



アフリカ開発銀行



スーダン民主共和国

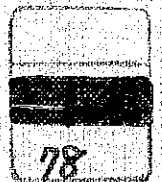
運輸省

道路橋梁公団

スーダン国道路建設計画  
フィージビリティ調査  
**EL OBEID—UM RUABA**  
ファイナル レポート

昭和53年3月

国際協力事業団





JICA LIBRARY



1063334[5]





アフリカ開発銀行



スーダン民主共和国

運輸省

道路橋梁公団

スーダン国道路建設計画  
フィージビリティ調査  
**EL OBEID—UM RUABA**  
ファイナル レポート

昭和53年3月

国際協力事業団	
金額	4100
円	7139
金額	828

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 22	415
	614
登録No. 13537	SDS

## 序 文

日本国政府はスーダン民主共和国及びアフリカ開発銀行の要請に応じて、中部スーダン、エル・オベイドーウム・ルワバ間の道路建設計画にかかるフェージビリティスタディーを行なうことを決定し、国際協力事業団がこれを実施した。

事業団はこのプロジェクトがスーダン国の東西幹線道路の一部を構成する重要なものであり、又日本国政府とアフリカ開発銀行との間で結ばれた技術協力プログラムに基づく第一回目のものであることからその影響の重要性を考慮し、昭和51年11月に事前調査団をスーダン国及びアフリカ開発銀行に派遣し、本調査の企画及び準備を行なつた。

これに基づき昭和52年3月から6月に亘り建設省関東地方建設局道路企画官、大野利幸氏を委員長とする作業監理委員と、奥田教朝氏を団長とする調査団を派遣し、現地調査を実施した。

その後、インテリム・レポート及びドラフト・ファイナル・レポートを作成し、スーダン国政府、アフリカ開発銀行及び調査団との間で協議を行ない、今般全ての作業を終了し、ここに最終報告書提出の運びとなつた。

今回の調査結果が、スーダン国の社会的・経済的發展に寄与するとともに、スーダン国及びアフリカ開発銀行と日本国との友好関係に役立つならばこれにまさる喜びはない。

終りに本件調査に御協力と御支援を頂いた関係各位に対して深甚なる感謝の意を表するものである。

昭和53年3月

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作





## 伝 達 状

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作 殿

国際協力事業団と三井共同建設コンサルタントとの契約に基く、スーダン民主共和国 El Obeid - Um Ruaba 道路のフイージビリティならびに、予備設計調査を終えまして、ここに、スーダン国北コルドフアン県にある上記の 134 Km の道路調査のファイナルレポートを御伝達申し上げます。

この調査対象路線は、同国の東西主要幹線の一部を構成する区間であつて、その起点 El Obeid は同国西部の経済・交通の中心をなしている重要な都市であります。

この調査の目的は El Obeid と Um Ruaba 間を結ぶ比較路線案を設定し、予備設計を行つて費用・便益分析を含む経済調査を行い、最適ルートを選定し、事業費を推定することです。

この調査は、航空測量を含めて、スーダン国内において 1977 年 3 月から約 3 ヶ月の間行われ、その後は収集された資料の分析・設計計画の策定・経済評価・報告書のとりまとめを日本国内で行いました。

現地調査中 4 名のカウンターパートスタッフが、又、日本国内での作業中は On - the - job training として 3 名のスタッフが 2 ヶ月ほどスーダン政府より指名され調査団に協力しました。

一方、これらの作業を進めるに当り、調査団は作業監理委員会および貴事業団担当者との間で会議を再再開催し、種々の問題について話し合いが行われました。又、インテリムおよびドラフトファイナルレポートへのスーダン

政府とアフリカ開発銀行のコメントは11月，2月にそれぞれ得ましたが、これらはこのファイナルレポートに組み込んでおります。更に、本報告書は作業監理委員会の承認を得たことを申し添えます。

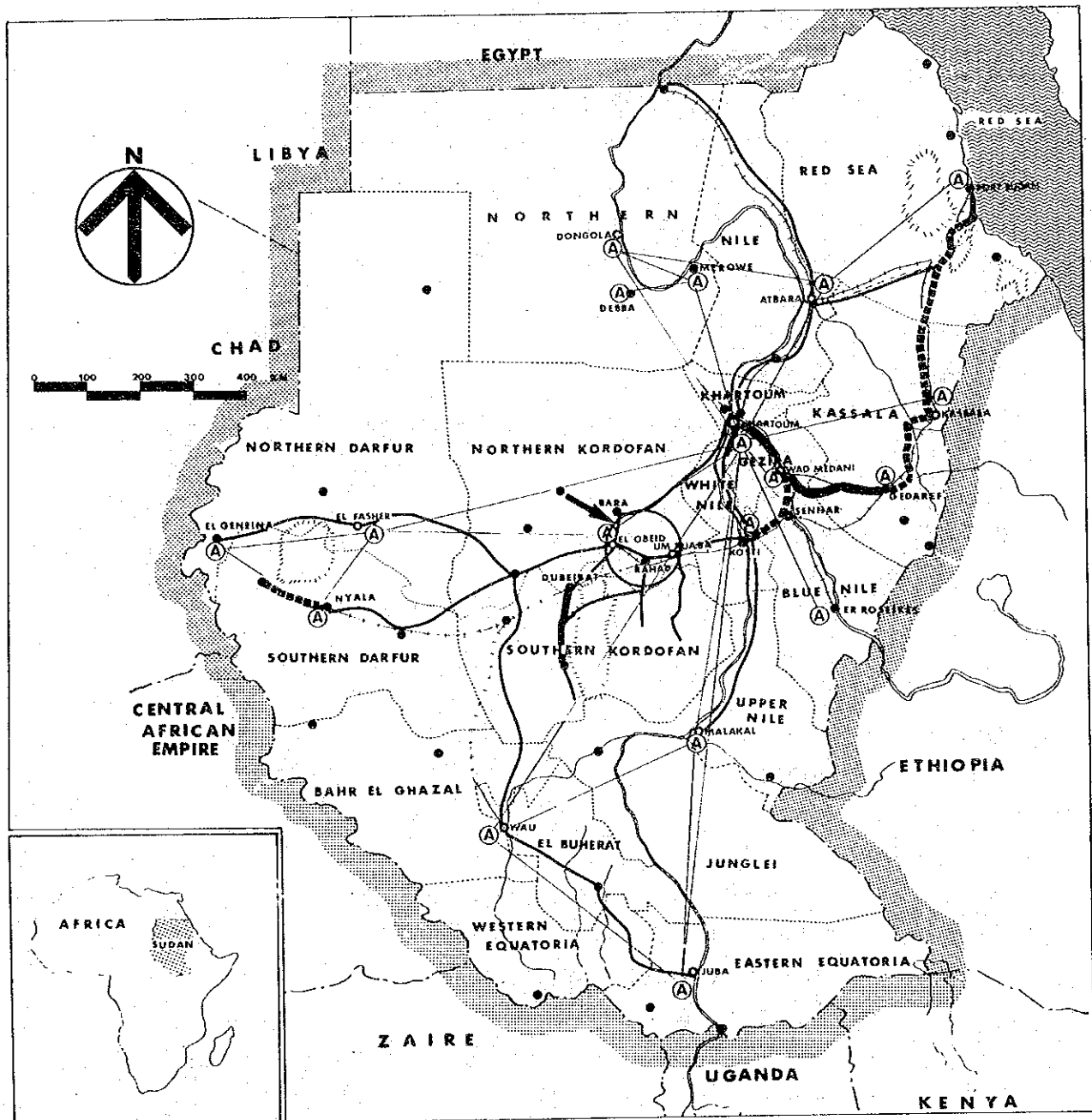
終りに、本調査の実施に対し多大なる援助と協力を賜わつた在スーダン日本大使館関係各位，スーダン民主共和国関係各位特に道路橋梁公団の諸氏に対し、衷心より感謝申し上げます。併せて、本報告書に基づき本改良計画が速かに実施に移されることを強く希望致します。

1978年3月



スーダン国道路建設計画調査団

団長 奥 田 教 朝

# THE SUDAN



## LEGEND

- |   |                          |   |                        |
|---|--------------------------|---|------------------------|
|  | PAVED ROADS              |  | INTERNATIONAL BOUNDARY |
|  | UNDER CONSTRUCTING ROADS |  | PROVINCIAL BOUNDARY    |
|  | EARTH ROADS              |  | MOUNTAINS              |
|  | RAILWAYS                 |  | PROJECT AREA           |
|  | AIRPORTS                 |   |                        |

略 語

1. AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials.  
ADB : African Development Bank  
ASTM : American Society of Testing and Materials  
JICA : Japan International Cooperation Agency  
MOC : Ministry of Construction of Japan  
RBPC : Roads and Bridges Public Corporation of the Sudan  
RRL : Road Research Laboratory  
UK : United Kingdom  
UN : United Nations
  
2. AC : Asphalt Concrete  
DBST : Double Bituminous Surface Treatment
  
3. ADT : Average Daily Traffic  
O-D, OD : Origin and Destination
  
4. J. : Jebel (Mountain)  
K. : Khor (River, Stream, Watercourse)
  
5. Max. : Maximum  
Min. : Minimum
  
6. US\$ : United States Dollar  
LS : Sudanese Pound (LS 1.000 = US\$2.52)  
PT : Piasta (Piasta 100 = LS 1.000)  
mm : Merrium (mm 1,000 = LS 1.000)
  
7. fed : Feddan (1 fed = 0.42 hectares, 100 fed = 0.42 km<sup>2</sup>)  
K : Kantar (1 kantar = 45 kg)
  
8. lb : Pound in Weight

## 要約と勧告

1. 調査の目的	i
2. 経緯	i
3. 結論	i
4. プロジェクトコスト	iv
5. 便益と経済評価	v
6. 勧告	vi



## 要 約 と 勧 告

### 1. 調査の目的

スーダン民主共和国はアフリカ大陸で最大の国土を持つ国である。広大な国土をカバーし、社会・経済発展の基盤として、効率のよい交通網の整備が急がれている。Kosti-El Obeid-El Fasherをつないで東西に走る幹線道路は早期に改良されるべき道路の1つである。El Obeidはスーダン西部の経済・行政そして交通の中心であり、人口10万を擁している。

当プロジェクト道路の計画範囲は、El Obeidから東に向いUm Ruabaまでであり、サバンの砂丘地帯を通過している。現在ある土道の走行条件は極めて悪く、走行費は高く、しかも利用者に不快な思いをさせている。

当道路計画の目的は、予備設計に基づいた道路建設計画の経済的可能性を調査することである。調査の過程で7本の代替ルートの検討を行ない、最終的にそれらの中から最適建設計画が提案される。

### 2. 経 緯

アフリカ開発銀行（ADB）、スーダン政府の道路橋梁公団（RBPC）、そして日本の国際協力事業団（JICA）によって作成された作業示様書に従い、経済および技術調査がスーダン国内で1977年3月より6月まで続けられた。実施した調査項目は、経済・交通・道路現況・土質骨材・測量・単価調査等にまたがっている。

帰国後、国内において現地調査結果を分析し、それらをもとに経済・技術検討を行い7本の代替ルートの中から第2案を最適ルートとして提案した。調査の第1段階、つまり現地調査から最適ルート選定までの詳細は、インテリムレポートにまとめられた。1977年11月中旬RBPC、ADBそしてJICAが参加して、スーダンのKhartoumでインテリムレポート討議の会議が開催された。

インテリムレポートの内容は、基本的にRBPCとADBに受け入れられた。会議において、RBPCとADBから提案やコメントが調査団へ提示された。これによるインテリムレポートの修正と第2段階の作業は平行して行われ、ドラフトファイナルレポートに折込まれた。段階施工・舗装構造・小区間におけるバイパス等の比較検討を行ない、最適建設計画案を決定した。ドラフトファイナルレポートは、1978年2月、RBPCとADBへ提出された。そしてドラフトファイナルレポートへのコメントはこのファイナルレポートに組み込まれている。

### 3. 結 論

経済評価によって決定された最適ルートとその最適建設計画案の概要を示す。建設工事は3つの工区からなる。

### 3-1 最適ルート

	工区 I	工区 II	工区 III	全区間
距離：本線 (Km)	46.00	40.50	46.95	133.45
取付道路 (Km)	—	1.53	1.04	2.57
ルート：	工区 I El Obeid-Nawa (46.00 Km) 現道沿いで鉄道の北側			
	工区 II Nawa-Semeih (42.03 Km) Rahad まで現道沿い それから砂丘地帯を通る。			
	工区 III Semeih-Um Ruaba (47.99 Km) K. Abu Habl の氾濫原を避け鉄道の北側の砂丘地帯を通る。			
設計速度：	平地部 100 Km/時 丘陵部 80 Km/時			
線形：	最小曲線半径 R = 1,000 m 最大縦断勾配 4.67%			
舗装：	DBST 舗装, 舗装巾員 6 m			
橋梁：	鉄筋コンクリート橋			

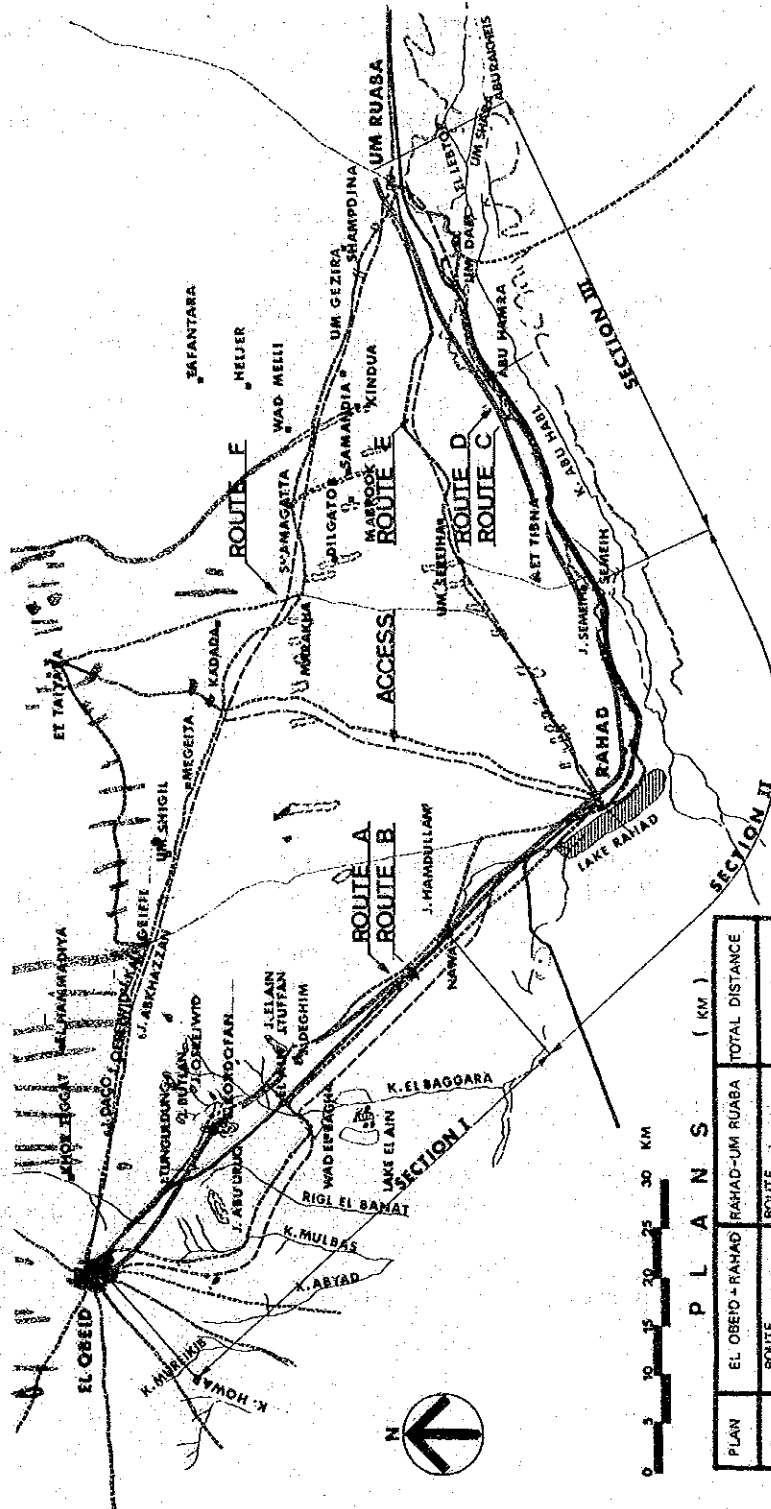
### 3-2 実施計画

	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Detailed Design and Contract	—————					
Section I		—————				
Section II			—————			
Section III				—————		



# LOCATION MAP

(ALTERNATIVE ROUTE PLANS)



**P L A N S ( K M )**

PLAN	EL OBEID - RAHAD	RAHAD - UM RUABA	TOTAL DISTANCE
1	ROUTE A 68.0	ROUTE C 71.8	139.8
2	A 66.4	D 67.1	133.5
3	A 68.0	E 67.3	135.3
4	B 73.0	C 71.8	144.8
5	B 73.0	D 66.6	139.6
6	B 73.0	E 67.3	140.3
7	F 114.7 + ACCESS	40.8	155.5

#### 4. プロジェクトコスト<sup>2)</sup>

	(US\$ '000) <sup>1)</sup> LS '000				
<u>A. Implementation</u>	<u>Foreign Component</u>	<u>Local Component</u>	<u>Total Economic Cost</u>	<u>Taxes Customs</u>	<u>Total Financial Cost</u>
Section I	( 5,547) 2,201	( 3,578) 1,420	( 9,125) 3,621	( 1,948) 773	(11,073) 4,394
Section II	( 5,529) 2,194	( 3,568) 1,416	( 9,097) 3,610	( 1,943) 771	(11,040) 4,381
Section III	( 8,051) 3,195	( 5,189) 2,059	(13,240) 5,254	( 2,827) 1,122	(16,067) 6,376
Total	(19,127) 7,590	(12,335) 4,895	(31,462) 12,485	( 6,718) 2,666	(38,180) 15,151
per km	( 141) 56	( 91) 36	( 232) 92	( 48) 19	( 280) 111
<u>B. Detailed Design</u>					
Total	( 1,023) 406	( 141) 45	( 1,137) 451	( 171) 68	( 1,308) 519
per km	( 5) 2	( 3) 1	( 8) 3	( 2) 1	( 10) 4
<u>C. Total</u>					
Total	(20,150) 7,996	(12,449) 4,940	(32,559) 12,936	( 6,889) 2,734	(39,488) 15,670
per km	( 149) 59	( 91) 36	( 240) 95	( 50) 20	( 290) 115

Notes: 1) Exchange rate LS 1.00 = US\$ 2.52.

2) Inflation factor of 10% p.s. is assumed from 1977 to the year of expenditure by the programme. The figures includes price contingency.

## 5. 便益と経済評価

GDP や自動車燃料の消費量の推移等から伸び率を得て、1992年まで年7%、その後2002年までを年5%として求めた日平均交通量（通常・転換・誘発の合計）を次に示す。

	1983	1992	2002
ADT	220	405	660

経済便益は、通常交通・転換交通そして誘発交通の輸送費の節約として求めた。開発便益は、経済分析の中で扱わなかった。当道路計画は、数値として示せない便益や社会的便益をこの地域や国にもたらすと考えられる。ここでのB/CとB-C計算では、年率10%の割引率を使用している。

交通量の伸びが7% - 5%の場合      交通量の伸びが5%の場合

### 区間 I

内部収益率		16.3%	13.3%
B/C		1.56	1.26
現在価値 (B - C)	LS	1,392,000	LS 645,000

### 区間 II

内部収益率		19.4%	16.1%
B/C		1.92	1.53
現在価値 (B - C)	LS	2,057,000	LS 1,185,000

### 区間 III

内部収益率		17.1%	13.9%
B/C		1.68	1.33
現在価値 (B - C)	LS	1,963,000	LS 949,000

### 全区間

内部収益率		19.1%	16.0%
B/C		1.93	1.55
現在価値 (B - C)	LS	7,058,000	LS 4,186,000

予備設計に示される当プロジェクトは、技術的に合理的だし、経済的にも妥当なものである。当道路建設計画は、高い優先度をもってスーダンの開発計画の中にくみこまれるべきだし、出来るだけ早い機会に実施されるべきだということが勧告される。

## 6. 勸 告

### 6.0 1 他の開発計画の調査

地域経済の総合開発のために、他の投資計画（たとえば紡績、製革業）が、この道路建設プロジェクトとマッチするように開発されるのが望ましい。

他の開発計画は、この計画と整合すべきであり、道路の投資から最大限の便益を得るように、地域開発のためのなお一層の調査が実施されるべきであるということが強く勧告される。

この道路プロジェクトは、数年間を要して完成するから、そのような調査を計画準備するのに時間の観点からの困難性は、ほとんどないであろう。

### 6.0 2 道路の維持修繕

道路が完成した時、計画道路全線をカバーするように道路の維持修繕体制を拡大させるべきである。約130Kmのこのような道路には、維持管理事務所が1～2あれば日常の維持修繕作業をカバーできるであろう。

### 6.0 3 交通安全

自動車は、新設道路上を交通の危険を生じさせるような高速度で走行するものと予想される。道路上の交通事故を最小限にするために、交通整理、自動車のメンテナンスと免許制度についての規制が効果的に実施されるべきである。

### 6.0 4 車輛の積載制限

舗装構造は、トラックの積載重量オーバーから守られねばならない。車輛の積載重量をコントロールするための立法と、計量台の設置を含んで効果的な規制が勧告される。

### 6.0 5 輸送市場

輸送業者ばかりでなく、利用者のすべてに対して道路利用の便益を分配するための政策が実施されるべきである。そのような政策に関しては、道路輸送業務は、それに参加したい人すべてに開放すべきであるということが勧告される。また、旅客と貨物の荷主が、いくつかの輸送手段の中から選択できるように、種々の輸送サービスが適正価格で競合して発展して行くようにすべきである。

# 目 次

第 I 章	
1.0.0 序 章	1-1
1.0.1 目 的	1-1
1.0.2 背 景	1-1
第 II 章	
2.0.0 手 法	2-1
2.0.1 作 業 目 標	2-1
2.0.2 日 程 と 手 法	2-1
2.0.3 作 業 監 理 委 員 会 お よ び 調 査 団 員 氏 名	2-3
2.0.3.1 作 業 監 理 委 員 会	2-3
2.0.3.2 調 査 団	2-3
第 III 章	
3.0.0 スーダンの概要	3-1
3.0.1 地 理	3-1
3.0.2 人 口	3-1
3.0.3 経 済	3-2
3.0.4 交 通 現 況	3-3
第 IV 章	
4.0.0 影響圏の経済	4-1
4.0.1 影響圏の概要とゾーニング	4-1
4.0.1.1 概 要	4-1
4.0.1.2 ゾーニング	4-1
4.0.2 人 口	4-5
4.0.2.1 Northern Kordofan 県	4-5
4.0.2.2 ゾーン別人口の推定	4-7
4.0.3 直接影響圏の経済	4-7
4.0.3.1 都市部	4-7
4.0.3.2 農村部	4-9
4.0.3.3 牧 畜	4-10
4.0.4 所帯当りの平均所得	4-10

4.0.5	地域経済の将来	4-13
4.0.5.1	農村部	4-13
4.0.5.2	都市部	4-15
4.0.5.3	開発効果	4-15
4.0.6	関連開発計画の必要性	4-15
4.0.6.1	綿紡績工場	4-16
4.0.6.2	皮革工場	4-16
4.0.6.3	実験農場	4-16
第V章		
5.0.0	既存道路状況	5-1
5.0.1	道路現況調査	5-1
5.0.1.1	ルートⅠ ( El Obeid - Rahad, 延長75.2Km J.Kordofan Hill経由)	5-1
5.0.1.2	ルートⅡ ( El Obeid - Rahad, 延長75.8Km, El Ain貯水池経由)	5-2
5.0.1.3	ルートⅢ ( Rahad - Um Ruaba, 鉄道沿延長79.0Km)	5-3
5.0.1.4	ルートⅣ ( Rahad - Um Ruaba, 山側延長72.5Km)	5-3
5.0.1.5	ルートⅤ ( El Obeid - Um Ruaba, 直結ルート延長118.7Km)	5-3
5.0.1.6	アクセス道路 ( Rahad - El Taiyara, 延長40.9 Km)	5-3
5.0.2	地形測量	5-3
5.0.3	土質及び材料調査	5-4
5.0.3.1	土質	5-4
5.0.3.2	橋梁基礎地盤調査	5-5
5.0.3.3	骨材	5-6
5.0.3.4	工事用水	5-7
5.0.4	水文調査	5-8
5.0.4.1	プロジェクト地域の気象	5-8
5.0.4.2	確率雨量と降雨強度曲線	5-9
5.0.4.3	流出量の算定	5-9
第VI章		
6.0.0	交通量解析	6-1
6.0.1	プロジェクト地域の交通体系	6-1

6.0.1.1	概況	6-1
6.0.1.2	道路	6-1
6.0.1.3	鉄道	6-2
6.0.1.4	空港	6-2
6.0.2	現地調査	6-5
6.0.2.1	道路交通調査	6-5
6.0.2.2	鉄道交通調査	6-6
6.0.3	交通量解析結果	6-6
6.0.3.1	ゾーニング	6-6
6.0.3.2	道路交通量	6-6
6.0.3.3	鉄道輸送	6-17
6.0.4	輸送費用	6-23
6.0.4.1	道路走行費用	6-23
6.0.4.2	鉄道輸送費用	6-25

## 第Ⅶ章

7.0.0	代替ルート of 設計と建設費	7-1
7.0.1	代替ルート	7-1
7.0.1.1	南回ルート	7-1
7.0.1.2	北回ルート	7-2
7.0.1.3	7つの代替案	7-2
7.0.2	代替ルート of 設計	7-2
7.0.2.1	設計基準	7-2
7.0.2.2	道路計画	7-10
7.0.2.3	舗装設計	7-11
7.0.2.4	構造物の設計	7-13
7.0.3	代替ルート of 建設費および維持修繕費	7-15
7.0.3.1	建設計画	7-15
7.0.3.2	建設費算定の準備	7-15
7.0.3.3	工事単価	7-16
7.0.3.4	建設費	7-16
7.0.3.5	維持修繕費	7-16

## 第Ⅷ章

8.0.0	最適ルート的设计と建設費	8-1
8.0.1	最適ルートの設計	8-1
8.0.1.1	バイパスの検討	8-1
8.0.1.2	段階施工の検討	8-5
8.0.1.3	舗装構造の設計	8-6
8.0.1.4	橋梁の比較	8-10
8.0.2	最適ルートの建設費	8-10
8.0.2.1	建設計画	8-10
8.0.2.2	建設費	8-10
8.0.2.3	維持修繕費	8-13

## 第Ⅸ章

9.0.0	経済便益	9-1
9.0.1	将来交通量	9-1
9.0.1.1	伸び率	9-1
9.0.1.2	車種構成	9-3
9.0.2	通常交通とその便益	9-3
9.0.2.1	代替ルートの比較	9-3
9.0.3	転換交通とその便益	9-3
9.0.3.1	旅客	9-3
9.0.3.2	貨物	9-4
9.0.4	誘発交通とその便益	9-5
9.0.5	最適ルートの便益	9-5
9.0.6	その他の便益	9-5
9.0.6.1	時間節約	9-5
9.0.6.2	その他の影響	9-5
9.0.6.3	社会的サービス	9-5

## 第Ⅹ章

1.0.0.0	費用便益分析	10-1
1.0.0.1	ルートの代替案	10-1
1.0.0.2	最適ルート	10-1
1.0.0.2.1	最適ルート上の部分的代替案	10-1



1 0.0 3	結 論	10 - 6
1 0.0 3.1	費用便益分析	10 - 6
1 0.0 3.2	感度分析	10 - 6
1 0.0 3.3	結 論	10 - 6
第XI章		
1 1.0 0	結 論	11 - 1
1 1.0 1	経 緯	11 - 1
1 1.0 2	建設計画	11 - 1
1 1.0 2.1	最適ルート	11 - 1
1 1.0 2.2	実施計画	11 - 2
1 1.0 3	プロジェクトコスト	11 - 2
1 1.0 3.1	工区別のプロジェクトコスト	11 - 2
1 1.0 3.2	全工区のプロジェクトコスト	11 - 3
1 1.0 4	便益と経済評価	11 - 4

## 表 目 次

		<u>Page</u>
第 I 章		
第 II 章		
	TABLE II-1 Time Table of the Study . . . . .	2- 5
第 III 章		
第 IV 章		
	TABLE IV-1 Direct Influence Zones . . . . .	4- 5
	TABLE IV-2 Population Estimates in Northern Kordofan Province, 1977 . . . . .	4- 6
	TABLE IV-3 Settled Population in the Zones of Influence, 1977 . . . . .	4- 8
	TABLE IV-4 Main Agricultural Productions in Northern Kordofan Province, 1976 . . . . .	4-12
第 V 章		
	TABLE V-1 Climate in El Obeid and Kostî (1941-1971). . . . .	5- 8
第 VI 章		
	TABLE VI-1 Average Daily Traffic, El Obeid - Um Ruaba Road . . . . .	6- 9
	TABLE VI-2 Distribution of Road Traffic, 1977 . . . . .	6-13
	TABLE VI-3 Commodity Movement by Road, May 1977 . . . . .	6-14
	TABLE VI-4 Commodity Movement by Road, May 1977 (All types of commodities) . . . . .	6-15
	TABLE VI-5 Passenger Movement by Road, 1977 . . . . .	6-16
	TABLE VI-6 Railway Freight Handled at the Four Stations . . . . .	6-18
	TABLE VI-7 Estimate of Railway Freight Handled at the Four Stations by Type of Goods . . . . .	6-20
	TABLE VI-8 Passenger Tickets Sold at the Four Stations . . . . .	6-21
	TABLE VI-9 Passenger Tickets Sold by Class . . . . .	6-22
	TABLE VI-10 Passenger Movement by Rail, 1977 . . . . .	6-22
	TABLE VI-11 Characteristics of Representative Vehicles. . . . .	6-24
	TABLE VI-12 Operating Cost of Vehicles, Car . . . . .	6-26
	TABLE VI-13 Operating Cost of Vehicles, Van/Pick-up . . . . .	6-27
	TABLE VI-14 Operating Cost of Vehicles, Medium Truck . . . . .	6-28
	TABLE VI-15 Operating Cost of Vehicles, Heavy Truck . . . . .	6-29
	TABLE VI-16 Operating Cost of Vehicles, Bus . . . . .	6-30

第 VII 章

	<u>Page</u>
TABLE VII-1	Alternative Plans . . . . . 7- 2
TABLE VII-2	Technical Comparison of Alternative Routes .. 7- 5
TABLE VII-3	Geometric Design Criteria . . . . . 7- 8
TABLE VII-4	Layer Coefficients of Pavement Composing Materials . . . . . 7-12
TABLE VII-5	Thickness of Each Layer of Pavement . . . . . 7-12
TABLE VII-6	Roadbed Length . . . . . 7-14
TABLE VII-7	Economic Unit Costs of Construction Items . . 7-17
TABLE VII-8	Economic Cost of the Project . . . . . 7-18
TABLE VII-9	Construction Cost by Plan . . . . . 7-19
TABLE VII-10	Maintenance and Repair Cost . . . . . 7-20
TABLE VII-11	Maintenance and Repair Cost . . . . . 7-21

第 VIII 章

TABLE VIII-1	Geometric Design Criteria on the Optimum Route . . . . . 8- 3
TABLE VIII-2	Staged Construction Plans . . . . . 8- 6
TABLE VIII-3	Pavement Structure Plan and Cost . . . . . 8- 8
TABLE VIII-4	Construction Cost . . . . . 8-11
TABLE VIII-5	Approximate Project Cost of the Best Plan . . 8-12
TABLE VIII-6	Maintenance and Repair Cost . . . . . 8-13

第 IX 章

TABLE IX-1	Growth of Economy and Road Traffic . . . . . 9- 2
TABLE IX-2	Average Daily Traffic by Vehicle Type . . . . 9-13
TABLE IX-3	Number of Buses for Diverted Passengers per Day . . . . . 9-14
TABLE IX-4	Economic Benefits of Diverted Passengers . . 9-14

第 X 章

TABLE X-1	Benefit Cost Analysis of the Project . . . . 10- 2
TABLE X-2	Benefit Cost Analysis of the Project . . . . 10- 3
TABLE X-3	Postponement of the Project : Plan 2 . . . . 10- 3
TABLE X-4	Benefit Cost Streams : All Sections . . . . 10- 7
TABLE X-5	Benefit Cost Streams : All Sections . . . . 10- 8

## 圖 面 目 次

		<u>Page</u>
第 I 章		
第 II 章		
	FIG. II-1 Flow Chart of the Study on El Obeid - Um Ruaba Road Project . . . . .	2- 4
第 III 章		
第 IV 章		
	FIG. IV-1 Zone Map and Road Network . . . . .	4- 3
	FIG. IV-2 Cultivated Areas by Main Product Types in Northern Kordofan Province, 1970-'76 . . . . .	4-11
第 V 章		
第 VI 章		
	FIG. VI-1 Transportation Network, Sudan . . . . .	6- 3
	FIG. VI-2 Existing Transportation Network in the Project Area . . . . .	6- 4
	FIG. VI-3 Zone Map and Road Network . . . . .	6- 7
	FIG. VI-4-1 Traffic Flow on Roads in Dry Season, 1977 . . . . .	6-10
	FIG. VI-4-2 Traffic Flow on Roads in Rainy Season, 1977 . . . . .	6-10
	FIG. VI-5 Railway Freight Handled at the Four Stations . . . . .	6-19
	FIG. VI-6 Passenger Tickets Sold at the Four Stations . . . . .	6-21
第 VII 章		
	FIG. VII-1 Alternative Plans . . . . .	7- 3
	FIG. VII-2 Typical Cross Sections . . . . .	7- 9
第 VIII 章		
	FIG. VIII-1 Typical Cross Sections . . . . .	8- 2
	FIG. VIII-2 Staged Construction Plans . . . . .	8- 7
	FIG. VIII-3 Work Schedule . . . . .	8- 9
第 IX 章		
	FIG. IX-1-1 El Obeid - Um Ruaba Road Traffic by Section, ADT, Plan 1 . . . . .	9- 6
	FIG. IX-1-2 - Ditto - Plan 2 . . . . .	9- 7
	FIG. IX-1-3 - Ditto - Plan 3 . . . . .	9- 8
	FIG. IX-1-4 - Ditto - Plan 4 . . . . .	9- 9
	FIG. IX-1-5 - Ditto - Plan 5 . . . . .	9-10
	FIG. IX-1-6 - Ditto - Plan 6 . . . . .	9-11
	FIG. IX-1-7 - Ditto - Plan 7 . . . . .	9-12

# 第 I 章

1.00	序 章	.....	1-1
1.01	目 的	.....	1-1
1.02	背 景	.....	1-1



## 1.00 序 章

### 1.01 目 的

スーダンにおいて地域間を結ぶ交通体系は、国土を南北に流れるナイル河沿いに発達して来た。開発計画の次の目標は、Port Sudanより西方へ、広大な国土を横断する交通体系の整備におかれており、この計画にしたがって道路、鉄道の改良及び調査がいくつか進められている。

この調査はEl Obeid - Um Ruaba間の道路 150 Kmを対象としているが、この区間は、東部のPort Sudanから西部のチャド国との国境の町El Geneinaまでの国土を横断する約1,800 Kmの道路の一部分でPort Sudanよりチャドへの幹線道路はアフリカ横断道路網の一部に指定されている。これが改良されるとスーダンとチャドの間の友好関係が強められると共に両国の経済の成長に効果をもたらすことが期待されている。

調査の目的は、一連の現地調査を実施して道路の予備設計を行ない、このプロジェクトの経済的可能性を検討することにある。最適建設計画は、いくつかの代替案について道路の利用者と地域経済に対する経済的諸効果を評価して決定することにした。

### 1.02 背 景

スーダン政府は、同国の緊急な交通体系整備の必要性から、当道路区間の経済的、技術的調査の協力を1976年当初、アフリカ開発銀行(ADB)、および、日本政府に要請した。それ以前に、日本政府はADBに対しADBの融資プログラムに載ったプロジェクトの調査の技術協力を実施することに同意していた。1976年11月にスーダン政府、ADB、日本政府の間で協議が行われ、ADBはその融資計画に当プロジェクトを載せることとし本調査は日本政府の技術協力のもとに実施することに決まった。

本調査は、日本政府の海外技術協力の公的实施機関である国際協力事業団(JICA)の手によって行われることになりJICAは1977年2月に、三井共同建設コンサルタント(株)から、調査団を選んだ。調査団は1977年3月にスーダンに入国して、現地調査は6月中旬まで続けられた。国内作業は、1978年3月に完了した。この間9月、10月にはスーダン政府のカウンターパート3名が来日し、調査団のレポート作成に協力した。インテリムレポートは、11月にスーダン政府の道路橋梁公団(RBPC)とADBに提出した。インテリムレポートの内容に関するコメントおよびアドバイスに対する回答を組み込んだドラフトファイナルレポートは、スーダン政府・RBPCとADBに1978年2月に提出された。これに対する追加コメントはファイナルレポートに組みこまれた。

JICAは、本調査の全過程を監理するために、作業監理委員会を置いた。作業監理委員会のメ

ンバーは、建設省の専門家から選ばれ、スーダン政府とADBとの会議にも出席し、適宜、適切な助言を与えた。



## 第 II 章

2.00	手 法	2-1
2.01	作業目標	2-1
2.02	日程と手法	2-1
2.03	作業監理委員会および調査団員氏名	2-3



## 2.00 手 法

### 2.01 作業目標

プロジェクト地域には、ルートが2つある。1つは El Obeid と Um Ruaba を直結する北回りルートであり、他は南回りルートである。南回りルートは、北回りルートより長く、鉄道と平行して Rahad の町をふくめ、人口集中地区を通過している。南回りルートには、6つの代替ルートが考えられる。これら代替ルートは鉄道路線の位置、土質条件、地形を考慮した上で提案した。したがって、El Obeid-Um Ruaba 間で、合計7つの代替案が最適ルートを決めるため比較検討されている。

第一段階には7つの代替ルートの比較検討が行われた。供用後13年間は Bituminous 舗装 (DBST) の2車線道路とし、1996年にアスファルトコンクリートでオーバーレイする計画とした。北回りルートの場合には Rahad へのアクセス道路の建設がこのプロジェクトに含まれる。アクセス道路は1車線の Bituminous 舗装 (DBST) として計画した。これら代替ルートすべてについてエコノミックコストによる建設費を算定した。7つの代替ルートの中から最適のルートを見い出すのに経済分析が行われた。この分析までの調査はインテリムレポートに組み入れた。

調査の第二段階は、第一段階で実施した経済分析の見直しを行うばかりでなく部分的な代替案、すなわちバイパス、舗装設計、橋梁設計などの経済評価を含んでいる。

最適建設計画を決めるために、調査の第一段階を通じて選ばれた最適ルート上でこれら部分的な代替案の比較を行なっている。

### 2.02 日程と手法

調査の日程は表II-1に、全体工程は図II-1のフローチャートに示す通りである。調査団の作業日程は1977年3月中旬から約100日間の現地調査を行い、引き続き日本国内で作業を行なった。インテリムレポートは1977年11月、ドラフトファイナルレポートは1978年2月に提出した。ファイナルレポートは1978年3月に提出されている。調査の概要は次に述べるとおりである。

#### a) 集成航空写真

1:250,000地形図と1962年に撮影された1:48,000集成航空写真が、スーダン政府から提供された。調査団はこの資料を7つの代替ルートを検討する調査の第一段階で使用した。

#### b) 1:5,000の地形図

航空写真は、南回りルートで5Kmの幅で撮影し、1:25,000の集成航空写真が作成された。これより最適ルートが決定された後左右500mずつ計1Kmの幅で1:5,000の地形図が作成された。この地形図は調査の第2段階で最適ルートと建設費の算定の見直しに供した。

c) 現地調査

プロジェクト地域の現況調査には、既存道路の状況、即ち、勾配、区間毎の路面、土質、骨材などの調査が含まれている。土質と材料の試験はRBPC及びコンサルタントの試験室等で行った。水文調査は現地踏査・気候データの収集とその分析を行った。

d) 設計

調査の第1段階で、予備設計は7つの代替ルートに対して行った。最適ルートに対する第1段階での予備設計は、調査の第2段階で見直され、修正を加えられた。その際に、最適ルート上の部分的な代替案であるバイパス、段階施工、舗装設計、橋梁構造などについての評価も行われた。

e) コスト調査

プロジェクトの費用推定に必要な情報は、プロジェクト地域とKhartoumで入手した。これらは第1段階での7つの代替ルートと第2段階での最適ルートの建設費推定に組み込まれている。エコノミックコストとファイナンシャルコストにおける建設費が、最適建設計画を策定するために算定された。

f) 交通調査

一連の交通調査は、プロジェクト地域と他の関連地域で行われた。諸統計資料は、スーダン政府および多くの民間企業により提供を受けた。その資料をもとに、将来の交通量および輸送費用が推定された。

g) プロジェクト地域の経済

プロジェクト地域の農村部および都市部の経済は、現況と将来展望について調査検討した。経済発展の可能性は、交通量予測にからませて考察している。便益の流れは、20年のプロジェクトライフの期間について推定した。

h) 経済分析

第1段階のエコノミックコストによる経済分析の結果は、代替ルート7案の中から最適のルートを示すと共に、その費用便益値よりみてこのプロジェクトが、スーダンの開発投資計画に含まれ、その上優先的に扱われてしかるべきだということを示唆している。調査の第2段階では、部分的な代替案のための経済分析を行い、その後、最適建設計画を決定するための経済分析が行われた。

## 2.03 作業監理委員会および調査団員氏名

### 2.03.1 作業監理委員会

1.	大野利幸	委員長	建設省	関東地方建設局
2.	三木茂平	施工計画	建設省	関東地方建設局
3.	角地徳久	交通経済	建設省	道路局
4.	小野薫	土質舗装	建設省	関東地方建設局
5.	森本裕士	土質舗装	建設省	道路局
6.	縣保佑	交通経済	建設省	関東地方建設局
7.	栗原宏義	業務調整	国際協力事業団	

### 2.03.2 調査団

奥田教朝	団長
堀江照彦	副団長, 経済
谷口邦夫	道路施工計画, 積算
山崎正枝	農業経済
西川晴己	道路, 橋梁計画
岩田鎮夫	交通経済
富安健	道路, 土質
官川正孝	水理
大橋邦男	交通
市原隆一	土質, 骨材
大徳吉明	測量主任
栗田幹雄	測量

**FIG.II-1 FLOW CHART OF THE STUDY ON ELOBEID-UM RUABA ROAD PROJECT**

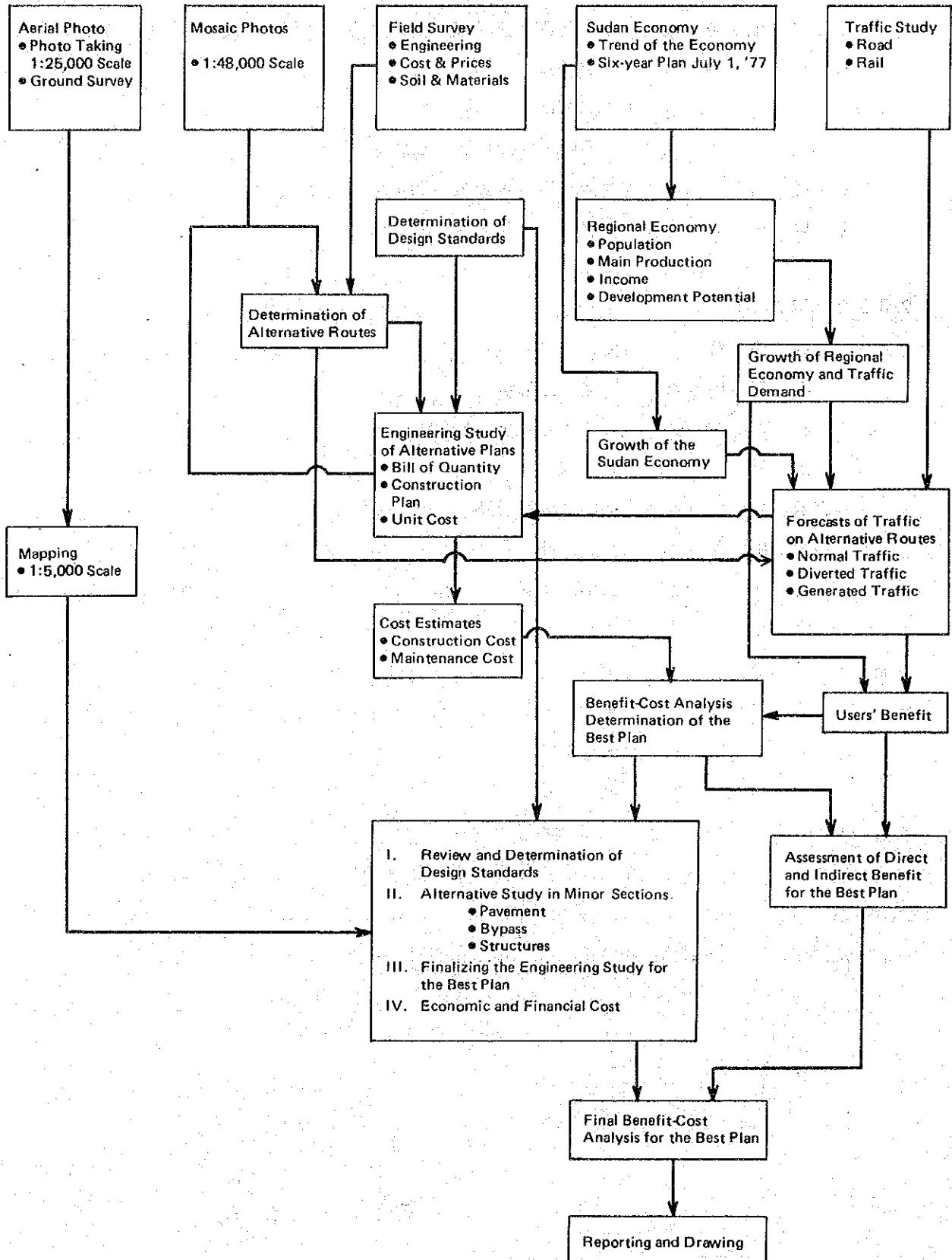


TABLE II-1 TIME TABLE OF THE STUDY

	1977					1978							
	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1) Stay in the Sudan													
2) Aerial photo taking													
3) Traffic study													
4) Office work													
5) Cooperation of counterpart staff in Japan													
6) Presentation of the Interim Report													
7) Continuation of the office work													
8) Presentation of the Draft Final Report													
9) Presentation of the Final Report													





## 第 III 章

3.00	スーダンの概要	3-1
3.01	地 理	3-1
3.02	人 口	3-1
3.03	経 済	3-2
3.04	交通現況	3-3



### 3.00 スーダンの概要

#### 3.01 地理

スーダンは、アフリカ大陸の北東部にあり、Egypt, Ethiopia, Kenya, Uganda, Zaire, Central Africa, Chad, Libya に周囲をかこまれている。国土は、北緯 $4^{\circ}$ ～ $22^{\circ}$ の間で最長、南北に約2,040 Km, 東西に約1,600 Kmの距離になり、その面積は250万 $km^2$ でアフリカ最大である。その北東側では紅海に接し約650 Kmの海岸線を持っている。この海岸にある港のPort Sudanはスーダンの海上からの輸出入一切を扱っている。

白ナイル河はUgandaより発している。青ナイル河はEthiopiaから入り、スーダン南部を通っている。両ナイル河は、国の中央で合流し、そこよりナイル河となりEgyptへ北上する。首都Khartoumは青ナイル・白ナイルの合流点にある。東部、南部、西部の一部の山岳地を除き全般的に平坦である。サハラ砂漠はこの国の北部に及んでいる。この国の中央部はサバンナであり、南部は湿地帯、森林、密林等が存在している。

スーダンは、代表的な熱帯性の大陸型気候に覆われている。暑い乾燥した北よりの風が、北部の砂漠地方で年間を通してみられる。中央部より南部にかけて、乾燥した北からの風と南からの湿気を持った風が交互に見られる。最も暑い時期は4月より6月の間であり、11月より1月は涼しい時期である。国の北部は雨量も少ないが中央そして、特に南部では多くなっている。北部では年間20 mm程度の雨量だが、南部奥地では1,500 mmに達する。雨季は6月～9月の4ヶ月である。雨は、時には雷をともなってひどく降る。砂嵐(ハブーブ)は、砂漠・サバンナ地域でよくおこる。

#### 3.02 人口

全国的な人口調査は1955/56年と1973年に行なわれている。信頼すべき情報が不足しているため種々のスーダンの人口の推定値がある。人口統計には、国連統計によるものとスーダン政府の統計局によるものとの2例がある。スーダン人口の全般的傾向は次のように述べる事ができよう。

国連統計によると人口は1974年で約1,730万人となり、過去8年間にわたる年平均増加率は2.6%となっている。Annex III-1には、1966年以降の人口と年毎の増加率を示している。同表は、都市部における人口の変化をも示している。都市においては継続的な人口の増加がみられる。都市人口の対前年増加率は、同じ8年の期間に5.5%/年と推定される。

スーダン統計局のデータによると、1973年人口は約1,500万人で1956年以降の17年間に平均2.2%の増加率を示している。Annex III-2は1955/56年と、1973年の県(Province)別人口を示している。人口密度は1973年全国平均1平方キロ当り6人である。

労働人口 (Economically active population) は 15 才以上の者で、就業中及び就労の意志のある者の総数と定められ 15 才以上の人口の 55%、840 万人となっている。労働人口の職業別分布は Annex III-3 に示され、72% が農業・牧畜に従事している。

### 3.03 経 済

スーダンでは、農業に従事する者は Annex III-3 に示すように労働人口の 72% を占めている。大多数の者は自給自足を主とし生産の一部を現金収入のため市場出荷して生計を立てている。

農業統計年鑑 1974 年版によると、未開の原野 2 億 fed のうち 1,700 万 fed (71,000 km<sup>2</sup>: 1 fed = 0.42 ha) が耕作されているようである。政府は国外からの協力をも得て未開地を開拓するのに意欲的であるから、世界で有数の農産物の輸出国になるものと期待されている。

綿花、南京豆、アラビアゴム (Annex III-6) はスーダンの輸出額の 75% 以上を占めて、スーダン経済に貢献している。主要輸出品目と金額は Annex III-11 に示される。Dura, Dukhn は広く国内で主食として消費されている。Annex III-4 に示すように、綿花の生産量と作付面積は、1973/74~75/76 の間に、それぞれ 20% 及び 46% ほど減少している。

他の農産品は、Annex III-5 に示すように同じ時期に全体で 30% ほど増加している。小麦、砂糖等、食糧品の輸入が続いている。1972/73~75/76 の砂糖の生産量と消費量は Annex III-7 のとおりであるが、砂糖の輸入量が全消費量の 50% に達していることがわかる。

家畜類は、1973/74 には Annex III-8 に示すように 4,000 万頭に達している。その大部分は、引き続き新鮮な牧草を常に追い求めている遊牧民が飼育している。ラクダ、山羊の一部は Port Sudan, Halfa より近隣諸国へ輸出されている。しかし、牛、羊は国内市場での価格の騰貴をおさえるために、1974 年以降、輸出が禁止されている。

牧畜の分野では巨大な家畜の数を、適正水準でコントロールすると共に、牧草地を如何に保持し拡大するかが当面の問題になっている。

製造業のいくつかの特徴は農産品の加工が主体を構成していること、政府が国内外の資本と共に資本投下を行っている工場があること (例えば砂糖、なめし、紡績等)、輸入に代る国内製造業 (セメント、タバコ、繊維) は、それらの生産だけでは国内需要に応じることができないことである。海外からの投資に対する優遇策は Development and Promotion Act of Industrial Investment 1972 年で決められている。国内総生産における製造業のシェアは 1966/67 年より 1975/76 年にかけて GDP の 8~10% であった。(Annex III-9 参照)

海外からの資本の流入は、1971/72 年に LS 2,000 万であったものが、1975/76 年に LS 1 億 4200 万に増加している。一方、国際収支は、その赤字が同じ期間に LS 2,000 万より LS 6,900 万に増加している。1971/72 - 75/76 の収支のバランスは、Annex III-10 に示される。

過去9年間のGDPの推移はAnnex III-9に示すとおりである。それによると、全体的な産業構成の変化は殆んどない。この期間には、1970年代はじめの早ばつや、1973年Arab-Israel戦争後の世界的なインフレを経験している。市場価格表示ではGDPは1966/67のLS5億3,300万が、1974/75年のLS15億1,100万へと8年間に2.8倍の規模に達し、年平均増加率は13%であった。実質価格でみると、この間では約20%つまり年平均増加率2%の増加にすぎなかった。しかし、1971/72 - 1974/75には、実質でGDPは年平均4%ずつ増えている。なお1976/77年までの期間をとると、5%又はそれ以上となっていると考えられる。Annex III-9に示されるこの間のセクター別のシェア変化をみると、農業は33%より39%へ伸び、サービス業は29%より23%へと減少している。

### 3.04 交通現況

スーダンの交通現況は道路、鉄道、空路輸送の他内陸河川の舟運からなっている。さらに伝統的なラクダ、ロバ等の動物による輸送も一般に存在している。このうち鉄道は輸出入品と内陸都市間の旅客と貨物輸送の大部分を担当してきた。鉄道は、Annex III-13の表から1973年には都市間の旅客と貨物いずれも約70%を扱っていることがわかる。国の経済発展には、他の輸送手段のサービスの強化も必要である。したがって道路体系の整備が最近数年精力的に実行されてきた。

#### a) 道路

道路橋梁公団(RBPC)は、中央政府組織の一部で、スーダン全体の幹線国道の計画、建設、維持管理に当たっている。その実行経費は政府の一般歳入を割り当てられ特定財源を持つてはいない。1977年半ばのRBPCの組織図はAnnex III-14に示される。

RBPCの資料によると、道路は舗装道756Km(3.5%)、工事中の道路936Km(4.3%)、砂利道6,000Km(27.7%)と土砂道約14,000Km(64.5%)に分けられる。土砂道は劣悪な状態にある。Annex III-15はRoad Networkを、建設済の道路、調査中の道路、調査予定の道路はAnnex III-16に示している。RBPCは上述の756Kmの舗装道路の維持修繕を行っている。これまでは舗装道路の延長の合計は比較的小さいのでKhartoum-Wad Medani間の道路に見られるように、舗装道路の維持修繕作業は最小限の必要を満して実施されているようである。地方政府は約20,000Kmの砂利道と未舗装道路の維持修繕を担当している。しかし、現在、これ等の維持修繕作業は財源とスタッフの不足のためほとんど行なわれていない。

道路の維持修繕のための資金調達の可能性を認識している政府は作業委員会を組織して、既存舗装道の有料道路システム化についてフィージビリティ調査を行っている。Ministry of National Planningが委員会を主催しており、調査結果が1978年7月には出ること

なっている。

都市以外では道路条件が悪いため、普通乗用車、小型バスは都市内か舗装道路上の走行が可能にすぎない。サバンナや砂漠の土砂道を利用する車輛の大部分は、大きなタイヤを装備した高馬力の大型トラック、中型トラック、4輪駆動車とバスである。負の条件、すなわち、わだちを埋めているルースな細砂などが、自動車輸送の走行費用を非常に高くしている。

自動車の保有台数は1970年の50,000台より1975年の79,000台と年平均12%で増加しているが、自動車の燃料消費量は年平均4.5%ずつ増えている。部品と燃料供給の不足のため、自動車保有台数の伸びに応じて走行距離が伸びたとは考え難い。自動車の燃料消費量推移の方が自動車交通量の推移に密接に関係しているとみなせる。関連統計資料はAnnex III-17、III-18に示される。

#### b) 鉄 道

スーダン鉄道の本社はKhartoumの北方330 KmのAtbaraにある。総延長4,800 Km狭軌で単線の鉄道が運営中である。そのうち輸送量の最も集中している路線にはPort Sudan-Atbara-Khartoum間800 Kmであり、90 lb/ydの重量レールが敷かれているが、その他の区間は50~75 lb/ydの軽量レールが敷かれており、近い将来に取り替えられる予定である。

軌道、車輛、ワークショップは部分的には取り換えられているが全般に旧式である。鉄道職員の苦勞にもかかわらず、これらの稼働状況は国内の輸送需要を十分満たしておらず自動車用燃料、自動車用部品、セメント、砂糖等をしばしば市場で不足させている。

鉄道統計によるとPort SudanからKhartoumへの輸送量の40%は石油製品である。石油製品の大部分は1977年11月に開業したパイプライン輸送に転換する。そのため、この区間では余った運送力が他の物資の輸送に使用できるし、余った車輛は他の路線に転用されて有効に利用されよう。なお、鉄道ではPort Sudan-Haiya間の複線化及び老朽化した施設の取換が当面の緊急を要する投資計画である。

#### c) 航空路

スーダンには18の空港があり、そのうちKhartoumとPort Sudan空港は夜間の離着陸が行なえる国際空港でもある。Juba, El Geneina空港は近隣諸国との交通に役立っている。国内航空路線の幹線はKhartoum-Port Sudan, Khartoum-El Obeid, Khartoum-Jubaの3線で、それぞれの1973年における旅客数は15,530人、17,138人、9,826人であった。空港の位置と航空路線網図をAnnex III-15に示す。

航空機による旅客輸送需要が近年急速に高まり、国内線の年間利用客は1973/74年に94,000人であった。1968/69~73/74の国内旅客数の伸び率は11%/年に達している(Annex III-13参照)。これらのスーダン国内の航空路線はすべてSudan Airwaysによって

運営されている。Sudan Airways は Boeing 737, Fokker 27 を国内線用に投入しているが、空港施設が老朽化していること、部品の不足、機体整備上の問題等もあって需要に十分応じていない。

d) その他

他にスーダンの輸送体系のなかで触れるべき点は、次の3点である。

- i) 海上輸送の場合は Port Sudan が唯一の輸出入を取り扱う港湾である。Port Sudan では港湾施設および内陸への輸送施設が物資の流動に対して十分でないため、沖待ち、陸揚げ後の滞貨が常にみられる。
- ii) 河川航路はナイル河で、今日でも利用されている。旅客貨物輸送の主な区間は白ナイル河の Kosti-Malakal-Juba 及びナイル河の Karima-Dongola 間である。又、ナイル河横断のためのフェリーサービスも行なわれている。
- iii) 動物（ラクダ、ロバ）はこの国では輸送手段として広く使われている。その輸送量は統計値として推定はむずかしいが、鉄道および道路ではカバーし得ない地域において貴重な役割を果たしている。費用を考慮して、舗装道路上の自動車輸送よりも動物による輸送を好む人口が確かにいると考えられる。

---

注. 1) The Sudan Railways Corporation, Annual Report 1975/76





## 第 IV 章

4.00	影響圏の経済	4-1
4.01	影響圏の概要とゾーニング	4-1
4.02	人 口	4-5
4.03	直接影響圏の経済	4-7
4.04	所帯当りの平均所得	4-10
4.05	地域経済の将来	4-13
4.06	関連開発計画の必要性	4-15



## 4.00 影響圏の経済

### 4.01 影響圏の概要とゾーニング

#### 4.01.1 概要

ここではプロジェクト影響圏のゾーニングが人口分布の推定、圏内経済および地域経済の発展の見通しと共に述べられる。地域の交通現況は第VI章で述べられている。

当道路プロジェクトはスーダン西部の中心都市El Obeidの近くに位置する。El ObeidはNorthern Kordofan 県の県庁所在地であり、首都Khartoumの南西400Kmにある。人口約10万人を有し、全国第3の都市で、この地方の行政、経済、交通の中心地になっている。周辺地域は広大で平坦なサバンナ地帯であり、人々は伝統的な農法で生計を立てている。

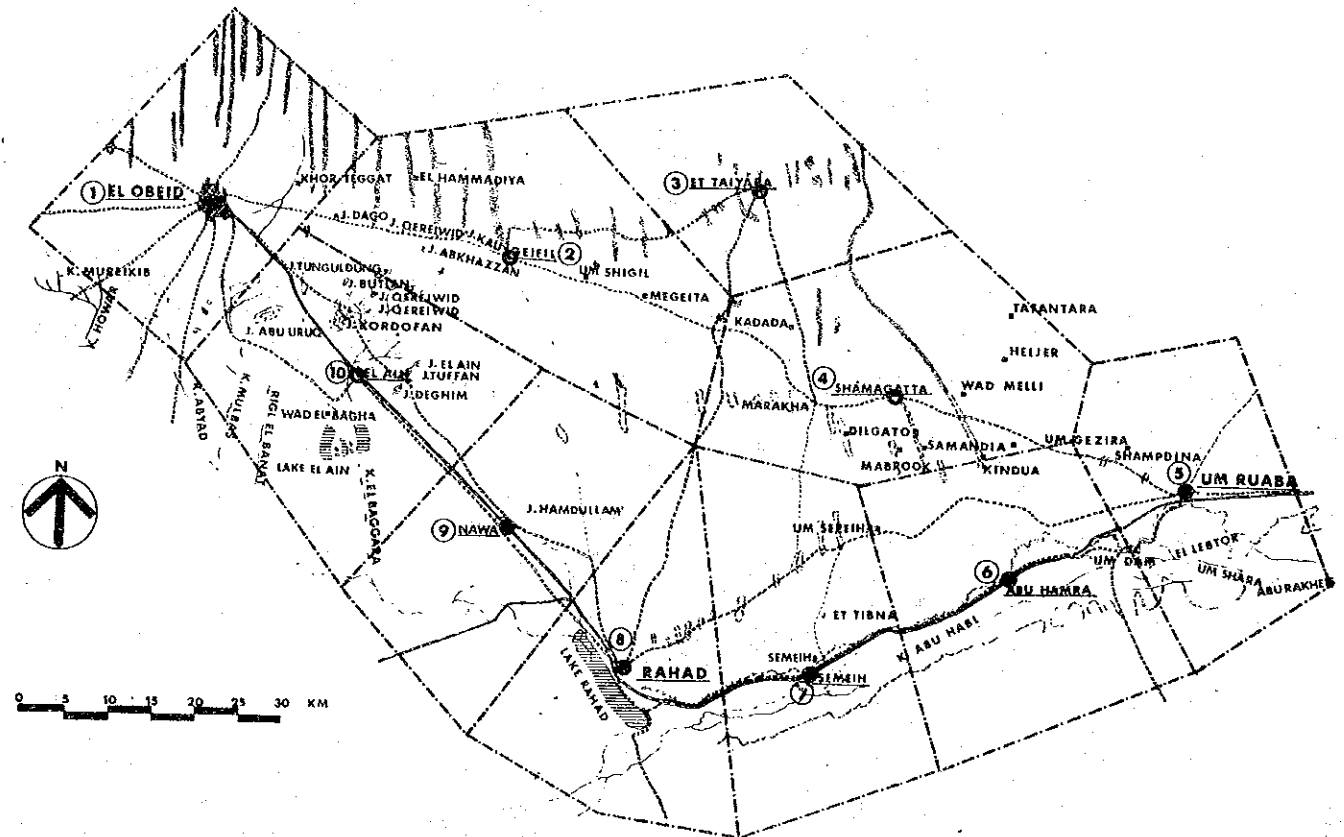
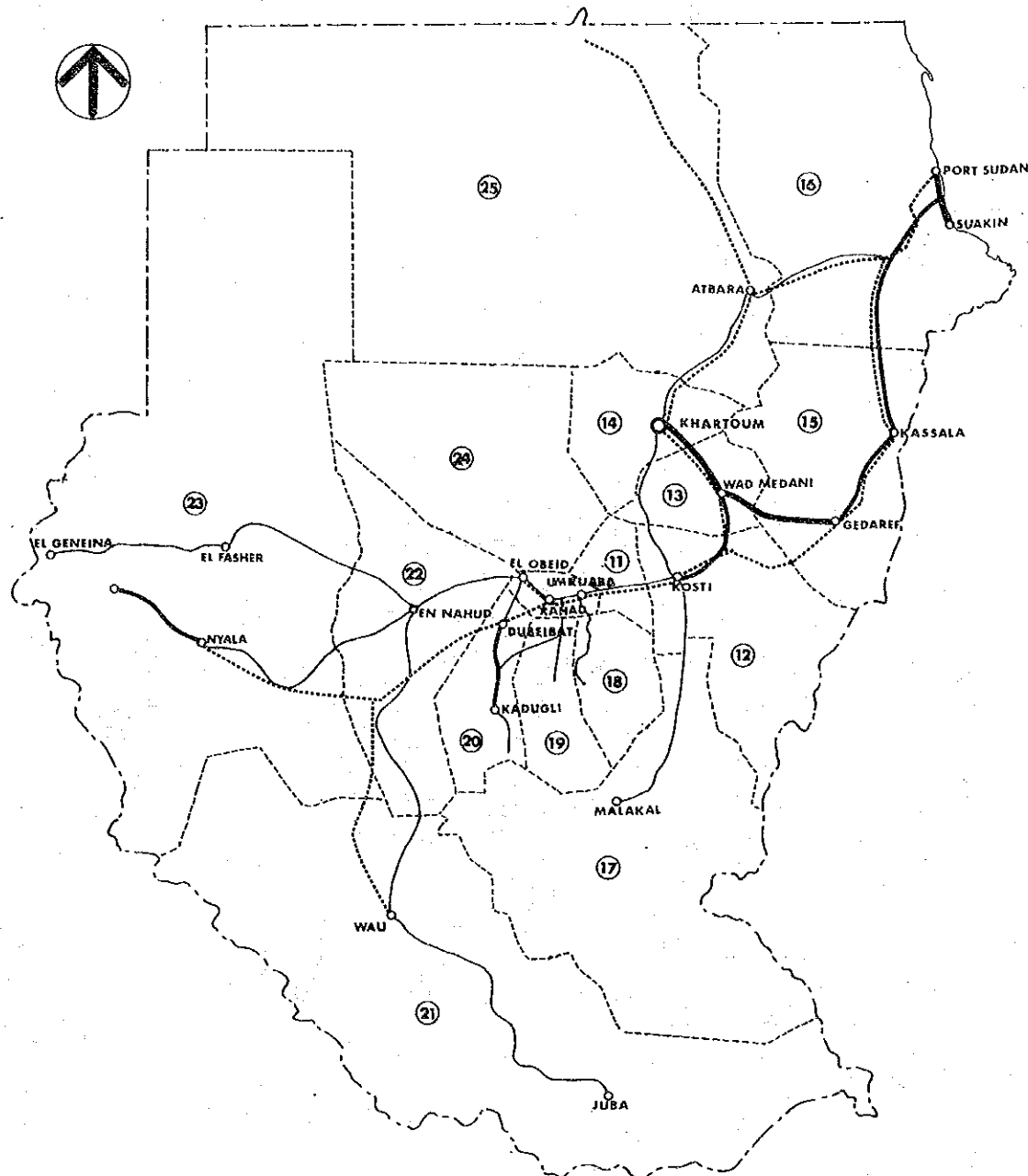
このプロジェクトの直接影響圏は、El Obeidを起点に南東に向いRahad, SemeihそしてUm Ruabaに至る地域である。又、プロジェクト地域はSouthern Kordofan 県Nuba山地域の綿花栽培の中心地に近く、プロジェクト地域の南部にも綿花の栽培が見られる。El ObeidはKhartoum, Gezira等の東北部諸県と西方のSouthern Darfur 県やNorthern Kordofan 県の西半分の西部諸県を結ぶ交通の要衝であって、交通燃料の補給や貨物の積み替え、および旅客の乗り換え等がここで行なわれている。

#### 4.01.2 ゾーニング

沿道地域での人口分布、経済活動、交通流動を明らかにするために、ゾーニングを次のように定めた。これは、第VI章交通量解析でのゾーニングと同じものである。プロジェクト地域(直接影響圏)は、El Obeid-Um Ruaba間を沿道の両側約10Kmずつの幅でとり、鉄道の駅、又は大きな村落を各ゾーンの中心にして、表IV-1に示すように10ゾーンを設定した。2次影響圏は10ゾーンからなる直接影響圏の外側の地域であって、図IV-1に示すようにSouthernおよびNorthern Kordofan 県および全国に15ゾーンを設定した。



FIG. IV-1 ZONE MAP AND ROAD NETWORK



NUMBER AND ZONE

1 EL OBEID	11 TENDELT	21 WAU-JUBA
2 GEIFIL	12 KOSTI-SENNAR	22 EN NAHUD
3 ET TAIYARA	13 WAD MEDANI	23 NYALA
4 SHAMAGATTA	14 KHARTOUM	24 BARA
5 UM RUABA	15 KASSALA	25 ATBARA
6 ABU HAMRA	16 PORT SUDAN	
7 SEMEIH	17 MALAKAL	
8 RAHAD	18 EL ABBASIYA	
9 NAWA	19 NUBA MOUNTAIN	
10 EL AIN	20 KADUGLI	



TABLE IV-1 DIRECT INFLUENCE ZONES

No.	Name	Area	(km <sup>2</sup> )	
			Urban	Rural
1	El Obeid	675	20	655
2	Geifil	1,060		1,060
3	Et Taiyara	670		670
4	Shamagatta	920		920
5	Um Ruaba	770	2	768
6	Abu Hamra	870		870
7	Semeih	850		850
8	Rahad	700	3	697 *
9	Nawa	780		780
10	El Ain	850		850
	Total	8,145	25	8,120

Note: \* including the lake of 31 km<sup>2</sup>.

#### 4.02 人口

##### 4.02.1 Northern Kordofan 県

スーダンでは、1955/56年に全国人口調査が行われ、1964/66年に都市部のみの人口調査が、そして1973年に全国人口調査が行なわれた。1973年分の詳細はまだ発表されていない。その間に毎年の人口が推計され、スーダン政府や国連部局等から別々に発表されている。国連部局から出された人口推定によると Annex III - 1 に示すようにこの国の最近の人口成長率を、年率2.6%台と推計しているものもある。スーダン政府関係から提供された人口の資料によると、1955年から1973年までの18年間におけるこの国の全人口の成長年率は2.2%、Northern Kordofan 県のそれは同期間に1.3%と考えられる。政府及び県庁より提供された資料は Annex IV - 1, IV - 2 および IV - 3 に示される。これら資料とプロジェクト地域で集めた情報をもとに推定した Northern と Southern の Kordofan 県の1977年人口は Annex IV - 4 に示す。

Northern Kordofan 県の district 別の1977年現在の都市部人口、農村定住人口、遊牧民の分布を、上記の統計を使って推計すると表IV - 2 の通りで、県の全人口は1,365,000人である。

TABLE IV-2 POPULATION ESTIMATES IN NORTHERN KORDOFAN PROVINCE, 1977

	Settled Population		Nomad (3)	Settled Population Total (1) + (2)	Rural Population including Nomad (2) + (3)	Total (1) + (2) + (3)
	Urban (1)	Rural (2)				
Northern Kordofan Province	198,406	903,083	263,916	1,101,489	1,166,999	1,365,405
Central District	105,738	97,792	5,149	203,530	102,941	208,679
Eastern District	40,097	291,451	21,365	331,548	312,816	352,913
Western District	38,953	307,034	9,822	345,987	316,856	355,809
Northern District	10,479	140,693	15,285	151,172	155,978	166,457
North-Western District	3,139	66,113	142,395	69,252	208,508	211,647
Roving	-	-	69,900	-	69,900	69,900

Source: Estimated by the study team



遊牧民は表IV-2にみられるように、Northern Kordofan 県に1977年現在で、合計約26万人が居住し Southern と Northern の両Kordofan 県では、ほぼ40万人と推定される。Northern Kordofan 県庁から得た資料によると、1973年の旧Kordofan 県の遊牧民の人口は286,644人であった。一方、スーダン政府統計部の1973年調査の第一次概算<sup>1)</sup>では、旧Kordofan 県の遊牧民は406,274人と異った値が記載されている。これからもわかるように、季節的に移動する遊牧民は、特にその実数がかみにくい。

#### 4.02.2 ゾーン別人口の推定

10ゾーンのそれぞれの人口は次の方法で推定した。村落の数は、航空集成写真1:48,000(1962年作成)と地形図1:250,000(1975年修正済)で調査した。村落は、家屋数によって3グループに分けた。各グループの平均戸数を得たのち、一戸平均の家族数を5人と仮定して、各村落と各ゾーンの定住人口を得た。この結果は、表IV-3に示される。表IV-3には都市部の人口、農業従事人口及び農家戸数が示されている。具体的なゾーン別の人口推定の経過は、Annex IV-5に述べられている。

人口密度は、両Kordofan 県で1キロ当たり6人、又全国平均も6人である(Annex III-2参照)。プロジェクト地域での人口密度は33人である。この高い密度はEl Obeidが100,000の人口を有するからである。

### 4.03 直接影響圏の経済

#### 4.03.1 都市部

プロジェクト道路の直接影響圏として設定した8,145 km<sup>2</sup>の地帯には、25 km<sup>2</sup>の都市部(El Obeid, Um Ruaba, Rahadの3つの市街地)と、それらの周辺の8,120 km<sup>2</sup>の農村部が含まれる。

El Obeidは人口10万をこえる地方中核都市であり、県庁その他、中央官庁の支所がある。ディーゼル発電設備による電力が市街へ供給されている。上水設備は断水が慢性的であるが、普及している。病院、医院、小学校、中学校、高等学校(寮制をとる)、穀物家畜市場、消防署、裁判所、警察署等の公共施設が存在している。

交通施設の現状は、第VI章6.01において述べる。工場地域があり、その工業地帯の主な業種は、落花生、ゴマ等を原料とする加工、食油加工工場と自動車の保守、修理工場等である。一方

---

注1.) National Planning Commission, Economic Survey,  
1974, Appendix Table 2-1

TABLE IV-3 SETTLED POPULATION IN THE ZONES OF INFLUENCE, 1977

Zone No.	Total	Urban	Rural	Agricultural	Farm-households
1	119,688	105,738	13,950	11,718	2,344
2	13,340	-	13,340	11,206	2,241
3	10,970	-	10,970	9,215	1,843
4	13,950	-	13,950	11,718	2,344
5	41,041	23,141	17,900	15,036	3,007
6	9,614	-	9,614	8,076	1,615
7	12,922	-	12,922	10,854	2,171
8	29,226	16,956	12,270	10,307	2,061
9	6,750	-	6,750	5,670	1,134
10	12,800	-	12,800	10,752	2,150
Total	270,301	145,835	124,466	104,552	20,910

Source: Estimated by the study team

縫製業、製靴業、家具製造等の小規模の家内工業は、町のマーケットの周辺に散在している。穀物その他を貯蔵する倉庫は、トラックターミナルの近くにある。倉庫の荷動きは、かなり活発に行なわれている。

スーダン銀行の支店を含めて銀行支店がいくつかある。近隣地方の生産物は豊富だが、消費財特に輸入品は、卸小売店舗に十分供給されていないようである。多くの人々が、夜マーケットに集い、ショッピング、食事、喫茶等を楽しんでいる。

1973年に実施された労働調査結果が未発表なので、都市の就業者数の職業別分布は明らかでないが、卸小売業（自動車修理場、ガソリンスタンドを含む）、輸送関係業務、公共業務および農業が主たる雇用業種である。製造業は、多くの就業機会をもたらすほど発達していない。

Um Ruaba は人口 23,000 人で Eastern District の行政中心都市である。Um Ruaba はこの地域での食油生産中心地であり El Obeid には、わずか 5 工場だが Um Ruaba には 10 工場がある。

Rahad は Um Ruaba よりさらに小さく、人口 17,000 人である。公共の電気設備は、まだ建設されていない。ここは Nyala 方面と El Obeid 方面の鉄道の分岐点である。西部から東部への肉牛鉄道輸送のための囲い場が数年前に建設された。1974 年以降の家畜輸出禁止政策と鉄道家畜輸送車両の不足のため、不幸にしてその後使われないうままである。しかしながら、これを復活させて奥地からの輸送に使うことが最近検討されている。

#### 4.0.3.2 農村部

プロジェクト地域の全体 8,145 km<sup>2</sup> のなかで、農村部は 8,120 km<sup>2</sup> を占める。農民の大部分は質素で伝統的な生活を営んでいる。彼等の住家は、乾草か泥でつくられている。彼等は食料を自給し、余剰農産物を仲買人に売るか、あるいは、ロバやラクダ等により、自ら市場に運ぶ。定着農民の家畜は、農産物その他、生活物資等の運搬用と肉や乳の自給用である。市場に出る家畜の大部分は遊牧民からの出荷である。現在、この地方で飼育されている家畜の約 90% は遊牧民のものであるといわれている。

Northern Kordofan 県の休閒地を含む総耕地は 440 万 fed（約 18,500 km<sup>2</sup>）と推定される。そこで営まれる農業のほとんどすべてが、旧来からの慣行的な天水依存農業（Traditional rain-fed farming）であり、その主な換金作物は、あづきもろこし（dura）、ゴマ、落花生、西瓜種実、アラビアゴムである。これら農林産物の生産量は、年次により安定していない。図 IV-2 および Annex IV-6 は 1970 年以降の作物の生産量と作付面積の推移をまとめたものである。これらによると、1970 年はじめより後半の方が、生産量が安定していることがわかる。農作物の収量の年次変動が大きい理由は、Northern Kordofan 県の農地が、農業可能の最少雨量帯であって、年雨量が 200～400 mm の範囲で変動しているからである。灌漑施設と貯水施設が、まだ建設されていないことは、農耕地の拡大や耕作時期を他の月々に広げることが出来ない一因に

なっている。

現在、Northern Kordofan 県と、プロジェクト地域において作付されている主要作物の面積と生産量は表IV-4のように示される。この他注目すべきは同県に木炭 12,000 ton, 薪 6,000 m<sup>3</sup> が生産されていることである。プロジェクト地域も又サバンナ地帯の木から薪と木炭を産出している。したがってプロジェクト地域での生産量は同県の $\frac{1}{2}$ であると推定される。これらはいずれも都市部、農村部で燃料として使われている。

直接影響圏の農村部の農業以外の産業としては、ゾーン7の Semeih 駅の傍に、綿繰り工場 (gininery) があるだけである。Semeih 駅の東南部の粘土の地域 7,200 fed の耕作地が、公団組織で管理されている。この綿の栽培様式は、雨期に K.Abu Habl の水を利用する Flooded farming である。600世帯の農民が、それぞれ 12 fed の耕地を保持して 6 fed を綿に、残り 6 fed を稗の作付に利用している。搾油工場は、プロジェクト地域の三つの都市域内にあり、落花生、ゴマを付近から買入れ、油と油かすを Khartoum その他の都市へ出荷している。

#### 4.0 3.3 牧 畜

この地方の家畜類の約 90% は遊牧民が所有する。North - Western Kordofan District に、家畜と遊牧民が最も数多く滞在するといわれる。

遊牧民は、牧草を追求めて雨期には北へ、乾期には逆に、Southern Kordofan 県の奥地へ移動している。1976年に家畜の全国調査があった。その結果は部分的に発表されている。当県の Central Kordofan District と Eastern Kordofan District の家畜は Annex IV-7 のとおりである。

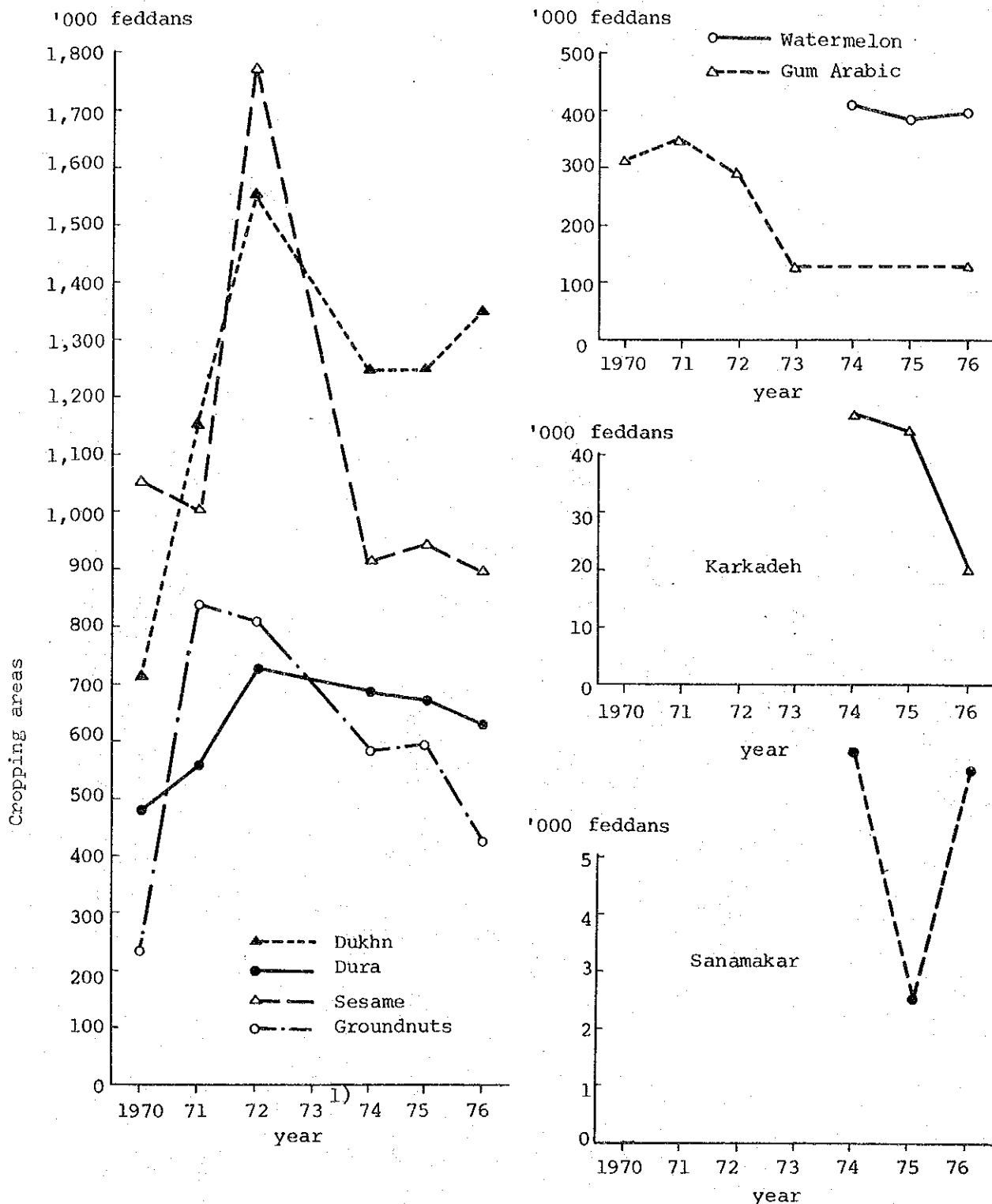
各都市部には、家畜市場がいくつかある。市場に持ちこまれた家畜の取引は、すべてがその日には必ずしも成立しない。取引が不成立の時には、家畜は引取られたり、日を改めて数日後持ちこまれたり、屠殺場に売られる。一般的なワクチン注射や、他の疾病対策もこれら市場で実施されている。屠殺用家畜は、市場で価格決定の上、取引が行なわれている。市場での屠殺数は、プロジェクト地域全消費量より少ないこと、又他地域への移出は、ほとんどないことにより、私的屠殺が一般的慣行として行なわれていると思われる。その私的屠殺頭数は市場でのそれより、はるかに多いようである。家畜類の市場での取引量は、Annex IV-8 に示される。

#### 4.0 4 所帯当りの平均所得

直接影響圏のゾーン毎の主要換金作物の栽培面積と生産量のゾーン別推計は Annex IV-9 に示す通りである。農民は余剰農産物の 80% を、収穫直後の 11月から 1月までの間に出荷している。

El Obeid における 1977年の市場価格は Annex IV-10 に示す通りである。穀物類の取引手

FIG. IV-2 CULTIVATED AREAS BY MAIN PRODUCT TYPES  
IN NORTHERN KORDOFAN PROVINCE, 1970-'76



Sources : Produced from the data in Annex IV-6.

Note 1) The data for 1973 were not available.

TABLE IV -4 MAIN AGRICULTURAL PRODUCTIONS IN NORTHERN KORDOFAN PROVINCE, 1976

Items	Unit Yield kg/fed ton/ha	Cultivated Area		Production		
		Direct Influence Zones (feddan)	Northern Kordofan Province (feddan)	Direct Influence Zones (ton)	Northern Kordofan Province (ton)	
Dukhn	120	0.29	174,000	1,300,000	20,904	156,000
Dura	150	0.36	88,440	660,000	13,266	99,000
Sesame	75	0.18	123,280	920,000	9,246	69,000
Groundnuts	350	0.83	71,020	530,000	24,857	185,500
Watermelon seeds	95	0.23	52,930	395,000	5,028	37,525
Karkadeh	12	0.03	4,958	37,000	59	444
Sanamakar	540	1.29	670	5,000	362	2,700
Gum Arabic	50	0.12	18,090	135,000	905	6,750
Total	-	-	533,388	3,982,000	74,627	556,919

Source: Estimated by the study team

Note : 1) The cultivated area and production in the direct influence zones are estimated by the percentage composition of the farm households in the zones of those in the whole province.

数料は買手がこれを支払う。その料率は100K当り，平均LS 0.20で，市場価格の約0.1%とみなされる。穀物の輸送費用ならびに家畜あるいはトラックによる輸送中の損耗のため生産者の得る所得は，市場価格の90%となろう。

農民は，農耕地を1個所にまとめて持つことはない。むしろ，家の近くあるいは村落から遠く離れていくつか土地を持っている。種まきあるいは，収穫の時期には彼等は家から遠く離れ，農耕地に近い仮設集落に住むことがしばしばある。

1977年の農家1戸当りの現金収入は，LS155(US \$ 380)/年と推定される。これは，月当りではLS 13となり，1人当りでは，LS30(US \$ 75)/年ということになる(Annex-11参照)。

一方，都市部においては，職業別所得と所得配分の統計は，入手できなかった。わずかに，El Obeidで次の所得の値が得られたに過ぎなかった。

(単位 LS/月)

非熟練労働者	25
サービス業・工場労働者	35
運転手・機械工	45
熟練労働者	55
Junior office clerk	50
Senior office clerk	80

都市部の所得水準が，農村部より高いことがこの値からわかる。この都市部の高い所得水準が，農村部より都市部へ継続的に人口が流入する一因となっている。

#### 4.05 地域経済の将来

##### 4.05.1 農村部

プロジェクト地域の気候は，W. P. Koppenの気候分類法によると，夏季降雨型の砂漠気候かサバンナ気候に入る。この地域の年間降雨量は200～400mmの範囲にある。しかし年間降雨量および1回当りの降雨量の変動は大きい。蒸発量は平均15mm/日であるが，雨期には約半分になる。湿度は乾期には，15%であり，雨期には50%である。気温は5月の最高平均39℃，最低平均24℃，1月の最高平均31℃，最低平均14℃となっている。

家畜や農産物の成長にとっては，適応出来る温度帯である。風速は平均3.5m/secで乾期の砂嵐(Haboob)をのぞいて概して穏やかである。砂嵐による作物の風害は，サバンナの植生があるためか少ない。

地形は，ほぼ平坦で部分的にゆるい起伏が波状的に連なっている。乾期には川(Khor)は，水流がなくなる。プロジェクト地域の南部では粘土が覆っている。この粘土のある地域は，反転

土壌 (Vertisols) 地帯といわれる。粘土は、乾期には収縮し、雨期には膨脹し、その肥沃度は高い。心土は緻密で透水性はきわめて小さい。この土壌は Northern Kordofan 県の南部から Southern Kordofan 県北部の Nuba 山地まで分布し、この地域では綿花の大規模な生産がみられる。

上述の粘性土地帯のほか、プロジェクト地域の大部分には、Arenosols 地帯に入る Qoz とよばれる土壌が覆っている。Qoz は、成熟砂質土壌で広大な地域にわたって均質であり、やせた土壌である。雨水を吸収してよく締まる。伝統的な天水依存耕作により、あずきもろこし、落花生、ゴマ、アラビアゴム、Karkadeh 等がここで生産されている。土地の生産性はスーダン全体の平均値より低く Annex IV - 12 のようになる。又、遊牧民は動物をつれて、この地域を通過する。地域経済の将来性についての問題点は次のように要約される。

#### i) 水資源

既に述べた通り、降雨量は少なく、かつ不規則である。貯水池と、灌漑用水の建設の可能性検討とともに、地下水利用を図るべきである。農業開発の過程で、水の不足が最大の阻害要因である。水が不足すると、生産性の減少および耕地の拡大開拓が制約を受ける。農民は村落周辺での伝統的な土地利用に専念せざるを得なくなる。

彼等は、焼畑農業と休耕によって輪作を行なっているが、現状下においては、高い生産量の保持は難しい。

#### ii) 機械化農業

既存の天水依存農業地域で機械化農業を導入することは、他の投入財が同時に導入されない限り、採算性での可能性が低い。村落周辺の土地所有は、4.03.2 の Seme ih 綿花公団計画の場合とはほぼ同様に改革できよう。

#### iii) 牧草地確保の困難

多くの家畜類を保持している遊牧民は、牧草地を求めて雨期に北上し、乾期には南下する。その際に都市部の市場や村落の農民へ家畜を供給している。農民の場合と全くよく似ているが、遊牧民は増加しつつある家畜を飼育するために、十分な牧草地を必要としている。動物のための牧草を維持するか、家畜数をコントロールするための政策及び実施計画が適用されねばならない。

#### iv) 農作物、家畜の病虫害の防止

農作物の病虫害の中でよくみられるのは、ネマトーダによる被害である。ネマトーダは、同じ耕地に同種、同族の作物を連作すると蔓延するということがよく知られている。その対策としては一般的には農薬の散布であるが、プロジェクト地域は面積が広いので、輪作、焼畑、休耕の組合せによる方法が实际的である。



家畜の病害は、牛疫、口蹄疫、炭疽病等が時々みられる。ワクチンの普及、定期的な観察、検疫所の設定等が家畜の健康上必要である。農業と牧畜部門では、病害の阻止のための有効な方法の実施はまだ見られない。これらは、いずれも小規模でスタートしたばかりである。新しい道路建設によって、病害の防止システムの確立が促進されよう。一方、新設道路がもたらす機動性は、プロジェクト地域へ病害を持ち込むチャンスを増加させる可能性があるもので、注意しなければならない。

#### V) 実験農場

農林省の El Obeid 事務所は、既に実験農場をいくつか設定し、生産性向上のための助言や見本を農民に示している。しかし、現況では規模が小さい。予算が少ないため El Obeid 事務所は、これらの実験農場をより効果的な組織に発達させる計画をもつに至っていない。

#### VI) 農業プロジェクト

プロジェクト地域で、農業および家畜生産を拡大するための特別なプロジェクトは、現在のところ具体化されていない。又、スーダン政府、あるいは県の担当者は地域経済を発展させるためのいくつかの投資計画を持っているが、そのためには調査と資金が必要である。

以上の考察により、農村部人口は依然として緩やかに1%以下で増加するであろうし、又、天水依存型農業と家畜の生産によりなる農村経済も今までと同じように緩やかに成長するものと判断される。

### 4.05.2 都市部

既に第四章4.03で述べたように、都市での主たる工業製品は周辺農村での従来の耕作法でとれた農産物の食用油である。既に4.05.1に述べたように農業生産は、生産および市場システムの改良がなければ急速に増加することはないであろう。したがって、地域の工業の生産やそれへの新規投資は近い将来に具体化しそうにない。

サービス業についても特にある部門だけが急に拡大する要因は見当たらない。したがって都市部の経済は、従来の傾向で伸びると考えられる。

### 4.05.3 開発効果

経済の現状を考慮して、道路建設による開発便益や、開発交通量は無視してよいほどのものである。費用便益分析において開発便益は計上しないこととした。

### 4.06 関連開発計画の必要性

現在の影響圏の経済活動のもとで、この道路に対する投資を最大限に生かして地域経済の成長を促すために、いくつかの開発計画の樹立が早急に必要である。次に示す調査を、開発計画の調

査の中に含めることが望ましい。当道路が供用開始されるまで数年間はかかるので、その間に調査を行い計画を設定し、いくつかは実行に移されるべきである。

#### 4.0 6.1 綿紡績工場

Southern Kordofan 県の Nuba 山地付近一帯は主要な綿の生産地の一つである。生産物の大部分は、その地域にある工場で綿繰り後、影響圏の南部を通って移出されている。紡績工場その他綿糸加工工場などはこの地域にはない。このような工場を新しく立地させるように調査が行なわれるべきである。

#### 4.0 6.2 皮革工場

プロジェクト地域周辺には相当数の家畜がいるため、皮革の加工工場の設置のための調査が行われるべきである。牧畜の生産物に対する他の加工業の調査も行なうべきである。

#### 4.0 6.3 実験農場

既存の天水依存型農業には改良すべき点がいくつかあげられる。改良は、特殊な土質と気候条件に合うように耕地、根もり、平坦化の方法、品種改良、病虫害の防止、肥料の使用と市場への出荷方法等におよぼう。実験農場が設立されると上記改良に着手することができよう。

## 第 V 章

5.00	既存道路状況	5-1
5.01	道路現況調査	5-1
5.02	地形測量	5-3
5.03	土質及び材料調査	5-4
5.04	水文調査	5-8



## 5.00 既存道路状況

### 5.01 道路現況調査

プロジェクト地域は、熱帯サバンナ気候に属する半乾燥地帯である。El Obeid は、標高 575 m、Rahad は、496 m、Um Ruaba は、450 m であり全体としてはなだらかな地形である。

Rahad と Et Taiyara を結ぶ道路の西側には、J. Kordofan 標高 785 m、J. El Ain 標高 759 m をはじめ岩山が点在している。これらの山々に源をもつ水路 (Khor) は数多い。東側には砂丘が 1~2 Km 毎に南北方向にみられ、その高さは約 15~30 m である。砂丘は、東側斜面より西側斜面の方が急斜面になっている。Rahad - Um Ruaba 間の鉄道の南には K. Abu Habl が東へ向って流れている。

El Obeid - Um Ruaba 間には、Annex V-1 に示すように 2 つのルートがある。主に乾期に利用される鉄道沿い、Rahad 経由の南回りルート延長約 150 Km と、他は雨期に主に利用される Shamagatta 経由の北回りルート延長約 120 Km である。これらの道路は、都市部を除き維持修繕を行なわれた様子がなく、運転者に路面状態のよい所を選んで走行させるいわゆるマルチチョイスロード (Multi-Choice Road) である。

Annex V-2 に示すように、ルート I, II, III, は平坦な地形をとおり、ルート IV, V は砂丘を横断するために 3% 以上の縦断勾配がいくつか見られる (Annex V-3, V-4 参照)。

#### 5.01.1 ルート I (El Obeid-Rahad 延長 75.2 km, J. Kordofan Hill 経由)

ルートは、El Obeid-Rahad を結び鉄道の東北側を通るもので全延長 75.2 Km である。これを 3 区間に分けて記述する。

##### 1) El Obeid-El Ain (延長 27.3 Km)

起点は、鉄道の El Obeid 駅前の T 型交差点においた。起点より、2.2 Km は車道幅員 6.0 m の舗装道路が空港入口まで続いている。路面の表層は浸透式舗装で、路面の平坦性はよくない。2.9 Km 地点で鉄道と交差している。ここには踏切の標識があるだけで踏切施設も軌道保護材もない。したがって車高の高い自動車のみが横断できる状況である。

そのあとの 9.1 Km 区間は鉄道と平行しており、自動車は 200 m もの巾の中で、走行しやすい部分を、40~80 Km/hr の速度で走行している。水路の横断地点には、構造物はなく乾期には、運転者は乾燥した砂の河床の最も良好な地点をさがしながら横断している。

1.6 Km (起点から) 地点では、J. Kordofan を迂回する北回りコースと、南回りコースとに分れる。北回りコースは、大型車の主要ルートで J. Kordofan の鞍部に 3% の勾配で登る。1.8~2.0 Km 区間は、道路部分は砂質で雨期にはそのまま水路にもなり、さらにわだち跡を深くしている状態である。

南回りコースの縦断勾配は、平坦であるが、J. Kordofan に源をもつ水路が数多くある。2.2~2.8 Km 区間には数多くの水路が横断している。その中の一つ K. El Baggara はプロジェ

クト地域最大の水路である。

ii) El Ain-Nawa (延長 22.2 Km)

J. El Ain の谷間に道路があり、斜面のまわりには大きな石がころがっており、落石の危険がある。J. El Ain から Nawa までは、ゆるい下り勾配が続いている。道路幅は、約 100 m 程で深いわだち跡がある。雨期にできた深いわだち跡をさけ、良好なところを、運転者は自由に選択して走行している。Nawa 駅前には K. Nawa が流れているが、乾期には河床が道路として利用されている。しかし走行状況はよくない。

iii) Nawa-Rahad (延長 25.7 Km)

El Obeid の起点から、6.3 Km の地点で Rahad-Geifil を結ぶ道路と合流する。この地点から 6 Km の区間は、路面状態が非常に良く、なだらかな下り勾配のため、80~100 Km/hr で走行可能である。その後 Rahad までは細砂地帯を通る。

5.0 1.2 ルート II (El Obeid-Rahad 延長 75.8 km, El Ain 貯水池経由)

1) El Obeid-El Ain (延長 31.6 Km)

起点はルート I と同じとした。空港入口の舗装道路で分岐して鉄道の西側を南に行く。分岐して約 5 Km 程は、いわゆるマルチチョイスロードを 60 Km/hr 以上で走行可能である。起点より 8 Km 地点から、30 Km 地点までは、幅約 10 m の路面をグレーダで、不陸整正をした形跡がある。この維持作業は El Obeid 空港拡張工事のため、Lake El Ain から建設工事用水を運搬する道路として空港工事事務所が一時的に行なっているものである。

道路は 15 Km 地点までは低く広い尾根の真中を走っており横断水路もない最良の区間である。15 Km 地点には K. Mulbas を渡る幅 6.70 m、全長 33.0 m の潜水橋がある。潜水橋の表面はコンクリート舗装され路肩は蛇籠で保護されている。

El Obeid の市内より K. Mulbas の潜水橋までは別のルートもある。この道路は市内より El Obeid-Kadugli-Dilling 道路を約 3 Km 程の地点で分かれ Beinu の貯水池のそばを通り、潜水橋に至るものである。土道ではあるが自動車は 60~90 Km/hr で走行可能である。

31 Km 地点には K. El Baggara がある。この水路には横断構造物がない。地元の運転手によれば、ここで雨期にはときどき、2~3 週間の長期にわたって横断できなくなるそうである。さらに短期間の待機はしばしばあるということである。

ii) El Obeid - Rahad (延長 44.2 Km)

鉄道の西側を鉄道と並行して道路が走っている。水路と交差する所で縦断勾配が急になる以外は、なだらかな勾配である。El Obeid より 6.5 Km と 7.5 Km の 2ヶ所で鉄道と交差するが、鉄道の横断は踏切設備がないため非常に難しい。6.8 Km 地点の K. Nawa には潜水橋がある。しかし、鉄筋がないので橋はくずれ洗掘されてしまっている。自動車はこの上を横断せず細砂の河床を走行している。

### 5.0 1.3 ルートⅢ (Rahad-Um Ruaba 鉄道沿延長 79.0 km)

このルートは、K. Abu Habl の氾濫原を走るため乾期にのみ利用される。砂丘がせり出している所は、縦断勾配が2～3%あり、ルースサンドで非常に走りにくい。氾濫原は一部小さく深いわだちやコットンクレイ地帯のクラックがある所以外は平坦で、幅広い道路である。Abu Hamra と Um Ruaba の2個所で鉄道と交差するが踏切には横断のための構造物はない。

### 5.0 1.4 ルートⅣ (Rahad-Um Ruaba 山側延長 72.5 km)

このルートは、主に雨期に利用され砂丘を縫って走る。20 m～30 mの高さの砂丘を横断するため3%～5%の縦断勾配箇所がしばしばある。その上、砂丘はルースサンドでわだちが深く発達しており、乾期には非常に走行困難である。

砂丘の間の低地には、雨期に湛水する箇所が所々見うけられた。この中で一番大きい湛水池は Rahad から1.8 km地点にあり必要に応じて自動車は、池を迂回して走行している。

### 5.0 1.5 ルートⅤ (El Obeid-Um Ruaba 直結ルート延長 118.7 km)

このルートは、砂丘が大部分をしめるため、雨期に利用され乾期にはめったに利用されない。El Obeidの郊外に北東に伸びる盛土高0.5～1.5 mで路床まで完了した工事途中の区間約2 kmがある。Um Ruaba 近郊は平面線形が形成されているが路盤も路床もない。

El Obeid-Geifil 間は、平坦な地形で路面は固い。したがって比較的走行しやすい。Geifil-Um Ruaba 間は、ルートⅣと同様な砂丘が規則的に形成されている。急な勾配で、ルースサンドの路面であるため、自動車は20 km/hr位の速度で走行する状態である。砂丘の頂上付近に村落が点在しているが、道路は村落をかすめて通っている。

### 5.0 1.6 アクセス道路 (Rahad - Et Taiyara 延長 40.9 km)

このルートは、Rahad とルートⅤの間を最短距離で結ぶ道路である。細砂上のタイヤの跡をたどって走るいわゆるマルチチョイスロードである。縦断勾配は緩やかである。横断する水路はない。自動車は30～40 km/hrで走行できる。ただしRahadから13 km地点は、雨期には湛水する。

## 5.0 2 地形測量

測量局は、プロジェクト地域をカバーしている、縮尺1:48,000の集成航空写真を提供してくれた。それを縮尺1:50,000に縮小した。この集成航空写真と1:250,000の地形図が第1段階における技術的検討に使われた。5 kmの幅で南側ルートを縮尺1:25,000で撮影して航空写真を作成した。1:5,000の地形図は第1段階の検討により得られた最適ルートに沿って、片側500 mずつの幅を図化して作られた。地形図を作成する上で必要となるデータを得るため、次の地上測量及び調査が行なわれた。

- a) 対空標識の設置
- b) プロジェクト地域内の測量局の3つの基準三角点の確認
- c) 多角測量及び水準測量
- d) 方位角測量
- e) 町、水路、山などの名称の調査

この縮尺1:5,000の地形図は、等高線が2.0 m間隔で描かれている。線形設計したものは図面集に添付している。

### 5.03 土質および材料調査

#### 5.03.1 土 質

##### i) 概 要

プロジェクト地域の土質の種類は少なく、次の5種類に分類される。

1. 砂丘砂
2. コットンクレイ
3. 砂質シルト
4. シルト質粘土
5. 粘 土

土質分布図はAnnex V-5に示されている。これらの土の路床土、盛土材としての検討および土質条件を決めるために、室内試験が実施された。室内試験は、上記の土質分布図に示す15個所の土質試料採取地点から、代表的な8試料を選びRBPCの試験室へ委託してAASHTO基準によって次のような試験を実施した。

- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1. 粒度試験        | (AASHTO T-88)  |
| 2. 比重試験        | (AASHTO T-100) |
| 3. 突固め試験       | (AASHTO T-99)  |
| 4. アッターベルグ限界試験 | (AASHTO T-90)  |
| 5. 収縮限界試験      | (AASHTO T-92)  |
| 6. CBR試験       | (AASHTO T-193) |

試験結果はAnnex V-6に示されている。

##### ii) 調査結果

###### a) 調査結果の概要

- 1) 路床土として、砂丘砂と砂質シルトは、非常に良く適している。コットンクレイ、シルト質粘土および粘土は、適しているとは言い難いので使用する場合は適当な処理を要する。
- 2) 盛土材として砂丘砂や砂質シルトは適しているが、侵食に対して弱いのでこれらの土質で盛土した場合には法面保護のために、粘土や礫等の材料を使用することが必要である。



b) 土質特性

1) 砂丘砂は赤褐色の単粒度の細砂で、洪積世の後期にNUBIAN<sup>1)</sup>層を起源とする砂岩や花崗岩などの結晶質の岩石より構成されている。

砂丘は、ほぼ南北に走っており、現在は酸化鉄が付着している砂粒子あるいは、植生により固定されている。砂丘砂はAASHTO分類でA-3に属し、路床土、盛土材として適する。AASHTO分類のA-3はA-2-4, A-6, A-7と共にAnnex V-6に示される。また、侵食に対して弱いので法面の保護が必要である。

2) コットンクレイはK.Abu Hablの氾濫原に堆積している暗灰色の沖積粘土である。コットンクレイは別名ダーククラッキングクレイといい乾期には収縮して亀甲状のクラックが入り、雨期には膨脹する。このクレイには部分的に有機質が含まれている。液性限界、塑性指数は大きな値を示している。AASHTO分類でA-6ないしA-7に属し路床土、盛土材としては適切な処理をしないと適当とは言い難い。

3) 粘土は砂丘と砂丘の間の低地に堆積している青灰色の沖積粘土で、その性質はコットンクレイとほぼ同様である。

4) 砂質シルトおよびシルト質粘土は、ルートI, II, Vおよびアクセス道路の一部に分布している。砂質シルトは赤褐色ないしは暗赤褐色の風積土(Aeolian Soil)で、シルト質粘土の上を薄く覆っている。0.074 mm以下の細粒分を20~30%含みAASHTO分類でA-2-4に属し、路床土、盛土材として適している。しかし、侵食に対して弱く、法面保護の必要がある。

5) シルト質粘土は、褐色ないしは黄灰色で、シルト分、粘土分を40~50%含んでいる細粒土である。コットンクレイと同様に乾湿による容積変化が大きい。AASHTO分類では、A-6に属し、路床土、盛土材としては適切な処理をしないと適当とは言い難い。

### 5.03.2 橋梁基礎地盤調査

プロジェクト地域の水路はコットンクレイあるいは、シルト質粘土の分布地域に見られる。そのうち、橋梁が必要と考えられる地点は次の3地点を含んでいくつかあり、Annex V-5に示されているとおりである。

- 1) El Obeid から 7.4 Km 地点
- 2) K. El Baggara
- 3) K. Nawa

において、ボーリングテストによらないで、弾性波探査によって、基礎の地盤支持力が推定された。

弾性波探査の結果はAnnex V-7に示されている。橋梁計画個所の基礎地盤は、いずれも固

注) 1) 中世代の地層名で、スーダン中北部に分布している。

く締ったシルト質粘土で推定N値は22以上で、支持力に換算すると25t/m<sup>2</sup>以上となり、このプロジェクトで設計した直接基礎に対して十分な値と判断した。シルト質粘土は飽和度が低く、固く締っているので圧密沈下は無視してもよい。特に明記しておきたい点は同様の形式の橋梁が鉄道にみられること、そして、これらは50年以上の間ほとんど沈下した様子がみられないということである。

### 5.03.3 骨 材

#### i) 概 要

骨材は、骨材位置図(Annex V-8)に示すように、その大部分は、プロジェクト地域の北西部に位置している。これら岩山や堆積砂礫の骨材としての適性を検討するための調査は、12個所の試料採取地点を選定して行なった。これらの地点から選ばれた試料はRBPCの試験室へ委託して次の室内試験を行なった。

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1. 比 重 試 験       | (AASHTO T-100) |
| 2. ロスアンジェルスすり減試験 | (AASHTO T-96)  |
| 3. 吸 水 試 験       | (ASTM D-1228)  |
| 4. CBR 試 験       | (AASHTO T-193) |

砂丘の分布地域には路盤用の骨材がないため路盤用として、下記の安定処理試験を日本大学土質実験室で行なった。

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| 1. セメント安定処理試験   |                   |
| 突固め試験           | (AASHTO T-134-70) |
| 一軸圧縮試験          | (ASTM D-1633-63)  |
| 乾湿繰返し試験         | (AASHTO T-135-70) |
| 2. 石灰安定処理試験     |                   |
| 突固め試験           | (AASHTO T-134-70) |
| 一軸圧縮試験          | (ASTM D-1633-63)  |
| 3. アスファルト安定処理試験 |                   |
| ハーバードフィールド安定度試験 | (ASTM D-1138-73)  |
| マーシャル安定度試験      | (ASTM D-1559-75)  |

#### ii) 試験結果

試験結果は、Annex V-9に示しているが、要約すると次のとおりである。

##### a) 堆積礫層

堆積礫層は、ベディメント<sup>1)</sup>や河床堆積物として岩山の近くに分布しており、一般に下層路盤材として適している。El Obeidから約10Kmの地点の礫層は、細粒分が多く含ま

注 1) ベディメントとは、乾燥あるいは半乾燥地帯で、沖積層あるいは急斜面上にあって、薄い層が部分的に覆っていて起伏の少ない侵食を受けやすい層をいう。

れており、低いCBR値を示している。しかし、粒度調整することによって、下層路盤材として使用できる。J. Abu Urug には、El Obeid 空港滑走路建設のための礫層がある。

ここには良質な石英質の礫が50万 $m^3$ 以上堆積している。これは、粒度調整すれば上層路盤として使用できる。

#### b) 河床堆積物

岩山近くの河床には砂が堆積している。なかでもK.El Baggara からは、大量の粗砂が得られる。砂の粒形は、不規則で稜角に富み、粘土分、有機質がほとんど含まれていないので、コンクリート用細骨材として適している。

#### c) 岩 山

岩山は深成岩の花崗岩類や脈岩のアブライト、ペグマタイト及び変成岩の片岩などから成っており、一般に表層用、コンクリート用骨材として良好である。なかでも骨材として適しているのは、珪岩や細粒度の酸性岩である。

J. Dago からは堅硬な珪岩の碎石が得られ、表層用、コンクリート用骨材として優れている。Semeih の北約6.0KmのJ. Et Tibna の骨材は良質である。しかし、測量局の三角点が設置されているので採掘は認められない。

### iii) 安定処理

前述したように、砂丘地帯の計画道路沿いには、路盤材料となる礫が得られないので、路盤材料として、砂丘砂安定処理の適性を探るため安定処理試験を実施した。試験結果は Annex V-10 に示してあるように、単粒度の細砂のため、アスファルトおよび石灰による安定処理はほとんど効果が認められなかった。一方、セメントによる安定処理は、セメント添加量6%以上で安定処理の効果が認められた。セメント添加量が6%以上となると収縮クラックが発生し、セメント安定処理路盤に発生したクラックが表層のリフレクションクラックを発生させる原因となることが一般的に知られている。したがって細砂の安定処理は、適していないことが明らかとなった。概算工事費用の算定においては、路盤材料として代替ルート<sup>1)</sup>のいずれにも天然礫材又は碎石の使用が採られている。

### 5.03.4 工事用水

#### i) 概 要

地下水は、Um Ruaba 統 (Um Ruaba Series)<sup>1)</sup> と Nawa 統 (Nawa Series)<sup>2)</sup> から得られ、貯水池のない砂丘地帯の重要な水源となっている。貯水池はEl Obeid-Rahad 間のシルト質粘土分布地域と Rahad-Um Ruaba 間のコットンクレイ分布地域に見られる。これらは、El Obeid や Rahad の生活用水およびK. Abu Habl流域の灌漑用水として利用されている。貯水池と井戸の位置は Annex V-13 に示している。井戸水は道路建設に使うには量的に不十分である。

注) 1) 第三紀ないしは第四紀の地層名

2) 古生代の地層名

建設工事用水は、El Ain と Rahad の貯水池から得ることができる。El Ain 貯水池は Annex IV-14 で述べるように拡張工事がなされ、工事完了後の貯水量は 550 万  $m^3$  である。Rahad 貯水池は、貯水量 5,600 万  $m^3$  と豊富で、地域住民と家畜および灌漑用水として利用されており、工事用水として利用することは十分可能である。

#### 5.0 4 水文調査

##### 5.0 4.1 プロジェクト地域の気象

本地域の雨期は、6月から9月までで、年間雨量は 400 mm 前後である (Annex V-14 参照)。El Obeid および Kosti における気象状況は次に示すとおりである。

TABLE V-1 CLIMATE IN EL OBEID AND KOSTI (1941-1971)

Location	Item	Month												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
El Obeid	Rainfall(mm)	0	0	0	2	14	27	113	143	68	19	0	0	
	Humidity (%)	16	13	11	12	19	29	47	56	42	23	17	16	
	Direction of Wind	N	N	N	N	N	SSW	SSW	SSW	SW	N	N	N	
	Temp( $^{\circ}$ C)	Max.	38.6	40.7	42.9	43.0	44.3	42.3	40.0	37.7	39.0	29.7	38.4	37.6
		Min.	6.4	4.4	9.0	13.0	17.2	17.1	17.3	17.5	17.1	14.5	9.2	5.8
Kosti	Rainfall(mm)	0	0	1	2	16	39	111	142	63	21	1	0	
	Humidity (%)	23	18	14	13	21	32	46	57	67	31	23	24	
	Direction of Wind	N	N	N	N	N	SSW	SSW	SSW	SSW	N	N	N	
	Temp( $^{\circ}$ C)	Max.	40.2	42.2	44.8	45.3	46.0	44.2	41.5	40.2	40.8	41.6	40.8	39.1
		Min.	10.3	10.6	12.4	14.4	17.0	18.4	18.9	18.9	19.0	18.2	13.1	10.1

Source: Meteorological Department, Sudan, 1977.