

第六章

説 備 計 画

1. 製錬工場設備計画

1-1 設備諸元

フェロクロム製錬工場の生産規模については1981年3月スーダン側と取り交したミニッツ(MINUTES)に記載された協定に基づき年間製品生産量7,000トン(6,000KVA×1基以下ケースAと言う)及び15,000トン(14,000KVA×1基以下ケースBと言う)の2案について計画した。表6-1に諸元の主なものを列記した。

設備概要はケースA, ケースBについて表6-1及び図6-2に示す。

1-2 プラントサイト

フェロクロムプラントサイトとして最終的にスーダン側より提示されたのは図6-3及び図6-4に示す個所である。

表6-1 フェロクロム製錬工場諸元

Description	Unit	Case A	Case B
Ferrochrome Production	t	7,000	15,000
Transformer Capacity	KVA	6,000 x 1	4,667 x 3
Primary Voltage of Electricity Received	KV	11	33
Plant Site Area	m ²	50,000 (200m x 250m)	88,000 (220m x 400m)
Raw Material Consumption	t/yr.		
Chromium ore (5~75 mm)		15,300	33,700
Silica stone (3~50 mm)		900	2,200
Bauxite (3~50 mm)		2,100	3,400
Coke (5~30 mm)		3,500	7,400
Electrode paste (30~50 mm)		130	300
Load and consumption of Electric Power	KWH		
Electric Furnace load	KW	4,500	11,000
Average load	KWD	4,000	9,000
Electric consumption	KWH	32,600 x 10 ³	72,300 x 10 ³
Industrial Water Usage	t/hr.	70	175
Manpower Requirements	(persons)	151	211

Fig. 6-1 Ferrochromium Production Facility (Case A)

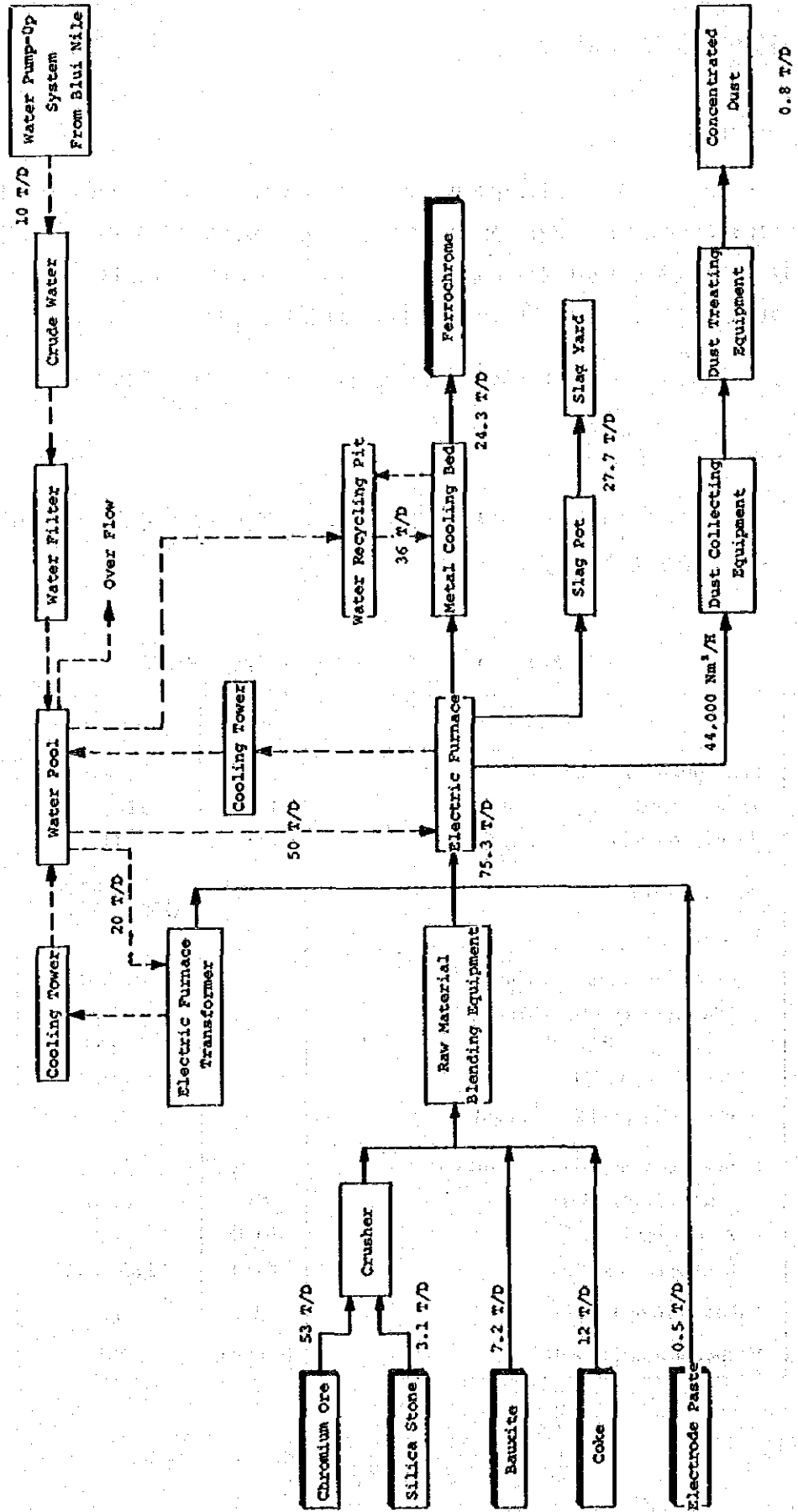


圖6-3 調查位置圖

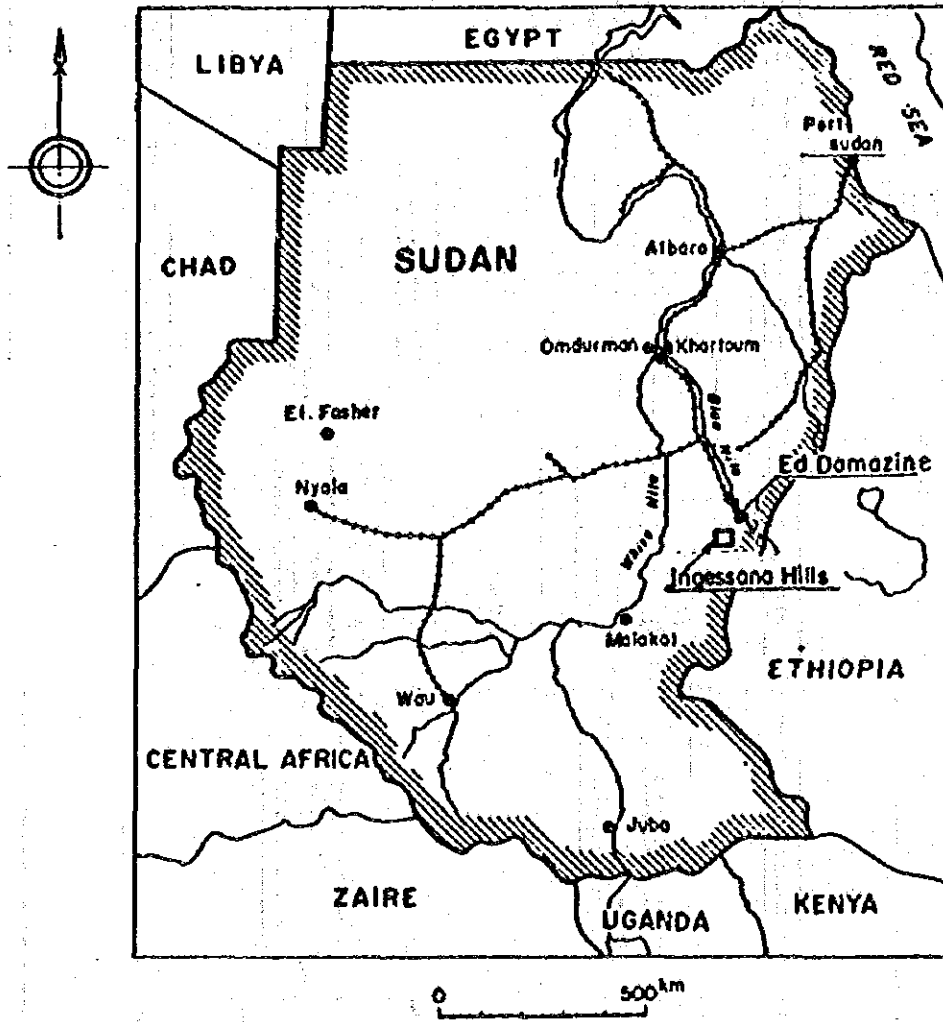
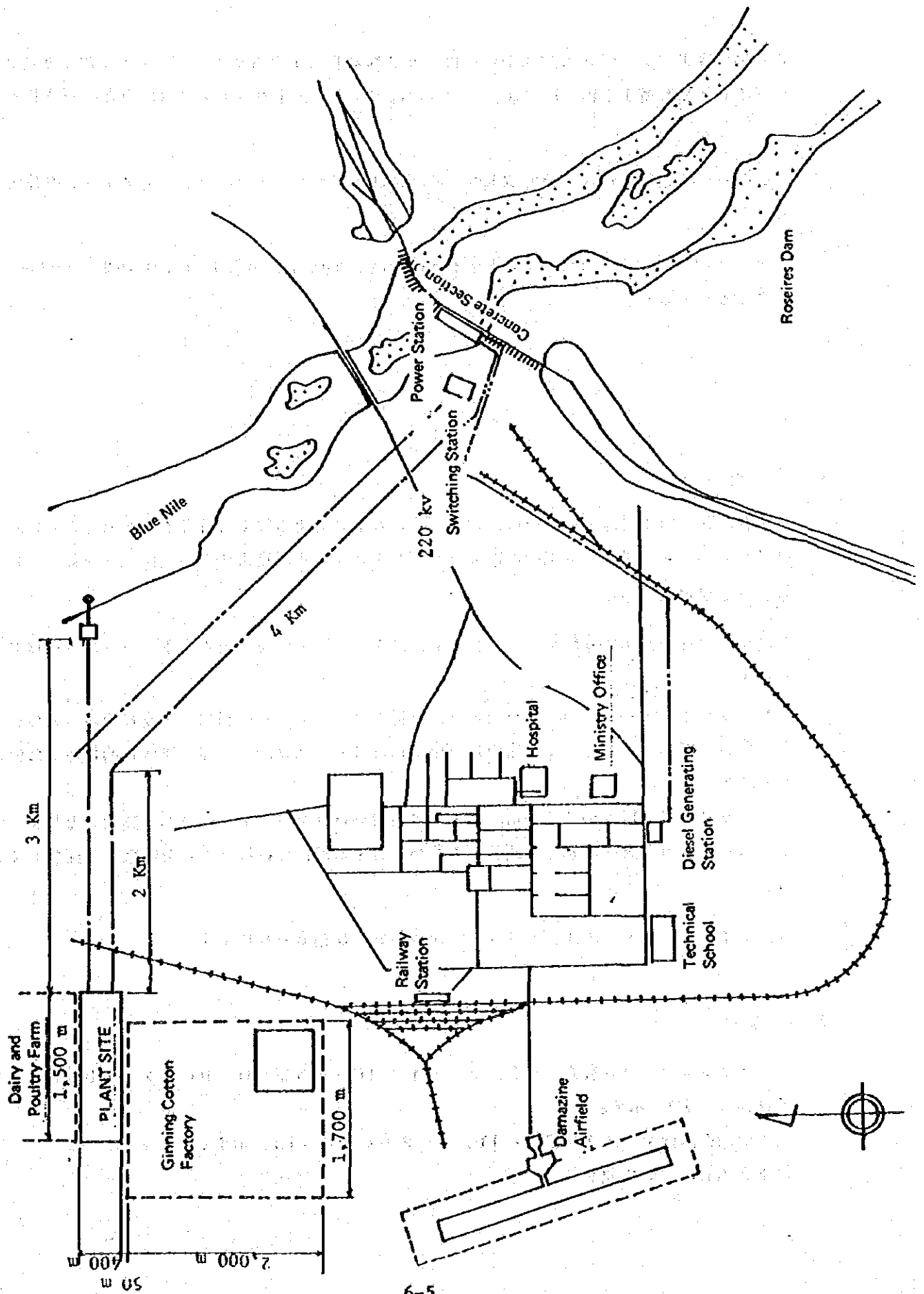


図 6-4. フェロクロム工場サイト



この場所はダマジン駅北方約3 Km の棉繰り工場の北隣りであり、ブルーナイル川より約3 Km、ロゼイレス発電所より約6 Kmで輸送、用水、電力入手の面よりみて適当な地点と判断される。

この地点は地形的には平坦で灌木がマハラにはえており、土質はコットンソイルが主体である。

スーダン側より用意されたプラントサイトは東西1,500 m、南北400 mの $600 \times 10^3 m^2$ の広大なものである。

1-3 工場レイアウト

原料貯蔵設備は屋外で雨期時の輸送不可能なることを考慮して貯蔵を4ヶ月分とした。原料はショベルローダーで電気炉に送り、原料受入ホッパーに投入するが運搬距離を最少に出来るように配置してある。

製品ヤードは屋外で貯蔵能力3ヶ月分とし、状況に応じて増加出来るようスペースが確保されている。

工場の搬出入は主にトラックで行なわれ、作業がスムーズに遂行出来るように道路は十分に確保、配置してある。電気炉は敷地のほぼ中心に位置し、事務所、工作工場は目的に応じた位置をしめている。

工場敷地は出来る限り小さく使用、又工場内各設備はコンパクトに配置し、建設費を最少にすると共に日常の作業性が良く、建設工事及び改修工事が行ない易いことを考慮して配置している。

計画レイアウトはケースA、ケースBを図6-5及び図6-6に示す。

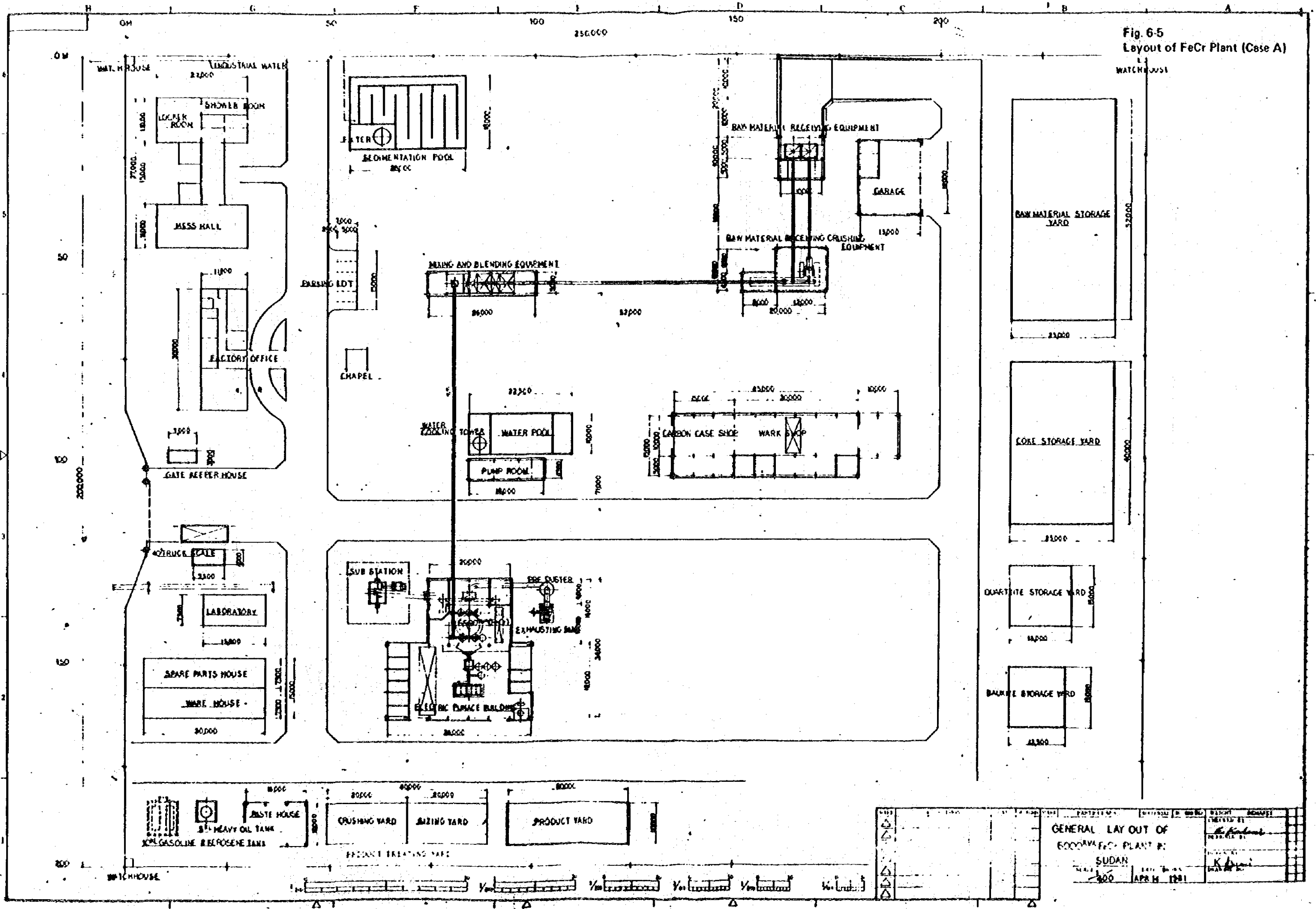
1-4 設備概要

高炭素フェロクロム製造工程を、ケースAは図6-7及び図6-9に、ケースBは図6-8及び図6-10に示す。

電気炉断面図はケースAを図6-11、ケースBを図6-12に示す。

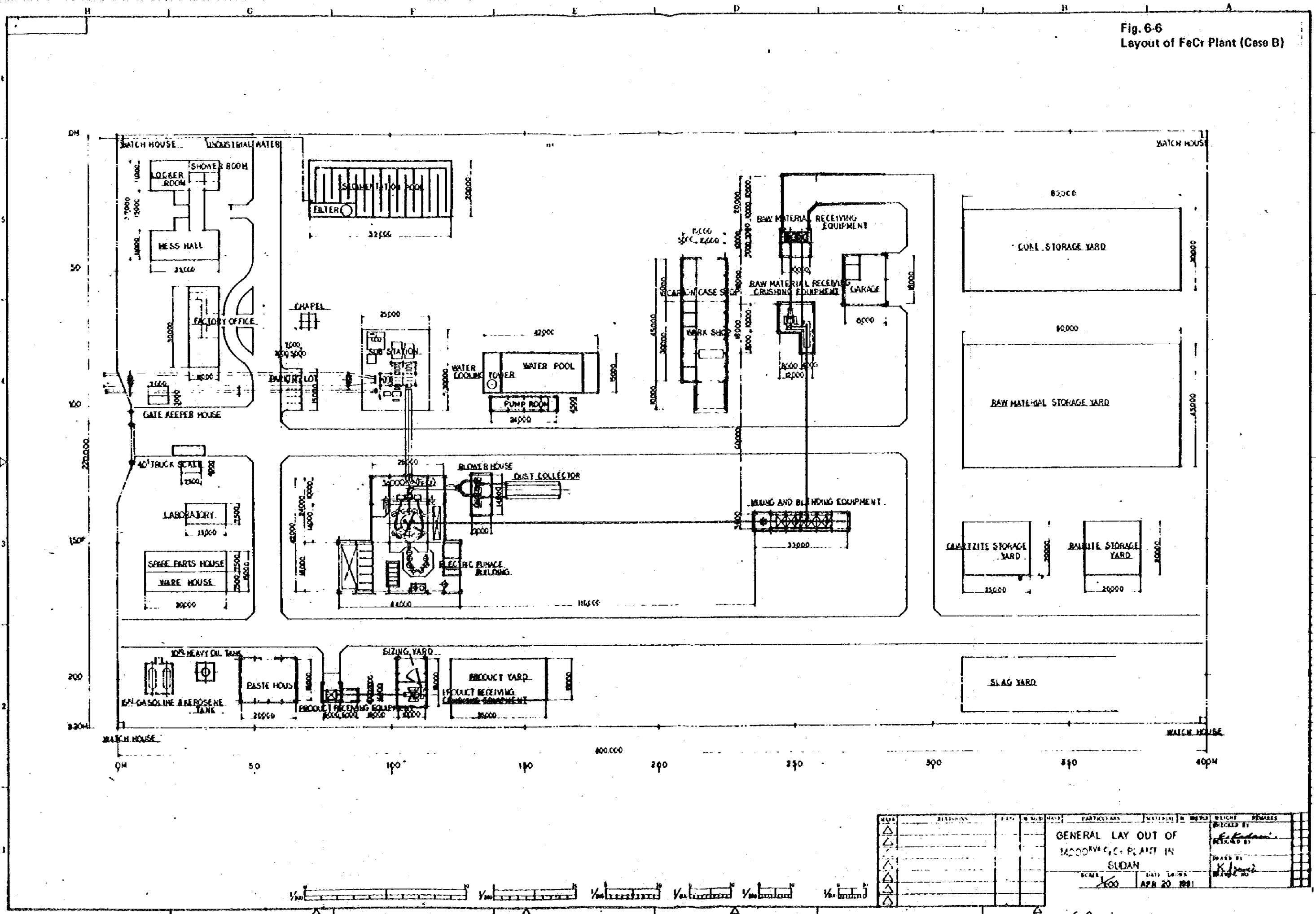
以下各項目について説明する。

Fig. 6-5
Layout of FeCr Plant (Case A)



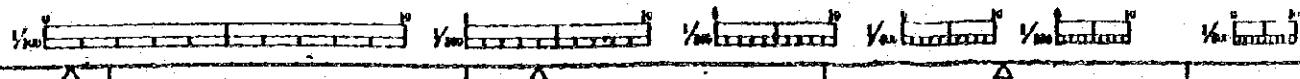
DESIGN	DATE	BY	CHECKED BY
GENERAL LAY OUT OF			
BOONAWA FE-CR PLANT IN			
SUDAN			
SCALE 1:400	APR 14 1981		

Fig. 6-6
Layout of FeCr Plant (Case B)



NO.	REVISION	DATE	BY	REASON

GENERAL LAY OUT OF		DRAWN BY		CHECKED BY	
12000V FeCr PLANT IN		K. J. ...		K. J. ...	
SUDAN		DATE		REVISION NO.	
SCALE 1:100		APR 20 1991			



(1) 原料受入設備

クロム鉱石及び珪石はインゲサナヒルズよりバラ積でトラック運搬される。ショベルローダーで荷卸し各々の屋外コンクリート床のストックヤードに貯蔵する。

ボーキサイト、コークス及び電極ペーストは輸入品でポートスーダン港で陸揚げしダマジン駅まで貨車で輸送を行う。

貨車積荷はショベルローダーで荷卸し、10トンダンプトラックに積替する。この作業は駅構内で行うので荷卸しスペースが必要である。

ボーキサイト及びコークスは、バラ積で入荷するが電極ペーストは1トン入りフレキシブルコンテナバック、あるいはコンテナ荷姿で入荷すると考えられる。この荷卸しはフォークリフトで行い、ダンプトラックに積込みする。

ボーキサイト及びコークスは屋外コンクリート床のストックヤードに貯蔵する。電極ペーストは、高温下では軟らかくなり30～50mmサイズのブロック状が互いに結合して使用の際破砕が必要となるのを防ぐ為屋内貯蔵とする。

(2) 原料処理及び配合設備

クロム鉱石及び珪石はストックヤードからショベルローダーですくい10トンダンプトラックに投入、トラックで原料受入用登坂路を登り受入ホッパーに装入する。

ホッパー下部の振動供給器で適量切り出しされた原料は50mm篩目の振動篩で、50mm以上と50mm以下の2種類に分けられる。50mm以上品はクラッシャーに投入、50mm以下に破砕する。

ボーキサイト及びコークスは使用サイズで購入するのでクラッシャーを通さない。

これらの原料は傾斜コンベヤーで原料貯蔵タンク上部に運ばれ、シャトルコンベヤーを経由して原料別に貯蔵タンクに投入される。

原料配合はケースAにおいては各原料タンク下部の振動供給機より原料単品毎に適量切り出し、スケールカーに装入、累積計量を行う。1回の配合量はクロム鉱石1,000Kgペースである。配合品は傾斜コンベヤーで電気炉建屋4階に運搬され可逆コンベヤー→シャトルコンベヤーを経て炉頂ビン(3.6m²×6基)に装入される。炉頂ビンの下部には振動供給機が設置されており、電気炉操業の必要に応じ遠隔操作で適宜切り出され、投原シュート(6本)を通して炉内に投入される。

図6-7 フェロクロム製造工程フローシート (ケースA)

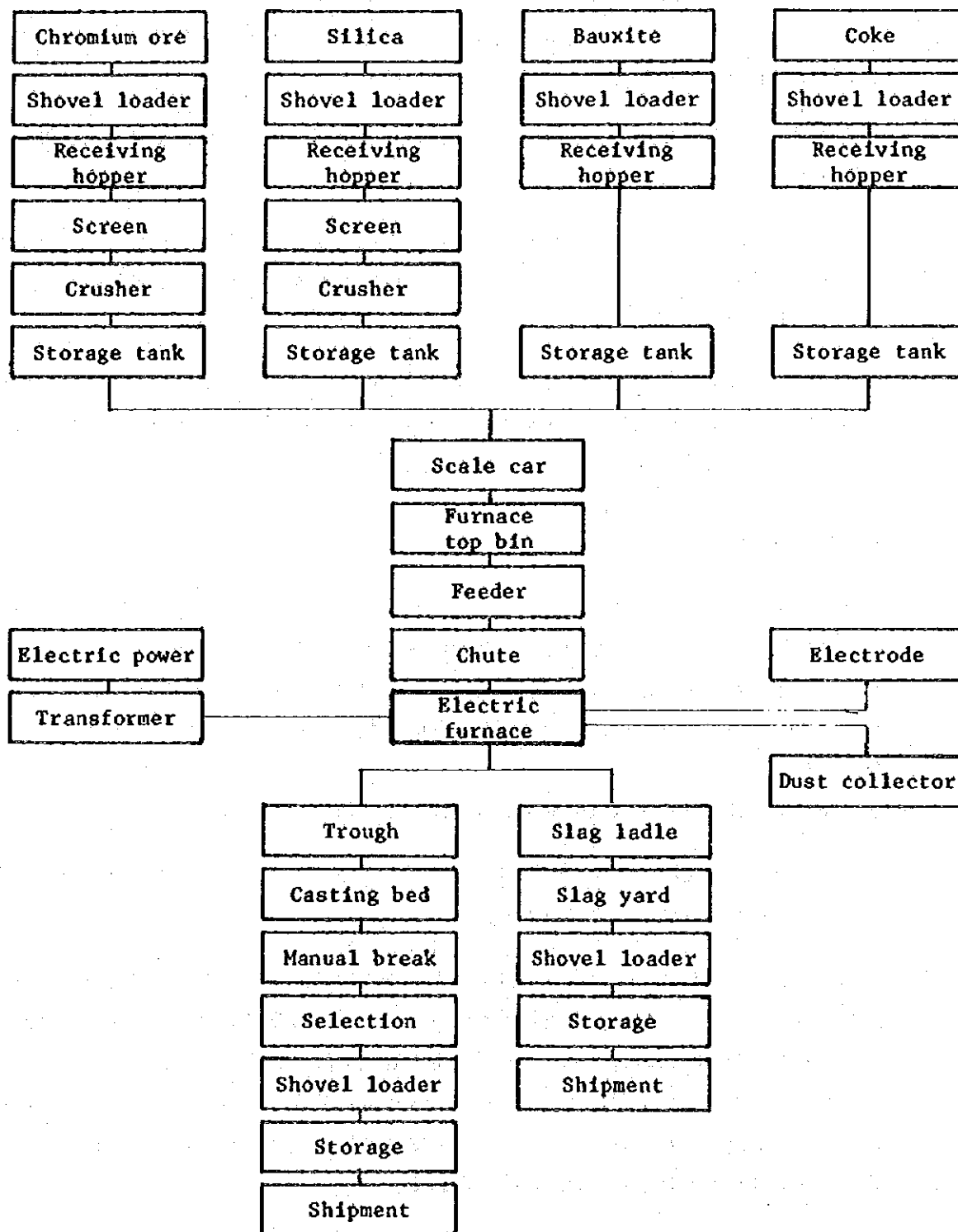
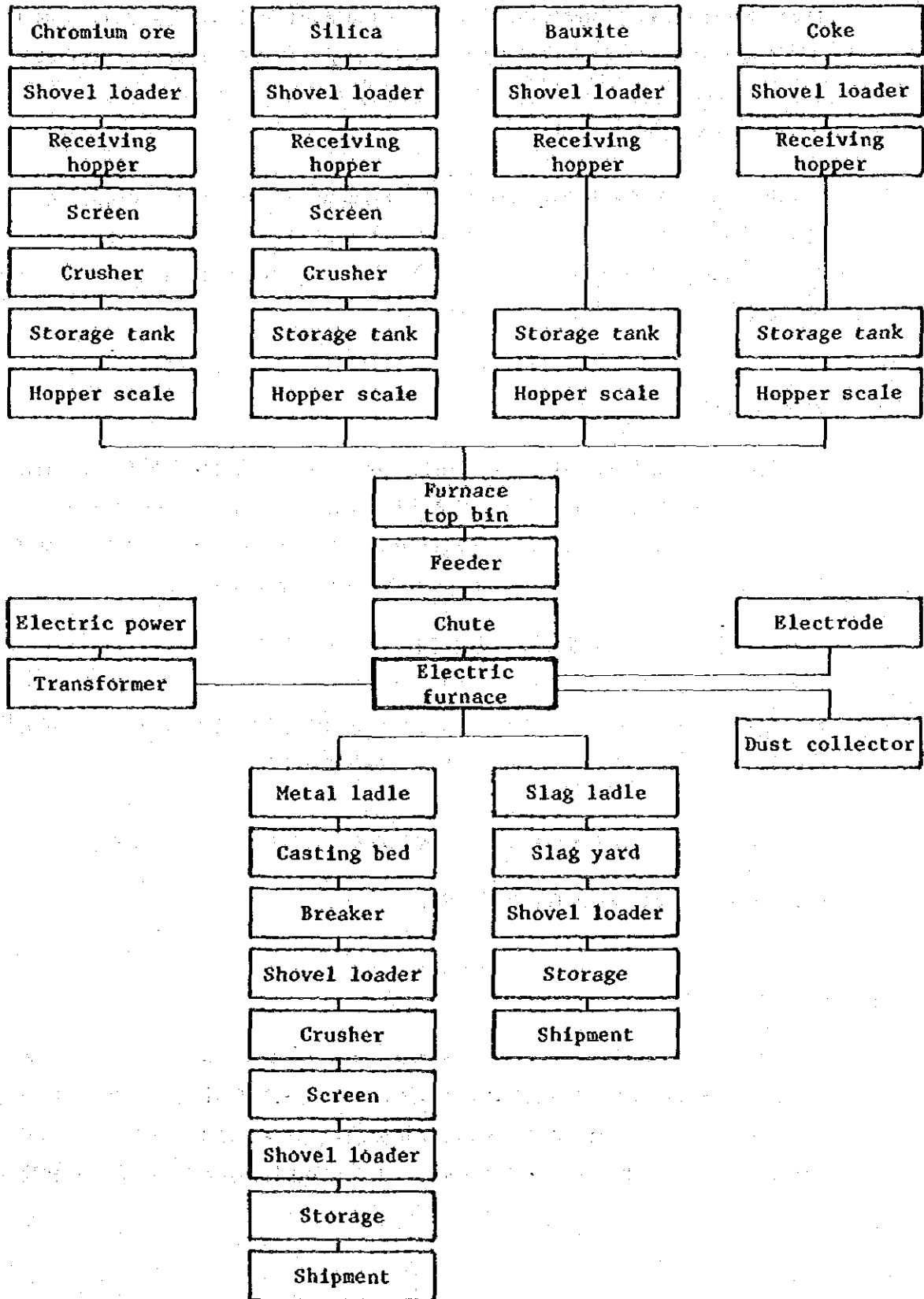


図6-8 高炭素フェロクロム製造工程 (ケースB)



ケースBについては各原料タンク下部の振動供給機から取り出される原料は、原料毎に配置されてある秤量機で計量を行い、全計量完了後下部ベルトコンベヤーへの排出時間で調合が出来るよう考慮されてある。配合はクロム鉱石 500Kg ベースであり、全て自動で操作される。配合品は傾斜コンベヤーで電気炉建家5階に運搬され、旋回コンベヤーを経て炉頂ピン(4.5m²×12.5m²×1)に装入される。電気炉への投入はケースAと同じ構造となっているが投原シュートは13本であり、この中1本は炉の中心に装入出来るように配置されている。

電極ペーストは屋内貯蔵倉庫で運搬用パレットに積み、フォークリフトで電気炉建家内に運搬、建家上部に設置されている3Tサスペンションクレーンで運び上げ人力でパレットよりとり出し、カーボンケースの中に投入する。この作業はケースA、ケースBとも同じである。

(3) 電気炉設備

電気炉は電極没入式電気炉(Submerged Arc Furnace)と称するタイプで原料は投原シュートを通して連続的に上部より装入され、電極は原料層中に埋没している。ジュール熱により還元反応が進行し、炉内下部に生成されたフェロクロムメタルとスラグは4時間毎に湯出口(Tap Hole)を酸素ガスで開孔して取り出される。

電極は通電により消耗するので適宜押下げをして補充する。

電気炉設備は電極を支えているウインチ、ワイヤーロープ等の電極昇降装置、電極消耗分を補充する押下装置、トランスからの電気を電極に送る給電装置、COガス燃焼による排ガスを回収するフード及び煙突、炉体等から構成されている。

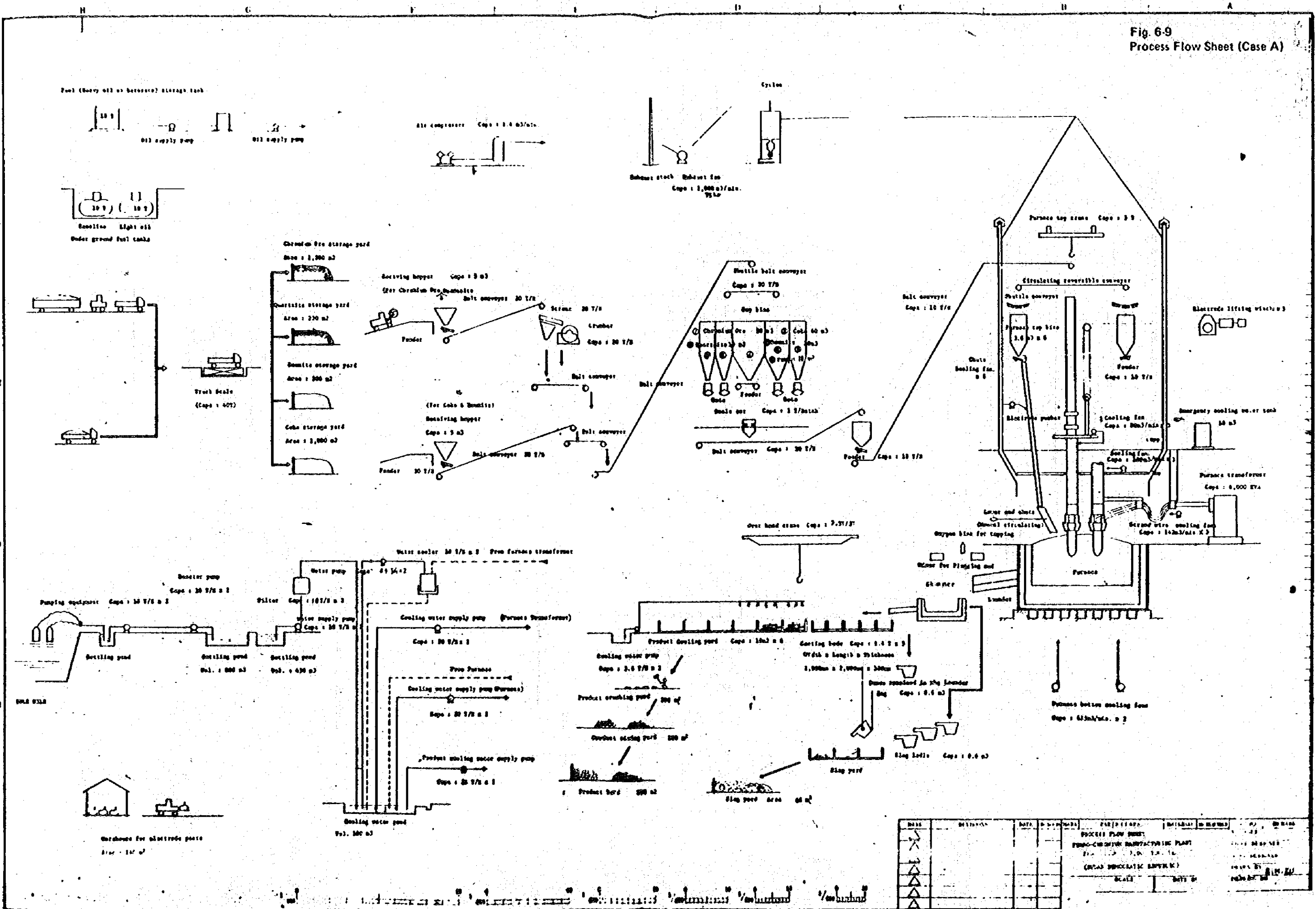
炉内は高温であり、設備を維持する為に冷却用として冷却水を必要とする。

電気炉諸元の主なものを表6-2に示す。

(4) 製品処理設備

電気炉出湯口から取出されたメタル・スラグはケースAの場合、スキンマーでメタルとスラグが分離されメタルは鋳床に、スラグはスラグ鍋に導かれる。ケースBの場合には、メタルレードル内でメタル・スラグが分離し、スラグはオーバーフローしてスラグ鍋に入り、メタルはクレーンでメタルレードルを吊上げ鋳床に傾注され、自然冷却凝

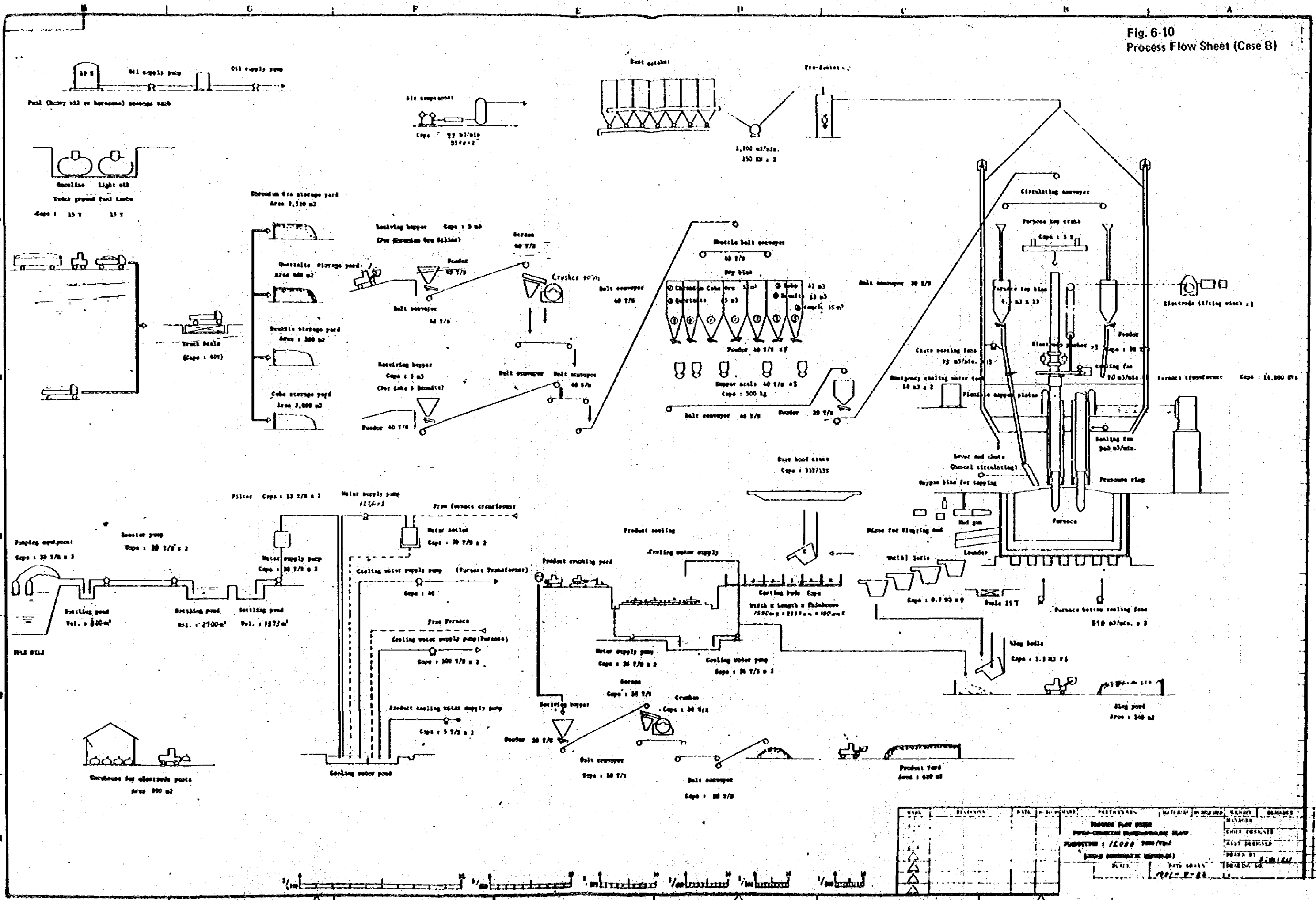
Fig. 6-9
Process Flow Sheet (Case A)



NO.	REVISION	DATE	BY	REASON
1				
2				
3				
4				
5				
6				

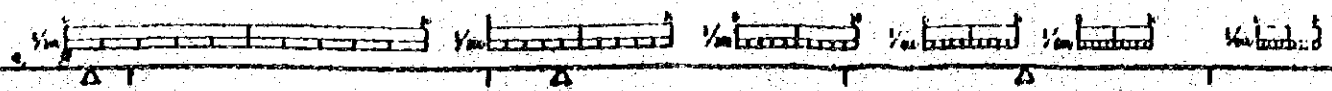
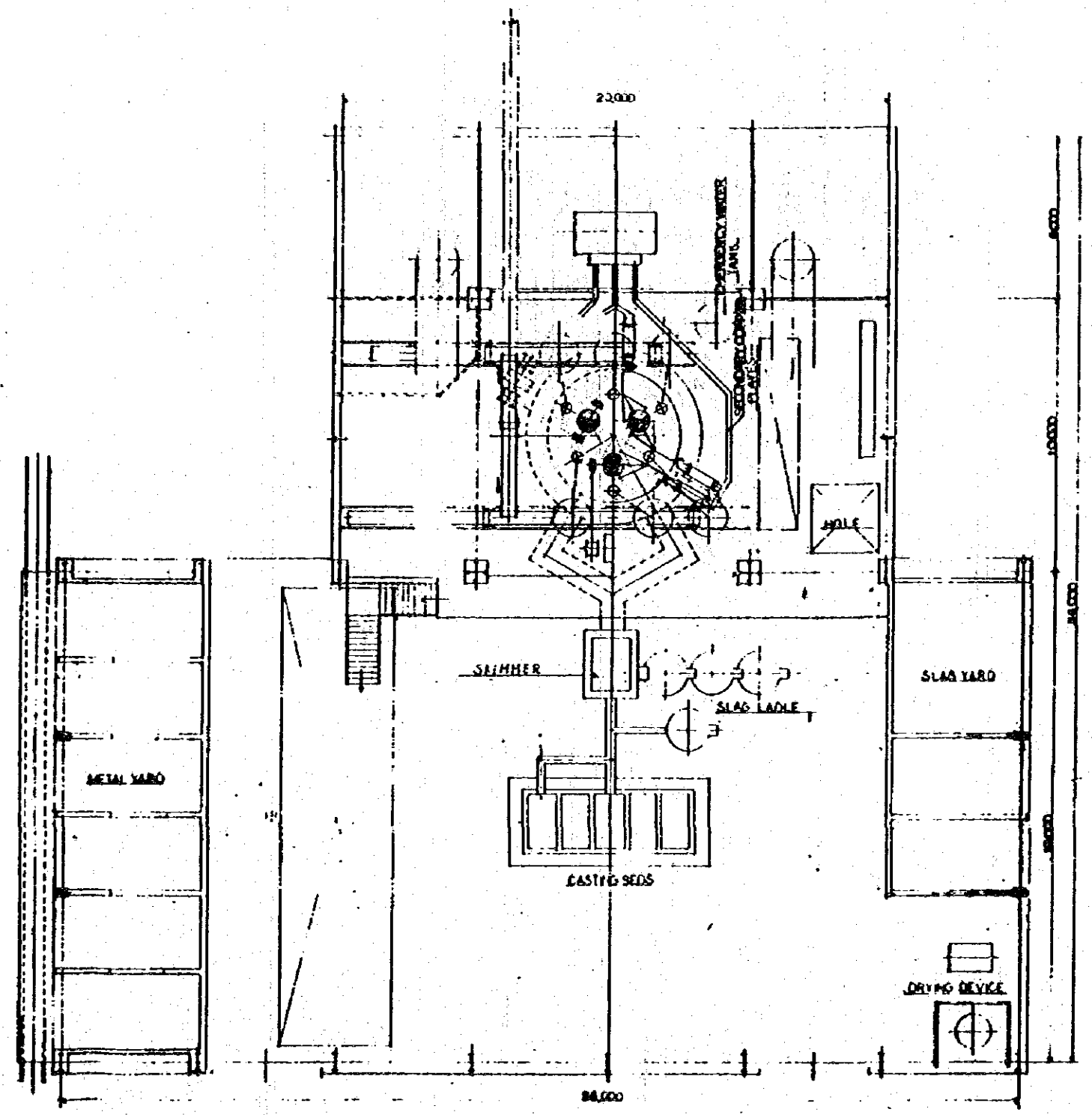
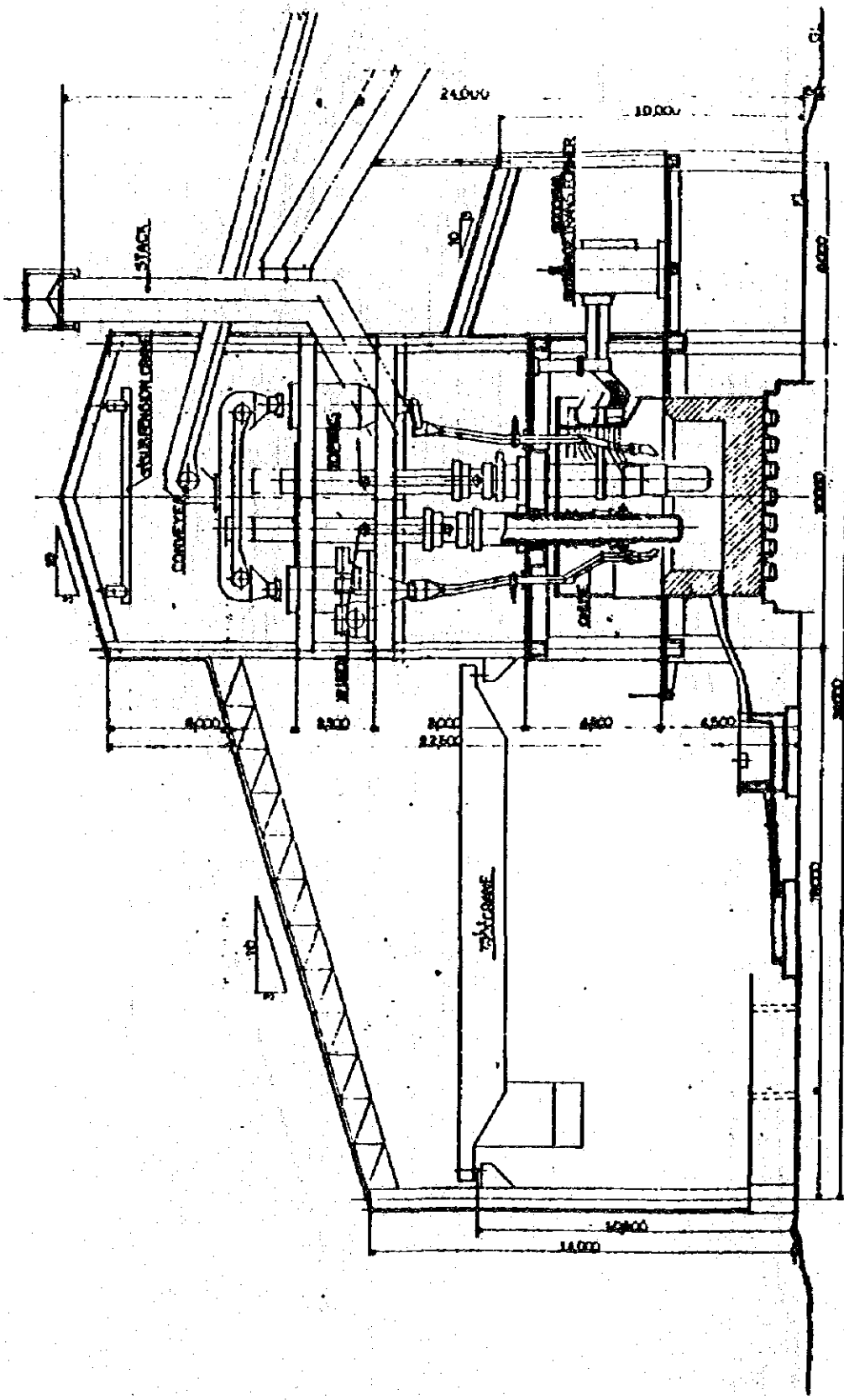
DESIGNER	DATE
CHECKED	
APPROVED	
SCALE	DATE

Fig. 6-10
Process Flow Sheet (Case B)



NO.	DESCRIPTION	DATE	BY	REVISION	PREPARED BY	MATERIAL REQUIRED	REMARKS	ISSUED BY
1	PROCESS FLOW SHEET							
2	PROCESS FLOW SHEET							
3	PROCESS FLOW SHEET							
4	PROCESS FLOW SHEET							
5	PROCESS FLOW SHEET							
6	PROCESS FLOW SHEET							
7	PROCESS FLOW SHEET							
8	PROCESS FLOW SHEET							
9	PROCESS FLOW SHEET							
10	PROCESS FLOW SHEET							

Fig. 6-11
Cross Section View of
FeCr Plant (Case A)

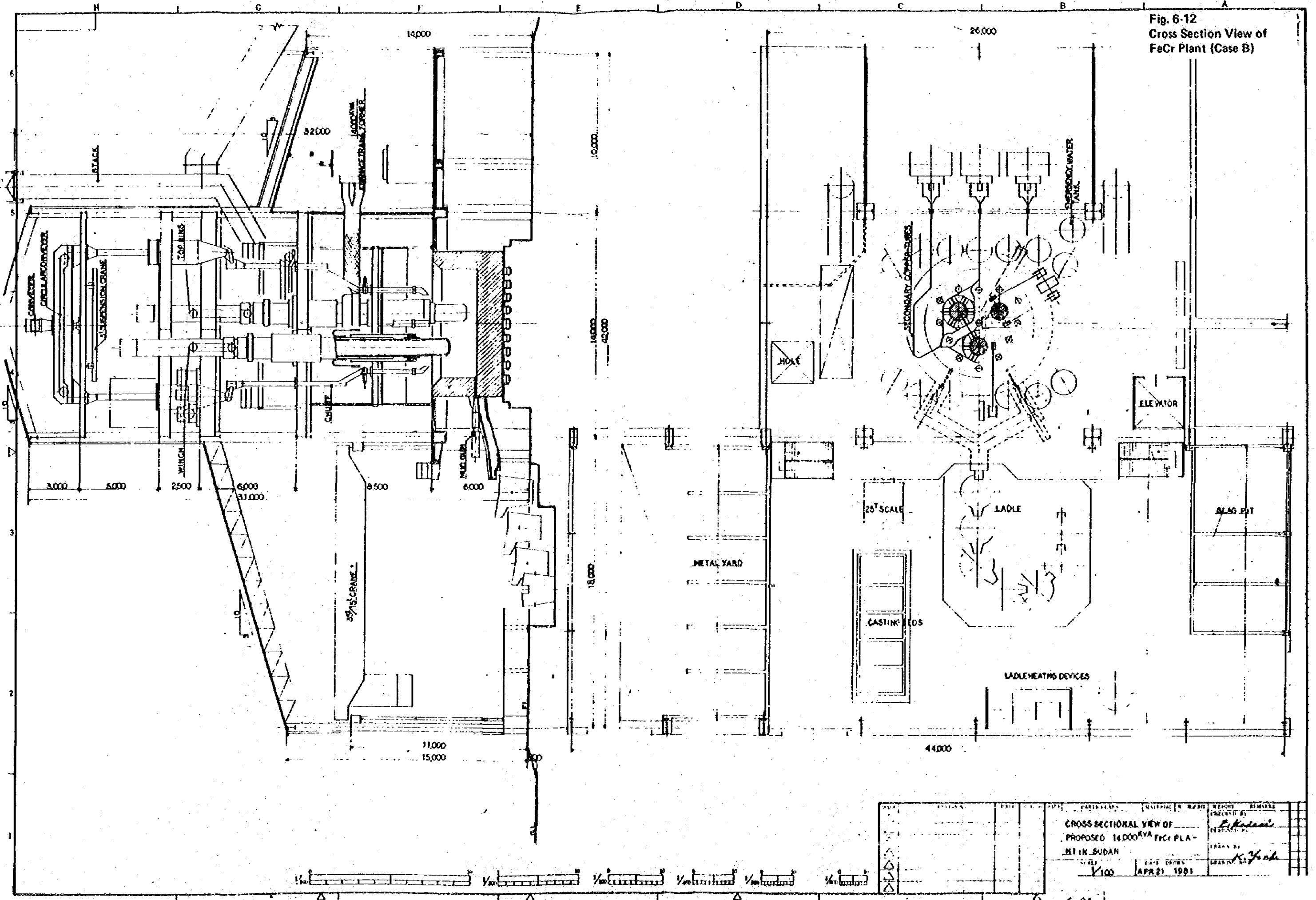


NO.	REVISION	DATE	BY	APP'D.	REVISION	DATE	BY	APP'D.
1								
2								
3								
4								
5								
6								

CROSS SECTIONAL VIEW OF
PROPOSED 8000 TON FeCr PLANT
AT THE SCOTLAND
SCALE 1/4" = 1'-0"
DATE APR 12 1981

DESIGNED BY
CHECKED BY
DRAWN BY
REVISION BY

Fig. 6-12
Cross Section View of
FeCr Plant (Case B)



NO.	REVISION	DATE	BY	REASON	REMARKS

CROSS SECTIONAL VIEW OF PROPOSED 14,000 KVA FeCr PLANT IN SUDAN		CHECKED BY <i>P. K. ...</i>
SCALE 1/100	DATE DWN APR 21 1981	DRAWN BY <i>K. York</i>

表6-2 主要電気炉設備諸元

Description	Unit	Case A	Case B
Transformer			
Capacity	KVA	6,000 x 1	4,667 x 3
Primary voltage	V	11,000	33,000
Furnace Body			
Furnace type			
Electrode diameter	cm	80	105
Electrode cross-section	cm ²	5,024	8,655
Furnace shell diameter	cm	650	900
furnace shell height	cm	330	430
Electrode lifting distance	cm	90	100
No. of tap holes		2	2
Operation			
Load	KW	4,500	10,000
Operating secondary voltage	V	100	152
Power factor	A	84.6	72.6
Frequency of tapping	tap/day	6	6

固後天井クレーンで冷却場に運び、水スプレーで強制冷却する。

スラグはスラグ鍋よりスラグヤードに流し、冷却完了後ショベルローダーで屋外スラグヤードに運搬する。

メタル冷却水は循環システムなので排水は出ない。

冷却完了メタルはケースAでは手割りで破碎を行ない選別場で10～200mmサイズ品を取り、200mm以上品は再度破碎、10mm以下品は原料受入ホッパーに装入して原料タンクに貯蔵、電気炉原料として使用する。

ケースBではジャイアントブレイカーで大割りされ、製品破碎工程に入る。ショベルローダーで受入ホッパーに装入→破碎→篩を経由して、200mm以上、10～200mm 10mm以下品に分かれ、200mm以上は再度破碎機に入り、10mm以下品はケースAと同様である。製品(10～200mm)はショベルローダーで屋外コンクリート床のストックヤードに貯蔵される。

(5) 集塵設備

炉内の還元反応で発生したCOガスは原料層表面で燃焼する。この排ガスはフードで集められダクトを通して排風機で吸引され集塵機に入る。

この排ガスには約0.8g/Nm³のダストが含まれると考えられるが集塵機でダストの約90%が回収される。

回収されたダストは集塵機下部のホッパーで集められ、ロータリーバルブで排出される。ダスト処理は、スクリーコンベヤーを経て混練機に装入する。同時に水、セメントを投入、混練した後取り出し鉄板上にあげ、人力で50mm厚さにならし、硬化させる。硬化したダストケーキは、手割りをして、50mm以下のダストケーキを作る。これはフェロクロム精錬原料として再利用する。

集塵機の型式はケースAについてはサイクロン、ケースBについてはバッグフィルターとする。

スーダンにおいては現在公害規制法は存在しないがフェロクロム工場計画地が酪農場と養鶏所に隣接している為、スーダン側の要請により集塵設備設置を計画した。

集塵工程はケースA、ケースBを図6-13、及び図6-14に示す。

図6-13 集塵設備フローシート (ケースA)

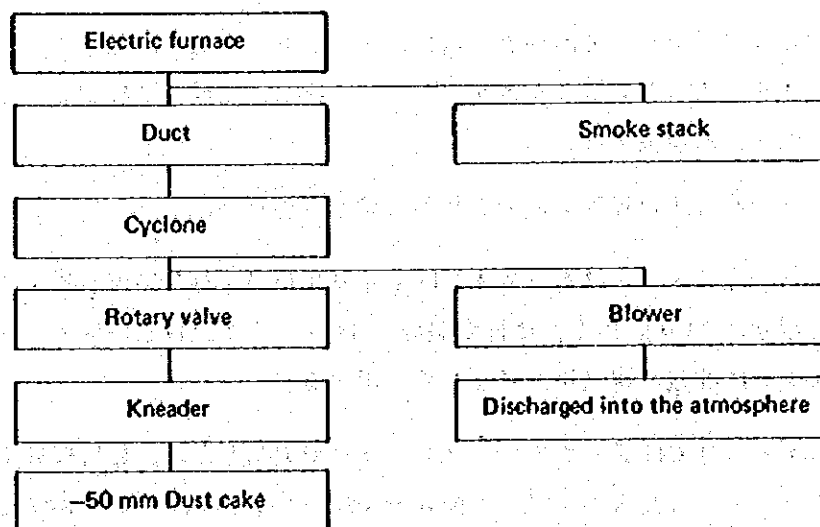
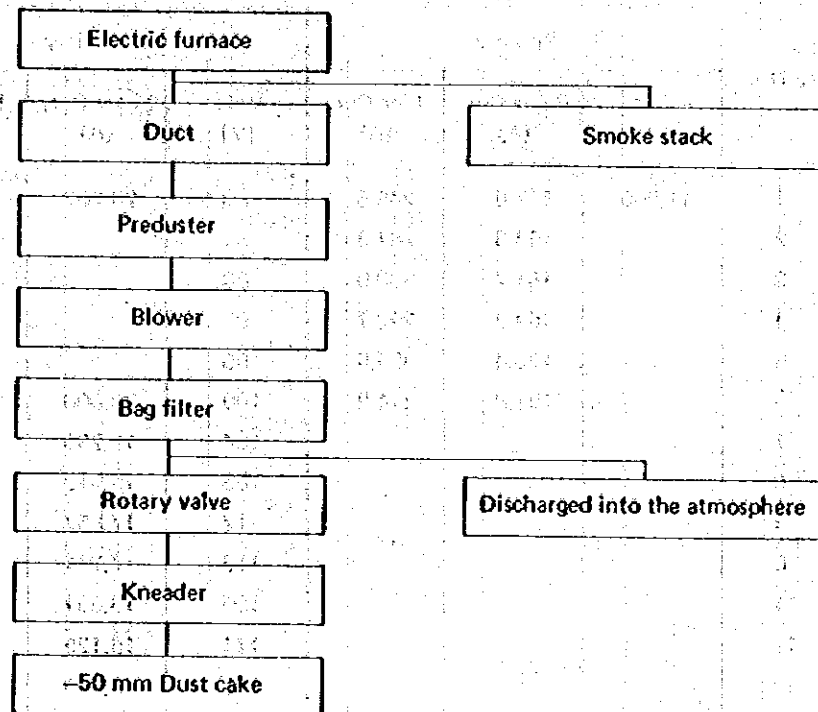


図6-14 集塵設備フローシート (ケースB)



(6) 受変電設備

第5章「インフラストラクチャ」電力の項で述べた如く本プラントでは、ロゼイレス発電所からケースAでは11KV、ケースBでは33KVで受電する（既出図5-4及び図5-5参照）

1) ケースA

ケースAでは11KVの送電線の途中でポンプ用動力電源として3 ϕ 11/0.415KV, 30KVA \times 2基を設置する。工場到着後取引用メーターを経由して電炉トランス及び動力用トランス3 ϕ 11/0.415KV, 750KVA \times 1基で変電後各機器へ配電する。電炉トランス仕様は表6-3に示す通りである。

2) ケースB

ケースBでは33KVで工場到着後取引用メーターを経由して電炉トランス及び動

表6-3 電気炉トランス仕様(ケースA) 電炉トランス

Tap No.	Primary			Secondary			Capacity (KVA)		
	Volt. (V)	Phase Cur. (A)	Line Cur. (A)	Volt. (V)	Phase Cur. (A)	Line Cur. (A)			
1	11,000	147.0	245.5	80	20,207	35,000	4,850		
2		154.3	267.3	84			5,092		
3		161.7	280.0	88			5,335		
4		169.0	292.7	92			5,577		
5		176.4	305.5	96			5,820		
6		181.8	314.9	100			20,000	34,641	6,000
7				104			19,230	33,309	
8				108			18,519	32,075	
9				112			17,857	30,929	
10				116			17,241	29,863	
11				120			16,667	28,868	
12				124			16,129	27,936	
13				128			15,625	27,063	
14				132			15,155	26,243	
15				136			14,706	25,471	
16				140			14,286	24,744	
17				144			13,889	24,056	

力用トランス 3 ϕ 33/11/0.415KV, 1,500/300/1,200KVA \times 1基で
 変電後各機器へ配電する。電炉トランス仕様は表6-4に示す通りである。
 なお、この他に力率改善用コンデンサーとして2,000 KVar, 3,000 KVar 各1
 基を設置する。

(7) ユーティリティ設備

1) 用水

フェロクロム製造用電気炉は高温操業であり設備保護用として冷却水を供給しな
 ければならない。

冷却箇所は電極ホルダー、シリンダー、二次給電装置、吊フレーム等の電気炉設

表6-4 電気炉トランス仕様(ケースB) 電炉トランス

Tap No.	Primary			Secondary			Capacity (KVA) 1φ/3φ
	Volt. (V)	Phase Cur. (A)	Line Cur. (A)	Volt. (V)	Phase cur. (A)	Line Cur. (A)	
1	33,000	109.2	189.0	104	34,641	60,000	3,603/10,808
2		112.3	194.5	107			3,707/11,120
3		115.5	200.0	110			3,811/11,432
4		118.6	205.5	113			3,914/11,743
5		121.8	211.1	116			4,018/12,055
6		124.9	216.4	119			4,122/12,367
7		128.1	221.8	122			4,226/12,679
8		131.2	227.3	125			4,330/12,990
9		134.4	232.7	128			4,434/13,302
10		137.5	238.2	131			4,538/13,614
11		140.7	243.6	134			4,641/13,926
12		141.4	245.0	137	34,063	58,999	4,667/14,000
13				140	33,333	57,736	
14				143	32,634	56,524	
15				146	31,963	55,362	
16				149	31,320	54,528	
17				152	30,702	53,177	
18				155	30,108	52,148	
19				158	29,536	51,158	
20				161	28,986	50,204	
21				164	28,455	49,286	
22				167	27,944	48,401	
23				170	27,451	47,546	
24				173	26,976	46,722	
25				176	26,515	45,926	
26				179	26,071	45,156	
27				182	25,641	44,412	
28				185	25,225	43,691	
29				188	24,823	42,994	
30				191	24,433	42,319	
31				194	24,055	41,664	
32				197	23,689	41,030	
33				200	23,333	40,415	

備関係及びメタル、スラグで相当量の冷却水が必要である。

このため本プラントはロゼイレス・ダム下流約4 Km 地点より取水、河川付近にサブタンクを設置、ここよりプラントサイトまでの約3 Kmの配管を通して沈澱槽に給水する。

原水は雨期時濁度が4,000~7,000ppm と高いので沈澱槽で滞留させ、水中の土砂が沈澱してきれいになった処でフィルターを通しトランスに供給する。

トランス冷却排水は冷却塔で温度を下げ貯水槽に入る。ここから電極関係及び、メタル、スラグ冷却用に給水し、使用済冷却排水は冷却塔を経由して、再び貯水槽に戻る。用水は冷却水として使用するので排水処理設備は必要ない。

設備規模を出来る限り小さくする為にリサイクル方式で行い、ブルーナイル川からの取水量は、沈澱池、貯水槽及び冷却塔の蒸発水とメタル及びスラグ冷却の補充水である。

ケースA及びケースBの取水量、使用水量は次の通りである。

	ケースA	ケースB
取水量	10 t/hr	30 t/hr
使用水量	70 t/hr	175 t/hr

用水設備フローシートをケースA、ケースBについて図6-15及び図6-16に示す。

2) 燃料

オイルの種類は重油（灯油）、軽油及びガソリンである。重油（灯油）は流樋及び取鍋乾燥用、軽油は運搬車輛用、ガソリンは乗用車用に使用する。

貯蔵方法は重油（灯油）が地上タンク、軽油及びガソリンは地下タンクとする。

ダマジン地区においてオイルの入手は困難であり、建設時の使用も考慮した設備となっている。

3) 空気

コンプレッサー室にはコンプレッサー、レシーバータンクが設置され、電気炉建

図6-15 用水処理システム (ケースA)

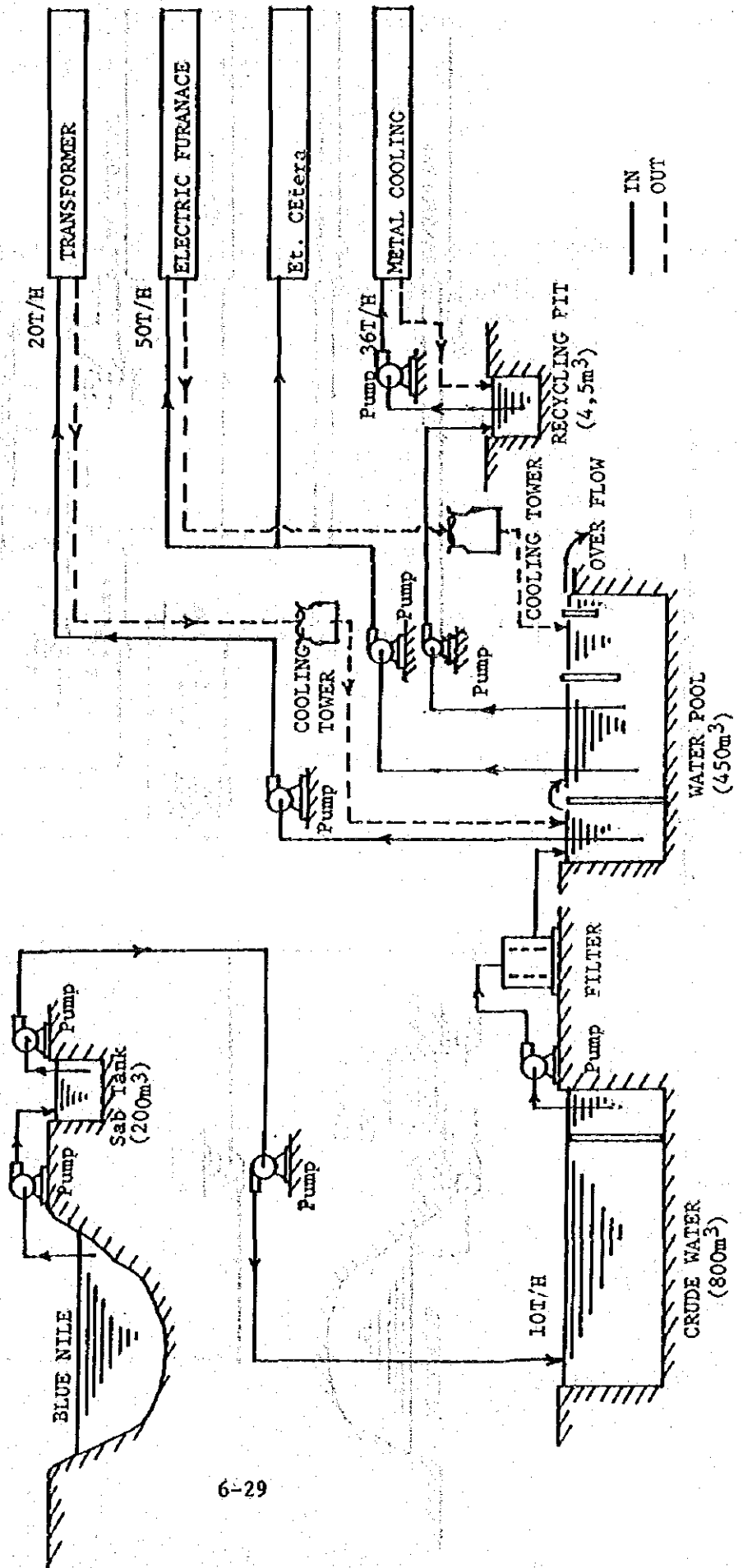
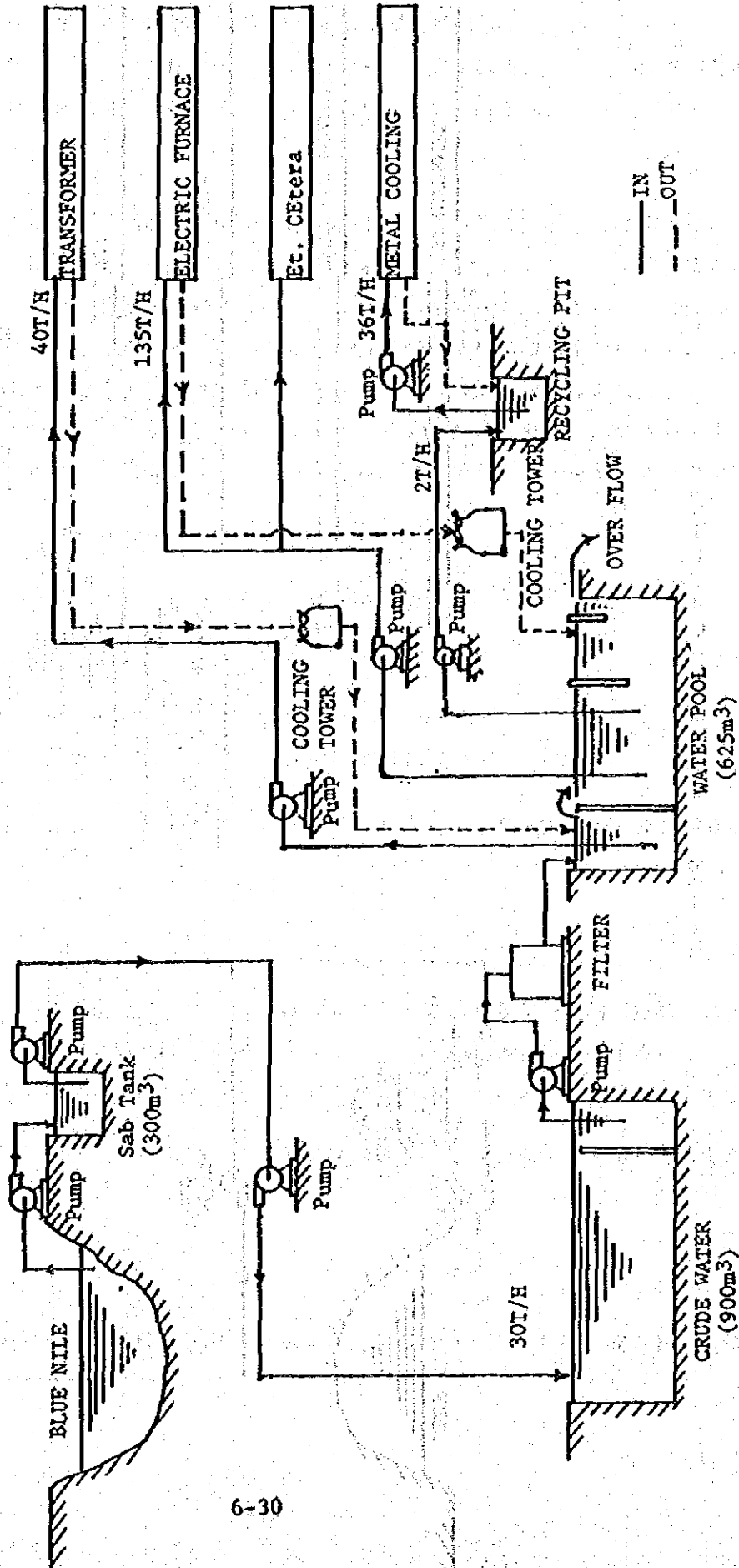


図6-16 用水処理システム (ケースB)



家内及集塵機の使用個所に配管されている。使用個所は炉頂ダンパー、乾燥用バナー、計装用及び集塵機である。

1-5 機器仕様

フェロクロム製錬工場計画の設備詳細を、原料受入設備、原料処理設備、電気炉設備、製品処理設備、集塵設備、受配電設備、ユーティリティー設備及び付帯設備の項目毎に、ケースA、及びケースBに分けて表6-5に示す。

表6-5 機器仕様リスト

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
Raw Material Receiving Facility	Chromium ore yard	Concrete floor	1,250 m ²	Chromium ore yard	Concrete floor	2,520 m ²
	Silica stone yard	Concrete floor	200 m ²	Silica stone yard	Concrete floor	400 m ²
	Coke yard	Concrete floor	1,000 m ²	Coke yard	Concrete floor	2,000 m ²
	Bauxite yard	Concrete floor	150 m ²	Bauxite yard	Concrete floor	350 m ²
	Carbon paste yard	Indoor	140 m ²	Carbon paste yard	Indoor	300 m ²
Raw Material Processing Facility	Receiving hopper	5 m ³ with vibrator	2 units	Receiving hopper	7 m ³ with vibrator	2 units
	Feeder	20 t/hr.	2 units	Feeder	40 t/hr.	2 units
	Belt conveyor	20 t/hr.	1 unit	Belt conveyor	40 t/hr.	1 unit
	Vibration sieve	20 t/hr.	1 unit	Vibration sieve	40 t/hr.	1 unit
	Crusher	20 t/hr.	1 unit	Crusher	40 t/hr.	1 unit
	Belt conveyor	20 t/hr.	4 units	Belt conveyor	40 t/hr.	4 units
	Shuttle conveyor	20 t/hr.	1 unit	Shuttle conveyor	40 t/hr.	1 unit
	Tank			Tank		
	Chromium ore	50 m ³	1 unit	Chromium ore	55 m ³	2 units
	Silica	10 m ³	1 unit	Silica	15 m ³	1 unit
	Coke	40 m ³	1 unit	Coke	41 m ³	2 units
	Bauxite	10 m ³	1 unit	Bauxite	15 m ³	1 unit

Name of Equipment	Case A			Case B			
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity	
Electric Furnace Facility	Remelt	10 m ³	1 unit	Remelt	10 m ³	1 unit	
	Feeder	20 t/hr.	5 units	Feeder	40 t/hr.	7 units	
	Scale car	1,000 Kg/batch	1 unit	Hopper scale	500 Kg/batch	5 units	
	Belt conveyor	10 t/hr.	1 unit	Belt conveyor	20 t/hr.	1 unit	
	Cushion tank	3 m ³	1 unit	Cushion tank	6 m ³	1 unit	
	Feeder	10 t/hr.	1 unit	Feeder	20 t/hr.	1 unit	
	Belt conveyor	10 t/hr.	1 unit	Rotary conveyor	20 t/hr.	1 set.	
	Reversible conveyor	10 t/hr.	1 unit	Hopper	0.2 m ³	13 units	
	Shuttle conveyor	10 t/hr.	1 unit	Chute	20 t/hr.	1 unit	
	Furnace-top-bin	3.6 m ³	6 units	Furnace-top-bin	4.5 m ³ x 12.5 m ³ x 1	13 units	
	Feeder	10 t/hr.	6 units	Feeder	20 t/hr.	1 set.	
	Paste container		1 set	Paste container		1 set.	
		Electrode-lifting device	Winch	3 sets	Electrode lifting device	Winch	3 sets
		Electrode cylinder	Water-cooling for lower part	3 sets	Electrode cylinder	Water-cooling for lower part	3 sets
	Electrode pushdown device	Electric type	3 sets	Electrode pushdown device	Air	3 sets	
	Terminal hanging frame	Water-cooling	3 sets				

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
	Carbon case	Steel structure, 800φ	3 sets	Carbon case	Steel structure, 1,050φ	3 sets
	Secondary power supply device	Copper tube, copper plate	3 sets	Secondary power supply device	Copper tube, copper plate	3 sets
	Electrode holder	Water-cooling, 6 pcs./set, set bolt	3 sets	Electrode holder	Water-cooling, 6 pcs./set	3 sets
	Furnace body	6.5 mφ x 3.3 mH	1 unit	Pressure ring	Air	3 sets
	Furnace body lining	223.5 t	1 set	Furnace body	Furnace body	1 unit
	Slag ladle	0.6 m ³	5 units	Furnace body lining	521.8 t	1 set
	Trough		1 set	Slag ladle	1.3 m ³	5 units
	Skimmer		1 set	Metal ladle	0.7 m ³	4 units
	Emergency water tank	10 m ³	1 unit	Trough		1 set
	Air-cooling blower for cylinder	80 m ³ /min.	3 pcs.	Emergency water tank	10 m ³	2 units
	Air-cooling blower for furnace bottom	415 m ³ /min.	2 pcs.	Air-cooling blower for cylinder	90 m ³ /min.	3 pcs.
	Air-cooling blower for strand	142 m ³ /min.	3 pcs.	Air-cooling blower for furnace bottom	590 m ³ /min.	2 pcs.

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
	Chute blower	60 m ³ /min.	6 pcs.	Chute blower	75 m ³ /min.	13 pcs.
	3 FL blower	100 m ³ /min.	3 pcs.	3FL blower	120 m ³ /min.	3 pcs.
	Suspension crane	3 t	1 unit	Suspension crane	3 t	1 unit
	Electric welder		2 pcs.	Spot welder		1 set
				Elevator for personnel/cargo	1,000 Kg	
Finished Product Treatment	Bed for finished product	1m x 2m x 0.3 m	5 pcs.	Bed for finished product	1.5m x 2.5m x 0.3m	5 pcs.
	Finished product cooling yard	Concrete floor	60 m ²	Finished product cooling yard	Concrete floor	70 m ²
	Slag cooling yard	Concrete floor	30 m ²	Slag cooling yard	Concrete floor	65 m ²
	Cooling water service pit	Concrete floor	4.5 m ²	Cooling water service pit	Concrete floor	
	Cooling water pump	0.6 m ³ /min.	2 units	Cooling water pump		2 units
	Sprinkler		1 set	Sprinkler		1 set
	Kneader	Clay kneading	1 unit	Kneader	Clay	1 unit
	Mixer	Sand	1 unit	Mixer	Sand	1 unit
	Finished product fine breaking yard	Concrete floor	200 m ²	Breaking yard	Concrete floor	250 m ²
	Finished product selection yard	Concrete floor	200 m ²	Giant breaker		1 unit
				Receiving hopper	3 m ³	1 unit

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
	Feeder		Feeder	Feeder	10t/hr.	1 unit
	Vibration sieve			Vibration sieve	10 t/hr.	1 unit
	Crusher			Crusher	10 t/hr.	1 unit
	Belt conveyor			Belt conveyor	10 t/hr.	1 unit
	Rotary conveyor			Rotary conveyor	10 t/hr.	1 unit
	Platform scale	20 t	1 unit	Platform scale	25 t	1 unit
	Overhead crane	7.5t/3.5t	2 units	Overhead crane	35t/15t	2 units
	Finished product yard	Concrete floor	300 m ²	Finished product yard	Concrete floor	600 m ²
	Slag yard	Concrete floor	65 m ²	Slag yard	Concrete floor	140 m ²
	Dust Collector	Exhaust tower		2 pcs.	Exhaust tower	
Furnace-top-damper			2 sets	Furnace-top-damper		2 sets
Cyclone		3mø x 5.5 mH	1 unit			
Rotary valve			1 unit			
Exhaust smoke stack		1.25 mø x 15 mH	1 unit			
					3.2 mø x 6 mH	2 units
				Rotary valve	2 units	

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
	Blower	1,080 m ³ /min., 75 KW	1 unit	Blower	1,200 m ³ /min., 150 KW x 2	1 unit
	Mixer		1 unit	Mixer		1 unit
	Pallet		1 set	Pallet		1 set
				Bag filter	Bag 144 x 7	1 set
				Rotary valve		7 units
				Screen conveyor		1 unit
Electric Power Receiving/ Distribution Facility						
- Electric Furnace Equipment	Furnace transformer	6,000 KVA	1 unit	Furnace transformer	4,667 KVA	3 units
	Raw material input control panel		1 set	Raw material input control panel	Graphic	1 set
				Weighing control panel		1 set
				Automatic discharge control panel		1 set
	Transformer control panel		1 set	Transformer control panel		1 set
	Electrode lifting control panel		1 set	Electrode lifting control panel		1 set

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
Main Electric Power Receiving Facility	Electrode lifting operation panel		1 set	Electrode lifting operation panel		1 set
	Push-down operation panel		3 sets	Push-down operation panel		1 set
	Blower operation panel		2 sets	Blower operation panel		1 set
	Finished-product cooling pump operation panel		1 set	Finished-product cooling pump operation panel		1 set
	Dust collector operation panel		1 set	Dust collector operation panel		1 set
	Switch cubicle for power receiving		1 set	Instrument transformer		1 set
	Switch cubicle for furnace		1 set	Instrument converter		1 set
	Power transformer		1 unit	11 KV Switch cubicle		1 set
	Electric power control panel	750 KV	1 set	0.415 KV Switch cubicle		1 set
	Power transformer control panel		1 set	Power transformer	1 500 KVA	1 unit
				Electric power control panel		1 set
				Power transformer control panel		1 set

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
- Electric Power Receiving Equipment for Pump Startup				Condenser	33 KV, 2,000 KVA; 33 KV, 3,000 KVA	1 set 1 set
				Series reactor	13%, 260 KVA 13%, 390 KVA	1 unit 1 unit
				Condenser control panel		1 set
		11 KV Switch cubicle Power transformer	200 KVA	1 set 1 unit	300 KVA	1 set 1 unit
Utilities Equipment - River Water Transmission Device	Submerged pump	0.17 m ³ /min.	2 units	Submerged pump	0.5 m ³ /min.	300 m ³
	Sub-tank	Made of concrete	200 m ³	Sub-tank	Made of concrete	
	Pressure pump					
	First stage	0.17 m ³ /min.	2 units	First stage	0.5 m ³ /min.	2 units
	Second stage	0.17 m ³ /min.	2 units	Second stage	0.5 m ³ /min.	2 units
	Settlement pond	Made of concrete	800 m ³	Settlement pond	Made of concrete	900 m ³
	Reservoir	Made of concrete	450 m ³	Reservoir	Made of concrete	625 m ³
	Filter pump	0.17 m ³ /min.	2 units	Filter pump	0.5 m ³ /min.	2 units
	Filter	0.17 m ³ /min.	2 units	Filter	0.5 m ³ /min.	2 units
	Pool	Made of concrete	180 m ³	Pool	Made of concrete	200 m ³
- River Water Supply						

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
— Air Devices	Transformer cooling pump	0.33 m ³ /min.	2 units	Transformer cooling pump	0.67 m ³ /min.	2 units
	Electric furnace cooling pump	0.83 m ³ /min.	2 units	Electric furnace cooling pump	3.0 m ³ /min.	2 units
	Cooling tower	10 t/hr.	2 units	Cooling tower	70 t/hr.	2 units
	Cooling tower circulation pump	0.2 m ³ /min.	2 units	Cooling tower circulation pump	0.4 m ³ /min.	2 units
	Finished product cooling makeup pump	0.06 m ³ /min.	2 units	Finished product cooling makeup pump	0.006 m ³ /min.	2 units
	Compressor	1.4 m ³ /min.	2 units	Compressor	7.7 m ³ /min.	2 units
	Receiver tank	3 m ³	1 unit	Receiver tank	5 m ³	1 unit
				After cooler		1 unit
				Heavy oil tank	10 t	1 unit
				Ladle dryer burner		1 unit
— Fuel Oil Devices	Mobile burner	250 l/day	2 units	Mobile burner	250 l/day	2 units
	Gasoline tank	10t, underground type	1 unit	Gasoline tank	15t, underground type	1 unit
	LGO tank	10 t, underground type	1 unit	LGO tank	15 t, underground type	1 unit

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
-- Transport Vehicle	Service tank	0.4 m ³	2 units	Service tank	3 m ³	1 unit
	Shovel loader	3 t	3 pcs.	Shovel loader	3 t	4 pcs.
	Dump truck	10 t	3 pcs.	Dump truck	10 t	3 pcs.
	Forklift	2 t	2 pcs.	Forklift	3 t x 1, 2 t x 1	2 pcs.
	Truck scale	40 t	1 pc.	Truck scale	40 t	1 pc.
	Commutation bus	50 seaters	1 pc.	Commutation bus	50 seaters x 1, 25 seaters x 1	2 pcs.
	-- Instrumentation	Intake pump control panel		1 set	Intake pump control panel	
Pressure pump control panel			2 sets	Pressure pump control panel		2 sets
Filter control panel			1 set	Filter control panel		1 set
Cooling water pump control panel			1 set	Cooling water pump control panel		1 set
Cooling tower control panel			1 set	Cooling tower control panel		1 set
Compressor control panel			2 sets	Compressor control panel		2 sets
Heavy oil pump control panel			1 set	Heavy oil pump control panel		1 set

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
- Communication Device	Telephone for exchange line	2 of office, 1 of operation room	3 circuits	Telephone for exchange line	2 of office, 1 of operation room	3 circuits
	Telephone for extension	20 circuits	1 set	Telephone for extension	20 circuits	1 set
	Wireless telephone	Khartoum 1 circuit Mine 1 circuit	1 set	Wireless telephone	Khartoum 1 circuit Mine 1 circuit	1 set
Auxiliary -Analysis Device	Automatic chemical scale		1 pc.	Automatic chemical scale		1 pc.
	Sample melting furnace		1 pc.	Sample melting furnace		1 pc.
	Dryer		1 pc.	Dryer		1 pc.
	Pure water device		1 pc.	Pure water device		1 pc.
	Burning furnace		1 pc.	Burning furnace		1 pc.
	Jaw crusher		2 pcs.	Jaw crusher		2 pcs.
	Top grinder		1 pc.	Top grinder		1 pc.
	Shear		1 unit	Shear		1 unit
-Machine Tools	Lathe		1 unit	Lathe		1 unit

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
	Drilling machine		2 units	Drilling machine		2 units
	Grinder		1 unit	Grinder		1 unit
	Bending roller		1 unit	Bending roller		1 unit
	Forming lathe		1 unit	Forming lathe		1 unit
	Bending machine		1 unit	Bending machine		1 unit
	Electric winch		1 unit	Electric winch		1 unit
	Suspension crane	3 t	1 unit	Suspension crane	3 t	1 unit
Building related						
— Raw Material Processing Building	Receiving hopper shed		100 m ²	Receiving hopper shed		100 m ²
	Raw material breaking room		152 m ²	Raw material breaking room		154 m ²
	Raw material blending room		130 m ²	Raw material blending room		165 m ²
— Electric Furnace Building	Electric furnace shed		320 m ²	Electric furnace shed		624 m ²
	Finished product treatment shed		675 m ²	Finished product treatment shed		792 m ²
	Paste warehouse		150 m ²	Paste warehouse		300 m ²

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
- Finished Product Breaking Building				Finished product breaking room		180 m ²
				Finished product receiving hopper shed		60 m ²
- Maintenance Plant	Electrode case fabrication plant		225 m ²	Electrode case fabrication plant		225 m ²
	Repair shop		450 m ²	Repair shop		450 m ²
- Analysis Room	Analysis room		112.5	Analysis room		112.5
- Commodity Warehouse	Spare parts house		225 m ²	Spare parts house		225 m ²
	Warehouse for consumer goods		225 m ²	Warehouse for consumer goods		225 m ²
- Office	Office		330 m ²	Office		330 m ²
- Pump Blower Room	Water intake room		20 m ²	Water intake room		20 m ²
	Pressure pump room		10 m ²	Pressure pump room		10 m ²
	Cooling water pump room		81 m ²	Cooling water pump room		108 m ²
	Blower room		30 m ²	Blower room		98 m ²

Name of Equipment	Case A			Case B		
	Item	Specifications	Quantity	Item	Specifications	Quantity
-Welfare, Others	Recreation facilities		621.5 m ²	Recreation facilities		621.5 m ²
	Guard station		21 m ²	Guard station		21 m ²
	Chapel		25 m ²	Chapel		22.5 m ²
	Garage	Roof only	270 m ²	Garage		270 m ²
	Watching station	4m ² x 4 stations	16 m ²	Watching station	4 m ² x 4 stations	16 m ²
	Weighing room		30 m ²	Weighing room		30 m ²

2. 建設工事

2-1 スーダンにおける建設業の現状

(1) 建設プロジェクトの実施機関

個人住宅、公共建設物とも開発はほとんど外国からの融資に依存している。大部分を輸入資材に頼るような開発はSudan Kuwait Building and Construction Company等の投資会社に依って請負われ、その外貨融資に依存している。

民間部門の育成が遅れていることもあって、建設部門でもあらゆる分野で政府の果たす役割は大きい。政府機関としては、建設公共事業省、建築建設公社、道路橋梁公社、民間航空局がある。

1) 建設公共事業省(Ministry of Construction and Public Works)

この省の所轄業務は、中央政府関係建物の建築や営繕が主であって、運輸施設や住宅は他省の所轄である。

建築工事は直営による場合もあるが、現在ではコントラクト方式による場合が多い。コントラクト方式の場合は、国内の民間業者にも発注するが、公営コントラクターである建築建設公社に優先的に仕事が与えられている。

2) 建築建設公社(Public Corporation for Building and Construction)

民間業者の水準が低いこともあって、1973年7月に設立された。

独立採算により施工を行なう国営コントラクターである。受注は殆どネゴにより獲得しているが国際入札の案件のみ入札により受注している。

3) 民間コントラクター

国内の民間コントラクターは、資金力、技術水準ともまだ極めて弱体である。

土木工事の経験は殆どなく、建築工事についても主要なものは国営建築建設公社が仕事を確保するとあって、なかなか育たない現状である。

4) 外国コントラクター

大規模建造物の建設、運輸、通信等インフラストラクチャーの整備については、開発計画の作成から実行までのあらゆる段階で外国コンサルタントの力を必要としている。

以前は公共工事のほとんどが政府機関の直営によって施工されていたが、最近では、開発プロジェクトの活発化、大規模化に政府機関の施工能力が追いつかないこと、プロジェクトに対する資金提供者との関係等もあって、コントラクト方式による施工が主流になっている。また、土木工事の経験がある国内民間業者が存在しないため、結果的に外国のコントラクターが受注する工事が多い。スーダンへの進出に積極的な国はイタリア、西独、ユーゴスラビア等である。

(2) 現地調達

1) 建設資材

スーダン国内においては一部の建設資材を除いて、国内生産がされていない為、その殆どが外国からの輸入に依存している現状である。

スーダン国内で調達可能品種は、骨材、鉄筋、鋼管(1/2~2.0^m)、赤レンガ、亜鉛鍍鉄板(No. 24~26)、及び少量のセメント等であるが何れも生産量が少く、今回のフェロクロムプラント工事の様に短期間に大量の資材を必要とする場合は、全ての資材を輸入する前提で計画した方が妥当と思われる。

2) 建設機械

首都カルズーム地区周辺は、道路工事、ビル建築及び住宅の建設が盛に行なわれており一応の建設機械が使われているが、殆どの建設機械は輸入品である。元請業者の保有する機械で一般市場向のリース品はあるが、コストが高い事で敬遠されている。

トラッククレーン、ブルドーザー、及びトラック等は国内調達ができるが機種、台数が少く、又、小型機械のベルトコンベヤー、電気溶接器、鉄筋加工機、ランマー、チェーンブロック及び電気工事関係機器等は国内調達が出来ない為、建設時に持込む事が必要である。

建設機械に使われる軽油、ガソリン、潤滑油等も市場品が極めて少く、入手困難な為、機種に合わせて持込むべきだろう。

3) 建設業者

プラントサイト建設予定地のダマジン地区には建設業者は居ないが、首都カルツームには多数の建設業者が居り、中小の建設工事は全て消化している。しかし大型工事、特殊建築工事等は外国企業、又は外資系建設会社に依り施工されておりその都度、技術員及び技能者を派遣し工事に当って居る現状である。

従って、今回のプラント建設においては、電気炉本体建家、機械設備、及び電気設備等の特殊工事は海外において製作仮組みをし、現地へ持込み、海外の技術陣に依り施工する事になるだろう。一方、上記以外の地質調査、杭工事、基礎工事、事務所棟、倉庫等の附属建家は現地業者の設計、施工に依る一括発注も可能である。

4) 建設作業員

ダマジン地区には各種専門職人が居ない為、カルツームより派遣することになる。従って、建設時は労務員宿舎を提供する必要がある、工賃もカルツーム単価より10%~20%割高になる。

ダマジン地区での労務員調達には土工、雑役夫、又は各職人の手元作業員のみで比較的容易に多くの労務員を調達できそうである。

2-2 用地造成 (Site Preparation)

(i) 地形測量

前述の如くプラントサイトのおおよその位置が現地調査で決定しているが、用地造成に当っては用地附近の地盤高や、樹木、排水路、道路、建物等を含んだ正確な測量調査が是非必要である。

このためには基準点を設置し、基準点の座標とレベルを図上に明記するとともに、すべての地物を図上に明記する必要がある。

(2) 地盤調査

この調査は敷地内における地盤の構成と性質、地下水位などの概況をつかんで、建物の配置計画をきめ、建物をどんな形式の基礎構造によってどの地層に支持させるかという支持層決定、基礎構造決定を一応なしうる事、また続いて行う本調査の方法、規模などその実施方針をたてるための資料となる事を目的とするものである。通常予備調査ではボーリングと標準貫入試験を主体として行なわれるが、現地機関におけるボーリング調査の結果を表6-6に示す。

表6-6 プラントサイト地盤

Dimension		Symbol	Name	Features
m/m	m/m			
1,000	750		Black clay	Cotton soil, cracked.
	1,300			
2,000	3,000		Brown clay	Carbonates, mottled.
3,000				
4,000	5,000		Middle grain sand	Quartz including mica, circular grain to half-angular size (contains moisture).
5,000				
6,000				
7,000	8,100		Coarse grain	Quartz, feldspar and half-angular grain (high percentage of moisture content).
8,000				
			Sand clay	Plastic, contains pebble.

1) 基盤形成

ブルーナイル州は片麻岩、片岩及び大理石が基盤を形成しており、当地域には、より新しい花崗岩や超塩基性貫入岩（これはインゲサナヒルズの環状複合岩体と同じように新しいもの）が貫入している。製錬所予定地の西10Kmのところを超

塩基性岩(J. Gargado), 新しい花崗岩(J. Abu Garin)と大理石の露出があり, 片麻岩と大理石はダマジンのダムサイト近くに露出している。これらの岩石は, 土壌層を作るのに役立つ物質を送り込んだ。そして精錬所予定地点の下部には多分, 大理石が存在すると思われる。

2) 計画

以上のように現地調査報告に依り推定すると8 m以上の深部においては, 粗粒砂が礫となり, しだいに岩盤に達すると思われるが, 現時点では層厚及び8 m以上の地層の構成がつかめない為, 本報告を待たなければ明確な地耐力はつかめない。今回の設備計画においては単杭(長さ12 m迄)で支持層に達するものとして計画した。

3. 建設工期

ここで云う建設工期とは契約発効日から操業開始までの期間であり, ケースAでは36ヶ月, ケースBでは48ヶ月を見込んでいる。

又, この間建設関係の技術者, 技能者の指導が必要と考えられるが全期間を通じてケースA 7,380工数, ケースB 12,450 工数を見込んでいる。

ケースA及びケースBのスケジュールを図6-17及び図6-18に示す。

4. 建設費予測

4-1 建設費予測の基本的な考え方

(i) 輸入及び国内調達区分

下記基準を原則とした

- 購入機器 : 輸入
- 工事 : 国内調達
- 工事用資材 : 可能な限り国内調達

なお, 現地調査を行なった結果を考慮して国内調達割合が十分多くなるように計画した。

図6-17 建設工程表 (ケースA)

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
- Domestic Works										
Effective Date										
Basic Design										
Approval										
Final Design										
Ordering for Machinery and Equipment										
Packing and Packaging										
Shipment and Sea Transportation										
Unloading and Inland Transportation										
- Site Works										
Temporarily Construction										
Land Preparation										
Civil and Basic Works										
Building Construction Work										
Installation Work for Equipment/Machinery										
Installation Work for Furnace Facility										
Temporarily Wiring Work										
Construction Work for Power Cable										
Installation Work for Power Receiving Facility										
Wiring Work for Equipment and Machinery										
Electric Works for Furnace										
On-Off Plant Wiring Work for Lighting										
Auxiliary Works										
Construction Work for Plant Water Facility										
Construction Work for Oil Receiving Facility										
Test/Inspection for Each Facility										

図6-18 建設工程表 (ケースB)

	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
- Domestic Works										
Effective Date										
Basic Design										
Approval										
Final Design										
Ordering for Machinery and Equipment										
Packing and Packaging										
Shipment and Sea Transportation										
Unloading and Inland Transportation										
- Site Works										
Temporarily Construction										
Land Preparation										
Civil and Basic Works										
Building Construction Work										
Installation Work for Equipment/Machinery										
Installation Work for Furnace Facility										
Temporarily Wiring Work										
Construction Work for Power Cable										
Installation Work for Power Receiving Facility										
Wiring Work for Equipment and Machinery										
Electric Works for Furnace										
On-Off Plant Wiring Work for Lighting										
Auxiliary Works										
Construction Work for Plant Water Facility										
Construction Work for Oil Receiving Facility										
Test/Inspection for Each Facility										

(2) 見積り基準

1) 見積り時点

- 輸入分 : 1981年3月時点国際市場価格
- 国内調達分 : 1981年3月時点のスーダン国内市場価格

2) 使用通貨及び支換レート

- 輸入分 : 米ドル
- 国内調達分 : スーダンポンドから米ドルへ換算
- 交換レート : US\$ 1.00 = S£ 0.79 (1981年3月)

(3) 物価変動の影響

本スタディに於て建設費は1981年3月時点の時価による推計であり、実際の建設時点の価格を想定したものではない。

物価変動の影響は生産物の販売価格、原材料の購入価格（エネルギー価格含む）や建設費において、同一比率では実現しない。

それら上昇率の絶対的水準よりも、むしろ相対的關係によりプロジェクトの収益率は大きな影響をうける。従って本スタディではこの種のスタディの一般的原則に従い、不確実な推計を排する為、スタディ全般にわたり、物価変動を織り込んでいない。

(4) 輸入機械設置に対する課税

本スタディでは、1980年に制定された「投資促進法」が適用されると見なし、輸入機械に対する輸入税はすべて免除されると想定して計算している。

4-2 所要建設費

(1) 建設費

ケースA, Bの建設費は下記の通りである。

総建設費

(Unit: X10³ US\$1,000)

	Import	Local Procurement	Total
Case A	12,355	5,395	17,750
Case B	21,720	8,395	30,615

なお、詳細は表6-7に示す通りである。

(2) 国内調達比率

前述の如くスーダン国内調達比率をできるだけ上げる為、現地調査を行なった結果、国内調達比率は下記の如く約30%とかなり大きなものとなりその大部分は土木建築関係である。

国内調達比率

	Import	Local Procurement	Total
Case A	69.6	30.4	100.0
Case B	70.9	29.1	100.0

Table 6-6 Estimated Construction Costs

(Unit: 10³ US\$)

Item	Case A			Case B			Detailed Cost Element
	Imports	Domestic	Total	Imports	Domestic	Total	
	Raw Material conveying and Blending facilities	685	290	975	910	610	
Electric Furnace Facilities	2,245	380	2,625	5,500	490	5,990	Electric furnace, transformer for furnace, dust collector and other equipment.
Product Handling Facilities	5	50	55	555	65	620	Product crushing equipment, storage yards for products and slag.
Power Receiving and Transforming Facilities	310	575	885	930	1,065	1,995	Power receiver and distributor, power receiving equipment for pumps, power transmission equipment.
Utilities Facilities	960	350	1,310	1,200	905	2,105	Water pumping and transporting equipment, water supply equipment, air compressor, equipment for fuels, vehicles and others.
Subsidiary equipment	415	10	425	375	80	455	Office equipment, workshop machinery and Laboratory equipment.
Buildings	865	1,640	2,505	1,405	2,315	3,720	Building for electric furnace, product handling room, buildings for welfare facilities and other auxiliary buildings.
External Structure	120	595	715	175	830	1,005	Paved service roads in the plant site, ditches, fences, lighting and others.
Construction Materials and Machinery	665	795	1,460	670	800	1,470	Road from the railway station to the plant site, trucks, cranes, bulldozers, stagings and temporary facilities.
Materials for Operation	160	30	190	310	60	370	Consumables necessary for plant operation such as oxygen.
Spare Parts	355	-	355	640	-	640	Spare parts for machinery.
Sub-Total	6,785	4,715	11,500	12,670	7,220	19,890	
Various Charges	680	-	680	1,270	-	1,270	
Packing and Inland Transportation	970	-	970	1,615	-	1,615	
Ocean Freight	1,630	-	1,630	2,540	-	2,540	
Unloading and Overland Transportation	150	680	830	270	1,175	1,445	
Supervision	2,140	-	2,140	3,365	-	3,365	
Sub-Total	5,570	680	6,250	9,050	1,175	10,225	
TOTAL	12,355	5,395	17,750	21,720	8,395	30,115	

第七章

組織及び要員計画

1. 組織と経営

1-1 全般的組織

本プロジェクトを効率的に運営するために最適な組織が必要である。つまりこの組織は建設工事の監督を含み機器資材の購入、製品の販売、生産プロセスの管理、経理及び総務等の機能を全て充足させるものである。

本社組織はカルツームに設置し主として全社管理事項、企画及び購買ならびに販売等対外的に関連した事項を取扱い、工場組織はダマジンに設置し直接工場の操業と生産設備の管理を司るものである。

1-2 本社組織

本社組織は図7-1に示す通りで本組織はケースA及びケースB、両者とも同一組織とする。

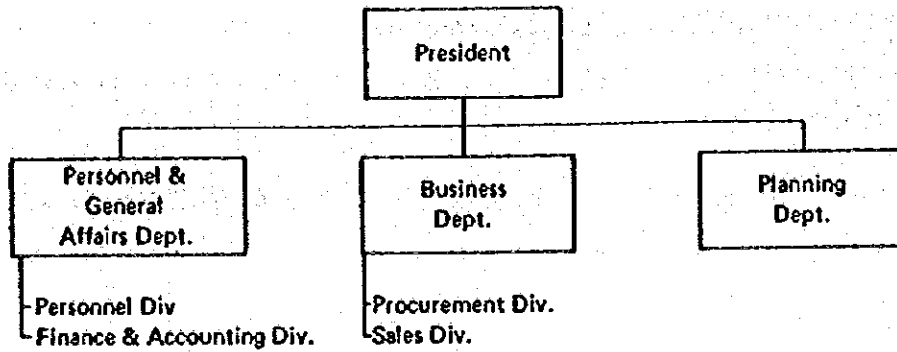
1-3 フェロクロム工場

フェロクロム工場の組織は図7-1に示す通りである。組織図に示す各職種の機能は次の通りである。

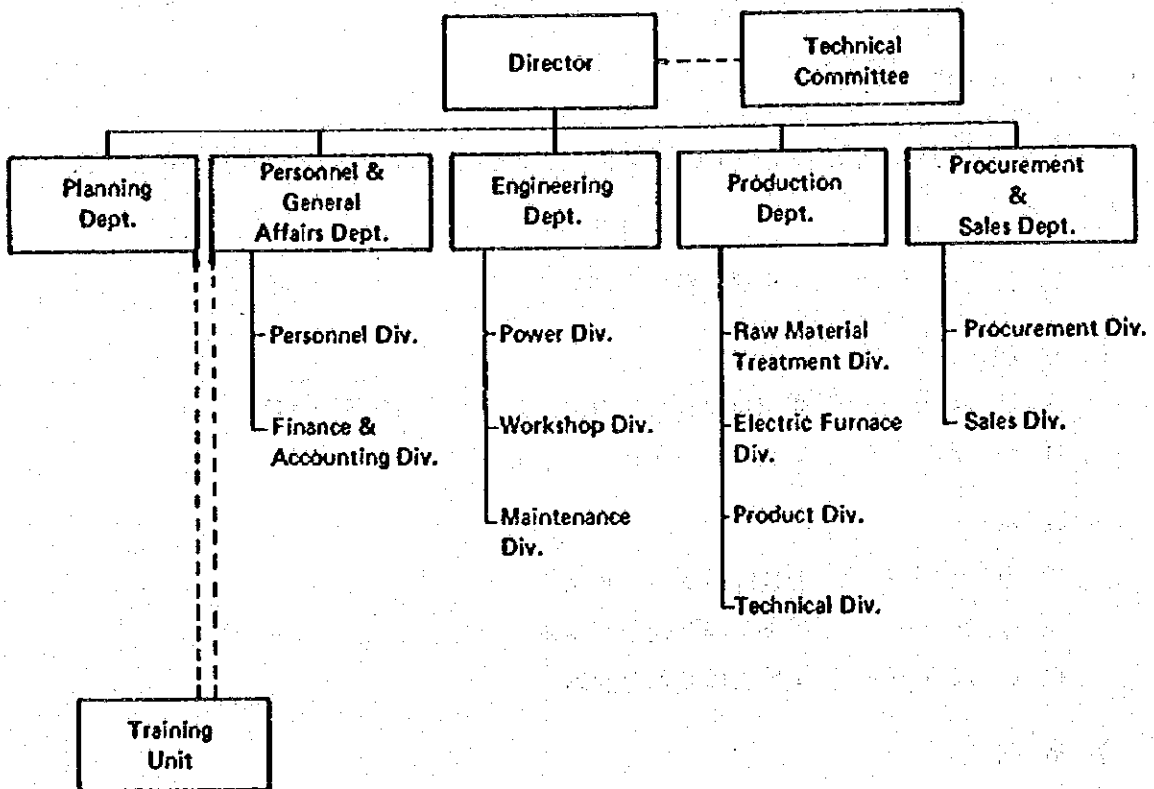
工場長	工場運営の全般的管理
総務部	
人事課	従業員の募集、教育、給与、福利厚生業務
経理課	財務、会計業務
工務部	
電力課	受変電設備の管理業務
工作課	工作工場運転管理業務
保全課	工場設備の保全管理
製造部	
原料課	原料受入処理操業管理
電炉課	電気炉操業管理
製品課	製品処理操業管理
技術課	技術資料解析、品質管理

図7-1 組織図

(a) Head Office in Khartoum



(b) Ferrochrome plant in Damazin



営業部

資材課 …………… 原材料，資材購買，在庫管理

販売課 …………… 製品販売，在庫管理

企画部

…………… 生産計画，予算統制

これらの組織に加えて工場運営の万全を期すために技術委員会 (Technical Committee) を設置し工場長の業務遂行を補佐する。又一方従業員の訓練計画の遂行を計るため，訓練チームが編成され企画部，総務部，技術委員会と密接な連繋のもとに業務が遂行される。

2. 要員計画

2-1 所要人員

(i) 本社

本社における所要人員は図7-1に示す通りである。

表7-1 本社所要人員

	Head	Chief	Clerk	Workers	Subtotal
President	1				1
Personnel & General Affairs Dept.	1				1
Personnel Div.		1	1	1	3
Finance & Accounting Div		1	1	1	3
Business Dept.	1				1
Procurement Div.		1	1	1	3
Sales Div.		1	1	1	3
Planning Dept.	1	1	1	1	4
TOTAL	4	5	5	6	19

(2) 工場

表7-2に両ケースの工場における所要人員を示した。

これら所要人員算出に際しては工場所在地の厳しい自然条件を十分考慮に入れてあり、さらに従業員のフェロクロム操業法についての未経験さを加味してある。又電気炉の操業は24時間連続操業のため交代要員として定員の20%を見込んでいる。操業に際しては管理・監督職位の大部分は海外からの操業指導員によって指導されると想定される。その他の技術者、労働者はスーダン国内で募集されるが相当の職業訓練が不可欠である。実地教育(On-the-Job Training)が効果的で実際的であるが基礎教育も本プロジェクトの発足の決定次第直ちにスタートされねばならない。

2-2 労働人口

最新の国勢調査は1973年に実施されたがそれによればスーダンの全人口は約14,800,000人、ブルーナイル州は3,800,000人、ダマジン市は約12,000人と報告されている。人口増加率は第1回の国勢調査(1955年)と第2回(1973年)間の人口増加率は国全体で約2.1%であるがブルーナイル州では約3.5%となっている。又最近の人口増加率はこれらの値より高くなっていると想定されるので1981年現在のスーダンの全人口は約22,000,000人、ダマジン市は約21,500人と推定される。

1973年国勢調査による就業人口の部門別の比率は表7-4に示す通りである。この表より明らかな通り、スーダン全土、ブルーナイル州とも農業部門が圧倒的な比重を持っている。しかし鉱工業部門もこの調査後その比率を若干向上させていると考えられる。

職能別の比率をブルーナイル州で調査した結果は表7-5に示す通りであるがこの表よりこの地方の熟練労働者の種別についての情報が得られる。大部分の専門技能者は雇用されているがしかし職能別分類に相当しない未熟練労働者は未就業の比率が高い事が注目される。

これらの条件は現行6カ年計画(1977/78~1982/83)に述べられている事と一致しており、技術者・熟練労働者は一般的に近い将来不足気味となるが、しかし未熟練労働者は比較的余裕があると考えられる。

表7-2 フェロクロム工場所要人員配置表

(a) Case A (7,000 t/yr. ferrochrome production)

	<u>Head</u>	<u>Chief Clerk</u>	<u>Chief</u>	<u>Clerk</u>	<u>Worker</u>	<u>Sub-Total</u>
Director	1					1
Personnel & General Affairs Dept.	1					1
Personnel Div.		1	2	2	5	10
Finance & Accounting Div.		1	2	2	—	5
Procurement & Sales Dept.	1					1
Procurement Div.		1	1	2	5	9
Sales Div.		1	1	1	3	6
Planning Dept.	1	1	1	5	2	10
Engineering Dept.	1	<u>Chief Clerk</u>	<u>Chief Foreman</u>	<u>Clerk Skilled worker</u>	<u>Worker Unskilled worker</u>	<u>Sub-Total</u>
Power Div.		1	3	3	3	10
Workshop Div.		1	2	7	2	12
Maintenance Div.		1	2	5	2	10
Production Dept.	1					1
Raw Material Treatment Div.		1	3	6	5	15
Electric Furnace Div.		1	3	18	10	32
Product Div.		1	1	10	10	22
Technical Div.		1	2	2	—	5
TOTAL	6	12	23	63	47	151

(b) Case B (15,000 t/yr. ferrochromé production)

	<u>Head</u>	<u>Chief Clerk</u>	<u>Chief</u>	<u>Clerk</u>	<u>Worker</u>	<u>Sub-Total</u>
Director	1					1
Personnel & General Affairs Dept.	1					1
Personnel Div		1	2	3	7	13
Finance & Accounting Div.		1	2	3		6
Procurement & Sales Dept.	1					1
Procurement Div.		1	2	3	7	13
Sales Div.		1	2	3	5	11
Planning Dept.	1	1	2	7	4	15
	<u>Head</u>	<u>Chief</u>	<u>Fore-man</u>	<u>Skilled Worker</u>	<u>Unskilled Worker</u>	<u>Sub-Total</u>
Engineering Dept.	1					1
Power Div.		1	3	6	5	15
Workshop Div.		1	3	10	4	18
Maintenance Div.		1	3	7	5	16
Production Dept.	1					1
Raw Material Treatment Div.		1	3	9	7	20
Electric Furnace Div.		1	3	21	15	40
Product Div.		1	2	15	15	33
Technical Div.		1	2	3		6
TOTAL	6	12	29	90	74	207

表7-3 スーダン地区別人口

	1973	Annual Growth Rate 1955 - 73	Rough Estimate 1981
Sudan	14,819,000	214	22,000,000
Khartoum (Province)	1,150,000	485	-
Blue Nile (Province)	3,804,000	350	-
Damazin (Town)	12,233	-	21,500

表7-4 部門別就業人口比率 (スーダン, ブルーナイル州)

Sector	the Sudan	Blue Nile Province
Agriculture, Hunting, Forestry & Fishing	65.2	62.7
Mining & Quarrying	0.1	0.0
Manufacturing	3.9	4.3
Electricity, Gas & Water	1.0	2.4
Construction	2.0	2.6
Commercial	5.4	5.9
Transport, Storage & Communication	3.7	4.5
Financing, Insurance, Real Estate, etc.	0.1	0.0
Community Social & Personal Services	11.0	8.2
Activities not adequately defined	7.5	9.2
TOTAL	100.0	100.0
Unemployed	6.0	4.9

Source: Second Population Census 1973: Sudan.

表7-5 職能別就業人口比率

Occupation	Total Economically Active	Employer	Own Account Worker	Employee	Unpaid Family Worker	Other Unpaid Worker	Unemployed
Professional & Technical	21,800	324	604	20,728	24	77	47
Administrative & Managerial	749	207	204	333	2	-	3
Clerical	7,381	15	104	7,225	13	3	21
Sales	32,131	1,618	27,710	2,028	706	23	46
Service	38,635	884	5,276	32,034	237	84	120
Agricultural, Animal Husbandry, Forestry, Fishing & Hunting	415,541	36,747	246,574	108,121	23,582	86	431
Production, Transport & Labor	91,769	1,510	36,157	52,636	674	258	734
Others	77,980	195	10,610	33,944	705	105	32,421
TOTAL	685,990	41,500	327,239	256,949	25,843	636	33,823

Source: Second Population Census 1973: Blue Nile Province.

2-3 採用

ダマジン市の人口は約21,500人であるが、その内約50%は農業に従事している。又周辺地域には約48,000人の人口があると推定される。これらの住民の中からフェロクロムプラント従業員を採用する事は質を問わなければ大きな問題はないと考えられる。

レベルの高い従業員の採用についてはダマジン高等学校の卒業生の中から適任者を採用して教育訓練する事が望ましい。

因みにダマジン高等学校は生徒数約450名で一般高等教育を受けており卒業生の内約20~30名は大学に進学している。

3. 労務費

3-1 賃金

各職種別の賃金水準は表7-6に示す通りであるが、この水準は既存の各企業の実態と「最低賃金法 1974」ならびに「雇用関係調整法 1948 制定 1969/73 修正」を参考にして算出した。これらの賃金には住居手当、通勤手当、交代手当、家族手当、社会保険の事業者負担分を含んでいる。年間の総労務費はケースAでUS\$ 253,190、ケースBでUS\$ 322,228である(表7-6参照)

3-2 技術習得費

フェロクロム製造技術はフェロアロイ製造技術の中でも高級の技術に属する。従って出来るだけ高学歴の従業員を採用し彼等を先進国の既存のフェロクロム工場で実地訓練する事が必要である。海外に派遣する技術者及び技能者の人数と期間は下記の通りである。

	人数	期間
技術者	5	6ヶ月
技能者	10	6ヶ月

これら技術・技能者は教育を受け帰国後、他の従業員の教育指導の任に当る事になる。

表7-6 年間勞務費(工場)

Worker Class	Wage Level (S£/year/capita)	Case A		Case B	
		Number of Worker	Payment for Wages (S£/year)	Number of Worker	Payment for Wages (S£/year)
Director	5,400	1	5,400	1	5,400
Dept. Head	4,200	5	21,000	5	21,000
Div. Chief	3,240	12	38,880	12	38,880
Foreman (Chief)	1,800	23	41,400	29	52,200
Skilled Worker (Clerk)	1,080	63	68,040	90	97,200
Unskilled Worker	540	47	25,380	74	39,960
TOTAL		151	200,100¹⁾	211	254,640²⁾

Notes: 1) Equivalent to US \$253,190/year.

2) Equivalent to US \$322,228/year.

第八章

操業計画

1. 操業成績

フェロクロム製錬工場の生産規模については、第3章で詳述の如く年産7,000トンのケースAと年産15,000トンのケースBの両案を検討する事になっている。

この生産規模を達成するための操業条件について検討した結果は次の通りである。

1-1 年間操業日数

フェロクロム製錬工場は、その電気炉特性上、可能なかぎり長期連続操業が望ましいのは当然であるが第5章第1-2節で述べてある通りスウェーデン国の電力事情から判断して、最も電力需給のタイトな2ヶ月程度は休炉せざるを得ないと考えられる。一方この休炉期間を利用し各種機器の補修を実施する。

休炉期間はロセイレス発電所の発電量が減少する7~8月とするのが望ましいと思われる。

これら諸条件を参照して年間操業日数をケースA, Bとも年間300日として停炉期間を6月28日~8月31日とした。

1-2 操業成績

インゲサナヒルズのクロム鉱石を使用してフェロクロムを製造する場合の成績を推定するため各ケース毎にマテリアルバランス及びヒートバランスを算出し成績を推定した。

(1) 前提条件

第4章で述べられている如く主、副原料の組成は表8-1に示す通りである。

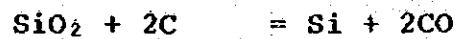
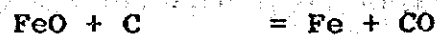
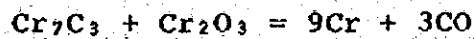
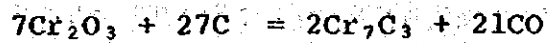
(2) フェロクロム製造方法

高炭素フェロクロムの製造方法は鉱石中に含有されているCrとFe及びSiを還元剤として還元剤(コークス)を用いて還元し、同時に鉱石中の SiO_2 , Al_2O_3 , MgO 等の脈石を分離する事である。

この際の主要化学反応をあげれば下記の通りである。

表8-1 主・副原料の組成 (%)

	Cr ₂ O ₃ (Cr)	FeO (Fe)	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Cr/Fe	C
Chromium ore (A)	48 (32.8)	13 (10.1)	10.0	18	5		
Chromium ore (B)	45 (30.8)	14 (10.9)	10.0	18	7		
Silica Bauxite		5.0 (3.9)	18.4		59.0		
Coke E			5.0				85.0
Electrode Paste							80.0



工業的にフェロクロムを製造するには電気炉の中にクロム鉱石とコークスならびにフラックスを装入し電極をとおして電力を通じ装入物を約1,600~1,800℃に加熱熔解する事により上記反応を遂行させる必要がある。

その際の留意点の1つはスラグ組成をMgO/SiO₂ 1.0~1.3, MgO/Al₂O₃ 1.2~1.6の範囲に調節する事が重要である、この組成のスラグは融点が約1,650℃であり且つスラグの流動性も良好で電気炉からの抽出が容易である、そのためクロム鉱石の組成に応じて不足しているAl₂O₃及びSiO₂をフラックスとして添加する必要がある。

もう1つの留意点としては、電気炉の熱効率を良くするための装入物の粒度分布の適正化である。

即ち、前述の如く電気炉内においては化学反応に伴なって大量のCOガスが発生するがそのガスをスムーズに原料層を通じて排出する事が重要である。もし原料中に微粉が大量に存在する場合は上記COガスの排出がとどこおりそれが一時的に逸出するため吹上げがおこり電気炉の熱効率を著しく低下させ電力原単位の悪化を招く事になる。

このため現在各種の原料事前処理方式が採用されている。

電気炉内で製造されたフェロクロム及びスラグは、ある時間間隔で電気炉より抽出され、フェロクロムとスラグは比重差を利用して分離された後、鋳型に鋳込まれる。

鋳込まれたフェロクロムは凝固後、鋳型より取り出し所定のサイズにサイジングされた後出荷される。

一方スラグはヤードに流して凝固後、路盤材等に利用される。

(3) マテリアルバランス

クロム鉱石にコークス、フラックスをブレンドしてフェロクロムを製造する場合の物質収支を計算した結果は表8-2及び8-3に示す通りである。

このマテリアルバランスよりフェロクロム1トンを生産する場合の各原料の必要量が算出される。

(4) ヒートバランス

上記マテリアルバランスの結果を利用してフェロクロムを製造する場合の理論必要熱量を算出したのが表8-4及び8-5に示すヒートバランスである。

一般にフェロクロム製造用電気炉の熱効率は60～65%であるので上記理論必要熱量を0.6～0.65で除したものが実際必要熱量である。熱ロス40～35%の主なものは電気回路のロス、冷却水(ホルダー、トランス)伊体からの放散熱等である。

(5) 製造成績推定

前記マテリアルバランス、ヒートバランスの結果を総合して各ケースにつき製造成績を算出した結果を表8-6に示す。

表B-2 マテリアルバランス (ケースA)

(Based on 1,000 Kg of metal; Unit: Kg)

Item	Unit Consumption	Cr	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	C	H ₂ O
Input								
Chromium ore (A)	2,182	715.7	220.4	218.2	109.1	392.8		21.8
Silica	127			122.8				2.5
Bauxite	296		11.6	54.3	171.5			55.1
Coke	495				24.8		420.9	74.3
Electrode	19						15.3	
Total	3,119	715.7	232.0	420.1	280.6	392.8	436.2	153.7
Output								
Metal	1,000	665.5	225.0	64.3			75.0	
Slag	1,142	38.8	6.8	352.1	280.4	386.9		
Dust	30	11.4	0.2	3.7	0.2	5.9	0.4	
Gas	947						360.8	153.7
Total	3,119	715.7	232.0	420.1	280.4	392.8	436.2	153.7

(a) Gas Volume

$$360.8 \times 22.4/12 \div 0.95 = 709 \text{ Nm}^3/\text{t} \text{ (CO + CO}_2 = 95\%)$$

(b) FC quantity

Cr portion	$665.6 \times 36/104 = 230.4 \text{ Kg/t-Metal}$
Fe portion	$225.0 \times 12/56 = 48.2 \text{ Kg/t-Metal}$
Si portion	$30.0 \times 24/28 = 25.7 \text{ Kg/t-Metal}$
C portion	$75.0 \times 1.0 = 75.0 \text{ Kg/t-Metal}$

TOTAL 379.3 Kg/t-Metal

Suppose the excess rate of FC is 15%: 436.2 Kg/t-Metal

表 8-3. マテリアルバランス (ケース B)

(Based on 1,000 Kg of metal; Unit: Kg)

Item	Unit Consumption	Cr	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	C	H ₂ O
Input								
Chromium ore (B)	2,248	692.4	245.0	224.8	157.4	406.6		21.5
Silica	144			139.4				2.9
Bauxite	227		8.8	41.8	131.7			42.2
Coke	491			24.6			417.6	73.7
Electrode	19						15.3	
Total	3,129	692.4	253.8	430.6	289.1	404.6	432.9	140.3
Output								
Metal	1,000	643.8	246.2	64.3			75.0	
Slag	1,174	38.2	7.4	362.7	288.9	398.6		
Dust	30	10.4	0.2	3.6	0.2	6.0	0.4	
Gas	925						357.5	140.3
Total	3,129	692.4	253.8	430.6	289.1	404.6	432.5	140.3

(a) Gas Volume

$$357.5 \times 22.4/12 \div 0.95 = 702 \text{ Nm}^3/\text{t} \text{ (CO + CO}_2 \text{ = 95\%)}$$

(b) FC quantity

Cr portion	$643.8 \times 36/104 =$	222.8 Kg/t-Metal
Fe portion	$246.2 \times 12/56 =$	52.8 Kg/t-Metal
Si portion	$30.0 \times 24/28 =$	25.7 Kg/t-Metal
C portion	$75.0 \times 1.0 =$	75.0 Kg/t-Metal

TOTAL 376.4 Kg/t-Metal

Suppose the excess rate of FC is 15%: 432.9 Kg/t-Metal

表 8-4 ヒートバランスによる電力原単位の推定 (ケース A)

(Based on 1,000 Kg of metal)

Item	Calculation Base	Quantity (Kg)	Calorie (x10 ³ Kcal)
Sensible Heat			
Of metal	(1,650 → 25°C) CP 0.19	1,000	309
Of slag	(1,650 → 25°C) CP 0.24	1,142	445
Of dust	(400 → 25°C) CP 0.20	30	2
Of vapor	(400 → 25°C) CP 0.47	158	28
Of gas	(400 → 25°C) Cp 0.31	947	110
Sub-Total			894
Reaction & Evaporation Heat			
Cr ₂ O ₃ → 2Cr + 3/2O ₂	2,600 Kcal/Kg-Cr	666	1,732
FeO → Fe + 1/2O ₂	1,130 Kcal/Kg-Fe	225	254
SiO ₂ → Si + O ₂	7,480 Kcal/Kg-Si	30	224
C + 1/2O ₂ → CO	(-) 2,200 Kcal/Kg-C	361	(-) 794
7Cr + 3C → Cr ₇ C ₃	(-) 117 Kcal/Kg-Cr	666	(-) 78
2MgO + SiO ₂ → 2MgO·SiO ₂	(-) 252 Kcal/Kg-SiO ₂	123	(-) 31
FeO·Cr ₂ O ₃ → FeO + Cr ₂ O ₃	119 Kcal/Kg-Cr	716	85
H ₂ O(l) → H ₂ O(g)	584 Kcal/Kg-H ₂ O	154	90
Sub-Total			1,482
TOTAL			2,376

Thermal efficiency of electric furnace : 65%

Required heat input : $(2,376 \times 10^3) / 0.65 = 3,655 \times 10^3$ Kcal/t

Unit electric power consumption : $(3,655 \times 10^3) / 860 = 4,250$ KWH/t

表 8-5 ヒートバランスからの電力原単位の推定 (ケース B)

(Based on 1,000 Kg of metal)

Item	Calculation Base	Quantity (Kg)	Calorie ($\times 10^3$ Kcal)
Sensible Heat			
Of metal	(1,650 \rightarrow 25°C) Cp 0.19	1,000	309
Of slag	(1,650 \rightarrow 25°C) Cp 0.24	1,174	458
Of dust	(400 \rightarrow 25°C) Cp 0.20	30	2
Of vapor	(400 \rightarrow 25°C) Cp 0.47	144	25
Of gas	(400 \rightarrow 25°C) Cp 0.31	925	108
Sub-Total			902
Reaction & Evaporation Heat			
$\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{Cr} + 3/2\text{O}_2$	2,600 Kcal/Kg-Cr	644	1,674
$\text{FeO} \rightarrow \text{Fe} + 1/2\text{O}_2$	1,130 Kcal/Kg-Fe	246	278
$\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Si} + \text{O}_2$	7,480 Kcal/Kg-Si	30	224
$\text{C} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$	(-) 2,200 Kcal/Kg-C	358	(-) 788
$7\text{Cr} + 3\text{C} \rightarrow \text{Cr}_7\text{C}_3$	(-) 117 Kcal/Kg-Cr	644	(-) 75
$2\text{MgO} + \text{SiO}_2 \rightarrow 2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$	(-) 252 Kcal/Kg-SiO ₂	139	(-) 35
$\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{FeO} + \text{Cr}_2\text{O}_3$	119 Kcal/Kg-Cr	692	82
$\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{g})$	584 Kcal/Kg-H ₂ O	140	82
Sub-Total			1,442
TOTAL			2,344

Thermal efficiency of electric furnace : 65%

Required heat input : $(2,344 \times 10^3) / 0.65 = 3,606 \times 10^3$ Kcal/t

Unit electric power consumption : $(3,606 \times 10^3) / 860 = 4,193$ KWH/t

表8-6 フェロクロム製造成績の推定

Item	Unit	Case A	Case B
Quality of Finished Product	%	66.6	64.4
Cr		66.6	64.4
Si		3.0	3.0
C		7.5	7.5
Cr Yield	%	93.0	93.0
Unit Electric Power Consumption	KWH/t	4,250	4,193
Unit Raw Material Consumption	Kg/t		
Cr ore		2,182	2,248
Bauxite		296	227
Silica		127	144
Coke		495	491
Electrode paste		19	19
Slag composition	%		
Cr ₂ O		5.0	4.7
FeO		0.8	0.8
SiO ₂		30.8	30.9
Al ₂ O ₃		24.5	24.6
MgO		33.8	33.9
Slag Production	Kg/t	1,142	1,174

1-3 スタートアップ及び改修

(i) スタートアップ

フェロクロムプラントの操業スタートアップについては、従業員が先進国で教育訓練を受け、さらに先進国からの操業指導員が指導するとはいえ、スーダン国では最初のプラントであるのでそのスタートアップは慎重におこなわなければならない。そこで従来の経験及び今回の特殊性を考慮に入れ表8-7に示すようなスタートアップ計画を策定した。

即ち、ケースA、Bとも6ヶ月で正常な操業水準に到達するものと想定した。

Table 8-7 Startup Plan

Description	Unit	1st month	2nd month	3rd month	4th month	5th month	6th month
Case A							
Electric furnace load	KW	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,000
Unit power consumption	KWH/t	6,000	5,000	4,500	4,300	4,250	4,250
Production	t/m	240	360	480	600	680	680
Case B							
Electric furnace load	KW	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000
Unit power consumption	KWH/t	6,000	5,000	4,500	4,300	4,200	4,200
Production	t/m	480	720	960	1,200	1,370	1,540

(2) 補修

フェロクロム電気炉の操業は本来、連続操業（24時間/日 × 365日/年）すべきもので電気炉のライニングは通常3～4年は無補修で操業可能である。しかし本プラントでは前述の如く電力事情により年間2ヶ月は休炉せざるを得ないため、次の再スタートをスムーズにするため炉内残留物を掘出す必要があり、その為一部ライニングを補修する事がある。

又同時に電気炉ライニング以外の諸設備で補修が必要な箇所があれば補修を実施する。

1-4 操業指導

本プラントの操業開始に先立ち、スーダン側要員の先進国フェロクロム工場での教育訓練を実施する事は前節で述べた通りであるが、本プラント操業に当っては先進国から適任者がある期間操業指導に来る事が必要である。

指導員の人数、期間は一応下記の通りと考えられる。

	人数	期間	計
技術者	3	6ヶ月	18人一月
職長	6	6ヶ月	36人一月
合計			54人一月

作業指導に当っては、作業標準書を用意して、効率的な指導ができるよう配慮する。

1-5 作業計画

年間300日操業日数と炉修後の立上り期間の10日間を考慮した作業計画は下記の通りである。

	Unit	Case A	Case B	Remarks
Ave. Furnace Load	KW	4,300 (4,500)	9,000 (9,500)	() shows max. load.
Unit Electric Power Consumption	KWH/t	4,250	4,193	
Daily Output	t/d	24.3	51.5	
Annual Operation Days	days	290	290	Excluding 10 days after startup.
Annual Output	t	7,047	14,940	

2. 製造コスト

2-1 コスト構成要素

フェロクロムのコスト構成要素は下記2大項目に分類される。

- 一 変動部分： 原材料費、電力費、補助材料費。
- 一 固定部分： 労務費、設備償却費、一般管理費、支払利息。

即ち、変動部分は製造成績（原単位）に直接影響される部分であり、固定部分は操業度（生産量）の増減にかかわらず一定額の支出を伴う部分である。

2-2 変動製造原価

(1) 原単位

各ケースとも原単位は前節の正常な操業期間の値を使用した。消耗材料費、補助部門費については、日本に於けるフェロクロム工場の実績を参考として計上した。

(2) 単価設定根拠

原材料、電力等の単価設定は第4～5章で設定されたものを基礎にしたが、輸入原料については全て保税扱いになるとの前提で輸入税を加えていない。単価設定費用の見積りについては現地調査の結果を踏えて調査団の知識経験で補足しておこなった。

2-3 固定費

(1) 工場固定費

1) 労務費

工場在籍従業員は特別の場合を除き常時雇傭し賃金を支払っているため、年間労務費を生産高で除したものを製品トン当りの労務費とした。

2) 設備償却費

建設コストを15年償却する場合の年間償却額は建設コストの6%である。この額を生産高で除したものを製品トン当りの設備償却費とした。

3) 経費

工場事務所費、福利厚生施設費等の一般経費を計上し、それを生産高で除したものを製品トン当りの経費とした。

(2) 販売費

工場を出荷してポートスーダン迄の運賃及び諸掛を販売費として計上する。

(3) 一般管理費

本社費として通例工場原価の3%を計上する。

(4) 支払利息

支払利息は建設コストに対する利息年8%と運転金利として工場原価の5ヶ月分に対して利息年8%を見込んだ。

但し、建設コストに対する支払利息は借入残高の減少に伴ない減少するので、10年間の平均金利を年4%として計上した。

2-4 原価計算

各項目毎に原価を計算したものを表8-8に示す。

表8-8 原 價 計 算 表

(Unit: US\$/t)

Item	Unit Price	Case A			Case B		
		Unit Consumption	Amount	%	Unit Consumption	Amount	%
Chromium Ore (A)	69.0	2,182 Kg/t	150.6	15.9			
Chromium Ore (B)	63.3				2,248 Kg/t	142.3	16.6
Coke	210.6	495 Kg/t	104.2	11.0	491 Kg/t	103.4	12.1
Bauxite	102.3	296 Kg/t	30.3	3.2	227 Kg/t	23.2	2.7
Silica (A)	44.9	127 Kg/t	5.7	0.6			
Silica (B)	38.6				144 Kg/t	5.6	0.7
Electric Power	0.0433	4,650 KWH/t	201.4	21.3	4,593 KWH/t	198.9	23.2
Electrode	640.2	19 Kg/t	12.2	1.3	19 Kg/t	12.2	1.4
Consumables			20.0	2.1		20.0	2.3
Auxiliary Costs			15.0	1.6		15.0	1.7
Variable Production Costs			(539.4)	(57.0)		(520.6)	(60.7)
Labor Cost		\$253,200/yr	36.2	3.8	\$322,228/yr.	21.5	2.5
Depreciation		\$17.750Mx6%	152.1	16.1	\$30.115Mx6%	120.5	14.1
Expenses (for maintenance & repair)			30.0	3.1		30.0	3.5
Fixed Costs at the Plant			(218.3)	(23.0)		(172.0)	(20.1)
Total Accounting Costs at the Plant			(757.7)	(80.0)		(692.6)	(80.8)
Sales Cost			40.2	4.2		40.2	4.7
General Administration Cost		757.7x3%	22.7	2.4	692.6x3%	20.8	2.4
Interest Payment (Facility)		\$17.750Mx4%	101.4	10.7	\$30.115Mx4%	80.3	9.4
Interest Payment (Operation)		757.7x8%x $\frac{6}{12}$	25.3	2.7	692.6x8%x $\frac{6}{12}$	23.1	2.7
Fixed Costs at the Head Office			(189.6)	(20.0)		(164.4)	(19.2)
Total Unit Cost			947.3	100.0		857.0	100.0
Selling Price			602.1			587.5	
Profit/Loss			-345.2			-269.5	

第九章

総合評価

1. 財務分析

1-1 プロジェクトの費用と便益

(1) 投資費用

フェロクロム製錬工場の建設に要する初期投資額は第6章において諸項目について見積もられたが、その結果をまとめると表9-1のようになる。この総建設費は図6-1にある建設スケジュールに従って各建設年度に振り分けられる。生産が開始されてから、一部設備の更新などのために追加投資も必要となる。また必要な運転資金はフェロクロム産業において通常用いられる方法で見積られ、やはり表9-1に与えた。

表9-1に示されている投資額の外貨部分は輸入材や技術指導その他に必要な外国人などに要する費用から見積ったものである。輸入材に適用される関税は個々の場合、即ち個々のプロジェクトあるいは、輸入元によってかなり異なって来る。例えば1979年に輸入されたセメントの関税は輸出国によって0%から10%まで幅があるし、電気機器の関税も実質的に0%から高いものでは45%以上にもなる。¹⁾ここでは建設に必要な機械類や材料に関しては、1980年に制定された「投資促進法」²⁾に従って免除されるものとし、追加投資と運転資金にのみ40%の関税が課せられるとした。

(2) 生産費用

フェロクロム製錬工場の始業から数カ月間の生産スケジュールは工場の各規模について表8-7のようになろう。すなわちこの数カ月間は始業時の諸問題を考慮して生産額を低く見ている。

生産費用は材料費、電力および他のユーティリティ費、労務費をはじめ輸送諸経費、ロイヤリティ、地方税更には諸掛かりおよび管理費等から成る。これらは第8章において既に積算されているが、ここでは一つの修正を行なう。即ち表8-8に見られるようにコークスの費用が全生産費のかなりの部分を占めること、また国産の木炭を使用したいとのスーダン側の意向を考慮して、ここではフェロクロム生産に必要な還元剤のうち3分の1はこの木炭によって満たされるものと仮定する。またクロム鉱石の価格は、第8

注 1) Ministry of National Planning, Foreign Trade Statistics 1979.

2) Encouragement of Investment Act, 1980.

章と同様にその生産費から計算することとする。製錬工場の操業が最大生産能力に達した段階での生産費を表9-2にまとめた。この表に示されている外貨部分も、上述の方法と同様にして計算されたものである。

(3) 収入

当プロジェクトの収入は、フェロクロム製錬工場の製品を輸出することから生じる。総収入は表8-8の想定生産量とポートスーダンにおけるフェロクロムの平均的FOB価格とに基づいて計算される。

年間生産規模7,000トン及び15,000トンについて、製品の質の違いを考慮して平均的FOB価格は、各々の規模に対してトン当りS£476,あるいはトン当りS£461となる。生産開始後3年間については、始業時における製品の質に問題があり得ることを反映するため、それぞれ10%, 5%及び5%の割引きを適用する。

1-2 内部財務収益率

基準ケースについての内部財務収益率の計算は表9-4に示されているように行なわれるが、ここで以下の仮定が置かれている。

- (1) 純売り上げ収入は、粗売り上げ収入から上に述べた製品の質による割引を行なったものである。
- (2) 純投資額及び総生産額は表9-1及び表9-2に与えられているデータに基づいている。
- (3) 課税対象収入を計算するには減価償却額を操業利益から差し引かなければならないが、減価償却の計算は以下のように行なわれる。すなわち大蔵経済省によって準備された「外国投資者の為の覚え書き」³⁾に従って定額法により、毎年各設備の初期価値の一定パーセントをプロジェクトの実施期間中割引くものとする。
ここに各設備毎に次の一定パーセント値を用いる。
— 輸送設備, 電炉設備, 建家, 外構 : 2.5%
— 製品処理設備, 受変電設備, ユーティリティ他設備 : 10%
- (4) 上記(3)において2.5%の年間償却額を適用する設備については、その残存価値を初期価

注 3) Ministry of Finance and National Economy, A Note for Foreign Investors.

表9-1 投資費用のまとめ

(a) Case A (7,000 ton/year ferrochrome production)

(Unit: 10³ S£)

	Local currency	Foreign currency	Total	Notes
Initial investment costs	4,262.1	9,760.5	14,022.6	Over three year construction period
Additional investment costs	1,116.3	1,915.3	3,031.6	In the 10th year of production
Increase in working capital				
1st year of production	845.1	370.8	1,215.9	
2nd year of production	182.0	79.8	261.8	
20th year of production	-1,027.1	-450.6	-1,477.7	

(b) Case B (15,000 ton/year ferrochrome production)

(Unit: 10³ S£)

	Local currency	Foreign currency	Total	Notes
Initial investment costs	6,632.1	17,158.8	23,790.9	Over four year construction period
Additional investment costs	2,330.2	3,371.3	5,701.5	In the 10th year of production
Increase in working capital				
1st year of production	1,891.4	588.9	2,480.3	
2nd year of production	391.1	121.7	512.8	
20th year of production	-2,282.5	-710.6	-2,993.1	

Source: Table 6-6 of this report.

表9-2 最大操業時における生産費用のまとめ

(a) Case A (7,000 ton/year ferrochrome production)

(Unit: 10³ SC)

	Local currency	Foreign currency	Notes
Variable costs			
Main raw material	831.7	0	Average ore price = 54.5 SC/ton
Power	890.6	222.6	Electricity rate = 0.0342 SC/kwh
Subsidiary raw materials and other consumables	403.7	491.6	
Fixed costs			
Labor	244.2	0	
Others (overhead & administration, sales/freight, insurance, royalty, local taxes)	344.0	123.9	

(b) Case B (15,000 ton/year ferrochrome production)

(Unit: 10³ SC)

	Local currency	Foreign currency	Notes
Variable costs			
Main raw material	1,687.5	0	Average ore price = 50.0 SC/ton
Power	1,885.0	471.2	Electricity rate = 0.0342 SC/kwh
Subsidiary raw materials and other consumables	832.5	991.5	
Fixed costs			
Labor	298.5	0	
Others (overhead & administration, sales/freight, insurance, royalty local taxes)			

Source: Table 8-8 and Table 8-9 of this report.

値の50%と見る。

- (5) 法人所得税の税率は、表9-3にそれぞれの会社組織の形態に応じて与えられている。民間有限会社のS£20,000を越える課税対象利益Pに課せられる税金の総額は次の式によって計算される。

$$\begin{aligned} & - 1,000 \times 0.25 + (10,000 - 1,000) \times 0.4 \\ & + (20,000 - 10,000) \times 0.50 + (P - 20,000) \times 0.60 \\ & - \text{あるいは } P \times 0.60 - 3,150 \end{aligned}$$

ここでは先に述べた「投資促進法」に従って、操業の最初の5年間については、法人所得税は免除されるものとし、それ以降について一率60%の税金を適用することとした。

表9-1及び表9-2にあるデータに基づいて財務収益率を計算すると、工場の生産規模年間7,000トン及び年間15,000トンについてそれぞれ-11.0%及び-10.1%というマイナス値となった。これは将来生じる収入を11.0%あるいは10.1%で割引くのではなく、むしろ割増さなくては、収入の現在価値を支出の現在価値と等しくすることはできないということを意味する。従って当プロジェクトは基準ケースの諸条件下ではいずれの生産規模においても投資妥当性が無い。

1-3 感度分析

内部財務収益率の計算値から見る限りでは、2つの代替案のうちBケース、すなわちフェロクロム生産量15,000トン/年の方がやや有望に見えるので、この小節ではBケースのいろいろの可能性を探るため感度分析を行なうこととする。

当プロジェクトの財務状態に影響を与える主な要素としては電力料、クロム鉱石の価格、フェロクロム価格、工場の稼働率、初期投資額、関税などがある。これらのうち工場の稼働率については、現時点で判断する限り可能な最大限と考えられる年間300日操業が既に基準ケースで設定されているので、これを変えて財務収益率を改善することはできない。またクロム鉱石の価格も現在操業している鉱山における生産価格から最小限に低く見積られている。従って残りの4つの要素について感度分析を行なうこととする。

表9-5に示されているように、電力費の30%減少、フェロクロム価格の20%上昇及びすべての税金、関税の免除は財務収益率の計算値を改善するが、値はいずれの場合も依然マイナ

表9-3 スーダンにおける所得税

(a) Resident individuals

	<u>Income</u>	<u>Rate</u>
On the first	400 S£	0%
On the next	100	15
On the next	500	20
On the next	3,000	30
On the next	6,000	40
On the next	20,000	50
On the balance		60

(b) Public limited companies

	<u>Income</u>	<u>Rate</u>
On the first	1,000 S£	25%
On the next	9,000	40
On the next	10,000	45
On the next	30,000	50
On the balance		60

(c) Private limited companies and foreign companies

	<u>Income</u>	<u>Rate</u>
On the first	1,000 S£	25%
On the next	9,000	40
On the next	10,000	50
On the balance		60

Source: Ministry of Finance and National Economy, A Note for the Foreign Investors.

Source: Ministry of Finance and National Economy, A Note for the Foreign Investors.

Source: Ministry of Finance and National Economy, A Note for the Foreign Investors.

スである。税金、関税の免除の影響が最も小さいが、これは基準ケースにおいてそれらの大部分が既に免除されているからである。

初期投資額を30%も削減しても、財務収益率の計算値はあまり改善されない。これは一見不合理のようであるが、実際は以下に述べるような事情による。初期投資額が減少すると減価償却も減少するので、課税対象収入及び所得税が共に増加することになる。所得税は、現金フロー分析に含まれるが減価償却は含まれないので純現金フローが、初期投資額減少の結果、かえって減少することもありうるわけであり、全体としての効果は予期した程ではないということになる。これは表9-4に見られる如く、純現金フローがプロジェクトの最終年を除いて、マイナスであるために起こる現象である。

表9-5に示されている最も楽観的なケースにのみ、財務収益率は正となるが、その値はBケースにおいても遺憾ながら5.4%と低い。

1-4 財務計画

財務状態のこのように悪いプロジェクトに対しては、いかなる財務計画も助けにならないのは明らかである。それでも一つの現実的な財務計画にてらして当プロジェクトの財務状態を見ることは、また別の指針を得る一助になるかも知れない。

当プロジェクトを実施するのに要する資本は、製錬工場を建設するための費用及び工場を操業するのに必要な運転資金から成る。運転資金の方は、生産費用に基づいて決められるが、これには生産に要する原料費、電力費、労務費、更には諸掛り、管理費、輸送販売費、その他の固定費が含まれる。

資金調達及び償還についてはケースA、ケースB共に以下の仮定を設ける。

- (1) 資本負債比率は70:30と設定する。すなわち資本の必要額の30%が内部資金であり残りが借り入れられる。
- (2) 内部資金は建設期間の始めまでに全額調達される。
- (3) 工場設備の建設には、内部資金を優先的に用い、不足分を各々の年の始めに借り入れる。
- (4) 外部資金の元金は、工場の操業開始から20年間のプロジェクト・ライフにわたって償還される。
- (5) 外部資金に対する利子は、各年の始めにおける負債残高の4%と査定され当該年の終わ

表9-4 財務収益率の計算

(a) Case A -- 7,000 ton/year ferrochrome production

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	2804.5	67.7	0.0	-2872.2
2. 1984	0.0	6310.1	67.7	0.0	-6377.8
3. 1985	0.0	4907.9	67.7	0.0	-4975.6
4. 1986	2467.6	1215.9	2970.5	0.0	-1718.8
5. 1987	3165.4	261.8	3540.3	0.0	-636.7
6. 1988	3165.4	0.0	3540.3	0.0	-374.9
7. 1989	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
8. 1990	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
9. 1991	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
10. 1992	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
11. 1993	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
12. 1994	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
13. 1995	3332.0	3031.6	3540.3	0.0	-3239.9
14. 1996	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
15. 1997	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
16. 1998	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
17. 1999	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
18. 2000	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
19. 2001	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
20. 2002	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
21. 2003	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
22. 2004	3332.0	0.0	3540.3	0.0	-208.3
23. 2005	3332.0	-1477.7	3540.3	62.9	3990.4

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.110

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -17885.3 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -16240.1 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -14864.0 (DISCOUNT RATE=0.15)

(b) Case B -- 15,000 ton/year ferrochrome production

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	3568.6	50.8	0.0	-3619.4
2. 1984	0.0	6326.8	50.8	0.0	-6377.6
3. 1985	0.0	7137.2	50.8	0.0	-7188.0
4. 1986	0.0	4758.2	50.8	0.0	-4809.0
5. 1987	5157.2	2480.3	6021.0	0.0	-3344.1
6. 1988	6559.2	512.8	7204.1	0.0	-1147.6
7. 1989	6569.2	0.0	7204.1	0.0	-634.8
8. 1990	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
9. 1991	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
10. 1992	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
11. 1993	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
12. 1994	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
13. 1995	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
14. 1996	6915.0	5701.5	7204.1	0.0	-5950.6
15. 1997	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
16. 1998	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
17. 1999	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
18. 2000	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
19. 2001	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
20. 2002	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
21. 2003	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
22. 2004	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
23. 2005	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
24. 2006	6915.0	-2993.1	7204.1	350.5	7146.3

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.101

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -29431.1 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -26274.1 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -23642.2 (DISCOUNT RATE=0.15)

表9-5 ケースBに於ける財務収益率と感度分析

(a) Electricity rate down by 30%

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	3558.8	50.8	0.0	-3519.4
2. 1984	0.0	6325.8	50.8	0.0	-8377.6
3. 1985	0.0	7137.2	50.8	0.0	-7183.0
4. 1986	0.0	4758.2	50.8	0.0	-4809.0
5. 1987	5157.2	2480.3	5632.0	0.0	-2755.1
6. 1988	6569.2	512.8	6493.4	0.0	-436.9
7. 1989	6569.2	0.0	6493.4	0.0	75.9
8. 1990	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
9. 1991	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
10. 1992	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
11. 1993	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
12. 1994	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
13. 1995	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
14. 1996	6915.0	5701.5	6493.4	0.0	-5279.9
15. 1997	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
16. 1998	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
17. 1999	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
18. 2000	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
19. 2001	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
20. 2002	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
21. 2003	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
22. 2004	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
23. 2005	6915.0	0.0	6493.4	0.0	421.6
24. 2006	6915.0	-2993.1	6493.4	817.0	7630.5

FINANCIAL ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.052

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -22019.1 (DISCOUNT RATE=0.05)

-22859.0 (DISCOUNT RATE=0.10)

-20603.9 (DISCOUNT RATE=0.15)

(b) Ferrochrome price up by 20%

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	3568.6	50.8	0.0	-3619.4
2. 1984	0.0	6325.8	50.8	0.0	-8377.6
3. 1985	0.0	7137.2	50.8	0.0	-7183.0
4. 1986	0.0	4758.2	50.8	0.0	-4809.0
5. 1987	6156.4	2480.3	6021.0	0.0	-2314.3
6. 1988	7860.2	512.8	7204.1	0.0	163.4
7. 1989	7860.2	0.0	7204.1	0.0	676.2
8. 1990	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
9. 1991	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
10. 1992	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
11. 1993	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
12. 1994	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
13. 1995	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
14. 1996	8295.0	5701.5	7204.1	0.0	-4510.6
15. 1997	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
16. 1998	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
17. 1999	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
18. 2000	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
19. 2001	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
20. 2002	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
21. 2003	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
22. 2004	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
23. 2005	8295.0	0.0	7204.1	0.0	1090.9
24. 2006	8295.0	-2993.1	7204.1	1218.5	7695.3

FINANCIAL ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.014

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -15238.5 (DISCOUNT RATE=0.05)

-17260.9 (DISCOUNT RATE=0.10)

-13260.6 (DISCOUNT RATE=0.15)

Table 9-5 (continued)

(c) Initial investment costs down by 30%

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	2498.0	50.8	0.0	-2548.8
2. 1984	0.0	5328.8	50.8	0.0	-5379.6
3. 1985	0.0	4996.0	50.8	0.0	-5046.8
4. 1986	0.0	3330.7	50.8	0.0	-3381.5
5. 1987	5157.2	2450.3	6021.0	0.0	-3344.1
6. 1988	6569.2	512.6	7204.1	0.0	-1147.6
7. 1989	6569.2	0.0	7204.1	0.0	-634.8
8. 1990	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
9. 1991	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
10. 1992	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
11. 1993	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
12. 1994	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
13. 1995	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
14. 1996	6915.0	1991.0	7204.1	0.0	-4260.1
15. 1997	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
16. 1998	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
17. 1999	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
18. 2000	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
19. 2001	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
20. 2002	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
21. 2003	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
22. 2004	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
23. 2005	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
24. 2006	6915.0	-2993.1	7204.1	760.1	6776.7

FINANCIAL ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.091

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -22019.5 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -19635.4 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -17579.6 (DISCOUNT RATE=0.15)

(d) Exemption of taxes and duties

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	3548.6	50.8	0.0	-3619.4
2. 1984	0.0	8328.8	50.8	0.0	-8379.6
3. 1985	0.0	7137.2	50.8	0.0	-7188.0
4. 1986	0.0	4753.2	50.8	0.0	-4804.0
5. 1987	5157.2	2232.3	6021.0	0.0	-3096.0
6. 1988	6569.2	461.5	7204.1	0.0	-1066.4
7. 1989	6569.2	0.0	7204.1	0.0	-534.3
8. 1990	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
9. 1991	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
10. 1992	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
11. 1993	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
12. 1994	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
13. 1995	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
14. 1996	6915.0	4333.1	7204.1	0.0	-4622.2
15. 1997	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
16. 1998	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
17. 1999	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
18. 2000	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
19. 2001	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
20. 2002	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
21. 2003	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
22. 2004	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
23. 2005	6915.0	0.0	7204.1	0.0	-289.1
24. 2006	6915.0	-2693.8	7204.1	0.0	7237.5

FINANCIAL ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.096

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -20431.5 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -25666.3 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -23248.8 (DISCOUNT RATE=0.15)

Table 9-5 (continued)

(e) Most optimistic case

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	2496.0	50.8	0.0	-2546.8
2. 1984	0.0	5828.8	50.8	0.0	-5879.6
3. 1985	0.0	4996.0	50.6	0.0	-5046.8
4. 1986	0.0	3330.7	50.8	0.0	-3381.5
5. 1987	6185.4	2232.3	5432.0	0.0	-1477.9
6. 1988	7830.2	461.5	6493.4	0.0	925.3
7. 1989	7680.2	0.0	6493.4	0.0	1385.9
8. 1990	6295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
9. 1991	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
10. 1992	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
11. 1993	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
12. 1994	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
13. 1995	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1301.6
14. 1996	8295.0	3033.2	6493.4	0.0	-1231.6
15. 1997	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
16. 1998	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
17. 1999	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
18. 2000	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
19. 2001	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
20. 2002	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
21. 2003	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
22. 2004	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
23. 2005	8295.0	0.0	6493.4	0.0	1801.6
24. 2006	8295.0	-2593.8	6493.4	0.0	9328.2

FINANCIAL ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: 0.054

PRESENT VALUE NET BENEFIT: 895.7 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -6137.8 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -8966.9 (DISCOUNT RATE=0.15)

りに支払われる。

- (6) 建設期間中は支払い猶予が適用され、この間の利子は同じ利子率の複利で計算され、工場の操業開始時における負債残高に繰り込まれる。
- (7) 運転資金は工場の操業開始時に全額借り入れられる。
- (8) 運転資金の償還は5年間の支払い猶予の後、生産開始後6年目から15年間にわたって行なわれる。
- (9) 運転資金に対する利子率は8%とし、支払い猶予期間も含めて、各年の始めにおける負債残高に対して査定される。

上述の財務計画の下での当プロジェクトの損益計算表はケースA、ケースBについてそれぞれ表9-6、表9-7に与えられている。

いずれのケースについても操業利益、税引き利益共に、プロジェクトの最終年を除いてマイナスとなっている。実際、操業利益がこのように継続的にマイナスとなる場合は、工場の操業を維持していくことはできない。

また表9-6、表9-7からケースA、ケースBいずれの場合も変動生産費用が純売り上げ収入に近い値となっており、総生産費用は純売り上げ収入を実際に越えていることがわかる。このことだけでも当プロジェクトの財務状態がいかに厳しいものかが明らかである。

表9-6 ケースAに於ける財務諸表

	(PLANT CAPACITY: 7000 TON/YEAR)							
	UNIT: 1000SL							
	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1990
PRODUCTION (TON/YEAR)	0.	0.	0.	5760.	7000.	7000.	7000.	7000.
GROSS SALES REVENUE	0.0	0.0	0.0	2741.8	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0
NET SALES REVENUE	0.0	0.0	0.0	2467.6	3165.4	3165.4	3332.0	3332.0
PRODUCTION COSTS								
VARIABLE COSTS								
MAIN RAW MATERIAL	0.0	0.0	0.0	684.3	831.7	831.7	831.7	831.7
POWER	0.0	0.0	0.0	906.2	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2
SUBSIDIARY MATERIALS	0.0	0.0	0.0	736.7	895.3	895.3	895.3	895.3
TOTAL VARIABLE COSTS	0.0	0.0	0.0	2327.2	2828.2	2828.2	2828.2	2828.2
FIXED COSTS								
LABOR	67.7	67.7	67.7	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2
OTHER FIXED COSTS	0.0	0.0	0.0	399.1	467.9	467.9	467.9	467.9
TOTAL FIXED COSTS	67.7	67.7	67.7	643.3	712.1	712.1	712.1	712.1
TOTAL PRODUCTION COSTS	67.7	67.7	67.7	2970.5	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3
INVESTMENT COSTS								
INVESTMENT	2804.5	6310.1	4907.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WORKING CAPITAL	0.0	0.0	0.0	1215.9	261.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL INVESTMENT COSTS	2804.5	6310.1	4907.9	1215.9	261.0	0.0	0.0	0.0
OPERATING PROFIT	-2872.2	-6377.0	-4975.6	-1718.0	-636.7	-374.9	-208.3	-208.3
DEPRECIATION	0.0	0.0	0.0	496.4	496.4	496.4	496.4	496.4
AMORTIZATION	0.0	0.0	0.0	520.0	520.0	520.0	520.0	520.0
FINANCIAL CHARGES	0.0	0.0	0.0	534.7	533.9	493.1	472.3	451.5
PROFIT BEFORE TAX	-2872.2	-6377.0	-4975.6	-3269.9	-2167.0	-1004.4	-1697.0	-1676.2
INCOME TAX	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PROFIT AFTER TAX	-2872.2	-6377.0	-4975.6	-3269.9	-2167.0	-1004.4	-1697.0	-1676.2

Table 9-6 (continued)

(PLANT CAPACITY: 7000. TON/YEAR)		UNIT: 1000SL						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
PRODUCTION (TON/YEAR)	7000.	7000.	7000.	7000.	7000.	7000.	7000.	7000.
GROSS SALES REVENUE	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0
NET SALES REVENUE	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0
PRODUCTION COSTS								
VARIABLE COSTS								
MAIN-RAM MATERIAL	631.7	631.7	631.7	631.7	631.7	631.7	631.7	631.7
POWER	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2
SUBSIDIARY MATERIALS	895.3	895.3	895.3	895.3	895.3	895.3	895.3	895.3
TOTAL VARIABLE COSTS	2628.2	2628.2	2628.2	2628.2	2628.2	2628.2	2628.2	2628.2
FIXED COSTS								
LAGOR	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2
OTHER FIXED COSTS	467.9	467.9	467.9	467.9	467.9	467.9	467.9	467.9
TOTAL FIXED COSTS	712.1	712.1	712.1	712.1	712.1	712.1	712.1	712.1
TOTAL PRODUCTION COSTS	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3
INVESTMENT COSTS								
INVESTMENT	0.0	0.0	0.0	0.0	3031.6	0.0	0.0	0.0
WORKING CAPITAL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL INVESTMENT COSTS	0.0	0.0	0.0	0.0	3031.6	0.0	0.0	0.0
OPERATING PROFIT	-200.3	-208.3	-208.3	-204.3	-3239.9	-208.3	-208.3	-208.3
DEPRECIATION	496.4	496.4	496.4	496.4	496.4	496.4	496.4	496.4
AMORTIZATION	618.0	618.0	618.0	618.0	618.0	618.0	618.0	618.0
FINANCIAL CHARGES	430.7	402.1	373.4	344.0	316.2	207.5	253.9	230.2
PROFIT BEFORE TAX	-1753.4	-1724.8	-1696.1	-1667.5	-4670.5	-1610.2	-1561.6	-1552.9
INCOME TAX	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PROFIT AFTER TAX	-1753.4	-1724.8	-1696.1	-1667.5	-4670.5	-1610.2	-1561.6	-1552.9

Table 9-6 (continued)

(PLANT CAPACITY: 7000. TON/YEAR)		UNIT: 1000SL						
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
PRODUCTION (TON/YEAR)		7000.	7000.	7000.	7000.	7000.	7000.	7000.
GROSS SALES REVENUE		3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0
NET SALES REVENUE		3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0	3332.0
PRODUCTION COSTS								
VARIABLE COSTS								
MAIN RAW MATERIAL		831.7	831.7	831.7	831.7	831.7	831.7	831.7
POWER		1101.2	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2	1101.2
SUBSIDIARY MATERIALS		895.3	895.3	895.3	895.3	895.3	895.3	895.3
TOTAL VARIABLE COSTS		2828.2	2828.2	2828.2	2828.2	2828.2	2828.2	2828.2
FIXED COSTS								
LABOR		244.2	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2	244.2
OTHER FIXED COSTS		467.9	467.9	467.9	467.9	467.9	467.9	467.9
TOTAL FIXED COSTS		712.1	712.1	712.1	712.1	712.1	712.1	712.1
TOTAL PRODUCTION COSTS		3540.3	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3	3540.3
INVESTMENT COSTS								
INVESTMENT		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WORKING CAPITAL		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1477.7
TOTAL INVESTMENT COSTS		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1477.7
OPERATING PROFIT		-200.3	-200.3	-200.3	-200.3	-200.3	-200.3	1269.4
DEPRECIATION		496.4	496.4	496.4	496.4	496.4	496.4	496.4
AMORTIZATION		610.0	610.0	610.0	610.0	610.0	610.0	610.0
FINANCIAL CHARGES		301.6	173.0	144.3	115.7	87.0	50.4	29.8
PROFIT BEFORE TAX		-1524.3	-1495.7	-1467.0	-1430.4	-1409.7	-1381.1	104.9
INCOME TAX		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.9
PROFIT AFTER TAX		-1524.3	-1495.7	-1467.0	-1430.4	-1409.7	-1381.1	42.0

表9-7 ケースBに於ける財務諸表

(PLANT CAPACITY: 15000 TON/YEAR)
UNIT: 1000\$

	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
PRODUCTION (TON/YEAR)	0.	0.	0.	0.	12430.	15000.	15000.	15000.
GROSS SALES REVENUE	0.0	0.0	0.0	0.0	5730.2	6915.0	6915.0	6915.0
NET SALES REVENUE	0.0	0.0	0.0	0.0	5157.2	6569.2	6569.2	6915.0
PRODUCTION COSTS								
VARIABLE COSTS								
MAIN RAW MATERIAL	0.0	0.0	0.0	0.0	1398.4	1687.5	1687.5	1687.5
POWER	0.0	0.0	0.0	0.0	1955.5	2359.8	2359.8	2359.8
SUBSIDIARY MATERIALS	0.0	0.0	0.0	0.0	1511.5	1824.0	1824.0	1824.0
TOTAL VARIABLE COSTS	0.0	0.0	0.0	0.0	4865.4	5871.3	5871.3	5871.3
FIXED COSTS								
LABOR	50.8	50.8	50.8	50.8	298.5	298.5	298.5	298.5
OTHER FIXED COSTS	0.0	0.0	0.0	0.0	857.1	1034.3	1034.3	1034.3
TOTAL FIXED COSTS	50.8	50.8	50.8	50.8	1155.6	1332.8	1332.8	1332.8
TOTAL PRODUCTION COSTS	50.8	50.8	50.8	50.8	6021.0	7204.1	7204.1	7204.1
INVESTMENT COSTS								
INVESTMENT	3560.6	6326.0	7137.2	4758.2	0.0	0.0	0.0	0.0
WORKING CAPITAL	0.0	0.0	0.0	0.0	2480.3	512.8	0.0	0.0
TOTAL INVESTMENT COSTS	3560.6	6326.0	7137.2	4758.2	2480.3	512.8	0.0	0.0
OPERATING PROFIT	-3619.4	-6377.6	-7108.0	-6809.0	-3344.1	-1147.6	-634.8	-289.1
DEPRECIATION	0.0	0.0	0.0	0.0	907.1	907.1	907.1	907.1
AMORTIZATION	0.0	0.0	0.0	0.0	901.0	901.0	901.0	901.0
FINANCIAL CHARGES	0.0	0.0	0.0	0.0	960.2	924.2	888.1	852.1
PROFIT BEFORE TAX	-3619.4	-6377.6	-7108.0	-6809.0	-6112.4	-3079.9	-3331.0	-2949.3
INCOME TAX	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PROFIT AFTER TAX	-3619.4	-6377.6	-7108.0	-6809.0	-6112.4	-3079.9	-3331.0	-2949.3

Table 9-7 (continued)

	UNIT: 1000SL							
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
(PLANT CAPACITY: 15000. TON/YEAR)								
PRODUCTION (TON/YEAR)	15000.	15000.	15000.	15000.	15000.	15000.	15000.	15000.
GROSS SALES REVENUE	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0
NET SALES REVENUE	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0
PRODUCTION COSTS								
VARIABLE COSTS	1687.5	1687.5	1687.5	1687.5	1687.5	1687.5	1687.5	1687.5
MAIN RAW MATERIAL	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8
POWER	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0
SUBSIDIARY MATERIALS	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3
TOTAL VARIABLE COSTS	290.5	290.5	290.5	290.5	290.5	290.5	290.5	290.5
FIXED COSTS	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3
LABOR	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8
OTHER FIXED COSTS	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1
TOTAL FIXED COSTS	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1
TOTAL PRODUCTION COSTS	290.5	290.5	290.5	290.5	290.5	290.5	290.5	290.5
INVESTMENT COSTS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
INVESTMENT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WORKING CAPITAL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TOTAL INVESTMENT COSTS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
OPERATING PROFIT	-289.1	-289.1	-289.1	-289.1	-289.1	-289.1	-289.1	-289.1
DEPRECIATION	907.1	907.1	907.1	907.1	907.1	907.1	907.1	907.1
AMORTIZATION	901.0	1101.0	1101.0	1101.0	1101.0	1101.0	1101.0	1101.0
FINANCIAL CHARGES	816.1	780.0	720.0	675.9	623.9	571.9	519.0	467.0
PROFIT BEFORE TAX	-2913.3	-3077.2	-3025.2	-2973.1	-2921.1	-2870.6	-2817.0	-2765.0
INCOME TAX	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PROFIT AFTER TAX	-2913.3	-3077.2	-3025.2	-2973.1	-2921.1	-2870.6	-2817.0	-2765.0

Table 9-7 (continued)

(PLANT CAPACITY: 15000. TON/YEAR)		UNIT: 1000SL							
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
PRODUCTION (TON/YEAR)		15000.	15000.	15000.	15000.	15000.	15000.	15000.	15000.
GROSS SALES REVENUE		6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0
NET SALES REVENUE		6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0	6915.0
PRODUCTION COSTS									
VARIABLE COSTS									
MAH RAW MATERIAL		1667.5	1667.5	1667.5	1667.5	1667.5	1667.5	1667.5	1667.5
POWER		2359.8	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8	2359.8
SUBSIDIARY MATERIALS		1824.0	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0	1824.0
TOTAL VARIABLE COSTS		5871.3	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3	5871.3
FIXED COSTS									
LABOR		298.5	298.5	298.5	298.5	298.5	298.5	298.5	298.5
OTHER FIXED COSTS		1034.3	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3	1034.3
TOTAL FIXED COSTS		1332.8	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8	1332.8
TOTAL PRODUCTION COSTS		7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1	7204.1
INVESTMENT COSTS									
INVESTMENT		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WORKING CAPITAL		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2993.1
TOTAL INVESTMENT COSTS		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2993.1
OPERATING PROFIT		-289.1	-289.1	-289.1	-289.1	-289.1	-289.1	-289.1	2704.0
DEPRECIATION		907.1	907.1	907.1	907.1	907.1	907.1	907.1	907.1
AMORTIZATION		901.0	1101.0	1101.0	1101.0	1101.0	1101.0	1101.0	1094.5
FINANCIAL CHARGES		415.7	303.7	311.7	259.6	207.6	155.5	103.5	51.5
PROFIT BEFORE TAX		-2512.9	-2660.9	-2608.9	-2556.0	-2504.0	-2452.7	-2400.7	650.9
INCOME TAX		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	390.5
PROFIT AFTER TAX		-2512.9	-2660.9	-2608.9	-2556.0	-2504.0	-2452.7	-2400.7	260.4

2. 経済分析

2-1 経済費用

当プロジェクトの経済分析に用いられる費用、便益の値はすべてスーダン国の経済全体から見た本当の値に相当するものでなければならず、不完全な市場において見られる価格のような形式的なものであってはならない。そのために本節の分析では、以下に述べられているような修正や調整を行なった。

(i) 電力費

フェロクロム製錬工場の必要電力は現実的には、既存のロセイレス発電所に現在計画の中の新規の発電機が設置された後、この発電所からの送電によって供給されるものと見られる。しかしながら経済分析に用いる電力費を計算するにはよりマクロな観点からの評価を行なわなければならない。それによってこの電力の国にとっての本当のコストが計算されるわけである。

ロセイレス発電所に増設される No.5, No.6 の2つの発電機による電力のうち、かなりの部分がフェロクロム製錬工場のために使われるとすると、2つのことがこれに付随して起こると考えられる。すなわち当初予定されていた他の目的のために使用できる電力量が減少するかあるいは、それを埋め合わせるために他の方法によって電力を追加的に得るかしなければならない。この場合電力の本当のコストを評価する上で2つの問題が生じる。第一に他の目的からフェロクロム製錬工場に転用する電力については機会費用がかかる。第二に追加的に電力を開発する場合、その費用のある部分は当プロジェクトのためにかかるものとして査定されなければならないかも知れない。

ここではまずフェロクロム工場へ転用される電力を補うための付加的な電力開発はされないものと想定する。この転用は恐らく家庭用電力を犠牲にして行なわれるものと推測される。従って家庭用電力の機会費用を考える必要がある。

一般的に家庭内の諸活動に対して電力の限界生産あるいは機会費用を考えるのは困難である。そこで便宜的な仮定として現行の電力料金表から計算される家庭用電力の料金が本当の資源コストとしての限界生産コスト及び家庭での使用者が得る便益を反映しているものと考えことにする。この場合、家庭用からフェロクロム工場用に転用される電力の機会費用として、S£ 0.054/Kwh という値が電力料金表から得られる。

次に追加的に電力を開発するために必要な費用の一部をフェロクロム工場に帰せられる

ものとして査定しなければならない。この場合においても“限界費用”の考え方が適用される。現実にはフェロクロム工場を含めたすべての電力使用者が各々の限界費用を負担するだけであつたなら、大規模開発には付きものと言って良い、“規模の経済”のために、電力開発の総費用は完全にはカバーされないことになろう。従って何らかの費用振り分けが必要となる。しかしながら経済分析にそのような費用振り分けを含めるのは誤まりであり、各特定の使用者に帰せられる限界費用のみが査定されねばならない。

ロゼイス発電所の発電機 5 号及び 6 号は、フェロクロム工場の建設に関わりなく設置されるもので、この限りにおいてはフェロクロム工場への接続、送電に必要な設備の費用を除けば、限界費用はゼロと見なすことができる。¹⁾ またこの接続、送電に必要な設備費は既に初期投資費に含まれている。従って、フェロクロム工場に用いられる電力の限界費用は、この転用を補うための追加的電力開発が行なわれない限り、上述の家庭用電力の機会費用のみとなる。

他方もし転用を補うための追加的電力開発が行なわれる場合は、この開発に必要な費用をフェロクロム工場のための電力の機会費用としなければならない。

PEWC²⁾ の最新の「電力開発計画」1980年版によって電力の新規開発に要する費用を推定すると次のようになる。まず1980年から1986年までの電力開発計画とその経費は表9-8のようになっている。この期間に新たに生産される総電力量は、5,415 Gwh となり、また各年の経費を資本の機会費用に対応する15%の割引率で割り引いたものの和、すなわちこの期間の総投資額の現在価値は $S£ 322.4 \times 10^6$ と計算される。

総投資額に含まれる内部移転部分を10%と仮定すると、将来開発される電力の本当の生産費用は $S£ 290.1 \times 10^6$ と計算される。これらの値から電力の経済費用を平均単価として計算すると

$$\frac{S£ 290.1 \times 10^6}{5,415 \times 10^6 \text{ Kwh}} = S£ 0.0536/\text{Kwh}$$

となる。

注 1) もしフェロクロム工場の需要に答えるために、この電力開発が促進されなければならないときは、フェロクロム工場に帰せられる限界費用は総電力開発費と、この費用を開発が早められた期間に亘って資本の機会費用に対応する率で割り引いた値との差から計算することができる。

2) Public Electricity and Water Corporation.

上で求めた2つの値は非常に近いので本節の経済分析では、S£ 0.054/Kwh を電力の経済費用として用いる。この値は財務分析の基準ケースに用いられた値、すなわち現行の電力料金表に基づく値よりも相当高くなっている。

表9-8 電力開発費と発生電力の比較 (1980/81 - 1985/86)

Year		1980/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	Total
Incremental Power	Gwh	425	647	853	991	1,157	1,342	5,415
Total expenditure	10 ⁶ S£	62	137	89	61	47	14	410
Discounted total expenditure	10 ⁶ S£	62	119.1	67.3	40.1	26.9	7.0	322.4

Source: PEWC, 1980 Development Plan for Electricity

(2) 労務費

経済分析に用いられる労務費も、各地から採用される労働者の機会費用として推定されなければならない。この機会費用あるいは潜在賃金率を推定するには、多くの困難が伴う。労働者市場が緊縮のときは一般的な賃金水準を労働の機会費用として代用することも可能かも知れないが、そのような状況ばかりとは限らない。

地方ごとの、またクラスごとの労働者の失業率については信頼できる資料が無い場合が多いし、公式の失業率の数字も労働者の採用可能性を判断するのにあまり参考にならない場合もある。経済活動に従事し得ない失業者もあり得るし、公式には従業していることになっていても、例えば能力と仕事がそぐわないため、あるいは他の理由によって、限界生産性の極く低い労働者もあろう。後者の場合、他のプロジェクトにこれらの労働者を用いるときの機会費用は実質的にはゼロと考えられる。

計画省の最新の「経済、社会開発6ヶ年計画、1977/78 ~ 1982/83」によると、経営者、技術者及び熟練労働者は近い将来において一般的に不足であり、非熟練労働者は比較的豊富であるとされている。ダマジン地区においても状況は同様と見られ、ただ工業専門の熟練労働者がやゝ不足気味というところである(第7-2節「要員計画」参照のこと)。

熟練労働者、技術者及び経営者クラスに関しては一般賃金水準を経済分析で用いるこ

ととする。非熟練労働者の多くは近隣の農場から採用されるものと考えられる。その結果として農業生産がどれほど低下するかは一般的には農場がいかにかそのような変化に対応するかによる。しかしながら、フェロクロム工場は電力供給状況の厳しい時期は休止され、この時期は農場における労働の需要が最も高いときでもある。すなわち雨期において非熟練労働者の大部分が農場に戻るならば、農業生産が大きく低下することはないと推測される。従ってこれらの労働者については機会費用をゼロとし、その結果、総労務費は財務分析における値よりもいくらか少なくなる。

(3) クロム鉱石の価格

財務分析の基準ケースで用いるクロム鉱石の価格は、鉱石を購入する時の最も現実的な価格でなければならない。この場合フェロクロム工場での価格を推定する一つの方法は、ポートスーダンにおける FOB 価格から、ダマジンとポートスーダンとの間の輸送費を差し引くことによつて行なうことである。もう一つの方法は既存鉱山での生産費用から計算することである。生産費用そのものには当然のことながら、鉱山の利益や税金等は含まれていない筈である。これに鉱山とフェロクロム工場との間の輸送費を加算すれば、経済分析に用いるクロム鉱石の計算価値が得られる。

本節の分析ではこの計算価値は財務分析で用いたクロム鉱石の価値と同じトン当たり、S£54.5である。

(4) 内部移転部分

財務分析で用いた費用のデータからすべての内部移転に相当する部分を除かなければならない。これは税金、関税、ロイヤリティ等である。

(5) 潜在外貨交換率

当然のことながら関税制度がプロジェクトの成立に大きな影響を与えることはありうる。すなわちプロジェクトに必要な輸入材あるいは輸出品には種々の異なった関税がかけられるのが普通である。経済分析においては、公定外貨交換率よりも、このような関税制度の影響をも勘案した外貨の本当の価格、あるいは潜在外貨交換率を用いなければならない。

CIF価格が1ドルのある輸入品に20% ($\lambda = 0.2$ と表示する)の輸入関税が課されるものとする。1ドルに対して $R = S£0.79$ の一般交換率を適用すると、この商品は

その国内市場が適正に機能している限りは $US\$ 1.2 \times 0.79 = S£ 0.948$ の価値を持つことになる。言い換えるとこの商品の購入に費された1ドルは $S£ 0.948$ の国内価値を生み出したと言える。このような一商品のみが存在する場合の潜在外貨交換率は1ドルに対して $(1 + \lambda)R = 0.948 S£$ と計算される。

もし n 個の輸入品が存在し、その価値が X_1, X_2, \dots, X_n でありそれに課される関税率が $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ であるならば潜在外貨交換率 SER は $(1 + \lambda_i)$ の加重平均として計算され、各々の輸入品についての加重は ΔX_i を i 番目の商品に割り当てられる外貨とすると $\Delta x_i / \sum \Delta x_i$ となる。すなわち

$$(1) \quad SER = \left(\sum_i (1 + \lambda_i) \frac{\Delta x_i}{\sum \Delta x_i} \right) R$$

同様の議論が輸出品の場合にも成り立ち、実際第(1)式は、輸出品に対する関税率をマイナスの値と考えれば、いかなる輸入品、輸出品の組み合わせに対しても有効である。 m 個の輸出品の価値を Y_1, Y_2, \dots, Y_m それに課される関税率を $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m$ と明示すれば潜在外貨交換率を計算する式は次のようになる。

$$(2) \quad SER = \frac{\sum_i (1 + \lambda_i) \Delta x_i + \sum_j (1 - \mu_j) \Delta y_j}{\sum_i \Delta x_i + \sum_j \Delta y_j} R$$

ここに ΔY_j は全体として ΔY_j だけ外貨を獲得したいとき、どれだけの部分が j 番目の商品を輸出することによって得られることになるかを示す。

一単位の外貨があるとき、そのうちどれだけが i 番目の輸入品に割り当てられるか、あるいは一単位の外貨を得るのにそのうちどれだけが j 番目の輸出品によって満たされるかを示すのがそれぞれ外貨への需要弾力性であり、また外貨の供給弾力性である。

ここではあるパラメーター（例えば公定外貨交換率そのもの）の初期値 Z からの変化 ΔZ についての需要及び供給弾力性を次のように定義することにする。

$$(3) \quad \eta_i = \frac{\Delta x_i}{x_i} / \frac{\Delta Z}{Z}$$

$$(4) \quad \epsilon_j = \frac{\Delta y_j}{y_j} / \frac{\Delta Z}{Z}$$

第(3)式、第(4)式をそれぞれ $\Delta X_i, \Delta Y_j$ について解いて第(2)式に代入すると次式が得られる。

$$(5) \quad SER = \frac{\sum_i (1+\lambda_i)\eta_i x_i + \sum_j (1-\mu_j)\epsilon_j y_j}{\sum_i \eta_i x_i + \sum_j \epsilon_j y_j} R$$

現実には弾力性の値を推定するのは難しく、弾力性を1と仮定することが多い。この場合では、それは外国貿易が構造的には変化をしないことを意味する。そうすると第(5)式は次のように単純化される。

$$SER = \frac{\sum_i (1+\lambda_i)x_i + \sum_j (1-\mu_j)y_j}{\sum_i x_i + \sum_j y_j} R,$$

あるいは

$$(6) \quad SER = \frac{\sum_i x_i + \sum_j y_j + \sum_i \lambda_i x_i - \sum_j \mu_j y_j}{\sum_i x_i + \sum_j y_j} R.$$

ここに X_i および Y_j はそれぞれ輸入品および輸出品の総価値であるし、
および は各々輸入関税、輸出関税の総額である。

この単純化された第(6)式を表9-9にある1979年の外国貿易データに適用すると、次の結果を得る。

$$SER = \frac{393.8 + 252.9 + 137.6 - 24.1}{393.8 + 252.9} R = \frac{760.2}{646.7} R \cong 1.18 R$$

同様に1977年、1978年のデータに基づいて計算すると、潜在外貨交換率は公定レート
の1.19倍および1.20倍となる。

表9-9 外国貿易統計 1977-1979

(Unit: 10⁶ SC)

Year	Imports	Import duties	Export	Export duties
1977	342.2	133.5	223.3	25.8
1978	329.4	125.4	183.1	20.6
1979	393.8	137.6	252.9	24.1

Note: The import and export figures are slightly different from values given in Table 1.4 of this report, primarily because the figures in this table are taken for a calendar year rather than a fiscal year.

Source: Ministry of National Planning, Foreign Trade Statistics

本節の経済分析では、潜在外貨交換率は一般レートの1.20倍とする。すなわち、現地調査の時点で一般に用いられていた $R = \text{S}\text{£}0.79/\text{US}\text{\$}$ を用いると潜在外貨交換率は、

$$\text{SER} = 1.20 \times 0.79 = \text{S}\text{£}0.95/\text{US}\text{\$}$$

となる。³⁾

2-2 職業訓練に伴う便益

当プロジェクトの目的の一つは、フェロクロム工場をスーダン人労働者が高温炉工業の経験と知識を得るための訓練の場とすることである(第3章 小節1-2参照)。従って当プロジェクトを実施する価値は財務的な観点のみからは判断できないかも知れない。たとえこのプロジェクトが財務的に厳しいものであっても、スーダン人労働者に価値ある経験を得させるのは確かであるし、また政府の工業化政策を推進するのにも寄与するであろう。

プロジェクトの経済分析に職業訓練に伴う便益を反映させるには少なくとも2つの方法がある。一つは、同じ目的を達成するための次善の代替案を考えることである。国内の労働者に訓練の場を与えるべきプロジェクトが実施されなかったとしたなら、これらの労働者は同様の技術レベル習得のために外国に派遣されねばならないことになるかも知れず、そのための費用はかなりのものになるかも知れない。

このプロジェクトが実施されればそのような派遣に必要な費用を免れることができる。

職業訓練の便益を測るもう一つの方法は、プロジェクトが実施されることによって、プロジェクト・ライフの終わりにおいて労働者が得ている付加価値ほどのくらいかを考えることである。プロジェクトの実施に携わった労働者は、そうでない場合より高い技術レベルを獲得しているわけで彼らの限界生産性は高くなっている筈である。

言い換えれば彼らはプロジェクト・ライフの後にもより高い価値を生み出し続けるということになる。

このうちのいずれが理論的により秀れているかを問うことはあまり意味がない。どちらを選ぶかはプロジェクトに対する意志決定者の態度によることである。もし職業訓練そのものが意志決定者の主要な目的であるならば、労働者を派遣する費用は、もしプロジェクトが実施されたら無しで済まされるという意味でプロジェクトの正当な便益と見なすことが、現在のプロジェクト評価の確立された理論と一般的実践の考え方である。一方もし、プロジェクトを実施す

注 3) ついでながらこの計算値は「開市場」における交換率と極めて良く符合する。後者は現地調査の時点で1ドルに対して1.01S£であった。

ることが意志決定者の主たる関心事であり職業訓練はその比較的小さな副次的影響に過ぎないならば第一の方法はあまり適切でないかも知れない。

当プロジェクトの職業訓練効果の分析は上述の第二の方法によることとする。しかしながら、プロジェクトの実施の結果としての労働者の付加価値を測ることは一般に難しい。ここでは非熟練労働者を除いたすべてのカテゴリーの労働者について、労働市場が緊縮であり、それぞれの賃金レベルが限界生産性の代用と見なされるものと仮定する。この仮定のもとに職業訓練の便益は、当プロジェクトが実施される場合とされない場合との賃金レベルの違いによって評価することができる。

非熟練労働者を除いた労働者——工場の規模が年間7,000トンのときは118人、年間15,000トンのときは151人——の平均賃金を表7-5のデータから計算すると、プロジェクトが実施されない場合の値として各工場規模について、 $\$1,832$ 、あるいは $\$1,696$ という結果が得られる。プロジェクトの実施によって、社長および経営者を除くすべての労働者が一つ上の階級に進むものと仮定すると、年間7,000トン、および年間15,000トンの各規模についてプロジェクト実施の場合の平均賃金は $\$2,237$ 、および $\$2,076$ に増加する。この所得の増分は労働者の生涯続くものであり、これを年率15%で割引いたものの総額が、これらの労働者がプロジェクトのライフタイムの終わりまでに得る付加価値と考えることができる。

この計算値は各工場規模、年間7,000トンあるいは年間15,000トンについて $\$1,182.0$ 千あるいは $\$1,594.14$ となる。ある意味でこれは労働者の「残存価値」と言える。次の小節ではこの付加的便益要素を含めた場合と、含めない場合とについて当プロジェクトの評価を行なう。

2-3 内部経済収益率

前小節において導いた経済費用の値を用いて表9-10に示されているように内部経済収益率を計算することができる。

基準ケースについては年間7,000トンあるいは年間15,000トンの規模に対して経済収益率は計算上それぞれ-13.2%あるいは-12.3%となり、当プロジェクトの経済性が極めて低いことを意味する。これらの値は実際財務分析の結果より更に悪い。前小節で計算した職業訓練の便益を考慮に入れてもケースA、ケースBについてそれぞれ-10.8%、-10.6%とほんのわずかな値が良くなるだけである。

表9-10 経済収益率の計算

(a) Case A -- 7,000 ton/year ferrochrome production

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	3194.9	73.1	0.0	-3268.0
2. 1984	0.0	7188.5	73.1	0.0	-7261.6
3. 1985	0.0	5591.1	73.1	0.0	-5664.3
4. 1986	2961.1	1135.3	3534.0	0.0	-1708.2
5. 1987	3798.5	244.4	4227.3	0.0	-673.2
6. 1988	3798.5	0.0	4227.3	0.0	-428.8
7. 1989	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
8. 1990	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
9. 1991	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
10. 1992	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
11. 1993	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
12. 1994	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
13. 1995	3998.4	2561.0	4227.3	0.0	-2789.9
14. 1996	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
15. 1997	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
16. 1998	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
17. 1999	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
18. 2000	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
19. 2001	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
20. 2002	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
21. 2003	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
22. 2004	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
23. 2005	3998.4	-1379.7	4227.3	0.0	3036.5

ECONOMIC ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 7000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.132

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -20018.5 (DISCOUNT RATE=0.05)

-18115.0 (DISCOUNT RATE=0.10)

-16602.7 (DISCOUNT RATE=0.15)

(b) Case A with benefits of vocational training

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	3194.9	73.1	0.0	-3268.0
2. 1984	0.0	7188.5	73.1	0.0	-7261.6
3. 1985	0.0	5591.1	73.1	0.0	-5664.3
4. 1986	2961.1	1135.3	3534.0	0.0	-1708.2
5. 1987	3798.5	244.4	4227.3	0.0	-673.2
6. 1988	3798.5	0.0	4227.3	0.0	-428.8
7. 1989	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
8. 1990	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
9. 1991	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
10. 1992	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
11. 1993	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
12. 1994	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
13. 1995	3998.4	2561.0	4227.3	0.0	-2789.9
14. 1996	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
15. 1997	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
16. 1998	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
17. 1999	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
18. 2000	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
19. 2001	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
20. 2002	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
21. 2003	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
22. 2004	3998.4	0.0	4227.3	0.0	-228.9
23. 2005	3998.4	-1379.7	4227.3	0.0	4216.5

ECONOMIC ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 7000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.108

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -19614.5 (DISCOUNT RATE=0.05)

-17969.8 (DISCOUNT RATE=0.10)

-16548.0 (DISCOUNT RATE=0.15)

Table 9-10 (continued)

(c) Case B --- 15,000 ton/year ferrochrome production

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	4083.4	54.9	0.0	-4138.2
2. 1984	0.0	9527.9	54.9	0.0	-9582.8
3. 1985	0.0	8166.7	54.9	0.0	-8221.6
4. 1986	0.0	5444.6	54.9	0.0	-5499.4
5. 1987	6188.6	2338.3	7238.6	0.0	-3385.2
6. 1988	7883.1	463.4	8679.7	0.0	-1260.0
7. 1989	7883.1	0.0	8679.7	0.0	-795.6
8. 1990	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
9. 1991	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
10. 1992	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
11. 1993	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
12. 1994	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
13. 1995	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
14. 1996	8298.0	4845.6	8679.7	0.0	-5227.3
15. 1997	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
16. 1998	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
17. 1999	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
18. 2000	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
19. 2001	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
20. 2002	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
21. 2003	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
22. 2004	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
23. 2005	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
24. 2006	8298.0	-2821.7	8679.7	0.0	5225.0

ECONOMIC ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.123

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -33618.1 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -29773.9 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -26757.9 (DISCOUNT RATE=0.15)

(d) Case B with benefits of vocational training

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	4083.4	54.9	0.0	-4138.2
2. 1984	0.0	9527.9	54.9	0.0	-9582.8
3. 1985	0.0	8166.7	54.9	0.0	-8221.6
4. 1986	0.0	5444.6	54.9	0.0	-5499.4
5. 1987	6188.6	2338.3	7238.6	0.0	-3385.2
6. 1988	7883.1	463.4	8679.7	0.0	-1260.0
7. 1989	7883.1	0.0	8679.7	0.0	-795.6
8. 1990	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
9. 1991	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
10. 1992	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
11. 1993	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
12. 1994	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
13. 1995	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
14. 1996	8298.0	4845.6	8679.7	0.0	-5227.3
15. 1997	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
16. 1998	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
17. 1999	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
18. 2000	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
19. 2001	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
20. 2002	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
21. 2003	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
22. 2004	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
23. 2005	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
24. 2006	8298.0	-2821.7	8679.7	0.0	7417.1

ECONOMIC ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.106

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -33099.1 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -29595.9 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -26693.8 (DISCOUNT RATE=0.15)

2-4 感度分析

小節2-1で経済分析における重要な要素をいくつか検討し経済費用を導いた。これらの要素以外にも、外生的要因に影響される要素もあるので、ここではそれらの要素に対応するパラメータについての感度分析を行なう。特にBケースについて、フェロクロム製品価格、工場の稼働率、初期投資額による感度が分析された。ここに第一と第三のパラメータは国際市場の状況によって大きな影響を受けることがあり得るし、第二の要素は電力事情その他、地域あるいは国に特定の予期せぬ要因によって違ってくるかも知れない。

表9-11に示されているように、フェロクロム価格が20%上昇すると経済収益率の計算値は-1.1%まで改善される。また初期投資額の30%削減も経済収益率を上昇させるが、もしこれが工場稼働率の20%ダウンと同時に起こるなら、結果は基準ケースより良くはならない。フェロクロム価格の20%上昇と、初期投資額の30%削減が組み合わされると、経済収益率は正の値となるが、その値は2.9%と低い。

3. 所 見

内部収益率の計算結果は表9-12にまとめられている。ここにはケースA、ケースBの基準ケースについての財務収益率、経済収益率だけでなくケースAよりはやや有望と見えるケースBについての感度分析の結果も与えられている。

基準ケースに関してはケースA、ケースB共、内部収益率の計算値はすべて負となっている。すなわち、当プロジェクトは工場規模がフェロクロム年間生産量7,000トン、15,000トンのいずれの場合も、基準ケースの諸条件下では財務的にも経済的にも投資妥当性が無い。財務的に妥当性がないということは、当プロジェクトは一私企業によってはうまく実行され得ないだろうということである。経済的に妥当性が無いことは、当プロジェクトの実施が国の経済の観点から正当化されないかも知れないことを意味する。

小節9-2-2で試算された職業訓練の便益を経済分析に入れると、経済収益率は良くなるが、ほんのわずかに過ぎず、このような効用も当プロジェクトの収益性を一気に改善する程ではない。但し、ここで注意しなければならないのは、当プロジェクトには別種の便益もありうるということである。すなわち工業化の推進や、当プロジェクト実施の象徴的意味など、金銭的あるいはそもそも定量的に測りにくい便益である。

ケースBの結果の方がケースAよりいくらか良いのは主としてフェロクロム工場設立に規模の経済が働くからである。経済収益率の計算値が財務収益率よりやや悪くなっているのは、主に

表9-11 経済収益率の感度分析 (ケースB)

(a) Ferrochrome price up by 20%

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1933	0.0	4053.4	54.9	0.0	-4133.2
2. 1934	0.0	4527.9	54.9	0.0	-4532.6
3. 1935	0.0	8164.7	54.9	0.0	-8221.6
4. 1936	0.0	5444.6	54.9	0.0	-5499.4
5. 1937	7423.7	2133.3	7233.6	0.0	-2153.2
6. 1938	9456.3	483.4	8679.7	0.0	293.2
7. 1939	9456.3	0.0	8679.7	0.0	776.6
8. 1990	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
9. 1991	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
10. 1992	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
11. 1993	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
12. 1994	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
13. 1995	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
14. 1996	9954.0	4845.6	8679.7	0.0	-3571.3
15. 1997	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
16. 1998	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
17. 1999	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
18. 2000	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
19. 2001	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
20. 2002	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
21. 2003	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
22. 2004	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
23. 2005	9954.0	0.0	8679.7	0.0	1274.3
24. 2006	9954.0	-2921.7	8679.7	0.0	7479.0

ECONOMIC ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.011

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -15263.5 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -19587.1 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -29260.0 (DISCOUNT RATE=0.15)

(b) Initial investment costs down by 30%

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1933	0.0	2858.4	54.9	0.0	-2913.2
2. 1934	0.0	6649.5	54.9	0.0	-6724.4
3. 1935	0.0	5716.7	54.9	0.0	-5771.6
4. 1936	0.0	3511.2	54.9	0.0	-3566.1
5. 1937	6183.6	2333.3	7233.6	0.0	-3389.2
6. 1938	7883.1	483.4	8679.7	0.0	-1269.0
7. 1939	7883.1	0.0	8679.7	0.0	-796.6
8. 1990	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
9. 1991	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
10. 1992	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
11. 1993	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
12. 1994	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
13. 1995	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
14. 1996	8298.0	3391.9	8679.7	0.0	-3773.6
15. 1997	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
16. 1998	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
17. 1999	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
18. 2000	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
19. 2001	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
20. 2002	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
21. 2003	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
22. 2004	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
23. 2005	8298.0	0.0	8679.7	0.0	-381.7
24. 2006	8298.0	-2821.7	8679.7	0.0	5823.0

ECONOMIC ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.110

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -25266.7 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -22277.3 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -19354.5 (DISCOUNT RATE=0.15)

(c) Initial investment costs down by 30% + Operating rate down by 20%

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	2853.4	54.9	0.0	-2913.2
2. 1984	0.0	6669.5	54.9	0.0	-6724.4
3. 1985	0.0	5716.7	54.9	0.0	-5771.6
4. 1986	0.0	3811.2	54.9	0.0	-3866.1
5. 1987	4950.9	1870.6	6006.3	0.0	-2924.0
6. 1988	6306.5	386.7	7192.5	0.0	-1272.8
7. 1989	6306.5	0.0	7192.5	0.0	-885.1
8. 1990	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
9. 1991	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
10. 1992	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
11. 1993	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
12. 1994	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
13. 1995	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
14. 1996	6638.4	3391.9	7192.5	0.0	-3945.0
15. 1997	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
16. 1998	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
17. 1999	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
18. 2000	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
19. 2001	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
20. 2002	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
21. 2003	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
22. 2004	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
23. 2005	6638.4	0.0	7192.5	0.0	-554.1
24. 2006	6638.4	-2257.4	7192.5	0.0	5086.2

ECONOMIC ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: -0.137

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -26592.0 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -22851.4 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -20128.8 (DISCOUNT RATE=0.15)

(d) Initial investment costs down by 30% + Ferrochrome price up by 20%

UNIT: 1000SL

YEAR	NET SALES REVENUE	TOTAL INVESTMENT COSTS	TOTAL PRODUCTION COSTS	INCOME TAX	NET CASH FLOW
1. 1983	0.0	2853.4	54.9	0.0	-2913.2
2. 1984	0.0	6669.5	54.9	0.0	-6724.4
3. 1985	0.0	5716.7	54.9	0.0	-5771.6
4. 1986	0.0	3811.2	54.9	0.0	-3866.1
5. 1987	7665.3	2335.3	7238.6	0.0	-1911.6
6. 1988	9764.1	483.4	8679.7	0.0	601.0
7. 1989	9764.1	0.0	8679.7	0.0	1064.4
8. 1990	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
9. 1991	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
10. 1992	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
11. 1993	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
12. 1994	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
13. 1995	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
14. 1996	10278.0	3391.9	8679.7	0.0	-1793.6
15. 1997	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
16. 1998	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
17. 1999	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
18. 2000	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
19. 2001	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
20. 2002	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
21. 2003	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
22. 2004	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
23. 2005	10278.0	0.0	8679.7	0.0	1593.3
24. 2006	10278.0	-2821.7	8679.7	0.0	7893.0

ECONOMIC ANALYSIS

PRODUCTION CAPACITY: 15000. TON/YEAR

INTERNAL RATE OF RETURN: 0.029

PRESENT VALUE NET BENEFIT: -4516.7 (DISCOUNT RATE=0.05)
 -10973.5 (DISCOUNT RATE=0.10)
 -12115.4 (DISCOUNT RATE=0.15)

小節9-2-1で計算した電力の経済費用が高いことによる。つまり、経済分析においては財務分析に用いた費用のデータから内部移転部分は除かれているし、フェロクロム製品の経済価値も潜在外貨交換率の適用によって高く評価されているが、これらの好条件も電力の経済費用がかなり高いために張消しになっている形である。

本ケースのように内部収益率の計算値がほとんど負となっているような場合に、種々のパラメータの内部収益率に与える影響を評価するのは難しい。それでも表9-4, 9-5, 9-10, 9-11にある現金フロー表, 表9-6, 9-7の損益計算書の注意深い検討, および内部収益率の計算値から当プロジェクトの費用や種々のパラメータが与える影響に関して次のようなことがわかる。

表9-6, 9-7からわかるように、生産費用の主要な部分を占めるのは変動生産費用であり、その3つの主要構成要素が全変動費用のそれぞれおよそ3分の1を占めている。主原料、すなわちクロム鉱石の費用をこれ以上下げることは鉱山の操業そのものを危くする恐れがあるので難しいだろう。電力費の削減は表9-12に明らかなように財務収益率の向上に大きく寄与するが、電力の経済費用が現行の平均電力料金よりも高いことを考えると、あまり現実的とは言えないかも知れない。

表9-4, 9-10に示されているように、基準ケース下ではケースAでもケースBでも純現金フローは、生産の最終年を除いてずっと負の値となっている。ケースBの財務分析において電力費が30%減少するかあるいはフェロクロム価格が20%上昇した場合、生産開始後追加投資の必要な10年目を除いてすべての年について現金フローは正となる。またケースBの経済分析でも、フェロクロム価格が20%上がると、生産開始から10年目を除いてすべての年の現金フローが正となる。しかしこれらの場合においても、内部収益率の計算値は負である。

本章で検討した最も楽観的なケースにおいてのみ、財務収益率の値はケースBで5.4%と正になる。これは電力費の30%減少, フェロクロム価格の20%上昇, 初期投資額の30%削減および、すべての税金、関税の免除が同時に実現された場合であるが、そのような可能性はあまり高いとは考えられない。更にこの場合に対応する経済収益率は、わずかに2.9%で財務収益率より低くなっている。

表9-12 内部収益率計算のまとめ

Case A (7,000 ton/year ferrochrome production)	
Financial analysis	FRR
Standard	-11.0%
Economic analysis	
Standard	ERR
+ Benefits of vocational training	-13.2%
	-10.8%
Case B (15,000 ton/year ferrochrome production)	
Financial analysis	FRR
Standard	-10.1%
Sensitivity	
Electricity rate: 30% down (0.0239 \$/kwh)	-5.2%
Ferrochrome price: 20% up (557 \$/ton)	-1.4%
Initial investment costs: 30% down	-9.1%
Taxes and Custom duties: all exempted	-9.6%
Most optimistic: all of the above	+5.4%
Economic analysis	
Standard	ERR
+ Benefits of vocational training	-12.3%
	-10.0%
Sensitivity	
Ferrochrome price: 20% up (556 \$/ton)	-1.1%
Initial investment costs: 30% down	-11.0%
+ Operating rate: 20% down	-13.7%
+ Ferrochrome price: 20% up	+2.9%

第十章

結

論

フェロクロム製錬所設立計画の基準ケースの内部収益率は第9章で計算したように、ケースA
ケースB共、負の値となった。即ち基準ケースの諸条件下では、当プロジェクトは年間フェロ
クロム生産量7,000トンあるいは15,000トンのいずれの規模においても、財務的にも経済
的にも投資妥当性が極めて低いと判断せざるを得ない。財務的に妥当性が低いとは、当プロジ
ェクトを一私企業によって実施することは極めて難しいということであり、経済的に妥当性が
低いということは、スーダン国の経済全体から見て当プロジェクトが正当化される可能性が低
いことを意味する。第4章の2-2節で推定した職業訓練に伴う便益を経済分析に入れると、
内部経済収益率は多少良くなるが、当プロジェクトの妥当性を一気に改善する程ではない。

但しここで注意しなければならないことは、当プロジェクトには金銭的に測り難い種々の便
益があるかも知れないということである。その可能性としては(i) スーダン国における工業化
の推進と、より平衡した経済基盤の準備、(ii) 発展のやゝ遅れた地域への関心喚起、(iii) 雇用
機会の提供と所得配分の改善、(iv) 当プロジェクト実施の象徴的意義などが考えられる。

一般にケースBの結果の方がケースAよりも幾分良いが、これは主にフェロクロム製錬所の建
設及び運用に規模の経済が働くからである。内部経済収益率の計算値が、一般に内部財務収益
率の計算値より悪いのは、主として第4章の2-1節で計算された電力の経済費用が、現行の
電力料金表に基づく値よりかなり高いからである。

ケースBについての感度分析の結果によると、電力料金の30%低下、フェロクロム価格の
20%上昇、初期投資額の30%削減、あるいはすべての税金、関税の免除も各々それだけで
は、当プロジェクトを財務的に妥当なものとはしない。これらの好条件がすべてそろった場合
にのみ、内部財務収益率は正となるが、その値は5.4%と低い。またこれらの好条件がそろ
う可能性はあまり高いとは考えられない。しかもこのケースに対応する内部経済収益率は更に低
く2.9%である。これらの事実は、当プロジェクトの実施を進めるには、相当注意深い態度が
必要であることを示すものである。

