

スーダン共和国

フルガ・ヌルエルディンポンプ灌漑計画

実施調査報告書

主報告書

平成3年8月

国際協力事業団

スーダン共和国  
フルガ・ヌルエルディンポンプ灌漑計画実施調査報告書

主報告書

平成3年8月

国際

45  
83  
A7  
LIBRARY  
91-30

農計技
<del>CR(2)</del>
91-30



JICA LIBRARY



1093184(8)

22795



スーダン共和国

フルガ・ヌルエルディンポンプ灌漑計画

実施調査報告書

主報告書

平成3年8月

国際協力事業団

報告書のリスト

MAIN TEXT

ANNEXES

- ANNEX A : TOPOGRAPHY AND GEOLOGY
- ANNEX B : METEOROLOGY AND HYDROLOGY
- ANNEX C : SOILS AND LAND CLASSIFICATION
- ANNEX D : AGRICULTURE AND AGRO-ECONOMY
- ANNEX E : PUMPING STATION AND POWER SUPPLY SYSTEM
- ANNEX F : IRRIGATION AND DRAINAGE
- ANNEX G : IMPLEMENTATION PLAN AND COST ESTIMATE
- ANNEX H : PROJECT EVALUATION



## 序 文

日本国政府は、スーダン国政府の要請に基づき、同国のフルガ・ヌルエルディンポンプ灌漑計画にかかる開発調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施いたしました。

当事業団は、平成2年11月から平成3年6月までの間、2回にわたり、日本工営株式会社の矢野信一氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、スーダン国政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

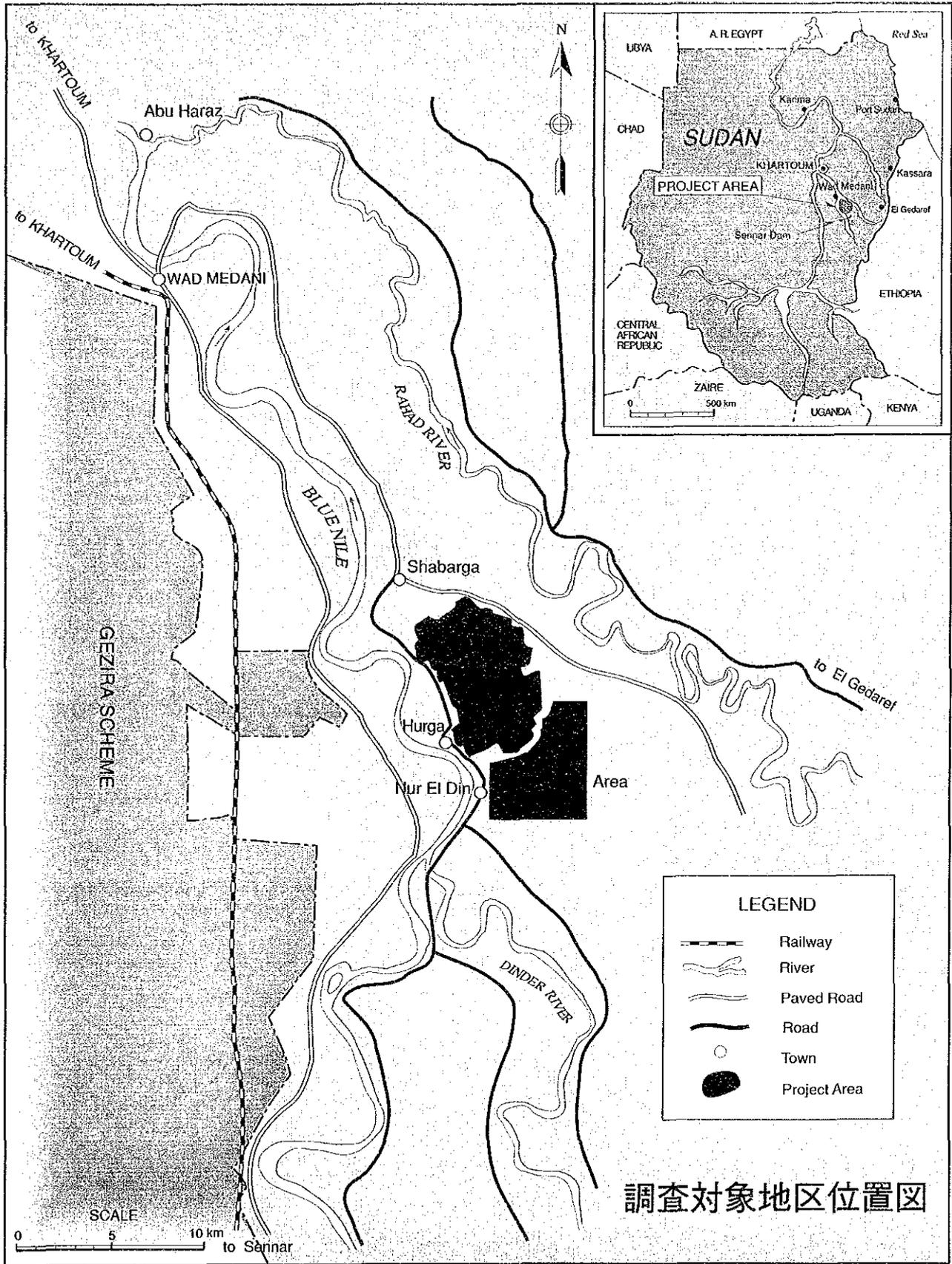
終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成3年8月

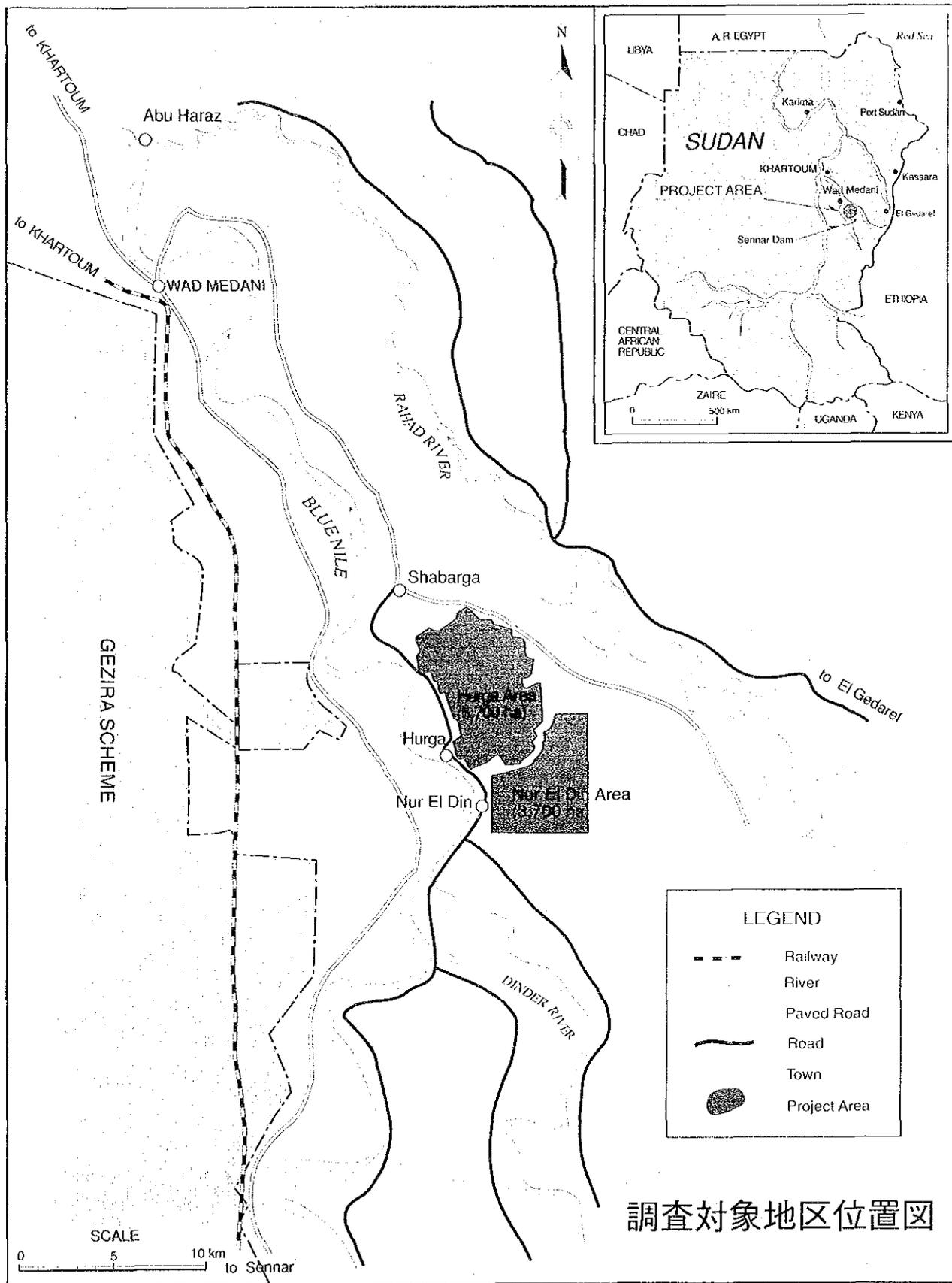
国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

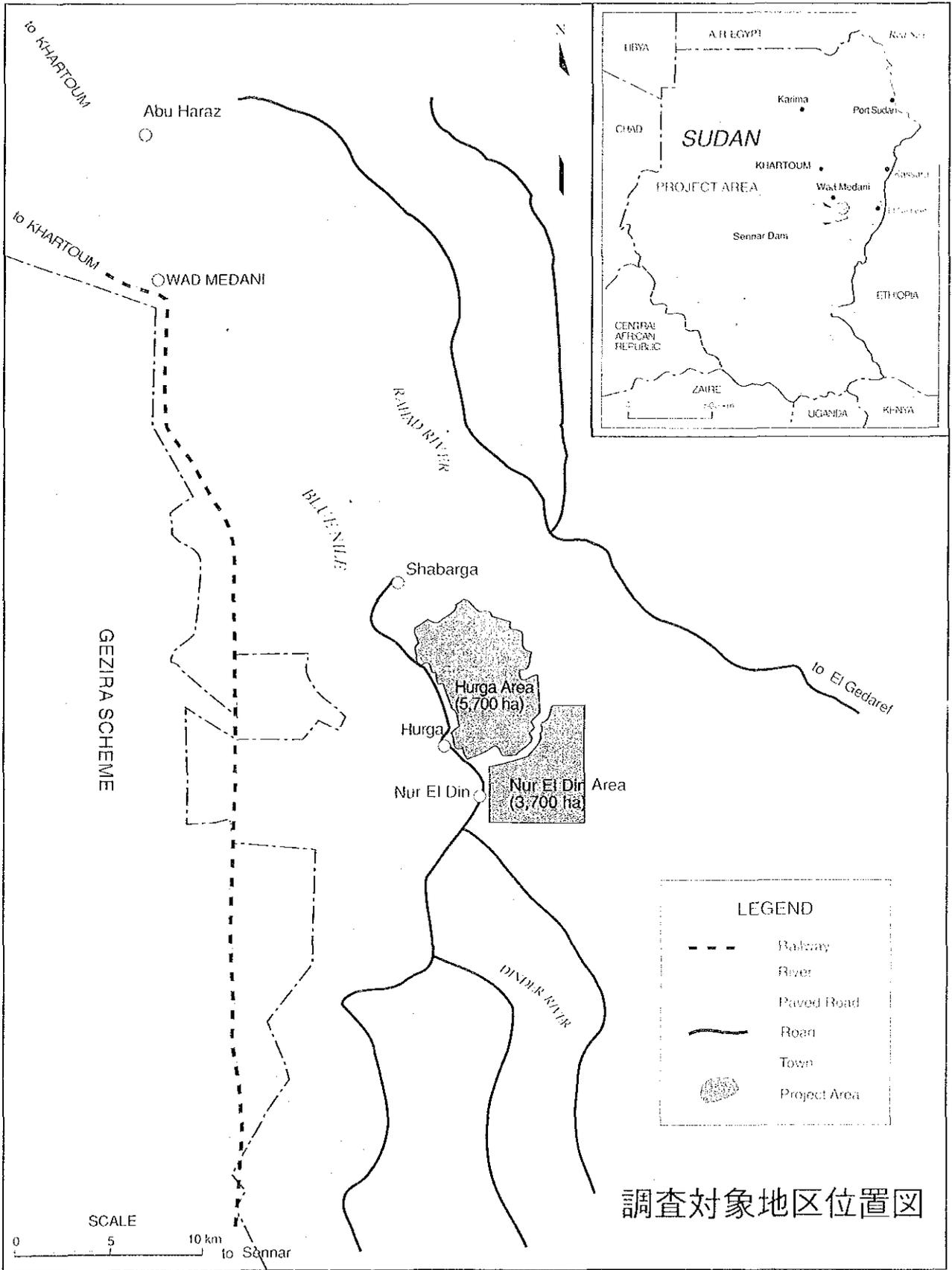




調査対象地区位置図



調査対象地区位置図



調査対象地区位置図



## 要 約

### 序章

1. 本ファイナルレポートは 1989 年 12 月 18 日にスーダン国 (ス国) 灌漑省 (MOI) と国際協力事業団 (JICA) との間で合意したフルガヌルエルディンポンプ灌漑計画実施調査 (本調査) に係る [Scope of Work] に基づき作成したものである。
2. 本調査の対象地区は、Hugra 地区 13,900 feddan (5,840 ha) と Nur El Din 地区 8,720 feddan (3,660 ha) の合計 22,620 feddan (9,500 ha) からなる。同地区はス国の首都 Khartoum の南東約 220 km に位置し、青ナイル川の東岸の Rahad 川と Dinder 川に挟まれている。
3. 本調査の目的は、i) 既設の Hurga 及び Nur El Din ポンプ場の改修計画を中心とした同灌漑地区の整備計画に係るフィージビリティ調査を実施すること、及び ii) 同調査を通じて、ス国側に技術移転を計ることである。

### 背景

4. 1988/89 年のス国の国民一人当りの国内総生産 (GDP) は £2,834.9 で米ドルに換算すると US\$ 230.5 となる。また、1989 年のス国の国際間貿易は £2,350 x 10<sup>6</sup> の貿易赤字を記録している。ス国は農業立国で GDP の 34 % を農業に依存し、外貨収入の 90 % を農業生産物より得ている。さらに、労働人口の 70 % が農業に関わっている。
5. ス国の農業はその形態から、i) 灌漑農業、ii) 天水機械化農業、iii) 天水伝統農業及び iv) 畜産に分類されている。灌漑農業面積は 7 x 10<sup>6</sup> feddan (294,000 ha) で主として綿花、

落花生、穀物類を生産している。青ナイルと白ナイル川の間広がる Gezira-Managil 灌漑地区はス国最大で、その受益面積は  $2.1 \times 10^6$  feddan (880,000 ha) となっている。天水農業地区は  $18 \times 10^6$  feddan (756,000 ha) に及び、ソルガム、落花生、ゴマ、ミレット、アラビアゴム 等が生産されている。

6. 綿花はス国でもっとも重要な工芸作物で、1989/90 年には 702,000 feddan (195,000 ha) で栽培された。この内 358,000 feddan (150,000 ha) は Gezira-Managil 灌漑地区で占めていた。小麦はその消費量が段々増え続けており、伝統的な主食作物であるソルガムにとって変わりつつある。1989/90 年の栽培面積は 614,000 feddan (258,000 ha) で、Gezira-Managil 灌漑地区では小麦の総栽培面積の 50% を占めている。自家消費作物であるソルガムは主として天水で栽培されており、その総栽培面積は 1988/89 年で  $13 \times 10^6$  feddan (546,000 ha) に上る。
7. 1988 年に始まった国家 4 年復興・開発計画 (1988/89-1991/92) は農業部門の開発指針を優良既存灌漑地区の改修・近代化に置いている。小麦の自給達成は農業部門開発計画の重要な目標の一つとなっている。
8. 上記開発計画の実施を目的として、Blue Nile Pump Scheme Modernization Study (青ナイルポンプ灌漑近代化基本計画調査) が 1988 年 6 月から 1990 年 3 月に渡って実施された。この調査は 62 のポンプ灌漑地区を対象としており、その対象面積は既存地区 248,000 feddan (104,000 ha)、拡張計画対象地区 142,000 feddan (60,00 ha) からなっている。Hurga 及び Nur El Din 地区もこの調査に含まれており、事業実施計画の中で最優先実施順位が与えられている。
9. 国家電力公社 (NEC) の総発電設備容量は約 540 MW ある。しかし実際の発電可能設備容量は総発電設備容量の約 50% に過ぎない。このために、実際の発電量は潜在需要の 75% を満たしているに過ぎない。3 月から 8 月までの間深刻な電力不足が発生

する。これは青ナイル川の上流に建設されている Roseires 水力発電所は発電設備容量 280 MW を有しているにも拘らず、同ダムが灌漑主動型の運用規定に従っているために十分にその能力を発揮できないことによる。

10. MOI は現在 19 のポンプ灌漑地区を管理しているが、NEC が灌漑用の電力に優先権を与えているために同地区に対する電力供給は確保されている。

## 計画地区

11. 計画地区は青ナイル川に沿って地区南端の標高 EL.411.25 m から北端の EL.407.50 m へと 1 km 当り 20~25 cm の勾配で緩やかに傾斜している。
12. 計画地区には層厚約 50 m に及ぶ氾濫堆積物が広く分布している。氾濫堆積物は 2層に大別され、下位層は砂層主体の堆積物である。上位層は更に、その最下部に位置し更新世と考えられる固結粘土層と、その上位に位置する砂・粘土互層、砂質粘土層及び最上部の粘土層の 4層に区分される。
13. 計画地区の土壌は反転土壌(Vertisol)に分類され、表面は細かな粒状の土壌が覆っており、乾燥すると深い亀裂を生じる褐色から暗褐色の粘土分 60% 以上を含む土壌である。計画地区の土壌の 80% は農業生産上、中程度の適正 (S2) を有する土壌をに分類されるが、制限要因として、反転土壌としての物理性、ナトリウム含有量、低肥沃度等が挙げられる。残りの 20% は、地形的要因による排水不良のために、生産力の低い土地に分類される。
14. 計画地区の気候は短い雨期を持つ半乾燥地区に分類され、4月から6月までの高温夏季とやや気温が低く極めて乾燥している 11月から2月までの冬季に特徴づけられる。

1980~1990年の年平均雨量は265 mmで、1985年の440 mmから1990年の115 mmと大きな経年変化を示す。

15. 青ナイル川の月平均流量は8月の  $386 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$  ( $4,470 \text{ m}^3/\text{s}$ )から2月の  $9.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$  ( $110 \text{ m}^3/\text{s}$ )と大きく期別変化する。MOIは1995年におけるス国の灌漑需要量を約  $19 \times 10^9 \text{ m}^3$ と予測しており、その中には計画地区の水需要も織り込まれている。青ナイル川の水位は計画地区内の既存のポンプ場付近で年間約8m変動する。また、最近5年間の低水位期間に約1mの水位低下が観測されている。
16. 1990年には、ソルガムがHurga地区で2,269 feddans (950 ha, 16%)、Nur El Din地区で1,260 feddans (530 ha, 14%)で栽培された。栽培期間は、短い雨期を当て込み、7月に作付され11月中旬から12月中旬にかけて収穫された。Hurga地区においては農民の自己規制により灌漑用水量はほぼ足りていたが、Nur El Din地区では水不足が生じた。ソルガム栽培には肥料、農薬共に用いられていない。ソルガムの単位収量はHurga地区で240 kg/feddan、Nur El Din地区で130 kg/feddanとなっている。同年の地区からのソルガムの生産量は約700 tonであった。
17. 計画地区には18ヶ村が関係している。これらの村の総世帯数は3,190戸で、この内1,512戸が受益農家となっている。全ての受益農家は土地の所有権を認められておらず、小作権のみが認められている。地区内の戸当たり基準小作面積は15 feddanとなっている。
18. 受益農家は現在生計の殆どを農外収入 (£S10,900) と不安定な送金 (£S6,200) に頼っている。ソルガムより得られる収入はHurga地区で£S800、Nur El Din地区では殆ど零となっている。また、受益農民の平均生活費は£S16,000でGezira地区の受益農民のその80%に相当する。このように、地区内受益農民の生活水準は不安定であり、気まぐれな送金が滞れば直ちに最低生活水準に落ち込む危険をはらんでいる。

19. Hurga と Nur El Din 地区にはそれぞれ独立したポンプ灌漑システムがある。Hurga ポンプ場には定格揚程 20.50 m で定格吐出容量 90 m<sup>3</sup>/min を持つ立軸斜流ポンプ 3 台が設置されている。Nur El Din ポンプ場には定格揚程 21.03 m で定格吐出容量 60 m<sup>3</sup>/min を有する横軸斜流渦巻ポンプ 3 台が設置されている。何れもディーゼルエンジン駆動である。

各々のポンプ場で、3 台中 2 台ずつが運転可能であるが、Hurga のポンプの揚水可能量は定格吐出水量の 64 %、Nur El Din のそれは 36 % しかない。これらの運転可能なポンプも青ナイル川の低水期には、近年の水位低下と取水口前庭の堆砂のために運転できなくなっている。

20. 二つの独立した灌漑システムは各々、一次幹線水路、二次幹線水路(Hurga 地区のみ)、支線水路、及び圃場内水路 (一次末端水路、二次末端水路)からなっている。一次末端水路は基準面積 90 feddan の [Number] と呼ばれる圃区に二次末端水路を通じて配水している。圃区は二次末端水路によって 5 feddan の [Hawasha] と呼ばれる耕区に区切られている。水路網は全体として適切に配置されているが、高さが不足している。特にNur El Din 地区においてはそれが顕著である。既存水路の長さは下記のとおり：

水路	水路延長(km)	
	Hurga 地区	Nur El Din 地区
一次幹線水路	6.2	8.2
二次幹線水路	5.6	0.0
支線水路	48.0	23.7

21. MOI はポンプ場から二次幹線水路の操作及び維持管理と支線水路の維持管理に対して責任を持つ。一方、Sudan Gezira Board (SGB) は支線水路の操作及び圃場内水路の

操作・維持管理に対して責任を持っている。

22. 18ヶ村のうち、15ヶ村は生活用水を共同井戸に求めており、2ヶ村は灌漑水路に頼っている。残りの1ヶ村については、生活用水をどこに求めているか不明である。地区内外は未舗装の道路があるだけで、舗装道路はない。国家電力公社 (NEC) による電力供給施設は地区内外にはない。計画地区にもっとも近い電力供給施設は、地区の北方 12 km に位置する Shabarga 村にある 33 kV 配電線と、地区南方 7 km に位置する El Biryab ポンプ場の 33 kV の配電線である。

#### ポンプ場改修計画比較検討

23. 最適開発計画策定のために、ポンプ場の改修計画について比較検討を行った。比較検討の対象として3要素：i) ポンプ主原動機、ii) ポンプ機器及び付帯設備、及び iii) ポンプ場建屋を含めた。また、比較検討は下記手順で行った：

- 1) 各要素ごとに考え得る代替案を抽出する；
- 2) 上記代替案について各要素毎にスクリーニングを実施；
- 3) 選抜された各要素の代替案を組合せてポンプ場の比較案を策定；
- 4) ポンプ主原動機代替案の比較検討；
- 5) 上記結果を基に有望比較案を選定；
- 6) 有望比較案の比較検討；及び
- 7) 最適案の選定。

24. 上記手順 (1)～(6) を通じて下記有望比較案を選定した。

Alt-1e ; 新規電動モーター駆動立軸渦巻ポンプ、既存建屋改修利用

Alt-2e ; 新規電動モーター駆動立軸渦巻ポンプ、新規統合機場建設

Alt-3e ; 新規電動モーター駆動立軸斜流ポンプ、新規統合機場建設

25. 上記3比較案に対し、建設費及び年間経費を現在価値に換算（10%割引率）して経済比較を行った。結果は下記に示すとおり。

(単位：£S x 10<sup>6</sup>)

	Alt-1e	Alt-2e	Alt-3e
建設費	48.5	49.5	51.7
年間経費	14.3	14.6	14.6
合計	62.8	63.6	66.3

26. 上記3比較案に対し、技術上の比較検討を行った。結果は下記の通り。

比較項目	Alt-1e	Alt-2e	Alt-3e
1) 施工性	3	1	2
2) 施設の信頼性	2	1	1
3) ポンプ吸い込み水頭	3	2	1
4) 操作の簡便差	3	2	1
5) 維持管理の容易性	3	2	1
6) 堆砂排除の容易性	1	1	3
7) マイナス便益の発生	3	1	1

註：1；よい、2；中くらい、3；劣る

27. 上記の経済比較、技術上の比較検討の結果、Alt-2e案を当プロジェクトの最適案として選定した。

## 開発計画

28. 本開発計画の目的は現在最低レベルまで落ち込んでいる計画地区の農業生産活動を再活性化することにより、不安定で最低生活水準に容易に落ち込む危険性をもつ地区受益農民の生活を向上させることである。集約的灌漑農業の導入が上記目標を達成するための開発計画の基本方針である。この基本方針を具現化するためには、既存の農業生産基盤の総合的改修・改善が必要である。また、開発の目的を達成し、かつ開発効果を長期間に渡り維持してゆくためには、受益農民に対する系統だった農業支援活動と、施設の維持管理のための組織を再構築することもまた農業基盤整備と同様に重要である。
29. 農業開発計画の基本方針は、i) 最適土地利用、ii) 最適作目の選択、及び iii) 最適耕種法の確立であり、これは下記を通じて達成することとする。
- 現況の低作付率を許容最大限まで高める、
  - Gezira Scheme で確立されている作付計画を基本とする、
  - 体系的農業支援活動の提供、
  - 近代的営農・栽培法の導入による受益農民の活性化。
30. 予備検討を通じて選択された輪作体系3代替案：i) 3年輪作、休閑地無し；ii) 4年輪作、休閑地有り；iii) 5年輪作、休閑地有り、の中から「5年輪作、休閑地有り」を本計画に適用することとした。同輪作体系への導入作物は綿花、小麦、ソルガム、落花生、及び牧草である。この輪作体系と導入作物に基づく土地利用計画は以下の通りである。

(単位：feddan)

作 目	土地利用 標準小作地	土地利用 計画地区全体
綿花	3.0	4,524
小麦	3.0	4,524
ソルガム	1.5	2,262
落花生	1.5	2,262
牧草	3.0	4,524
休閑地	3.0	4,524
合計	15.0	22,620

31. 安定した灌漑用水供給のもと、改良耕種法が導入されることを想定し、また Gezira 地区その他のス国における灌漑農業の実績を考慮して計画単位収量を下記の通り設定した。

綿花	900 kg/feddan (2.14 ton/ha)
小麦	920 kg/feddan (2.19 ton/ha)
ソルガム	1,000 kg/feddan (2.38 ton/ha)
落花生	1,000 kg/feddan (2.38 ton/ha)
牧草	1,500 kg/feddan (3.57 ton/ha)

32. 開発事業終了後、4年目に作物生産量は目標生産に達する。本開発事業実施による作物生産量の増加を下記の通り見積った。

(単位：tons)

作物	事業実施しない場合	事業実施した場合	増加量
綿花	0	4,072	4,072
小麦	0	4,162	4,162
ソルガム	708	2,262	1,554
落花生	0	2,262	2,262
牧草	0	6,786	6,786

33. 灌漑整備計画の基本概念は、灌漑・排水施設及び維持管理施設の総合的改修・改善により集約的灌漑農業を可能にすることにある。改修・改善計画においては、出来るだけ既存の施設を利用することとした。但し、既存の 5-feddan 耕区 (Hawasha) は上述の輪作体系に合わせて 3-feddan 耕区に再編成しなければならない。
34. 上記計画作付体系に必要な灌漑用水量は、ス国で広く用いられているオリジナル Penman 法による蒸発量( $E_p$ )に作物係数を乗じて求めた作物用水量をもとに算定した。最大灌漑用水量は 9 月の上旬に発生する最大灌漑用水量で一日 18 時間ポンプ運転を想定し  $8.17 \text{ m}^3/\text{sec}$  と算定した。
35. 灌漑用水の揚水は新設ポンプ場で 0:00 時から 18:00 時迄の間に行うものとする。流量制御はポンプ台数制御と時間制御を併用することとする。支線水路から一次末端水路への分水は 6:00 時から 18:00 時までとする。幹線水路から支線水路への流入量と、支線水路から末端水路への流出量の差は支線水路に別途与えた貯留容量で調節する。伝統的 Anngaya 灌漑法 (ベースンイリゲーション) を適用する。
36. 幹・支線水路の片側か両側にラテライト舗装の維持管理用の道路を敷設する。雨水排水及び灌漑余剰水の排水を目的として表面排水網を建設する。
37. 施設の運営維持管理の体制は現行の通りとする。即ち、MOI はポンプ場から二次幹線水路の操作及び維持管理と支線水路の維持管理に対して責任を持つ。一方、Sudan Gezira Board (SGB) は支線水路の操作及び圃場内水路の操作・維持管理に対して責任を持つ。

38. 本計画で策定した主要工事の概要は以下の通り。

(1) ポンプ場

- 型式 ; 立軸両吸い込み渦巻ポンプ
- 定格吐出量 ; 148 m<sup>3</sup>/min/unit
- 定格揚程 ; 24 m
- ポンプ径 ; 1,000 mm x 800 mm
- ポンプ台数 ; 4 セット
- モーター定格出力 ; 750 kw

(2) 電力供給施設

- 33 kV 配電線 ; 9.5 km
- 屋外開閉所 ; 1ヶ所

(3) 接続水路(新設)

- 延長 ; 450 m、130 m の沈砂池を含む
- 設計流量 ; 8.17 m<sup>3</sup>/sec
- 分土工 ; Hurga 幹線水路 5.02 m<sup>3</sup>/sec  
; Nur El Din 幹線水路 3.15 m<sup>3</sup>/sec

(4) 水路網

施設	Hurga	Nur El Din
a) 一次幹線水路 (km)		
- 新設	0.49	1.86
- 改修	5.33	9.46
b) 二次幹線水路(km)		
- 新設	-	-
- 改修	5.62	-
c) 支線水路 (km)		
- 新設	10.40	-
- 改修	42.01	27.09
d) 関連構造物		
- 分水工(可動ゲート型)	13	5
- 分水工(井筒型)	4	2
- チェック	14	2
- 分水工(FOP型)	221	114
e) 排水路 (km)	51.35	

(5) 管理事務所その他

- 管理事務所	300 m <sup>2</sup> x 1
- 管理人宿舎	150 m <sup>2</sup> x 3
- 管理人宿舎	100 m <sup>2</sup> x 3

事業計画及び事業費

39. 事業実施期間は2.6年とし、1年間の設計期間を含むものとする。事業の開始は1991年の第一四半期を想定した。灌漑省が事業実施の責任官庁となる。

40. 事業費の総額を £S 360 X 10<sup>6</sup> と見積った。内訳を下に示す。

項 目	外 貨	内 貨	合 計	
	(£S x 10 <sup>6</sup> )	(£S x 10 <sup>6</sup> )	(£S x 10 <sup>6</sup> )	(¥ x 10 <sup>6</sup> )
1. 準備工事	11.4	7.1	18.5	203
2. 土木工事				
(1) ポンプ場	14.8	8.1	22.9	252
(2) 新設水路	10.3	4.3	14.6	160
(3) 改修水路	85.0	54.1	139.1	1,527
(4) 管理事務所他	0	3.3	3.3	36
(5) 維持管理用機械	3.6	1.2	4.8	52
3. ポンプ機器及び電力供給設備	87.0	2.5	89.5	982
4. 設計・施工管理	45.0	0	45.0	494
5. 工事管理費	0	2.3	2.3	25
6. 予 備 費	12.5	7.8	20.3	223
合計	269.6	90.7	360.3	3,954

## 事業評価

41. 施設の耐用年数を 50 年と想定し、本計画の経済評価を内部収益率(EIRR)、コスト便益比(B/C)、及び便益とコストの差(B-C)で行った。結果を下記する。

EIRR	13.8 %
B/C (割引率 10 %)	1.38
B-C (割引率 10 %)	£S96.9 X 10 <sup>6</sup>

42. 将来の経済状況の変動を想定し、感度分析を行った。結果は下記の通り本事業が便益及び費用の変化に対して比較的鋭敏でないことを示した。

(単位：EIRR %)

建設費増	便益減	
	0 %	10 %
0 %	13.8	12.5
10 %	12.6	11.3
15 %	12.1	10.8

43. 本事業の効果を財務的観点から評価するために農家の経済収支を検討した。下表に示す通り本開発事業の実施により農家の経済収支は大幅に改善され、生活水準は大幅に向上することが期待される。

(単位：£S)

項 目	事業実施しなかった場合		事業実施した場合
	Hurga	Nur El Din	
1) 収入			
農業収入	800	0	41,600
農外収入	11,600	10,200	3,200
2) 支出			
生産費	1,400	800	11,900
生活費	16,600	15,400	19,700
3) 収支	-5,600	-6,000	13,200

44. 事業実施により、経済評価で算定した直接便益に加え、各種の間接便益及び社会的波及効果が期待できる。主なものとして、i) 作物生産量の増加、ii) 農家収入の増大及びそれに伴う生活水準の向上、iii) 地域経済活動の活性化、iv) 雇用機会の増大、及びv) 婦人の社会活動機会の増大などが挙げられる。

## 勧告

45. 内部収益率(EIRR)13.8%に示されるように本計画は経済的に妥当である。感度分析からは、便益が10%減少し建設費が15%増加した条件下でもなおEIRRは10.8%を維持するという結果を得た。以上の分析の結果より、本計画の経済性は便益および費用の変化に対して比較的安定していることは明らかである。

本事業の実施は、計画地区内への集約的灌漑農業を導入し、作物の単位収量及び作付け率を飛躍的に増大させるための必要条件を充足させることとなる。結果として、農外収入及び不安定な仕送りに頼っている受益農民の家計も、現況の年間約£S6,000の赤字から約£S13,000の余剰へと大幅に改善されることが期待される。さらに、本事業の実施によって各種の間接便益及び社会的波及効果が期待される。

よって、本計画の早期実施を勧告する。

本計画の目的を満たすためには、本報告書で提案している総合的な改修計画の実施を待たなければならない。しかし、計画地区からできるだけ早い便益を得るために、新規統合ポンプ場及び接続水路の早急な建設が望まれる。



スーダン国  
フルガ・ヌルエルディンポンプ灌漑計画実施調査  
主報告書  
ファイナルレポート

目 次

第1章	序 論	1
1.1	はじめに	1
1.2	調査の範囲	1
1.3	ファイナルレポート	2
1.4	調査の組織	2
1.5	謝辞	4
第2章	計画の背景	6
2.1	国家社会経済	6
2.1.1	国土及び人口	6
2.1.2	国家経済	6
2.1.3	交換レート	7
2.2	スーダン国の農業	7
2.3	国家開発計画	9
2.4	全国電力供給及び燃料供給状況	11
2.4.1	全国エネルギー消費	11
2.4.2	既設電力供給系統	11
2.4.3	既設発電設備及び現況	12
2.4.4	電力需給収支及び開発計画	12
2.4.5	灌漑用ポンプに対する電力供給	13
2.4.6	電力料金	13
2.4.7	燃料供給状況	14
2.5	地域経済	15

第3章	計画地区	17
3.1	位置	17
3.2	地形及び地質	17
3.3	気象及び水文	18
3.4	土壌	19
3.5	人口及び労働力	20
3.6	農業及び農業経済	20
3.6.1	農業	20
3.6.2	農業経済	21
3.6.3	農業支援活動	25
3.7	灌漑排水	26
3.7.1	概要	26
3.7.2	ポンプ機場	27
3.7.3	灌漑システム	28
3.7.4	排水システム	30
3.7.5	水管理	30
3.7.6	灌漑システム管理運営	30
3.8	社会基盤施設	31
第4章	ポンプ機場改修計画案比較検討	33
4.1	概要	33
4.2	代替案	34
4.3	第一次選定	35
4.4	比較案の検討	36
4.4.1	主原動機代替案比較	36
4.4.2	有力比較案の検討	37

4.4.3	既設建屋改修案	38
4.5	比較案の評価	40
4.5.1	経済上の評価	40
4.5.2	技術上の評価	40
4.5.3	推奨案	41
第5章	開発計画	42
5.1	開発基本構想	42
5.2	農業開発計画	43
5.2.1	農業開発基本構想	43
5.2.2	土地利用計画及び作付け体系	43
5.2.3	耕種法	44
5.2.4	期待収量及び生産量	46
5.2.5	作物生産収支	46
5.2.6	農家収支	47
5.3	灌漑・排水計画	48
5.3.1	基本構想	48
5.3.2	灌漑用水量	49
5.3.3	水管理	49
5.3.4	灌漑施設計画	50
5.3.5	排水計画	51
5.3.6	施設計画	51
5.4	運営制度	54
5.4.1	農業支援活動	54
5.4.2	運営維持管理	55

第6章	事業実施計画	58
6.1	事業実施体制	58
6.2	事業実施計画	58
第7章	事業費積算	59
7.1	積算の基本条件	59
7.2	事業費	59
7.3	事業費支出計画	60
7.4	維持管理費及び施設更新費	61
第8章	事業評価	62
8.1	概要	62
8.2	経済評価	62
8.2.1	基本前提条件	62
8.2.2	経済費用	63
8.2.3	経済便益	63
8.2.4	経済内部収益率(EIRR)、便益費用比率(B/C)、 便益費用差(B-C)	64
8.2.5	感度分析	64
8.2.6	経済分析結果	65
8.3	財務分析	65
8.4	事業の波及効果	66
第9章	環境に及ぼす影響	68
第10章	結論及び提言	69
添付資料	SCOPE OF WORKS	

## 付表目次

	頁
付表2.1	1981/82年価格における産業別国内総生産 ..... 71
付表2.2	貿易収支 ..... 72
付表2.3	生産方式別主要作物栽培面積および収量 ..... 73
付表2.4	電気料金システム ..... 74
付表3.1	気象記録概要 ..... 75
付表3.2	青ナイル川平均水位(1974~1990年) ..... 76
付表3.3	既存水路網 ..... 77
付表4.1	ポンプ及び電気設備代替案諸元 ..... 78
付表5.1	ポンプ機器諸元 ..... 79
付表5.2	水路諸元 ..... 80
付表7.1	事業費概要 ..... 81
付表7.2	年次別事業費支出計画 ..... 82
付表7.3	年間維持管理費 ..... 83
付表7.4	更新費及び耐用年数 ..... 83

## 付図目次

		頁
付図2.1	スーダン国一般図 .....	85
付図2.2	既設全国電力供給網 .....	86
付図2.3	青ナイルRoseires発電所による発電量 .....	87
付図3.1	調査位置図 .....	88
付図3.2	地質図 .....	89
付図3.3	Wad El Nau 測水所10日平均水位 .....	90
付図3.4	現況土地利用図 .....	91
付図3.5(1/3)	Hurga ポンプ場現況図 .....	92
付図3.5(2/3)	Hurga ポンプ場現況図 .....	93
付図3.5(3/3)	Hurga ポンプ場現況図 .....	94
付図3.6(1/3)	Nur El Din ポンプ場現況図 .....	95
付図3.6(2/3)	Nur El Din ポンプ場現況図 .....	96
付図3.6(3/3)	Nur El Din ポンプ場現況図 .....	97
付図3.7	既存水路網概略図 .....	98
付図3.8	計画地区周辺の既設電力供給網 .....	99
付図4.1	ポンプ場代替案比較検討の流れ図 .....	100
付図4.2(1/2)	代替案 Alt-1e 概略図 (Hurga ポンプ場) .....	101
付図4.2(2/2)	代替案 Alt-1e 概略図 (Nur El Din ポンプ場) .....	102
付図4.3	代替案 Alt-2e 概略図 .....	103
付図4.4	代替案 Alt-3e 概略図 .....	104
付図5.1	計画作付体系 .....	105
付図5.2	計画水路組織概略図 .....	106
付図5.3(1/2)	計画ポンプ場概略図 .....	107
付図5.3(2/2)	計画ポンプ場概略図 .....	108
付図5.4	ポンプ特性曲線 .....	109
付図5.5	ポンプ機場変電設備単線結線図 .....	110
付図5.6	接続水路の標準断面図 .....	111
付図5.7	接続水路分水工 .....	112
付図5.8	分水工(可動ゲート型) .....	113
付図5.9	分水工(井筒型) .....	114
付図5.10	チェック (パイプ型) .....	115
付図5.11	分水工 (FOP型) .....	116
付図5.12	灌漑省機械・電気局組織図 .....	117
付図5.13	灌漑省灌漑 (GEZIRA & MANAGIL) 局組織図 .....	118
付図6.1	事業実施計画 .....	119

## 単位、通貨交換レート及び略語集

### 単位

1 feddan	=	0.420 ha
1 ha	=	2.38 feddan
1 kantar	=	143 kg

### 通貨交換レート

#### 公定レート

£S 1.0	=	US\$0.08
US\$1.00	=	£S 12.30

#### 自由市場レート

£S 1.0	=	US\$0.08
US\$1.00	=	£S 12.30

### 略語集

ABS	Agricultural Bank of Sudan、(スーダン農業銀行)
ARC	Agricultural Research Cooperation、(農業研究公社)
ARS	Agricultural Research Station、(農業研究公社地域研究所)
BOS	Bank of Sudan、(スーダン銀行)
c.i.f.	cost, insurance and freight、(保険料運賃込み価格)
CPC	Cotton Public Corporation、(綿花公社)
CWR	crop water requirement、(作物用水量)
BNAC	Blue Nile Agricultural Cooperation、(青ナイル農業組合)
ELS	extra long staple cotton、(長繊維綿)
MEC	Earth Moving Corporation、(土工事公社)
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations、(国連食糧農業機関)
f.o.b.	free on board、(本船積み込み渡し価格)
FOP	field outlet pipe、(FOP型分水工)
FSL	full supply level、(設計高水位)
GDP	Gross Domestic Product、(国内総生産)
GOJ	Government of Japan、(日本国政府)
GOS	Government of Sudan、(スーダン国政府)
HRS	Hydraulic Research Station、(灌漑省水理研究所)
JICA	Japan International Cooperation Agency、(国際協力事業団)
MOCT	Ministry of Commerce and Trade、(通商産業省)
MOFEP	Ministry of Finance and Economic Planning、(財務経済企画省)

MOANR	Ministry of Agriculture and Natural Resources、 (農業天然資源省)
MOI	Ministry of Irrigation、 (灌漑省)
MS	medium-staple cotton、 (中繊維綿)
NEC	National Electricity Corporation、 (国家電力公社)
PPU	Project Preparation Unit、 (財務経済企画省開発計画局)
SCPO	Sudan Company for Processing of Oil-seeds、 (スーダン製油会社)
SGB	Sudan Gezira Board、 (スーダンゲジラ庁)
SSA	Soil Survey Administration、 (土壌調査局)
SOC	Sudan Oil-seed Company、 (スーダン油用種子会社)

## 第1章 序論

### 1.1 はじめに

本報告書は、1989年12月18日に日本国の技術協力の実施機関である国際協力事業団(JICA)とスーダン国灌漑省(MOI)との間で合意した業務実施協定書(S/W)に基づいて作成したHurga Nur El Din ポンプ改修計画実施調査(以下、本調査と略す)のファイナルレポートである。

本報告書は本調査の結果を述べたものであり、調査はワーク I、及びワーク II の2段階で実施した。ワーク I 調査ではHurga Nur El Din ポンプ場改修計画(以下、本計画と略す)に関する資料、情報の収集、ポンプ場改修計画の代替案比較・検討、及び基本開発計画の策定を行った。これらワーク I 調査は1990年10月3日から1991年1月27日までスーダン国に於いてスーダン政府のカウンターパートと共に実施し、調査結果はインテリムレポートとして取り纏め、1991年1月21日にスーダン政府に提出した。調査団は現地調査に続いてワーク II 調査を日本国内で1991年3月28日まで実施し、改修計画の策定、及び技術的、経済的な評価を行い、ドラフト・ファイナルレポートを提出した。

ファイナルレポート提出に当たっては、1991年6月のドラフト・ファイナルレポートの現地説明・協議時にステアリングコミティーが出したコメントを十分反映させた。

### 1.2 調査の範囲

調査対象地区はスーダン国の首都である Khartoum の南東 220 km に位置し、Rahad 川及び Dinder 川に挟まれた青ナイルの右岸に広がる、El Gezira 県のHurga 地区13,900 feddan (5,840 ha)、及びNur El Din 地区8,720 feddan (3,660 ha)の合計22,620 feddan (9,500 ha)である。

本調査の目的は、i) Hurga 及び Nur El Din ポンプ施設の改修計画を中心とする同灌漑地

区の整備計画に係るフェージビリティ調査実施、及び ii) カウンターパートに対する技術移転であった。

本調査はワーク I、及びワーク II の2つの作業に分けられており、ワーク I 作業では資料収集、調査、測量、基本開発計画の策定を行い、ワーク II 作業では計画の技術的、経済的妥当性を実証し、改修計画の策定を行うこととなっていた。

### 1.3 ファイナルレポート

本ファイナルレポートは下記に示す通り、主報告書、及び付属書から成っている。

#### 主報告書

- 付属書 - A 地形及び地質
- 付属書 - B 気象及び水文
- 付属書 - C 土壌及び土地分級
- 付属書 - D 農業及び農業経済
- 付属書 - E ポンプ場及び電力施設計画
- 付属書 - F 灌漑排水
- 付属書 - G 事業実施計画及び事業費算定
- 付属書 - H 事業評価

### 1.4 調査の組織

JICA は本調査実施のため、矢野信一を団長とする調査団を結成した。一方、スーダン政府は、調査に関する意思決定機関として、灌漑省 Gezira-Managil 地区灌漑局の局長である Eng. Ghafar Mahgoub を委員長とするステアリングコミティー、及び調査の円滑な実施

を目的としたカウンターパートグループを組織した。調査団員、運営委員会、及びカウンターパートの氏名は以下の通りである。

(1) JICA調査団

矢野信一	総括
小柳清嗣	灌漑・排水担当
鈴木隆文	水文・気象担当
中村武男	地形・地質担当
井上晴喜	土壌・営農・栽培担当
金澤作蔵	施設計画担当
荒井昭光	電力施設計画担当
尾形佳彦	農業経済・事業評価担当
濱田信一	設計・積算担当
立林基章	地質担当

(2) ステアリングコミティー

Eng. Ghafar Mahgoub	Chairman of Steering Committee Under Secretary for Irrigation Operation, MOI
Dr. Siddig Hussein Abbo	Acting Under Secretary for Planning, MOI
Eng. Mohamad El Hassan Taha	Director of Gezira Operation, MOI
Eng. Abdalah Babiker Saad	Assistant Under Secretary for the Project, MOI
Dr. Hasim A. El Obeid	Manager for Planning & Socio-economic Reserch Unit, SGB
Dr. Magboul El Hadi Lazim	Head Agronomy and Crop Physiology, ARC

Dr. Osman A. Rahman	Director General for Soil Survey Administration, MOANR
Eco. Abdel Hadi Mahamad	Representative of Project Planning Unit, MOFEP
Eco. Babiker Abdalla	Representative of Agriculture Sector, MOFEP
Dr. Hashim M. Zein	Representative of Project's Loan and Grant Administration, MOFEP
Eng. Hassan Ahmed Widaa	Secretary of the Steering Committee Divisional Engineer for Project, MOI

(3) カウンターパートグループ

Eng. Mohamad El Hassan Taha	Director of Gezira Operation, MOI
Eng. Hassan Ahmed Widaa	Divisional Engineer for the Project, MOI
Eng. Mohamad Nur El Dayem	Design Engineer for the Project, MOI
Eng. Osman Abmzeid	Director, for Mechanical and Electrical, MOI
Dr. Osman A Rahman	Director General for Soil Survey Administration, MOANR
Dr. Hasim A El Obeid	Manager for Planning & Socio-economic Reserch Unit, SGB
Eng. Salih A. Ellah	Chief Surveyor for the Project, MOI
Hassan Mohamad Fadul	Senior Soil Scientist, Soil Survey Administration, MOANR

1.5 謝辞

ワーク I 作業期間中、調査団は資料、情報の収集、調査の実施、及び開発計画の策定にあたり、関係諸機関から多大なる支援と協力を受けた。特に運営委員会、カウンター

パートの諸氏にはお世話になった。また、スーダン国における調査期間を通じ絶大なる支援を下された Acting Under Secretary for Planning, MOI の Dr. Siddig Hussein Abbo、Divisional Engineer for the Project, MOI の Eng. Hassan Ahmed Widaa に対し、調査団の深甚なる感謝の意を記す。

## 第2章 計画の背景

### 2.1 国家社会経済

#### 2.1.1 国土及び人口

スーダン国の国土面積は $2.5 \times 10^6 \text{ km}^2$ でアフリカ最大の面積である。また、東は紅海、及びエチオピア、南はケニヤ、ウガンダ、及びザイール、西は中央アフリカ共和国、チャド及びリビア、そして北はエジプトと近隣の8ヶ国と国境を接し、国境の長さは7,820 kmに及ぶ。首都はKhartoumで、青ナイルと白ナイルの合流部に位置し、Ondrman、Khartoum Northと共に首都圏を形成している。その他の主要都市は、Port Sudan、Wad Medani、El Obeid、Atbara、Juba等である。スーダン国の概略図を付図2.1に示す。

スーダン国の1988年の人口は、1983年に実施された国勢調査を基に推定すると約 $2.4 \times 10^6$ 人となる。1983年から1988年までの人口増加率は年3.1%である。また、スーダン国は世界で最も人口密度の希薄な国の一つで人口密度は $9.6 \text{ 人/km}^2$ と推定される。

#### 2.1.2 国家経済

スーダン国の国内総生産(GDP)は付表 2.1 に示す通り、年毎の僅かな変動はあるものの、過去10年間停滞している。人口は年々増加しているにもかかわらずGDP(1981/82年価格)はほぼ一定のままであるため、国民一人当たりのGDPは1980年代前半より実質的に低下している。1988/89年度の国民一人当たりのGDPは1981/82年価格で288.3スーダンポンド(£S)、米ドルに換算するとUS\$23.8、また、現在価格では£S2,834.9で、US\$1.00=£S12.30の換算レートを使用して米ドルに換算するとUS\$230.5に相当する。

最近5年間の平均で見た場合、農業部門はGDPの34%、輸出額の90%を占め、スーダン経済において重要な役割を果たしていることがわかる。さらに就業者の約70%は農業にかかわっている。製造業及びサービス業がGDPに占める割合は、それぞれ15%、51%となっ

ている。

1989年におけるスーダンの輸出入の実績は、輸出が約£S3,023.1 x 10<sup>6</sup>、輸入が約£S5,373.4 x 10<sup>6</sup>で£S2,350.3 x 10<sup>6</sup>の輸入超過となっている。輸出に関しては綿花が約£S1,348.8 x 10<sup>6</sup>で、全輸出総額の44.6%を占めている。その他の主要農産物の輸出額を付表2.2に示す。

### 2.1.3 交換レート

1987年よりスーダン銀行(BOS)は外貨交換レートの変更を10回にわたって行なっている。1988年の10月25日にBOSは対ドル交換レートを、「オフィシャルレート(現在US\$1.00=£S4.50)」、及び「フリーマーケットレート(現在US\$1.00=£S12.10)」の2つのレートで設定した。すべての輸入品に対しては交換レートUS\$1.00=£S4.50が適用されている。輸出に関しては輸出総額の70%をオフィシャル・レートで、30%をフリーマーケットレートで交換することになっており、輸出品に対する実質的な交換レートはUS\$1.00=£S6.78となっている。1990年8月27日にBOSは1990及び1991年の綿花の輸出に関する例外的措置として、輸出額の50%ずつにオフィシャルマーケットレート、フリーマーケットレートを併用することとしている。しかし、主要な戦略的輸入物資である小麦、小麦粉、砂糖、石油製品、機械、及び農業投入資材については、輸出、輸入共にオフィシャル・レートが適用されている。

1991年5月28日、スーダン銀行は輸出、輸入共に例外なく単一の交換レートUS\$1.00 = £S12.30を適用することに踏み切った。

## 2.2 スーダン国の農業

スーダンの農業部門は、耕種法によって4つのタイプ；i) 灌漑農業、ii) 機械化天水農業、iii) 伝統的天水農業及び iv) 畜産、に分類される。各部門別の主要作物作付け面

積及び生産量を、付表2.3に示す。

灌漑農業地域の総面積は、 $7 \times 10^6$ feddan (294,000ha)に及ぶ。スーダン国の主要灌漑地域はGezira-Managil ( $2.1 \times 10^6$ feddan, 882,000ha)、New Halfa ( $0.4 \times 10^6$ feddan, 168,000ha)、Rahad ( $0.3 \times 10^6$ feddan, 126,000ha)、Blue Nile Pump Scheme ( $0.26 \times 10^6$ feddan, 109,000ha)そして、White Nile Pump Scheme ( $0.44 \times 10^6$ feddan, 185,000ha)である。灌漑農業地区の主要農作物は綿花、落花生、および小麦ソルガム等の主食作物である。

機械化天水農業地区の総面積は1987/88から1989/90年にかけては $6.4 \times 10^6$ feddan ( $2.7 \times 10^6$ ha)から $10.6 \times 10^6$ feddan ( $4.5 \times 10^6$ ha)となっており同時期の伝統的天水農業地区は $7.2 \times 10^6$ feddan ( $3.0 \times 10^6$ ha)から $11.7 \times 10^6$ feddan ( $4.9 \times 10^6$ ha)となっている。これらの地区では主にソルガム、落花生、ゴマ、ミレットおよびアラビアゴムが栽培されている。

スーダンの主要食用作物はソルガム（デュラ）、落花生、ゴマ、ミレット及び小麦である。そのなかでも、特にソルガムは農村部で最も重要な作物であり、そしてまた国家経済の観点からも重要な作物となっている。ソルガムは主に天水農業地区で栽培されている。1988/89年の作付け面積は $13 \times 10^6$ feddan ( $5.5 \times 10^6$ ha)、収量は $4.4 \times 10^6$ トンであった。

近年、ソルガムに替わって小麦の需要が特に都市部及びNorthern Regionで増加している。小麦は灌漑地区でのみ栽培されており栽培の中心地はGezira-Managil灌漑地区で、1989/90年においてその総栽培面積の64%を占めた。スーダン国政府の政策下、小麦の自給達成を目指し年々栽培面積を増加させ続けており、1988/89年には $614 \times 10^3$ feddan (258,000ha)に栽培され生産量も1988/89年の $247 \times 10^3$ トンから $409 \times 10^3$ トンに増加した。これに伴い、輸入小麦の割合も1988/89年度には総需要量の70%だったものが1989/90年度には55%に減少した。

落花生及びゴマは、スーダンの主要油用作物である。落花生は輸出作物としてのみでな

く国内消費も満たしている。主に伝統的天水農業条件下で栽培されてる。主な生産地は、North Kordofan、およびSouth Dafurである。灌漑農業地区での栽培面積も1989/90年には $1.3 \times 10^6$ feddan (546,000ha)に増加した。

ゴマは天水農業地区でのみ栽培されている。主要生産地は、天水機械化農業地区のGedaref、およびDamazin、そして天水伝統農業地区のNorth KordofanおよびSouth Kordofanである。1989/89年度には $0.28 \times 10^6$ feddan (118,000ha)で栽培され、収量は $0.2 \times 10^6$ トンであったが、病虫害の影響で1989/90年度は $0.14 \times 10^6$ トンに落ち込んだ。

綿花は、外貨獲得のために最も重要な工芸作物である。1989年に全輸出額の45%を占めている。綿花は大規模灌漑地区で生産されておりゲジラスキームは総栽培面積の50%を占めている。綿花の生産は近年減少傾向にある。1989/90年度には、栽培面積が $0.7 \times 10^6$ feddan (294,000ha)で、その生産量は408,000トンであったが、これは1988/89年度と比べ栽培面積で約11.3%、生産量で約20.6%落ち込んでいる。その主な理由は、i) 害虫の影響、ii) 水、肥料農薬の不足及び iii) 収穫作業労働者の不足と考えられている。

### 2.3 国家開発計画

スーダン政府は、既存の生産機構の修復、及び輸送、エネルギーに関する阻害要因の除去に重点を置き、1988年に4ヶ年復興開発計画を実施した。4ヶ年復興開発計画の目的は下記の通りである。

- 1) 愛国心と勤労の尊厳の高揚
- 2) GDP成長率5%以上の維持
- 3) 衣食住、水、安全、健康、教育、輸送等の基本的要求の充足
- 4) 都市部及び農村部における食糧の確保
- 5) 収入及び財産の不均衡の解消を通しての社会的公正の確立

- 6) 発展途上地区に開発重点を置いた均衡の取れた地域開発
- 7) 南部地区の特性を考慮したうえでの内戦後の南部地区の開発計画の策定

農業部門に関しては目的を下記のとおり設定している。

- 1) 主食作物の生産増大による食糧安定供給の実現
- 2) 平均成長率5.7%の確保
- 3) 主要農産物の生産及び生産性の向上
- 4) 農産物輸出額の年増加率19%の推進
- 5) 伝統農法部門及び低開発地区の開発に重点を置いた均衡のとれた開発
- 6) 干魃及び沙漠化の回避
- 7) 製造部門への材料供給の促進

農業開発に関しては既存灌漑地区の改修と近代化、小麦の自給達成に重点が置かれている。特に小麦の自給に関しては、今回の国家開発計画期間内に自給率を90%まで増加させる計画となっている。目標達成のため、スーダン政府は、他の作物への悪影響を及ぼすことなく、作付け面積の拡大と単位収量の増加の両面から、小麦の増産を計ることとしている。

上述した農業開発方針を具体化するため、1988年から1990年にかけて、62ヶ所の既存ポンプ場と青ナイル川の両岸に拡がる既開発地区総計284,000 feddan (119,000ha)及び142,000 feddan (60,000ha)の拡張地区に関する青ナイルポンプ計画近代化基本調査が実施された。Hurga 及びNur El Din 地区もこの調査に含まれ、同開発プログラムにおいて最優先案件として勧告されている。

## 2.4 全国電力供給及び燃料供給状況

### 2.4.1 全国エネルギー消費

1988年/1989年のスーダン国における総石油消費量は182万トンと推定されており、一人当たりの消費量は約70kgである。

現在、スーダン国の全エネルギー消費量の82%は天然林、家畜及び植物の残さ等に頼り、17%を石油、1%を電力に頼っている。スーダン国の森林資源は現状の伐採が続けば約15年で枯渇するものと予測されている。一方、石油は全て輸入に頼っており、供給量は需要の約80%と推定されている。

電力供給は1988/1989年度、約332,000の消費者（契約メーター数）をもっており、総発電電力量は1,231GWhであった。電力の供給不足は総発電電力量の25%と推定されている。

### 2.4.2 既設電力供給系統

スーダン国の電力供給はエネルギー資源省管轄下の国家電力公社（NEC）により運営されている。NECの電力供給系統はCentral Regionをカバーする青ナイル系統、及びEastern Regionの一部をカバーするイースタン系統から構成されている。1988/1989年度の総発電量1,231GWhの内98%は青ナイル系統で消費された。青ナイル系統の主幹線はKhartoum近郊のKilo - X変電所とRoseires発電所を結ぶ総延長436kmの220KVの2回線送電線である。NECの全国電力供給系統を付図2.2に示す。

#### 2.4.3 既設発電設備及び現況

現在、NECの総発電設備容量は約540MWであり、内280MWはRoseires水力発電所の252MWを含む水力発電、残りはKhartoum周辺の火力発電で構成されている。実際の発電能力は設備容量に比べかなり低く、現在までに記録された最大発電電力は1989年6月の240MWである。その主な原因は、火力発電設備の整備不足に依る出力低下、及びRoseires水力発電所の発電有効落差の減少による出力低下が挙げられる。

現在のRoseiresダムにおける発電は灌漑用水の確保を主目的としたダムの運営により支配されている。3～5月には貯水量の減少にともない水位が低下し、農業用水を確保する為、発電使用水量が制限される。洪水期に当る7月、8月は流入水をダムに貯留すること無く全て放水するダム運用が行われている。その結果、発電有効落差が低水位の上昇により減少し、発電能力の低下を招いている。

3月～8月の間（この間は“Critical months”と呼ばれている）、電力供給不足は特に深刻な事態となり、NECは電力供給停止を余儀なくされる。このように、Roseires水力発電所の定格出力運転は一年のうちの洪水期終盤のきわめて限られた時期にのみ可能となっている。

1986/1987～1988/1989年度間の青ナイル系統に於ける月別発電電力及び電力量を付図2.3に示す。

#### 2.4.4 電力需給収支及び開発計画

青ナイル系統の1988/1989年度の電力需要はピーク電力313MW、総発電電力量1,646GWhと推定されており、一方実際の供給はピーク電力240MW、総発電電力量1,231GWhであった。これより、現在の不足電力量は約25%と推定されている。

NECは最近、発電・送電線開発プログラムを策定しており、それによると1997/1998年迄の電力量需要増加率を平均7.5%と想定している。

現在の深刻な電力供給不足、及び発電・送電線開発プログラムを実施に移すべく、NECはKhartoum North 既設火力発電プラントの増設工事及び、Roseiresダムの嵩上げ、Merowe水力発電計画等大規模電源開発計画のフィージビリティスタディーに着手している。

#### 2.4.5 灌漑用ポンプに対する電力供給

現在、灌漑省 (MOI) は建設中の3ポンプ機場を含め青ナイル川流域に19の電動モーター駆動ポンプ場を運営している。ポンプモーターの総設備容量は76MWであり、一台当りの容量は270kW~1,700kWである。これらポンプ機場への電力供給は、農業灌漑用ポンプに最優先権を与えると言うNECの方針に依り、現在の電力不足の状況下においても安定した供給がなされている。

#### 2.4.6 電力料金

NECの電力料金は以下6分類別に定められている。

- i) 住宅用
- ii) 商業用 (100kVA迄)
- iii) 小農業用 (100kVA迄)
- iv) 工業、大農業及びパン工場 (100kVA以上)
- v) 上記 iv)以外の大口供給 (100kVA以上)
- vi) 街 灯

1988年における総売電量は1,096GWhであり、内39%に相当する429GWhが上記(iii)及び(iv)向けとなっており、553GWhが住宅向けであった。現在の深刻な電力供給不足に鑑み、

NECは住宅用にはある程度消費を抑さえる為に比較的高料金を適用する一方、生産性の高いグループ、特にスーダン国の基幹産業である農業向けの上記(iv)には低料金を適用している。上記料金システム(iv)及び(v)には季節料金及び時間帯料金があり、季節料金はCritical monthsの3～8月、時間帯料金はピーク需要時間帯の7:00～14:00及び18:00～22:00である。上記iv)向けNECの料金システムを付表 2.4に示す。

#### 2.4.7 燃料供給状況

##### (1) 既設燃料供給システム

現在、スーダン国は石油の供給を全て輸入に頼っている。1988/1989年度の総消費量は $1.82 \times 10^6$ トンとなっている。分野別では、75%が住宅消費向、9%が輸送消費向、8%が工業向、4%がサービス向、3%が農業向、1%はその他となっている。Khartoumから1,100km離れた紅海に面したPort Sudanが石油輸入港である。

Port Sudan～Khartoum間には径 200mm、延長 816kmのパイプラインが設置されているが、輸送量の80%が道路輸送に依っており、これが安定供給の一つのネックとなっている。

##### (2) 灌漑用ポンプに対する燃料供給

現在灌漑省は総計約220に及ぶディーゼルエンジン駆動ポンプ機場を運営しており、内170のポンプ場が白ナイル川流域に、40機場が青ナイル川流域に、そして8機場がGezira地区内にある。それらポンプ機場の年間燃料消費量は約 $34,000\text{m}^3$ に達する。年間の総必要量は農業に優先権を与えるという政府の方針により確保されているものの、配給所に対する輸送の遅れなどにより時として入手困難となる。灌漑省の燃料購入はKhartoumの配給所、またKhartoumの配給所にて入手が不可能の場合はPort Sudanの配給所で行なわれている。さらに、各ポンプ機場までの輸送も道路整備不備の為、燃料の安定供給は困難である。現在灌漑省は燃料購入および各ポンプ機場への安定供給の為、約20台のタンクローリー車(25kl-4台、14kl-6台、7kl-10台)を保有、運営している。

### (3) 燃料価格

ディーゼル燃料の政府価格は、1ガロン当り£S4.05 (£S0.89/lit.) と定められている。灌漑省が配給所で購入時の支払い価格は以下の通り。

- £S5.947/gallon (£S 1.308/lit.) : 1990年12月16日時点でのKhartoum配給所
- £S5.747/gallon (£S 1.264/lit.) : 1990年8月19日時点でのPort-Sudan配給所

## 2.5 地域経済

### (1) 位置

El Gezira州は北緯13°30'から15°30'、東経32°30'から34°15'の間にあり、北にKhartoum州、東にKassala州、南東にBlue Nile州、西にWhite Nile州と接している。州の面積は35,057 km<sup>2</sup>、人口密度は58.1人/km<sup>2</sup>(1983年)でKhartoumに次いで高い。

Khartoumに次いでスーダン国第2の都市であるWad Medaniは、Central州とEl Gezira州の中心都市である。Wad MedaniはKhartoumの南約190 km、Port Sudanの南西800 kmに位置し、これらの都市は鉄道、及び道路のネットワークにより結ばれている。

計画地区は、Wad Medaniの南約30 km にあり、青ナイル川の右岸に抜がっている。

### (2) 人口

El Gezira州の1983年時点の人口は約2 x 10<sup>6</sup>人で、スーダン国の人口の9.8%であった。人口の約16.9%は都市部に、約81.7%は農村部に居住しており、1.4%程度が遊牧民であった。特にEl Gezira州の人口は、Gezira地区での季節農業労働者や一時的な雇用者のため変動しており、これらの労働者は520 x 10<sup>3</sup>人と推定されている。

1983年から1989年までの人口増加率は約3.1%と推定されており、これを基に計算する

と1989年のEl Gezira州の人口はおよそ $2.3 \times 10^6$ 人と推定される。10才以上の就業可能人口は、約69.2%を占め、 $1.6 \times 10^3$ 人程度と推定される。

### (3) 農業

計画地区は行政区分上El Gezira州に属し、同州の経済活動には白ナイルと青ナイルの間に広がるGezira地区が大きく寄与しており、農業部門の生産活動が最も活発な州である。

Gezira地区の主要農作物は綿花、小麦、落花生、ソルガムで、1989/89年の総栽培面積は $1.2 \times 10^3$ feddan (504,000ha)に達し、内訳は綿花 $404 \times 10^3$ feddan (167,000ha)、小麦 $274 \times 10^3$ feddan (115,000ha)、ソルガム $427 \times 10^3$ feddan (179,000ha)、落花生 $111 \times 10^3$ feddan (46,600ha)、野菜類 $46 \times 10^3$ feddan (19,300ha)であった。

## 第3章 計画地区

### 3.1 位置

計画地区はEl Gezira 県のHurga 地区の純面積13,900 feddan (5,840 ha)、及び、Nur El Din 地区8,720 feddan (3,660 ha)の合計22,620 feddan (9,500 ha)である。

計画地区はWad Medani の南東約 30 km、Khartoum からは道路で220 km の南東に位置し、行政区分では、Central 州の El Gezira 県に属する。計画地区の位置図を付図 3.1 に示す。

### 3.2 地形及び地質

計画地区は青ナイル川右岸の平坦地に拡がり、地表面は地区南端の標高411.25 m から地区北部の標高407.50 m にかけて、1 km につき20 - 25 cm の勾配で南から北へ緩やかに傾斜している。青ナイル川右岸の河岸地形は、i) Hurga ポンプ場、及びNur El Din ポンプ場の上流部に見られる階段状傾斜面、ii) Nur El Din ポンプ場下流から統合ポンプ場候補地点(Hurga ポンプ場の700 m 上流)の間に見られる低位段丘面を思わせる平坦地と二分される。

計画地区の位置するCentral Clay Plain の地質図を付図 3.2 に示す。計画地区の基盤は、新第三紀鮮新世から第四紀更新世にかけての砂層を主体とするUmm Ruwaba Deposits と推定される。これをエチオピア高地の火成岩、変成岩を起源とする氾濫堆積物が厚く覆っている。この氾濫堆積物の層厚はWad Medani 付近で 50 m 以上と推定され、上部と下部に大別される。下部は主に砂質土からなると考えられ、上部は粘土層を主体とする。計画地区に分布する氾濫堆積物は下位から更新世の堆積物と考えられる赤茶 - 淡茶色固結粘土層とこれを不整合で覆う完新世と考えられる砂・粘土互層、砂質粘土層そして最上位の粘土層とに四区分される。

計画地区付近の地下水位は1991年6月の測定では標高410 - 411 m の地表面から約17 m にあった。地下水位は青ナイル川の水深の影響を受けるものと思われる。

### 3.3 気象及び水文

計画地区の気候は短い雨期のある半乾燥気候として分類され、4月から6月までの高温夏季と11月から2月までのやや低温で乾燥した冬季に特徴付けられる。

1980年から1990年までの年降雨量は1985年の440 mm から1990年の115 mm まで大きな経年変化を示し、年平均で265 mm である。雨季は通常7月から9月までの3ヵ月で、年間降雨量の約80%がこの期間中に集中する。月平均気温は最高で5月の33.1℃、最低で1月の23.9℃である。ペンマン法による日平均蒸発量は7.8 mm で、最高は6月の10 mm である。月平均最高湿度は8月の83%から4月の29%まで変化する。Wad Medani 気象観測所の月平均観測値を付表 3.1 に示す。

青ナイル川の年平均流出量は Senner ダム 地点で  $30 \times 10^9 \text{ m}^3$  である。同地点の月平均流量は、最高で8月の  $386 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{日}$  であり、最低で2月の  $9.6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{日}$  である。1970年から1990年までの流量記録によると、11月から6月にかけての低水期間の日平均流量は、通常  $5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{日}$  以上であるが、ごく限られた期間については  $4 - 5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{日}$  の記録も見られる。灌漑局は1995年のスーダン国の年間水需要を  $19 \times 10^9 \text{ m}^3$  と予測しているが、この中に、本計画の水需要も織り込まれている。

既存のHurga、及びNur El Dinポンプ場地点での青ナイル川の河川水位は付表 3.2 に示す通り、平均約 8 m の季別変化が見られる。また、Sennarダムの放流量は以前と較べ顕著な減少は見られないにもかかわらず、付表 3.3 に示す通り、Wad El Nau 水位観測所における低水期間中の水位は最近5年間で約1 m 低下している。Hag Abdallah 及び、Wad El Nau 水位観測所における最低水位は1990年6月に記録されている。これらの観測水位に基づき、

Hurga及び、Nur El Dinポンプ場での最低水位をそれぞれEL.390.27 m、EL.389.82mと、また、最高水位をそれぞれEL.404.05 m、EL.403.87mと推定した。

本項で記述している標高は全てスーダン水準原点、つまり、Khartoumの灌漑基準点EL.360.00 mより計算したものであるが、ポンプ場を含めた本計画では、灌漑省によって本地区に独自に構築されたベンチマークを基にしている。従って、本項で述べている標高は、本計画の施設計画の目的においては、80 cm 減ずる必要がある。

6月から10月にかけて洪水によって運搬される青ナイル川の浮遊土砂は、灌漑省Hydraulic Research Station (HRS)によって解析されており、Sennar ダム地点における年間総量は $165 \times 10^6$ トンと推定されている。

### 3.4 土壌

計画地域の土壌は、その母材がエチオピア高原の火成岩および変成岩の風化物に起因する沖積物であると言われており、過去の青ナイル川の氾濫によって運ばれてきて計画地域周辺で堆積したものである。

計画地区の土壌は反転土壌(Vertisol)に分類され、表面は細かな粒状の土壌が覆っており乾燥すると深い亀裂を生じる褐色 (10YR4/4) から暗褐色 (10YR3/4) の土壌である。地表面にはしばしば灰色のもろい炭酸カルシウム塊が認められ、65cm以下の層位には、一般的に石膏質層位 (Gypsic Horizon)が確認される。

計画地区の土壌の80%は農業生産上、中程度の適正 (S2) を有する土壌をに分類されるが、制限要因として、反転土壌としての物理性、ナトリウム含有量、低肥沃度等が挙げられる。残りの20%は、地形的要因による排水不良のために、生産力の低い土地に分類される。

### 3.5 人口及び労働力

計画地区にはHurga及びNur El Din地区にそれぞれ9ヶ村、合計18ヶ村が関係している。1981年のSGBの統計によると、Hurga地区の人口は18,200人、Nur El Din地区の人口は7,400人である。平均家族規模を1世帯当たり8人と仮定し、両地区の世帯数を、Hurga地区で2,270世帯、Nur El Din地区で920世帯と推定した。これらの世帯の内、小作農はHurga地区で882世帯、Nur El Din地区で630世帯である。現在、両地区の一小作農家の耕作面積は、15feddanとなっている。また、婦女子を含めた一農家当たりの最大農家労働力は4.8人と推定される。

### 3.6 農業及び農業経済

#### 3.6.1 農業

##### (1) 土地利用現況

計画地区では1990年にソルガムのみが栽培された。その栽培面積はHurga地域で2,260 feddan (耕地面積の16%)、Nur El Din地域で1,260 feddan (耕地面積の14%)である。栽培地区の位置・分布図を付図3.4に示す。

計画地区では、15 feddan (6.3 ha)を単位とする綿 - ソルガム - 休耕地の3年輪作が1950年代に確立された。しかし、1981/82年以降は水不足及び地形的制限から農家は、計画地区の2/3でソルガム - 休耕地の2年輪作を行い、残りの1/3は放置されたままとなっている。また、ポンプの吐出量不足あるいは水管理の不適切等から水不足をきたしており、収穫前に栽培を放棄する農民も見られる。

実際の作付/収穫面積は地区の1/3よりはるかに小さく、報告によれば、残りの1/3は「cut-off地区」呼ばれ、地形的に高いため輪作の対象から外されている。

## (2) 作付様式

ソルガムの栽培期間は7月から9月までの雨季をあてにし、7月に植えつけられ11月中旬から12月中旬に収穫が行われる。

## (3) 栽培方法

計画地区において、灌漑はソルガムの栽培期間に1ないし4回、限られた面積に対して行われている。Hurga地区においては農民の自己規制、そして成育途中で栽培を放棄する農民がいるため、結果として栽培期間を通して灌漑用水量はほぼ足りていたが、Nur El Din地区では7月から8月にかけて厳しい水不足が生じている。

播種前の畝立ては4台の畝立機により行われる。播種量は3.0kg/feddan、栽植密度は畝間80cm、株間10cmである。

計画地区では施肥、農薬の投与は一般的に行われていない。除草は栽培期間の前半に2ないし3回手作業で行われる。収穫は手作業で行われ、脱穀は人力または機械で行われている。

## (4) 収量及び収穫量

1990年の単位面積当りのソルガムの収量はHurga地区で240kg/feddan、Nur El Din地区で130kg/feddanであり、計画地区の平均収量は201kg/feddanであった。計画地区のソルガムの全生産高は、平均収量201kg/feddan、及び作付面積3,520feddanから約700トンと見積った。

### 3.6.2 農業経済

#### (1) 土地所有

計画地区の営農活動はGezira-Managil地区の圃場運営単位のひとつであるCentralグループの管轄化にあり、Hurga地区は圃場運営ブロックNo. 106、Nur El Din地区はNo. 107ブロッ

クに属している。

Gezira-Managil地区のすべての農家は土地の所有権がなく、耕作権のみを持つテナント制である。テナントは、土地を分割することなく、家族の一人に権利を相続させることが可能である。Gezira-Managil地区はこの方式のもとで102,000のテナントに保有されている。現在のテナント当りの平均耕作面積はGezira地区で20feddan (8.4 ha)、Managil地区、Hurga地区、及びNur El Din地区で15feddan (6.3 ha)となっている。

## (2) 土地及び水代

Gezira-Managil灌漑地区の管理機構であるスーダンゲジラボード(SGB)は、1) 年間管理運営費、2) OM機材の購入、及び3) 緊急な修理のために土地及び水代の徴収制度を1981年に確立した。土地及び水代は、SGBが綿花栽培農家から徴収し、SGBと灌漑省で分配される。土地及び水代は、毎年決められるが、1990/91年については以下のとおりであった。

(単位:£S/feddan)

綿花	小麦	落花生	ソルガム	野菜
157	131	104	104	175

一般に、土地及び水代は、野菜の場合を除いてすべて綿花の売上代金から差し引かれる。小作農民が何らかの理由で綿花を作付けしなかった場合には、翌年の綿花の収穫後に8%の利子を付けて水代を支払わなければならない。野菜の場合は、特別に前金を支払うシステムになっている。

計画地区のテナントの営農活動もSGBの管理下でありGezira-Managil灌漑地区のテナント組合の一員である。しかし、現在は綿花の作付けが全く行なわれていたためにSGBからの農業支援活動の供与もなくまた土地及び水代の徴収も行なわれていない。

### (3) 流通及び価格

スーダン政府は綿花、アラビアゴム及び小麦に対しての生産者価格、落花生、ゴマ、ソルガムに対しての最低生産者価格、さらに砂糖に対しては生産者及び消費者価格を設定している。主要農産物の流通機構は以下のとおりである。

#### i) 綿花

輸出用綿花の流通は1970年に設立された綿花生産公社(Cotton Public Corporation (CPC))によって管理されている。国内消費用綿花も綿花生産公社の管理下におかれている。

#### ii) 小麦

小麦は2つの主要国内流通経路を持つ。国内で生産された小麦は、政府関係機関によって扱われ、他方輸入小麦及び小麦粉は通商産業省によって共同組合方式あるいは個人の製粉業者に供給される。極くわずかの国内産自給用小麦が個人仲買人を介して取引されている。通商産業省は、各州政府に小麦を分配し、各州政府は州内の分配を担当する。配分量は人口及び消費量によって決定される。

#### iii) ソルガム

ソルガムは一般市場を介して取引される。そのほか、ソルガムはスーダン農業銀行(ABS)によって食糧の備蓄用および輸出用として買い取られる。

#### iv) 落花生

落花生は、スーダン油用作物公社(Sudan Oil-seeds Cooperation (SOC))の管理のもとスーダン油用作物会社(Sudan Oil-seed Company (SCPO))とプライベートセクターの下で流通している。生産地では、地方仲買人及びKhartoum、Port Sudanの搾油業者及び輸出業者の代理人によって落花生が取引される。

#### (4) 計画地区内の流通状況

計画地区内で作付けられているのはソルガムだけであり、しかもほとんどが自家消費に回りごくわずかだけ地方市場に出回っているに過ぎない。

#### (5) 現況農家経済

計画地区のテナントは農外収入及び親戚などからの仕送り等に大きく依存して生計を立てていると判断される。農外収入は畜産収入、労賃等から成る。

計画地区のテナントの農業収入はGezira-Managil地区のテナントの約2.6%に過ぎない。農業生産費を含まない年間生活費はHurga地区においては£S16,600、Nur El Din地区で£S15,400、Gezira-Managil地区では£S19,700となっている。Hurga及びNur El Din両地区の場合、受益農民の生活は不安定であり送金による補助なしでは最低生活水準に落ち込むこととなる。

現況農家年収支は下表のように要約される。

項目	Hurga	Nur El Din	Gezira
収入			
農業収入	800	0	31,400
農外収入	11,600	10,200	3,100
支出			
生産費	1,400	800	14,700
生活費	16,600	15,400	19,700
余剰	<u>-5,600</u>	<u>-6,000</u>	<u>100</u>
送金	6,410	6,000	-

### 3.6.3 農業支援活動

#### (1) 農業技術研究

Gezira-Managil灌漑地区内の農業技術研究に関するは、Wad Medaniにある農業研究公社 (Agricultural Research Cooperation (ARC))に委託されている。ARCの管轄下にある Gezira Agricultural Research Stationは8つの部門を持ち、農業技術の開発と新品種、新開発の肥料農薬等の圃場試験を実施しており、その結果及び新技術はGezira-Managil地区の営農に反映される。

#### (2) 農業普及

Sudan Gezira Board(SGB)の農業普及部はGezira Managil灌漑地区内における農家レベルでの農業普及活動及び展示圃場の運営を実施する機関である。これらの活動は農業普及部所属の農業普及員によってなされる。

農業普及部は農民への農業技術及び知識の普及、SGBの政策及び意向をテナントに伝えるために農村生産協議会(Village Production Councils)を通して定期講演会、会議等も企画実施している。

14人の農業普及専門員がGezira-Managil地区の農業普及のために配属されている。一般に、1人の農業普及員は14万feddanの受益面積と7,000人のテナントをその受け持ち範囲としている。現在、農業普及員不足は地域内のテレビ番組によって補われている。

#### (3) 農業金融

SGBは綿花と小麦に対しては必要なすべての農業資機材及びサービスを提供している。それらの費用はすべて収穫後の売上代金から差し引かれその差額をSGBがテナントに支払うシステムになっている。これは一種のクレジットと見做すことができる。ただし、これは綿花又は小麦を生産する農家に限られており、計画地区内のテナントのようにソ

ルガムのみを生産しているテナントには適用されない。

スーダン農業銀行(Agricultural Bank of Sudan; ABS)は計画地区内のテナントにとって唯一の公的な金融機関である。ABSのクレジットの現在の金利は貸付期間が15カ月以下の短期金融で19%、貸付期間が5年の中期金融で38%となっている。

個人経営の金融業者の利用も可能であるが、年利が高く計画地区内の農家には不向きである。

#### (4) 農民組合

計画地区内のテナントも含めたGezira-Managil灌漑地区の全テナントは組合員数102,000からなる農民組合に参加している。農民組合の主な活動目的は、社会基盤整備、共同組合の組織等による農民生活の向上である。この方針に基づきGezira-Managil農民組合はこれまでに病院、保健所、校舎、公共井戸等を計画地区内に設置してきた。さらに同組合は小麦製粉所、紡績所、飼料工場の共同組合を運営している。

Gezira-Managil農民組合の予算は、政府からの補助金と、テナントからの組合員費（綿花の粗収入の2%）によって賄われている。Gezira-Managil農民組合はこれまでに3つの共同組合、Kabro製粉所、Malakia織物工場および飼料工場を運営している。

### 3.7 灌漑排水

#### 3.7.1 概要

本計画地区にはHurga及びNur El Din地区にそれぞれ独立したポンプ灌漑システムがある。Hurga及びNur El Din灌漑システムは1950年代後半の民間による綿花生産計画の一環として、Hurga地区10,400 feddan (4,370 ha)、Nur El Din地区8,400 feddan (3,520 ha)の純灌漑面積を対象として開発された。これらの灌漑地区は、1970年代の国有化の後、農地改革

公社の管理下に置かれた。これらは、青ナイル農業公社 (BNAC)に移管され、その後1976年、SGB及び灌漑省の共同運営に移管された。

ポンプ機場及び水路システムの配置図を付図3.5から3.7に示す。

### 3.7.2 ポンプ機場

#### (1) Hurgaポンプ機場

Hurgaポンプ機場は、川岸に建設された鉄筋コンクリート製の三つの吸水槽の下部構造部と、鉄骨レンガ積み波型スレート屋根の上部構造部とから成る。吸水槽は幅4.0m-4.3m、長さ4.5mの3連構造で、上部建屋は幅12.3m、長さ20.3m、高さ10.4mである。下部構造埋設部の部材寸法は計測不可能であり、また施工図面も無い事から、構造上の検討は出来なかった。外観上の観察と鉄筋コンクリート部の非破壊検査結果から判断すると、鉄筋コンクリート部は比較的良好な状態と思われる。

Hurga機場には口径800mmの立軸斜流ポンプが3台吸水槽に設置されている。各ポンプは定格吐出量  $1.5\text{m}^3/\text{sec}$ 、定格揚程 20.5mである。ポンプは直交軸歯車を通し、600馬力のディーゼルエンジンで駆動されている。河川水は長方形断面のコンクリート製取水路を通して吸水槽に導かれている。

現在、2台のポンプは運転可能であるが、ポンプおよび周辺機器は老朽化のためにひどく摩耗し、予備品の調達に必要な資金の不足のためかなり劣化している。ポンプの吐出能力は定格の64%まで低下している。全てのポンプは青ナイル川の水位低下、取水路における堆砂及び老朽化のために低水位期には運転不可能となっている。

#### (2) Nur El Din ポンプ機場

Nur El Din ポンプ機場は、川岸に建設された重力式レンガ積の水密式ポンプ室の下部構

造部と、鉄骨レンガ積み波型スレート屋根の上部構造部とから成る。水密式ポンプ室は仕切壁により3室に区切られている。仕切壁は、鉄筋コンクリート枠のレンガ積構造である。ポンプ室の床はコンクリート製である。ポンプ室は幅7.0m、長さ5.1m、高さ8.5mで、上部建屋は幅10.9m、長さ26.5m、高さ7.9mである。下部ポンプ室のレンガ積の壁厚は下層ほど階段状に厚くなっているが、正確な寸法は不明である。レンガの質は良好と思われるが、多くの浸透水の痕跡がポンプ室内の壁に観察された。上部建屋は老朽化が著しい。

ポンプ室には3台の横軸斜流渦巻ポンプが設置されている。各ポンプは定格吐出量 $60\text{m}^3/\text{min}(1.0\text{m}^3/\text{sec})$ 、定格揚程21.03mである。ポンプは平ベルト及びプーリーを通し、ポンプ室上約8mのエンジン室に設置された450馬力のディーゼルエンジンで駆動されている。河川水は口径600mmのポンプ吸込管により直接ポンプに導かれている。

現在、2台のポンプ及びディーゼルエンジンは運転可能であるが、ポンプの吐出能力は定格の36%までに低下している。全てのポンプは低水位期にはポンプの吸込性能を上回る高い吸込揚程のため運転不可能となっている。

### 3.7.3 灌漑システム

#### (1) Hurga 地区

Hurga 地区内の水路網は一次幹線水路と二次幹線水路と10本の支線水路および多数の圃場内水路から構成されており、水路網の概略を付図3.7に、各水路の延長および支配面積を付表3.3に示す。

圃場内水路は、一次末端水路(Double Abu XX、Abu XX)、及び二次末端水路(AbuVI)で構成されている。Double Abu XXは、地形的条件により100から20 feddanで変化している数個の圃区（地区ではNumberと呼ばれている）に配水し、Abu XXは1個の1圃区に配水してい

る。圃区は、一次末端水路から直角に分岐した二次末端水路によって5feddanの「Hawasha」と呼ばれる耕区に区切られている。耕区には二次末端水路を通じて配水している。水路は全て台形もしくは半円形の土水路である。設計流量は一次末端水路で115 lit./sec、二次末端水路で50 lit./secであるが全般的に堆砂により水路容量は減少している。

水路網は全体として適切に配置されているが、高さが不足している。1990年に大部分の水路の堆砂除去作業が行われたが、いくつかの区間で過剰掘削、あるいは掘削不足が見られる。掘削された堆砂は水路の天端に積み上げられ、締め固め、整形を行わず放置されている。一次末端水路は大部分の灌漑地区に存在する。

一次幹線水路、二次幹線水路の取水分岐点には井筒型分水工があり、一次末端水路の取水分岐点にはパイプ型分水工が設置されている。両者共、水路内の水位を調整する目的でチェックとして設置されているが、これらの構造物は改修もしくは更新が必要である。報告によれば、一次末端水路の取水分岐点には、支線水路からの水量を調整する目的でアウトレットチョッパーゲート付き分水工(FOP型)が設置されていた。しかし現在では、大部分のFOP型分水工は既に取り去られており、残っているものも破損が激しい。

## (2) Nur El Din 地区

Nur El Din 地区内の水路網は一次幹線水路と5本の支線水路および多数の圃場内水路から構成されており、水路網の概略を付図3.7に、各水路の延長および支配面積を付表3.3に示す。圃場内水路一次末端水路(Double Abu XX、Abu XX)、及び二次末端水路(Abu VI)から構成されている。水路は全て台形もしくは半円形の土水路である。

水路網は全体として適切に配置されているが、No.1支線水路を除く水路では灌漑地区に配水するための高さが不足している。また、60%以上の灌漑地区の一次末端水路では過去10年間以上使用されておらず、これらの水路は堆砂で埋まっている。

分土工及び水位調整施設の状態は Hurga 地区と同様であるが、長期間使用されていない地区のそれ等は、破損が激しい。

#### 3.7.4 排水システム

地区内排水路は、水路配置図には記されているものの、実際には存在しない。

#### 3.7.5 水管理

Hurga及び Nur El Din地区の必用水量に較べポンプ吐出容量がはるかに少なくなっており、年間灌漑計画は事実上作られていない。実際的に、同地域の農家は彼らの経験をもとに地形的に比較的低い農地をソルガムの作付地として選定している。

上記と同様の理由から、Gazira-Managil灌漑地区で通常行なわれているSGBのブロック管理人からMOIのAssistant Divisional Engineerに対する配水申込も事実上行われていない。現状では、井筒型分土工及びパイプ型分土工から、流量の計測なしに配水しているに過ぎない。

#### 3.7.6 灌漑システム管理運営

Hurga及び Nur El Din地区は1976年からMOIとSGBの共同で管理されている。ポンプの運転・維持管理はMOIの機械・電気担当局の管理下におかれ、1) 一次幹線水路から二次幹線水路の末端までの水路及び構造物の維持管理、2) 支線水路の維持管理はGezira-Managil地区灌漑局の管理下におかれている。

Gezira-Managil灌漑地区は107の圃場運営ブロックで構成され、14グループにまとめられている。Hurga地区はブロックNo.106に属し、Nur El Din地区はブロックNo.107に属して

おり、Centralグループの管轄下に置かれている。支線水路の分水工及び圃場内水路の運営はSGBの管理下におかれている。

### 3.8 社会基盤施設

計画地区に関係する18村落の内、13の村落では水槽付きの共同井戸より生活用水を得ており、2つの村落では簡易配水施設のある共同井戸を持っているが、Gezira県Rural Water Administrationによって給水施設が建設されている村落はない。また、2つの村落では生活用水を灌漑水路に依存している。

地区内には5校の小学校があり、1,614人の児童が登録されている。また、5校の中学校があり、590人の生徒が登録されているが、地区内には高校はない。

地区内には、各村落を結ぶ道路、及びWad Medani-Gedarefハイウェイから計画地区までの未舗装道路があるが、舗装道路はない。

地区内には医療施設として、8ヶ所の救護所、2ヶ所の薬局、1ヶ所の保健所、及び1ヶ所の診療所がある。

地区内及び近隣には郵便局はなく、Hurga地区に2ヶ所の郵便代理店があるのみである。公共の電話回線は地区内には敷設されていない、Gezira-Managil地区の無線電話システムが計画地区をカバーしている。また現在では、Hurgaポンプ場に1台、Nur El Dinポンプ場に3台の無線電話が設置されている。

地区内には国際電力公社（NEC）による公共の電力供給システムはない。計画地区周辺の利用可能な電力供給システムとしては、1) 計画地区の約12 km 北のShabrga村にある、Wad Medani の南8 km のMeringan変電所からの33 kV の配電線、及び 2) El Biryabポンプ場

にある、Hag Abdallah変電所からの33 kVの配電線の2つである。El Biryabポンプ場は計画地区より8 km南の青サイルの左岸に位置し、Hag Abdallah変電所はWad Medaniの40 km南に位置する。計画地区近傍の電力供給網を付図3.8に示す。

## 第4章 ポンプ機場改修計画案比較検討

### 4.1 概要

現在のポンプ機場の老朽化は著しく、本計画地区の農業生産の決定的な阻害要因となっている。従って、既設ポンプ機場の改修あるいは更新が現在の厳しい農業生産低下を復興する上での要となる。本章に於ては、経済的及び技術的に最も優れた改修計画を立案する為、更新を含めた様々な改修案の比較検討を行なった。フィージビリティレベルの改修計画は本章に於て選定された改修計画方針に基き立案した。

ポンプ機場改修計画に関する比較検討は、ポンプ主原動機の形式、ポンプ形式及びポンプ建屋の3項目に就いて実施した。

比較検討は以下の手順で行なった。

- i) 上記3項目に対する考えられ得る代替案の立案
- ii) 各項目の代替案の一次選定
- iii) 比較検討案の立案
- iv) ポンプ主原動機の形式選定
- v) 有力な比較検討案の選定
- vi) 比較検討案の評価
- vii) 推奨案の選定

初めに各項目に就いて考えられ得る代替案を列挙し、それら各代替案について概略比較検討し一次選定を行なった。比較検討案は一次選定に於て選定された各項目を組み合わせる事により立案した。上記手順により立案された比較検討案はポンプ主原動機の形式により2つのグループに大別した。即ち、電動機案とディーゼルエンジン案である。従って、比較検討はまず初めにポンプ主原動機に関する2代替案に就いて比較検討を行なった。ポンプ主原動機の形式の比較検討結果に基き、有力な比較検討案を選定し、技術的及び経済的両観点から評価を加え、最終的に本プロジェクトに最適な推奨案の選定を

行なった。比較検討の流れの概要を付図4.1に示す。

## 4.2 代替案

本プロジェクトに最適な改修案の策定にあつたでの主要項目は、ポンプ主原動機、ポンプ形式及びポンプ建屋の3項目であり、各主要項目について考えられる代替案は以下の通りである。

### (1) 主原動機

- A1 : 既設ディーゼルエンジン使用案
- A2 : ディーゼルエンジン案
- A3 : ディーゼル発電—電動機案  
(ディーゼル発電設備を建設し、ポンプモータを駆動する案)
- A4 : 電動機案  
(NECの既設配電線を機場迄延長しポンプモータを駆動する案)

### (2) ポンプ形式

ポンプ形式はポンプ羽根車内の流線の方向により、うず巻（遠心）ポンプ、斜流ポンプ及び軸流ポンプの3形式に大別される。軸流ポンプは一般に揚程が4m以下の低揚程のみに適用され、本ポンプ機場には適用不可能である。

うず巻ポンプ及び斜流ポンプはさらに、立軸及び横軸の2形式に分類される。本検討に於いては主原動機は万一の冠水事故等考慮し、洪水位以上に設置する事を条件とした。その為、横軸ポンプを採用した場合、ベルト掛或は歯車装置が必要となり、将来の保守点検上問題が残るので、横軸の採用については検討の対象としないことにした。

したがって、ポンプ形式の代替案としては以下2案となった。

- B1 : 立軸うず巻ポンプ
- B2 : 立軸斜流ポンプ

(3) ポンプ建屋

- C1 : 既設ポンプ建屋使用案
- C2 : 独立2ポンプ建屋新設案  
(既設フルガ・ヌルエルディン両機場周辺に各々ポンプ建屋を新設する案)
- C3 : 統合ポンプ建屋新設案

4.3 第一次選定

比較検討案の立案に先立ち、上記3主要項目に就いての代替案につき一次選定を下記の通り行なった。

(1) 主原動機

- A1 : 不採用；  
出力及び信頼性に欠ける為
- A2 : 経済比較の対象とする
- A3 : 不採用；  
A2（ディーゼルエンジン駆動案）に比べ明らかに建設費及び運転費が嵩む為
- A4 : 経済比較の対象とする

(2) ポンプ形式

- B1 : C1、C2及びC3いずれの案の場合にも代替案として経済比較の対象とする。

B2 : C1案以外の場合に代替案として経済比較の対象とする。

### (3) ポンプ建屋

C1 : 経済比較の対象とする

C2 : 不採用；

C1及びC3案に比べ明らかに建設費が高い為

C3 : 経済比較の対象とする

### (4) 比較検討案

上記検討の結果、経済比較を行なう代替案として以下の6案を選定した。

Alt-1d ; A2+B1+C1 ; 新規ディーゼルエンジン駆動立軸うず巻ポンプ  
既設建屋改修利用案

Alt-2d ; A2+B1+C3 ; 新規ディーゼルエンジン駆動立軸うず巻ポンプ  
新規統合ポンプ機場案

Alt-3d ; A2+B2+C3 ; 新規ディーゼルエンジン駆動立軸斜流ポンプ  
新規統合ポンプ機場案

Alt-1e ; A4+B1+C1 ; 新規電動モーター駆動立軸うず巻ポンプ  
既設建屋改修利用案

Alt-2e ; A4+B1+C3 ; 新規電動モーター駆動立軸うず巻ポンプ  
新規統合ポンプ機場案

Alt-3e ; A4+B2+C3 ; 新規電動モーター駆動立軸斜流ポンプ  
新規統合ポンプ機場案

## 4.4 比較案の検討

### 4.4.1 主原動機代替案比較

上記一次選定にて立案された6つの代替案は Alt-1dとAlt-1e (Alt-2dとAlt-2e、Alt-3dと

Alt-3e) の様に、各ポンプ形式及びポンプ建屋の代替案ごとに主原動機の方式により以下の2つのグループに分けた。

- ディーゼルエンジン : Alt-1d, 2d, 3d
- 電動機 : Alt-1e, 2e, 3e

従って、主原動機の経済比較を行なう事により3つの比較検討案にしはる事が可能となるので、これら2グループの、現在価値(PV)による経済性比較を行なった。結果は以下のとおりとなり、電動機案を選択した。

PVによる経済性比較 (単位: £S x 10<sup>6</sup>)

	電動モーター	ディーゼルエンジン
<b>Alt-1</b>		
- 建設費	18.8	11.3
- 年経費	14.3	34.9
計	33.1	46.2
<b>Alt-2</b>		
- 建設費	13.3	11.5
- 年経費	14.6	35.0
計	27.9	46.5
<b>Alt-3</b>		
- 建設費	14.1	11.5
- 年経費	14.6	35.0
計	28.7	46.5

#### 4.4.2 有力比較案の検討

上記経済性比較検討の結果、以下3案を有力な比較検討案として選定した。

- Alt-1e ; 新規電動モーター駆動立軸うず巻ポンプ既設建屋改修利用案
- Alt-2e ; 新規電動モーター駆動立軸うず巻ポンプ新規統合ポンプ機場案
- Alt-3e ; 新規電動モーター駆動立軸斜流ポンプ新規統合ポンプ機場案

上記有力比較検討案のポンプ機器の概略緒元を付表4.1に示す。

#### 4.4.3 既設建屋改修案

##### (1) 改修計画基本方針

比較検討案Alt-1eの既設建屋改修案の策定に当たっては以下の基本方針に基づいた。

##### i) 改修案基本概念

- 最低水位にても取水可能なものとする
- 建屋基礎の荷重増を極力小さくする
- ポンプ機器保護の為、防塵構造とする
- 改修後の防水及び強度の信頼性を極力高いものとする

##### ii) Hurga機場改修案

改修計画は立軸うず巻ポンプ設置を対象として立案した。主な改修工事項目は以下の通り。

- 既設ポンプ床撤去及び新コンクリート床建設
- 既設ポンプ水槽の水密工事。ポンプ設置のスペースが不足する為、既設水槽前面の壁を撤去の上、水密工事を行う。
- 既設上屋の撤去及び防塵構造の上屋建設
- 建屋基礎のグラウト等、補強工事。(地質及び既設構造物の詳細な検討が必要である)

### iii) Nur El Din機場改修案

改修計画は立軸うず巻ポンプ設置を対象として立案し、主な改修工事の項目は以下の通り。

- 原動機床新設
- 既設上屋の撤去及び防塵構造の上屋建設
- 既設ポンプの吸込管取替工事の為の河川側レンガ積み建屋壁の撤去及び復旧工事、並びにのり面保護工の撤去及び復旧工事
- 既設ポンプ室の水密工事

## (2) 統合ポンプ機場案

比較検討案Alt-2e及びAlt-3eの統合ポンプ機場の建屋基礎地盤は固結粘土層もしくはその下層の地盤に相当し、その許容地耐力は $19\sim 35\text{ ton/m}^2$ と推定される。

ポンプ場の上室は電気機器設備保護の為、防塵構造の鉄筋コンクリート骨組のレンガ積み構造とする。

比較検討案Alt-2eの立軸うず巻ポンプの場合の下部構造は鉄筋コンクリート製の水密構造とし、ポンプ軸受の中間床を設ける。

比較検討案Alt-3eの立軸斜流ポンプの場合、下部構造は仕切壁により区切られた鉄筋コンクリート製の吸水槽とし、流入部にはポンプ保守及び停止時の堆砂防止のため、スライドゲートを設ける。取水水路はコンクリートライニングとし、堆砂除去作業時の重機進入路を設ける。

(3) 各比較検討案の機場レイアウト図を付図4.2～4.4に示す。

## 4.5 比較案の評価

### 4.5.1 経済上の評価

比較検討案 Alt-1e、Alt-2e および Alt-3e の経済比較は現在価値基準で以下のとおりとなる。

	(単位 : £S x 10 <sup>6</sup> )		
	Alt-1e	Alt-2e	Alt-3e
建設費	48.5	49.0	51.7
年間経費	14.3	14.6	14.6
計	62.8	63.6	66.3

### 4.5.2 技術上の評価

各代案の技術的長短所を以下に列記する。

#### i) Alt-1e

- 本案は既設構造物の強度および将来に亘る信頼性に多少の不安が残る。
- 撤去作業および補修作業は新設の場合に比べ作業能率が悪く、慎重な工程管理を要する。
- 吸込管方式であり、導水水路を設ける必要が無く、水路の堆砂除去作業が不要である。
- ヌルエルディン機場のポンプは、河川低水期の11月から2月の4ヶ月間、真空ポンプによる呼び水が必要となる。
- フルガおよびヌルエルディンに、異なった容量のポンプ機器が設置されることとなり、将来の保守点検および運転管理が煩雑となる。
- 建設期間中、既設ポンプによる揚水ができず、農作物に影響を与える。

ii) Alt-2e

- ポンプ吸込管は河川低水位より高い位置に設置されるため、施工時の仮締め切りを最小限にすることが出来、比較的工程に融通性をもたせることが出来る。
- 導水水路がなく、堆砂除去作業が不要である。
- 河川低水位期の11月から2月の4ヶ月間、真空ポンプによる呼び水が必要となる。

iii) Alt-3e

- 呼び水が不要である。
- 導水水路の、定期的な堆砂除去作業が必要である。

#### 4.5.3 推奨案

現在価値基準による経済比較の結果、Alt-1eとAlt-2e案間に差は認められず、またAlt-3e案も他の2案に比べてわずか5%の差異しかない。

Alt-1eは建設期間中、既設ポンプを運転することが出来ないため、約700戸の農家の自給作物であるソルガム栽培に影響を与える。

Alt-3e案と同様式の既設ポンプ場は、導水水路における堆砂の周期的な除去作業を余儀なくされており、その労力、費用を考慮した場合、Alt-2e案における呼び水の手間は無視できる程度のものであると思われる。

以上述べた、技術的および経済的観点からAlt-2e案を本プロジェクトに最も適した開発案として選定した。

## 第5章 開発計画

### 5.1 開発基本構想

計画地区内の受益農民は、かつては綿花およびソルガム生産による収益を享受していたが、農業生産量の激減のため不安定な仕送り援助なしには生活水準を維持できないまでに追い込まれている。

本開発計画の目的は現在最低レベルまで落ち込んでいる本計画地区の農業生産活動を再活性化することにより、最低生活水準に甘んじている地区内農民の生活を向上させることである。集約的灌漑農業の導入が上記目的を達成する手段として最適な選択であると考えられる。このためには、既存の農業生産基盤の総合的改修・改善が必須である。

先に述べたとおり、現況のポンプ場の機能低下は初期に設定された農業生産目標達成への道を完全に閉ざしており、ポンプ場の改修こそが不可欠であることを示している。しかしながら、実際問題として期待される農業生産に悪影響を及ぼすその他の諸問題および阻害要因と取り組むことなく、ポンプ場の改修に拠ってのみ計画目標を達成することは困難である。

従って、計画の目標を達成し、さらにその成果を長期間に亘り維持するためには、灌漑施設の改修、受益農民のための系統だった農業支援活動、そして維持管理のための組織の再編成も農業生産基盤の整備と同様に重要である。計画地区内の極く限られた小作農民が伝統的農法によってソルガムを耕作していることから、農業施設の近代化のみでなく農業活動および維持管理施設の近代化も不可欠と考える。

## 5.2 農業開発計画

### 5.2.1 農業開発基本構想

上述の集約農業の導入のための基本構想は

- 最適土地利用
- 計画地区の土壌及び気象条件に適した作目の選択
- 最適耕種法の確立

である。そして、それは下記を通じて達成する。

- 現況の低作付率を許容最大限まで上げる、
- 長年の経験から Gezirz-Managil 灌漑地区で確立された作付計画を基本とする、
- 農業活動の体系的支援、そして
- 近代的営農・栽培法の導入による受益農民の活性化。

### 5.2.2 土地利用計画及び作付け体系

土地利用計画の選定に先立ち、3種類の土地利用計画、(1) 3-年輪作(休閑地を含まない)、(2) 4-年輪作(休閑地を含む)、(3) 5-年輪作(休閑地を含む)を有力土地利用計画案として取り上げ、i) 可能な労働力および必要労働力、ii) 期待される便益、iii) SGBの土地利用計画および計画作付け体系を考慮して(3)案を土地利用計画として選抜した。

作付体系策定に当たっての基本目標は、受益農民の生産意欲を促進するために、安定かつ高収益を可能ならしめるものとし、この意味において、作付体系は輸出型作物、自給用主食作物、自家消費作物および油用作物により構成するものとした。選抜された導入作物は長繊維綿花(ELS cotton)、ARC奨励品種の小麦、そして普及品種のソルガム及び落花生である。さらに、計画地区内で伝統的に畜産が盛んなこと、およびSGBが国策に

従って飼料作物の増産を開始したことを考慮し、本作付け体系にも飼料作物を組み入れた。

土地利用計画は下記のとおりである。

(単位：feddan)

作物	1 農家当たり	総面積
綿花	3.0	4,524
小麦	3.0	4,524
ソルガム	1.5	2,262
落花生	1.5	2,262
飼料作物	3.0	4,524
休閒地	3.0	4,524
合計	15.0	22,620

土地利用計画及び導入作物を基に作成した計画作付け体系を付図5.1に示す。

### 5.2.3 耕種法

綿花及び小麦の種子増殖はSGBによって行なわれ、ソルガム落花生および飼料作物の種子は農家が自身で増殖を行なうこととする。ソルガム落花生および飼料作物の奨励新品種が計画地区に導入される場合には、SGBがARCによって承認された種子を増殖し計画地区の農民に有償で配布することとする。

計画作物別の農業投入資材は以下のとおりである

(1) 肥料

作物	肥料	施用量	施用時期
綿花	尿素	40kg/fd.	播種前
	尿素	40kg/fd.	播種後1ヶ月
	尿素	40kg/fd.	播種後2ヶ月
小麦	尿素、リン肥	40kg/fd.	播種前
	尿素	40kg/fd.	播種後1ヶ月
ソルガム	尿素	40kg/fd.	播種後1ヶ月

(2) 農薬散布

作物	農薬	回数
綿花	殺虫剤	5回(空中散布)
	除草剤	播種前
小麦	殺虫剤	1回(空中散布)
ソルガム		除草
落花生	除草剤	播種前

(3) 農作業

トラクターによる各作物の耕起作業（プラウ耕及びハロー）及び綿花、ソルガム及び落花生の畦立ては民間の請負業者に依託して実施することとする。さらにコンバインハーベスターによる小麦の刈り取りも請負業者に依託して実施することとする。綿花の収穫およびその他の作物の刈り取りは手作業で必要な場合には賃金労働者を導入して行うこととする。

15feddan農家の必要投下労働力は延べ353人日と算定した。その内訳は綿花作に180人日、小麦作に19人日、ソルガム作に30人日、落花生作に61人日そして飼料作物作に63人日で

ある。15feddan農家の各月別投下労働力は下表のように要約される。

(単位：人日)

6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	計
22	56	14	33	35	25	7	47	47	47	15	5	353

#### 5.2.4 期待収量及び生産量

計画の実施時における期待収量はARCの試験結果、Gezira-Managil灌漑地区の現況収量及び計画耕種法を考慮して設定した。期待収量及び生産量は下表のとおりである。

作物	作付け面積 (feddan)	単位収量 (kg/feddan)	生産量 (ton)
綿花	4,524	900	4,072
小麦	4,524	920	4,162
ソルガム	2,262	1,000	2,262
落花生	2,262	1,000	2,262
飼料作物	4,524	1,500	6,786

#### 5.2.5 作物生産収支

本事業を実施した場合の作物生産収支は計画作付体系、期待収量および計画耕種法等を基に算出した。算出に当たっては、綿花および小麦はスーダン政府によって定められている農家庭先価格を採用した。その他の作物に関しては自由市場価格を採用した。綿花および小麦の生産に使用される農業投下資材の農家庭先価格は現在SGBによって定められている価格を適用した。以上の条件下で算出した作物生産収支は下表のとおりである。

(単位：£S/feddan)

作物	租収益	生産費	純収益
綿花	5,004	1,404	3,600
小麦	2,760	1,107	1,653
ソルガム	2,900	573	2,327
落花生	3,510	713	2,797
飼料作物	2,900	573	2,327

飼料作物は5年輪作作物の一つとしてGezira-Managil灌漑地区に1990年に導入されたばかりであり、牛の肥育体系はまだ確立の途上にある。このような条件下で限られた資料から飼料収益を畜産生産収益に換算することは誤差を生じやすくまた、かなり困難なこともあるため、今回は飼料作物の収益をソルガムの収益に換算することとした。

#### 5.2.6 農家収支

本事業を実施した場合の一農家当たりの年間農家収支は農業粗収入、畜産、賃金等の農外粗収入等の粗収入と、生産費、生活費等の支出を基に求めた。農業粗収入、農業生産費は、作物粗収益、生産費を基にして求めた。畜産および賃金収入は先進地であるGezira-Managil灌漑地区における農家経済調査の結果を採用した。生活費もGezira-Managil灌漑地区のそれと同様とした。以上のようにして求めた農家収支は下表に示すとおりである。

項目	金額(£S)
租収入	
農業収入	41,600
農外収入	3,200
支出	
生産資材費	11,900
生活費	19,700
収益	13,200

## 5.3 灌漑・排水計画

### 5.3.1 基本構想

灌漑整備計画の基本概念は、既存の灌漑・排水施設及び維持管理施設の総合的改修・改善により集約的灌漑農業を達成することである。

灌漑施設は計画地区に年間を通じて安定した灌漑用水の供給と均等かつタイムリーな配水のために必要である、また雨水排水及び灌漑余剰水の排水を目的として排水施設が必要である。

運営維持管理施設は、農作業に応じた有効かつ正確な灌漑施設の操作と長い年月の間灌漑・排水施設の機能を維持するために欠くことはできない。

改修・改善計画においては出来るだけ既存の施設を利用することとしたが、現在計画地区で行われている3年輪作の代わりに5年輪作を適用したため耕区(Hawasha)の再編成が必要である。現在計画地区の受益農民は3つの5-feddan 耕区から成る15 feddanの耕作権を持っており、これを変更することなく耕区を再編成するためには既存の5-feddan 耕区は提案された5年輪作に合わせて3-feddan 耕区に再編成しなければならない。再編成は、既存の一次末端水路の系列を代えることなく二次末端水路の再配置により達成する。

水路と関連構造物は、既存の水路と関連構造物を最大限利用することと工事の便利さを考慮してMOIの設計基準を基に計画した。

施設の運営維持管理の体制は現行の通りとするが、運営の全盛期にはMOIとSGBにおいて現存の圃場職員を補充する必要がある。

### 5.3.2 灌漑用水量

計画作付け体系に必要な灌漑用水量は、オリジナルPenman法による蒸発量( $E_p$ )に作物係数を乗じて得た作物用水量を基に算定した。蒸発率は、1980-1989年のWad Medani気象観測所の資料を用いた。作物係数はGezira-Managil地区の資料、有効雨量は5年確率雨量を用いた。灌漑損失は、送水損失と配水損失をそれぞれ10%考慮した。計画地区の灌漑用水量を次表に示す。

(単位 :  $m^3/sec$ )

10日	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1st	4.83	3.61	1.09	0.00	2.65	4.66	6.34	6.45	8.17	7.05	5.32	4.50
2nd	4.54	3.18	0.00	0.00	3.26	5.69	7.86	6.50	7.44	5.98	5.26	4.73
3rd	4.14	2.12	0.00	2.23	3.84	6.49	6.60	6.87	6.75	5.89	4.18	4.90

注：ポンプ運転時間18時間/日

### 5.3.3 水管理

#### (1) 分水

灌漑用水の揚水は新設ポンプ場で0:00時から18:00時迄の間に行うものとする。流量制御はポンプ台数制御と時間制御を併用することとする。揚水された水は接続水路を通り沈砂地に流れ込み、それから接続水路の末端にある射流分土工によりHurgaとNur El Din地区への幹線水路に分水される。

一次幹線水路と二次幹線水路から支線水路への分水は、支線水路の始点に備えられた分土工(可動ゲート型)を通して0:00時から18:00時まで行う。支線水路の灌漑水は5日間各支線水路の前半分の圃区に、次の5日間は後半分の圃区に分水する。支線水路から圃場までの配水は一般に6:00から18:00まで行う。幹線水路から支線水路への流入量と、支線水路

から末端水路への流出流の差は支線水路に別途与えた貯留容量で調節する。

## (2) 圃場における配水

灌漑間隔は灌漑強度、作物の有効土壌水分、作物消費水量などを考慮して10日間を基準とした。

輪番灌漑は現行の通りとする。各々の支線水路の圃区は2つのグループに分けられ、最初のグループは5日間灌漑され、次のグループは次の5日間灌漑される。また圃区内の耕区も2つのグループに分けられ、各々のグループはそれぞれ2-3日間灌漑される。

圃場における配水は、下記の理由によりAngaya灌漑法（ベースンイリゲーション）を適用することとした。

- a) 受益農民はAngaya灌漑法を熟知している。
- b) 10年確率日雨量は73mm/日と算定された。この確率日雨量による表面流出は、作物に重大な被害を与える程頻繁かつ長期間に亘る湛水を生じない。
- c) 一次末端水路に配水するためにパイプサイホンを必要としないので水路の設計水位を最小限にできる。
- d) 既存の耕区は整地なしに使用出来る。

### 5.3.4 灌漑施設計画

本計画の灌漑施設は、ポンプ場、沈砂地を含む接続水路とHurgaとNur El Din地区の水路網から成る。Hurga地区内の水路網は一次幹線水路と一次幹線水路から派生した二次幹線水路と12本の支線水路及び多数の圃場内水路から構成されている(一次末端水路、二次末端水路)。Nur El Din地区内の水路網は一次幹線水路と5本の支線水路及び多数の圃場内水路から構成されている。

接続水路はポンプ場の吐出槽と各々の一次幹線水路に接続されている。接続水路の灌漑用水を分水するために射流分水工を接続水路の末端に建設する。支線水路は一次幹線水路より、一次・二次末端水路は支線水路より分岐する。Double Abu XXは数個の圃区(Number)に、Abu XXは一つの圃区に配水する。圃区はAbu XXから派生するAbu VIにより3- feddanのHawashaと呼ばれる耕区に区切られる。

可動ゲート型分水工は灌漑用水量を制御する目的で二次幹線水路と支線水路の始点に設置した。チェックは水位を制御するために一次幹線水路と二次幹線水路及び支線水路に設置した。井筒型分水工とFOP型分水工はそれぞれDouble Abu XX及びAbu XXの始点に設置した。パイプ型調整工はチェックとして使用する。

ラテライト舗装管理道路は一次幹線水路と二次幹線水路及び支線水路の片側又は両側に配置するものとする。

施設計画の概要を付図5.2に示す。

### 5.3.5 排水計画

降雨及び余剰灌漑水を適切に排除するため地表排水システムを計画した。余剰地表水は圃場内排水路から支線排水路を経て幹線排水路または、自然河道へと排水する。計画排水路の概要を付図5.2に示す。

### 5.3.6 施設計画

#### (1) 概要

本プロジェクトの施設計画は以下の通り。

- 統合ポンプ機場及び電力設備の建設
- 接続水路及び沈砂池の建設
- 接続水路末端の分水工の建設
- 既設灌漑水路の拡張及び改修ならびに付帯構造物の改修及び新設
- 排水路網の整備

## (2) ポンプ機場

青ナイル川東岸の既設Hurgaポンプ場の上流約700mの地点に新規統合ポンプ場を建設する。新規統合ポンプ場の一般配置図を付図5.3に示す。

新規統合ポンプ場のポンプ機器及び付帯設備の主要諸元を付表5.1に示す。ポンプ機器の諸元は以下の通り。

- ポンプ形式 ; 立軸両吸込み渦巻ポンプ
- 定格吐出量 ; 148 m<sup>3</sup> / min / unit
- 定格揚程 ; 24 m
- ポンプ口径 ; 1,000 mm x 800 mm
- ポンプ台数 ; 4 台
- 電動機出力 ; 750 kW

ポンプ及び主原動機の形式は、前章 IV ” ポンプ機場改修計画案比較検討 ” にて述べた通り、各種代替案比較検討の結果決定した。ポンプの定格吐出量は一日当たりの最大運転時間を18時間とし、灌漑最大必要用水量を基に、付図5.4に示すポンプ特性曲線から決定した。尚、下記の理由で予備ポンプを一台設置する事とした。

- 予備ポンプを設置しない場合、万一のポンプ故障時には他のポンプの運転時間を当初の一日当たりの18時間から24時間に延長する必要がある。しかしながら、電力の供給状況は3月～8月のCritical monthsと称されている期間 (sub-chapter

2.4.3 参照) は非常に不安定であり、運転時間を24時間に延長する事に対し保証を得る事が難しい。

- 予備品購入に要する期間がかかることが予想される。

ポンプ場建屋は、下部のポンプ室及び上部の電動機室、電気室、搬入室からなる。下部は、鉄筋コンクリートの水密構造、上部は鉄筋コンクリート骨組みのレンガ壁で防塵構造とする。

### (3) 電力供給施設

電力供給施設は以下の通り。

- a) El Biryab 及び統合ポンプ場間、約9.5kmの33kV 配電線の建設、及び
- b) 下記の機器から構成される統合ポンプ場の33kV屋外開閉所
  - 33 kV 開閉機器一式 (遮断器、断路器、避雷器、計器用変圧器、等)
  - 3,000 kVA 変圧器一式
  - 変圧器二次側の11kV開閉機器一式
  - ポンプ起動盤及び制御盤6面、等

統合ポンプ場の受電変電設備の単線結線図を付図5.5に示す。

### (4) 灌漑水路及び付帯構造物

灌漑水路及び付帯構造物の施設計画は以下のとおりである。

- a) 長さ130mの沈砂池を含む延長450mの接続水路、及び接続水路末端の分水工の建設
- b) 一次幹線水路の延長；Hurga地区0.49km、Nur El Din地区1.86km
- c) 既存一次及び二次幹線水路の嵩上げ；Hurga地区10.95km、Nur El Din地区9.46km
- d) 既存支線水路の嵩上げ；Hurga地区42.01km、Nur El Din地区27.09km

e) 2本の新規支線水路の建設；Hurga地区10.40km

f) 既存水路構造物の取り壊し

g) 以下の水路構造物の新設

構造物	Hurga (個数)	Nur El Din (個数)
分水工(可動ゲート型)	13	5
分水工(井筒型)	4	2
チェック	14	2
分水工(FOP型)	221	114

水路の概要を付表5.2に示し、水路の標準断面及び水路構造物の概要図を付図5.6から5.11に示す。

#### (5) 排水路及び付帯構造物

排水路は総延長23.4 kmの4本の幹線排水路と総延長51.4 kmの15本の支線排水路より成る。

### 5.4 運営制度

#### 5.4.1 農業支援活動

計画地区に於ける目標収量を達成させるために以下に述べる項目についてはSGBまたはGRSによって支援及び実施することとする。

- 綿花および小麦作に必要な種子、肥料、農薬等の生産資材を受益農民に対し供給する
- 綿花および小麦に対する殺虫剤の散布

- 受益農民に対して特に綿花、小麦および落花生の栽培技術の確立に重点をおいた農業普及活動を行なう
- 圃場水路管理人の訓練
- 飼料作物の種子の配布
- 小麦、落花生およびソルガムに対して灌漑実施下での圃場における土壌水分の動向調査を実施し、効果的な灌漑頻度と灌漑間隔からなる灌漑方法を各作物について確立する
- Hurga、Nur El Din両地区に、普及員1名づつおよび病害虫防除のための圃場技術員1名づつを配置する。

#### 5.4.2 運営維持管理

##### (1) 運営維持管理作業

###### i) 運営

HurgaとNur El Din灌漑施設を管理する灌漑省灌漑局より派遣された Assitant Divisional Engineer は10日ごとに灌漑省機械・電気局より派遣のポンプ場の主任技師に灌漑水の申請書を提出する。申請される灌漑用水量は作物消費量と実際に作付けされている面積を基に計算する。

ポンプ場主任技師 (Chief Engineer) は Assitant Divisional Engineer からの申請書に応じてポンプの台数と運転時間を決定する。ポンプオペレーターは主任技師 (Chief Engineer) の指示に従いポンプを運転する。

各種分土工 (射流型、可動ゲート型、井筒型)及びパイプ型調節工のゲートは Assitant Divisional Engineer の指示に基づきHurga地区とNur El Din地区に各1名配置された Assistant Divisional Engineerの補助員 (Section Engineer) によりポンプ運転に合わせて調整される。理論上、これらのゲートの開度は10日毎に調整することにな

るが、微調整は随時行うこととする。

支線水路上に建設される分水工(FOP)のゲートはSGBの派遣したブロック管理官(Block Inspector) のの指示に基づき圃場水路管理人 (Ghaffir) が毎日6:00に開け18:00に閉める。

灌漑用水を最も有効に利用するためにはポンプ場の主任技師 (Chief Engineer) と Assitant Divisional Engineer 及びブロック管理官 (Block Inspector) の密接な連絡が必要である。

## ii) 維持管理

本計画を遂行するためにはポンプ場と水路施設の維持管理作業が必要である。

灌漑省機械・電気局はポンプ場の維持管理作業を定期的（毎日、毎週、毎月、毎年）実施する。予防的維持管理作業は必須であり、そのために念入りの定期点検を行なうこととする。

水路施設の維持管理作業はi) 沈砂地のシルトと砂の除去、ii) 水路断面内の雑草の除去、iii) 運営維持管理道路の維持管理及び iv) 機械設備の給油と塗装等が挙げられる。上記作業項目(i)から(iii)は契約ベースで土工事公社(EMC)が請負契約に基づき、(iv)はMOI自身により実施することとする。

## (2) 事業施設の維持管理のための圃場組織

MOIとSGBによる合同管理体制は現行通りとする。

新規ポンプ場の維持管理は既存ポンプ場の維持管理の責任を負っている灌漑省機械・電気局内の機械部に代わり同局内の電気部(Electrical division of Mechanical & Electrical Under Secretariat)に移管することとする。ポンプ場の維持管理のための組織構成図を図5.12に示

す。

MOIが責任を持っている水路施設の維持管理のためにAssistant Divisional Engineerの下に二人の補助員(Section Engineer)を置く。水路施設の維持管理のための組織構成図を付図5.13に示す。

圃場内施設の管理運営のために次の圃場職員をSGBから派遣することとした。

- 2人のブロック管理官(一級検査官)
- 2人の二級管理官
- 2人の三級管理官
- 18人の圃場水路管理人(Ghaffir), Hurga地区に11人とNur El Din地区に7人

### (3) 運営維持管理施設

本計画ではポンプ灌漑は日中に行うように計画したためポンプとゲートの適時操作は有効かつ正確な灌漑用水供給のために必要である。この目的のためにSGBの圃場職員と灌漑省の灌漑局(Irrigation Operation Under Secretariat)と同省の機械・電気局(Mechanical and Electrical Under Secretariat)の密接な連絡は必須条件である。また圃場職員が現地に滞在することも同様に重要である。このため灌漑省とSGBの職員のためにポンプ場近くに管理事務所を建設することとした。加えてポンプオペレーターとAssistant Divisional Engineerの補助員及びブロック管理官(Field Inspector)の宿舎も建設することとした。

## 第6章 事業実施計画

### 6.1 事業実施体制

事業実施は灌漑省が行うものとする。灌漑省は事業実施に必要な建設事務所を設立し、同事務所長を任命する。事務所長は全実施作業に対して責任を負い、事業実施に際して関連政府機関の中での必要な調整を行う。

### 6.2 事業実施計画

事業実施期間は1991年の下四半期から1994年の4月までの2.6年を想定した。最初の12ヶ月は入札を含めた詳細設計業務を行い、施工は1992年の下四半期から人員および施工機械・施工材料の導入をもって始まる。ポンプ機場および水路施設の実質的な施工開始は1993年の初めであり、ポンプ機場および水路組織の施工は各々1994年の上四半期および1994年の4月に完了する。また、ポンプ機器・配電機器の調達には設計・製作および現場までの輸送を含めて約1年間を予定した。事業実施計画は付図6.1に示す通りである。

事業実施計画策定に当たっては下記を考慮した。

- ポンプ機場の下部構造の建設は水中施工を極力避けるために青ナイル川の低水位期のときに行う。
- 7月から9月の雨期には原則として土工事を行わない。
- 電力供給施設建設の施工監理はNECが行う。

## 第7章 事業費積算

### 7.1 積算の基本条件

事業費は、直接工事費、事務所運営費、技術経費、予備費から成り、計画施設の予備設計に基づき下記の条件の下で算出した工事単価をもとに積算した。

- i) 積算に用いる市場価格は1990年12月時点のものとする。交換レートは下記を用いる。

$$\text{US\$ } 1.00 = \text{£S } 12.30 = \text{¥} 135.0$$

- ii) 工事は国際競争入札により選ばれた請負業者が行う。
- iii) 工事単価は、労務費、材料費、建設機械の損料・運転費、請負業者の利益・一般管理費を含む。
- iv) 資機材の輸入は、非課税扱いとする。
- v) 予備費には数量変動予備費として土木工事費の10%を見込む。

### 7.2 事業費

事業費は、建設工事費、ポンプおよび配電機器の購入費、技術経費、事務所運営費、数量予備費からなる。総事業費は、付表7.1に示す通りであり、下表に概要を示す。

項 目	外 貨	内 貨	合 計	
	(£S x 10 <sup>6</sup> )	(£S x 10 <sup>6</sup> )	(£S x 10 <sup>6</sup> )	(¥ x 10 <sup>6</sup> )
1. 共通仮設費	11.37	7.10	18.47	202.7
2. 土木工事費				
1) ポンプ場	14.82	8.13	22.95	251.9
2) 新規水路	10.28	4.32	14.60	160.3
3) 改修水路	85.03	54.10	139.13	1,527.0
4) 管理事務所他	0	3.27	3.27	35.9
5) 維持管理用機械	3.60	1.15	4.75	52.1
3. ポンプ・配電機器費	87.03	2.47	89.50	982.4
4. 予備費	12.51	7.81	20.32	223.0
5. 事務所運営費	0	2.31	2.31	25.3
6. 技術経費	45.00	0	45.00	493.8
合計	269.64	90.66	360.30	3,954.4

### 7.3 事業費支出計画

年次別事業費支出計画は事業実施計画をもとに決定した。結果は付表7.2に示す通りであり、下表にその概要を示す。

(単位：£S 10<sup>6</sup>)

項 目	1年目	2年目	3年目	4年目
1. 土木工事費	0.00	9.24	147.98	45.95
2. ポンプ・配電機器費	0.00	35.80	44.76	8.95
3. 技術経費	4.50	13.50	20.24	6.75
4. 事務所運営費	0.11	0.69	1.16	0.35
5. 予備費	0.00	0.92	14.80	4.60
合 計	4.61	60.15	228.94	66.60

事業実施に必要な資金は物価変動レートを下表に示した3ケースを仮定して算出した。  
その結果は付表7.2に示す通りである。

ケース	内貨分	外貨分
ケース 1	10 %	3.5 %
ケース 2	20 %	3.5 %
ケース 3	30 %	3.5 %

#### 7.4 維持管理費及び施設更新費

年間維持管理費は職員の人件費、ポンプ稼働の電力費、維持補修に必要な資機材燃料等から成る。ポンプ稼働の電力費は3～8月では£S0.59/kW時、他の月では£S0.27/kW時を採用し、以上に加えて、月基本電気料金も加算し算出した。

ポンプ・配電機器および水門は事業全体の耐用年数(50年)より短いため各々の耐用年数経過後更新する必要がある。年間維持管理費および各施設の耐用年数・施設更新費を各々付表7.3および付表7.4に示す。

## 第8章 事業評価

### 8.1 概要

事業評価は経済および財務分析の見地に立脚して行なった。本事業の経済的評価法としては内部経済収益率(EIRR)、費用便益率(B/C)および費用便益差(B - C)の手法を用いた。さらに、本計画の事業費、建設期間および便益の変動を考慮して内部経済収益率(EIRR)に関して感度分析を行なった。

財務評価は、受益農民の農家経済に関する事業の効果により評価した。

社会・経済的波及効果および間接便益についても検討を加た。

### 8.2 経済評価

#### 8.2.1 基本前提条件

本事業の経済評価は下記に示す基本前提条件で行なった。

- i) 経済評価のための本事業の対象期間は50年間とする。
- ii) 本事業の建設期間は、詳細設計期間を含めて5年間とする。
- iii) 換算レートは以下のとおり定めた。  
- US\$1.00=£S12.30
- iv) 非貿易資材等の国内価格に経済変換係数(ECF)0.41を乗じて経済価格とする、農業労働者および未熟練労働者の経済的機会費用は潜在賃金率0.35を乗じて求めた。
- v) すべての価格は、1990年末の価格とする。

## 8.2.2 経済費用

### (1) 経済建設費用

経済建設費用は事業費の現地貨分に経済変換率を適用して算定した。経済建設費用は下記の通りである。

(単位：£S10<sup>6</sup>)

項目	外貨分	現地貨分	合計
直接工事費	212.1	33.0	245.1
間接工事費	44.9	0.9	45.8
予備費	12.5	3.2	15.7
合計	269.5	37.1	306.6

### (2) 経済運営維持管理費用および更新費

経済運営維持管理費用および更新費は事業費の現地貨分に経済変換率を適用して算定した。経済建設費用は下記の通りである。

- 運営維持管理費； £S 2.16 x 10<sup>6</sup>
- 更新費； £S 68.05 x 10<sup>6</sup>
- 維持管理用設備； £S 4.07 x 10<sup>6</sup>

## 8.2.3 経済便益

灌漑便益は、将来期待される「事業を実施した場合」と「事業を実施しなかった場合」の純作物生産便益の差とした。灌漑便益は年々増加し、事業完成後4年目に目標便益に達する。本事業の目標便益は下表のとおり。

(単位：£S x 1,000)

作物	便益
綿花	33,754
小麦	6,352
ソルガム	1,818
落花生	6,922
飼料作物	4,375
合計	53,221

#### 8.2.4 経済内部収益率(EIRR)、便益費用比(B/C)、便益費用差(B-C)

経済評価事業便益および事業費用を基に算定した経済内部収益率(EIRR)、便益費用比(B/C)、便益費用差(B-C)の結果は以下の通りである。

経済内部収益率(EIRR)	13.8%
便益費用比(B/C)	1.38
便益費用差(B-C)	£S 96.9 x 10 <sup>6</sup>

#### 8.2.5 感度分析

将来における便益および費用の変化の影響を検討するために感度分析を実施した。結果は下表の通りである。

(単位：EIRR; %)

費用増加	ケース1 便益減少		ケース2 便益減少	
	0%	-10%	0%	-10%
	0%	13.8	12.5	12.3
10%	12.6	11.3	11.3	10.2
15%	12.1	10.8	10.8	9.8

ケース1：工事が計画どおり完了した場合

ケース2：工事が1年遅れて完了した場合

## 8.2.6 経済分析結果

分析の結果、本事業は経済的に妥当であり、感度分析の結果からは本事業が便益および費用の変化に対して比較的安定していることが明かとなった。

## 8.3 財務分析

農家経営の視点に立ち本事業を評価するために、「事業を実施した場合」と「事業を実施しなかった場合」の15feddan農家の農家経営分析を行なった。

事業完成後は、集約的灌漑農業が推進可能となり。その結果、事業の実施条件下では各作物の単位収量の顕著な増加が期待され、作付け率も飛躍的に増大し農業収入の増加をもたらす。他方、事業を実施しなかった場合には、農業収入のいかなる増加も期待できない。農家経営分析の結果は下表の通り要約される。

(単位：£S)

項目	事業を実施しない場合		実施した場合
	フルガ	ヌルエルディン	
経営規模(fd)	15	15	15
1 粗収益	(12,400)	(10,200)	(44,800)
農業収入	800	0	41,600
農外収入	11,600	10,200	3,200
2) 支出	(18,000)	(16,200)	(31,600)
生産費	1,400	800	11,900
生活費	16,600	15,400	19,700
純余剰	-5,600	-6,000	13,200

農家経営分析の結果は、事業の実施が農家経済を大きく改善し、ひいては受益農民の生活水準の向上に貢献することを示している。

## 8.4 事業の波及効果

経済評価で算定した直接便益に加え、以下に述べる各種の間接便益および波及効果が期待できる。

### (1) 作物生産の増大

作物生産の増大は、計画地区の主食であるソルガムおよび小麦の自給率の向上をもたらす。輸出作物である綿花および落花生の生産量の増加は外貨の獲得に寄与し、さらに飼料作物の増産によって地区内の家畜生産量の増大も期待できる。

### (2) 農家収入の増加

農家収入は、不安定かつ最低水準の現況に比べ飛躍的に増大することが期待できる。その結果農家生活水準は向上し、延いては地域経済の活性化をもたらすことになる。

### (3) 雇用機会の増大

本事業の建設期間中には、未熟練労働者の雇用機会が創出される。その労働力のほとんどは計画地区内外の農民によって賄われる。さらに、計画の実施によって農業生産の活性化が図られ、機械化農業のための農作業請負業者の需要も高まることが期待できる。

### (4) 婦人活動

受益農民は現在生活の糧を農外収入に頼ることを余儀なくされており、家族労働力の担い手は、婦女子を農地に残し現金収入を求め労働者として働きに出ている。計画地区の現況は、婦人に対し、家事に加え農作業に従事することを強いている。このように計画地区内の婦人は、経済的にも、物理的にも社会活動に加わる機会を完全に奪われている。しかし、本事業の実施は、家族労働力の農地への回帰をもたらす農作業に従事する機会を創出する。これによって婦人は農作業から開放されることとなる。また、機械化

農業は集約農業の導入に伴い増加する労役を緩和する。これにより社会文化活動への婦人の参加の機会も創出されることが期待できる。

## 第9章 環境に及ぼす影響

本プロジェクトは既設の改修であり、現在のプロジェクト周辺環境に大きな影響を与える事は、ないものと考えられる。しかしながら、通年の灌漑用水供給により水中に生息する媒介生物あるいは中間宿主による疾病、特にマラリア及び住血吸虫病、を誘因しやすい環境となりうる。

Gezira-Managil 及びRahad 灌漑地区に於ては、それら水中の媒介生物あるいは中間宿主による疾病、マラリア、住血吸虫病及び下痢等の制圧を目的とし、Blue Nile Health Project (BNHP)を1979年より実施している。このBNHP プロジェクトの報告書によれば、プロジェクトの実施後のマラリア及び住血吸虫病の感染率の著しい低下が報告されている。

本プロジェクト完成後は、BNHPと同様な措置の導入、あるいはBNHPプロジェクトを本計画地区にも拡大する事が望まれる。

## 第10章 結論及び提言

本調査により、本事業は技術的にも経済的にも実施可能と結論される。本プロジェクトの実施により、受益者農家の生活条件の改善及び安定が計られる。それは、不安定な仕送りに生活基盤を頼ってきた全ての受益者農家の長年の悲願であった。

現状のポンプ機場の老朽化は著しく、本事業計画地区の農業生産の決定的な阻害要因となっている。そのために、既設ポンプ機場の最適な改修案の策定立案が本調査での要となった。本調査では既設ポンプ機場改修利用案と新規ポンプ機場建設案の2案が比較検討し、新規ポンプ機場建設案が最適な改修案として結論づけた。また、改修案の策定立案にあたって予備ポンプの必要性を検討し、不安定な電力供給の現状及び予備品調達に要する期間等考慮し、1台の予備ポンプを設置する事とした。

水中に生息する媒介生物あるいは中間宿主による疾病、マラリア及び住血吸虫病等を誘因する可能性を除いては、本事業の実施により現在のプロジェクト周辺環境に大きな影響を与える事はないものと考えられる。Gezira-Managil及びRahad灌漑地区に於ては、それら水中に生息する媒介生物あるいは中間宿主による疾病の制圧を目的とした、Blue Nile Health Project (BNHP)が1979年より実施され良好な結果をおさめている。

このような事情に鑑み、本事業の早期の実施を勧告するものである。

また、本事業実施による成果を十分発揮するためには、SGBは一貫した農業支援活動を受益農民に対して提供することを強く勧告する。

本事業が継続的に運営され、かつ、受益農民の福祉向上のために水中に生息する媒介生物あるいは中間宿主による疾病に対する、政府関係機関による適切なる対策が望まれる。



付 表



付表2.1 1981/82年価格における産業別国内総生産

Sector	(Unit: £S Million)									
	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90 (proj.)	
1. Agriculture	2,553	2,334	2,226	1,951	2,157	2,203	1,920	2,459	2,017	
2. Mining and Quarrying	7	7	6	6	6	6	6	7	7	
3. Manufacturing	456	496	494	520	539	562	558	560	567	
4. Electricity and Water	78	93	103	115	129	128	132	133	138	
5. Construction	378	450	379	350	368	351	345	378	349	
6. Commerce and Hotels	892	946	802	858	797	869	966	995	1,022	
7. Transport and Communications	690	707	699	628	613	664	722	742	686	
8. Finance and Real Estate	775	800	802	803	729	843	860	883	910	
9. Personal Services	98	112	115	115	98	109	113	112	119	
10. Government Services	586	668	789	695	693	651	653	735	778	
11. GDP at Constant Factor Cost	6,513	6,612	6,416	6,041	6,129	6,387	6,275	7,004	6,592	
12. GDP deflator (1981/82=100)		102	99	93	94	98	96	108	101	
13. Annual Change Percentage at Constant Factor Cost	-	1.5%	-3.0%	-5.8%	1.5%	4.2%	-1.8%	11.6%	-5.9%	
14. GDP at Current Market Prices	-	9,449	11,440	14,746	21,519	31,090	42,685	68,859	84,816	

Source: Ministry of Finance and Economic Planning (PPU)

附表2.2 貿易收支

Commodity	1986	1987	1988	(unit: £S million)
				1989 (proj.)
<b>1 Export</b>				
Cotton	366.7	455.2	978.4	1,348.8
Groundnuts	2.5	10.1	86.5	27.1
Sesame	58.9	134.8	269.0	333.3
Gum Arabic	141.7	267.1	281.6	313.0
Sorghum (Dura)	13.9	248.8	106.7	297.1
Livestock	71.5	42.9	128.0	192.5
Hides and Skins	33.7	39.0	69.5	114.4
Cake and Meal	14.2	50.5	103.0	66.9
Others	130.1	248.7	268.2	330.0
<b>Total</b>	<b>833.2</b>	<b>1,497.1</b>	<b>2,290.9</b>	<b>3,023.1</b>
<b>2 Imports</b>				
Petroleum products	292.3	497.9	1,093.1	1,082.2
Manufactured goods	481.4	501.0	930.1	1,178.5
Machinery and Equipment	405.7	484.9	776.6	826.4
Transport Equipment	434.1	368.9	509.3	786.6
Chemicals	341.2	248.1	476.8	399.1
Wheat and Flour	120.5	199.6	649.1	412.8
Tea	71.9	39.8	68.6	105.1
Coffee	12.2	4.0	24.7	122.8
Sugar	-	52.7	10.3	51.8
Other Foodstuffs	155.5	117.5	172.4	205.3
Drinks and Tobacco	14.3	13.6	56.9	39.4
Textiles	71.1	84.9	125.9	163.4
<b>Total</b>	<b>2,400.2</b>	<b>2,612.9</b>	<b>4,893.8</b>	<b>5,373.4</b>
<b>Total Balance</b>	<b>-1,567.0</b>	<b>-1,115.8</b>	<b>-2,602.9</b>	<b>-2,350.3</b>

Source: Bank of Sudan

付表2.3 生産方式別主要作物栽培面積および収量

Crop Season	Sorghum		Wheat		Groundnuts		Millet		Sesame	
	Area 000's fed.	Product. 000's MT								
1987/88										
1) Irrigated	711	352	343	181	251	198	0	0	0	0
2) Rainfed Mechanized	5,315	853	0	0	0	0	36	6	1,032	121
3) Rainfed Traditional	2,043	158	0	0	1,328	234	2,573	147	1,253	112
Total	8,069	1,363	343	181	1,579	432	2,609	153	2,285	233
1988/89										
1) Irrigated	846	468	393	247	217	189	0	0	0	0
2) Rainfed Mechanized	9,747	3,317	0	0	0	0	153	24	712	61
3) Rainfed Traditional	2,686	640	0	0	1,408	398	5,525	471	2,083	133
Total	13,279	4,425	393	247	1,625	587	5,678	495	2,795	194
1989/90										
1) Irrigated	755	392	614	409	159	119	0	0	0	0
2) Rainfed Mechanized	5,830	853	0	0	0	0	139	18	966	75
3) Rainfed Traditional	2,464	291	0	0	1,136	99	3,574	143	1,656	65
Total	9,049	1,536	614	409	1,295	218	3,713	161	2,622	140

Source: Agricultural Situation and Outlook, Ministry of Agriculture and Natural Resources

## 付表2.4 電気料金システム

Application : This tariff is applicable for supplies of declared service capacity in excess of 100 KVA, intended to be used only for industrial, agricultural and bakeries.

### 1. 33 KV Supplies (2.500 KVA & Above)

#### (1) Base Charge

- i) Max. demand charge : LS 3.0/KVA
- ii) Service capacity charge : LS 1.0/KVA

#### (2) Consumption Charge

- i) For Critical Months,
  - Off peak rate : LS 0.34/KWH
  - Peak rate : LS 0.98/KWH
- ii) For other Months
  - Off peak rate : LS 0.08/KWH
  - Peak rate : LS 0.56/KWH

2. 11 KV Supplies (1.000 KVA & Above) : Omitted

3. 415 KV Supplies (100 KVA to 1.000 KVA) : Omitted

Notes: Critical Month : March, April, May, June, July & August

Peak Hours : 7:00 to 14:00 and 18:00 to 22:00 hours

付表3.1 気象記録概要

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Average
Rainfall(mm/month)	0.0	0.0	0.0	0.2	17.4	25.7	65.3	92.9	49.3	11.2	2.9	0.0	264.9
Max.Temperature(C)	33.1	34.5	38.3	41.0	41.5	40.0	37.1	35.7	36.4	38.7	36.6	33.2	37.2
Min.Temperature(C)	14.7	16.1	19.9	21.7	24.8	25.3	23.8	23.2	22.6	22.6	18.7	15.5	20.7
Max.Relative Humidity(%)	52	42	36	29	44	61	76	83	82	64	47	49	55.4
Min.Relative Humidity(%)	19	16	14	13	21	26	37	41	38	27	20	21	24.4
Wind Speed(m/sec)	2.4	2.4	2.5	2.4	2.8	4.1	4.1	3.3	2.1	1.6	2.0	2.1	2.7
Sunshine Duration(%)	91	88	82	85	72	66	60	63	72	83	92	91	78.8
Evaporation (Penman; mm/day)	6.4	7.3	8.4	8.8	9.1	10.0	8.5	8.1	7.4	7.1	6.5	6.2	7.8

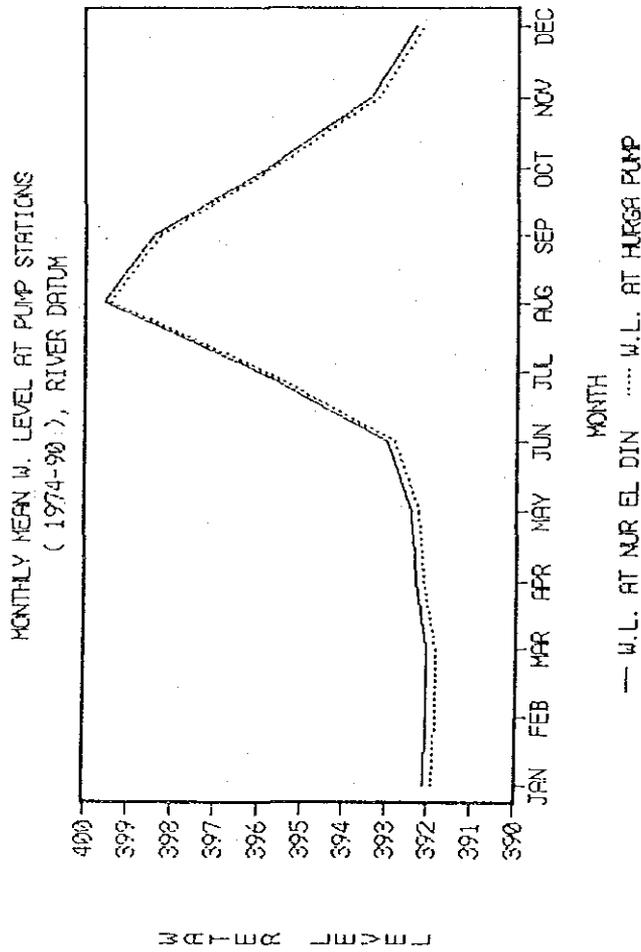
Source; Mad Medani Meteorological Station

Rainfall ; 1980 - 1990  
 Temperature ; 1980 - 1989  
 Humidity ; 1986 - 1990  
 Wind Speed ; 1980 - 1989  
 Sunshine ; 1980 - 1989  
 Evaporation ; 1980 - 1990

付表3.2 青ナイル川平均水位(1974~1990年)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVERAGE
WAD EL NAU	390.66	390.59	390.62	390.90	391.03	391.63	394.87	398.40	397.36	394.66	392.18	390.96	392.82
HAG ABDALLA	395.20	395.19	395.13	395.36	395.47	396.01	398.76	402.30	400.85	398.46	396.04	395.35	397.01
HAG-WAD	4.54	4.60	4.52	4.46	4.44	4.38	3.89	3.90	3.49	3.80	3.86	4.39	4.19
NUR EL DIN	392.08	392.02	392.02	392.28	392.41	392.99	396.08	399.61	398.45	395.85	393.38	392.32	394.12
HURGA	391.87	391.82	391.82	392.09	392.22	392.79	395.91	399.44	398.30	395.68	393.21	392.13	393.94

\* W.L. at gauging station & pump station are shown on Irrigation datum.



付表3.3 既存水路網

1) Hurga Scheme

Name of Canal	Length of Canal (km)	Location of Canal Head	Command Area (fd)
Main Canal	6.17	Pumping Station	13,903
Major Canal	5.62	Km 0.88 of Main Canal	6,668
Gannabia No.1	2.83	Major Canal	685
Gannabia No.2	4.70	Km 0.88 of Main Canal	1,170
Gannabia No.3	2.10	Km 0.88 of Main Canal	441
Canal No.1	1.51	Km 2.49 of Major Canal	640
Canal No.2	7.20	Tail of Major Canal	1,240
Canal No.2(P)*	6.0	Tail of Major Canal	985
Canal No.3	4.13	Tail of Major Canal	1,970
Canal No.4	4.26	Km 2.91 of Main Canal	770
Canal No.5	5.60	Tail of Main Canal	1,293
Canal No.6	6.16	Tail of Main Canal	2,835
Canal No.7	3.52	Tail of Main Canal	315
D/Abu XX-3.1	1.43	Tail of Canal No.3	450
D/Abu XX-3.2	0.59	Tail of Canal No.3	170
D/Abu XX-6.1	1.11	Km 1.73 of Canal No.6	255
D/Abu XX-6.2	0.65	Km 2.49 of Canal No.6	415

\* Never constructed yet

2) Nur El Din Scheme

Name of Canal	Length of Canal (km)	Location of Canal Head	Command Area (fd)
Main Canal	8.18	Pumping Station	9,719
Canal No.1	1.96	Km 0.95 of Main Canal	608
Canal No.2	5.94	Km 4.91 of Main Canal	1,827
Canal No.3	6.70	Tail of Main Canal	3,753
Canal No.4	6.50	Km 2.88 of Canal No.3	2,385
Canal No.5	2.58	Tail of Main Canal	1,407
D/Abu XX No.1	1.04	Km 1.73 of Canal No.2	270
D/Abu XX No.2	0.89	Km 2.62 of Canal No.5	360

付表4.1 ポンプ及び電気設備代替案諸元

(1) Salient features of tentatively proposed pumps

Description	Hurga	NurElDin	Integrated	
Type of pump	B1*	B1	B1	B2**
Design head (m)	21.0	21.5	22.0	22.0
Rated discharge (m <sup>3</sup> /min/set)	100	65	160	160
Q'ty of pump (set)	3	3	3	3
Dia. of pump (mm)	900 x 700	700 x 600	1,000 x 800	1,100
Required output (kW/set)	500	350	800	800
(PS/set)	700	500	1,200	1,200

\* ; vertical shaft double suction volute pump

\*\* ; vertical shaft mixed-flow pump

(2) Salient features of tentatively proposed electrical facilities

Description	Hurga	NurElDin	Integrated
a) Distribution line, 33 kV	95 mm <sup>2</sup> x 10.5 km		95 mm <sup>2</sup> x 9.5 km
b) Substation equipment			
- Switchgear, 33 kV	1 lot	1 lot	1 lot
- Main transformer	33/3 kV 2,000 kVA	33/3 kV 1,500 kVA	33/3 kV 3,000 kVA
- Cubicle, 3.3 kV(set)	6	6	6
- Control panel(set)	3	3	3
- Service transformer(set)	1	1	1
- AC-DC panel(set)	1	1	1
- Battery and charger(set)	1	1	1

付表5.1 ポンプ機器諸元

1. PUMP

Type of Pump	: vertical shaft double suction volute pump
Diameter of Pump	: 1,000 mm X 800 mm
Rated Discharge	: 148 m <sup>3</sup> /min. per unit
Rated Design Head	: 24 m
Specific Speed	: 460 rpm-m
Quantity	: 4 sets

2. MOTOR

Type	: totally enclosed self-cooling vertical shaft squirrel cage induction motor
Output	: 750 kW
Voltage	: 11 kV
Number of Pole	: 10 poles
Speed	: 580 rpm (including 3% slip)
Quantity	: 4 sets

3. OVERHEAD CRANE

Type	: electrically operated, wire rope hoist with travelling and transverse gear unit
Capacity	: 15 tons
Quantity	: 1 set

4. SUCTION PIPE

Type	: concrete encased welded steel pipe
Diameter	: 1,100 mm to 1,000 mm
Length	: approx. 22 m
Quantity	: 4 lanes

5. DISCHARGE PIPE

Type	: concrete supported welded steel pipe with manifold type confluence pipe
Diameter	: 800 mm, 900 mm, 1,500 mm, and 1,800 mm
Length	: approx. 60 m
Quantity	: 4 lanes for each pump unit and 1 lane of confluence discharge pipe

6. SUCTION VALVE

Type	: manually operated sluice valve
Diameter	: 1,000 mm
Quantity	: 4 sets

7. DISCHARGE VALVE

Type	: electrically operated butterfly valve
Diameter	: 800 mm
Quantity	: 4 sets

8. CHECK VALVE

Type	: swing type check valve
Diameter	: 800 mm
Quantity	: 4 sets

付表5.2 水路諸元

1) Link Canal					
	Name of Canals	Length of Canal (km)	Command Area (fd)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Max. Storage (m <sup>3</sup> )
1	Linkcanal	0.45	22,622.2	8.17	-
2) Hurga Scheme					
	Name of Canals	Length of Canal (km)	Command Area (fd)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Max. Storage (m <sup>3</sup> )
1	Main Canal	5.82	13,903.0	5.02	-
		0.49	13,903.0	5.02	-
		2.08	5,523.0	1.99	-
		3.25	4,688.0	1.69	-
2	Major Canal	5.62	6,668.0	2.41	-
		0.60	6,668.0	2.41	-
		1.89	6,167.0	2.23	-
		3.13	4,605.0	1.66	-
Minor Canal					
3	Gannabia No.1	2.83	810.0	0.29	6,299
4	Gannabia No.2	4.70	1,235.0	0.44	9,603
5	Gannabia No.3	2.10	477.0	0.17	3,709
6	Gannabia No.4 (P)	4.40	501.0	0.18	3,896
7	Canal No.1	1.51	752.0	0.27	5,848
8	Canal No.2	7.20	1,455.0	0.52	11,314
9	Canal No.2 (P)	6.00	1,180.0	0.42	9,176
10	Canal No.3	4.13	1,970.0	0.71	15,319
11	Canal No.4	4.26	835.0	0.30	6,493
12	Canal No.5	5.60	1,293.0	0.47	10,054
13	Canal No.6	6.16	2,885.0	1.04	22,434
14	Canal No.7	3.52	510.0	0.18	3,966
D/Abu XX					
15	D/Abu XX - 3.1	1.43	450.0	0.16	-
16	D/Abu XX - 3.2	0.59	170.0	0.06	-
17	D/Abu XX - 6.1	1.11	255.0	0.09	-
18	D/Abu XX - 6.2	0.65	415.0	0.15	-
3) Nur El Din Scheme					
	Name of Canals	Length of Canal (km)	Command Area (fd)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Max. Storage (m <sup>3</sup> )
1	Main Canal	11.32	8,719.2	3.15	-
		1.86	8,719.2	3.15	-
		4.46	8,111.2	2.93	-
		5.00	3,753.0	1.36	-
Minor Canal					
2	Canal No.1	1.46	608.0	0.22	4,728
3	Canal No.2	5.94	1,904.5	0.69	14,809
4	Canal No.3	4.97	1,368.0	0.49	10,638
5	Canal No.4	7.65	2,385.0	0.86	18,546
6	Canal No.5	7.07	2,453.7	0.88	19,080
D/Abu XX					
7	D/Abu XX No.1	1.04	270.0	0.10	-
8	D/Abu XX No.2	0.89	360.0	0.13	-

付表7.1 事業費概要

Item	Foreign Currency	Local Currency	Total
<b>A. Direct Cost</b>			
<b>I. Civil Works</b>	125,100	78,071	203,171
	(1,373.0)	(856.9)	(2,229.9)
1. Preparatory Work	11,373	7,097	18,470
	(124.8)	(77.9)	(202.7)
2. Pumping Station	14,821	8,127	22,948
	(162.7)	(89.2)	(251.9)
3. Canal System (New)	10,278	4,326	14,604
	(112.8)	(47.5)	(160.3)
4. Hurga Canal System	52,365	34,278	86,643
	(574.7)	(376.2)	(950.9)
5. Nur El Din Canal System	27,333	18,469	45,802
	(300.0)	(202.7)	(502.7)
6. Drainage System	5,330	1,357	6,687
	(58.5)	(14.9)	(73.4)
7. O & M Facility	0	3,267	3,267
	(0.0)	(35.9)	(35.9)
8. O & M Equipment	3,600	1,150	4,750
	(39.5)	(12.6)	(52.1)
<b>II. Mechanical &amp; Electrical Works</b>	87,031	2,474	89,505
	(955.2)	(27.2)	(982.4)
1. Pumping Equipment	84,124	2,256	86,380
	(923.3)	(24.8)	(948.1)
2. Power Supply System	2,907	218	3,125
	(31.9)	(2.4)	(34.3)
Sub-Total (A)	212,131	80,545	292,676
	(2,328.2)	(884.1)	(3,212.3)
<b>B. Indirect Cost</b>			
1. Engineering Services	44,994	0	44,994
	(493.8)	(0.0)	(493.8)
2. Administration Expenses	0	2,309	2,309
	(0.0)	(25.3)	(25.3)
Sub-Total (B)	44,994	2,309	47,303
	(493.8)	(25.3)	(519.1)
<b>C. Physical Contingency</b>	12,510	7,807	20,317
	(137.3)	(85.7)	(223.0)
<b>Project Cost [ Total (A+B+C) ]</b>	269,635	90,661	360,296
	(2,959.3)	(995.1)	(3,954.4)

Notes : 1) Exchange Rate, US\$ 1.0 = LS 12.30 = J.Yen 135.00  
 2) Unit : LS 1,000  
 (J.Yen 1,000,000)

付表7.2 年次別事業費支出計画

Description	1st			2nd			3rd			4th					
	FC	L/C	Total	FC	L/C	Total	FC	L/C	Total	FC	L/C	Total			
<b>A. Direct Cost</b>															
<b>I. Civil Works</b>															
1. Preparatory Work	125,100 (1,573,049)	78,071 (956,877)	203,171 (2,229,926)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5,687 (62,418)	3,549 (38,922)	9,236 (101,370)	92,656 (1,016,956)	55,330 (607,260)	147,986 (1,624,256)	26,759 (293,697)	19,194 (210,665)	45,953 (504,362)
2. Pumping Station	14,821 (124,821)	8,127 (77,894)	22,948 (202,720)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	62,418 (624,181)	38,922 (38,922)	101,370 (101,370)	62,418 (624,181)	38,922 (38,922)	101,370 (1,013,700)	1,482 (16,246)	813 (8,923)	2,295 (25,189)
3. Canal System (New)	10,278 (112,807)	4,326 (47,480)	14,604 (160,287)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	10,278 (112,807)	4,326 (47,480)	14,604 (160,287)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
4. Harge Canal System	52,565 (574,798)	34,278 (376,222)	86,843 (950,960)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	52,565 (402,522)	34,278 (263,960)	86,843 (666,482)	15,710 (172,427)	10,263 (112,862)	25,973 (285,289)
5. Nur El Din Canal System	27,533 (299,996)	18,469 (202,709)	45,802 (502,705)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	17,766 (194,995)	12,005 (131,762)	29,771 (326,755)	9,567 (105,004)	16,031 (175,950)	46,464 (504,946)
6. Drainage System	5,330 (58,500)	1,357 (14,894)	6,687 (73,394)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5,330 (58,500)	1,357 (14,894)	6,687 (73,394)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
7. O & M Facility	0 (0)	3,267 (35,857)	3,267 (35,857)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3,267 (35,857)	3,267 (35,857)	0 (0)	0 (0)	3,267 (35,857)
8. O & M Equipment	9,600 (99,512)	11,549 (124,622)	21,149 (224,134)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	9,600 (99,512)	11,549 (124,622)	21,149 (224,134)	0 (0)	0 (0)	21,149 (224,134)
<b>II. Mechanical &amp; Electrical Works</b>															
1. Pumping Equipment	87,031 (952,200)	2,474 (27,154)	89,505 (979,354)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	34,813 (382,094)	989 (10,855)	35,802 (392,949)	43,516 (471,615)	1,237 (13,576)	44,753 (485,191)	8,703 (95,241)	248 (2,721)	8,951 (98,242)
2. Power Supply System	84,124 (923,300)	2,256 (24,761)	86,380 (948,061)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	33,630 (369,339)	902 (9,900)	34,532 (379,239)	42,062 (461,656)	1,128 (12,380)	43,190 (474,036)	8,412 (92,327)	226 (2,480)	8,638 (94,807)
Sub-Total(A)	212,131 (2,229,249)	80,545 (884,031)	292,676 (3,113,270)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	49,500 (444,512)	4,538 (49,807)	45,038 (494,319)	136,172 (1,494,571)	56,567 (620,856)	192,739 (2,115,427)	35,462 (389,218)	19,442 (213,386)	54,904 (602,604)
<b>B. Indirect Cost</b>															
1. Engineering Services	44,594 (493,877)	0 (0)	44,594 (493,877)	4,499 (49,379)	0 (0)	4,499 (49,379)	13,498 (148,149)	0 (0)	13,498 (148,149)	20,247 (222,223)	0 (0)	30,247 (322,223)	6,749 (74,074)	0 (0)	6,749 (74,074)
2. Administration Expenses	0 (0)	2,309 (25,243)	2,309 (25,243)	0 (0)	115 (1,262)	115 (1,262)	693 (7,666)	693 (7,666)	1,386 (15,332)	0 (0)	1,386 (15,332)	2,772 (30,664)	0 (0)	2,772 (30,664)	2,772 (30,664)
Sub-Total(B)	44,594 (493,877)	2,309 (25,243)	46,903 (519,120)	4,499 (49,379)	115 (1,262)	4,614 (50,641)	13,498 (148,149)	693 (7,666)	14,191 (155,755)	20,247 (222,223)	1,386 (15,332)	34,866 (377,557)	6,749 (74,074)	2,772 (30,664)	7,995 (87,732)
<b>C. Physical Contingency</b>	12,510 (137,565)	7,807 (85,687)	20,317 (223,252)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	549 (6,245)	355 (3,996)	904 (10,141)	9,266 (101,700)	5,333 (60,728)	14,799 (162,428)	2,876 (32,571)	1,919 (21,062)	4,595 (50,633)
Project Cost [Total(A+B+C)]	269,635 (2,959,391)	90,661 (995,061)	360,296 (3,954,452)	4,499 (49,379)	115 (1,262)	4,614 (50,641)	13,498 (148,149)	693 (7,666)	14,191 (155,755)	20,247 (222,223)	1,386 (15,332)	34,866 (377,557)	6,749 (74,074)	2,772 (30,664)	7,995 (87,732)
<b>C2. Price Contingency</b>															
(1) F/C: 3.5%, L/C: 10.0%	28,679 (314,770)	32,196 (353,371)	60,875 (668,141)	157 (1,725)	12 (132)	169 (1,855)	3,887 (42,662)	1,773 (19,536)	5,060 (55,556)	18,013 (197,704)	20,977 (229,796)	38,950 (427,500)	6,622 (72,680)	10,074 (110,568)	16,696 (183,248)
(2) F/C: 3.5%, L/C: 20.0%	29,679 (314,770)	71,836 (788,444)	101,515 (1,103,214)	157 (1,725)	23 (252)	180 (1,975)	3,887 (42,662)	2,438 (26,578)	6,345 (69,640)	18,013 (197,704)	18,013 (200,427)	36,026 (397,131)	6,622 (72,680)	23,305 (253,467)	29,927 (328,467)
(3) F/C: 3.5%, L/C: 30.0%	29,679 (314,770)	119,895 (1,315,921)	149,574 (1,630,691)	157 (1,725)	35 (394)	192 (2,107)	3,887 (42,662)	3,854 (42,300)	7,741 (84,960)	18,013 (197,704)	18,013 (200,427)	36,026 (397,131)	6,622 (72,680)	23,305 (253,467)	29,927 (328,467)
Fund Requirement (1) [Total(A+B+C)]	298,314 (3,274,161)	122,857 (1,348,452)	421,171 (4,622,613)	4,656 (51,102)	127 (1,394)	4,783 (52,496)	13,498 (148,149)	693 (7,666)	14,191 (155,755)	20,247 (222,223)	1,386 (15,332)	34,866 (377,557)	6,749 (74,074)	2,772 (30,664)	7,995 (87,732)
Fund Requirement (2) [Total(A+B+C)]	298,314 (3,274,161)	162,697 (1,785,505)	460,811 (5,059,666)	4,656 (51,102)	138 (1,514)	4,794 (52,616)	13,498 (148,149)	693 (7,666)	14,191 (155,755)	20,247 (222,223)	1,386 (15,332)	34,866 (377,557)	6,749 (74,074)	2,772 (30,664)	7,995 (87,732)
Fund Requirement (3) [Total(A+B+C)]	298,314 (3,274,161)	210,256 (2,310,992)	508,570 (5,585,143)	4,656 (51,102)	150 (1,640)	4,806 (52,748)	13,498 (148,149)	693 (7,666)	14,191 (155,755)	20,247 (222,223)	1,386 (15,332)	34,866 (377,557)	6,749 (74,074)	2,772 (30,664)	7,995 (87,732)

Notes: 1) Price Level, Dec. 1990  
 2) Exchange Rate, US\$ 1.0 = LS 12.50 = Yen 155.00  
 3) Unit: (Yen 1,000)

付表7.3 年間維持管理費

		(Unit : LS)
Item		Amount
1.	Salary and Wages	
	i) Staff Salary (see Table - c)	336,000
	ii) Labour Wages 100 M/M x LS 700	70,000
2.	Operation Cost	
	i) Electric Power Consumption Cost	3,150,000
	ii) Fuel, etc. for Equipment & Vehicles	150,000
3.	Office Expenses	100,000
4.	Repair and Maintenance Cost (0.5 % of direct construction cost)	1,463,000
<b>Total</b>		<b>5,269,000</b>

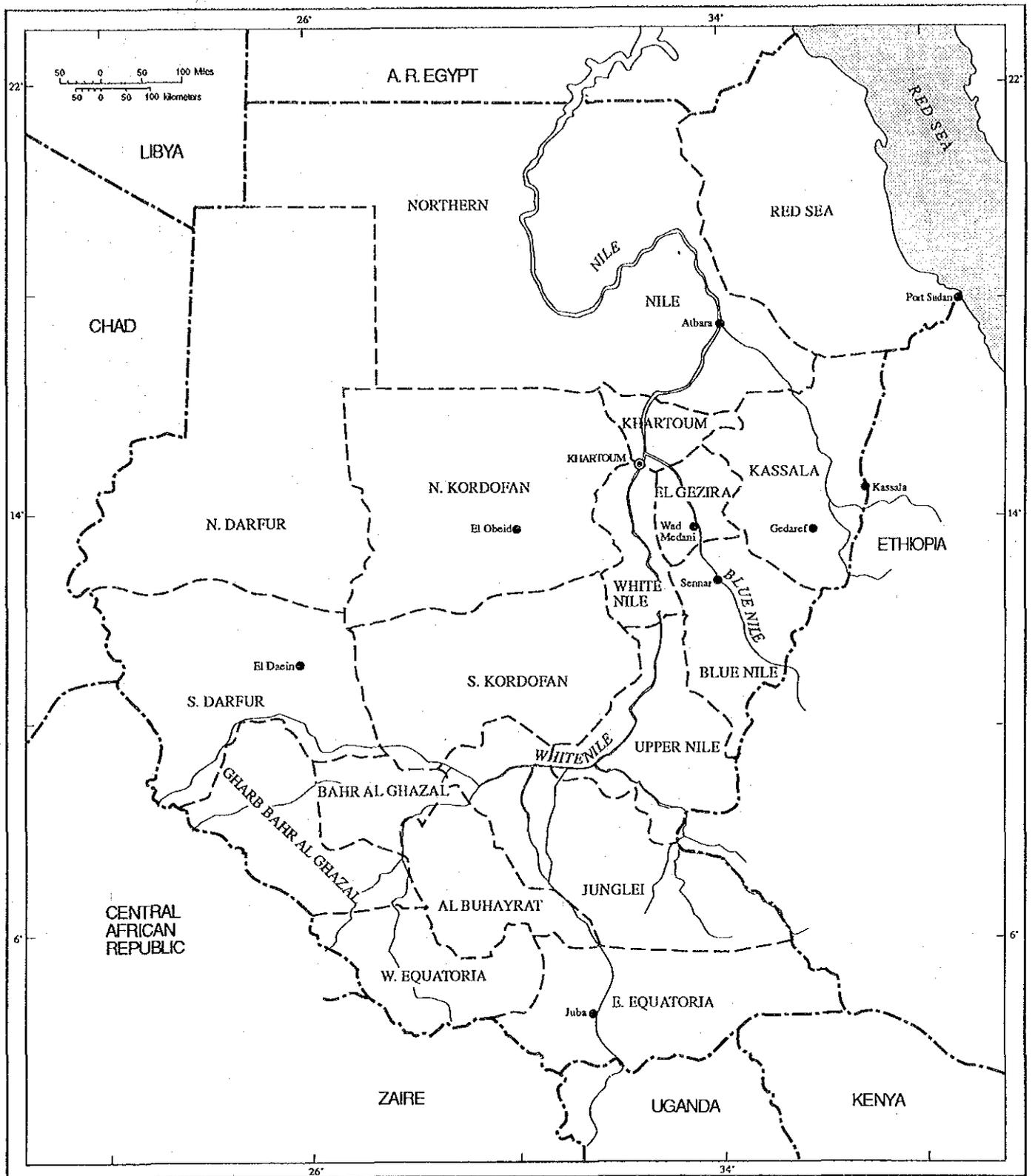
付表7.4 更新費及び耐用年数

Item	Useful Life (Years)	Replacement Cost (LS 1,000)
1. Project Facilities		
(1) Pump	25	24,275
(2) Electrical Equipment & Motor	25	27,991
(3) Transmission lines	25	3,125
(4) Irrigation Facilities (Gates & Pipes)	25	19,199
2. O & M Equipment	10	4,750

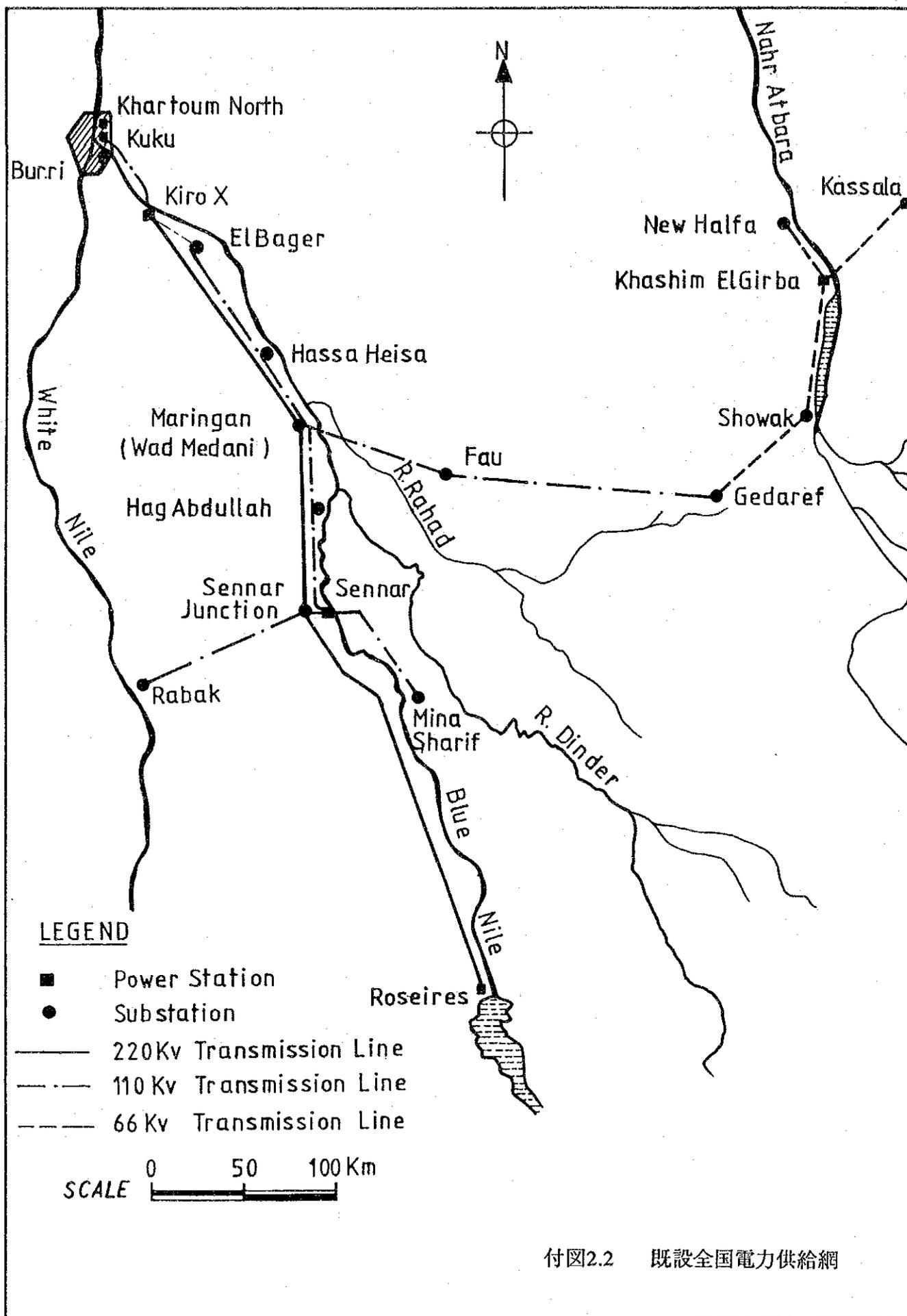


付 図

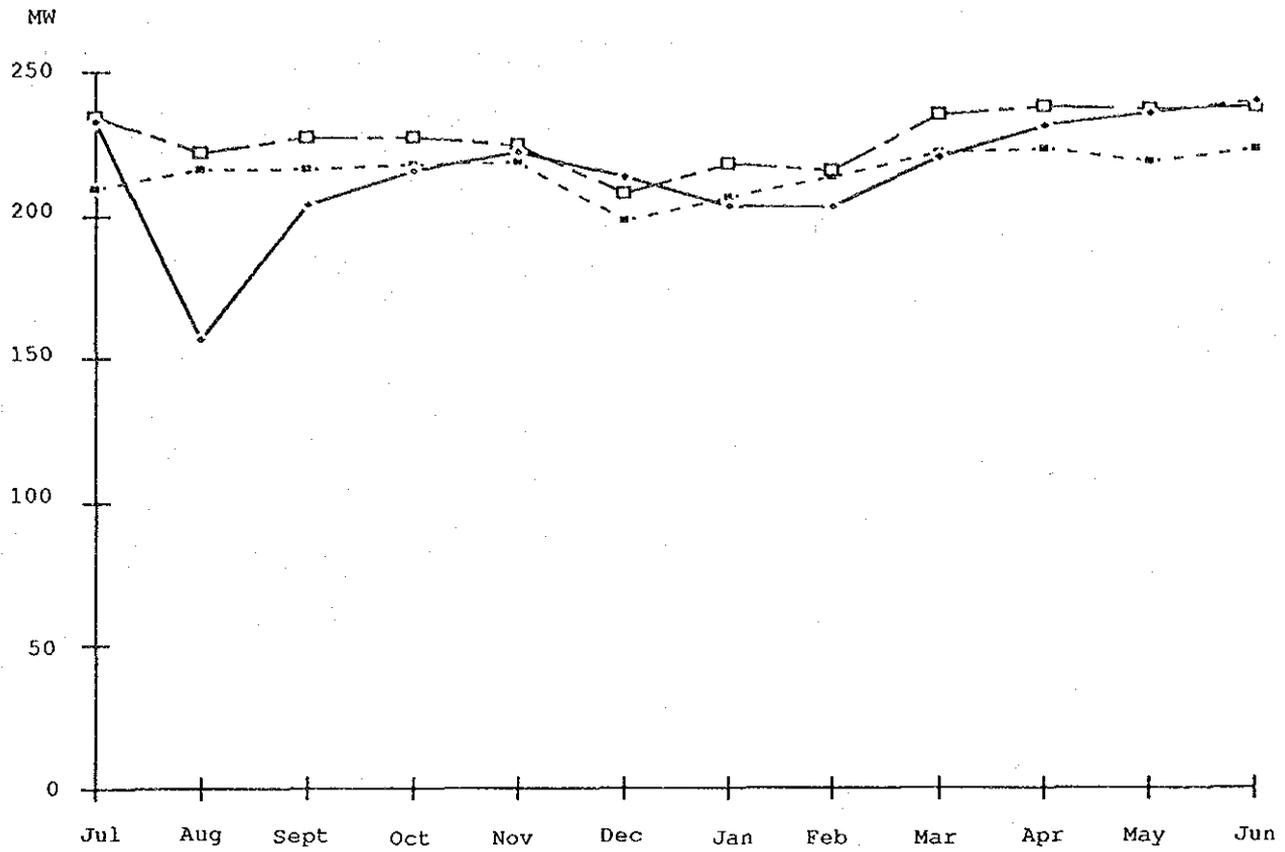




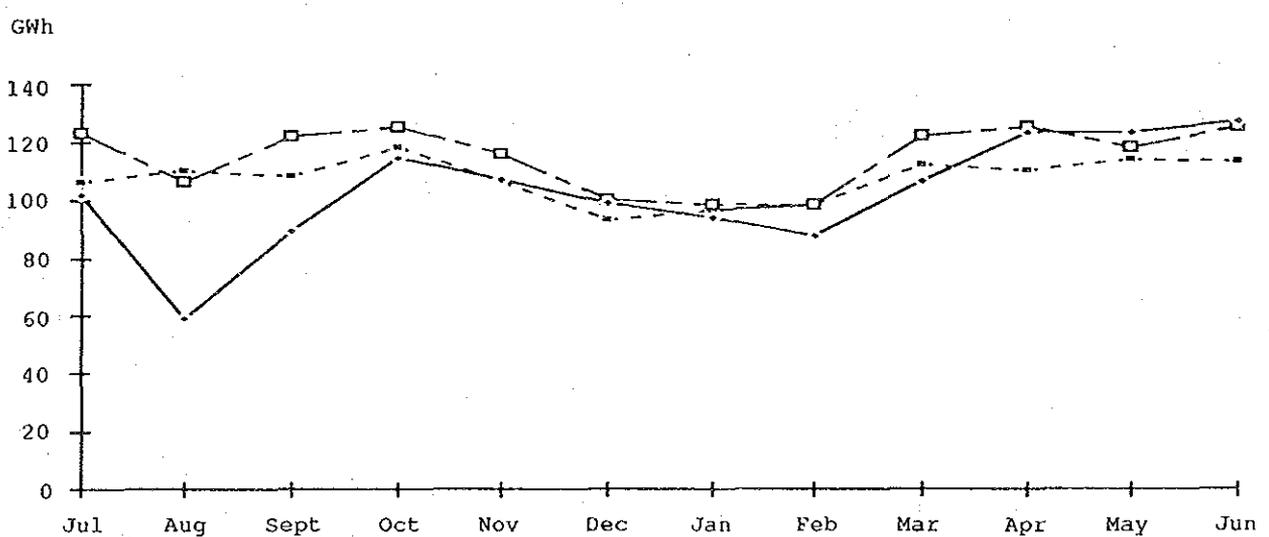
付図2.1 スーダン国一般図



付図2.2 既設全国電力供給網



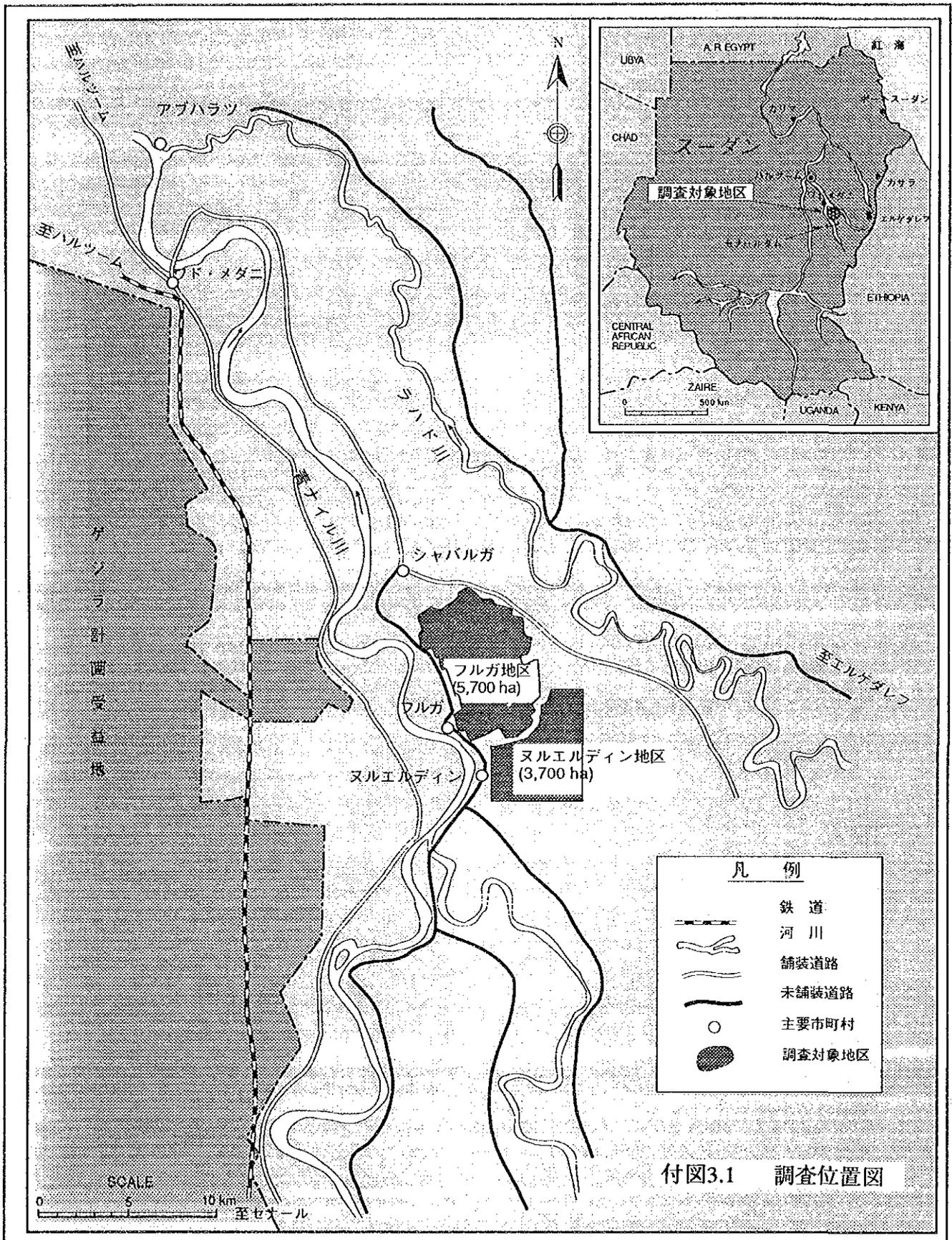
Monthly Maximum Power



Monthly Maximum Energy

NOTE:  
 - - - - - FY 1986/1987  
 - □ - - - FY 1987/1988  
 - ● - - - FY 1988/1989

付図2.3 青ナイルRoseires発電所による発電量



付図3.1 調査位置図