

エジプト国

南部ホサイニア・バレイ

農業開発計画 PHASE II 実施調査

報告書

昭和 59 年 5 月

国際協力事業団

農計技

84-41



JICA LIBRARY



1029440[3]



エジプト国

南部ホサイニア・バレイ

農業開発計画 PHASE II 実施調査

報告書

昭和 59 年 5 月

国際協力事業団

農計技

CR (5)

84-41

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 15	405
登録No. 10607	807
	AET

## 序 文

エジプト・アラブ共和国政府は、ナイル河東部デルタ及びシナイ地区の開拓を目的とした「エルサラム水路計画」の一環として、南部ホサイニア・バレイ農業開発計画に関する協力をわが国に要請し、これに応じて日本国政府は、1980年7月から1981年3月にかけてフィージビリティ・スタディを実施した。その後エジプト・アラブ共和国政府は畜産、換金作物の生産、農村工業等、地域の第二次開発にかかる南部ホサイニア・バレイ農業開発計画 phase II のフィージビリティ・スタディの実施に関する協力をわが国に要請してきた。

この要請に基づき、日本国政府は国際協力事業団を通じ、南部ホサイニア・バレイ約31,000haを対象として、1983年10月から1983年12月にかけて現地調査を実施した。

本報告書はかかる現地調査及び国内作業の結果をエジプト・アラブ共和国政府関係者との協議を踏まえ、フィージビリティ報告書としてとりまとめたものである。

この報告書が、南部ホサイニア・バレイ農業開発計画の実現はもとより、エジプト・アラブ共和国全域の農業開発に寄与し、広く両国の友好関係増進に貢献することを願うものである。

最後に、本調査に際し、積極的な後支援と後協力を賜ったエジプト・アラブ共和国政府、在エジプト日本国大使館、外務省、並びに農林水産省他の関係各位に対し、深甚なる謝意を表する次第である。

昭和59年5月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔





## 伝 達 状

国際協力事業団

総裁 有田圭輔 殿

今般、エジプト国、南部ホサイニア・バレイ農業開発計画 Phase II に関するフィージビリティ調査のための最終報告書を提出するに至ったことを喜びといたすものであります。本事業に関する調査結果は1983年10月から約2カ月にわたる現地調査、その間におけるエジプト政府関係諸官庁との討論、および帰国後約1カ月の国内作業によってとりまとめたものであります。

本調査の目的は、昭和55年に実施した灌漑排水事業農地造成事業等第1次開発のためのF/S結果を踏まえて、農地整備、畜産業、換金作物生産、農産加工、村落共同体建設等第2次開発につき調査を行い、総合的な農業開発計画を策定することでありま。

本報告書の計画指針にもとづき、本地域の農業開発が成功裡に実現すれば、今後のエジプト国の社会経済の発展と地域住民の社会福祉と経済に多大に貢献するものと確信するものであります。

この報告書の作成にあたっては、エジプト国開拓省、灌漑省、農業省、および日本国・外務省、農林水産省、現地大使館、国際協力事業団、国際協力事業団カイロ事務所をはじめとして随時適切なる助言をいただいた作業監理委員の諸氏に対して深甚の謝意を表わすものであります。

昭和59年 5月

エジプト国南部ホサイニア・バレイ

農業開発計画 Phase II 調査団

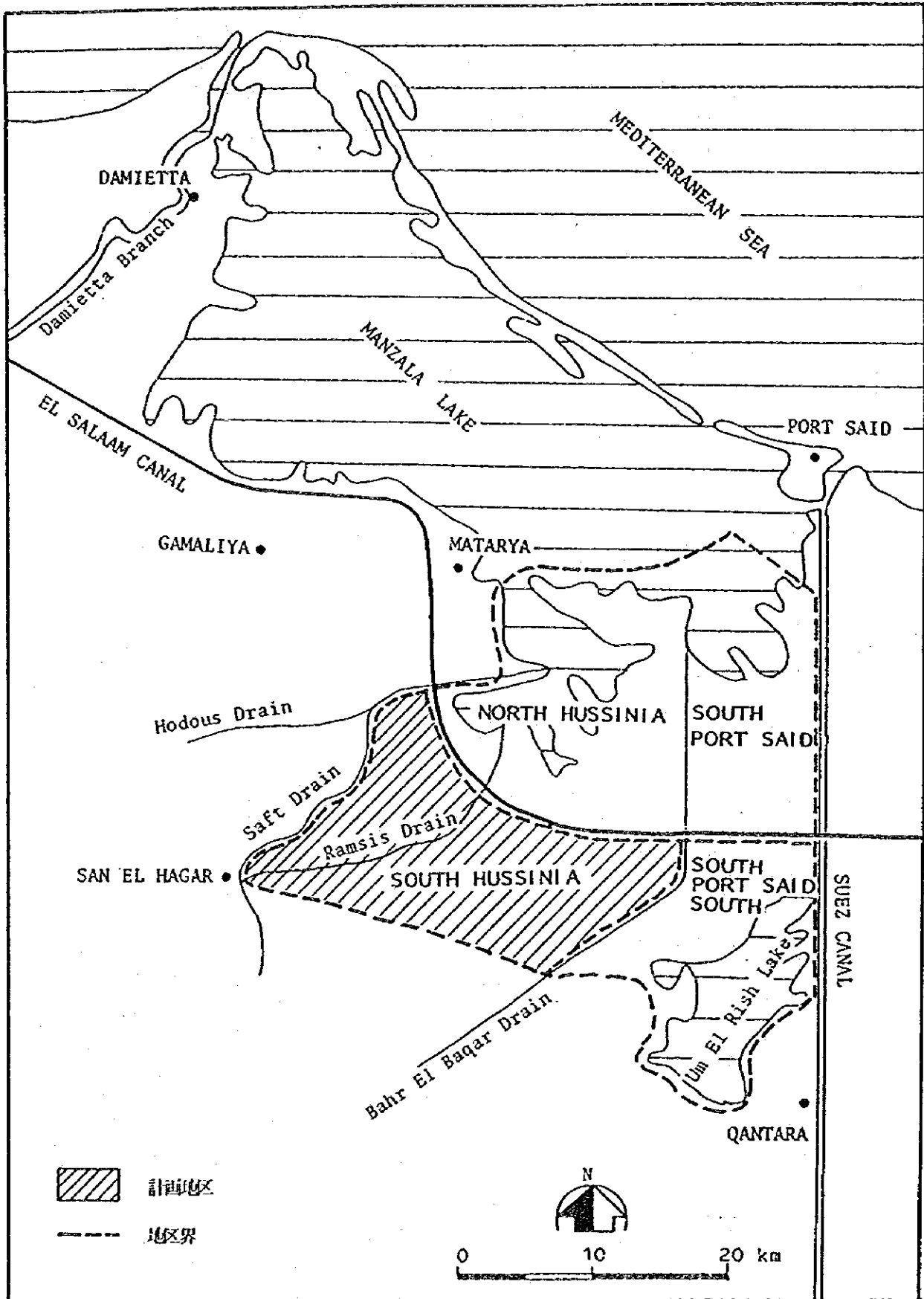
調査団長 山 田 昭 治



南部ホサイニア・バレイ

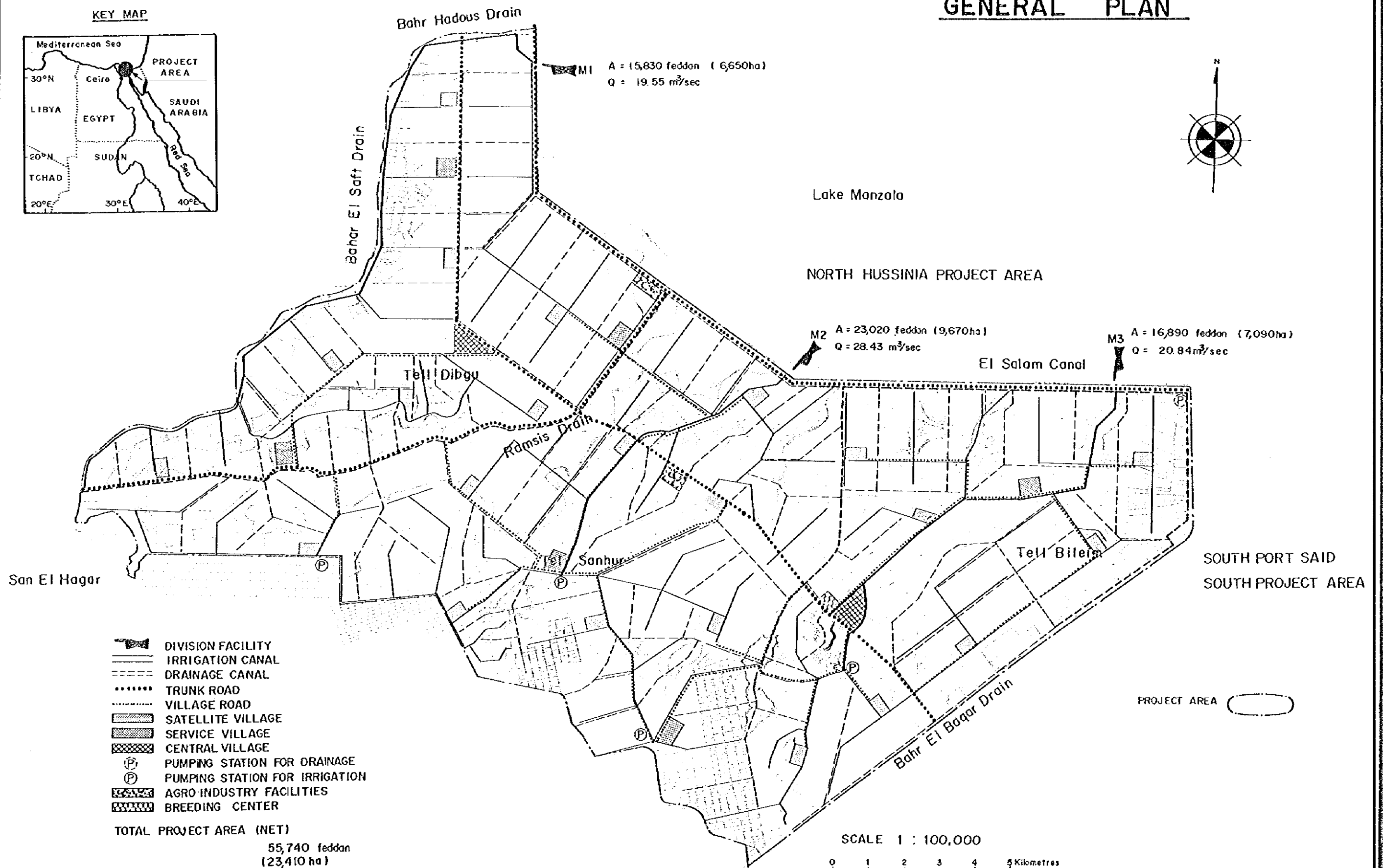
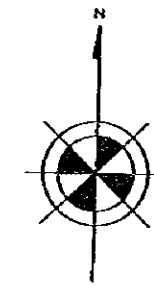
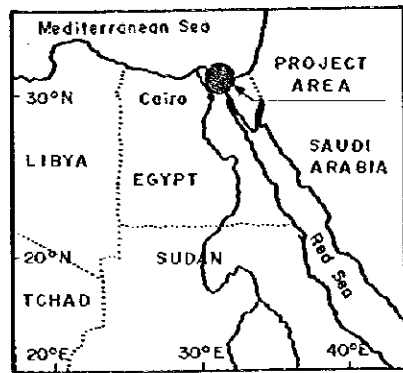
農業開発計画 Phase II

位置図



# GENERAL PLAN

## KEY MAP





# 目 次

頁

位置図

計画一般図

表の目次

図の目次

略語、度量衡 ----- i

事業計画の要約、結論及び勧告 ----- S-1

第1章 はしがき ----- 1

第2章 概況 ----- 4

2.1 計画地域 ----- 4

2.1.1 位置及び道路状況 ----- 4

2.1.2 人口及び生活状況 ----- 4

2.1.3 地形及び河川 ----- 4

2.1.4 気象及び水文 ----- 4

2.1.5 農業 ----- 7

2.1.6 灌漑現況 ----- 7

2.1.7 排水現況 ----- 7

2.1.8 圃場条件 ----- 8

2.2 経済発展計画 ----- 8

2.2.1 生産 ----- 8

2.2.2 国内総生産 ----- 8

2.2.3 人口と労働力 ----- 8

2. 2. 4	地域開発戦略	9
2. 2. 5	デルタ地域開発戦略	9
第3章	土地資源	10
3. 1	自然条件	10
3. 2	調査の目的と方法	14
3. 3	土壌分類	14
3. 3. 1	陸地部の土壌	16
3. 3. 2	湿地及び洪水地	19
3. 4	排水、塩類集積、土壌のアルカリ化	20
3. 4. 1	排水の問題	20
3. 4. 2	土壌の塩類集積	21
3. 4. 3	土壌のアルカリ化	24
3. 5	土地開墾可能性分級	24
第4章	事業計画	32
4. 1	目的及び事業構成	32
4. 1. 1	目的	32
4. 1. 2	事業の構成	32
4. 2	土地利用計画と作付計画	32
4. 2. 1	土地利用計画	32
4. 2. 2	作付計画	33
4. 3	農地開拓計画	39
4. 3. 1	土壌の排水改良	39
4. 3. 2	塩類土壌のリーチング	42
4. 3. 3	土壌改良	48
4. 3. 4	灌漑	50

4. 3. 5	排水	57
4. 3. 6	ほ場整備	64
4. 4	農業計画	68
4. 4. 1	土地配分	68
4. 4. 2	作物生産計画	69
4. 4. 3	農業機械	74
4. 4. 4	農民組織	77
4. 4. 5	畜産	78
4. 4. 6	支援組織	88
4. 4. 7	農産加工	89
4. 4. 8	市場流通	92
4. 5	農村整備計画	94
4. 5. 1	集落配置計画	94
4. 5. 2	入植者住居	95
4. 5. 3	インフラストラクチャー	95
4. 6	施設計画	97
4. 6. 1	灌漑施設	97
4. 6. 2	排水施設	103
4. 6. 3	ほ場整備	105
4. 6. 4	農産加工	105
4. 6. 5	家屋及び公共施設	107
4. 7	事業の実施スケジュール	110
4. 8	事業費	112
4. 8. 1	積算の基礎データ	112
4. 8. 2	建設費	112



4. 8 3 維持管理費	-----	117
第5章 組織と維持管理	-----	118
5. 1 事業組織	-----	118
5. 2 維持管理	-----	118
第6章 事業評価	-----	121
6. 1 総括	-----	121
6. 2 経済評価の方法	-----	121
6. 3 農地開拓事業の経済評価	-----	121
6. 3. 1 物財価格	-----	121
6. 3. 2 事業便益の評価	-----	122
6. 3. 3 事業費の評価	-----	127
6. 3. 4 内部収益率	-----	128
6. 3. 5 感度分析	-----	128
6. 4 農産加工の経済評価	-----	128
6. 4. 1 てん菜加工	-----	128
6. 4. 2 牛乳加工	-----	129
6. 4. 3 トマト加工	-----	130
6. 5 建物及びソーシャル・インフラの経済評価	-----	131
6. 5. 1 上水道事業	-----	131
6. 5. 2 電気施設	-----	131
6. 6 総合事業の経済評価	-----	132
6. 7 財務分析	-----	132
6. 7. 1 農家財務分析	-----	132
6. 7. 2 建設費の償還	-----	137
6. 8 社会、経済的インパクト	-----	138
添付資料		
議事録の合意及び確認事項の要約	-----	139

## 略語および度量衡

### 略語

ARE	: Arab Republic of Egypt
MLR	: Ministry of Land Reclamation
MOI	: Ministry of Irrigation
MOA	: Ministry of Agriculture
JICA	: Japan International Cooperation Agency
FAO	: Food and Agriculture Organization
GARPAD	: General Authority for Rehabilitation Project and Agricultural Development
O&M	: Operation and Maintenance
EIRR	: Economic Internal Rate of Return
CIF	: Cost, Insurance, and Freight
FOB	: Free on Board
LC	: Local Currency
FC	: Foreign Currency
LE	: Egyptian Pound = 1.22 US\$ = 288 Japanese Yen
\$, US\$	: Dollar, US\$ = 0.82 LE

### 度量衡

#### 長さ

mm	: millimeter
cm	: centimeter
m	: meter
km	: kilometer

#### 面積

sq.cm, cm <sup>2</sup>	: square centimeter
sq.m, m <sup>2</sup>	: square meter
sq.km, km <sup>2</sup>	: square kilometer

容 量

l, lit. : liter  
cu.m, m<sup>3</sup> : cubic meter  
MCM, 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> : million cubic meter

重 量

g : gram  
kg : kilogram  
ton, m.t. : metric ton

そ の 他

EL : elevation above mean sea level  
sec : second  
hr, hrs : hour or hours  
min : minute  
max : maximum  
% : percent  
PPM : parts per million  
No. : number  
HP, PS : horse power

換 算 表

Hectare(ha) = 10,000 sq.m  
Feddan = 4,200 sq.m  
Cubic Meter(cu.m) = 1,000 liters  
1 horsepower(metric) = 75 kg-m per second  
= 550 ft-lb per second  
1 cu.m per day per feddan = 0.238 mm/day = 2.38 /day/ha

表の目次

表II-1	国内総生産額	8
表II-2	就業者計画 (1981/82 - 1986/87)	9
表IV-1	作物選定	36
表IV-2	計画作付体系代替案及びフェダン当り純生産額	37
表IV-3	作物消費水量	60
表IV-4	リーチング用水量	61
表IV-5	純ほ場用水量	62
表IV-6	全用水量	63
表IV-7	灌漑ブロック及び土地分級別作付面積	70
表IV-8	農業生産量	73
表IV-9	段階別開発計画	73
表IV-10	計画農業機械	75
表IV-11	飼料生産量	84
表IV-12	栄養生産量	84
表IV-13	飼養可能頭数	85
表IV-14	畜産物生産量	85
表IV-15	年次別加工量及びトマトペイストの製造量	91
表VI-1	主要財の価格	122
表VI-2	便益発生スケジュール	123
表VI-3	作付面積	124
表VI-4	作物別生産量	124
表VI-5	家畜生産	125
表VI-6	事業がある場合の純生産額 (フェダン当たり及び飼育単位当たり)	125
表VI-7	事業がない場合の純生産額	126
表VI-8	事業がある場合の純生産額	126
表VI-9	増加純生産額	126
表VI-10	財政的及び経済的事業費	127
表VI-11	農家財務分析-安定年次	134
表VI-12	年次別農家財務分析-5フェダン	137

## 図の目次

図II-1	気象条件	5
図II-2	風向、風速	6
図III-1	土地形態及び傾斜区分図	12
図III-2	現況土地利用図	13
図III-3	土壌断面位置図	15
図III-4	土壌分類図	17
図III-5	ECe-TSS の関係	21
図III-6	排水能分級図	22
図III-7	カチオン-アニオン、ECe,ESP の垂直分布	23
図III-8	表層土における塩類集積区分図	28
図III-9	心土における塩類集積区分図	29
図III-10	地下水位及びその塩類濃度	30
図III-11	土地利用可能性分級図	31
図IV-1	3年輪作計画栽培層	38
図IV-2	室内リーチング試験によるリーチング曲線(1),(2)	44
図IV-3	標準区画結核図	67
図IV-4	農業機械運営システム	76
図IV-5	個別経営	79
図IV-6	共同経営(10戸)	80
図IV-7	共同経営(15戸)	81
図IV-8	実施工程表	111
図V-1	事業実施組織図	119
図V-2	維持管理組織図	120

## 事業計画の要約、結論及び勧告



## 事業計画の要約、結論および勧告

### A. 事業計画の要約

#### 1. 背景

エジプト政府は、1979年9月南部ホサイニア・バレイ (South Hussinia Valley) 農業開発の促進についての協力を日本政府に要請した。日本政府は、この要請に応じて1980年2月から11月にかけて事前調査団とフィージビリティスタディー調査団を派遣し、積極的に技術的、財政的な協力を推進してきた。その結果、Phase I プロジェクトのフィージビリティスタディー・ファイナルレポートを1981年3月エジプト政府に提出した。その後、エジプト政府は、換金作物、畜産、農産加工、農村開発を含むプロジェクト開発の協力を日本政府に要請してきた。1983年2月、日本政府は、この要請に応じて南部ホサイニア・バレイ農業開発計画 Phase II の調査実施を決定し、1983年8月に事前調査団、同年10月から12月にわたってフィージビリティスタディー調査団を派遣した。エジプト政府は、国民経済の量的拡大と雇用機会を増大のため1982/83から1986/87にわたって新5カ年計画を実施中である。この新5カ年計画の中には、デルタ地域開発戦略の一環として El Salam 用水路の建設とそれにとまなう南、北ホサイニア地区の農地造成を含む農業開発計画が含まれている。南ホサイニア・バレイ地区の農業開発計画はその実現可能性について最も高い優先度が与えられている。

#### 2. 地域の概況

計画地区74,700フェダン (31,400ha) は、ナイル・デルタの北東部、スエズ運河西方約25km、カイロ市の北東約150kmに位置し、シャルキア州に属している。計画地区周辺の人口は San El Hagar 村を中心に約50,000人が住んでいるものと推定される。

計画地区には、約7,800フェダンの既耕地が分布し、約29,000フェダンの水没地がある。地区は、緩やかに北東におおむね1/5,000から1/10,000で傾斜している。地形は二つに大別され、一つは北方の水没地に代表される平坦地と、他は南部の標高1mから3m程度の低い丘陵地帯である。計画地区に関連する河川と水路は、ナイル川 (ダミエッタ支流)、El Salam用水路、Bahr Hadous 排水路、Bahr Saft 排水路、Bahr Baqar排水路である。Bahr Hadous 排水路は、東部デルタの主要排水路の一つである。

上記の既耕地の一部の生産力は周辺の既存農家と同様な水準に達している。夏期には水稻、綿、メイズ、冬には小麦、野菜、ベルシームが栽培されている。Bahr Saft排水路を水源として用水は灌漑用水路に重力方式によって導水され、末端圃場は畜力利用のサキアと称する小規模な揚水施設によって灌漑されている。地区の排水現況は極めてよくない。地区面積の40%を占める29,000フェダン (12,180ha) の水没地の標高は0.25m以下から0.5mで、水位は0.0mから0.5mまで変動する。水没地は非常に平坦であって、水没面積はマンザラ湖の水位によって変動する。しかし、El Salam水路の完成によってマンザラ湖からの水の侵入は防がれる。

#### 3. 土地資源

3.1 計画地区は、ナイルデルタの北東端に位置し、湿地及び湛水地を含む緩やかな勾配をもつ河成-海成堆積物によって形成された平坦地よりなる。この広大な粘土質低平地は、土壌の塩類集積と利用可能な水の不足によりほとんど裸地であり、ごくまばらに、耐旱、耐塩性植物の Tamarix などが生育するいわゆる土漠である。他方、湿地及び湛水地には、耐塩性の Salicornia と草 (Phragmites) が生育する。



3. 2 計画地区土壌は、一般に厚いモンモリロナイト粘土層よりなり、一部下層に硬化した土層がみられる。浅い所にある地下水は高い蒸発量のもとで、毛細管上昇によって、表土層さらに土壌表面まで上昇する。そこで、地下水に含まれる塩類は徐々に析出する。この塩類集積が基本的な土壌生成過程である。

これらの土壌は、合衆国農務省によるソイル・タクソノミー方式によって、塩類が集積したサリック層をもつティピック・サルオルシッド、石膏を含むジブシク層をもつティピック・ジブソオルシッド、特徴的土層を持たないティピック・トリオルセントに分類された。湿地及び湛水地は、塩類濃度の高い水によって常時飽和されており、グライ化作用を示す粘土層より成る。

3. 3 計画地区土壌の約3分の2は、排水性が悪く、開墾に際しては、リーチングに先んじて土壌の排水性の改良が最重要課題となる。土壌の排水性を制約している因子は、モンモリロナイト粘土、未発達な土壌構造、浅い地下水、心土にある透水不良な硬化層、高い置換性ナトリウムなどがある。合衆国塩害研究所の定義によれば、計画地区全域は、塩類土壌に入り、そのうち、約90%は表層土、心土ともにECe値は16mS/cm以上であり、過剰な可溶性塩類の洗脱が必要である。また、計画地区の一部、特に既耕地の一部は置換性ナトリウムパーセントが15%以上で塩類-アルカリ土壌である。

土壌のアルカリ化はナトリウムの植物に対する害とあわせて土壌の透水性を著しく退化させる。高い置換性ナトリウムは粘土分を分散させることによって土壌構造を破壊し、土壌の透水性を悪化する。

3. 4 現場透水試験、土壌断面調査、地下水位調査の結果、土地開墾可能性分級図を作成した。その結果、開墾可能地は74,700フェダゲン(31,370 ha)のうち、68,760フェダゲン(28,880 ha - 92%)を占める。

開墾不能地は、凹地、丘陵の遺跡等である。地域は、比較的地下水位が浅く、塩分濃度の高い粘土層である。土地排水可能性を増加するために、心土破砕、表土の風乾、暗渠及び明渠等により土地排水改良が必要である。

#### 4. 事業計画

##### 4. 1 事業の目的と構成

本事業は、土漠地、水没地の開拓による農用地の拡大、農業機械化による農業生産の増大、雇用機会の創出、農村工業の導入、及び新農村建設を目的とする。この目的達成のために次のような事業構成を計画した。

##### a. 農業開発計画

- (1) 灌漑農業
- (2) 畜産
- (3) 農村工業
- (4) 支援事業
- (5) 農民組織

##### b. 農地開拓

- (1) 灌漑排水事業
- (2) 圃場整備事業
- (3) 道路網

##### c. 農村開発計画

## 4. 2 土地利用計画と作付計画

### 4. 2. 1 土地利用計画

総面積は74,700フェダグン (31,370 ha)である。この面積は、6,700フェダグン (2,780 ha)の既耕地を含む。これらの既耕地を計画受益地を含むかどうかについて比較検討を行って土地利用計画を策定した。結論として、既耕地と既存農家は事業計画に取り入れることとした。計画農用地は55,740フェダグン (23,410 ha)である。これは入植農家に配分されるが、全土地面積74,700フェダグンの75%を占める。その他の土地は集落用地、工場用地、道水路敷及び派線・末端施設用地として利用されるが、残り5,330フェダグンは、耕作不能地で総面積の約7%を占める。

#### 土 地 利 用 計 画

項 目	現 況		計 画	
	フェダグン	ヘクタール	フェダグン	ヘクタール
純 耕 地	6,000	2,500	55,740	23,400
水 没 地	29,000	12,200	—	—
未利用可耕地	39,000	16,500	—	—
そ の 他	400	200	18,980	8,000
合 計	74,700	31,400	74,700	31,400

### 4. 2. 2 作付計画

計画作物は、耐塩性、重粘土壌、輸入代替、輸出、経済性を考慮して、水稲、ベルシーム、ソルガム、大豆、てんさい、カリフラワー、玉ネギ、キャベツを選定した。

作付体系は、土地利用率200%を目標とした。土壌塩分の涵養過程を想定して次の三段階とした。

初期段階は初期リーチング後2～3年間で土壌塩分約6mS/cmを期待している。夏作は水稲、冬作はベルシームが作付けられる。中期段階は3年輪作で土地分級2、3は5年、土地分級4は7年とした。塩分濃度は4mS/cmとなろう。夏作は水稲、ソルガム、大豆、冬作はベルシーム、てんさい、野菜(玉ネギ、カリフラワー、キャベツ)が作付けられる。

完成段階は、塩分濃度が1.5mS/cmとなろう。3年輪作で、夏作は水稲、大豆、ソルガム、野菜(トマト)、冬作はベルシーム、てんさい、野菜(玉ネギ、カリフラワー、キャベツ)が作付けられる。

上記の完成段階における作付体系は、八つの代替案を経済的、社会的に比較検討の結果、決定された。

## 4. 3 農地開拓計画

### 4. 3. 1 土壌の排水改良

計画地区においては1.5mの深さ、23m間隔の圃場内排水路を設ける。開墾工事期間は明渠を設置し、リーチング完了後、暗渠に変更するよう設計されているが、このように設計された圃場内排水路も土壌の透水性の改良なしでは、予期したとおりの機能を発揮することはできない。この土壌の透水性の改良は、物理的、生物的、化学的改良方法によって行われる。

物理的改良方法には、深耕、心土破砕がある。

生物的改良方法は、豆科植物（アルファルファ、エジプト・クローバーなど）のような深根性作物を栽培すること、多量の堆きゅう肥を投入することである。更に、生育中の植物の遮光効果、植物残渣あるいは堆きゅう肥のマルチング効果も重要である。

化学的改良方法として、石膏はアルカリ土壌の改良に用いられる。計画地区の石膏必要量は、おおよそ0、2、4トン/フェダンの三グループに大別することができる。

#### 4. 3. 2 塩類土壌のリーチング

初期リーチングの必要量の概定は、三つの経験式および室内リーチング試験のデータを考慮して行った。土壌の排水性、塩類集積の程度によって必要水量は変動するものであるが、本計画地区では、余裕を見込み、最大値を示した V.Kordaの式の 2,350mmをとることとする。

リーチングの方法は、継続灌水法と間断灌水法の二つがある。前者は単位水量当たりの効率としては、後者よりしばしば劣る。本計画では、間断灌水法を推奨する。リーチング用水は1回あたり 150mmを用いる。最初は 100mm程度を用いる。夏の高湿乾燥期を除き、2カ年にわたって合計16回行われる。リーチング終了後は、直ちに、水稲-エジプト・クローバーが作付けられる。最終的な輪作体系に移行するまでの期間は、土地開墾可能性分級によって異ってくる。

#### 4. 3. 3 土壌改良

リーチングは過剰な有害塩類と同様に窒素、磷酸など、必須養分も作土から洗脱してしまうため、多量のリーチングの後では表層土の肥沃度は劣化することが懸念される。

有機物の施与は土壌の化学性、物理性両方の改良に非常に有効である。開墾直後の輪作の初期はリーチングによる養分損失を補うため化学肥料と組み合わせて多量の堆きゅう肥を施与することが推奨される。

計画地区内における有機物の施与量は、15~20トン/フェダン必要となろう。

#### 4. 3. 4 灌漑

##### a. ほ場用水量

作物蒸発散量はEl Mansura観測所のデータを用いてBlaney-Criddle法によって算定した。これに、作物特性、移植または播種の時期などによって異なる作物係数を乗じて平均作物消費水量が次のように得られた。

平均作物消費水量 (E Tcrop : mm)

作物	E Tcrop	作物	E Tcrop
水 稲	842	ソ ル ガ ム	854
ベルシーム	464	タ マ ネ ギ	439
大 豆	757	カリフラワー	259
てんさい	506	キ ャ ベ ツ	197
ト マ ト	526		

本地区での作物栽培には、土壌塩分をコントロールするためのリーチング用水の供給が不可欠である。リーチング要量は、リーチング効率を 0.5 とし、FAO 灌漑排水資料 No.24 に示された手順に従い算定した。これによると、リーチング要量は作物消費水量の 0.1 (大豆) から 0.55 (タマネギ) の間にある。

本事業では、水盤法とボーダー・ストリップ法の地表灌漑を導入する。この方法は地区周辺で広く採用されている方法であり、適正な均平作業を行えば高い灌漑効率と均一な水配分が可能であり、従って効果的なリーチングが期待できる。ローテーション灌漑を実施し、総合灌漑効率を 0.64 (ほ場適用効率 0.75、送水効率 0.85) と計画した。

#### b. 全用水量

作付率 200% の 3 年輪作栽培計画に基づき全用水量を算定すると次表の通りであり、地区面積 74,700 フェダ (31,400ha) について、年間総用水量は 7,912 cu.m / フェダ、ピーク用水量は 7 月の 39.8 cu.m / フェダとなる。このピーク用水量は、耕地面積 55,740 フェダ (23,410ha) については 12.7 mm / 日に相当する。

#### 作物別年間用水量

作物	面積 (フェダ)	用水量 (10 <sup>3</sup> cu.m)	作物	面積 (フェダ)	用水量 (10 <sup>3</sup> cu.m)
夏作：水 稲	18,580	145.8	冬作：ベルシーム	18,580	94.5
ソルガム	10,580	67.7	てんさい	18,580	65.2
トマト	8,000	33.6	タマネギ	13,000	74.9
大豆	18,580	98.5	カリフラワー	2,800	5.8
小計	55,740	345.6	キャベツ	2,780	5.3
			小計	55,740	245.7
用水量合計		591.3 × 10 <sup>3</sup> cu.m			

#### 月別用水量

月	10 <sup>3</sup> cu.m	cu.m/日/フェダ	月	10 <sup>3</sup> cu.m	cu.m/日/フェダ
1月	45.6	19.7	7月	92.2	39.8
2月	39.4	18.8	8月	78.1	33.7
3月	38.6	16.7	9月	58.0	25.0
4月	15.2	6.8	10月	46.4	20.0
5月	28.8	12.4	11月	37.0	16.5
6月	71.8	32.0	12月	42.2	18.2

#### c. El Salam水路

本事業の水源施設である El Salam 水路の第 1 段階事業は 1986 年初めに完了の予定である。ナイル川支流のダミエッタ川から取水する El Salam 水路は途中で Serw と Hadous の両排水路からの排水を混入する。El Salam 水路の水の塩分濃度は 697~824 ppm に変化するものと予測されている。

#### d. 配水と設計流量

用水路の流量と配水期間を定めたスケジュールに基づいて用水施設の操作を行う灌漑がエジプトの多くの灌漑地で実施されている。灌漑省の計画によると、幹支線用水路は夏期のピーク時において、4日送水、4日休水である。本地区の灌漑はこの操作ルールに従い実施され、従って幹支線用水路施設の容量決定のための設計流量はピーク用水量 $1.47 \text{ l/s/ha}$  ( $12.7 \text{ mm/日}$ )の2倍の $2.94 \text{ l/s/ha}$  ( $1.23 \text{ l/s/フェダ}$ ン)である。

支線用水路から分岐する標準的な小用水路は10地区からなる50フェダン (21ha) の農区を灌漑するローテーション灌漑計画により1農区の灌漑は1日で完了させるので、その灌漑間断日数は8日間となり、従って標準的な小用水路の設計流量は、幹支線用水システムの送水損失水を除き、 $210 \text{ l/s/21ha}$  ( $8 \times 1.47 \times 0.85 \times 21$ ) である。

#### e. 重力灌漑と農民による揚水灌漑

本地区の約64%はEl Salam水路の設計水位で重力灌漑が可能である。事業計画作成にあたり、幹線水路の水位を高めてほ場での重力灌漑方式を導入するか、あるいはエジプトでの伝統的な方法である農民によるほ場での揚水灌漑方式を導入するかについて比較検討をM2 灌漑ブロック23,020フェダン (9,870ha) について行った。比較の条件は、小型揚水機は21haに1カ所、機器更新は主ポンプで10年、小型ポンプで7年、金利10%、分析期間50年である。

#### 経 済 性 比 較

(単位：1,000LE)

項 目	重力灌漑	揚水灌漑
建設工事費		
水路工事	7,089	6,026
主揚水機場	4,211	2,665
小型揚水機場	-	8,255
計	11,300	16,946
年経費		
償還費	1,140	1,710
補修費	296	550
機器更新費	145	675
ポンプ運転経費	38	32
計	1,617	2,967

揚水灌漑方式は、高い初期投資により償還費と補修費が高いのみならず、多額の機場更新費を要し、水路工事費は安いけれども重力灌漑方式よりも経済的に不利である。本事業では末端施設整備を幹支線用水システムの建設と同時に実施するものである。従って重力灌漑の場合でも、従来のように農民が幹支線用水路に取水施設を設置する必要がなく、用水路損傷のケースは少ないであろう。上述の点を考慮し、本事業では農民による揚水灌漑方式をとらず、ほ場での重力灌漑を可能とする幹支線用水システムの建設を行う。

#### 4. 3. 5 排水

本地区では年間降雨量は平均50mmと少ないため、雨水の排除は大きな問題ではなく、排水の主目的は土壌への塩分集積を軽減する地下排水にある。土壌中の溶解塩の主な源は灌漑水と浅い地下水である。灌漑水の一部は縦・横浸透及び表面排水として損失水となり、縦浸透は地下水位を高める原因となる。

地下排水には明渠による方法と暗渠による方法がある。それぞれの得失を要約すると、明渠は初期投資額が比較的安い、排水容量が大きい、などの利点をもつ一方、漬地が生じる、高い維持管理費という不利がある。暗渠は漬地がない、農作業に支障を与えない、安い維持管理費という利点の反面、高い初期投資額と小さい排水容量という問題がある。排水計画にあたり、標準農家所有耕地2.1ha(210m×100m)について暗渠と明渠の比較を行った。排水溝の間隔は23mとし、地下水位を地表下0.6m以下に低下させる。明渠の場合、0.42haの漬地が生じ、栽培面積は1.68haに減ずる。分析期間20年、金利10%、目標達成時の便益1,267LE/haとして両方式の経済比較は次の通りである。

#### 明 渠 と 暗 渠 の 経 済 性

— 2.1 ha 当たり —

(単位：LE)

項 目	明 渠	暗 渠
初 期 投 資 額	3,403	5,864
年 間 維 持 管 理 費	270	30
目 標 達 成 時 年 便 益	2,129	2,661
現 在 価 値		
— 便 益 (B)	9,169	11,460
— コ ス ト (C)	5,046	5,323
B/C 比	1.82	2.15

明渠方法は、初期投資額は暗渠より少ないけれども、耕地面積の減による生産の減少によってその経済性は暗渠方法よりも劣る。また、この経済評価には反映されていないが、23m間隔で幅5.5mの明渠を掘削することは農作業に支障を与えるものである。

本事業では、経済性及び農作業の便利さを考慮し、ほ場排水は暗渠方式による計画とする。しかしながら、塩分問題をもつ土地の開墾において、明渠は、農作業に支障を与える、漬地が大きいという不利があるが、排水容量が大きい、土壌の発達を促進するという利点を考慮し、開墾初期は明渠によって排水を行い、土壌塩分濃度が4mS/cmに低下する時点で明渠を暗渠に置き換える計画とした。

#### 4. 3. 6 ほ場整備

ほ場の大きさと区画形状に関係する要因は、一般に栽培作業能率、用排水操作、地形条件、経営条件などである。機械作業能率については区画形状の長辺は長いほどよく、また長短辺比が大きいほど作業能率は高

まる。この事業では全作付面積の25%に野菜が作付けされ、これには多くの人力作業を要する。5フェダ(2.1ha) 経営の標準農家についてみると、野菜栽培に要する人力作業の時間は全作業時間の49%に達する。そして、人力作業では長辺長は100m程度が限度とされている。

排水について最も長辺長を制限する要因は排水暗渠による排水支配長である。この支配長は土壌の透水性、排水路の深さによって定まるが、エジプトの類似事業の経験では暗渠の最大長は100m程度とされている。用水についてはその最大長は灌漑効率と作業管理から定まる。計画灌漑効率を維持するには最大長150m程度が望ましい。全耕地の80%は小規模農家に配分され、各農家の耕地は3耕区(0.7ha) に区分される。各耕区は3年輪作の作付計画に従い田畑輪換が行われる。上述の諸要因を検討の結果、耕区(0.7ha) の長辺は、野菜栽培における人力作業及び暗渠の効率という点から、その最大長を100mとした。従って、5フェダ(2.1ha) の標準農家の耕地サイズは210m×100mとなり、耕区サイズは100m×70m となる。

このような区画の配置には、(I) 支線水路沿いに短辺100mを配置、及び(II) 支線水路沿いに長辺210mを配置、の2ケースの比較案が成り立つ。各耕区は農道に接するかまたはアクセスをもつ、各耕区は小用水路と小排水路に接するか、または取水口/排水口をもつという条件のもとに比較案の検討を行った。比較案について、道水路密度、減歩率、工事費をみると次の通りである。

#### ほ場整備比較案の諸元

項 目	ケースI (計画案)	ケースII
1. 農区の形状	1,050m×221m	1,090m×435m
耕地面積	50フェダ(21ha)	100フェダ(42ha)
所有区の数	10	20
耕区の数	30	60
2. 道水路密度(m/ha)	250	348
3. 減歩率(%)	9.8	11.5
4. 工事費(LE/ha)	1,633	2,058

支線水路沿いに耕区の長辺100 を置くケースIは、用排水路操作と栽培作業上からの諸要件を満たし、減歩率、工事費ともにケースIIよりも有利である。また低い道水路密度は維持管理上からII案より有利である。従って、本事業ではI案の区画配置をとる。

#### 4. 4 農業計画

##### 4. 4. 1 土地配分

政府と農地開拓協同組合による施工の二つの方向が勧告される。開拓地の配分は農地開拓協同組合に30%を配分し、残り70%の政府への配分地のうち20%を入札方式とする。新規入植者への土地配分は、比較検討の結果、小規模に5フェダ、農業高校卒15フェダ、大学卒20フェダとする。土地の分配比率は、小規模農家に80%、大規模農家に20%とする。以上の比率を利用して、5フェダ 7,836戸、15フェダ 862戸、20フェダ 331戸、合計 8,829戸の入植農家が見込まれる。

#### 4. 4. 2 作物生産計画

計画圃場は100m×210m 5フェダンを区分され、長辺に直角に約23m おきに明渠を設け、リーチングの効果を促進する。初期段階が完了した時期に明渠を暗渠に切り替える。これにともない、純耕地面積は、当初の44,600フェダンから55,740フェダンに増加する。完成期における農業生産量は次の通りである。

作物名	面積 (フェダン)	収量 (トン/フェダン)	生産量 (トン)
水 稲	18,580	3	55,740
大 豆	18,580	1.2	21,630
ソルガム	10,580	18	190,440
ベルシーム	18,580	25	464,500
て ん 菜	18,580	25	455,210
ト マ ト	8,000	20	156,800
タ マ ネ ギ	13,000	10	127,400
カリフラワー	2,800	5	13,720
キャベツ	2,780	20	54,480

#### 4. 4. 3 農業機械

農業機械の導入はこの計画地区の開発には欠くことができない。耕起・砕土は土壌乾燥時には大型トラクターを使用する。水稻の均平・代かきは中・小型トラクター、収穫は中型コンバインを使用する。畑作は中・小型トラクターを使用するが、野菜作は小型耕 機とする。大・中型機械は農業協同組合、小型機械は農家所有とする。

#### 4. 4. 4 農民組織

農民は入植と同時に農業協同組合を組織し、生産資材の購入、販売、生産物の集出荷、大中型農業機械の管理運用、機械修理工場の管理運営を行う。灌漑省の指導により水利組合を組織する。野菜生産組合を結成し、作付計画、集出荷計画、栽培法を組合員に実行させる。

#### 4. 4. 5 畜産

計画地区への導入畜種は、乳生産量、乳脂率、枝肉生産量、分娩間隔、経済性等の比較検討により、フリージャン、バラジ牛、縞羊とする。しかし、必要な頭数のフリージャンの輸入ができない場合を考慮して、水牛も含めたケース・スタディーを行った。

ベルシーム、ソルガム、稲ワラ、大豆カス、ビート・パルプの飼料給与によってバラジ牛 26,400 頭、フリージャン 11,340 頭、縞羊 10,180 頭が飼養可能と見込まれる。

大家畜の飼養方式は、放牧形態とせず青刈給与方式とする。営農形態は、畜産専業ではなく、有畜経営とする。

生産される畜産物は、年間牛乳63,830トン、牛肉 4,130トン、羊肉53トン、羊毛13トンと見込まれる。牛



乳生産量のうち、年間59,200トンは加工用に向けられる。村内で生産された牛乳は、各村に設置される集乳所へ運搬され、牛乳処理加工場へ出荷される。

本計画地区の屠殺牛及び山羊はイスマイリアに既存の屠殺場へ送られる。地区内において飼育される家畜の能力を高い水準に改良して行くためには凍結精液製造設備を備えた繁殖センターを設置することが提案される。

#### 4. 4. 6 支援組織

強力な支援組織として政府による農業普及事業の実施が必要である。ローカルリーダーの育成、展示ほ場による重点指導、採種ほ場による種子更新、畜産普及員による技術指導等があげられる。

特に農民の訓練はトレーニングセンターを設置して行うことが適当であろう。

#### 4. 4. 7 農産加工

てんさい製糖：てんさいの年次別生産量に応じて加工場を1989年から1992年にかけて設置し、1993年より操業を開始するものとする。

工場規模は、抽出工程前にてんさいを洗ってスライスする量を1日6,000トンとする。てんさいを90°Cで蒸発させた濃厚ジュースから約17%の白糖が生産されるものとする。完成時に67,803トンの白糖の生産が見込まれる。

畜産加工：乳加工処理場の規模は、年間フル操業として完成年次、日処理量約162トンとなるが、地区内の牛乳生産量に応じて規模を拡大してゆく。原料乳59,200トンからUHTミルク23,680トン、バター440トン、白チーズ5,920トンが生産されよう。

加工場は、1988-'89年に設置し、1990年より操業を開始する。工場の生産管理の点を考慮して、南及び北ホサイニア地区に各1カ所工場を建設することが望ましい。

トマト加工：夏期トマトの栽培が1997年に始められるので、トマトペースト加工場の建設は1997-2001年となろう。完成期原料トマト141,000トンから17,907トンのペーストが見込まれる。工場は、地区内に建設される。

大豆加工：完成期、原料大豆21,630トンから大豆油4,110トン、大豆粕18,223トンが見込まれる。原料大豆は政府で建設予定の工場に出荷される。

#### 4. 4. 8 市場流通

計画地区における農産物の流通は、現在、一般的な流通システム、または流通経路を通じて行われるであろう。キャベツ、カリフラワー、玉ネギは、国内市場向けと並行して輸出されるものと期待される。西独、オランダ、英国、イタリアは有望な市場となろう。トマト加工品としての缶詰や冷凍野菜はアラブ諸国に輸出されよう。てんさい糖、加工畜産物は輸入品の代替物として国内消費市場で有望である。

#### 4.5 農村整備計画

##### 4.5.1 集落配置計画

本計画地区の集落計画は、北ホサイニア及び南ポート・サイド計画地区を含む24万フェダンの広域計画の一部として考えた。地区内において基礎集落圏にサテライト集落21カ所、1次生活圏にサービス集落6カ所、2次生活圏の中心にセントラル集落2カ所が設置される。サテライト集落には約315戸の農家が定住する。集落形態は集居状集落とした。集落は可能なかぎり用水路沿いに設けた。広域生活面の中心として「Town」を北ホサイニア地区に設ける必要がある。

##### 4.5.2 入植者住居

開発完成時に約6万人が定住する12,000戸の家屋を6タイプ建設する。農家に2部屋付きの200㎡ないし500㎡の宅地が提供される。

##### 4.5.3 インフラストラクチャー

教育、医療、商業施設、アクセス、ユーティリティ、モスク、警察署、消防署、郵便局、銀行、電話等の集落施設を各集落の生活圏機能に応じて設置する。

ナイル川の水を広域の上水道源とする。浄水場は「Town」の近くに設け、日最大50,000㎥/日、うち南ホサイニア地区分13,000㎥/日の水が浄化される。

小農家以外の住宅には水洗施設、小農家は便所よりバキューム車で汚水処理施設に集められ集中的に処理される。この処理場の方式は、オキシデーションディッチとし、各集落に設置することとした。その他の方式のコスト、機能の比較検討を行った。

電気は、スエズ運河沿いの既存の220KV 高圧線を利用することとし、スエズ運河とEl Salam水路との交差点及びEl Salam水路とBahr Baqar水路との交差点に変電所を設け、220KV から11KVに減圧する。この変電所より11KVラインが各集落やポンプ場、工場の変圧器まで送電される。

#### 4.6 施設計画

##### 4.6.1 灌漑施設

###### a. 用水系統

本地区は地形上から次の3用水系統に区分する。

用水系統主要諸元

項目	M1	M2	M3
灌漑面積 (ha)	6,650	9,670	7,090
水路延長 (m)	89,900	131,770	104,420
取水位 (El.m)	2.50	1.95	1.58
最大取水量 (cu.m/s)	9.78	14.19	10.42

## b. 幹線用水路勾配と重力灌漑

M1用水系統の耕地標高は幹線用水路の設計取水水位より低いが、M2用水系統で570ha、M3用水系統で1,190haの耕地が幹線用水路の設計取水水位より高位部にあり、用水路の水頭損失を加えるとき、本地区ではかなりの面積の耕地の灌漑のために揚水機場の建設が必要である。幹線用水路の勾配を可能な限り急にとるとき、水路工事費は節減できるが、揚水機工事費が高くなり、従って機場の維持管理費も増大する。用水施設の計画にあたって、幹線用水路の縦断勾配の1/10,000、1/15,000、1/20,000及び1/25,000の4ケースについて、その水路工事費、揚水機工事費、維持管理費を算定して、最適案の選定を行った。

比較の結果、M1用水系統については幹線用水路の縦断勾配を1/20,000とすると、El Salam水路の設計水位で全地区に重力灌漑が可能となる。M2及びM3用水系統についてはいずれも幹線用水システムに揚水機場の建設が不可欠である。幹線用水路の勾配を緩やかにするほど揚水灌漑面積が減少し、その年経費は経済的となる。しかしながら、勾配を1/20,000より緩くしても地形的条件から、重力灌漑面積の増大する割合は少なく、1/20,000の場合との年経費の差は僅少である。この計画では、緩勾配土水路工事の施工精度と可能な限り大きな流速ということを考慮し、幹線用水路の勾配は1/20,000とする。このときM2用水系統では3,990ha、M3用水系統では4,390haに重力灌漑が可能となる。

## c. M1幹線用水路のライニングと末端揚水灌漑

M1幹線用水路沿い上流部標高は相対的に低く、幹線用水路水位地表上1~2.5mの高さにあり、最上流部約3Kmは盛土水路となる。このため水路盛土の安全性を保つため、幹線用水路16,350mはコンクリートライニングを施工する。

この決定にあたり、ライニングに要する高いコストを節減するものとして幹線用水路水位を下げる比較案の検討を行った。重力灌漑の設計水位EL. 2.50mに対し、設計水位をEL. 1.00mとすると、水路工事費は切土と盛土のバランスがよく最も安くなる。しかしながら、この場合325カ所の小型揚水機場が必要となる。年経費を比較するとき、重力灌漑では911×10<sup>4</sup>LEであるのに対し、幹線用水路水位を下げる場合は高い揚水機場建設費と機器更新費のため2,088×10<sup>4</sup>LEとなる。

## d. 揚水機場

前述のようにM2用水系統とM3用水系統には揚水機場が建設される。その主要諸元は次の通り

揚水機場の主要諸元

機	場	台	数	形	式	口径 (mm)	1台当たり 揚水量 (cu. m/分)	全揚程 (m)	電動機 出力 (kw)
M2	主機場	6		縦軸軸流		1,200	200	1.5	75
M2-1	2段機場	4		"		700	69	1.5	30
M2-2	2段機場	4		"		700	51	3.4	45
M3	主機場	6		"		900	95	3.0	75

#### 4. 6. 2 排水施設

本地区の排水の放水先は既設 Baqar排水路である。地下排水を目的とする低い設計排水位のため、排水機場の建設を行う。排水路の主要諸元は次の通りである。

排水路の主要諸元			
区 分	延長 (m)	水路容量 (cu.m)	構 造
幹線排水路	44,350	2.09~12.09	土水路
支線排水路	251,200	0.05~ 1.59	〃
計	295,550		

排水機場は予備機1台を含め口径1,200mmの縦軸斜流ポンプを6台設備する。原動機は灌漑機場と同様に供給の安定性と操作の容易性から電動機(280kw×6台)とする。最大排水量は14.18cu.m/sである。

約29,000フェダンの灌漑地の干陸は、排水機場の建設、及び排水機とスワンプを結ぶ排水路の洗掘削によって土地の乾燥化を促進させ、これと並行して支線排水路の掘削を進める。標準買入試験結果によると、通常タイプまたは、スワンプタイプの建設機械の稼働が可能である。

#### 4. 6. 3 ほ場整備

農家1戸当たりの所有面積は5フェダン(2.1ha)で、210m×100mのサイズである。標準的な区画配置は長さ1,050mの小用水路の両側にそれぞれ5つの所有区をおき、面積は50フェダン(21ha)である。小用水路と農道1,050m、小排水路と耕作道1,050m、排水暗渠85m×9本×10所有区、支線分水工1カ所、用水取入口30カ所である。

#### 4. 6. 4 農産加工施設

てん菜及びトマト加工場と牛乳処理加工場が設置される。

#### 4. 6. 5 家屋及び公共施設

a. 各集落に建設される家屋は、サテライト、サービス、セントラル集落合計9,359戸である。うち、農家8,829戸、監督者舎宅22戸、助監督者舎宅22戸、技能労働者舎宅408戸、アパート78戸とする。

##### b. 公共施設

基幹道路-3路線51km、集落道路18路線82km; 上水施設-13,000m<sup>3</sup>/日、浄水施設1カ所、幹支線送水管128km; 下水処理施設-29カ所、汚水集水管120km; 送・配電施設-変電所2カ所、送電線130km; 通信施設-国営通信施設線ケーブル20km、地区内回線網180km、総回線数400回線。

#### 4. 7 事業の実施スケジュール

開拓省、主としてGARPADが、派線水路を含む末端施設整備及び他の関係機関と共同して必要な公共

施設の実施設計と事業実施に責任をもち、一方、灌漑省が揚水機場を含め幹支線水路と排水路の実施設計とその建設に責任をもつ。

建設工事は請負工事によってなされるであろう。各省関連の建設会社と請負契約を結ぶのが最も実際的な方法であろう。

建設はEl Salaw水路工事の完成する1986年に開始し、その工期は6カ年を要しよう。建設開始前に、借款交渉、実施設計などに2カ年を必要としよう。

#### 4. 8 事業費

総事業費の要約-1983年価格

費目	百万LE			日本円相当 (億円)
	内貨	外貨	計	
開墾工事	317.7	86.7	404.4	1,165
家屋・公共施設	200.3	64.6	264.9	763
農産加工	76.5	103.4	179.9	518
合計	594.5	254.7	849.2	2,446

開墾工事は、地下排水を明渠で行う開墾初期の第1段階事業と、その後、明渠を暗渠に置き換える第2段階事業とに区分され、その事業費は次表の通りである。物価上昇率は内貨12%、外貨5%を見込んだ。

開墾工事費の要約

	1,000エジプト・ポンド			日本円相当 (億円)
	内貨	外貨	計	
第1段階事業(23,410ha)				
土木工事	41,372	30,898	72,270	208
その他	11,641	11,191	22,832	66
小計(ベース・コスト)	53,013	42,089	95,102	274
技術予備費	5,303	4,210	9,513	27
価格上昇予備費	42,891	13,124	56,015	161
小計	48,194	17,334	65,528	188
計	101,207	59,423	180,630	462
第2段階事業(23,410ha)				
暗渠工事	58,991	14,183	73,174	211
その他	4,718	1,134	5,852	17
小計(ベース・コスト)	63,709	15,317	79,026	228
技術予備費	6,370	1,531	7,901	23
価格上昇予備費	146,390	10,450	156,840	452
小計	152,760	11,981	164,741	475
計	216,469	27,298	243,767	703
合計	317,676	86,721	404,397	1,165

(注) ベース・コスト: 第1段階事業:  $95,102 \times 10^3 \text{LE} / 23,410 \text{ha} = 1,170 \times 10^3 \text{LE} / \text{ha}$   
 : 第2段階事業:  $79,026 \times 10^3 \text{LE} / 23,410 \text{ha} = 970 \times 10^3 \text{LE} / \text{ha}$

## 5. 組織と維持管理

本事業は総合的開発事業であり、多くの政府機関が関与する。開拓省、灌漑省、農業省の代表が構成する実行委員会が設立されよう。

建設工事の完了後、各施設は政府関係機関の管理に任される。施設の維持管理のために、灌漑システムオフィスの設立を提案する。このオフィスの下に3カ所の現場事務所を設立する。ほ場レベルでの水管理は農民組織により上記の現場事務所の指導のもとに実施されるものとする。

## 6. 事業評価

### 6.1 農地開拓事業の経済評価

事業がある場合の純生産額から、事業がない場合の純生産額を差し引いて得られる経済的年増加純生産額は、2005年に48.82百万LE見込まれる。物価上昇を除く財政的事業費191.55百万LEは、経済的事業費165.86百万LEに評価される。経済的内部収益率は、評価期間50年として、水路分担金を考慮して13.0%である。分担金を考慮しない場合は、15.4%である。本事業計画は経済的に妥当である。

### 6.2 農産加工の経済評価

#### 6.2.1 てん菜加工

2001年における経済的粗生産額、生産費、便益は原料てん菜トン当たり30LEで夫々、43.02、21.79、21.73百万LEである。物価上昇を除く財政的事業費89.5百万は、経済的事業費85.4百万LEと評価される。経済的内部収益率は、分析期間30年を使用して原料てん菜トン当たり30LEで19%、20LEで22.5%である。

#### 6.2.2 牛乳加工

1997年における年便益は、原料乳kg当たり0.3、0.25、0.2LE別に夫々、-0.5、2.37、5.23百万LEである。物価上昇を除く財政的事業費6.3百万LEは経済的事業費5.8百万LEと評価される。経済的内部収益率は、原料乳kg当たり0.3、0.25、0.2LE別に夫々、-1%、18.5%、37.5%である。

#### 6.2.3 トマト加工

2005年における年便益は、原料トマト代トン当たり80LEとみて4.98百万LEである。物価上昇を除く財政的事業費は5百万LE、経済的事業費は4.58百万LEと評価される。経済的内部収益率は37.6%である。

### 6.3 建物、及びソーシャルインフラの経済評価

これら投資のうち、上水道、電気施設等の投資の経済的妥当性は、貨幣的便益の評価が困難であるが、世界開発銀行によって種々の検討がなされてきた。

#### 6.3.1 上水道事業

本計画地区において、もし、上水道事業に投資しなかった場合、日量12,650トンの十分な供給システムの比較案は存在しない。都市上水道の水道料金の収入は、近似的に最少の経済便益として利用されている。控え目な便益として、トン当たり10ピアスターを使用して、年間0.48百万LEが見込まれる。

#### 6.3.2 電気施設

電気施設が投資されなかった場合、地区内における年必要電力量9,319,000KWHは、ディーゼルエンジンの

発電による代替案が考えられる。電力コストとディーゼルオイルコストの差は年便益と仮定される。ディーゼルオイルコストの変換係数を1.01（世銀）とすると年便益は0.8百万LEが見込まれる。

#### 6. 4 総合事業の経済評価

1. 農地開拓事業単独……………内部収益率13.0%
2. 農地開拓事業と家屋及びソーシャルインフラ事業
  - ・ 上水道と電気の便益を計上する場合……………内部収益率 7.3%
  - ・ 同上 計上しない場合… // 7.2%
3. 農地開拓、家屋及びソーシャルインフラ、農産加工の総合事業
  - a. 原料てん菜 20LE/トン、原料乳0.2LE/kg
    - ・ 上水道と電気の便益を計上する場合……………内部収益率10.7%
    - ・ 同上 計上しない場合… // 10.5%
  - b. 原料てん菜 20LE/トン、原料乳0.2LE/kg、原料トマト 80LE/トン
    - ・ 上水道と電気の便益を計上する場合……………内部収益率10.9%
    - ・ 同上 計上しない場合… // 10.7%

#### 6. 5 財務分析

##### 6. 5. 1 農家財務分析

5フェダ、15フェダ、20フェダの3タイプの農家の安定年次における財務分析の結果、小農は、将来、約1,500ポンドの経済余剰を得ることができる。大農の経済余剰は、もっと大きく、拡大再生産や貯蓄が可能となる。しかし、1990年入植以降の年次別財務分析によると、入植初期の経営収支は、同一経営規模の農家でも、土地分級の良否によって、早期安定時期や持込資金等に相異が予想される。特に、5フェダ農家に対する土地、建物の融資条件について特別な配慮が必要である。

##### 6. 5. 2 建設費の償還

外貨分返済条件を借入期間30年、うち据置10年、平均利子率4%とみて、償還計画は次の通りである。建築費の外貨分は国際金融機関によって融資が行われ、内貨分は政府の責任において行われる。ドラフト・ファイナル・レポートに対するCARPADのコメントに対する回答書において、ある条件下における年次別償還金が試算されている。

#### 6. 6 社会経済的インパクト

事業は、直接便益のほかに間接便益として、雇用機会の創出、税収入の増加、消費財市場の拡大、工事期間中の住民所得の増大、外貨の節約等を生み出す。

#### B. 結 論

エジプト政府の長期開発計画の一環として南ホサイニア・バレイ地区における農業開発を最も効果あらしめるために技術的、経済的な比較案を作成した結果、前述した計画を決定した。種々の事業評価の結果この事業は経済的に妥当性があるとの結論を得た。この計画により55,740フェダ（23,410ha）の農地が新規造成され、約68,000人が入植し、その住民の生活向上が大いに期待できるとともに、エジプト国の食糧の安定供給の一助ともなるであろう。

## C. 勸告

### 1. 事業評価

農地開拓計画は技術的に妥当であり、国家経済及び私経済的見地からも妥当である。従って、円滑な資金手当によって事業が施工計画通りに実施されるよう勧告する。

### 2. 土壌

圃場内排水路の詳細設計（深さ、間隔）を行うため、更に、密度の濃い透水試験を実施すること。湿地及び湛水地については、干陸後土壌の性質が変化するので改めて土壌調査や透水試験等を実施し、工事実施計画、営農指導等に反映させること。

### 3. リーチング試験

最終報告書では、既往データを検討の上、初期リーチング要水量を 2,350mm と判定した。室内リーチング試験は、GARPADによって今後も継続的に実施し、試験結果を詳細設計に活用すること。

圃場リーチング試験は、可及的速やかにGARPADによって開始し、詳細設計における初期リーチング必要水量の決定に間に合わせること。

### 4. 土壌改良

農業開発の成否に土づくりは大いに関与する。計画地区内で生産される家畜ふん尿、稲わら、農業廃棄物などは堆肥などの形で極力耕地へ還元し、土壌の化学性、物理性の改良に努めること。

### 5. 既存農家の取扱い

計画地区内には、約 6,700ヘクタールの既耕地（一部養魚池）が含まれる。これらの土地を含めて全体計画をとりまとめた。

従って、GARPADは、この計画を進めるに当たり、既存の農家の取扱いについて充分留意して実施する必要がある。

### 6. 営農の早期安定

農業開発計画を成功させるために最も大事なことは、入植者の営農の早期安定である。そのために次のような行政的施策の強化が勧告される。

入植農家の入植以後の財政分析によると、入植後数年間、農家経済バランスの赤字が予想される。入植農家は、入植時点において土地、建物、農業機械、生産資材等の調達のために融資を受けなければならない。更に、入植当初の営農赤字を埋めるための携行資金が必要となろう。従って、入植者の営農の早期安定のために国による財政的配慮が必要である。

肥料、種子、農薬等の生産資材が計画地区の入植農家に円滑に供給されることは重要である。

農業の労働生産性を増大させるために機械化が必須である。これら農業機械の運営管理と使用計画は農業協同組合によって実施されるよう計画した。従って、入植と同時に農業協同組合が創設されなければならない。更に、野菜栽培が可能になった時点で、入植者によって野菜生産組合が組織されるよう計画した。組合は計画地区で生産された農産物の出荷を取り扱う。これら農民組織が順調に活動するために農業改良普及所による濃密な行政指導が必要である。特に近代的営農の技術指導のために農民の訓練センターを設置することが望ましい。

圃場レベルの水管理は全農家の参加により実施されることを計画した。そのために、入植者の入植と同時に、灌漑省の指導のもとに農家による水管理組織が創設されなければならない。

### 7. 農村整備計画

上水道、電気のような基幹施設の計画容量は、北部ホサイニア地区の必要量も含んで計画してある。従って、農村整備計画は南部ホサイニア及び北部ホサイニア両地区の施工計画を考慮して進める必要がある。



(注) このスタディー期間中において、年物価上昇率は、外貨6%、内貨10%と推定され、報告書を作成した。しかしながら、最新のOECDの評価によると、外貨5%、内貨12%である。そこで、事業費積算を最新のものとするため、外貨5%、内貨12%を使用して物価上昇予備費を修正した。

## 第1章 はしがき



## 第1章 はしがき

エジプト政府は、1979年9月南部ホサイニア・バレイ農業開発の促進についての協力を日本政府に要請した。日本政府は、この要請に応じて1980年2月から11月にかけて事前調査団とフィージビリティスタディー調査団を派遣し、積極的に技術的、財政的な協力を推進してきた。その結果、Phase Iプロジェクトのフィージビリティスタディー・ファイナルレポートを1981年3月エジプト政府に提出した。その後、エジプト政府は、換金作物、畜産、農産加工、農村開発を含むプロジェクト開発の協力を日本政府に要請してきた。1983年2月、日本政府は、この要請に応じて南部ホサイニア・バレイ農業開発計画 Phase IIの調査実施を決定し、1983年8月に事前調査団、10月から12月にわたってフィージビリティスタディー調査団を派遣した。同年11月末、フィールド・レポートをエジプト政府に説明した。同年12月から1984年1月初めにかけてドラフト・ファイナル・レポートを作成し、エジプト政府に事前に送付するとともに、同年1月25日より2月5日にかけてドラフト・レポート説明ミッションが派遣された。

1. 1 この最終報告書は、両国政府間において合意された次の事項に基づいてとりまとめられた。

- (1) 1983年8月27日、日本ミッションチーム代表藤野欣一氏とエジプト政府代表 Eng. Abdel Wahab Selim (GARPAD長官) との間で合意された Scope of Works 及びガイドラインとしての修正された Terms of Reference.
- (2) 1983年10月20日、JICA作業監理委員会代表上田一美氏の立合いのもと、JICAフィージビリティ・スタディー調査団団長とエジプト政府代表 Dr. Samir Nagmoush との間で合意された Plan of Operation.
- (3) 1983年10月29日、JICA作業監理委員会リーダー上田一美氏及びGARPAD長官 Eng. Abdel Wahab Selim の立合いのもと JICAフィージビリティ・スタディー調査団団長とエジプト政府代表 Dr. Samir Nagmoush との間で確認された事項。
- (4) 1983年11月30日、JICAフィージビリティ・スタディー調査団はフィールドレポートをGARPADに説明した。エジプト政府はこのレポートに関し13項目をコメントした。12月3日、JICAフィージビリティ・スタディー調査団団長はエジプト政府代表 Dr. Samir Nagmoush との間でこのコメントにつき議事録を作成した。
- (5) 日本政府はエジプト政府の要請に基づき、ドラフト・ファイナルレポートチームを1983年1月25日から2月5日にかけて派遣した。エジプト政府はドラフト・ファイナルレポートに対して最終のコメントを提出した。それらは、灌漑、農村開発、土壌、農業、経済評価の各分野に亘るものであった。1984年2月2日、JICA作業監理委員会委員長藤野欣一氏とGARPAD長官 Eng. Abdel Wahab Selim の立合いのもと、JICAフィージビリティ・スタディー調査団団長とエジプト政府代表 Dr. Samir Nagmoush との間でこのコメントの処理方針について合意した。

以上の5つの議事録における合意及び確認事項の要約を本主報告書の巻末に添付する。

1. 2 本報告書は、両国政府間において合意されたS/Wの各調査事項をカバーしている。

現地調査：

- (1) 関連する既存のデータと情報の収集
- (2) 土壌、土地利用、灌漑、農地開拓、土地分配、農業、畜産、農業経済、農産加工、地域経済と社会構造、事業費、市場等の項目についての現地調査と解析
- (3) 開発計画策定のための基本的事項の決定

国内作業：

- (1) 包括的農業開発計画の策定
- (2) 事業費と便益の評価
- (3) 経済分析
- (4) 事業実施計画の策定
- (5) プロジェクトの維持管理計画の策定

### 1. 3 任務の遂行とカウンターパート

作業監理委員、調査団員及びエジプト政府関係官は次の通りである。

#### 作業監理委員

- |           |      |        |                      |
|-----------|------|--------|----------------------|
| 1. 委員長    | 藤野欣一 | 農林水産省  | 構造改善局整備課総合整備事業推進室長   |
| 2. 灌漑排水   | 菊池秀城 | 農林水産省  | 構造改善局防災課課長補佐         |
| 3. 農業及び土壌 | 後藤祐次 | 関東農政局  | 計西部資源課土地改良環境調査官      |
| 4. 農業経済   | 竹村省吾 | 農林水産省  | 構造改善局事業計画課補助土地改良第四係長 |
| 5. 財政     | 竹内 寛 | 海外経済基金 | 業務第三部業務第一課 課長代理      |

#### 調査団員

- |                 |      |                           |
|-----------------|------|---------------------------|
| 1. 団 長          | 山田昭治 | 昭和58年10月7日 - 昭和58年12月4日   |
| 2. 灌漑・排水        | 太田邦雄 | 昭和58年10月7日 - 昭和58年12月4日   |
| 3. 土壌           | 寺沢四郎 | 昭和58年10月7日 - 昭和58年12月4日   |
| 4. 土壌           | 近藤鳴雄 | 昭和58年10月7日 - 昭和58年12月4日   |
| 5. 土壌           | 中林一夫 | 昭和58年10月7日 - 昭和58年12月4日   |
| 6. 栽培（農産加工含む）   | 高力寛三 | 昭和58年10月7日 - 昭和58年12月4日   |
| 7. 畜産（農産加工含む）   | 入矢羽介 | 昭和58年10月29日 - 昭和58年11月24日 |
| 8. 農村整備（施工積算含む） | 西川義彦 | 昭和58年10月29日 - 昭和58年12月1日  |

エジプト政府関係官

I. GARPAD, 開拓省

1. Mr. Abdel Wahab Selim	GARPAD 長官
2. Mr. Maher Bahaa El Din	GARPAD 副長官
3. Mr. Zaki Arnaout	計画局長 (開拓省)
4. Dr. Samir Nagmouh	GARPAD 技術顧問
5. Dr. Rifki Anwar	"
6. Mr. Ahmed Fahay	"
7. Eng. Yussif Amin	"
8. Eng. Mohamed Badr El Din Hatez	経済及び農業 (カウンターパート)
9. Eng. Salah Raslan	業務調整
10. Eng. Fathalla Shaker	農産加工 (カウンターパート)
11. Eng. Mohamed Ryhan	灌 漑 ( " )
12. Eng. Samir Naguib	畜 産 ( " )
13. Eng. Goma El Azazi	土 壌 ( " )
14. Eng. Mohamed Sovelan	農村開発 ( " )
15. Mr. Hassan Ab el Nasr	土木部部長
16. Dr. Fayez S. Hanna	土 壌
17. Eng. Galal El Misidi	試験室部長
18. Eng. Mahmoud Fahay	農業局長
19. Eng. Salhed Zahron	作物生産部総部長
20. Eng. Mohamed Hagnus	園 芸 部 長
21. Mr. Mahmoud Hamdi Khadr	園 芸 技 師
22. Mr. Ewad El Deen Ibrahim	畜 産 技 師
23. Eng. Mohamed Ebrahim	農 業 部 技 師
24. Eng. Abdedym Ahmady	試験室技師
25. Ms. Elham Hamdi El Khamly	農 業 経 済
26. Ms. SOhair Amien	長官室秘書
27. Ms. Nazli Ali	"

II. 灌漑省

1. Eng. Morris Kewel	第 一 次 官 (当時)
2. Eng. Helmy Mahmoud Ibrahim	農業開発部技官



## 第2章 概況





## 第2章 概況

### 2. 1 計画地域

#### 2. 1. 1 位置及び道路状況

計画地区の74,700フェダン(31,400ha)はナイル・デルタの北東部、スエズ運河西方約25km、カイロ市の北東約150kmに位置している。ザガジグ、イスマイリア、ポート・サイドは、それぞれ地区から約75km、90km、45km離れている。計画地区の西端にあるSan El Hagar村を通じてカイロに至る国道がある。この国道からBahr Baqar排水路沿いに、計画地区の南部から東部を囲むように未舗装の道路がある。計画地区内には、一般道路及び農道は全くない。わずかに塩湖から産出される塩を収集するためのトラクターによって踏み固められた小道があるのみである。西部境界のBahr Saft 水路沿いに幅2~3mの未舗装道がある。

#### 2. 1. 2 人口及び生活状況

計画地区はシャルキア州に属しており、西端にSan El Hagar村がある。この集落は、政府の開拓、入植計画にもとづき10数年以上前に建設された集落で、計画地区周辺のサービス・ビレッジの役割をもっている。地区周辺に約50,000人が住んでいるものと推定される。

#### 2. 1. 3 地形及び河川

計画地区には、約6,700フェダンの既耕地が分布し、約29,000フェダンの水没地がある。地区は、緩やかに北東におおむね1/5,000から1/10,000で傾斜している。地形は二つに大別され、一つは北方の水没地に代表される平地地と、他は南部の標高1mから3m程度の低い丘陵地帯である。計画地区に関連する河川と水路は、ナイル川(ダミエッタ支流)、El Salam用水路、Bahr Hadous 排水路、Bahr Saft 排水路、Bahr Baqar 排水路である。Bahr Hadous 排水路は、東部デルタの主要排水路の一つである。その流域面積は、約2,300km<sup>2</sup>で、年間流出量30億m<sup>3</sup>が記録されている。平均水質は、塩分約1,200~2,700PPM、ナトリウム吸着係数約12~22となっており、灌漑目的の用水には不適當である。しかし、開墾初期の除塩用水としては使用可能である。

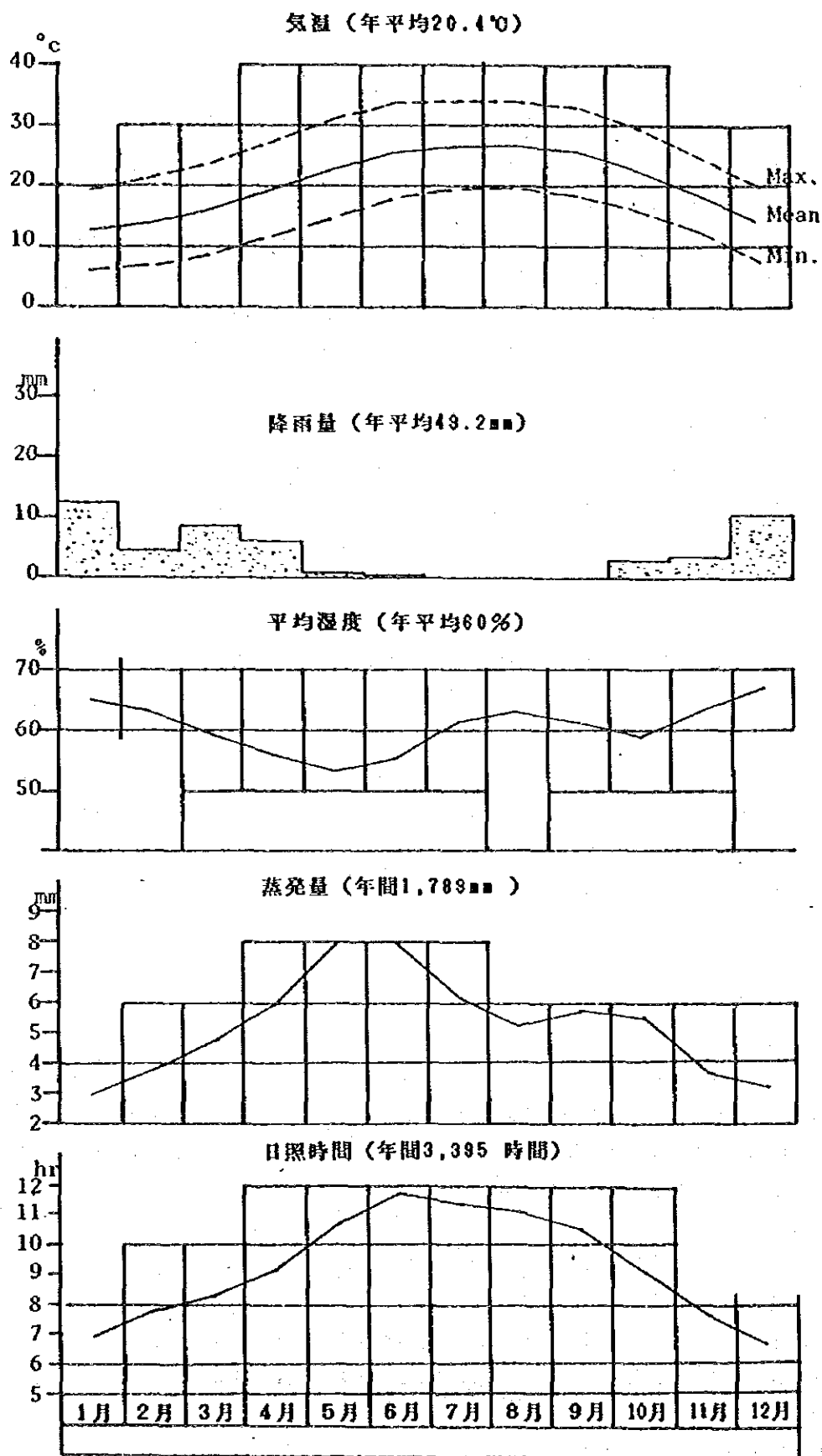
#### 2. 1. 4 気象及び水文

##### a. 一般気象

計画地区内には、気象観測所がないので、El Mansura観測所の10カ年間(1969-1978)の気象資料が利用された。年平均気温は摂氏20.4度と温暖である。1月の月平均気温は、摂氏12.6度となり年最低を示す。日最低気温は6度である。年平均降雨量は約50mmで、この50%近くが12月から翌年1月の2カ月間に降る。10年間の平均値を次表に示し、図II-1、II-2に図示する。

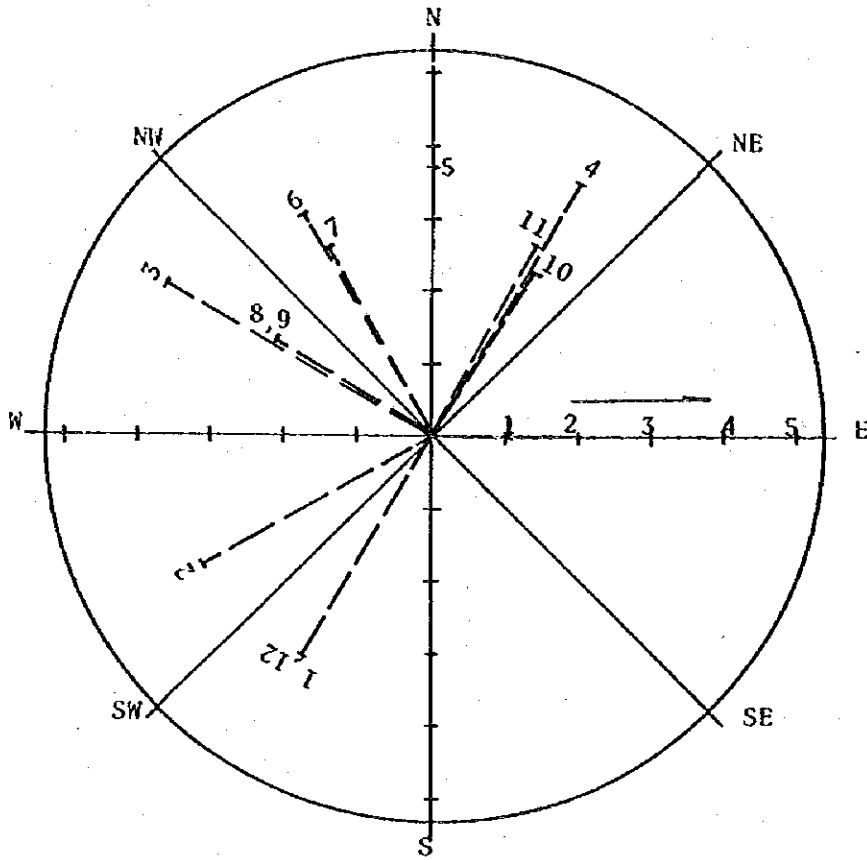
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
平均最低気温(°C)	6.0	6.5	8.4	11.4	14.8	18.2	19.7	19.7	18.3	15.8	12.4	7.8	13.3
平均気温(°C)	12.6	13.7	15.9	19.2	23.0	26.0	28.9	28.8	25.6	22.7	18.8	14.0	20.4
平均最高気温(°C)	19.2	20.8	23.5	27.0	31.1	33.9	34.1	33.8	32.9	29.6	24.8	20.0	27.6
平均湿度(%)	65	63	59	56	53	55	61	63	61	59	63	67	60
平均雨量(mm)	12.3	4.2	8.5	8.5	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	3.3	3.8	10.7	49.2

図II-1 気象条件



観測所: El Mansura, 観測期間: 1968~1978

図II-2 風向、風速



観測所：El Mansura

観測期間：1969~1978

注：月 1~1月, 2~2月.....

## 6. 水文

計画地区に関係する河川と水路は先にのべたように、5路線である。これら河川の流量はナイル河からの取水量に影響されている。すなわち、井堰や揚水機場が年間を通じて人為的に操作されるため流量水位は非常に少ない。

Bahr Hadous排水路はEl Salam用水路の主要水源の一つである。排水面積は、約2,300平方km、年間総流出量30億 $m^3$ 、2月に低水期がある。比流量は約4 $m^3$ /秒/平方kmとなる。

El Salam 用水路事業においては、この流出量のうち35億 $m^3$ /月（平均流出量の15%パーセント、2月流出量の約50%パーセント）を第一段階で利用するとともに最終段階では約2.2億 $m^3$ /月を再利用することになっている。Bahr Saft 排水路における年間平均流出量は約7.5億 $m^3$ /年で月平均63億 $m^3$ /月となる。2月には平均流出量の1/5～1/3程度に流量が減少する。

Bahr Baqar排水路における年間総流出量は約13.8億 $m^3$ /年で月平均約1.15億 $m^3$ /月である。Ramsis排水路は流量観測記録がないので詳細は不明であるが、約6 $m^3$ /秒の通水能力があるものと推定される。

### 2. 1. 5 農業

計画地区を含むシャルキア州の主要夏作物は綿、水稲、メイズで、主要冬作物は、ベルシーム、小麦である。これら5つの作物は総作付面積の80%以上を占め、作付率190%で、3年輪作体系によって栽培される。シャルキア州は、国内で最も重要な穀物生産地帯の一つで、上記5主要作物は国の全体面積の10～17%を占めてきた。州の野菜の平均収量は、その大部分が国の平均と等しいか、それ以上である。

エジプトで飼育されている牛の70%以上は小農によって所有され、農耕用と牛乳、牛肉の生産用である。1978年における州の牛と水牛の頭数は、夫々、180,000頭及び170,000頭である。

小農のために利用可能な農業機械の賃借サービスは、グループサービス、農協サービス、政府サービスからなる。

### 2. 1. 6 灌漑現況

地区の西境のBahr Saft 排水路、南境の既存水路、東境のBahr Baqar排水路に沿って既耕地が分布している。Bahr Baqar排水路沿いの耕地には一部養魚池が含まれる。Bahr Saft 排水路沿いの耕地は15年以上前から個別農家によって開拓されてきた。これらの耕地の一部の生産力は、周辺の既存農家と同様な水準に達している。夏期には水稲、綿、メイズ、冬には小麦、野菜、ベルシームが栽培されている。水源はBahr Saft 排水路であって、用水は灌漑用水路に重力方式によって導水され、末端園場は畜力利用のサキアと称する小規模な揚水施設によって灌漑されている。

### 2. 1. 7 排水現況

地区の排水現況は極めてよくない。地区面積の約40%を占める28,000フェダ（12,180ha）が水没している。この水没地の標高は0.25m以下から0.5mで、水位は0.0mから0.5mまで変動する。水没地は非常に平坦であって、水没面積はマンザラ湖の水位によって変動する。しかし、El Salam水路の完成によってマンザラ湖からの水の浸入は防がれる。計画地区の南西部の丘陵地帯には、標高0.25m以下の凹地が分布し、周辺地域から高塩分濃度の地下水が流入している。地区周辺の新規開拓地はポンプ排水され、塩分の蓄積を防止するよう地下水をコントロールしている。これらの末端排水路の水位は、地表以下約1mに維持される。

### 2. 1. 8 圃場条件

計画地区周辺の開拓地は、整地工事を伴う集約な圃場整備が実施されている。各圃場は、長辺 150-200m、短辺100mの矩形であって、灌漑水路は排水路と完全に分離されている。これらの開拓地は地表灌漑が一般的であって、スプリンクラーやドリップ灌漑は見られない。小排水路は塩分除去のためのリーチングを実施するため約 20m間隔で設置されている。

### 2. 2 経済発展計画

経済社会新5カ年計画 (1982/83 ~ 1986/87) が1982年よりスタートした。

#### 2. 2. 1 生産

年平均8%の生産増加が計画されている。部門別成長率は、物財部門 8.4%、社会サービス部門8%、生産サービス部門 6.8%である。国全体の増加生産額の65.3%は物財部門である。

#### 2. 2. 2 国内総生産

国内総生産 (GDP) の年平均成長率は 8.1%と計画されている。

#### 2. 2. 3 人口と労働力

人口の見通しは次の通りである。

1985	47.7	百万人
1987	50.5	〃
1990	53.8	〃

エジプトの労働力は、総人口の31%を占め、年平均 2.2%の伸び率である。女性の伸び率は、男性より大きいけれども就労率は極めて低く、10%以下である。農業部門の労働吸収力は依然として第一位を占める。計画では、約 2.1百万人の就業者の増加を年平均42万人の率で図っている。物財部門の就業増加を特に強調している。

表II-1 国内総生産額

部 門	生産目標		年平均成長率		シェア	
	82/83	86/87	81/82	82/83	82/83	86/87
	百万L.E (1981/82基準)		%	%	%	%
物 財	11,585	15,837	9.8	8.5	54.3	54.8
うち 農 業	4,000	4,660	2.8	3.7	18.8	18.1
生産サービス	5,704	7,598	8.0	7.2	26.8	26.2
社会サービス	4,027	5,488	8.5	8.1	18.9	19.0
計	21,316	28,921	8.5	8.1	100.0	100.0

表II-2 就業者計画 (1981/82-1986/87)

(単位:千人)

部 門	1981/82	1986/87
農 業	4,247.5	4,738.0
鉱 業	39.5	46.1
製 造 業	1,423.2	1,863.2
オイル及び製品	24.5	28.1
電 気	64.2	80.9
建 設	664.1	912.0
物 財 部 門 計	6,463.0	7,868.3
生産サービス	1,781.9	2,167.1
社会サービス	3,480.0	4,001.4
合 計	11,724.9	13,836.8

#### 2. 2. 4 地域開発戦略

地域開発戦略の全体的な狙いは、いわゆる局面での地域的格差を緩和することである。エジプトの特殊条件下において、地域開発戦略は都市と農村地帯との間の広範な格差というような経済的二重性を克服することを狙っている。

農村地域における発展政策は、次の事項に集約される。

- 農業の近代化
- 既存の肥沃地の保存は勿論のこと、砂漠地の開拓による可耕地の拡大
- 農村地帯においてより良い経済構造を創出するために多面的な活動(activities)を実施すること
- 農業所得を増大することによって、農業から他部門への流出を弱めること

#### 2. 2. 5 デルタ地域開発戦略

デルタ地域は、主に農業地帯である。農業発展に関する主要課題は、伝統的耕種法、零細分散土地所有制、貧弱な土壌肥沃度、綿実のような特定主要作物の収益の減退、貸金増加による生産費の増加等である。これらの課題に取り組むために、計画は次のような戦略を立てている。

農業機械化、及び土地の質と水の取得可能性に応じた改良作物等の新農法を導入すること。すなわち、

- 灌漑排水網の改良と拡大
- 大豆やてん菜のような新しい作物を導入し、新たに農村工業を導入し、就労機会を創出すること。
- 地域の北部において多くの農地開拓を実施すること。
- 飼料やてん菜加工業を新たに導入し、繊維工業を拡張する。そのために必要なクレジットを工業開発銀行を通じて可能にする。
- 地域により多くの投資と生産活動を誘致するためにインフラストラクチャーを高い優先度で促進すること。

### 第3章 土地資源





### 第3章 土地資源

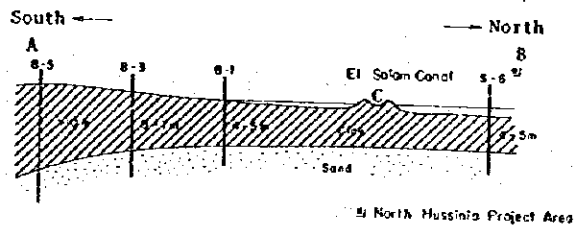
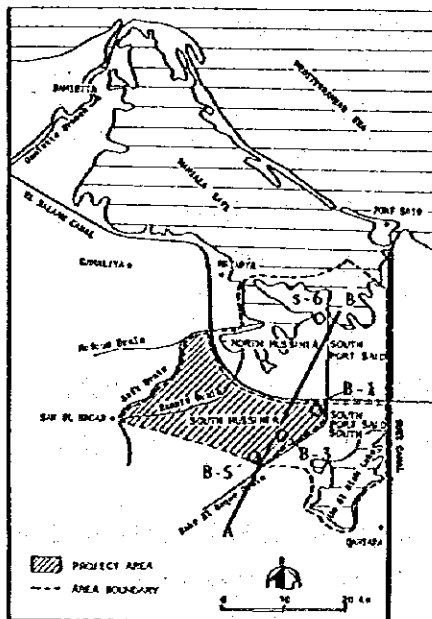
#### 3. 1. 自然条件

計画地区はナイルデルタの北東端に位置し、その総面積は74,700フェダンである。計画地区は湿地及び洪水地を含む平坦地よりなり、標高1 ~ 3mの間に北東方向に1/5,000 ~ 1/10,000の緩かな勾配をもっている。

計画地区の位置と地形は、フェーズIレポートで既に述べられたとおりであるが、フェーズI調査が行われた1980年以降、El Salam水路の建設工事が進捗し、計画地区内の掘削工事は数ヶ所の現況排水路との交差点を除くと、ほぼ完了している。

計画地区の気候は暑い乾燥した夏に特徴づけられ、ケッペンの分類による「乾燥、高温沙漠」に属する。ソイル・タクソノミーの定義によると計画地区の土壤水分及び土壤温度レジームは各々「トローリック（乾燥）」及び「サーミック（高温）」の範疇に入る。一方、湿地及び洪水地域の土壤水分レジームは「パーアキック（地下水位が常時地表あるいは地表のごく近くにある）」の範疇に入る。

計画地区は、新しい細粒質の第四紀の河成-湖成堆積物より形成されている。ナイル河によって運ばれてきた土壤の沈積を通じて、土壤断面には、細粒質と粗粒質の堆積物が交互に層を成している。一般に、様々の深さからはじまる砂の層の上に粘土あるいはシルト質粘土層が堆積している。また、かつての海岸線と思われる所には、地表より5 ~ 7mの深さに貝殻を含む層が現われる。粘土あるいはシルト質粘土の層厚は、マンザラ湖に向かって減少する傾向がみられる。



土地形態学的には、次の特徴的地形を含んでいる。即ち、河成—海成湿地（粘土質湿地及び粘土質低平地）、粘土質平原、及び粘土質丘陵である。図III-1は計画地区の土地形態及び傾斜区分図である。傾斜区分別面積は次に示すとおりであるが、全地区の90%は粘土質低平地及び粘土質湿地によって占められている。粘土質平原は、標高のやや高い地区の南側周辺部に見られるにすぎない。

傾斜区分別面積表

傾斜区分	面積		土地形態
%	フェダン	%	
0.1 以下	31,310	41.9	粘土質湿地及び
0.1 ~0.2	14,190	19.0	粘土質低平地（土漠）
0.2 ~0.3	20,740	27.8	
0.3 ~0.5	6,600	8.8	粘土質平原
0.5 ~1.0	1,310	1.8	
1.0 以上	550	0.7	粘土質丘陵
計	74,700	100.0	

水質に関しては、表流水の場合は、測定時の流量によって大きく変動するが、一般に塩類濃度は次に示すとおりである。

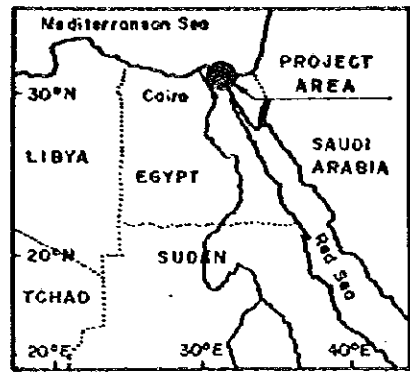
		全可溶性塩類濃度(ppm)
表流水	- 排水路	1,200 - 2,700
	- ナイル河（下流部）	700 - 1,000
停滞水	- マンヅラ湖	約 2,000
	- 養魚池	4,000 - 8,000
	- 窪地	10,000 - 150,000
地下水	- （地区内）	20,000 - 150,000

土壌の塩類集積、さらに利用可能な水の不足によって、自然植生は湿地及び洪水地周辺部に生育する *Salicornia* 及び *Phragmites* である。広大な粘土質低平地は裸地である。低い粘土質丘陵のふもとに耐旱、耐塩性植物 *Tamarix* がまばらに生育する程度である。

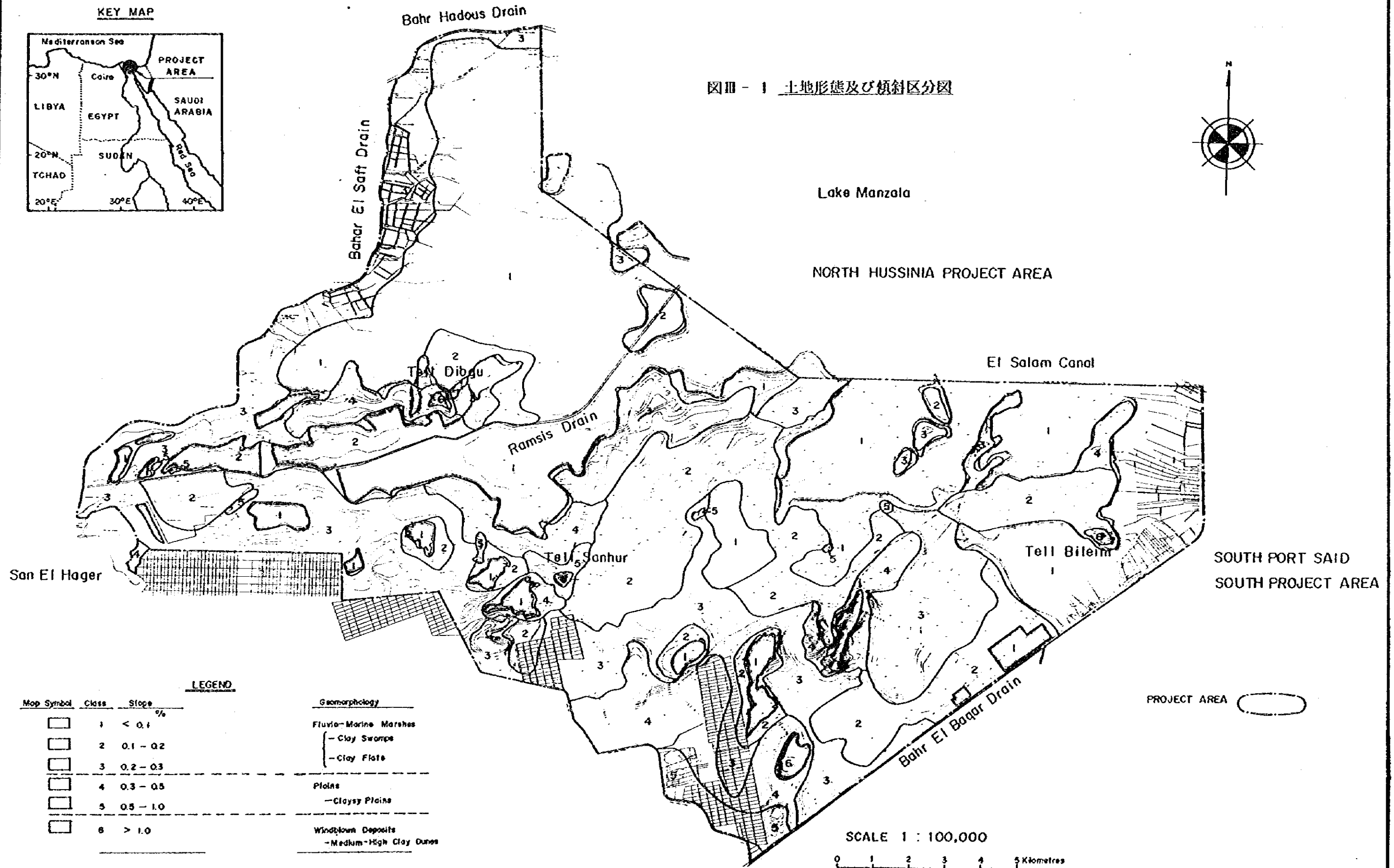
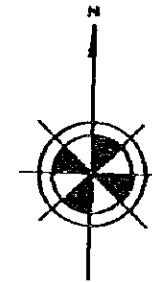
計画地区の農業については、フェーズIレポートでは、当時saff排水路沿いと地区の南端部にある6,000 フェダンの農地を除いてほとんど活発な農業活動がみとめられず養魚についてのみ記述している。今回の調査で、特に、El Baqar, Ransis, Saff, Hadous の各排水路沿いに農業活動の拡大がみとめられた。さらに、計画地区は、タイムールとハノン・プロジェクトの2ヶ所の政府による開墾事業が行われた地区を含んでいる。計画地区の現況土地利用は図III-2に示すとおりであり、各々の面積は次表の如くである。



KEY MAP



図III - 1 土地形態及び傾斜区分図



LEGEND

Map Symbol	Class	Slope %	Geomorphology
[Symbol 1]	1	< 0.1	Fluvia-Marine Marshes - Clay Swamps - Clay Flats
[Symbol 2]	2	0.1 - 0.2	
[Symbol 3]	3	0.2 - 0.3	
[Symbol 4]	4	0.3 - 0.5	Plains - Claysy Plains
[Symbol 5]	5	0.5 - 1.0	
[Symbol 6]	6	> 1.0	Windblown Deposits - Medium-High Clay Dunes

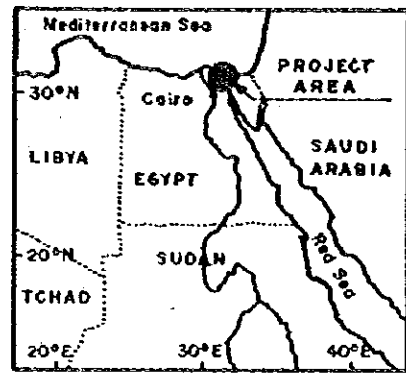
SCALE 1 : 100,000



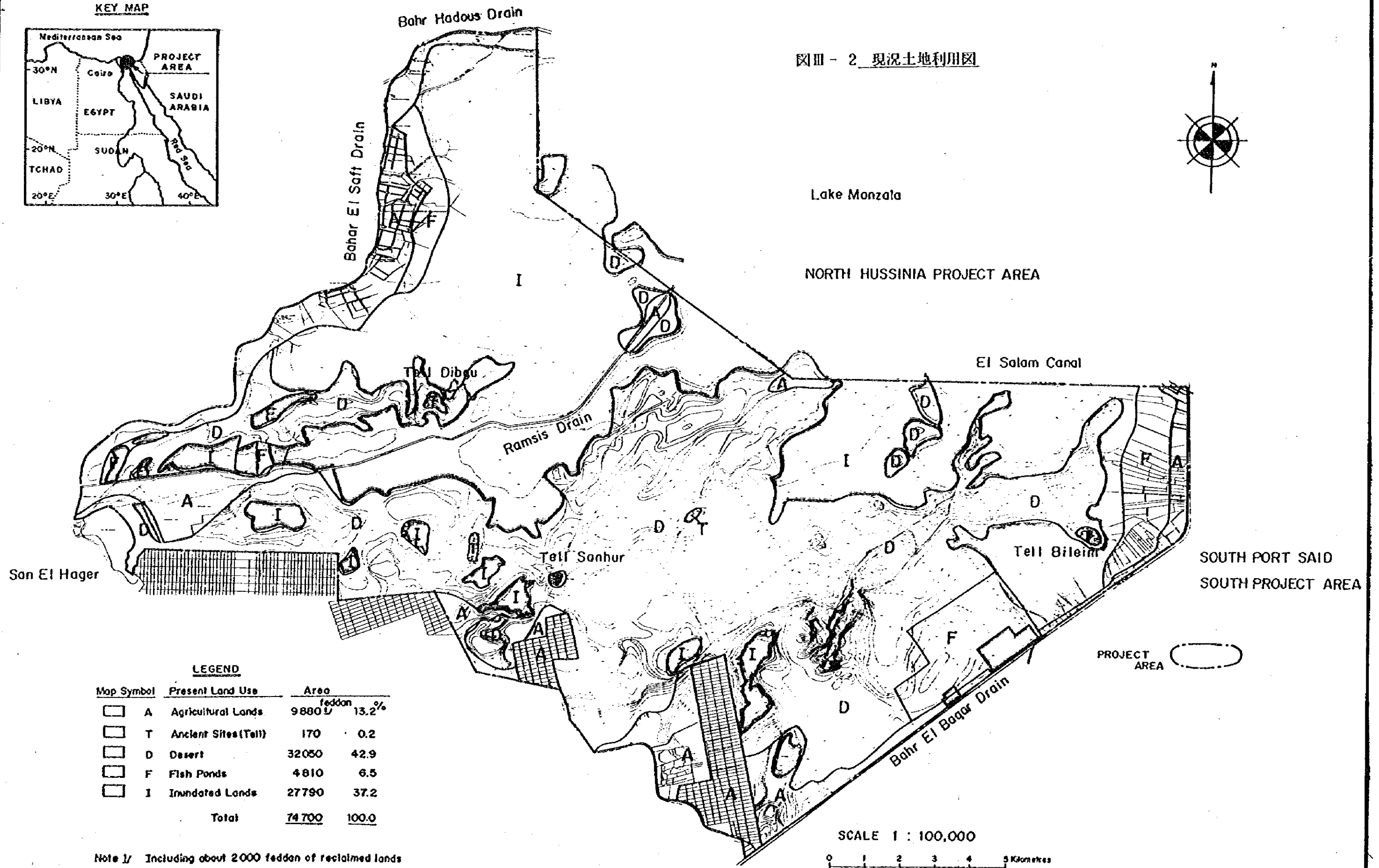
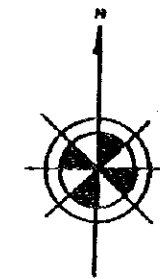
SOUTH PORT SAID  
SOUTH PROJECT AREA

PROJECT AREA

KEY MAP



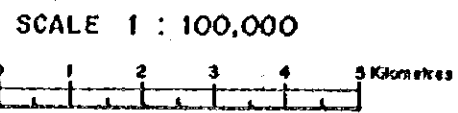
图III - 2 現況土地利用図



**LEGEND**

Map Symbol	Present Land Use	Area	
[Symbol A]	Agricultural Lands	9880	13.2%
[Symbol T]	Ancient Sites (Tell)	170	0.2
[Symbol D]	Desert	32050	42.9
[Symbol F]	Fish Ponds	4810	6.5
[Symbol I]	Inundated Lands	27790	37.2
	<b>Total</b>	<b>74 700</b>	<b>100.0</b>

Note 1/ Including about 2000 feddan of reclaimed lands





土地利用	面積	
	フェダシ	%
農地	7,800*	10.5
遺跡	370	0.5
沙漠	34,080 <sup>1</sup>	45.6
養魚池	4,810	6.5
湛水地	27,560	36.9
計	74,700	100.0

(注) \* 約 2,000 フェダシの開墾地を含む。

### 3. 2. 調査の目的と方法

今回の土壌調査は、フェーズ I レポートを補完し、さらに計西地区土壌の排水能及び開墾可能性を区分するに十分な資料を得るため、1983年10月15日から12月4日にわたる期間に実施された。

計西地区の排水、開墾可能性を区分するためには、透水層を確認するための土壌断面調査、および透水試験が行われた。さらに、今調査のもう一つの目的は、現在進行中の北部ホサイニア及び南部ポート・サイドプロジェクトの調査と各分類方式を整合することであった。なお、この土壌調査では、次に示す各項目の調査が行われた。

- 土壌断面調査
- 透水試験
- 土壌の物理、化学分析
- リーチング試験
- 粘土鉱物の同定
- ボーリング調査 (10m 深度)

図III-3に調査を行った土壌断面の位置を示した。

### 3. 3. 土壌分類

FAO-UNESCO編集の世界土壌図では、計西地区全域は、グライック・ソロンチャクにおおわれている。フェーズ I レポートでは、計西地区土壌は FAO のハイ・ダム土壌調査プロジェクトで用いられた土壌統名にならない、Clay Swamp (Ms)、Port Said (Ps)、Manzala (Ma) の三つの土壌統に大別されている。

さらに、これらの土壌統は、排水状態あるいは標高、堆積物の程度、土壌表面の状態 (例えば堆積皮殻など)、それに土性などによって土壌タイプに細分されている。これらの土壌統は、今回の調査で用いられたソイル・タクソノミーの分類方式によると次の亜群及びファミリーに相応する。

Clay Swamp 統 (Ms) : 'スルフィック・ヒドロアケント' 亜群の '極細粒粘土質、モンモリロナイト、サーミック' ファミリーあるいは 'ティピック・サルオルシッド' 亜群の '細粒粘土質、モンモリロナイト、サーミック' ファミリーの還元型

Port Said 統 (Ps) : 'ティピック・サルオルシッド' 亜群の '細粒粘土質、モンモリロナイト、



KEY MAP

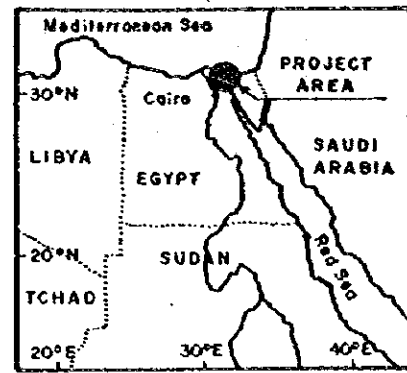
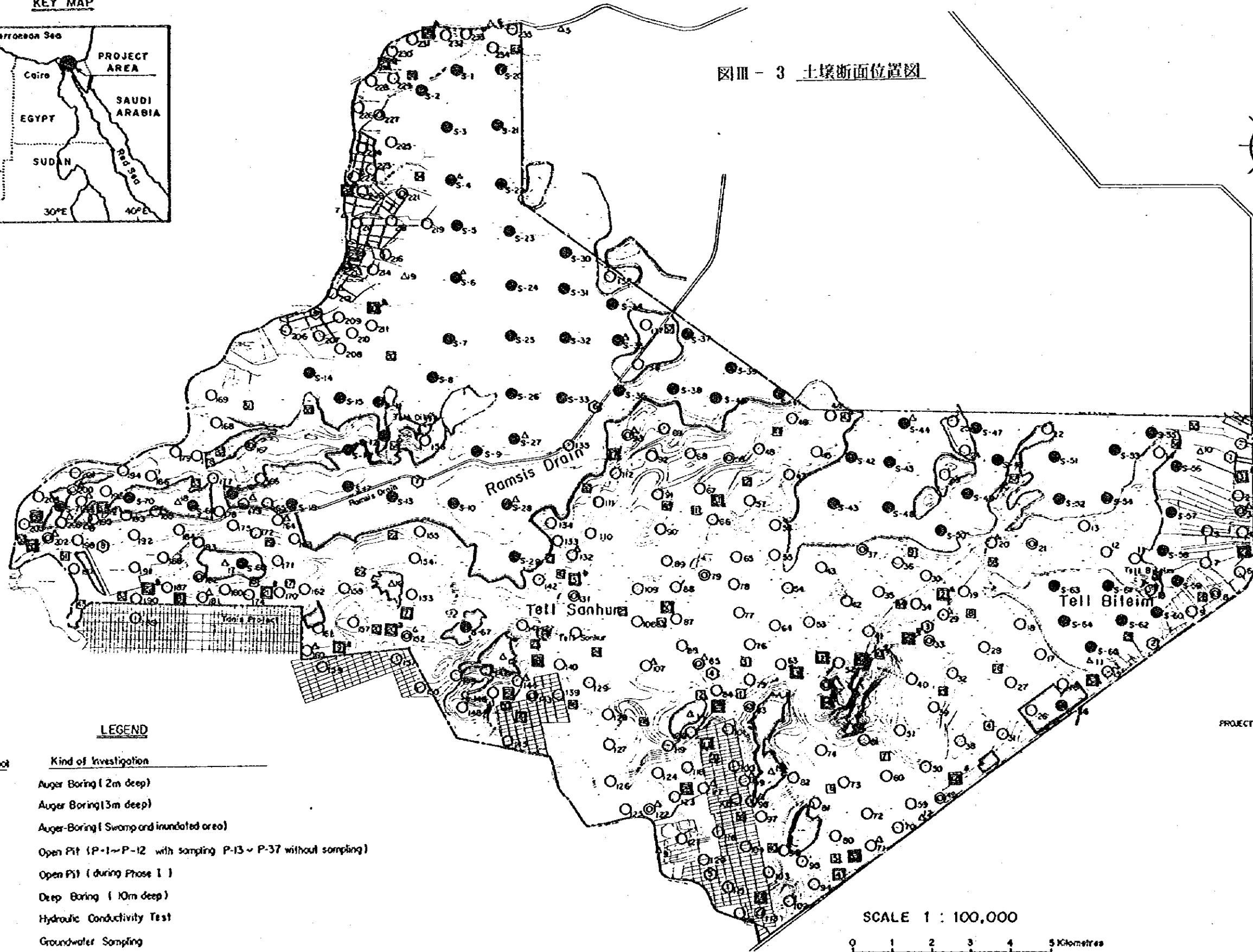
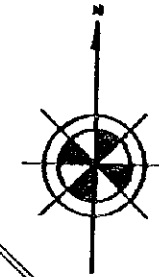


图 III - 3 土壤断面位置图



LEGEND

Map Symbol	Kind of Investigation
○	Auger Boring (2m deep)
⊙	Auger Boring (3m deep)
●	Auger-Boring (Swamp and inundated area)
□	Open Pit (P-1~P-12 with sampling P-13~P-37 without sampling)
□	Open Pit (during Phase I)
○	Deep Boring (10m deep)
○	Hydraulic Conductivity Test
□	Groundwater Sampling
△	Surface Water Sampling

SCALE 1 : 100,000



PROJECT AREA



サーミック・ファミリーあるいはティピック・ジブシオルシッド・亜群の極細粒粘土質、モンモリロナイト、サーミック・ファミリー

Manzala 統(Ma) : ティピック・トリオルセント・亜群の細粒壤土質、モンモリロナイト、サーミック・ファミリー

今回の調査では、計西地区土壌は、合衆国農務省によるソイル・タクソノミーの方式によって分類された。この方式は現在進行中のエジプト国土資源マスタープラン・プロジェクトでも採用されており、原則としてそれぞれの土壌を特徴的層位によって分類するものである。図III-4は計西地区の土壌分類を示したものである。各図示単位とその面積は下記に示すとおりである。

図 示 単 位		面 積	
(亜群)	(ファミリー)	(フェダ)	(%)
ティピック・サルオルシッド	細粒粘土質、モンモリロナイト、 サーミック (還元型)	9,440	12.6
同上	細粒粘土質、モンモリロナイト、 サーミック	19,220	25.7
同上	細粒シルト質、モンモリロナイト、 サーミック	10,230	13.7
ティピック・ジブシオルシッド	極細粒粘土質、モンモリロナイト、 サーミック	6,650	8.9
ティピック・トリオルセント	細粒壤土質、モンモリロナイト、 サーミック	1,600	2.2
スルフィック・ヒドロアクエント	極細粒粘土質、モンモリロナイト、 サーミック	25,830	34.8
同上	極細粒粘土質-壤土質、 モンモリロナイト、サーミック	1,730	2.3
	合 計	74,700	100.0

### 3. 3. 1. 陸地部の土壌

表層部での埴類の集積が陸地部土壌の基本的な土壌生成過程であり、その特徴は次のとおりまとめられよう。

- (1) 風積による薄いシルト層の下に鋭く厚いモンモリロナイト粘土層。
- (2) 高い蒸発量のもとで、埴類を含んだ地下水の毛細管上昇によってもたらされた土壌表面上、あるいは表土層における埴類の集積。
- (3) 強く圧縮、硬化された心土層。
- (4) 様々の形態をとった石膏に富む層。

陸地部土壌は、ティピック・サルオルシッド、ティピック・ジブシオルシッド、ティピック・トリオルセントの三つの亜群に分類された。

(注) \* フェーズIレポートでは陸地部土壌の一般的性質を詳細に記述してある。それ故、フェーズIレポートで既に述べられている事は反復をさけるため、報告書では省略されている。

KEY MAP

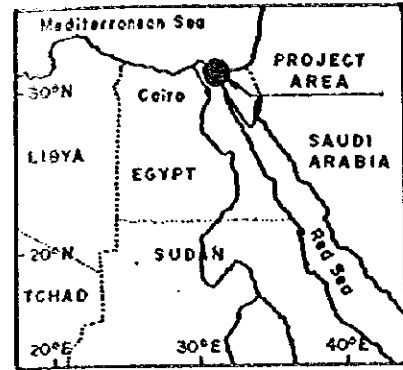
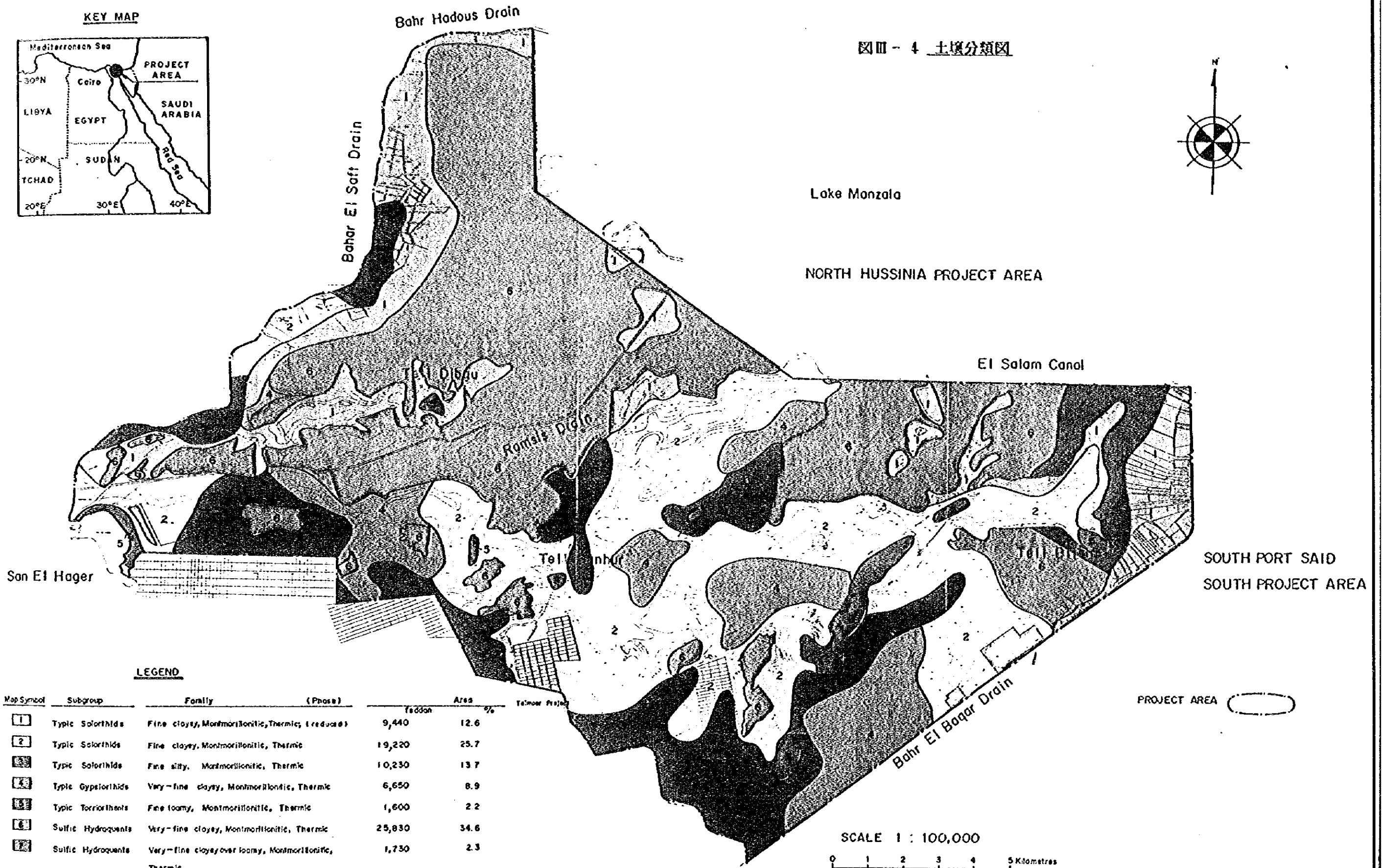
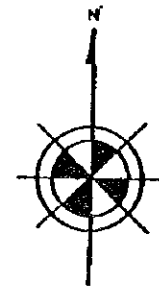


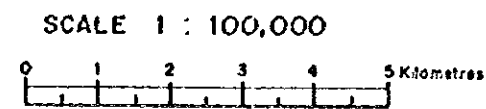
图 III - 4 土壤分類圖



LEGEND

Map Symbol	Subgroup	Family	(Phase)	Area Fadon	Area %	Volume Proj.
1	Typic Solorthids	Fine clayey, Montmorillonitic, Thermic, (reduced)		9,440	12.6	
2	Typic Solorthids	Fine clayey, Montmorillonitic, Thermic		19,220	25.7	
3	Typic Solorthids	Fine silty, Montmorillonitic, Thermic		10,230	13.7	
4	Typic Gypsolorthids	Very-fine clayey, Montmorillonitic, Thermic		6,650	8.9	
5	Typic Torriorthents	Fine loamy, Montmorillonitic, Thermic		1,600	2.2	
6	Sulfic Hydroquents	Very-fine clayey, Montmorillonitic, Thermic		25,830	34.6	
7	Sulfic Hydroquents	Very-fine clayey over loamy, Montmorillonitic, Thermic.		1,730	2.3	
			Total	74,700	100.0	

PROJECT AREA





#### a. ティピック・サルオルシッド (Typic Salorthids)

サリック層を有することにより、陸地部土壤の約80%は、ティピック・サルオルシッド (38,890フェダ、全計西地区面積の約2分の1に相当する) に分類された。

この土壤は、沙漠のやや湿った部分に形成された非常に塩類集積のすすんだ土壤で、そこでは地下水の毛管の上昇と蒸発で地下水中に溶解している塩類がサリック層に集積する。塩類集積は表面下75cm以内、普通土壤表面のごく近くで見られる。地下水の上にはふつう毛管水で湿った層がある。地下水位が浅い所にある場合、水は毛管内を上昇し、土壤の表面に達してそこで蒸発するが、その水に溶解していた塩類は沈澱として析出する。この毛管上昇は継続的に進み、その結果、土壤の表面と土壤断面の上部に可溶性塩類が集積するのである。塩類が土壤表面に析出すると白色の塩類皮殻ができる。地下水位が浅く、周囲より塩類濃度の高い地下水が集まってくる窪地部では、硬く厚い塩類皮殻(厚さ2~3cm)が表面をおおひ、また無数の小さな塩(NaCl)の結晶が表層土中にみられる。塩類皮殻がみられる窪地よりも少し標高の高い所では、多数の微細な塩類の針状結晶を含んだふわふわした土壤構造が表面直下にみられる。これは塩類が結晶する時に土壤の孔隙を嵩たし土壤粒子をおしのけた結果、土壤の表層が膨軟となったものである。

土壤の化学分析の結果は、ほとんどの土壤のECeは16~84 mS/cmの範囲にあることを示した。このように、土壤の形態学的特徴および化学的性質とともにサリック層の存在を証明した。

土性は主としてモンモリロナイトから成る粘土とシルト質粘土である。しかし、より粗い土性も一部にみられる。この土壤はごく少し有機物を含むが、気相率は極めて小さく、土壤構造の発達是非常に弱い。

地下水は、一年のある期間は表面下1m以内の層まで土壤を飽和する。その結果、地下水位の違いによって、異なる深さでグライ層が出現する。これらの土壤は水分を比較的低い張力で保持しているが、可溶性塩類による高い浸透圧によって土壤は生理的水分欠乏状態を呈する。さらに、一部に硬盤が心土に形成されている所がある。これら因子が相互に作用して土壤の排水性を制限している。

現在は、これらの土壤の僅かの面積しか農地として利用されていない。これらの農地では水稲とエジプト・クローバーが主として栽培されている。年間を通じて水の得られる湿地及び洪水地の近くの低地では、耐塩性植物の *Salicornia Chenopodium*, や *Tamarix Nilotica Ehrenb* が生育している。しかし、広大な土漠は、土壤の塩類集積によって、ほとんど裸地である。ごくまばらに矮性の *Tamarix* がみられるにすぎない。

これらの土壤はさらに粒徑組成、粘土鉱物、土壤温度クラスによって次のファミリーに細分された。

- 細粒粘土質、モンモリロナイト、サーミック \*
- 細粒シルト質、モンモリロナイト、サーミック

(注) \* 図化の際、このファミリーは更に還元層の出現する深さによって分類された。

#### b. ティピック・ジブシオルシッド (Typic Gypsiorthids)

種々の形態をした石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )を多量に含むジブシック層が一部の極細粒粘土質土壤でみとめら

れた。このジブシック層は表層下1メートル以内にあるので、これらの土壤はティビック・ジブシオールシッドに分類された。これらは大体、やや窪んだ土地にみられ、6,650フェダンを即ち、陸地部の14%を占める。

この土壤は表面に数多くの明黄褐色で透明な石膏薄片(2~20mm)、あるいは表層土中に無数の微細な石膏の白色結晶を含んでいる。土壤の化学分析によると、これらの土壤にはおよそ5%の石膏が含まれている。石膏の集積の多くは、土壤断面中の毛管水帯より上に生じていることから、これらの石膏の起源は地下水の蒸発による沈澱によって形成された二次的なものであると考えられる。

これらの土壤は有機物をほとんど含まない。自然植生もほとんどみられない。ごく限られた面積が養魚池として利用されているにすぎない。

計画地区内では、極細粒粘土質、モンモリロナイト、サーミック・ファミリーがみとめられた。

### c. ティビック・トリオルセント(Typic Torriorthents)

粘土質丘陵では、顕著なサリック層も、他の特徴的層位も見いだされなかった。そこでこれらの土壤はティビック・トリオルセントに分類された。これらの土壤は緩やかな傾斜面にあり、面積は1,600 フェダンを、即ち、陸地部の約3%を占めている。

これらの低い丘陵や凸凹の土地は、周囲の土漠のふわふわした土壤表面から風によって運ばれたものが堆積したものであり、一般に乾燥しており、若干の塩類集積がみられる。しかし、地下水の毛管上昇を抑える程度に比較的深い所に地下水位があるので、表層土中の塩類の集積は他の土壤よりも少ない。

ごくまばらな自然植生しかないので、土壤中にほとんど有機物が含まれない。耐旱、耐塩性植物の *Tamarix* のみが見られる。この植物は、凸凹の地表を形成する原因ともなっている。現在、これらの土地は何ら利用されておらず、侵食をひどく受け易い。

計画地区内では、細粒壤土質、モンモリロナイト、サーミック・ファミリーがみとめられた。

### 3. 3. 2. 湿地及び湛水地

面積27,560フェダンを、即ち、全計画地区の約37%を占める湿地及び湛水地が計画地区の北半分をおおっている。これらの土地は El Salam水路を境として、北部ホサイニア計画地区に接している。この水路の建設によって土壤の分布が断絶されるわけではないため、これらの土壤の分類は北部ホサイニア計画地区のものと同整合されなければならない。

この土壤は9,600 ~37,000 ppmの塩類濃度をもつ塩水によって常時湛水されている。断面はグライ化作用を示すが、他に特徴的層位は何ももたない。断面は主としてモンモリロナイト粘土より成り、非常に粘着性がある。また下層に緻密な層がみられる。また、計画地区の北東端近くに1,730 フェダンの砂質壤土、あるいは砂質植壤土層を断面中に有する土地がみとめられた。

一般に、最上部の層は強く還元されており、暗緑あるいは青灰色を呈し、その下には灰褐色の粘土層が

続き、さらに1m以深に再び暗青灰色の還元層が出現する。

水中で粘土が堆積したため、仮比重は小さく、水分含量は高く乾土重にすると100%以上となる。最上部には、ヘドロ様の極めて軟かい粘土が堆積している。その下には比較的硬い、N値は1以上の強度をもつ層がある。さらに非常に緻密な層を下部にもつ断面もしばしばみられる。

図化に際して、これらの土地は、その断面がグライ化作用を示すことと硫化物を含む層があることを除くと他に特徴的層位をもたないことから、スルフィック・ヒドロクエントに分類した。常時湛水条件下にある土地に対して、ソイル・タクソノミーの分類方式が適用されるかについてはなお賛否両論あろうが、これらの土地については粒径組成の違いから更に次の2つのファミリーに細分を行った。

- ・ 極細粒粘土質、モンモリロナイト、サーミック
- ・ 極細粒粘土-壤土質、モンモリロナイト、サーミック

耐塩性植物 Salicornia Chenopodium と草(Phragmitis)が主な自然植生である。湛水地の周辺部には、養魚池がつくられている。

一般に、表層部の支持力が弱いため、水深は浅くとも(陸地部に近い周辺部では10cm内外)、自然植生による支持強度の強化がなければ、住民や家畜の歩行は極めて困難となる。

さらに、北部ホサイニア計西地区の調査によると、堆積物中に硫化物に富む層があることがわかった。

湿地および湛水地を干陸すると、仮比重は増加し、モンモリロナイト粘土層に亀裂が入る。また、硫化物は酸化され、硫酸酸性を呈するようになる。

### 3. 4. 排水、塩類集積、土壌のアルカリ化

#### 3. 4. 1. 排水の問題

計西地区は河成-海成堆積物によって形成された粘土質低平地(土漠)に主としており、次の因子が土壌の排水性を制約している。

- (1) モンモリロナイト粘土
- (2) 未発達な土壌構造(低い孔隙率、有機物含量)
- (3) 浅い地下水位
- (4) 心土にある透水不良な硬化層
- (5) 高い置換性ナトリウム

このような、劣悪な排水能は計西地区内のあちこちに排水不良による湛水地を生じさせている。土地の排水能は将来の開墾計画を樹てる際重要な要素となる。計西地区土壌の排水能は、地下水の状態や地形的条件を考慮するとともに、現場透水試験、土壌断面調査、土壌物理試験の結果から決定された。

土地の排水能分級のための基準は次のとおりである。



排水能クラス	浸透性 (m/24時間)	土性
1. やや良	>0.5	SiL, SL
2. 普通	0.25-0.5	SiCL, SCL, SiL,
3. やや悪い	0.1-0.25	SiCL, SiC
4. 悪い	0.05-0.1	SiC, C
5. 非常に悪い	<0.05	C, HC

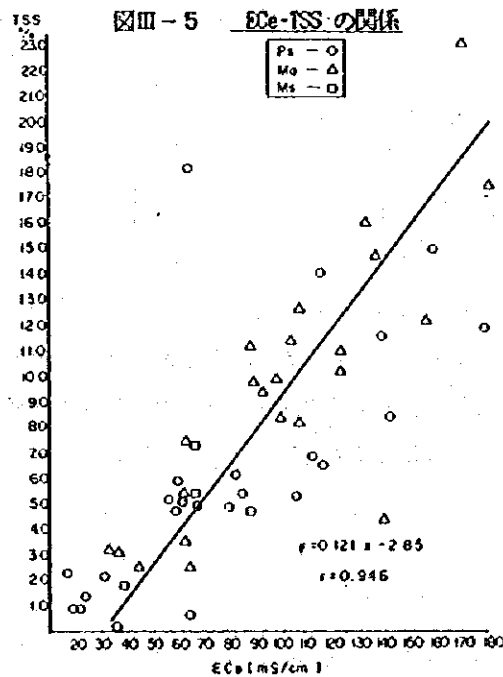
図Ⅲ-6は計画地区の排水能分類図であり、各クラス別面積は次のとおりである。

排水能クラス	面積	
	(フェダ)	(%)
1. やや良	5,300	7.1
2. 普通	8,210	11.0
3. やや悪い	9,560	12.8
4. 悪い	16,730	22.4
5. 非常に悪い	34,900	46.7
合計	74,700	100.0

計画地区の約2分の1は、現状のままでは非常に悪い排水能であるので、これらの土地の開墾に際しては、リーチングに先んじて土壌の排水性の改良が最重要課題となる。

### 3. 4. 2 土壌の塩類集積

土壌の塩類集積は土壌飽和抽出液の電導度(ECe)を測定することによって推定した。図Ⅲ-5はECeと全可溶性塩類濃度(TSS)の関係を示したものである。この両者間には高い正の相関がみとめられた。





KEY MAP

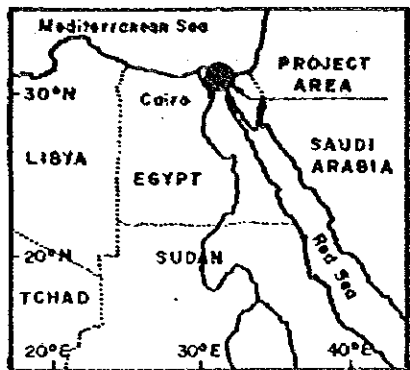
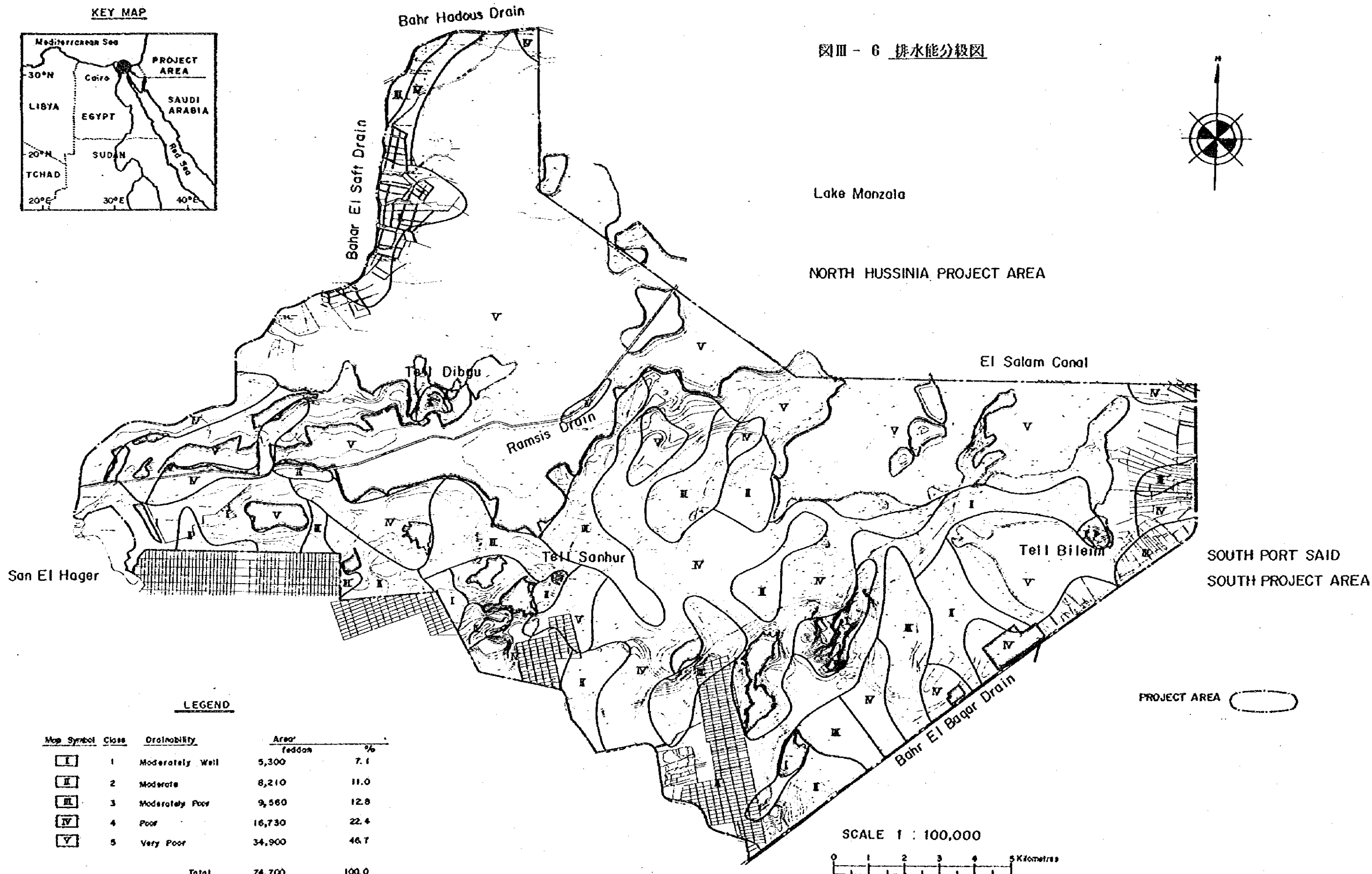


图 III - 6 排水能分級图



LEGEND

Map Symbol	Class	Drainability	Area feddan	%
I	1	Moderately Well	5,300	7.1
II	2	Moderate	8,210	11.0
III	3	Moderately Poor	9,560	12.8
IV	4	Poor	16,730	22.4
V	5	Very Poor	34,900	46.7
Total			74,700	100.0

PROJECT AREA

SCALE 1 : 100,000



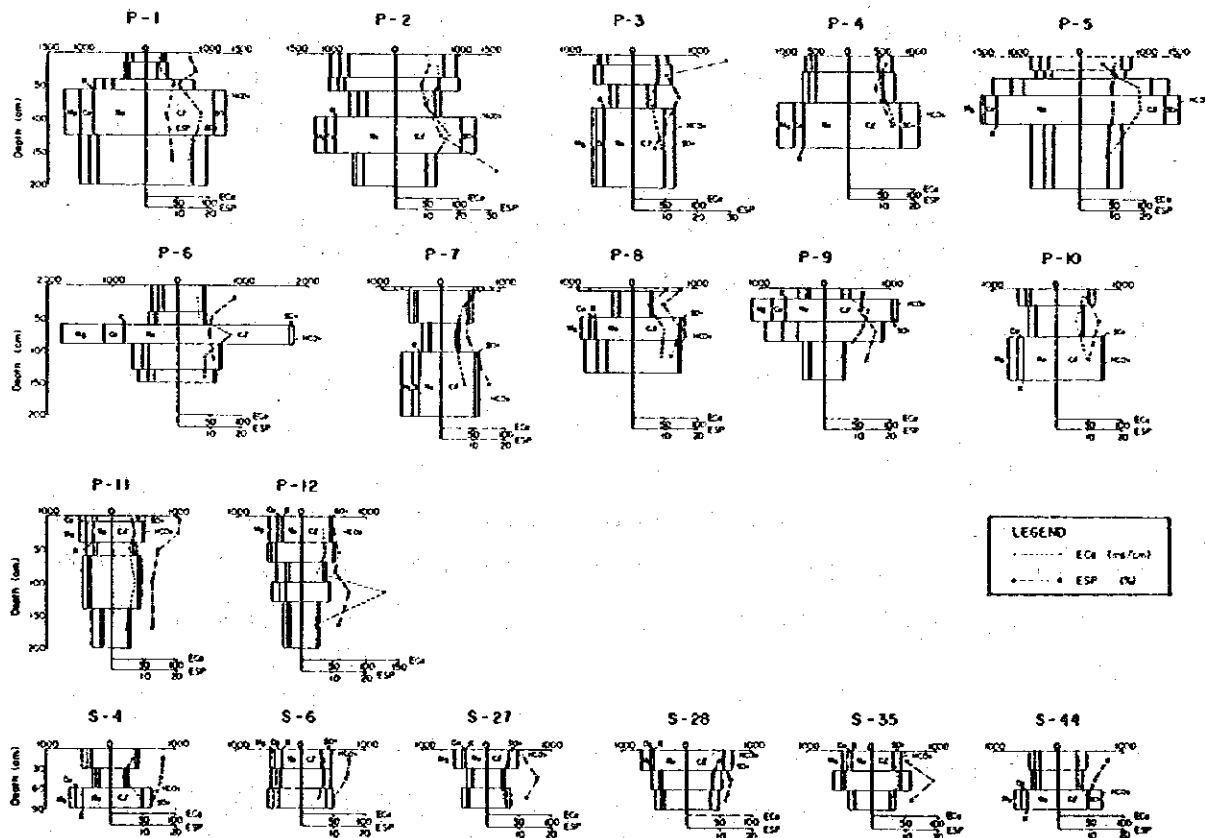


土壌の化学分析の結果からも計西地区土壌は高い塩類集積を示すことに特徴づけることができる。即ち、大部分の土壌のECe 値は16mS/cm 以上である。合衆国塩害研究所の定義によれば、計西地区は全域塩類土壌に入る。

合衆国塩害研究所の定義

	ECe(mS/cm)	ESP(%)	pH
塩類土壌	> 4	<15	<8.5
アルカリ土壌	< 4	>15	>8.5
塩類-アルカリ土壌	> 4	>15	>8.5

図III-7はカチオン-アニオン、ECe、ESPの土壌断面中の垂直分布を示したものである。主要なカチオンとアニオンはそれぞれナトリウムと塩素である。塩類の垂直分布は、傾向として既耕地(P-3,P-11,SP-12)では比較的均一な分布を示すが、未開墾地ではある深さの所に集積されていることがわかる。



図III-7 カチオン-アニオン、ECe、ESPの垂直分布

表層土中の塩類の集積は地下水の毛管上昇によるものであるが、ソ連のポリノフ(1956)は、塩分レジーム・インデックス(S)を提案している。これは次式によって算出される。

$$S = \frac{\text{地下水中のCl/SO}_4}{\text{表層土中のCl/SO}_4}$$

Sが1以下の場合、土壌は塩類集積の過程にあり、1以上の場合には脱塩過程にあると考えられる。この式を計画地区土壌について算出すると、地区南部の既耕地が脱塩過程にある以外は、ほとんど塩類集積過程にあることが確認された。

表層土と心土の塩類集積区分を示したのが図Ⅲ-8及びⅢ-9であり、各クラス別面積は次表のとおりとなる。

塩類集積クラス	ECe (mS/cm)	表層土について面積		心土について面積	
		(フェダン)	(%)	(フェダン)	(%)
1. やや集積	4-8	-	-	1,290	1.7
2. 普通	8-16	8,120	10.9	5,200	7.0
3. 強く集積	16-32	23,690	31.7	37,580	50.3
4. 非常に強く集積	32-64	35,500	47.5	25,530	34.2
5. 異常に近い集積	64 以上	7,390	9.9	5,100	6.8
計		74,700	100.0	74,700	100.0

表層土、心土ともに約90%の土地は16mS/cm以上と強い塩類集積を示しており、土壌排水性の改良と並んで、これら過剰な可溶性塩類の洗脱が必要である。

更に、図Ⅲ-10は、地下水位の深さとその塩分濃度を示したものである。一部の浅い地下水で近くの湛水地域の滯留水と何らかのつながりをもったものを除いて、地下水の塩類濃度は極めて高い。

### 3.4.3 土壌のアルカリ化

土壌のアルカリ化は、ナトリウムの植物に対する害とあわせて、土壌の透水性を著しく退化させる。高い置換性ナトリウムは粘土分を分散させることによって土壌構造を破壊し、土壌の透水性を悪化させる。概括的にみると、これらアルカリ化の進んだ土壌は、かつて灌漑をされたことのある既耕地に分布することがわかる。

### 3.5 土地開墾可能性分級

フェーズIレポートでは、土地開墾のための土地分級は土壌の生産性の評価に基づいて行われた。今回の調査では、合衆国開拓局の方式に従って作成した基準によって計画地区全域の土地開墾可能性を分級した。計画地区のための基準は下のとおりである。

土地開墾可能性分級基準

<u>分級項目</u>	<u>クラス1-可耕地</u>	<u>クラス2-可耕地</u>	<u>クラス3-可耕地</u>	<u>クラス4-限定的耕作可能地</u>
<u>土壌</u>				
土性	シルト質壤土、 砂質埴壤土、 シルト質埴壤土	シルト質壤土、 砂質埴壤土、 シルト質埴壤土	砂質埴壤土、埴土	埴土
有効土層	>2.00m	>2.00m	>1.50m	>1.00m
塩類集積(ECe)	<4 mS/cm	<8 mS/cm	<16mS/cm	<32 mS/cm
アルカリ度(ESP)	<15 %	<15 %	<15 %	<15 %
同 (pH)	<8.0	<8.0	<8.5	<8.5
<u>地形</u>				
傾斜	問題なし	問題なし	問題なし	やや起伏に富む
起伏				
<u>排水性</u>				
透水性	やや良	中程度	やや劣る	劣る
地下水位	>200 cm	>150 cm	>100 cm	>50 cm

(注) クラス5：常時湛水地の場合。

クラス6：他のクラスの最低限の基準にあてはまらない場合。

この方式は、土地条件即ち、土壌、地形、排水条件からその土地の灌漑適正を六つのクラスに分けるものである。各クラスは大略すると次のとおりである。

- クラス1. 灌漑農業最適地
- クラス2. 灌漑農業適地
- クラス3. 灌漑農業可能地
- クラス4. 限定的灌漑農業適地
- クラス5. 現況では灌漑農業不可能地  
干陸などの後、適地あるいは不適地などに分級される。
- クラス6. 灌漑農業不適地

クラス1以外のクラスは、制限因子によって八つのサブクラスに細分される。即ち、2s、3s d、4Rsd、4p l、5sd(4Rsd)、5sd(6sd)、6l、6sd である。

最終的に、計画地区の土地開墾可能性分級図は図III-11に示すとおりとなった。この図に示されるとおり、残念ながら計画地区内にクラス1の土地は見つからなかった。各クラスの土地の面積は下記のとおりまとめることができる。

土地開墾可能性クラス	面積 (フェダ)	全体に対する%
2s	6,850	9.2
3sd	16,590	22.2
4Rsd	18,340	24.6
4Pl	1,620	2.2
5sd(4Rsd)	25,360	33.9
5sd(6sd)	750	1.0
6sd	4,210	5.6
6t	980	1.3
合計	74,700	100.0

クラス2s : 計画地区内は灌漑農業に最も適した土地である。これらの土地の大部分は現在耕作されているか、既に耕作できるように均平作業が済んでいる。開墾のためには、塩類集積の問題を除くと、他には制約がない。この塩類集積は洗脱が可能である。排水能はやや良好、あるいは普通程度であるので、リーチングは容易に行われ、種々の畑作物を栽培しうる。これらの土地は計画地区の西と南の境界に沿って分布している。

クラス3sd : これらの土地は灌漑農業に適している。しかし、これより上級の土地に比べ、営農面でより大きなリスクをはらんでいる。適正な管理のもとではこれらの土地は十分に利益をあげることができよう。大部分の土地はクラス2の土地よりも排水能が劣っている。それ故、リーチングはより大変であろう。即ち、より密な排水路間隔、および土壌改良もより長い期間を要するであろう。現在は耐塩性植物のSalicorniaやTamarixが生育している。これらの土地のある部分は現在水田に利用されている。リーチング後は水稲と同様に畑作物も栽培しうる。

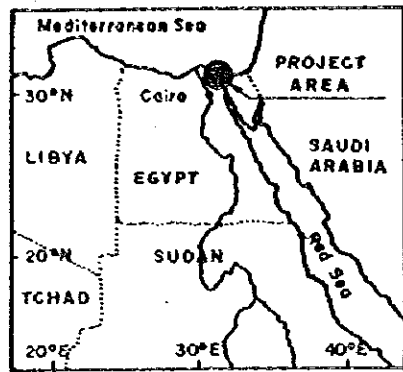
クラス4Rsd : これらの土地では排水と塩類集積が開墾の制限因子となっている。これらの土地の大部分は現在裸地あるいは養魚地として利用されている。密な排水路ネットワークによる十分なリーチング後、これらの土地は水田に利用されうる。さらに、適正な管理のもとではある種の畑作物も栽培できよう。

クラス4Pl : これらの土地は粘土質丘陵のような灌漑農業には不向きな地形を有している。この地形的制約は修正可能であるので、開墾可能地の中に入れられよう。排水能は良好なので、塩類集積は容易に洗脱しうる。これらの土地の表面は風によって運ばれてきたシルト質粘土でおおわれている。小かん木、主としてTamarixが点々と生育している。これらの土地は候装置として利用できるが、適正な管理のもとではある種の畑作物も栽培しうる。

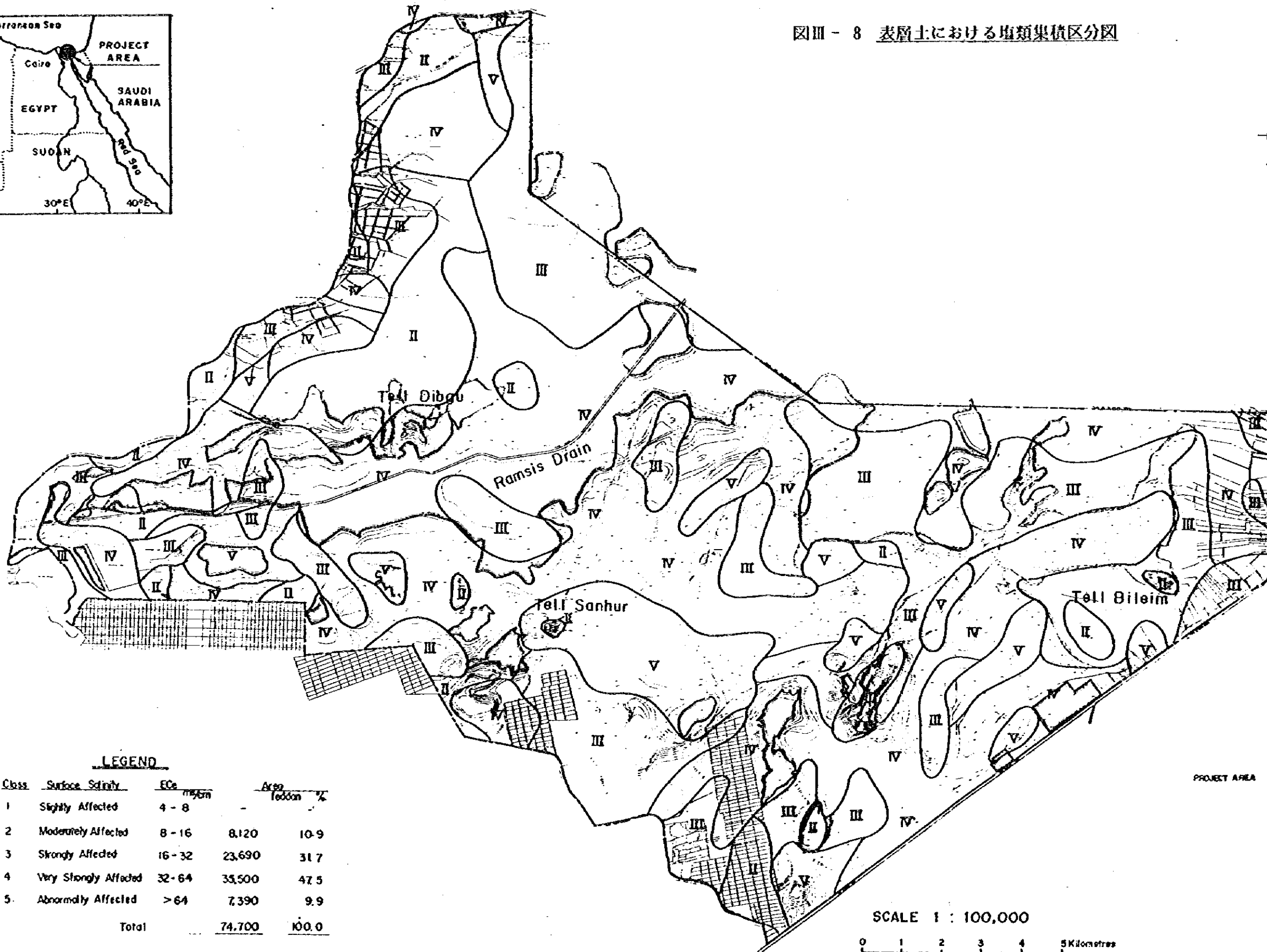
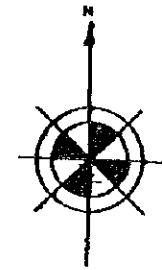


- クラス5sd : 常時湛水している湿地および湛水地がこのクラスに入る。開墾のためには、まず第一に干  
陵が必要である。大部分の土地は開墾可能であろうが、排水能が非常に悪いので最終的判  
定のためには干陵後さらに詳細な調査が必要である。現時点では、干陵後これらの土地は  
クラス4となると思われるので、5sd(4Rsd)と表記した。小面積だが、干陵後も地表面が  
窪地となるところがある。それ故、これらの部分5sd(6sd)は開墾予定地から除外されよ  
う。
- クラス6t : これらの土地は標高が高く、周囲より孤立している。これらの丘陵は“テル”と呼ばれて  
おり、ほとんどが古代住居遺跡である。この土地は良好な排水条件を有している反面、そ  
の標高の高さのため灌漑可能性は劣る。現在はこれらの土地は裸地である。標高の高い所  
が計西地区の南側周辺部に位置しているが、これらの土地は周囲と引き続いた標高であ  
る。それ故、ここではその地形条件は灌漑農業のための制約とはならないであろう。
- クラス6sd : これらの土地はほとんどが窪地あるいは湿地である。その内のある部分は隣接地から流入  
する塩分濃度の高い水で常時湛水している。一般に排水能が極めて悪い。たとえ土壌は良  
好な浸透性をもっていたとしても、排水を除去するのに困難が生じる。結局、強い塩類集  
積および極めて悪い浸透性のために、これらの土地は開墾可能地から除外される。排水面  
における制約からリーチングは長い期間を要する。ほとんどの土地は現在裸地である。

KEY MAP



図III - 8 表層土における塩類集積区分図



LEGEND

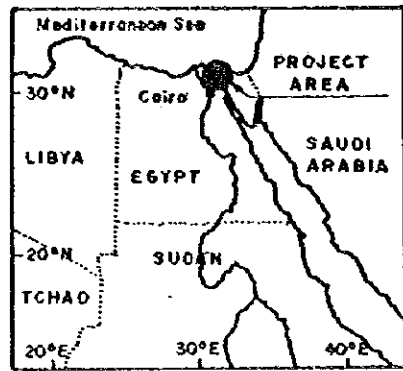
Map Symbol	Class	Surface Salinity	ECe mg/cm	Area hectar	%
	1	Slightly Affected	4 - 8	-	-
	2	Moderately Affected	8 - 16	8,120	10.9
	3	Strongly Affected	16 - 32	23,690	31.7
	4	Very Strongly Affected	32 - 64	35,500	47.5
	5	Abnormally Affected	> 64	7,390	9.9
	Total			74,700	100.0

PROJECT AREA

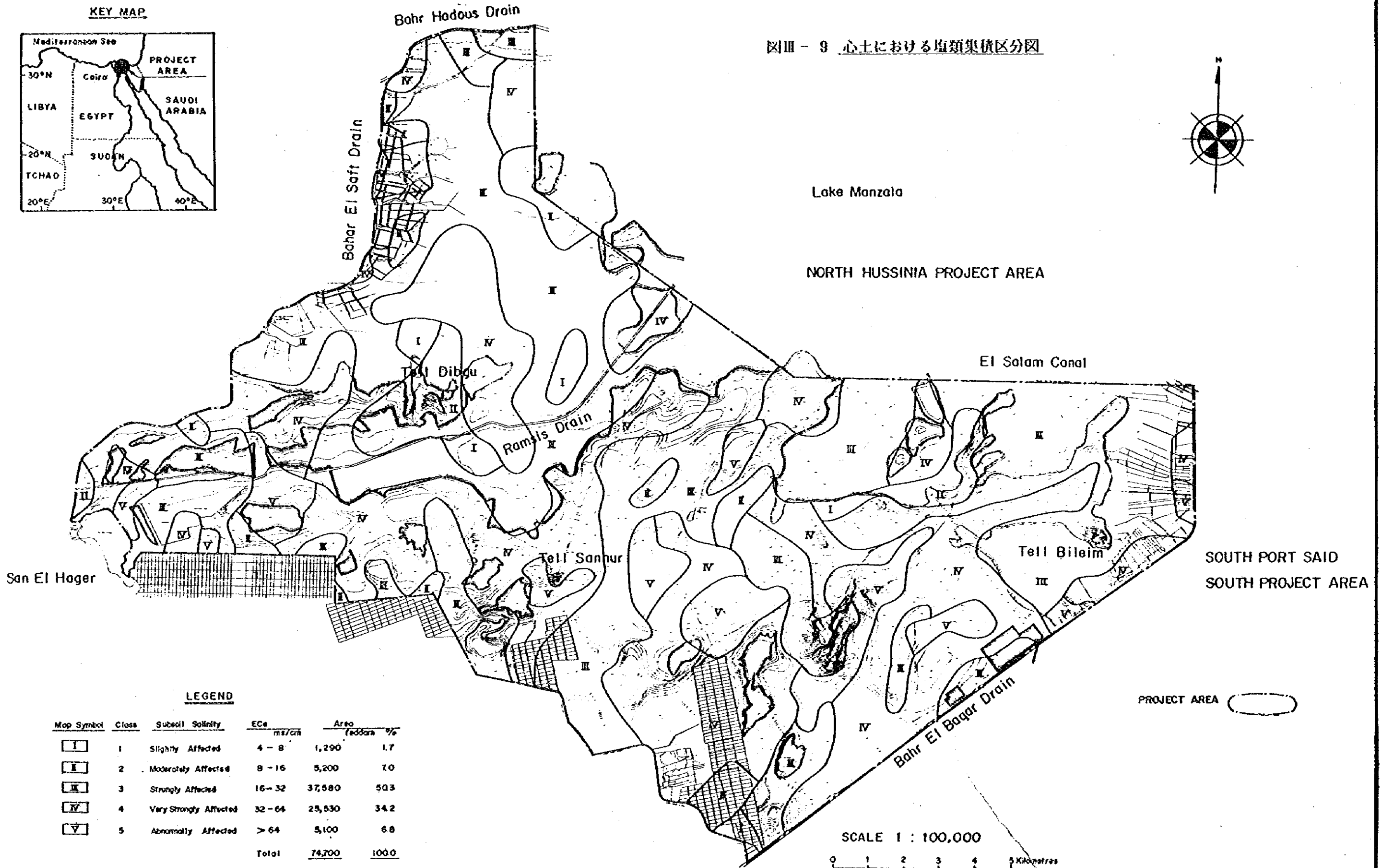
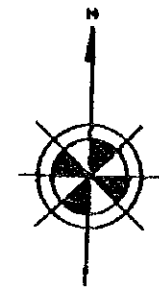
SCALE 1 : 100,000



KEY MAP



図III-9 心土における塩類集積区分図



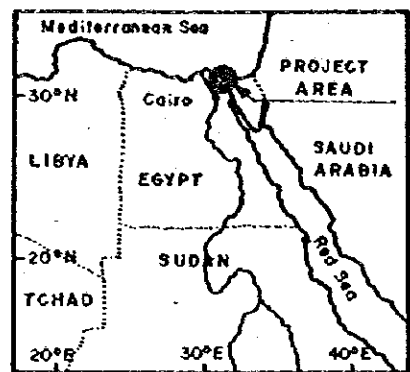
LEGEND

Map Symbol	Class	Subsoil Salinity	ECe mS/cm	Area (feddan %)
I	1	Slightly Affected	4 - 8	1,290 1.7
II	2	Moderately Affected	8 - 16	5,200 7.0
III	3	Strongly Affected	16 - 32	37,580 50.3
IV	4	Vary Strongly Affected	32 - 64	25,530 34.2
V	5	Abnormally Affected	> 64	5,100 6.8
			Total	74,700 100.0

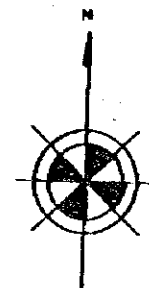
SCALE 1 : 100,000



KEY MAP



図III-10 地下水位及びその塩類濃度



Lake Manzala

NORTH HUSSINIA PROJECT AREA

El Salam Canal

SOUTH PORT SAID  
SOUTH PROJECT AREA

San El Hager

LEGEND

Map Symbol	Class	Groundwater Table cm below ground surface	Approximate groundwater table contour (cm)
I	1	> 200	90
I	2	150 - 200	
I	3	100 - 150	
I	4	50 - 100	
II	5	0 - 50	

Map Symbol	Groundwater soltnity (mS/cm)
□ 190	

PROJECT AREA

SCALE 1 : 100,000



KEY MAP

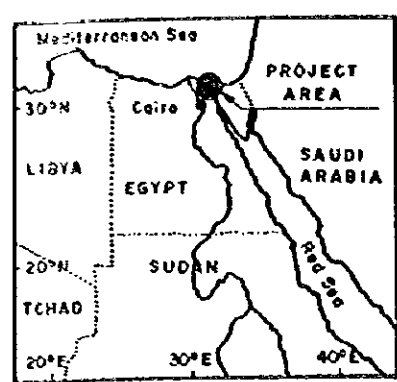
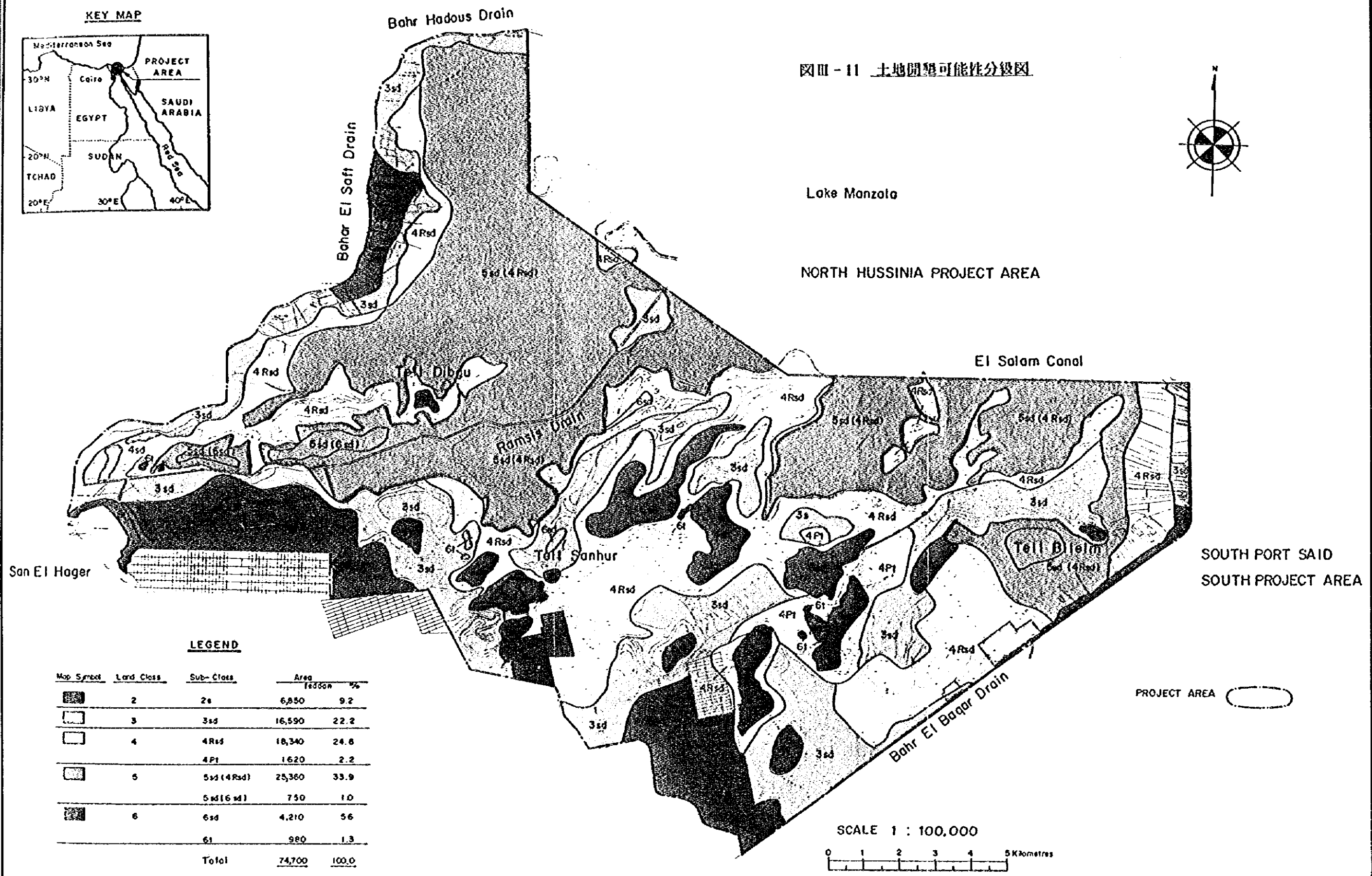
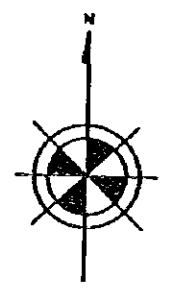
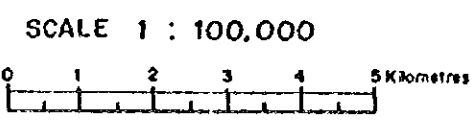


图 III - 11 土地開發可能性分級圖



LEGEND

Map Symbol	Land Class	Sub-Class	Area Fedsdon	%
[Symbol]	2	2s	6,850	9.2
[Symbol]	3	3sd	16,590	22.2
[Symbol]	4	4Rsd	18,340	24.6
[Symbol]		4Pt	1,620	2.2
[Symbol]	5	5sd (4Rsd)	25,360	33.9
[Symbol]		5sd (6sd)	750	1.0
[Symbol]	6	6sd	4,210	5.6
[Symbol]		6i	980	1.3
	Total		74,700	100.0



SOUTH PORT SAID  
SOUTH PROJECT AREA

PROJECT AREA



## 第4章 事業計画





## 第4章 事業計画

### 4.1 目的及び事業構成

#### 4.1.1 目的

本事業は、土漠地、水没地の開拓による農用地の拡大、機械化による農業生産の増大、雇用機会の創出、農村工業の導入、及び新農村建設を目的とする。

#### 4.1.2 事業の構成

##### a. 農業開発計画

- (1) 灌漑農業 : すぐれた水管理に基づく新農法の導入
- (2) 畜産 : 作付計画及び土地利用計画に適した畜産を個別経営に導入する
- (3) 農村工業 : てん菜、野菜及び畜産物の加工業の導入
- (4) 支援事業 : 集約的農業改良普及事業の整備
- (5) 農民組織 : 水管理、施設の維持管理、農産物の集出荷のための農民組織の確立

##### b. 農地開拓

- (1) 灌漑排水事業 : 灌漑排水のための基幹及び支線水路の建設
- (2) 圃場整備事業 : 整地、小用排水路、耕作道を含む末端圃場施設の建設
- (3) 道路網 : 管理道路を含む幹線及び農道の建設

##### c. 農村開発計画 : 集落及び関連施設の計画樹立

### 4.2 土地利用計画と作付計画

#### 4.2.1 土地利用計画

総面積は74,700フェダ(31,370 ha)である。この面積は地区西境のBahr Saft 排水路と南境の既設水路に沿って分布する既耕地を含む。更に、東境のBahr Baqar沿いの既耕地を含んでいる。合わせて7,800フェダである。これらの既耕地を計画受益地を含むかどうかについて比較検討を行って土地利用計画を策定した。土地所有の現況、圃場整備と灌漑排水施設、集落整備、農民組織、及び生産物の集出荷の四つの事項が検討された。結論として、既耕地と既存農家は事業計画に取り入れることとした。

土地分級図によると耕作不適地約5,940フェダが分布している。これらは極端に排水の悪い場所、丘陵の岩石地、凹地から成っており、極力集落地、工場用地、用排水路敷、道路敷として利用されよう。

計画農用地は55,740フェダ(23,410 ha)である。これは入植農家に配分されるが、全土地面積74,700フェダの75%を占める。その他の土地は集落用地、工場用地、道水路敷及び派線・末端施設用地として利用されるが、残り5,330フェダは、耕作不能地で総面積の約7%を占める。

土 地 利 用 計 画

項 目	現 況		計 画	
	フェダシ	ヘクタール	フェダシ	ヘクタール
純 耕 地	7,800	3,300	55,740	23,400
水 没 地	27,600	11,600	—	—
未利用可耕地	38,900	16,300	—	—
そ の 他	400	200	18,960 ※	8,000
合 計	74,700	31,400	74,700	31,400

(注) ※ : 詳細は次表の通り

項 目	面 積	
	フェダシ	ヘクタール
既道水路敷	500	211
耕作不能地	5,330	2,250
集落用地	1,700	718
工場用地	200	84
道水路敷	5,290	2,233
派線・末端施設用地	5,940	2,504
計	18,960	8,000

4. 2. 2. 作付計画

a. 作付体系

(1) 作物の選定

計画地区に作付けする作物は次の事項を考慮して選定される。

- i) 土壌に出分が含まれており、灌漑用水も約 800PPmの塩分を含んでいるため、耐塩性の作物であること。
- ii) 土壌が主として重粘土であること。
- iii) エジプト政府の要請に添う作物  
飼料作物、工業作物、食用作物、輸出並びに加工用野菜
- iv) 経済性が高い作物であること

耐塩性作物の選定に当たってはFAOの Water quality for Agriculture Crop Salt Tolerance Levels for Different Crops (Ayers and Westcot 1976) によった。

最終的には次の作物を選出した。

飼料作物	: ベルシーム, ソルガム
工業作物	: 大豆, てんさい
輸出加工用作物	: トマト
輸出用作物	: カリフラワー, 玉ネギ, キャベツ, 水稲

加工用作物は年間操業期間が長くなければ工場としての経済性が低下するので1作物とした。  
 なおこの他代替案として棉、小麦、大麦、小麥を加えることとした(表Ⅳ-1参照)。

## (2) 計画作付体系

計画栽培暦は図Ⅳ-1に示した。これはGARPADならびに野菜研究部の資料により、GARPADと協議して作成した。

作付体系は土壤塩分の涵養過程を想定して3段階とする。

初期段階はリーチング後2~3年で、夏作は水稻、冬作はベルシームが作付けられる。この期間の土壤塩分は、約6mS/cm期待している。

水稻栽培は土壤塩分の除去に極めて効果的である。それは水稻栽培中十分に湛水しているからである。冬期は耐塩性の高いベルシームが最適である。

中期段階は土壤塩分は4mS/cmになろう。この段階の作付体系は5~7年であろう。

完成期はその後で、土壤塩分は1.5mS/cmとなるであろう。

完成期における輪作を8種類検討し、表Ⅳ-2に示した。

4種類の作物、即ち水稻、飼料作物、てんさいおよび野菜を作付率を変えてフェダン当たりの異なった農業収入を示した。野菜栽培の作付体系から期待される農業収入はかなり高くなる。作付体系A、B、Cは在来の体系で、G体系は在来のものにてんさいを加えた改良型である。

作付体系Fの飼料作物は夏冬ともに、地域の3分の1の面積に作付けされる。F体系の純生産額はH体系より少ない。

ソルガムの粗用水量はフェダン当たり5,000m<sup>3</sup>である。これはトマトの4,000m<sup>3</sup>より多い。その結果F体系とH体系とを比較すると、H体系の方が年間農業収入と夏期の用水所要量の2点で望ましい。

H体系は換金作物を大量に包含しており、GとH体系は最終的に比較検討することとした。これらの2体系の開発過程は次のようである。

## (3) 作物体系の比較

### i) 初期段階(2~3年)

夏作	冬作
水稻	ベルシーム
2年土地分級	2, 3
3年	// 4

ii) 中期段階 (3年輪作で5~7年)

・計画作付体系 (付属書C図C-2参照)

夏 作	Y. P.	冬 作	Y. P.
水 稻	90%	ベルシーム	90%
ソルガム	100	てんさい	100
大 豆	100	野 菜	
		タ マ ネ ギ	90
		カリフラワー	80
		キ ャ ベ ツ	80
	5年 土地分級 2, 3		
	7年 // 4		

・在来作付体系

夏 作	Y. P.	冬 作	Y. P.
水 稻	90%	大 麦	100%
棉	100	ベルシーム	100
とうもろこし	90	小 麦	100

iii) 完成期

・計画作付体系 (H)

夏 作	冬 作	
水 稻	ベルシーム	
大 豆	てんさい	
ソルガム	野 菜	
野 菜	タ マ ネ ギ	70%
トマト	カリフラワー	15
	キ ャ ベ ツ	15

(図IV-1参照)

・在来の作付体系 (G)

夏 作	冬 作
水 稻	小 麦
大 豆	てんさい
棉	ベルシーム

(注) Y.P. : Yield Potential

最終的に作付体系Hが収入もより高く、経済的にみてこの計画地区に適しているという結果になった。

入植者は開拓地を購入しなければならない。高い地価は農家経済を圧迫し、農家は高い作付率を達成しなければならない。作付体系Hにおける土地代の占める割合はG体系に比べると2分の1かそれ以下である。H体系の1日当たり労働報酬はG体系よりも有利である。

H体系は地代と労働報酬の2つの指標で有利な数字を示している。

より高い農家収入をもたらすH体系を経済的に推奨することとした。

表 IV-1 作物選定

作物	Ece	経済性 (LE/フェダン)				飼料作物	油料種子	飼料作物	重粘土壌 への耐性
		財政的	経済的	工芸作物	油料種子				
稲	3.0	115	290	-	-	-	-	M	
大豆	8.0	-	-	-	-	-	-	M	
棉	7.7	236	269	0	0	0	-	M	
落花生	3.2	-	-	0	0	-	-	L	
ソルガム	4.0	-	-	-	-	0	-	M	
大豆	5.0	124	173	0	0	0	Cake	M	
てん菜	8.0	375	391	0	-	-	-	M	
小麦	6.0	49	106	-	-	-	-	M	
ブロッコリー	2.8	-	-	0	-	-	-	M	
キャベツ	1.8	-	-	0	-	-	-	M	
キュウリ	2.5	-	-	0	-	-	-	M	
ジャガイモ	1.7	-	-	-	-	-	-	L	
ホウレンソウ	2.0	-	-	-	-	-	-	M	
トウモロコシ	1.7	80	95	0	-	-	-	M	

Note. H:High M:Medium L:Low

表IV-2 計画作付体系代替案及びフェダダン当たり純生産額

夏作物	種+飼料作物		種+飼料作物		種+飼料作物		種+飼料作物		種+飼料作物		種+飼料作物	
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)				
米	100%	米 50	米 33.4	米 33.4	米 33.4	米 33.4	米 33.4	米 33.4	米 33.4	米 33.4	米 33.4	
大豆	-	-	メイズ 33.4	メイズ 33.3	大豆 33.3	大豆 33.3	大豆 33.3	大豆 33.3	大豆 33.3	大豆 33.3	大豆 33.3	
ソルガム	-	ソルガム 50	棉 33.4	ソルガム 33.3	ソルガム 16.7	ソルガム 33.3	ソルガム 33.3	ソルガム 33.3	ソルガム 33.3	ソルガム 33.3	ソルガム 16.7	
野菜	-	-	-	-	野菜 16.7	-	-	-	-	-	野菜 16.7	
冬作物	ベルシーム 100%	ベルシーム 100	ベルシーム 66.7	ベルシーム 66.7	ベルシーム 66.7	ベルシーム 33.4	小麥 33.4	小麥 33.4	ベルシーム 33.3	小麥 33.4	ベルシーム 33.3	
	-	-	小麥 33.3	てん菜 33.3	野菜 33.3	てん菜 33.3	てん菜 0.333	てん菜 0.333	てん菜 33.3	てん菜 0.333	てん菜 33.3	
	-	-	-	-	-	野菜 33.3	ベルシーム 0.333	ベルシーム 0.333	野菜 33.3	ベルシーム 0.333	野菜 33.3	

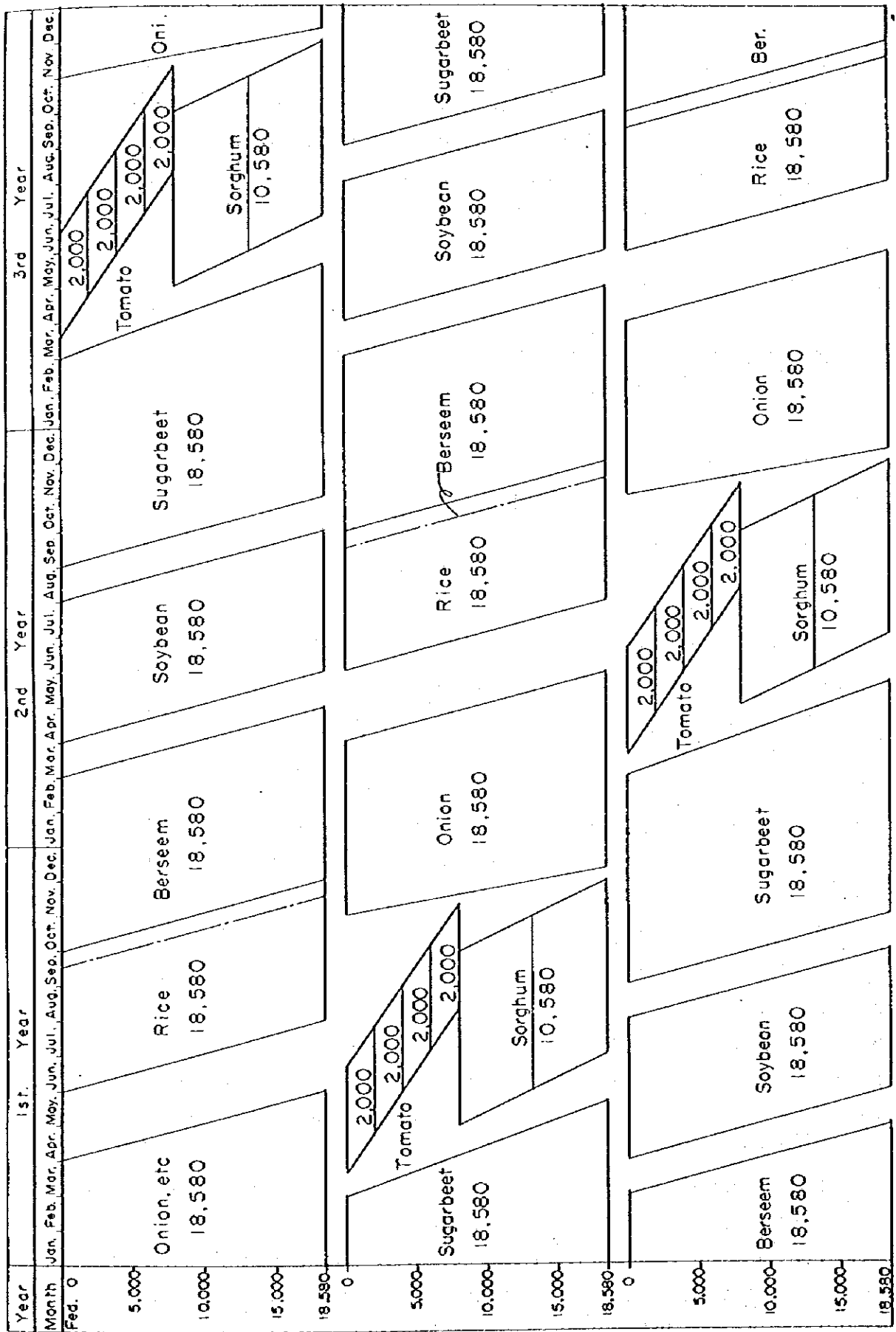
純生産額 (フェダダン当たり) : 財政的 (経済的) 価格  
 酪農農家 373(588) 427(571) 367(493)  
 肥育農家 219(420) 222(350) 246(361)

地代の割合 (地代/純生産額) : 財政的価格  
 酪農農家 0.64 0.56 0.65  
 肥育農家 マイナス マイナス 0.98

1日当たり労働報酬 LE : 財政的価格  
 酪農農家 2.3 2.9 2.2  
 肥育農家 マイナス マイナス 0.2

純生産額 (フェダダン当たり) : 財政的 (経済的) 価格	453(557)	820(723)	798(780)	470(581)	820(849)
酪農農家	308(396)	697(590)	664(636)	370(482)	820(720)
地代の割合 (地代/純生産額) : 財政的価格	0.53	0.29	0.30	0.51	0.26
酪農農家	0.78	0.34	0.36	0.65	0.29
肥育農家	3.1	7.8	8.1	4.1	10.4
1日当たり労働報酬 LE : 財政的価格	1.5	8.3	9.0	3.2	12.1

圖 IV - 1 三年輪作計劃表



#### 4. 3 農地開拓計画

計画地区土壌のような塩類、アルカリ土壌の開墾を成功させるには、排水とリーチングが2つの基本課題であることは明らかである。土壌から過剰の可溶性塩類を除去する実際的な方法は、それら塩類を洗い流すことによる。塩類、アルカリ土壌の生成する地域は、大体下層の透水性が劣っているので土壌を再塩類集積から防止するため、塩類を含んだリーチング排水を人工排水によって除去する必要がある。

塩類、アルカリ土壌の改良のため、多くの国における開墾プロジェクトの過程で、種々の方法が開発されているが、現在までのところ唯一絶対の方法は確立されていない。塩類、アルカリ土壌の開墾の成功は種々の改良方法の適切なる組み合わせによっている。

エジプトにおいても、他の国々と同様に、透水性が劣る極度に塩類集積の進んだ土壌の開墾手法として稲作と組み合わせたリーチングが非常に有効であることがみとめられている。

##### 4. 3. 1. 土壌の排水改良

計画地区土壌の開墾のためには、劣悪な排水能の矯正が最も重要な課題である。表面および内部排水を改良し、地下水位を下げるためには、適切な深さ、間隔、容量をもった十分な排水システムの確立が必須である。塩類土壌の排水システムは、水取支と塩分取支ともにコントロールできるように単に作土だけでなく心土および滞水層（本計画では1.5mを考えた）もまた除塩できるよう設計されなければならない。

排水の方法については、約1mの深さの浅い水平的排水が広く用いられている。しかし、この浅い排水によるリーチングは二次的塩類集積を防止することができないため恒久的な改良には成功しえない。一方、深い水平的排水はもはや害を生じないだけの深さまで地下水位を下げるができる。二次的塩類集積の危険を減らすことによって、この深い排水によるリーチングは恒久的除塩効果をもたらす。

施工面からは、排水システムには明渠と暗渠とがある。これら2つのタイプは、必要な深さが維持される限りにおいて基本的な違いはない。明渠はより容易に十分な容量をもたせるよう施工できるが、側壁がくずれやすいため管理面に困難を伴う。一方、暗渠（例えば でつつまれたプラスチック・パイプ）は、ほとんど修理の必要なく長期間完全に機能を果たす。ナイル・デルタ内の6つのパイロット地区におけるFAOの「灌漑地の排水改良パイロット・プロジェクト」の結果は施工機械によって設置されたプラスチック・パイプ暗渠の有効性を示唆している。

計画地区においては1.5mの深さ、23m間隔の圃場内排水路を設ける。開墾工事期間は明渠を設置し、リーチング完了後、暗渠に変更するよう設計された（比較設計の詳細は第4.3節に示される）。しかし、このように設計された圃場内排水路も土壌の透水性の改良なしでは予期したとおりの機能を発揮することはできない。この土壌の透水性の改良は、物理的、生物的、化学的改良方法によって行われる。

##### a. 物理的改良方法

塩類、アルカリ土壌の透水性の向上のため、いくつかの機械的方法が用いられている。即ち、深耕、心土破砕、砂客土がある。

深耕は40-150cmの深さを耕起することによって細粒質および粗粒質土性の層を混合し、より均一な土層を得ることによって直接的に土壌の透水性を増すことをはかったものである。この方法は透水層の間に不透水層をもつ計画地区内に見られるような成層土壌において特に有効である。



心土破砕は強力なトラクターでチゼルを土壤中で引っぱり溝を掘ることで、不透水層を破って土壌の透水性を改良するものである。もし計西地区土壌で見られるような硬化した層が破砕されたならば、心土破砕の効果はふつう数年間は持続する。

砂客土は細粒質の土性（しかし重粘土ではない）をもつ表層土に砂を客土することによって、より透水性を増すのに有効な手段である。計西地区のように重粘土を主とした土壌にはその効果は疑問である。

#### b. 生物学的改良法

生育中また枯死した植物は、土壌の肥沃性の改良と同様に土壌の透水性の改良に有効である。

荳科植物（アルファルファ、エジプト・クローバーなど）のような深根性植物の生育は、根系が土中深く貫通し、地下水位を下げ、その結果、塩類の洗脱を可能にすることによって、特に内部排水の劣る塩類土壌の開墾を促進する。

また、多量の堆きゅう肥の投入は土壌の肥沃性の改善に加えて、緻密化した土壌をばらばらにすることによって表層土の透水性を改良する。

加えて、生育中の植物の遮光効果あるいは植物残渣あるいは堆きゅう肥のマルチング効果は土壌表面からの水分蒸発をおさえ、ひいては土壌溶液の毛管上昇に伴う塩類の表層土内での集積をおさえる。

#### c. 化学的改良法

化学的改良剤は、粘土分を分散させ、土壌の透水性を悪化させている置換性ナトリウムをカルシウムに置きかえ、土壌の透水性を改善することを目的として、アルカリ土壌の開墾に用いられる。よく知られている改良剤は石膏、塩化カルシウムのような可溶性カルシウム塩、石灰石、硫酸、硫酸などである。本地域では石膏がアルカリ土壌の開墾に最もよく使われる改良剤である。

#### d. 石膏必要量

計西地区内の一部、主として、かつて灌漑されたことがある既耕地の一部は合衆国塩害研究所の定義による塩類、アルカリ土壌に入る、即ち、ESPが15%を超える。

一方、計西地区土壌は、一般に、かなりの量の石膏を含んでいる。これら比較的高い含量で土壌中に含まれる石膏は、土壌の交換コンプレックスでナトリウムと置き換わるカルシウムイオンの供給源として、ひいては置換性ナトリウムを減少させるためのものとしてリーチング過程において重要な役割を果たす。



X: 土壌交換コンプレックス

しかし、石膏は、石灰と比べて比較的大きな溶解度のためリーチングによってかなり影響を受ける。その結果、石膏含量、特に表層での含量はリーチングによって顕著に減少する。このように、リーチング後の土壌のアルカリ化の増大の可能性が予知される。したがって、リーチング過程でのESPの値を低く維持することを通じて土壌の排水能を改善するためにリーチング前に石膏を施与することが推奨される。

石膏必要量は室内分析によって定量することができる。また石膏必要量は除去されるべき置換性ナトリウムと当量でなければならないという理論に基づいて、次のような式によっても計算できる。

$$\text{石膏必要量 (meq/100g土壌)} = \frac{(\text{ESP} - \text{ESP final})}{100} \times \text{CEC}$$

ここで、最終ESP (ESP final) は土壌の分散をひきおこすことのない限界値10とみなされる。さらに、計画地区土壌の表層土は平均 3,900トン/ha (仮比重1.3) と仮定することによってESPを10まで減少させるための実際の石膏必要量を計算することができる。計画地区土壌の石膏必要量と含有量の比較をすると下記のとおりとなる。

石膏必要量と含有量の比較 (0-30 cm)

ト ン

ピット番号	石 膏 含 量		石 膏 必 要 量
	%	トン/フェダン	トン/フェダン
P- 1	3.9	37.6	3.4
P- 2	1.3	24.2	0.2
P- 3	4.5	46.4	3.5
P- 4	4.4	61.8	0.3
P- 5	1.4	13.5	-
P- 6	0.5	10.2	3.2
P- 7	4.3	52.9	-
P- 8	2.2	15.7	0.1
P- 9	3.3	54.3	0.6
P-10	3.5	55.0	-
P-11	3.3	23.0	3.9
P-12	1.5	34.0	-
S- 4	1.2	19.0	2.4
S- 6	1.8	29.5	2.0
S-27	2.3	37.3	0.8
S-28	3.5	55.8	0.2
S-35	0.9	15.4	0.3
S-44	1.3	24.4	2.1

注: : 1/ 仮 比 重=1.50

$$\text{フェダン当たり土壌重量 (kg)} = 4200 \text{sq. m} \times \frac{\text{厚 さ (cm)}}{100} \times 1.3$$

$$\text{フェダン当たり石膏含量 (トン/フェダン)} = \frac{\text{石膏含量 (\%)}}{100} \times \frac{\text{フェダン当たり土壌重量 (kg)}}{1,000}$$

これでわかるとおり、計画地区土壌に対する石膏必要量はおよそ0.2, 4 トン/フェダンの3グループに大別することができよう。