

特集

砂漠緑化システム

砂漠緑化システムのケーススタディ①

シエルケア州カッターラ地区総合農業開発
—エジプト—

Sherkeya Project for Developing and Reclaiming Desert Land —Arab Republic of Egypt—

平賀義彦*

Yoshihiko Hiraga

1. はじめに

クボタはもともと水と農業に関する製品群及び関連するソフト技術を有しており、これらを組み合わせたシステム事業として「乾燥地における節水型灌漑による農業開発」に取り組んできた。

これから紹介するプロジェクトは1979年にスタートしたが、この当時はまだ現在のような砂漠化の進行や全地球的な食糧問題は一部の国際機関で議論されていたに過ぎない、むしろ産油国の継続的發展という国益を背景とした食料増産、自給率の向上が重要な課題であり、エジプト共和国でも故サダト大統領が「緑の革命」構想を提唱していた。このプロジェクトもその一環として計画されたものであり、シエルケア州及び周辺の地域に対する食料供給基地の建設と農村での雇用拡大を主な目的に掲げている。

2. プロジェクト地区の自然条件

2.1 位置と規模

プロジェクトはカイロ市の北東120km、ナイルデルタとイスマイリヤ運河の中間に取り残された砂漠地帯にあり、開発面積は約2,500ha、北緯30°40'、東経31°50'に位置する。

2.2 地形

地区内の最高点は海拔約40m、最低点は約10mで、南東から北西方向に400分の1程度の傾斜をもっている。砂丘がヶ所、それ以外の部分にも多少の起伏はあるが、農耕には差し支えない程度のものである。

2.3 気象

プロジェクト地区は、温帯と亜熱帯の中間に位置す

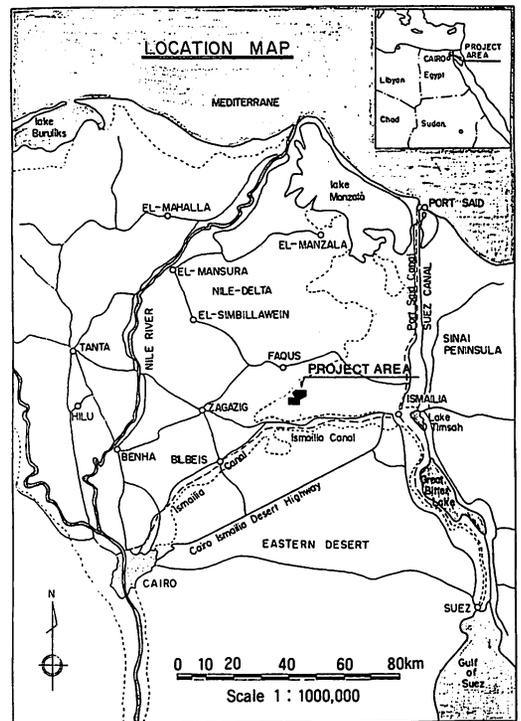


図-1 プロジェクト位置図

るが、年平均気温は21.5℃で熱帯性気候を示している。12、1、2月の3カ月の最低気温は10℃以下で霜は降りないが比較的寒く、年平均も最低気温は20℃以下である。逆に6、7、8月は暑く、8月の平均気温は27.8℃、最高気温は34.1℃である。年間を通じて日较差が大きく、作物成長に適していると言える。

湿度は、冬期約60%、夏期約40%、年平均53%で、日変化も概ね10~20%の範囲で変化し、乾燥地帯であることを示している。

平均風速は2.3~4.3m/sec.で、穏やかな風である

* ㈱クボタ エンジニアリング部農産システム課課長
〒103 東京都中央区日本橋室町3-1-3

表1 ビルベイス気象データ

(1957~1975)

Items	Unit	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Total or Mean
Average Mean Temp.	°C	13.2	14.9	17.4	21.1	24.3	27.1	27.4	27.8	25.9	23.1	19.5	15.5	mean 21.5
Average Max. Temp.	°C	18.5	21.3	24.1	28.4	31.9	34.1	34.1	34.1	32.4	29.2	25.5	21.3	mean 27.9
Average Min. Temp.	°C	7.9	8.4	10.7	13.7	16.6	20.1	21.2	21.4	19.3	17.0	13.8	9.6	mean 15.0
Differential Temp.	°C	10.6	12.9	13.4	14.7	15.3	14.0	12.9	12.7	13.1	12.2	11.7	11.7	mean 12.9
Average Rainfall	mm	6.4	3.0	2.7	1.6	3.3	0	0	0	0	0.9	3.6	3.3	total 24.8
Max. Rainfall	mm	12.4	15.1	4.6	10.8	19.0	0	0	0	0	4.4	11.9	6.9	max. 19.0
Humidity	%	60	55	50	45	40	44	51	55	58	58	61	62	mean 53
Evaporation	mm/day	5.8	7.2	7.4	10.2	11.0	10.1	8.1	7.2	7.2	7.5	6.5	5.0	total 2,834
Average Wind Speed	knot	7.4	6.9	8.3	6.7	7.4	6.1	5.2	4.4	4.5	5.1	4.9	6.3	mean 6.1
Max. Wind Speed	knot	49	58	60	53	51	52	33	26	55	41	45	53	max. 60
Main Wind Direct		S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S	main N

が、3月を中心にハムシーンと呼ばれる強い風が吹き、大量の砂を移動させるので、圃場の周囲には防風林を作る必要がある。

年間の降雨量は24.8mmと記録されているが、作物に対する有効雨量という観点から考えると、降雨量はゼロと判断できる。これに対して、年間の蒸発量は2,834mmと大きく、最大蒸発量は実測値で5月の11.0mm/dayとなっている。

気象データの表には日照時間の記録が載っていないが、カイロその他からの聞き取り情報に基づいて1~2オクタスと判断された。この数値は、日長時間の1/8~1/4が曇り、つまり日照時間が長いことを示している。

2.4 土壌

一般的に砂壤土(Sandy Loam)に覆われているが、部分的には砂土(Sandy)や壤土(Loam)も見受けられる。腐植も少なく構造も発達していない。PHは7.2~7.6と特に問題はないが、ECは15~20mS/cmと高い値を示しているところも多く、リーチング等の対応策が必要である。

2.5 地下水

地下水のかん養源としてはナイルデルタやイスマイリヤ運河などからの漏出水が考えられており、ナイルデルタ周辺には砂や礫などの未固結堆積物からなる帯水層が広がっている。その厚さはデルタ中央部で500m、プロジェクト地域で150mと見積られており、透水係数も100m/dayと非常に大きく、井戸の揚水テストでも地下水位の回復は早かった。



写1 開発前の対象地区

3. プロジェクトの灌漑施設計画

3.1 灌漑水量

(1) 作物消費水量

作物消費水量は、気温、湿度、日照時間、作物係数などに基づいて計算される。プロジェクトに近いビルベイスの気象観測データに基づき、修正ペンマン法で計算した。

(2) 灌漑効率

灌漑水量は作物消費水量を灌漑効率で除したものになる。灌漑効率(E_i)は、搬送効率(E_c)と適用効率(E_a)との積で表される。搬送効率は、本地区がパイプラインで構成されており、95%以上の値が期待できる。スプリンクラー方式の適用効率は風や湿度などの環境条件の影響を受けるが、防風林の効果などを期待して75%とした。ドリップ方式は、風の影響が少ないので80%の適用効率とした。

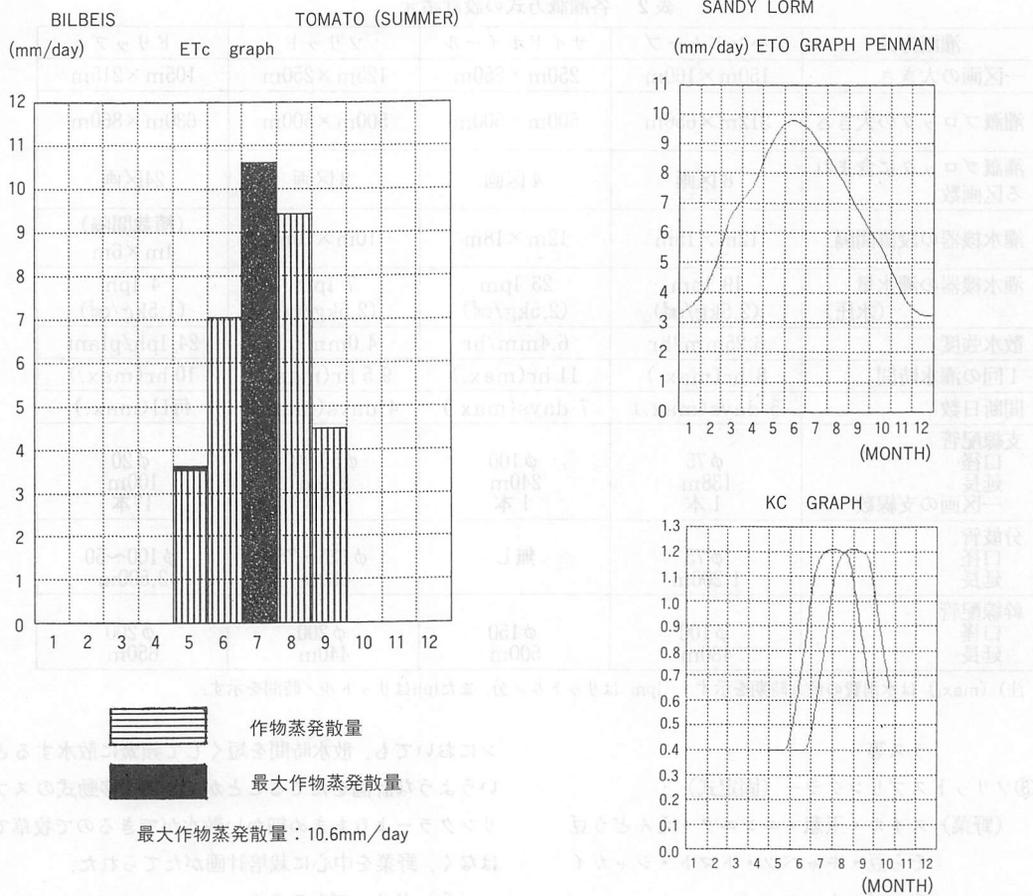


図-2 作物消費水量グラフ

(3) リーチング対策

砂漠地帯の農地では降水量が少ないために土壌がアルカリ化しており、地表もしくは地下の浅いところの塩分濃度が高い。更に可溶性の塩を含む水で灌漑すると土壌に塩分が集積し、作物の生育障害が引き起こされる。このような塩害を防止するための一つの方法として、塩の洗脱すなわちリーチングがある。リーチングは基本的に作物の消費水量より多い水量を灌水して塩分を根域から洗い流すということである。スプリンクラーとドリップでは若干計算方式が異なるが、本計画では日常のリーチング水量として10%の水量を加算した。

これとは別に土壌塩分の低下を促すために、最初の作付に先立って心土破砕をして排水性を改良した上でスプリンクラーによるリーチングを行った。

3.2 灌漑施設計画

(1) 概要

本計画では地下水を利用する。各灌漑ブロックの中

央に井戸を掘り、水中ポンプを設置する。さらに、パイプラインを通じて各区画の給水栓まで圧送され、これに接続される末端施設に必要な水量を送るものとした。また、ポンプに対する非常用電源として、複数の灌漑ブロックに一台のディーゼル発電機を設置した。

(2) 灌漑末端計画

採用された灌漑方式と栽培作物は次のとおりである。

①ハンドムーブスプリンクラー:

(牧草) アルファルファ・ソルガム・ネピアグラス等

(野菜) スイカ・玉葱・ニンニク・えんどう豆
 そら豆・キャベツ・トマト・ジャガイモ・ピーナツ

(穀類) ビール麦・大麦

(防風林) カジュアリーナ (モクマオウ)

②サイドホイールスプリンクラー:

(穀類) ビール麦・大麦

(牧草) アルファルファ・ソルガム・ネピアグラス

表2 各灌漑方式の設計諸元

灌漑方式	ハンドムーブ	サイドホイール	ソリッド	ドリップ
一区画の大きさ	150m×160m	250m×250m	125m×250m	105m×215m
灌漑ブロックの大きさ	312m×656m	500m×500m	500m×500m	630m×860m
灌漑ブロックに含まれる区画数	8区画	4区画	8区画	24区画
灌水機器の設置間隔	12m×15m	12m×18m	10m×10m	(植栽間隔) 4m×6m
灌水機器の灌水量 (水圧)	19 lpm (2.5kg/cm ²)	23 lpm (2.5kg/cm ²)	7 lpm (2.5kg/cm ²)	4 lph (1.5kg/cm ²)
散水強度	6.25mm/hr	6.4mm/hr	4.0mm/hr	24 lph/plant
1回の灌水時間	8 hr(max.)	11 hr(max.)	9.5 hr(max.)	10 hr(max.)
間断日数	5 days(max.)	7 days(max.)	4 days(max.)	毎日(max.)
支線配管 口径 延長 一区画の支線数	φ75 138m 1本	φ100 240m 1本	φ50, 40 240m 12本	φ20 100m 17本
分岐管 口径 延長	φ75 1,200m	無し	φ125~75 880m	φ100~50 2,500m
幹線配管 口径 延長	φ100 480m	φ150 500m	φ200 440m	φ200 650m

注) (max.) は水消費の最大時期を示す。lpm はリットル/分、またlphはリットル/時間を示す。

ラス等

③ソリッドスプリンクラー (固定式) :

(野菜) スイカ・玉葱・ニンニク・えんどう豆
そら豆・キャベツ・トマト・ジャガイ
モ・ピーナッツ

④ドリップ (点滴) システム :

(果樹類) オレンジ・レモン・グアバ・葡萄

(3) ハンドムーブスプリンクラー

ハンドムーブスプリンクラーは、移動式で可搬式ス
プリンクラーとも呼ばれ、散水のローテーション計画
にそって人力でスプリンクラーの設置場所を移動させ
る。比較的安価であることやこの地域の雇用促進がプ
ロジェクトのひとつの目的でもあるためにこの方式が
最も多く採用された。

(4) サイドホイールスプリンクラー

サイドホイールスプリンクラーも移動式であるが、
支線の移動に動力を使うものである。そのため、移動
に必要な作業時間が短縮できるほか、200m以上の長
い支線も一気に移動できる。エジプトでサイドホイ
ールスプリンクラーが使われたのはこのプロジェクトが
初めてであった。

(5) ソリッドスプリンクラー

ソリッドスプリンクラーは固定式であるためスプリ
ンクラーを移動させる必要がない。散水のローテーショ

ンにおいても、散水時間を短くして頻繁に散水すると
いうような計画をたてることことができる。移動式のス
プリンクラーよりもきめ細かい散水ができるので牧草で
はなく、野菜を中心に栽培計画がたてられた。

(6) ドリップシステム

ドリップ (点滴) 方式は風の影響が少なく蒸発による
損失が少ない灌水方法である。土壌中では毛管力によ
って水が移動するため、灌水による湿潤域は一定の
範囲に限られる。したがって、エミッター (点滴器)
の数や設置間隔を調整することにより作物の根域だけ
に灌水することができる。逆に言えば根域以外には灌
水しないので、それだけ水の節約ができる。特に栽培
間隔の広い果樹類の場合は節水効果が大い。

(7) ポンプ場計画

井戸はそれぞれ60mの深さまで掘る。地下水位は大
体25mから30mの範囲であり、水中ポンプは地下水位
より3m下に吸水口がくるような設置を標準とした。
また、維持管理を容易にするためにポンプの種類を減
らし、部品なども含めて標準化を検討した。

(ポンプ性能)

	スプリンクラー用	ドリップ用
揚水量 :	1.85m ³ /min.	1.0m ³ /min.
全揚程 :	58m	80m
出力 :	30Kw	30Kw

表3 単位面積当りの収量(ton/ha)の推移およびエジプト全土との比較

	作物名	シェルケア州プロジェクト		エジプト全土平均
		1982	1985	
牧草	アルファルファ (乾)	5	13	
	ソルガム (生)	290	280	
	クローバー (生)	61	25	
野菜	タマネギ	13	14	25
	キュウリ	15	15	16
	ジャガイモ	20	20	18
	キャベツ	24	23	24
	トマト	13	14	17
	豆	2	2	2
	スイカ	24	24	23
果樹	オレンジ	16	16	17
	グァバ	10	11	16
	ブドウ		10	13

注) エジプト全土の平均は野菜はFAO(1981). 農業生産年報, 果樹はUNDPの統計値による

(8) 発電計画

当時のエジプトは電力供給が不安定で、特にプロジェクトサイトのような農村部では一日に何回も停電が起こっていた。また、開発当初においては商用電源の供給が遅れる恐れもあったため非常用電源としてディーゼル発電機を設置した。

(発電機性能) 200KVA×400V×50Hz

4. プロジェクトの運営組織

このプロジェクトはシェルケア州政府の直営であり、州政府から派遣された職員によって、圃場整備や道路、灌漑施設などの建設と維持管理が行なわれる。2,500haの開発に対して約60人の技術者が働いており、彼



写2 現在のサイト写真

らの給与の50%は州政府から、残りの50%はプロジェクトから支払われる。

5. まとめ

このプロジェクトは1980年から3年間の工事を経て2,500haの開発を行なったものだが、我々日本サイドの業務範囲が設計から施工指導までであり、残念ながらその後の収量の推移についてのデータは1985年までしか入手していない。これによると、エジプト全土の平均に匹敵する収量を上げていることが分かる。現在の収量がどうなっているのか、どの程度使用水量が節約できたのか等、残念ながらこの表だけでは判断がつかない。しかし、当初栽培計画になかった葡萄を栽培し、ドリップ灌漑の面積を増やすなど機械化灌漑についての技術は十分に習得したものと見られるし、また、日本から提供された開発資金の返済も予定どおりに遅滞無く行なわれていることから、必要な収量は確保されていると考えられる。

開発以前は砂漠だったところに機械化灌漑設備を入れることによって一人前の収量が上がるということ、またそのプロジェクトが現在は背の高い防風林に囲まれた立派な農地に変わっていることは、持続的プロジェクトが完成したことを物語っている。

