

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

1981年8月

国際協力事業団

設計工

81-123

JICA LIBRARY



1063343[6]

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

1981年8月

国際協力事業団

國際協力事業団	
受入 56.10.16	4150
費用 84.8.23	4150
記録No: 1013633	663 MPI

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

総 目 次

要 約

第 1 章 序 説

第 2 章 フェロクロム産業の現状と見通し

第 3 章 プロジェクト

第 4 章 原 料

第 5 章 インフラストラクチャ

第 6 章 設 備 計 画

第 7 章 組 織 及 び 要 員 計 画

第 8 章 操 業 計 画

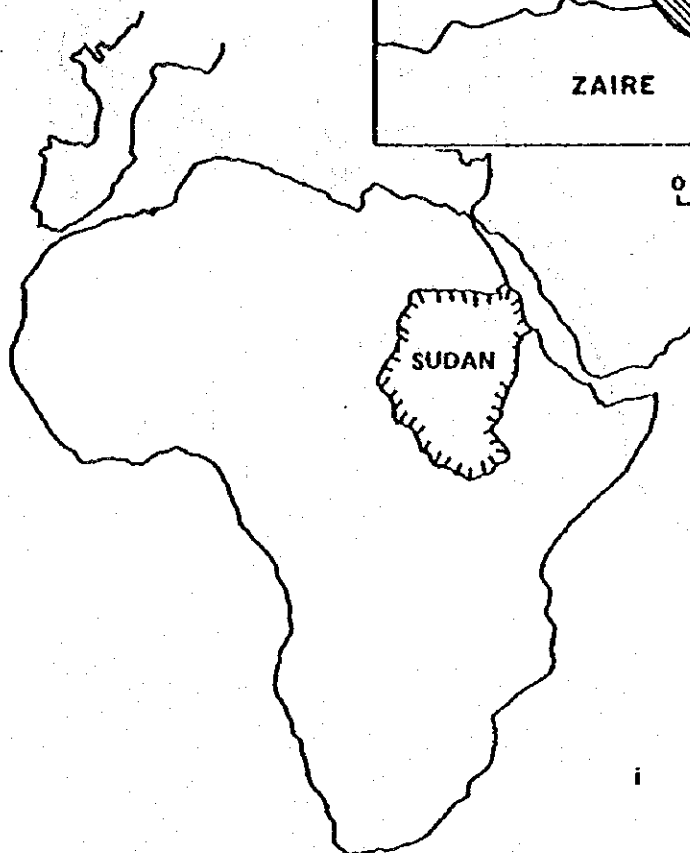
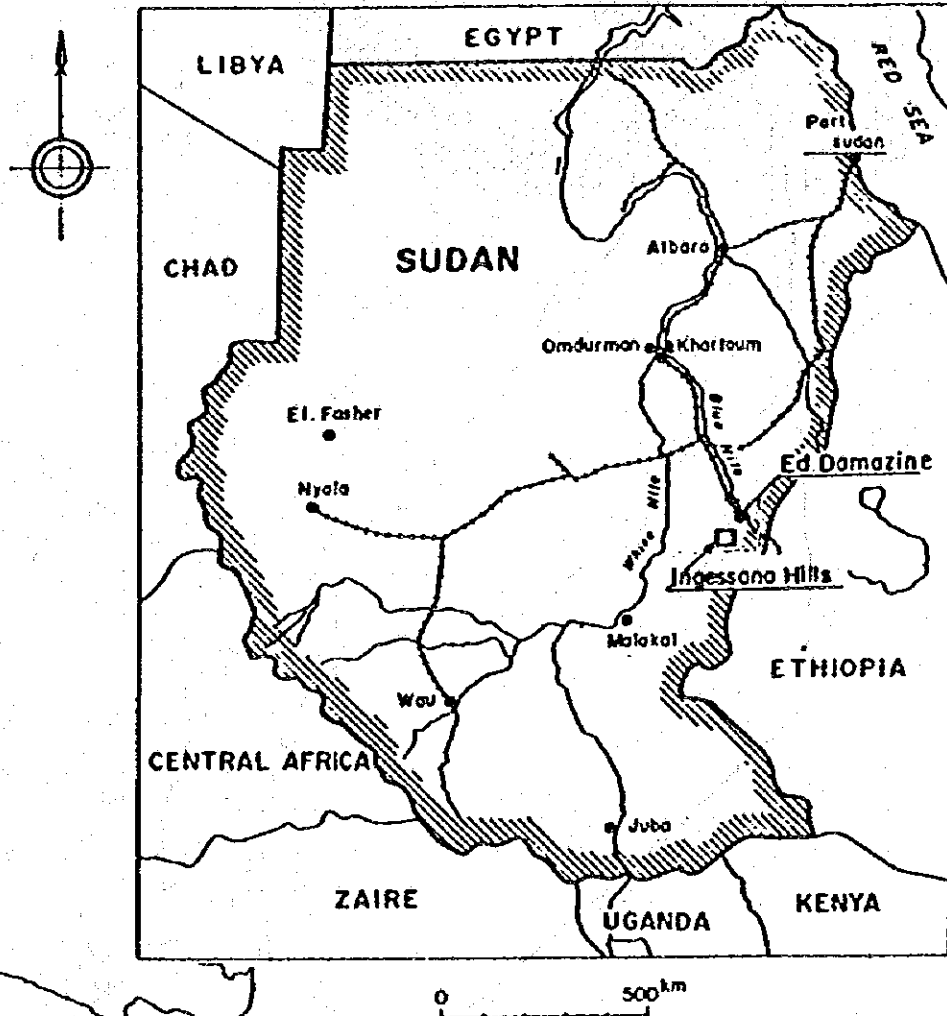
第 9 章 総 合 評 価

第 10 章 結 論

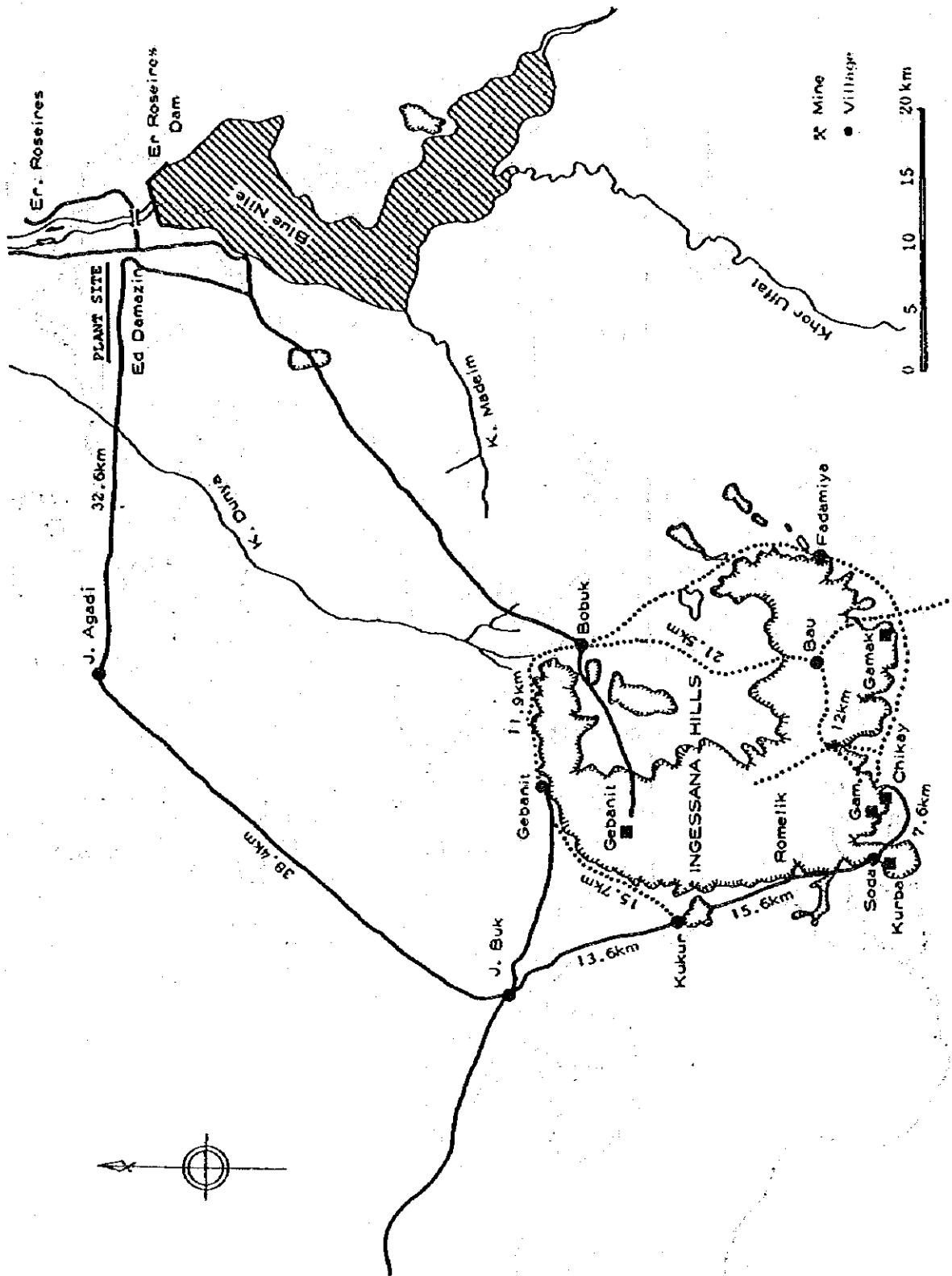
APPENDIX I MINUTES OF MEETING ON MARCH 4, 1981

APPENDIX II INTERIM REPORT

APPENDIX III MINUTES OF MEETINGS SIGNED ON JUNE 11, 1981



Location Map of Plant Site



目 次

要 約

第 1 章 序 説

1	調査の背景	1-1
2	報告書の構成	1-1
3	スーダンの経済情勢	1-2
3-1	総 論	1-2
3-2	製造業及び鉱業	1-4

第 2 章 フェロクロム産業の現状と見通し

1	クロム鉱石事情	2-1
1-1	クロマイト	2-1
1-2	クロム鉱石の用途	2-1
1-3	埋 蔵 量	2-1
1-4	世界のクロム鉱石の生産量	2-2
1-5	世界のクロム鉱石の需要及び生産の見通し	2-2
1-6	価 格	2-5
1-7	スーダン鉱石の位置づけ	2-8
2	フェロクロム産業	2-9
2-1	現 状	2-9
2-2	今後の見通し	2-12
2-3	フェロクロム市場価格	2-13
2-4	販売価格試算	2-16

第 3 章 プロジェクト

1	範囲と目的	3-1
1-1	範 囲	3-1
1-2	目 的	3-1
2	プラントサイト	3-1
2-1	位 置	3-1
2-2	自然条件	3-1
3	プラント規模及び諸元	3-5
3-1	プラント規模	3-5
3-2	基本的諸元	3-5

第 4 章 原 料

1	クロム鉱	4-1
1-1	イングサナヒルズ地域のクロム鉱石	4-1
1-2	クロム鉱価格試算	4-10
1-3	参考文献	4-11
2	副原料	4-14
2-1	珪石	4-14
2-2	木炭	4-15
2-3	ボーキサイト	4-16
2-4	コークス	4-17
2-5	電極ペースト	4-18

第 5 章 インフラストラクチャ

1	電力事情	5-1
1-1	現状の需給状況	5-1
1-2	電力需給想定	5-5
1-3	フェロクロム製錬工場の電力需要	5-9
1-4	製錬工場への電力供給と周辺の電力事情	5-9
1-5	フェロクロム製錬工場受電計画	5-10
1-6	電力コスト	5-10
2	工業用水	5-10
2-1	工業用水の概要	5-10
2-2	取水計画	5-15
3	運 輸	5-17
3-1	道 路	5-17
3-2	鉄 道	5-22
3-3	港 湾	5-28

第 6 章 設備計画

1	製錬工場設備計画	6-1
1-1	設備諸元	6-1
1-2	プラントサイト	6-1
1-3	工場レイアウト	6-6
1-4	設備概要	6-6
1-5	機器仕様	6-13

2	建設工事	6-46
2-1	スーダンにおける建設業の現状	6-46
2-2	用地造成	6-48
3	建設工期	6-50
4	建設費予測	6-50
4-1	建設費予測の基本的な考え方	6-50
4-2	所要建設費	6-53

第 7 章 組織及び要員計画

1	組織と経営	7-1
1-1	全般的組織	7-1
1-2	本社組織	7-1
1-3	フェロクロム工場	7-1
2	要員計画	7-3
2-1	所要人員	7-3
2-2	労働人口	7-4
2-3	採用	7-8
3	労務費	7-9
3-1	賃金	7-9
3-2	技術習得費	7-9

第 8 章 操業計画

1	操業計画	8-1
1-1	年間操業日数	8-1
1-2	操業成績	8-1
1-3	スタートアップ及び改修	8-8
1-4	操業指導	8-9
1-5	操業計画	8-10
2	製造コスト	8-10
2-1	コスト構成要素	8-10
2-2	変動製造原価	8-11
2-3	固定費	8-11
2-4	原価計算	8-12

第 9 章 総合評価

1	財務分析	9-1
1-1	プロジェクトの費用と便益	9-1
1-2	内部財務収益率	9-2
1-3	感度分析	9-5
1-4	財務計画	9-7
2	経済分析	9-19
2-1	経済費用	9-19
2-2	職業訓練に伴う便益	9-25
2-3	内部経済収益率	9-26
2-4	感度分析	
3	所見	
第 10 章	結 論	10-1

ANNEX I MINUTES OF MEETING ON MARCH 4, 1981

ANNEX II INTERIM REPORT

ANNEX III MINUTES OF MEETINGS SIGNED ON JUNE 11, 1981

表 目 次

表 1-1	産業別国内総生産	1-2
表 1-2	主要輸出品目金額比率	1-3
表 1-3	主要輸入品目金額比率	1-3
表 1-4	国際収支	1-4
表 2-1	世界のクロム鉱石埋蔵量	2-3
表 2-2	国別クロム鉱石生産実績	2-4
表 2-3	クロム鉱石価格推移表	2-6
表 2-4	世界のクロム鉱石輸出・輸入実績	2-7
表 2-5	自由世界のステンレス鋼生産実績	2-10
表 2-6	自由世界の高炭素フェロクロム設備能力	2-11
表 2-7	自由世界の高炭素フェロクロム需給予想	2-12
表 3-1	ダマジン地区気象データ	3-6
表 3-2	フェロクロムプラント主要諸元	3-7
表 4-1	クロム鉱埋蔵鉱量	4-3
表 4-2	ジャム鉱山クロム鉱石年別生産実績表	4-6
表 4-3	ジャム鉱山クロム鉱月別生産実績表	4-6
表 4-4	Cr ₂ O ₃ 48%クロム精鉱の生産内訳	4-7
表 4-5	Cr ₂ O ₃ 45%クロム精鉱の生産内訳	4-8
表 4-6	サイズ分布	4-9
表 4-7	化学分析値	4-9
表 4-8	1974年世界のボーキサイト生産量	4-16
表 5-1	電力需要及び現状の発電能力	5-1
表 5-2	需要種別消費実績	5-2
表 5-3	発電容量予測	5-6

表 5-4	最大負荷予測	5-6
表 5-5	需要種別電力消費予測	5-6
表 5-6	発電容量増強計画	5-7
表 5-7	ロゼイレス発電所増設計画出力比較表	5-9
表 5-8	フェロクロム製錬工場建設に伴う電力需要	5-9
表 5-9	フェロクロム製錬工場電力料金試算表	5-13
表 5-10	ブルーナイルの水質	5-16
表 5-12	モード別都市間輸送量	5-23
表 5-13	スーダン国鉄の軌道規格	5-25
表 5-14	6カ年計画における鉄道への投資計画	5-26
表 5-15	バース寸法	5-29
表 5-16	荷役設備	5-29
表 5-17	保管設備	5-31
表 6-1	フェロクロム製錬工場諸元	6-1
表 6-2	主要電気炉設備諸元	6-23
表 6-3	電気炉トランス仕様(ケースA)	6-26
表 6-4	電気炉トランス仕様(ケースB)	6-27
表 6-5	機器仕様リスト	6-32
表 6-6	プラントサイト地盤	6-49
表 6-7	推定建設工事費	6-55
表 7-1	本社所要人員	7-3
表 7-2	フェロクロム工場所要人員配置表	7-5
表 7-3	スーダン地区別人口	7-7
表 7-4	部門別就業人口比率	7-7

表 7-5	職業別就業人口比率	7-8
表 7-6	年間労務費	7-10
表 8-1	主・副原料の組成	8-2
表 8-2	マテリアルバランス(ケースA)	8-4
表 8-3	マテリアルバランス(ケースB)	8-5
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)	8-6
表 8-5	ヒートバランスによる電力原単位の推定(ケースB)	8-7
表 8-6	フェロクロム製造成績の推定	8-8
表 8-7	スタートアップ計画	8-9
表 8-8	原価計算表	8-13
表 9-1	投資費用のまとめ	9-3
表 9-2	最大操業時における生産費用のまとめ	9-4
表 9-3	スーダンにおける所得税	9-6
表 9-4	財務収益率の計算	9-8
表 9-5	ケースBに於ける財務収益率と感度分析	9-9
表 9-6	ケースAに於ける財務諸表	9-13
表 9-7	ケースBに於ける財務諸表	9-16
表 9-8	電力開発費と発生電力の比較	9-21
表 9-9	外国貿易統計	9-24
表 9-10	経済収益率の計算	9-27
表 9-11	経済収益率の感度分析(ケースB)	9-30
表 9-12	内部収益率計算のまとめ	9-33

図 面 目 次

図 2-1	フェロクロム価格の推移	2-14
図 3-1	プロジェクト地域図	3-2
図 3-2	プラントサイト周辺地図	3-3
図 3-3	プラントサイト見取図	3-4
図 4-1	クロム鉱石及び珪石分布図	4-2
図 5-1	ブルーナイルグリッド単線図	5-3
図 5-2	ロゼイレス発電所月別発電量及び水位状況	5-4
図 5-3	ロゼイレス発電所月別出力	5-8
図 5-4	フェロクロム製錬工場受電系統図(ケースA)	5-11
図 5-5	フェロクロム製錬工場受電系統図(ケースB)	5-12
図 5-6	スーダン道路地図	5-18
図 5-7	スーダンの鉄道網	5-24
図 5-8	ポートスーダン	5-30
図 6-1	フェロクロム製造設備(ケースA)	6-2
図 6-2	フェロクロム製造設備(ケースB)	6-3
図 6-3	調査位置図	6-4
図 6-4	フェロクロム工場サイト	6-5
図 6-5	FeCrプラントレイアウト(ケースA)	6-7
図 6-6	FeCrプラントレイアウト(ケースB)	6-9
図 6-7	フェロクロム製造工程フローシート(ケースA)	6-12
図 6-8	フェロクロム製造工程フローシート(ケースB)	6-13
図 6-9	製造工程図(ケースA)	6-15
図 6-10	製造工程図(ケースB)	6-17

図 6-11	プラント断面図 (ケース A)	.....	6-19
図 6-12	プラント断面図 (ケース B)	.....	6-21
図 6-13	集塵設備フローシート (ケース A)	.....	6-24
図 6-14	集塵設備フローシート (ケース B)	.....	6-25
図 6-15	用水処理システム (ケース A)	.....	6-29
図 6-16	用水処理システム (ケース B)	.....	6-30
図 6-17	建設工程表 (ケース A)	.....	6-51
図 6-18	建設工程表 (ケース B)	.....	6-52
図 7-1	組織図	.....	7-2

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
10	火	"	ブルーナイル州庁 プラントサイト	敷地測量, 地質調査 プラントサイト位置変更打合せ
11	水	ダマジン	(A班) コットン工場 ロセイリス発電所	敷 地 測 量 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 民 間 建 設 会 社	電 力 計 画 調 査 道 路 状 況 調 査 建 設 能 力 調 査
15	日	"	エネルギー鉱業省 地質鉱物資源局 スーダン鉱山公社	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	ポートスーダン カルツーム	(C班) 港 湾 局 建設機械会社 地質鉱物資源局 計 画 省	通関運輸調査 建設機械調査 基盤調査打合せ 開発計画調査
		ポートスーダン	(C班) 税 関 ポートスーダン→カルツーム	関税調査
18	水	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 検 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	

先 門 訪 團 查 調

[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.

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

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	£	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		
km	Kilo meter	US\$	United States dollars
KV	Kilo volt	V	Volt
KVA	Kilo volt - Ampere	Yr. /year	Year
KW	Kilo watt	/t. , /ton	Per ton
KWH	Kilo watt - hour	/y.	Per year
ℓ	Liter	/m, /month	per/month
		/h, /hour	Per hour

注) 換算レート 1 US\$ = S £ 0.79

要 約

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1-1参照) 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鉄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)クロム鉄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。

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、カルソーム、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 クロム鉄石の生産と市場

米国鉄山局の調査によると1978年時点でのクロム鉄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2-4)クロム鉄石の生産量は、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2-5)。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。

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".

クロム鉱石の国際市場は、1977年以来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2-2）。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2-3）。

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 ロゼイレソ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つ。
- 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3-1, 3-2.）。工場敷地は3つの候補地を検討した結果、図3-3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トンと15,000トンの2案とし、この両者を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3-2の通りである。

4. 原 料

4-1 クロム 鉱石

インゲサナヒルズのクロム鉱石埋蔵量は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

ジャム鉱山での生産量は年間15,000から25,000トン程度である(表4-2)。Bケースでのクロム鉱石必要量年間33,800トンに対応するためには周辺部の新しい鉱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鉱床の中には質的、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鉱石の質は表4-7にあるようになる。

クロム鉱石の価格は、既存鉱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

認さ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。

ポ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 11 KV で、ケース B では 33 KV 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 5-9 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 A 10 トン、B 30 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、それらとの関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。

(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	25,000t	10,000t
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 ポークサイト	—	2,100
合 計	25,000t	22,600t

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	受入れ原料の破碎、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6-4,5,6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6-7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。

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。

組織図は図7-1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日の稼働が余儀なくされる。

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8-6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8-8に示す通りである。

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8-8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、相当に高い電力の経済費用によって、実質上張消しとなっている。

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。

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。

第一章

序 說

1. 調査の背景

スーダン民主共和国政府は、同国経済発展のため従来の農業分野の発展のみならず、鉱物資源の工業化に力を入れてきた。この鉱工業における重要案件としてクロム鉱山の合理化とフェロクロム産業の設立が取り上げられている。なかでもフェロクロムプラント建設は、スーダン国工業化の核として位置づけ、あわせて外貨獲得に資するという見地からスーダン国政府は日本政府に対して、フェロクロムプラント建設プロジェクト（以下“プロジェクト”と称す）についてフィジビリティスタディの実施を要請してきた。

日本政府は、この要請に応え、日本政府の対外技術協力政策に則り、国際協力事業団を通じて調査団を派遣し、フィジビリティスタディ（以下“スタディ”と称す）の実施を決定した。

調査団は、1981年3月4日にスーダン国の本プロジェクト関係者とミーティングをおこない、調査団が準備した、スコープ オブ ワーク (Scope of Works) 等基本事項についての合意事項をミニッツ (Minutes) にまとめ署名交換した。(Annex I参照)

現地調査は3月4日より21日迄の間、スコープ オブ ワークに従い、カルツーム、ダマジン、インゲサナヒルズ、ポートスーダン等を調査し、現地調査の結果をインテリムレポート

(Interim Report) にまとめ、3月21日にスーダン側に提出した。(Annex II参照)

調査団は帰国後、これら調査事項を基に作業を実施し本報告書をまとめた。

2. 報告書の構成

第1章ではスーダン国の一般経済情勢ならびに鉱工業の現状と将来について述べている。

第2章ではフェロクロム産業の経過、現状および予測についての記述がなされている。

第3章ではプロジェクトの範囲、目的、規模及びプラントサイトを取り上げている。

第4章は原料調達関係、第5章は電力、輸送、用水等のインフラストラクチャー関係、第6章はプラントの建設について、基本設計と建設工事費の推定をそれぞれ述べている。

第7章では組織と要員計画及び労務コストを算出し、第8章では操業計画にもとづく操業成績および製造原価を推定している。

第9章では本プロジェクトの総合評価を財務・経済両面より実施し、最終の第10章の結論では本プロジェクトの遂行についての調査団の見解を述べている。

3. スーダンの経済情勢

3-1 総論

国内総生産 (GDP) の 1971/72 年より 1978/79 年間の産業別の推移は表 1-1 に示す通りである。この表より判る如く平均年率 20% 以上の伸びが認められるが、しかしこの間の消費物価上昇を考慮に入れれば、実質の伸び率は 10% 未満と思われる。

この表より農業が国内総生産の約 40% を占めスーダンが農業国であることを示している。農業に依存しているのが国民の約 80%、就業人口の約 65% であるが、国内総生産に占める農業の比率は近年低下しつつある。(表 7-3 参照)

表 1-1 産業別国内総生産
1972/73 - 1978/79

(Unit: Million Sc)

	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
Construction & Public works	81.2	61.0	65.0	88.8	108.3	124.1	163.3
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	111.4	160.5	210.9	262.1	284.8	360.6	396.5
GDP at Market Price	896.8	1246.2	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

農業生産物は表1-2より判る通り外貨獲得に主要な役割を果たしている。特に綿花はスーダン全輸出の過半を占めている。一方輸入は主として機械器具、原材料および化学製品等であってこれらの品目で全体の60%を占めていることが表1-3よりわかる。

表1-2 主要輸出品目金額比率(%)

(Unit: %)

Items	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Cotton	58.6	55.6	35.5	46.0	50.7	57.2	51.8	65.0
Groundnuts	7.8	8.5	14.9	22.6	20.2	12.5	10.2	4.3
Sesame	7.4	7.0	13.5	7.8	9.0	7.9	9.5	2.7
Gum Arabic	7.3	4.9	11.7	5.0	5.8	5.9	7.3	8.0
Cake and Meal	3.5	5.2	1.8	2.7	2.6	3.4	3.3	3.2
Others	15.4	19.0	22.6	15.9	11.7	13.1	17.9	16.8
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Source: Bank of Sudan, Twentieth Annual Report, 1979

表1-3 主要輸入品目金額比率(%)

(Unit: %)

Items	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Machinery and Spare Parts	13.3	13.2	12.2	16.4	32.4	33.4	24.9	21.1
Crude Materials	1.3	1.0	13.7	7.8	9.3	12.1	11.3	15.3
Transport Equipments	11.4	16.7	13.6	17.9	12.6	10.5	12.8	14.8
Chemicals and Pharmaceutical Products	12.1	12.5	11.0	11.2	9.8	8.7	9.3	10.2
Textiles	14.4	10.7	9.7	12.0	6.4	7.5	8.3	5.6
Other Foodstuffs	8.5	8.0	5.7	4.0	5.1	3.7	4.1	6.6
Sugar	8.7	9.7	13.5	11.0	6.4	3.6	4.2	4.3
Tea	5.2	3.3	2.5	1.2	1.1	1.7	3.8	1.3
Coffee	1.6	1.3	1.1	0.6	0.6	0.5	0.1	0.5
Others	23.5	23.6	17.0	17.9	16.3	18.3	21.2	20.3
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Source: Bank of Sudan, Twentieth Annual Report, 1979.

一方国際収支面では過去数年間にわたって支払超過が続いている。表1-4に見られる如くそこには種々問題点が存在する。

1976年に政府の決定により輸入の抑制と輸出振興策がとられ一旦は国際収支が改善された。しかしこの状態はその後の石油製品の大幅な値上りによる輸入金額の増大により再度悪化してきた。長期的にみて国際収支を改善するには、多くの輸出指向型および輸入置換型プロジェクトを完成させる必要があると判断される。これらのプロジェクトは例えば繊維製品、セメント、砂糖等であろう。

表1-4 国際収支(1974-79)

(Unit: Million S£)

Year	1975	1976	1977	1978	1979
Trade Balance	-138.1	-30.2	-15.6	-72.9	-158.9
Imports (CIF)	284.4	239.4	245.9	290.3	386.0
Exports (FOB)	146.3	209.2	230.3	217.4	227.1
Services (net)	-28.2	-34.6	-19.7	+30.6	+35.2
Payments	62.9	76.6	76.2	92.1	132.1
Receipts	34.7	42.0	56.5	122.7	167.3
Current Account	-166.3	-64.8	-35.3	-42.3	-123.7
Capital Account	+ 32.2	+25.7	+35.7	+30.9	+109.8
Errors and Omissions	+0.7	+0.9	-0.4	-0.5	-0.3
Balance of Payments	-133.4	-38.2	-0	-11.9	-13.6

Source: Bank of Sudan, Twentieth Annual Report, 1979.

3-2 製造業及び鉱業

既に表1-1で見られる如く製造業及び鉱業のスーダン経済に占める地位は、比較的低い。これら部門の全生産高は、1972/73年度では82.9百万S£であったものが、1977/78年度では284.0百万S£に増加しているが、GDPシェアでは若干低下している。

スーダンにおける鉱工業発展を妨げているのは次の二つの点であると従来から指摘され続けてきた。その一つは管理能力、熟練技能者の欠乏であり、輸送・通信・電力供給不足である。これらのために既存産業のスペアパーツおよび原材料の入手、生産能力の改善等が円滑におこなわれていない。

しかしながらスーダン政府は鉱工業発展のため強い関心を示し、現行の6カ年計画でも下記項目を取り上げている。

- 農産物加工産業の発展。
- 農業用機械及びスペアパーツ、殺虫剤等の生産。
- ローカル材料をベースとする小規模産業の発展。
- 鉱物資源の探査、採掘。

6カ年計画では1982/83年度迄に産業部門のGDP比率を16%に増加させる事を目標としている。その内10%は鉱工業部門が占める事を期待している。将来の鉱工業部門の発展は、たしかに農産物および鉱物資源という天賦の財を、いかに有効に利用するかという事にかゝっているというべきであろう。

第二章

フェロクロム産業の現状と見通し

1. クロム鉱石事情

1-1 クロマイト (Chromite)

クロムを含有する鉱物の中で、資源として価値のあるものはクロマイト（クロム鉱石）のみである。

鉱物としてのクロマイトは、スピネル族鉱物に属し、 FeCr_2O_4 或いは $\text{FeO}(\text{Cr}_2\text{O}_3)$ で表示される。

多くの場合、鉄及びクロムそしてマグネシウム、アルミニウムを含んでいる。

クロマイトは、フェロクロム、金属クロム及びクロム化合物生産の唯一の原料である。

1-2 クロム鉱石の用途

クロム鉱石の用途は、鉄鋼、金属用、化学用、耐火物及び鋳物用がある。

鉄鋼用は、フェロクロムに消費され、特殊鋼のクロム添加用として用いられる。

フェロクロムに消費されるクロム鉱石は全体の産出量の60%程度を占める。

この外、金属用は金属クロムに、化学用は重クロム酸ナトリウム、無水クロム酸等のクロム塩類に、耐火用はクロム煉瓦用に、そして鋳物用は鋳物砂として使用されている。

今、一般に云われる数字をあげると、世界のクロム鉱の生産のうち、冶金、金属用に60%、化学用、鋳物砂用に20%、耐火物の生産に20%が夫々消費されているという数字が得られている。(Stanford Research Institute "World Minerals Availability ; Vol4")

クロム鉱石の種類で一般に認められているものは、高クロム、高铁分及び高アルミニウムの3つである。

高クロム鉱石は、ほとんど冶金用、特にフェロクロムの製造に用いられる。このなかで、形状がハードランピー (Hard Lumpy) のものは、フェロクロム中の炭素を抑えるためにかかせないが、極くわずかの量は耐火物用に用いられる。高铁分鉱石は、クロムをベースにした化学品及び低品位のフェロクロムの製造に用いられると同時に、耐火物用及び鋳物砂に用いられる。高アルミニウム鉱石はほとんど耐火物用に用いられる。

1-3 埋蔵量

クロムは地殻中にある元素の中で21番目(クラーク数)に豊富な元素である。米国鉱山局の調

査によるとクロム鉱石の確定埋蔵量は18億トン、これに推定埋蔵量を加えると47億トンと想定されている。

確定埋蔵量の多い国別の順は次の通りである。

南アフリカ	63%
ジンバブウェ	33%
ソ連	1.3%
フィンランド	0.6%

南アフリカとジンバブウェの2カ国だけで世界のクロム鉱石埋蔵量の95%以上を有しており、世界のクロム鉱石埋蔵量のほとんどをコントロールしている状態にある。この埋蔵量のうち約36%が高クロム鉱石で Cr_2O_3 46%以上、 $\text{Cr}:\text{Fe}=3:1$ 以上である。63%は高鉄分鉱石で Cr_2O_3 40%~46%、 $\text{Cr}:\text{Fe}=3:1$ 以下である。残りの1%は高アルミニウム鉱石で20%以上の Al_2O_3 を含有し、 $\text{Cr}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3=60\%$ 以上のものである。

世界のクロム鉱石埋蔵量を表2-1に示す。

1-4 世界のクロム鉱石の生産量

1978年までのクロム鉱石の世界総生産量は表2-2の通りである。南アフリカとソ連だけで、世界の総生産量の56%以上を生産しており、この2カ国を含めた主要7カ国で世界の総生産量の87%を生産している。

総生産量は年々増加している。特に南アフリカ、アルバニアの生産量の増加が目立っている。

1-5 世界のクロム鉱石の需要、及び生産の見通し

(1) 世界のクロム鉱石の今後の需要量を想定した信頼できる資料は得られなかった。

今、1980年の消費量を1,000万トン(1978年の生産量は980万トンである)年々の消費量の増加率を3%とみた場合、1990年の消費量は1,343万トンとなる。従って10年後の消費量の増加分は約350万トンである。

(2) この需要量に対応する世界のクロム鉱石の生産量の見通しは次の通りである。

現在の不確定な状況からみると、どのような程度にせよ信頼性のある、クロム鉱石生産計画をたてることは困難であり、かつ世界の主要な生産国の将来の生産に関する信頼性

表2-1 世界のクロム鉱石埋蔵量

(Unit: 1,000 Short ton)

	High Chromium		High Iron		High Aluminium		TOTAL	
	Proven	Others	Proven	Others	Proven	Others	Proven	Others
U.S.A.	50	400	-	5,600	-	100	50	6,100
Brazil	2,800	3,400	3,900	2,200	100	150	6,800	5,750
Canada	-	100	-	2,800	-	-	-	2,900
Greenland	-	-	-	11,000	-	-	-	11,000
Finland	-	-	11,000	5,600	-	-	11,000	5,600
India	5,600	4,500	2,200	2,200	-	-	7,800	6,700
Iran	1,700	1,100	-	-	-	-	1,700	1,100
Madagascar	4,500	3,400	1,100	2,200	-	-	5,600	5,600
Philippines	780	560	-	-	4,500	2,200	5,280	2,760
Zimbabwe	560,000	560,000	56,000	56,000	-	-	616,000	616,000
South Africa	56,000	56,000	1,100,000	2,200,000	-	-	1,156,000	2,256,000
Turkey	5,600	5,600	-	-	-	-	5,600	5,600
U.S.S.R.	11,000	11,000	1,100	2,200	11,000	11,000	23,000	24,200
Greece	50	50	-	-	50	50	100	100
Others	1,000	1,400	1,100	1,100	280	1,100	2,480	3,600
TOTAL	649,180	647,510	1,176,400	2,290,900	15,930	14,600	1,841,510	2,953,010

Source: U.S. of Mines Bureau

表2-2 國別クロム鉱石生産実績

(Unit: 1,000 ton)

	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	436	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	431	538	531
Finland			148	155	165	175	594	719
Canada								
India	60	274	288	394	499	402	357	266
Madagascar			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		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	46	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)).

のある資料はえられない。しかし、南アフリカ及びジンバブウェが合せて、既知の埋蔵量の96%を占めていることから、当然この両国が長期的に主要供給国としての地位を保持するであろう。

特に南アは鉱石の採掘条件に恵まれているので容易に必要とする量の増産は可能である。この二国以外インド、マダガスカル、比島等はその埋蔵量で、今後長期にわたり、現在の生産量を維持し更に拡大してゆくことは容易であると考えられる。

- (3) 今後生産を増加させることのできるこれ等の国の鉱石の形状品位についてみると、南アフリカは高鉄分鉱石の生産国である。高クロム鉱石のうち特に塊状鉄の生産国は、ジンバブウェ、ソ連、イラン、トルコ、スーダン等であるが、この鉱石の増産はジンバブウェを除いて容易ではないとみられる。以上のことから今後増産されるクロム鉱石の種類は高鉄分鉱石が中心となるとみられる。

1-6 価格

(1) 現在までの価格推移

1973年の石油危機を契機に世界のクロム鉱石の価格は急騰した。その背景は資源ナショナリズムの高揚と、世界貿易の急激な拡大によりクロム鉱石の需給が逼迫したこと、クロム鉱石の生産が世界の特定地域（南アフリカ、ソ連、ジンバブウェ、トルコ、等）に偏在してきたことにある。

1977年以降は主要消費国（米国、西欧、日本）の需要減退と鉱石生産国の生産能力の増加に伴い、供給過剰になり価格は低落している。

クロム鉱石価格推移は表2-3に示す。

現在、高鉄鉄主体の南アの輸出価格は供給過剰の状態を反映して安定している。高クロム鉄の価格は、ソ連が高品位鉄石の輸出を制限していること、イラン、ジンバブウェなどの高品位鉄石の輸出国は、輸出が不可能な状態にあることにより、高鉄鉄の価格に比して割高となっている。

(2) 今後の見通し

世界のクロム鉱石の伝統的な輸入国である日本、スウェーデン、西ドイツ、米国、フラン

表2-3 クロム鉱石価格推移表（日本購入実績）

(Unit: FOB US\$)

	Quality		1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
	Cr ₂ O ₃ (%)	Cr/Fe (%)								
South Africa (Powder)	44	1.5	18.00	28.00	35.00	45.00	54.00	50.00	48.50	51.00
Madagascar	48	2.4	29.50	34.40	75.00	90.00	108.75	87.00	80.00	80.00
India (H-Grade)	54	3.2	54.63	62.10-128.00	121.50-165.30	162.84	133.00-115.00	115.00-89.00	100-120	108-115
Philippines	48	2.2	33.00	42.00-76.00	88.00-125.00	115.00-122.00	122.00-90.00	92.00	C&F 90.00-98.00	C&F 105-103

Index Indication

South Africa (Powder)	44	1.5	100	160	190	250	300	280	270	290
Madagascar	48	2.4	100	120	250	300	370	290	270	270
India (H-Grade)	54	3.2	100	110-230	220-300	300	240-210	210-160	180-220	200-220
Philippines	48	2.2	100	130-230	270-380	350-370	370-270	280	-	-

従って、高クロム鉱、塊状鉱の生産量に関する統計資料はないが、1980年でほぼ100万トンと推定される。

しかし、ソ連は高クロム鉱の輸出を禁止していること、

イランは現時点では輸出が停滞していること、

ジンバヴェは、自国消費を最優先にしており輸出は殆んど行われていない、

トルコは、国営企業のEtibank社を除き生産者の採掘規模が小さく高クロム鉱の増産は容易ではない。

等の理由から、世界の高クロム、塊鉱の輸出量は極めて限られている。

表2-4 世界のクロム鉱石輸出・輸入実績

(Unit: 1,000/t)

	1974	1975	1976	1977	1978
Exports					
South Africa	1,129	1,003	1,259	1,169	1,122
U.S.S.R.	1,139	1,172	975	673	738
Turkey	646	648	670	596	213
Albania	590	670	690	197	71
Zimbabwe	155	307	264		
Philippines	642	501	312	433	215
India	301	359	330	283	91
Sub-Total	4,602	4,650	4,500	3,351	2,460
Others	341	680	629	312	65
TOTAL	4,943	5,230	5,129	3,662	2,525
Imports					
Japan	1,155	1,269	1,217	900	670
Sweden	270	396	378	385	559
West Germany	387	561	547	416	372
U.S.A.	1,000	1,136	1,157	432	346
France	365	364	346	281	243
Sub-Total	3,177	3,726	3,645	2,414	2,190
Others	763	735	622	824	445
TOTAL	3,940	4,561	4,267	3,238	2,635

Source: Roskill Report, Second Edition, 1978.

スの輸入量は、1975年最高に達した後、年々減少に転じている。しかし、この間に世界最大の埋蔵量を持つ南アをはじめ、アルバニア、ソ連、フィンランド等が需要量を上廻る生産能力を増加させたため、世界のクロム鉱石は、需給が緩和されている。今後、鉱石の価格は、世界的なインフレーションによる生産費用の上昇、内陸運送費の値上りにより、ゆるやかに上昇してゆくと想定される。

南アで生産される高鉄鉱は比較的に採掘条件がよく、生産量の増加が容易とみられるので、生産コストの上昇もゆるやかで価格も安定して推移するとみられる。

1-7 スーダン鉱石の位置づけ

(1) 貿易動向

クロム資源は、伝統的なクロム鉱石の消費国の米国、フランス、西独、スウェーデン、日本に産出されないため、これ等の消費国は資源国から、自国で消費する鉱石を輸入している。

しかし、1977年以降資源国、特に南ア、ジンバブウェがフェロクロムを生産し、この製品を消費国に輸出しはじめたため、鉱石の貿易量は減少している。

世界のクロム鉱石輸出・輸入を表2-4に示す。

(2) クロム鉱石の生産内訳

世界のクロム鉱石の生産量は1980年に約1,000万トンと推定される。

世界の大手生産国の種類別、形状別の内訳は、日本のフェロクロム製造業者が取引している経験から見ると次の通りである。

南	ア	:	高鉄鉱(粉, 塊鉱)	
ソ	連	:	大半が, 中品位の粉, 塊鉱 残りの少量が, 高クロム鉱(粉, 塊鉱)	
ジンバ	ヴェ	:	高クロム鉱(粉, 塊鉱)	
トル	コ	:	高クロム鉱, 中品位鉱(粉, 塊鉱)	
アル	バニア	:	大半が中品位塊鉱, 残りが高クロム鉱の粉鉱	
イ	ラ	ン	:	高クロム鉱(粉, 塊鉱)

(3) スーダン鉍石の位置づけ

クロム鉍石には、その鉍石の用途により、その需要家から必要として望まれる物理的ないし化学的特性が存在する。

スーダンで生産されているクロム鉍石は高クロム塊状鉍であるが特に塊状の硬度に優れた特性を有している。

この特性は、フェロクロム製造に際して、フェロクロム中の炭素を低く抑えるために欠くことができないものである。

更に、耐火物用の一部にも特にこの鉍石が強固な需要を持っていると云われている。

従って、スーダンで生産されている鉍石に類する鉍石の生産量は、限られており、且つその輸出量も、限られているが、この鉍石に対し特定の需要家から欠かすことのできない鉍石として一定の需要があると云う状況からすると、スーダンの鉍石は今後も輸出市場で現状の輸出量を維持するであろう。

価格についてみると、強い需要に支えられて、今後も安定した水準を維持することは可能と想定される。

2. フェロクロム産業

2-1 現状

(1) 需要分野の状況

フェロクロムは、ステンレス鋼に約 80% 消費され、残りは大部分特殊鋼に使用されている。

ステンレス鋼の自由世界の生産量は表 2-5 の通り 1979 年で 7,413 千トンと過去最高を記録した。ステンレス鋼の生産は、1960 年以降大巾な伸びを示し、この 20 年間に全粗鋼生産の 2.2 倍の伸びに対し 3.3 倍の伸びを示している。そして需要分野も化学プラント、建設、機械、自動車をはじめ、家庭用厨房機器等次々に新しい分野を開拓してきた。

1980 年、1981 年は、世界的な不況のため、生産量は 1979 年より若干落ちこむものと思われる。

表2-5 自由世界ステンレス鋼生産実績 (インゴントベース)

Country Year	Japan	U.S.A.	West Germany	France	Sweden	U.K.	Italy	Other Countries of Free World	Total
1960	329	980	259	186	176	224	58	101	2,241
1965	660	1,353	285	240	275	240	127	159	3,339
1970	1,640	1,163	504	467	373	290	237	295	4,969
1971	1,404	1,143	401	406	339	191	216	261	4,361
1972	1,421	1,413	518	430	382	196	260	330	4,950
1973	2,128	1,716	620	521	467	240	288	400	6,380
1974	2,037	1,955	688	570	519	226	311	482	6,788
1975	1,645	1,013	437	419	419	148	267	352	4,700
1976	2,203	1,528	673	497	418	224	366	420	6,329
1977	2,168	1,696	636	572	325	194	418	468	6,477
1978	2,074	1,763	761	538	361	238	440	407	6,582
1979	2,421	1,912	821	613	418	260	500	468	7,413

Note: 1) Includes heat-resistant steel and cast steel products, depending on a country.

2) For Japan, it is estimated based on the yielding rate of 75% between hot roll products and steel ingots.

Sources: Roskill Report, Japan Stainless Steel Association, etc.

(2) フェロクロムの需給状況

フェロクロムは、高炭素フェロクロム、低炭素フェロクロム、シリコクロムの三品種に分けられるが A O D 法等のステンレス新製鋼法の導入により、日本では高炭素フェロクロムの消費割合が 92% にまで達している。世界的にみても近々 90% に達すると思われる。

世界のフェロクロムの生産設備は、1970年～1975年にかけて南アを中心に大巾な増設があり、現在迄供給過剰の状況が続いている。自由世界のフェロクロムの設備能力のうち、高炭素フェロクロムの設備能力は表2-6の通りである。

表2-6 自由世界の高炭素フェロクロム設備能力(1981年4月現在)

Country	Production Capacity (M ton)
Finland	50
Norway	23
Sweden	285
W. Germany	160
France	70
Italy	40
Spain	38
Yugoslavia	38
Turkey	50
S. Africa	725
Zimbabwe	185
U.S.A.	250
Canada	50
Brazil	80
India	18
Philippine	10
R. of Korea	3
Taiwan	6
Japan	519
TOTAL	2,600

1979年は、世界的にフェロクロム生産は約1,900千トンと第一次石油ショック後始めて急増した。(消費は推定1,700千トン)

1980年に入り、欧米始め日本の不況により現在は在庫調整と需要の低迷で低水準の生産になっている。

2-2 今後の見通し

(1) ステンレス鋼生産見通し

世界の鉄鋼生産の確たる見通しはないが、種々調査機関の発表によると年率2～3%の伸びが予想されている。その中においてステンレス鋼生産は、世界がますます省資源、省エネルギー時代を余儀なくされていく中で、普通鋼以上の伸びが期待される。仮りに年率3%の伸びを見込むとステンレス鋼生産は10年後には下記の如くなるであろう。

ステンレス鋼生産（インゴットベース）

1979年	7,413千トン
1985年	8,851千トン
1990年	10,261千トン

(2) 高炭素フェロクロムの需給バランス

高炭素フェロクロムの自由世界の需給は、前述の通り第一次オイルショック以降供給過剰の状況が続いているが、上記のステンレス鋼の予測でみると、1985年後バランスする事になる。

一方、現在南アを中心にトルコ、インド、フィリッピン、ギリシャ等に約60万トンの増設計画があり需給正常化の圧迫要因となろう。

現有設備能力での需給バランスを示すと表2-7の通りである。

表2-7 自由世界高炭素フェロクロム需給予想

(Unit: 1,000 ton)

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	1,803	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

2-3 フェロクロム市場価格

フェロクロムの国際マーケットに於ける1973年から最近迄の価格推移は図2-1に示す通りである。

1974年、いわゆるオイルショック時に一時的に過熱したマーケットは、その後下落の一途を辿った。

1978年6月EC諸国ではEC域内のフェロクロムメーカー保護の為、南アフリカ共和国、スウェーデンからの輸入高炭素フェロクロムに対し最低輸入価格を設定するという輸入規制措置を実施、更に同年11月米国では International Trade Commission が全ての国からの輸入高炭素フェロクロムに対する3ヶ年に亘る輸入規制措置（輸入されるフェロクロムのフロアプライスをクロム1ポンド当たりUS\$38.00 FOBに設定、それ以下で輸入される場合にはクロム1ポンド当たりUS\$4.00の懲罰税が課せられる）を勧告、実行された。

その結果、1978年後半から市場価格は上昇傾向に転じたが、上昇幅は極めて僅かで、設定された最低価格をやっと上廻る程度であった。

1979年、1980年と世界的な需給関係に大きな変化はなく従って、市場価格も1978年後半から殆んど変化はみられない儘、現在に至っている。（図2-1で英国における価格変動の波が大きいのは、英国ポンドと米ドルの換算レートの影響である）

今後の見通しについては、前述の様にクロム鉱石資源の根本的な偏在性とは逆にフェロクロムの世界的需給関係は、供給過剰の状態が続くものと予想される事から、現在の市場価格レベルに大きな改善がみられる事は当分の間、期待し難いであろう。

むしろ、近年生産設備を増強した南アフリカ共和国、スウェーデン、ブラジル、トルコ等とこれから増産予定のトルコ、ギリシャ、インド、フィリッピン等から激しい輸出攻勢がかけられる事から、人為的な措置がとられない限り価格の低迷状態は続く可能性が強いと云わざるを得ない。

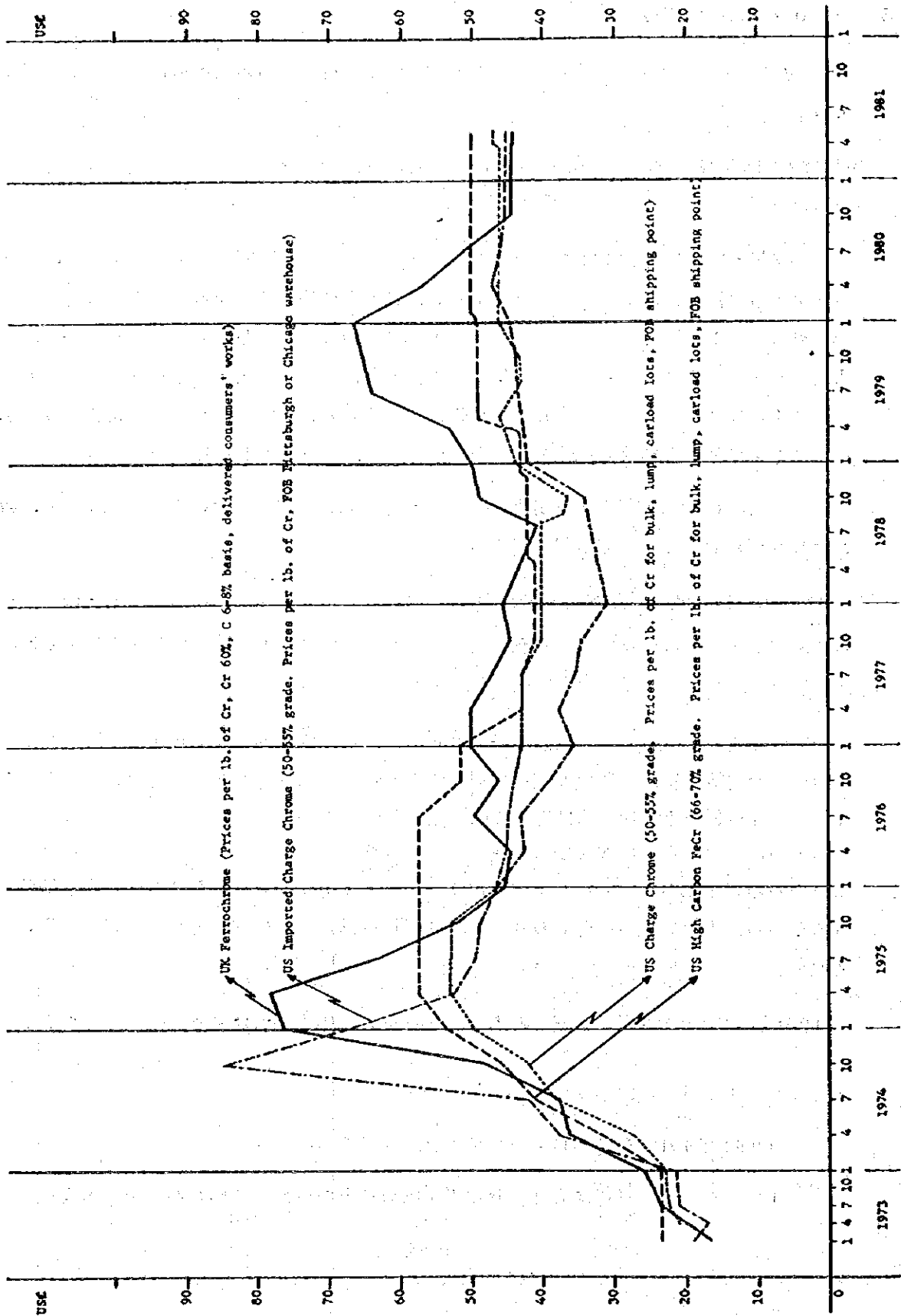
1981年4月現在の欧州、米国、日本に於ける輸入品価格相場は夫々次の通りである。

(I) ヨーロッパ

1981年4月現在の価格レベルは次の通りである。

1) ヨーロッパには大きく分けて品種別に三つの異った価格レベルがある。

図2-1 フェロクロム価格の推移



Sources: Metal Bulletin

品 種	価 格
- Charge chrome	
Cr 50 - 55%	US \$46 per lb. of Cr ex-warehouse in Europe.
C 7.5% max.	
Si 2.5 - 5% max.	
- High-carbon ferrochrome	
Cr 62 - 68%	US \$48 - 49 per lb. of Cr ex-warehouse in Europe.
C 4 - 6.5%	
Si 1.5 - 3%	
- High-carbon ferrochrome	
Cr 60 - 65%	US \$47 lb. of Cr ex-warehouse in Europe.
C 7 - 10%	
Si 1.5 - 3%	

Remarks: The above prices are based on payment terms of "Net cash 30 days after the end of the month of delivery".

2) 上記三つの品種のヨーロッパにおける需要の内訳は Charge Chrome が、全 High-Carbon Ferrochrome の需要量の70%、残りの30%を上記2つの High Carbon Grade が15%ずつの割合でしめている。

3) 尚、もしスーダンからフェロクロムが輸入される事になった場合、欧州に於ける現在の規則ではスーダンのフェロクロムには量的な輸入制限もなく、しかも無税で輸入可能である。

尚、EC諸国に於ける他国からの現在の輸入税は次の通り：

- ジンバブウェ、スウェーデン、トルコ : 無税
- 南アフリカ、ユーゴスラビア、ブラジル、アルバニア : 8%

(2) 米 国

1981年4月現在の輸入品価格レベルは次の通り

品 種	価 格
Cr 50 - 55%	US \$45.5 - \$46.0 per lb. of Cr ex-warehouse.
Cr 60 - 65%	US \$48.5 - \$52.5 per lb. of Cr ex-warehouse.

Remarks: Payment net 30 days after delivery.

(3) 日本

日本に於ける最近の品種別価格レベルは次の通り：

	<u>品 種</u>	<u>価 格</u>
-	Charge chrome	
Cr	50 - 54%	US \$45.0 per lb. of Cr
C	8% max.	CIF Japan.
Si	6% max.	
-	High-carbon ferrochrome	
Cr	65% min.	US \$45.0 - \$47.0 per lb.
C	6 - 9%	of Cr CIF Japan.
Si	2.5% max.	
-	High-carbon ferrochrome	
Cr	60 - 65%	US \$45.0 per lb. of Cr
C	8% max.	CIF Japan.
Si	2.5% max.	

Remarks: Payment "Cash against documents" or "Case 30 days after shipping date".

2-4 販売価格 試算

上記の市場価格でわかる様に、世界的にみてフェロクロムの国際価格は各市場毎に大きな差異はない。

スーダンで作られるフェロクロムは勿論、米国、日本市場向にも販売可能性はあるが、地理的に近く、従って海上運賃も他地域向に比べ割安な欧州市場向に販売する前提で、現在の欧州市場価格が FOB Port Sudan 換算 どの位の価格になるか試算すると次の通りになる。

-	現在の欧州市場価格	:	US \$49.00 per lb. of Cr ex-warehouse in Europe.
-	諸 掛	合 計:	
	内 訳	:	US \$6.62 per lb. of Cr
	海上運賃 ¹⁾	:	US \$4.30 per lb. of Cr
	保 険	:	US \$0.22 per lb. of Cr
	船積諸掛 ²⁾	:	US \$0.45 per lb. of Cr

倉庫料 (2ヶ月)	: US ¢0.20 per lb. of Cr
倉庫からのトラック又は、 はしけ積料 ³⁾	: US ¢0.45 per lb. of Cr
金利 (4ヶ月) ⁴⁾	: US ¢2.00 per lb. of Cr
- ポートスーダン価格	: US ¢41.38 per lb. of Cr

注: 1) 海上運賃

1ロット 2,000 ~ 3,000 トンで船積した場合、ポートスーダン港よりヨーロッパの主要港迄の海上運賃はUS\$ 60 ~ 65である。
平均US\$ 62.50を取るとクロム純分1ポンド当たりUS¢ 4.30 (クロム66%基準)が海上運賃となる。

$$\begin{aligned} \text{計算式 } & \text{US\$ } 62.50 \div 2,204.62 \text{ポンド} \div 66\% \\ & = \text{US¢ } 4.30 \text{ (クロム1ポンド当り)} \end{aligned}$$

2) 船積諸掛

欧州各地域で多少の違いはあるがロッテルダムを例にとると次の通りである:

船積み及び荷卸し費用は各々トン当り15.50オランダ・フローリン (約US\$ 6.65に相当)、即ちクロム66%基準でクロム純分1ポンド当りUS¢ 0.45となる。

$$\begin{aligned} \text{計算式 } & \text{US\$ } 6.65 \div 2,204.62 \text{ポンド} \div 66\% \\ & = \text{US¢ } 0.45 \text{ (クロム1ポンド当り)} \end{aligned}$$

3) 倉庫料

上記同様ロッテルダムを例にとると、現行費用は1日トン当たり0.105オランダ・フローリン (1ヶ月トン当り約US\$ 1.35に相当)、即ちクロム66%基準でクロム純分1ポンド当り1ヶ月でUS¢ 0.1に相当する。

尚、上記は平均在庫期間を2ヶ月として計算した。

$$\begin{aligned} \text{計算式 } & \text{US\$ } 1.35 \times 2 \text{ヶ月} \div 2,204.62 \text{ポンド} \div 66\% \\ & = \text{US¢ } 0.2 \text{ (クロム1ポンド当り)} \end{aligned}$$

4) 金利

金利は年率15%、期間は4ヶ月、コストは推定FOB価格 クロム1ポンド当りUS¢ 40とした。

期間については船積後から入金迄の日数を下記の通りと仮定した。

ーポーツーダンからヨーロッパ	
主要港迄の航海日数	20日間
ーヨーロッパ港における輸入通関手続	10日間
ー平均在庫日数	60日間
ー出庫後入金迄の日数	30日間
	120日間
	(4ヶ月)

$$\begin{aligned} \text{計算式 } & \text{US\$}40 \times 15\% \times 120/360 \\ & = \text{US\$}2.00 \text{ (クロム1ポンド当り)} \end{aligned}$$

尚、上記市場価格 (US\$49.00 Per lb. of Cr) は現在の欧州HIGH CARBON GRADEの価格 (US\$47~49 Per lb. of Cr) の最高値を取った。

又、上記諸掛には商社マージン (dealer's margin) (通常3~4%即ちUS\$1~US\$2 Per lb. of Cr) が含まれていないが、商社が介在する取引の場合には上記FOBポーツーダン価格がその分下がる事になる。

第三章

プロジェクト

1. 範囲と目的

1-1 範囲

本プロジェクトはスーダン民主共和国ブルーナイル州ダマジン地区にフェロクロムプラントを建設し、インゲサナヒルズより産出するクロム鉱石を利用してフェロクロムを生産しようとするものである。このプロジェクトと別箇にインゲサナヒルズのクロム鉱山の開発、合理化、選鉱場の建設等のプロジェクトが進行しつつある。フェロクロムプロジェクトのフィジビリティスタディ作業については上記鉱山関係のプロジェクトの成果を考慮に入れるが、本プロジェクトの範囲はフェロクロムプラントの建設に限定される。

1-2 目的

本プロジェクトの目的は下記の通りである。

- (1) ダマジン地区にフェロクロムプラントを建設する。
- (2) スーダン国の外貨収支を改善するためフェロクロムを輸出して外貨を獲得する。
- (3) 本プラント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) 本プラント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。

2. プラントサイト

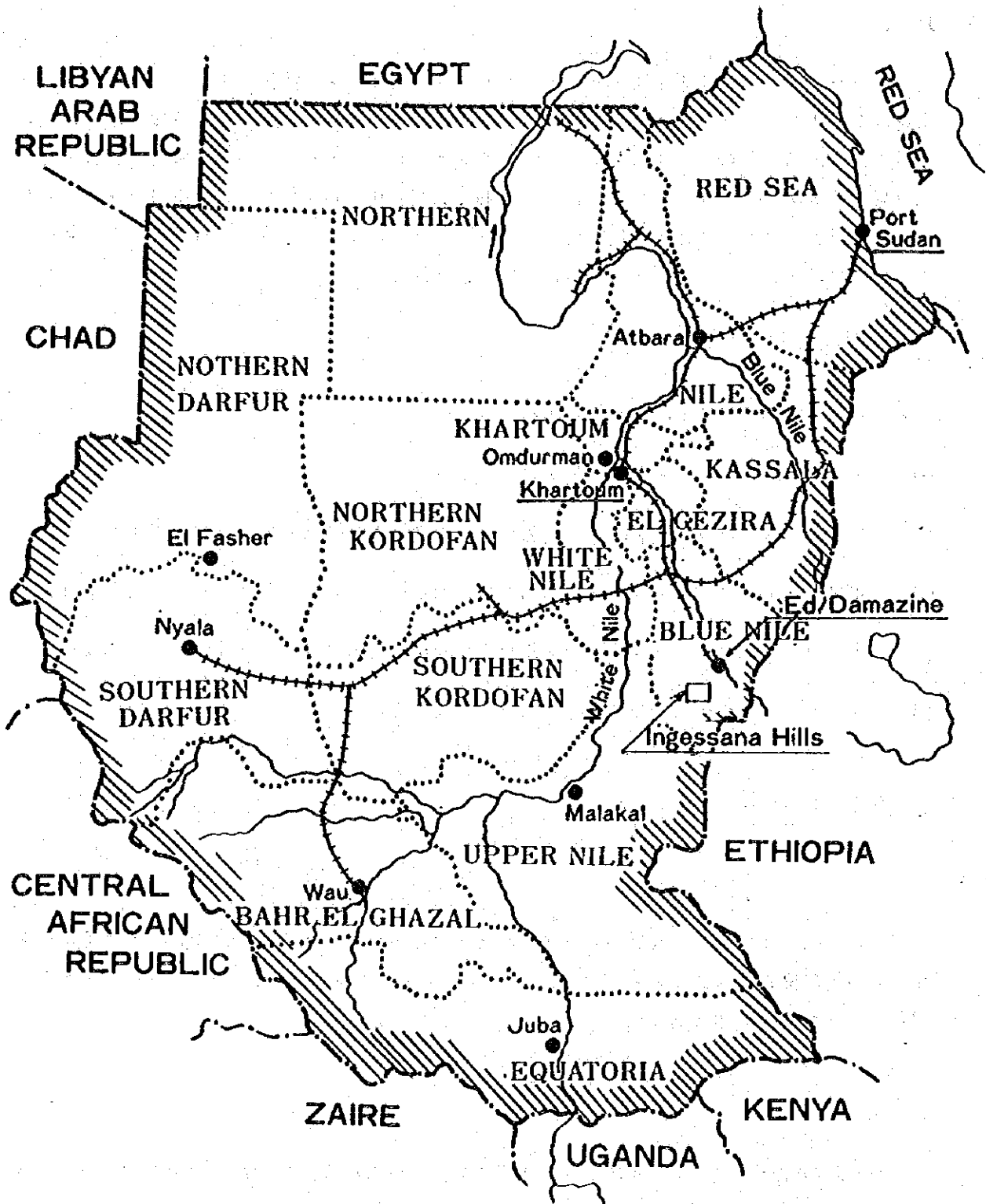
2-1 位置

プラントサイトは図3-1及び図3-2に示す通り、スーダン民主共和国のブルーナイル州ダマジン地区に位置する。プラントサイトは $1,500m \times 400m$ の敷地で図3-3に示す通り既設棉繰り工場の北隣りである。

2-2 自然条件

ブルーナイル洲はブルーナイルによって東西に分けられている。この西部地域にダマジン地区

図3-1 プロジェクト地域図



0 100 200 300 400 500
Kilometers

図3-2 プラントサイト周辺地図

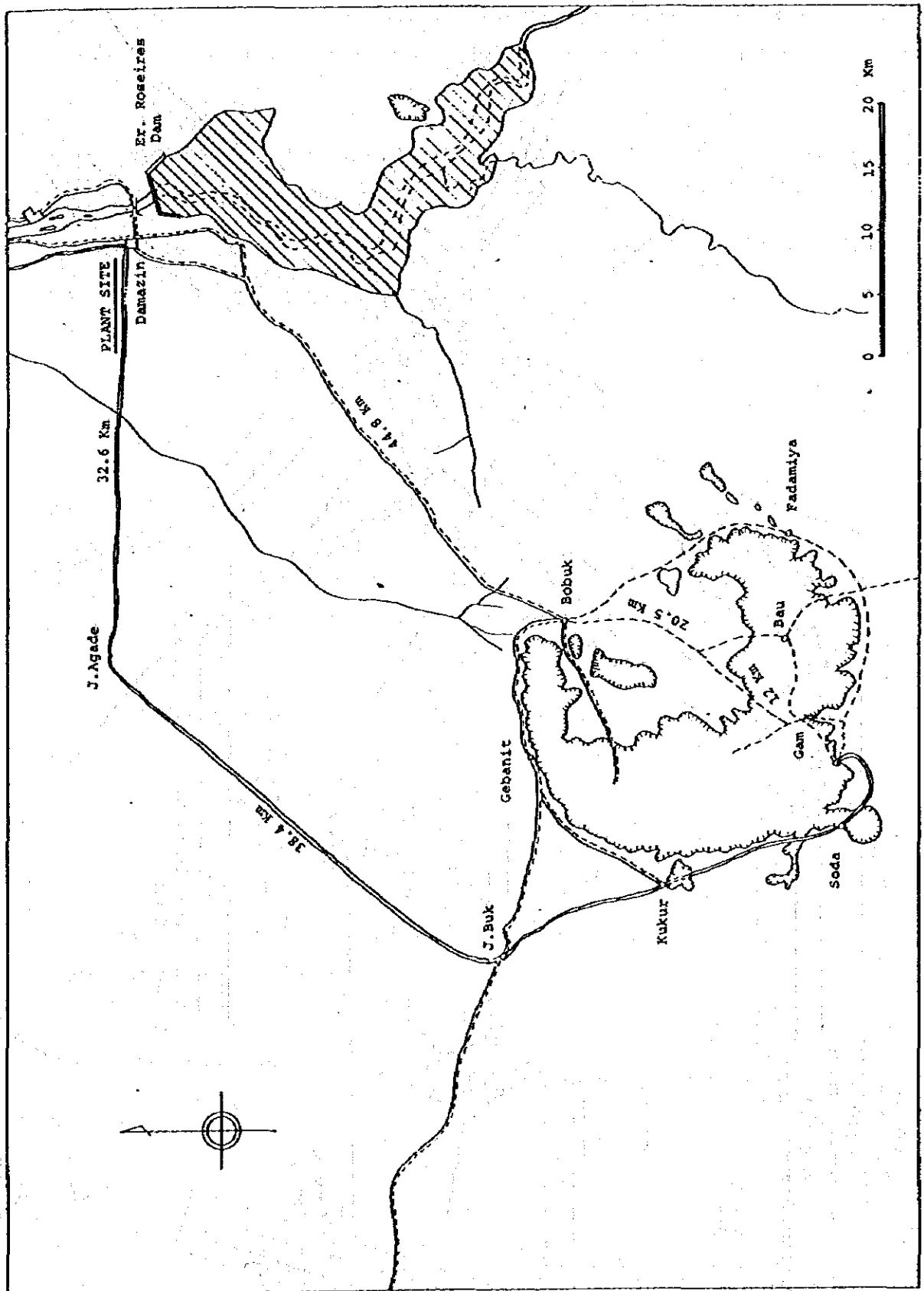
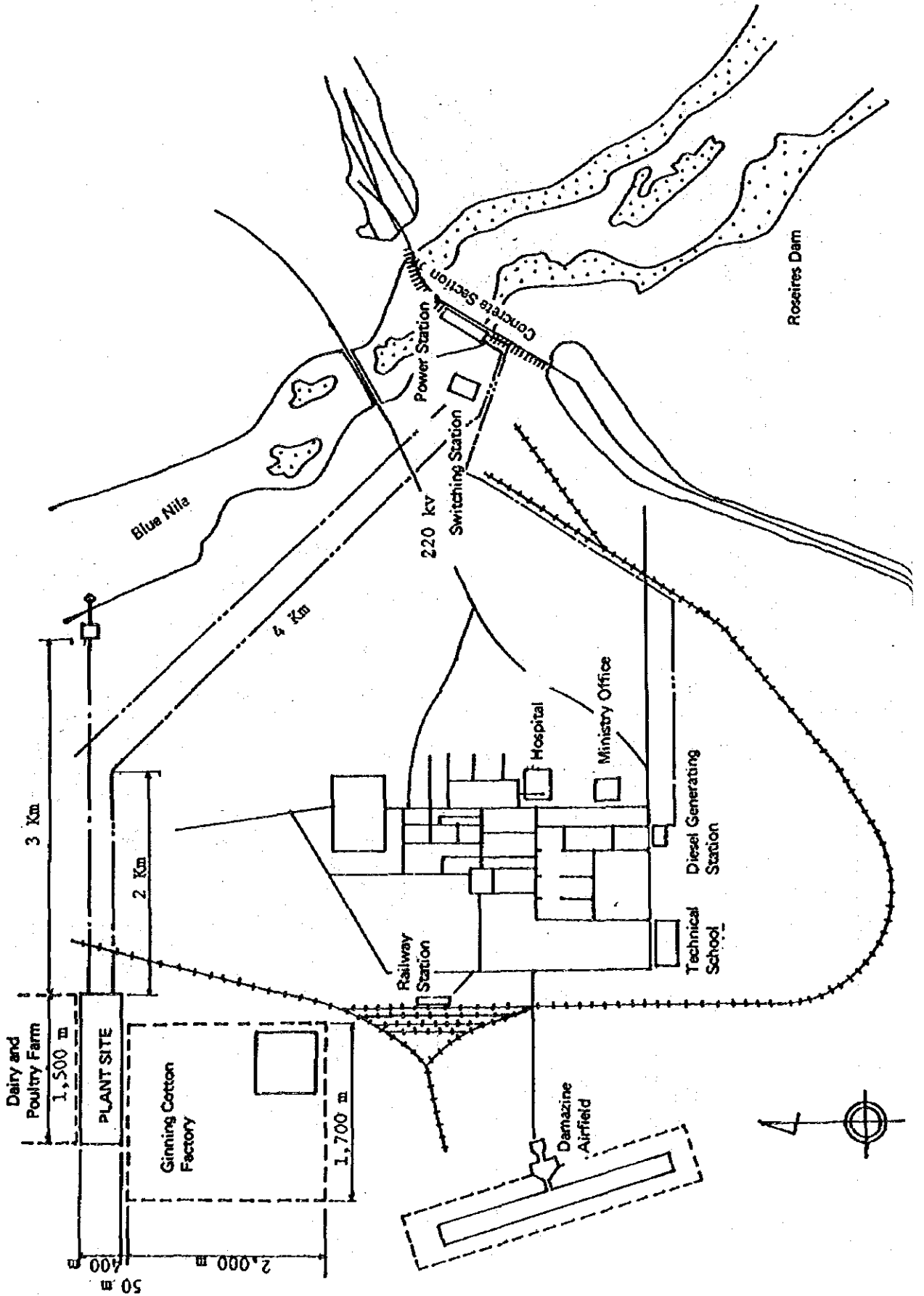


図 3-3 プラントサイト見取図



及びインゲサナヒルズが存在する。ブルーナイルはナイル川全体の80%の流量をもっている。このブルーナイルをせき止めて建設したロゼイレスダムはプラントサイトより僅か5kmに位置している。

ダマジン地区は一般に平坦で一部には灌木が生えている。インゲサナヒルズは低山地帯でサバンナ特有の草原帯である。

スーダンの気候は熱帯性で乾期と雨期に分かれている。ダマジン地区の気象のデータは表3-1に示す通り乾期には殆んど降雨がない状態である。

3. プラント規模及び諸元

3-1 プラント規模

フェロクロムプラントの規模については既存鉱山のクロム鉱石埋蔵量が約95万トンである事及び鉱石の産出量が年産15,000トン～25,000トンであることを考慮に入れて決定しなければならないが、他の要素、即ち、未経験のスーダン人労働者が十分操業できる程の規模で且つプロジェクトの目的である技術習得に必要な規模を持つという点を考慮に入れ、さらに現在のフェロクロム国際市況下の需要供給関係を慎重に判断して決定しなければならない。

これら諸条件を加味して年産7,000トンのプラント規模がもっとも望ましいと判断して提案したが、スーダン側としては年産15,000トンの大規模プラントを強く主張したため本レポートでは両案について検討する事とした。

3-2 基本的諸元

表3-2に両案についての基本諸元を示している。これら諸元の詳細については以下の各章で詳細に記述する。

表3-1 ダマジン地区気象データ

Month	Rainfall				Humidity					
	1973		1980		1973			1980		
	Total Monthly Rainfall	Max. Rainfall	Total Monthly Rainfall	Max. Rainfall	Av.	Max.	Min.	Av.	Max.	Min.
Jan.	Nil		Nil		-	-	-	34	46	22
Feb.	Nil		Nil		27			27.5	41	14
Mar.	Trace		Trace		20			40.5	63	18
Apr.	1.8	1.8	5.5		31			49	68	30
May	-	-	15.2	6.6	-			53.5	69	38
Jun.	50.6	14.9	75.2	8.1	65			73.5	93	54
Jul.	116	57.3	457.4	14.5	77			87.5	98	77
Aug.	101.7	16.9	218.4	7.3	79			87	98	76
Sept.	212.1	50.1	94.1	3.1	82			83	97	69
Oct.	35.4	17.8	188	17.6	68			71.5	93	50
Nov.	Nil		Nil		35			42	65	19
Dec.	Nil		Nil		35			38.5	50	27

Month	Wind Direction		Temperature					
	1973	1980	1973			1980		
			Av.	Max.	Min.	Av.	Max.	Min.
Jan.	--	North and N.W.	-	-	-	33.5 14.5	39.6	18.5
Feb.	N.W and variable	N.E and N.W	40.1 21.1	44.3	18.6	32.6 14.2	42.2	22.3
Mar.	N.W and N.E	N.W and S.E	40.5 24.0	44.2	20.3	32.0 13.4	44.2	29.0
Apr.	S.W and N.W	S.E	41.2 26.8	43.8	21.2	38.8 20.0	43.5	30.8
May	S.W	S.E	-	-	-	34.5 22.6	42.6	29.5
Jun.	S.W and variable	South and S.W	35.3 23.1	38.9	19.3	27.8 19.4	39.0	25.2
Jul.	South and S.W	S.W	32.6 22.2	37.5	19.4	27.5 18.0	36.5	22.5
Aug.	S.W	South and S.E	30.8 20.0	36.2	24.6	24.6 18.5	33.2	22.4
Sept.	South and S.W	South and S.E	31.8 20.7	35.7	18.1	26.0 17.5	39.5	23.3
Oct.	S.W and N.W	South and S.E	34.3 21.5	37.4	19.2	26.5 18.0	38.0	23.3
Nov.	North and N.E	N.W and N.E	36.3 17.7	38.0	14.5	34.0 15.7	39.5	22.3
Dec.	North and N.E	North and N.E	36.2 16.4	39.0	14.5	36.0 13.0	40.0	20.6

表3-2 フェロクロムプラント主要諸元

Item	Unit	Case A	Case B	Remarks
Production Amount	t/yr.	7,000	15,000	
Production Facility	KVA	6,000 x 1	14,000 x 1	
Receiving Voltage	KV	11	33	
Land Area for Plant	m ²	50,000 (200 x 250)	88,000 (220 x 400)	
Raw Material Requirement	t/yr.			
Chrome Ore		15,300	33,700	Cr ₂ O ₃ 48%
Coke		3,500	7,400	Fe 80%, up 5 - 30 mm
Bauxite		2,100	3,400	Al ₂ O ₃ 50% up 3 - 50 mm
Silica stone		900	2,200	SiO ₂ 90%, up 3 - 50 mm
Electrode Paste		130	300	Soederberg type
Power Requirement				
Contract demand	KVA	5,500	12,000	
Usage (hourly rate)	KW	4,500	10,000	
Usage (total year)	KWH	32,600x10 ³	72,300x10 ³	
Water Requirement	t/hr.			

第四章

原 料

1. クロム鉱

ダマジンの南西約70 Km 附近に、インゲサナヒルズと称する丘陵地がある。これは平原の中にある比高200 m ~ 500 m、直径25 Km の円形の山地で、ここには多くのクロム鉱床が分布している。(図4-1参照)

1960年、スーダン地質鉱物資源局により発見され、1963年に私企業により生産が開始され、以来十数年操業が続けられている。その間、1970年に国有化され、インゲサナヒルズ鉱山公社 (Ingesana Hills Mines Corporation - 略称 IHMC) によって経営されている。

本鉱山はスーダンにおける、数少ない金属鉱山の一つであり、又農業を主とする同国にとって、クロム鉱は重要な鉱産資源であり、関係当局はその経営に力を入れて来た。

インゲサナヒルズ産のクロム鉱は Cr_2O_3 : 48% ~ 52%、 Cr/Fe : 3.0 ~ 3.6 と高品位であり、且つ製錬上の性質も良いため年間20,000トン程度ヨーロッパ、日本等に輸出され同国の外貨獲得に貢献して来た。

又一方鉱山の調査、探鉱については中国、日本、その他の国、および機関と共同で実施され相当の成果が上げられた。現在約95万トンの鉱量が把握されている。

スーダン政府は、このクロム鉱石の附加価値をさらに高めることを考え、フェロクロム産業の設立を企画するに至った。

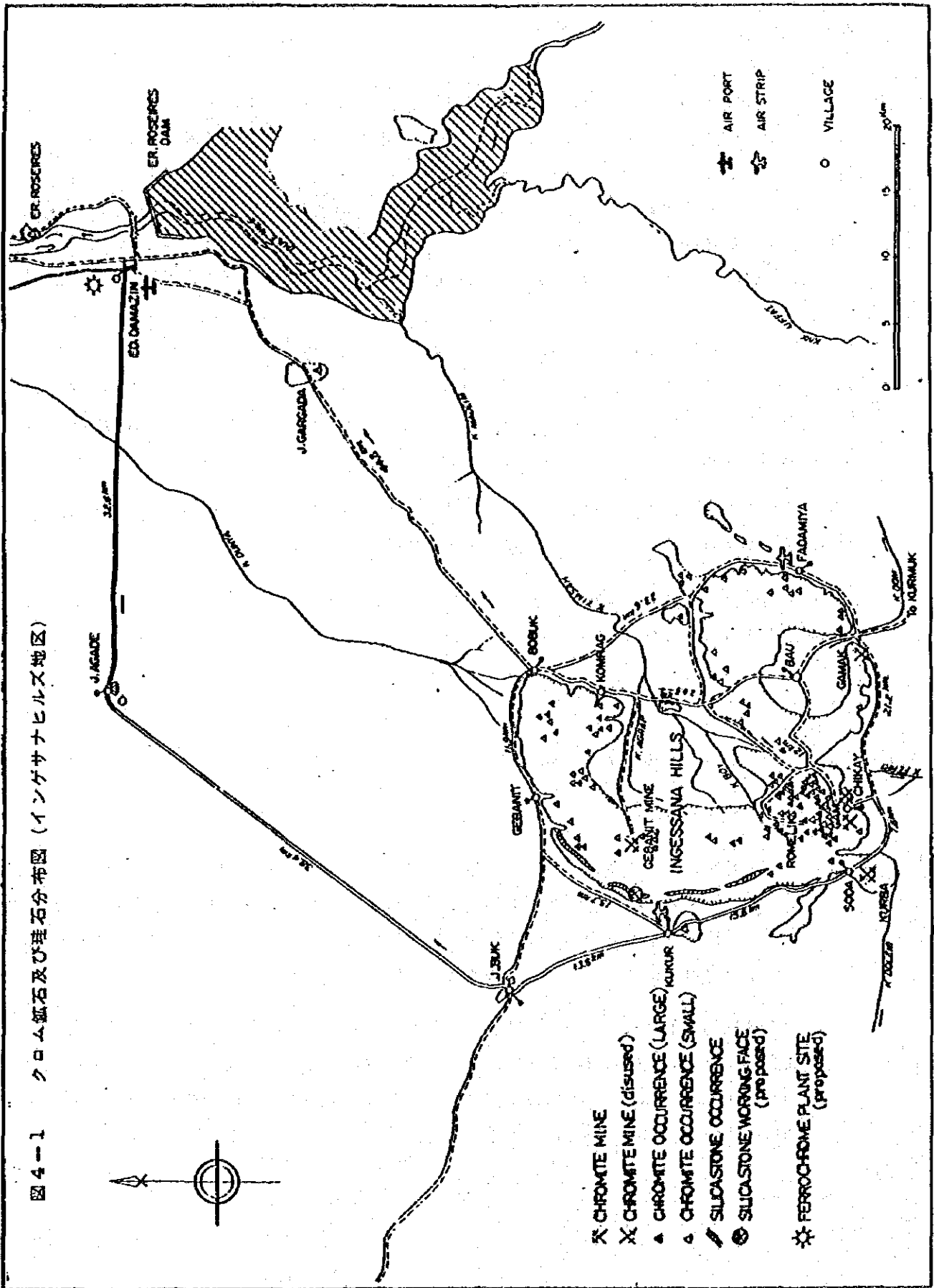
1-1 インゲサナヒルズ地域のクロム鉱山

(i) クロム鉱床の概況

インゲサナヒルズは、スーダン国第一の規模といわれる超塩基性火成岩類で形成され、ここには約160のクロム鉱床が散在している。現在その南西地区において比較的大規模な6鉱床がジャム鉱山 (Jam Mine) として稼働されているが、他の150余りの鉱床は未開発のまま(数カ所は休止のまま)放置されている。

鉱床は超塩基性火成岩類中に胚胎されるクロム鉄鉱で、塊状鉱、斑状鉱、縞状鉱で形成されている。鉱体の形は、層状、レンズ状、脈状等で、規模は延長10 m ~ 200 m、幅0.3 m ~ 10 m。従って鉱量も数万トンから数百トンまで多様である。然しこれまで知られている鉱体の大部分は、数千トンの規模である。

図 4-1 クロム鉱石及び珪石分布図 (インゲサナヒルズ地区)



(2) クロム鉱の埋蔵鉱量

インゲサナヒルズ地域にはクロム鉱の鉱業権として次の10鉱区が設定されている。

- IHMC 5鉱区 (ジャム鉱山, その他)
- Nile Chromium Corp. 1鉱区 (休止)
- Bayoumi Mines Co. 2鉱区 (休止)
- Gulf International Corp. 2鉱区 (未開発)

上記IHMC以外の鉱区には, それぞれ1個~2個の鉱床がある。他の多くの鉱床には未だ鉱業権は設定されていない。

本地域から産出される鉱石はスーダン政府の意向次第で, すべてフェロクロムの原料に向けることが可能である。従って埋蔵鉱量は鉱業権に関係なく表4-1にとりまとめた。

表4-1 クロム鉱 埋蔵鉱量
(1981年1月末現在)

- Classified by location

Location	Classification	Reserves (Ton)	Quality (Cr ₂ O ₃ %)
Gam Mine	Proved. Probable	579,000	50.1
Unexploited areas	Possible	373,000	42.3
Total		952,000	47.0

- Classified by grade

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

Base for calculation: Referential data (c) (e) (g) (h) (k) (m)

ジャム鉱山鉱量は6個の鉱床でなりたっているので1鉱床平均約9万トンになり規模は大きい。近年採掘場は地下深部に移行している。今後採掘諸条件は次第に悪化する傾向にある。

未開発地域鉱量は、調査・探鉱の進んでいる34鉱床について計算を行なったもので、1鉱床平均約1万トンになり小規模である。未開発地域にはこれら以外に100余りの鉱床が知られているが、直径25kmの範囲に散在しているため、操業条件は良くない。

上記埋蔵鉱量から採取出来る精鉱量は生産条件、操業技術等により変動するが、又今後探鉱を行なうことによって、

- 1) 未だ計算されていない100余りの鉱床計算が可能になる。
- 2) すでに計算されている鉱床の鉱量が更に増加する可能性がある。
- 3) 地表に現われていない鉱床を見付ける可能性がある。

従って鉱山の発展をはかるためには、今後計画的に探鉱を実施しなければならない。然し探鉱方法は難かしいので十分研究を要する。

(3) ジャム鉱山の概況

ジャム鉱山はインゲサナヒルズ鉱山公社 (Ingesana Hills Mines Corporation 略称 IHMC) に属している。更に IHMC はスーダン鉱業公社 (Sudanese Mining Corporation 略称 SMC) の管理下にある。

1) 人員：

本社 (カルツーム)	23名
ジャム鉱山	150名～200名

鉱山の人員は季節により変動がある。

2) 生産設備：— (現在稼動中のもの)

さく岩機 (8台)、空気圧縮機 (6台)、巻上機 (5台)、鉱車 (12台)、トラック (6台)、その他車輛 (14台)、発電機 (3台)、ポンプ (3台)、トラックスケール (1台)、通信設備 (一式)、修理工場、火薬庫、キャブランプ室、オイルタンク、給水設備、資材倉庫、診療所、事務所、ゲストハウス、宿舎、社宅、集会所、日用品販売所、その他。

- 3) 操業形態：
300日稼働 坑内・電気－2方作業
修理・管理－1方作業
- 4) 採掘場：
坑内採掘で現在 5 A, 8 D, 8 E, 10 A の各坑の切羽で採掘が行なわれている。ジャム鉱山の坑口は計 24, 坑道延長は約 3,500 m である。
- 5) 採掘能力：
最高年間 25,000 トン程度と推定される (1981 年 3 月現在)
- 6) 生産実績：
ジャム鉱山は現在インゲサナヒルズ地域における唯一の稼働鉱山で、クロム鉱の大部分はこの鉱山から産出された。生産状況は生産実績表 4-2 及び表 4-3 の通りである。これ以外にも 1~2 の鉱山があったが、生産実績は不明、数万トン程度であったと推定される。

(4) ジャム鉱山の生産能力および鉱石の品質

生産実績表で明らかなように、開山後 10 年は年平均 19,000 トンの生産であった。この期間は露天掘ないし、地下浅い所での採掘であるため、採掘条件は良好であったものと推定される。その後生産が減少したが、これは採掘場が深部に進みはじめたためと推定される。1977 年以降、鉱山技術者の努力により生産は回復し、1980 年度は、24,000 トンを上回る見通しである。

1980 年までは生産量は順調に推移して来たが、最近鉱山の採掘場の起採・出鉱能力には減衰の傾向が見られる。これはボーリング、坑道掘進による鉱体の把握、採掘切羽の開設、即ち採掘準備がおこなわれているため、これらの促進が目下の急務である。又未開発地域の鉱床も急ぎ開発し、ジャム鉱床と並行して生産を進めることも重要である。これらはすべてインゲサナヒルズ全域のクロム鉱床を合理的、且つ調和的に稼行するためである。

表4-2 ジャム鉱山 クロム鉱石年別生産実績表

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 Garn Mine

表4-3 ジャム鉱山 クロム鉱 月別生産実績表
(1978~1980)

(Unit: Ton)

Month	1978/79	1979/80	1980/81
7	411	2,257	2,028
8	2,109	792	1,926
9	1,118	2,282	2,357
10	287	2,259	1,436
11	1,107	1,701	2,240
12	1,767	2,195	2,130
1	1,313	2,069	2,180
2	1,742	2,088	
3	1,907	2,022	
4	2,302	2,137	
5	2,630	2,013	
6	2,455	1,400	
Total	19,148	23,215	14,297

Chromium ore quality: Cr₂O₃ 48% min.
Cr/Fe 3.0 to 3.4

Source: Technical data by Garn Mine

ケースAの場合の生産（鉍石使用量：年間15,000トン、 Cr_2O_3 ：48%）

現在の生産量年間24,000トン 品位 Cr_2O_3 48%～50%で十分で、この操業を継続すればよい。（表4-4参照）

表4-4 Cr_2O_3 48% クロム精鉍の生産内訳

Gam Mine (high grade ore)

	(A) Ore reserves	(B) Mined ore	(C) Country rock (in)	(D) Crude ore	(E) Waste (out)	(F) Concentrate
Quantity (ton)	579,000	(A)×80% 463,200	(B)×10% 46,320	(B) + (C) 509,520	69,895	(D) - (E) 439,625
Cr_2O_3 (%)	50.1	50.1	10	46.45	33.9	48.5
Cr_2O_3 Content (ton)	290,079	232,063	4,632	236,695	23,669	213,026

Unexploited areas (low-grade ore)

Quantity (ton)	152,000	(A)×70% 106,400	(B)×10% 10,640	(B) + (C) 117,040	18,866	98,174
Cr_2O_3 (%)	48.0	48.0	8	44.36	27.52	47.6
Cr_2O_3 Content (ton)	72,960	51,072	851	51,923	5,192	46,731

Total (Cr_2O_3 48% concentrate)

Quantity (ton)	731,000	569,600	56,960	(B) + (C) 626,560	88,761	537,799
Cr_2O_3 (%)	49.7	49.7	9.6	46.06	32.5	48.3
Cr_2O_3 Content (ton)	363,039	283,135	5,483	288,618	28,861	259,757

Yearly production plan

Location	Cr_2O_3 (%)	Production (ton)	Rate (%)
Gam Mine	48.5	19,600	81.7
Unexploited areas	47.6	4,400	18.3
Total	48.3	24,000	100.0

表4-5 Cr₂O₃ 45%クロム精鉱生産内訳

Gain Mine (high grade ore)

	(A) Ore reserves	(B) Mined ore	(C) Country rock (in)	(D) Crude ore	(E) Waste (out)	(F) Concentrate
Quantity (ton)	579,000	(A)×85% 492,150	(B)×15% 73,823	(B)+(C) 565,973	65,414	(D)-(E) 500,559
Cr ₂ O ₃ (%)	50.1	50.1	10	44.87	23.0	47.7
Cr ₂ O ₃ Content (ton)	290,079	246,567	7,382	253,949	15,034	238,915

Unexploited areas (high grade ore)

	(A)	(A)×80%	(B)×13%	(B) + (C)		
Quantity (ton)	152,000	121,600	15,808	137,408	23,776	113,632
Cr ₂ O ₃ (%)	48.0	48.0	8	43.40	23.8	47.0
Cr ₂ O ₃ Content (ton)	72,960	58,368	1,265	59,633	6,226	53,407

Unexploited areas (low grade ore)

	(A)	(A)×80%	(B)×13%	(B) + (C)		
Quantity (ton)	221,000	176,800	22,984	199,784	29,332	170,452
Cr ₂ O ₃ (%)	38.3	38.3	8	34.81	25.0	36.5
Cr ₂ O ₃ Content (ton)	84,643	67,714	1,839	69,553	7,338	62,215

Total (Cr₂O₃ 45% concentrate)

	(A)	(A)×80%	(B)×13%	(B) + (C)		
Quantity (ton)	952,000	790,550	112,615	903,165	118,522	784,643
Cr ₂ O ₃ (%)	47.0	47.1	9.3	42.42	24.1	45.2
Cr ₂ O ₃ Content (ton)	447,682	372,649	10,486	383,135	28,598	354,537

Yearly production plan

Location	Cr ₂ O ₃ (%)	Production (ton)	Rate (%)
Gain Mine	47.7	21,700	63.8
Unexploited areas	47.0	4,900	14.5
Unexploited areas	36.5	7,400	21.7
Total	45.2	34,000	100.0

ケースBの場合の生産(鉱石使用量:年間34,000トン, Cr_2O_3 :45%)

インゲサナヒルズのクロム鉱床の大部分は高品位で Cr_2O_3 50% になるが未開発地域の鉱床は多少 Cr_2O_3 含有量が低いので全体としては Cr_2O_3 47.0%になる。

従ってこの品位ならびに選鉱ロスも考慮に入れ, Cr_2O_3 45% で生産を行なうことが考えられる。然しこの場合は, 品質管理, 即ち低品位鉱と高品位鉱の混合調整を十分に実施しなければならない。(表4-5参照)

以上の如き作業の結果, 下記のような品質の鉱石が生産される。

— サイズ

インゲサナヒルズのクロム鉱は硬い塊状鉱が主体をなしている。採掘手選を行なって出来る塊精鉱は, サイズ 300mm 以下で出荷される。サイズ分布は次の通りである。

表4-6 サイズ分布

Grain Size (mm)	300~ 150	150~ 100	100~ 50	50~25	25~10	10~5	5~3	3~1	1~
Distribution Ratio (%)	12.5	26.7	30.0	16.5	7.3	2.8	0.4	2.0	1.8

— 化学成分

これまでの生産実績および多くの調査データから次の品位が推定される。

表4-7 化学分析値

Grade	Cr_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Feo (%)	P (%)	Al_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	lgloss (%)	Cr/Fe
48% Ore	48.3	9.6	12.9	0.004	5.3	0.5	17.9	3.2	3.3
45% Ore	45.2	9.4	13.6	0.007	7.2	0.6	18.5	3.3	2.9

Source: Referential data (b) (c) (e) (f) (g) (h) (i) (k) (m)
 Technical data by Gam Mine
 Delivered-ore test data of December 1976 and December 1980.

(5) 鉱山の立地条件

インゲサナヒルズはダマジンの南西ブルーナイル川とホワイトナイル川にはさまれたサバンナ地帯に位置している。インゲサナヒルズの南西部にあるジャム鉱山から, 次の

経路で鉱石が搬出されている。

ジャム鉱山 $\xrightarrow[\text{トラック 2.5 時間} \sim 3.5 \text{ 時間}]{\text{道路 70Km} \sim 110\text{Km}}$ ダマジン駅 $\xrightarrow[\text{又は 工場 貨車 7日} \sim 10\text{日}]{\text{鉄道 1286Km}}$ ポートスーダン港

ジャム鉱山～ダマジン間の道路はインゲサナヒルズの東廻り、中通り、西廻りの3経路があるが、中通りは悪路で使用困難であるため通常鉱石輸送は、東又は西廻りの道路を使用する。(近年は東廻りを使用している)

然し今後インゲサナヒルズの未開発の鉱床群を開発し出鉱する時には、中通りの経路も改修し使用しなければならない。

これらの道路の大部分は、コットンソイル、ラテライトの地帯を通り、無舗装であるため雨期はトラックの通行は不可能になる。然し道路舗装には多額の費用がかかる。鉱石運搬は乾期 11 月中旬から 5 月中旬の 6 カ月間に集中的に実施する。従って鉱山および工場における貯鉱については十分な配慮が必要である。

1-2 クロム鉱価格試算

インゲサナヒルズ地域のクロム鉱床は、すべて IHMC で開発・操業するものとして検討を行なう。

(i) ケース A (鉱石使用量：年間 15,000 トン； Cr_2O_3 ：48%)

現在の生産量年間 24,000 トンで十分であるため、現在の操業をそのまま継続する。余剰の鉱石年間 9,000 トンはそのまま鉱石として輸出する。

然し製錬工場に鉱石を安定、且つ低コストで供給するために 1981 年以降 直ちに拡張・合理化工事 (ジャム鉱山のボーリング・坑道による採掘準備促進作業、未開発地域における新鉱床の開発等) に着手するものとして、拡張・合理化費を計上した。

— 1981 年 3 月 ダマジン工場置場渡しトン当り価格 —

生産原価	S£ 39.000
拡張・合理化費	S£ 4.500
運 賃	S£ 11.000
合 計	S£ 54.500 = US\$ 68.99

(2) ケースB (鉍石使用量：年間34,000トン；Cr₂O₃：45%)

低品位鉍と高品位鉍を混合し、Cr₂O₃ 45%の鉍石を調整し、年間34,000トン出荷する。鉍山としては比較的実行しやすい方法である。

— 1981年3月 ダマジン工場置場渡しトン当り価格 —

生産原価	S£ 32.300
拡張・合理化費	S£ 6.700
運賃	S£ 11.000
合計	S£ 50.000 = US\$ 63.29

(3) 鉍石価格のまとめ

年間鉍石生産量 (トン)	品質/サイズ	生産状況, 生産コスト	精鉍量(計) (トン)
ケースA 塊鉍 24,000	Cr ₂ O ₃ : 48% サイズ 300 mm max.	現在の生産量の継続 S£ 54,50 (US\$69.0)	約 530,000
ケースB 塊鉍 34,000	Cr ₂ O ₃ : 45% サイズ 300mm max.	高品位鉍と低品位鉍の混合 S£50,00 (US\$63.3)	約 780,000

Base for calculation: Referential data (c) (g) (h) (i) (j)
Technical data by Gam Mine
Accounting data by Gam Mine

3 参考文献

レポート作成に当り調査を行った主な機関及び会社名

GMRD : Geological and Mineral Resources
Department, Ministry of Energy and
Mining (or Ministry of Industry and
Mining), Democratic Republic of
The Sudan

Chinese Geological,
Technical Team : The Chromite Geological Technical
Team of the People's Republic of
China

MC : Mitsubishi Corporation

JMC : Japan Metals & Chemicals Co., Ltd.

NMC : Nittetsu Mining Consultants Co.,
Ltd.

レポート作成に当り使用したデータ

- (a) GMRD (1974)
Mining and Oil Exploration Laws in The Sudan.
Bull. No. 25.
- (b) JMC (1976)
Preliminary concentration test for Sudanese chrome
ore.
- (c) MC, JMC & NMC (1977)
The first survey report on the chromite deposits of
the Ingessana Hills. The Democratic Republic of
The Sudan.
- (d) Sikka & Associates, Ltd. (1977)
A preliminary feasibility report on the chromite
occurrences in the Ingessana Hills area, Sudan.
- (e) Chinese Geological, Technical Team (1977)
Report on chromite geological prospecting and ex-
ploration of the Ingessana Hills of Blue Nile
Province of The Democratic Republic of The Sudan.

- (f) JMC 91978)
Test of Ferrochromium Manufacture using chromium ore of Sudanese origin.
- (g) MC, JMC & NMC (1978)
Feasibility study report on expansion and rationalization of Gam Mines, The Democratic Republic of The Sudan.
- (h) MC, JMC & NMC (1978)
Survey report on the chromite deposits of the Ingessana Hills, The Democratic Republic of The Sudan.
- (i) MC & JMC (1978)
Feasibility study report on the establishment of ferrochrome industry, The Democratic Republic of The Sudan.
- (j) MC & JMC (1979)
Proposal for development of chromium resources in The Democratic Republic of The Sudan.
- (k) MC, JMC & NMC (1980)
Tunneling survey report on the chromite deposits of the Ingessana Hills, The Democratic Republic of The Sudan
- (l) GMRD (Abdalla Hassan Ishag) (1980)
A guide to mineral investment in the Sudan, bull No. 31.

(m) NC, JMC & NMC (1981)

Drilling survey report on the chromite deposits of the Ingessana Hills, The Democratic Republic of The Sudan.

2. 副原料

2-1 珪石 (図4-1 参照)

フェロクロム製錬工場建設を計画しているダマジソの西南 70 Km のインゲサナ・ヒルズに珪石の大鉱床がある。依って今回の計画で使用する珪石は、この鉱床を開発し、工場に供給する。この地域の鉱床は現在未開発である。

(1) 鉱床の概要

珪石鉱床はインゲサナヒルズの西側山腹に南北に長く産出している。厚さ 60 m ~ 80 m 高さ 40 m 以上、延長約 16 Km (4 Km × 4 本) の珪岩層 (N 20° W · 70° E) である。従って埋蔵量は大きく、数百万トン予想され、量の点では特に問題はない。又品質は SiO₂ : 95%, P : 0.001% でフェロクロム製錬用としては十分である。

(2) 珪石の調達

- 1) この珪石鉱床は IHMC のジャム鉱山で開発・生産を行なうものとする。
- 2) 珪石はフェロクロム製錬に必要な量だけを生産する。

生産量 ケース A 年間 1,100 トン

ケース B 年間 2,300 トン

生產品位 SiO₂ 95% 以上

P 0.002% 以下

- 3) 採掘およびダマジソへの輸送は、11月中旬 ~ 5月中旬の6カ月間に行なう。
- 4) 採掘箇所はククル (Kukur) 部落の北東 6 Km の山腹 (道路より 2 Km) で、露天採掘を予定している。生産量が少ないため、大型の設備、機械は不要である。

5) 珪石の価格は次の如く推定される。但しダマジン工場置場渡しである。

Aケース (年間1,100トン生産の場合) トン当たり S£ 35.500 (US\$ 44.94)

Bケース (年間2,300トン生産の場合) トン当たり S£ 30.500 (US\$ 38.61)

Aケースの場合は生産量が少ないため価格は割高になる。

2-2 木炭

フェロクロム製錬工場の建設を計画しているダマジンのある、ブルーナイル州においては、年間約9万トンの木炭が生産されているが、その約85%は他州へ移出され、約15%が同州内で消費されている。

これらは殆んど家庭燃料用(炊事)で工業用(レンガ焼き、パン焼きなど)に使用されている量は僅少である。従って品質即ち成分、サイズ等についての規格はない。又これらについて試験も行なわれたことはない。

(1) 木炭の概要

木炭の原木はタレ(Tateh - 成長に50年を要す)、ヒグレイグ(Higleig - 成長に10~12年を要す)等で、これらの原木のある1フェダン(Feddan - 1フェダン=60m×70m)の林野から得られる木炭の量は平均225トンといわれている。

(2) 木炭の調達

製錬に使用されるコークスを全量木炭に置換えた場合、Aケース年間3,400トン、Bケース年間7,200トンの木炭が必要になるが、現在ダマジン地区における供給余力は、年間90トン~140トン程度といわれている。

従って大量の木炭を必要とする場合は、新規に業者と長期契約を結び、炭焼きを委託し買付を行なわなければならない。

現地関係者はこの地方の林野の状況から判断して、当面大量の炭材を使用するのであれば木炭以外の炭材を検討して欲しいとの意向である。

以上の点を考慮し、本プロジェクトにおいては、差当り炭材は全量コークスを使用し、現地の原木事情を詳細に調査したうえで木炭の使用を検討する。

木炭の品質および価格を、参考までに附記する。

(3) 木炭の価格

ダマジン地区 S£ 44.400 ~ S£ 55.600
(US\$ 56.20 ~ US\$ 70.38)

(4) 木炭の品質

	F.C. (%)	V.M. (%)	Ash (%)	P (%)	S (%)	Size
Taleh Charcoal	83.5	11.5	6.0	0.048	0.08	Max. 20 cm x 8 cm
Combritum Charcoal	82.4	9.6	8.0	0.064	0.10	Max. 20 cm x 8 cm

2-3 ポーキサイト

ポークサイトはフェロクロム製錬の際、フラックスとして使用される。Al₂O₃ 50% 以上のものが要求されるが、本計画で予定している年間 1,300トン~2,800トンの使用量であればいつでも入手可能であり、供給については不安はない。

表4-8 1974年 世界のポークサイト生産量

<u>Country</u>	<u>Production</u> (1,000,000 ton)	<u>Country</u>	<u>Production</u> (1,000,000 ton)
India	1.3	Guyana	3.6
Indonesia	1.3	Haiti	0.8
Malaysia	1.1	Jamaica	15.3
Turkey	0.5	Suriname	6.9
China	0.7	France	3.3
Australia	21.8 *	Greece	2.8
U.S.A.	2.0	Yugoslavia	2.4
Brazil	0.9	U.S.S.R.	6.0
Dominica	1.4	Guinea	7.6

Note: *Actual production of 1975.

ボーキサイトはスーダン国においては産出しないので、全量輸入に依存せざるを得ない。
 表4-7のうち地理的条件からスーダンへのボーキサイトの供給源はギリシャが最適と考えられる。1981年4月現在における入手可能条件は次の通りである。

- 場所 : Parnassos-Giona-Oiti Mt. Area
- 品質
 - Al₂O₃ : 52% min.
 - SiO₂ : 6% max.
 - TiO₂ : About 3.5%
 - Al₂O₃/Fe₂O₃ : 2.2% min.; 2.6% max.
- サイズ : 40 - 150 mm, 5 - 30 mm, etc.
- 価格 : US \$27 per metric ton FOB ITEA, Greece (moisture 5% base)
- 積港 : ITEA, Greece
- 積地条件 : 1,200 per day WWDSHEX, U.U.

上記FOB価格は、次の計算によりCIFポート・スーダンでは、1乾量トン当りUS\$ 60.00となる。

FOB	US \$27.00 per wet ton
FOB	US \$28.40 per dry ton
Freight/Insurance	US \$24.60 per dry ton
<hr/>	
CIF	US \$60.00 per dry ton

2-4 コークス

コークスは還元剤として使用される。フェロクロム製錬用のコークスは、製鉄用として使用されるコークス製造の際に発生する篩下品が一般的である。

従って、冶金用コークスの入手可能性と価格は、鉄鋼市況に大きく影響を受けている。年間3,400トン～7,200トン量の確保は、問題ないと判断されるが、入手可能価格は鉄鋼市況により、可成り変動している。

1981年4月現在の入手可能価格は次の通りである。

(1) 日本より輸入する場合、

- 品質

灰分	:	About 12%
揮発分	or	About 1.5%
硫黄	:	About 0.7%
固定炭素	:	About 86.5%
水分	:	About 10%
粒度	:	5 - 25 mm

- 価格 : US \$110 per wet ton FOB Sakaide, Japan

- 海上運賃 : US \$90 - \$100 per ton.
(from Sakaide to Port Sudan)

(2) ヨーロッパより輸入する場合

- 品質

固定炭素 : 80% min.

- 価格 (工場渡) : DM 272.50 per ton Size
(US \$129.00 per ton) 8 - 16 mm
DM 219.50 per ton Size
(US \$104.00 per ton) 0 - 10 mm

上記の価格より、CIFポートスーダンにおける最低予想価格は次の如くなる。

US \$150/wet ton, ~

US \$160/dry ton (水分10%)

2-5 電極ペースト

ゼーダベルグ (Soderberg) 電極ペーストが使用される。年間使用量が、わずか140トン～300トンであり量の確保には全く問題はない。競争力、地理的条件からスーダンにとっては、ヨーロッパから入手することがより有利と判断される。

(1) 日本より輸入する場合

- 品質 (セーダベルグ電極ペースト)

灰 分 : 4%
揮 発 分 : 15%
固定炭素 : 81%

- 包 装 : In export-worthy bags containing
20 - 50 Kg net each.

- 価 格 : About US \$600.00 per metric ton
FOB Japan

- 海上運賃 : US \$200.00 per metric ton B/T,
(from Japanese main port to Port
Sudan)

(2) ヨーロッパ (ノールウエー) より輸入する場合

- 品 質 : Soderberg Electrode Paste

- 価 格 : About US \$500.00 per metric ton
FOB European Main Port

上記ヨーロッパ製品のCIFポートスーダン価格はトン当りUS\$ 600になる。

第五章

インフラストラクチャ

1. 電力事情

1-1 現状の需給状況

スーダンの電力は Public Electricity and Water Corporation (PEWC) によって供給されている。

1979年度現在 PEWCは年間 680×10^6 KWHの電力を182,000の需要家に供給している。又、スーダン国の最大需要は約 165×10^3 KW である。国民1人当りの電力消費は約 30 KWH/年で世界で最も低位の国に属する。(日本は約5,000 KWH/年である)

地域別にみると表5-1の如くブルーナイル・グリッドが主力を占めている。

表5-1 電力需要及び現状の発電能力(1978/79)

	Sales Volume (GWH)	Power Production (GWH)	Max. Demand (MW)	Generator Capacity (MW)
Blue Nile Grid	583	747	137	192
Eastern & Others	97	112	28	43
TOTAL	680	859	165	235

ブルーナイル・グリッドはブルーナイル川に建設されたロセイレスダムとセナルダムの水力発電設備及び220KVの送電線をもってカルツームに送電している。これ以外の地点は、小容量のディーゼル発電設備で単独供給している。

ブルーナイル・グリッドの単線結線図を図5-1に示す。

(1) 供給設備能力

スーダン国の発電容量は、前述の如く235MWであるが、その内訳は水力が158MW(68%) 火力77MW(32%) であり、火力はディーゼル28MW、スチーム16MW、ガスタービン13MW であり、いずれも小規模のことが多い。

主力を占める水力発電所はロゼイレスであり、ここには 30MW × 3 と 40MW × 1 の設備があるが、その発電実績は図 5-2 の如く季節により大きく変動している。これはダム水位を治水上規制せざるを得ないためである。

それと、ダム内土砂堆積も問題となっている。

特に 8 月度の出力が 3 年間とも大きく低下しているのが注目される。これは一時的な土砂・木材の流入により取水が困難となるためと考えられる。

現在これらの堆積土砂の“しゅんせつ”について対策がとられつつある。

(2) 電力需要

スーダン国の 1978/79 年度の各需要別の使用割合は表 5-2 の通りである。

季節的な需要動向は 5～6 月に最大となり次いで 9～10 月に多く消費されており、12～1 月が最低となっている。

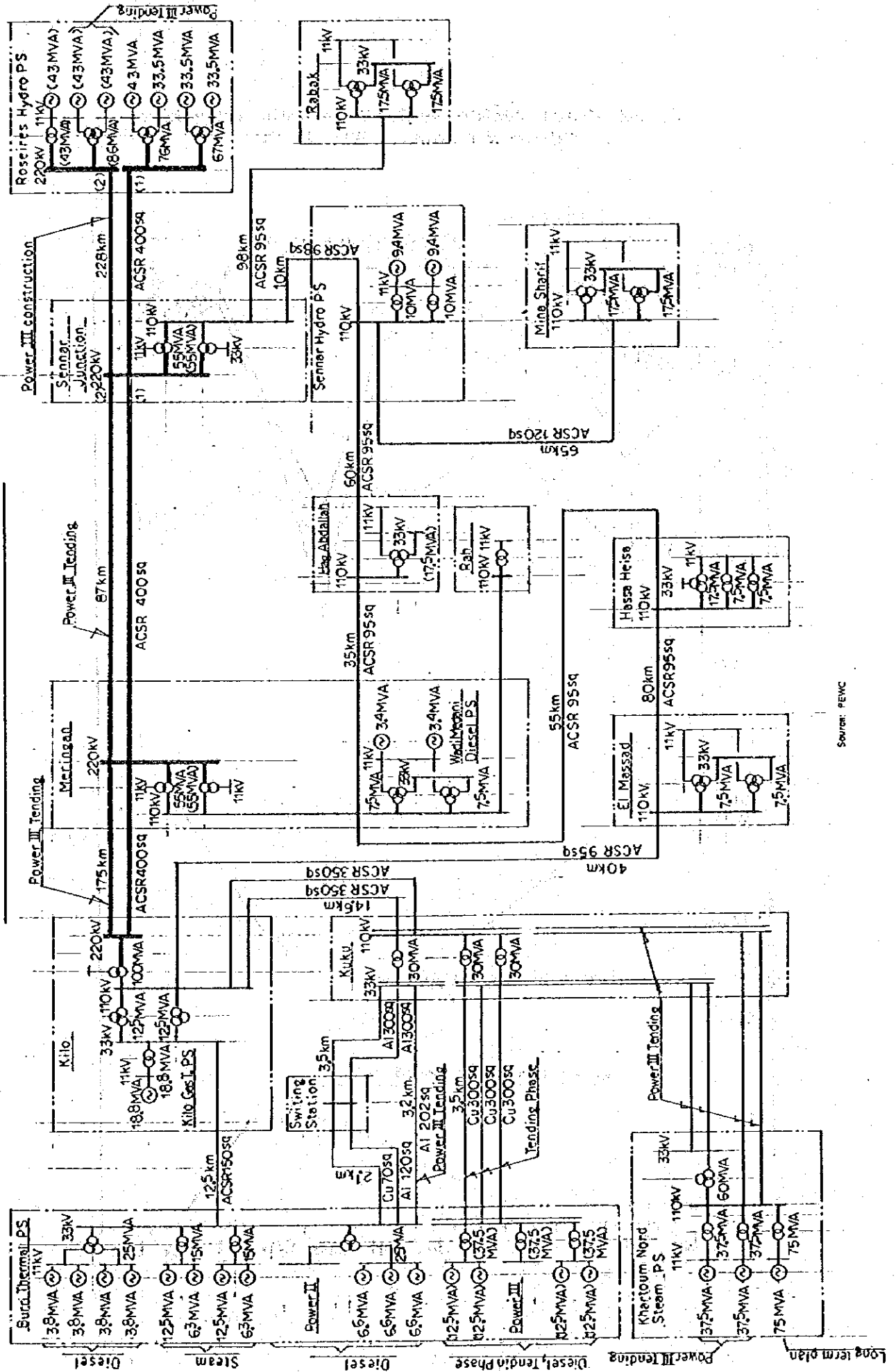
5～6 月に需要が増加するのは、冷房用のエアコンの使用増加と農産物加工産業の季節的稼働に起因している。9～10 月のピークは灌漑用ポンプがフル運転されるためである。

一日単位で見ると、家庭用需要は夕方に、工業用は午前中、それぞれピークが表われる。灌漑用のポンプは 18 時～21 時のピーク 3 時間を除いて、運転する様規制されている。しかし最近の急速な農業機械化の影響で午前中の電力需要が増加し、そのピーク対策のため同様な対策がとられつつある。

表 5-2 需要種別消費実績 (1978/79)

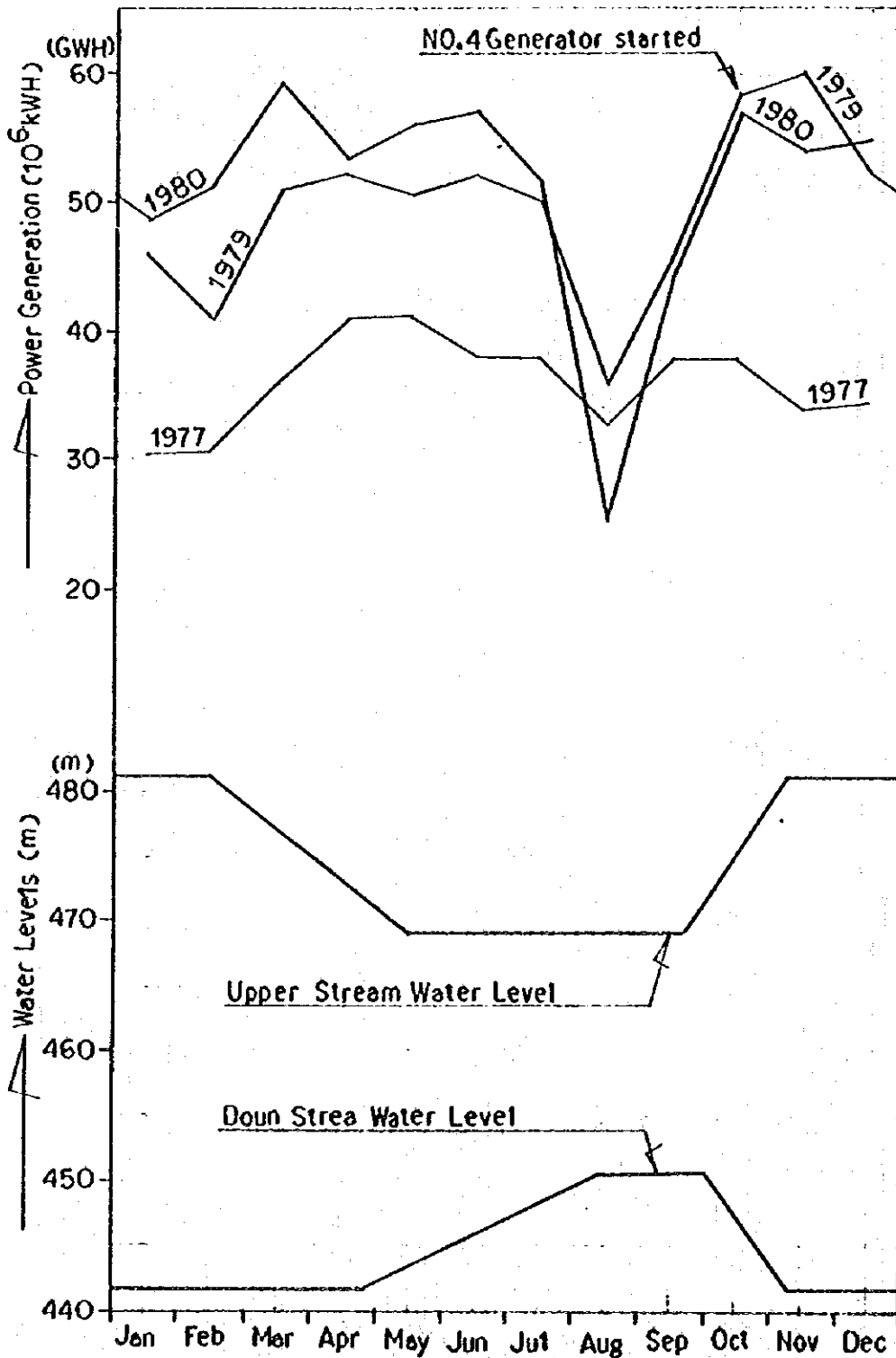
	Total All System		Blue Nile Grid	
	GWH	%	GWH	%
Residential	238	35	198	34
Industrial	279	41	265	44
Agricultural	82	12	76	13
Others	81	12	49	9
TOTAL	680	100	583	100

図 5-1 ブルーナイグレット単線図



Source: FEWC

Fig. 5-2 Monthly Power Generation at the Roseires Power Station and Upstream/Downstream Water Levels



停電事故は通例夏季に発生し、年間約 24 時間、1 回当りの時間は約 2 時間程度である。

このようにスーダン国の電力需給状況は、きわめてきびしい環境におかれているといわざるを得ない。

(3) 電力料金制度

スーダンの電気料金制度は、電力系統に合わせて需要別に決定されている。日本と同様に二部料金制、すなわち需要別に最大電力需要に対応する KW 料金、使用電力量の使用量に比例する KWh 料金に分けられている。

ブルーナイル・グリッドの重工業向電力料金は下記の様になっている。

- Demand rate¹⁾ : S£ 1.2/KVA
- Service capacity rate²⁾ : S£ 0.4/KVA

Rate based on power consumption

- For the critical months (Marth through August)

Off-peak rate : 7 ~ 14°, 18 ~ 22°;
S£ 0.025/KWH

Peak rate : S£ 0.057/KWH

- For the other months (September through February)

Off-peak rate : 7 ~ 14°, 18 ~ 22°;
S£ 0.0155/KWH

Peak rate : S£ 0.0375/KWH

Notes: 1) The maximum KVA for 30 minutes during the peak time.

2) KVA required for the maximum load equipment under a contract between PEWC and the user.

1-2 電力需給想定

(1) 需要予測

PEWCで作成した 1980 Development Plan for Electricity によればスーダ

ソ国の電力需要は表5-3, 5-4の如くめざましい伸びが想定されている。

表5-3 発電容量予測 (GWH)

	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86
Blue Nile	747	860	1,039	1,204	1,372	1,475	1,590	1,729
Others	108	190	243	300	338	373	408	470
TOTAL	857	1,050	1,282	1,504	1,710	1,848	2,014	2,199

表5-4 最大負荷予測 (MW)

	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86
Blue Nile	137	162	204	236	269	287	312	340
Others	28	42	64	68	77	85	95	107
TOTAL	165	204	268	304	346	372	407	447

又、各需要分野別の伸びは表5-5の如く各分野とも年率10%前後の高い伸び率が想定されている。

① 特に産業と農業部門の伸びが著しい点が注目される。

表5-5 需要種別電力消費予測 (GWH)

	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84
Residential	206	224	245	264	280	297	315
Industrial	226	293	384	454	525	567	612
Agricultural	106	212	238	270	285	305	325
Others	48	63	68	64	70	77	85
TOTAL	584	782	925	1,052	1,160	1,245	1,337

(2) 供給力増強計画

前記の様な需要増加にともなって発電力と送電線の増強計画が策定されている。
1980 Development Plan for Electricityによれば 発電容量の今後の見通しは表5-6の通りである。

表5-6 発電容量増強計画

System	Output Capacity (MW)						
	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86
Blue Nile	189	207	209	288	347	385	385
Others	37	64	82	93	98	98	96
TOTAL	226	271	291	381	445	483	481

ブルーナイルグリッドで計画されている発電所の増設計画は下記の通りである。

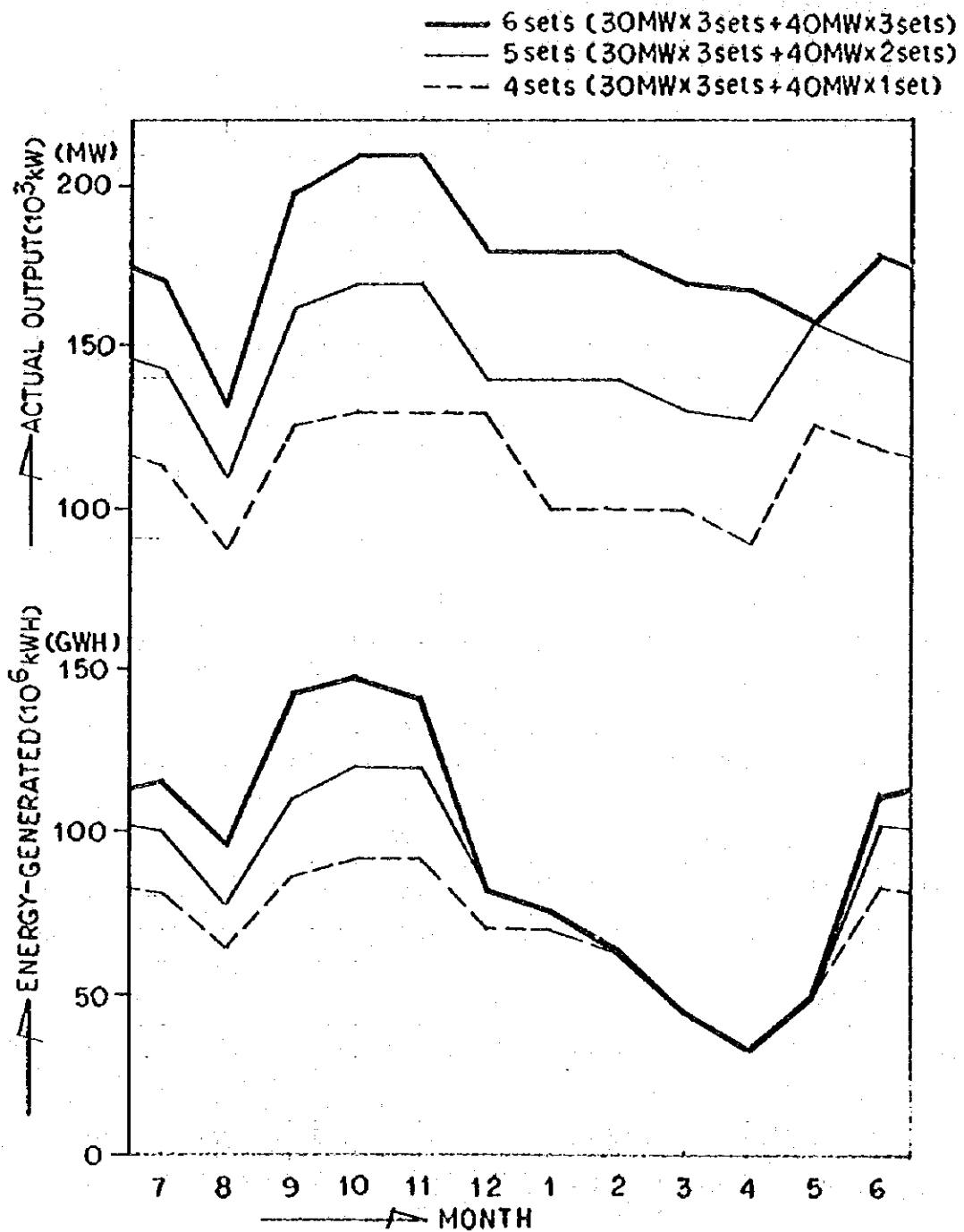
年	発電所	MW
Jan. 80	Burri Diesel	3 × 5
Mar. 82	Burri Diesel	4 × 10
Mar. 82	Kh. N. Steam set 1	30
Apr. 83	Kh. N. Steam set 2	30
Apr. 83	Er Roseires set 5	40
May 84	Er Roseires set 6	40

この内ロセイレス発電所の4, 5, 6号機増設後の同発電所の月別の出力と発生電力量は図5-3の通りで増設後も12~5月の発生電力量はほとんど増加していない事が注目される。

ロセイレス発電所の年間総発電量は表5-7の通りで発電機増設後の発電量の増加の度合がすくない事が注目される。

特に4号機増設後の1980年(1月~12月)の発電量は計画発電量の75%で5, 6号機増設後の発電量についても計画通りの発電量が確保できるか疑問である。

Fig. 5-3 Monthly Output and Power Output of the Roseires



Source: 1980 Development Plan for Electricity "PEWC"

表5-7 ロゼイレス発電所増設計画出力比較表

Item	3 x 30 MW	3 x 30 + 1 x 40		3 x 30 + 2 x 40	3 x 30 + 3 x 40
	Act.	Act.	Est. *	Est.	Est.
Year	1977	1980	-	-	-
GWH	435	611	815	967	1,096

*Estimated based on water data and assumptions in power III project report.

1-3 フェロクロム製錬工場の電力需要

フェロクロム製錬工場の操業は連続操業であるため、その電源は安定性のある供給信頼度の高いものが要求される。

今回検討されている両案の電力需要量は表5-8の通りである。

表5-8 フェロクロム製錬工場建設に伴う電力需要

Description	Unit	Case A	Case B
Ferrochrome Production	t/yr.	7,000	15,000
Electric Power Requirements for Facilities (max.)	KVA	6,700	15,500
Hourly Power Consumption	KWH	4,500	10,000
Breakdown	KWH		
For furnace		4,000	9,000
For attachments		500	1,000
Annual Power Consumption	GWH	32.6	72.3

1-4 製錬工場への電力供給と周辺の電力事情

製錬工場のプラントサイトより約6kmの地点にスーダン国最大のロゼイレス水力発電所があり製錬工場はそこより供給を受ける事になる。ロゼイレス水力発電所の年間発電量は前述の如く1981年現在で約610GWhでありさらに83年以降5,6発電機増設後は、900~1,000GWhに増加見込まれておるので、この程度のフェロクロム製錬工場の電力需要量であれば、

その供給にそう大きな困難がないと考えられるが、しかし前述の如くロゼイレス発電所の出力の季節的変動が大きく且つ一般需要の伸びが著しいため電力不足の月のピーク時間の供給については、より詳細な検討対策が必要であろう。

1-5 フェロクロム製錬工場受電計画

前記の如くロゼイレス発電所から受電する場合の受電方式につき検討した結果、送電ロスを考慮して次の計画を立案した。即ちケースAについては、図5-4に示す如くロゼイレス発電所より11KVの送電線6Kmで製錬工場迄送電する。

ケースBについては図5-5に示す如くロゼイレス発電所傍の220KV開閉所より220KVで受電しそれを220/33KV 18,000KVAのトランスで33KVにドロップした後工場迄送電する。工場受電設備として電炉トランス、動力用トランスを設置する。

1-6 電力コスト

PEWCより買電する場合の電力コストは前述の料金表を適用して試算した結果は表5-9の通りで、ケースA、Bとも殆んど差のない結果となった。

今回の試算は、年間操業日数を両案とも300日とし65日(6月28日~8月31日)は炉修期間と見込んでその期間は各100;200KWの動力のみ使用して電力コストを試算した。

しかし、本フェロクロムプラントは現行料率の範囲を越える大口需要家のため特定料金制度の導入が当然考えられるので今後検討が必要であろう。

2. 工業用水

2-1 工業用水の概要

(i) ブルーナイル川

ブルーナイル川はエチオピアの高原に水源を発しスーダンに流れ、カルツームで東アフリカ高原にある湖沼地帯を水源として、南からスーダンに入るホワイトナイル川に合流、それから下流がナイル川となり、スーダン、エジプトを従断して地中海にそそいでいる。ブルーナイル川はナイル本流の水量の約7分の4を供給している。

図5-4 フェロクロム製錬工場受電系統図 ケースA

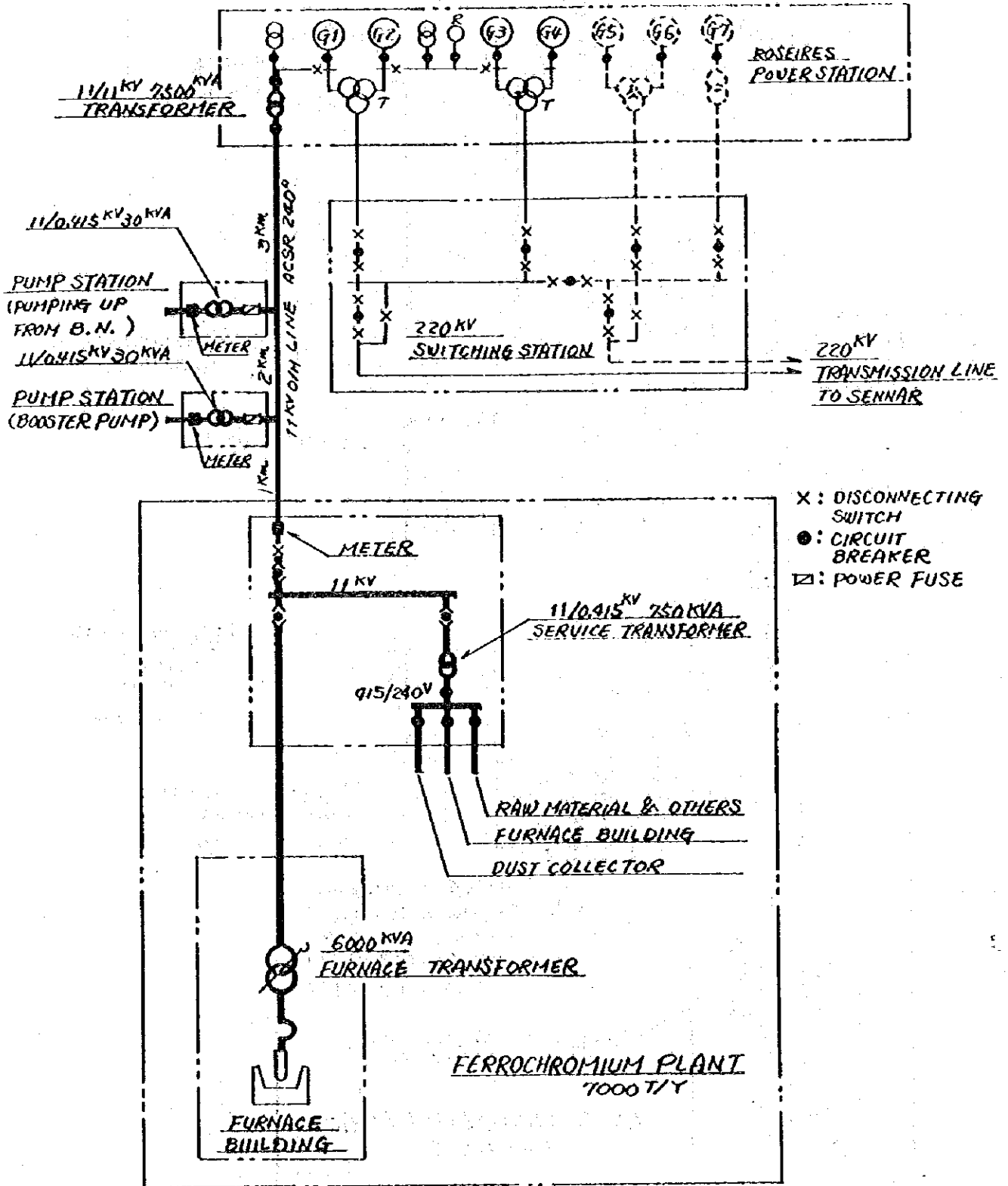
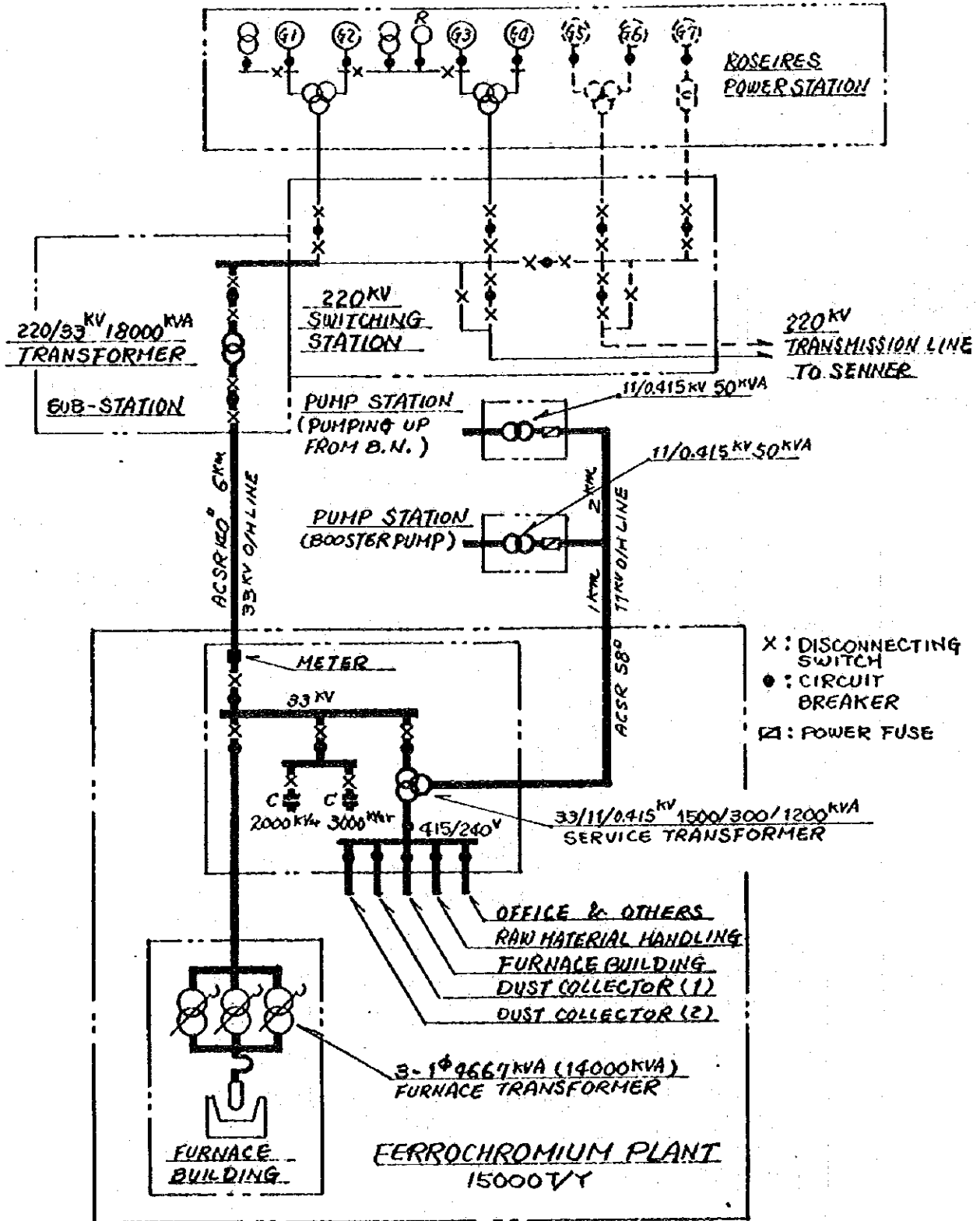


図5-8 フェロクロム製錬工場受電系統図 ケース B



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

Service Capacity Charge	$S\text{€}0.4 \times 15,000 \text{ KVA} \times 12 \text{ months}$	= S€ 72,000.00
Demand Charge		
– Operation (10 months)	$S\text{€}1.2 \times 12,000 \text{ KVA} \times 10 \text{ months}$	= S€ 144,000.00
– Repair (2 months)	$S\text{€}1.2 \times 500 \text{ KVA} \times 2 \text{ months}$	= S€ 2,400.00
KWH Charge		
– Critical Season (Mar. 1 ~ Jun. 27) (operate)		
Peak hour	$S\text{€}0.057 \times 10,000 \text{ KW}$ $\times 119 \text{ days} \times 11 \text{ hrs.}$	= S€ 746,130.00
Off-peak hour	$S\text{€}0.025 \times 10,000 \text{ KW}$ $\times 119 \text{ days} \times 13 \text{ hrs.}$	= S€ 386,750.00
– Critical Season (Jun. 28 ~ Aug. 31) (repair)		
Peak hour	$S\text{€}0.057 \times 200 \text{ KW} \times 65 \text{ days}$ $\times 11 \text{ hrs.}$	= S€ 8,151.00
Off-peak hour	$S\text{€}0.025 \times 200 \text{ KW} \times 65 \text{ days}$ $\times 13 \text{ hrs.}$	= S€ 4,235.00
– Other Seasons (Sept. 1 ~ Feb. 28) (operate)		
Peak hour	$S\text{€}0.0375 \times 10,000 \text{ KW}$ $\times 181 \text{ days} \times 11 \text{ hrs.}$	= S€ 746,625.00
Off-peak hour	$S\text{€}0.0155 \times 10,000 \text{ KW}$ $\times 181 \text{ days} \times 13 \text{ hrs.}$	= 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)

ホワイトナイル川は残りの約7分の3を占め、流量が年間を通じてほぼ一定である。ブルーナイル川は通常6月に水位が上り始めて9月始めに最高となり、その後徐々に下降し5月に水位が最も低くなる。年間の流量の約60%は8月～9月の2ヵ月間に流れ、乾期の6ヵ月間（12月～5月）には僅か7%しか流れない。流量はロセイレスダム下流で最高3,300万トン/日最低100万トン/日と言われる。

計画中のフェロクロム製錬工場には、電気炉に冷却用として用水が必要である。ロセイレスダム下流約4Km地点より取水して工場冷却水に充当する。

(2) 水質

工業用水の主用途は冷却水である。ブルーナイル川の水質を表5-10及び表5-11に示した。冷却としての要求成分値に対し、原水の場合、濁度と全硬度が問題になる。濁度は洪水時4,000から7,000ppmに達するといわれており、要求値50ppmにするため、沈澱池及びろ過装置が必要である。全硬度は要求値50ppmに対し、原水及び処理水で100ppm前後である。この程度の数値では実用上支障がないので本計画では原水中の懸濁固形物を沈澱除去の上、工業用水として使用することで計画した。

2-2 取水計画

ダマジンには生活用水があり、取水源はブルーナイル川である。10月から6月までの9ヵ月間は、ロセイレスダムえん提の標高467m位置に、えん提を貫通して取付けてある200%φのパイプより取水を行い、約650m 200%φの配管を通して標高455mに位置するブースターポンプステーション (Booster pumping station) 内のサブタンクに自然落差で給水する。7月から9月までの3ヵ月間は、ダムえん提取水孔に土砂が堆積し、取水不可能となるので、この期間はダム下流約400mのブルーナイル川からポンプにて取水して、サブタンクに給水する。ブルーナイル川水位は10m範囲で変動するのでポンプ位置を状況に応じて移動する。ブースターポンプステーションから約3Km離れている用水処理設備内のプールまで配管を通して供給する。用水処理設備には原水槽、沈澱槽、ろ過機、処理水槽(500m³)がある。設備能力は1日当たり800m³でダマジン地区住民に供給しているが不足である。生活用水価格は、立方当たりS£0.175である。

将来ロセイレスダムえん提にある未使用の200%φ孔より取水計画があるが、生活用水を目的としたものであり、本設備計画の冷却用水には使用出来ない。従って別途取水設備を計画した。

ロゼイレスタムより約4 Km下流のブルーナイル川の取水に適した個所より水中ポンプで取水、川端に設けたストックタンクに供給する。ここよりポンプで配管を通してプラント内沈澱槽に供給する。

表 5-10 ブルーナイルの水質

	As of March 10, '59	As of Feb. 4, '60
Water Temperature (0°C)	27	27
pH	8.1	8.1
Dionic Reading	130	180
Total Dissolved Solids (ppm)	135	140
Total Hardness (CaCO ₃)	72	118
Total Alkalinity (CaCO ₃)	90	120
Calcium (Ca)	21	43
Magnesium (Mg)	5	2
Silicate (SiO ₂)	10	15
Sulphate (SO ₄)	10	10
Chlorite (Cl)	6	6
Nitrate (N)	0.8	0.8
Ammoniacal Nitrogen (N)	0.04	0.06
Albuminoid Nitrogen (N)	Nil	0.32
Dissolved Oxygen	6.1	7.5
Biochemical Oxygen Demand	2.4	1.1

- Remarks:
- 1) Water was sampled at a bridge across the Blue Nile between Damazin and Roseires.
 - 2) Ammonia nitrogen recorded up to 0.06 ppm as N.
 - 3) Albuminoid nitrogen recorded up to 0.32 ppm as N.
 - 4) Calcium hardness recorded as low as 10 ppm as Ca but with corresponding increase in magnesium.

Source: Tender Estimate for Power Plant Vol. 2.

3. 運 輸

3-1 道 路

(1) スーダンの道路の現状と将来の計画

スーダン民主共和国はアフリカにおける最大の面積を有する国（日本の約6.8倍）であるが、1,500Km余の舗装道路を有しているに過ぎない。しかもその大部分は首都カルツーム周辺及びスーダン唯一の港であるポート・スーダンとを結ぶ道路である。

その他の道路は20,000Kmに及ぶ土道（track）と呼ばれる原始的な道路である。そしてこの土道の大部分は雨期の半年間ほとんど車の通行が不可能である。

スーダンにおける道路網を図5-6に示す。

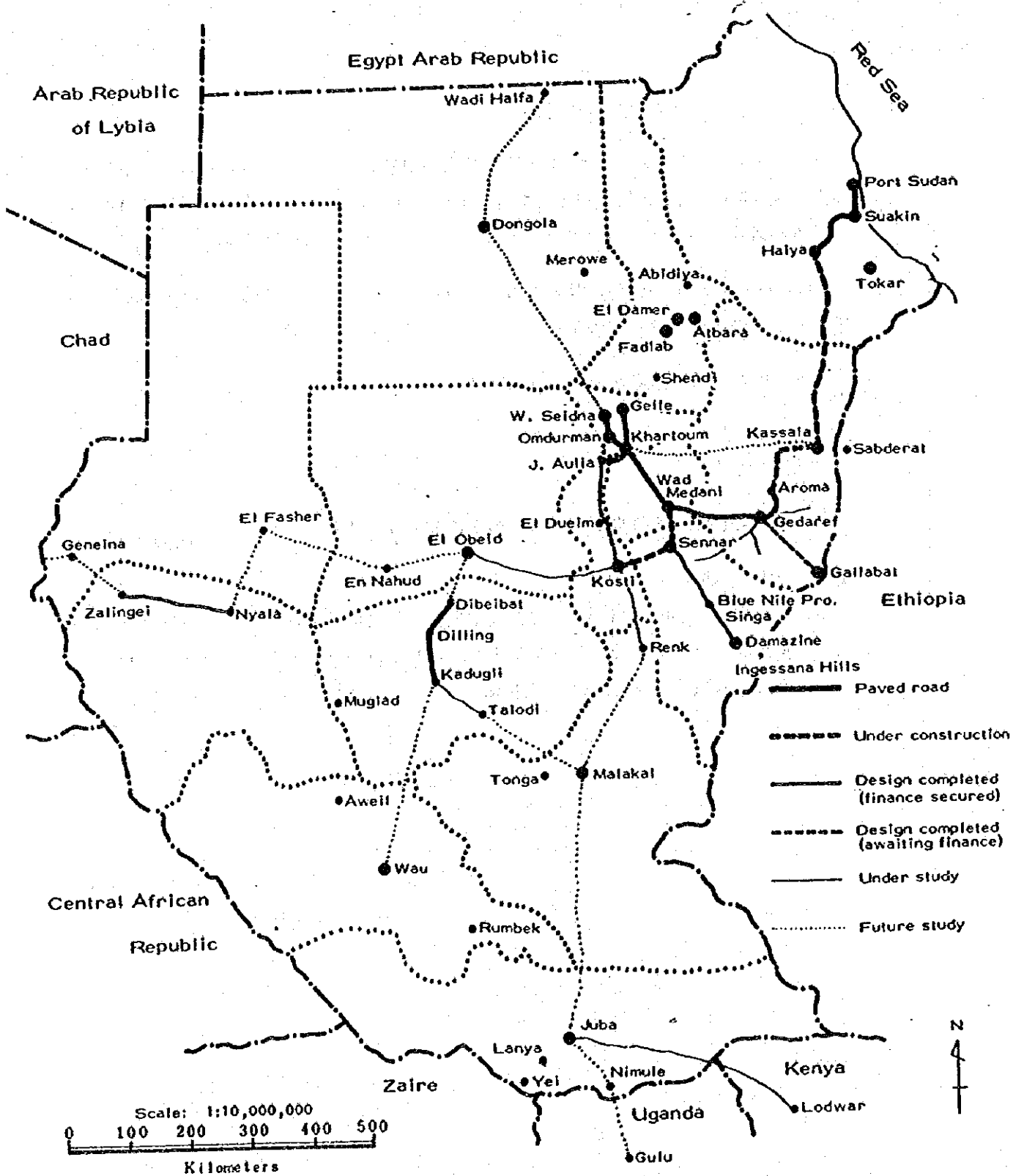
(2) 道路網の構成

スーダンの道路は、その重要度から次の2種類に分類される。

1) 幹線道路

都市間、都市と港または都市と農業生産品等集荷地間とを結ぶ重要な道路で、中央政府が直轄で建設、維持管理する。これに直接管理するのは“Road and Bridges Corporation”である。

Fig. 5-6 Road map in Sudan



1) 既存道路 (舗装道路)

Name of Road	Distance (Km)
Khartoum North/EI Kabashi/EI Geile	42
Khartoum North/Jebel Aulia	36
Omudruman/Wadi Saidna	22
Khartoum/Wad Medani	187
Wad Medani/Gedaref	227
Gedaref/Kassala	217
Kassala/Haiya	350
Haiya/Suakin/Port Sudan	206
Ed Dibeibat/Dilling/Kadugli	186
Wad Medani/Senner	107
TOTAL	1,580

2) 工事中の道路 (舗装道路)

Name of Road	Distance & Description (Km)
Senner/Singa/Damazin	233
Nyala/Kas/Zalingei	210
Jebel Aulia/EI Dueim	158
EI Obeld/Ed Dibeibat	Only improvement
EI Fasher/Nyala	217
EI Dueim/Rabak	110
Reinforcing of Wad Medani/Khartoum Ondurman/Dongola	(83) Only improvement
TOTAL	928

3) 現在検討中の道路

Name of Road	Distance & Description (Km)
Kadugli/Talodi El Geite/Sheudi Juba/Kopoeta/Loduor (Sudan/Kenya, Total 580 km long of which 335 Km in Sudan side.) Kositi/Umm Ruwaba	90 Under feasibility study Under feasibility study

Source: Road and Bridges Public Corporation.

2) 地方道路

幹線道路から離れた小都市や諸生産物の中心地へのアクセスとして機能するもの、又は小都市や町村間を結ぶ道路で州政府が建設、維持管理する。地方道の大部分は土道であるが、砂利道として改良された道路もある。これ等の地方道路のうち幹線道路へのアクセス道路 (Feeder Road) 400Km 分は幹線道路に格上げされ6カ年計画内に改良道として着工される予定である。

(3) 道路の構造

幹線道路は、すべて2車線である。

舗装道路はアスファルトにより舗装されている。道路巾はアスファルト部7.0m、路肩巾3.0m (1.5m × 両側) で、合計10.0mの巾を持つものが標準である。なおアスファルト舗装の厚さは7cm～8cmとなっている。

重量制限は軸荷重 (Axle load) 9.0トン、速度制限は100Km/hrとなっている。また高さ制限は4.8mで、幅制限3.0mである。特殊な荷物を運搬する場合には、警察の許可を必要とするが、道路にはトンネルはなく、橋梁はすべてオープンとなっている。しかしながら市街地の電燈線などの障害物を考慮する必要がある。

ポーツーダン～カルツーム間は、舗装道路の完成に伴ない30トン型トレーラーの使用が急増している。なお運賃はトン当たりS£50～S£60である。

(4) ポートスーダン～ダマジン間の道路

ポートスーダン～ダマジン間の道路状況は次の通りである。

Name of Road	Distance (Km)	Payment Condition
Port Sudan/Haiya	206	Asphalt
Haiya/Kassala	350	Asphalt
Kassala/Gedaref	217	Asphalt
Gedaref/Wad Medani	227	Asphalt
Wad Medani/Senner	107	Asphalt
Senner/Singa	58	Asphalt pavement will be completed by June, 1981.
Singa/Damazin	175	Asphalt pavement will be completed within 1982.
TOTAL	1,340	

ポートスーダン～ダマジン間の道路延長は 1,340Km であるが、このうちポートスーダン～シンナール間の 1,107Km はすでにアスファルト舗装されている。シンナール～シンジャ間 58Km は現在工事中で 1981年6月までにアスファルト舗装が完成することになっている。また、これに引続きシンジャ～ダマジン間は 1982 年中にアスファルト舗装される。

(5) ダマジン～インゲサナ・ヒルズ間の道路

フェロクロム製錬工場の建設が計画されているダマジンから、フェロクロムの主原料

Name of Road	Distance (Km)
Damazin/J. Agadi	33
J. Agadi/J. Buk	38
J. Buk/Gam (Ingessana Hills)	37
TOTAL	108

であるクロム鉱石の生産地インゲサナ・ヒルズまでの道路は従来地方道であったが、これがアクセス道路 (Feeder Road) に格上げされ、この建設が決定している。(6カ年計画に入っている)

このアクセス道路は更に南下しエチオピアとの国境の町クルムックまで延長が計画されている。またこの道路はインゲサナ・ヒルズを一周することも考慮されている。

このアクセス道路の構造はアスファルト舗装部の巾員 5.0m、路肩 3.0m (1.5m × 両側) である。

(6) 道路輸送

スーダンにおける道路輸送は種として民間企業により行なわれている。

インゲサナ・ヒルズのジャム鉱山で生産されるクロム鉱石も、ジャム鉱山から鉄道のあるダマジンまでの輸送は、6トン~25トン積トラックにより民間が行っている。(この運賃は10.5 £S/トンである)

3-2 鉄 道

(1) スーダン鉄道の現状

スーダンの鉄道はすべてSudan Railways と称される国営公社により運営されていて、その路線延長は 4,756Km で、全線軌間 1,067mm の単線である。スーダン国内の輸送システムはこの鉄道と、主としてナイル川による 1,723Km の水路、20,000Km の道路および僅かの空路とから成るが、内航水運は、そのルートが局限されていること、道路は整備が極めて遅れていることから、貨物輸送は大きく鉄道に依存している。

1970 - 77年間の各都市間の物流状況は表 5-12 に示す通りである。

路線網は次の通りである。(図 5-7 参照)

- 1) カルツームから北方のアトバラを經由して紅海沿岸のポート・スーダンに至る線、およびエジプト国境に近いワディ・ハルファとカリマに至る線
- 2) カルツームからセンナールを經由して西方のエル・オベイド、ニヤラおよびワウに至る線

表 5-12 モータ別都市間輸送量 (1970-77年)

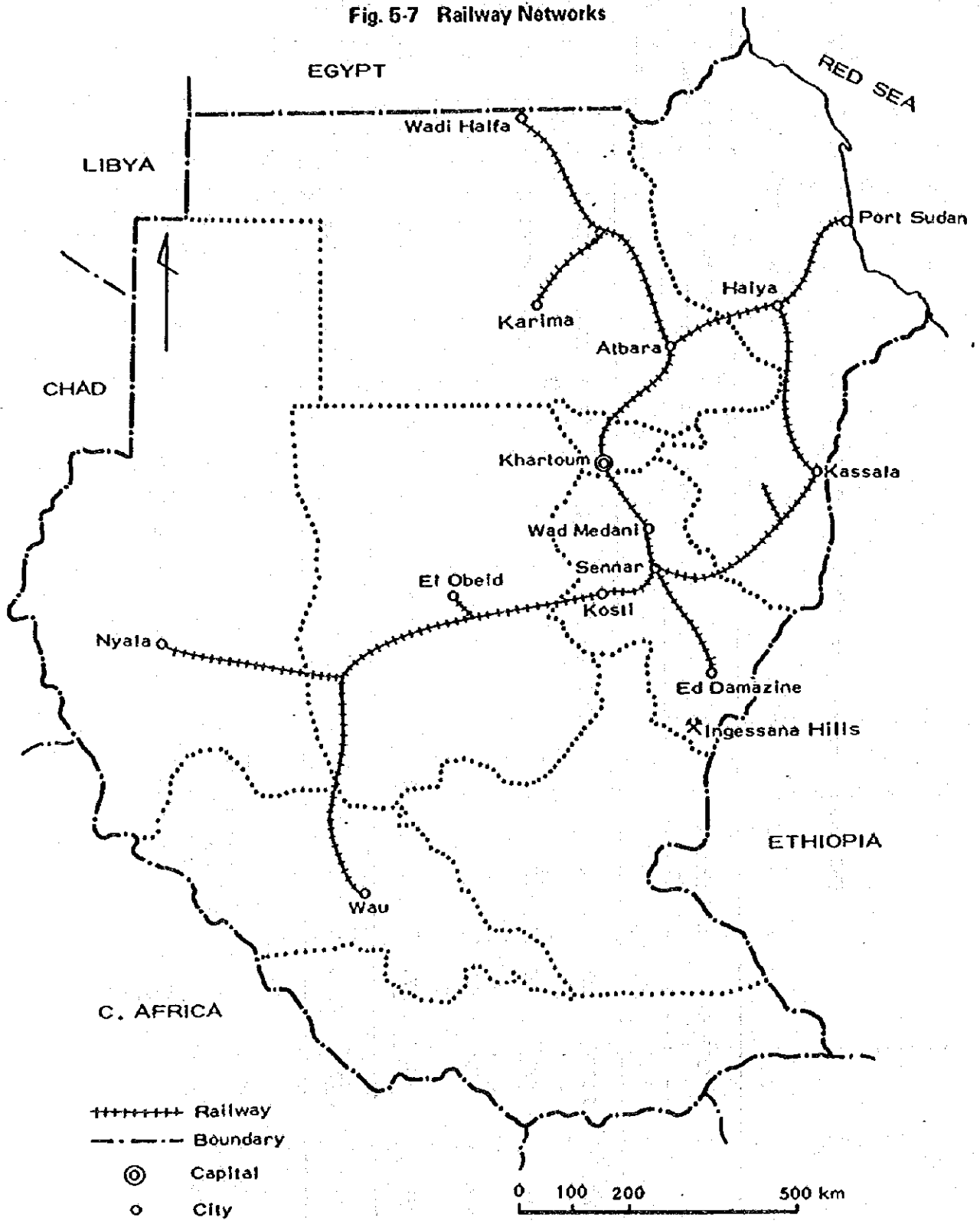
(Unit: in million S£)

	1969/1970		1970/1975		Five Year Plant Targets		Five Year Plan Achievements		Five Year (Expected) Traffic		Extended Five Year Plan Growth	
	T	P	T	P	T	P	T(%)	P(%)	T	P	T(%)	P(%)
Rail	2,697	1,014	2,274	1,102	4,000	1,170	57	94	2,800	1,150	4	13
Roads	922	3,480	2,454	5,840	-	-	-	-	3,787	6,000	311	72
River	80	72	82	88	117	101	70	86	83	88	4	22
Air	2	134	8	286	-	190	-	150	8	570	300	325
TOTAL	3,701	4,700	4,828	7,316	4,117	1,461	117	-	6,678	7,808	80	66

Remarks: T Ton-Km including freight only.
P = Pass-Km

Source: The Six Year Plan of Economic and Social Development 1977/1978 - 1982/83.

Fig. 5-7 Railway Networks



- 3) カツサラを経由してセンナールとハイヤを結ぶ線
- 4) センナールからダマジンに至る線
- 5) その他の短い支線

(2) 鉄道の問題点

スーダンの鉄道には次の問題点がある。

- 1) スーダン国鉄は営業収支が赤字である。
- 2) 軌道が貧弱である。
 一般にバラスを使用せず、路盤に直接まくら木を設置している。
 路盤の高さが低く、まくら木の端から路肩までの長さが短い区間が多い。

表 5-13 スーダン国鉄の軌道規格

Line Section		Standards of Track
Rail	Port Sudan Khartoum Sennar	90 lbs.
	Others	75 or 50 lbs.
Sleeper	Entire Lines	Sleeper (iron sleeper is seen used in some line section.)

Source: Sudan Railways.

- 3) 通信設備
 各停車場間には専用電話が設置されているが、施設の老朽化により、ほとんど使用されていない。
- 4) 車 輛
 列車はすべて機関車けん引であり、車輛は機関車、客車、貨車のみである。動力方式としては、ディーゼル化が進んでおり主要線区は殆んどディーゼルけん引となっている。蒸気けん引はダマジン～センナール間ならびにババノ～サーワウ間に残っているに過ぎない。

機関車のほか、客車、貨車共にかなり不足している。

- 5) 以上の問題点以外にも多くの問題をかかえているが、これ等を解消すべく6カ年計画は表5-14に示す通り計画されている。

表5-14 6カ年計画における鉄道への投資計画

(Unit: in million S£)

Name of Project	Total Cost	Six Year Plan Allocations
On going projects	Nil	Nil
New projects		
Track Improvement		
1. Doubling Port Sudan-Haiya Section	26.00	15.00
2. Damazin-Senner Section	13.00	5.00
3. Re-sleeping Kassala Line	3.00	3.00
4. Signalling & Communication	3.00	3.00
5. Crossing Section	2.80	2.00
6. Conversion of Halts	0.65	0.65
7. Plant & Machinery	0.75	0.75
8. Modifications to Rolling Stock	1.50	1.50
9. Workshops & Workshop Facilities	4.00	2.00
10. Building & Artificial Installation Rolling Stock Requirements	2.00	1.00
11. Procurement of Freight Wagons,	20.00	20.00
12. Procurement of Locomotives	15.00	15.00
13. Block Allocation for Providing Additional Capacity	9.47	9.47
TOTAL Railways	101.17	78.37

Remarks: The above table is the list of projects included in the Six Year Plan Transport Public Sector Investments.

(3) ポート・スーダン～ダマジン間の鉄道

ポート・スーダン～ダマジン間はアトバラ～カルツーム経由の場合、その距離は、1,286Kmであるが、カッサラ経由の場合は1,134Kmであり、152Km短縮されることになる。

カッサラ経由のルートは今迄の輸送実績が極めて小さいが6カ年計画の後期には、輸送量はアトバラ経由とほぼ同量に達すると予測される。したがってフェロクロムの輸送や

この原料であるボーキサイトやコークスはカッサラ経由となる。

フェロクロム製錬工場の建設資材・原料および製品の輸送については次の事項に注意せねばならない。

- 1) シンナール～ダマジン間のレールは50㍔であり、このためこの軸荷重(axle load)は12.5トンである。したがって重量制限は4車軸の場合で12.5トン×4=50トンとなっている。これは貨車重量を含めたもので実荷重量は40トン以下となる。
- 2) 荷物の輸送に先立ち、あらかじめSudan Railways に輸送計画を提出し貨車の割当を受けなければならない。貨車はかなり不足しているので十分この点を考慮してかからねばならない。
- 3) 運賃の割引制度は現在いかなる一般の輸送についても適応されない。
- 4) 現在クロム鉱石の運賃はダマジン～ポートスーダン間、30トン無がい車でS£742.05(トン当りS£24.735)である。ただし積込み、積下ろし費用は含まれていない。

(Unit: 1,000t)

Line Section	Distance (Km)	Traffic Volume	
		'75/'76	'82/'83
Port Sudan/Haiya	205	2,358	4,334
Haiya/Atbara	271	1,986	2,765
Atbara/Khartoum	313	1,976	2,285
Khartoum/Senner	270	837	2,285
Senner/Damazin	227	93	163
Total of line distance via Atbara & Khartoum	1,286		
Haiya/Kassala	247	372	2,310
Kassala/Senner	455	341	2,176
Total of line distance via Kassala	1,134		

(4) フェロクロム製錬工場の引込路線

引込路線計画をSudan railwaysに申請すれば現地調査の上予算を作成し、Sudan railways が建設する。

3-3 港 湾

(1) 港湾施設

ポート・スーダンには、スーダン唯一の港湾施設を有する港であり、スーダンの首都カルツームの北東650Km プラント建設地ダマジンまで鉄道（カフサラ経由）1,134Km の紅海に面した天然の良港である。

港湾 Main Quays と South Quays の2箇所があり荷役施設は表5-15, 5-16, 5-17 に示す。

ポートスーダン港平面を図3-8に示す。

(2) 港湾能力

船より荷卸しされる時の最大重量は通常15トンであるが、船のレベルによっては、75トンまで可能であり長さは40フィートまで良い。現在の荷卸し能力は輸入770T/D 輸出で739T/Dである。

ポートスーダン港に入港出来る船は吃水が35フィート、長さが最大900フィート（274,320mm）積載量は約15,000トンである。港湾での作業時間は、午前6時から午後2時であり、毎週金曜日及び祭日は休みである。

(3) 荷卸状況

岩壁まで引込線が敷かれてあり、貨車は船に横づけ出来るので本船からの荷卸からただちに、貨車ワゴンに積込み出来る。荷車ワゴンの手配は最低15日前に連絡しなければならない。又、現状では数が少なく調査は非常に困難な状況にある。荷車ワゴンには有蓋車、無蓋車があり容量は30～35トンで一日の荷積能力は10ワゴンである。荷卸用クレーンは5トンが主であるので積荷は5トンまでのものとすれば作業性が良くなる。

荷卸し能力は運搬を貨車及びトラックの手配によって決定するようであるから、貨車のみでは現状は手配がむずかしいのでトラック輸送も必要と思われる。

本船からの荷卸後1週間の指定期間内に荷物の搬出を行わなければ追加保管料支払の必要がある。又、荷卸し能力を考慮すれば1船当りの積載量は3,000トン以内にする事が理想的である。

保管倉庫は数多くあり，輸送スケジュールの関係で港湾付近にストックの必要がもしあったとしても，民間の貸倉庫が数多く有り，又建設中の処もありスペースは容易に確保出来，屋外保管もガードマン及びフェンスをつければ可能である。但しこの場合は横持費用及び土地使用量を支払う必要がある。

表 5-15 バース (BERTH) の寸法

No. of Berth	Length (m)	Depth (m)	Width (m)
1.2.3.4.5.5A	825.0	L.S.W.L 8.6	50.0
6.7	365.0	10.7	50.0
8.9	375.0	10.7	50.0
11	98.0	8.7	40.0
15	205.0	10.7	120.0
16	72.0	11.4	120.0
17.18	278.0	11.4	100.0

表 5-16 荷役設備

Equipment	Capacity (t)	Quantity
Quay Cranes	6	33
Quay Cranes	15	2
Mobile Cranes	6	3
Mobile Cranes	7	10
Mobile Cranes	14.5	13
Mobile Cranes	30	2
Mobile Cranes	20	1
Forklift Trucks	2	1
Forklift Trucks	2.1	10
Forklift Trucks	2.7	21
Forklift Trucks	3	55
Forklift Trucks	8.9	10
Forklift Trucks	10	13
Forklift Trucks	25	2
Tractor		30
Trailer		63
Shunting Locomotive		3
Truck		73
Tanker		6

図5-8 ポートスタン

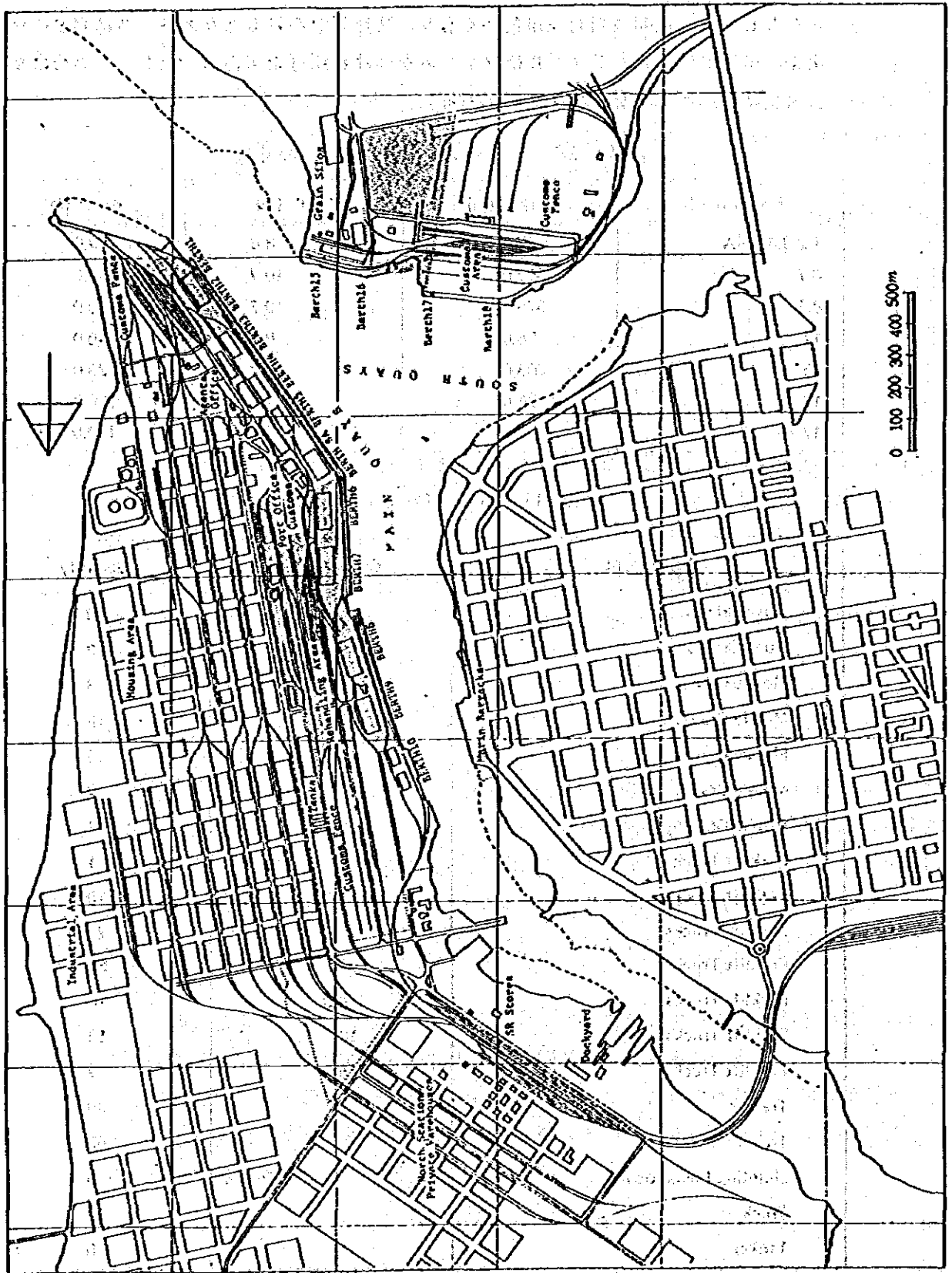


表 5 - 17 保管施設

Storage Area	Shed	Area (m ²)
Customs Zone	20 sheds	50,000
Privately-owned Sheds	112 sheds	460,000
Grain Silo	50,000 t	
Crude Tankage	70,000 t	
Open Storage Yard		485,000

(4) 関税

1) 建設関係の関税

一般機械類の現行輸入税

- Custom duty	:	40% of CIF value
- Defense charge	:	10% of CIF value
計		<u>50% of CIF value</u>

今プラント工事用建設機械及び一般機械類はスーダン政府の認可により特別処置として次の通りとなる。

- Custom duty	:	0%
- Defense charge	:	10% of CIF value
計		<u>10% of CIF value</u>

その他の港湾関車費用としては次の通りである。

- Sea port charge	:	) 16 piasters/t
- Portag storage	:	
- Quays	:	1.5% of CIF value
- Rent charge	:	Storage charge (outdoor)

<u>Storage period*</u>	<u>Charge (S£)</u>
~ 7 days	Free
7 ~ 10 days	1.75/t·day
11 ~ 20 days	2.75/t·day
21 ~ 6 months	4.00/t·day
Over 6 months	Confiscation without any refundment

Note: *Storage period means the number of days involved before the cargo was received from the shipping agent.

2) 原料及びフェロクロムの関税

コークス・ボーキサイト等の原料の輸入税は現行では次の通りである。

- Custom duty	:	10% of CIF value
- Defense charge	:	10% of CIF value
		<hr/>
		20% of CIF value

クロム鉱石の現行輸出税は次の通りである。

- Custom duty	:	10% of FOB value
- Defense charge	:	0%
		<hr/>
		10% of FOB value

フェロクロムの輸出税は実績なく不明である。