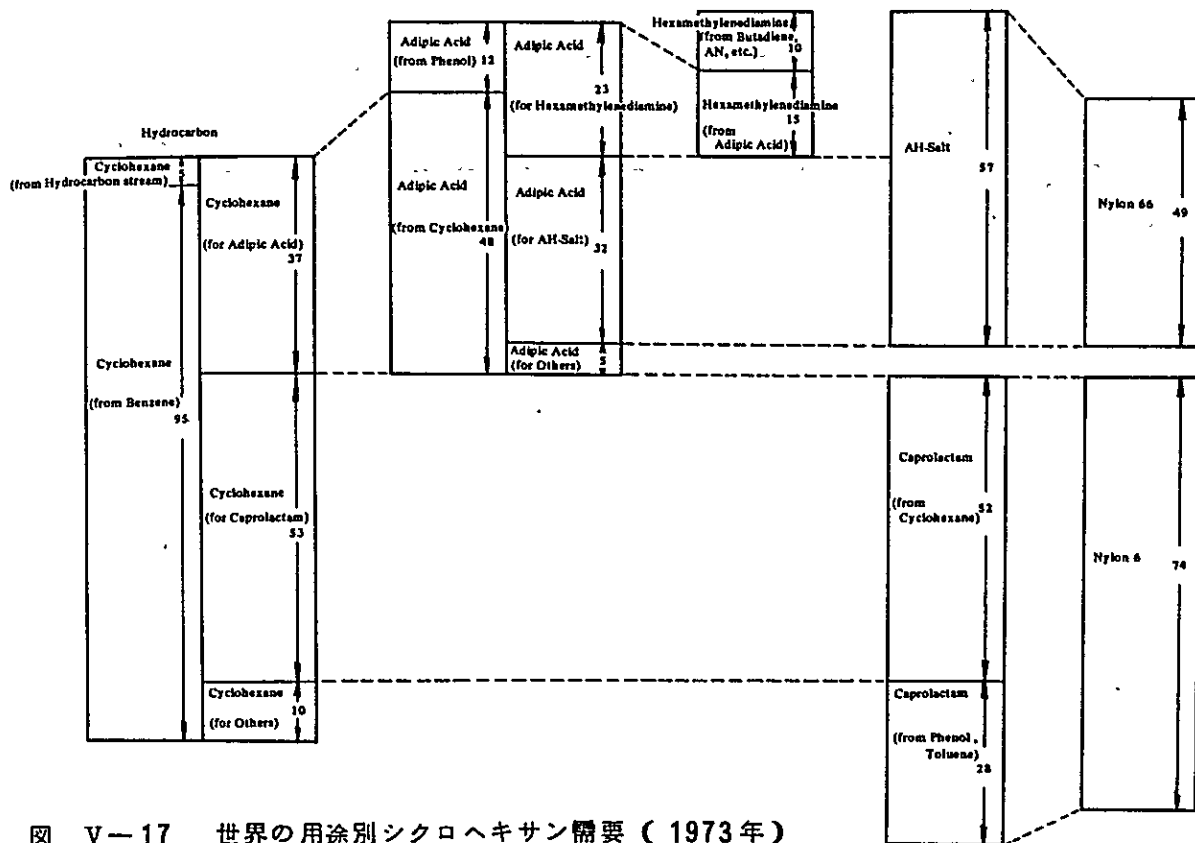


図 V-17 世界の用途別シクロヘキサン需要 (1973年)

- (1) シクロヘキサンの95%はベンゼンの水素化により製造され、わずかに5%のみが Phillips Petroleum社 (米国) の Hydrocarbon Streamからの抽出によっている。
- (2) 37%のシクロヘキサンはアジピン酸用に使われ、その大部分は最終的にナイロン66となる。
- (3) 53%のシクロヘキサンはカプロラクタム用に使われ、最終的にナイロン6となる。
- (4) 10%のシクロヘキサンは溶剤等に使われる。
- (5) 90%のシクロヘキサンはほとんどすべてナイロン66とナイロン6になり、シクロヘキサンの需給に変動があるとただちにナイロンの需給に影響が現われる構造になっている。
- (6) ナイロンの粗原料でオレフィンに属するのは、わずかにヘキサメチレンジアミン用のブタジエンとアクリロニトリルであり、他はすべて芳香族である。逆の見方をすれば、芳香族があれば、ナイロン事業は完結的に行なりことができる。

表V-58 ~V-60に米国、西独、日本のシクロヘキサンの生産量と輸出入量の実績を示す。米国は輸出国、西独は輸入国である。日本は輸入ポジションであったが、1970年代に入り自給化が進んだ。

表 V-58 米国のシクロヘキサン生産量と輸出量

	Production	Growth Rate (%)	Export (ton)
1955	-	-	-
56	121,296	-	-
57	210,147	73.3	-
58	150,120	-28.6	-
59	175,859	17.1	-
60	255,738	45.4	-
61	317,960	24.3	-
62	391,677	23.2	-
63	489,297	24.9	-
64	620,136	26.7	-
65	771,231	24.4	326,370
66	862,199	11.8	335,027
67	805,875	-6.5	382,450
68	924,868	14.8	373,134
69	-	-	344,292
70	835,101	-	246,716
71	792,822	-5.1	170,963
72	1,042,529	31.5	235,243
73	-	-	234,422

Source: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)
U.S. Foreign Trade Exports Commodity by Country (Bureau of the Census)

表 V-59 西ドイツのシクロヘキサン輸出，輸入量

	Export (ton)	Import
1965	-	-
66	261	159,959
67	324	220,262
68	166	284,819
69	30	251,370
70	1,369	252,070
71	2,331	217,460
72	2,634	238,018
73	4,773	235,481

Source: Trade Statistics of West Germany

表 V-60 日本のシクロヘキサン生産量と消費量

	(ton)				
	Production	Growth Rate (%)	Consumption	Export	Import
1961	-	-	-	-	-
62	-	-	-	-	17,677
63	-	-	-	-	24,588
64	-	-	-	-	43,227
65	-	-	-	-	103,316
66	68,931	-	141,511	-	125,941
67	113,454	64.6	192,530	-	133,241
68	238,908	110.6	314,784	-	50,948
69	334,843	40.2	406,444	-	35,883
70	408,390	22.0	491,492	-	846
71	428,872	5.0	514,674	-	288
72	464,695	8.4	553,232	-	-
73	535,093	15.1	658,977	-	3,093

Source: Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
 (Year Book of Chemical Industries Statistics)
 Nihon Booeiki Geppyo (Japan Exports & Imports)
 Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers Handbook)

5-4-2 米国のシクロヘキサン需給見通し

表V-61に米国のシクロヘキサン需給の見通しを示す。設備の稼働率は、ベンゼン不足により1973年は80%と推定されている。1974年以降は、一応85%の稼働が出来るとした。設備の増設計画は当分ない。したがって、内需の増加分だけ年々需給がタイト化し、1975年以降はシクロヘキサンを輸入しないと国内需要をみたすことができない。

表 V-61 米国のシクロヘキサン需給バランス予測

		(10 ³ ton)					
		1968	1973	1974	1975	1976	1977
Supply	Flowsheet Capacity	-	1123	1123	1123	1123	1123
	Production	835	900	950	950	950	950
Demand	Nylon 66	332	-	-	-	-	-
	Caprolactam	125	-	-	-	-	-
	Others	100	-	-	-	-	-
	Total	557	890	930	980	1030	1080
	Export	275	-	-	-	-	-
Balance		-	10	20	-30	-80	-130

5-4-3 西欧のシクロヘキサン需給見通し

表V-62に結果を示す。現在発表されている計画が順調に建設され、しかも設備稼働率が1973年の85%から1974年以降90%に増加すると希望的に仮定しても、西欧のシクロヘキサン不足は250 10³ tonを下回らない。これまでは主として米国からの輸入でバランスをとってきたが、すでに述べたように米国でも今後輸出余力はなくなるため、西欧のシクロヘキサン不足はかなり深刻な事態になると思われる。

表 V-62 西ヨーロッパのシクロヘキサン需給バランス予測

		(10 ³ ton)					
		1968	1973	1974	1975	1976	1977
Supply	Flowsheet Capacity	-	906	936	936	936	936
	Production	435	770	840	840	840	840
Demand	Fiber	660	-	-	-	-	-
	Nylon 6	152	-	-	-	-	-
	Others	90	-	-	-	-	-
	Total	750	1050	1100	1150	1200	1260
Balance		-315	-280	-260	-310	-360	-420

5-4-4 東南アジアのシクロヘキサン需給見通し

日本を含む東南アジア地区の需給見通しは表V-63の通りである。韓国と台湾の設備計画が予定通り順調に完成すれば、現存および現在新增設が発表されているカプロラクタム設備分のシクロヘキサンは供給することが出来る見通しである。ただし、すでに述べたように原料のベンゼンが不足する可能性が大きいので、必ずしも日本から表中記載の数量が供給できるかどうか疑問視するむきもある。

表 V-63 東南アジア¹⁾のシクロヘキサン需給バランス予測

		(10 ³ ton)				
		1973	1974	1975	1976	1977
Supply	Japan	517	557	614	614	614
	Korea	-	-	17	34	34
	Taiwan	-	-	-	28	57
	Total	517	557	631	676	705
Demand	Caprolactam	450	480	560	585	585
	Others	60	70	80	90	100
	Total	510	550	640	675	685
Balance		7	7	-9	1	20

Note: 1) Including Japan

5-4-5 世界のシクロヘキサン需給見通し

以上をまとめると、表V-64のようになる。西欧におけるシクロヘキサンの不足が顕著である。東南アジア地区では一応バランスする見通しであるが、これ以上の需要に対しては、他地域から輸入することは不可能である。したがって、これから新たに計画されるカプロラクタム設備用のシクロヘキサンは、別途調達法を考慮する必要がある。

表 V-64 世界のシクロヘキサン需給バランス予測

		(10 ³ ton)					
		1973	1974	1975	1976	1977	
Southeast Asia	Demand	510	550	640	675	685	
	Supply	Japan	517	557	614	614	614
		Korea	-	-	17	34	34
		Taiwan	-	-	-	28	57
		Total	517	557	631	676	705
Balance	7	7	-9	1	20		
U. S. A.	Demand	890	930	980	1030	1080	
	Supply	900	950	950	950	950	
	Balance	10	20	-30	-80	-130	
West Europe	Demand	1050	1100	1150	1200	1260	
	Supply	770	840	840	840	840	
	Balance	-280	-260	-310	-360	-420	
Total	Demand	2450	2580	2770	2905	3025	
	Supply	2180	2347	2421	2466	2495	
	Balance	-263	-233	-349	-439	-530	

6. アクリル原料

アクリル繊維の原料であるアクリロニトリルは、他の合繊原料 p-TPA/DMT、カプロラクタム、AH塩が芳香族から製造されるのとは異なり、オレフィンから製造される。アクリロニトリルは、世界全体でその65%がアクリル繊維用に使われ、残り35%は合成ゴム、合成樹脂等に使われている。

6-1 アクリロニトリルの過去の需給状況

表V-65~V-67に米国、西独および日本のアクリロニトリルの生産量と輸出入量実績を示す。アクリロニトリルに関しては、西独は輸入国、日本は輸出国である。世界の過去の生産設備能力と消費実績は、図V-18の通りである。これから明らかなように、アクリロニトリルは従来比較的供給過剰な石油化学製品の一つであったが、1973年に入り需給がタイト化してきた。これは、すでに述べたように

- (1) 原油生産制限によるナフサ不足
 (2) エチレン設備増設の停滞
 (3) 石油化学プラントの事故
- によるオレフィン不足が大きな原因である。

表 V-65 米国のアクリロニトリル生産量

	Production (10 ³ ton)				Growth Rate(%)	Share (%)		
	Acetylene Process	EO Process	Propylene Process	Total		Acetylene Process	EO Process	Propylene Process
1955	29.5	24	-	53.5	-	55	45	-
56	35.5	28	-	63.8	19.3	56	44	-
57	59	19.5	-	78.8	23.6	75	25	-
58	63.5	18	-	81.5	3.5	78	22	-
59	78	27	-	105.4	29.2	74	26	-
60	69.5	25	9.5	104.0	-1.3	67	24	9
61	78	22	13	113.2	8.8	69	20	11
62	111	27	25	163	44.3	68	17	15
63	129	32	45	206	26.4	63	15	22
64	150	32	88	270	30.5	55	12	33
65	148	42	160	350	29.9	42	12	46
66	132	-	193	325	-7.2	41	-	59
67	42	-	262	304	-6.3	14	-	86
68	52	-	412	463	52.2	11	-	89
69	-	-	-	525	13.3	-	-	-
70	-	-	-	471	-10.3	-	-	-
71	-	-	-	444	-6.4	-	-	-
72	-	-	-	506	14.7	-	-	-

Source: U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)

表 V-66 西ドイツのアクリロニトリルの輸出、輸入量

	(ton)	
	Export	Import
1965	-	-
66	15	27,118
67	6	33,245
68	654	26,702
69	7,945	30,547
70	423	37,701
71	1,597	63,007
72	9,205	61,208
73	35,812	12,973

Source: Trade Statistics of West Germany

表 V-67 日本のアクリロニトリルの生産量と消費量

	Production	Growth Rate (%)	Consumption			Export	Import
			Acrylic Domestic (A)	A/B (%)	Others 1)		
1957	-	-	-	-	-	-	-
58	670	-	-	-	-	-	-
59	12,534	1870.7	-	-	-	-	-
60	22,267	77.7	-	-	-	-	-
61	21,300	-4.3	-	-	-	-	-
62	29,021	36.2	27,392	96.0	1,133	-	537
63	37,947	30.8	36,015	93.5	2,519	-	5,056
64	78,056	105.7	61,624	85.9	10,136	-	11,519
65	153,268	96.4	84,070	55.6	67,201	44,443	-
66	167,668	9.4	99,441	60.9	63,933	40,073	-
67	190,276	13.5	125,772	65.8	65,386	17,163	-
68	231,467	21.6	159,530	66.6	79,847	19,493	1,042
69	326,310	41.0	189,491	58.2	136,007	35,107	2,861
70	423,785	29.9	262,872	63.4	151,486	54,762	462
71	525,787	24.1	295,920	55.9	233,505	104,157	-
72	537,232	2.2	277,349	50.6	270,537	89,697	-
73	595,234	10.8	-	-	-	72,226	-

Note: 1) Including export

Source: Kagaku Koogyo Tokei Nenpo
 (Year Book of Chemical Industries Statistics)
 Nihon Boeki Geppyo (Japan Exports & Imports)
 Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers Handbook)

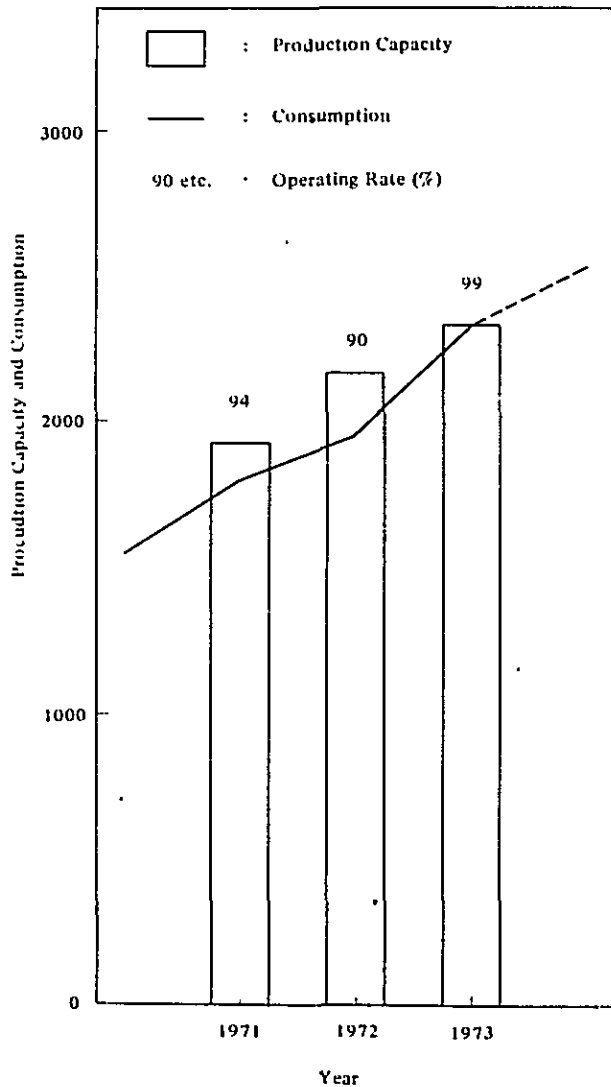


図 V-18 世界のアクリロニトリル需給バランス

表 V-68 世界のアクロリニトリル生産能力の予測と動向

Nation	Company	Site	Process	Flowsheet Capacity		Start of Operation	Comment
				Present	Future		
U.S.A.	American Cyanamid	Fortier, La.	Sohio	80		1954	
	Du Pont	Memphis, Tenn.	"	82		1966	
		Beaumont, Tex.	"	91		1972	
	Monsanto	Alvin, Tex.	"	170			
	Vistron	Lima, Ohio	"	277		1961	
	Erdölchemie (Bayer/BP)	Dormagen	Sohio	240		1965	
Germany, Fed. Rep. of	Kalkstickstoff Werke (Hoechst)	Trostberg	"	-	90		90,000 t/y Plant is scheduled for completion by the end of 1973.
	Knapsack(Hoechst)	Knapsack	(Acetylene-HCN*)	20			Production will be discontinued by the completion of Trostberg Plant.
United Kingdom	Border Chemicals	Grangemouth	Distillers-Ugine	70	90	1966	Expansion to 90,000 t/y is scheduled.
	Monsanto	Seal Sands	Sohio	68	91	1969	Expansion to 91,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
	Montedison	Porto Marghera	Montedison	30	60		Expansion to 60,000 t/y is due on stream by the end of 1974.
Italy	Sincat	Priolo	Montedison	65		1969	
	Acrilsarda (Rumienca)	Cagliari	Sohio	25	48		Expansion to 48,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
	ANIC	Gela	Snam Progetti	30	80	1968	Expansion to 80,000 t/y is scheduled by the end of 1975. (Total capacity will be changed to Sohio process.)
	Ugilor	St-Avoid	Distillers-Ugine	68	95	1957	Expansion to 95,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
France		Yvours	"	45	70	1968	Expansion to 70,000 t/y is Planned.
	Total Chimie	Gonfreville		-	90		90,000 t/y Plant is due on stream in 1973.
	Paular	Puertollano	Montedison	40	60	1972	Expansion to 60,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
	Iberacryl	Tarragone	Distillers-Ugine	-	40		40,000 t/y Plant is due on stream by the end of 1973.
Finland	Sateri Oy	Porvoo		25		1972	
U.S.S.R.	State Complex	Kalinin	BP-Ugine	130			
		Polotsk	Sohio				
German Democratic		Schwedt	Sohio	20		1969	
		Merseburg	Own Process	15			
	State Complex	Savinești	Sohio	25		1962	
Rumania		Pitesti	"	20	40	1970	Expansion to 40,000 t/y is scheduled by the end of 1973.
Poland	State Complex	Tarnow	Distillers-Ugine	10		1965	

Note: * Hydrocyanic acid

表 V-68-2

(10³ t/y)

Nation	Company	Site	Process	Flowsheet Capacity		Start of Operation	Comment
				Present	Future		
Bulgaria	State Complex	Burgas	Sohio	22		1969	
	"	Pleven	"	50		1971	
Hungary	State Complex		OSW	-	10		Plan
China			Sohio	-	50		Due on stream in early 1976.
Pakistan			Sohio	-	3		Plan
Mexico	Pemex	Cosoleacaque	Distillers-Ugine	24	40	1972	Expansion to 40,000 t/y is planned.
Canada	Imperial Oil	Sarnia, Ont.	Sohio	14		1970	
Brazil	Fisiba Petro-quimica	Salvador	Sohio	-	24		24,000 t/y Plant is due on stream by the end of 1973.
Argentina	Hisisa Argentina	Baradero		-	7.2		Scheduled to start production by the end of 1973 at 7,200 t/y and to expand to 20,000 t/y in 1975.
Yugoslavia	State Complex	Ljubljana		-	10	1974	
	"	Skopje	OSW				
India	State Complex	Koyali-Gujarat	Sohio	-	24		24,000 t/y Plant is due on stream by the end of 1975.
Korea Rep.	Tong Suh Petrochemical	Ulsan	Sohio	27	54	1972	Expansion to 54,000 t/y is scheduled by the end of 1974.
Taiwan	Chinese Petroleum	Kaohsiung	Sohio	-	65		Scheduled for completion by the end of 1975.
Japan	Asahi Kasei	Kawasaki	Sohio	53.3			
		Mizushima	"	133.3			
Japan	Sumitomo Chemical	Niihama	"	60			
		Chiba	"	80			
Japan	Mitsubishi Chemical	Mizushima	"	96.8			
	Toyo Chemicals	Osaka	"	43.8			
Japan	Nitto Chemical	Yokohama	"	88.2			
		Orake	"	54.2			
	Showa Denko	Kawasaki	"	56.8			

Source: Kasen Handbook, 1974 (Man-made Fibers Handbook)

6-2 世界のアクリロニトリル需給見通し

次に、今後のアクリロニトリルの需給バランスについて、日本を含む東南アジア地区と、その他地区に分けて予測する。前提は次の通りである。

前提 (1) F Y, S Fの生産量は、表IV-9の値を使用する。

(2) 需要には合成ゴム、合成樹脂等用を含むが、輸出入は含まない。

(3) 供給は表V-68の Flowsheet Capacity をベースに推定する。

結果は表V-69の通りである。

日本を含む東南アジア地区では、1974~75年は供給過剰であるが、1976年以降は台湾で計画されているプラントが予定通り稼動したとしても、アクリロニトリルは不足する。世界のその他地区においても、1975年以降アクリロニトリルは不足状態の見通しなので、東南アジアが輸入するのは不可能である。

表 V-69 世界のアクリロニトリル需給バランス予測

			(10 ³ ton)							
			1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Southeast Asia	Supply	Japan	634	680	680	680	680	680	680	680
		Korea	26	26	26	26	26	26	26	26
		Taiwan	0	0	30	62	62	62	62	62
	Total		660	706	736	768	768	768	768	768
	Demand	Indonesia	2	3	4	5	6	8	10	12
		Others ¹⁾	585	665	743	800	895	982	1075	1138
Total		587	668	747	805	901	990	1085	1150	
Balance			73	38	-11	-37	-133	-222	-317	-382
Rest of the World	Supply	1955	2057	2139	2174	2174	2174	2174	2174	
	Demand	1951	2172	2393	2610	2844	3010	3190	3400	
	Balance	4	-115	-254	-436	-670	-836	-1016	-1226	
Total	Supply	2615	2763	2875	2942	2942	2942	2942	2942	
	Demand	2538	2840	3140	3415	3745	4000	4275	4550	
	Balance	77	-77	-265	-473	-803	-1058	-1333	-1608	

Note: 1) Including Japan

VI 価格動向および予測

1. 価格動向

合繊原料を含めて石油化学製品は、過去その価格が年々低下してきた。日本および米国における過去の合繊原料の価格動向を図VI-1, 2に示す。ベンゼン、トルエン、キシレン等の基礎原料の価格は、特に米国においてあまり変化していないが、シクロヘキサン、パラキシレンさらにはDMTのように、加工度が高くなると価格の低下は著しい。特に著しいのはDMTで、1961年80 US\$/kgであったものが、1971年には30 US\$/kgへと1/2.7に低下している。

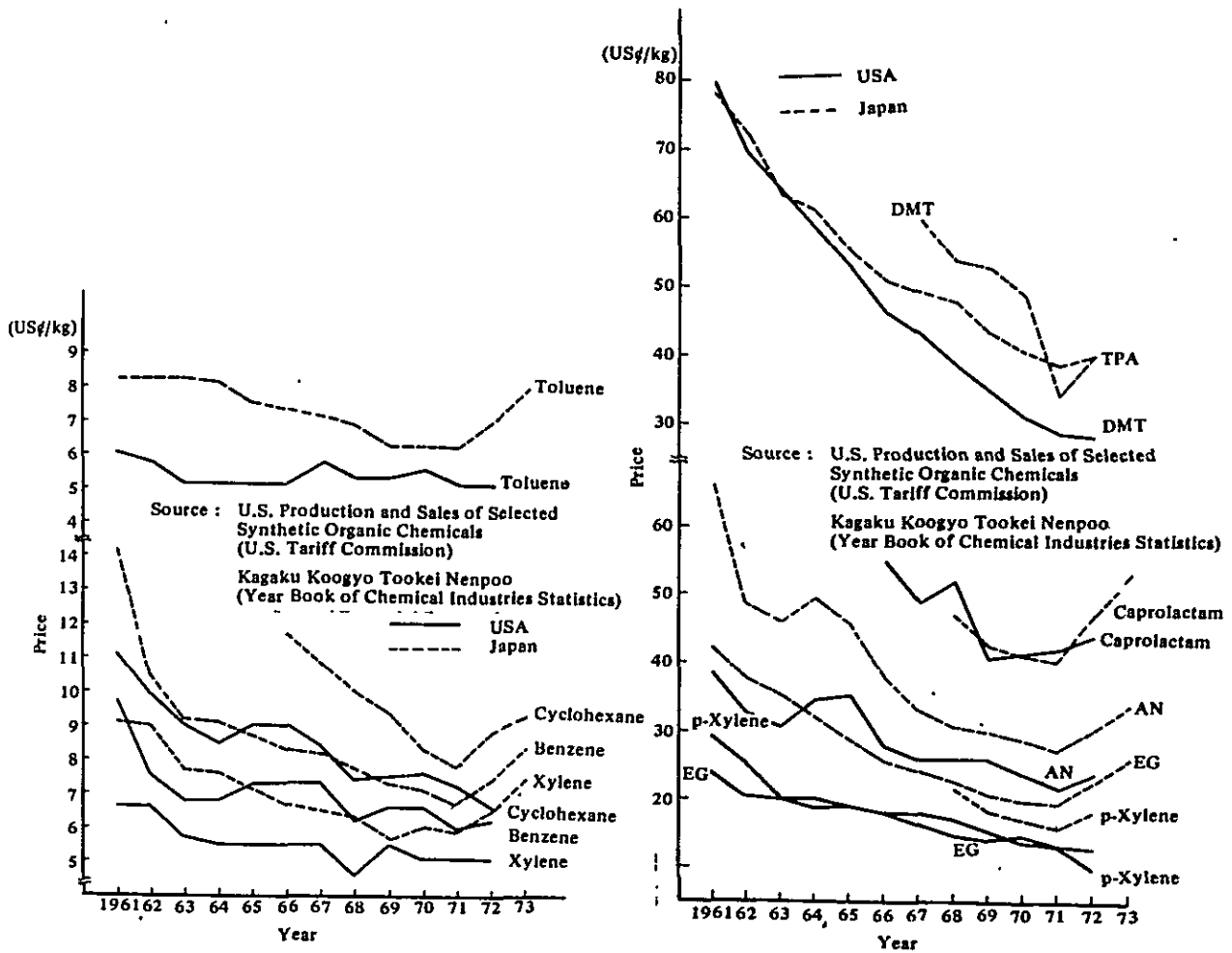


図 VI-1 BTX, シクロヘキサンの価格動向 図 VI-2 合繊モノマー, パラキシレンの価格動向

一方、このような価格低下を生産量との関係で示すと図VI-3, 4のようになる。価格低下は、生産量が少ない段階において急激に生じており、生産量がある範囲以上に増加すると、価格低下は非常にわずかなものになっている。しかしDMTの場合には、生産量がかなり増加した時点においてもまだ価格が低下を続けている。

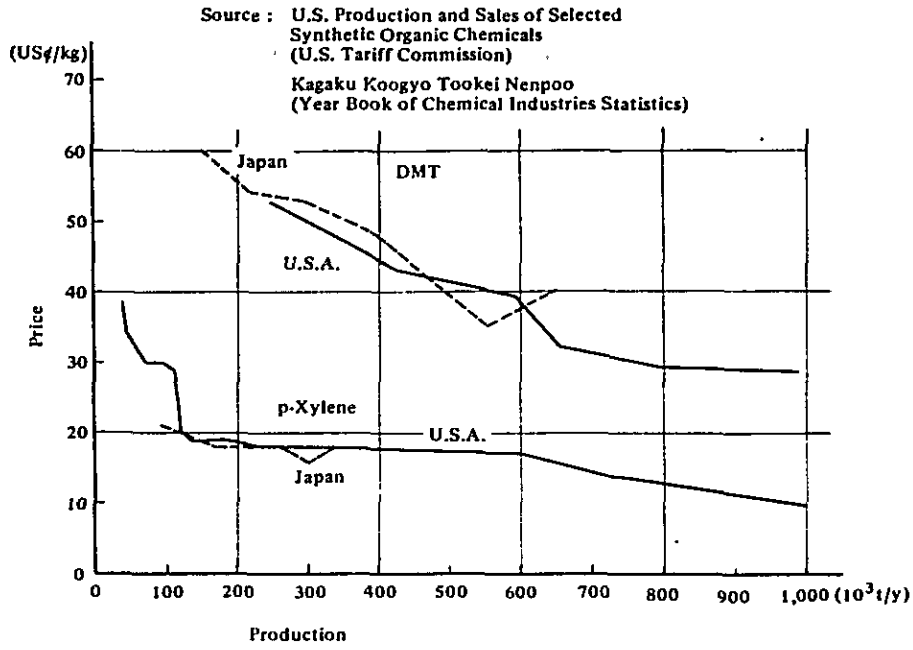


図 VI-3 パラキシレン, DMTの生産量と価格

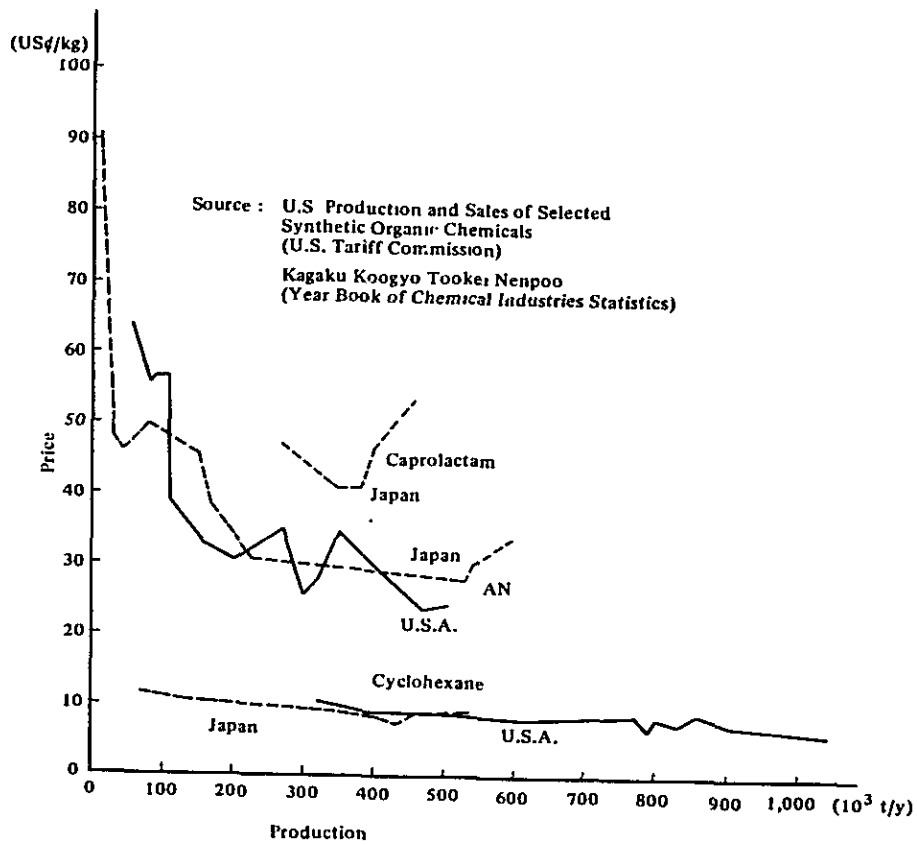


図 VI-4 シクロヘキサン, カプロラクタム, アクリロニトリルの生産量と価格

一方、この価格低下を加工費としてみると図Ⅵ-5～7のようになる。ここで加工費とは、製品価格からその主原料費、すなわち主原料価格に原単位を掛けたもの、を差し引いたものである。たとえば、DMTの加工費とは、DMTの価格からパラキシレン価格に0.62を掛けたものを差し引いた値である。

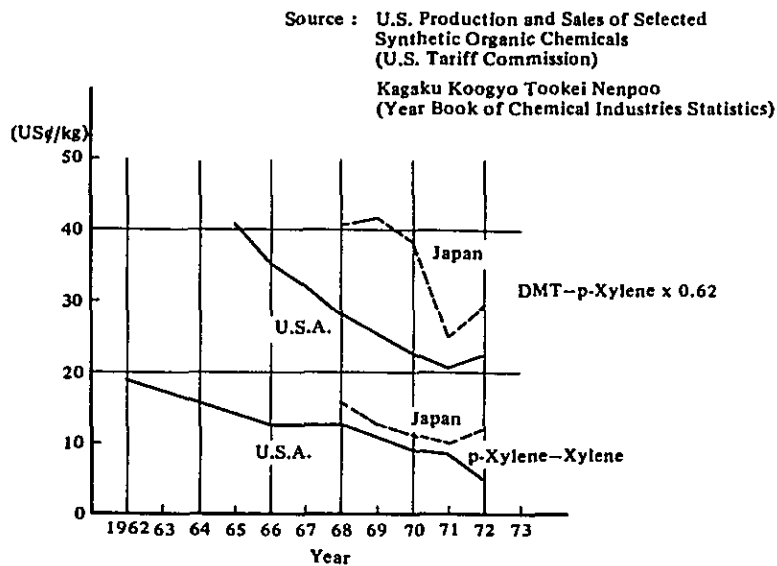


図 Ⅵ-5 DMT, パラキシレン加工費

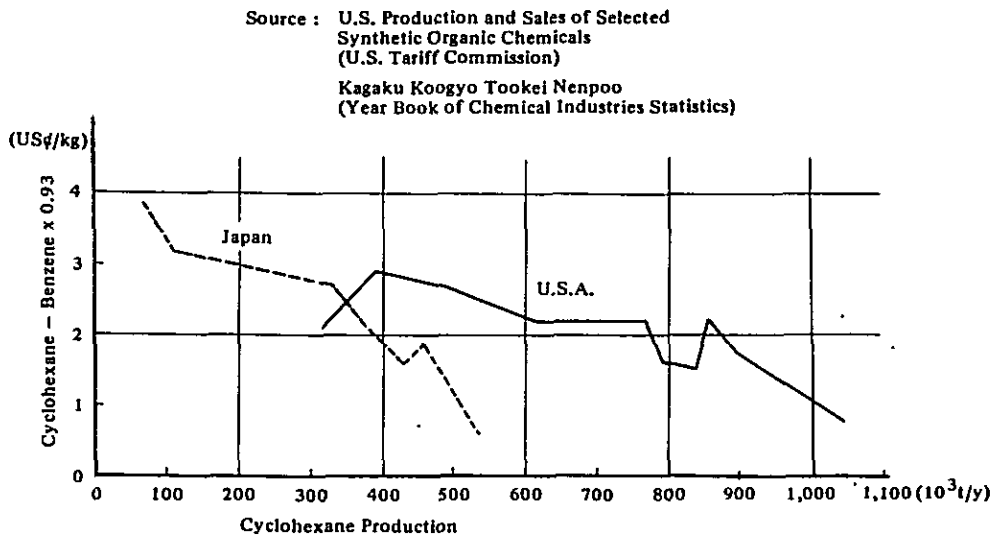


図 Ⅵ-6 シクロヘキサン生産量と加工費

Source : U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)
Kagaku Koogyo Tookei Nenpo (Year Book of Chemical Industries Statistics)

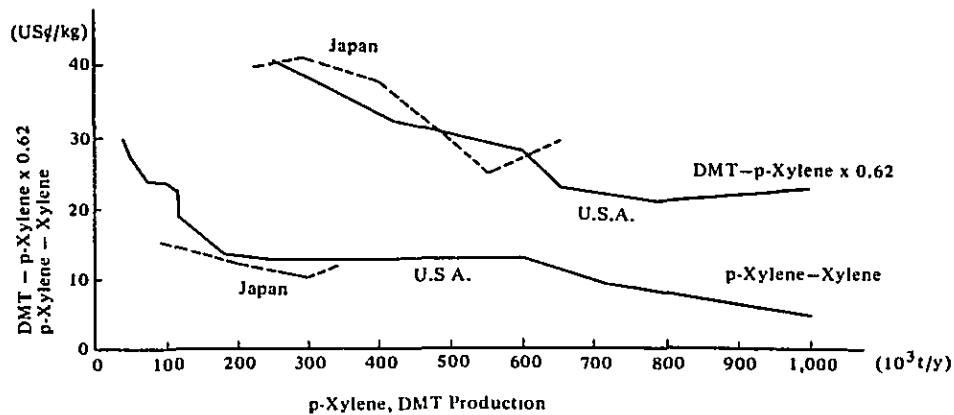


図 VI-7 バラキシレン、DMTの生産量と加工費

加工費も図VI-5に示すように年々低下を続けており、価格と同様の傾向を示している。また生産量と加工費の関係も図VI-6, 7に示すように価格と同様の傾向を示し、生産量が増加した段階においては、その低下が少なくなっている。

この結果から、過去の価格低下の大きな原因は、合繊工業の発展に伴う原料プラント規模の拡大、およびこれと同時に進められたプロセスの開発、改善であると判断される。

しかし、生産量が大幅に増加した現在、プラント規模の大幅な拡大は望めず、また製造プロセスの大幅な改善も期待できない。

一方、これら合繊原料の最も基礎的な原料である原油価格は、1971年までは年々低下していた。しかしその低下はわずかであり、1961年から1971年までの価格低下は最大20%程度であり、合繊原料価格低下への寄与はわずかであったといえる。

以上のような価格動向を原料輸出という面からとらえてみる。図VI-8, 9に日本のカプロラクタム、DMTの生産量、輸出量の関係を示す。1972年まで輸出は生産量と共に増加し、1972年にはカプロラクタム 62×10^3 t/y, DMT 120×10^3 t/y に達した。しかし、1973年にはこの増加傾向は完全に止まりわずかながら減少した。これは1972年までは日本国内において、原料が供給過剰の状態にあったことを示す。この時の輸出比率は、カプロラクタム15%, DMT18%であった。米国においては、合繊原料の輸出量が少なく1972年でカプロラクタム 9×10^3 ton, DMT 52×10^3 ton であり日本と比較して少ない。そのためもあってか、輸出価格と国内価格の差は少ない。

カプロラクタム、DMTの日本の輸出価格と国内価格を比較して表VI-1に示す。輸出価格は、国内価格と比較して10~20%安い。

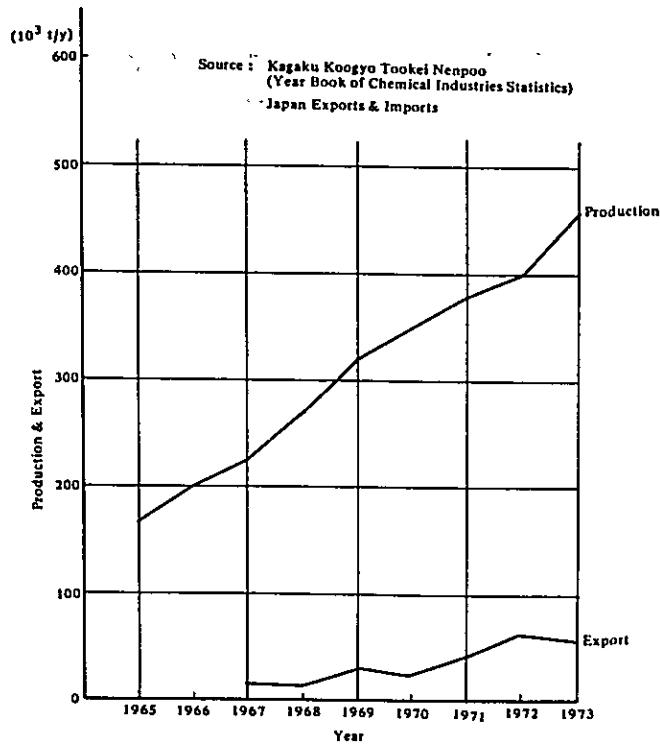


図 VI-8 日本のカプロラクタム生産量，輸出量

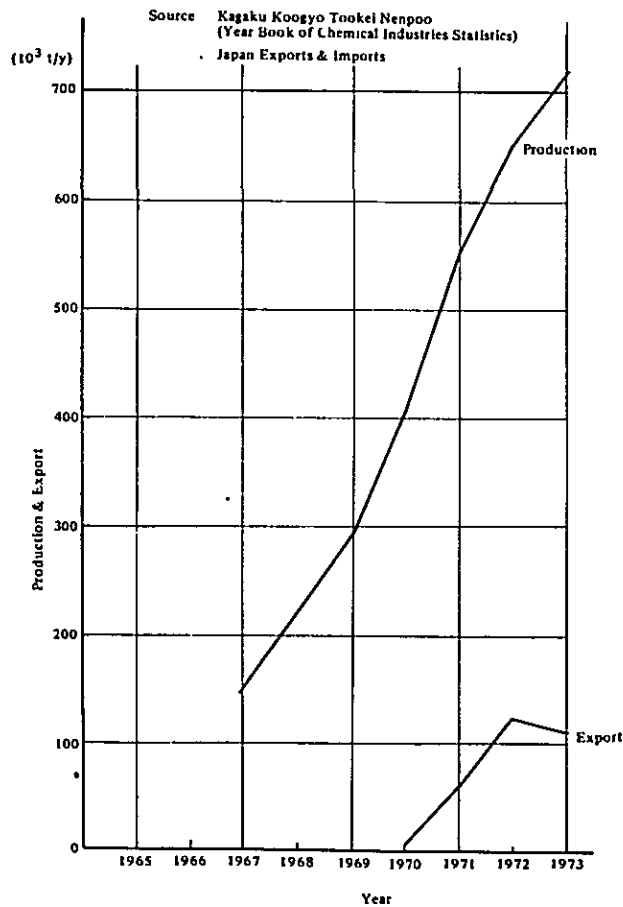


図 VI-9 日本のDMT生産量，輸出量

表 V-1 日本の合繊原料価格

(US\$/kg)

	Caprolactam			DMT			AN		
	Domestic	Export	(A) - (B)	Domestic	Export	(A) - (B)	Domestic	Export	(A) - (B)
	(A)	(B)		(A)	(B)		(A)	(B)	
1965	-	-	-	-	-	-	45.6	44.9	0.7
1966	-	-	-	-	-	-	37.8	30.1	7.7
1967	-	40.5	-	59.7	-	-	33.1	28.0	5.1
1968	47.2	41.4	5.8	53.9	-	-	30.8	31.2	-0.4
1969	42.8	37.8	5.0	52.8	-	-	30.0	34.1	-4.1
1970	41.4	42.9	-1.5	48.9	38.1	10.8	28.9	27.0	1.9
1971	40.6	37.2	3.4	34.7	31.7	3.0	27.5	20.9	6.6
1972	46.8	42.0	4.8	40.6	32.6	8.0	30.5	20.6	9.9
1973 1)	54.1	46.8	7.3	46.3	35.2	11.1	33.7	19.1	14.6

Note: 1) From January to June

Source: Japan Exports & Imports
Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo
(Year Book of Chemical Industries Statistics)

このように、合繊原料は国内での供給過剰を背景に輸出が進められてきた。

このような状況において、原料会社は価格の低下により採算性が低下し、さらに合繊不況も加わって新增設を手控えた。

しかし、新增設を手控えている間にも、合繊の需要は増加を続けたため、合繊業界の不況が解消したときには原料不足という状況になった。そこに原油価格が1年間に約4倍に大幅にアップしたため、合繊原料の価格も著しく影響を受けることになり、1974年は価格統制、価格混乱の時代になった。

2. 価格予測

価格予測方法については調査方法の項で説明した。この方法にしたがって行った予測結果は次のようである。

2-1 原油価格

1971年における日本の原油価格は、C I F 4,800円/Kℓ、それに税 640円/Kℓを加えて5,440円/Kℓ (2.40 US\$/bbl)であった。

1973年12月23日に発表されたOPECのペルシャ湾岸6か国の原油値上げは次のようであった。

産油国収入	7.00 US\$/bbl
生産コスト	0.12 US\$/bbl
公示価格	11.65 US\$/bbl

この発表の後、石油輸出国はいずれも大幅な値上げを行った。

以上の発表では実勢価格が不明であるが、従来の算式を使用し、公示価格の $\frac{1}{1.4}$ すなわち 8.32 US\$/bbl とした。

そして、運賃、保険を 0.7 US\$/bbl、輸入税（日本）を 0.34 US\$/bbl（640円/Kℓ）として値上がり後の原油価格を合計 9.36 US\$/bbl とした。すなわち、原油価格は 1971 年に比し 3.9 倍になる。

米国の国産原油は従来からかなり高いといわれており、1970 年頃の原油価格は 3 US\$/bbl とされていた。米国は日本と異なり国内原油に多くを依存しているが、OPEC 諸国の原油大幅値上げ後は国内価格もかなり上昇した。

また、米国へ原油を輸出しているベネズエラは、原油価格を 14.08 US\$/bbl に大幅値上げした。

米国の値上がり後の原油価格を日本と同じとすると 9.36 US\$/bbl であり、従来に比較して 3.1 倍である。

2-2 ナフサ価格

1971 年の日本のナフサ価格は、還付金 513 円/Kℓ を差し引くと 5,800 円/Kℓ (2.25 US\$/bbl ; 2.21 US\$/kg) , 還付金を含めると 6,313 円/Kℓ (2.79 US\$/bbl , 2.40 US\$/kg) であった。そこで原油値上がり後のナフサ価格は、還付金を含めたナフサ価格と原油の価格上昇率を掛けて 9.37 US\$/kg と予測した。

一方、1971 年の米国のナフサ価格は 1.3 ~ 1.5 US\$/lb といわれている。この平均値を用いると 2.96 US\$/kg である。これに原油値上がり率を掛けて原油値上がり後のナフサ価格を求めると、9.25 US\$/kg になる。

2-3 BTX

ナフサを改質装置にかけてリフォーマートを製造し分離した場合の各成分の比率は、従来の日本での実績を考え次のようにする。

ベンゼン	(B)	5.6 %
トルエン	(T)	15.0 %
キシレン	(X)	16.9 %
ラフィネート	(R)	42.4 %

各成分の価格の関係を式で表わすと次のようになる。

$$B \times 0.056 + T \times 0.15 + X \times 0.169 + R \times 0.424 = N + A$$

ここで N, A は各々ナフサ価格、加工費である。

上の式に表VI-2に示した1971年の日本、米国の原料価格、原油値上がり後のナフサ価格を入れ、トルエンとキシレンは同価格、ベンゼンはトルエンの1.3倍、ラフィネートとナフサは同価格、加工費は原油値上がり前後で変わらないという条件を入れて、原油値上がり後のベンゼン、トルエン、キシレンの価格を求め、表VI-3に示す。

表 VI-2 日本、米国のB T X価格

	(US\$/kg)	
	Japan	U. S. A.
Naphtha (1971)	2.21	2.96
Benzene (")	6.7	6.0
Toluene (")	6.2	5.1
Xylene (")	5.9	5.1
Naphtha (1974)	9.37	9.25

表 VI-3 日本、米国の原油値上り後のB T X価格予測値

	(US\$/kg)		
	Japan	U. S. A.	Average
Benzene	21.3	18.5	19.9
Toluene	16.4	14.2	15.3
Xylene	16.4	14.2	15.3

トルエンとキシレンの過去の価格動向は、図VI-10に示すようにほぼ同価格であり、またベンゼンとトルエンの価格動向は図VI-11に示すようにベンゼンはトルエンの1.3倍程度であり、トルエンの脱アルキルの原単位1.2とほぼ一致する。

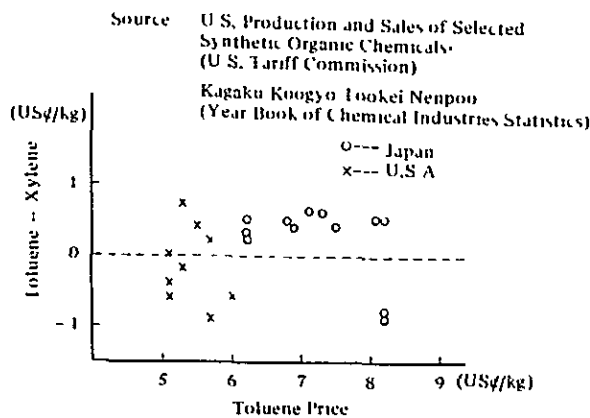


図 VI-10 トルエンとキシレンの価格

Source : U.S. Production and Sales of Selected Synthetic Organic Chemicals (U.S. Tariff Commission)
 Kagaku Koogyo Tookei Nenpoo (Year Book of Chemical Industries Statistics)
 O --- Japan
 x --- U.S.A.

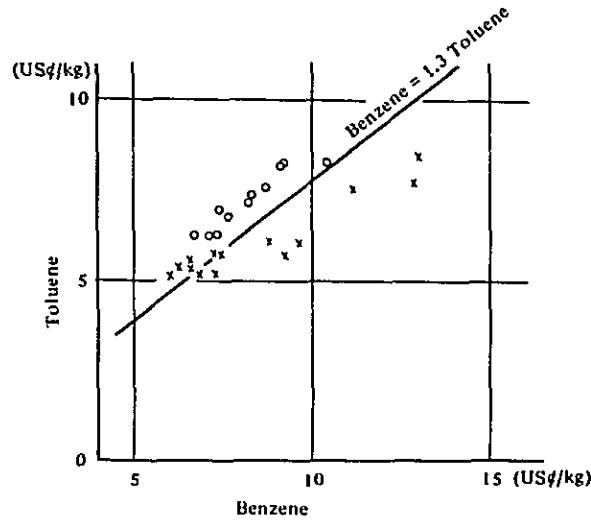


図 VI-11 ベンゼンとトルエンの価格

2-4 シクロヘキサン, パラキシレン

調査方法で述べた式にベンゼン, キシレンの価格, 加工費, 原単位を入れると次式のようになる。データはすべて日本, 米国の平均値を用い表VI-4に示す。

$$\begin{aligned} \text{シクロヘキサン} &= \underbrace{1.99}_{\text{ベンゼン価格}} \times \underbrace{0.93}_{\text{原単位}} \times a_1 + \underbrace{1.6}_{\text{加工費}} \times a_2 \\ \text{パラキシレン} &= \underbrace{15.3}_{\text{キシレン価格}} \times \underbrace{1.0}_{\text{原単位}} \times a_1 + \underbrace{9.5}_{\text{加工費}} \times a_2 \end{aligned}$$

表 VI-4 有機原料製造の原単位, 加工費一覧表 (1971年)

		(US¢)			
		Unit Consumption(kg/kg)	Japan	U. S. A.	Average
Benzene	→ Cyclohexane	0.93	1.6	1.6	1.6
Xylene	→ p-Xylene	1.0	10.6	8.3	9.5
Cyclohexane	→ Caprolactam	1.14	31.7	-	31.7
p-Xylene	→ DMT	0.62	25.3	20.7	23.0

1977年のシクロヘキサン，パラキシレン価格を求める際の α_1 ， α_2 は

$$\alpha_1 = 1.07^3 = 1.225 \quad \alpha_2 = 1.2 \times 1.07^6 = 1.801$$

を用いる。

この式により求めた1977年のシクロヘキサン，パラキシレンの価格は表Ⅵ-5に示すように、各々25.6，35.8 US¢/kgである。

表 Ⅵ-5 合繊原料価格予測値(1977年)

	(US¢/kg)
Benzene	24.4
Toluene	18.7
Xylene	18.7
Cyclohexane	25.6
p-Xylene	35.8
Caprolactam	86.2
p-TPA/DMT	63.6
Ammonia	15.0
Ammonium Sulfate	8.3 1)
Sulfuric Acid	4.5

Note: 1) Excluding bagging cost: 7.3 US¢/kg

2-5 カプロラクタム

シクロヘキサン原単位1.14を用いて計算した。この値は現時点においては高目であるが、従来はシクロヘキサンの酸化収率は悪く、この程度の値であったものと考えられる。1971年のシクロヘキサン価格7.8 US¢/kg(日本)，加工費3.1.7 US¢/kgとして、1977年のカプロラクタム価格を予測すると、表Ⅵ-5に示すように86.2 US¢/kgである。

2-6 p-TPA, DMT

DMTについての価格統計はあるがp-TPAはない。しかし一般にp-TPAとDMTはほぼ同価格であるといわれているので同価格として予測する。

しかし、ポリエステル製造の際の原単位は、p-TPA 0.86に対しDMT 1.0でありDMTが16%大きい。したがって本来はDMTの方が安くてよいはずである。

DMT製造の際のパラキシレン原単位0.62，1971年の加工費23 US¢/kg，および先に求めた原油値上がり後のパラキシレン価格を用いてDMT価格を予測すると、1977年で63.6 US¢/kgである。

2-7 アンモニア

尿素価格はアンモニア価格によって決まり、アンモニア価格の約10%高（袋代等を含めて）といわれる。さらに硫酸の価格は尿素価格と密接な関係がある。そこで尿素の価格予測を行ない、その結果からアンモニア、硫酸の価格を導くことにする。

尿素（アンモニア）製造の原料はナフサ、天然ガス、重油等があるが、価格上昇の最も激しいナフサの場合について価格予測する。

尿素製造の際のナフサ原単位は1.0、先に求めた原油値上がり後のナフサ価格および1971年の加工費（日本）2.79 US\$/kg を用いて尿素価格を予測すると、1977年16.5 US\$/kgになる。したがってアンモニア価格は15.0 US\$/kg になる。

2-8 硫酸

過去の尿素と硫酸の価格および価格比の推移を、図VI-12、13に示す。これら肥料の価格は1972年中頃から急激に上昇した。しかしこの間、硫酸価格は尿素価格の窒素含有量差であるほぼ $\frac{1}{2}$ に保たれた。したがって今後も硫酸価格は尿素価格の $\frac{1}{2}$ と予測し、1977年の値は83 US\$/kg である。ここから Bagging Cost として1 US\$/kg を差し引くと73 US\$/kg になる。

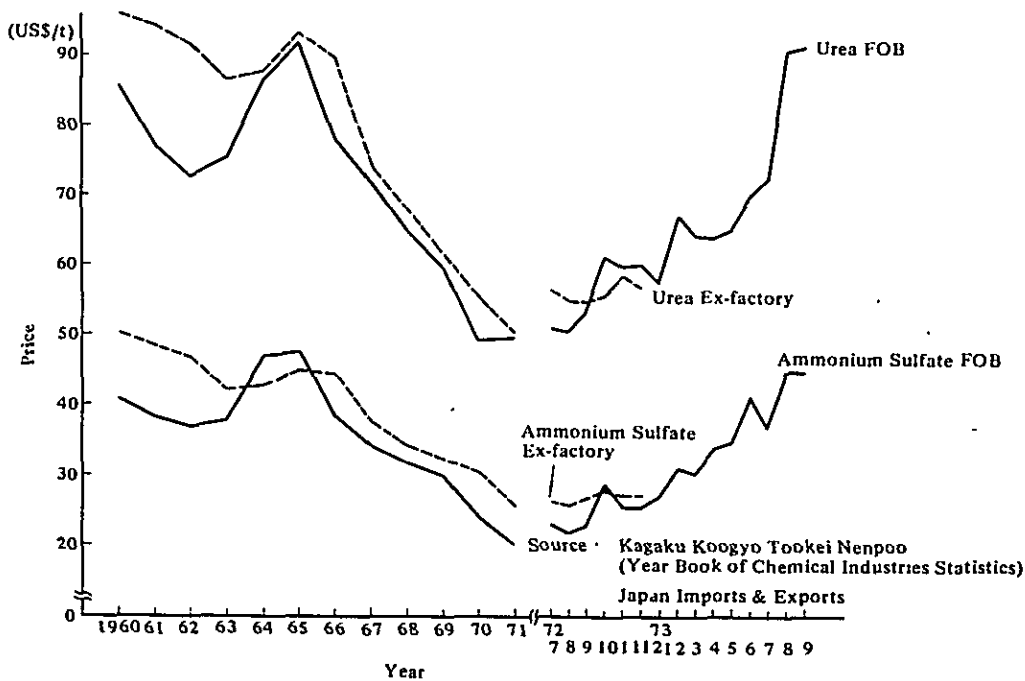


図 VI-12 尿素，硫酸のFOB出荷価格の推移（日本）

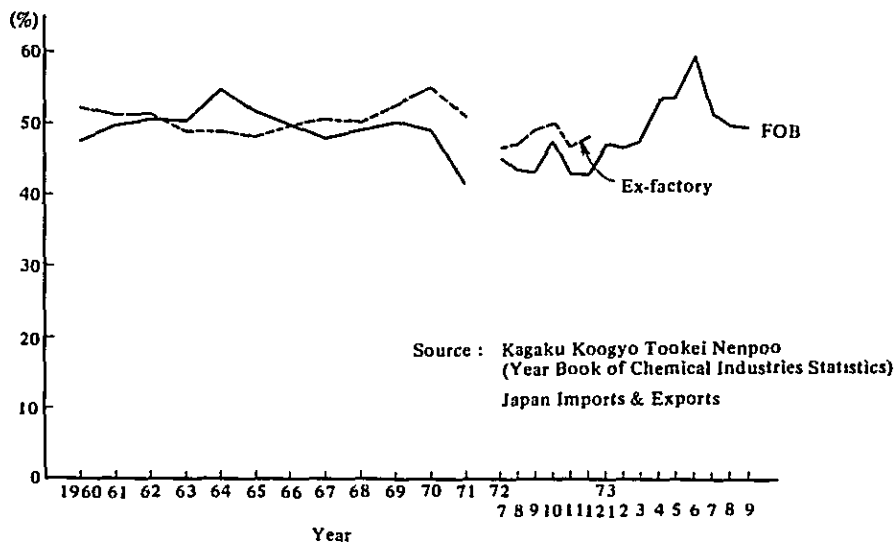


図 VI-13 尿素，硫酸価格比の推移（日本）

2-9 硫酸

1973年末におけるインドネシアの硫黄輸入価格は62 US\$/tであった。硫黄の価格は今後とも上昇すると予測されるので、年率7%の上昇を見込み1977年81 US\$/tとした。

硫酸製造の際の硫黄の原単位は0.334であり、利益を見込んだ加工費を18 US\$/tとすると1977年の硫酸価格は4.5 US\$/kgと予測される。

2-10 酢酸

酢酸はエチレン，アセトアルデヒドを経て製造される。エチレン製造の際のナフサ原単位を6.1 Kl/tエチレン=4.3kg/kgエチレンとし、ナフサの値上がりを先に述べたように7.2 US\$/kgとする。

さらに、ナフサ分解によるオレフィン中のエチレン，プロピレン，C₄の比率を各々0.46，0.33，0.21とし、価格を各々30，21，16 ¥/kgとすると、等価比率は各々57，29，14%になる。

したがって、エチレン価格の値上がりは、これらの値から次のように計算される。

$$4.3 \times 7.2 \times 0.57 = 17.6 \text{ US}\$/\text{kg}$$

原油値上がり前のエチレン価格を30 ¥/kg（10 US\$/kg）とすると、原油値上がり後のエチレン価格は27.6 US\$/kgになる。

アセトアルデヒド製造の際のエチレン原単位は0.67, 1971年のアセトアルデヒド価格は11.9 US\$/kg (日本), エチレン価格は7.5 US\$/kg (日本)であり, 1971年の加工費は6.9 US\$/kg になり, 1977年のアセトアルデヒド価格は35 US\$/kg と予測される。

酢酸製造の際のアセトアルデヒド原単位は0.77, 1971年の酢酸価格は14.2 US\$/kg であり, 1971年の加工費は5.0 US\$/kg になり, 1977年の酢酸価格は36.0 US\$/kg と予測される。

2-11 メタノール

メタノール製造の際のナフサ原単位は0.79, 1971年の価格は6.4 US\$/kg (日本)であり, 1971年の加工費は4.6 US\$/kg になる。前述のナフサ価格を用いて計算すると, 1977年のメタノール価格は17.5 US\$/kg と予測される。

2-12 エチレングリコール

エチレンオキシドの製造におけるエチレン原単位は0.95, 1971年におけるエチレンオキシド, エチレンの価格は, 各々22.2 US\$/kg, 7.5 US\$/kg であった。したがって1971年の加工費は15.1 US\$/kg になる。この値と原油値上がり後のエチレン価格から, 1977年のエチレンオキシドの価格は59.3 US\$/kg と予測される。

エチレングリコールの製造の際のエチレンオキシド原単位は0.83, 1971年におけるエチレングリコール, エチレンの価格は, 各々19.4 US\$/kg, 7.5 US\$/kg であった。したがって, 1971年の加工費は1.0 US\$/kg になる。この値と上記エチレンオキシドの価格から, 1977年のエチレングリコール価格は51.0 US\$/kg と予測される。

以上の結果をとりまとめ, 1977~86年の価格予測値を価格の年平均上昇率7%, 5%について求め, 表VI-6, 7に示す。経済計算は主として価格上昇率7%について行なう。

以上求めた価格は国際価格(CIF Jakarta)である。この価格をもとにして調査方法の項で述べた方法により, 国内向価格, 輸出向価格を求め, 表VI-8~11に示す。また, カプロラクタム等を製造する際の原料の購入価格を, 表VI-12, 13に示す。

表 VI-6 合繊原料の国際価格予測値(年率7%)

	(US\$/kg)										
	Cyclohexane	p-Xylene	EO	EG	Acetic Acid	Methanol	Caprolactam	p-TPA/DMT	Ammonia	Sulfuric Acid	Ammonium Sulfate
1977	25.6	35.8	59.3	51.0	36.0	17.5	86.2	63.6	15.0	4.5	7.3 ¹⁾
1978	27.3	38.3	63.4	54.5	38.5	18.7	92.2	68.0	16.1	4.8	7.8
1979	29.3	40.9	67.8	58.4	41.2	20.0	98.7	72.8	17.2	5.2	8.4
1980	31.3	43.8	72.6	62.5	44.1	21.4	105.6	77.9	18.4	5.5	8.9
1981	33.5	46.9	77.7	66.8	47.2	22.9	113.0	83.3	19.7	5.9	9.6
1982	35.8	50.1	83.1	71.5	50.5	24.5	120.9	89.2	21.1	6.3	10.2
1983	38.3	53.7	88.9	76.5	54.0	26.2	129.4	95.4	22.5	6.8	11.0
1984	41.0	57.4	95.1	81.9	57.8	28.0	138.4	102.1	24.1	7.2	11.7
1985	43.9	61.4	101.8	87.6	61.8	30.0	148.1	109.3	25.8	7.7	12.5
1986	47.0	65.7	108.9	93.7	66.1	32.1	158.5	116.9	27.6	8.3	13.4
1987	50.3	70.3	116.6	100.3	70.8	34.3	169.6	125.1	29.5	8.9	14.4

Note: 1) Excluding bagging cost

表 VI-7 合繊原料の国際価格予測値(年率5%)

	(US\$/kg)										
	Cyclohexane	p-Xylene	EO	EG	Acetic Acid	Methanol	Caprolactam	p-TPA/DMT	Ammonia	Sulfuric Acid	Ammonium Sulfate
1977	24.0	32.9	54.5	46.9	33.0	16.1	78.3	57.4	14.0	4.3	6.7 ¹⁾
1978	25.2	34.6	57.2	49.3	34.7	16.9	82.2	60.3	14.6	4.5	7.0
1979	26.5	36.3	60.1	51.7	36.4	17.7	86.4	63.3	15.4	4.7	7.4
1980	27.8	38.1	63.1	54.3	38.2	18.6	90.7	66.4	16.1	5.0	7.8
1981	29.2	40.0	66.2	57.0	40.2	19.5	95.2	69.8	17.0	5.2	8.1
1982	30.6	42.0	69.5	59.9	42.2	20.5	100.0	73.2	17.8	5.5	8.6
1983	32.2	44.1	73.0	62.9	44.3	21.5	105.0	76.9	18.7	5.8	9.0
1984	33.8	46.3	76.7	66.0	46.5	22.6	110.2	80.8	19.6	6.1	9.4
1985	35.5	48.6	80.5	69.3	48.8	23.7	115.7	84.8	20.6	6.4	9.9
1986	37.2	51.0	84.5	72.8	51.2	24.9	121.5	89.0	21.6	6.7	10.4
1987	39.1	53.6	88.7	76.4	53.8	26.1	127.6	93.5	22.7	7.0	10.9

Note: 1) Excluding bagging cost

表 VI-8 合繊原料の国内向価格(年率7%) (US\$/kg)

	Cyclohexane	p-Xylene	Caprolactam ¹⁾	p-TPA/DMT ¹⁾
1977	30.5	42.6	100.1	73.2
1978	32.6	45.6	107.1	78.3
1979	34.9	48.8	114.6	83.8
1980	37.3	52.2	122.6	89.7
1981	39.9	55.8	131.2	96.0
1982	42.7	59.8	140.4	102.7
1983	45.7	63.9	150.2	109.9
1984	48.9	68.4	160.7	117.5
1985	52.3	73.2	172.0	125.8
1986	56.0	78.3	184.0	134.6
1987	59.9	83.8	196.9	144.0

Note: 1) Excluding Transportation Cost to Jakarta

表 V-9 合繊原料の国内向価格（年率5%）

	(US\$/kg)			
	Cyclohexane	p-Xylene	Caprolactam ¹⁾	p-TPA/DMT ¹⁾
1977	28.6	39.2	90.7	65.8
1978	30.0	41.1	95.2	69.1
1979	31.5	43.2	100.0	72.5
1980	33.1	45.3	105.0	76.2
1981	34.7	47.6	110.2	80.0
1982	36.5	50.0	115.8	84.0
1983	38.3	52.5	121.5	88.2
1984	40.2	55.1	127.6	92.6
1985	42.2	57.8	134.0	97.2
1986	44.3	60.7	140.7	102.1
1987	46.5	63.8	147.7	107.2

Note: 1) Excluding Transportation Cost to Jakarta

表 V-10 合繊原料の輸出価格（年率7%）

	(US\$/kg)			
	Cyclohexane	p-Xylene	Caprolactam	p-TPA/DMT
1977	18.2	28.3	74.6	52.2
1978	19.5	30.3	79.8	55.8
1979	20.8	32.4	85.4	59.7
1980	22.3	34.6	91.3	63.9
1981	23.8	37.1	97.7	68.4
1982	25.5	39.7	104.6	73.2
1983	27.3	42.4	111.9	78.3
1984	29.2	45.4	119.7	83.8
1985	31.2	48.6	128.1	89.6
1986	33.4	52.0	137.1	95.9
1987	35.8	55.6	146.7	102.6

表 V-11 合繊原料の輸出価格（年率 5%）

	(US\$/kg)			
	Cyclohexane	p-Xylene	Caprolactam	p-TPA/DMT
1977	17.0	25.9	67.4	46.6
1978	17.9	27.1	70.7	49.0
1979	18.8	28.5	74.3	51.4
1980	19.7	29.9	78.0	54.0
1981	20.7	31.4	81.9	56.7
1982	21.7	33.0	86.0	59.5
1983	22.8	34.6	90.3	62.5
1984	24.0	36.4	94.8	65.6
1985	25.2	38.2	99.5	68.9
1986	26.4	40.1	104.5	72.3
1987	27.7	42.1	109.7	76.0

表 V-12 原料購入価格（年率 7%）

	(US\$/kg)							
	Cyclohexane	p-Xylene	Acetic Acid	Methanol	EG	Ammonia	Sulfuric Acid	Ammonium Sulfate ¹⁾
1977	30.5	42.6	42.8	20.8	60.7	15.0	4.5	8.3
1978	32.6	45.6	45.8	22.3	64.9	16.1	4.8	8.8
1979	34.9	48.8	49.0	23.8	69.5	17.2	5.2	9.5
1980	37.3	52.2	52.5	25.5	74.3	18.4	5.5	10.1
1981	39.9	55.8	56.2	27.3	79.6	19.7	5.9	10.8
1982	42.7	59.8	60.1	29.2	85.1	21.1	6.3	11.6
1983	45.7	63.9	64.3	31.3	91.1	22.5	6.8	12.4
1984	48.9	68.4	68.8	33.4	97.5	24.1	7.2	13.3
1985	52.3	73.2	73.6	35.8	104.3	25.8	7.7	14.2
1986	56.0	78.3	78.8	38.3	111.6	27.6	8.3	15.2
1987	59.9	83.8	84.3	41.0	119.4	29.5	8.9	16.2

Note: 1) Selling price excluding bagging cost

表 VI-13 原料購入価格（年率 5%）

	(US\$/kg)							
	Cyclohexane	p-Xylene	Acetic Acid	Methanol	EG	Ammonia	Sulfuric Acid	Ammonium Sulfate 1)
1977	28.6	39.2	39.3	19.2	55.8	14.0	4.3	7.7
1978	30.0	41.1	41.2	20.1	58.6	14.6	4.5	8.1
1979	31.5	43.2	43.3	21.1	61.5	15.4	4.7	8.5
1980	33.1	45.3	45.5	22.2	64.6	16.1	5.0	8.9
1981	34.7	47.6	47.7	23.3	67.8	17.0	5.2	9.3
1982	36.5	50.0	50.1	24.5	71.2	17.8	5.5	9.8
1983	38.3	52.5	52.6	25.7	74.8	18.7	5.8	10.3
1984	40.2	55.1	55.3	27.0	78.5	19.6	6.1	10.8
1985	42.2	57.8	58.0	28.3	82.5	20.6	6.4	11.3
1986	44.3	60.7	60.9	29.7	86.6	21.6	6.7	11.9
1987	46.5	63.8	64.0	31.2	90.9	22.7	7.0	12.5

Note: 1) Selling price excluding bagging cost

VII 立地調査

1. 化学工業立地の諸条件

一般的に化学工業立地を選定する場合には次の諸点を考慮する必要がある。

- (1) 主原料、副原料の入手が容易であること。
- (2) 製品の国内・国外市場への輸送が容易であること。
- (3) 用役の入手が容易であること。
- (4) 排棄物の処理が容易であること。
- (5) 人口密集地でないこと。
- (6) 労働力の入手が容易であること。
- (7) 医療・文化或いは関連産業諸設備の利用が可能であること。
- (8) 気温・雨量・風速などの気象条件が良好であること。
- (9) 適当な支持層を持つ平坦な土地で、岩盤でないこと。

2. 合繊原料工業における工場配置

ポリエステル及びナイロンに着目した場合、その主原料製造工業は図VII-1の工程より成るものが最も標準的である。

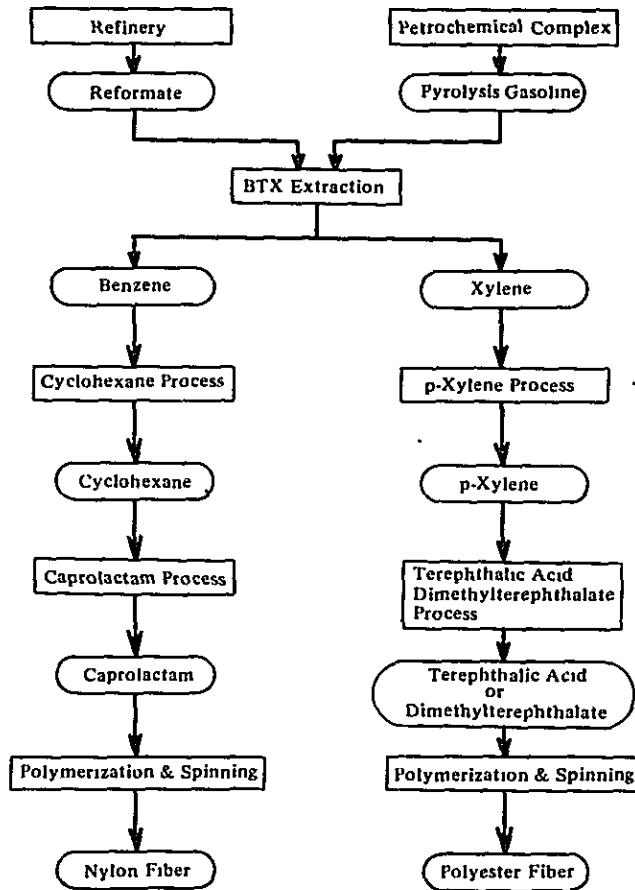


図 VII-1 ナイロン、ポリエステル製造工程

これらの工程のうちカプロラクタム、TPA/DMTまでは少品種大量生産を行なう典型的な合成化学工業であるのに反し重合紡糸段階は多品種少量生産のどちらかといえば労働集約型の繊維産業である。そして粗原料を製造する石油精製、石油化学工業から合繊生産までを通して見た場合カプロラクタム、TPA/DMTを生産するまでの工程は化学工業であり、それ以降の工程は繊維産業であるので最適の立地は異なり別々の立地を選択することができる。

しかし両者間の原料の流れからみるとDMTの場合には、モノマー工場でメタノールを消費し、重合工場でメタノールが発生するという関係にあり必ずしもこれらを別々に設置するのが好ましいとはいえない。

3. 芳香族抽出、シクロヘキサン、バラキシレンプラント立地の特殊条件

B T X、シクロヘキサン、バラキシレンは製品の付加価値が低いので、これらを遠距離輸送すると運賃が製造コストのうち大きな部分を占めることになる。したがってこの種の工業は通常石油精製または石油化学工場に隣接して設置される。その場合水素等の副原料、蒸気等の用役も石油精製や石油化学と共通しているので便利である。

最近では芳香族工業の経済規模が大きくなり、原料であるナフサの処理量は $10 \sim 15 \cdot 10^3$ BPSD 程度となっている。これだけの原料の供給をするには石油精製工業からの改質油を使用する場合、能力 $100 \cdot 10^3$ BPSD 以上の製油所でなければならない。石油化学からの分解ガソリンを使用する場合には、分解ガソリン量が比較的多いナフサ分解の場合でもエチレン $400 \cdot 10^3$ t/y 或いはそれ以上の能力のエチレンプラントを必要とする。現在インドネシアにおいてはこれだけのエチレンプラントは存在しない。またインドネシアにおいてはエチレンプラントは天然ガスを原料とするであろうから、ここからB T X用の原料の供給を受けることはできない。したがってB T X、シクロヘキサン、バラキシレンプラントの立地としては、能力 $100 \cdot 10^3$ BPSD 程度の石油精製工場の隣接地に限定される。

4. TPAおよび/またはDMTプラント立地の特殊条件

TPA、DMTの原料はバラキシレンと若干の酢酸またはメタノールである。これらは全て液状で輸送が比較的簡単であるので立地選定において原料入手に特に重点を置く必要はない。

しかるに製品はいずれの場合も取り扱いが不便で輸送コストも高つく粉体で、これを国内外の多くの需要家へ供給しなければならない。さらに繊維原料として高い品位を要求されるので輸送、保管についても十分な注意を払う必要がある。したがって製品の市場への輸送の安定化とコストダウンについて最も重点が置かれねばならない。

重合、紡糸を行なう繊維工業は一般的に生産規模が数十～百 t/d程度と小さく、増設する場合でも少額の追加投資で段階的に実施することが可能である。しかるに原料工業は典型的な装置産業であって、生産規模の製造コストに対する影響が大きいいため通常数百 t/dの能力を持ち、また小

きざみの増設も困難である。したがって、原料製造プラントは将来の需要の増加を見込んだ大型のものを1個所に集約して建設される。製品はいくつかの繊維工場へ供給されるばかりでなく、国内需要が少ない間は余剰の製品を海外へ輸出しなければならない。

それ故TPA/DMT工場の望ましい立地としては輸出港に近い臨海型の立地である。

以上述べたような立地選定はp-TPAの場合にはそのままあてはまり、このような見地からのみ立地を選定すればよい。

しかしDMTの場合には以上のような立地選定条件の他に、繊維工場との関係を考えなければならない。それはDMT工場の場合繊維工場の近くに建設しないと、繊維工場における重合工程で発生するメタノールをDMTの製造に再使用できないという不利益があるからである。DMT工場を繊維工場の近くに建設した場合は、メタノールの再使用の他にDMTを熔融状態で輸送できるという利点が生ずる。しかし熔融状態での輸送が可能だとしても国内需要だけに限られる。したがってDMTプラントは繊維工場の近くに建設することが望ましいが、原料の入手、輸出との関連で必ずしもそれに限定することはできない。

5. カプロラクタムプラント立地の特殊条件

カプロラクタムの製造においては主原料のシクロヘキサンの他に、副原料として多量のアンモニアと硫酸を必要とする。これらは輸送が幾分困難な物質であるので、原料供給の容易な場所、即ちアンモニア、硫酸の製造を行っている肥料工場に隣接した場所が望ましい。特にアンモニアについては、カプロラクタム製造のためだけにアンモニアプラントを建設することは経済的に難しい。液体アンモニアの輸送ということも考えられるが、できるだけアンモニアプラントの近くに建設するのが望ましい。また副生物として製品であるカプロラクタムの少くとも1.7倍もの多量の硫酸が得られるので、これを処理するためにも肥料工場の近くである必要がある。

またカプロラクタムの場合、ナイロンの需要がポリエステルより少なく、TPA/DMTに比し生産規模が小さくなるので独自に保全設備、居住環境の整備等の付帯設備を持つことがコスト面から困難である。このためにも既存の肥料工場に隣接して、これらの設備を共有化する必要があろう。

カプロラクタムの場合繊維工場の近くに建設すれば、熔融状態で輸送できるという利点はある。しかし原料入手の問題から肥料工場の近くに建設する方がはるかに重要である。

6. インドネシアの特殊条件

化学工場立地の観点から見たインドネシアの特殊性は次の点である。

(1) 気候は全地域共安定した海洋性気候で年間温度差も小さく、台風の通路からも外れ暴風による災害もない。主要立地候補地には比較的大きな川があり、用水の確保に都合がよい。使用に当っては灌漑用水、水浴習慣を考慮して15~20kmの遠隔地取水となり、質量共に水処理

施設は十分強化しなければならない。

(2) 主要立地候補地は地形的には平坦な粘土質基盤で臨海型の化学工場敷地として適当である。各地共地下水水位が高いために工場敷地は砂質土砂または海砂で1～2 m盛土して整地造成を行えばよい。地質と支持層の存在についてはボーリングの必要がある。今回調査した各地のデータによると杭長は30 m以内であった。これは日本の沿岸沖積地帯と差はない。地震も少なく日本の1/2～1/4程度であって、特殊なスワンプ地帯を除けば化学工場の重量機器の設置に支障はない。

(3) 合成繊維工業のようにかなり高度の化学工業においては石油採掘・精製、或いは鉱山業の場合に比べて遙かに関連産業との関係が密接である。即ち化学工場では高度の教育を受けた労働者を必要とするが、これらの人々の居住地としては文化的に開発された地域であることが望ましい。また需要家との接触のためには十分な交通・通信設備が必要であり、また装置の保全のためには近くにその種の機械工場があり熟練工がいることが望ましい。

既存工場の存在、地域開発の状況からみてこのような条件をある程度満足しているのはジャワ島および南スマトラのみで、他の地域は現時点では各条件共に不利でコストアップになり適当でない。

(4) インドネシアにおいては工業開発は地域開発的性格が強い。即ちプラントのみならず、交通・通信網の整備、関連産業の同時育成、居住環境の整備等を含めて考えなければならない。そのためには長期的・総合的な観点よりプラント立地を選定するとともに、資本を集中して効率よく開発を行なう必要がある。プラントの設置にあたっては外部設備の利用は殆んど期待できないため、付帯設備を全て自前で持つ必要がある。それらの中には発電所、取水設備を含む全ての用役設備、各種の建設機器を含む保全設備、原料、製品、資材の倉庫および荷役設備、教育、医療機関を含む福利設備等である。

7. インドネシア各地の比較

7-1 南スマトラ (Palembang)

Palembang 地区で産出される原油から得られるナフサ中のナフテン、アロマティックス計の含有量は約60%であり極めて大きく芳香族製造には非常に適している。また天然ガスもある。これらを原料とした大型製油所、肥料工場が現在稼動している。したがってTPA/DMT、カプロラクタム製造の原料入手という点ではカプロラクタム用の硫酸を除いてシクロヘキサン、アンモニアの入手が可能となり条件がそろっている。

特にアンモニアは天然ガスを原料としているので経済的に有利である。インドネシアの他の製油所は中部スマトラ、カリマンタンにあるが、ナフサ中の芳香族含有量はPalembangより劣る。また合繊原料の市場が主にJakarta付近であることを考えると、Palembangは既存製油所の中では市場に最も近い。

さらに既存設備の利用という点から考えてみても、Palembang には前述の大型製油所、肥料工場があるためこれら工場に付属する諸設備が利用可能となろう。

以上のような観点からみて、Palembang は最も良い条件を備えているといえる。

しかしながら、当地に関する問題点としては次の点が挙げられている。

- (1) 南スマトラ産の原油は産出量が年々10～15%程度減少している。そのため今後の製油所はCilacap、Batam島等の新立地に重点が置かれている。
- (2) Musi 川を航行できるタンカーは最大10 10³ ton 程度であり、他地域から原油を運び込む場合極めて不利になる。
- (3) 製油所が建設されてからかなりの手数が経過していること。

これらの問題点のうち原料については、Palembang 地区で不足する原油またはナフサを他地域から持ち込むことも可能であり、特に大きな支障にはならない。輸送についても原料、製品は全て液または固体であるので貯蔵が比較的簡単であり、1回の輸送量を多くする必要がなく特に大きな問題点にはならないであろう。

7-2 東部ジャワ (Surabaya の近郊)

Surabaya はインドネシア第2の都市であり肥料、ソーダ、セメント工場等があり、インドネシアにおいて化学工場が最も多い都市である。

Gresik の P.N. Petrokimia では現在アンモニア 200 t/d、硫酸 390 t/d から硫安 500 t/d、尿素 136～185 t/d を生産しており、新規に硫酸、T S P 肥料の生産が計画されている。したがって P.N. Petrokimia から硫酸、アンモニアの供給を受けることができれば Surabaya はカプロラクタム製造には適した立地であるといえる。

しかしこのアンモニアは重油を原料としているので、Palembang の天然ガスに比較して経済的に不利である。

しかし Surabaya は芳香族、TPA/DMT の製造の立地としては原料供給源がなく適さない。また合繊原料の消費地である Jakarta への製品の輸送を考えると、ジャワ島を縦断することになり便利とはいえない。

7-3 中部ジャワ (Cilacap)

中部ジャワには現時点では化学工場がなく、合繊原料工場の立地として適していない。しかしながら、Cilacap は 100 10³ BPSD の新製油所が建設されつつあり、さらにこれが将来 200 10³ BPSD 程度まで拡張されるとするならば B T X プラントの設置は付帯設備の点からはもちろん、原料面からも好都合になる。処理される原油は中東産およびジャワ沖産のものになるが、特に後者は芳香族に富んでおり B T X の製造には適している。

しかし港湾、道路、鉄道、その他インフラストラクチャー面ではかなり遅れており整備が必要で

ある。

当地は大都市から遠く離れており、医療、文化設備を含む居住環境の整備と交通機関の整備が要求される。しかしながら西部ジャワに集中している人口を地方に分散させるためには中部ジャワ、特に Cilacap 付近の開発が最も有効であることにより、当地へのプラント誘致はインドネシアの発展にとって最も望ましいと考えられる。

したがって将来の発展を期待して B T X、TPA/DMT プラントを建設することは十分可能性のあることである。なおカプロラクタムプラントの立地としては、アンモニアプラントが建設される可能性がないので適当ではない。

7-4 西部ジャワ

西部ジャワは合繊工場が集結しているため、合繊原料工場としては製品輸送面で利点が期待出来る。また人口が多いため労働力の入手が容易である。また西部ジャワはインドネシアにおいて最も発達した地域であるため、工場建設等においても有利な点が多い。

しかし原料入手という点では他の候補地に比較して著しく劣っている。

西部ジャワにおいて考えられる立地は、ジャワ海寄りの Cirebon、Jatibarang 地区、Cilegon、Merak 地区、Jakarta 地区の3つであろう。この中で Jakarta は人口密度が高く、安全、公害の面から化学工場の設置は行なうべきでないで除外する。Cirebon 地区は天然ガス利用の肥料プラントが建設されることになれば、カプロラクタムプラント建設の可能性もあろうが当面は対象外にある。

Cilegon 地区はジャワ海の天然ガスを利用した製鉄プロジェクトが検討されており、将来はかなり開発が進むものと予想される。製油所、肥料工場等合繊原料と関係あるプロジェクトはないが、消費地である Jakarta に近く Jakarta までの道路拡張計画があることおよび Palembang に近いこと等有利な条件がある。Cilegon 地区において合繊原料工場として可能性があるのは DMT の製造であろう。Palembang から c-TPA またはバラキシレンを運びここで DMT を製造し Jakarta に送り、Jakarta の合繊工場から重合時の回収メタノールを運ぶということである。

さらにバラキシレンを Palembang から運び p-TPA を Cilegon 地区で製造することもできよう。

7-5 北スマトラ (Medan 近郊、Aceh 近郊)

当地は天然ガスを原料とする石油化学コンプレックスの設立が計画されているので、その一環として合繊原料工業を含めるならば、付帯設備が共通に利用出来る点で非常に好都合である。

北スマトラ地区の既存工業は Pangkalanberandan の小規模の石油精製のみであり、合繊原料工業の粗原料入手、製品需要の面からは適地ではない。製品輸送の面からも Belawan (Medan 港) までの陸上交通が輻輳しているため、この港の全面的利用は困難であろう。

結論としては、将来石油化学工場が設立されたとしても、原料入手の点では問題があり適当な立地とはいえない。

8. 立地に関する結論

以上の検討結果をまとめると次のようになる。

8-1 BTX, パラキシレン, シクロヘキサンプラント立地

現時点で最も適当な立地はBTX製造に適した原油、ナフサの入手、製油所の存在ということ considering、Palembang になる。

しかし、将来の発展を考慮してPalembang 以外の立地を求めるとすればCilacap であろう。Cilacap は今後100~200 10³ BPSD の大型の製油所が建設されるので原料は容易に入手できよう。

8-2 TPA/DMTプラント立地

現時点で最も適当な立地は、BTXプラント立地と同じ理由でPalembang になる。また将来の発展を考慮してPalembang 以外の立地を求めるとすれば、これもBTXプラントと同じ理由でCilacap になる。

ただc-TPAを運んでDMTを製造するというだけを考え、かつ将来の発展を考慮すれば、Cilegon も適当な立地となる。

8-3 カプロラクタムプラント立地

主原料、副原料の入手の点から候補地としてはGresik と Palembang が挙げられる。

Gresik ではアンモニア、硫酸が入手できるがシクロヘキサンは、たとえばPalembang から運ばなければならない。またGresik は重油を原料としてアンモニアを製造しており、Palembang の天然ガス原料に比較して経済的に不利である。

Palembang ではシクロヘキサン、アンモニアは入手できるが、硫酸はカプロラクタム用にプラントを建設しなければならない。しかしPalembang のアンモニアは天然ガスを原料としているので経済的に有利である。

以上のようにカプロラクタムプラントの立地としてはGresik, Palembang の2つが考えられる。

VIII B T X, パラキシレン, シクロヘキサンの製造

1. 序

この項目については、O T C Aにより本調査とはほぼ同時に行なわれた石油化学調査団の調査と重複するため、詳しくはその報告書を参照されたい。

しかし、本報告においてもインドネシアの合繊原料工業全体の姿の把握を容易にするため、モノマーの原料を製造するまでの工程について簡単に触れておく。

前章までに述べた、近い将来のインドネシア国内需要を満たし、かつ、国際規模に達したp-TPA/DMTおよびカプロラクタムプラントの規模およびその原料の必要量は次のようになる。

(10 ³ t/y)				
p-TPA	100	所要	パラキシレン	69
DMT	110	"	パラキシレン	66
			計	135
			(キシレン換算)	156)
カプロラクタム	60	所要	ベンゼン	56
			(シクロヘキサン	60)

これらの粗原料は供給の安定、外貨節約および国産原油の有効利用のため国産するものとしてその製造について簡単に触れておく。

第V編で述べたように、芳香族製造の原料としては、石油精製工業からのナフサ改質油および石油化学工業からの分解ガソリンの2種類が用いられる。しかるに石油化学の場合、分解ガソリン量の比較的多いナフサ分解の場合でもキシレン量はエチレン量の10%以下であり、トルエンからのキシレン製造を考慮に入れても17%程度である。インドネシアで計画されている天然ガスを原料とするエチレンプラントの場合は、さらに分解ガソリン量が少ないので、石油化学からの芳香族生産は事実上不可能である。また、時期的にも合繊原料工業に比べて石油化学工業は設立が後になることも不都合な点である。したがって、芳香族製造の原料としては改質油のみと考えなければならない。したがって、ここではインドネシアにおいて改質油を原料として、ベンゼンおよびパラキシレンの必要量を製造するプロセスについて検討する。

2. B T X製造

改質油からB T Xを製造するプロセスとして最も一般的に使用されているのは、芳香族を溶剤抽出し、続いて蒸留によりベンゼン、トルエンおよびキシレンを分離するものである。

B T X製造プロセスとして溶剤抽出法以外で実用化されている方法は、改質油を蒸留してC₈留分を取り出し、これからパラキシレンを得る方法である。ベンゼンを同時に必要とする場合にはC₆、C₇留分を取り出し、これらの混合物をそのまま脱アルキル反応にかければベンゼンを

得ることができる。蒸留法では溶剤抽出の場合に比較して原料ナフサに対する収率が悪く、かつ、キシレンの量が少なくベンゼンが多くなる。したがって、この方法ではインドネシアの需要構造に合致しない。したがって、蒸留法は多量のナフサが入手可能な時、簡単にパラキシレンを得る方法として適当であるが、ナフサを有効に利用してできるだけ多くのベンゼンおよびキシレンを得ようとする場合には溶剤抽出法が適当である。

ナフサから改質油を経由してBTXを製造する場合得られるBTXの量、組成は、ナフサの組成、BTXの製造プロセス、トルエンのベンゼン、キシレンへの変換プロセスを採用するか等によって大きく変わる。

そこで、次に述べるような仮定のもとに、インドネシアにおいて製造できるであろうBTXの量を、溶剤抽出法について大ざっぱに計算してみる。ナフサは南スマトラ原油から得られるものとする。このナフサは芳香族およびナフテンの含有量が多く、リフォーマーにかけて芳香族を製造するのに極めて適しているからである。インドネシアにおいてBTX製造用に使用できるナフサは $500 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ (12,600 BPSD) あり、ナフサから改質油への収率を80%、改質油中のBTXの含有量を60~70wt%、その中のBTXの比率は、ベンゼン16%、トルエン42%、キシレン42%とする。

この条件の下にBTXの生産量を計算すると図Ⅷ-1のようになる。

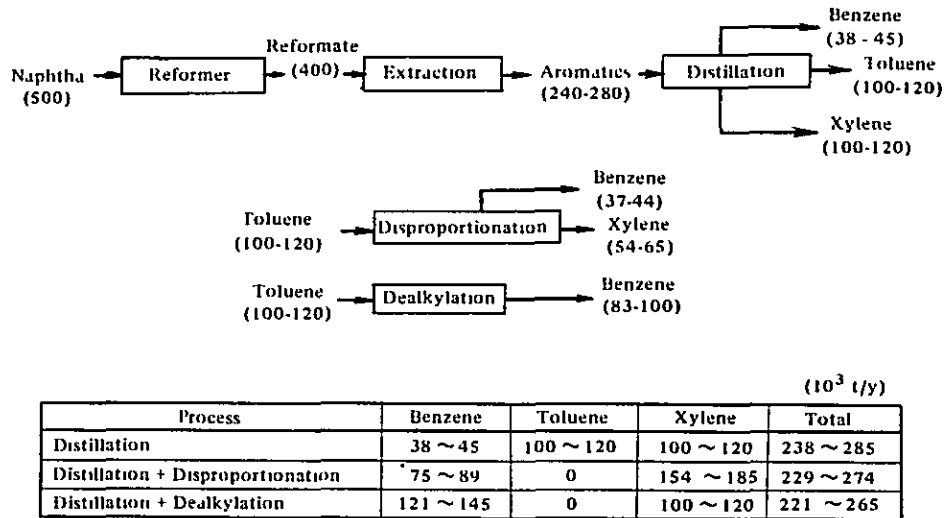


図 Ⅷ-1 芳香族工業の典型的フロー・スキーム

原料の需要量は、パラキシレン $135 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ (キシレン換算 $156 \cdot 10^3 \text{ t/y}$)、ベンゼン $56 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ である。単にBTXを分離した場合には、ベンゼン ($38 \sim 45 \cdot 10^3 \text{ t/y}$)、キシレン ($100 \sim 120 \cdot 10^3 \text{ t/y}$) 共に不足であり、トルエンを脱アルキルした場合は、ベンゼンが $121 \sim 145 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ と多く、キシレンは $100 \sim 120 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ で不足する。不均化を組み合わせた場合には、ベンゼン $75 \sim 89 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ 、キシレン $154 \sim 185 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ で共に需要を満足する。したがって、図Ⅷ-1に示したプロセスの中では、トルエンの不均化を組

み合せたプロセスが最も適している。

3. パラキシレンの製造

得られたキシレンはパラキシレン、メタキシレン、オルソキシレンの混合物であり、パラキシレンのみを分離しても、メタキシレン、オルソキシレン、特に、メタキシレンは需要が少なく価格も安い。したがって、これらはパラキシレンに異性化され分離される。

パラキシレンの分離法には、深冷分離、吸着法の2つのプロセスがある。

深冷分離は、現在世界中で最も一般的に行なわれている方法であるが、分離後の母液中のパラキシレン濃度が9～10%もあり、異性化と組み合わせて混合キシレンからパラキシレンのみを分離するのは経済的に不利である。それは、この方法では結晶化工程におけるパラキシレンの収率が悪いので何回も異性化、結晶化、分離の工程を通さなければならず、これらの設備が大きくなり、かつ用役費も増加するからである。そのため、深冷分離法においては、パラキシレンの他にオルソキシレンを回収するような運転条件が多く採用されている。

一方、吸着法においては、パラキシレンのみを選択的に吸着する吸着剤を用いるため、吸着後の液中のパラキシレン濃度は1～2%になる。そのため、混合キシレンからパラキシレンのみを回収することができ、原料キシレンに対するパラキシレン収率が極めて高くなる。

先に述べた不均化を用いたケース、すなわち、混合キシレン $154\sim 185\ 10^3\ t/y$ のケースについて2つのパラキシレンの製造プロセスを適用した場合のフローを図Ⅷ-2に示す。

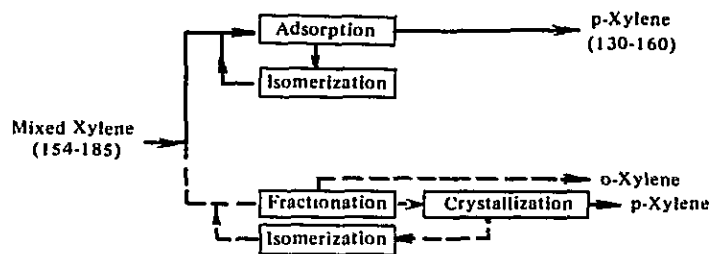


図 Ⅷ-2 パラキシレンの製造 ($10^3\ t/y$)

吸着法を用いた場合には、パラキシレンは $130\sim 160\ 10^3\ t/y$ 得られ、インドネシアにおけるパラキシレンの必要量を満足できる。

なお、参考までに世界における最近のパラキシレンおよびベンゼンの新增設計面の例を表Ⅷ-1に示す。インドネシア国内で必要とされる量のパラキシレンを製造するプラントは、十分国際的な経済規模に達していると考えられる。

表 VIII-1 パラキシレンおよびベンゼン新增設計画

Company	Location	Product	Capacity (t/y)	Process	Start Up Date
Indian Petrochemical Corp.	India	o-Xylene	21,000	Engelhardt	1973
		p-Xylene	17,000		
Teijin	Japan	o-Xylene	30,000		1974
		p-Xylene	100,000		
Toray	Japan	p-Xylene	200,000 ¹⁾	Toray	1973
State Authority	Poland	p-Xylene	48,000	Krupp	
State Authority	U. S. S. R.	p-Xylene	60,000	Arco	1974
Exxon Chemical	U. S. A.	p-Xylene	180,000 ¹⁾		1975
Hercor Chemical	Puerto Rico	p-Xylene	215,000 ¹⁾		
CDF Chimie	France	Benzene	90,000		
ATD Chimie	France	Benzene	150,000	Lurgi	1975

Note: 1) Expansion

Source: European Chemical News, Jan. 5 - Oct. 19 (1973)

4. シクロヘキサンの製造

シクロヘキサンはベンゼンの水添によって容易に製造することができる。反応もほぼ定量的である。

ベンゼン $75 \sim 89 \times 10^3$ t/y から $80 \sim 95 \times 10^3$ t/y のシクロヘキサンが得られインドネシアの需要を満足させることができる。

なお、参考のため今後建設されるシクロヘキサンプラントの規模を表VIII-2に示す。この表では例が少なく国際競争力のあるシクロヘキサンプラントの規模はよくわからないが約 60×10^3 t/y以上と考えられる。インドネシアにおける需要量は十分にこの範囲に入っている。

以上説明したように、インドネシアにおけるパラキシレン、シクロヘキサンの需要量を満足するプラントは国際的な規模のものと考えられる。

表 VIII-2 シクロヘキサン新增設計画

Company	Location	Capacity (t/y)	Process & Feedstock	Main & Sub-Contractors	Start Up Date
State Authority	Savinesti, Rumania	25,000		U. S. S. R.	Early 1974
State Authority	China	45,000	IFP	Technip/Specchim	1976 - 1978
Chinese Petroleum	Taipei, Taiwan	60,000	IFP		1975

Source: European Chemical News

5. プロセスの説明

5-1 B T Xの溶剤抽出

芳香族の溶剤抽出法は使用する溶剤の種類によっていくつかのプロセスがあるが、代表的な例としてここではスルフォラン法について説明する。この方法は建設費および比例費が安いことにより最近多く採用されている。スルフォラン法のフローシートを図VIII-3に示す。

原料の改質油は抽出塔において抽出溶剤であるスルフォラン（テトラメチレンスルホン）

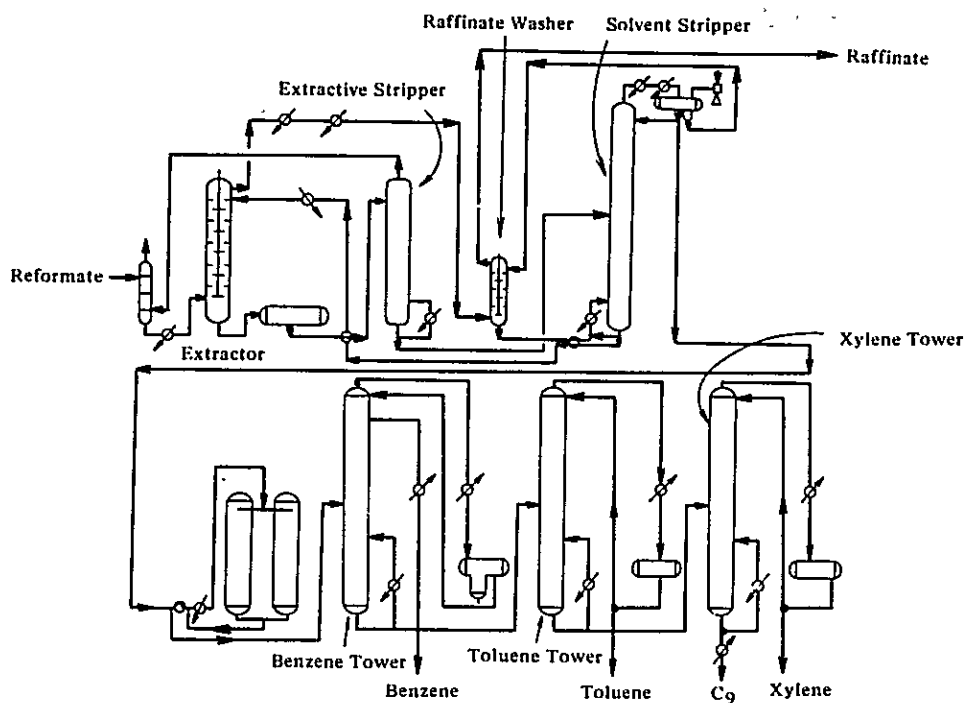
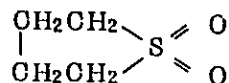


図 Ⅴ-3 スルフォラン・プロセス



と向流接触し、その中の芳香族成分を溶剤中に溶解させる。ラフィネートは水洗により同伴された溶剤を取り除かれた後系外へ抜き出され、ガソリン・ブレンド等に使用される。芳香族を含んだ溶剤はストリッパーで非芳香族を除去され、続いて回収塔において芳香族と溶剤に分けられる。溶剤は大部分は再び抽出塔へ送られるが、一部は溶剤再生塔で重質不純物等の除去が行なわれる。回収塔で分離された芳香族は白土塔において微量の不飽和化合物が除去された後、ベンゼン、トルエンおよびキシレンがそれぞれの蒸留塔で分離される。キシレン塔ボトムより出るC₉芳香族は、ごく一部が後述する不均化反応に利用される他は、大部分はガソリン・ブレンド等に使用される。

本プロセスの特徴は次の点である。

- (1) スルフォラン溶剤は、芳香族炭化水素に対して高い溶解力を持ち、非芳香族との分離選択性が高い。また、高比重（1.26）、低比熱（0.4）、高沸点（287℃）、熱安定性および低腐食性等の特徴を持っている。
- (2) 上記の溶剤の特性に加えて、回転円板型の抽出塔の採用により高い抽出効率を得られる。
- (3) 低溶剤比により用役費が少ない。

製品収率は、ベンゼン99.9%、トルエン99%、キシレン95%以上といわれる。

5-2 トルエンの不均化

トルエンの不均化プロセスとしては次の3種がある。

- | | |
|---------------------|------------------------------|
| Tatoray Process | (Toray) |
| Xylene Plus Process | (Atlantic Richfield) |
| LTD Process | (Mobil Research Development) |

前二者は、気相反応で両者ほぼ同様な特性を持っており、共に工業化実績を持っている。最後のプロセスは新しく、実績面から不安が残っている。ここでは代表例としてTatoray Process について述べる。

プロセスのフローシートは図Ⅷ-4に示す。

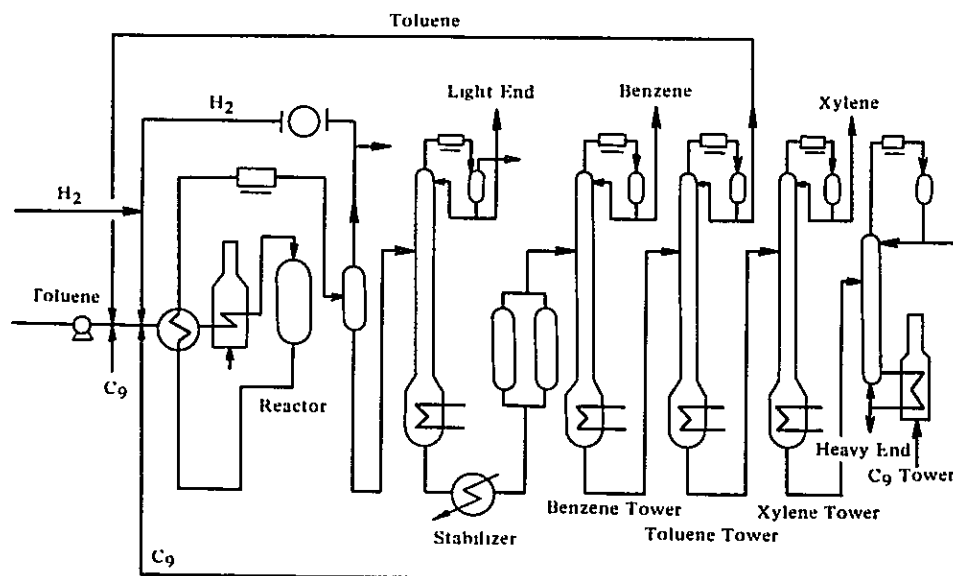


図 Ⅷ-4 Tatoray プロセスのフロー・ダイアグラム

原料のトルエンは水素と混合され加熱炉で反応温度に予熱されて反応器へ送られる。反応条件は圧力10～50気圧、温度350～530℃である。製品としてキシレンを多く得たい場合には、C₉芳香族を原料に添加することにより広範囲の調節が可能である。反応生成物は水素ガスと分離された後、スタビライザーで軽質炭化水素を除去され、続いてベンゼン、トルエン、キシレンを蒸留分離される。トルエンおよびC₉芳香族は再び不均化反応へリサイクルされる。

Tatoray法の特徴は高活性で安定性の高い触媒を使用する点である。そのため、最も簡単な単一固定層反応器の採用が可能となり、触媒寿命が長くかつその再生が極端に少ない。他のプロセスと比較して水素を使用することが異なるが、その消費量は非常に少ない。

収率は原料トルエン 1 ton に対し、ベンゼン 414 Kg, キシレン 561 Kg であり極めてよい。また、キシレン中のエチルベンゼンの量は 0.5 ~ 2% で、改質油から得られるキシレン中のエチルベンゼン含有量 18% ~ 20% の $\frac{1}{10}$ 以下であり、パラキシレンの製造には極めて適している。

5-3 パラキシレンの分離, 異性化

パラキシレンの分離は主に次の 2 種に分けられる。

深冷分離法 (ICI 法, Octafining 法等)

吸着法 (Aromax 法, Parex 法)

最近では設備費, 比例費が安いことにより吸着法が多く採用されている。ここでも吸着法を考え, 代表例として Aromax 法について説明する。図 VIII-5 にフローシートを示す。

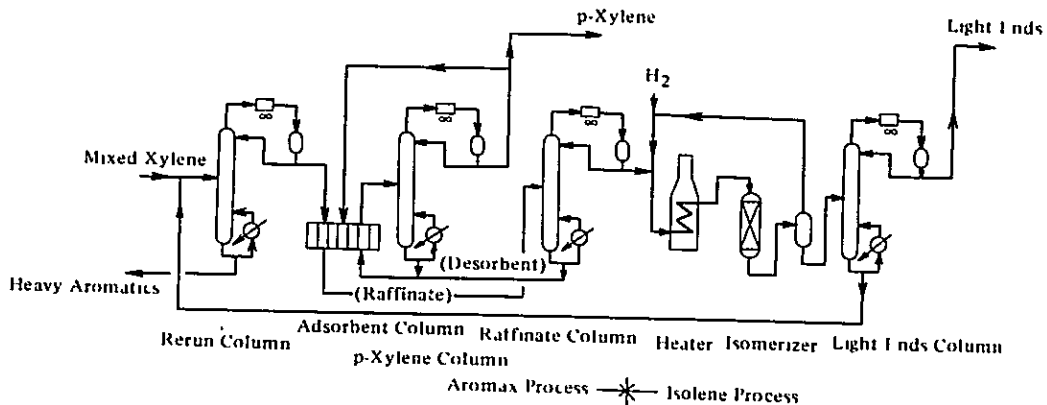


図 VIII-5 Aromax-Isolene プロセスのフロー・ダイアグラム

混合キシレンは吸着塔に供給され, ここでパラキシレンの 90% 以上が吸着剤に選択的に吸着される。吸着されたパラキシレンは脱着剤により脱着される。製品のパラキシレンは, 蒸留分離により脱着剤を除去して得られる。吸着されなかった母液中のパラキシレンは 1 ~ 2% まで減少している。母液中にも脱着剤が混入するので, 蒸留により脱着剤を分離した後, 異性化工程 (Isolene Process) へ送られ, ここでホルソキシレンおよびメタキシレンはパラキシレンに異性化される。

異性化工程には, 高価な白金触媒と取扱いの面倒な水素を使用する方法と, 安価なシリカーアルミナ系の触媒を使用する方法の 2 種類がある。

白金触媒を使用すると, キシレン中に含まれるエチルベンゼンをもキシレンに異性化することができ, キシレンの収率を上げることができる。しかし, 安価なシリカーアルミナ系の触媒では, エチルベンゼンを異性化できない。改質油系のキシレン中のエチルベンゼン含有率は一般に 18 ~ 20% であり, 少ないのでエチルベンゼンを分離しても経済性は向上しない。したがって, 白金触媒を用いてエチルベンゼンを異性化することが望ましい。

吸着残液（ラフィネート）は水素と混合され、加熱炉で400～600℃に加熱され異性化反応器へ送られる。ここでC₆芳香族の20%弱がパラキシレンに異性化される。反応物は水素を分離された後、Light Ends, Heavy Ends を除去されて再びパラキシレン分離工程へ送られる。

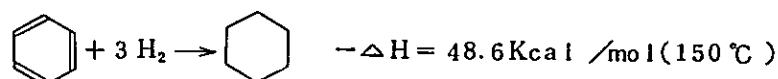
深冷分離法と比較した吸着法の特徴は次の点である。

- (1) 均一液相で運転されるのでスラリーを取扱う深冷分離法に比べて複雑な機械が少なく、メカニカルトラブルが少ない。
- (2) 常圧に近い圧力と200℃以下の温度で運転されるので、装置に特殊材料を使用する必要がなく、設備費が安い。
- (3) 1 pass 収率が高いことにより、同じ製品量を得るためのフィード量が少ないので、設備費、用役費が少ない。
- (4) 吸着残液のパラキシレン含有量が少ないので、異性化工程への系全体のリサイクル量が少なく、異性化工程は小さなものでよい。

5-4 ベンゼンの水素添加

シクロヘキサンの大部分はベンゼンの水添によって製造されている。この方法以外に、石油留分から分留によってシクロヘキサンを製造している例も一部はあるが、これは例外と考えてよい。

ベンゼンの水素添加反応は大きい発熱反応であり、触媒の存在下で次式にしたがって平衡的にほとんど100%シクロヘキサン側に反応が進行する。



この反応熱をうまく除去しないと触媒層に温度分布が生じ、触媒活性の劣化、副反応である分解、異性化による不純物の副生などが生じる。したがって、工業化プロセスにおいては、反応熱の除去、反応器内の温度制御、温度均一化法に各社の工夫がこらされている。

反応熱の除去方法としては、未反応水素ガスや生成したシクロヘキサンの一部を反応器に循環する方法がとられており、反応器自体の熱交換方法にも各種の工夫がこらされている。反応熱除去の一手段として、液相で水添を行ない、反応液を外部の熱交換器に強制循環して冷却するものもある（IFP法）。

プロセスとしては、Hydrocarbon Research Institute, UOP, IFP, Houdry, Lummus, 東レ、宇部等多くのプロセスがある。

気相反応の場合の典型的なフローを図Ⅷ-6に示す。

シクロヘキサン1 tonを製造するのに要するベンゼンは930 kgである。

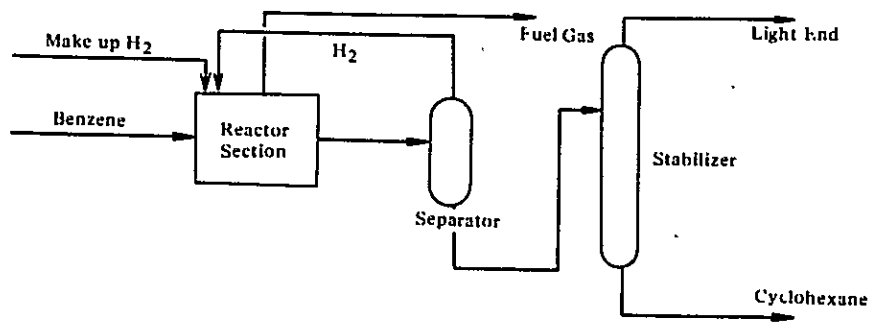


図 VII-6 シクロヘキサン製造プロセス

Ⅸ ポリエステル原料 (p - T P A , D M T)

1. 製造能力の設定

1-1 需要予測よりみた製造能力

プラントの能力を決定する最も大きな要因は製品の需要量である。インドネシアおよび東南アジア全域のポリエステル原料の需要予測はすでに第Ⅴ編で詳しく述べられている。その中から関係のある項目のみを抜粋して表Ⅸ-1に再録する。1977～78年に焦点を合わせると、予測される需要はインドネシア国内消費だけで年間 95×10^3 ton, 東南アジア地区への輸出可能量は約 230×10^3 ton に達する。したがって国内需要を満たすためには、 95×10^3 t/y の能力が必要とされる。しかしながら、装置産業においては装置の増設が段階的であるため将来の需要の増加を見込んで、その時点の需要をいくぶん上回る能力に設計することが多い。この考え方により約2年間の需要増を見込むならば 160×10^3 t/y の能力となる。能力の上限については輸出を促進するならば1977～78年の輸出可能量は 200×10^3 t/y 以上になるのでかなり大型のプラントの建設も可能である。

表 Ⅸ-1 ポリエステル原料のインドネシア国内需要
および東南アジア地域への輸出可能量

	Indonesian Domestic Demand (ton as TPA)	Possible Export to Southeast Asia (ton as TPA)
1974	23,000	-20,000
1975	33,000	42,000
1976	54,000	56,000
1977	80,000	166,000
1978	110,000	285,000
1979	140,000	472,000
1980	170,000	642,000
1981	182,000	775,000

しかしながら現実的には、輸出は国内市場に比べて不安定であること、他国との競争ないしは国際間競争であること、価格の面でも運賃・関税・商社マージン等の負担が必要なため、工場出値は国内価格に比べて低くなる場合が多い。したがってあまり大きな輸出比率を見込むのは危険が大きく、たかだか50%に押えておくべきであろう。この意味からは現実的な最大能力は1977～78年で 190×10^3 t/y である。

1-2 経済規模よりみた製造能力

化学工業のような装置産業においては、設備規模が大きくなるにつれて製品単位量当りの固定費負担が少なくなるために製造コストは安くなる。国際競争力のあるプラントを建設するためには、世界の動向に着目して規模の面でも劣らないものにしなければならない。

現在、諸国で計画されているポリエステル原料プラント新增設のデータを表V-36に示す。これによれば $60 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ が最小経済規模であり、通常の経済規模は $100 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ 程度であると考えるよい。大型のものは、 $200 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ 以上のものも計画されている。

最小経済規模はプラントと同時に建設される付帯部門の工事量によっても影響される。すなわちインフラストラクチャーはもちろんオフサイト設備の整備された立地に建設する場合には、設備投資の負担が小さいため小規模なプラントでも十分成立が可能である。一方付帯部門の工事量が多い場合には大規模な生産量を持つプラントでなければ負担に耐えられない。

インドネシアの場合は政策的な工業開発に重点が置かれるべきであり、後者の場合に近いと考えられる。また一方では、表V-36の時点から現在までの間にさらに大型化が進行していることも考慮する必要がある。したがってインドネシアにおいては、最小経済規模は少なくとも $60 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ 以上、できれば $100 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ と考えるのが適当であろう。

1-3 立地面からの制限

プラントサイトが決まれば利用可能な土地面積、搬入可能な機器サイズ等の制限が生じる。しかしながら、インドネシアにおいては第VII編で述べたごとくいくつかの化学工業適地には広大な平坦地があり、また機械の輸送のための港湾および工場立地までの道路も心配はないので立地面からの制限はほとんど考えなくてもよい。

ただ原料のバラキシレンについては若干の注意が必要である。原料安定確保および外貨の節約のために、バラキシレンは国産を前提として考えなければならない。即ち、TPA/DMTプラントの能力に応じた原料バラキシレンのプラントを建設しなければならない。バラキシレンの生産量はトルエンの不均化反応を行った場合で $130 \sim 160 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ である。このバラキシレンから得られるp-TPA/DMTは $210 \sim 250 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ である。

1-4 製造能力についての結論

以上の検討の結論として次の2ケースを考える。

ケース 1 $150 \cdot 10^3 \text{ t/y}$

1979~80年のインドネシア国内需要を満たす量

ケース 2 $210 \cdot 10^3 \text{ t/y}$

トルエンの不均化を行ないバラキシレンの生産量を増大させたケースで、製品の輸出比率は最高50%になるケース。

2. 製造品目の選定

ポリエステル原料としてはp-TPAとDMTの2種があり現在両者は競合している。いずれが優れているかについては過去10数年来の論議の的であり、現時点において決定的な結論を導き出すのは難しい。原料生産の立場から見れば需要家である繊維工場が必要とする種類の原料を供給する義務があるので、現在および将来の需要に応じて製造品目を決定すべきであるが、それでもなお将来の動向については十分な考慮を払っておく必要がある。

2-1 歴史的考察

ポリエステルを製造する場合、TPAとエチレングリコールを直接反応させるのが最も近道である。しかしながらTPAは300°C以上の高温においても融解せず、またほとんどの溶媒に不溶であるため経済的な精製法が見出されなかったこと、およびエステル化反応の際にエチレングリコールのエーテル反応が生ずること等のため、得られるポリエステルの性質が劣ることが技術的な問題点であった。そのためTPA精製の一手段としてTPAをエステル化しDMTとし、これを精製してエチレングリコールとエステル交換反応を行なわせて、ポリエステルを得る方法が行われた。

1953年にDu Pont社によりポリエステルが最初に工業化されたときの原料にはDMTが用いられた。

その後TPAの精製法およびエステル化法について技術改良の努力が払われた結果、p-TPA製造のいくつかのプロセスが現われたが、最も成功したものは1965年に工業化されたAmoco社のプロセスである。その後の重合技術の改良とともにp-TPAの生産は急激に増加し、従来DMT法を採用していたICI社が全面的にp-TPAを使用する直重法に切替えるなど、ポリエステル原料としてのp-TPAの比率は急激に増加している。この点については第V編に詳しく述べてある。

2-2 新增設の動向からの考察

ポリエステル原料プラントの新增設計画は第V編に詳しく述べたように増設量においてp-TPAがDMTを上回っている。したがって今後の趨勢としてはTPAの伸びがDMTを上回るものと予想される。

2-3 インドネシア国内の需要構造の面からの考察

現在、インドネシアにおいてポリエステル繊維を製造、もしくは製造を計画している会社は、東レ、旭化成、帝人、ユニチカ、クラレ、AKZO、Hoechst等といわれている。これら繊維会社が原料としてDMTとp-TPAのどちらを選ぶかは、その経済性、進出各社の技術、および

これら原料の入手可能性等によって決定される。

世界的にみれば、今後ポリエステル原料としての p-TPA の比率は増加し、特にこの傾向は新設計画において顕著である。したがって、インドネシアにおいても p-TPA によりポリエステルを製造する会社はかなりあるものと予想される。

しかし一方でその会社の技術系列の問題等から伝統的な DMT を使おうとする会社もあろう。したがってケーススタディーを行なう際にとりあげる原料をいずれか一方に限定することは無理で、DMT と p-TPA の両方が検討の対象になる。そして両方の原料を同時に製造する場合はその比率は今後の p-TPA の伸び、および両プラントの経済規模を考慮して DMT と p-TPA はほぼ同じ量とするのが妥当であろう。

2-4 経済性の比較

将来のポリエステル原料として p-TPA と DMT のどちらが主流になるかを定める一つの大きな要素として、経済性の問題、すなわち各々を原料として繊維を製造した際のコストの相違がある。繊維製造の一連の工程のうち p-TPA、または DMT の製造段階については後に詳細に述べる。

一方、p-TPA、あるいは DMT を原料として繊維を製造する場合のコストの差については第 V 編でも述べられているように、明らかに p-TPA が有利である。それは p-TPA は DMT に比べ重合時の原単位が小さく、メタノールの回収等の費用がかからないからである。

2-5 製造品目についての結論

インドネシアにプラントが建設される時期は 1977 年ごろと考えられ、その際には世界的に p-TPA の比率は現在よりさらに増加しているであろう。したがって技術の将来性・経済性に重点を置くならば当然 p-TPA を主に考えるべきであるが、ケーススタディーにおいては、過去の DMT の実績等を考慮して両者を検討の対象としてとりあげることとする。そして両方の原料を同時に製造する場合には、その比率は今後の p-TPA の伸び、および両プラントの経済規模を考慮して p-TPA と DMT はほぼ同じ量とする。

また p-TPA と DMT から作られるポリエステル繊維の量をほぼ同じと仮定し、その原単位差を考慮に入れて DMT プラントの規模を p-TPA プラントの 10% 増とした

3. プロセスの選定

3-1 プロセス選定の一般的条件

採用するプロセスを決定する条件は、そのプロセスが経済的にすぐれたものであるか否かにつきるが、通常のエconomic計算に現われ難い次のような諸要素も十分に考慮に入れて選定を行なわねばならない。

(1) 実績のあるプロセスであること。

工業化途上のプロセスを完成させるには高度の技術開発能力と多くの時間と資金を要する。したがって、それらの余裕のない最初の段階では、すでに工業化が完成し生産実績の十分にある技術を採用すべきである。

(2) 将来性のあるプロセスであること。

そのプロセスがいかに関績があるものでも先進諸国ですでに陳腐化した技術の導入は避けるべきである。したがって最初の技術導入に際しては、時代の最新鋭であって当分の間は代替技術が現われないようなプロセスを選択すべきである。

(3) 安定性のあるプロセス

発展途上国においては化学工場の運営を支持する関連産業、教育機関等が不十分な場合が多く、機械、補修、部品の入手等も簡単でない場合が多い。したがって多少経済的には劣ろうとも、特殊機械を使用しない簡単なプロセスで、運転条件の変動にも鋭敏すぎない安定なものの方がよい。

(4) 製品が広いマーケットを持っていること。

化学工業の場合、固定費軽減のために可能な限り大型のプラントを作る方が有利である。製品は国内の各繊維会社へ供給されるのみならず一部は海外へも輸出されなければならない。したがって製品品質は特定の繊維会社でのみ使用が可能なものでなく、世界的に通用するものでなければならない。世界的なマーケットを持っている製品の場合は、将来国内需要が増加した時に、次のプラントの増設までの期間を輸入により需要を満たすことができるという点からも有利である。

(5) 省資源、省エネルギー型のプロセスであること。

今後、資源浪費の反省が進行すれば、資源の価格はさらに上昇し、化学プロセスとしては資源節約が非常に重要な評価基準となるであろう。

3-2 ポリエステル製造と原料ルート

ポリエステルを製造するにはいくつかのルートがある。主要なものをまとめて図IX-1、表IX-2に示す。

ルートは大きく分けてDMTを経由するものとp-TPAを経由するものの二つに大別される、そして、DMT、p-TPAを製造するプロセスがいくつかに分かれる。

出発原料は現在大部分がパラキシレンである。かつて無水フタル酸が用いられたこともあったが、現在はこの方法によるポリエステル原料は、製造されていない。パラキシレン以外には、トルエン（または安息香酸）がごく一部使用されているだけである。

これら各種ポリエステル原料の製法を図IX-1、表IX-2にしたがって以下説明する。

(1) パラキシレンの酸化

表 K-2 ポリエステルのモノマーとポリエステル製造の各種プロセス

1. Oxidation of p-Xylene
 - 1.1 Nitric Acid Oxidation
 - 1.2 Mid-Century or Amoco Process
Air oxidation promoted by bromine compounds
 - 1.3 Olin Mathieson or Mobil Process
Air oxidation promoted by methyl ethyl ketone
 - 1.4 Eastman Kodak Process
Air oxidation promoted by acetaldehyde
 - 1.5 Toray Process
Air oxidation promoted by paraldehyde
2. Esterification of c-TPA with Methanol followed by Purification
3. Witten Process
Successive oxidation and esterification via methyl p-methylbenzoate
4. Purification of c-TPA
 - 4.1 Amoco Process
Hydrogenation in water solution
 - 4.2 Mobil Process
Sublimation in steam
 - 4.3 Mitsubishi Process
 - 4.4 Toray Process
5. Maruzen Process
Modified air oxidation promoted by bromine compounds
6. Lummus Process
Ammoxidation of p-Xylene
Hydrolysis of Terephthalonitrile
7. Hercules Process
Hydrolysis of DMT with water
8. Ester Interchange of DMT with Ethylene Glycol
9. Esterification of p-TPA with Ethylene Glycol
10. Esterification of c-TPA with Ethylene Oxide
11. Rearrangement of Benzoic Acid
12. Polymerization of Bis- β -Hydroxyethyl Terephthalate

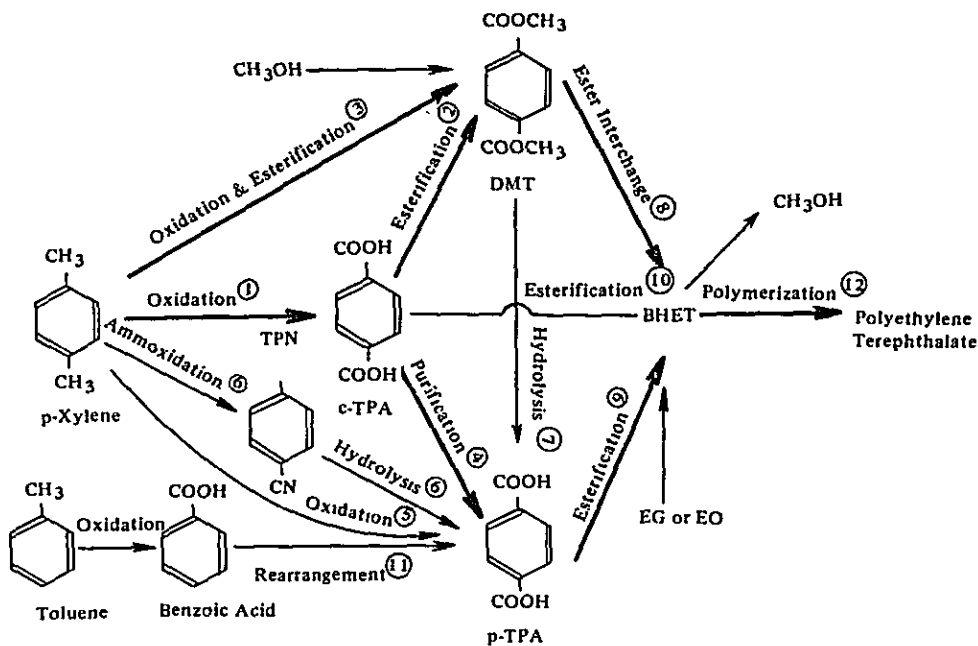


図 K-1 ポリエステルのモノマーとポリエステル製造の各種プロセス

パラキシレンを酸化してc-TPAを製造するプロセスであり、Amoco法、Mobil法、Eastman Kodak法、東レ法、および硝酸酸化法等がある。この中で最も一般的な方法はAmoco法であり、臭素化合物を反応促進剤として使用する。硝酸酸化法は古くはかなり行なわれたが、現在はほとんど行なわれていない。その他の方法はケトンまたはアルデヒドを反応促進剤として使用する。

(2) c-TPAのエステル化

c-TPAをメタノールでエステル化し、DMTを製造するプロセスであり過剰のメタノール存在下に高温高圧下でエステル化が行なわれる。DMTの精製は再結晶法、化学処理、蒸留等を組み合わせて行なわれる。c-TPAのエステル化プロセスはいくつかあり、技術的にはかなり一般化されている。

(3) Witten法

パラキシレンの酸化とエステル化を交互に行って、パラキシレンからTPAを経由しないでDMTを製造する方法である。この方法は、Hercules法ともいわれる。

(4) c-TPAの精製

c-TPAを精製してp-TPAにする方法でAmoco法、Mobil法、三菱法、東レ法がある。Amoco法はc-TPAを水でスラリー状にし、高温高圧下で溶解させ、水素処理を行なうものである。Mobil法は、昇華精製を行なうものであるが、同社は1973年でこの方法によるp-TPAの製造をやめた。

(5) パラキシレンからp-TPAの製造

Amoco法の改良で、パラキシレンの酸化反応のみでp-TPAを製造する方法で、松山石油

化学網において工業化されている。

(6) Lummus 法

アンモキシデーションにより、パラキシレンからテレフタロニトリル (TPN) を製造しこれを加水分解して p-TPA とするものであるが、工業化の実績はない。

(7) DMT から p-TPA の製造

DMT を加水分解して p-TPA を製造する方法で、Hercules 社において計画または実施されている。Witten 法により DMT を製造した場合、TPA を経由しないため、c-TPA の精製により p-TPA を製造することができない。したがって DMT を加水分解して p-TPA を製造する。経済性には疑問がある。

(8) DMT とエチレングリコールのエステル交換

DMT とエチレングリコールのエステル交換により、ポリエステルオリゴマーである BHET (Bis- β -Hydroxyethyl-Terephthalate) が製造される。この際、メタノールが放出される。

(9) p-TPA のエステル化

p-TPA とエチレングリコールのエステル化反応により、BHET を製造するもので直重法といわれる。

(10) c-TPA とエチレンオキサイドとの反応

c-TPA にエチレンオキサイドを付加させて BHET を製造し、この BHET を精製し、重合させるものである。この方法は各社により検討されたが工業化には至っていない。

(11) Henkel 法

トルエンを酸化して安息香酸を作り、2モルの安息香酸カリウムから各1モルのテレフタル酸ジカリウムとベンゼンを得る方法で p-TPA が得られる。この方法は三菱化成網により工業化されている。

3-3 TPA プロセスの選定

DMT を含めて現在世界で工業化されているポリエステル原料製造プロセスを図 IX-1 に示した。TPA/DMT の原料としては、パラキシレン、トルエン、無水フタル酸があるが、現在では、ほとんどがパラキシレンである。

p-TPA については、現在市場に出ているのは Amoco 法によるものが多い。他の方法としては Mobil 法があったが、経済的に Amoco 法に競合できないため、1973年にプラントを閉鎖した。また Hercules 社が DMT の加水分解による p-TPA のプラントを初めて建設したと伝えられるが、いまだ経済、品質両面での評価が定まるにはいたっていない。しかし DMT を加水分解する方法では経済性はあまり期待できないであろう。

その他には p-TPA 法と称するものは多くあるが、それらは全て特定の繊維会社自身または

その系列の原料工場で製造されるものであって、複数の繊維会社または系列に売ることを目的にした場合、選択すべきプロセスではない。p-TPAを製造するプロセスとして、世界的に最も広く採用されており一般的なのはAmoco法である。

このプロセスの原単位を表IX-3に示す。

表 IX-3 Amoco法p-TPAの原単位

Unit Consumption (/kg p-TPA)	
Raw Materials	
p-Xylene	0.69 kg
Acetic Acid	0.096 "
Catalysts & Chemicals	0.61 US¢
Utility	
Fuel	0.80 kg

3-4 DMTプロセスの選定

DMTはTPAと違って製法ごとの、あるいは各社ごとの品質に大きな差はないのでどのプロセスを選んでもマーケット面の心配はない。また、DMTは長い間製造が行なわれてきたのであるから技術的には安定したものと考えてよいが、プロセスの改善など将来性についてはあまり期待はできない。したがってここでは経済性だけが問題になる。

DMT製造プロセスの代表としてTPAを経由しないWitten法とTPAを経由するAmoco法を選定する。これらプロセスの原単位を表IX-4, 5に示す。

表 IX-4 Witten法DMTの原単位

Unit Consumption (/kg DMT)	
Raw Materials	
p-Xylene	0.66 kg
Methanol	0.41 "
Catalysts & Chemicals	0.28 US¢
Utility	
Fuel	1.62 kg

表 K-5 c-TPA 経由 DMT の原単位

Unit Consumption (/kg DMT)	
Raw Materials	
p-Xylene	0.58 kg
Acetic Acid	0.07 "
Methanol	0.37 "
Catalysts & Chemicals	0.28 US¢
Utility	
Fuel	0.71 kg

3-5 p-TPA, DMT 併産プロセス

p-TPA, DMT の両品目の製造を前提とするならば、すでに述べた p-TPA, DMT の単独製造の他に、c-TPA までをまとめて作り、これから DMT, p-TPA を製造するプロセスがある。この場合 c-TPA プラントは当然のことながら、p-TPA, DMT 両プラントの原料を製造するための大型プラントとすることができ、経済的に有利になる。

さらに需要動向に応じて生産量の調節のできる p-TPA, DMT プラントの組み合わせは、コスト面のみならず需要に対するフレキシビリティ一面からも魅力的である。このプロセスの原単位を表 K-6 に示す。

表 K-6 c-TPA 経由 p-TPA, DMT 併産時の原単位

(p-TPA と DMT の比率 1 : 1.1)

Unit Consumption (/kg)	
Raw Materials	
p-Xylene	0.632 kg
Acetic Acid	0.0824 "
Methanol	0.194 "
Catalysts & Chemicals	0.437 US¢
Utility	
Fuel	0.753 kg

3-6 プロセス選定の結論

以上検討の結果をまとめ、p-TPA 製造には Amoco 法、DMT のみの製造には Witten 法、

c-TPA 経由の p-TPA, DMT 併産には Amoco 法が選定される。

4. プロセスの説明

4-1 Amoco 法 TPA および DMT プロセス

Amoco 法プロセスはパラキシレンを酸化して c-TPA にする部分と, c-TPA を精製して p-TPA にするか, またはエステル化して DMT にする部分とに分けられる。それらの工程のフローシートを図 K-2 に示す。

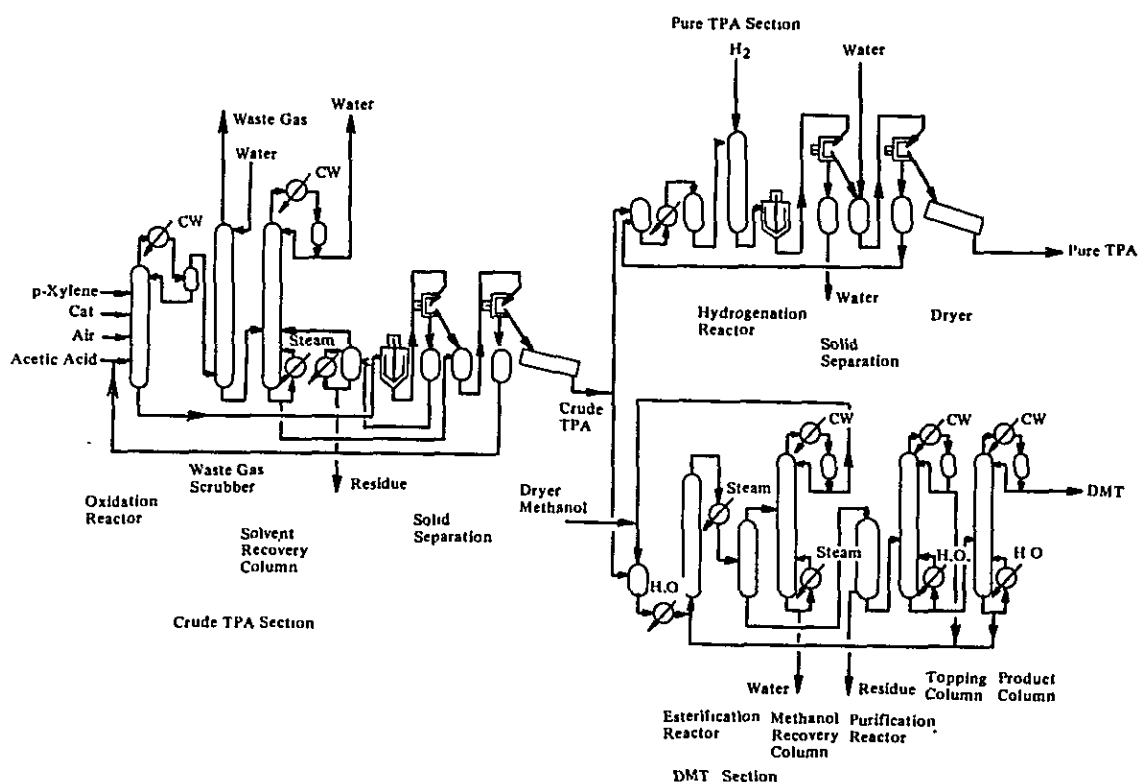
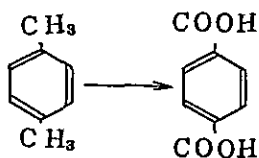


図 K-2 Amoco 法 TPA/DMT のフロー・ダイアグラム

(1) c-TPA の製造

Amoco 法 c-TPA プロセスは 1955 年, Mid Century 社の A. Saffer 等により発明された方法で 1958 年に三井石油化学㈱により世界で初めて工業化され, その後多くの改良が加えられ現在の完成されたプロセスとなっている。

この方法はパラキシレンから 1 段で TPA を得る方法で臭素化合物を添加してその強力な水素引き抜き作用により, 2 個のメチル基を酸化させるものである。



パラキシレンは溶媒の酢酸とともに、酸化反応器へ供給され1段でTPAにまで酸化される。反応条件は温度200℃前後、圧力10～30気圧、反応時間は1時間以内である。触媒にはコバルト、マンガン等の重金属と前記の臭素化合物が用いられる。

生成したTPAは溶媒中に懸濁し、スラリーとなっているのでこれを遠心分離機で分離し、付着している触媒等を除去するために酢酸で洗浄した後分離、乾燥されてc-TPAとなる。得られたc-TPAにはアルデヒド類のような中間反応物、たとえばp-ホルミル安息香酸や着色した物質が含まれているのでそのままでは繊維原料として使用できない。酸化反応の条件を調整して高純度のTPAを得るプロセスも開発中ではあるが、いまだ一般化しておらず、通常は次に述べる精製プロセスまたはDMTプロセスにより精製される。

(2) c-TPAの精製

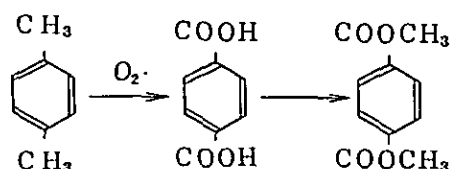
c-TPA中のアルデヒド類および着色した不純物を除去する方法として1965年にAmoco社により開発された方法で、TPAの水溶液を水素と接触させ、有害不純物を還元するものである。

c-TPAは高温のもとに数倍の水に溶解されて水素とともに還元反応器へ供給される。反応器内には炭素を担体とする貴金属の触媒が充填されており、ここで有害な不純物は水素により還元されて除去される。反応物は冷却され、TPAは結晶として析出する。これを遠心分離機で分離し、さらに不純物除去のために洗浄され、分離、乾燥されてp-TPAが得られる。

(3) DMTの製造

c-TPAは必要に応じてDMTとして精製することも可能である。c-TPAはメタノールによりエステル化され、粗DMTとされる。

粗DMTは従来は結晶法により精製されていたが、最近では、コストダウンのために結晶法に代えて化学反応と蒸留により精製されるプロセスが多い。蒸留だけでは除去が困難なアルデヒド類や着色した不純物を化学反応と蒸留により除去するものである。最終的には蒸留により精DMTが得られる。

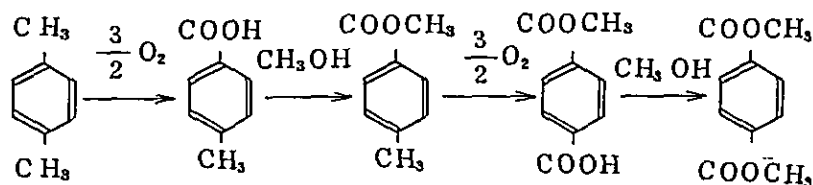


Amoco法の特徴は酢酸および臭素化合物といった腐食性の強い特殊物質を使用して反応を容易ならしめる点である。このためプロセスは極めて簡単で装置は小型化でき、高い収率と少ない用役使用量が結果として得られている。しかしながら、材質の面では耐腐食性材料であるチタンを多用する必要があるため反応設備はやや高価になる。その代わりに原材料、用役の使用量が少なく、そのための固定費、比費は安くなる。

4-2 Witten法DMTプロセス

Witten法DMTプロセスは1950年、CRC社のI. E. Levineおよび1951年Imhausen社のE. Katzschmanuによって発明された方法である。Hercules社により初めて工業化され、その後Imhausen社、Hoechst社でも企業化された。

この方法はパラキシレンから4段階の酸化およびエステル化反応によりDMTを得るもので、次式のように反応が進行する。



一般に第1のメチル基の酸化は容易であるが、第2のメチル基は酸化され難い。ところが先に酸化されたカルボキシル基をエステルにすると第2のメチル基は容易に酸化される。Witten法はこの原理を利用してパラキシレンの2個のメチル基を酸化する方法である。

Witten法のフローシートを図IX-3に示す。パラキシレンは触媒と共に酸化反応器へ供給され、ここで空気酸化されてパラトルイル酸となる。この反応器ではパラトルイル酸メチルエステルの酸化も同時に行なわれ、モノメチルテレフタレートを生産する。反応条件は温度150°C、圧力6気圧、反応時間は10時間である。触媒としては、コバルト、マンガン等の重金属の塩が使用される。特殊な溶媒は使用されず、適量に制御されたパラキシレンが溶媒の役目を果たす。

酸化反応物は続いてエステル化反応器へ送られ、ここで粗DMTとパラトルイル酸メチルが生ずる。エステル化反応物は蒸留によりDMTとパラトルイル酸メチルに分けられ、前者は精製工程へ送られ、後者は酸化反応器へリサイクルされる。

粗DMTの精製は2段の再結晶法と蒸留によって行なわれる。すなわち、粗DMTはメタノールに溶解され、冷却によって結晶化され、遠心分離機により、母液から分離される。1段での結晶化では十分な純度が得られないため、同一操作がもう一度繰り返される。2段結晶を終えたDMTはさらに蒸留により精製され、精DMTとされる。

Witten法の特徴は、通常の条件では酸化が困難な2番目のメチル基を酸化するためにエステルを経由することである。このため酢酸、臭素等の腐食性の強い物質を取り扱わないので材質的に特殊なものが不要である。またパラキシレンから直接DMTが得られるため単一のプラントとしてまとめることができ、反応設備の建設費は安くなる。

一方酸化反応において転化率が低く、副反応による各種不純物が多いため原材料の消費が多くなる。また大量のリサイクルを行なうことと、精製に結晶法を必要とすることにより用役の使用量が多くなる。その結果、比例費および用役の固定費は他のプロセスに比べて高くなる。

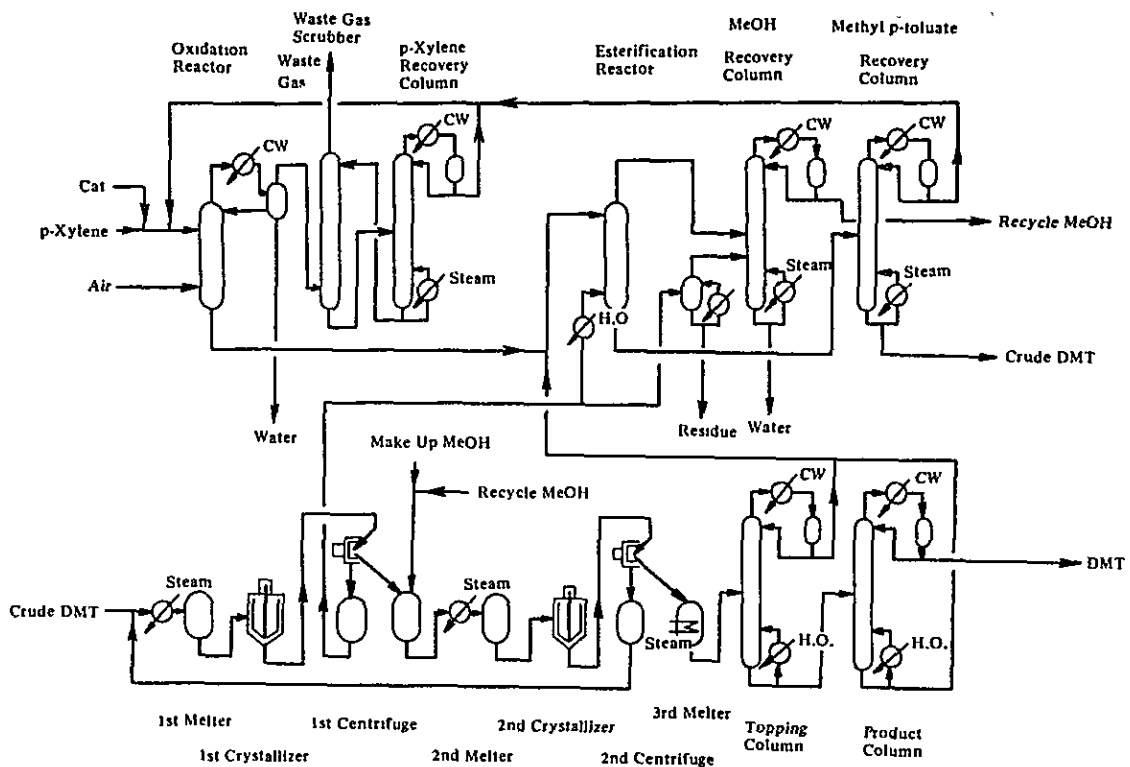


図 K-3 Witten法フロー・ダイアグラム

5. プラントの建設、運転

5-1 建設のスケジュール

1977年中頃にプラントの建設を終了し、試運転を開始することを目標にした暫定スケジュールを図K-4に示す。

Year	1974												1975												1976												1977																		
Month	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preparation of Design Criteria and Bid Specification	■																																																						
Selection of Bidders and Notice to Bidders	■																																																						
Preparation of Bids by Contractors	■																																																						
Bid Evaluation	■																																																						
Negotiation and Award of Contractor(s)	■																																																						
Design and Engineering	■												■												■												■																		
Ordering Machineries, Equipment and Materials	■												■												■												■																		
Shipment and Delivery of Machl., Equip., and Mat'l	■												■												■												■																		
Field Construction Works	■												■												■												■																		
Start Up and Commissioning	■												■												■												■																		

図 K-4 p-TPA 100,000 t/y 工場建設暫定スケジュール

5-2 建設費の見積り

建設費の見積り範囲およびその内容については、調査方法の項に詳細に説明した。

p-TPA, DMTプラントを、1977年中頃にインドネシアに建設する場合の投資額明細を表K-7~15に示す。総投資額はp-TPA 100 10³ t/yで93 10⁶ US\$, Witten法DMT 110 10³ t/yで98 10⁶ US\$である。c-TPAを経てp-TPA 50 10³ t/y, DMT 55 10³ t/yを製造する場合 100 10⁶ US\$である。

表 K-7 投資額推定(1977年)ケースA-1

	Case A-1 p-TPA 50,000 t/y DMT 55,000 t/y (Base Year 1971)					
	Rupiah (10 ⁶)			U.S.\$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	5,135	-	5,135	12,375	-	12,375
Utilities Plant & Facilities	1,975	-	1,975	4,758	-	4,758
Auxiliary & Off-Site	707	-	707	1,703	-	1,703
Sub-Total	7,817	-	7,817	18,836	-	18,836
2. Construction Costs						
Installation	1,004	559	1,563	2,419	1,347	3,766
Civil Works	807	1,009	1,816	1,944	2,431	4,375
Office Bldg. & Housing Colony	258	803	1,061	622	1,936	2,558
Sub-Total	2,069	2,371	4,440	4,985	5,714	10,699
3. Transportation	2,111	-	2,111	5,086	-	5,086
4. Plant Cost	11,997	2,371	14,368	28,907	5,714	34,621
5. Escalation & Contingency	8,185	1,617	9,802	19,722	3,897	23,619
6. Total Plant Costs	20,182	3,988	24,170	48,629	9,611	58,240
(1. Process Plant)	12,661	940	13,601	30,507	2,267	32,774
(2. Auxiliary & Off-Site)	7,086	1,696	8,782	17,075	4,086	21,161
(3. Buildings)	435	1,352	1,787	1,047	3,258	4,305
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	5,823	-	5,823	14,300	-	14,300
8. Pre-Operating Expenses	-	897	897	-	2,162	2,162
9. Land	-	671	671	-	1,617	1,617
10. Interest During Construction	2,071	-	2,071	4,990	-	4,990
11. Working Capital	-	7,757	7,757	-	18,693	18,693
12. Total Capital Requirement	28,076	13,313	41,389	67,919	32,083	100,002

表 K-8 投資額推定(1977年)ケースA-2

	Case A-2 p-TPA 70,000 t/y DMT 77,000 t/y			(Base Year 1971)		
	Rupiah (10 ⁶)			U.S. \$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	6,468	-	6,468	15,586	-	15,586
Utilities Plant & Facilities	2,499	-	2,499	6,022	-	6,022
Auxiliary & Off-Site	855	-	855	2,061	-	2,061
Sub-Total	9,822	-	9,822	23,669	-	23,669
2. Construction Costs						
Installation	1,222	705	1,927	2,944	1,700	4,644
Civil Works	1,019	1,248	2,267	2,456	3,008	5,464
Office Bldg. & Housing Colony	311	858	1,169	750	2,067	2,817
Sub-Total	2,552	2,811	5,363	6,150	6,775	12,925
3. Transportation	2,653	-	2,653	6,392	-	6,392
4. Plant Cost	15,027	2,811	17,838	36,211	6,775	42,986
5. Escalation & Contingency	10,252	1,918	12,170	24,703	4,622	29,325
6. Total Plant Costs	25,279	4,729	30,008	60,914	11,397	72,311
(1. Process Plant)	15,875	1,187	17,062	38,253	2,861	41,114
(2. Auxiliary & Off-Site)	8,881	2,100	10,981	21,400	5,061	26,461
(3. Buildings)	523	1,442	1,965	1,261	3,475	4,736
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	8,058	-	8,058	19,415	-	19,415
8. Pre-Operating Expenses	-	1,256	1,256	-	3,026	3,026
9. Land	-	792	792	-	1,908	1,908
10. Interest During Construction	2,632	-	2,632	6,343	-	6,343
11. Working Capital	-	10,607	10,607	-	25,558	25,558
12. Total Capital Requirement	35,969	17,384	53,353	86,672	41,889	128,561

表 K-9 投資額推定(1977年)ケースA-3

	Case A-3 p-TPA 100,000 t/y DMT 110,000 t/y			(Base Year 1971)		
	Rupiah (10 ⁶)			U.S. \$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	8,302	-	8,302	20,002	-	20,002
Utilities Plant & Facilities	3,208	-	3,208	7,731	-	7,731
Auxiliary & Off-Site	1,060	-	1,060	2,556	-	2,556
Sub-Total	12,570	-	12,570	30,289	-	30,289
2. Construction Costs						
Installation	1,518	903	2,421	3,658	2,175	5,833
Civil Works	1,318	1,585	2,903	3,175	3,819	6,994
Office Bldg. & Housing Colony	393	914	1,307	947	2,203	3,150
Sub-Total	3,229	3,402	6,631	7,780	8,197	15,977
3. Transportation	3,394	-	3,394	8,178	-	8,178
4. Plant Cost	19,193	3,402	22,595	46,247	8,197	54,444
5. Escalation & Contingency	13,093	2,321	15,414	31,550	5,592	37,142
6. Total Plant Costs	32,285	5,722	38,007	77,797	13,789	91,586
(1. Process Plant)	20,287	1,518	21,805	48,886	3,658	52,544
(2. Auxiliary & Off-Site)	11,336	2,666	14,002	27,317	6,425	33,742
(3. Buildings)	662	1,538	2,200	1,594	3,706	5,300
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	11,199	-	11,199	26,986	-	26,986
8. Pre-Operating Expenses	-	1,794	1,794	-	4,323	4,323
9. Land	-	947	947	-	2,283	2,283
10. Interest During Construction	3,409	-	3,409	8,215	-	8,215
11. Working Capital	-	14,829	14,829	-	35,733	35,733
12. Total Capital Requirement	46,893	23,292	70,185	112,998	56,128	169,126

表 X-10 投資額推定(1977年)ケースB-1

Case B-1 p-TPA 70,000 t/y (Base Year 1971)

	Rupiah (10 ⁶)			U.S.\$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	3,802	-	3,802	9,162	-	9,162
Utilities Plant & Facilities	1,653	-	1,653	3,983	-	3,983
Auxiliary & Off-Site	567	-	567	1,367	-	1,367
Sub-Total	6,022	-	6,022	14,512	-	14,512
2. Construction Costs						
Installation	784	431	1,215	1,889	1,039	2,928
Civil Works	621	783	1,404	1,497	1,886	3,383
Office Bldg. & Housing Colony	175	662	837	422	1,594	2,016
Sub-Total	1,580	1,876	3,456	3,808	4,519	8,327
3. Transportation	1,625	-	1,625	3,917	-	3,917
4. Plant Cost	9,227	1,876	11,103	22,237	4,519	26,756
5. Escalation & Contingency	6,295	1,280	7,575	15,169	3,083	18,252
6. Total Plant Costs	15,522	3,156	18,678	37,406	7,602	45,008
(1. Process Plant)	9,438	726	10,164	22,745	1,747	24,492
(2. Auxiliary & Off-Site)	5,789	1,316	7,105	13,950	3,172	17,122
(3. Buildings)	295	1,114	1,409	711	2,683	3,394
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	4,231	-	4,231	10,195	-	10,195
8. Pre-Operating Expenses	-	592	592	-	1,426	1,426
9. Land	-	512	512	-	1,233	1,233
10. Interest During Construction	1,576	-	1,576	3,797	-	3,797
11. Working Capital	-	5,312	5,312	-	12,800	12,800
12. Total Capital Requirement	21,329	9,572	30,901	51,398	23,061	74,459

表 X-11 投資額推定(1977年)ケースB-2

Case B-2 p-TPA 100,000 t/y (Base Year 1971)

	Rupiah (10 ⁶)			U.S.\$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	4,542	-	4,542	10,945	-	10,945
Utilities Plant & Facilities	1,975	-	1,975	4,758	-	4,758
Auxiliary & Off-Site	656	-	656	1,580	-	1,580
Sub-Total	7,173	-	7,173	17,283	-	17,283
2. Construction Costs						
Installation	907	513	1,420	2,187	1,236	3,423
Civil Works	739	918	1,657	1,780	2,211	3,991
Office Bldg. & Housing Colony	203	688	891	489	1,658	2,147
Sub-Total	1,849	2,119	3,968	4,456	5,105	9,561
3. Transportation	1,937	-	1,937	4,667	-	4,667
4. Plant Cost	10,959	2,119	13,078	26,406	5,105	31,511
5. Escalation & Contingency	7,476	1,446	8,922	18,014	3,483	21,497
6. Total Plant Costs	18,435	3,565	22,000	44,420	8,588	53,008
(1. Process Plant)	11,230	864	12,094	27,059	2,080	29,139
(2. Auxiliary & Off-Site)	6,864	1,544	8,408	16,539	3,719	20,258
(3. Buildings)	341	1,157	1,498	822	2,789	3,611
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	5,764	-	5,764	13,889	-	13,889
8. Pre-Operating Expenses	-	846	846	-	2,038	2,038
9. Land	-	609	609	-	1,467	1,467
10. Interest During Construction	1,917	-	1,917	4,620	-	4,620
11. Working Capital	-	7,285	7,285	-	17,555	17,555
12. Total Capital Requirement	26,116	12,305	38,421	62,929	29,648	92,577

表 K-12 投資額推定(1977年)ケースC-1

	Rupiah (10 ⁶)			U.S.\$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	3,485	-	3,485	8,397	-	8,397
Utilities Plant & Facilities	2,345	-	2,345	5,650	-	5,650
Auxiliary & Off-Site	564	-	564	1,358	-	1,358
Sub-Total	6,394	-	6,394	15,405	-	15,405
2. Construction Costs						
Installation	810	458	1,268	1,953	1,103	3,056
Civil Works	797	960	1,757	1,919	2,314	4,233
Office Bldg. & Housing Colony	248	714	962	597	1,719	2,316
Sub-Total	1,855	2,132	3,987	4,469	5,136	9,605
3. Transportation	1,726	-	1,726	4,158	-	4,158
4. Plant Cost	9,975	2,132	12,107	24,032	5,136	29,168
5. Escalation & Contingency	6,805	1,454	8,259	16,397	3,503	19,900
6. Total Plant Costs	16,780	3,586	20,366	40,429	8,639	49,068
(1. Process Plant)	8,809	770	9,579	21,220	1,856	23,076
(2. Auxiliary & Off-Site)	7,554	1,616	9,170	18,203	3,891	22,094
(3. Buildings)	417	1,200	1,617	1,006	2,892	3,898
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	3,209	-	3,209	7,733	-	7,733
8. Pre-Operating Expenses	-	804	804	-	1,939	1,939
9. Land	-	546	546	-	1,317	1,317
10. Interest During Construction	1,635	-	1,635	3,941	-	3,941
11. Working Capital	-	6,724	6,724	-	16,202	16,202
12. Total Capital Requirement	21,624	11,660	33,284	52,103	28,097	80,200

表 K-13 投資額推定(1977年)ケースC-2

	Rupiah (10 ⁶)			U.S.\$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	4,066	-	4,066	9,797	-	9,797
Utilities Plant & Facilities	2,749	-	2,749	6,625	-	6,625
Auxiliary & Off-Site	641	-	641	1,544	-	1,544
Sub-Total	7,456	-	7,456	17,966	-	17,966
2. Construction Costs						
Installation	925	535	1,460	2,230	1,289	3,519
Civil Works	931	1,111	2,042	2,244	2,678	4,922
Office Bldg. & Housing Colony	302	768	1,070	728	1,850	2,578
Sub-Total	2,158	2,414	4,572	5,202	5,817	11,019
3. Transportation	2,013	-	2,013	4,850	-	4,850
4. Plant Cost	11,627	2,414	14,041	28,018	5,817	33,835
5. Escalation & Contingency	7,932	1,647	9,579	19,114	3,969	23,083
6. Total Plant Costs	19,559	4,061	23,620	47,132	9,786	56,918
(1. Process Plant)	10,241	900	11,141	24,679	2,169	26,848
(2. Auxiliary & Off-Site)	8,810	1,870	10,680	21,228	4,506	25,734
(3. Buildings)	508	1,291	1,799	1,225	3,111	4,336
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	4,195	-	4,195	10,108	-	10,108
8. Pre-Operating Expenses	-	1,150	1,150	-	2,770	2,770
9. Land	-	640	640	-	1,542	1,542
10. Interest During Construct on	1,943	-	1,943	4,682	-	4,682
11. Working Capital	-	9,268	9,268	-	22,332	22,332
12. Total Capital Requirement	25,697	15,119	40,816	61,922	36,430	98,352

表 K-14 投資額推定(1977年)ケースD-1

Case D-1 p-TPA 70,000 t/y
DMT(W) 77,000 t/y

(Base Year 1971)

	Rupiah (10 ⁶)			U.S. \$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	7,185	-	7,185	17,314	-	17,314
Utilities Plant & Facilities	3,141	-	3,141	7,569	-	7,569
Auxiliary & Off-Site	820	-	820	1,975	-	1,975
Sub-Total	11,146	-	11,146	26,858	-	26,858
2. Construction Costs						
Installation	1,461	800	2,261	3,520	1,928	5,448
Civil Works	1,252	1,467	2,719	3,017	3,536	6,553
Office Bldg. & Housing Colony	356	1,003	1,359	858	2,417	3,275
Sub-Total	3,069	3,270	6,339	7,395	7,881	15,276
3. Transportation	3,010	-	3,010	7,253	-	7,253
4. Plant Cost	17,225	3,270	20,495	41,506	7,881	49,387
5. Escalation & Contingency	11,750	2,231	13,981	28,314	5,375	33,689
6. Total Plant Costs	28,975	5,501	34,476	69,820	13,256	83,076
(1. Process Plant)	17,807	1,345	19,152	42,909	3,242	46,151
(2. Auxiliary & Off-Site)	10,569	2,468	13,037	25,467	5,947	31,414
(3. Buildings)	599	1,688	2,287	1,444	4,067	5,511
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	7,440	-	7,440	17,928	-	17,928
8. Pre-Operating Expenses	-	1,397	1,397	-	3,365	3,365
9. Land	-	996	996	-	2,400	2,400
10. Interest During Construction	2,907	-	2,907	7,006	-	7,006
11. Working Capital	-	11,775	11,775	-	28,373	28,373
12. Total Capital Requirement	39,322	19,669	58,991	94,754	47,394	142,148

表 K-15 投資額推定(1977年)ケースD-2

Case D-2 p-TPA 100,000 t/y
DMT(W) 110,000 t/y

(Base Year 1971)

	Rupiah (10 ⁶)			U.S. \$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	8,510	-	8,510	20,506	-	20,506
Utilities Plant & Facilities	3,753	-	3,753	9,044	-	9,044
Auxiliary & Off-Site	959	-	959	2,311	-	2,311
Sub-Total	13,222	-	13,222	31,861	-	31,861
2. Construction Costs						
Installation	1,685	949	2,634	4,059	2,286	6,345
Civil Works	1,484	1,721	3,205	3,575	4,147	7,722
Office Bldg. & Housing Colony	437	1,084	1,521	1,053	2,611	3,664
Sub-Total	3,606	3,754	7,360	8,687	9,044	17,731
3. Transportation	3,570	-	3,570	8,603	-	8,603
4. Plant Cost	20,398	3,754	24,152	49,151	9,044	58,195
5. Escalation & Contingency	13,915	2,560	16,475	33,531	6,169	39,700
6. Total Plant Costs	34,313	6,314	40,627	82,682	15,213	97,895
(1. Process Plant)	21,014	1,595	22,609	50,635	3,844	54,479
(2. Auxiliary & Off-Site)	12,564	2,896	15,460	30,275	6,977	37,252
(3. Buildings)	735	1,823	2,558	1,772	4,392	6,164
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	9,959	-	9,959	23,998	-	23,998
8. Pre-Operating Expenses	-	1,995	1,995	-	4,808	4,808
9. Land	-	1,176	1,176	-	2,833	2,833
10. Interest During Construction	3,528	-	3,528	8,500	-	8,500
11. Working Capital	-	16,271	16,271	-	39,208	39,208
12. Total Capital Requirement	47,800	25,756	73,556	115,180	62,062	177,242

なお、見積りは1971年インドネシアに建設した場合を想定し、これに Escalation and Contingency を加えて1976年の Total Plant Cost を求めた。なお Transportation には日本からインドネシアへの運賃、保険を含む。Total Plant Cost に建設中金利、技術料、土地代、運転資金を加えて1977年時点での総投資額とした。これら各項目の算出方法については、調査方法の項で詳細に説明してある。

表IX-7~15にまとめた各ケースについてここで簡単に説明しておく。ケースAは、c-TPAを大量に作りその約 $\frac{1}{2}$ をp-TPAにし残りをDMTにするケースであり、ケースBはAmoco法p-TPAのみを、ケースCはWitten法DMTのみを製造するケースであり、ケースDは、Amoco法p-TPAとWitten法DMTプラントを同一敷地内に建設し、用役設備も共通に建設した場合である。

5-3 人員

操業のため必要とされる直接および間接人員を表IX-16に示す。合計の必要人員は、p-TPA 100 10³ t/y で346人、Witten法DMT 110 10³ t/y で346人、c-TPAを経てp-TPA、DMT計105 10³ t/y を製造する場合で393人とした。規模が変わった場合には、労務者が多少増減する程度で合計人員はほとんど変わらない。

表 IX-16 p-TPA, DMTプラント必要人員(直接, 間接, 計)

	(Person)		
	p-TPA 100,000 t/y	Witten DMT 110,000 t/y	p-TPA 50,000 t/y DMT 55,000 "
Works Manager	1	1	1
Manager	2	2	2
Unit Superintendent	7	7	7
Section Superintendent	22	20	23
Foreman	52	47	59
Operator	161	153	190
Labourer	101	116	111
Total	346	346	393

5-4 運転指導

100,000 t/y 規模の p-TPA または DMT プラントの運転のため、Unit Superintendent 1, Section Superintendent 12, Foreman 16, 計 29 人・年、程度の外国人経験者による指導が必要であろう。

5-5 工場配置

100,000 t/y p-TPA プラントを例にして工場配置図を図 K-5 に示す。社宅等を除いた総面積は 92,500 m² である。

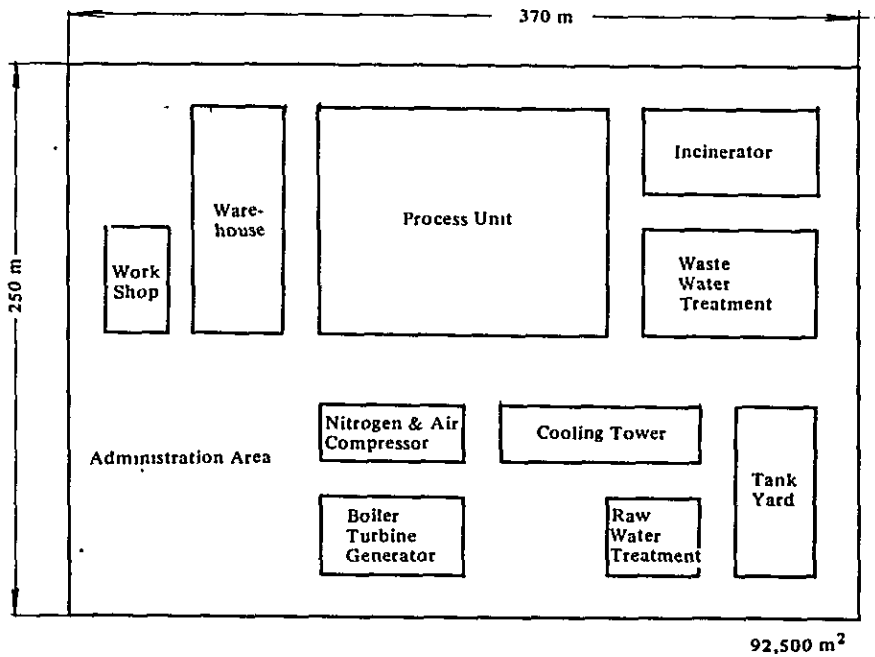


図 K-5 100,000 t/y p-TPA 工場配置図

6. 経済性評価

6-1 生産量、稼働率

1977年7月に試運転開始とし、3か月の試運転期間を含めて初年度の生産量をフル能力の $\frac{1}{4}$ とする。2年目以降はフル能力の生産が行なわれるものとした。

6-2 国内向出荷量、輸出量

国内需要量は先に示した通りである。この需要量全体を p-TPA の需要量または DMT の需要量として表 IX-17 に示す。さらにポリエステル需要量のうち p-TPA を使うもの、DMT を使うものを各 $\frac{1}{2}$ ずつと考え、ポリエステル製造の際の p-TPA, DMT の原単位差を考慮に

表 K-17 p-TPA, DMTのインドネシア需要量

		(10 ³ t/y)									
		1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
I	Total Demand (as p-TPA)	80	110	140	170	182	194	206	218	230	242
II	Total Demand (as DMT)	92	126	160	195	209	222	236	250	264	277
III	p-TPA Demand	40	55	70	85	91	97	103	109	115	121
IV	DMT Demand	46	63	80	98	105	111	118	125	132	139
V	Total Demand (as p-TPA, DMT)	86	118	150	183	196	208	221	234	247	260

Notes: III = I x 1/2
 IV = II x 1/2
 V = III + IV

入れて p-TPA, DMT の需要量を算出し、同じく表 IX-17 に示す。さらに p-TPA と DMT 需要量を合計した値を示した。

この需要量は p-TPA と DMT を併産する場合に使用される。国内需要量と生産量の関係から国内向出荷量を求め、ここから需要量を差し引いた残りを輸出にまわすとした。この結果をまとめて表 IX-18 に示す。p-TPA 100 10³ t/y, DMT 110 10³ t/y を併産するケースについて説明すると次のようになる。

表 K-18 p-TPA, DMT の生産量と国内・輸出出荷量

		(10 ³ t/y)									
Case	Capacity	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
A-1	p-TPA 50 Production	26.25	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	DMT 55 Domestic Consumption	26.25	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	Export	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A-2	p-TPA 70 Production	36.75	147	147	147	147	147	147	147	147	147
	DMT 77 Domestic Consumption	36.75	118	147	147	147	147	147	147	147	147
	Export	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0
A-3	p-TPA 100 Production	52.5	210	210	210	210	210	210	210	210	210
	DMT 110 Domestic Consumption	43	118	150	183	196	208	210	210	210	210
	Export	9.5	92	60	27	14	2	0	0	0	0
B-1	p-TPA 70 Production	17.5	70	70	70	70	70	70	70	70	70
	DMT 55 Domestic Consumption	17.5	55	70	70	70	70	70	70	70	70
	Export	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
B-2	p-TPA 100 Production	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	DMT 77 Domestic Consumption	20	55	70	85	91	97	100	100	100	100
	Export	5	45	30	15	9	3	0	0	0	0
C-1	W-DMT 77 Production	19.25	77	77	77	77	77	77	77	77	77
	DMT 77 Domestic Consumption	19.25	63	77	77	77	77	77	77	77	77
	Export	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
C-2	W-DMT 110 Production	27.5	110	110	110	110	110	110	110	110	110
	DMT 110 Domestic Consumption	23	63	80	98	105	110	110	110	110	110
	Export	4.5	47	30	12	5	0	0	0	0	0

1977年の国内需要は $86 \cdot 10^3$ t/yあるが、生産開始は1977年7月であるため、7月以降の需要量すなわち $43 \cdot 10^3$ t/yに対してだけ生産品を供給できることになる。

したがって、国内向出荷量は $43 \cdot 10^3$ t/yであり、残り $9.5 \cdot 10^3$ t/yを輸出に向ける。このように、国内需要を優先させて以後出荷するものとした。1982年以降の需要量は、1980年と1981年の間の増加量をそのまま使用した。

6-3 製造原価計算

表IX-3～6に示した標準原単位と表IX-7～15に示した投資額および価格予測の項でまとめた価格を使用して製造原価の計算を行った。

製造プロセス間の比較のため、同一生産量の場合について検討する。すなわち、c-TPAを経てp-TPA $50 \cdot 10^3$ t/y, DMT $55 \cdot 10^3$ t/y, 計 $105 \cdot 10^3$ t/yを製造する場合と、p-TPAのみ $100 \cdot 10^3$ t/y, Witten法 DMTのみ $110 \cdot 10^3$ t/y製造する3つのケースをとりあげた。

表IX-19～21に製造原価表を示す。さらに比例費、Total Plant Costが各々±20%変動したときの製造原価の変化を図IX-6～8に示す。

製造原価が最も安いのはp-TPAを $100 \cdot 10^3$ t/y製造した場合であり、これよりわずかに高いのがc-TPAを経てp-TPA, DMTを併産した場合である。Witten法DMTは、これらよりかなり高くなっている。その差の大部分は用役費（燃料代）である。表IX-19～21の原価計算において、燃料は重油としているが、安い天然ガスを使用できればこの差は縮まろう。より詳しくはDCF法による評価の項で述べる。

比例費が変化した場合の製造原価に与える影響はかなり大きいですが、Total Plant Costの影響は比較的小さい。カプロラクタムプラントにおいてはTotal Plant Costの影響もかなり大きかった。

比例費、Total Plant Costの変化が製造原価に与える影響は3つのプロセスではほぼ同じである。すなわち、図IX-6～8は、平行移動によりほぼ重ね合わせることができる。

6-4 DCF法による評価

先にとりあげた9ケースについてIRRをまとめて表IX-22, 図IX-9に示す。最もIRRの大きいのは、c-TPAを経由してp-TPAとDMTを製造するケースAである。次がp-TPAを製造するケースB, その次がp-TPAとWitten法DMTを同一敷地内に建設するケースD, 最後にWitten法DMTのみを製造するケースCである。そしてケースC以外はIRRはいずれも15%以上である。

$100 \cdot 10^3$ t/yのp-TPA, DMTを製造した場合、製造原価ではケースBはケースAより安かったが、IRRではケースAの方が大きい。このように逆転が起った理由は、p-TPA

表 K-19 p-TPA, DMT 製造原価 (147,000 t/y)

表 K-19-1 Amoco 法 p-TPA, DMT 製造原価

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US¢/kg)	Unit Cost (US¢/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
p-Xylene	0.632	42.6	26.92
Acetic Acid	0.0824	42.8	3.52
Methanol	0.194	20.8	4.03
Catalysts and Chemicals			0.43
Total Raw Material Costs			34.92
Utilities			
Fuel	0.753	8.3	6.24
Total Utility Costs			6.24
Total Variable Costs			41.17
Fixed Costs			
Wages			0.49
Depreciation			
Battery Limits			2.79
Off-Site			1.20
Building			0.10
Royalty, Eng. Fee			2.64
Pre-Operating Expenses			0.41
Int. During Construction			0.86
Total Depreciation			8.02
Repairs and Insurance			1.96
Taxes			0
Plant Overhead Costs			0.49
Total Fixed Costs			10.98
Running Royalty			0
Factory Costs			52.15
Selling Expenses			1.40
General Administrative Exp.			1.56
Total Product. Cost Before Int.			55.12
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			1.67
Int. on Working Capital			2.08
Total Interest			3.75
Total Product. Cost Including Int.			58.88
Working Capital (10³ US\$)			25,557
Total Investment Cost*(10³ US\$)			128,561
* Including Land Price & Working Capital			

表 K-19-2 年間製造原価

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/Y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	36.75	147	147	147	147	147	147	147	147	147
Variable Costs										
Raw Materials										
p-Xylene	9,894	42,347	45,311	48,483	51,877	55,508	59,394	63,552	68,000	72,760
Acetic Acid	1,296	5,547	5,935	6,350	6,795	7,271	7,780	8,324	8,907	9,531
Methanol	1,482	6,346	6,791	7,266	7,775	8,319	8,901	9,525	10,191	10,905
Catalysts and Chemicals	160	687	735	786	842	900	964	1,031	1,103	1,181
Total Raw Material Costs	12,833	54,929	58,774	62,888	67,290	72,000	77,040	82,433	88,203	94,378
Utility										
Fuel	2,296	9,830	10,518	11,254	12,042	12,885	13,787	14,752	15,785	16,890
Total Utility Costs	2,296	9,830	10,518	11,254	12,042	12,885	13,787	14,752	15,785	16,890
Total Variable Costs	15,130	64,759	69,292	74,143	79,333	84,886	90,828	97,186	103,989	111,268
Wages	734	785	840	899	962	1,029	1,101	1,178	1,261	1,349
Depreciation										
Battery Limits	4,111	4,111	4,111	4,111	4,111	4,111	4,111	4,111	4,111	4,111
Off-Site	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764	1,764
Building	157	157	175	157	157	157	157	157	157	157
Royalty, Eng. Fee	3,883	3,883	3,883	3,883	3,883	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	605	605	605	605	605	0	0	0	0	0
Int. During Construction	1,268	1,268	1,268	1,268	1,268	0	0	0	0	0
Total Depreciation	11,790	11,790	11,790	11,790	11,790	6,033	6,033	6,033	6,033	6,033
Repairs and Insurance	2,892	2,892	2,892	2,892	2,892	2,892	2,892	2,892	2,892	2,892
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	734	785	840	899	962	1,029	1,101	1,178	1,261	1,349
Total Fixed Costs	16,150	16,253	16,363	16,481	16,606	10,984	11,128	11,283	11,448	11,624
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	31,281	81,012	85,656	90,624	95,940	95,871	101,957	108,469	115,437	122,893
Selling Expenses	514	2,202	2,356	2,521	2,697	2,886	3,088	3,305	3,536	3,783
General Administrative Exp.	938	2,430	2,569	2,718	2,878	2,876	3,058	3,254	3,463	3,686
Total Product. Cost Before Int.	32,734	85,645	90,581	95,864	101,515	101,633	108,104	115,028	122,437	130,364
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	4,915	4,915	4,915	4,915	4,213	3,511	2,809	2,106	1,404	702
Int. on Working Capital	3,066	2,044	1,022	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	7,982	6,960	5,938	4,915	4,213	3,511	2,809	2,106	1,404	702
Total Product. Cost Including Int.	40,717	92,605	96,520	100,779	105,729	105,145	110,913	117,135	123,841	131,066
(Unit Production Cost) (US\$/kg)	110.79	62.99	65.65	68.55	71.92	71.52	75.45	79.68	84.24	89.16

表Ⅸ-19-3 kg当り製造原価

Plant Life (Years) Year	(US\$/kg)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	36.75	147	147	147	147	147	147	147	147	147
Variable Costs										
Raw Materials										
p-Xylene	26.92	28.80	30.82	32.98	35.29	37.76	40.40	43.23	46.25	49.49
Acetic Acid	3.52	3.77	4.03	4.32	4.62	4.94	5.29	5.66	6.05	6.48
Methanol	4.03	4.31	4.61	4.94	5.28	5.65	6.05	6.47	6.93	7.41
Catalysts and Chemicals	0.43	0.46	0.50	0.53	0.57	0.61	0.65	0.70	0.75	0.80
Total Raw Material Costs	34.92	37.36	39.98	42.78	45.77	48.98	52.40	56.07	60.00	64.20
Utility										
Fuel	6.24	6.68	7.15	7.65	8.19	8.76	9.37	10.03	10.73	11.49
Total Utility Costs	6.24	6.68	7.15	7.65	8.19	8.76	9.37	10.03	10.73	11.49
Total Variable Costs	41.17	44.05	47.13	50.43	53.96	57.74	61.78	66.11	70.74	75.69
Wages	1.99	0.53	0.57	0.61	0.65	0.70	0.74	0.80	0.85	0.91
Depreciation										
Battery Limits	11.18	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79
Off-Site	4.80	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Building	0.42	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Royalty, Eng. Fee	10.56	2.64	2.64	2.64	2.64	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	1.64	0.41	0.41	0.41	0.41	0	0	0	0	0
Int. During Construction	3.45	0.86	0.86	0.86	0.86	0	0	0	0	0
Total Depreciation	32.08	8.02	8.02	8.02	8.02	4.10	4.10	4.10	4.10	4.10
Repairs and Insurance	7.87	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	1.99	0.53	0.57	0.61	0.65	0.70	0.74	0.80	0.85	0.91
Total Fixed Costs	43.94	11.05	11.13	11.21	11.29	11.29	11.29	11.29	11.29	11.29
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	85.11	55.11	58.26	61.64	65.26	65.21	69.35	73.78	78.52	83.60
Selling Expenses	1.40	1.49	1.60	1.71	1.83	1.96	2.10	2.24	2.40	2.57
General Administrative Exp.	2.55	1.65	1.74	1.84	1.95	1.95	2.08	2.21	2.35	2.50
Total Product. Cost Before Int.	89.07	58.26	61.62	65.21	69.05	69.13	73.54	78.25	83.29	88.68
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	13.37	3.34	3.34	3.34	2.86	2.38	1.91	1.43	0.95	0.47
Int. on Working Capital	8.34	1.39	0.69	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	21.72	4.73	4.03	3.34	2.86	2.38	1.91	1.43	0.95	0.47
Total Product. Cost Including Int.	110.79	62.99	65.65	68.55	71.92	71.52	75.45	79.68	84.24	89.16

表 K-19-4 売上高

		(10 ³ US\$/y)									
Plant Life (Years)	Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	(Year)	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Domestic											
Sales Price (US\$/kg)		73	78	83	89	95	102	109	117	125	134
Sales Amount (ton)		36,750	118,000	147,000	147,000	147,000	147,000	147,000	147,000	147,000	147,000
Sales Value		26,901	92,422	123,195	131,819	141,046	150,920	161,484	172,788	184,883	197,825
Export											
Sales Price (US\$/kg)		52	55	59	63	68	73	78	83	89	95
Sales Amount (ton)		0	29,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Sales Value		0	16,197	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Sales Value		26,901	108,619	123,195	131,819	141,046	150,920	161,484	172,788	184,883	197,825

表IX-19-5 DCF 計算

(10³ US\$/y)

Plant Life (Years) Year	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Investment	128,561									
Land	1,908									
Inv. Excl. Land	126,653									
Total Sales Value	26,901	108,619	123,195	131,819	141,046	150,920	161,484	172,788	184,883	195,825
Total Product. Cost*	40,717	92,605	96,520	100,779	105,729	105,145	110,913	117,135	123,841	131,066
Income Before Tax	-13,816	16,014	26,675	31,040	35,317	45,775	50,571	55,653	61,042	64,759
Income Tax	0	0	0	0	0	20,598	22,756	25,043	27,468	29,141
Income After Tax	-13,816	16,014	26,675	31,040	35,317	25,176	27,814	30,609	33,573	35,617
Depreciation & Int.	19,772	18,750	17,728	16,706	16,003	9,544	8,842	8,140	7,437	6,735
Net Cash Flow (NCF)	5,956	34,764	44,403	47,746	51,320	34,720	36,656	38,749	41,010	42,352
Salvage Value (SV)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37,534
NCF + SV	5,956	34,764	44,403	47,746	51,320	34,720	36,656	38,749	41,010	79,887
Discount Rate	0.804355	0.646987	0.520407	0.418592	0.336697	0.270824	0.217839	0.175220	0.140939	0.113365
Present Value	4,790	22,491	23,107	19,986	17,279	9,403	7,985	6,789	5,772	9,056
(Total Present Value)										126,669
Internal Rate of Return (%)										24.3232

* Including Interest

表 K-20 p-TPA 製造原価 (70,000 t / y)

表 K-20-1 p-TPA 製造原価

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US¢/kg)	Unit Cost (US¢/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
p-Xylene	0.69	42.6	29.39
Acetic Acid	0.096	42.8	4.10
Catalysts and Chemicals			0.61
Total Raw Material Costs			34.11
Utility			
Fuel	0.80	8.3	6.64
Total Utility Costs			6.64
Total Variable Costs			40.75
Fixed Costs			
Wages			0.91
Depreciation			
Battery Limits			3.49
Off-Site			1.63
Building			0.16
Royalty, Eng. Fee			2.91
Pre-Operating Expenses			0.40
Int. During Construction			1.08
Total Depreciation			9.69
Repairs and Insurance			2.57
Taxes			0
Plant Overhead Costs			0.91
Total Fixed Costs			14.10
Running Royalty			0
Factory Costs			54.80
Selling Expenses			1.40
General Administrative Exp.			1.64
Total Product. Cost Before Int.			57.90
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			2.11
Int. on Working Capital			2.19
Total Interest			4.31
Total Product. Cost Including Int.			62.21
Working Capital (10 ³ US\$)			12,800
Total Investment Cost *(10 ³ US\$)			74,459

* Including Land Price & Working Capital

表Ⅸ-20-2 年間製造原価

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/v)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1977	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Stream Factor	17.5	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Annual Production										
Variable Costs										
Raw Materials										
p-Xylene	5,143	22,016	23,557	25,206	26,970	28,858	30,878	33,040	35,353	37,827
Acetic Acid	719	3,077	3,292	3,523	3,770	4,033	4,316	4,618	4,941	5,287
Catalysts and Chemicals	106	456	488	523	559	598	640	685	733	785
Total Raw Material Costs	5,969	25,550	27,339	29,252	31,300	33,491	35,835	38,344	41,028	43,900
Utility										
Fuel	1,162	4,973	5,321	5,694	6,092	6,519	6,975	7,461	7,986	8,545
Total Utility Costs	1,162	4,973	5,321	5,694	6,092	6,519	6,975	7,461	7,986	8,545
Total Variable Costs	7,131	30,523	32,660	34,946	37,393	40,010	42,811	45,808	49,014	52,445
Wages	643	688	736	787	842	901	964	1,032	1,104	1,182
Depreciation										
Battery Limits	2,449	2,449	2,449	2,449	2,449	2,449	2,449	2,449	2,449	2,449
Off-Site	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141	1,141
Building	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
Royalty, Eng. Fee	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039	2,039
Pre-Operating Expenses	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
Int. During Construction	759	759	759	759	759	759	759	759	759	759
Total Depreciation	6,787	6,787	6,787	6,787	6,787	6,787	6,787	6,787	6,787	6,787
Repairs and Insurance	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	643	688	736	787	842	901	964	1,032	1,104	1,182
Total Fixed Costs	9,873	9,963	10,060	10,163	10,273	10,387	10,504	10,624	10,747	10,874
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	17,005	40,487	42,720	45,109	47,666	50,318	53,078	55,947	58,926	62,014
Selling Expenses	245	1,048	1,122	1,200	1,284	1,374	1,470	1,573	1,683	1,801
General Administrative Exp.	510	1,214	1,281	1,353	1,429	1,509	1,597	1,691	1,791	1,899
Total Product. Cost Before Int.	17,700	42,750	45,124	47,663	50,381	53,212	56,152	59,200	62,361	65,634
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962
Int. on Working Capital	1,536	1,024	512	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	4,498	3,986	3,474	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962	2,962
Total Product. Cost Including Int.	22,259	46,737	48,599	50,626	52,228	54,228	56,228	57,822	59,000	60,448
(Unit Production Cost) (US\$/kg)	127.19	60.76	69.42	72.32	75.00	77.61	80.22	82.83	85.44	88.05

表 20-3 10 年当り製造原価

Plant Life (Years) Year (Year)	(US\$/kg)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	17.5	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Variable Costs										
Raw Materials										
p-Xylene	29.39	31.45	33.65	36.00	38.52	41.22	44.11	47.20	50.50	54.03
Acetic Acid	4.10	4.39	4.70	5.03	5.38	5.76	6.16	6.59	7.05	7.55
Catalysts and Chemicals	0.61	0.65	0.69	0.74	0.79	0.85	0.91	0.97	1.04	1.12
Total Raw Material Costs	34.11	36.50	39.05	41.78	44.71	47.84	51.19	54.77	58.61	62.71
Utility										
Fuel	6.64	7.10	7.60	8.13	8.70	9.31	9.96	10.66	11.40	12.20
Total Utility Costs	6.64	7.10	7.60	8.13	8.70	9.31	9.96	10.66	11.40	12.20
Total Variable Costs	40.75	43.60	46.65	49.92	53.41	57.15	61.15	65.44	70.02	74.92
Wages	3.67	0.98	1.05	1.12	1.20	1.28	1.37	1.47	1.57	1.68
Depreciation										
Battery Limits	13.99	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49	3.49
Off-Site	6.52	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Building	0.64	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Royalty, Eng. Fee	11.65	2.91	2.91	2.91	2.91	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	1.63	0.40	0.40	0.40	0.40	0	0	0	0	0
Int. During Construction	4.33	1.08	1.08	1.08	1.08	0	0	0	0	0
Total Depreciation	38.78	9.69	9.69	9.69	9.69	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
Repairs and Insurance	10.28	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	3.67	0.98	1.05	1.12	1.20	1.28	1.37	1.47	1.57	1.68
Total Fixed Costs	56.42	14.23	14.37	14.51	14.67	10.43	10.62	10.81	11.01	11.24
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	97.17	57.83	61.02	64.44	68.09	67.59	71.77	76.25	81.04	86.16
Selling Expenses	1.40	1.49	1.60	1.71	1.83	1.96	2.10	2.24	2.40	2.57
General Administrative Exp.	2.91	1.73	1.83	1.93	2.04	2.02	2.15	2.28	2.43	2.58
Total Product. Cost Before Int.	101.48	61.07	64.46	68.09	71.97	71.58	76.03	80.78	85.87	91.32
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	16.93	4.23	4.23	4.23	3.62	3.02	2.41	1.81	1.20	0.60
Int. on Working Capital	8.77	1.46	0.73	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	25.70	5.69	4.96	4.23	3.62	3.02	2.41	1.81	1.20	0.60
Total Product. Cost Including Int.	127.19	66.76	69.42	72.32	75.60	74.61	78.45	82.60	87.08	91.92

表 K-20-4 売上高

(10³ US\$/y)

Plant Life (Years) Year (Year)	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Domestic										
Sales Price (US\$/kg)	73	78	83	89	95	102	109	117	125	134
Sales Amount (ton)	17,500	55,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Sales Value	12,810	43,078	58,664	62,771	67,165	71,866	76,897	82,280	88,039	94,202
Export										
Sales Price (US\$/kg)	52	55	59	63	68	73	78	83	89	95
Sales Amount (ton)	0	15,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Sales Value	0	8,378	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Sales Value	12,810	51,456	58,664	62,771	67,165	71,866	76,897	82,280	88,039	94,202

表 X-20-5 DCF 計算

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Investment	74,459									
Land	1,233									
Inv. Excl. Land	73,226									
Total Sales Value	12,810	51,456	58,664	62,771	67,165	71,866	76,897	82,280	88,039	94,202
Total Product. Cost*	22,259	46,737	48,599	50,626	52,920	52,228	54,916	57,822	60,960	64,348
Income Before Tax	-9,449	4,719	10,065	12,145	14,245	19,638	21,981	24,458	27,079	29,854
Income Tax	0	0	0	0	0	8,837	9,891	11,006	12,185	13,434
Income After Tax	-9,449	4,719	10,065	12,145	14,245	10,800	12,089	13,451	14,893	16,419
Depreciation & Int.	11,286	10,774	10,262	9,750	9,327	5,820	5,396	4,973	4,550	4,127
Net Cash Flow (NCF)	1,837	15,493	20,327	21,895	23,572	16,620	17,485	18,424	19,443	20,546
Salvage Value (SV)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20,770
NCF + SV	1,837	15,493	20,327	21,895	23,572	16,620	17,485	18,424	19,443	41,316
Discount Rate	0.842473	0.709762	0.597956	0.503762	0.424406	0.357551	0.301227	0.253776	0.213800	0.180121
Present Value (Total Present Value)	1,547	10,996	12,154	11,029	10,004	5,942	5,267	4,675	4,157	7,442
Internal Rate of Return (%)										73,217
										18,698

* Including Interest

表 K-21 Witten法DMT製造原価(77,000 t/y)

表K-21-1 Witten法DMT製造原価

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US¢/kg)	Unit Cost (US¢/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
p-Xylene	0.66	42.6	28.11
Methanol	0.41	20.8	8.52
Catalysts and Chemicals			0.28
Total Raw Material Costs			36.92
Utility			
Fuel	1.62	8.3	13.44
Total Utility Costs			13.44
Total Variable Costs			50.37
Fixed Costs			
Wages			0.79
Depreciation			
Battery Limits			2.99
Off-Site			1.91
Building			0.16
Royalty, Eng. Fee			2.00
Pre-Operating Expenses			0.50
Int. During Construction			1.02
Total Depreciation			8.61
Repairs and Insurance			2.54
Taxes			0
Plant Overhead Costs			0.79
Total Fixed Costs			12.75
Running Royalty			0
Factory Costs			63.12
Selling Expenses			1.40
General Administrative Exp.			1.89
Total Product. Cost Before Int.			66.41
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			1.98
Int. on Working Capital			2.52
Total Interest			4.50
Total Product. Cost Including Int.			70.92

Working Capital (10³ US\$) 16,202

Total Investment Cost*(10³ US\$) 80,200

* Including Land Price & Working Capital

表 K-21-2 年間製造原価

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	19.25	77	77	77	77	77	77	77	77	77
Variable Costs										
Raw Materials										
p-Xylene	5,412	23,164	24,786	26,521	28,377	30,364	32,489	34,764	37,197	39,801
Methanol	1,641	7,026	7,518	8,044	8,607	9,209	9,854	10,544	11,282	12,072
Catalysts and Chemicals	53	230	246	264	282	302	323	346	370	396
Total Raw Material Costs	7,107	30,421	32,551	34,829	37,267	39,876	42,667	45,654	48,850	52,270
Utility										
Fuel	2,588	11,078	11,853	12,683	13,571	14,521	15,537	16,625	17,789	19,034
Total Utility Costs	2,588	11,078	11,853	12,683	13,571	14,521	15,537	16,625	17,789	19,034
Total Variable Costs	9,696	41,499	44,404	47,513	50,839	54,397	58,205	62,280	66,639	71,304
Wages	613	655	701	750	803	859	919	984	1,053	1,126
Depreciation										
Battery Limits	2,307	2,307	2,307	2,307	2,307	2,307	2,307	2,307	2,307	2,307
Off-Site	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472	1,472
Building	129	129	129	129	129	129	129	129	129	129
Royalty, Eng. Fee	1,546	1,546	1,546	1,546	1,546	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	387	387	387	387	387	0	0	0	0	0
Int. During Construction	788	788	788	788	788	0	0	0	0	0
Total Depreciation	6,633	6,633	6,633	6,633	6,633	3,910	3,910	3,910	3,910	3,910
Repairs and Insurance	1,962	1,962	1,962	1,962	1,962	1,962	1,962	1,962	1,962	1,962
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	613	655	701	750	803	859	919	984	1,053	1,126
Total Fixed Costs	9,821	9,907	9,999	10,097	10,202	7,592	7,713	7,841	7,979	8,127
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	19,518	51,407	54,404	57,610	61,042	61,990	65,918	70,121	74,619	79,431
Selling Expenses	269	1,153	1,234	1,320	1,413	1,512	1,617	1,731	1,852	1,982
General Administrative Exp.	585	1,542	1,632	1,728	1,831	1,859	1,977	2,103	2,238	2,382
Total Product. Cost Before Int.	20,373	54,103	57,270	60,659	64,286	65,362	69,514	73,956	78,710	83,796
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	3,051	3,051	3,051	3,051	2,615	2,179	1,743	1,307	811	435
Int. on Working Capital	1,944	1,296	648	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	4,995	4,347	3,699	3,051	2,615	2,179	1,743	1,307	811	435
Total Product. Cost Including Int.	25,368	58,450	60,970	63,711	66,901	67,541	71,257	75,264	79,522	84,232
(Unit Production Cost) (US\$/kg)	131.78	75.90	79.18	82.74	86.88	87.71	92.54	97.74	103.35	109.39

表 IX-21-3 kg 当り製造原価

Plant Life (Years) Year	(US\$/kg)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production	19.25	77	77	77	77	77	77	77	77	77
Variable Costs										
Raw Materials										
p-Xylene	28.11	30.08	32.19	34.44	36.85	39.43	42.19	45.14	48.30	51.69
Methanol	8.52	9.12	9.76	10.44	11.17	11.96	12.79	13.69	14.65	15.67
Catalysts and Chemicals	0.28	0.29	0.32	0.34	0.36	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51
Total Raw Material Costs	36.92	39.50	42.27	45.23	48.39	51.78	55.41	59.29	63.44	67.88
Utility										
Fuel	13.44	14.38	15.39	16.47	17.62	18.85	20.17	21.59	23.10	24.71
Total Utility Costs	13.44	14.38	15.39	16.47	17.62	18.85	20.17	21.59	23.10	24.71
Total Variable Costs	50.37	53.89	57.66	61.70	66.02	70.64	75.59	80.88	86.54	92.60
Wages	3.18	0.85	0.91	0.97	1.04	1.11	1.19	1.27	1.36	1.46
Depreciation										
Battery Limits	11.98	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
Off-Site	7.65	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
Building	0.67	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Royalty, Eng. Fee	8.03	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Pre-Operating Expenses	2.01	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Int. During Construction	4.09	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Total Depreciation	34.45	8.61	8.61	8.61	8.61	8.61	8.61	8.61	8.61	8.61
Repairs and Insurance	10.19	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	3.18	0.85	0.91	0.97	1.04	1.11	1.19	1.27	1.36	1.46
Total Fixed Costs	51.02	12.86	12.98	13.11	13.25	13.86	14.01	14.18	14.36	14.55
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	101.39	66.76	70.65	74.81	79.27	80.50	85.60	91.06	96.90	103.15
Selling Expenses	1.40	1.49	1.60	1.71	1.83	1.96	2.10	2.24	2.40	2.57
General Administrative Exp.	3.04	2.00	2.11	2.24	2.37	2.41	2.56	2.73	2.90	3.09
Total Product. Cost Before Int.	105.83	70.26	74.37	78.77	83.48	84.88	90.27	96.04	102.22	108.82
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	15.85	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96
Int. on Working Capital	10.10	1.68	0.84	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	25.95	5.64	4.80	3.96	3.96	2.83	2.26	1.69	1.13	0.56
Total Product. Cost Including Int.	131.78	75.90	79.18	82.74	86.88	87.71	92.54	97.74	103.35	109.39

表K-21-4 売上高

Plant Life (Years) Year (Year)	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Domestic										
Sales Price (US\$/kg)	73	78	83	89	95	102	109	117	125	134
Sales Amount (ton)	19,250	63,000	77,000	77,000	77,000	77,000	77,000	77,000	77,000	77,000
Sales Value	14,091	49,344	64,531	69,048	73,881	79,053	84,587	90,508	96,843	103,622
Export										
Sales Price (US\$/kg)	52	55	59	63	68	73	78	83	89	95
Sales Amount (ton)	0	14,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Sales Value	0	7,819	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Sales Value	14,091	57,163	64,531	69,048	73,881	79,053	84,587	90,508	96,843	103,622

表K-21-5 DCF 計算

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Investment	80,200									
Land	1,317									
Inv. Excl. Land	78,883									
Total Sales Value	14,091	57,163	64,531	69,048	73,881	79,053	84,587	90,508	96,843	103,622
Total Product. Cost*	25,368	58,450	60,970	63,711	66,901	67,541	71,257	75,264	79,582	84,232
Income Before Tax	-11,277	-1,287	3,561	5,337	6,980	11,512	13,330	15,244	17,261	19,390
Income Tax	0	0	0	0	0	5,180	5,998	6,859	7,767	8,725
Income After Tax	-11,277	-1,287	3,561	5,337	6,980	6,331	7,331	8,384	9,493	10,664
Depreciation & Int.	11,628	10,980	10,332	9,684	9,248	6,089	5,654	5,218	4,782	4,346
Net Cash Flow (NCF)	351	9,693	13,893	15,021	16,228	12,420	12,985	13,602	14,275	15,010
Salvage Value (SV)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,165
NCF + SV	351	9,693	13,893	15,021	16,228	12,420	12,985	13,602	14,275	41,175
Discount Rate	0.905075	0.819161	0.741402	0.671024	0.607327	0.549676	0.497498	0.450273	0.407531	0.368846
Present Value (Total Present Value)	317	7,940	10,300	10,079	9,855	6,827	6,460	6,124	5,817	15,187
Internal Rate of Return (%)										78,910
										10,4881

* Including Interest

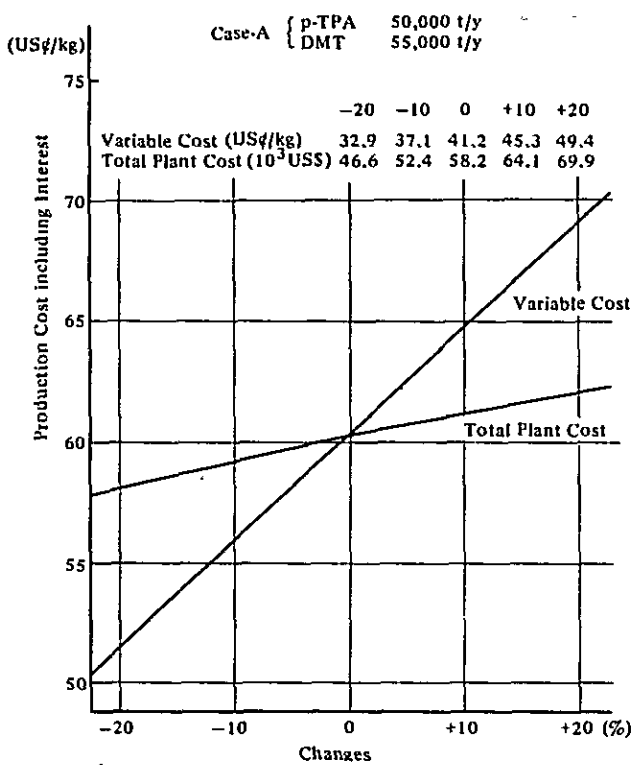


図 K-6 p-TPA, DMT製造原価の感度分析(ケースA)

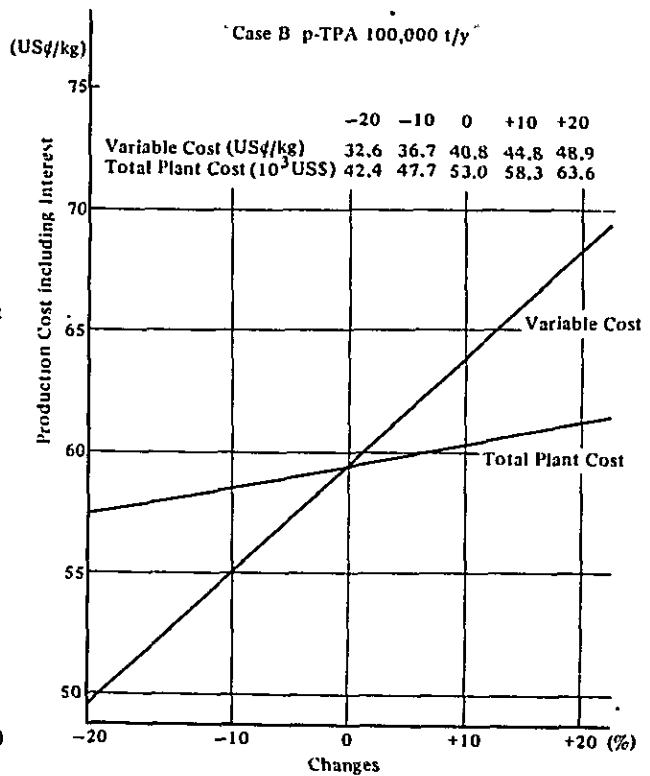


図 K-7 p-TPA製造原価の感度分析(ケースB)

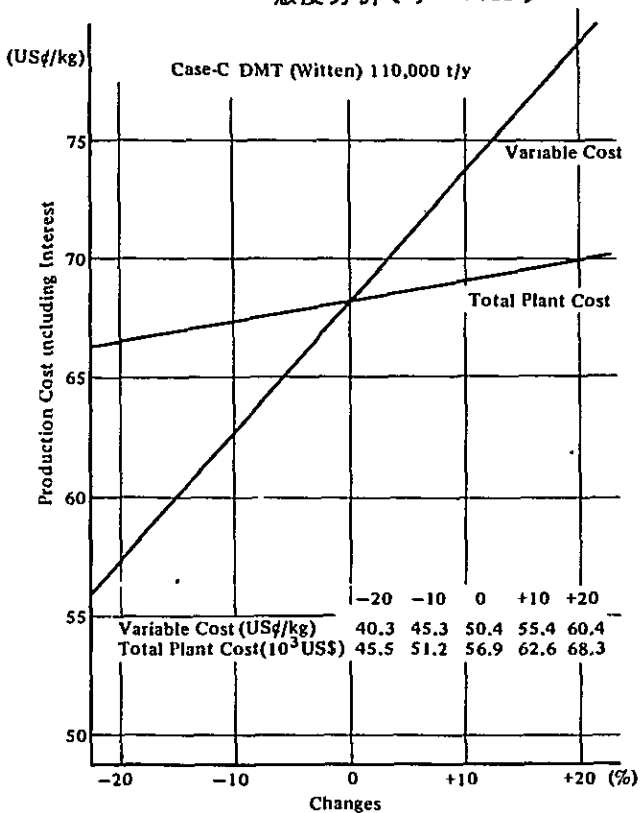


図 K-8 DMT(Witten法)製造原価の感度分析(ケースC)

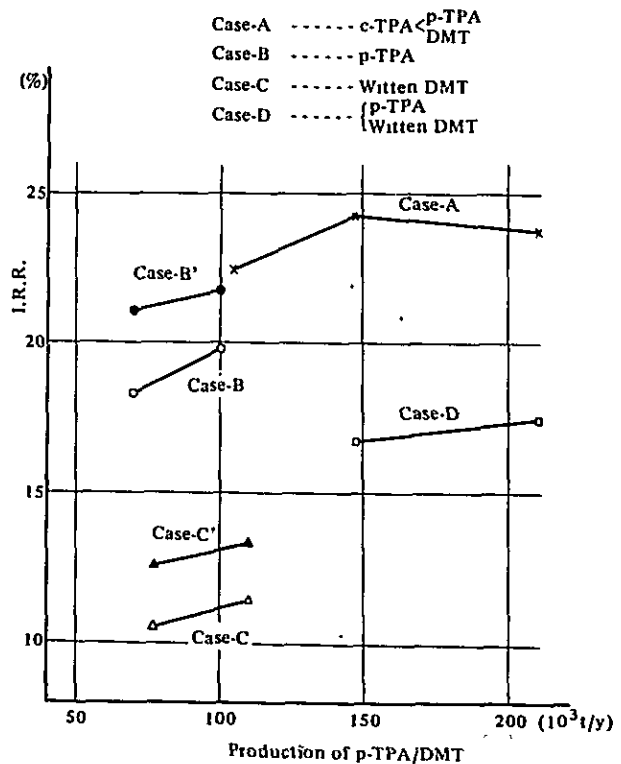


図 K-9 p-TPA, DMTの生産量とIRR

表 K-22 p-TPA, DMT製造の各ケースとIRR

	p-TPA (10 ³ t/y)	W-DMT (10 ³ t/y)	c-TPA (10 ³ t/y)		IRR (%)	Total Product. Cost Incl. Int. (US\$/kg)
			p-TPA	DMT		
A - 1			50	55	22.5	60.4
2			70	77	24.3	58.9
3			100	110	23.8	57.5
B - 1	70				18.7	62.2
2	100				19.8	59.5
C - 1		77			10.5	70.9
2		110			11.4	68.2
D - 1	70	77			16.8	65.2
2	100	110			17.5	62.9

のみを製造した場合には国内需要量との関係で輸出量が多くなるからである(表K-18参照)。ケースAではp-TPAとDMTがほぼ $\frac{1}{2}$ ずつできるため、価格の安い輸出向は0である。そのためIRRが大きくなるのである。もし、インドネシアのポリエステル繊維原料需要をp-TPAのみにすることが可能であれば、ケースBのIRRが最も大きくなる。

図IX-9にケースB, Cとして示したのは、ケースDで製造されるp-TPA, DMTを独立させてIRRを計算した場合であり、用役設備を共通にしたために独立に製造したケースB, Cと比較して、IRRは約2%大きくなっている。

図IX-10~12にケースA, B, Cでp-TPA, DMT各70~77 10³ t/y製造した場合のIRRの感度分析結果を示す。また、この際のIRR計算結果を表K-19~21に示す。IRRに最も大きい影響を与えるのは売値であり、次が比例費であり、Total Plant Costの影響はかなり小さい。

Witten DMTのIRRは、他のプロセスに比較して小さくなる。その最大の理由は製造原価の項で述べたように燃料費である。Witten法は酸化反応において転化率が低いため大量のリサイクルを行ない、さらに、精製に結晶法を必要とするため用役使用量が多くなる。また副反応によって各種不純物が生成するためパラキシレンの消費が多くなる。(DMTに対するパラキシレンの理論原単位は0.55であるのに対し、Witten法では0.66を必要とする。)

原油価格が安く燃料費の安かった時代には、燃料原単位差は製造原価にそれほど影響しなかったであろう。たとえば燃料価格が8.3 US\$/Kgの $\frac{1}{4}$ とすると、p-TPAとWitten法DMTの燃料費の差は、6.8 US\$/Kgから1.7 US\$/Kgへと大幅に縮小される。したがって、燃料として安価な天然ガス等が使用できれば、p-TPAとWitten法DMTのIRRの差は縮小される。

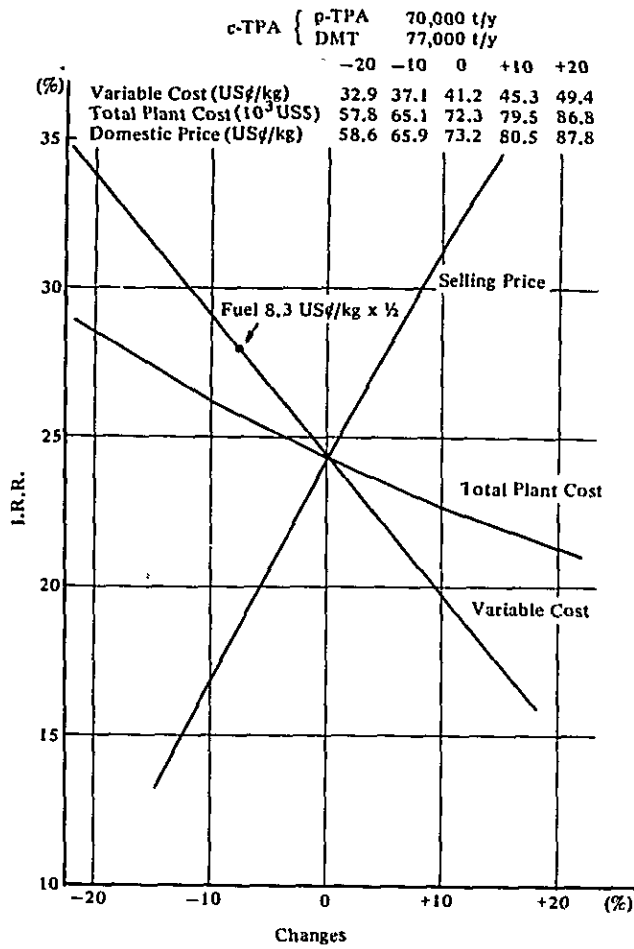


図 K-10 p-TPA, DMT製造の
IRR感度分析(ケースA-2)

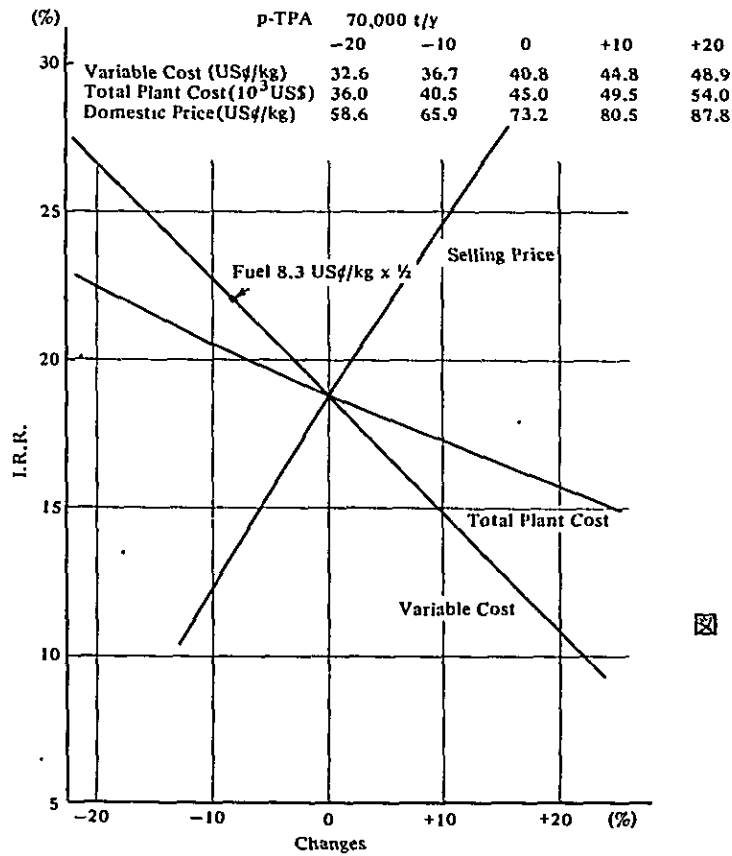


図 K-11 p-TPA, 製造の
IRR感度分析(ケースB-1)

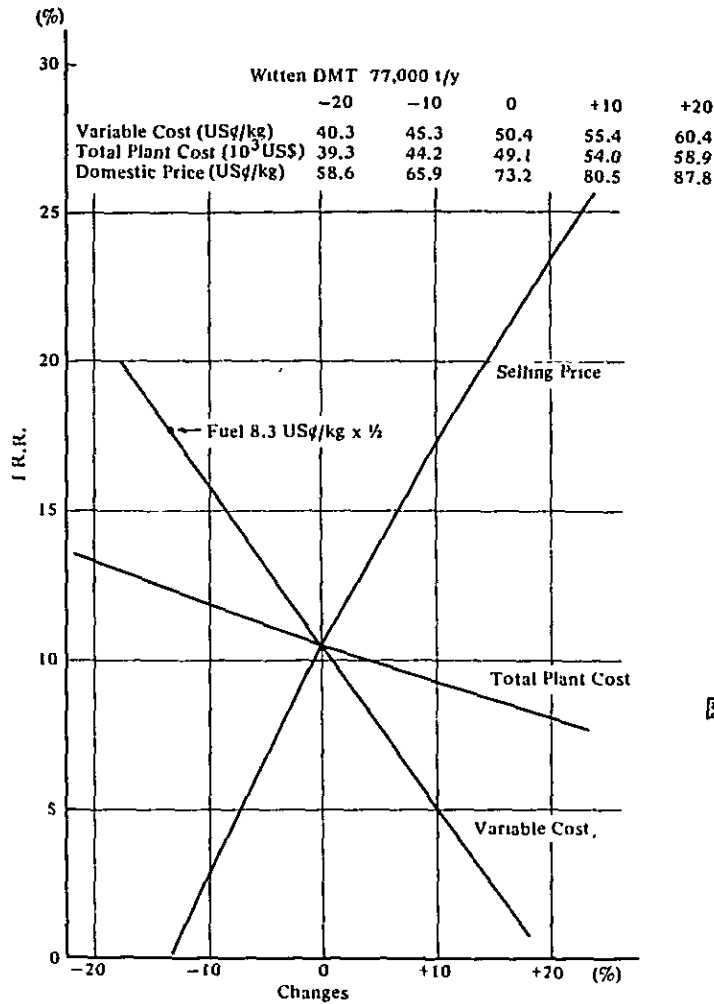


図 K-12 DMT製造の
IRR感度分析(ケースC-1)

液化天然ガスと原油の日本における単位エネルギー当りの価格を同じとすれば、インドネシアにおける天然ガスの単位エネルギー当りの価格は、原油の約 $\frac{1}{2}$ に評価されよう。したがって、このような天然ガスを利用できれば、p-TPAとWitten法DMTの燃料費の差は3.4 US\$/Kgになる。その場合、Witten法DMTの比例費は6.7 US\$/Kg安くなり、77 10³ t/yの場合でIRRは10.5%から17.6%へと大幅に上昇する。なお、この場合、p-TPAのIRRは18.7%から22.0%へと上昇するが、その差はかなり縮小されている。

各ケースの中でIRRの最も大きいのはケースAである。そこでこのケースについて輸出比率を変えた場合のIRRとの関係を図IX-13に示す。ここでStandardとは、これまでに適用してきた国内需要最優先のケースであり、その他は生産量の15%、30%を常に輸出にまわした場合である。

図IX-13から明らかなように、輸出比率が増加するとIRRは大幅に低下するが、Standardを除き、生産量は大きい方が同じ輸出比率でもIRRは大きくなる。Standardの場合に、IRRが147 10³ t/yから210 10³ t/yの間で低下しているが、これはこの間の追加投資のIRRが147 10³ t/yのIRR 24.3%より小さいことを意味する。

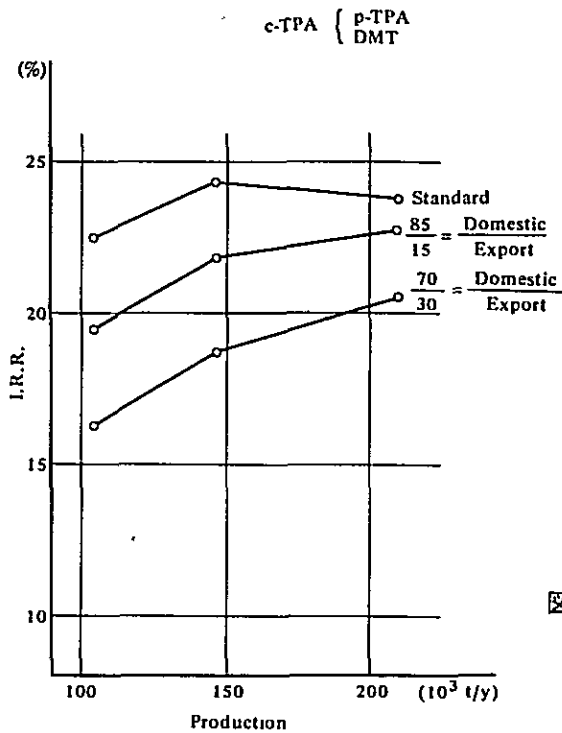


図 K-13 p-TPA, DMTの輸出比率と IRR(ケースA)

6-5 p-TPAとDMTの価格について

以上の経済性評価においては、とりあえずp-TPAとDMTの価格を同一とした。しかし、第V編4-2-4において詳述したようにp-TPAとDMTが同一価格であれば、ポリエステル・チップの製造原価はp-TPAを使用する方が安く有利である。

したがって、以上の経済性評価において、本来はp-TPAはDMTより高く評価されるべきであったも知れない。しかし現状は、p-TPAとDMTは、ほぼ同値で扱われているといわれており、以上の経済性評価では両者の価格に差をつけなかった。

そこで、p-TPA, DMT価格とポリエステル・チップの製造原価の関係をポリエステル製造の面からとらえ説明する。

前提条件は次の通りである。

- (1) チップの品質差はない。
- (2) 重合設備費はp-TPA法の方が約5%安い。それは重合の初期に仕込むエチレングリコールのp-TPA, DMTに対するモル比がp-TPAの方が小さく、そのため回収装置が小さくなるからである。
- (3) 原料原単位はp-TPA 0.86, DMT 1.0であり、エチレングリコール, 触媒その他は両法で差がない。
- (4) 用役費はDMT法の方が12%高くなる。
- (5) その他費用は両者間で差がない。

以上の仮定のもとで、p-TPA、DMT価格をポリエステル・チップ製造原価の関係に影響を与えるものは次の通りである。

(1) p-TPA、DMT 価格

(2) 回収メタノール価格

そこで、これらとポリエステル・チップの製造原価との関係を図IX-14、15に示す。

これらの図から明らかなように、p-TPAとDMTが同一価格であれば、p-TPA法チップは約8 US¢/Kg安くできる。また、さらに、もしp-TPAとDMTの価格が同一の時に、チップを同一価格で製造するためには、回収メタノール価格は、標準評価額16.4 US¢/Kgの約2倍で売れなければならないことを示している。しかし、回収メタノールがこのような高価格で売れるならば、DMT製造時のメタノールもこのような価格で買わなければならない、DMT価格がこの分だけ高くなり、DMTとp-TPAを同一価格で製造することは極めて困難になる。

以上の結果から明らかなように、p-TPAとDMT価格が同一であれば、ポリエステル・メーカーはp-TPAを選んだ方が明らかに有利であり、いずれはp-TPAの方が高く評価されるようになる。

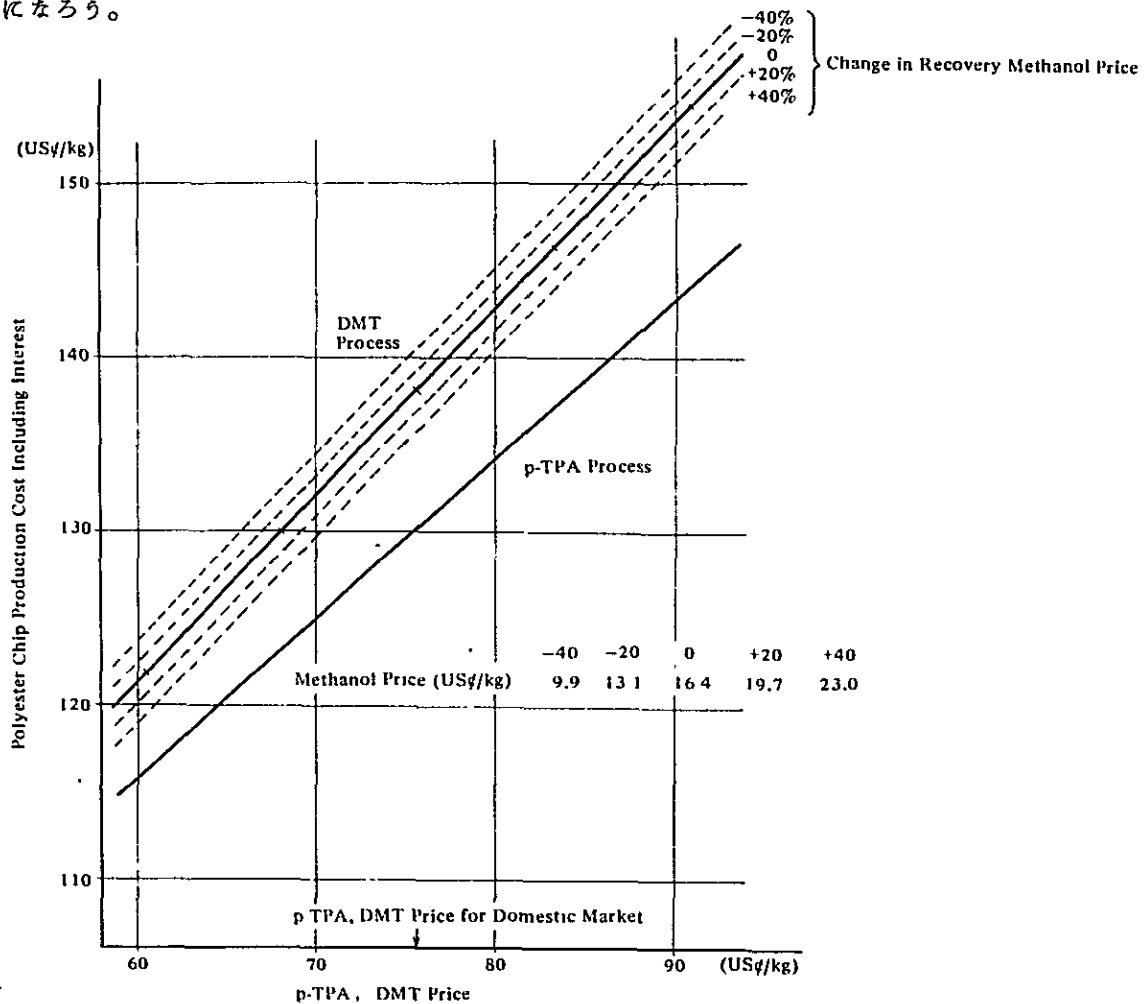


図 IX-14 回収メタノール価格とポリエステルチップ製造原価

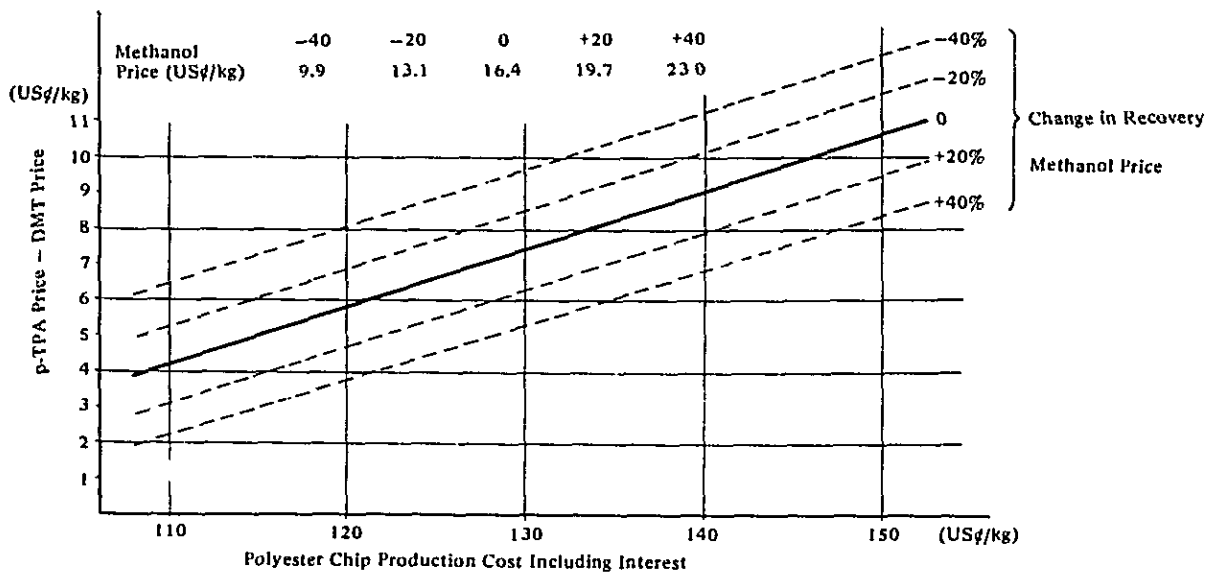


図 K-15 ポリエステルチップ製造原価，回収メタノール価格および p-TPA，DMT 価格差

7. インドネシア国家に対する貢献

ここでは外貨収支，および潜在価格を用いて，プロジェクトのインドネシア国家に対する貢献度を調べた。その結果を表 K-23，24 に示す。

プロジェクトが実施されてから 10 年間の外貨の節約額は 1 US\$ = 519 Rp の潜在交換比率を使用して計算した。その結果は表 K-23 に示すように p-TPA 70 10³ t/y，DMT 77 10³ t/y 製造した場合で 573 10⁶ US\$，これを 15%/y でディスカウントすると 258 10⁶ US\$ になり，インドネシアの外貨節約に大幅に寄与する。

次に調査方法において述べた方法により 519 Rp/US\$ という交換比率および実賃金の 40% の労務費を使用して国民経済的にみた経済性評価を行った。その結果を表 K-24 に示す。

IRR は 27% であり本プロジェクトはインドネシアの発展に大きく寄与することになる。

またインドネシアの第 2 次 5 年計画の目標の 1 つは「国民の購買力に応じた十分な食糧，衣料の供給」であり，この目標にも合致したプロジェクトであるといえることができる。

表 K-23 P-TPA 70,000 t/y, DMT 77,000 t/y製造による外貨の節約

	(10 ³ US\$)						
	A	B	C	D	E	F	Present Value
1977	23,979	9,126	5,182	0	1,563	8,108	7,050
1978	82,384	31,354	5,182	20,246	6,691	59,403	44,917
1979	109,815	41,793	5,182	0	7,159	55,681	36,511
1980	117,502	44,719	5,182	0	7,660	59,941	34,271
1981	125,728	47,849	19,917	0	8,197	49,765	24,741
1982	134,529	51,199	19,176	0	8,770	55,384	23,944
1983	143,946	54,783	18,436	0	9,384	61,343	23,061
1984	154,022	58,618	17,696	0	10,041	67,667	22,120
1985	164,804	62,721	16,956	0	10,744	74,383	21,144
1986	176,340	67,111	16,215	0	11,497	81,517	20,149
Total	1,233,049	469,273	129,124	20,246	81,706	573,192	258,008

Notes: A: Sales Value of Product

B: Export Value of Raw Materials

C: Repayment of Foreign Loan and Interest on Foreign Loan

D: Export Value of Product

E: Import Value of Sub-Raw Materials

F: $F = A - B - C + D - E$

Yearly Foreign Currency Saving

Present Value: $\frac{Fn}{(1+0.15)^n}$

表 K-24 p-TPA, DMT製造の国家便益の評価

表K-24-1 Amoco法p-TPA, DMT製造原価(147,000 t/y)

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US¢/kg)	Unit Cost (US¢/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
p-Xylene	0.632	44.75	28.28
Acetic Acid	0.0824	45	3.70
Methanol	0.194	21.875	4.24
Catalysts and Chemicals			0.54
Total Raw Material Costs			36.77
Utility			
Fuel	0.753	10.375	7.81
Total Utility Costs			7.81
Total Variable Costs			44.59
<hr/>			
Wages			0.19
Depreciation			
Battery Limits			3.44
Off-Site			1.44
Building			0.11
Royalty, Eng. Fee			3.30
Pre-Operating Expenses			0.44
Int. During Construction			1.04
Total Depreciation			9.79
Repairs and Insurance			2.38
Taxes			0
Plant Overhead Costs			0.19
Total Fixed Costs			12.57
<hr/>			
Running Royalty			0
Factory Costs			57.16
Selling Expenses			1.40
General Administrative Exp.			1.71
Total Product. Cost Before Int.			60.28
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			2.03
Int. on Working Capital			2.28
Total Interest			4.31
Total Product. Cost Including Int.			64.60
<hr/>			
Working Capital (10 ³ US\$)			28,013
Total Investment Cost *(10 ³ US\$)			152,683

* Including Land Price & Working Capital

表 K-24-2 年間製造原価

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	36.75	147	147	147	147	147	147	147	147	147
Variable Costs										
Raw Materials										
p-Xylene	10,393	44,484	47,598	50,930	54,495	58,310	62,392	66,759	71,432	76,433
Acetic Acid	1,362	5,832	6,240	6,677	7,144	7,644	8,180	8,752	9,365	10,020
Methanol	1,559	6,674	7,142	7,642	8,177	8,749	9,362	10,017	10,718	11,468
Catalysts and Chemicals	200	859	919	983	1,052	1,126	1,204	1,289	1,379	1,476
Total Raw Material Costs	13,516	57,851	61,900	66,233	70,870	75,831	81,139	86,819	92,896	99,399
Utility										
Fuel	2,871	12,288	13,148	14,068	15,053	16,107	17,234	18,441	19,731	21,113
Total Utility Costs	2,871	12,288	13,148	14,068	15,053	16,107	17,234	18,441	19,731	21,113
Total Variable Costs	16,387	70,139	75,049	80,302	85,923	91,938	98,373	105,260	112,628	120,512
Wages	293	313	335	358	384	410	439	470	503	538
Depreciation										
Battery Limits	5,067	5,067	5,067	5,067	5,067	5,067	5,067	5,067	5,067	5,067
Off-Site	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120	2,120
Building	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Royalty, Eng. Fee	4,853	4,853	4,853	4,853	4,853	4,853	4,853	4,853	4,853	4,853
Pre-Operating Expenses	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655
Int. During Construction	1,535	1,535	1,535	1,535	1,535	1,535	1,535	1,535	1,535	1,535
Total Depreciation	14,401	14,401	14,401	14,401	14,401	14,401	14,401	14,401	14,401	14,401
Repairs and Insurance	3,501	3,501	3,501	3,501	3,501	3,501	3,501	3,501	3,501	3,501
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	293	313	335	358	384	410	439	470	503	538
Total Fixed Costs	18,488	18,530	18,573	18,620	18,671	18,726	18,785	18,848	18,915	18,986
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	34,876	88,669	93,622	98,923	104,594	103,616	110,111	117,059	124,493	132,448
Selling Expenses	514	2,202	2,356	2,521	2,697	2,886	3,088	3,305	3,536	3,783
General Administrative Exp.	1,046	2,660	2,808	2,967	3,137	3,318	3,503	3,694	3,891	4,094
Total Product. Cost Before Int.	36,437	93,531	98,787	104,412	110,430	109,613	116,503	123,876	131,764	140,205
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	5,970	5,970	5,970	5,970	5,117	4,264	3,411	2,558	1,705	852
Int. on Working Capital	3,361	2,241	1,120	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	9,331	8,211	7,090	5,970	5,117	4,264	3,411	2,558	1,705	852
Total Product. Cost Including Int.	45,769	101,742	105,878	110,382	115,547	113,878	119,915	126,434	133,470	141,058
(Unit Production Cost) (US\$/kg)	124.54	69.21	72.02	75.09	78.60	77.46	81.57	86.01	90.79	95.95

表Ⅸ-24-3 売上高

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Domestic										
Sales Price (US\$/kg)	79	85	91	97	104	111	119	127	77	146
Sales Amount (ton)	36,750	118,000	147,000	147,000	147,000	147,000	147,000	147,000	147,000	147,000
Sales Value	29,216	100,376	133,798	143,164	153,186	163,909	175,382	187,659	200,795	214,851
Export										
Sales Price (US\$/kg)	65	69	74	79	85	91	97	104	112	119
Sales Amount (ton)	0	29,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Sales Value	0	20,247	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Sales Value	29,216	120,623	133,798	143,164	153,186	163,909	175,382	187,659	200,795	214,851

表 X-24-4 DCF 計算

Plant Life (Years) (Year)	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Investment	152,683									
Land	1,908									
Inv. Excl. Land	150,775									
Total Sales Value	29,216	120,623	133,798	143,164	153,186	163,909	175,382	187,659	200,795	214,851
Total Product. Cost*	45,769	101,742	105,878	110,382	115,547	113,878	119,915	126,434	133,470	141,058
Income Before Tax	-16,553	18,881	27,920	32,782	37,639	50,031	55,467	61,225	67,325	73,793
Income Tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Income After Tax	-16,553	18,881	27,920	32,782	37,639	50,031	55,467	61,225	67,325	73,793
Depreciation & Int.	23,733	22,612	21,492	20,371	19,518	11,621	10,768	9,915	9,062	8,209
Net Cash Flow (NCF)	7,180	41,493	49,412	53,153	57,157	61,652	66,235	71,140	76,387	82,002
Salvage Value (SV)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41,984
NCF + SV	7,180	41,493	49,412	53,153	57,157	61,652	66,235	71,140	76,387	123,986
Discount Rate	0.787033	0.619421	0.487505	0.383683	0.301971	0.237661	0.187047	0.147212	0.115861	0.091186
Present Value	5,650	25,701	24,088	20,393	17,259	14,652	12,389	10,472	8,850	11,305
(Total Present Value)										150,764
Internal Rate of Return (%)										27.0595

* Including Interest

X ナイロン原料(カプロラクタム)

1. 製造能力と立地

1-1 需要予測

インドネシア国内におけるカプロラクタムの需要予測を表X-1にしめす。

表X-1からあきらかなように、国内需要は1977年 $26 \cdot 10^3$ t/y, 1979年 $41 \cdot 10^3$ t/y, さらに1981年には $51 \cdot 10^3$ t/yである。

表 X-1 インドネシア国内におけるカプロラクタムの需要予測

	(10 ³ ton)	
	Domestic Demand	Possible Export Amount to Southeast Asian Countries
1974	15	52
1975	18	40
1976	23	96
1977	26	166
1978	33	219
1979	41	263
1980	49	312
1981	51	350

1-2 プラントの規模

インドネシアに建設されるカプロラクタムプラントは、国際的にも十分に競争力のあるものでなければならない。国際競争力のある規模を知るため、最近数年間に世界で完成されたカプロラクタムプラントのユニットあたりの能力をまとめて表X-2に示す。表X-2からわかるように、ユニットあたりの能力は大体 $40 \cdot 10^3$ t/y から $60 \cdot 10^3$ t/y である。

表 X-2 最近完成したカプロラクタムプラント.

	Company	Process	Capacity (10 ³ t/y)	Start Up Date
U.S.A.	Nypro	New DSM	50	1972
U.K.	Nypro	New DSM	50	1972
Belgium	BASF	BASF	60	1972
Italy	Chimica Dauna	SNIA	40	1973
U.S.S.R.	State Authority	DSM	50	1972
Mexico	Univex	DSM	44	1972
Japan	Toray	PNC	55	1971
Japan	Ube Ind.	New DSM	40	1972

1-3 製造能力の決定

以上述べた需要予測および最近のプラント規模から、このプロジェクトの製造能力としてつぎの2つのケースを考えることにする。

すなわち、ケース1 $60 \cdot 10^3 \text{ t/y}$

ケース2 $40 \cdot 10^3 \text{ t/y}$

ケース1は最近の世界のカプロラクタムプラントのユニット当りの最大規模 $60 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ の設備を作り、国際競争力を十分に持たせたケースである。この場合には国内需要量が $60 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ より少ないので、生産量と国内需要量の差は輸出にまわすことになる。輸出比率は1978年45%、1979年32%、1980年18%、1981年15%であり過大ではない。

ケース2は、国内需要を満たすことを主目的とし、しかも経済性をあまり犠牲にしないケースである。この場合にも1978年までは輸出をしなければならないが、1979年には生産量が国内需要と一致し、生産したカプロラクタムを100%国内で消化できる。したがって1980年以降は国内需要を満たすためにはカプロラクタムは輸入しなければならない。

カプロラクタム $60 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ を製造するのに要するシクロヘキサンは約 $60 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ 、さらにこれをベンゼンに換算すると $56 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ になる。インドネシアにおいて $10 \sim 15 \cdot 10^3 \text{ BPSD}$ のリフォーマーを建設しBTXを製造した場合にはベンゼンは約 $100 \cdot 10^3 \text{ t/y}$ 得られるので、カプロラクタム用の原料の入手は問題ない。

2. プロセス概要

2-1 プロセスの動向

カプロラクタムの工業化はかなり古く、フェノールを経由するいわゆるフェノール法によって製造されてきたが、近年高純度のシクロヘキサンが安価に生産されるようになってきた。一方、その酸化技術の改良と相まって現在フェノール法は、そのほとんどがシクロヘキサンを出発原料とする製法に置きかえられてきた。世界各社のカプロラクタムの製法および生産量は表V-56に示した通りである。出発原料別の比率を示すと図X-1の通りである。

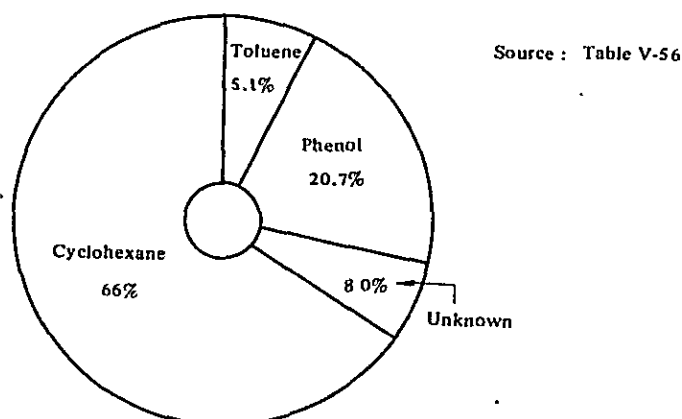


図 X-1 カプロラクタムの出発原料別生産比率

このグラフに示すように、現在世界のカプロラクタムメーカーの66%が、シクロヘキサンを出発原料としてカプロラクタムの製造をしている。この最大の理由は主原料のコストである。すなわち、シクロヘキサンの価格は、フェノールの価格の約 $\frac{1}{2}$ であり、シクロヘキサン法は製造原価の点で優位に立つことができるからである。

現在、各社が採用しているプロセスを分類すると表X-3のようになる。現在、生産量で一番多いのはシクロヘキサンの直接酸化法であり、その次にはフェノール法、PNC法、SNIA法などである。これらの製法には一長一短があり、それぞれ企業の事情に応じて工業化されている。シクロヘキサンの酸化には従来ナフテン酸コバルトのような金属触媒が使用されていたが、最近収率のよさの点で硼酸触媒が一部で使用されてきている。

この中でも特に光反応を応用したPNC法、トルエンを出発原料としているSNIA法などは特異なプロセスとして注目されている。

このようにカプロラクタムの製法はめざましい需要に支えられて年々新プロセスの開発、工業化、旧プロセスの新プロセスへのリプレースをくり返し、飛躍的に発展してきたが、最近特に問題となってきたのは副生硫安の量であろう。もともとカプロラクタムの生産にはそのプロセスで製品であるカプロラクタム以上（たとえばカプロラクタム生産量の1.7～4.6倍）の硫安が副生さ

表 X-3 世界のカプロラクタム製法別分類

	103 t/y	%
Phenol Process	395	20.7
Direct Oxidation Process	1,116	58.4
DSM Process	392	(20.5)
EASF Process	380	(19.9)
Inventa Process	204	(10.7)
Bayer Process	140	(7.3)
PNC Process	150	7.8
SNIA Process	98	5.1
Others	152	8.0
Total	1,911	100.0

Source: Table V-56

れ、これを肥料として販売してきた。ところが硫安は尿素と比較して窒素含有量が約半であることおよび大部分は合成品でなく副生または回収品であることのため安い価格でしか売れない。したがって、硫安が大量に副生されるカプロラクタムの生産において、硫安の価格は、直接カプロラクタムの原価にはね返ってくるため、副生硫安の量は、カプロラクタム製造プロセスの重要なウエイトを占めるようになった。このため副生硫安の減少をめざした新しいプロセスが次々に開発され、操業化されている。この観点からみれば、現在一番有利な立場にあるプロセスとして、新DSM法とPNC法を挙げることができるが、これについては後の項で詳述する。以上のよう副生硫安の問題は、今後も益々深刻になるものと思われ、これに伴い新しいプロセスが開発されていくであろう。

2-2 カプロラクタムのプロセス概要

カプロラクタムは現在主としてフェノール、シクロヘキサン、トルエン等を出発原料とする製法によって工業化されている。これらの製法比較を図X-2に示す。またこれらの製法におけるシクロヘキサン環へのニトロソ基付加プロセスを図X-3に示す。カプロラクタムのプロセスはこれら2つの反応の組み合わせと、各社独自のknow-howを組み入れて、その製造プロセスを構成している。特に直接酸化法の場合は種類が多くあり、各社の名をとって製法名としている。

図X-2および図X-3にみるように多くの製法があり、これらを組み合わせると多種多岐にわたるが、工場立地条件、生産規模、開発過程などから各社それぞれ最適のプロセスを組み合わせで操業していると思われる。ここで各製法の概要を述べるにあたり、各製法の主な反応法の組み合わせを図X-4に示す。

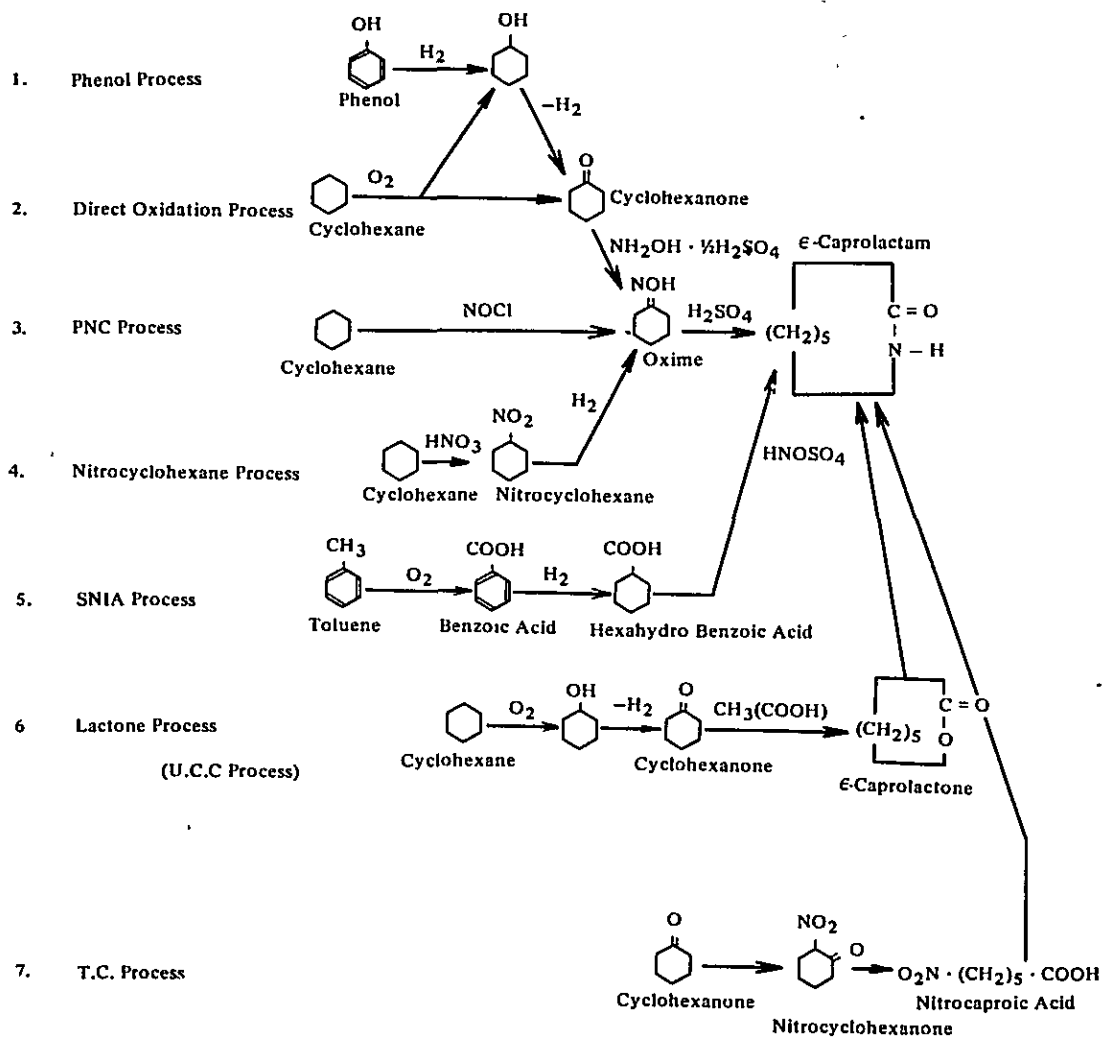


図 X-2 カプロラクタム主反応プロセス

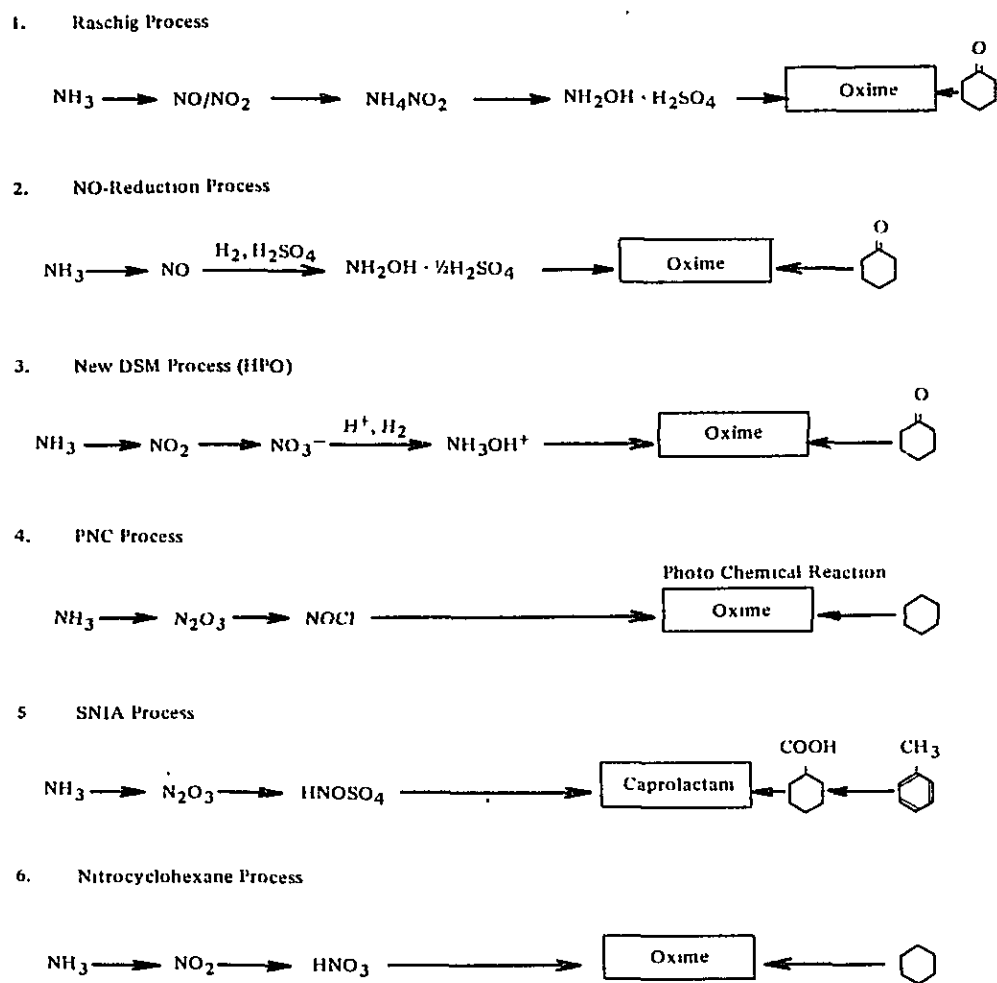


図 X-3 ニトロソ基導入プロセス

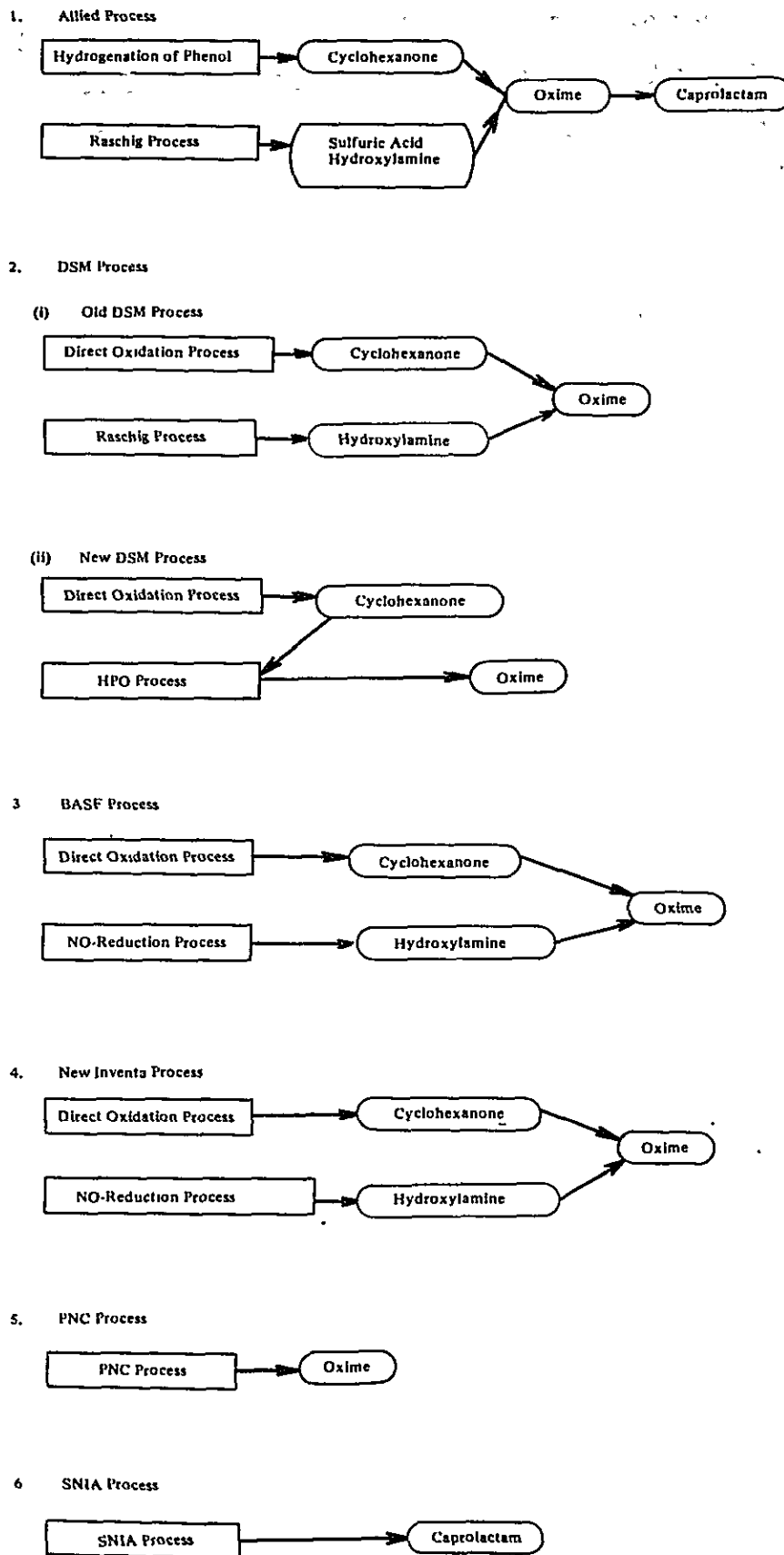


図 X-4 カプロラクタム製造の反応法の組み合わせ

2-3 各種プロセスの概要とその比較

2-3-1 フェノール法 (Allied 法および Raschig 法ヒドロキシルアミン製法)

フェノール法は Allied Chemical 社によって開発され、1954 年以降、現在においてもその工業生産が続けられている。このプロセスは出発原料にフェノールが用いられカプロラクタムの生産を行なう。現在でも品質、収率を高めるため、種々の開発研究が行なわれている。

フェノールは一連の反応器中で接触水素添加され、シクロヘキサノンと少量のシクロヘキサノールに転化される。反応器流出物には未反応フェノールが含まれており蒸留により除去される。また触媒、回収フェノールは供給原料として反応工程に再循環される。シクロヘキサノン、シクロヘキサノール混合油は蒸留により、分離される。蒸留により分離されたシクロヘキサノンは次のオキシム化工程に供給される。つぎにニトロソ基導入のためのヒドロキシルアミンの製法に Allied 法では、Raschig 法を採用している。プロセスの概略フローは図 X-5 の通りである。

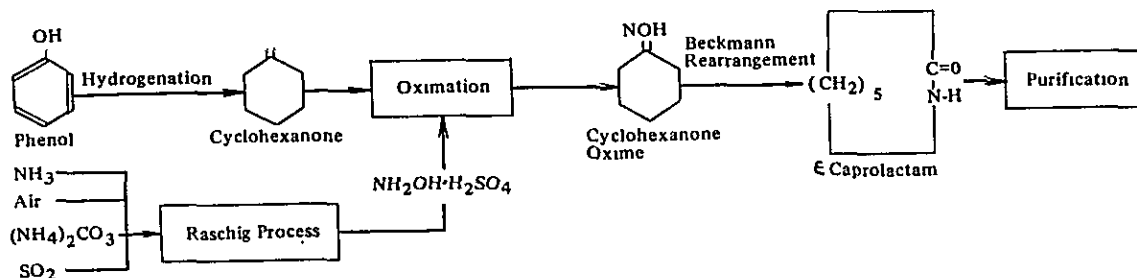
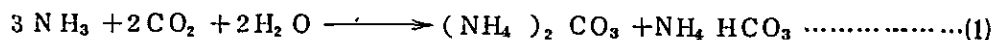


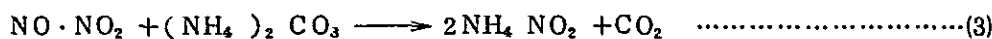
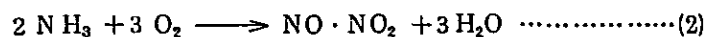
図 X-5 Allied 法プロセスブロックダイヤグラム

ここで Raschig 法による硫酸ヒドロキシルアミン製法の概略についてふれておく。Raschig 法は原料として、二酸化硫黄、アンモニア、二酸化炭素、および水が使用される。

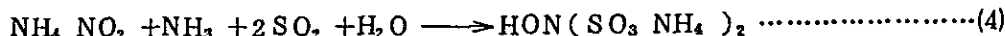
水中にアンモニア、二酸化炭素を吸収させることにより、炭酸アンモニウム、重炭酸アンモニウムが形成される。



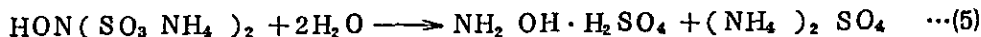
亜硝酸アンモニウムを得るため、アンモニアは触媒上で NO/NO₂ 混合ガスに酸化され、この混合ガスは冷却後炭酸アンモニウム溶液に吸収される。吸収中に二酸化炭素を遊離し亜硝酸アンモニウムが生成される。



次の反応により二酸化硫黄を亜硝酸アンモニウムに吸収させることにより、ジスルホン酸ヒドロキシルアミンが得られる。

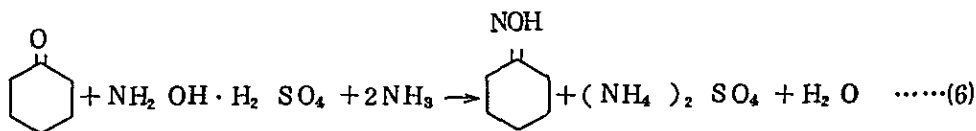


ジスルホン酸ヒドロキシルアミンは加水分解され、硫酸ヒドロキシルアミンと硫酸が生成される。

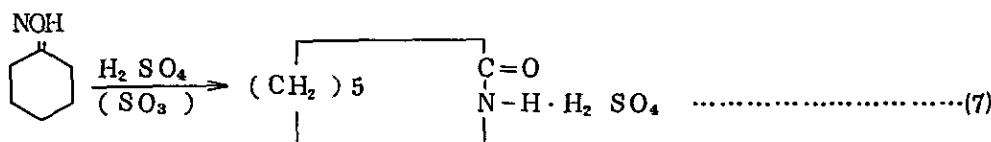


生成物は硫酸ヒドロキシルアミンと硫酸に分離されて、硫酸ヒドロキシルアミンは次のオキシム化工程に送られ、硫酸は回収工場に送られ、ここで有機物を含まない高品質の硫酸に精製される。

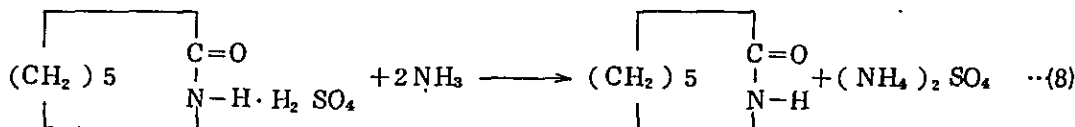
以上 Raschig 法によって生成した硫酸ヒドロキシルアミンは次のオキシム化工程で、シクロヘキサノンおよびアンモニアと反応してシクロヘキサノンオキシムを生成する。この際オキシムと当モルの硫酸が副生する。



分離されたシクロヘキサノンオキシムはベックマン転位をうけるため約 20% の発煙硫酸と共にベックマン転位槽に供給される。



カプロラクタムと硫酸から成る粗カプロラクタム生成物はアンモニア、水、溶剤と共に次の中和槽に注入され、硫酸は中和され、同時にカプロラクタムは硫酸溶液から抽出される。



中和工程から得られる生成物は分離器で溶剤カプロラクタム相が硫酸溶液相から分離される。硫酸相は溶剤で抽出され残留カプロラクタムは除去される。硫酸溶液は蒸気相分離により溶剤を除去して、硫酸工場に送られる。

溶剤-カプロラクタム相は蒸留塔を通り、溶剤はカプロラクタム相から分離され、カプロラクタムは粗カプロラクタムタンクに送られ、さらに精製工程に供給される。

これまでの反応でヒドロキシルアミン生成過程(5)式、およびオキシム生成過程(6)式で生成されるシクロヘキサノンオキシム 1 モル当り合計 2 モルの硫酸が生成され、さらにベックマン転位の硫

酸を中和する過程(8)式で 1.5 ~ 2 モルの硫酸が副生するので、生成されるカプロラクタム 1 kg 当り最高で 4.6 kg の硫酸が副生されることになる。

カプロラクタムの精製は、結晶化法により行なわれ、粗カプロラクタムは、再循環母液と向流により精製される。結晶化工程から生ずる結晶カプロラクタムは溶融され、乾燥機で乾燥後フレークされる。硫酸は結晶缶で水分を蒸発させ結晶化される。結晶は遠心分離機により脱水され、乾燥機にかけられ製品となる。

以上 Allied 法の製法概略を述べたが、この Allied 法は出発原料にフェノールを用いるので、フェノールの価格が高く、シクロヘキサノンを出発原料とする他のプロセスと比較して原料高となっており、すでに競争力を失っているものと思われる。

次に Allied 法では Raschig 法を採用している関係上、副生硫酸の生成量が、前述のごとく、シクロヘキサノンオキシム 1 kg に対して約 4.6 kg となっている。この副生量は他のプロセス (PNC 法, 新 DSM 法, BASF 法) に比較してかなり多い方で、それだけコスト面および硫酸の処理の問題でマイナスになる。プロセス全体の各工程では特殊な装置材料が使用されるが、これは工場規模からみて大きな問題とはならないであろう。年産能力 90 10⁵ ton 迄の連続式単一製造工程を建設することができる。

Allied 法における原料原単位および用役原単位を表 X-4 に示す。

表 X-4 Allied 法における原料原単位および用役原単位

		Unit Consumption (kg/kg)
Raw Materials	Phenol	0.89
	Hydrogen	0.04
	Fuming Sulfuric Acid	1.35
	Sulfuric Acid	0.68
	Ammonia	1.46
	Carbon Dioxide	0.52
	Ammonium Sulfate	(-)4.6
Utilities	Electricity	0.9 kwh/kg
	Steam	11
	Cooling Water	1.7 ton/kg

Source: European Chemical News May 2, 1969

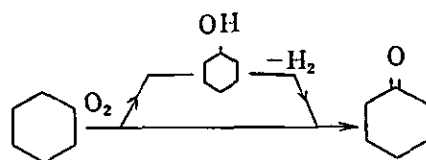
2-3-2 DSM法

DSM社は自社で開発したシクロヘキサン酸化法による工場を1967年に建設し、工業生産を開始した

硫酸ヒドロキシルアミンの製法は従来 Raschig 法を採用していたが、硫酸の副生しないヒドロキシルアミンの新しい製法が1965年に開発され、現在一部で操業されている。したがってDSM法には次の2つのプロセスが存在している。

- (1) 旧DSM法………(直接酸化法)+(Raschig法)
- (2) 新DSM法………(直接酸化法)+(HPO法)

ここで直接酸化法の概要にふれておく。このプロセスはシクロヘキサンの液相空気酸化法を採用している。この反応ではシクロヘキサンが2段階で調整され、第1段階でシクロヘキサンは空気によりシクロヘキサノンとシクロヘキサノールに転化され、次に第2段階でシクロヘキサノールが接触脱水素によりシクロヘキサノンに転化される。



もともとDSM社はコバルト塩触媒を用いていたが、さらに改良の必要性から硼酸を使用する反応器デザイン技術をIFP社(Institut Francais du Petrole)から導入している。この製法の利点はシクロヘキサン、苛性ソーダ消費量が少く、生産コストがより安くなる事である。DSM法は旧、新両方とも出発原料にシクロヘキサンを使用する直接酸化法を採用しているため、フェノール法に比べると、コスト面で有利であることは間違いない。しかし装置面では直接酸化法一般に共通してシクロヘキサンの酸化の段階で、副生物の形成をできるだけ抑える必要から1 pass の反応転化率は5~15%程度になる。これは反応器への大きなシクロヘキサン循環流をつくることになり、精製装置が大型になることはまぬがれない。同時にシクロヘキサン回収時の加熱蒸気など用役原単位はかなり高いものと思われる。

副生硫酸についてはRaschig法を使用する旧DSM法はAllied法とは大差はない。(4.5 ton 硫酸/ ton カプロラクタムの硫酸幅生)

一方、DSM社の新しいヒドロキシルアミンの製法は、硫酸がシクロヘキサノンオキシム生成までの工程でまったく副生されない。この新製法(HPO法と称す)について簡単にふれておく。この新製法は4段階のプロセスに分けられる。

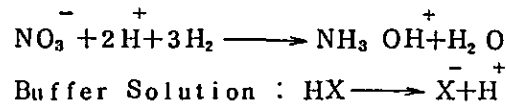
- (1) 貴金属触媒上で硝酸イオンの水素添加を行ない、ヒドロキシルアミンを製造する。
- (2) 溶剤存在下でヒドロキシルアミンをシクロヘキサノンと反応させる。

(3) オキシムから溶剤を分離する。

(4) 循環する無機液のアンモニウムイオンを同時分解し、この液中にNO/NO₂を吸収させる。

ヒドロキシルアミンの製造は気体-液体接触反応器で行なわれ、ここで水素ガスは硝酸イオン、緩衝酸、貴金属触媒を含む無機循環液と接触する。

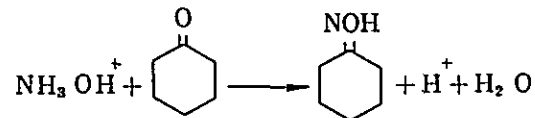
この反応で硝酸イオンは水素添加され、ヒドロキシルアミンが生成される。



この際、アンモニウムイオンのような少量の副生物が形成される。



このアンモニウムイオンは反応を妨げず、後に破壊される。第2段階でヒドロキシルアミンは触媒存在下で純シクロヘキサノンと反応し、オキシムは抽出され、無機水溶液と溶解オキシムとの分離が行なわれる。



オキシム以降の工程については Allied 法その他の製法と殆んど同じである。ただしカプロラクタムの精製、硫酸の処理方法などは D S M 社独自の方法によっている。

D S M 社の新ヒドロキシルアミン製法(新 D S M 法)を組み込んだカプロラクタムの製造プロセスは、硫酸の副生面ではベノクマン転位後の硫酸の中和工程から副生するもののみで、カプロラクタム 1 ton に対し 1.7 ton と Allied 法に比べて非常に少ない。この新 D S M 法は Nypro 社(英国)、宇部興産(日本)で採用されたが、運転段階で作業上のトラブルがかなり発生したと言われている。工場規模としては年産能力 35 10³ ton 以上のシクロヘキサノン酸化工場で、蒸留塔を 1 本ですませようとするればあまりにも大きくなり、プラント建設時におけるこの蒸留塔の運搬は不可能となる。したがって、この能力には 2 本の蒸留塔が必要となろう。

旧 D S M 法および新 D S M 法における原料原単位および用役原単位を表 X-5、表 X-6 に示す。

表 X-5 旧DSM法における原料原単位および用役原単位

		Unit Consumption (kg/kg)
Raw Materials	Cyclohexane	1.06
	Ammonia	1.51
	Caustic Soda	0.114
	Sulfur Dioxide	1.32
	Carbon Dioxide	0.41
	Fuming Sulfuric Acid	1.34
	Ammonium Sulfate	(-)4.5
Utilities	Electricity	0.46 kwh/kg
	Steam	13.1
	Cooling Water	1.65 ton/kg
	Process Water	0.010 ton/kg

Source: European Chemical News May 2, 1969

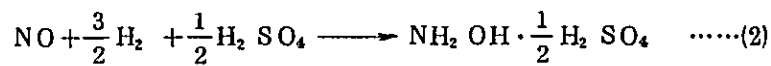
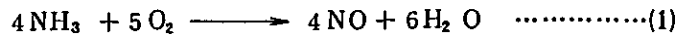
表 X-6 新DSM法における原料原単位 および用役原単位

		(/kg Caprolactam)	
Raw Materials	Benzene		0.995 kg
	Cyclohexane	0.905 kg	
	Ammonia	0.805 kg	0.743 kg
	Sulfuric Acid	1.368 kg	1.36 kg
	Hydrogen	0.096 kg	1.814 m ³
	Ammonium Sulfate	-1.8 kg	-1.8 kg
Utilities	Electricity	0.224 kwh	0.45 kwh
	Steam	6.60 kg	12.65 kg
	Cooling Water	1.10 m ³	1.62 m ³
	Boiler Feed Water	0.0025 m ³	0.005 m ³
	Fuel		470 kcal

Source: Hydrocarbon Processing, Nov. 1973, p.110
 Hydrocarbon Processing, Nov. 1972, p.92 - 94

2-3-3 BASF法

BASF社は当初フェノールを出発原料としていたが、直接酸化法が開発され、今ではフェノール法を中止し、すべてシクロヘキサン法（直接酸化法）に切り替えた。直接酸化法はBASF社の場合、多段空気酸化で、精製工程に改良が加えられている。BASF法の特徴はヒドロキシルアミンの製造方法で、NO-Reduction法を採用している。Raschig法ではアンモニアの酸化により、N₂O₃を得るがNO-Reduction法では次式のようにNOを得るため、酸化は空気ではなく、純酸素により行なわれる。反応式を以下に示す。



この改良によって従来法に比較してヒドロキシルアミンの製造工程が大幅に簡略化され、さらに副生硫酸が大幅に減少するといわれる（オキシム工程で副生する硫酸は理論的にはRaschig法の1/2に減少するであろう）。このプロセスの欠点としては直接酸化法共通の問題であるが、シクロヘキサンの酸化工程で1 pass 収率を低くしないと副生物が多くなり、そのための設備費の増大、用役原単位の上昇はまぬがれない。

BASF法における原料原単位を表X-7に示す。

表 X-7 BASF法における原料原単位

Raw Materials		Unit Consumption (kg/kg)
	Cyclohexane	1.150
	Ammonia	0.953
	Sulfuric Acid	0.557
	Fuming Sulfuric Acid	1.370
	Caustic Soda	-
	Hydrogen	0.467 m ³
	Oxygen	0.559 m ³
	Ammonium Sulfate	-2.7

Source: Kagaku Koogyo (Chemical Industry) No. 10, p. 62 - p. 71 (1970)

2-3-4 Inventa 法

Inventa 法はシクロヘキサンを原料とする直接酸化法の一つである。シクロヘキサンの酸化には硝酸触媒は使用されず金属触媒が使用される。

ヒドロキシルアミンの製法は当初 Raschig 法を使用していたがその後 NO-Reduction 法を導入し副生硫酸の量を減少させた。

カプロラクタムの精製は従来薄層蒸留法が使用されていたが溶融結晶化法に切り替えられた。

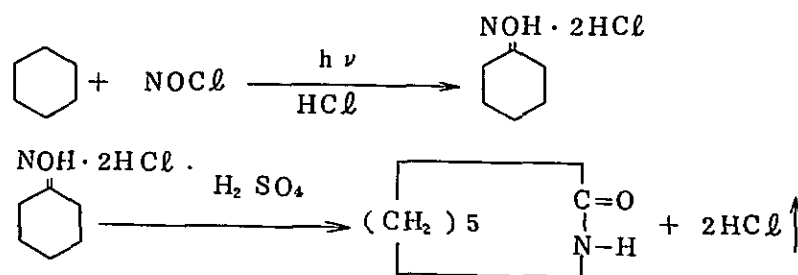
シクロヘキサンの直接酸化工程においては DSM 法などと比較して、反応条件など個々には相違があるが、根本的には大差はないと思われる。またヒドロキシルアミンの製造法は、前述の通り NO-Reduction 法であって BASF 法とほぼ同じようである。したがって長所、欠点などは BASF 法などと比較して大差はない。最近 Inventa 社は直接酸化法の改良法、すなわち、一般に New Inventa 法と言われるプロセスを開発し、既に操業段階に入っているといわれる。このプロセスの特徴は空気吹込の場合の酸素濃度を低くして、シクロヘキサンの収率を上げている点にある。

New Inventa 法における原料原単位および用役原単位を表 X-8 に示す。

2-3-5 PNC 法

東レにより開発されたプロセスでその特徴は光化学反応により、シクロヘキサンに直接ニトロ基を導入してシクロヘキサノンオキシムを製造することにある。そのため反応工程が他の方法に比較して最も短く、従来フェノールあるいはシクロヘキサンを出発原料として 4 段階の反応工程を必要としたものが、2 段階に短縮されている。またシクロヘキサンを酸化してシクロヘキサノン製造する必要がないため、カプロラクタム製造に要するシクロヘキサンの量が少ない。さらに他の方法では、窒素源として、比較的高価なヒドロキシルアミンを用いているが、この方法は窒素源は安価な塩化ニトロシルを使用する。そのためこの工程での硫酸は全く副生しない。そのためカプロラクタム 1 ton 当りの副生硫酸は 1.7 ton であり少ない。

光反応と転位反応の反応式を以下に示す。



この方法では塩化水素や塩化ニトロシルおよび、これらを溶解しているシクロヘキサンなど、腐食性の強いガスおよび、液体を取り扱うため、反応装置に高級材質を使用しなければならないことが欠点であろう。

PNC 法における原料原単位および用役原単位を表 X-9 に示す。

表 X-8 New Inventa 法における原料原単位および用役原単位

		Unit Consumption (kg/kg)
Raw Materials	Cyclohexane	1.01
	Caustic Soda	-
	Ammonia	0.96
	Sulfuric Acid	0.7
	Fuming Sulfuric Acid (SO ₃ 100%)	1.1
	Oxygen	0.38 m ³ /kg
	Hydrogen	0.47 m ³ /kg
	Ammonium Sulfate	-2.6
Utilities	Electricity	0.9 kwh/kg
	Steam	12
	Fuel Oil	3.0 x 10 ³ kcal/kg
	Cooling Water	0.14 ton/kg

Source: Hydrocarbon Processing, Nov. 1973
European Chemical News, May 2, 1969

表 X-9 PNC法における原料原単位および用役原単位

		(/kg Caprolactam)
Raw Materials	Cyclohexane	0.908 kg
	Ammonia	0.649 kg
	Sulfuric Acid	1.279 kg
	Fuming Sulfuric Acid	
	Ammonium Sulfate	-1.70 kg
Utility	Electricity	4.050 kwh

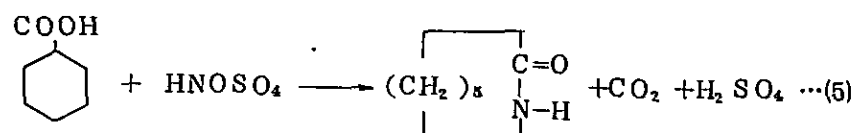
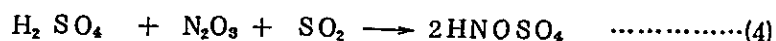
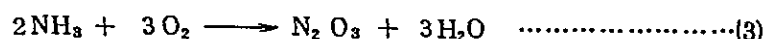
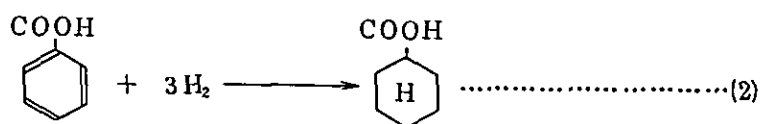
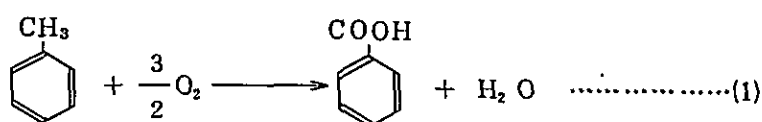
Source: Process Handbook 1973
(Japan Petroleum Institute)
European Chemical News, Jan. 26, 1968

2-3-6 SNIA法

イタリアの Snia Viscosa 社が開発した方法である。この製法はベンゼンよりも安価なトルエンを出発原料とする点に特徴がある。SNIA法ではトルエンを水添し、ヘキサヒドロ安息香酸にし、これを発煙硫酸の存在下でニトロシル硫酸と反応させ、直接カプロラクタムを製造する。そのためシクロヘキサノンオキシムは経由しない。

主原料はトルエン、空気、水素、アンモニア、および硫酸などでシクロヘキサン環へ導入する窒素源として、ニトロシル硫酸が使用されており、副生硫酸は他の製法の空気酸化の場合より、若干少ないが大差はない。

プロセスの主反応は次の式で表わされる。



トルエンをコバルト触媒の存在下で 150~170℃ で空気酸化すると安息香酸となる（収率 93~94%）。この反応を前(1)式に示す。これを 5%パラジウム炭素触媒で 150℃、1気圧で水添すると、ほぼ定量的にヘキサヒドロ安息香酸が得られる。この反応を前(2)式に示す。このヘキサヒドロ安息香酸を(3)式に示すように、発煙硫酸の存在下 80℃ でニトロシル硫酸と反応させると、脱炭酸を伴いつつニトロ化が起こり、直ちにベックマン転位してカプロラクタムとなる。

ヘキサヒドロ安息香酸からカプロラクタムの収率は95~96% (窒素基準では90%)である。反応温度は系内にシクロヘキサンを滞留させ、その蒸発熱により調節する。生成液は加水分解され、未反応のヘキサヒドロ安息香酸をシクロヘキサンで抽出する。0.1%以下のヘキサヒドロ安息香酸を含むカプロラクタム溶液はアンモニアで中和される。有機層からカプロラクタムを芳香族系あるいは塩素化溶剤で抽出し、洗浄後水で逆抽出して蒸留によって精製される。カプロラクタムのコストはトルエンの単価が安いけれど、副原料、薬品がコスト高で、直接酸化法などに比べて大差ないものとみられている。副生硫酸がカプロラクタム1 ton 当り 4.1 ton と多いことが欠点である。

S N I A法における原料原単位を表X-10に示す。

表 X-10 S N I A法における原料原単位

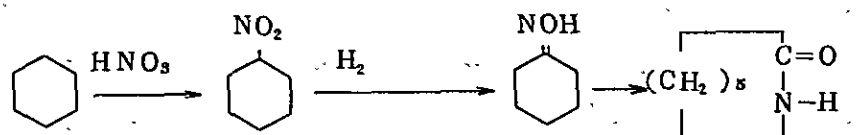
		Unit Consumption (kg/kg)
Raw Materials	Toluene	1.11
	Cyclohexane	0.03
	Hydrogen	0.08
	Fuming Sulfuric Acid	2.90
	Ammonia	1.25
	Caustic Soda	0.16
	Ammonium Sulfate	(-)4.1

Source: Hydrocarbon Processing, Nov. 1973
European Chemical News, July 11, 1969

2-3-7 ニトロシクロヘキサン法

Du Pont 社が開発したニトロシクロヘキサン法はシクロヘキサンをニトロ化し、得られるニトロシクロヘキサンを環元して、シクロヘキサノンオキシムを得る製法である。

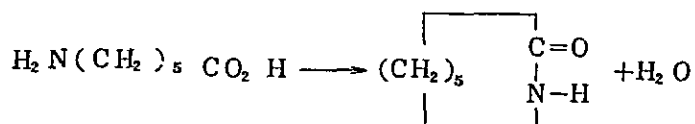
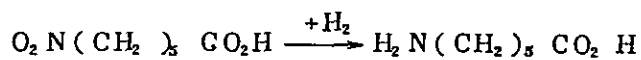
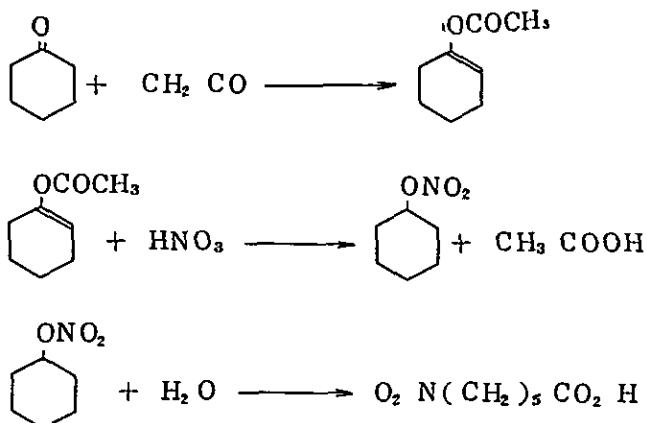
反応は液相または気相で行なわれ、ニトロ化には硝酸あるいは、過酸化窒素が用いられる。液相法では温度120~125℃、圧力3~5気圧、35%の硝酸でニトロ化を行なう。副生物としてニトロシクロヘキサンの50%に近い量のアジピン酸を生成する。ニトロシクロヘキサンは苛性ソーダで洗浄後蒸留回収される。ニトロシクロヘキサンは亜鉛-クロム-銀酸化物触媒で140~160℃、圧力100~200気圧で水素により還元されて、シクロヘキサノンオキシムとなる。収率80~90%、副生物はシクロヘキシルアミン、シクロヘキシルヒドロキシルアミンなどである。オキシムは溶剤抽出され、従来法に従いカプロラクタムに転化される。



この製法は工程が比較的短い点は有利であるが、ニトロ化工程での操業上の危険性とアジピン酸、およびシクロヘキシルアミンの多量の副生に問題があろう。同製法を使用するカプロラクタムの工業生産工場は現存していない。

2-3-8 Techni-Chem 法

シクロヘキサノンからカプロラクタムを製造する Techni-Chem 法は他の製法に比べて副生物が殆んど生じないという利点がある。しかし工業化の実績はない。この製法ではシクロヘキサノン、シクロヘキセニル・アセテート、ニトロシクロヘキサノン、ニトロカプロン酸、εアミノカプロン酸という極めて長い工程を経てカプロラクタムが得られる。この製法では硫酸が全く副生しないという魅力はあるが、シクロヘキサノンからカプロラクタムまでの工程が長く経済性に問題があろう。



Techni-Chem 法における原料原単位および用役原単位を表 X-11 に示す。

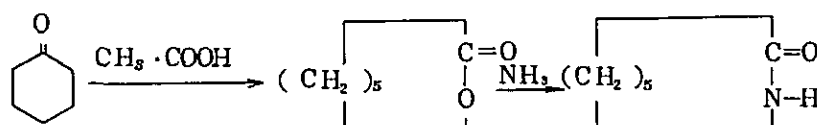
表 X-11 Techni-Chem 法における原料原単位および用役原単位

		Unit Consumption (kg/kg)
Raw Materials	Cyclohexanone	1.0
	Hydrogen	0.07
	Acetic Acid	0.1
	Nitric Acid	0.62
Utilities	Electricity	0.28 KWH/kg
	Natural Gas	3.0 x 10 ³ kcal/kg
	Steam	5.7
	Cooling Water	0.48 m ³ /kg

Source: European Chemical News, May 2, 1969

2-3-9 ラクトン法 (UGC法)

米国の Union Carbide 社が開発した方法である。ラクトン法はシクロヘキサンの酸化によって得られるシクロヘキサノンに過酢酸によりさらに酸化してカプロラクトンとし、これにアンモニアを反応させてカプロラクタムを得るプロセスである。



この製法はカプロラクトン 1 ton に対し 0.75~1.0 ton の割合で酢酸が生成する。硫酸の副生はないが、多量の酢酸を副生する。Union Carbide 社は、この製法のプラントを 1970 年に建設したが、技術上の問題からカプロラクタム製造を断念し、カプロラクトン製造プラントに転用するといわれている。

2-3-10 プロセス選定

以上述べた各製法の概要をまとめ表 X-12 に示す。

以下各プロセスの比較を行なう。

(1) 工業化実績

現在工業生産が行なわれているプロセスは以下のようなものである。これ以外のプロセスはインドネシアにおける工業化の際のプロセス選定の対象にならない。

a) Allied 法……………フェノールからシクロヘキサンの製造と Raschig 法によるヒドロキシルアミンの製法

b) 旧 DSM 法……………直接酸化法 + Raschig 法

表 X-12 各種カプロラクタム製法比較 (1)

	PNC	SNIA	Nitrocyclohexane	Techni-Chem	Lactone
Actual Records of Production (10 ³ t/y)	150	98	NO Production at Present	NO Production	NO Production
Actual Records of Production (%)	(7.8)	(5.1)			
Main Raw Materials, Process	Photo-nitrosation of cyclohexane by nitrosyl chloride	Toluene, benzoic acid; hexahydrobenzoic acid reaction is undertaken and then caprolactam production is carried out by reaction with nitrosyl sulfuric acid.	Nitro-cyclohexane is produced from cyclohexane and caprolactam production is carried out via cyclohexanone oxim.	ε-amino caproic acid is produced through a number of steps from cyclohexane in order to produce caprolactam.	Caprolactam production is carried out through cyclohexane, cyclohexanone, caprolactam.
Hydroxylamine Production Process	-	-	-	-	-
Sub-raw Materials & Others (ton/ton caprolactam)	Nitrosyl chloride production by a reaction of nitrosyl sulfuric acid and hydrogen chloride	Nitrosyl sulfuric acid production by utilizing ammonia and sulfuric acid as raw materials	-	Employment of Ketan	Employment of peracetic acid
By-produced Ammonium Sulfate (ton/ton caprolactam)	1.7	4.1	?	0	(Acetic Acid 0.75)
Remarks	The number of reaction steps has been drastically reduced by the employment of photo-chemical reaction. Due to the absence of cyclohexane oxidation step, higher yield is available. The ammonium sulfate by-production is also low as in the case of New DSM Process. However, special materials and equipment must be employed and the electrical power consumption is high.	Due to employment of toluene as the raw material, raw material cost reduction can be expected. The amount of ammonium sulfate by-production is slightly lower than a number of phenol process and Old DSM Process.	This process is not actually operated at present. The shortcoming is the high amount of by-production of adipic acid and cyclohexylamine.	No actual industrialization achieved. The steps from cyclohexane up to caprolactam are extremely long.	No industrial production record has been achieved. Although no ammonium sulfate is by-produced, the acetic acid by-production takes place.

表 X-12 各種カプロラクタム製法比較 (2)

	Phenol	Old DSM	New DSM	BASF	New Inventa
Actual Records of Production (10 ³ t/y)	395	392	392	380	204 ¹⁾
Actual Records of Production (%)	(20.7)	(20.5)	(20.5)	(19.9)	(10.7) ¹⁾
Main Raw Materials, Process	Hydrogenation of Phenol, Dehydrogenation	Direct Oxidation of Cyclohexane (Co Catalyst)	Direct Oxidation of Cyclohexane (Co or Boric Acid-Catalyst)	Direct Oxidation of Cyclohexane (Co Catalyst)	Direct Oxidation of Cyclohexane (Co Catalyst)
Hydroxylamine Production Process	Raschig	Raschig	HFO	NO-Reduction	NO-Reduction
Sub-raw Materials & Others (ton/ton caprolactam)	-	-	-	-	-
By-produced Ammonium Sulfate (ton/ton caprolactam)	4.6	4.5	1.8	2.7	2.6
Remarks	Yield is considered to be high and refining and re- actions can be easily undertaken because of employment of phenol as the raw material. However, due to the employment of phenol and the Raschig Process, cost increment is high. The ammonium sulfate by-production is high.	Although popularly employed internationally, the process is complicated and a ammonium sulfate by-production is high due to the employment of the Raschig Process.	This is a process in which the hydroxylamine production process is improved, thereby drastically decreasing the ammonium sulfate by-production. However, the actual records is poor at present and technological improvements seem necessary for a stable operation.	This is a process popularly employed in the world. Improvements were made in the hydroxyl-amine production process thereby reducing the ammonium sulfate by-production. However, the amount of ammonium sulfate by-production is considerably higher than New DSM Process and PNC Process.	This is a process popularly employed in the world. Improvements were made in the hydroxyl-amine production process thereby reducing the ammonium sulfate by-production. However, the amount of ammonium sulfate by-production is considerably higher than New DSM Process and PNC Process.

Note: 1) Including Old Inventa Process

- c) 新 D S M 法 …………… 直接酸化法 + H P O 法
- d) B A S F 法 …………… 直接酸化法 + NO-Reduction 法
- e) New Inventa 法 …… 直接酸化法 + NO-Reduction 法
- f) P N C 法
- g) S N I A 法

(2) 出発原料

カプロラクタムの製法を出発原料によって分けると Allied 法のフェノール、S N I A 法のトルエン、その他のシクロヘキサンの 3 種になる。世界のカプロラクタムの 70% 以上はシクロヘキサンを出発原料とする方法であり、原料コストからみても、この傾向は当然である。今後当分この傾向は変わらないと予想されるので、シクロヘキサン法について製法を選定すると次の 4 つと旧 D S M 法になるが、新 D S M 法が開発されたので旧 D S M 法は除外する。

- a) 新 D S M 法
- b) B A S F 法
- c) New Inventa 法
- d) P N C 法

(3) 副生硫安

カプロラクタムプロセスに共通の大きな問題として、副生硫安があげられる。先にも述べた通り、この副生硫安の量如何がカプロラクタムのコストに直接響くため、各社それぞれ副生硫安を減らすプロセスの開発、リプレースに力を注いでいる。ここで、先にあげた多くのプロセスの中から副生硫安原単位の少ない順に 4 つ選ぶと以下の通りである。

	ton 硫安 / ton カプロラクタム
P N C 法	1.7
新 D S M 法	1.8
New Inventa 法	2.6
B A S F 法	2.7

この 4 プロセスは(2)で選んだ 4 プロセスと全く同じである。これらのプロセスは従来の Raschig 法と比較して副生硫安の量が大幅に減少しているが、これはいずれもヒドロキシルアミンの製造法を改良するか、ヒドロキシルアミンを使用しないプロセスにすることによって達成されたものである。

なお副生硫安を硫安として回収すると経済性が劣るため、分解して石こうを得るプロセスがある。しかしインドネシアにおいて硫安は肥料として使用されるので、石こうの製造については考慮しないことにする。

(4) その他

各プロセスの経済性の比較は困難である。しかし先にとりあげた新 D S M 法、B A S F 法、

New Inventa法、PNC法はいずれもカプロラクタムの製造に関してかなりの経験を積んで完成されたものであり、かつ副生硫酸の量も大幅に減少したもののばかりであるので、経済性にはあまり大きな差はないと思われる。

また操業の安定性についても各社のこれまでの経験、実績から考え、プロセス間で大きな差はないものと考えられる。ただし新DSM法は最近開発されたプロセスで、これを採用したNypro（英国）、Columbia Nypro（米国）、宇部興産（日本）では当初かなりのトラブルが発生したといわれている。

(5) 選定したプロセス

以上の検討結果から以下の3つのプロセスを選定する。

1. 新DSM法
2. PNC法
3. BASF法またはNew Inventa法

BASF法とNew Inventa法はいずれも直接酸化法によりシクロヘキサノンを経由しNO-Reduction法によりヒドロキシルアミンを製造しており工程的には全く同じである。両者の差は触媒や反応条件、装置にあるものと考えられる。

3. 選定したプロセスの詳細な説明

3-1 新DSM法

DSM法は以前はシクロヘキサンを出発原料とする製法で、シクロヘキサノンへの転化は直接酸化法、ヒドロキシルアミンの合成はRaschig法を用いて、その後続くオキシム化、ベノクマン転位を経てカプロラクタムを合成するプロセスであったが、最近副生硫酸の少ない新DSM法が開発され、Nypro社（英国）、Columbia Nypro社（米国）、宇部興産（日本）などで工業化されている。プロセスに多少の不安定要素もあるが、競争力のあるプロセスである。

新DSM法はシクロヘキサンを出発原料として直接酸化法によってシクロヘキサノンに転化することは旧DSM法とは変わらないが、ヒドロキシルアミンの合成に独自のHPO法といわれるプロセスを用いているところに大きな特徴がある。この製法によれば、シクロヘキサノンオキシム生成段階で、従来のRaschig法やNO-Reduction法にみられるような硫酸の副生が全くない。したがって、シクロヘキサノンオキシムからカプロラクタムに転位する時に必要な硫酸分に相当する硫酸が生成するのみで、カプロラクタムに対する硫酸の副生は他の製法に比べて非常に少ない。新DSM法はシクロヘキサンからシクロヘキサノンを生成する工程、アンモニア酸化からヒドロキシルアミンを生成する工程、シクロヘキサノンとヒドロキシルアミンからシクロヘキサノンオキシムを生成する工程、シクロヘキサノンオキシムから転位、中和分離および精製までの工程に分けられるが、この中に直接酸化法とHPO法が組み込まれており、この関係をブロックダイヤ

グラムに示すと図 X-6 の通りとなる。

3-1-1 新 DSM 法の化学反応

(1) シクロヘキサノンの生成

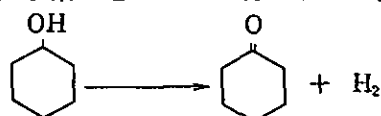
第 1 段階でシクロヘキサンがコバルト塩の触媒のもとで液相空気酸化され、シクロヘキサノン・シクロヘキサノールの混合油が生成されるが、少量の副生物として酢酸、アジピン酸、一酸化炭素、二酸化炭素、シクロヘキサノール、エステル等が副生する。



この反応はシクロヘキサンのラジカル的な酸化反応で、生成したシクロヘキサノン、シクロヘキサノールは高次の酸化反応を受けやすく、これをできるだけ抑えるために、DSM法では反応温度を 145~165℃、圧力 8~10 気圧にし、1 pass 転化率 4~6% の範囲を最適条件としている。このためシクロヘキサンの大きな循環系が必要とされる。酸化反応によって生成したシクロヘキサノール、シクロヘキサノンは未反応シクロヘキサンと共に反応系外へとりだされ、苛性ソーダで酸を中和し、エステルを鹼化した後、シクロヘキサンと蒸留分離し、さらに、シクロヘキサノール、シクロヘキサノンは蒸留精製される。

第 2 段階ではシクロヘキサノールのシクロヘキサノンへの転化である。

これはシクロヘキサノールの気相脱水素反応によって行なわれる。



この反応は吸熱反応で、脱水素触媒のもとで進行するが、DSM社が開発したこのプロセスでは 1 pass の転化率は 60% となつて、1 循環の効率は 98.5~99% とかなり高い。

DSM社はコバルト塩触媒を使用する空気酸化法に加え、硼酸を使用する反応器デザイン技術を I F P 社 (Institut Francais du Petrole) から獲得した。この製法の利点はシクロヘキサン、苛性ソーダの消費量が最も少なく、生産コストがより安くなることである。I F P 社の反応器デザインと Stamicarbon 社の中和、鹼化、蒸留、精製技術を組み合わせることにより最適デザインとしている。硼酸存在下でシクロヘキサンは酸化され、シクロヘキサノール—硼酸錯化合物に転化される。反応温度は 155~175℃、反応系圧力は 8~10 kg/cm² G である。硼酸はシクロヘキサノールと共に錯化合物を形成するので、シクロヘキサノール、シクロヘキサノンへの高次の酸化は抑制され、一循環の転化率は従来法の酸化法よりも高くなる。この場合の転化率は約 10 モル%、反応効率は 90% といわれている。

以上をブロックフローシートに表わすと図 X-6 のようになる。

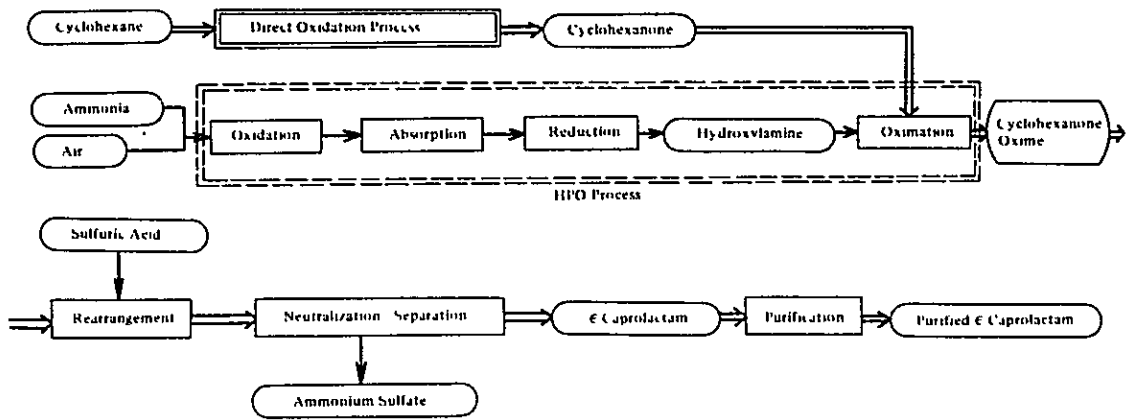


図 X-6 新DSM法プロセスブロックダイヤグラム

(2) ヒドロキシルアミンとシクロヘキサノンオキシムの生成

この工程がいわゆるDSM法の独得のHPO法と呼ばれるプロセスで、その製法は貴金属触媒を用い、硝酸イオンの水素添加を行ってヒドロキシルアミンを製造し、シクロヘキサノンと反応させシクロヘキサノンオキシムを生成する。図X-7にそって説明する。

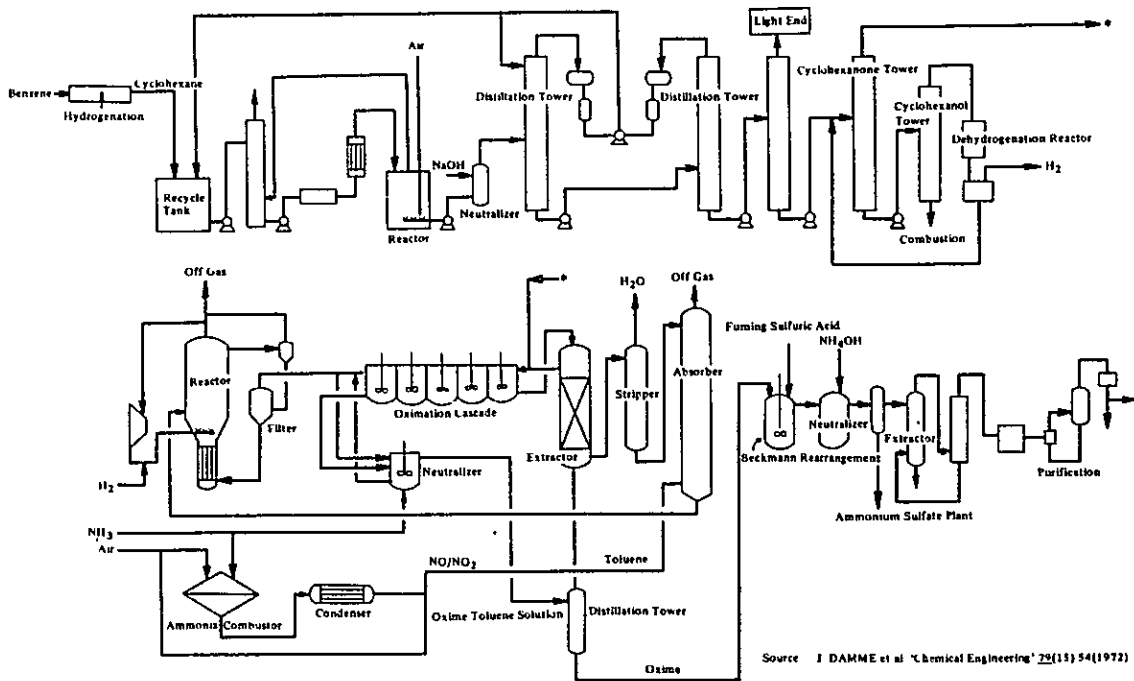
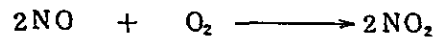
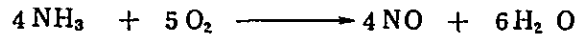
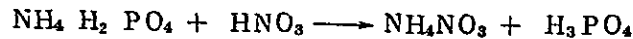


図 X-7 新DSM法プロセスフローシート

a) アンモニア酸化工程はアンモニアと空気を酸化器の中の白金触媒を通して燃焼させNO・NO₂ガスを発生する。



b) NO₂ガス吸収工程で、磷酸、磷酸アンモニウムの緩衝液（オキシム化反応後、分離した磷酸溶液がNO吸収塔へリターンしてきた液）にNO₂ガスを吸収塔で吸収させる。pHは1.8～2.0程度である。

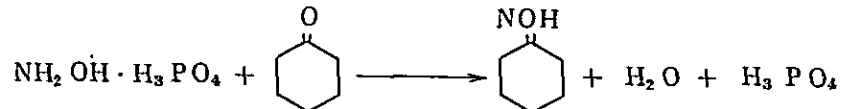


c) NOガスを吸収した硝酸アンモニウム、磷酸の溶液は貴金属触媒のもとで反応器で水素により還元され、磷酸ヒドロキシルアミンが生成する。



反応器からはヒドロキシルアミンの磷酸塩と磷酸アンモニウムなどの溶液が触媒と分離されて、オキシム反応槽へ送られる。

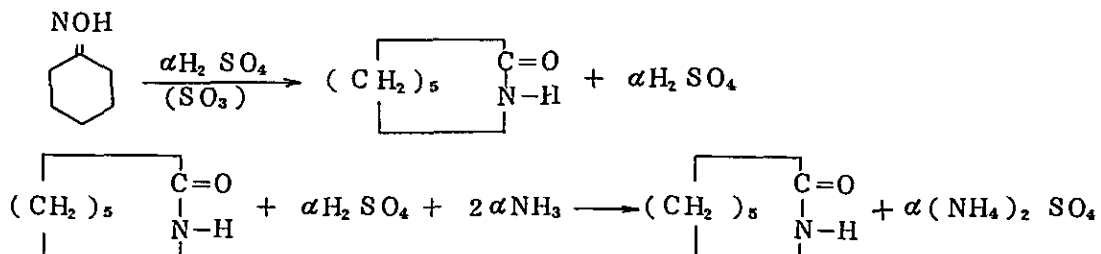
d) オキシム反応槽では、次の反応により、シクロヘキサノンオキシムを生成する。



第1段は一連のMixer/Settler中pH1～2で向流反応をし、供給シクロヘキサノンの98%をオキシム化する。第2段は残り2%をpH4.5の中和槽でオキシム化する。生成したシクロヘキサノンオキシムはトルエンによって抽出され、抽残液のH₃PO₄、NH₄H₂PO₄はNO₂吸収工程に戻る。中和、抽出の後、トルエンとシクロヘキサノンオキシムとは蒸留分離され、シクロヘキサノンオキシムは次の転位工程へ供給される。

e) オキシムからカプロラクタム

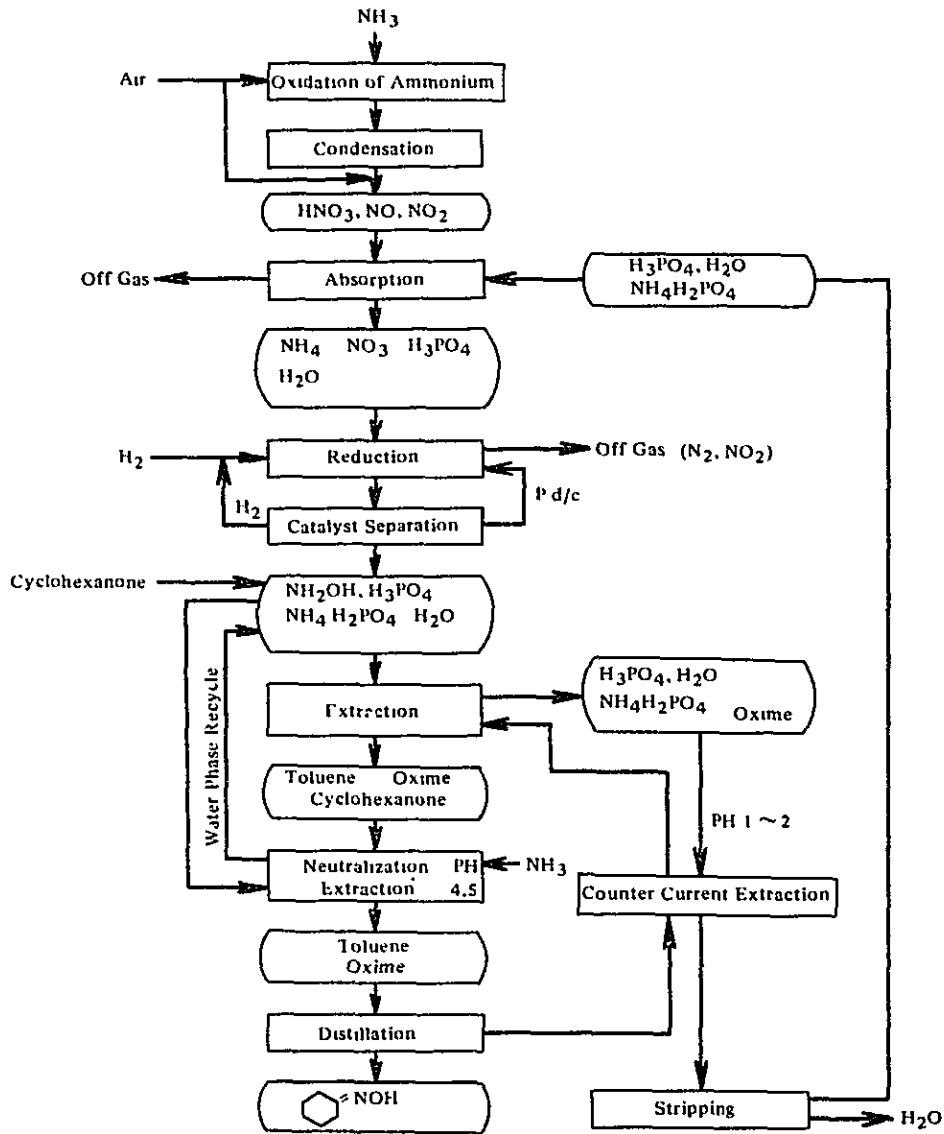
蒸留塔でトルエンと分離されたシクロヘキサノンオキシムはベックマン転位によりカプロラクタムになる。この転位反応は発煙硫酸中で行なわれる。オキシム中に溶解している水に対し、この発煙硫酸は吸収剤の役割を果たしている。反応熱は冷却により除去され、反応生成混合物中の硫酸は中和され、硫酸はカプロラクタム溶液から除去される。



f) カプロラクタムは Stamicarbon社の精製法により精製され、連続的に一定量の純カプロラクタムが得られる。

3-1-2 新DSM法のプロセスフロー

図X-8に製造プロセスを示す。まず、シクロヘキサンは直接酸化法のシクロヘキサン循環流のタンクに供給され、反応オフガスと熱交換を行ない、オフガスを冷却洗浄し、反応水は分離器で除去される。その後、シクロヘキサンは加熱器で反応温度近くまで高められ、反応器に供給される。反応に必要な空気は遠心式圧縮機で圧縮供給される。約5%のシクロヘキサンがシクロヘキサノール、シクロヘキサノンに転化され、わずかの酸、エステルが副生する。



Source : J. DAMME et al. "Chemical Engineering" 79(15) 54 (1972)

図 X-8 新DSM法プロセスフロー

反応器を出た液状反応生成物は苛性ソーダで中和され、中間貯蔵タンクを通過し常圧となる。中和槽の苛性ソーダ溶液は蒸気-蒸留器に供給され、溶解されているシクロヘキサノール、シクロヘキサノンが回収される。

シクロヘキサノール蒸留塔から出る粗酸化生成物は鹼化器に供給され、ここで苛性ソーダによりシクロヘキサノール・エステルは加水分解される。少量のナトリウム塩は抽出塔で洗浄除去される。さらに、残留シクロヘキサノールは蒸留除去され、反応工程へ再循環される。

粗シクロヘキサノール・シクロヘキサノン混合油は軽質を分離した後、シクロヘキサノン塔に供給され、ここでシクロヘキサノールとシクロヘキサノンに分離され、シクロヘキサノールはオキシム化反応槽へ供給される。シクロヘキサノールはシクロヘキサノール塔で高沸点分を除去して接触反応器に供給され、シクロヘキサノンに蒸気相転化される。脱水素反応器を出た生成物は凝縮され、水素から分離され、シクロヘキサノン塔へリターンフィードされて、蒸留されてシクロヘキサノンとなる。

次にヒドロキシルアミンからオキシム生成までのプロセスを述べると、まずアンモニアと空気はブローヤによってアンモニア酸化器を通り燃焼し、コンデンサで水分を除去した後、NO₂ガスは吸収塔へ供給される。吸収塔では脱水塔からリサイクルしてきた緩衝液（磷酸、磷酸アンモニウム混合液）にNO₂を吸収させ、硝酸アンモニウム磷酸液とする。この液を水素還元を行なわしめる反応器へ供給し、磷酸ヒドロキシルアミン、磷酸アンモニウムを生成させる。反応器を出た液は触媒を分離した後オキシム反応槽に供給される。オキシム反応槽へはシクロヘキサノン、磷酸ヒドロキシルアミン、磷酸アンモニウム、およびトルエン（溶剤）が供給され、向流状態でオキシム化反応が進行する。生成したシクロヘキサノンオキシムはトルエンに抽出される。反応温度、圧力などの反応条件は明らかにされていない。生成した液は中和槽でアンモニアによって中和される。pH 4.5 の条件である。この中和槽にはアンモニアの他に Main Stream から約 3 vol.% の Side Stream を入れる。トルエンに抽出されたオキシムは蒸留によってトルエンとシクロヘキサノンオキシムとに分離され、シクロヘキサノンオキシムは次のベックマン転位に供給される。一方オキシム反応槽から出る循環緩衝液である磷酸化合物は、抽出塔で残りのシクロヘキサノンオキシムを抽出されて脱水塔に供給され、水分を除去されてからNO₂の吸収塔に供給され、ふたたび還元反応へと供給される。シクロヘキサノンオキシムからカプロラクタムへの生成工程は一般的に行なわれている製法で、以下のプロセスを経て行なわれる。

すなわち、シクロヘキサノンオキシムに発煙硫酸を添加し、ベックマン転位を行なわしめカプロラクタムに転化する。オキシム中に溶解している水に対し、この発煙硫酸は吸収剤の役割を果たしている。反応熱は冷却により除去される。転位を終えた反応混合生成物は次の中和槽において、アンモニアにより中和され硫酸が副生する。分離器において液の比重差によって、硫酸はカプロラクタム溶液から分離される。粗カプロラクタムは、Stamicarbon社の精製法により精製され、連続的に純カプロラクタムが得られる。粗カプロラクタムはベンゼンで抽出され、さらに水で再

抽出される。一連の物理—化学的精製段階を経てこの工程が終了する。カプロラクタム水溶液は一連の蒸発器を通して濃縮され、フレーク状または水入りカプロラクタムとして製品にされる。

新DSM法の原料原単位および用役原単位を表X-6に示す。

3-2 PNC法

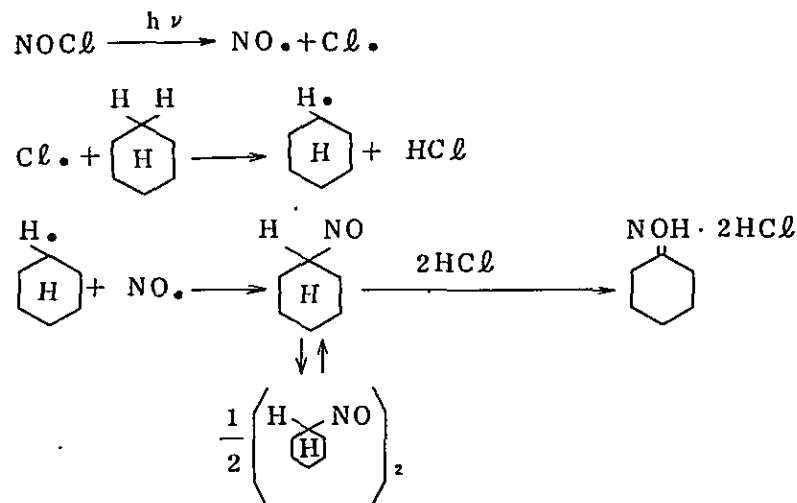
PNC法は東レ(株)が開発したカプロラクタム製法であり、シクロヘキサンの光ニトロソ化(Photonitrosation of Cyclohexane)により1段階でシクロヘキサノンオキシムを製造することができる。同社では1963年40 t/d, 1966年140 t/d, 1968年255 t/d, 1971年には380 t/dと設備を拡張し、フェノール法およびシクロヘキサン空気酸化法のいわゆるシクロヘキサノンを経る従来の設備を全面的にPNC法に切り替え、現有能力150 10³ t/yまで設備を拡張した。

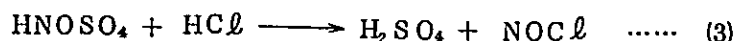
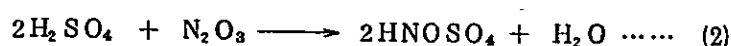
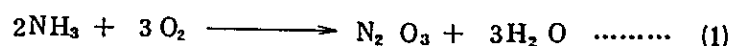
3-2-1 PNC法の化学反応

本プロセスの中心は光ニトロソ化反応によるシクロヘキサノンオキシムの合成工程である。

塩化ニトロシルが光によって塩素ラジカルと酸化窒素ラジカルに解離する。この反応の光源として波長400~600 mμの大出力ランプ(40~60 KW)が使用される。塩素ラジカルはシクロヘキサンから水素を引き抜き、塩化水素とシクロヘキシルラジカルとなる。シクロヘキシルラジカルは酸化窒素と結合してニトロソシクロヘキサンとなるが、ニトロソシクロヘキサンは光反応条件では不安定であり、2量化してビスニトロソシクロヘキサンに変わるか、あるいは塩化水素が存在する場合には容易にオキシム塩酸塩に異性化する。

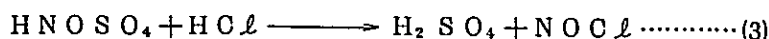
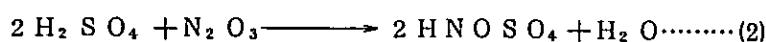
このオキシム塩酸塩はシクロヘキサンに不溶の油状の液体で、反応槽内で沈降して分離される。





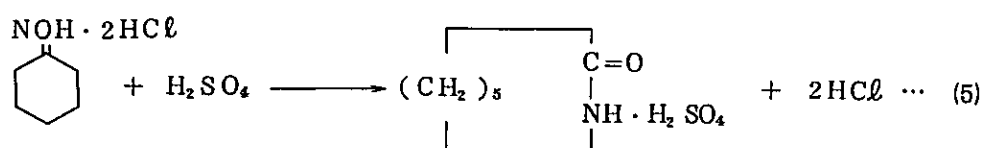
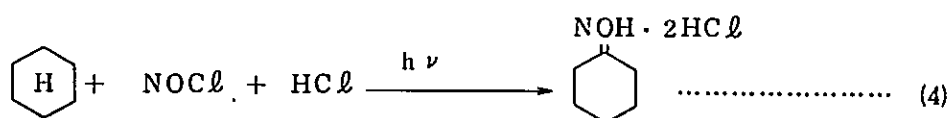
PNO法の特徴として、つぎの諸点をあげることができる。

(1) 空気酸化法ではシクロヘキサノンオキシム中の窒素の導入に比較的高いコストのヒドロキシルアミンを用いるのに対して、PNO法では安価な塩化ニトロシルを用いてシクロヘキサノンオキシムを得ている。塩化ニトロシルの合成については種々のルートが考えられるが、次に示す反応によるプロセスが最も合理的なものの1つである。



式(2)の反応で生成するH₂Oは減圧加熱によって除去できるので硫酸の再使用が可能である。

(2) シクロヘキサノンを経由せずシクロヘキサンから光反応によって一挙にオキシムを製造することである。シクロヘキサンの酸化工程がないため空気酸化法より収率はよい。



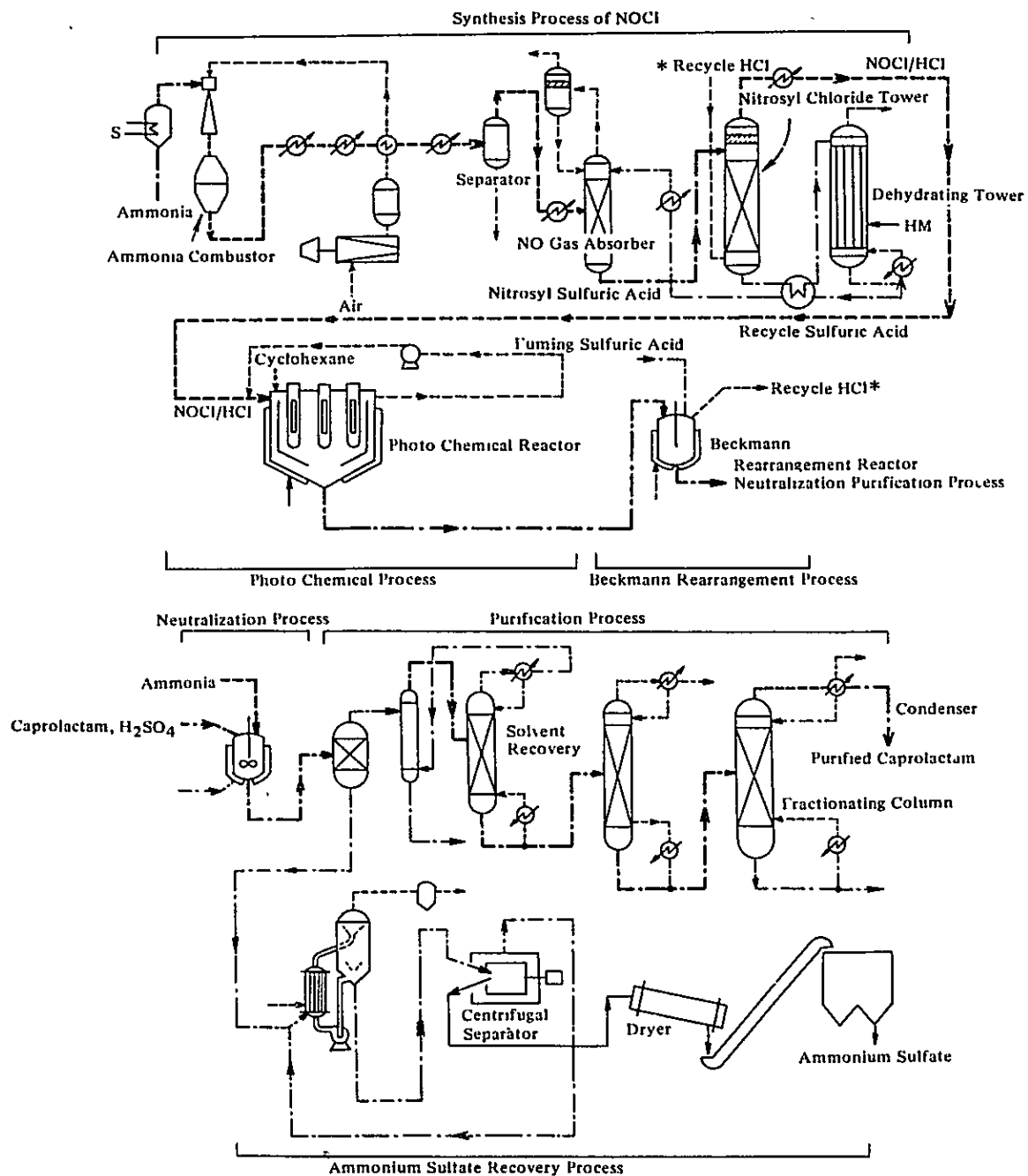
(3) 式(5)の反応は通常行なわれているベックマン転位反応とほぼ同じであるが、塩化水素ガスの発生があるため、反応熱は通常の場合の半分近くになり熱の除去を容易にしている。塩化水素ガスはガス状で回収される。この反応で得られるのはカプロラクタム硫酸塩であって、これ以後の硫酸の分離およびカプロラクタム精製に関してはシクロヘキサノン工程を経由する方法と本質的に大きな差はない。

PNO法においてはベックマン転位後の中和時以外は硫酸が発生しないため副生硫酸量が1.7 kg/kgカプロラクタムと少なくこのプロセスを有利にしている。

3-2-2 PNO法のプロセスフロー

プロセス概略を図X-9に示す。

アンモニアから塩化ニトロシルまでの反応は式(1)から(3)に示したとおりである。アンモニアは白金ネット触媒でほぼ定量的に酸化される。式(2)のニトロシル硫酸生成反応もほぼ定量的に進行する。ここでアンモニア酸化で生ずる空気中の窒素などの不活性ガスの除去も行なわれる。



Source . Process Handbook
(The Japan Petrochemical Institute)

図 X-9 PNC法プロセスフローシート

式(3)の反応は充填塔で向流接触によって行なわれる。ここで廃酸は脱水塔で脱水し、ニトロシル硫酸製造工程へリサイクルする。得られた塩化ニトロシルと塩化水素の混合ガスはブローアにより光反応装置へ送られる。

光反応槽は、内部に冷却を兼ねた仕切板を設けたものである。光源は冷却外管と共に液中に浸せきし、供給する NOCl・HCl の混合ガスは仕切板の外側から吹込みノズルを通して供給される。副反応をおさえるため反応温度はジャケットおよび仕切内部に冷媒を通すことにより 10 ~

20℃ に保たれる。反応生成物はシクロヘキサノンオキシムの2モル塩酸塩であってシクロヘキサノンには不溶であるため、油状の液体となって反応槽下部に沈降し、連続的に取り出される。

光反応槽はガラスライニングまたはチタンが材質として用いられ、1基当たりの能力はランプ挿入本数によって変えられるわけであるが、経済性を考えると10～50 t/d となる。

光反応で生成するシクロヘキサノンオキシム2モル塩酸塩は連続的にベックマン転位反応槽に送られ、カプロラクタム硫酸溶液となる。

なお、PNC法ではベックマン転位工程において塩化水素が放出されるため、シクロヘキサノンオキシム単独の場合より反応熱が小さく、反応温度の制御が容易である。

反応は定量的でHClもほぼ完全に回収され循環使用される。

転位反応液はアンモニアで中和しカプロラクタム相と硫酸相とに分かれるので、分液することによって粗カプロラクタム水溶液を得る。硫酸はやはり水溶液で得られ、濃縮、晶析などによって結晶硫酸として回収される。

PNC法における原料原単位および用役原単位を表X-9に示す。

3-3 BASF法およびNew Inventa法

BASF法もNew Inventa法も直接酸化法、NO-Reduction法を採用しており基本的には差はない。両者の差は触媒、反応条件、装置などにあると考えられるので以下BASF法を例として説明する。

BASF法はシクロヘキサノンの直接酸化法で有名なプロセスである。ヒドロキシルアミンの製法はNO-Reduction法である。

3-3-1 プロセスの説明(フローシートは図X-10参照)

(1) シクロヘキサノンの製造

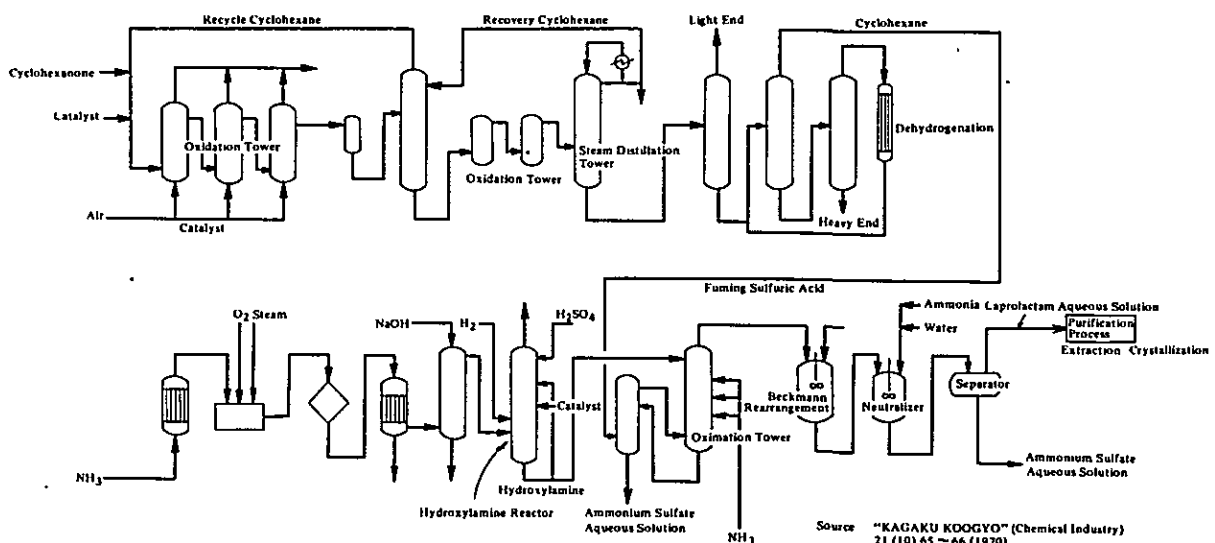


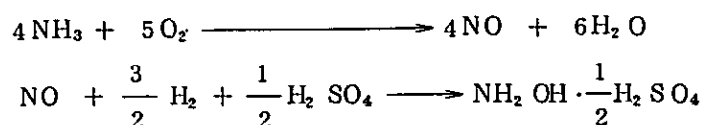
図 X-10 BASF法プロセスフローシート

基本的にはシクロヘキサンの直接酸化法であるから DSM 法などと大差はない。以下 DSM 法との相違を述べる。シクロヘキサンは多段空気酸化によりシクロヘキサノン、シクロヘキサノールおよび副生物を生成する。触媒としてはナフテン酸コバルトを触媒としていると思われる（BASF 社でも硼素または硼酸を触媒としたプロセスを採用しているとも言われる）。反応条件は 140℃、圧力 2.5 気圧とされている。次に BASF 法では空気酸化後の酸を除去するため、3 つの反応器のそれぞれをダウンストリームにより洗浄する。反応器を出た KA Oil は分解塔を経由して回収塔でシクロヘキサンを分離し、このシクロヘキサンは反応系へリターンする。回収塔を出た混合油は鹼化器を通りエステルは鹼化される。さらに、水蒸気蒸留によりシクロヘキサンを回収し、低沸物を除去後シクロヘキサノンとシクロヘキサノールが分離されシクロヘキサノールは不純物除去後脱水塔でシクロヘキサノンに転化され、前工程のシクロヘキサノン蒸留塔からシクロヘキサノンのメインフローに入る。

(2) ヒドロキシルアミンの製法

この製法は従来の Raschig 法に比べて副生硫酸が $\frac{1}{2}$ に減少する NO-Reduction 法である。すなわち、水蒸気存在のもとにアンモニアを純酸素で酸化して NO とし、つぎに硫酸溶液（濃度 96~98% で高純度のものが要求される）中に白金を触媒として水素で還元してヒドロキシルアミン硫酸塩を得る。

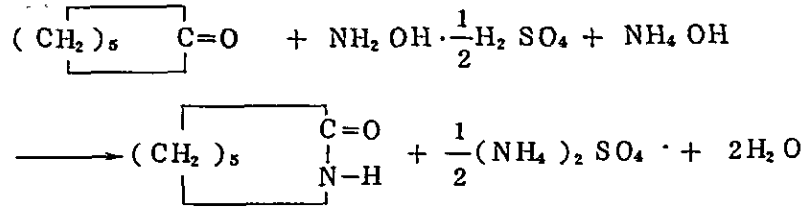
主反応は以下の通りである。



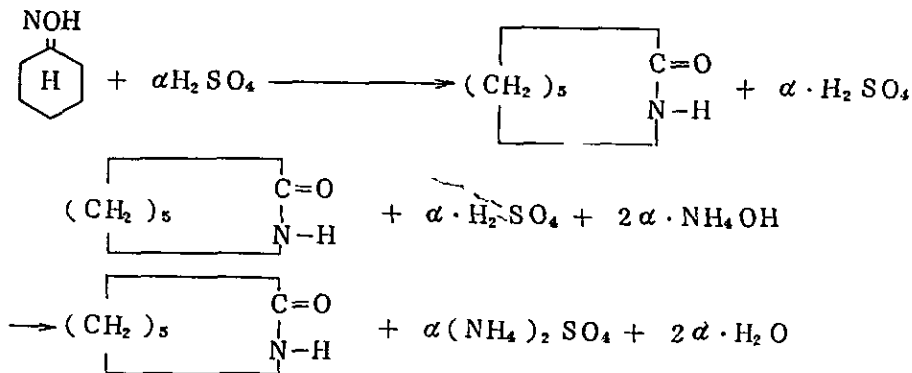
この方法は純度の高い酸素および硫酸を使う必要がある。アンモニア酸化は Raschig 法においては空気で行ない N_2O_3 を得ていたがここでは純酸素によって行なう。これは NO のみを得ようとするれば化学量論的な量の酸素を供給する必要があり、純酸素を用いなければ反応が完結しないためであるが、他方酸素とアンモニアだけでは爆発範囲に入ってしまうため、水蒸気を一定割合で共存させる必要がある。触媒としては白金ネットが使用される。反応は 70℃ 以上の高温で行なわれ大きな発熱を伴う。副反応物として硝酸が回収される。NO の還元は白金を触媒として硫酸溶液中で、たとえば 60% の水素と 40% の NO との混合ガスを塔式反応器で反応させヒドロキシルアミン硫酸塩を得る。反応温度は約 75℃ で収率は 87~90% といわれている。

(3) オキシムからカプロラクタム

シクロヘキサノンは硫酸ヒドロキシルアミンによりオキシム反応槽でオキシム化される。この際硫酸はアンモニアと反応して硫酸を生成する。



したがって、BASF法ではこの工程でシクロヘキサノンオキシム1モルに対し副生硫酸は $\frac{1}{2}$ モル生成し、従来のRaschig法に比較して $\frac{1}{2}$ になる。この硫酸は水溶液となって硫酸精製工程に送られる。主生成物のシクロヘキサノンオキシムは転位槽で発煙硫酸のもとでベックマン転位し、 ϵ カプロラクタムが生成する。



(4) カプロラクタム精製

カプロラクタムの精製は抽出と晶析等により得られ、他の製法と大差はない。

BASF法の原料原単位を表X-7に示す。

3-4 各プロセスの原単位比較

原単位は各プロセスによって異なるが各々について経済計算を行なうのは困難であるので、代表例をつくり以後それを基礎として経済計算を行なう。選定したプロセスについて原単位の比較を行ない表X-13に示す。シクロヘキサンの原単位はPNC法が0.908で明らかに小さい。

これはPNC法にはシクロヘキサンの酸化工程がないからである。

硫酸、アンモニアの原単位は、当然のことながら副生硫酸の量が少ないものほど小さい。水素の使用量は新DSM法がBASF法、New Inventa法の約2倍あるが、これはヒドロキシルアミンの製造工程で多くの水素が必要となるからである。BASF法、New Inventa法ではヒドロキシルアミン製造工程において酸素を使用する。これら以外にも触媒や化学薬品が必要である。

これらを取りまとめた代表的な原単位を同じく表X-13に示す。硫酸については副生量の最も少ない1.7の値をとった。また用役については新DSM法、New Inventa法を参考にして電力、蒸気等をまとめて燃料の原単位として示した。

表 X-13 カプロラクタム・プロセスの原単位比較

		New DSM ¹⁾	PNC	BASF	New Inventa	Standard Case
Raw Materials						
Cyclohexane	kg	(1.06) ²⁾	0.908	1.150	1.01	1.0
Ammonia	kg	0.805	0.649	0.953	0.96	0.688
Sulfuric Acid	kg	1.368	1.279	1.97	2.05	1.282
Hydrogen	m ³	(0.914) ³⁾		0.467	0.47	
Oxygen	m ³			0.559	0.38	
Catalysts & Chemicals	USc					5
By Product						
Ammonium Sulfate	kg	-1.8	-1.7	-2.7	-2.6	-1.7
Utilities						
Electricity	kwh	(0.45) ⁴⁾	4.05		0.9	
Steam	kg	(12.65) ⁴⁾			12	
Cooling Water	m ³	(1.62) ⁴⁾			0.14	
Fuel	10 ³ kcal	(0.47) ⁴⁾			3	1.38 kg

Notes: 1) As no data are available concerning New DSM from cyclohexane, the above data are estimated from the data of Old DSM and New DSM from benzene or cyclohexane.

2) Data for Old DSM

3) When caprolactam is produced from benzene hydrogen consumption is reported to be 1.814 m³ and 0.9 m³ is consumed to hydrogenation of benzene. Hydrogen consumption from cyclohexane is estimated at 0.914 m³.

4) Data when benzene is used as raw materials.

PNC法は光反応に約4KWHの電力を使用するため、標準原単位で示した燃料1.38kgでは明らかに不足である。またランプの交換の費用もかかる。しかし、シクロヘキサン原単位が少ないこと、シクロヘキサンの酸化工程を持たないこと、比較的面倒なヒドロキシルアミンを製造せず、代わりに、製造の簡単な塩化ニトロシルを製造していること等を考え、製造原価全体としては相殺されるものと考えた。

4. プラントの建設、運転

4-1 建設のスケジュール

1977年中頃にプラントの建設を終了し、試運転を開始することを目標にした暫定スケジュールを図X-11に示す。

Year	1974					1975					1976					1977															
Month	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Preparation of Design Criteria and Bid Specification	■																														
Selection of Bidders and Notice to Bidders		■																													
Preparation of Bids by Contractors			■	■	■	■																									
Bid Evaluation							■																								
Negotiation and Award of Contractor(s)								■																							
Design and Engineering									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Ordering Machineries, Equipment and Materials										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Shipment and Delivery of Machl., Equip., and Matl											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Field Construction Works												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Start Up and Commissioning																															

図 X-11 カプロラクタム 60,000 t/y 工場建設 暫定スケジュール

4-2 建設費の見積り

建設費の見積り範囲およびその内容については調査方法の項に詳細に説明した。

カプロラクタムプラントを1977年中頃にインドネシアに建設する場合の投資額明細を表X-14, 15に示す。総投資額はカプロラクタム 60 10³ t/y で 124 10⁶ US\$, 40 10³ t/y で 95 10⁶ US\$ である。

表 X-14 投資額推定(1977年)ケース1

Case 1 Caprolactam 60,000 t/y

(Base Year 1971)

	Rupiah (10 ⁶)			U.S.\$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	7,698	-	7,698	18,549	-	18,549
Utilities Plant & Facilities	4,001	-	4,001	9,642	-	9,642
Auxiliary & Off-Site	1,541	-	1,541	3,714	-	3,714
Sub-Total	13,240	-	13,240	31,905	-	31,905
2. Construction Costs						
Installation	1,273	748	2,021	3,067	1,803	4,870
Civil Works	1,258	1,537	2,795	3,030	3,702	6,732
Office Bldg. & Housing Colony	272	759	1,031	656	1,828	2,484
Sub-Total	2,803	3,044	5,847	6,753	7,333	14,086
3. Transportation	3,575	-	3,575	8,614	-	8,614
4. Plant Cost	19,618	3,044	22,662	47,272	7,333	54,605
5. Escalation & Contingency	13,384	2,076	15,460	32,250	5,003	37,253
6. Total Plant Costs	33,002	5,120	38,122	79,522	12,336	91,858
(1. Process Plant)	18,587	1,259	19,846	44,788	3,033	47,821
(2. Auxiliary & Off-Site)	13,957	2,585	16,542	33,631	6,228	39,859
(3. Buildings)	458	1,276	1,734	1,103	3,075	4,178
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	2,789	-	2,789	6,721	-	6,721
8. Pre-Operating Expenses	-	630	630	-	1,518	1,518
9. Land	-	725	725	-	1,747	1,747
10. Interest During Construction	2,774	-	2,774	6,684	-	6,684
11. Working Capital	-	6,375	6,375	-	15,361	15,361
12. Total Capital Requirement	38,565	12,850	51,415	92,927	30,962	123,889

表 X-15 投資額推定(1977年)ケース2

Case 2 Caprolactam 40,000 t/y

(Base Year 1971)

	Rupiah (10 ⁶)			U.S. \$ Equiv. (10 ³)		
	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total	Foreign Exchange Portion	Local Currency Portion	Total
1. Equipment						
Plant	5,812	-	5,812	14,003	-	14,003
Utilities Plant & Facilities	3,194	-	3,194	7,697	-	7,697
Auxiliary & Off-Site	1,160	-	1,160	2,794	-	2,794
Sub-Total	10,166	-	10,166	24,494	-	24,494
2. Construction Costs						
Installation	1,003	578	1,581	2,417	1,392	3,809
Civil Works	1,035	1,266	2,301	2,494	3,050	5,544
Office Bldg. & Housing Colony	219	705	924	528	1,700	2,228
Sub-Total	2,257	2,549	4,806	5,439	6,142	11,581
3. Transportation	2,745	-	2,745	6,614	-	6,614
4. Plant Cost	15,168	2,549	17,717	36,547	6,142	42,689
5. Escalation & Contingency	10,347	1,738	12,085	24,933	4,189	29,122
6. Total Plant Costs	25,515	4,287	29,802	61,480	10,331	71,811
(1. Process Plant)	14,102	972	15,074	33,980	2,342	36,322
(2. Auxiliary & Off-Site)	11,044	2,129	13,173	26,611	5,131	31,742
(3. Buildings)	369	1,186	1,555	889	2,858	3,747
7. Royalty, Eng. Fee, Technical Exp.	2,099	-	2,099	5,056	-	5,056
8. Pre-Operating Expenses	-	420	420	-	1,013	1,013
9. Land	-	591	591	-	1,425	1,425
10. Interest During Construction	2,160	-	2,160	5,204	-	5,204
11. Working Capital	-	4,501	4,501	-	10,846	10,846
12. Total Capital Requirement	29,774	9,799	39,573	71,740	23,615	95,355

なお見積りは1971年インドネシアに建設した場合を想定し、これに Escalation and Contingencyを加えて1976年の Total Plant Costを求めた。なお Transportationには日本からインドネシアへの運賃、保険を含む。Total Plant Cost に建設中金利、技術料、土地代、運転資金を加えて1977年時点での総投資額とした。これら各項目の算出方法については調査方法の項で詳細に説明してある。

建設費の見積りについても各プロセスにより若干の相違は生じるであろうが、ここでは平均的な値を算出した。建設費の変化がプロジェクトの経済性に与える影響については、経済性評価の項で感度分析でとらえてある。

4-3 人 員

操業のため必要とされる直接および間接人員を表 X-16 に示す。合計の必要人員は 60 10³ t/y で 400 人、40 10³ t/y で 349 人である。

表 X-16 カプロラクタム・プラント必要人員(直接,間接,計)
(person)

	60,000 t/y	40,000 t/y
Works Manager	1	1
Manager	2	2
Unit Superintendent	7	7
Section Superintendent	32	27
Foreman	40	35
Operator	236	205
Labourer	82	72
Total	400	349

4-4 運転指導

プラントの運転のため Unit Superintendent 1, Section Superintendent 14, Foreman 19 計 34 人一年程度の外国人経験者による指導が必要であろう。

4-5 工場配置

60 10³ t/y カプロラクタムプラントの工場配置図を図 X-12 に示す。社宅等を除いた総面積は 143,100 m² である。

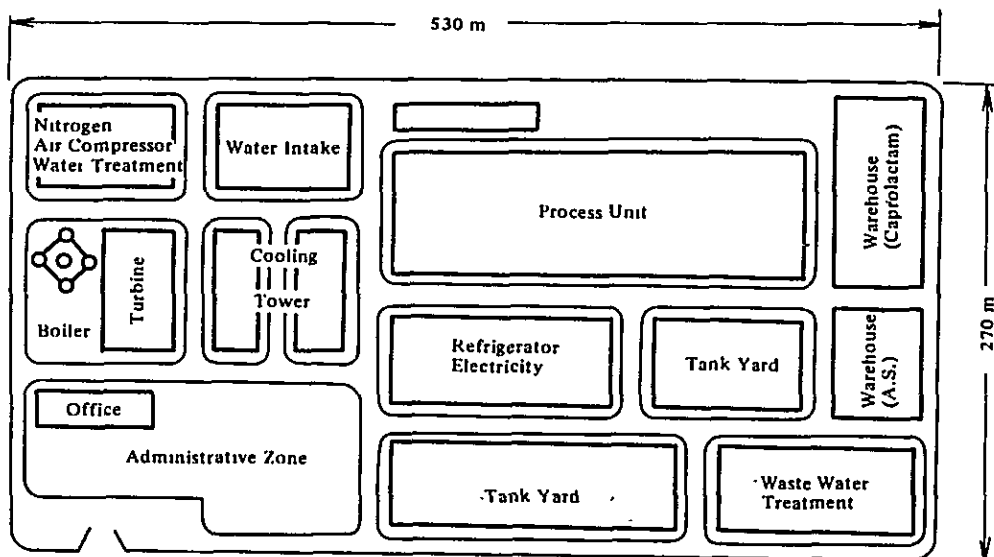


図 X-12 60,000 t/y カプロラクタム工場配置図

5. 経済性評価

5-1 生産量、稼働率

1977年7月に試運転開始とし、3か月の試運転期間を含めて、初年度の生産量をフル能力の $\frac{1}{4}$ とする。2年目以降は、フル能力の生産が行なわれるものとした。

5-2 国内向出荷量、輸出量

国内需要量は先に示した通りである。この値と生産量から国内向出荷量を求め、残りを輸出にまわすとした。これらの結果をまとめて表X-17, 18に示す。1977年については、国内需要量は $26 \times 10^3 \text{ t/y}$ であるが、生産開始は1977年7月であるため、7月以降の需要量に対してだけ生産品を供給できることになる。したがって、国内需要量は $13 \times 10^3 \text{ t/y}$ とみる。1982年以降の需要量は、1980年と1981年の間の増加量をそのまま使用した。

カプロラクタム $60 \times 10^3 \text{ t/y}$ と $40 \times 10^3 \text{ t/y}$ の場合を比較すると、前者は輸出比率が大きく1978年で45%、1979年 32%、1980年 18%であるが、後者の場合は、1979年からは全量国内消費にまわり、以後輸入するか新たにプラントを建設しなければならなくなる。

表 X-17 カプロラクタムの生産量と国内・輸出出荷量

(60,000 t/y)

(10^3 t/y)

	Production	Domestic Demand	Consumption		
			Domestic	Export	Total
1977	15	26	13	2	15
78	60	33	33	27	60
79	60	41	41	19	60
80	60	49	49	11	60
81	60	51	51	9	60
82	60	(53)	(53)	7	60
83	60	(55)	(55)	5	60
84	60	(57)	(57)	3	60
85	60	(59)	(59)	1	60
86	60	(61)	(60)	0	60

表 X-18 カプロラクタムの生産量と国内・輸出出荷量

(40,000 t/y)

(10³ t/y)

	Production	Domestic Demand	Consumption		
			Domestic	Export	Total
1977	10	26	10	0	10
78	40	33	33	7	40
79	40	41	40	0	40
80	40	49	40	0	40
81	40	51	40	0	40
82	40	(53)	40	0	40
83	40	(55)	40	0	40
84	40	(57)	40	0	40
85	40	(59)	40	0	40
86	40	(61)	40	0	40

5-3 製造原価計算

表 X-13 に示した標準原単位と、表 X-14, 15 に示した投資額および価格予測の項でまとめた1977年の価格を使用して、平均的な製造原価の試算を行った。60 10³ t/y, 40 10³ t/y の各々のケースの製造原価を表 X-19, 20 に示す。

60 10³ t/y の金利支払後製造原価は 88 US\$/kg, 40 10³ t/y の場合は 93.6 US\$/kg であり 5.6 US\$/kg の差がある。

さらに、60 10³ t/y, 40 10³ t/y の場合について、比例費、Total Plant Cost、硫安価格が±20% 変化したときの製造原価の変化を図 X-13, 14 に示す。

製造原価に与える影響は比例費が最も大きく、比例費10%の変化は Total Plant Cost 20%の変化に相当する。

さらに、硫安の副生量を 1.6 kg から 4.5 kg まで変えたときの比例費は、表 X-21 に示すようにほとんど変わらない。しかし現実には、設備を変えずに硫安の副生量をこれだけ大幅に変えることは不可能である。したがって、比例費は変わらなくとも、設備費、倉庫、袋詰機等、固定費は増加する。また硫安の副生量が多くなると、硫安価格の変動がカプロラクタムの製造原価に著しく大きな影響を与える(図 X-13 参照)。硫安価格は建設費、原料費に比較してはるかに変動が大きいものであり、副生硫安が多いということは、企業の安定性という面から好ましくないことである。

表 X-19 カプロラクタム製造原価 (60,000 t/y)

表 X-19-1 カプロラクタム製造原価

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US¢/kg)	Unit Cost (US¢/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
Cyclohexane	1.0	30.5	30.50
Sulfuric Acid	1.282	4.5	5.76
Ammonia	0.688	15.0	10.32
Catalysts and Chemicals			5.00
Ammonium Sulfate	1.7	-7.3	-12.41
Total Raw Material Costs			39.17
Utility			
Fuel	1.38	8.3	11.45
Total Utility Costs			11.45
Total Variable Costs			50.63
Fixed Costs			
Wages			1.22
Depreciation			
Battery Limits			7.97
Off-Site			4.42
Building			0.23
Royalty, Eng. Fee			2.24
Pre-Operating Expenses			0.50
Int. During Construction			2.22
Total Depreciation			17.60
Repairs and Insurance			6.12
Taxes			0
Plant Overhead Costs			1.22
Total Fixed Costs			26.17
Running Royalty			0
Factory Costs			76.80
Selling Expenses			1.40
General Administrative Exp.			2.30
Total Product. Cost Before Int.			80.50
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			4.38
Int. on Working Capital			3.07
Total Interest			7.46
Total Product. Cost Including Int.			87.97

Working Capital (10³ US\$) 15,361

Total Investment Cost *(10³ US\$) 123,889

* Including Land Price & Working Capital

表 X-19-2 年間製造原価

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	15	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Variable Costs										
Raw Materials										
Cyclohexane	4,575	19,581	20,951	22,418	23,987	25,666	27,463	29,385	31,442	33,643
Sulfuric Acid	865	3,703	3,962	4,240	4,537	4,854	5,194	5,558	5,947	6,363
Ammonia	1,548	6,625	7,089	7,585	8,116	8,684	9,292	9,942	10,639	11,383
Catalysts and Chemicals	750	3,210	3,434	3,675	3,932	4,207	4,502	4,817	5,154	5,515
Ammonium Sulfate	-1,861	-7,967	-8,524	-9,121	-9,760	-10,443	-11,174	-11,956	-12,793	-13,689
Total Raw Material Costs	5,876	25,152	26,913	28,797	30,813	32,970	35,278	37,747	40,390	43,217
Utility										
Fuel	1,718	7,353	7,868	8,418	9,008	9,638	10,313	11,035	11,808	12,634
Total Utility Costs	1,718	7,353	7,868	8,418	9,008	9,638	10,313	11,035	11,808	12,634
Total Variable Costs	7,594	32,506	34,781	37,216	39,821	42,609	45,591	48,783	52,198	55,852
Wages	733	784	839	897	960	1,028	1,100	1,177	1,259	1,347
Depreciation										
Battery Limits	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782	4,782
Off-Site	2,657	2,657	2,657	2,657	2,657	2,657	2,657	2,657	2,657	2,657
Building	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
Royalty, Eng. Fee	1,344	1,344	1,344	1,344	1,344	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	303	303	303	303	303	0	0	0	0	0
Int. During Construction	1,336	1,336	1,336	1,336	1,336	0	0	0	0	0
Total Depreciation	10,563	10,563	10,563	10,563	10,563	7,578	7,578	7,578	7,578	7,578
Repairs and Insurance	3,674	3,674	3,674	3,674	3,674	3,674	3,674	3,674	3,674	3,674
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	733	784	839	897	960	1,028	1,100	1,177	1,259	1,347
Total Fixed Costs	15,703	15,806	15,916	16,033	16,159	13,309	13,453	13,607	13,771	13,948
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	23,298	48,312	50,697	53,250	55,981	55,918	59,044	62,390	65,969	69,800
Selling Expenses	210	898	961	1,029	1,101	1,178	1,260	1,348	1,443	1,544
General Administrative Exp.	698	1,449	1,520	1,597	1,679	1,677	1,771	1,871	1,979	2,094
Total Product. Cost Before Int.	24,207	50,660	53,180	55,876	58,761	58,774	62,076	65,611	69,392	73,438
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	5,267	5,267	5,267	5,267	4,514	3,762	3,009	2,257	1,504	752
Int. on Working Capital	1,843	1,228	614	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	7,110	6,496	5,881	5,267	4,514	3,762	3,009	2,257	1,504	752
Total Product. Cost Including Int.	31,318	57,156	59,062	61,143	63,276	62,536	65,086	67,868	70,897	74,191
(Unit Production Cost) (US\$/kg)	208.78	95.26	98.43	101.90	105.46	104.22	108.47	113.11	118.16	123.65

表 X-19-3 kg 当り製造原価

Plant Life (Years) Year	(US\$/kg)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	15	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Variable Costs										
Raw Materials										
Cyclohexane	30.50	32.63	34.91	37.36	39.97	42.77	45.77	48.97	52.40	56.07
Sulfuric Acid	5.76	6.17	6.60	7.06	7.56	8.09	8.65	9.26	9.91	10.60
Ammonia	10.32	11.04	11.81	12.64	13.52	14.47	15.48	16.57	17.73	18.97
Catalysts and Chemicals	5.00	5.35	5.72	6.12	6.55	7.01	7.50	8.02	8.59	9.19
Ammonium Sulfate	-12.41	-13.27	-14.20	-15.20	-16.26	-17.40	-18.62	-19.92	-21.32	-22.81
Total Raw Material Costs	39.17	41.92	44.85	47.99	51.35	54.95	58.79	62.91	67.31	72.02
Utility										
Fuel	11.45	12.25	13.11	14.03	15.01	16.06	17.18	18.39	19.68	21.05
Total Utility Costs	11.45	12.25	13.11	14.03	15.01	16.06	17.18	18.39	19.68	21.05
Total Variable Costs	50.63	54.17	57.96	62.02	66.36	71.01	75.98	81.30	86.99	93.08
Wages	4.88	1.30	1.39	1.49	1.60	1.71	1.83	1.96	2.09	2.24
Depreciation										
Battery Limits	31.88	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97	7.97
Off-Site	17.71	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42	4.42
Building	0.92	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Royalty, Eng. Fee	8.96	2.24	2.24	2.24	2.24	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	2.02	0.50	0.50	0.50	0.50	0	0	0	0	0
Int. During Construction	8.91	2.22	2.22	2.22	2.22	0	0	0	0	0
Total Depreciation	70.42	17.60	17.60	17.60	17.60	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63
Repairs and Insurance	24.49	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	4.88	1.30	1.39	1.49	1.60	1.71	1.83	1.96	2.09	2.24
Total Fixed Costs	104.69	26.34	26.52	26.72	26.93	22.18	22.42	22.67	22.95	23.24
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	155.32	80.52	84.49	88.75	93.30	93.19	98.40	103.98	109.94	116.33
Selling Expenses	1.40	1.49	1.60	1.71	1.83	1.96	2.10	2.24	2.40	2.57
General Administrative Exp.	4.65	2.41	2.53	2.66	2.79	2.79	2.95	3.11	3.29	3.49
Total Product. Cost Before Int.	161.38	84.43	88.63	93.12	97.93	97.95	103.46	109.35	115.65	122.39
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	35.11	8.77	8.77	8.77	7.52	6.27	5.01	3.76	2.50	1.25
Int. on Working Capital	12.28	2.04	1.02	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	47.40	10.82	9.80	8.77	7.52	6.27	5.01	3.76	2.50	1.25
Total Product. Cost Including Int.	208.78	95.26	98.43	101.90	105.46	104.22	108.47	113.11	118.16	123.65

表 X-19-4 売上高

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Domestic										
Sales Price (US\$/kg)	100	107	114	122	131	140	150	160	171	184
Sales Amount (ton)	13,000	33,000	41,000	49,000	51,000	53,000	55,000	57,000	59,000	60,000
Sales Value	13,013	35,345	46,987	60,087	66,917	74,409	82,622	91,621	101,474	110,417
Export										
Sales Price (US\$/kg)	74	79	85	91	97	104	111	119	128	137
Sales Amount (ton)	2,000	27,000	19,000	11,000	9,000	7,000	5,000	3,000	1,000	0
Sales Value	1,492	21,551	16,227	10,052	8,800	7,324	5,597	3,593	1,281	0
Total Sales Value	14,505	56,897	63,215	70,139	75,718	81,733	88,220	95,214	102,756	110,417

表 X-19-5 DCF 計算

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Investment	123,889									
Land	1,747									
Inv. Excl. Land	122,142									
Total Sales Value	14,505	56,897	63,215	70,139	75,718	81,733	88,220	95,214	102,756	110,417
Total Product. Cost*	31,318	57,156	59,062	61,143	63,276	62,536	65,086	67,868	70,897	74,191
Income Before Tax	-16,813	-259	4,153	8,996	12,442	19,197	23,134	27,346	31,859	36,226
Income Tax	0	0	0	0	0	8,638	10,410	12,305	14,336	16,301
Income After Tax	-16,813	-259	4,153	8,996	12,442	10,558	12,723	15,040	17,522	19,924
Depreciation & Int.	17,673	17,059	16,444	15,830	15,078	11,340	10,588	9,835	9,083	8,331
Net Cash Flow (NCF)	860	16,800	20,597	24,826	27,520	21,898	23,311	24,875	26,605	28,255
Salvage Value (SV)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,432
NCF + SV	860	16,800	20,597	24,826	27,520	21,898	23,311	24,875	26,605	59,687
Discount Rate	0.894587 0.800286 0.715925 0.640457 0.572945 0.512549 0.458520 0.410186 0.366947 0.328266.									
Present Value	769	13,444	14,745	15,899	15,767	11,223	10,688	10,203	9,762	19,593.
(Total Present Value)	122,100									
Internal Rate of Return (%)	11.7834									

* Including Interest

表 X-20 カプロラクタム製造原価 (40,000 t/y)

表 X-20-1 カプロラクタム製造原価

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US¢/kg)	Unit Cost (US¢/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
Cyclohexane	1.0	30.5	30.50
Sulfonic Acid	1.282	4.5	5.76
Ammonia	0.688	15.0	10.32
Catalysts and Chemicals			5.00
Ammonium Sulfate	1.7	-7.3	-12.41
Total Raw Material Costs			39.17
Utility			
Fuel	1.38	8.3	11.45
Total Utility Costs			11.45
Total Variable Costs			50.63
Fixed Costs			
Wages			1.60
Depreciation			
Battery Limits			9.08
Off-Site			5.29
Building			0.31
Royalty, Eng. Fee			2.52
Pre-Operating Expenses			0.50
Int. During Construction			2.60
Total Depreciation			20.31
Repairs and Insurance			7.18
Taxes			0
Plant Overhead Costs			1.60
Total Fixed Costs			30.71
Running Royalty			0
Factory Costs			81.34
Selling Expenses			1.40
General Administrative Exp.			2.44
Total Product. Cost Before Int.			85.18
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			5.13
Int. on Working Capital			3.25
Total Interest			8.39
Total Product. Cost Including Int.			93.58

Working Capital (10³ US\$) 10,846

Total Investment Cost *(10³ US\$) 95,355

* Including Land Price & Working Capital

表X-20-2 年間製造原価

Plant Life (Years) Year (Year)	(103 US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	10	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Variable Costs										
Raw Materials-										
Cyclohexane	3,050	13,054	13,967	14,945	15,991	17,111	18,308	19,590	20,961	22,429
Sulfuric Acid	576	2,469	2,641	2,826	3,024	3,236	3,463	3,705	3,964	4,242
Ammonia	1,032	4,416	4,726	5,056	5,410	5,789	6,195	6,628	7,092	7,589
Catalysts and Chemicals	500	2,140	2,289	2,450	2,621	2,805	3,001	3,211	3,436	3,676
Ammonium Sulfate	-1,241	-5,311	-5,683	-6,081	-6,506	-6,962	-7,449	-7,971	-8,529	-9,126
Total Raw Material Costs	3,917	16,768	17,942	19,198	20,542	21,980	23,518	25,165	26,926	28,811
Utility										
Fuel	1,145	4,902	5,245	5,612	6,005	6,425	6,875	7,357	7,872	8,423
Total Utility Costs	1,145	4,902	5,245	5,612	6,005	6,425	6,875	7,357	7,872	8,423
Total Variable Costs	5,063	21,670	23,187	24,811	26,547	28,406	30,394	32,522	34,798	37,234
Wages	643	688	736	787	842	901	964	1,032	1,104	1,182
Depreciation										
Battery Limits	3,632	3,632	3,632	3,632	3,632	3,632	3,632	3,632	3,632	3,632
Off-Site	2,116	2,116	2,116	2,116	2,116	2,116	2,116	2,116	2,116	2,116
Building	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
Rooyal, Eng. Fee	1,011	1,011	1,011	1,011	1,011	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	202	202	202	202	202	0	0	0	0	0
Int. During Construction	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	0	0	0	0	0
Total Depreciation	8,127	8,127	8,127	8,127	8,127	5,873	5,873	5,873	5,873	5,873
Repairs and Insurance	2,872	2,872	2,872	2,872	2,872	2,872	2,872	2,872	2,872	2,872
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	643	688	736	787	842	901	964	1,032	1,104	1,182
Total Fixed Costs	12,286	12,376	12,472	12,575	12,685	10,549	10,675	10,810	10,955	11,109
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	17,349	34,047	35,660	37,386	39,233	38,955	41,070	43,332	45,754	48,344
Selling Expenses	140	599	641	686	734	785	840	899	962	1,029
General Administrative Exp.	520	1,021	1,069	1,121	1,177	1,168	1,232	1,299	1,372	1,450
Total Product. Cost Before Int.	18,010	35,667	37,371	39,194	41,144	40,909	43,142	45,532	48,088	50,824
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	4,110	4,110	4,110	4,110	3,523	2,935	2,348	1,761	1,174	587
Int. on Working Capital	1,301	867	433	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	5,411	4,978	4,544	4,110	3,523	2,935	2,348	1,761	1,174	587
Total Product. Cost Including Int.	23,421	40,645	41,915	43,304	44,668	43,845	45,491	47,293	49,263	51,411
(Unit Production Cost) (US\$/kg)	234.21	101.61	104.78	108.26	111.67	109.61	113.72	118.23	123.15	128.52

表 X-20-3 kg 当り 製造原価

Plant Life (Years) Year	(US\$/kg)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	10	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Variable Costs										
Raw Materials										
Cyclohexane	30.50	32.63	34.91	37.36	39.97	42.77	45.77	48.97	52.40	56.07
Sulfuric Acid	5.76	6.17	6.60	7.06	7.56	8.09	8.65	9.26	9.91	10.60
Ammonia	10.32	11.04	11.81	12.64	13.52	14.47	15.48	16.57	17.73	18.97
Catalysts and Chemicals	5.00	5.35	5.72	6.12	6.55	7.01	7.50	8.02	8.59	9.19
Ammonium Sulfate	-12.41	-13.27	-14.20	-15.20	-16.26	-17.40	-18.62	-19.92	-21.32	-22.81
Total Raw Material Costs	39.17	41.92	44.85	47.99	51.35	54.95	58.79	62.91	67.31	72.02
Utility										
Fuel	11.45	12.25	13.11	14.03	15.01	16.06	17.18	18.39	19.68	21.05
Total Utility Costs	11.45	12.25	13.11	14.03	15.01	16.06	17.18	18.39	19.68	21.05
Total Variable Costs	50.63	54.17	57.96	62.02	66.36	71.01	75.98	81.30	86.99	93.08
Wages	6.43	1.72	1.84	1.96	2.10	2.25	2.41	2.58	2.76	2.95
Depreciation										
Battery Limits	36.32	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08	9.08
Off-Site	21.16	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29
Building	1.24	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Royalty, Eng. Fee	10.11	2.52	2.52	2.52	2.52	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	2.02	0.50	0.50	0.50	0.50	0	0	0	0	0
Int. During Construction	10.40	2.60	2.60	2.60	2.60	0	0	0	0	0
Total Depreciation	81.27	20.31	20.31	20.31	20.31	14.68	14.68	14.68	14.68	14.68
Repairs and Insurance	28.72	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18	7.18
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	6.43	1.72	1.84	1.96	2.10	2.25	2.41	2.58	2.76	2.95
Total Fixed Costs	122.86	30.94	31.18	31.43	31.71	26.37	26.68	27.02	27.38	27.77
Running Royalty	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factory Costs	173.49	85.11	89.15	93.46	98.08	97.38	102.67	108.33	114.38	120.86
Selling Expenses	1.40	1.49	1.60	1.71	1.83	1.96	2.10	2.24	2.40	2.57
General Administrative Exp.	5.20	2.55	2.67	2.80	2.94	2.92	3.08	3.24	3.43	3.62
Total Product. Cost Before Int.	180.10	89.16	93.42	97.98	102.86	102.27	107.85	113.83	120.22	127.06
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	41.10	10.27	10.27	10.27	8.80	7.33	5.87	4.40	2.93	1.46
Int. on Working Capital	13.01	2.16	1.08	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	54.11	12.44	11.36	10.27	8.80	7.33	5.87	4.40	2.93	1.46
Total Product. Cost Including Int.	234.21	101.61	104.78	108.26	111.66	109.61	113.72	118.23	123.15	128.52

表X-20-4 売上高

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Domestic										
Sales Price (US\$/kg)	100	107	114	122	131	140	150	160	171	184
Sales Amount (ton)	10,000	33,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Sales Value	10,010	35,345	45,841	49,050	52,484	56,158	60,089	64,295	68,796	73,611
Export										
Sales Price (US\$/kg)	74	79	85	91	97	104	111	119	128	137
Sales Amount (ton)	0	7,000	0	0	0	0	0	0	0	0
Sales Value	0	5,587	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Sales Value	10,010	40,932	45,841	49,050	52,484	56,158	60,089	64,295	68,796	73,611

表X-20-5 DCF 計算

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	
Investment	95,355									
Land	1,425									
Inv. Excl. Land	93,930									
Total Sales Value	10,010	40,932	45,841	49,050	52,484	56,158	60,089	64,295	68,796	73,611
Total Product. Cost*	23,421	40,645	41,915	43,304	44,668	43,845	45,491	47,293	49,263	51,411
Income Before Tax	13,411	287	3,926	5,746	7,816	12,313	14,598	17,002	19,533	22,200
Income Tax	0	0	0	0	0	5,540	6,569	7,650	8,789	9,990
Income After Tax	13,411	287	3,926	5,746	7,816	6,772	8,028	9,351	10,743	12,210
Depreciation & Int.	13,539	13,105	12,672	12,238	11,650	8,809	8,221	7,634	7,047	6,460
Net Cash Flow (NCF)	128	13,392	16,598	17,984	19,466	15,581	16,249	16,985	17,790	18,670
Salvage Value (SV)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,924
NCF + SV	128	13,392	16,598	17,984	19,466	15,581	16,249	16,985	17,790	42,594
Discount Rate	0.904033	0.817276	0.738844	0.667939	0.603839	0.545890	0.493503	0.446143	0.403328	0.364622
Present Value	115	10,944	12,263	12,012	11,754	8,505	8,019	7,577	7,175	15,530
(Total Present Value)										93,899
Internal Rate of Return (%)										10.6154

* Including Interest

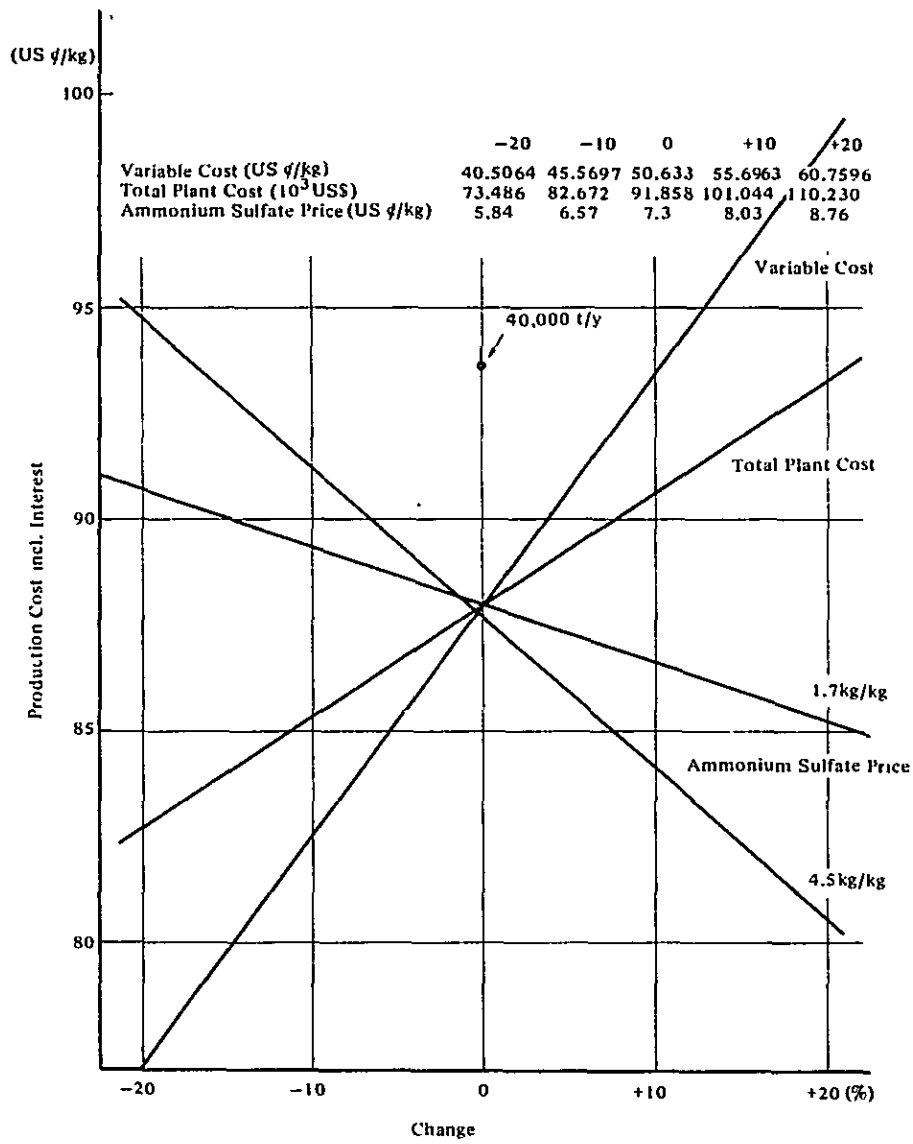


図 X-13 カプロラクタム製造原価の感度分析(60,000 t/y)

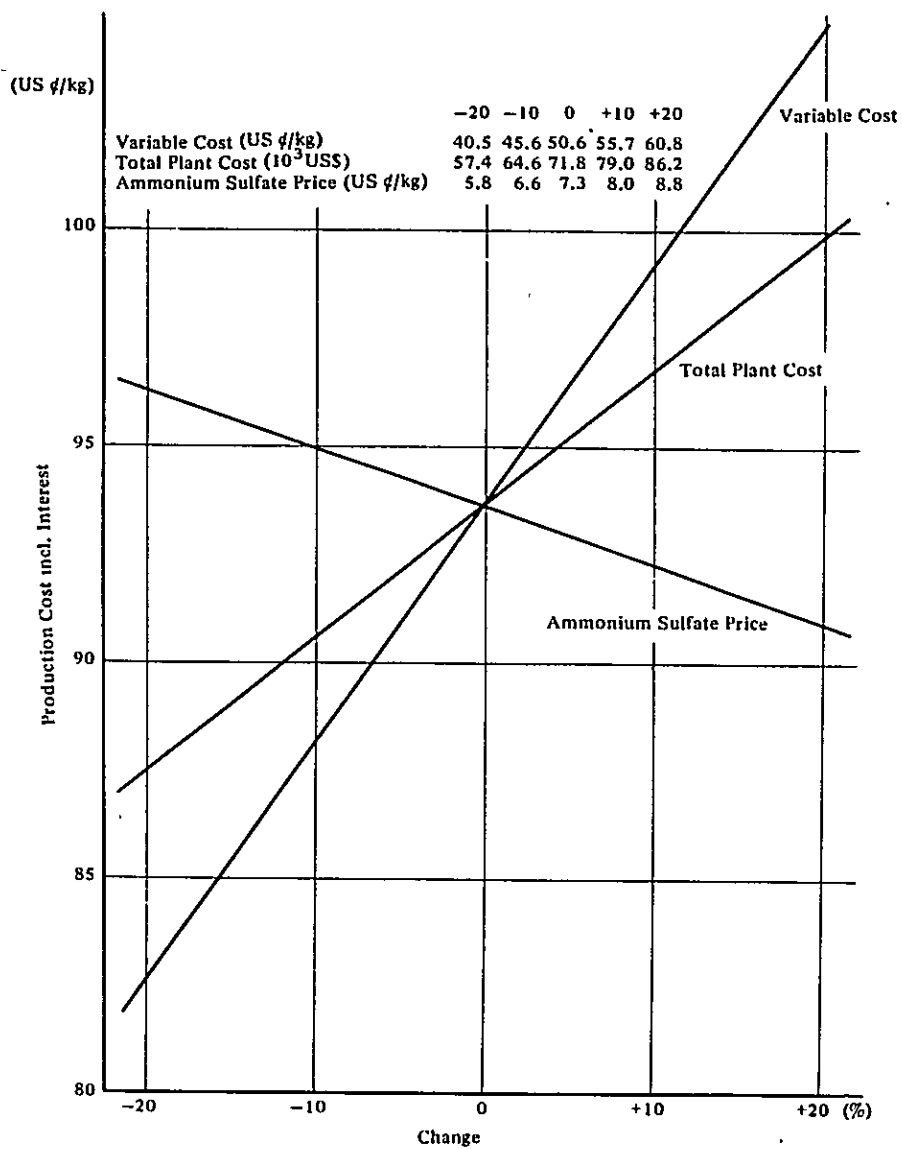


図 X-14 カプロラクタム製造原価の感度分析(40,000t/y)

表 X-21 硫安の副生量とカプロラクタム製造の比例費 (60,000 t/y)

	(/kg Caprolactam)				
By-Produced Ammonium Sulfate (kg)	1.6	1.7	2.0	2.6	4.5
H ₂ SO ₄ Consumption (kg)	1.208	1.282	1.505	1.950	3.361
NH ₃ " (")	0.662	0.688	0.765	0.920	1.409
Variable Cost (US\$/kg)	50.6	50.6	50.6	50.5	50.4

5-4 DCF法による評価

図 X-15, 16 に売値, Total Plant Cost, 比例費, 硫安の価格, 量が, ±20% 変わった場合の IRR の変化を示す。

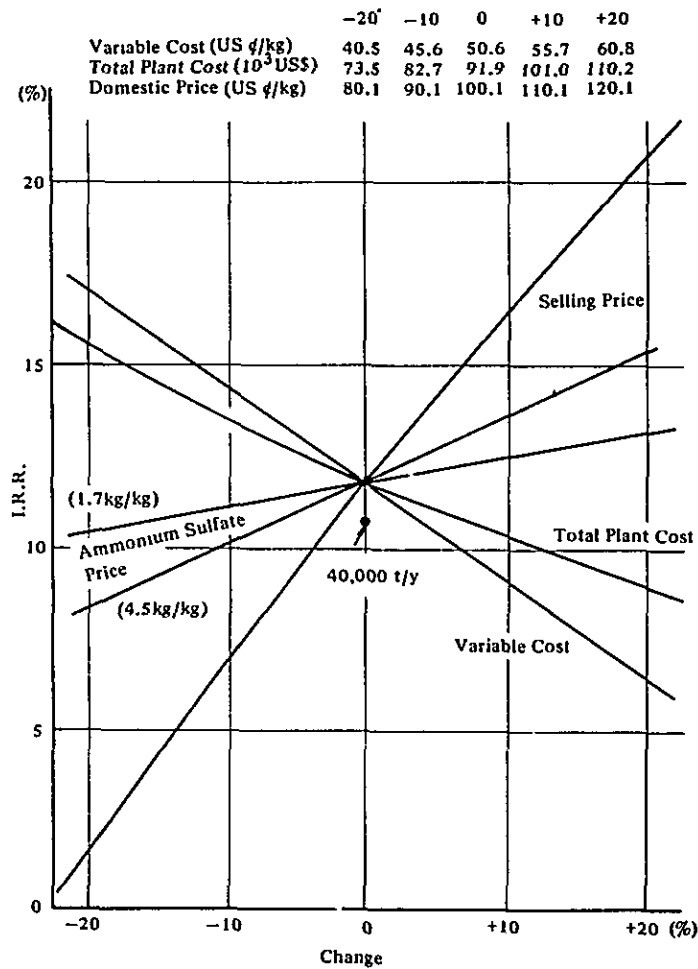


図 X-15 カプロラクタム製造の IRR 感度分析 (60,000 t/y)

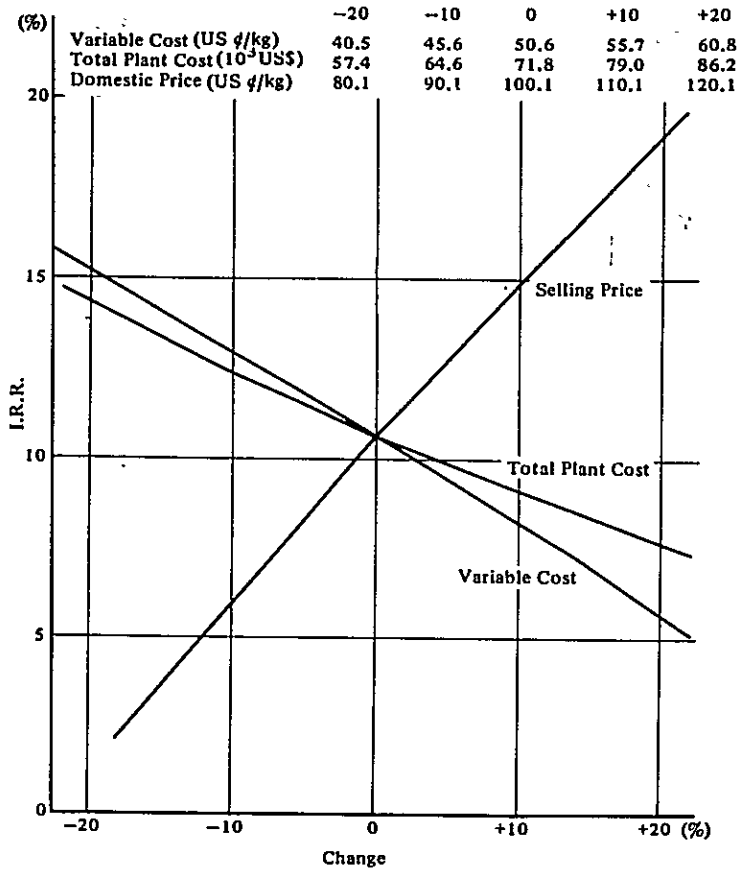


図 X-16 カプロラクタム製造の I R R 感度分析
(40,000 t/y)

標準ケースについてみると、I R R は 60 10³ t/y で 1.8%、40 10³ t/y で 10.6% であり、差はわずかであるが 60 10³ t/y の方が有利である。製造原価においては 40 10³ t/y は 60 10³ t/y に比べ 5.6 US ¢/kg 高かったが、I R R の差が極めて小さくなったのは輸出比率の影響である。60 10³ t/y の場合には国内需要量が生産量に近づくまでかなり輸出をしなければならず、これが I R R を低下させる原因になっている。I R R に最も影響を与えるのは売値であり、次が比例費、次が Total Plant Cost である。

I R R は 60 10³ t/y の場合で、1.8% であり、目標を 15% とすればやや小さい。I R R を 15% にするためには、Total Plant Cost をそのままにして平均売値を 7% 上げるか、または、比例費を 12% 低下させる必要がある。比例費を 12% 低下させることは、原料費を 6 US ¢/kg 低下させることに相当する。硫酸、アンモニア、硫安の価格は互いに相殺するので、これにより比例費を大幅に低下させることは期待できない。したがって、シクロヘキサン価格または燃料価格を低下させて比例費を低下させなければならない。燃料価格を現在は重油で評価しているが、安価な天然ガスを使用すれば燃料費は大幅に低下させることができる。エネルギー換算で天然ガスが重油価格の 1/2 であるとするれば、比例費は 10% 低下し、I R R は 14.5% になる。また、天然ガスを使用する場合には、大量の電力を必要とする P N C 法に特に有利に働く。

硫安価格は感度分析でとりあげた変動要因の中では最も変動の大きいものである。硫安の価格は副生量が1.7の場合はIRRへの影響が比較的少ないが、4.5になるとかなりの影響を持つてくる。したがって、副生硫安が多いということは、企業の安定性という面からさけるべきである。

6. インドネシア国家に対する貢献

ここでは外貨収支および潜在価格を用いてプロジェクトのインドネシア国家に対する貢献度を調べた。その結果を表X-22, 23に示す。

表 X-22 カプロラクタム 60,000 t/y 製造による外貨の節約

	(10 ³ US\$)						
	A	B	C	D	E	F	Present Value
1977	14,767	2,957	5,261	1,865	3,954	4,460	3,878
1978	44,249	8,033	5,261	26,938	16,923	40,970	30,979
1979	55,887	10,679	5,261	20,283	18,108	42,122	27,695
1980	68,938	13,656	5,261	12,565	19,376	43,210	24,705
1981	76,209	15,208	19,995	11,000	20,732	31,274	15,548
1982	84,159	16,911	19,242	9,155	22,183	34,978	15,121
1983	92,849	18,777	18,491	6,996	23,736	38,841	14,601
1984	102,344	20,823	17,740	4,491	25,398	42,874	14,015
1985	112,712	23,062	16,988	1,601	27,176	47,087	13,385
1986	122,316	25,095	16,236	0	29,078	51,907	12,830
Total	774,430	155,201	129,736	94,894	206,664	377,723	172,757

Notes: A: Sales Value of Product

B: Export Value of Raw Materials

C: Repayment of Foreign Loan and Interest on Foreign Loan

D: Export Value of Product

E: Import Value of Sub-Raw Materials

F: $F = A - B - C + D - E$
Yearly Foreign Currency Saving

Present Value $\frac{Fn}{(1+0.15)^n}$

表 X-23 カプロラクタム製造の国家便益の評価

表 X-23-1 カプロラクタム製造原価(60,000 t/y)

	Unit Consumption (kg/kg)	Price (US\$/kg)	Unit Cost (US\$/kg)
Variable Costs			
Raw Materials			
Cyclohexane	1.0	32.0	32.00
Sulfonic Acid	1.282	5.625	7.21
Ammonia	0.688	18.75	12.90
Catalysts and Chemicals			6.25
Ammonium Sulfate	1.7	-10.375	17.63
Total Raw Material Costs			40.72
Utility			
Fuel	1.38	10.375	14.31
Total Utility Costs			14.31
Total Variable Costs			55.04
Fixed Costs			
Wages			0.48
Depreciation			
Battery Limits			9.83
Off-Site			5.36
Building			0.24
Royalty, Eng. Fee			2.80
Pre-Operating Expenses			0.55
Int. During Construction			2.70
Total Depreciation			21.49
Repairs and Insurance			7.44
Taxes			0
Plant Overhead Costs			0.48
Total Fixed Costs			29.92
Running Royalty			0
Factory Costs			84.96
Selling Expenses			1.40
General Administrative Exp.			2.54
Total Product. Cost Before Int.			88.91
Interest			
Int. on Total Inv. Costs			5.33
Int. on Working Capital			3.39
Total Interest			8.73
Total Product. Cost Including Int.			97.64

Working Capital (10³ US\$)

16,993

Total Investment Cost *(10³ US\$)

148,636

* Including Land Price & Working Capital

表 X-23-2 年間製造原価

Plant Life (Years) (Year)	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Stream Factor	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Annual Production (10 ³ ton)	15	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Variable Costs										
Raw Materials										
Cyclohexane	4,800	20,544	21,982	23,520	25,167	26,928	28,814	30,831	32,989	35,298
Sulfuric Acid	1,081	4,629	4,953	5,300	5,671	6,068	6,493	6,947	7,434	7,954
Ammonia	1,935	8,281	8,861	9,481	10,145	10,855	11,615	12,428	13,298	14,229
Catalysts and Chemicals	937	4,012	4,293	4,593	4,915	5,259	5,627	6,021	6,443	6,894
Ammonium Sulfate	-2,645	-11,323	-12,115	-12,964	-13,871	-14,842	-15,881	-16,993	-18,182	-9,455
Total Raw Material Costs	6,108	26,144	27,974	29,933	32,028	34,270	36,669	39,236	41,982	44,921
Utility										
Fuel	2,147	9,191	9,835	10,523	11,260	12,048	12,892	13,794	14,760	15,793
Total Utility Costs	2,147	9,191	9,835	10,523	11,260	12,048	12,892	13,794	14,760	15,793
Total Variable Costs	8,256	35,336	37,810	40,456	43,288	46,318	49,561	53,030	56,742	60,714
Wages										
Depreciation	293	313	335	358	384	410	439	470	503	538
Battery Limits										
Battery Limits	5,901	5,901	5,901	5,901	5,901	5,901	5,901	5,901	5,901	5,901
Off-Site	3,217	3,217	3,217	3,217	3,217	3,217	3,217	3,217	3,217	3,217
Building	148	148	148	148	148	148	148	148	148	148
Royalty, Eng. Fee	1,680	1,680	1,680	1,680	1,680	0	0	0	0	0
Pre-Operating Expenses	330	330	330	330	330	0	0	0	0	0
Int. During Construction	1,621	1,621	1,621	1,621	1,621	0	0	0	0	0
Total Depreciation	12,899	12,899	12,899	12,899	12,899	9,267	9,267	9,267	9,267	9,267
Repairs and Insurance	4,469	4,469	4,469	4,469	4,469	4,469	4,469	4,469	4,469	4,469
Taxes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plant Overhead Costs	293	313	335	358	384	410	439	470	503	538
Total Fixed Costs	17,955	17,996	18,040	18,087	18,137	14,559	14,616	14,678	14,744	14,814
Running Royalty										
Factory Costs	26,211	53,332	55,850	58,543	61,426	60,878	64,178	67,708	71,486	75,529
Selling Expenses	210	898	961	1,029	1,101	1,178	1,260	1,348	1,443	1,544
General Administrative Exp.	786	1,599	1,675	1,756	1,842	1,826	1,925	2,031	2,144	2,265
Total Product. Cost Before Int.	27,207	55,831	58,487	61,329	64,370	63,882	67,364	71,089	75,075	79,339
Interest										
Int. on Total Inv. Costs	6,398	6,398	6,398	6,398	5,484	4,570	3,656	2,742	1,828	914
Int. on Working Capital	2,039	1,359	679	0	0	0	0	0	0	0
Total Interest	8,438	7,758	7,078	6,398	5,484	4,570	3,656	2,742	1,828	914
Total Product. Cost Including Int.	35,646	63,590	65,566	67,728	69,854	68,453	71,020	73,831	76,903	80,253
(Unit Production Cost) US\$/kg	237.64	105.98	109.27	112.88	116.42	114.08	118.36	123.05	128.17	133.75

表X-23-3 売上高

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Domestic										
Sales Price (US\$/kg)	107	115	123	131	141	151	161	173	185	198
Sales Amount (ton)	13,000	33,000	41,000	49,000	51,000	53,000	55,000	57,000	59,000	60,000
Sales Value	14,007	38,046	50,578	64,679	72,031	80,096	88,937	98,623	109,229	118,856
Export										
Sales Price (US\$/kg)	93	99	106	114	122	130	139	149	160	171
Sales Amount (ton)	2,000	27,000	19,000	11,000	9,000	7,000	5,000	3,000	1,000	0
Sales Value	1,865	26,939	20,284	12,565	11,000	9,155	6,997	4,492	1,602	0
Total Sales Value	15,872	64,986	70,863	77,245	83,032	89,251	95,934	103,115	110,831	118,856

表 X-23-4 DCF 計算

Plant Life (Years) Year	(10 ³ US\$/y)									
	1 1977	2 1978	3 1979	4 1980	5 1981	6 1982	7 1983	8 1984	9 1985	10 1986
Investment	148,636									
Land	1,747									
Inv. Excl. Land	146,889									
Total Sales Value	15,872	64,986	70,863	77,245	83,032	89,251	95,934	103,115	110,831	118,856
Total Product. Cost*	35,646	63,590	65,566	67,728	69,854	68,453	71,020	73,831	76,903	80,253
Income Before Tax	-19,774	1,396	5,297	9,517	13,178	20,798	24,914	29,284	33,928	38,603
Income Tax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Income After Tax	-19,774	1,396	5,297	9,517	13,178	20,798	24,914	29,284	33,928	38,603
Depreciation & Int.	21,337	20,658	19,978	19,298	18,384	13,838	12,924	12,010	11,096	10,182
Net Cash Flow (NCF)	1,563	22,054	25,275	28,815	31,562	34,636	37,838	41,294	45,024	48,785
Salvage Value (SV)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36,050
NCF + SV	1,563	22,054	25,275	28,815	31,562	34,636	37,838	41,294	45,024	84,835
Discount Rate	0.873141	0.762375	0.665661	0.581216	0.507484	0.443105	0.386893	0.337812	0.294958	0.257540
Present Value (Total Present Value)	1,364	16,813	16,824	16,747	16,017	15,347	14,639	13,949	13,280	21,848
Internal Rate of Return (%)										146,832
										14,529

* Including Interest

プロジェクトが実施されてから10年間の外貨の節約額は1US\$=519Rpの潜在交換比率を使用して計算した。その結果は表X-22に示すように、カプロラクタムを $60 \cdot 10^3$ t/y製造した場合には、 $378 \cdot 10^6$ US\$, これを15%/yでディスカウントすると $173 \cdot 10^6$ US\$になり、インドネシアの外貨節約に大幅に寄与する。

次に調査方法において述べた方法により519Rp/US\$という交換比率および実賃金の40%の労務費を使用して国民経済的にみた経済性評価を行った。その結果を表X-23に示す。IRRは14.5%であり、ほぼ標準的な目標値を満足している。

なお上記の計算には本プロジェクトが実施された場合の波及効果が含まれていない。今後、合繊原料はかなり不足することが予測されており、このプロジェクトが実現されない場合には、インドネシアの合繊産業の発展を著しく阻害することも予想される。

したがってこのプロジェクトの実現は、インドネシアの合繊産業の発展をより確実にし、インドネシアの第2次5か年計画の1つの目標である「国民の購買力に応じた十分な食糧、衣料の供給」の達成に欠くことのできないものである。

