

スーダン民主共和国
フェロクロム製錬工場建設計画調査
調査報告書

(要 約)

1981年8月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1063344[4]

スーダン民主共和国
フェロクロム製錬工場建設計画調査
調査報告書

(要 約)

1981年8月

国際協力事業団

國際協力事業団		
受入 月日	(81.8)233	41530
登録No.	13634	66159
		MREI

は し が き

日本政府は、スーダン民主共和国政府の要請に基づき、フェロクロム製錬工場建設計画のフィージビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は、芳賀秀夫氏を団長とする調査団を編成し、1981年3月1日から24日間同国に派遣した。

調査団はスーダン民主共和国政府及び関係機関の協力を得て、プロジェクト関連地域の現地踏査、関係資料の収集等の現地調査を実施し、同現地調査によって得られた結果及び資料に基づき、データの検討、解析等の国内作業を行った。

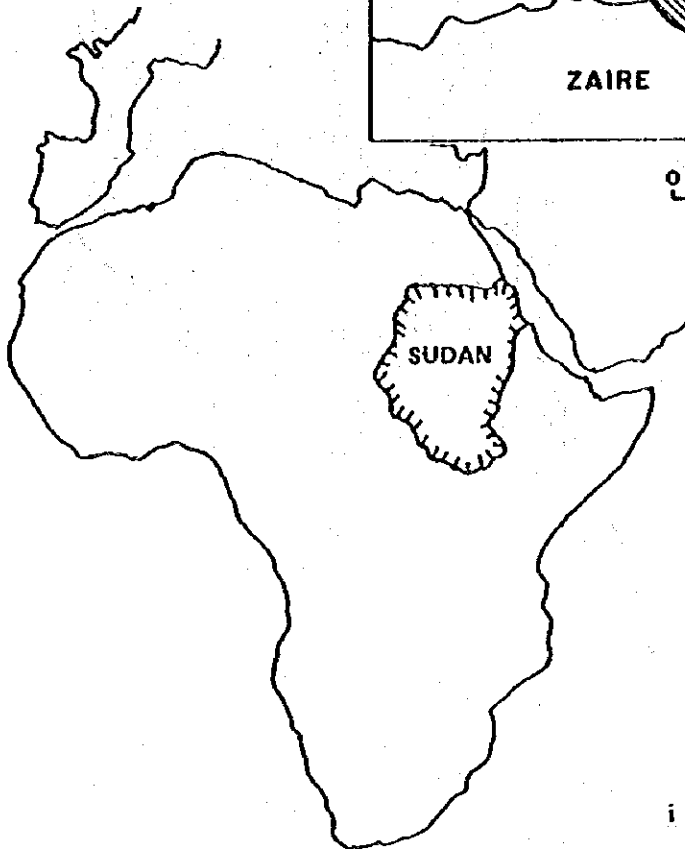
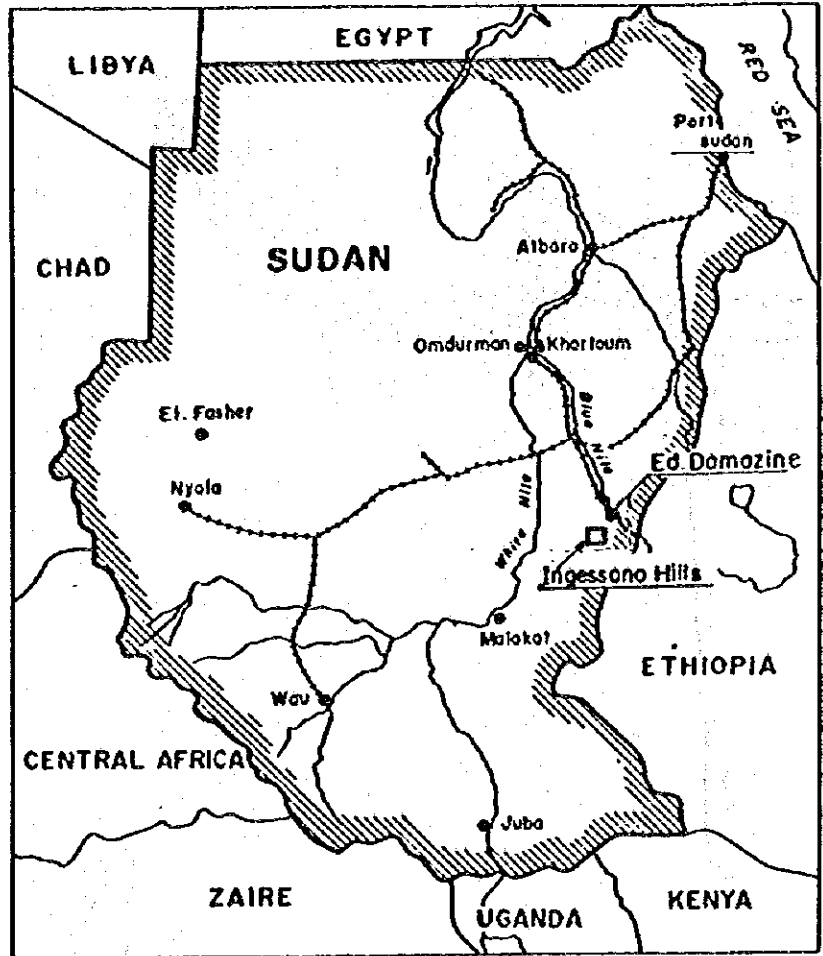
本報告書は、これらの成果を取りまとめたものである。本報告書がスーダン民主共和国の工業化政策の推進に貢献できれば幸いである。

終りに、調査に際し、多大の協力をいただいた、スーダン民主共和国政府、在スーダン日本国大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し、衷心より感謝の意を表わすものである。

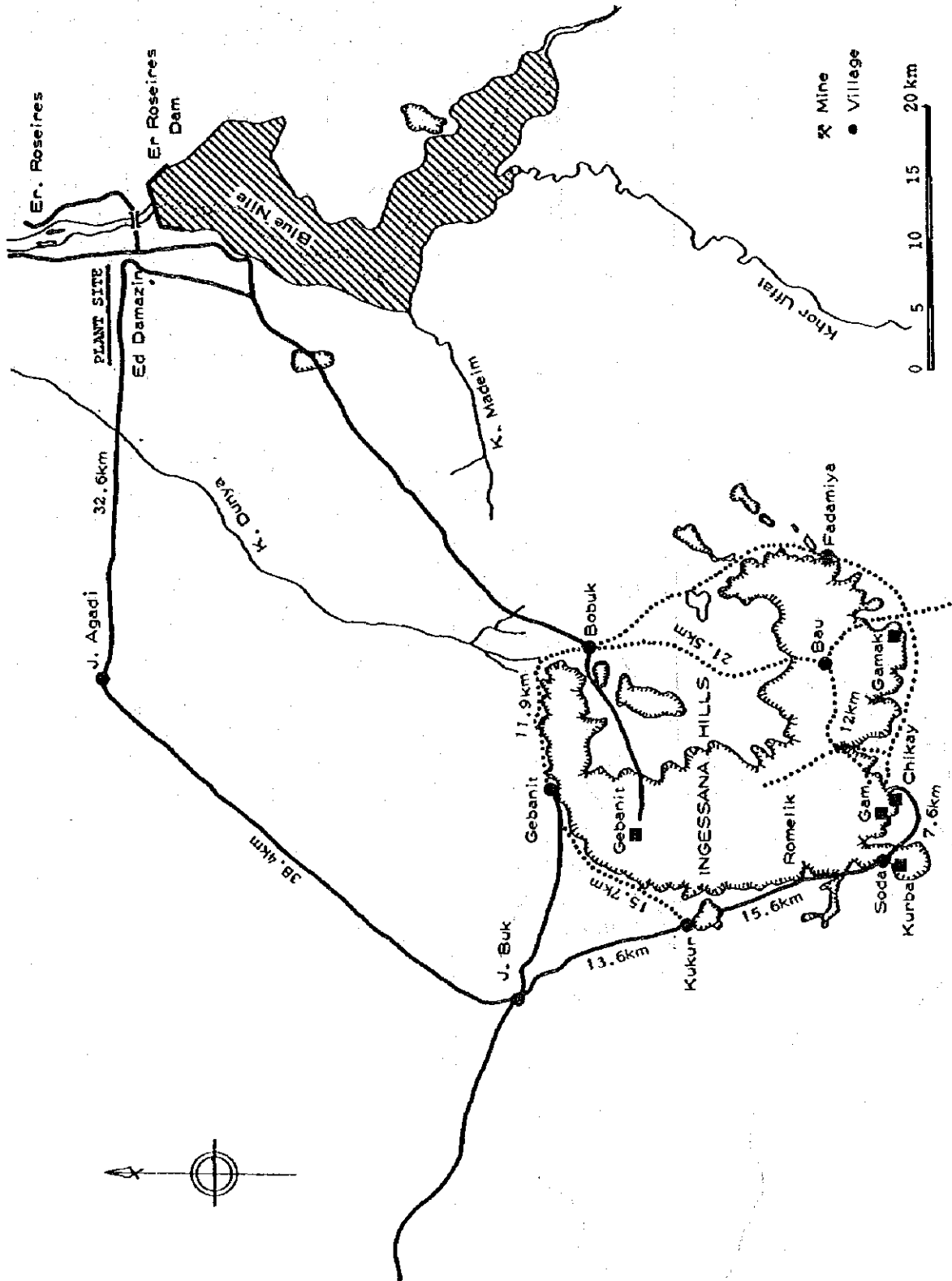
1981年8月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔



Location Map of Plant Site



目 次

ページ

1.	調査の背景	1
2.	フェロクロム産業の現状と見通し	2
2-1.	クロム鉱石の生産と市場	2
2-2.	フェロクロム産業	4
3.	フェロクロム産業設立計画	5
3-1.	計画とその目的	5
3-2.	対象地域	6
3-3.	工場規模	6
4.	原 料	10
4-1.	クロム鉱石	10
4-2.	副原料	10
5.	インフラストラクチャ	12
5-1.	電 力	12
5-2.	用 水	12
5-3.	輸 送	12
6.	設 備 計 画	16
6-1.	設備概要	16
6-2.	建設計画	16
6-3.	建設費	16
7.	要 員 計 画	24
8.	操 業 計 画	24
9.	総 合 評 価	27
9-1.	分析の方法	27
9-2.	財務分析	27
9-3.	経済分析	28
10.	結 論	30

表 目 次

表 S-1	産業別国内総生産	1
表 S-2	世界のクロム鉱石埋蔵量 (1978年現在)	2
表 S-3	クロム鉱石生産実績	3
表 S-4	自由世界のフェロクロム生産能力 (1980年現在)	4
表 S-5	自由世界に於けるフェロクロムの需給バランス	5
表 S-6	本計画の主要諸元	6
表 S-7	ジャム鉱山のクロム鉱石年間産出量	11
表 S-8	使用クロム鉱の成分	11
表 S-9	フェロクロム製錬工場電力料金試算表	13
表 S-10	推定建設工事費	23
表 S-11	製造成績及び操業計画	24
表 S-12	製造原価計算	26
表 S-13	内部収益率計算一覧	29

図 目 次

図 S-1	プロジェクト用地位置図	7
図 S-2	工場用地図	8
図 S-3	フェロクロム工場用地	9
図 S-4	プラントレイアウト (ケースA)	17
図 S-5	フローシート (ケースA)	19
図 S-6	フェロクロム製錬プラント断面図 (ケースA)	21
図 S-7	組織図	25

行 程 表

月/日	曜日	滞 在 地	訪 問 先	内 容
3/1	日		東京発 21:30 (LH651便)	
2	月	フランクフルト	フランクフルト着 7:50	フランクフルト発 21:20 (LH536便)
3	火	カルツーム	カルツーム着 3:55	
4	水	"	日本大使館	表敬訪問
5	木	ダマジン	エネルギー鉱業省 カルツーム→ダマジン	調査計画説明会議
6	金	"	ブルーナイル州庁	表敬訪問
7	土	"	インゲサナ鉱山	鉱山操業状況設備調査
8	日	"	ロセイリスダム ブルーナイル州庁 営 林 署 プラントサイト	設備概要調査 調査計画説明、打合せ会議 木炭調査及び水道、関係調査 現地調査、地盤調査準備
9	月	"	ロセイリス発電所 プラントサイト	設 備 調 査 敷地測量、地質調査
10	火	"	ブルーナイル州庁 プラントサイト	プラントサイト位置変更打合せ 敷 地 測 量
11	水	ダマジン	(A班) コットン工場 ロセイリス発電所	操業状況調査 発電状況調査
12	木	カルツーム ダマジン	(B班) ダマジン→カルツーム (A班) ナイル川取水予定地 ダマジン→カルツーム	工業用水、取水予定地確認
13	金	カルツーム	(B班) エネルギー鉱業省 (A班) ホ テ ル (B班) カルツーム→パリ	ミニッツの交換 全 体 会 議 (AF 480便) 帰国
14	土	"	電 力 公 社 道 路 公 社	電 力 計 画 調 査 道 路 状 況 調 査
15	日	"	民 間 建 設 会 社 エ ネ ル ギ ー 鉱 業 省 地 質 鉱 物 資 源 局 スーダン鉱山公社	建 設 能 力 調 査 確 認 書 の 交 換 地 盤 調 査 打 合 せ 採 鉱 状 況 調 査
16	月	ポートスーダン カルツーム	(C班) カルツーム→ポートスーダン 地 質 鉱 物 資 源 局 鉄 道 公 社	プラントサイト基盤調査 輸 送 状 況 調 査

月/日	曜日	滞在地	訪問先	内 容
16	月	カルツーム	鉱山公社 統計局	ジャム鉱山資料収集 各種統計資料収集
17	火	ポーツーダン	(C班) 港湾局	通関運輸調査
		カルツーム	建設機械会社 地質鉱物資源局 計画省	建設機械調査 基盤調査打合せ 開発計画調査
18	水	ポーツーダン	(C班) 税関	関税調査
			ポーツーダン→カルツーム	
		カルツーム	電力公社 建設機械会社 地質鉱物資源局 社会保険局	電力事情調査 建設機械調査 基盤調査 社会保険状況調査
19	木	カルツーム	電力公社 鉱山公社 地質鉱物資源局	電力事情調査 クロム鉱石コスト調査 副原料調査
20	金	カルツーム	ホテル	資料、情報整理
21	土	カルツーム	エネルギー鉱業省 工業省 日本大使館	帰国挨拶 " "
22	日	パリ	カルツーム発 10:10 ジュネーブ発 18:00	ジュネーブ着 16:15 (SR 297) パリ着 19:00 (SR 728)
23	月		パリ発 13:15	
24	火		東京着 14:25	

調 査 団 員 名 簿

氏 名	専 門 業 務	現 職 名
芳 賀 秀 夫	総 括	日本重化学工業株式会社 酒田工場
鮎 川 昭	原 料	日重資源コンサルタント株式会社
川 村 和 太	輸 送	日鉄鉱コンサルタント株式会社 地質部
野 繁 幸	製 造	日重エンジニアリング株式会社 工務部
庄 子 勝 弘	機 械	日本重化学工業株式会社 工作事業本部
下 村 正 治	電 気	日重エンジニアリング株式会社 電工部
上 野 洋 明	土木、建築	日重エンジニアリング株式会社 工務部
小 野 洋 二	市場、制度	財団法人 国際開発センター
橋 本 強 司	経済、財務	財団法人 国際開発センター
古 口 元 一	技術協力政策	通商産業省基礎産業局 製鉄課
安 木 秀 夫	業 務 調 査	国際協力事業団 鉱工業計画調査部

調 査 団 訪 問 先

[Damazin]

- Cotton Ginning Factory
- Geological and Mineral Resources Dept.
- Governor's Office
- Governor of the Blue Nile Prov.
- Ministry of Irrigation
- Roseires Power Station

[Ingessana Hills]

- Gam Mine

[Khartoum]

- Companies Div., Taxation Dept., M. of Finance and National Economy
- Foreign Div., Labor Dept.
- Geological Dept.
- Ingessana Hills Mines Corp. (IHMC)
- Labor Dept., M. of Public Service and Administrative Reform
- Ministry of Energy and Mining
- Ministry of Industry
- National Income Accounts Div., Statistics Dept.
- Population Census Div., Statistics Dept.
- Public Electricity and Water Corp. (PEWC)
- Public Corporation for Irrigation
- Public Social Insurance Institution
- Statistics Dept., M. of National Planning
- Sudanese Mining Corp. (SMC)
- Sudanese Steel Products Co., Ltd. (SSP)
- Union Contracting Co., Ltd.

[Port Sudan]

- Afro-Asia Commission
- Khalafalla El-Bushra Trade and Commission
- Sea Ports Corporation
- Traffic Supt.

略 語 表

φ	Diameter	Lb	Pound
1φ	1-phase	m	Meter
3φ	3-phase	mm	Millimeter
%	Percent	M	Thousand
A	Ampere	MM	Million
A.C.S.R.	Aluminum Cable Steel Reinforced	m ²	Square meter
		m ³	Cubic meter
AV.	Average	Max.	Maximum
B/T	Berth/terms	Min.	Minimum
¢	Cent	M/T	Metric ton
°C	Centigrade	MVA	Megavolt - Ampere
C I F	Cost Insurance and Freight	MW	Megawatt
cm	Centimeter	Nm ³	Normal cubic meter
Cur	Current	N.E	North East
Dept.	Department	N.W	North West
Div.	Division	Pc.	Piece
DWT	Dead Weight Ton	Pcs.	Pieces
EC	European Community	ppm	Parts per million
e.g.	For instance	P.S.	Power station
ERR	Economic Rate of Return	SE	South East
FOB	Free on Board	SER	Shadow exchange rate
Fig.	Figure	Sc	Sudan pound
F.R.R	Financial Rate of Return	S/T	Short ton
g	gram	SS	Suspended Solid
G.D.P	Gross Domestic Product	S.W.	South West
GWH	Gigawatt hour	t	Metric ton
hr	hour	UK	United Kingdom
i.e.	that is	USA	United States of America
I R.R	Internal Rate of Return	USSR	Union of Soviet Socialist Republics
Ig-loss	Ignition loss	US\$	United States dollars
km	Kilo meter	V	Volt
KV	Kilo volt	Yr. /year	Year
KVA	Kilo volt - Ampere	/t. /ton	Per ton
KW	Kilo watt	/y.	Per year
KWH	Kilo watt - hour	/m, /month	per/month
ℓ	Liter	/h, /hour	Per hour

注) 換算レート 1 US\$ = S£ 0.79

1. 調査の背景

スーダン民主共和国の経済にとって鉄工業部門は比較的比重が小さく、過去数年においては国内総生産の8%程度を占めるだけである。(表S-1参照) しかしながらスーダン政府はこの部門の発展に近年力を入れて来ており、その中に優先度の高いプロジェクトの一つとしてクロム鉱石の開発とフェロクロム産業の発展がある。スーダン政府は、国内で産する(インゲサナ・ヒルズ地域)クロム鉱石を用いてフェロクロム製錬工場を設立することが、工業化政策推進の軸となり、あわせて外貨獲得の増加にも資するという見地から、日本政府に対してダマジン地区におけるフェロクロム工場設立計画のフィージビリティ・スタディを要請してきた。

日本政府は、1977年に国際協力事業団(JICA)を通じて予備フィージビリティ・スタディを実施し、続いて今回1981年3月にフィージビリティ・スタディ現地調査を行ないそれに基づいて当プロジェクトの妥当性が技術的、経済的観点から検討された。

表S-1 産業別国内総生産
1972/73 - 1978/79

(Unit: Million S£)

	1972/73	1973/74	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79*
Agriculture	344.6 (38.4%)	516.4 (41.4%)	585.3 (38.7%)	628.2 (34.0%)	843.5 (36.1%)	1083.3 (37.6%)	894.4 (32.0%)
Commerce	142.9	175.7	245.2	315.3	445.3	555.8	442.9
Manufacturing & Mining	82.9 (9.2%)	111.3 (8.9%)	142.9 (9.5%)	161.1 (8.7%)	199.7 (8.5%)	225.4 (7.8%)	238.9 (8.6%)
Transport & Communication	61.5	74.8	89.4	192.4	229.0	280.4	345.0
Electricity & Water	17.5	18.6	20.9	28.6	84.3	38.6	34.3
Government Services	104.8	127.9	151.2	171.5	184.8	214.5	269.1
Other Services	114.4	160.5	210.9	262.1	284.8	360.6	396.5
GDP at Market Price	896.8	2246.2	1510.8	1848.0	2339.7	2882.7	2784.4

Source: Bank of Sudan Twentieth Annual Report, 1979 (1972/73 - 1975/76, 1978/79), Ministry of National Planning, National Income, Accounts and Supporting Tables (1976/77, 1977/78).

Note: * Provisional

現地調査に先立って、スーダン側代表と、プロジェクトの目的、プラント規模、調査の範囲などに関して合意に達した内容をまとめ署名交換した("Minutes of the meeting on March 4, 1981"¹⁾参照)。現地調査は、1981年3月4日から21日まで、上述の調査の範囲に従って、カルツーム、ダマジン、インゲサナ・ヒルズおよびポート・スーダン地区において行なわれた。21日には、調査の基本条件と現地調査の主な成果を中間報告書にまとめスーダン側に提出した("Interim Report, March 21, 1981"²⁾参照)。これに基づき帰国後国内作業を通じて当プロジェクトの妥当性が十分に検討された。

2. フェロクロム産業の現状と見通し

2-1 クロム鉱石の生産と市場

米国鉱山局の調査によると1978年時点でのクロム鉱石の確定埋蔵量は約18億トンで、これに推定埋蔵量を加えると計約47億トンに達している。このうち63%が南アフリカ、33%がジンバブウェと2ヶ国で全世界の96%を占めており、極端に偏在している(表S-2)クロム鉱石の生産量は、1980年現在、世界で約1,000万トンで、このうち南アフリカが320万トン、ソ連が230万トンと、この2ヶ国で過半数を占めている状態である(表S-3)。全生産量のうち約60%はフェロクロム用に使用され、他の40%は化学および耐火物用となっている。

表S-2 世界のクロム鉱石埋蔵量(1978年現在)

(Unit: 1,000 tons)

	High chromium		High iron		High Aluminium		Total	
	Proven	Others	Proven	Others	Proven	Others	Proven	Others
South Africa	56,000	56,000	1,100,000	2,200,000	-	-	1,156,000	2,256,000
Zimbabwe	560,000	560,000	56,000	56,000	-	-	616,000	616,000
Others	33,180	31,510	20,400	34,900	15,930	14,600	69,510	81,010
Total	649,180	645,510	1,176,400	2,290,900	15,930	14,600	1,841,510	2,953,010

Source: U.S. of Mines Bureau

- 1) "Minutes of the Meeting concerning the Feasibility Study on the Establishment of a Ferrochrome Plant in the Democratic Republic of the Sudan, March 4, 1981".
- 2) "Interim Report of the Feasibility Study on the Establishment of a Ferrochrome Plant in the Democratic Republic of the Sudan, March 21, 1981".

表 S-3 クロム鉱石生産実績

(Unit: 1,000 tons)

	1965	1970	1973	1974	1975	1976	1977	1978
South Africa	942	1,427	1,650	1,877	2,075	2,409	3,319	3,145
Zimbabwe	635	363	550	590	590	610	608	600
Turkey	567	519	426	666	670	869	630	635
U.S.S.R.	1,422	1,750	1,900	1,950	2,085	2,120	2,180	2,300
U.S.A.								
Philippines	554	566	580	530	520	531	538	531
Finland			148	155	165	175	504	719
Canada								
India	60	274	288	394	499	402	357	266
Malagasy			158	156	194	218	165	138
Cuba			20	20	20	20		30
Yugoslavia	80	41						
Albania	315	454	611	715	750	780	880	930
Iran	152	220	140	175	275	160	165	165
Greece			18	10	23	27	30	40
New Caledonia								10
Japan	42	33	23	26	23	22	18	9
Brazil			73	88	90	120	150	190
Sierra Leone								
Cyprus			30	34	28	7	14	15
Pakistan							12	9
Others	209	453	32	20	25	15	40	53
TOTAL	4,978	6,100	1,696	7,427	7,941	8,407	9,700	9,785

Source: Metal Bulletin (1965 - 1977, Roskill Report (1978)).

クロム鉱石の国際市場は、1977年以來供給過剰が続いており、これは主要消費国の需要減退と生産国の生産能力増加によるものである。その結果クロム鉱石の価格も低迷しており、この傾向はここしばらく続くものと見られる。スーダンのクロム鉱石は高品位塊鉱の為、世界的に見て、特殊な需要に支えられ、今後とも比較的堅調な取引が可能と想定される。

2-2 フェロクロム産業

フェロクロムの自由世界の生産設備能力は、1980年現在で年間約260万トンであるが実需要は推定年間約170万トンである(表S-4)。生産は南アフリカ63万トン、日本33万トンでこの二カ国で世界の過半数を占めている。次いでUSA、スウェーデン、ジンバブウェが続いている。

今後の増設計画は南アフリカ、トルコ、フィンランド等で約60万トンにも達している。一方需要は、ステンレス鋼生産の変動により大きく増減するが今後のステンレス鋼生産の伸び率は年約3%程度と見込まれ、需給関係はここ当分供給過剰の状態が続く事が予想される(表S-5)。

表S-4 自由世界のフェロクロム生産能力(1980年現在)

(Unit: 1,000 tons)

Country	Production capacity
South Africa	725
Japan	519
Sweden	285
U. S. A.	250
Zimbabwe	185
West Germany	160
Others	476
Total	2,600

表S-5 自由世界に於けるフェロクロムの需給バランス

(Unit: 1,000 tons)

Year	Stainless Steel Output	HCFeCr Consumption	Production Capacity (Equipment Capacity x 80%)	Equipment's Spare Capacity
1979	7,413	1,700	2,080	380
1980	7,635	1,751	2,080	329
1981	7,864	1,751	2,080	329
1981	7,864	1,803	2,080	277
1982	8,100	1,858	2,080	222
1983	8,343	1,913	2,080	167
1984	8,594	1,971	2,080	109
1985	8,851	2,030	2,080	50

3. フェロクロム産業設立計画

3-1 計画とその目的

当プロジェクトは、インゲサナヒルズの鉱山で産出するクロム鉱石とブルーナイル・ロゼイレス発電所の電力とを利用して、ダマジン地区にフェロクロム製錬工場を設立しようとするものである。その目的としては次のものが挙げられる。

- 1) ダマジン地区にフェロクロム製錬工場を建設する。
- 2) フェロクロムの輸出により、外貨を獲得しスーダン国の国際収支を改善する。
- 3) 製錬工場を、スーダン国労働者に、高温炉工業の経験と知識を与える訓練の場とする。
- 4) 製錬工場をスーダン政府の工業化政策の象徴とし、国民の教育と政策の理解に役立てる。
- 5) フェロクロム生産に関連する国内産業を育成する。

3-2 対象地域

対象地域は、エチオピアに境を接するスーダン東部のブルーナイル州でフェロクロム工場はブルーナイル州の南東部ダマジン地区に位置する（図S-1, S-2）。工場敷地は3つの候補地を検討した結果、図S-3に示されている地に決まった。

対象地域の気候は熱帯大陸性で、年間降水量は約800mm、年平均気温はおよそ28℃である。一年のうち11月から3月が乾期、4月から10月が雨期である。

3-3 工場規模

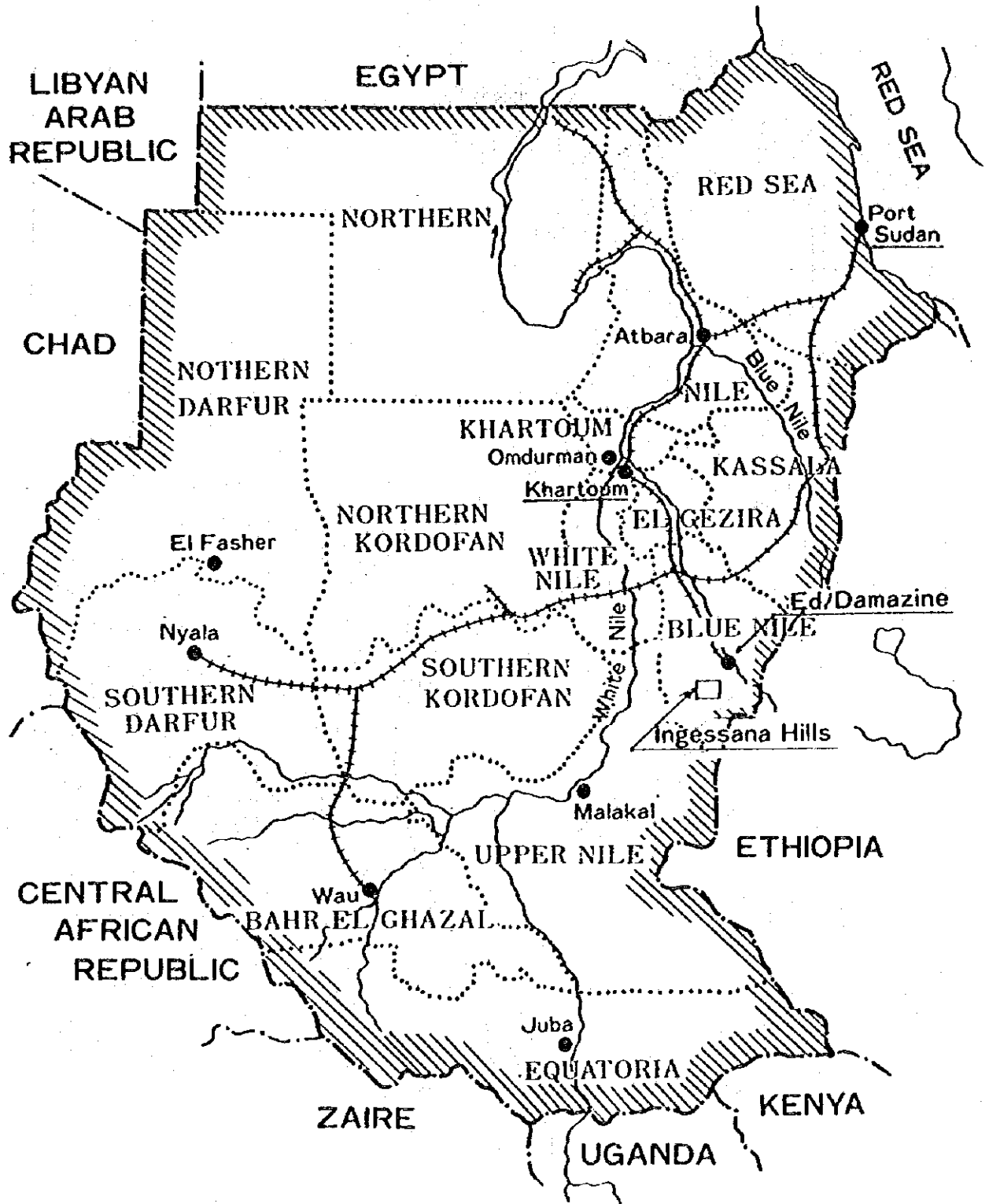
日本側はインゲサナヒルズ地区の推定可採鉱量と現在の生産量のみならず、過去の経験、プロジェクトの目的、フェロクロムの国際マーケットなども考慮して、工場規模としてフェロクロム生産量年間7,000トン进行提案した。しかしながらスーダン側は、より規模の大きな工場を強く希望し、年間15,000トンの案が追加された。

結果として、7,000トン进行Aケース、15,000トン进行Bケースとし、この両者进行検討することになった。この各々の規模と対応する工場の主要諸元は表S-6の通りである。

表S-6 本計画の主要諸元

		Case A	Case B
Ferrochrome production	ton/year	7,000	15,000
Quality of products	Cr %	66.6	64.4
	Si %	3.0	3.0
	C %	7.5	7.5
Electric furnace capacity	KVA	6,000	14,000
Electric furnace load	KW	4,500	9,500
Power requirements	GWh/year	32.3	72.3
Chromium ore requirements	ton/year	15,400	33,800

図S-1 プロジェクト用地位置図



图S-2 工場地用地图

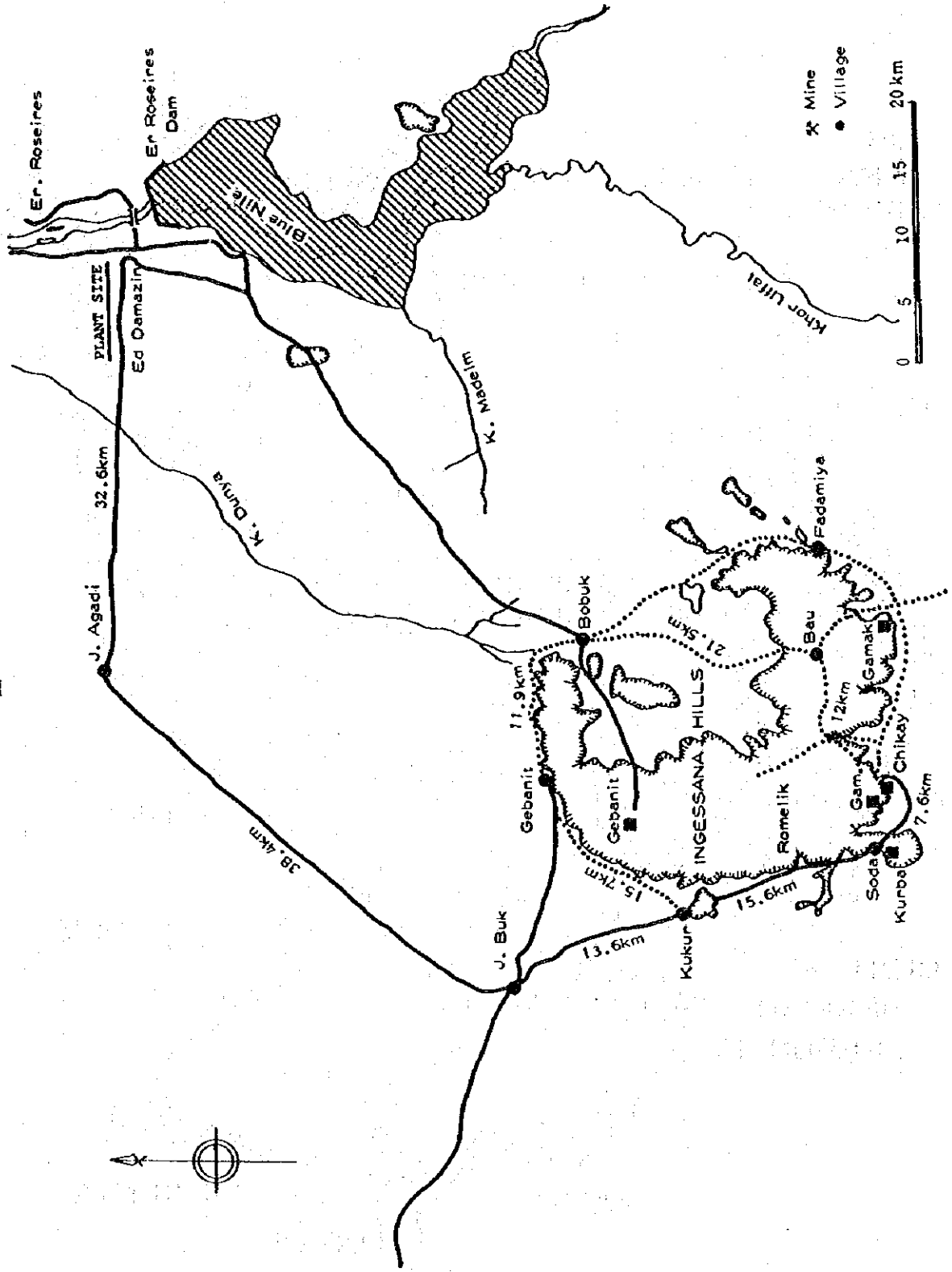
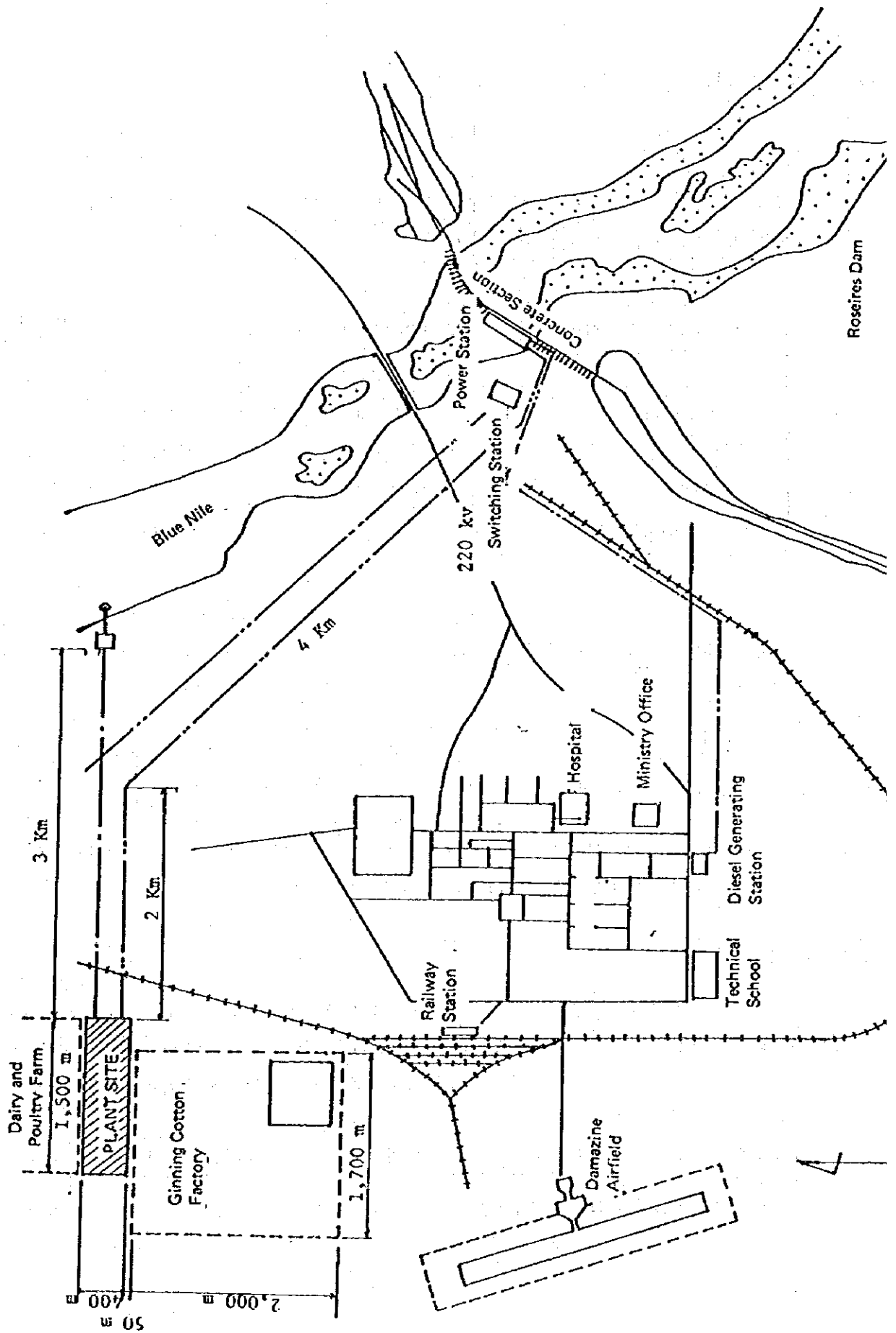


図 S-3 フェロクロム工場用地



4. 原 料

4-1 クロム鉄石

インゲサナヒルズのクロム鉄石埋蔵量は95万トン程度と見込まれる。その質と量は現在までの探鉱によって以下のように推定されている。

CLASSIFICATION	LOCATION	RESERVE (ton)	QUALITY (Cr ₂ O ₃ %)
High-grade ore	Gam mine	579,000	50.1
	Unexploited areas	152,000	48.0
	Sub Total	731,000	49.7
Low-grade ore	Unexploited areas	221,000	38.3
Total		952,000	47.0

ジャム鉄山での生産量は年間15,000から25,000トン程度である(表S-7)。Bケースでのクロム鉄石必要量年間33,800トンに対応するためには周辺部の新しい鉄床の開発が必要となる。上の表にも明らかなようにこれらの鉄床の中には質的、量的に劣るものもある。Aケース、Bケース各々についてフェロクロム工場で使われるクロム鉄石の質は表S-8にあるようになる。

クロム鉄石の価格は、既存鉄山での生産費用に基づいて推定され、本調査においてはAケース、Bケースについてそれぞれトン当たりUS\$69, US\$63となる。

4-2 副原料

コークスの入手可能性については、今回調査でも予備フィジビリティスタディの時点と差のない結果であり、輸入するものとして計画する。その際の入手価格は国際マーケット価格より判断してポート・スーダンにおけるCIF価格US\$166/トン、フェロクロムプラント置場渡しUS\$210.6/トンと見込まれる。

国産の木炭は量的に不足でフェロクロム原料用としてはあまり現実的とは考えられない。

珪石については今回の調査で量・質とも十分なものがインゲサナヒルズに埋蔵しているのが確

表S-7 ジャム鉱山のクロム鉱石年間産出量

Fiscal Year (July to June)	Quantity of Concentrate (ton)	Remarks (ton)
1963~1972 10 years	190,002	1963~1972 Average output per year 19,000
1973 1974 1975 1976 1977	15,155 15,500 10,873 17,273 20,557	1973~1977 Average output per year 15,872
1978 1979 1980 (July to Jan.)	19,148 23,215 14,297	1978~1980 Average output per year 20,387
Total	326,020	Average output per year 18,542

Source: Technical data by Gam Mine

表S-8 使用クロム鉱の成分 (%)

	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	P	Al ₂ O ₃	MgO	Cr/Fe
Case A	48.3	9.6	12.9	0.004	5.3	17.9	3.3
Case B	45.2	9.4	13.6	0.007	7.2	18.5	2.9

認められたのでそれを使用する事で計画する。価格はフェロクロムプラント置場渡しでトン当たり約US\$ 40前後と想定される。

ボーキサイトはスーダンでは産出しないのでギリシャからの輸入とする。

その際の価格はトン当たりCIFポートスーダンUS\$ 60, フェロクロムプラント置場渡しトン当たりUS\$ 102.3と見込まれる。

電極ペーストも国産品は無いので輸入するものとする。

その際の価格はトン当たりCIFポートスーダンUS\$ 600, フェロクロム置場渡しトン当たりUS\$ 640.2と見込まれる。

5. インフラストラクチャ

5-1 電力

スーダンの電力事情は、旺盛な需要の伸びに対応する発電能力の増強が追いつかず需給関係が非常にきびしい状況にある。フェロクロム産業は電力多消費産業であるので、その電力供給体制を整備する事が重要である。

フェロクロムプラントでの使用電力量は

	デマント (KW)	使用電力量 (GWh/年)
ケースA	4,500	36.2
ケースB	10,000	72.3

フェロクロムプラントへの供給については、ケースAではロゼイレス発電所から11KVで、ケースBでは33KVで供給する事で計画した。

電力コストについては現行料金表（重工業向）を適用すると、ケースA、BともUS\$ 0.043/KWHとなる（表S-9参照）。

5-2 用水

本プラントで使用する用水は各機器の冷却水でその所要量はケースAで時間当たり70トン、ケースBで時間当たり175トンであるが、リサイクル方式を採用するため取水量は夫々A10トン、B30トンである。水源としてはブルーナイルより取水するが、雨期には水質（SS）が悪化するため沈澱池、フィルター等の設備が必要である。

5-3 輸送

(i) 道路

現在インゲサナヒルズ、ジャム鉱山よりダマジン迄の道路は未舗装道路で雨期（5～10月）には使用不能または極めて使用が困難である。

今後周辺地域の開発に関連して道路開発が行われる予定もあり、それらとの連係を十分調査する必要がある。

現在ジャム鉱山～ダマジン間のクロム鉱石の輸送コストはトン当たり約US\$ 13.3である。

表 S - 9 フェロクロム製錬工場電力料金試算表

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

Service Capacity Charge	$S£ 0.4 \times 6,500 \text{ KVA} \times 12 \text{ months}$	= S£ 31,200.00
Demand Charge		
-- Operation (10 months)	$S£ 1.2 \times 5,500 \text{ KVA} \times 10 \text{ months}$	= S£ 66,000.00
-- Repair (2 months)	$S£ 1.2 \times 500 \text{ KVA} \times 2 \text{ months}$	= S£ 1,200.00
KWH Charge		
-- Critical Season (Mar. 1 ~ Jun. 27) (operate)		
Peak hour	$S£ 0.057 \times 4,500 \text{ KW} \times 119 \text{ days} \times 11 \text{ hrs.}$	= S£ 335,758.50
Off-peak hour	$S£ 0.025 \times 4,500 \text{ KW} \times 119 \text{ days} \times 13 \text{ hrs.}$	= S£ 174,037.50
-- Critical Season (Jun. 28 ~ Aug. 31) (repair)		
Peak hour	$S£ 0.057 \times 100 \text{ KW} \times 65 \text{ days} \times 11 \text{ hrs.}$	= S£ 4,075.50
Off-peak hour	$S£ 0.025 \times 100 \text{ KW} \times 65 \text{ days} \times 13 \text{ hrs.}$	= S£ 2,112.50
-- Other Seasons (Sept. 1 ~ Feb. 28) (operate)		
Peak hour	$S£ 0.0375 \times 4,500 \text{ KW} \times 181 \text{ days} \times 11 \text{ hrs.}$	= S£ 335,981.25
Off-peak hour	$S£ 0.0155 \times 4,500 \text{ KW} \times 181 \text{ days} \times 13 \text{ hrs.}$	= S£ 164,121.75
TOTAL Payment per year		= S£ 1,114,487.00
Total Consumption in KWH		= 32,556,000
Unit Price per KWH		= S£ 0.0342329 (US \$0.0433)

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

Service Capacity Charge	$\text{S}\text{f}0.4 \times 15,000 \text{ KVA} \times 12 \text{ months}$	= S£ 72,000.00
Demand Charge		
– Operation (10 months)	$\text{S}\text{f}1.2 \times 12,000 \text{ KVA} \times 10 \text{ months}$	= S£ 144,000.00
– Repair (2 months)	$\text{S}\text{f}1.2 \times 500 \text{ KVA} \times 2 \text{ months}$	= S£ 2,400.00
KWH Charge		
– Critical Season (Mar. 1 ~ Jun. 27) (operate)		
Peak hour	$\text{S}\text{f}0.057 \times 10,000 \text{ KW}$ $\times 119 \text{ days} \times 11 \text{ hrs.}$	= S£ 746,130.00
Off-peak hour	$\text{S}\text{f}0.025 \times 10,000 \text{ KW}$ $\times 119 \text{ days} \times 13 \text{ hrs.}$	= S£ 386,750.00
– Critical Season (Jun. 28 ~ Aug. 31) (repair)		
Peak hour	$\text{S}\text{f}0.057 \times 200 \text{ KW} \times 65 \text{ days}$ $\times 11 \text{ hrs.}$	= S£ 8,151.00
Off-peak hour	$\text{S}\text{f}0.025 \times 200 \text{ KW} \times 65 \text{ days}$ $\times 13 \text{ hrs.}$	= S£ 4,235.00
– Other Seasons (Sept. 1 ~ Feb. 28) (operate)		
Peak hour	$\text{S}\text{f}0.0375 \times 10,000 \text{ KW}$ $\times 181 \text{ days} \times 11 \text{ hrs.}$	= S£ 746,625.00
Off-peak hour	$\text{S}\text{f}0.0155 \times 10,000 \text{ KW}$ $\times 181 \text{ days} \times 13 \text{ hrs.}$	= S£ 364,715.00
TOTAL payment per Year		= S£2,474,996.00
Total Consumption in KWH		= 72,312,000
Unit Price per KWH		= S£ 0.0342266 (US \$0.0433)

(2) 鉄 道

現在クロム鉱石は、ダマジン～ポートスーダン間を鉄道で輸送されているが、フェロクロムプラント操業開始後の物資の鉄道輸送形態は次の様になると想定される。

年間鉄道輸送量比較表

	現 状	Case A
ダ マ ジ ン → ポ ー ト ス ー ダ ン 鉱 石	25,000 t	10,000 t
ダ マ ジ ン → ポ ー ト ス ー ダ ン フェロクロム	—	7,000
ポ ー ト ス ー ダ ン → ダ マ ジ ン コ ー ク ス	—	3,500
ポ ー ト ス ー ダ ン → ダ マ ジ ン ポ ー キ サ イ ト	—	2,100
合 計	25,000 t	22,600 t

以上の様に鉄道輸送量としては、フェロクロムプラント操業後の方が若干減少するので特に問題がないと考えられる。

ダマジンとポートスーダン間の鉄道運賃はトン当たりUS\$ 31.3である。

(3) 港 湾

ポートスーダンはスーダン唯一の港であり、現在クロム鉱石の輸出港となっている。港湾能力として15,000トン、荷卸最大重量は75トン迄可能である。岸壁に引込線が敷かれてあるので本船からただちに貨車に積みこむ事も可能である。

6. 設備計画

6-1 設備概要

本フェロクロムプラントはスーダン最初の電気炉工業である事を考慮に入れ、操業、整備両面に安定した設備を選択すると同時に環境対策の面も考慮に入れている。主要設備は下記の通りである。

1) 原料処理設備	受入れ原料の破砕、配合、輸送
2) 電気炉設備	
	ケースA ケースB
電極径 mm ϕ	800 1,050
鉄皮径 mm ϕ	6,500 9,000
3) 製品処理設備	製品サイジング、篩別
4) 集塵設備	電気炉排ガス中のダスト集塵
5) ユーティリティ設備	用水、燃料、空気関係設備
6) 受変電設備	受電用トランス、配電設備

図S-4,5,6にプラントレイアウト、フローシート電気炉断面をそれぞれ示してある。

6-2 設備計画

建設工事はなるべくスーダン国内業者を起用する考えに立脚しているが、建設資材については一部を除き輸入にたよらざるを得ない状況である。建設工期はケースAで36ヶ月、ケースBでは48ヶ月を見込んでおり又、この間建設指導のための技能者の所要工数をケースA 320人×月、ケースB 540人×月と見込んでいる。

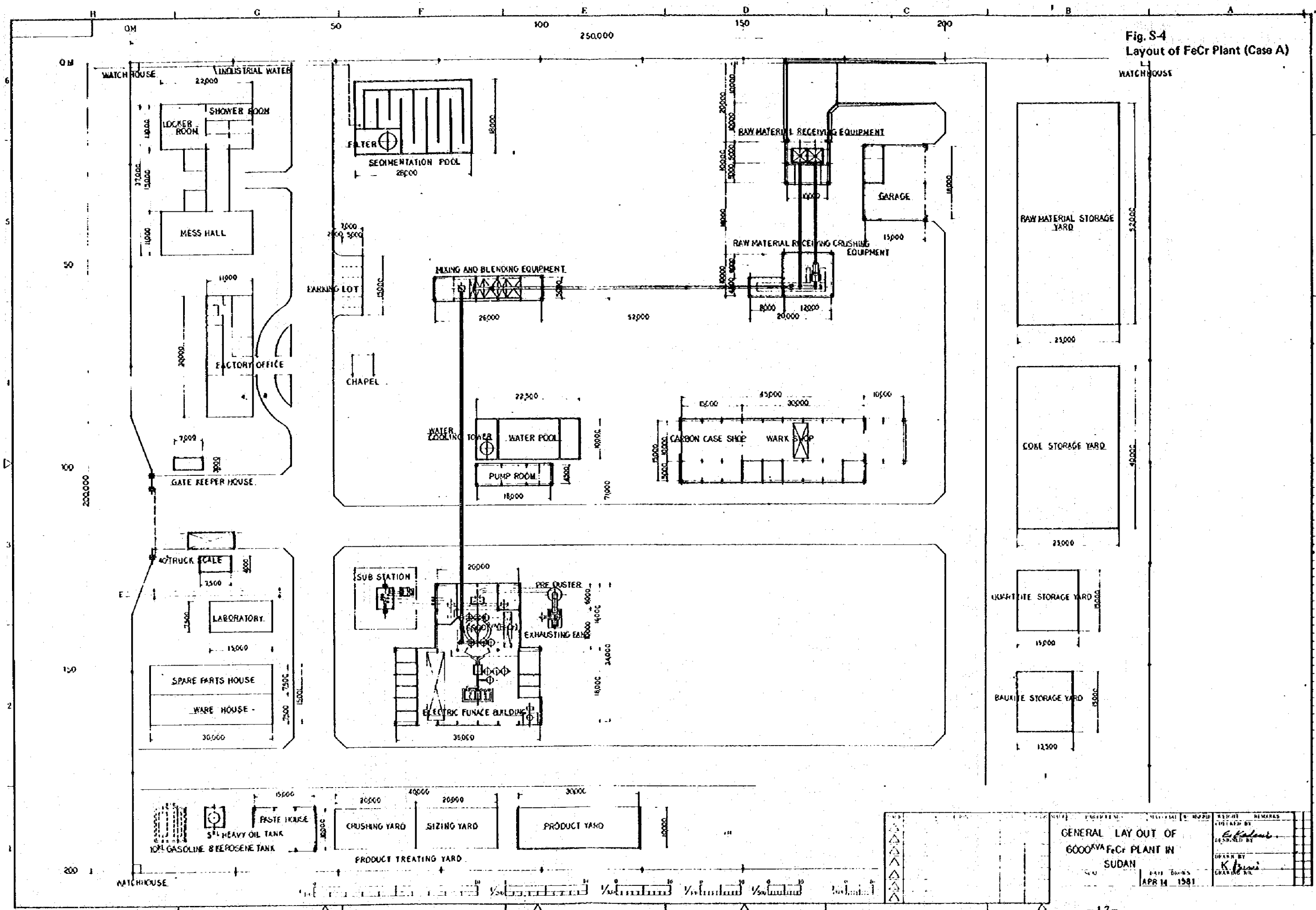
6-3 建設費

建設費の予測をするに際し下記条件で見積を行った。

1) 見積基準	1981年3月 時価採用
2) 物価変動	見積りに含まず
3) 輸入機械設備に対する課税	免税

建設費の予測は表S-10に示す通りでスーダン国内部分の比率は約30%でこの種のプロジェクトとしては妥当と考えられる。

Fig. S-4
Layout of FeCr Plant (Case A)



NO.	DESCRIPTION	DATE	REVISION	REMARKS
GENERAL LAY OUT OF 6000 KVA FeCr PLANT IN SUDAN				
DESIGNED BY <i>E. K. Adams</i>			DRAWN BY <i>K. Davis</i>	
CHECKED BY			DATE APR 14 1981	

Fig. S-5
Process Flow Sheet (Case A)

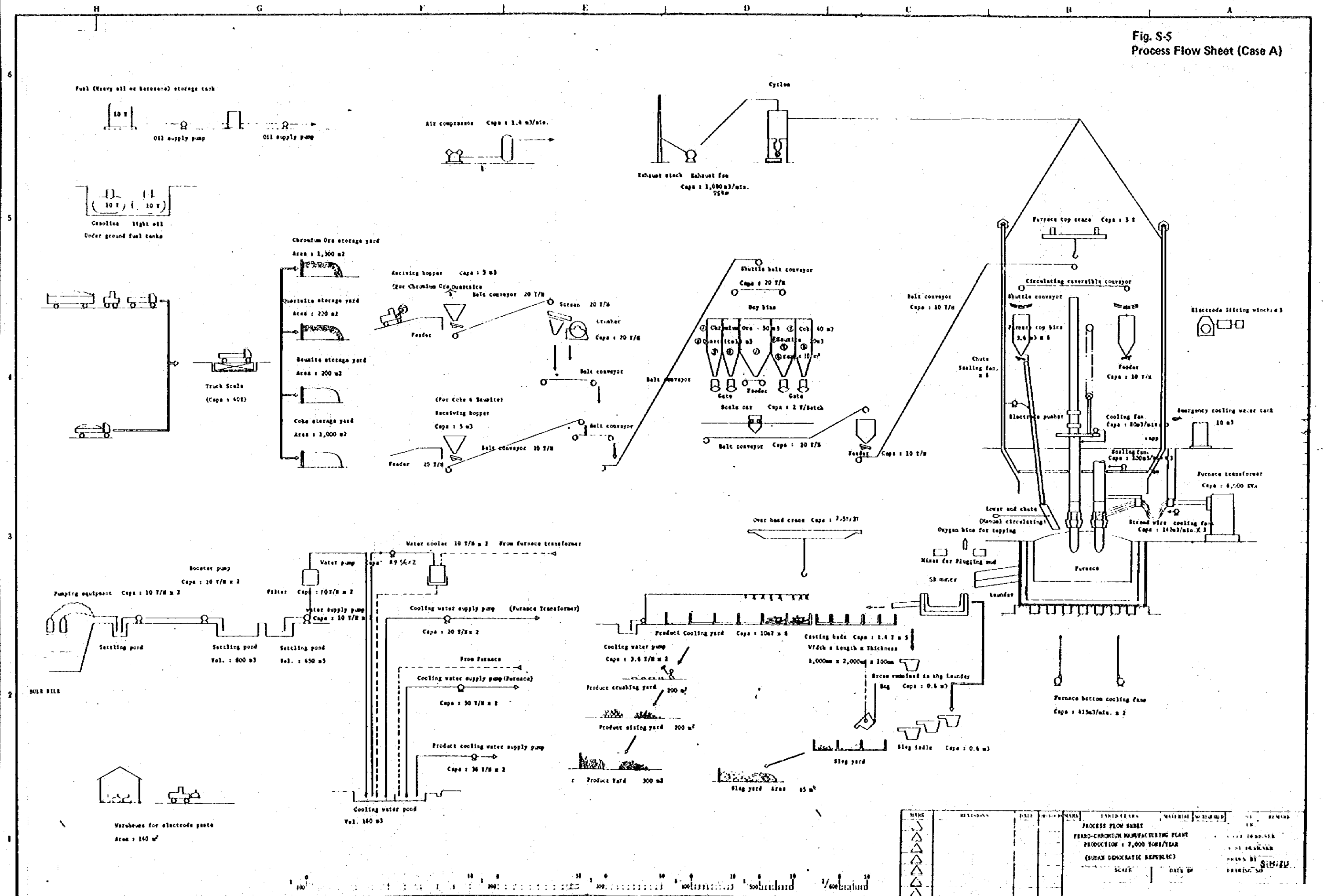
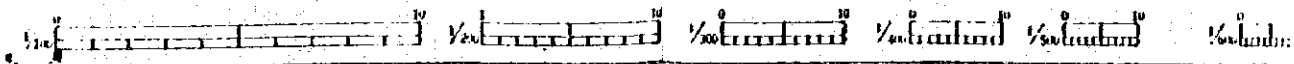
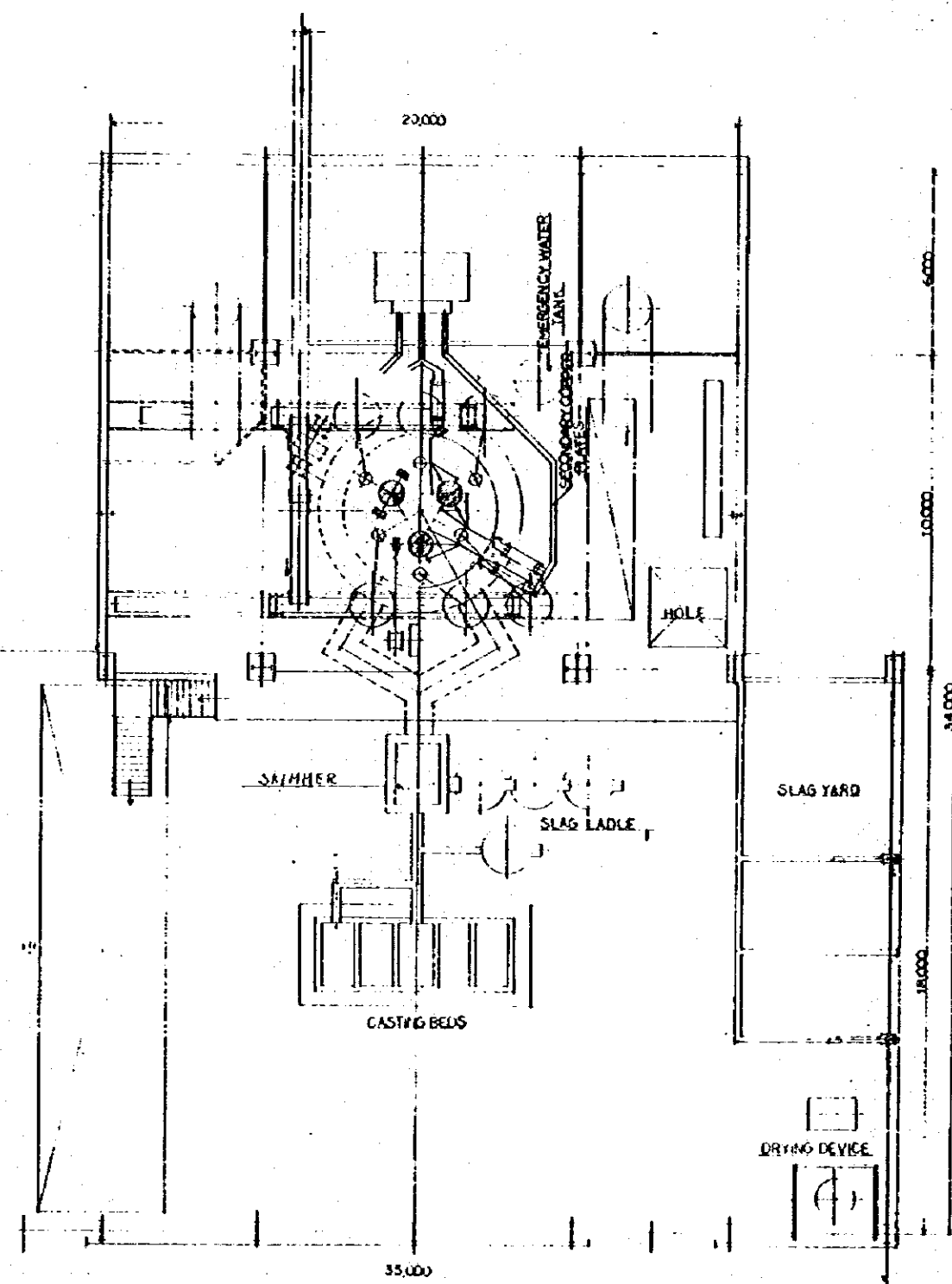
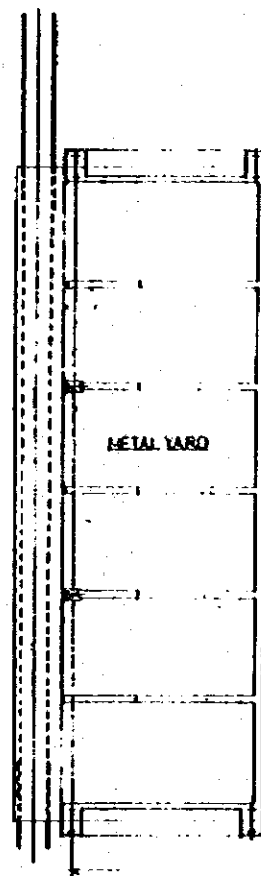
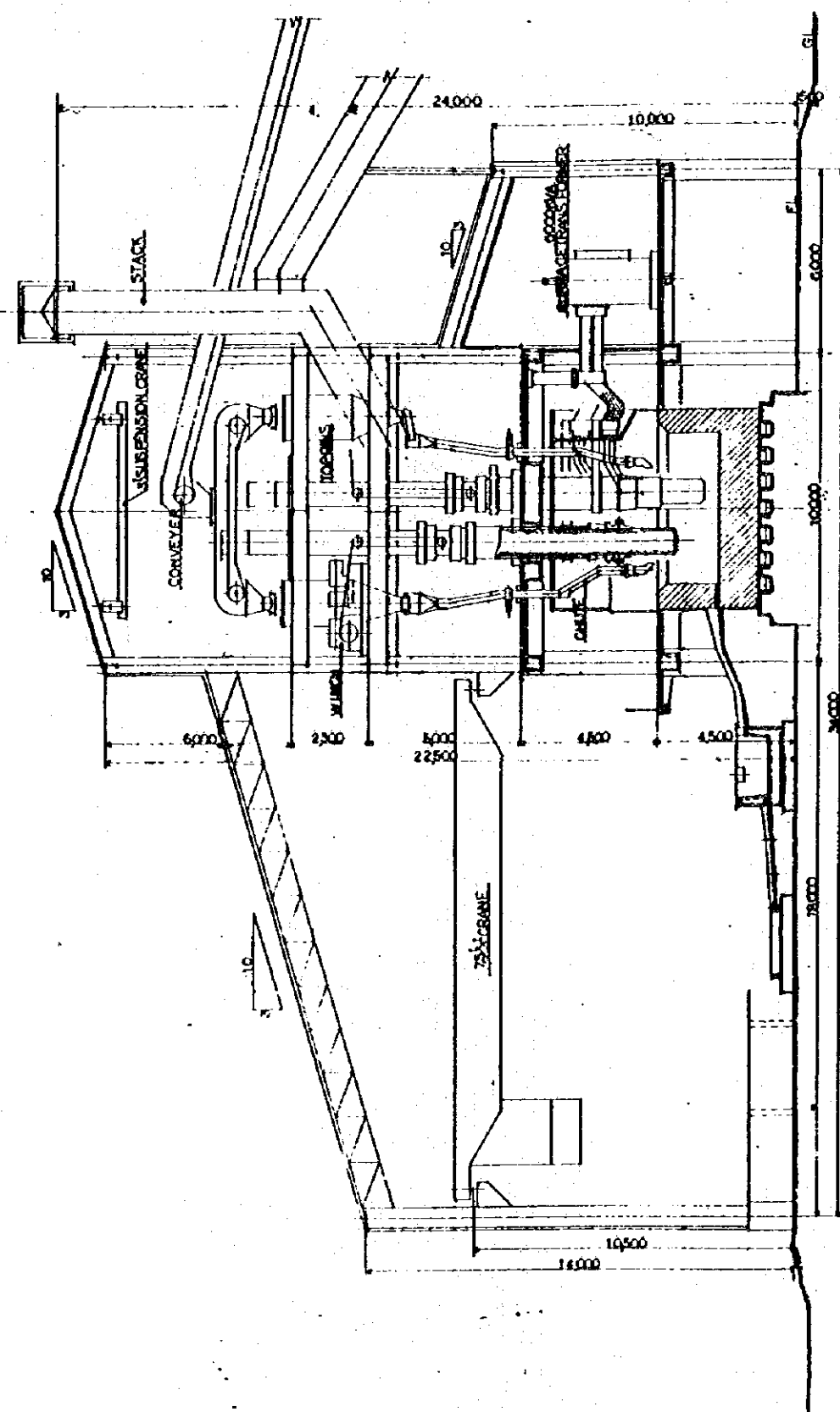


Fig. S-6.
Cross Section View of
FeCr Plant (Case A)



NO.	REVISION	DATE	BY	REVISION	DATE	BY	REVISION	DATE	BY	REVISION	DATE	BY	REVISION	DATE	BY
1															

CROSS SECTIONAL VIEW OF PROPOSED 6000 TON FE-CR PLANT IN SUDAN	DESIGNED BY <i>E. Kodani</i>	DRAWN BY <i>K. Yuzuf</i>
SCALE	DATE DRAWN APR 12 1981	DRAWING NO.

表 S-10 推定建設工事費

(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	3,355	-	3,355	
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	

7. 要員計画

フェロクロムプラント組織機能としては本社をカルツームに設置し、経営・企画・購買・販売部門を担当し、工場は操業・整備・管理部門を担当することとする。

要員は本社19名、工場はケースAで151名、ケースBで211名と見込まれる。

年間所要労務費はケースA 253.2千、ケースB 322.2千である。又、スーダンで初めてのフェロクロムプラントであるので技術者・技能者の海外における技術・技能訓練計画を検討すると総計90人×月が最低必要となろう。

組織図はS-7に示す通りである。

8. 操業計画

フェロクロムプラントの操業は、年間連続操業が望ましいが本プラントでは電力事情から年間300日の稼動が余儀なくされる。

操業成績をマテリアルバランスとヒートバランスより推定した結果は表S-11の通りであるが、この値はスタート後6ヶ月を経過して正常な状態になってからの平均的な値である。スタート期間6ヶ月間は操業指導要員として54人×月が必要と判断される。

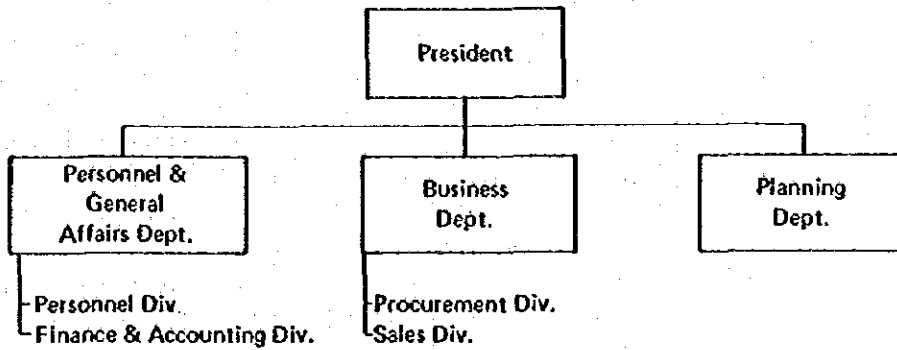
製造原価は表S-12に示す通りである。

表S-11 製造成績及び操業計画

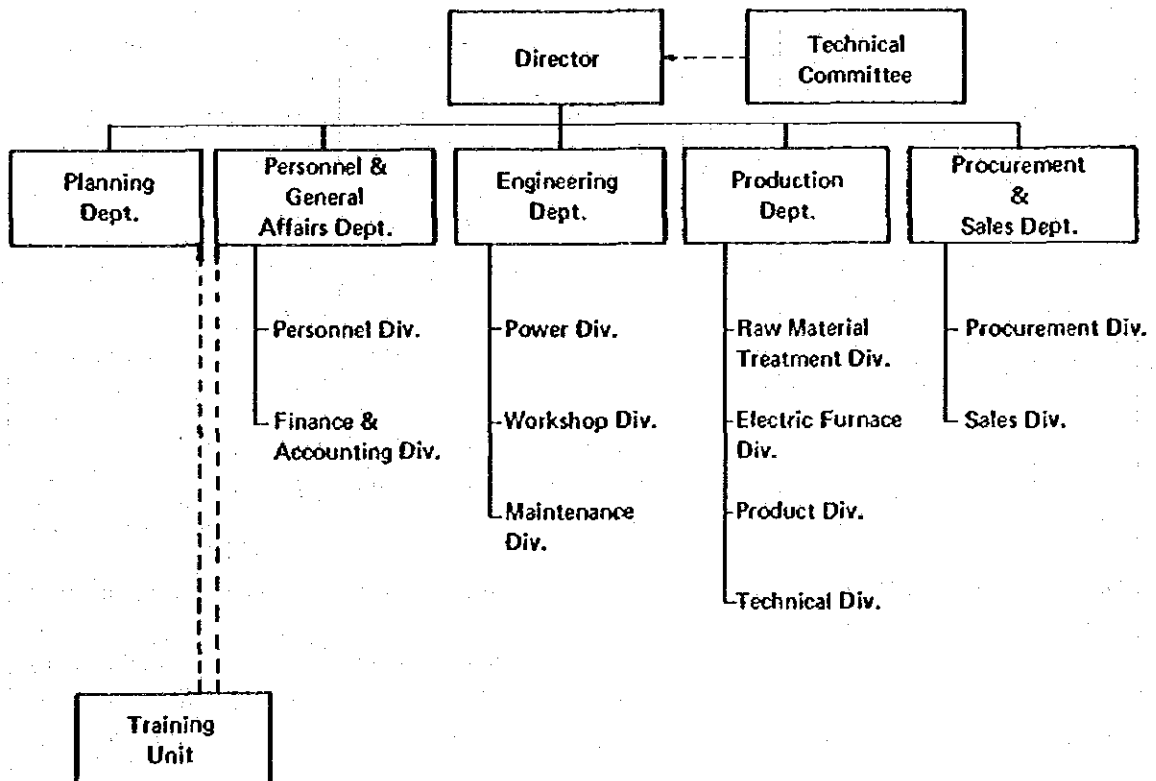
	Unit	Case A	Case B	Remarks
Ave. Furnace Load	KW	4,300 (4,500)	9,000 (9,500)	() shows max. load.
Electric Unit Consumption	KWH/t	4,250	4,193	
Daily Output	t/d	24.3	51.5	
Annual Operation Days	days	290	290	Excluding 10 days after startup.
Annual Output	t	7,047	14,940	

図 S-7 組織図

(a) Head Office in Khartoum



(b) Ferrochrome plant in Damazin



表S-12 製造原価計算

(Unit: US \$)

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	21.2	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			20.2	2.1		20.0	2.3
Auxiliary Costs			15.0	1.6		15.0	1.7
Variable Production Costs			(539.4)	(56.9)		(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	14.0
Expenses (for maintenance & repair)			30.0	3.1		30.0	3.5
Fixed Costs at the Plant			(218.3)	(23.0)		(172.0)	(20.0)
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		757.7	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 ⁵ / ₁₂	25.3	2.7	692.6x8%x ⁵ / 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			Δ345.2			Δ269.5	

9. 総合評価

9-1 分析の方法

当プロジェクトの総合評価は、割引現金フロー法と内部収益率とを用いて行なわれた。財務分析においては、当プロジェクトの妥当性が一企業の観点から行なわれ、2つの代替案、即ち年間フェロクロム生産量7,000トン及び15,000トンについて夫々の場合の内部財務収益率が計算され、また適切な資金計画のもとでの損益計算表が表S-12に示されている。

経済分析においては、スーダン国の経済全体の観点から、当プロジェクトの評価が行なわれた。基準ケースについて内部経済収益率が計算され更に2~3の主なパラメータに関して感度分析を行なった。

9-2 財務分析

財務分析の基準ケースに用いられたすべての費用、便益データは、可能な限り現実的な値である。例えば、諸材料の費用推定は、当プロジェクトが実行される場合最も可能性のある購入価格に基づいているし、電気料金は、スーダン国における現行の料金表から計算されている。クロム鉱石の購入価格については、ポート・スーダンにおけるFOB価格よりも、既存鉱山での生産コストから推定したが、これは当プロジェクトの財務状態を少しでも良くするためである。現実には種々の理由によって、一企業に適用される価格その他は変わってくるかも知れない。例えば、電力については低い政策料金が適用される可能性もある。従って、これらの影響を見るため感度分析も行なった。

内部財務収益率は、表S-13に明らかなように年間フェロクロム生産量7,000トン及び15,000トンの2ケースについて計算上-11.0%及び-10.1%となった。即ち、基準ケースの諸条件下では、当プロジェクトは財務上明らかに投資妥当性が無い。Bケースに対する感度分析によると、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%削減および、すべての税金、関税の免除はそれぞれ内部財務収益率の計算値を改善するが、値はいずれの場合も負である。第9章において検討された最も楽観的ケース、即ち上記のすべての条件が満たされるときにのみ内部財務収益率は正の5.4%となる。

しかし、こういう条件がそろふ可能性は現時点では、あまり高いとは考えられない。

9-3 経済分析

経済分析に用いられた費用、便益要素の値は、可能な限りにおいてそれらが一国の経済から見た本当の費用や便益を代表するように導き出されたものである。「機会費用」の概念を用いて、電力や労働の経済費用（計算費用）及びクロム鉱石や外貨の経済価格（計算価格）が計算された。財務分析で用いた費用データに含まれている内部移転部分も除かれた。更に、当プロジェクトの目的の一つである職業訓練に関する便益も試算され、その当プロジェクトへの妥当性を与える影響も検討された。

基準ケースの内部経済収益率は年間フェロクロム生産量7,000トン及び15,000トンについて、それぞれ-13.2%及び-12.3%と計算された。これらの数字は、対応する財務分析の結果よりも悪い。経済分析においては、財務分析の費用に含まれていた内部移転部分は除かれているし、フェロクロムのスーダン国にとっての経済価値も潜在外貨交換率の適用により高く計算されているが、これらの好条件は、相応に高い電力の経済費用によって、実質上帳消しとなっている。

2~3の主なパラメータに関して行なった感度分析の結果は以下の通りである。フェロクロム価格が20%上昇すると、内部経済収益率は-1.1%となる。初期投資の30%削減も内部経済収益率の上昇に寄与するが、それと同時に、製錬所の稼働率が20%下がったならば、結果は基準ケースから改善されない。フェロクロム価格の20%上昇と初期投資額の30%削減が共に実現されたときにのみ、内部経済収益率は正となるが、その値は2.9%と低い。

表S -- 13 内部收益率计算一览

Case A (7,000 ton/year ferrochrome production)	
Financial analysis	FRR
Standard	-11.0%
Economic analysis	ERR
Standard	-13.2%
+ Benefits of vocational training	-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	ERR
Standard	-12.3%
+ Benefits of vocational training	-10.6%
Sensitivity	
Ferrochrome price: 20% up (557 \$/ton)	-1.1%
Initial investment costs: 30% down	-11.0%
+ Operating rate: 20% down	-13.7%
+ Ferrochrome price: 20% up	+2.9%

10. 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4-2-2節で推定した職業訓練に伴なり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は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政府の関心喚起、(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4-2-1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。

JICA

