

IX. 実施計画

第Ⅸ編 実施計画

第Ⅰ章 工事概要

1-1 陸上掘削工事

陸上掘削は、第Ⅰ期工事が拡巾増深工事が主体であり、現水路の東側の拡巾部分を陸削したのに対して、今回は新設水路の全巾を陸削することと、第Ⅰ期工事の陸削および浚渫による排出土砂が堆積しているところを掘削するために、土量は第Ⅰ期工事の約2.5倍の226百万 m^3 になる。陸削土砂の排送距離も長くなり、西側水路の陸削で第Ⅰ期工事の約1.5倍、東側では約2.0倍となる。陸削工事はモータースクレーパーで施工するために排送距離に反比例して時間当りの掘削土量が減り、比例して工事単価が増加する。これに対してポンプ船による浚渫工事単価は、一定の排送距離まではほとんど変動がない。そのために第Ⅰ期工事とは事情が異なり、第Ⅱ期計画では陸削工事単価と浚渫工事単価の差が小さくなり、ポンプ船の浚渫効率のよい区間では逆転する結果となった。陸上掘削土量はKm16～Km52の区間に約 $60 \times 10^6 m^3$ 、Km58～Km92の区間に約 $100 \times 10^6 m^3$ 、Km134～Km161の区間に約 $80 \times 10^6 m^3$ があるが、陸削工事単価は浚渫工事単価と比較してKm16～Km52で高く、Km58～Km92ではほぼ等しく、Km134～Km161で安くなっている。

この工事単価は第Ⅰ期工事の実績と第Ⅱ期計画の施工条件とから試算したものであるが、実際の工事契約では各種資機材の需給関係や市況などにより変動する可能性がある。また、陸削工事はエジプトの国内業者の施工であり、通貨の割合も約90%がエジプト通貨であるのに対して、浚渫工事は外国業者の施工であり、約85%が外貨であることから、国内企業優先、外貨節約などの政策的配慮により工事単価に若干の差があったとしても陸削工事は実施されることになろう。

1-2 護岸工事

第Ⅱ期計画の護岸新設延長は第Ⅰ期工事の1.5倍の約220Kmである。PhaseⅠでは施工延長約135Kmであり、工事期間を4年とすると年平均施工量は34Kmとなり、第Ⅰ期工事の実績の年平均35Kmとほとんど同じ施工ペースである。PhaseⅡではPhaseⅠの約半分の施工ペースとなる。

第Ⅰ期工事で施工した護岸は方々で壊れているところを見受けるが、その原因は施工の粗雑さによるものと推測される。この護岸の構造を安定性と耐久性をよくするために新しい工法や材料を採用して改良することも可能であるが、工事費を嵩ませることは極力避ける方針であるので第Ⅰ期工事と同じ構造とせざるをえない。しかし、第Ⅱ期計画では第Ⅰ期工事と同じ失敗を繰り返さないように施工の確実性を期すために工事管理を十分に行なうべきであろう。

計画では東側水路の両岸に護岸を築造することになっているが、投資を節減するための一策として、東護岸の計画法線の前方の100mの余裕スペースを利用して水路への土砂の流入を防止するための溝などを設けることにより、将来、マスタープランに拡張するまで護岸を設けなくておくことも検討すべきであろう。

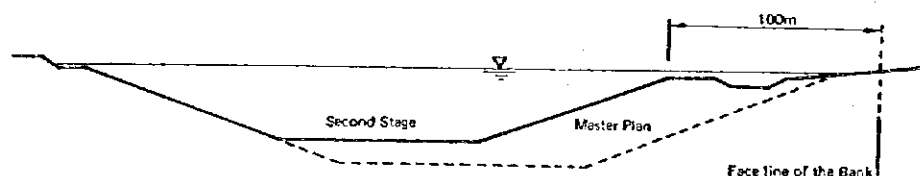


図9-1-1 東側護岸

1-3 浚渫工事

第II期計画の浚渫工事の大部分が新水路の浚渫であり、浚渫船が稼働できる場所は既設水路から掘込んで行ける限られた水域である。一つの掘込口に投入できる浚渫船はせいぜい2～3船団であり、効率よく浚渫するためには2船団が理想である。したがって第II期計画で稼働できる浚渫船団数は掘込口の数により制約され、工事期間もそれに応じて確保する必要がある。請負工事の施工区間割はこうした施工上の制約を配慮して分割しなければならない。1施工区間を短かく分割することは不適當であり、Km58～Km73.5、Km72.5～Km94.5などはそれぞれ1単位とすべきであろう。

SCAの直営工事区間は直営船団の施工能力が完全に発揮でき、継続して稼働できるように施工条件の最も良いところを優先的に確保し、Km1.5～Km52の区間と、ポートサイドアプローチチャンネルのHm50から外海側とする。

1-4 その他の工事

Km58～Km73.5の区間の浚渫土砂は既設水路を枕設管で横断して東側のシナイ半島側に排出するが陸上掘削土砂はどうしても西側に排出せざるを得ないために鉄道と道路は陸削工事に先がけて移設を完了させておく必要がある。移設は新水路の計画法線を避けるだけでなく、陸削土砂の捨土面積を確保してその外側まで遠のけなければならない。

Km134.5～Km145の区間でも鉄道、道路、導水路を移設する必要がある。Km92.8付近で運河を横断してシナイ半島に送水しているサイフォンは送水を中断することなく新しく掘削する水路にも増設しなければならない。

1-5 工事数量

第II期計画の工事数量は次のとおりである。

表 9 - 1 - 1 第 II 期工事の工事量

Km	Dry Excavation	Bank Works		Dredging Volume	Relocation		
	Volume	Removal	Construction		Railway	Road	Sweet water canal
	$10^3 m^3$	km	km	$10^3 m^3$	km	km	km
1.5 - 16.0		1.5	28.0	60,538			
16.0 - 32.5	14,000	1.5	28.0	67,913			
32.5 - 52.0	34,000	1.5	36.4	83,914			
58.0 - 73.5	37,000	2.4	31.0	54,669	19.0	19.0	
72.5 - 94.5	62,000	2.4	40.0	79,645			
94.5 - 134.5				43,182			
134.5 - 145.0	7,000	2.1	21.0	38,526	7.0	12.0	7.0
145.0 - 161.0	72,000	2.1	36.0	62,857			
Port Said Approach				46,109			
Suez Approach				18,475			
Total	226,000	13.5	220.4	555,828	26.0	31.0	7.0

陸削工事と浚渫工事の境界面は，Km16～Km42の区間で+2.0m，Km42～Km145の区間で+1.0m，Km143.5～Km161.5の区間で±0mとした。また土量の表示有効数字を陸削工事は $10^6 m^3$ 以上とし，浚渫工事は $10^3 m^3$ 以上としているが，陸削土量は算出根拠となる地形図がないために現地観察により推定した仮想地盤高により算出し，浚渫土量は設計断面から算出したことによる精度に差があるためである。

第2章 施 工 計 画

2-1 陸上掘削工事

陸上掘削工事はモーター・スクレーパー（以後M・Sと称する）を使用して実施するものとし、M・Sの施工条件を

M・Sの容量	16 m ³
掘削効率	70%
掘削→運搬→排出→復路のサイクルタイム	6.3分（西側水路の掘削）
	7.5分（東側水路の掘削）
1日当り実作業時間	7時間

とすると1日当りのM・S1台の掘削土量は

$$16 \times \frac{70}{100} \times \frac{60}{6.3} \times 7 \approx 750 \text{ m}^3/\text{day} \quad (\text{西側水路})$$

$$16 \times \frac{70}{100} \times \frac{60}{7.5} \times 7 \approx 630 \text{ m}^3/\text{day} \quad (\text{東側水路})$$

となる。

Phase IのKm16～Km52, Km58～Km73.5, Km72.5～Km94.5を同時期に施工するものとし、それぞれの区間を浚渫速度に対応して施工期間を5年, 2.5年, 3年とするとM・Sは合計230台を必要とする。もし、これだけの数量を確保できない場合に1日2交替制として14時間の実作業時間とすると半数の必要台数となる。Phase IIのKm135～Km161の区間では陸削土量の割には施工期間が長いために1日7時間の作業時間で80台あれば施工可能である。

2-2 護岸工事

護岸工事はブルドーザー及びクラムシェルで-1.0mまで掘削し、湧水はポンプで排水してドライワークとする。次にクローラ式抗打機とディーゼルハンマーで矢板を打込み、石積み、コンクリートブロックの据付けなどを施工する。この作業を行なり1編成の施工速度は主に矢板打込で決定され、1日の打込枚数を20枚とすると8m/day, 月間施工能力は25日実働とすると200mとなる。護岸工事は浚渫船の浚渫掘進速度よりも先行して施工しなければならないが浚渫掘進速度は8,000PS級2船団の場合1ヶ月300～350mであるので、各浚渫個所の東西両護岸工事それぞれに2編成づつを配置して施工する必要がある。

2-3 浚渫工事

ポンプ船の浚渫能力は第I期工事の実績をもとに次のように算出した。

- ① 第I期工事の各LOTの各浚渫船ごとに総日数（供用日数、定期修理日数別に）供用日数

(運転日数, 休止日数別に), 運転時間(運転時間, 休止時間別に), 休止内訳(機械関係, 本船移動, コンボイ待, 障害物, カッター交換, 休日, その他別に)と浚渫土量を集計する。

- ② 各LOTごとの8,000PS型浚渫船換算の1時間当りの浚渫土量を計算する。
- ③ 運転時間と休止時間を分析し, 第II期計画の施工条件における標準月間運転時間を設定する。
- ④ 第I期工事と第II期計画との施工条件の相違を断面形状, 浚渫深度, 土質の硬さの各項目について比較し浚渫能率の補正を行なう。
- ⑤ 各LOTごとの1時間当りの浚渫土量と月間運転時間と浚渫能率補正值とから8,000PS型ポンプ船の月間浚渫土量を算出する。

第II期計画で新水路を浚渫する場合の月間運転時間は, 第I期工事の実績の月間運転時間よりもコンボイ待ちの時間ロスがなくなることで, 転錨浚渫船移動の時間ロスが半減するため20時間多くなり, 稼働率にして4%よくなる。

浚渫能率のうち, 断面形状では, 第I期工事の浚渫標準断面と比較して第II期計画の新水路の全断面浚渫は10%浚渫能率が上がり, 30~40mの拡巾だけの浚渫は20%, 底面の増深だけでは10%能率が下がる。浚渫深度では, 一般に水深15~20mではポンプの効率が15%下がるために第II期計画の全断面浚渫と第I期工事の標準浚渫断面とを比較すると4%浚渫能率が上がる。土質の深さでは地層が深くなるにしたがってよく締って硬くなっていくので第II期計画の全断面浚渫では浅い地層の土量が多いため第I期工事の標準断面よりも浚渫能率が5%上がる。

SCAの直営浚渫船の月間浚渫土量は請負業者の浚渫船と比較して運転時間, 作業能率で割り引き請負工事の浚渫船の60%と算定した。

浚渫船の定期修理は請負工事では運転5,000時間目に20日間, 次の5,000時間後に40日間が必要であり, SCA直営工事では1年に2ヶ月間を必要とする。

浚渫船の標準的な配置をPhase I について検討すると次のとおりである。

Km16~Km52の区間はSCAの直営浚渫船で施工する。SCAの所有するポンプ船は10,000PS級が現存の2隻と新造の2隻の合計4隻, 5,000PS級が2隻, 他に3,000PS級以下が5隻であるが, 第II期計画の浚渫工事の有効戦力としては10,000PS級3隻と5,500PS級1隻の合計4隻である。この他のポンプ船, 事故で沈没した10,000PS1隻と建造後約20年の5,500PS1隻と小型船の5隻は, 維持浚渫, バーム等の小断面の浚渫, 仕上げ堀りの応援などの予備船として, 使用する。主力の4隻のポンプ船は2隻ずつに分けて, Km16からKm32.5とから浚渫を開始する。Km32.5から掘込むことにした理由は, この付近は水路巾が拡巾されており, 掘込開始時にもコンボイ航行のさまたげとならないこと, 陸削土量が少ないために陸削工事の進捗を待つ期間が短かく, 早期に着工が可能となるためである。

Km58~Km73.5の区間は4船団(合計馬力数24,000PS以上)を配置し, 両端から2

船団で浚渫する。Km72.5～Km122.1の区間には4～6船団（合計馬力32,000以上）を配置し、当初はKm72.5～Km94.5に2船団（合計16,000PS）、Km94.5～Km122.1に2～4船団（合計16,000PS）で浚渫を行ない、Km94.5～Km122.1の完了後にKm72.5～94.5に合流して浚渫する。

各区間の浚渫船は500m以上の間隔をおいて上下2層に分けて浚渫することが望ましい。500mは零号の標準的な設置間隔である。

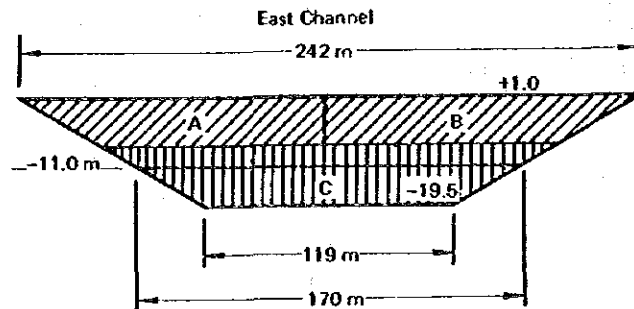


図9-2-1 東側航路の浚渫

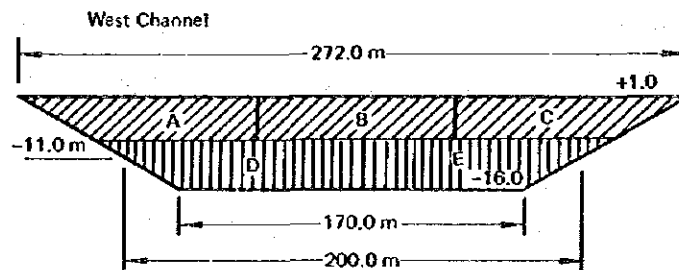


図9-2-2 西側航路の浚渫

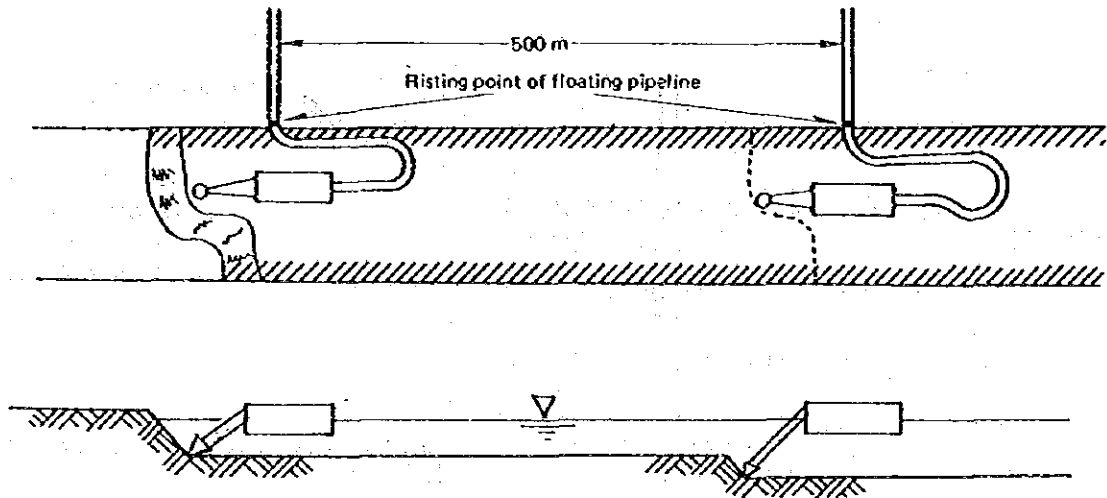


図9-2-3 浅瀬船の間隔

Km58～Km73.5の区間は西側水路の浅瀬であり、現航路を横断して東側のシナイ半島側へ排砂するために沈設管を敷設する。そのために、現航路に幅約50m、水深 $-19.5 + (-1.5) = -21.0$ mの溝を設けて水深を -19.5 mに確保する。

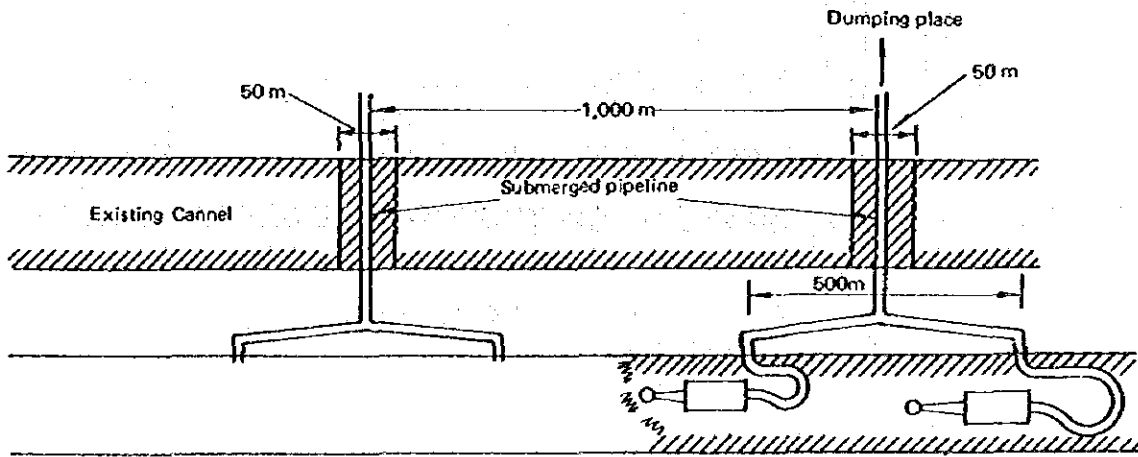


図9-2-4 沈設管

2-4 その他の工事

Km92.8のところを横断している送水用サイフォンは新水路浚渫時にも送水が続けなければならない。そのために陸上掘削工事、浚渫工事、サイフォン敷設工事と工程を調整しながら工事を進める必要がある。その際には、敷設深度、延長を第II期計画以後の拡巾、増深に対応できるように配慮をしておくことが望ましい。この工事の実施工程は図9-2-5の順序で実施すべきであろう。

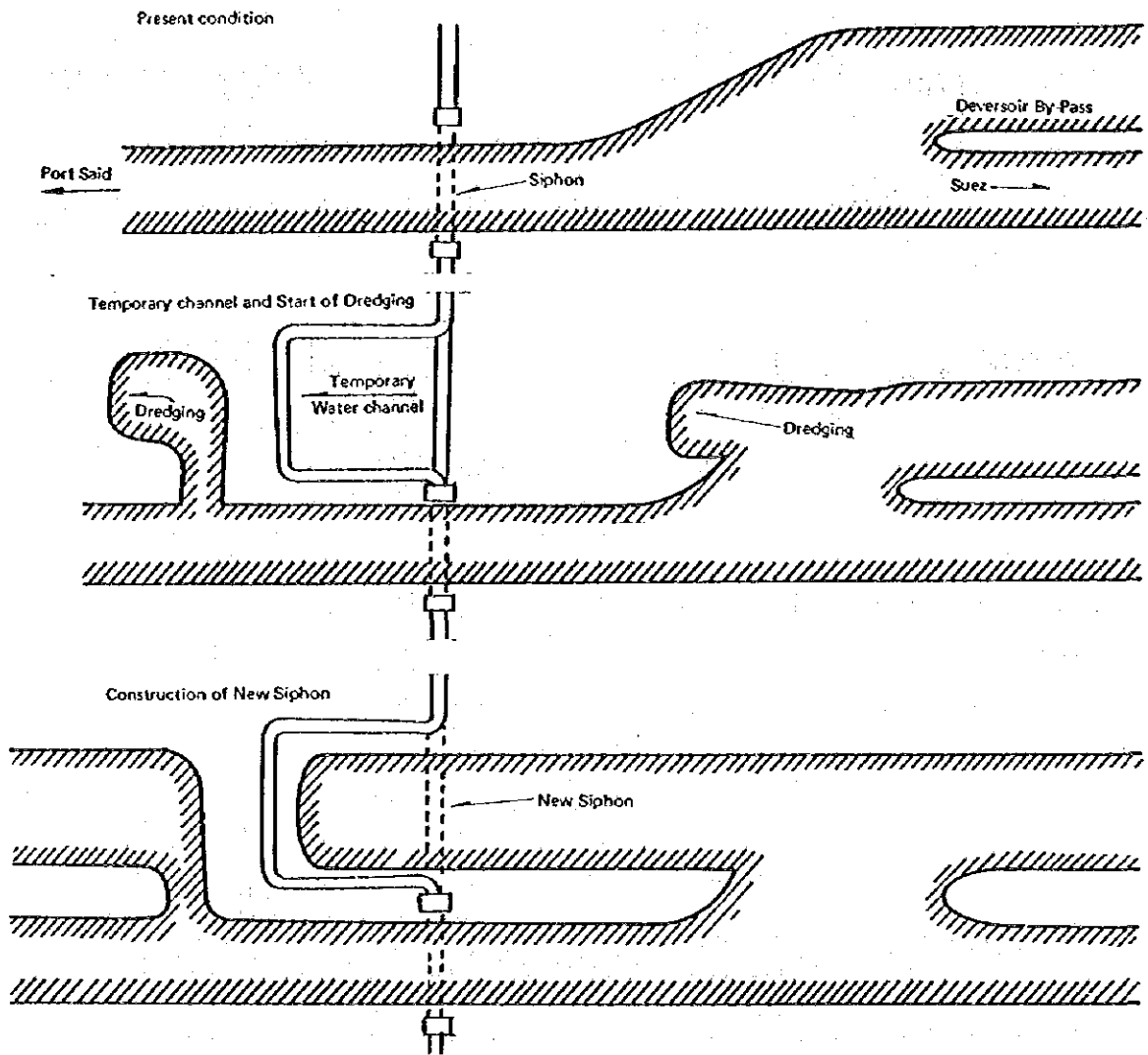


図 9 - 2 - 5 新サイフォン工事

第3章 工 程 計 画

工程計画は第Ⅳ編通航需要予測、第Ⅵ編通航容量などの検討結果にしたがってKm51～Km122.1の区間を1984年までに工事を完了して1985年前半に供用開始し、Km16～Km135の区間を1987年に工事を完了して1988年当初に供用開始することを目標にする。そのためには、まず工程計画の中軸である浚渫工事について工事開始時期、浚渫船の隻数と馬力数などを決め、次に浚渫工程に関連する陸上掘削、護岸、その他の工事の工程を決定する。

工程計画の出発点となる工事開始時期は、正式には決定されていないので次のように仮定する。SCAが第Ⅱ期計画の実施を決定してから請負工事の浚渫を開始するまでに通常では約2年の期間を必要とするが、早期に着工することを表明しているSCAの方針を配慮して1.5年に短縮し、SCAの資金で実施する工事は1年として、1981年の前半に陸削、護岸などの工事を開始し、年末にSCAの直営浚渫工事、年末に請負浚渫工事を開始することにして工程計画を作成する。

Km16～Km32.5の区間では陸削と護岸工事に引続いて浚渫船が稼働できる状況になり次第SCAの直営浚渫工事を開始する。Km57～Km74.5の区間は陸削工事を開始する前に道路と鉄道を切替えること、付近の軍事施設を移設しなければならない。その期間として1年を見込み、続いて陸削と護岸工事に着工すると浚渫工事の開始は早くて1982年の後半になる。Km72.5～Km94.5の区間は、Km92.8のところのサイフォン工事と調整しながら実施しなければならない。最初の浚渫開始地点は図9-2-5のようにサイフォンを避けてKm91付近から掘進し、新サイフォン管が通水後に残りの区域を浚渫し開通させる。Km122.1～Km135の区間はKm57～Km74.5の浚渫完了後に浚渫船を引継いで浚渫する。

以上の工程にPhaseⅡの工程を加えて作成した工程計画が図9-3-1である。同図における工事期間は純工事期間であって、前後の準備期間と整理期間は含まれていない。浚渫工事では浚渫を開始する前にレベル測量や排砂管の敷設などの準備に約1ヶ月を必要とする。また浚渫完了後には検測などの作業のために供用開始できるまでに数ヶ月を要する。

図9-3-2のPROGRAMME 2は需要予測のHigh Caseに対応してPhaseⅠを1984年末までに完了させる工程計画である。この工程ではKm16～Km53を1984年末までに浚渫するためにKm16～Km32.5の区間の浚渫を請負工事に変更する。Km32.5～Km53の区間はSCAの直営浚渫とするがPROGRAMM 1よりも工程がきつくなるので、早期に着工するか、浚渫能率を高める必要がある。この施工計画PROGRAMME 2は、PROGRAMME 1に比してPhaseⅠにおいて浚渫船3隻(8,000PS換算)、M.S 22台の増強を必要とする。

図9-3-3のPROGRAMME 3はさらに浚渫船の隻数を増強してKm145までの複線化を1984年末、全区間の完全複線化を1986年までに完了する工程計画である。この工程でも浚渫船の必要総馬力数は164,000PS、8,000PS級ポンプ船に換算して21隻であり、第1期工事の浚渫船の総馬力数と隻数よりも少なく、浚渫船の施工能力に関しては問題はない。しかし、

陸削工事と護岸工事に関しては第Ⅰ期工事よりも相当に大きな年間の工事量となり、国内業者の施工能力に不安がある。

Km	Works	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Remarks
Port Said Approach	Dredging 1							4	11							SCA Hopper Dred 6,000 m ³
	Dredging 2						3	3	7							Hopper Dred 9,000 m ³
	Bank Works						1	3	7							
1.5-17	Dredging						3	3	11							SCA Dred 35,500 HP
	Dry Excavation	5														M-S 48
	Bank Works	5														
17-32.5	Dredging	7														SCA Dred 35,500 HP
	Dry Excavation	1														M-S 48
	Bank Works	5														
32.5-53	Dredging	7														SCA Dred 35,500 HP
	Dry Excavation	1														M-S 48
	Bank Works	4														
57.5-74.5	Dredging	3														SCA Dred 35,500 HP
	Railway Relocation	3														Railway and Road
	Dry Excavation	3														M-S 72
72.5-94.5	Bank Works	5														
	Dredging	7														Dred 24,000 HP
	Sweet Water Pipeline	1														
94.5-122.1	Dry Excavation	7														M-S 110
	Bank Works	9														
	Dredging	11														Dred 32,000 HP
122.1-135	Dredging	11														Dred 16,000 HP
	Dredging	8														Dred 24,000 HP
	Railway Relocation	7														Dred 24,000 HP
135-145	Dry Excavation	7														Dred 24,000 HP
	Bank Works	9														and Road, Sweet Water
	Dredging	11														M-S 16
145-161	Dredging	12														Dred 24,000 HP
	Dry Excavation	7														M-S 80
	Bank Works	9														
Suez Approach	Dredging	1														Dred 24,000 HP
	Dry Excavation	7														M-S 80
	Bank Works	10														
SCA, Cutter Suction Dredger Contractor, Cutter Suction Dredger	Dredging 1	1														Dred 24,000 HP
	Dredging 2	4														Hopper Dred 9,000 m ³
	Dredging 2	11														Dred 8,000 HP
		35,000 HP	56,000 HP	35,500 HP	24,000 HP											

図 9-3-1 実施プログラム I

Km	Works	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Remarks
Port Said Approach	Dredging 1						2									SCA Hopper Dred 6,000 m ³ Hopper Dred 9,000 m ³
	Dredging 2				1		9									
	Bank Works				7		1									
	Dredging						9									
17-32.5	Dry Excavation	5	8													SCA Dred 35,500 HP M+S 60
	Bank Works	5	11													
	Dredging	9	2													
	Dry Excavation	5	5													
32.5-53	Bank Works	3			5											Dred 32,000 HP M+S 50
	Dredging	6														
	Railway Relocation	7	8													
	Dry Excavation	8	12													
57.5-74.5	Bank Works															SCA Dred 35,500 HP Railway and Road M+S 86
	Dredging															
	Railway Relocation	7	8		7											
	Dry Excavation	8	12													
72.5-94.5	Bank Works															Dred 32,000 HP M+S 110
	Dredging															
	Railway Relocation	7	8		7											
	Dry Excavation	8	12													
94.5-122.1	Bank Works															Dred 32,000 HP Dred 16,000 HP Dred 32,000 HP and Road, Sweet Water M+S 21
	Dredging															
	Railway Relocation	7	8		7											
	Dry Excavation	8	12													
122.1-135	Bank Works															Dred 32,000 HP M+S 110
	Dredging															
	Railway Relocation	7	8		7											
	Dry Excavation	8	12													
135-145	Bank Works															Dred 32,000 HP Hopper Dred 9,000 m ³ Dred 8,000 HP
	Dredging															
	Railway Relocation	7	8		7											
	Dry Excavation	8	12													
145-161	Bank Works															Dred 32,000 HP Hopper Dred 9,000 m ³ Dred 8,000 HP
	Dredging															
	Railway Relocation	7	8		7											
	Dry Excavation	8	12													
Suez Approach	Dredging 1															Dred 32,000 HP Hopper Dred 9,000 m ³ Dred 8,000 HP
	Dredging 2															
SCA, Cutter Suction Dredger		35,500 HP														
Contractor, Cutter Suction Dredger		80,000 HP														
		64,000 HP														
		3,200														
		40,000 HP														

図 9-3-2 実施プログラム 2

Km	Works	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Remarks
Port Said Approach 1.5-17	Dredging 1				2		9									SCA Hopper Dred 6,000m ³
	Dredging 2				1		7									Hopper Dred 9,000m ³
	Bank Works				7		1									
17-32.5	Dredging				1		9									SCA Dred 35,500 HP
	Dry Excavation	5	8													M-S 60
	Bank Works	5	11													
32.5-53	Dredging	9	2													Dred 32,000 HP
	Dry Excavation	1	5													M-S 50
	Bank Works	3	6													
57.5-74.5	Dredging	6			1											SCA Dred 35,500 PS
	Railway Relocation	7	8													Railway and Road
	Dry Excavation	8	8		7											M-S 86
72.5-94.5	Bank Works		12	8	8											
	Dredging		2		1											Dred 32,000 HP
	Sweet Water Pipeline	3	7													
94.5-122.1	Dry Excavation	7	7		7											M-S 110
	Bank Works	9	7		7											
	Dredging	11	1		1											Dred 32,000 HP
122.1-135	Dredging	11	8													Dred 16,000 HP
	Dredging	12	6													Dred 32,000 HP
	Railway Relocation	12	1													and Road, Sweet Water
135 - 145	Dry Excavation	1	7		7											M-S 21
	Bank Works	3	7		7											
	Dredging	6	1		1											Dred 32,000 HP
145 - 161	Dry Excavation	7	7		1											M-S 110
	Bank Works	9	1		1											
	Dredging	1	9		9											Dred 32,000 HP
Suez Approach	Dredging 1				7		1									Hopper Dred 9,000m ³
	Dredging 2				6		9									Dred 8,000 HP
					35,500 HP											
SCA Cutter Suction Dredger		96,000 HP 128,000 HP 32,000 40,000 HP														
Contractor/Cutter Suction Dredger																

図 9-3-3 実施プログラム 3

第4章 建設費

4-1 工事単価

第II期計画の工事単価は1979年価格を基準にして、それぞれ次のように算出した。陸上掘削は第I期工事の実績単価をもとに、その後の1979年までの価格上昇と第II期計画の施工条件のうち主として排送距離による修正を行なって算定した。護岸は設計断面から材料と作業量を集計して算定した。浚渫のうち請負工事単価は第I期工事の実績から計算した第II期計画の各LOTごとの月間浚渫土量と1ヶ月間の浚渫経費から算出し、SCA直営工事とアプローチチャンネルの単価は第I期工事の実績単価と価格上昇率と各LOTごとの浚渫土量とから算出した。なお、浚渫工事単価算出のベースとした第I期工事の浚渫実績は1979年9月末までの中間集計であるので、その後の浚渫経過において、硬い地層の出現や仕上げ掘りのために浚渫能率が変動することもありうるので、その変動が大きい場合にはそれに合わせて工事単価を修正する必要がある。また、この浚渫単価には、浚渫船の回航費は計上していないが、回航を必要とするような場合には新たに計上しなければならない。工事単価の内貨と外貨の配分は、浚渫の請負工事については浚渫の必要経費を内貨分と外貨分に区別し、外貨分は日本円で計算して240円=1米ドルの率でドルに換算した。浚渫請負工事以外の工事は第I期工事の実績の比率で配分した。

4-2 建設費

第II期計画の建設費は表9-4-1のとおりである。

表9-4-1 第Ⅱ期工事の工事費

Km	Dry Excavation		Bank Works		Dredging		Others	Remarks
	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	
1.5 - 16	10 ⁶ LE	10 ⁶ \$	10 ⁶ LE	10 ⁶ \$	10 ⁶ LE	10 ⁶ \$	10 ⁶ LE	
			11.1	4.6	15.1	8.5		
16 - 32.5	12.4	1.5	11.8	5.0	21.3	12.0		
32.5 - 52	31.2	4.0	15.3	6.4	33.6	18.9		
52 - 58								
58 - 73.5	29.4	3.7	12.3	5.2	8.3	59.2	8.4	
72.5 - 94.5	57.0	7.2	15.8	6.6	11.9	84.2		
94.5 - 134.5					7.9	56.7		
134.5 - 145	5.6	.7	12.2	5.1	6.8	48.2	4.1	
145 - 161	66.8	8.4	14.2	5.9	16.0	119.8		
Port Said Approach					6.5	15.7		
Suez Approach					4.8	19.4		
Total	202.4	25.5	92.7	38.8	120.9*	407.5*	12.5	* Km 1.5-161 Total **Approach Channel Total
					**	**		
Grand Total	L·C		F·C					
	439.8 x 10 ⁶ LE + 506.9 x 10 ⁶ \$							≒ 1,150 x 10 ⁶ \$

建設費は約440百万LE+500百万ドル，ドル換算で約11.5億ドルである。このうち，浚渫工事が55%，陸削工事が28%，護岸工事が15%，その他の工事が2%である。浚渫工事うちポンプ船対象のKm1.5～Km161の区間が51%ホッパー船対象のポートサイドとスエズの両アプローチチャンネルが4%である。この建設費にはそれぞれ10%のコンティンジェンシーを見込んでいる。

なお，この建設費の算出基準とした内外貨の交換レートは1979年12月の平均的相場である0.69LE=1米ドル=240円を使用した。

また，次の事項についてスエズ運河第Ⅱ期拡張計画の実施に際し留意すべきである。

1. 複線化の実施にあたっては掘削予定地に爆発物が埋没している可能性があるためこれらの探査，除去を十分慎重に行ない人命，機材，浚渫船などの被害の防止に努めなければならない

い。これらの事前作業は原則として発注者の責任において実施されるべきであり、もし受注者に探査を行わせる場合においては、その費用を積算の対象とすべきである。

2. 万一爆発物により不慮の災害が発生した場合、保険でカバー出来ない各種の予期せざる出費については、発注者は出来るだけこれを補償するよう努めなければならない。

4-3 年次資金計画

前章の工程計画 PROGRAMME 1, 2, 3 にそれぞれ対応する年次資金計画は次の表 9-4-2, 3, 4 の通りである。

表 9-4-2 年次別資金計画 I

(L·C × 10⁶ LE, F·C × 10⁶ \$)

Year	Dry Excavation		Bank Works		Dredging		Other		Equipment		Total	
	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C
1981	20.4	2.7	9.9	4.1	9.6	10.9	4.2				44.1	17.7
1982	30.3	3.8	14.0	5.8	16.3	58.7	4.2				64.8	68.3
1983	34.5	4.3	13.2	5.4	15.5	52.7					63.2	62.4
1984	34.5	4.3	13.2	5.4	15.5	52.7					63.2	62.4
1985	10.4	1.4	5.1	2.2	11.9	27.3	2.0		28.1		29.4	59.0
1986	1.9	0.2	4.0	1.7	11.9	27.3	2.1		7.5		19.9	36.7
1987	1.9	0.2	9.6	4.0	15.4	36.9					26.9	41.1
1988	13.0	1.6	12.0	5.0	15.4	36.9					40.4	43.5
1989	11.1	1.4	2.3	1.0	2.6	20.0					16.0	22.4
1990	11.1	1.4	2.3	1.0	2.6	20.0					16.0	22.4
1991	11.1	1.4	2.3	1.0	2.6	20.0					16.0	22.4
1992	11.1	1.4	2.4	1.1	4.3	26.4					17.8	28.9
1993	11.1	1.4	2.4	1.1	4.3	26.4					17.8	28.9
1994					4.3	26.4					4.3	26.4
Total	202.4	25.5	92.7	38.8	132.2	442.6	12.5			35.6	439.8	542.5

表 9 - 4 - 3 年次別資金計画 2

(L·C × 10⁶ LE, F·C × 10⁶ \$)

Year	Dry Excavation		Bank Works		Dredging		Other		Equipment		Total	
	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C
1981	28.3	3.6	13.8	5.8	12.0	32.2	4.2				58.3	41.6
1982	38.0	4.7	17.8	7.5	18.0	75.1	4.2				78.0	87.3
1983	31.9	4.0	11.9	-4.9	18.3	77.1	2.0			28.1	64.1	114.1
1984	51.3	6.5	27.0	11.3	18.3	77.1	2.1			7.5	98.7	102.4
1985	19.5	2.5	15.2	6.3	18.7	66.5					53.4	75.3
1986	16.7	2.1	3.5	1.5	20.4	72.9					40.6	76.5
1987	16.7	2.1	3.5	1.5	5.6	36.4					25.8	40.0
1988					5.6	36.4					5.6	36.4
Total	202.4	25.5	92.7	38.8	116.9	473.7	12.5			35.6	424.5	573.6

表 9 - 4 - 4 年次別資金計画 3

(L·C × 10⁶ LE, F·C × 10⁶ \$)

Year	Dry Excavation		Bank Works		Dredging		Other		Equipment		Total	
	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C
1981	28.3	3.6	13.8	5.8	12.0	32.2	4.2				58.3	41.6
1982	54.8	6.8	21.3	8.9	19.1	82.6	8.3				103.5	98.3
1983	51.3	6.5	21.5	9.0	26.7	138.6				28.1	99.5	182.2
1984	51.3	6.5	27.0	11.3	25.1	122.7				7.5	103.4	148.0
1985	16.7	2.1	9.1	3.8	17.0	48.8					42.8	54.7
1986					17.0	48.0					17.0	48.0
Total	202.4	25.5	92.7	38.8	116.9	473.7	12.5			35.6	424.5	573.6

これらの金額は、建設費を各工程計画に合わせて配分したものであり、建設費の積算の場合と同じく1978年価格であり年度ごとの価格上昇は見込んでいない。この資金計画には、建設費の他に新たにダグボードなどの設備費も加えている。なお、SCHEDULE 1と2, 3とでは合計金額に差があるが、Km 16～Km 32.5の浚渫工事が1ではSCA直営工事であるのに対して2, 3では請負工事であるためである。

Phase IとPhase IIに区分した資金は表9-4-5のとおりであり、Phase Iが60%、うちステップ1に32%とステップ2に28%、Phase IIが40%である。

表9-4-5 Phase I と Phase II の工事費

(L·C × 10⁶ LB, F·C × 10⁶ \$)

Year	Dry Excavation		Bank Works		Dredging		Other		Equipment		Total	
	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C	L·C	F·C
Phase I	130.0	16.4	55.2	23.2	83.0	231.0	8.4			35.6	276.6	306.2
					67.7*	262.1*					261.3*	337.3*
Step 1	86.4	10.9	28.1	11.8	21.8	155.4	8.4				144.7	178.1
Step 2	43.6	5.5	27.2	11.4	61.2	75.6				35.6	132.0	128.1
					47.5*	118.7*					118.2*	171.2*
Phase II	72.4	9.1	37.5	15.6	49.2	211.6	4.1				163.2	236.3

* Schedule 2, 3

第5章 施工管理計画

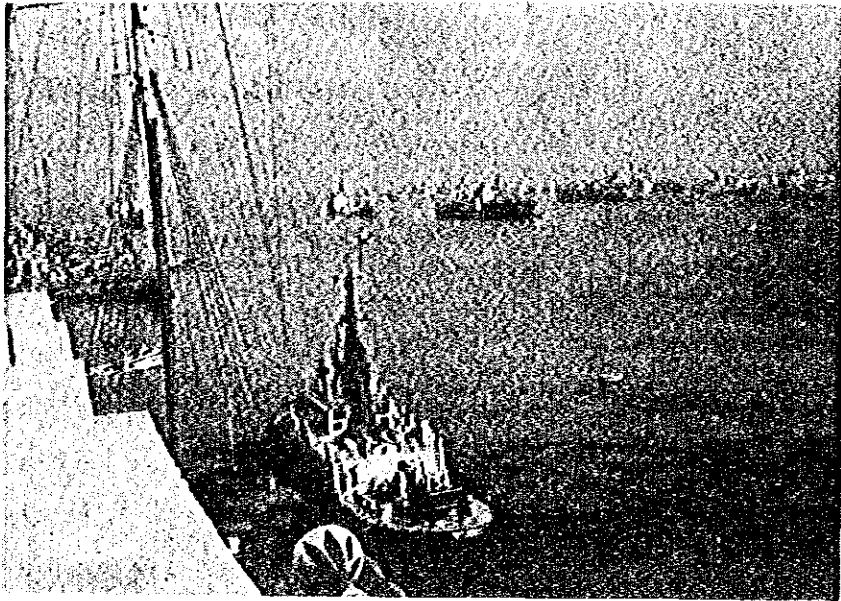
第Ⅰ期工事の施工をとおして第Ⅱ期計画では改善すべきことがいくつか指摘することができる。

まず第一に、掘削工事、護岸工事と浚渫工事相互間の工程管理と調整を改善する必要がある。第Ⅰ期工事では陸削、土捨場の築堤、護岸工事などの遅延により浚渫船が手待する事態がしばしば発生している。それが結果的には完成時期の遅れにつながっている。また、浚渫船の休止の原因を調べると障害物による場合が以外に多く、コンボイ待ちによる休止時間の2倍になっている。これは護岸工事や陸削工事で当然除去すべき障害物を放置していたり、さらに悪いところでは水中に捨込まれていて浚渫工事の障害になっている。工事工程及び管理を十分に行なってこのようなことで工事が遅延することのないようにすべきである。

第二に、工事の安全対策は完全を期すべきである。第Ⅰ期工事では通航船舶との衝突や爆発物による浚渫船の沈没または損傷事故が多数発生している。浚渫船と通航船舶の双方がそれぞれの規定を守り、事故を防止する必要がある。また、爆発物に対する探査は第Ⅰ期工事でも入念に行なわれていたが、それでもなお爆発事故が発生しており、さらに完全な安全対策が望まれる。

第三に、第Ⅰ期工事では護岸が完成後すぐに崩壊しているところが方々で見受けられたが、原因は施工が粗雑であったり、手ぬきがあったものと推測される。そのため設計どおりに確実に施工するように監理体制を充実する必要がある。

第四に、第Ⅱ期計画の西側水路の浚渫では、既設水路を沈設管で横断してシナイ半島側に排砂することになるが、この沈設管から土砂が漏出すると運河の底面に推積し、通航船舶が底触事故を起すので沈設管の点検と整備は確実、完全に行なわなければならない。



X. 管理運営計画

第X編 管理運営計画

第1章 管理運営

1-1 Suez Canal Vessel Traffic Management System (SCVTMS)

スエズ運河公社は、1980年末正式運用を目途に、画期的な広域航行管制システムであるSCVTMSの建設に着手した。

このシステムは、高度の電子技術を駆使した、ハードウェアと運河における航行管制のみならず、広く運河管理の構想にもとづくソフトウェアから検討されたものである。

しかしながら、1979年12月の現地調査では、アウトラインを知りえたのみで、その詳細な内容に亘る調査並びに資料入手は出来なかった。

従って、ここでは世界で初めてコンピューターを使用して船舶の交通管制を実用化した東京湾における、航行管制システムの建設及び運用に従事した経験から、SCVTMSにあるべき姿について述べることにした。

いかなる管制を行っても、全ての事故を100%防止することは不可能であり、管制によって事故の起こる確率を小さくすればする程、大きな費用を必要とする。

自づと管制システムの費用便益効果の問題を生ずる管制システムの設計に当っては、事故の大きさに注目し、ある一定以上の事故の防止を目標とする必要がある。

SCVTMSが第1期拡張計画の完了に伴い、VLCCの安全通航に目標を置いたことはまことに時宜を得たものであり、VLCCの安全通航に大きく貢献することが期待される。

VLCCの海難は、運河を一時的閉鎖する重大事故となる可能性が極めて大きいところから、SCVTMSの設置は、運河通航船舶の安全航行を確保し、運河に対する信頼感を高め、究極的に運河経営に大きくひ益するであろう。

1-2 SCVTMSによる業務

運河通航状況並びに海難事故の実態から、通航船舶に関し、次に掲げる内容の管制を行うことが考えられる。

管制業務は、管制と情報提供業務に大別される。業務の内容及び流れは次表のとおりである。

事 項	内 容	関 連 事 項
1. 事前通報の収集 整理	a 対象船舶から Port Said (Suez)	情報処理・通信

事 項	内 容	関 連 事 項
1) 船舶交通情報 2) 港内運河情報	E T A 等の事前通報の受理 b 港域管制室と入出港について照会 a Port Said 港内, 運河の水路の現況 b 浚渫工事作業予定 c 仮設架橋の予定 d 気象, 海象予報	Nav Plan 作成 通信・マリンセンター レーダー, TV, 港域管制室, マリンセンター 浚渫船, 工事担当部門 信号所, 軍 気象測候所, 港域管制室, 信号所
2. 管制計画の策定 事前指示等 1) 管制計画	a 入出港及び運河水面への入航時刻の調整 通航時間帯の決定 b 工事作業, 仮設架橋と運河通航船団との調整 c 船団の交差時間の設定 d 適正船間々隔(距離)の保持 (曳航物件, 低速船) (engine 不調船)	港域管制室, マリンセンター, 情報処理 航行スケジュールの表示 関係部署, 信号所, Nav Plan への表示 情報処理 "
2) 事前指示	a 航行予定時刻, 船団順位, エスコート タグ, mooring boat の配備, 無線の聴守, 運河水面航行中の管制官との連絡保持 b 入出港運河入航時刻の変更	マリンセンター, 港域管制室, 通信 Nav Plan, 港域管制室, マリンセンター, 通信, 信号所
3) 管制計画の逐次修正	a 運河航行予定変更に伴い, 管制計画を逐次修正し, それに対応した指示を関係先に通報する。	

事 項	内 容	関 連 事 項
3. 運河入港日の情報 情報の収集整理, TV監視 1) 船舶交通情報 2) 航路情報	a C O R Tにより船舶識別し, I Dタグの付与(港湾管制官) b 船舶交通の現況と予測 a 工事作業等の実施状況 b 航路標識の状況 c 気象, 海象の現況予報 d 仮設, 架橋の状況	レーダーDisplay, Fix Display マリンセンター 気象官署
4. 情報提供	収集整理された情報を基に運河航行中の船舶に無線, V H Fにより次の情報を提供する。 a 船団の主要Point通過状況(1番船, 最後尾の船の位置および速度) b 工事作業の状況 c 航路標識の改廃, 事故 d 気象, 海象情報(警報・注意報) e 海難情報 f 運河仮設架橋の状況 g 運河内(Bypassを含む)の停泊状況	Fixed Display, 信号所, 通信 気象官署
5. 現場提示 (display監視)	早期警報装置からの警報及び運河内の交通状況から総合判断して対象船舶に対し, 次の事項の警報を指示する。 a speed超過に対する警報 b 水路からの逸脱(針路の異常)の警報 c 適正船間々隔からの逸脱の警報(異常接近, 適正間隔からの逸脱) d 低速航行に対する警報 e 海難事故発生時の緊急停止, 避航指示, 係留指示 f 視界不良時の誘導指示	通信 Warning V H Fによる一斉通報

1-3 要員計画

(1) 管制官

新しい管制システムは、最新の電子技術を採用したものであるが、システムの保持管理を含め、Human factorは、重要な問題であってシステムの成功するか否かのkeypointである。

即ち、管制官の資質が重要な問題である。

東京湾海上交通センターの例を始めとして、欧州、アメリカの現存のシステムにおいてもHuman Factorについてまだ、十分研究がなされていない。

しかし、管制官の資格については、操船者(パイロット)と対等に会話できる知的レベルが必要とされており、管制官が航海、操船、海運、海事法規、通信、防災、救難等の分野で専門的知識を有していることが要請されている。

このため、船長経験者、パイロット・海軍・商船士官等の中から選抜されて、主任管制官の席についている。

一般の管制官も海技資格を有する航海科士官、若しくは、航海科実務経験者、無線通信士、電子技術者から選り前述の分野の教育訓練を行なうことが必要である。

特に訓練で密度の高い監視技術を修得させる必要がある。

管制システムは、24時間運用されるが、当直は3~4直で実施される。

1人の管制官がdisplayの監視に当る時間は、我々の経験から言って、高い緊張の維持できる2時間が適当で、引続いて30分の休憩を与えている。

(2) 保守要員

管制システムは、リアルタイムで運用されているシステムである。このシステムのいずれかの部分での故障又は機能低下による混乱は、運河交通の混乱を生じ、大事故の発生につながる危険性がある。

本システムは極めて複雑でありHuman factorなどにも及ぶ多岐多様な大きなシステムである。各機器の機能、動作の監視と保守整備、あるいは、障害発生時に復旧が短時間でできる管理体制が必要とされる。

レーダー、ロランといった単体の機器は、極めて高い信頼性を有する。また、レーダー情報の処理技術についていえば、目標の検出、追尾、速力計算、衝突計算、将来位置予測等の自動処理システムは、レーダーの特性から派生する弱点を除くとほぼ完成に近い。

システムを構成するコンピューター及び周辺機器は、その種類や数が多く、部品となるとばう大な数となり、保守管理が重要となる。

しかし、高度の電子技術を駆使したレーダー、ロラン、通信機、コンピューター及びその周辺機器は、機器設置、試験運用期間を含め、しばしば予測を超える故障が頻発する。

1年を経過すると安定期を迎え、2~3年経過すると使用頻度の高い部品や接触部分等で

故障が発生する。

システムの維持管理には、ハードウェア及びソフトウェアの各分野の専門家が必要となるが、これらの機器は、これまでSCAKにはコンピューターを除いて存在しなかったことから数年間は、メーカーの派遣員をもってこれに充てる必要がある。SCAは、3～5年を目途とした保守要員養成計画を早急に作成する必要がある。

要員養成の方法としては、SCA職員のうち電子技術を有する者及び年齢30才未満の者から選抜し、メーカーの機器設置の段階から参加し、On job Trainingとメーカー派遣職員による研修とを併せて実施し、技術の取得を図る必要がある。

また、計画的に電子工学専攻の大学卒業者を採用し、上級の専門家を養成する必要がある。

1-4 レーダー及びレーダーデータ処理に伴う問題点

1-4-1 レーダー偽像

ハーパーレーダーの影像の電算機処理に伴う問題点の1つに偽像がある。これは、運用に先立ち十分に解明されなければならない。

偽像の原因は、




- ① レーダー局及びその周辺の建物・その付属物との多重反射によるもの。
- ② 船舶との多重反射によるもの
- ③ 防波堤等にあたってできる波浪によるもの
- ④ 雨、厚い雨雲、濃い霧によるもの
- ⑤ サイドローブによるもの





がある。これらエコーが、コンピューターにより処理され、TV上に表示されると実在の船舶との識別が困難であるうえに、偽像と他船との間での疑似衝突、疑似乗揚げの現象を起こすなど、管制官の監視を困難なものとしている。

(a) 偽像の形状

TV上の偽像の形状は次表のとおり

TV上の偽像の形状

TV上の偽像	偽像の状況	判断の難易
	高速を示し、Co(course)が変化し、短時間で消滅するもの	極めて容易
	正常な船舶と同一	困難
	2船が接近したときと同一 (短時間移動して消滅するものもある)	やや困難

	停泊船に航行中の船泊が近接したときと同一	やや困難
	2隻の停泊船が近接しているときと同一	"
	停止直前あるいは航行開始直後と同一	"
	漁船等が密集したときと同一	容 易

(b) 偽像の判別法

- ① 偽像の多重反射やサイドローブ等により生じるためエコーは薄く弱い。また、不安定である。
- ② 偽像のうち、建物等により生ずるものは、特定の地域に出現する。
- ③ P P I (Plane Position Indicator)の映像の形状、濃度、安定度から実像と偽像を判別する。

(c) 偽像の消去法

ある一定回数以上の掃引に全回映像が存在するもののみを処理し表示する。この場合、小型船などが消失するので十分な調整が必要である。

偽像は、レーダーサイト、アンテナ高さと密接な関係があり、完全に偽像を除去することは不可能であるが、P P Iの併用監視により業務に支障を生じない程度まで補うことは可能である。

1-4-2 映像の消失

海上交通では、船舶を巨大船、大、中、小型船の4段階に分ける。

交通管制では、小型船をどのように扱うかは、法制面、交通実態、更にcpuの処理能力の3つ面から考える必要がある。

(a) 海面反射

港内外における海面反射を押え、ブイ、小型船のように有効反射面積の小さい物標まで高い確率で検出することは非常に難しい。

クラッターを押えることは、管制システムの信頼性を左右する重要問題であるので、特別の注意を払う必要がある。

従って、海面反射を押えるため、一定掃引回数以下の出現の場合、映像として処理しないようにする必要がある。

(b) 遮蔽物による消失

大型船や建物の影に入った場合、映像の消失が起きるが、消失前のCoとspeedとで短時間追尾させ表示する必要がある。

(c) 変針による消失

これは、レーダー局に対する船の方向により、反射面積が変化することにより映像の中心が変化するため船の speed Co が絶えず変化し、実船の動きと相違したものとなる。このためソフト上で過去のデータを使用して平滑化して表示している。

しかし、大角度の変針をすると、過去のデータにとらわれて追尾できなくなり、消失現象が起こる。このため直進と変針の2種のプログラムを作成し、実船が変針した場合に大きく Time-lag が生じることなく、実船の動きに合うよう調整する必要がある。

これは自動衝突警報の有効性とも密接な関係がある。

(d) 空中波と海面波の干渉

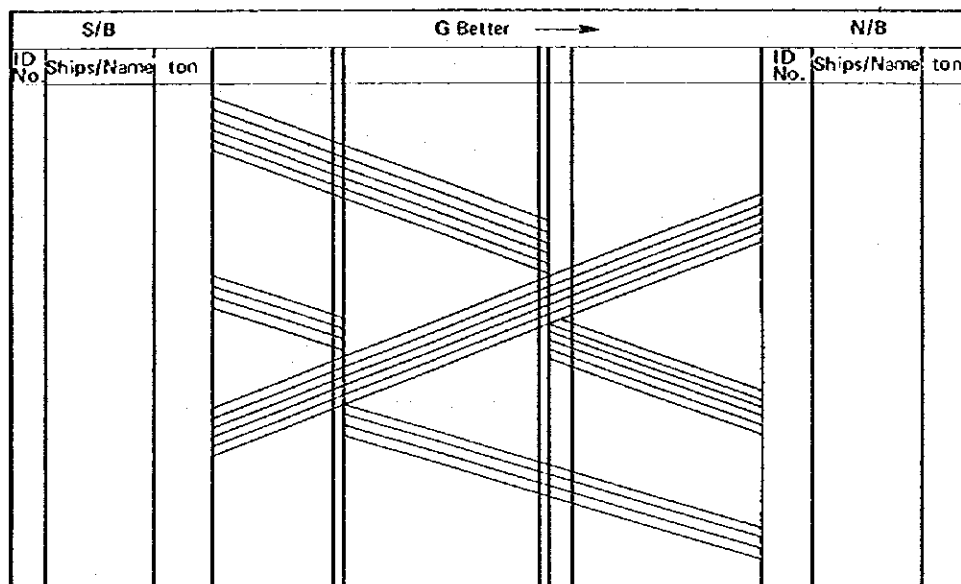
空中波（直接到着波）と海面反射の干渉効果による感度低下による映像の消失が生ずる場合がある。これはレーダー局から一定の距離のエリアに生ずる現象である。

また、レーダー局がレーダーチェーンとして構成される場合レーダー信号関係の回線、レーダー動作監視関係の回線及びレーダー遠隔制御するための回線が必要となる。これらの回線にはマイクロ波が用いられるため、主局と無人局との位置関係や気象状況により、空中波と海面反射の干渉効果による感度低下や雑音のため、回路の断が生じることがある。

アンテナ方向の修正を含め干渉域を逃がれるための特別の注意が必要である。

1-4-3 管制室に備えるべき装置

管制室には各船団の通航状況を示す表示盤が必要である。表示盤には、南航、北航別に識別符号、船名、トン数、危険物の有無を表示する。



交差水面以外の水域では管制対象船同士の待合せないよう調整するための表示であって、そのためには、南北船団の運河入航時間の調整を行ない、入航した船に対する速力調整も合せ行

なる。これらの操作は電子計算機において計算され表示されるものとする。

船名、ID号、トン数等はNav Plan、船舶データから得られるものを南、北航別に船団順位に従って表示する。

第 2 章 管理運営と施設

2-1 管理運営施設の現状

2-1-1 tug-boat 及び消防設備

第 1 期拡張計画完了に伴い、今後大型タンカーの通航が予測される。大型タンカーの海難は、運河の閉鎖につながる重大事故となる危険性が極めて大きいところから、運河公社では、1978 年以降 Salvage 兼 Escort-tug の大量整備増強を図るとともに、これらに消防設備を装備した。

現在、運河公社保有の tug は

救難作業兼エスコート用	19 隻
港 湾 用	13 隻
港外、大型パイロット用	2 隻

となっており、要目及び消火設備は表 10-2-1、10-2-2、10-2-3 のとおりである。

2-1-2 油防除資器材

Port Said, Suez を含む運河水域では、これまで大量の油流出事故は発生していない。

運河公社の現有資器材は、

- a 油回収機 — Rheinwerft (西ドイツ製) 1 台
能力(capacity) 10 m³/h Port Said 港
- b 油処理剤 約 100 トン……Rochen Dispergent Port Said, Port Tewfic
及び各信号所に分散備蓄
- c オイルフェンス 軽量タイプ 600 m ブリジストン製(日本)製
スチールパイプ 200 m 旧スエズ運河会社

となっている。

2-1-3 防火訓練

運河公社では、組織的な防災訓練は実施していない。消火訓練については、タグボート乗組員を対象に、Port Said, 市消防局の研修コースに参加している。

2-1-4 航路標識

Port Said, Suez 及び運河における航路標識は地域の特性に合わせ、原則として 3 km を超えない間隔毎に水路の両側に Light-bouy, Light-beacon 等が設置されている。

その他、導灯、潮流ブイ、係留制限標識、岩盤地帯標識等も整備されており、数量的には十

表 10-2-1 タクボート

No.	Name	G/T	H.P.	Speed	Year Built
1	Shahm No. 87	1,390T	4 × 1,600	24 km/h	1960
2	Mared No. 99	1,390T	4 × 1,600	24 km/h	1960
3	Antar No. 90	1,390T	2 × 2,500	28 km/h	1954
4	Moawen/1 No. 171	279.44T	2 × 1,600	13.84 kt.	1975
5	Moawen/2 No. 172	282.41T	2 × 1,600	14.00 kt.	1975
6	Moawen/3 No. 173	282.59T	2 × 1,600	13.79 kt.	1975
7	Moawen/4 No. 174	199.70T	2 × 1,300	13.72 kt.	1975
8	Fahd No. 134	249	2 × 1,700	12.00 kt.	1976
9	Nimr No. 133	249	2 × 1,700	12.00 kt.	1976
10	H. Bahgât No. 264	362	2 × 1,850	13.80 kt.	1978
11	F. Bakr No. 265	362	2 × 1,850	12.75 kt.	1978
12	Baher/2 No. 266	362	2 × 1,850	13.00 kt.	1978
13	Barei/2 No. 267	362	2 × 1,850	13.20 kt.	1978
14	Basset/2 No. 268	362	2 × 1,850	12.90 kt.	1978
15	Batal/2 No. 269	362	2 × 1,850	12.90 kt.	1978
16	Salam/1 No. 281	387	2 × 2,000	12.00 kt.	1978
17	Salam/2 No. 282	387	2 × 2,000	12.00 kt.	1978
18	Salam/3 No. 283		2 × 2,000	12.00 kt.	1978
19	Salam/4 No. 284		2 × 2,000	12.00 kt.	1978

表 10-2-2 港内タグボート

No.	Name	G/T	H.P.	Speed	Year Built
1	Kirsh No. 103	280	1,600	23.1 km/h	1958
2	Chedid No. 109	240	1,600	23.1 km/h	
3	Morgan No. 110	240	1,600	23.1 km/h	1958
4	Shabar No. 111	240	1,600	23.1 km/h	1958
5	Boury No. 117	153	1,640	12.77 km/h	
6	Wakar No. 118	153	1,640	12.77 km/h	1962
7	Denis No. 120	153	1,640	12.77 kt.	1963
8	Kader No. 129		2 × 800	11.0 kt.	
9	Bateh No. 128	160	2 × 800	21.9 kt.	1975
10	Hoût No. 92	400	960	21.9 kt.	1957
11	Ras El Esch No. 141	240	1,600	12.5 kt.	
12	Shedwan No. 143	260	1,600	12.5 kt.	
13	Bayad No. 145	240	1,600	12.5 kt.	

表 10-2-3 パイロット船

No.	Name	G/T	H.P.	Speed	Year Built
1	Morshed No. 101	760	2 × 1,400	27 km/h	1950
2	Mounir No. 105	1,054	2 × 1,640	15.89 kt.	1962

分である。

2-2 第1期計画完了後の管理運営計画

2-2-1 施設の改善

1) tug boat 消防設備

運河公社では、V.L.C.Cの通航の増大に対処するため更に tug boatの増強の意向を有しており、tugには、消防設備を装備することとなる。

大型タンカーの通航需要予測に合わせて、所要のタグボートを計算すると下表のとおりとなる。

実際には、需要予測を通航実績を修正しつつ整備を図る必要があろう。

なお、タンカーの消火能力としては、海上保安庁の基準によると、通航タンカーの隣接する2個のサイドタンクの表面積の合計が最大となる場合の面積 $A m^2$ とすると

泡放水能力	$12 \times A \text{ l/min}$
泡原液保有力	$9 A \text{ l}$ (3%原液)

の消防能力を持つことが必要とされている。

運河通航タンカーにアテンドするタグボートの消防能力の合計が、この基準と同一、若しくはこれを上回る消防設備及び資材を備えることが望ましい。

2) 油防除資器材

運河水面におけるタンカー事故は、一般海域と比較して、one-wayであるため、衝突による事故の確率は低い、一方、乗揚げの確率は極めて高い。

運河における油流出の事故は、洋上に比し、風潮流の影響がほとんどなく、狭い水路を構成しているため、捕捉が容易であり、陸上からの作業も可能であって、極めて恵まれた条件下にある。

しかし、大型タンカーが船底を破損して油流出を生じた場合を想定しても、現状の資器材では、不十分であろう。

防除にあたっては、自然環境に与える影響を考慮して、油の回収に主眼をおき、オイルフェンス等で流出油を囲み拡張を防止すると共に、油回収船又は回収機により、陸上の仮設タンク内に回収し、次に油層の薄い回収困難な部分を油吸着材で吸着させ、残余を油処理剤を使用して完全除去する方法が望ましい。

3) 航路標識

(a) Port Said Bypass では、平均して1.5 km各に運河の両側に Light bouy又は

Light beaconを設置する。ほか、可航幅員を示す channel bouy (unlighted)を同様の基で設置する。

(b) Bypass の approach channel の入口には海象観測装置を備えた大型 Light bouy 1個を、また航路幅員を示す Light bouy は 1.5 km 各に両側に設置する。

その他所要の標識を設置する。

2-2-2 組織増強

第 I 期計画完了後の組織については、SCVTMS 関連を除いては現行通りと考えられる。施設の整備に伴う要員増は次のとおり

	組 織	要 員	
		管 制 官	保 守 要 員
Suez Canal	中央管制室	現行人員の振替え	
Vessel	港 湾 " Port Said	同 上	8
Traffic	Port Tewfik	同 上	8
Management	Loran C station		20 ~ 25
System	Computer Center		20 ~ 24
	Communication net work		6 ~ 8
	Pilot		20 ~ 30
	Signal station (Port Said Bypass)	10	
	Dredger (2台)	120人/台×2	240人
	Tug boat 6隻	15人×6	90人
Port service	mooring Launch 3隻	5人×3隻	15人
	Service Launch 5隻	4人×5隻	20人
	Service tug 3隻	8人×5隻	40人
	Water, fuel Berge 3隻	6人×3隻	18人
	Crane 5台	1人×5	5人
	Total		512 - 532人

第3章 管理運営の評価と課題

3-1 SCVTMSの設置

従来の船舶間とのVHF、信号所からの通報による耳で聞く通信管制に比べ、中央管制室に船舶交通に関する全ての情報を集中し、管制官が直接目で見る新システムは、船の航路逸脱衝突危険の自動検出など、船側とは独立に危険検出の機能を有し、運河における船舶交通の安全（通常時及び緊急時における）及び運河の通航時間のロスを減少させ効率的な運営に画期的な貢献が期待できる。

新システムの導入に当って次の課題がある。

(1) 信号所の併用

新システムへの移行に当って在来の信号所の機能に変化を生ずることは避けたいが、新システムの有効性が完全に確認され、新システムの保守管理等に問題がなくなるまで、2重、3重の交通安全の保障機能として存置し、継続、運営されるべきである。

従って、数年間はそのまま現行通り運営し、その後の施設は、防災用機器資材の分散基地として運営することが望ましい。

(2) 管制官及び保守要員の養成

前述の1-1 3)要員計画参照

(3) 管制官マニュアルの作成

管制計画、船団構成、管制間隔、事前指示、運航停止基準、情報・警報の内容、提供基準・時機、緊急時の処置、管制官の責任、用語、関係部署との連絡調整、通信等を定めたマニュアルを作成し、業務の統一を図り、管制する側と管制される側との間に信頼関係を作り上げる必要がある。同時に保守整備マニュアルを作成する必要がある。

(4) 位置通報制度の採用

CORTが港外において積込まれない場合は、レーダー局から10数kmの特定地点に、位置通報ラインを設け、船舶がそのラインに達した時、VHFにより管制官に船名、通過時刻を通報させ、管制官がレーダースコープ上でこれを識別し、特定の識別符号(ID)を付与し、待機錨地を含め、港内の交通管理に当る必要があろう。

(5) 周知用のパンフレットの配付

SCVTMSは、広範囲で複雑なシステムより成りたっている。このシステムが有効性を発揮するためにはこのシステムの利用者（船長）の十分な理解と協力が必要とされる。

このため、システムの機能、業務の内容、手続を含む船長の遵守すべき事項、管制官の責任等について簡単に記したパンフレットを作成し、船舶運航に従事する者に配付して周知を図る必要がある。

3-2 VLCCの運河における緊急停止

運河で先航船あるいは自船にトラブルが発生した時あるいは強風、狭視界時には緊急停止する必要がある。

運河の場合、大型タンカーにとって可航水路の幅員は、3.0～3.5 B（BはVLCCの船幅）と極めて狭いため、大型タンカーがFull sternをかけて乗揚げることなく停止することは不可能である。

よってエスコートの tug-boat を使用して船首の振れ回りをコントロールしつつ、本船の行足の制動をかけて水路の中央部に安全に停船させることが要請される。

停止距離も先航船との規定の船間々隔以内の距離に停止する必要があるところから、パイロットの操船法 tug-boat の使用法の技術的検討が重要な課題である。

パイロット及び tug-boat 乗組員は緊急時迅速な行動がとれるよう、tug-boat のタイプによる特性に応じた使用法に習熟し Great Bitter lake で停船する場合等の機会を利用して訓練を積む必要がある。

また、運河通航安全性を確保するため、VLCC等の運航中止条件について技術的に検討する必要がある。

3-3 大型タンカーの災害対策の推進

大型タンカーによる災害が万一発生した場合の運河公社の対応策は前述のとおり、十分とはいえない。

運河公社は、早急に運河におけるタンカー火災、油流出事故の想定を行ない、防災計画を樹立する必要がある。（別添タンカー火災の危険円参照）

防災計画には

- ㊶ 火災、流出油事故防止対策
- ㊷ 事故処理対策（事故の処理要領、救難作業）
- ㊸ 事故処理体制
- ㊹ 非常時の通信連絡
- ㊺ 資器材の整備
- ㊻ 職員の防災訓練

等を盛り込むものとする。

特に防災訓練は重要であり、日頃からの訓練を通じて始めて迅速な活動が可能である。

処理体制としては、公社内部は勿論のこと、運河防衛の任にある軍隊や警察、消防機関との間に事前に災害の防止に関する援助協力体制を確立し施設、資器材、人員が迅速に組織的に動員し被害局限を因るため即応体制を確立し、更に民間とも密接な連携を保ち、災害の局限に努める必要がある。

海上に流出した油は、風潮により拡散し、汚染範囲を拡大していくので、防除処理する範囲が時間と共に増大するばかりでなく、拡散による油層厚さの変化や含水化による油の性状の変化によって油回収効率が大きく変動する。

このため、早期防除が極めて重要である。日本においては、不測の事故に対処するため、大型タンカーにエスコートする tug-boat にオイルフェンス、油吸着材、油処理剤等の防除資器材を積載している。

現在、運河公社の tug-boat にこのような設備がないが、サルベージ tug-boat には、防除資器材の搭載を検討する必要がある。

また、防除資器材は分散備蓄する必要がある、Port Said, Suez は勿論のこと、その他運河沿岸にも備蓄する必要がある、現在の信号所は防除資器材備蓄基地として活用する必要がある。

また、バラスト航行のタンカーについては、SOLAS 条約の改正に関する 1978 年議定書の規定によって 1981 年には 2 万 DWT 以上のタンカーは貨物槽にイナートガスシステムを装備することが義務付けられる。

運河公社は、運河航行の安全を図る見地から、このシステムを積極的に活用し、臨船検査等によりチェックする必要がある。

3-4 液化ガスタンカーの消防対策の推進

原油に替るクリーンエネルギーとして、世界的に LNG 等の需要が高まっており、これらを積載するタンカーの運河通航が増加する傾向にある。

危険物である LPG 又は LNG が海上に排出され、火災、爆発が発生した場合、運河に隣接する Port Said, Suez 等の市街地はもとより、船舶が多数通航する運河内でも、人命財産への被害は、広範囲かつ重大なものとなることが予想される。

火災の場合は、その初期消火が重要であり、火災が発生しない場合には付近の火気の使用禁止等の迅速な措置をとることが必要である。

現在のところ LPG, LNG 火災の消火には、ドライケミカルがただ唯一の効果のある消火剤であり、油火災にも有効である。

現在、運河公社所雇のタグボートには、これら火災に有効な資器材を保有していない。

よって液化ガスタンカーの通航に備え、災害対策を早急に樹立する必要がある。

なお、日本における液化ガスタンカーのエスコート用のタグボートには、ドライケミカル 2 トン以上を毎秒 30 kg 以上の放射量で放射できる装備が義務付けられている。

<参 考>

タンカー火災の危険円

大量の原油流出による大規模な火災発生を想定する場合、油が海面に流出して拡散するが、これによって発生した可燃性ガスがたなびき、海面火災が発生するケースが多く、この輻射熱により一般施設や、人体に危険を及ぼす。油の海面拡散の場合、油面から燃焼限界濃度の可燃性ガスの存在する時間は、せいぜい50分程度で元良教授は海面流出油の拡散半径を次式で求め、さらにこの拡散半径に対して、下表のような危険範囲を推定している。

$$R(t) = 8 \sqrt{\frac{1.6 \cdot g \cdot V^3}{C^2 \cdot \pi^3 \cdot \nu} \cdot t + R_0^2}$$

但し

R(t) : かなり時間を経過した場合の油の拡散半径

t(秒) : 経過時間

R₀(米) : 最初の油の流出半径

ν(m²/秒) : 油の動粘性係数

C : 係数(大略0.1)

V(m³) = (p_s - p_o)V_o

V_o(m³) : 全油量

p_s : 海水の比重

p_o : 油の比重

危険円の大きさ

限 界 条 件	危険円半径
引火の危険円(1/2LELの範囲)	2R
中毒の限界円(")	2R
輻射熱による引火限界円	1.25R
" 人体火傷の限界円	2R
人体に影響のない限界円	3R

但しRは60分後の油面半径、L.E.L.はLower Explosive Limitの略
また、具体的な危険円を、流出油量や風速を加味したものを以下に示す。

危 険 範 囲 (半径)

流出油量 m ³	風 速 m/sec	油面半径 m	引火の危険 円 m	中毒の危険 円 m	輻射熱の危険円	
					引 火	火 傷
6,000	0.5	(60分後) 330	(70分後) 660	(70分後) 660	410	660
	2	"	(10分後) 330	(10分後) 330		
	8	"	"	"		
10,000	0.5	(60分後) 420	(120分後) 740	(120分後) 740	530	840
	2	"	(20分後) 420	(20分後) 420		
	8	"	"	"		
30,000	0.5	(60分後) 640	(120分後) 1,000	(120分後) 1,000	800	1,280
	2	"	(20分後) 680	(20分後) 680		
	8	"	640	680		

日本海難防止協会「巨大タンカーの安全対策に関する調査研究」より

3-5 夜間航行時の対向船舶のライトの影響

運河の複線化を行なった場合、東西水路が接近する区間では、夜間航行中の北航船および南航船のサーチ・ライトが、操船者の視界を乱すことが懸念されている。運河の複線化が部分的に進んでいる段階では、ダイヤグラムの調整等により、夜間航行時の行き合いを避ける等の工夫もできるであろうが、運河が完全に複線化された段階では、夜間航行時の行き合いを避けることは不可能である。よって、夜間航行時のサーチ・ライトによる操船の妨げを防ぐため、複線化の段階に応じて次に述べるような措置を順次講じてゆくべきであろう。

- (1) サーチ・ライトは、運河航行中の船舶が可航水域確認のため進路前方および護岸を照明するために使用されるが、複線部分で行き合い場合にはサーチ・ライトの俯角を一定角度以下に保持させるとともに、可能な限り進行方向の外側の護岸（例えば、西側水路の場合は、西側護岸）を照明するようにすれば、操船者同志が相手の照明に幻惑されることはさけられるであろう。なお、この場合光度の制限についても検討すべきであろう。
- (2) サーチ・ライトを要しないように、運河内航路の標識を完備させることが必須であり、特に夜間に消灯することのないよう十分な維持・管理が必要である。
- (3) 運河が完全複線化された段階には、運河沿岸を照明施設により夜間照明することを検討すべきであろう。

両水路が接近する区間については、当面(1)に述べたような配慮を講ずることとし、できるだけ早い機会に運河内の航路標識を完備し、サーチ・ライトを使用する必要のないよう、交通環境の整備をはかる必要があるであろう。

第4章 運河経営計画情報システムの整備

運河の経営計画には、通航量、収入、財務等に関する現状分析と将来予測が重要となる。これらの業務を行うには、各業務に必要なデータを収集・整備し、データ処理、集計、統計解析等を実施する必要がある。

特に経営計画の基礎となる運河通航量に関する情報システムは、通航隻数が多いため、コンピュータによる処理が不可欠となる。

通航量データに関していえば、次のような情報システムの整備が重要と考えられる。

この場合には、下記項目について一隻毎の通航データが入手可能である。

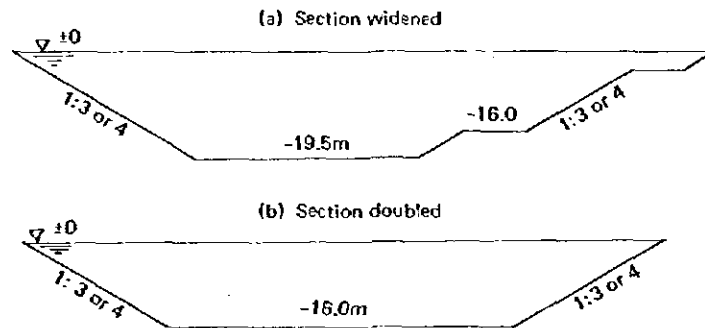
- ① 日付
- ② 船種
- ③ 南北行別
- ④ スエズ運河登録純トン
- ⑤ Dead Weight Tonnage
- ⑥ 貨物の種類
- ⑦ 各貨物別に重量及びO/D

以上のデータをコンピュータ化することによって、容易に次のような通航量分析を行うことができる。

- ① 通航量の時系列分析
- ② 通行貨物の時系列分析
- ③ 貨物の種類別の船種構成
- ④ 船種別の船型構成
- ⑤ 船種別のLoad Factor
- ⑥ 貨物の種類別のO/D表

次のステップでは、国際経済データ（主要国のGDP、輸出入、貿易フロー）と貨物別のO/D表の関係を分析することが（通航量の予測を行うために）重要になる。また、海運市況との関連についても分析を行い、収入分析等に役立てることができる。これらの分析を行うには、コンピュータの利用を促進する必要がある。そのためには、まず、システム設計者、プログラマー等のスペシャリストを養成し、コンピュータ利用に適したデータ・ベースを整備すると同時にデータの集計処理、時系列分析、回帰分析、計量経済モデル分析等のコンピュータ・ソフトウェアを整備していく必要がある。

また、西側水路の維持浚渫土砂の排砂場所については以下のような考慮が必要であろう。
 複線・拡幅計画完了後の西側水路の断面は図の㊸、㊹の二つに大別することができる。



このうち㊸の区間は、km 16～km 505，km 73～km 945，km 145～km 161，㊹の区間は、km 15～km 16，km 505～km 73，km 1148～km 145である。㊸の断面では、必要水深-160mに対して、既に-195mと35mの余裕があるために、年平均埋没厚をkm 61から北側を15cm，南側を75cmとすると、km 16～km 505の区間で今後23年間，km 73～km 945，km 145～km 161の区間では今後47年間維持浚渫を必要としない。さらにkm 16～km 40では運河の西側にも排砂は可能である。㊹の断面のうちで、km 15～km 16の区間は水路の西側にも排砂場所を確保することは容易である。また、km 1148～km 1332の区間は、スモール・ピターレイクの中であり、埋没土量は少ない上に、水路の西側に土捨場所を確保することも可能である。したがって、将来土捨場所に困るのはkm 505～km 73，とkm 1332～km 145の区間である。この両区間の年間埋没土量は、km 505～km 73の区間が約23万 m^3 ，km 1332～km 145の区間が約8万 m^3 と推定される。この両区間の陸上掘削土砂は西側に排土することになるが、その際に将来の維持浚渫のことも配慮して、20年程度の維持浚渫土量の約500万 m^3 と約200万 m^3 の捨土場所を確保しておくことが望ましい。