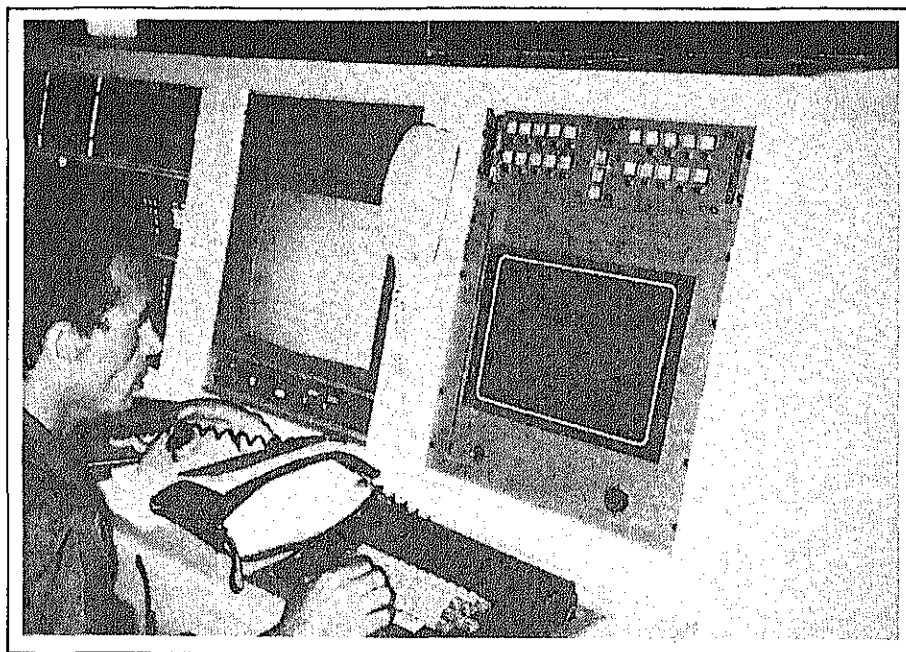


第VI編 リスク評価



SCVTMS

第VI編 リスク評価

第1章 許容危険基準

安全性向上を評価するため以下のような4種類の許容危険基準を設定する。ひとつはSCA基準に基づいたものであり、他の3種類は各国の他の水路における平均的な危険水準に基づいたものである。許容危険基準は種々の推計された危険水準を安全性の観点から評価するものであり、運河におけるすべての地点で同基準を下回る危険水準を保つように改善策が講じられる必要がある。

(1) SCA基準に基づいた許容危険基準

SCA基準は事故類型別、すなわち、乗り揚げ、船舶同士の衝突、工事中における船舶と浚渫船の衝突別に関連しており、これらを本調査における事故類型に変換する必要がある。1981～1982年における上記事故の発生件数は表VI-1-(1)-1に示すとおりである。

表VI-1-(1)-1 場所別事故発生件数

Location	Groundings	Collisions****		Navigation Distance
		(A)**	(B)***	
Port-Said and Suez (approach channel and harbour)	20			8 Km
El-Ballah Bypass	7			9 Km
Other Parts of the Canal	66		1	162 Km
Bitter Lakes		4		-

* The total number of transits in '81 and '82 was 44,122

** Forward or side collision

*** Rear-end collision

**** Collisions in harbour areas are omitted.

SCAにより提案されている許容危険基準は現状の危険水準と比較するとPort SaidとSuezでは23.8%、El Ballah BypassとBitter Lakesでは18.8%、運河の他の部分では7.4%となっている(表VI-1-(1)-2)。

表 VI - 1 - (1) - 2 S C A 提案の許容危険基準

Location	Risk Levels at Present (1982)	Acceptable Risk Levels (SCA)
Port Said and Suez (approach channel and harbour)	4.66×10^{-4} (5.83×10^{-5})	1.11×10^{-4} (1.39×10^{-5})
El-Ballah Bypass	1.62×10^{-5} (2.02×10^{-6})	3.05×10^{-6} (3.79×10^{-7})
Other Parts of the Canal	1.55×10^{-3} (9.57×10^{-6})	1.15×10^{-4} (7.08×10^{-7})
Bitter Lakes	2.93×10^{-4} (-)	5.51×10^{-5} (-)

* Figures in parentheses are risk levels per km.

(2) 他の水路の危険水準に基づいた許容危険基準

ここでは他の国々の水路における危険水準に基づいて許容危険基準を設定し、さらに同水準を2倍あるいは1/2倍した水準についても検討することとする。ここで、他の運河の危険水準としては

- ・ヨーロッパのキール運河
- ・日本の浦賀水道
- ・スエズ運河（第I期拡張工事により減少した危険水準）

を検討対象とした（表VI-1-(2)-1）。同表よりスエズ運河とキール運河の危険水準はほとんど同じであり、浦賀水道の水準は前2者の約1/50である。また第I期拡張工事による危険水準の減少率は約40%である。

表VI-1-(2)-1 種々の水路の危険水準

Risk Canals	Number of Transits	Number of Accidents	Canal Length (Km)	Risk Level
Kiel Canal (1982)	64,782	265	99	0.41×10^{-4}
Uraga Traffic Route	269,735	4	16	0.92×10^{-6}
Suez Canal	22,545	174	162	0.47×10^{-4}

これらの危険水準を平均すると現状危険水準の40%となる。この危険水準を本分析のひとつの許容危険基準とし、さらに同値の1/2倍、2倍を他の許容危険基準とした。これら3個の案にSCA提案の許容危険基準案を加え合計4個の案を検討対象とし、以下基準の厳しい順にJ-1, J-2, J-3, J-4と表すこととした。

J-1 : S C A 提案の危険水準（現状危険水準の約10%）—約90%の減少

J-2 : 現状危険水準の20%—80%の減少

J-3 : 現状危険水準の40%—60%の減少

J-4 : 現状危険水準の80%—20%の減少

現状危険水準に上記の減少率を乗じることにより表VI-1-(2)-2のように許容危険基準が設定される。

表VI-1-(2)-2 他の水路に基づいた許容危険基準

Locations	J-1	J-2	J-3	J-4
Port Said and Suez (Approach Channel and Harbour)	1.11×10^{-4} (1.39×10^{-5})	9.36×10^{-5} (1.17×10^{-5})	1.86×10^{-4} (2.34×10^{-5})	3.72×10^{-4} (4.66×10^{-5})
El-Ballah Bypass	3.05×10^{-6} (3.79×10^{-7})	3.23×10^{-6} (4.04×10^{-7})	6.46×10^{-6} (8.08×10^{-7})	1.29×10^{-5} (1.62×10^{-6})
Other parts of the Canal	1.15×10^{-4} (7.08×10^{-7})	3.11×10^{-4} (1.92×10^{-6})	6.20×10^{-4} (3.83×10^{-6})	1.24×10^{-3} (7.66×10^{-6})
Bitter Lakes	5.51×10^{-5} (-)	5.83×10^{-5} (-)	1.17×10^{-4} (-)	2.34×10^{-4} (-)

Note: Figures in parentheses are risk levels per km.

第2章 危険水準の評価

(1) 許容危険基準の比較

図VI-2-(1)-1に区域毎の第II期拡張工事終了後の危険水準と許容危険基準を示す。同図より現状の危険水準はすべての区域でS C A提案許容危険基準J-1を満たさないことが理解され、さらに、第II期拡張工事終了後でさえもすべての区域の危険水準がJ-1を満たさないことが理解される。このことはJ-1は現状の危険水準を約90%減少させるように設定されているが、第II期拡張工事終了後では平均70%程度の危険水準減少となるに過ぎないことによっている。

J-1, J-2, J-3, J-4と第II期拡張工事終了後の危険水準を比較したのが表VI-2-(1)-1である。J-1と比較するとほとんどすべての区域において同基準を超える危険水準が算定される。J-1, J-2, J-3, J-4と比較すると、これらの基準を満たすために拡幅を要する運河の延長はそれぞれ152 km, 52 km, 23 km, 13 kmと算定される。特にKm 115~129区域は上記4許容危険基準のいずれによっても拡幅を要する区域である。

表 VI - 2 - (I) - 1 許容危険基準による第 II 期拡張工事終了後の危険水準の評価

Locations		Risk Level at Phase II	Criterion			
			J-1	J-2	J-3	J-4
1	Km 19 ~ 34	1.36×10^{-6}	X			
2	31 ~ 34	0				
3	34 ~ 50	7.73×10^{-7}	X			
4	64 ~ 71	1.81×10^{-6}	X			
5	83 ~ 85	x 0				
6	88 ~ 93	1.09×10^{-6}	X	X	X	
7	132 ~ 134	7.27×10^{-6}	X			
8	134 ~ 145	9.97×10^{-7}	X			
9	145 ~ 147	0				
10	147 ~ 154	1.57×10^{-6}	X			
11	1E ~ 15E	1.70×10^{-6}	X			
12	15E ~ 19E	0				
13	50W ~ 52W	1.68×10^{-6}	X			
14	52W ~ 55W	0				
15	55W ~ 59W	2.71×10^{-6}	X	X		
16	59W ~ 64	3.35×10^{-6}	X	X		
17	51E ~ 60E	1.94×10^{-7}				
18	71 ~ 75	1.58×10^{-6}	X			
19	75 ~ 83	2.45×10^{-6}	X	X		
20	85 ~ 88	4.62×10^{-6}	X	X	X	
21	93 ~ 94	0				
22	94 ~ 96	0				
23	96 ~ 101	4.48×10^{-6}	X	X	X	
24	116 ~ 122	1.75×10^{-5}	X	X	X	X
25	122 ~ 126	1.17×10^{-5}	X	X	X	X
26	126 ~ 129	8.95×10^{-6}	X	X	X	X
27	129 ~ 132	2.68×10^{-6}	X	X		
28	154 ~ 162	1.05×10^{-6}	X			
29	Hm 0 ~ Hm 90	2.34×10^{-5}	X	X		

Note: 1) Phase II: The Second Stage Development Project

2) x shows that the locations that do not reach the criteria.

Acceptable risk levels: (J-1) = 87.4% down, (J-2) = 80% down, (J-3) = 60% down,
(J-4) = 20% down from present levels.

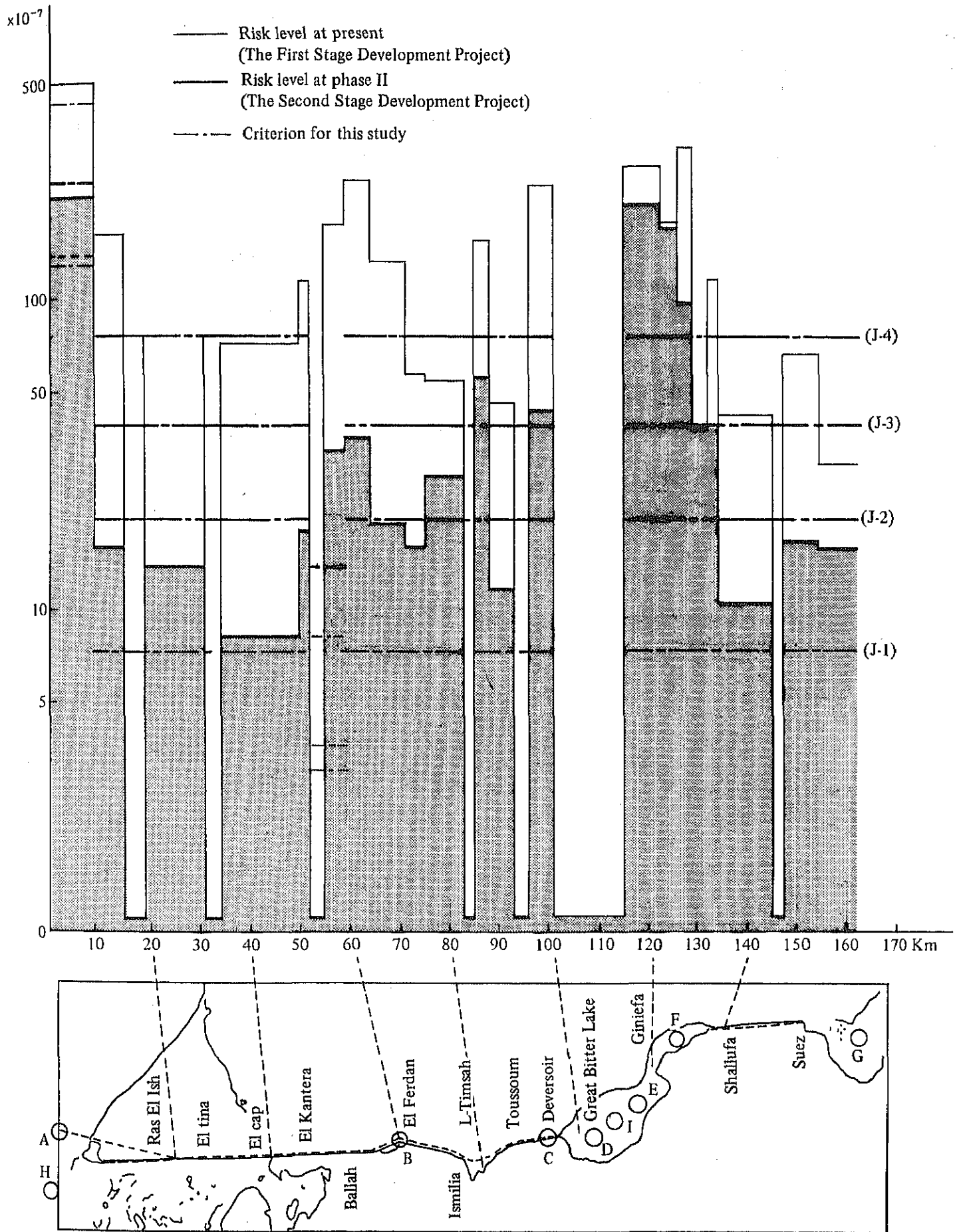


圖 VI - 2 - (I) - 1 許容危險基準と推計危險水準

(2) 感度分析

1) 感度分析要因の抽出

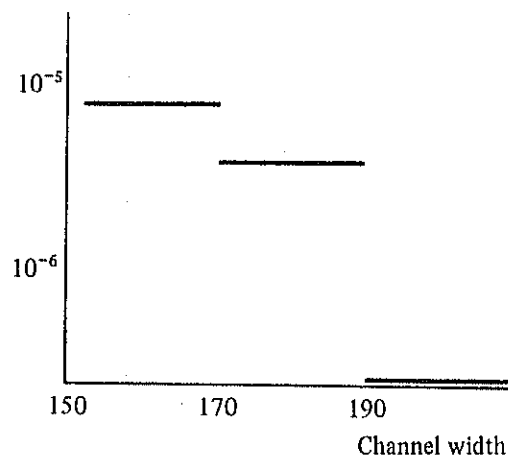
事故発生に関連する種々の要因のうち、特に大きな影響を与えるものである(i)運河幅(ii)曲率(iii)風力と潮流(iv)船速なる4項目を感度分析要因として検討する。

(i) 運河幅

表VI-2-(2)-1, 図VI-2-(2)-1に運河幅毎の乗り揚げ確率を示す。これらより理解されるように運河幅が広ければ広いほど乗り揚げ確率は減少し、過去においては運河幅190m以上では事故は起こっていない。

表VI-2-(2)-1
乗り揚げ確率(運河幅別)

Width Categories	Number ('81 ~ '82)
	Length (Km)
	Probability/Km
0m ~ 170 m	24
	60
	9.06×10^{-6}
170m ~ 190 m	5
	16
	7.08×10^{-6}
190m ~	0
	5
	0



図VI-2-(2)-1
乗り揚げ確率(運河幅別)

(ii) 曲率

曲率は乗り揚げモデルにおける曲線部の事故確率推計のキックに関係するものであり、曲率が大きくなると危険領域は小さくなるという関連性が存在する。

(iii) 風と潮流

風と潮流は運河の自然条件をみると理解されるように事故に影響を与える要因としては小さい値を持つにすぎない。しいていえば、Km 115 ~ 129 地点において上記の値がやや大きく事故発生要因となる可能性がある。

(iv) 船速

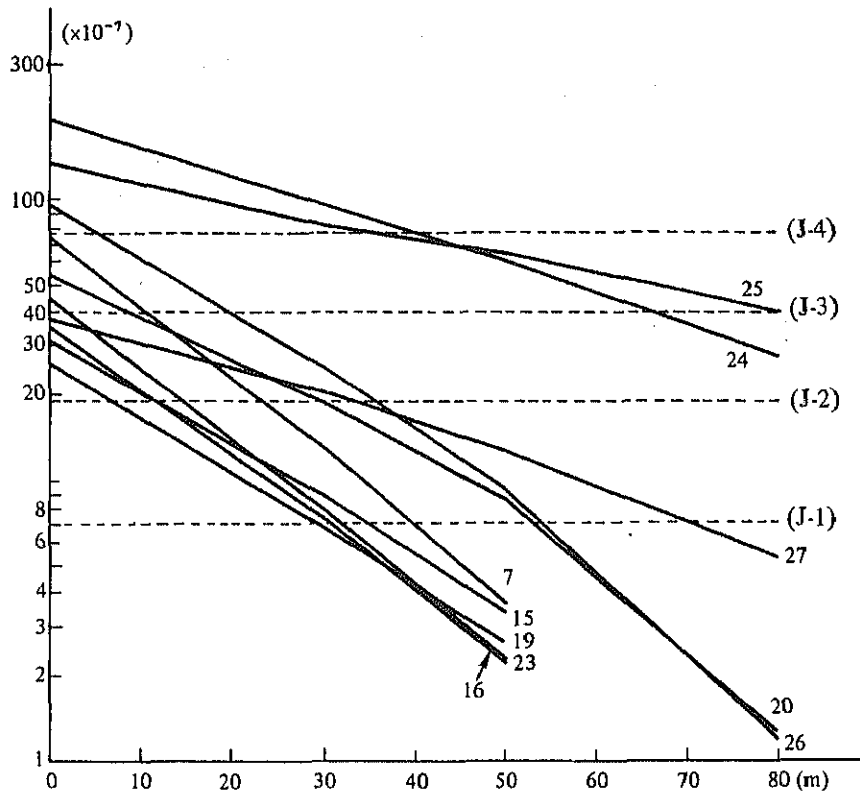
船速が大きくなると転舵動作を行ってから実際に曲がり始めるまでの時間が小さくなり、危険領域を決定する運河センターラインから運河直交方向の距離が変化する。

2) 感度分析

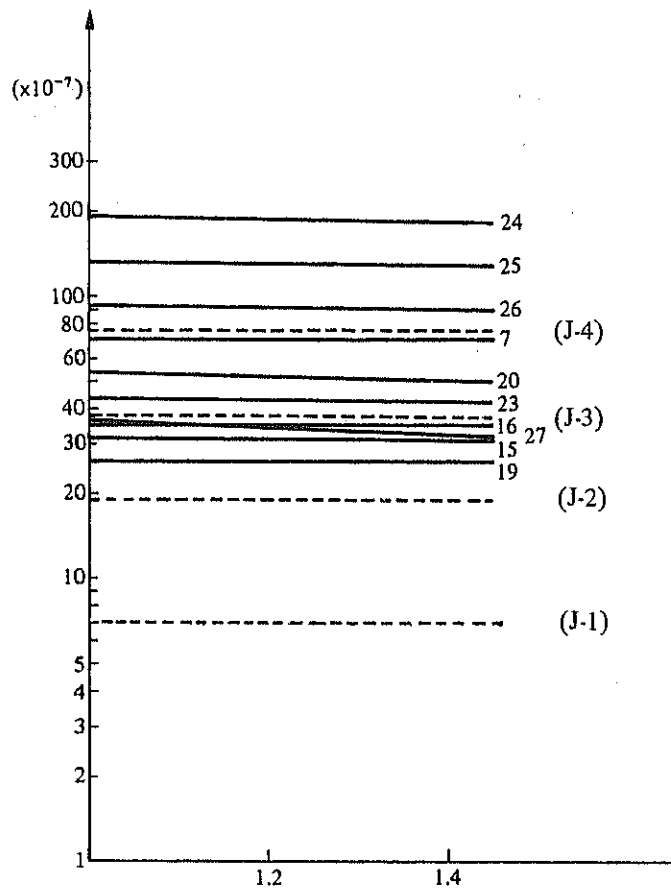
1)で述べた事故発生に影響を与える要因のうちコントロール可能なものは、

- ① 運河幅
- ② 曲率
- ③ 船速

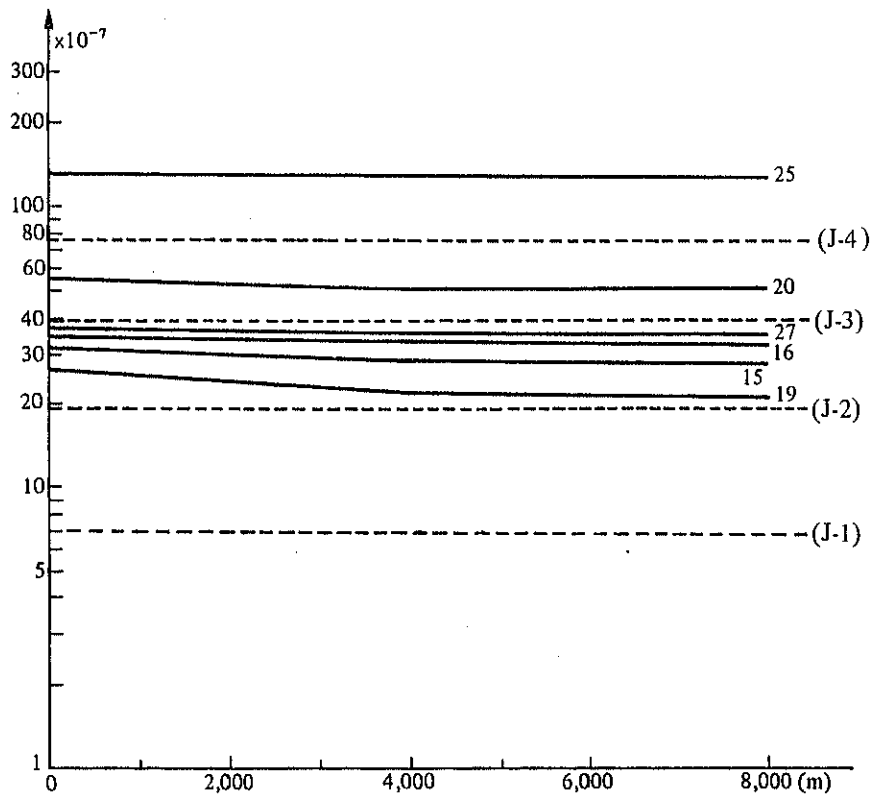
であり、それぞれについて感度分析を行った(図VI-2-(2)-2~図VI-2-(2)-4)。



図VI-2-(2)-2 運河幅に関する感度分析



図VI-2-(2)-3 船速に関する感度分析



図VI-2-(2)-4 曲率に関する感度分析

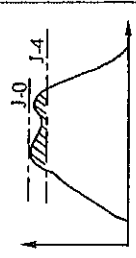
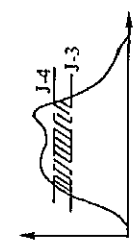
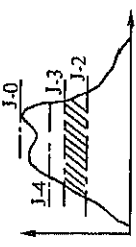
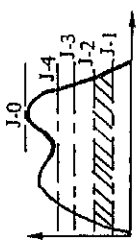
これらの図より理解されるように船速と曲率を変化させることによる事故確率の減少は運河の拡幅と比較すると非常に小さいものであり、事故確率の減少による安全性の向上という観点からみると運河拡幅が最も有効であると思われる。そこで、これら4種の基準J-1, J-2, J-3, J-4を満たすために必要な第Ⅱ期拡張工事終了後からの必要拡幅を推計すると表VI-2-(2)-2のようにまとめられる。さらに、上述の拡幅を行った後の運河全体の危険水準を推計し、Ⅱ期工事終了後、J-1, J-2, J-3, J-4それぞれの危険水準の差、すなわち、許容危険基準を厳しくすることによる危険水準の減少分（運河全体の事故率の減少分）をまとめると表VI-2-(2)-3のようになる。

表VI-2-(2)-2 許容危険基準を満たすために必要な拡張幅
(第Ⅱ期拡張工事終了後に対する)

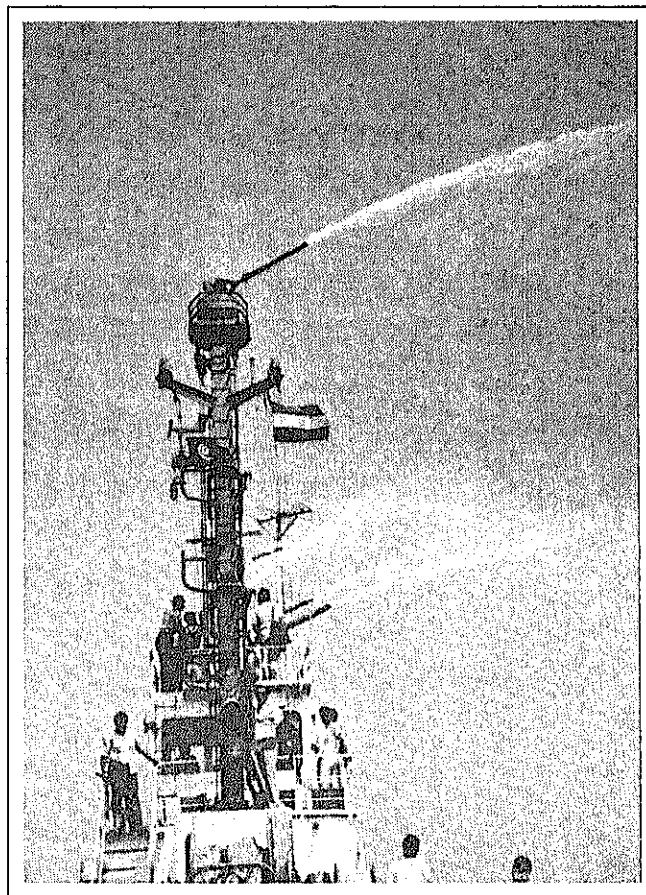
(Unit: meters)

Divisions	Criterion	(J-1)	(J-2)	(J-3)	(J-4)
1	19 ~ 31	11			
2	31 ~ 34				
3	34 ~ 50	1			
4	64 ~ 71	15			
5	83 ~ 85				
6	88 ~ 93	7			
7	132 ~ 134	40	23	10	
8	134 ~ 145	6			
9	145 ~ 147				
10	147 ~ 154	13			
11	1E ~ 15E	15			
12	15E ~ 19W				
13	50W ~ 52W	15			
14	52W ~ 55W				
15	55W ~ 59W	35	12		
16	59W ~ 64	31	12		
17	51E ~ 60E				
18	71 ~ 75	14			
19	75 ~ 83	29	7		
20	85 ~ 88	53	30	9	
21	93 ~ 94				
22	94 ~ 96				
23	96 ~ 101	32	15	2	
24	115 ~ 122	130	90	66	40
25	122 ~ 126	190	130	80	35
26	126 ~ 129	54	35	20	5
27	129 ~ 132	71	33		
28	154 ~ 162	6			
29	Hm 0 ~ Hm 90	13	18		

表 VI-2- (2) - 3 運河改修による運河平均危険水準の減少

Projects	J-0 → J-4	J-4 → J-3	J-3 → J-2	J-2 → J-1
Accidents				
Grounding ($\times 10^{-5}$)	8.89	6.61	17.14	10.46
Rear-end Collision ($\times 10^{-7}$)	11.52	6.88	4.39	8.84
Risk level/km Risk reduction Location				

第Ⅶ編 安全対策



消防船の実演風景

第Ⅶ編 安全対策

第Ⅰ章 基本概念

(1) 運河機能からみた安全性

スエズ運河の安全性を向上させるということは、スエズ運河に期待される「通航船舶を安全に航行させること」および「運河周辺を生活および仕事の間として住民に安全な空間を提供すること」の2つの主な機能に着目すれば、

- 通航船舶に対して： 1) 運河の形状が適正であること。
2) 航行援助施設が適正であること。
3) 航行援助体制が適正であること。
- 住民に対して： 1) 生活の間となること。
2) 生産の間となること。
3) 対岸への交通路となること。

の要件を整備することと概念整理できる。

(2) 受益者からみた安全性

スエズ運河の安全性を向上させるということは、本プロジェクトの受益者の観点からも考慮されなければならない。主な受益者は運河を通行する船舶およびその乗組員並びに周辺の住民である。

従って、この場合は、船舶の乗組員および周辺の住民のいずれに対しても、運河の閉鎖の有無にかかわらず、その影響度を最小にすることが、スエズ運河の安全性を向上させることであると定義できる。

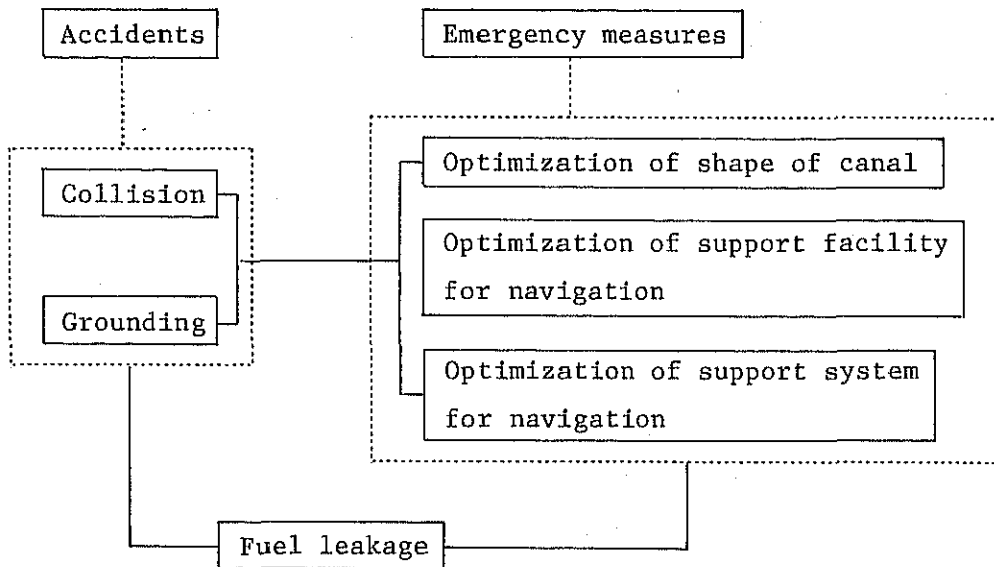
(3) 緊急安全対策

緊急安全対策の基本概念は、恒久安全対策のそれと同一であり、安全対策のうち緊急に対応可能なものとして、緊急対策を検討した。ここで、再確認された重要な対策内容は次のとおりである。

- 1) 運河形状を最適な形状にすること。
- 2) 航行援助施設を最適なものにすること。
- 3) 航行援助体制を最適なものにすること。

具体的には、衝突事故および乗り揚げ事故の発生が予想される場所、および当該事故により油が流出し火災が発生することを想定して、緊急安全対策を検討した。又、本調査での緊急安全対策は1～2年で実施できるものに限定し、対象区域としてはKm 0～162.25とした。

緊急安全対策の基本概念を図化すると次のようになる。



なお、航行援助施設および事故処理に関して以下に提案された勧告は、リスクアナリシスの結果に基づくものではなく、運河の現状分析の結果に基づき緊急性の観点から検討された対策である。しかしながら、結果的には、これらの対策は大部分が恒久安全対策に包含されるものとなった。

第2章 緊急安全対策

(I) 航路標識等の整備

(i) 提 言

- i) Port Said Brakewater Endに灯台を設置し, Ramark Beaconを取り付ける。
- ii) Port Said Approach Buoy, Suez分離帯No.1浮標を, それぞれ大型化し, Raconを取り付ける。
- iii) 計画中であるというSuez港外の4基の灯台を, できるだけ早く完成させる。
- iv) Great Bitter Lakeの東岸および西岸に, それぞれ2基, 合計4基の灯台を建設し, それぞれにRaconを取りつける。
- v) Port Said, SuezのApproach, Waiting Areaの各浮標について, 特にメンテナンスの体制を強化し, 毎日の点灯点検を必ず実施し, 異常を発見した場合の即時修理を義務づける。
- vi) 運河内の浮標については, 点灯点検だけでなく, 位置のチェックも厳重に行う。
- vii) 航路標識, 水路の現状等の最新の情報が入った権威のある海図を作成し, 運河利用者に提供する。

(ii) 理 由

Port SaidおよびSuezのWaiting Areaに接近する船舶にとって, 船位を確認するための有効な目標が現在極めて少ない。

船位が正確に, 容易に確認できることが, 航行の安全のために極めて重要な要素であることはいままでもない。

Port Said, Suezの灯台の建設はそのためであり, Ramarkの設置は, 灯台の位置から当然である。

Approach等の浮標へのRaconの取り付けは, 狭視界時に対する措置としてこれも当然である。前にも述べたように, 浮標の誤認が重大な事故につながるケースは, 非常に多い。

Great Bitter Lakeも現在, 錨位を確認するための適当な目標がない。船舶が錨位を確認するためばかりでなく, 錨泊状態の管制のためにも灯台が必要である。

ApproachおよびWaiting Area付近の浮標は, 運河内に比較して作業がややりにくいこと, Pilotからの直接の要請も少ないと思われること, 等の理由からか, メンテナンスが遅れがちである。入港船の立場を理解し, 確実なメンテナンスを行なうべきである。

既に述べたように運河利用者に対して行ったアンケート調査の回答の中でも, 港外の浮標の良好なメンテナンスが非常に強く要請されている。

運河内の浮標については, 運河内の操船が極めて高い精度を要求されるものであり, 常に正しい位置に保つ必要がある。

(iii) 効 果

Waiting Areaに接近する船舶, Waiting AreaからApproach Channelに向う船舶にとって, 船位が容易に正確に確認できるということは, 単に乗り揚げの危険を少なくするだけでなく,

運航にゆとりを持たせることになり、衝突の危険も防止し、安全性を高めるための効果が非常に大である。

また、錨位が正確に確認できるため、走錨の早期発見にも有効である。

運河内の浮標の位置が不正確である場合は、乗り揚げの原因になることは言うまでもないが、Pilotに不安感を与え、操船にゆとりをなくし、危険を招くことは、上記と同様である。

(V) 灯台等の概要、工期

Port Said Brakewater 灯台

コンクリート造り，高さ25m，発電式

光達距離 25マイル

Ramark Beacon, Radar Reflector

工事期間 28ヶ月

Port Said Approach Buoy および Suez 分離帯No.1 浮標

L A N Buoy, 径8m

Racon

工事期間 15ヶ月

Great Bitter Lake 灯台

鉄骨やぐら造り，高さ10m，太陽電池

光達距離 15マイル

Racon

工事期間 18ヶ月

2) Canal Traffic Communication Systemの確立

(i) 提 言

以下のような内容のCanal Traffic Communication Systemを確立する。

i) 船舶あてに以下の内容の定時放送，臨時放送を，VHF，SSB（または中波）で実施する。

- (a) 船団の編成，通航開始等の状況。
- (b) 巨大船，特別危険物積載船等の通航予定。
- (c) 水路での工事，作業の状況。
- (d) 事故があった場合，その状況。
- (e) 気象，海象に関する情報。
- (f) 航路標識の異常等の情報。
- (g) その他通航のために必要な情報。

ii) 船舶に対して，個別に主としてレーダーによる観測を基に，次のような情報を提供する。

- (a) 自・他船の船位，動静の情報。
- (b) 衝突，乗り揚げ走錨等の危険が，予測される場合の注意喚起。
- (c) その他その船舶に特に必要な情報。

- Ⅲ) 次のようなコントロール・サービスを行う。
 - (a) 通航のBooking。
 - (b) Approachの際の連絡。
 - (c) 錨泊位置の指示。
 - (d) 錨位，時刻の確認。
 - (e) 船団の編成，通航開始予定等，通航に関する情報の連絡。
 - (f) 抜錨，Pilotの乗船位置，時刻等の指示。
 - (g) 運河通航中のコントロール。
 - (h) 事故発生時のコントロール。
 - (i) その他必要なコントロール。
- Ⅳ) システムの確立にあたっては，次の事項を十分考慮する。
 - (a) 連絡・管制業務に従事する職員を拡充・強化し，且つ，それらの職員に対して，水路，航行規制，気象，海象その他に関する教育・訓練を行う。
 場合によっては，現場での実習以外にシミュレーターによる訓練等もとり入れる。
 - (b) Pilotも含め，連絡・管制に関連する者全員に対して，コミュニケーションの意義，通航船の立場の理解，VHFの乱用の禁止等についての指導を行う。
 - (c) 情報の種類ごとに情報の入手システムを確立しておく。

(ii) 理 由

運河利用者に対するアンケート調査の要約のところでも既に述べたが，

通航船の船長	63	コメントのうち	15
日本人船長	438	〃	113
Canal Pilot	16	〃	1

と，合計517のコメントのうち，実に129が通航の際のコミュニケーションの改善を望んでいる。

通航船にとって情報が十分でないこと，コミュニケーションがスムーズに行われないことは，通航準備に支障をきたすだけでなく，徒らに不安感や焦燥感を招き，安全通航を阻害する原因となるので，コミュニケーションに従事する者は，その重要性をよく理解し，誠意をもって業務を行うよう指導するとともに，十分な組織も作る必要がある。

3) 事故発生時の通航管制体制の確立

(i) 提 言

次のような，運河内で重大な事故が発生した場合の通航管制体制を確立する。

1) 事故発生

以下は，Deversoir North Junctionで，原油を積載した巨大タンカーが，大型貨

物船と衝突し、積載していた原油が大量に流出したため、運河の通航を停止しなければならぬという事故の発生を想定した場合の、通航管制体制の概要である。

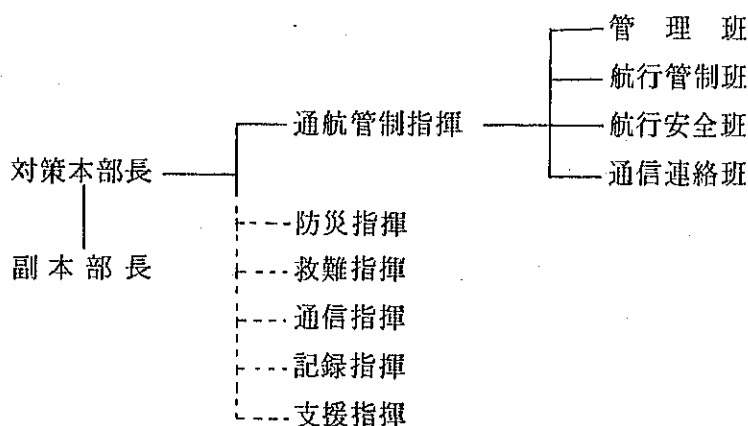
ii) 事故の正確な把握

事故船のPilotおよび船長、Escort Boatの船長、付近の船舶のPilot および船長、近くの信号所等との交信、あるいは、他の交信の傍受等によって情報を入手し、事故の正確な把握に努める。

iii) 対策本部の設置

予め定めてあった次の組織図に基づいて、Ismailiaに対策本部を設置し、24時間3交代体制に十分な人員および通信施設等を確保する。

なお、組織図は、航行管制部分以外は、詳細を省略している。



それぞれの班は、次の職務を行う。

管理班は通航管制各班のとりまとめ調整にあたる。

航行管制班は、運河内の全船舶の動静を把握するとともに、事故発生後全船舶の行動を確実にコントロールする。

航行安全班は、曳船、Pilot Boat, その他の船艇を使用して、事故現場付近、およびその他の運河全域にわたって、通航船の行動を直接指導援助し、二次的な事故の発生を防止するとともに管制を徹底させる。

通信連絡班は、通航管制部門全体の通信連絡にあたる。

iv) 対策の検討

防災、救難等の他の部門とともに事故全体の対策を協議の上、通航管制部門の対策を検討する。

v) 航行管制

(a) 緊急放送

運河内通航中、Waiting Area 停泊中等の全船舶に対して事故が発生したこと、事故の概要、通航を停止すること、以後特別の管制を行うこと、各船舶は次の指示を待って行動すること、等をVHF、無線通信により繰り返し放送し、全船舶に徹底する。

一方、代理店にも連絡し、Port Said, Suezに向っている船舶にも連絡させる。

必要があれば、通信の規制も行う。

通信・連絡に関しては、十分に施設・人員を強化する必要がある。

(b) 危険区域の判断

流出油の状態，ガス検知による石油ガスの拡散状況から危険区域を判断し，危険区域への船舶の接近禁止，火気の使用禁止を通報する。

陸上についても必要により，立入り禁止あるいは避難を通報する。

(c) 各船舶への行動の指示

続航可能な現場以北の北航船，以南の南航船には続航を，それ以外の船舶に対しては，運河壁の位置を指定して係留を，船舶の位置によっては，Great Bitter Lake, Lake Timsahに位置を指定して投錨を指示する。

係留，投錨の終了した船舶にはそれを報告させ記録する。

状況によっては，Great Bitter Lakeに投錨している船舶に移動待機を指示する。

運河閉鎖の時間が長くなれば，当然Waiting Areaの停泊船も多くなってくるので，錨地の指定等Waiting Areaのコントロールも入念に行う。

場合によっては，Waiting Area以外の錨地の確保も考慮する。

(d) 曳船等の出動

曳船，Pilot Boat，ヘリコプター等を緊急出動させ，航行の規制，指導，援助及び係留の援助等を行わせ，混乱状態の発生を防止する。

自動車を使用しての運河道路からの指導，規制も行う。

(e) 事故船の処置の検討

事故船の処置を検討する。

事故処理中も，定期的にあるいは臨時に，状況を各船舶宛に放送する。

(f) 通航の再開

事故処理中に航行管制班は，各船の停泊位置等の記録を基に通航再開計画を作成する。流出油が処理され，事故船の移動が終了し，安全な通航に支障のないことが確認されたら，計画に従って通航を再開する。

全船舶に通航の再開を放送した上で，個々の船舶に確実にその行動を指示する。

通航の再開にあたっては，曳船，Pilot Boat等に航行の指導・援助を行わせる。

(ii) 理由

事故発生時の混乱を防止し，組織的，統一的に対処するためには，あらかじめ組織・体制を確立し，起り得る事故災害を想定し，訓練を実施しておく必要がある。

参考までに述べると，日本周辺海域における1973～1982年10年間の，タンカーが衝突後大量に油を流した事故，衝突後火災を発生した事故，乗り揚げ後大量に油を排出した事故，および乗り揚げ後火災を発生した事故の発生率は次のとおりである。

衝突	火災発生	2.25 %
〃	大量油排出	7.91 %
乗り揚げ	火災発生	0.00 %
〃	大量油排出	2.34 %

4) Port Said Bypass の活用

(i) 提 言

現在、南航第一・第二船団の吃水38フィート未満の船舶は、一旦Port Said港内のWaiting Buoy Berthに係留し通航準備の上、West Branchを経由してSuezに向っているが、この通航システムを次のように変更することを提案する。

即ち、Port Said Bypassの使用されていない時間帯を利用して、従来West Branchを経由している吃水38フィート未満の船舶を、できるだけEast Branchを経由させ、現在West Branch南部に建設中のBuoy Berthに係留し通航準備の上、その位置からSuezに向わせる。

但し、この方式の実現のためには、East BranchからWest Branchに向うShort Cut運河の新たな掘削等が必要であろう。

(ii) 理 由

前述のように、Port Saidの港内は、事故発生率が運河の他の部分およびSuezをはるかに上回っており、特に衝突の発生件数が極めて多く、安全対策の最も必要な水域である。

この方法によって、Port Said港内を通過する通航船の数を減らせば、事故率は確実に低下するはずである。

(iii) 効 果

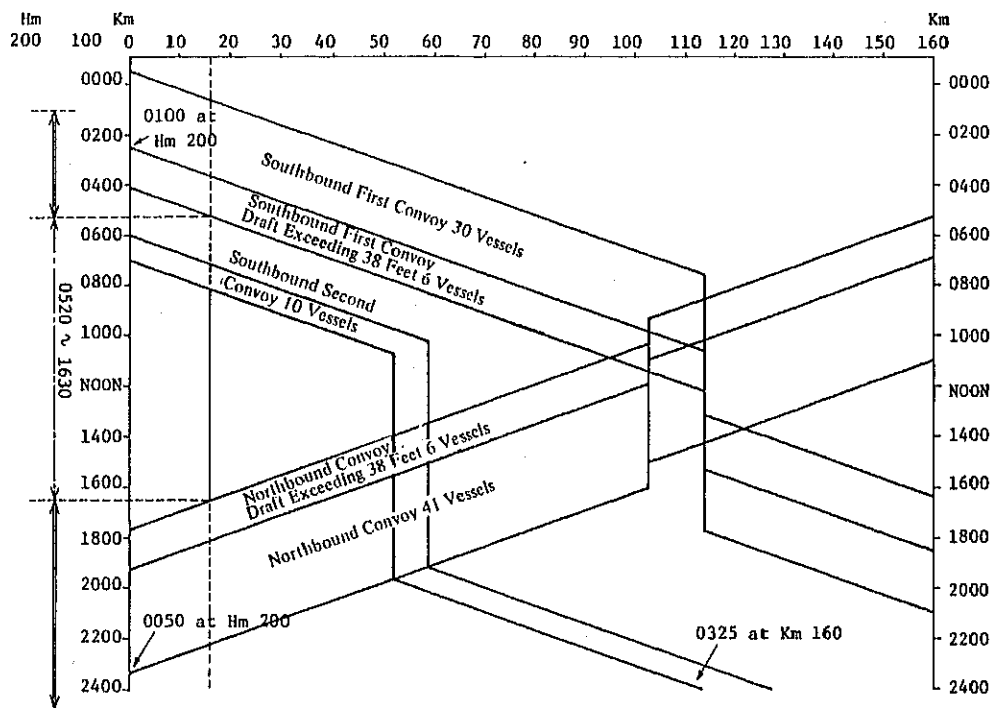
図Ⅶ-2-(1)-1は、南航船吃水38フィート以上6隻、吃水38フィート未満40隻、北航船吃水38フィート以上6隻、38フィート未満41隻が通航した場合のTraffic Diagramのモデルである。このDiagramによると、Port Said Bypassは、0520時頃から1630時頃まで約11時間が使用されていない時間帯である。

到着船舶を一昼夜以上待たせないのを原則とすると、East Bypassを経由させWest BranchのBuoy Berthに係留させる船舶は1400時頃に締め切らなければならないので、その後南航第一船団のスタートする2300時までには到着した船舶は、従来のおりWest Branchを経由せざるを得ない。

表Ⅱ-4-(1)-7によれば、通航船の到着は若干のピークはあるものの、24時間に分布しているので、毎時間2隻の船舶が到着するとすれば、29隻がEast Bypassを経由し、残り19隻がWest Branchを経由することになる。

従って計算上、通航船のPort Said港内の事故を $19/48=40\%$ に減少させることができる。

なお、Short Cut運河の掘削の位置・形状等については、シミュレーション等による検討が必要となるであろう。



図VII-2-(I)-1 Traffic Diagramのモデル

(2) 事故処理

1) 基地

発生した災害に対処するための基地は、運河が南北に160 kmもあること、出入口で事故発生率が高いことを考え合わせると現在すでに実施されている3管轄区域の中心、すなわちPort Said, Ismailia, Suezに置くのが良いと思われる。

2) 資機材

(i) 現有資機材

1) 配置

曳船その他十分に備っていると思われる資機材については現在の配置のままとして、オイルフェンス、油回収器、油処理剤、泡消火剤、ドライケミカルについて、1984年迄に配備されたものを含めてその配置を考える。

(a) オイルフェンス

3基地に平均に割り当てるとすると、Port Saidは現在ブリジストン型のオイルフェンスが配置されているので移動を省略するためそのままとし、IsmailiaにはHoyle Marine Coastal型オイルフェンス(Oil Boom)を、同様にSuezには、Hoyle Marine Permanent型オイルフェンス(Oil Boom)を配置する。

(b) 油回収器・船

自航式のせき型回収船(Self Propelered Weir Tipe Skimmer)はPort Said, Suez両方に応援派遣が可能なように両方の中心のIsmailiaに置くべきものと思われる。

又2つのシクロネ(Cyclonet)は事故発生率の多いPort Saidへ残りのせき型回収器(Weir Tipe Skimmer)と訓練用せき型回収器(Weir Tipe Skimmer)はSuezに配置するとする。

(c) 油処理剤

油処理剤は各所に多量にあるので現在のままとする。

(d) 泡消火剤

泡消火剤は各所に多量にあるので現在のままとする。

(e) ドライケミカル

ドライケミカルはPort Saidに2トン、Ismailiaに9トン、Suezに3トンあるので、これを平均化しなければならない。同数の曳船を交換するか、Port Said及びSuezの曳船にドライケミカルを搭載できるようにするかして各基地4～5トン配置とする。

ii) 数量

(a) 油防

a) オイルフェンス

油の流出形態、オイルフェンスの使用法で必要数量は変わってくるが、凧状態で一度に流出する場合も考えられるのでオイルフェンスの使用法のうち最も基本的な“とり囲み”をするとすると1,000 m³の原油の場合、拡散計算の結果、2時間後の拡散半径は182 mであり、これをとり囲むに必要なオイルフェンスの長さは1,143 mである。とりあえずは一重展張

を考えるとすると、一基地に同一状態で使用できるオイルフェンスが1,143 m以上必要となる。したがって次の不足分の補充が必要である。

i Port Saidではブリジストン型オイルフェンス $1,143 \text{ m} - 600 \text{ m} = 543 \text{ m}$ 以上不足している。

ii IsmailiaではHoyle Marine Coastal型オイルフェンスを使用するとすると、同型オイルフェンスが $1,143 \text{ m} - 150 \text{ m} = 993 \text{ m}$ 以上不足する。

iii SuezではHoyle Marine Permanent型オイルフェンスを使用するとすると、同型オイルフェンスが $1,143 \text{ m} - 150 \text{ m} = 993 \text{ m}$ 以上不足する。

b) 油回収器・船

1,000 m³の原油が流出した場合、1,000 m³全てを回収器で回収することは不可能である。最も理想的に使用しても、少なくとも20%は散逸するものと思われる。

又、カタログにある回収器の能力も全ての最良のコンディションにおけるマキシマムの値を記してあるのが通例であるので通常使用時回収効率 $1/2$ 以下となるとと思われる。

さらに回収作業を油がエマルジョン化しない間に実施するものとするれば2日以内に実施しなければならない。

この間の実動作業時間を24時間とすると、1時間に約70 m³回収と言われる油回収器が必要である。

したがって次の不足分の補充が必要である。

i. Port Said

シクロネ (30 m³) $\times 2 = 60 \text{ m}^3$

約10 m³不足但し各所に水中ポンプが充分あるので、上手に活用すれば足りる。

ii Ismailia

自航式せき型回収船の回収能力を30 m³/hとすると、約40 m³不足。したがってさらに同様な回収船1隻以上配備するか、Port Saidからの応援派遣を必要とする。

iii Suez

現在Port Saidにあるせき型回収器の能力を20 m³/hとすると、 $20 \text{ m}^3 \times 2 = 40 \text{ m}^3$ 、したがって同様な回収器1台以上を配備するかIsmailiaからの派遣及び水中ポンプの活用が必要となる。

c) 油処理剤

油処理剤を大量に使用することは環境保護の見地から良くない。油回収器で回収しそこなった20%の油を処理するとし、油分散能力を自己体積の4倍程度とすると $1,000 \text{ トン} \times 0.2 \times 0.25 = 50 \text{ トン}$ 必要となる。

3地区とも十分に所有している。

(b) 消 防

液化ガス火災に対する泡放水は液温を上昇させガス化を促進させるため火災を大きくさせるが原油火災に対しては有効である。

従って泡消火剤を対原油火災、ドライケミカルを対液化ガス消火剤として取り扱う。緊急対策用として最少限必要な泡消火剤とドライケミカルは次のとおりである。

a) 泡消火剤

130,000 DWT原油タンカーが油流出時に火災を起こし1タンクが火災となった場合を考えると、その消火すべき面積は約1,000 m²であり泡発生量及び消火可能面積の式は

$$\text{消火可能面積} = \frac{\text{泡原液量} \times \text{泡膨張率} \times \text{実効率}}{\text{混合率} \times \text{泡の厚さ} \times 10}$$

(泡発生量=泡原液量×泡膨張率)

泡原液量……単位ℓである。

混合率……泡原液と水との混合比率で0.03又は0.06である。

泡膨張率……混合液が泡になる倍率で、普通は6～10倍である。

実効率……使用時、有効に作用する率で、火面の状況、放射技術その他で大きく変わるが、一般に $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ である。

泡の厚さ……通常15cm以上必要で、単位はcmである。

消火可能面積……単位はm²である。

であるから混合率を0.03、膨張率を4.2、実効率1/3泡の厚みを15cmとした場合、1,000 m²を消火するのに必要な泡原液量は3,214 ℓとなる。従って泡原液量に不足はない。

b) ドライケミカル

LPGの主成分であるプロパンの分子量は44であり空気の比重より重くガスが海上で発生した場合そのガスは海面を這う。

着火した火を消すと引き続いて発生するガスが海面に充満し、再着火のおそれがある。消火後のガス発生量が多ければ多いほどその蓄積が多く、再着火すれば一度に燃焼するためその火力は強く又燃焼面積も広くなる。したがってLPG火災は安定火災であればむしろ燃焼し続けさせ、ガスを消耗させた方が良い場合があると思われ、LPG火災の消火そのものに疑問が残る。しかしながらLNGのガスは分子量16で常温になれば空気より軽くなり、上昇し大空に拡散するため、LPGより安全と言われているのでLNG火災の消火を対象とすることとする。但し、大量のLNGが流出すれば温度は急には上昇せず-120℃以下では空気より重く地表に止まる。

日本での対液化ガス用ドライケミカルの法定の所持量は2トンとなっている。これは事故船に10cm²程度の破口が発生し、火災になった場合の消火に用いるものであり、初期消火用である。

消火剤は量的に多ければ多いほど消火範囲が広がるが、対象とする事故規模と費用との関係から一概に定量的に定められない。

初期消火を対象とし、曳船への搭載可能量等を考慮すれば、日本で実施しているように2トン位が適当と思われる。

従ってLPG、LNG船には2トン以上のドライケミカルを搭載した曳船を付けさせるようにすべきである。

1トンのドライケミカルで消火可能な面積は100 m²とされているので、現用曳船の能力は、次のとおりとなる。

基地	ドライケミカル トン	消火可能面積 m ²
Port Said	4	400 m ²
Ismailia	5	500 m ²
Suez	5	500 m ²

(ii) 消防船

現状の運河では、IMOの厳格な船舶構造規程、一方通航であること、低速であること、船団システムであることからLPG、LNGの漏洩をきたす事故の発生はきわめてまれであるといえる。

もし他の何らかの理由により大火災が発生したとしても、大火災を抑止する手段は世界中のどこにもない。

しかしながら最小限このことは言える。

機材、資材をより多くもち、訓練を多く実施することはその事故による被害をより極限できる。そしてその保有、訓練については多ければ多いほど良い。

この観点から我々は現用曳船より能力があり、常にavailableで事故発生時の運用の中核となりうる、又スエズ運河の安全性改善のシンボルの1つとなり得る専用の消防船を三基地に持つことを提言する。

(iii) オイルフェンス積載船

油の流出があった場合第一に為されるべきことは油の拡散を防ぎ、回収しやすくすることである。

従ってオイルフェンスを出来るだけ早く現場へ到着させなければならない。

その為には倉庫からの搬出、ボートの甲板への積込み、連結、付帯機具の調整等している時間的余裕はない。

それらを一挙に解決するのがオイルフェンス積載船である。

すなわち、オイルフェンスを連結し、いつでも使用出来る状態で格納された箱船の利用である。これ等は3基地に配備することが望ましい。

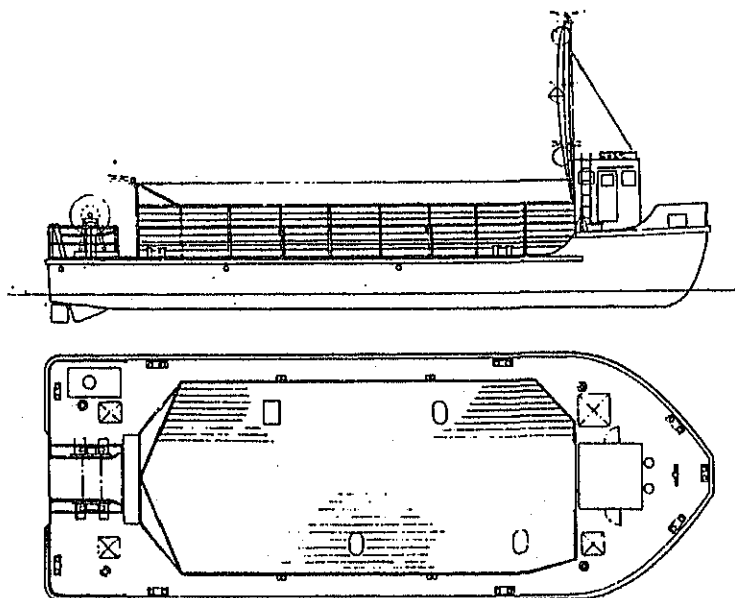
箱船は、事故発生時には、曳船により容易に曳航される。

次図はオイルフェンス積載船の一例である。

油流出事故現場にオイルフェンスをとう載して出動、オイルフェンスの展張、揚収を任務とする船である。オイルフェンス 1,160メートルをとう載し、オイルフェンス揚収装置一式を備えている。

なお回収油を船体空所にとう載出来るようにしている。

Boat is made of steel
Gross tonnage: 130 tons
Major dimensions: L x B x D
25 m x 7.5 m x 2.5 m



図VII-2-(2)-1 非自航オイルフェンス積載船

(iv) 可燃性ガス測定器と防爆型VHF

原油LPG, LNGの性状で述べた通り, その発生ガスは種々の弊害を引きおこす, したがって, これらガスの状態を知り安全に通信を行うことは災害処理を実施する上で必要不可欠である。

全トランジットメンバー全信号所Pilot100人, 回収船オイルフェンス積載船各サルベージに4セット消防船各々4セット及び全曳船に必要計194セット

以後必要に応じて増数する。

(v) 保護具

防災処理作業を安全に行う為又ガス検知を有効に行う為呼吸具, 防火服, 静電気防止服, 静電気防止靴, 防爆型けい帯電灯が必要である。

呼吸具は空気式を推せんする。

これらのセットをトランジットチームメンバー1人に1セット各サルベージに4セット消防船に4セット消防能力を有する曳船に2セット 計 106セット及び3基地に空気充填セット3セットを配備する。

以後必要に応じて増数する。

(M) 油処理剤

油処理剤の使用は、海洋環境の保護の見地から極力避けた方が良い。

すなわち、油処理剤は油にかかった場合、油を分散し、自然浄化しやすくする働きはあるが、石油製品である事に変りなく、海洋に対し石油成分を増加させるものである。

特に現在ある油処理剤は日本の油処理剤に比して非常に毒性が強いので逐次低毒性のものに変えてゆくべきである。

3) 緊急出動隊

大事故発生に備え、有効な通信器、防護用資材を持ち、防災の専門知識を有する緊急出動隊の編成は是非とも必要である。

メンバーはSCAで考えている。三地区のサルベージとともに行動する各8名の専門家によるトランジットチームで発足するのが良いと思われる。

そして事故対策本部が設置された場合の防災班は常にこのトランジットチームを中心に構成されるべきである。

4) 回収油処理用ベーン

回収した油を処理するための施設を建設することは急いで実施されなければならない。

最も建設が簡単で安価でかつメンテナンスの容易な処理施設は砂漠を有した特殊性を利用したベーンの作成である。

ベーンは回収油の運搬に便利のように一基地に一つ必要と思われる。場所はPort Saidでは、地中海に面したイーストブランチの埋め立て地Suezでは出入口付近のシナイ半島側IsmailiaではKm 80付近Lake Timsahのシナイ半島側が良いと思われる。

5) 使用曳船の能力

現在の通航規則には曳船の使用についての規定はあるが、使用曳船の能力についての規定はない。

災害の極限を図る見地から少なくとも原油積載船、液化ガス積載船にはそれぞれの消火にあった消防能力をもった曳船の使用を義務付けるべきである。

6) 資機材の取扱い訓練

個々の防災資機材を正確にかつ有効に使用できるようにしておくことは大切なことである。常に事故は突発的に発生する。いつ、いかなる時でも使用可能な状態に資材を整備し、操作する作業員の技倆を保持しておくには、日頃資材に対する取扱いについて慣熟するよう継続的に訓練を実施し、間断なく不具合箇所の修正を重ねるようにしていなければならない。

この訓練は出来る限り多くの関係者に実施させなければならない。

初年度は次表により実施し、取扱いに慣れた次年からは実施頻度を半分にして継続する。

取扱い及び整備に要する時間は実施した訓練の数に比例して少くなる。

表Ⅶ-2-(2)-1 資機材取扱い訓練要領

Title of Exercise	Frequency	Documentation	Remarks
Handling of Oil Booms	Once in 2 weeks	Exercise diary	
Exercise on how to Operate a Skimmer	Once a week	Exercise diary, Servicing diary, History	Write on a big panel the principle and structure of a skimmer
Exercise on Bringing Non-self Propelled Skimmers to the Scene	Once in 3 weeks	Exercise diary	Towing exercise and loading and carrying exercise
Exercise on how to Handle Inflammable Gas Detectors and Breathing Apparatus	Once a week	Exercise diary and Servicing diary	Write on a big panel the principles and drawings of structure, and put down points of precaution
Exercise on how to Handle Fire Pump	Once in 2 weeks	Exercise diary	
Spraying of Water by Tug Boat and Dispatch of Tug Boat Personnel to the Ship Involved in an Accident and Fire-fighting Drill	Once in 3 weeks	Exercise diary	
Spraying by Firefighting Vessels and Dispatch of Firefighting Personnel to the Ship Involved in an Accident and Fire-fighting Drill	Once a week	Exercise diary Servicing diary History	

7) 総合演習

ある特定の事故を想定し実際に即した対策の総合演習を実施し、事故処理に備えることは二次災害を極限することに不可欠である。

この種訓練は少くとも年2回実施する必要がある。また、それに準じた地区別の訓練は年4回は必要とされると思われる。

たび重なる総合演習を通じ各人は自分以外の人、機材の動きを知り、それに対応する修正を重ねて行ける。

ちょうど、それは、フットボールのゲームに似ている。

資機材取扱訓練は各人の正確なボールの扱いの練習であり、総合演習は試合での各人が協力し難関を克服し、ゴールに蹴り込む練習である。

なお、地区別訓練は、その地区の資機材を使用し、事故情報入手から発動手配、緊急出動、

応急措置，処理計画の作成，情報伝達を含み，他地区からの応援派遣到着迄とする。

これら訓練の為のエジプト人インストラクターの養成は急いで実施しなければならない。出来れば今迄に海外研修を受けた事のある者又はトランジットチームのメンバーとして予定されている者をIMOとスウェーデン政府が協力して設立した世界海事大学にて教育することが望ましい。

国際的な通航路であるスエズ運河の安全を守る者は少なくとも消防油防の他，世界海運の安全に関する各面の状況に造詣が深かるべきであり，世界各国が認める最近の情報・技術が集約されているとされる世界海事大学で再教育することが必要である。

再教育実施後，スエズ運河に最も適した総合訓練計画の作成及び各SCAの中間教育訓練者の育成並びに事故発生時の特別組織の設立を実施することとなる。

第3章 事故未然防止対策

(1) 運河形状

1) PIANCの勧告、諸外国の基準等と現在のスエズ運河の形状との比較を第IV編で行った結果、以下のとおり評価された。

(i) 運河の設計水深に関しては、150,000DWT級のタンカーが航行する航路の水深として-19.6~-19.8mが必要であると試算され、スエズ運河の計画水深が現在-19.5mあることから妥当であるといえる。

(ii) 運河の幅員に関しては、150,000DWT級タンカーが航行する航路の幅員として230mが必要であり、スエズ運河の場合、Port Said Approach Channel および Great Bitter Lake の航路を除いて運河の大部分の区域において不十分であるといえる。

2) リスクアナクシスの結果から、各許容危険基準を達成し、スエズ運河の安全性を高めるためには、SCAが計画している第II期拡張計画の航路幅員をさらに拡幅する必要がある。

追加拡幅幅および地点を表VII-3-(1)-1に示す。なお、この拡幅幅の算定に当たっては、追加拡幅幅が異なる区間が隣接している場合は、その差が15m以内の場合500m間で、また、15m以上の場合は1,000m間で、かつ直線部分は直線で、曲線部分は円弧ですりつけをしている。例えば、代替案J-1の場合の区間Hm 0^B~Km 1.0^Bに関しては、リスクアナリシスの結果により追加拡幅幅は0とされたが、地点Hm 0^Bにおける追加拡幅幅が20mであり、また、地点Km 1.0^Bにおける追加拡幅幅も15m必要とされたことから、短距離間での航路幅員の急激な変化が通航船舶の操船上好ましくないので、区間Hm 0^B~Km 1.0^Bについても追加拡幅幅を20mとしたものである。

同様の例は、代替案J-1の場合の区間Km 52^W~55^W、Km 83~85および代替案J-3の場合の区間Km 129~132にあり、上述した趣旨から追加拡幅幅を各々15m、30mおよび20mとしている。

表Ⅶ-3-(1)-1 追加拡幅幅(SCAの第Ⅱ期拡張計画に追加する幅)

(Unit: meters)

Location	J-1		J-2		J-3		J-4	
	Results of Risk Analysis	Proposed Additional Width	Results of Risk Analysis	Proposed Additional Width	Results of Risk Analysis	Proposed Additional Width	Results of Risk Analysis	Proposed Additional Width
Hm 90 ^E ~ Hm 0 ^E	18	20	18	20				
Hm 0 ^E ~ Km 1 ^E	0	20						
Km 1 ^E ~ 15 ^E	15	15						
Km 15 ^E ~ 19	0	0						
Km 19 ~ 31	11	10						
Km 31 ~ 34	0	0						
Km 34 ~ 50	1	0						
Km 50 ~ 51 ^E	0	0						
Km 51 ^E ~ 60 ^E	0	0						
Km 50 ~ 52 ^W	15	15						
Km 52 ^W ~ 55 ^W	0	15						
Km 55 ^W ~ 59 ^W	35	35	12	10				
Km 59 ^W ~ 64 ^W	31	30	12	10				
Km 64 ~ 71	15	15						
Km 71 ~ 75	14	15						
Km 75 ~ 83	20	30	7	10				
Km 83 ~ 85	0	30						
Km 85 ~ 88	53	55	30	30	9	10		
Km 88 ~ 93	7	10						
Km 93 ~ 94	0	0						
Km 94 ~ 96	0	0						
Km 96 ~ 101 ^E	32	35	15	15	2	0		
Great Bitter Lake								
Km 115 ^E ~ 122 ^E	130	130	90	90	66	70	40	40
Km 122 ^E ~ 126	190	190	130	130	80	80	35	35
Km 126 ~ 129	54	55	35	35	20	20	5	5
Km 129 ~ 132	71	70	33	35	0	20		
Km 132 ~ 134	40	40	23	25	10	10		
Km 134 ~ 145	6	10						
Km 145 ~ 147	0	0						
Km 147 ~ 154	13	15						
Km 154 ~ 162	6	10						

(2) 建設，維持工事

1) 第Ⅱ期拡張計画

(i) 工事概要

スエズ運河の第Ⅱ期拡張計画に関する最終計画案は未だ決定されていないが，SCAが現在計画している基本案によれば，Port Said Approach Channel および運河内の主航路を拡幅増深すること，並びにGreat Bitter Lake の Eastern Anchorageを3.5m増深させることがその主要な工事内容となっている（以後「SCA案」という。）。

この計画の詳細（断面・曲率等）は表V-1-(1)-1および図V-1-(1)-1に示したとおりである。

本調査においては，このSCA案を基本にリスクアナリシスを行っている。その結果，基本的にはSCA案で問題はないが，各許容危険基準を達成するために，部分的にはSCA案より航路を拡幅する必要があるとの結論に達した。

各許容危険基準に対応して，SCA案を変更すべき場所，拡幅幅等を表VII-3-(1)-1に示す（以後「代替案」という）。代替案の実施に当たっては，SCA案の計画との整合を図る必要がある。工事内容としてはSCA案の場合浚渫工事だけであるが，代替案の場合は浚渫工事に加え護岸および係留用ケーソンの移設が必要となる。

SCA案および代替案の工事量を表VII-3-(2)-1に示す。なお，このうち浚渫工事については，現在SCAが直営浚渫船を使用して，SCA案に沿って施工を進めており，本格的に第Ⅱ期拡張計画が開始される前に，SCA案に従ってKm 1.5～61.0およびKm 115.0～122.0間の拡幅浚渫は完了するものと考えられるので，これを前提として浚渫土量を計算した。

表VII-3-(2)-1 第II期拡張計画の工事量

km	Alternative Plans													
	SCA Plan		J-1			J-2			J-3			J-4		
	Dredging (10 ³ m ³)		Dredging (10 ³ m ³)	Bank Work (km)	Removal Caisson (Number)	Dredging (10 ³ m ³)	Bank Work (km)	Removal Caisson (Number)	Dredging (10 ³ m ³)	Removal Caisson (Number)	Dredging (10 ³ m ³)	Removal Caisson (Number)	Dredging (10 ³ m ³)	Removal Caisson (Number)
Port Said Approach Channel	61,400		65,300			64,800			61,400		61,400		61,400	
Km 1.5 ~ 61.0	42,700		55,300	9.5		43,900	0.2		42,700		42,700		42,700	
Km 61.0 ~ 79.0	30,200		39,200	16.9		31,900	3.5		30,200		30,200		30,200	
Km 79.0 ~ 94.5	21,300		31,300	13.7		24,300	6.2		21,900		21,900		21,300	
Km 94.5 ~ 101.0	11,700		16,000			13,300			12,300		12,300		11,700	
Km 101.0 ~ 115.0	19,000		20,400			19,600			19,400		19,400		19,200	
Km 115.0 ~ 122.0	4,300		24,300		16	18,200		16	14,900	16	14,900	16	10,300	
Km 122.0 ~ 145.0	36,600		67,600	10.5	36	54,900		36	47,300	36	47,300	36	40,200	13
Km 145.0 ~ 162.25	25,100		29,400	11.1	5	25,100			25,100		25,100		25,100	
Great Bitter Lake Anchorage	83,900		83,900			83,900			83,900		83,900		83,900	
Total	336,200		432,700	61.7	57	379,900	9.9	52	359,100	52	359,100	52	346,000	13

(ii) 施工計画

i) 事前調査

第Ⅱ期拡張計画の実施に先立って、運河全域の深浅測量を行うとともに、浚渫工事による事故を回避するために、サイフォン、海底トンネルおよび係留用ケーソン等の構造物の位置および深度を再確認するほか、不測の事故を防止するため埋立地および運河内の爆発物の調査を実施する必要がある。

ii) 護岸工事

(a) 護岸撤去

護岸の積石およびコンクリートブロックは油圧ショベルおよびクラムシュルで撤去し、ダンプトラックで輸送する。鋼矢板はバイプロハンマーで引き抜く。

(b) 護岸工事

護岸工事は、現地盤をブルドーザーおよびクラムシュルで-1.0mまで掘削し、湧水はポンプで排水しながらドライワークとする。その後、クローラ式杭打機に装備したディーゼルハンマーで矢板を打ち込み、石積、コンクリートブロックの据付等を施工する。

この作業を行う1編成の施工速度は主に矢板打込みの能率で決定され、1日の打込み枚数を20枚と仮定し8m/日、また、月当たり稼働日数を25日と仮定し200m/日と想定した。

iii) 浚渫工事

非航ポンプ式浚渫船の月当り浚渫能力は第Ⅰ期拡張工事の実績に基づき、次の手順により算出した。

(a) 第Ⅰ期拡張工事の各工区の浚渫船毎に、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（浚渫時間、休止時間別に）、休止内訳（機関関係、本船移動、コンボイ待ち、障害物、カッター交換、休日、その他の原因別に）および浚渫土量を集計する。

(b) 各工区毎に8,000馬力浚渫船換算の時間当りの浚渫土量を計算する。

(c) 第Ⅰ期拡張工事の運転時間および休止時間を分析し、第Ⅱ期拡張計画について、標準月間運転時間を決定する。

(d) 第Ⅰ期拡張工事と第Ⅱ期拡張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う。

(e) 8,000馬力浚渫船の月当り浚渫土量を、各工区毎の時間当りの浚渫土量、月当り運転時間および浚渫能率係数の補正值から計算する。

第Ⅱ期拡張計画における月当り平均運転時間は、概ね第Ⅰ期拡張工事のそれと同一と思われるが、拡幅浚渫と増深浚渫の土量バランスの悪い工区、すなわち、増深浚渫土量が多い工区では、コンボイ待ちの時間がかなり見込まれる。

浚渫能率についてSCA案の場合を検討すると、第Ⅰ期拡張工事に比較し、次表のように減少するものと予想される。

	Widening & Deepening Dredging	Only Deepening Dredging
Shape	90%	90%
Depth	94%	83%
Soil	93%	92%
Total	79%	69%

浚渫能率のうち断面形状に係る部分については、第Ⅰ期拡張工事に比較して第Ⅱ期拡張計画の浚渫断面の拡幅幅が狭いため、浚渫能率は10%下がる。

浚渫深度による影響については、一般に水深-15~-20mで10%また、-20~-24mで20%浚渫能率が下がるといわれているので、拡幅増深浚渫の場合6%、増深浚渫だけの場合17%浚渫能率は下がるものと考えた。さらに、土質に関しては、地層が深くなるに従ってよく締って硬くなるので、拡幅増深浚渫の場合7%、増深浚渫だけの場合8%浚渫能率が下がるものと見なした。

SCA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日当たり運転時間、作業能率で割り引く必要があり、ここでは請負業者の場合の80%と想定した。

浚渫船の定期修理は、請負工事では5,000時間目に20日間、次の5,000時間目に40日間が必要であり、SCA直営浚渫船では1年毎に2ヶ月間が必要である。

土質、工区の特性等を考慮し、浚渫船の標準的配置は次のとおりとした。すなわち、Hm 220~80, Hm 80~Km 1.5, Km 1.5~61.0 および代替案J-1の場合を除く Km 115.0~122.0 の工区については、SCA直営浚渫船で施工し、その他の工区は請負浚渫船で施工する。

SCAが所有する浚渫船のうち、第Ⅱ期拡張計画の実施時において有効戦力となる浚渫船は、6,000 m³積自航ポンプ式浚渫船2隻、10,000馬力非航ポンプ式浚渫船3隻および5,500馬力非航ポンプ式浚渫船1隻の合計6隻である。

運河内においては、SCA直営浚渫船および請負浚渫船のいずれもが掘り込み開始時期に通航船舶の航行の防げとならない場所から掘り込むこととした。

Great Bitter Lake の Anchorage を浚渫する場合は、これら施工中の工区は Anchorage として使用しないものとした。

施工順序は、区域E₄から開始し、区域E₄が完了した後、区域E₁、E₂、E₅を施工することとし、区域E₁、E₂、E₅の施工中は区域E₃、E₄を Anchorage として使用する。従って、最後に区域E₃を施工することとなる。

通航船舶の航行を妨げずに浚渫工事が行なえる有効浚渫時間はTraffic Diagram から求められ、その結果を表VII-3-(2)-2に示す。

表 VII-3-(2)-2 航路内での有効浚渫時間

Km	Possible Hours		Available Hours	
	Main Channel	West Channel	Main Channel	West Channel
	hours	hours	hours	hours
Hm 220 ~ 80	17.3	—	14.6	—
Hm 80 ~ Km 1.5	16.6	17.4	12.8	15.1
Km 1.5 ~ 61.0	14.3	12.2	9.7	6.9
Km 61.0 ~ 79.0	12.6	—	8.8	—
Km 79.0 ~ 94.5	12.6	—	9.4	—
Km 94.5 ~ 101.0	17.9	17.9	15.9	14.0
Km 101.0 ~ 115.0	17.6	14.4	15.6	10.4
Km 115.0 ~ 122.0	18.3	18.3	16.3	14.3
Km 122.0 ~ 145.0	12.6	—	7.1	—
Km 145.0 ~ 162.25	12.6	—	6.5	—

この浚渫可能時間は、Traffic Diagram より通航船舶の航行時間を差し引いて算出した。

有効浚渫時間については、浚渫船が通航船舶の航行を妨げないためには、まず航路ブイラインの外側に船を移動し、通航船舶が通過した後に再度前位置に浚渫船を戻す必要がある。この作業には2時間を必要であるとし、移動後、次の通航船舶が来るまで最底1時間浚渫できることを条件に算出したものである。

(ii) 工程計画

第Ⅱ期拡張計画の本格的な施工開始時期が未だ決定されていないが、工程計画を立案するため、SCAはその実施を1985年末までに決定し、リスクアナリシスの結果に従って、事故発生確率の高い工区から施工を開始するものと仮定した。すなわち、SCA直営浚渫船が1986年1月に工事に着手し、外国請負浚渫船は1986年末から施工を開始する。この後、請負浚渫工事については開始後3～4年で第Ⅱ期拡張計画を完了するものとする。SCA案の場合は、排砂するための陸上パイプラインの準備が終了すれば直ちに浚渫工事が開始可能となるが、代替案の場合は、浚渫工事開始前に護岸又は係留用ケーソンを移設する時間が必要となる。

必要な浚渫船の馬力数は、SCAの浚渫船35,500馬力を含んで最大195,500馬力(代替案J-1の場合は、SCAの浚渫船41,000馬力を含んで225,000馬力)である。

施工工程表を図VII-3-(2)-1～5に示す。

工程表に示した工事期間は純工事期間であって、前後の準備期間および整理期間は含まれていない。一般的には、浚渫工事の場合、浚渫を開始するに当たり、測量や陸上パイプラインの準備のために約1ヶ月が、また、浚渫工事完了後、検測等のために供用を開始するまで数ヶ月がそれぞれ必要である。

Hm, Km	Works	Work Volume	1986	1987	1988	1989	1990	Remarks
Hm 220 ~ 80	Dredging	$36,100 \times 10^3 m^3$						SCA Hopper Drd $6000 m^3 \times 2$
Hm 80 ~ Km 15	Dredging	$25,300 \times 10^3 m^3$						SCA Hopper Drd $6000 m^3 \times 2$
Km 15 ~ 61.0	Dredging	$42,700 \times 10^3 m^3$						SCA Drd 15500HP → 35500HP
Km 61.0 ~ 79.0	Dredging	$30,200 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
Km 79.0 ~ 94.5	Dredging	$21,300 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
Km 94.5 ~ 101.0	Dredging	$11,700 \times 10^3 m^3$						Drd 16000 HP
Km 101.0 ~ 115.0	Dredging	$19,000 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
Km 115.0 ~ 122.0	Dredging	$4,300 \times 10^3 m^3$						SCA Drd 20000HP
Km 122.0 ~ 145.0	Dredging	$36,600 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
Km 145.0 ~ 162.25	Dredging	$25,100 \times 10^3 m^3$						Drd 16000 HP → 32000HP
Great Bitter Lake Anchorage	E ₁	$16,200 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
	E ₂	$8,300 \times 10^3 m^3$						Drd 16000 HP
	E ₃	$6,800 \times 10^3 m^3$						Drd 24000 HP
	E ₄	$32,300 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
	E ₅	$20,300 \times 10^3 m^3$						Drd 16000 HP

图 VII-3-3-(2)-1 施工工程表 (SCA 案)

Hm. Km	Works	Work Volume	1986	1987	1988	1989	1990	Remarks
Hm220 ~80	Dredging	36,500×10 ³ m ³		5	8			SCA Hopper Drd 6000m ² ×2
	Dredging	28,800×10 ³ m ³	1					SCA Hopper Drd 6000m ² ×2
Km15 ~61.0	Bank Works	200m			7			
	Dredging	51,100×10 ³ m ³	1		6		9	SCA Drd 36,000HP
Km51.477w ~60.8w	Bank Works	9300m			5			
	Dredging	4,200×10 ³ m ³	5				12	SCA Drd 11,000HP
Km61.0 ~79.0	Bank Works	16,900m			12			
	Dredging	39,200×10 ³ m ³	12		10	6		Drd 32,000HP
Km79.0 ~94.5	Bank Works	13,700m			1			
	Dredging	31,300×10 ³ m ³			10		5	Drd 32,000HP
Km94.5 ~101.0	Dredging	16,000×10 ³ m ³	12		4			Drd 16,000 HP
	Dredging	20,400×10 ³ m ³	12		11			Drd 32,000 HP
Km115.0 ~122.0	Bank Works	Caisson 16 Pieces			12			
	Dredging	24,300×10 ³ m ³		3		6		Drd 16,000HP
Km122.0 ~145.0	Bank Works	Bank 10,500 m Caisson 36 pieces			12			
	Dredging	67,600×10 ³ m ³		3			9	Drd 40,000HP
Km145.0 ~162.25	Bank Works	Bank 11,100m Caisson 5 Pieces			12			
	Dredging	29,400×10 ³ m ³		3	4		10	Drd 16,000HP →32,000HP
Great Bitter Lake Anchorage	Dredging	16,200×10 ³ m ³			11	10		32,000HP
	Dredging	8,300×10 ³ m ³			4	2		Drd 16,000HP
	Dredging	6,800×10 ³ m ³				10	4	24,000HP
	Dredging	32,300×10 ³ m ³	12		4			Drd 32,000HP
	Dredging	20,300×10 ³ m ³			4		4	Drd 16,000HP

図 VII - 3 - (2) - 2 施工工程表 (代替案 J - 1)

Hm, Km	Works	Work Volume	1986	1987	1988	1989	1990	Remarks
Hm220 ~ Km1.5	Dredging	$36500 \times 10^3 m^3$						SCA Hopper Drd $6000 m^3 \times 2$
Hm80 ~ Km15	Dredging	$28300 \times 10^3 m^3$						SCA Hopper Drd $6000 m^3 \times 2$
Km15 ~ Km50.5w ~ 60.8w	Bank Works	200m						
Km61.0 ~ Km79.0	Dredging	$42900 \times 10^3 m^3$						SCA Drd 35500HP →15,500HP→35500HP
Km79.0 ~ Km94.5	Dredging	$1000 \times 10^3 m^3$						Drd 5500 HP
Km61.0 ~ Km79.0	Bank Works	3500m						Drd 32000 HP
Km79.0 ~ Km94.5	Dredging	$31900 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
Km94.5 ~ Km101.0	Bank Works	6200m						
Km101.0 ~ Km115.0	Dredging	$24300 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
Km94.5 ~ Km101.0	Dredging	$13300 \times 10^3 m^3$						Drd 16000 HP
Km101.0 ~ Km115.0	Dredging	$19600 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
Km115.0 ~ Km122.0	Bank Works	Caisson 16 Pieces						
Km115.0 ~ Km122.0	Dredging	$18200 \times 10^3 m^3$						SCA Drd 20,000HP
Km122.0 ~ Km145.0	Bank Works	Caisson 35 Pieces						
Km122.0 ~ Km145.0	Dredging	$54900 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
Km145.0 ~ Km162.25	Dredging	$25100 \times 10^3 m^3$						Drd 16000 HP →32,000HP
E1	Dredging	$16200 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
E2	Dredging	$8300 \times 10^3 m^3$						Drd 16000 HP
E3	Dredging	$6800 \times 10^3 m^3$						Drd 24000 HP
E4	Dredging	$32300 \times 10^3 m^3$						Drd 32000 HP
E5	Dredging	$20300 \times 10^3 m^3$						Drd 16000 HP

图VI-3-(2)-3 施工工程表(代營業J-2)

Hm, Km	Works	Work Volume	1986	1987	1988	1989	1990	Remarks
Hm 220 ~ Km 80	Dredging	$36,100 \times 10^3 m^3$						SCA Hopper Drd $6,000 m^2 \times 2$
Hm 80 ~ Km 15	Dredging	$25,300 \times 10^3 m^3$						SCA Hopper Drd $6,000 m^2 \times 2$
Km 15 ~ 6 L0	Dredging	$42,700 \times 10^3 m^3$						SCA Drd 35,500HP
Km 610 ~ 790	Dredging	$30,200 \times 10^3 m^3$						Drd 32,000 HP
Km 790 ~ 945	Dredging	$21,900 \times 10^3 m^3$						Drd 32,000 HP
Km 945 ~ 1010	Dredging	$12,300 \times 10^3 m^3$						Drd 6,000 HP
Km 1010 ~ 1150	Dredging	$19,400 \times 10^3 m^3$						Drd 32,000 HP
Km 1150 ~ 1220	Bank Works	Caisson 16 Pieces						
	Dredging	$14,900 \times 10^3 m^3$						SCA Drd 20,000HP
Km 1220 ~ 1450	Dredging	Caisson 36 Pieces						
	Dredging	$47,300 \times 10^3 m^3$						Drd 32,000 HP
Km 1450 ~ 16225	Dredging	$25,100 \times 10^3 m^3$						Drd 16,000 HP → 32,000HP
Great Bitter Lake Anchorage	E ₁	$16,200 \times 10^3 m^3$						Drd 32,000 HP
	E ₂	$8,300 \times 10^3 m^3$						Drd 16,000 HP
	E ₃	$6,800 \times 10^3 m^3$						Drd 24,000 HP
	E ₄	$3,230 \times 10^3 m^3$						Drd 32,000 HP
	E ₅	$20,300 \times 10^3 m^3$						Drd 16,000 HP

图 VII-3-1(2)-4 施工工程表 (代替案 J-3)

Hm, Km	Works	Work Volume	1986	1987	1988	1989	1990	Remarks
Hm220 ~ Km80	Dredging	$36,100 \times 10^3 m^3$						SCA Hopper Dred $6,000 m^3 \times 2$
Hm80 ~ Km15	Dredging	$25,300 \times 10^3 m^3$						SCA Hopper Dred $6,000 m^3 \times 2$
Km15 ~ 61.0	Dredging	$42,700 \times 10^3 m^3$						SCA Dred 15,500HP → 35,500HP
Km61.0 ~ 79.0	Dredging	$30,200 \times 10^3 m^3$						Dred 32,000 HP
Km79.0 ~ 94.5	Dredging	$21,300 \times 10^3 m^3$						Dred 32,000 HP
Km94.5 ~ 101.0	Dredging	$11,700 \times 10^3 m^3$						Dred 16,000 HP
Km101.0 ~ 115.0	Dredging	$19,200 \times 10^3 m^3$						Dred 32,000 HP
Km115.0 ~ 122.0	Dredging	$10,300 \times 10^3 m^3$						SCA Dred 20,000HP
Km122.0 ~ 145.0	Bank Works	Caisson 13 Pieces						
Km145.0 ~ 162.25 Great Bitter Lake Anchorage	Dredging	$40,200 \times 10^3 m^3$						Dred 32,000 HP
	Dredging	$25,100 \times 10^3 m^3$						Dred 16,000 HP → 32,000 HP
	Dredging	$16,200 \times 10^3 m^3$						Dred 32,000 HP
	Dredging	$8,300 \times 10^3 m^3$						Dred 16,000 HP
	Dredging	$6,800 \times 10^3 m^3$						Dred 24,000 HP
E ₄	Dredging	$32,300 \times 10^3 m^3$						Dred 32,000 HP
E ₅	Dredging	$20,300 \times 10^3 m^3$						Dred 16,000 HP

图 VII-3-(2)-5 施工工程表 (代替案 J-4)

(Ⅳ) 建設費

i) 工事単価

第Ⅱ期拡張工事の工事費は、1983年の価格に基づき次のように算出した。請負浚渫単価については、第Ⅰ期拡張工事の実績から算出した第Ⅱ期拡張計画の各工区の月当り浚渫土量と、月当り浚渫経費から求めた。また、SCAの直営船による浚渫単価については、SCAの浚渫経費が不明のため、請負の浚渫経費算出と同じ方法で算出した。

係留用ケーソンの移設のための単価は、第Ⅰ期拡張工事の実績に価格上昇を考慮したものとした。

工事単価には10%のコンティンジェンシーを含んでいるが、今後の価格上昇分は見込んでいない。

工事単価の内貨、外貨の配分については、浚渫の請負工事単価に関しては、浚渫の必要経費を内貨、外貨に分け、外貨分を円で計算し、250円=1US\$の率で換算した。また、請負浚渫以外の工事単価は第Ⅰ期拡張工事の実績の比率を用いて内貨、外貨に配分した。

ii) 建設費

第Ⅱ期拡張計画の建設費を表Ⅶ-3-(2)-3に示す。

増深浚渫土量が拡幅浚渫土量よりも多い工区は、浚渫船にコンボイ待ちが生じるため、運転時間の損失となり、工事単価が割高となっている。このことから、拡幅浚渫と増深浚渫とは同時に実施すべきであろう。

なお、この建設費の算出基準とした内貨、外貨の換算率は、1985年6月の平均的換算率である1.40LE=1US\$=250円を使用している。

iii) 年次別資金計画

工程計画に対応する年次別資金計画は表Ⅶ-3-(2)-4に示すとおりである。

表 VII - 3 - (2) - 3 第 II 期拡張計画の建設費

1.40 LE = 1 US\$ = 250 ¥

	Alternative Plan																													
	SCA Plan						J-1						J-2						J-3						J-4					
	Dredging			Bank Works			Dredging			Bank Works			Dredging			Bank Works			Dredging			Bank Works			Dredging			Bank Works		
	LC	FC	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	LC	FC	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	LC	FC	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	LC	FC	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	LC	FC	10 ³ \$	10 ³ LE		
Port Said Approach Channel	38,928	10,806	10,806	41,400	11,493							41,083	11,405																	
Km 1.5 ~ 61.0	70,882	14,048	14,048	108,984	21,608	4,950	1,020	78,387	15,538	104	21	70,882	14,048																	
Km 61.0 ~ 79.0	11,869	57,501	57,501	14,073	68,051	8,805	1,815	11,548	56,016	1,824	376	11,869	57,501																	
Km 79.0 ~ 94.5	10,011	48,479	48,479	11,456	55,589	7,138	1,471	9,744	47,239	3,230	666	10,162	49,144																	
Km 94.5 ~ 101.0	4,411	21,388	21,388	5,296	25,664			4,668	22,610			4,637	22,484																	
Km 101.0 ~ 115.0	14,136	68,476	68,476	14,994	72,542			14,582	70,638			14,434	69,918																	
Km 115.0 ~ 122.0	9,322	1,849	1,849	8,505	41,213	126	362	22,786	4,532	126	362	18,863	3,740																	
Km 122.0 ~ 145.0	19,325	94,574	94,574	32,042	156,832	5,754	1,943	25,144	122,756	283	815	23,224	113,520	283	815	20,984	102,590	102	294											
Km 145.0 ~ 162.25	16,792	86,846	86,846	17,464	90,199	5,822	1,305	16,792	86,846			16,792	86,846																	
Great Bitter Lake Anchorage	29,508	142,905	142,905	29,508	142,905			29,508	142,905			29,508	142,905																	
Mobilization & Demobilization	-	65,440	65,440	-	75,256			-	65,440			-	65,440																	
Total	225,184	612,312	612,312	283,722	761,352	32,595	7,916	254,242	645,925	5,567	2,240	239,298	636,352	409	1,177	232,739	622,187	102	294											
Grand Total	773,158 x 10 ³ US\$			995,209 x 10 ³ US\$				833,743 x 10 ³ US\$				808,748 x 10 ³ US\$																		

表VII-3-②-4 年次別資金計画

Year	Alternative Plan																							
	SCA Plan						J-1						J-2						J-3					
	Dredging		Bank Works		Total		Dredging		Bank Works		Total		Dredging		Bank Works		Total		Dredging		Bank Works		Total	
	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC
	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$
1986	40,539	56,731	39,246	42,210	5,436	1,183	44,682	43,393	38,506	37,415	392	475	38,898	37,890	38,676	46,985	148	425	38,824	47,410				
1987	73,733	193,005	78,442	216,979	14,572	3,748	93,014	220,727	75,404	198,238	1,945	1,099	77,349	199,337	72,851	194,062	261	752	73,112	194,814				
1988	65,191	186,673	74,490	208,216	10,210	2,495	84,700	210,711	69,217	188,645	2,423	499	71,640	189,144	64,940	187,304			64,940	187,304				
1989	43,877	158,797	57,845	183,088	2,377	490	60,222	183,578	53,220	163,545	807	167	54,027	163,712	50,432	171,321			50,432	171,321				
1990	1,844	17,106	33,699	110,859			33,699	110,859	17,895	58,082			17,895	58,082	12,399	36,680			12,399	36,680				

Year	J-4											
	Dredging		Bank Works		Total		Dredging		Bank Works		Total	
	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC	LC	FC
	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$	10 ³ LE	10 ³ \$
1986	38,408	46,892	8	23	38,416	46,915						
1987	72,320	193,763	94	271	72,414	194,034						
1988	64,908	186,917			64,908	186,917						
1989	50,073	169,234			50,073	169,234						
1990	7,030	25,381			7,030	25,381						

2) 維持浚渫工事

維持浚渫工事は運河機能を維持、保全するために不可欠なものであるが、一方で、このための浚渫船は通航船舶にとって障害物であり、事故の原因ともなりうる。浚渫船と通航船舶との事故は、運河閉塞に結びつきやすいので、これら維持浚渫工事は可能な限り少ない浚渫船で最大の効果を発揮するよう計画しなければならない。

そのためには、運河全体の細部測量を実施し、維持浚渫工事をを行うべき場所および時期を適切に決定する必要がある。

今日までは、前述したように Port Said Approach Channel 付近は Sea Fix System を装備した測量船が10m間隔に深淺測量を実施しているが、運河内については運河中心線に沿ってのみ測量が行なわれている。

運河の深淺について、細部測量を行う場合、現在 S C A が所有している音響測深器（送受信器の半減指向角：3度）を用いた前述のような測量方法では検測のカバー率が極めて低い。この方法によって、水深19.5mの水路を測量するとそのカバー率は以下のとおりとなる。

測線間隔25mで行った場合： 8%

測線間隔10mで行った場合： 20%

日本においては、水路を測量する場合、半減指向角 8° と 3° の送受信器を合計4本使用し、これらを図VII-3-(2)-6に示すよう測量船に取り付け、また、図VII-3-(2)-7に示すごとく未測深幅が10m以内となるよう規定しているので、検測カバー率は62%以上となる。

スエズ運河においても、維持浚渫工事を安全かつ効率的に行うためには、上述した検測カバー率が確保されるよう深淺測量を実施する必要があると思われる。

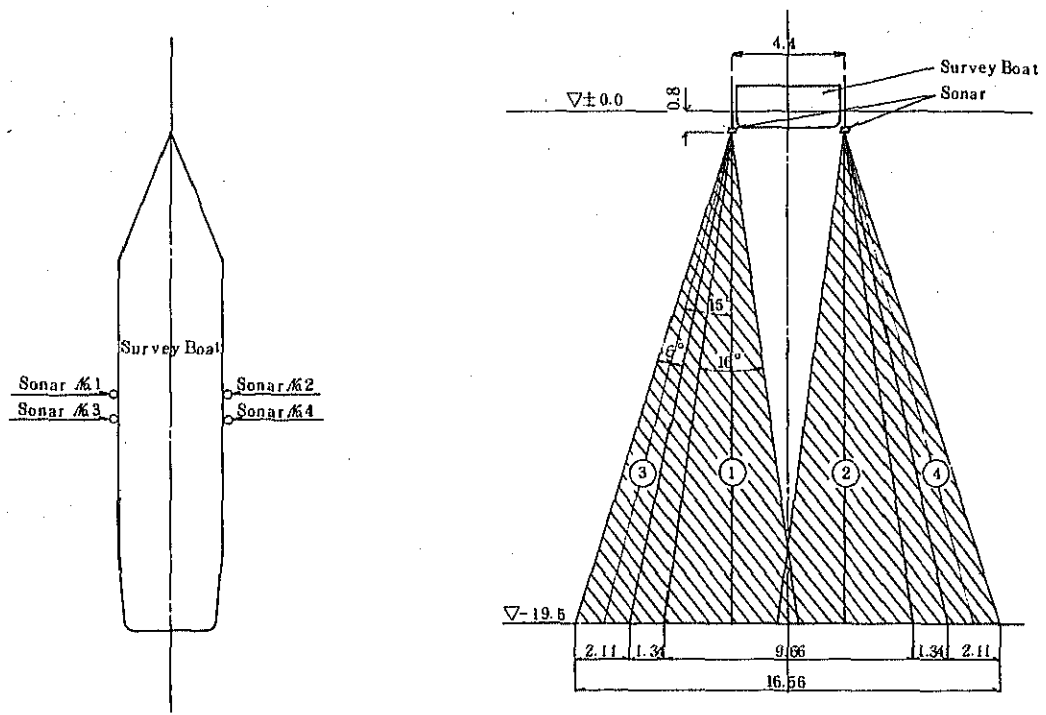


図 VII-3-(2)-6 送受信器取り付例

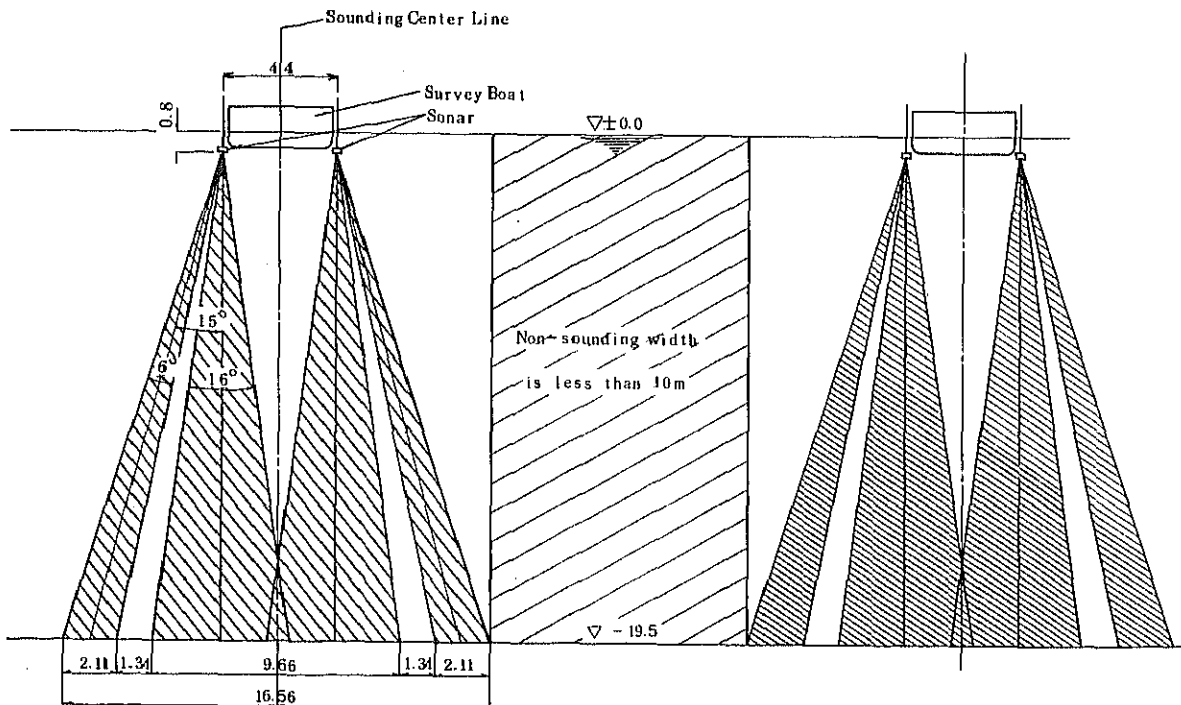


図 VII-3-(2)-7 測深間隔

3) 施工事の事故未然防止対策

運河の拡幅、増深浚渫工事および維持浚渫工事のような運河機能の保全作業は通航船舶の航行安全確保のため不可欠であるが、これに従事する作業船が通航船舶の航行を妨げてはならないことは論をまたない。しかし、第Ⅰ期拡張工事完了後の現在においても、浚渫船と通航船舶との事故が少なからず発生しているのは事実である。これらの事故には、浚渫船およびフローターが係っているが、1981、1982年についてみると、浚渫船そのものとの事故が多い。主な事故原因は通航船舶の高速航行であり、このような事故は沈没事故となりやすく、引いては運河閉塞を生ずるなど、致命的な事故となる恐れがあるので、可能な限り回避すべきである。浚渫船と通航船舶との主な事故未然防止対策は以下のとおりである。

(i) 共通事項

- i) Transit Departmentは、通航船舶の通過予定時刻を2時間前に浚渫船に無線連絡する。
- ii) 通航船舶が通過する場合、原則として航路内に浚渫船およびアンカー等の付属設備を置かせない。
- iii) フローターには、夜間でも通航船舶から確認出来るよう40m間隔に赤色点滅灯を設置する。
- iv) 通船および揚錨船等の船舶は浚渫船より護岸側に係留する。
- v) 浚渫作業中に何等かの異常が発生した場合、浚渫船の船長はTransit Departmentに無線連絡する。

(ii) 増深浚渫工事又は維持浚渫工事の場合

- i) 浚渫船は通航船舶の通過予定時刻の最底30分前には、航路ブイラインの外側に完全に移動し、通航船舶の通過中は不測の事態に対応するため警戒体制を敷いておく。
- ii) 何等かの事情により、浚渫船が予定どおり航路ブイラインの外側に移動不可能な場合は、浚渫船の船長は、直ちにTransit Departmentに無線連絡をする。

Transit Departmentは通航船舶に乗船しているPilotに無線連絡し、連絡を受けたPilotは状況に応じて、航行速度を減じるか、停止して次の連絡を待つ。

- iii) 浚渫深度とスパット長の関係から航路ブイラインの外側に完全には移動不可能となる浚渫船は使用させない。この場合、適切な浚渫船を選択するか、止むを得ない場合は航路ブイラインの外側に移動可能となるよう当該浚渫船を改造して使用する。

(iii) 拡幅浚渫工事の場合

- i) この場合、浚渫船は当初より航路ブイラインの外側で作業しているので問題は少ないと思われる。しかしながら、フローター、アンカー等が航路ブイラインの外側に出ているかを常に確かめるとともに、通航船舶通過中は前述と同様に警戒体制を敷いておく。
- ii) 拡幅浚渫工事であっても、危険物運搬船等通過中運転を止めて待機した方が安全と思われる場合は、Transit Departmentは浚渫船にその旨無線連絡する。

Ⅳ その他

- ⅰ) 沈設管を使用する場合は、沈めた排砂管の天端高および場所を確認できるようにする。
- ⅱ) 通航船舶に乗船しているPilotは、その日の浚渫船の位置を事前に把握し、通航船舶の船長に対して操船上特に注意を要する場所としてあらかじめ伝える。
- ⅲ) 浚渫船はTransit Departmentに無断で施工方法を変更してはならないこととする。

S C Aが現在既に慣例的に適用している通航船舶に対する配慮等の安全対策を含め、施工中の安全対策を提言したが、Pilot、浚渫船の船長および航行管制官等の関係者間で会議を行い、工事実施中のS C Aの安全対策を検討、文書に作成して関係者全員に徹底させることが必要である。

(3) 航行関係

1) Sandstormに対する対策

S C A の海難記録の検討のところで述べたように、衝突、乗り揚げの月別の発生率のカーブは、月別の強風の発生率のカーブとよく対応しており、いわゆる Sandstorm が、かなりの事故の原因となっていることは明らかであり、その対策を考える必要がある。

(i) 運河の拡幅・増深

第1期拡張工事前後で、事故の発生率と Sandstorm との関連を比較してみると、工事完了後、その関連の傾向が、運河部分についてはうすれていることから、運河の拡幅・増深が Sandstorm に対する安全対策として極めて有効であることは明らかである。

(ii) 通航停止の限界風速

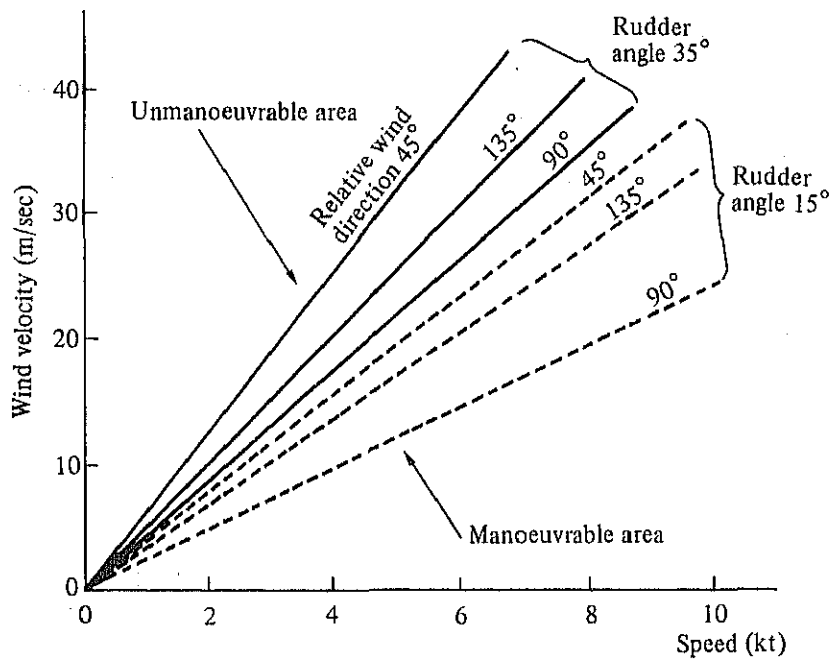
図 VII-3-(3)-1 は、満載の 15 万 DWT タンカーの、吃水と水深の比が 1.3 の場合の、強風下での保針限界相対風速と船の速力との関係を表わしたものである。

速力が 7 ノットの場合、舵角 15° では、相対風向が 90° の場合、相対風速 17m/sec で、保針不能となることを示している。

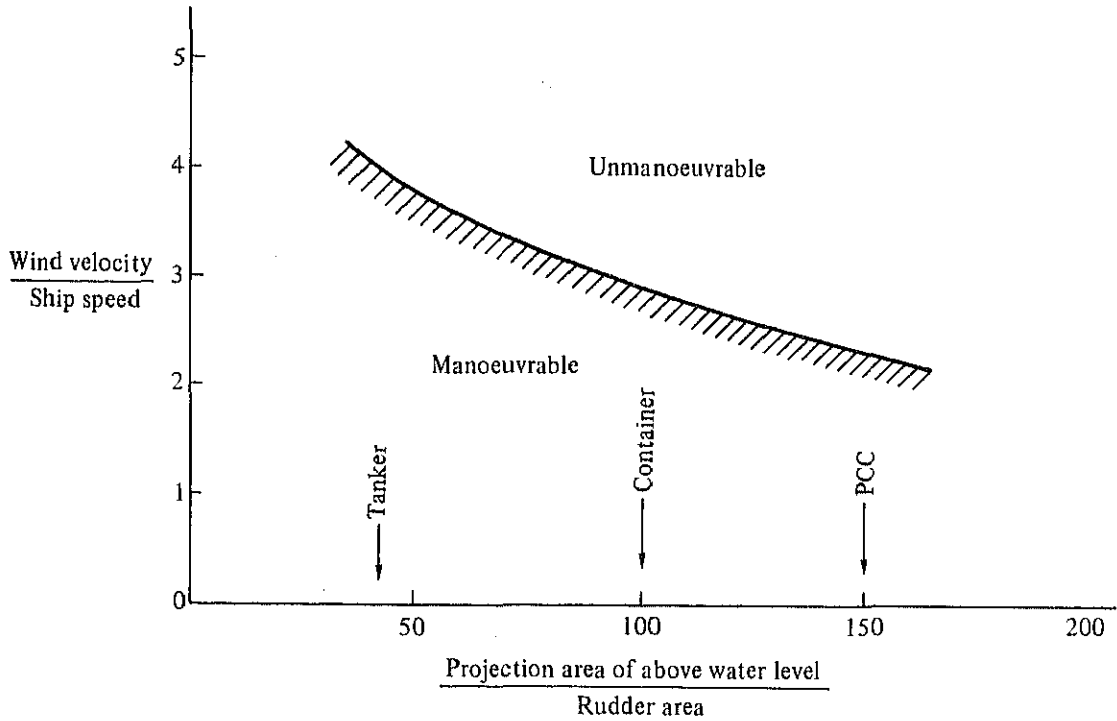
図 VII-3-(3)-2 は、使用舵角 15° のときの相対風向が 90° の場合の、保針限界相対風速と船速の比の関係が、タンカー、コンテナ、PCC で、どのようになっているかを表わしたものである。

使用舵角が 15° で、相対風向が 90° の場合、相対風速が船速の、タンカーでは約 4 倍、コンテナでは約 3 倍、PCC では約 2.3 倍で保針不能となることを示している。

従って、表 VII-3-(3)-1 のように、真風向・風速が、タンカーの場合 $104^\circ 14.9\text{m/sec}$ で、コンテナの場合 $108^\circ 12.3\text{m/sec}$ で、PCC の場合 $114^\circ 9.8\text{m/sec}$ で保針不能になることになる。



図VII-3-(3)-1 保針限界風速



図VII-3-(3)-2 舵角15°の場合の限界風速の最小値

表VII-3-(3)-1 通航船の保針限界風向風速

	Transit Speed	Relative		True	
		Wind Direction	Wind Velocity	Wind Direction	Wind Velocity
Tanker	13 km/h 3.61 m/sec	90°	14.4 m/sec	104°	14.9 m/sec
Container	14 km/h 3.89 m/sec	90°	11.7 m/sec	108°	12.3 m/sec
PCC	14 km/h 3.89 m/sec	90°	8.9 m/sec	114°	9.8 m/sec

(Wind direction: From ship's head)

現在、SCAが、運河閉鎖あるいは通航停止の基準としている風速50km/h (13.9 m/sec)は、一般的にタンカーに対しては適当な値であるが、コンテナやPCCなど、水線上横投影面積/舵面積の値が、50以上の船舶については不適當であり、通航停止の基準を、コンテナについては12m/sec、PCCについては10m/sec程度にすべきであると考えられる。

(iii) 通航停止の視界

狭視界時の適度の速力は、一般に、対面交通の場合は、視界の1/2で停止できる速力、一方交通の場合は、視界内で停止できる速力であるといわれている。

スエズ運河の場合、通航速力が定まっているところから、II-4通航および停泊の実態の評価の項の表を使用すれば、

DWT	初速	必要な視界(d)	d × 3
30,000	14 km/h	580 m	1,740 m
60,000	14 "	740 "	2,220 "
140,000	13 "	1,100 "	3,300 "
250,000	13 "	1,250 "	3,750 "

となり、運河の場合、停止にその3倍の距離が必要であるとすれば、必要な視界も3倍ということになる。

東京港浦賀水道の場合は、通航の制限が行われる基準は、次のようになっている。

長さ200 m以上の船舶および25,000 GT以上の液化ガス船 1マイル以下

上記以外の10,000 GT以上の船舶 1,000 m以下

スエズ運河の特殊性から、通航を停止する視界として適当な値を求めることはなかなか難しいが、上記の視界内停止の考え方、あるいは、東京湾浦賀水道の例との比較等から、現在SCAが基準としている300 mという運河閉鎖の基準を見ると、それは、やや小さ過ぎる値ではないかと考えられる。

更に一層の検討が必要と思われる。

2) Ballah West Channel における接岸時の安全対策

El Ballah 付近の事故は、殆ど総て南航第 2 船団の West Channel における接岸時の乗り揚げ、あるいは運河壁接触の事故である。

第 1 期拡張工事の完了、および接岸の際の曳船の援助等によって、事故率は非常に低下したが、依然として年間 10 件前後の事故が発生している。

この事故の原因には、操船技術の問題、風による圧流の問題もあるであろうが、岸壁吸引力および傾斜した運河底の影響の 2 点が、極めて大きな原因になっているのではないかと思われる。

Pilot に対して、それらの岸壁吸引力および傾斜底の影響を十分考慮した接岸操船を行うように指導すべきである。

また、それらの影響を十分考慮した曳船の配備を行うとともに、曳船の援助の方法も指導すべきであると考えられる。

以下は、岸壁吸引力および傾斜した運河底の影響を理解するための参考である。

(i) 岸壁吸引力

アメリカ海軍は、パナマ運河の拡張工事に関連して、船舶が運河航行中に受ける岸壁吸引力に関する実験を実施し、その結果を便利な計算図表にまとめて発表している。

図 VII-3-(3)-3 および 4 は、その一部である。

船舶が運河の中を、運河の中心線から y だけ離れて、中心線に平行な航路上を v の速度で進むものとする。このとき、もし船舶が中心線の右側に寄って航行すると、船舶は図 VII-3-(3)-5 のように更に右側に寄せられるような横力 F と、船首を水路中心線に向かって振られるモーメント M を受ける。

i) 横力 F

横力 F の係数 C_F と、水路幅 b と船幅 B の比 b/B 、水路中心線と航路の距離 y と船幅 B の比 y/B の関係を示しているのが図 VII-3-(3)-3 である。

横力 F は、次の式で求められる。

$$F = C_F \times \frac{1}{2} \rho L d v^2$$

F : 横力 (kg)

ρ : 水の密度 (海水 1045, 淡水 1020 kg · sec²/m⁴)

L : 船長 (m)

d : 平均吃水 (m)

V : 速力 (m/sec)

但し、図 VII-3-(3)-3 は、水深 h と平均吃水 d の比 h/d が、1.40 の場合であり、 h/d が 1.40 以外の場合には修正の必要がある。

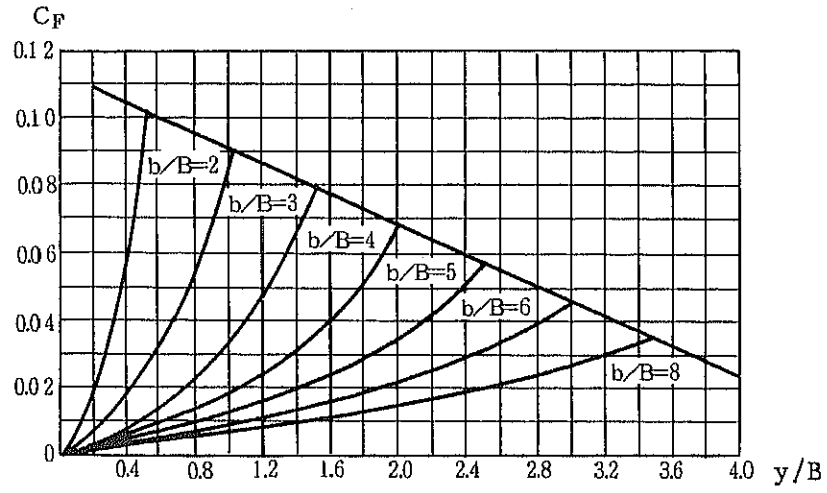
修正係数は、図 VII-3-(3)-4 の α であり、図 VII-3-(3)-3 の C_F に、図 VII-3-(3)-4 の α を乗ずることによって、 h/d が 1.40 以外の場合の C_F が求められるようになっている。

ii) 回頭モーメント M

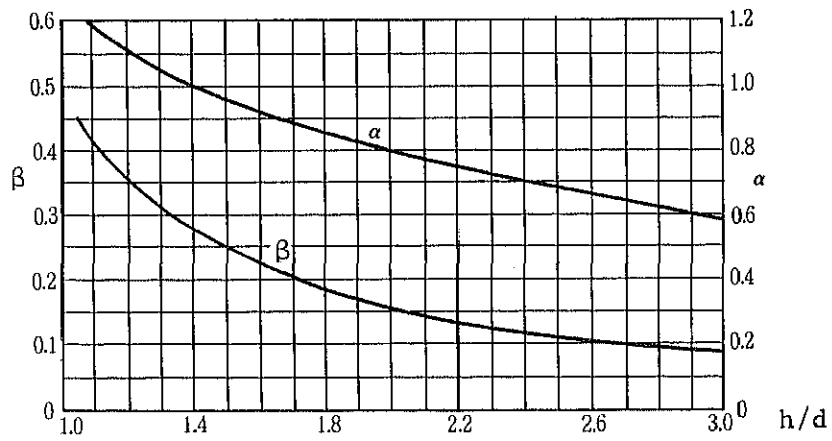
回頭モーメント M は、横力 F にモーメントのレバーを乗ずることによって次のように求められる。

$$M = F \times (L \times \beta)$$

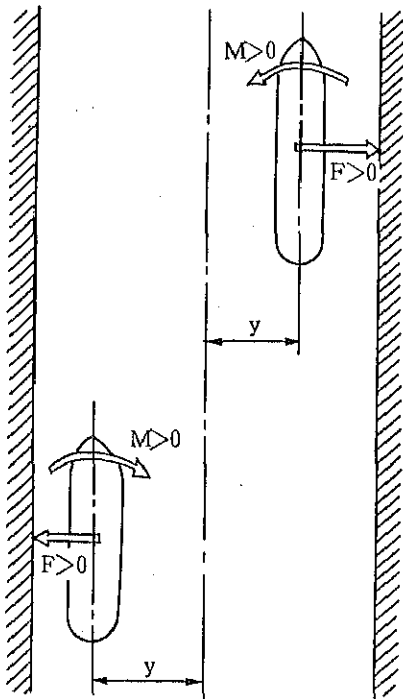
β : 図VII-3-(3)-4 から求める。



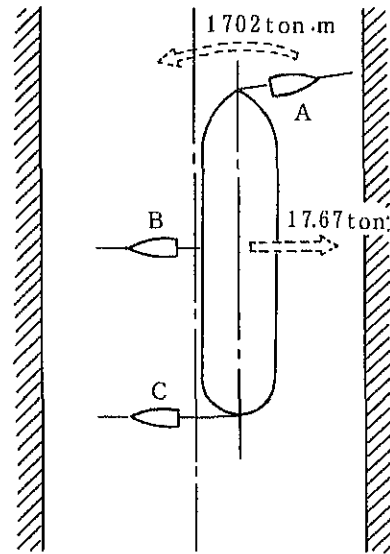
図VII-3-(3)-3 横力係数



図VII-3-(3)-4 横力および回頭モーメント修正係数



図VII-3-(3)-5 横力および回頭モーメント



図VII-3-(3)-6 横力および回頭モーメントを打ち消すために必要な曳船

III) 計算例

水路幅 $b = 300 \text{ m}$ 水深 $h = 20 \text{ m}$
 船長 $L = 290 \text{ m}$ 船幅 $B = 47.5 \text{ m}$
 吃水 $d = 16 \text{ m}$
 船速 $V = 2.5 \text{ m/sec}$ (約 5 knot)

水路中心線から船の中心線までの距離 $y = 50 \text{ m}$ の場合の横力と回頭モーメントを求める。

$$y/B = 50/47.5 = 1.05$$

$$b/B = 300/47.5 = 6.32$$

$$h/d = 20/16 = 1.25$$

図IV-3-(3)-3 から $C_F = 0.0108$

図IV-3-(3)-4 から $\alpha = 1.08$ $\beta = 0.332$

$$F = C_F \cdot \frac{1}{2} \rho L d v^2 \alpha$$

$$= 0.0108 \times 1045 \times \frac{1}{2} \times 290 \times 16 \times 2.5^2 \times 1.08 = 17673.9 \text{ kgs} \doteq 17.67 \text{ トン}$$

$$M = F L \beta$$

$$= 17.67 \times 290 \times 0.332 = 1701.6 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

今、図VII-3-(3)-6のように、船首尾に同じ力の曳船A、Cを配置し、回頭モーメントを打ち消し、また、船体中央に曳船Bを配置し横力とバランスさせようとする、それぞれの曳船の所要馬力は、100馬力を1トンとすれば、

曳船Aおよび C : 590馬力
 曳船B : 1770馬力

となる。

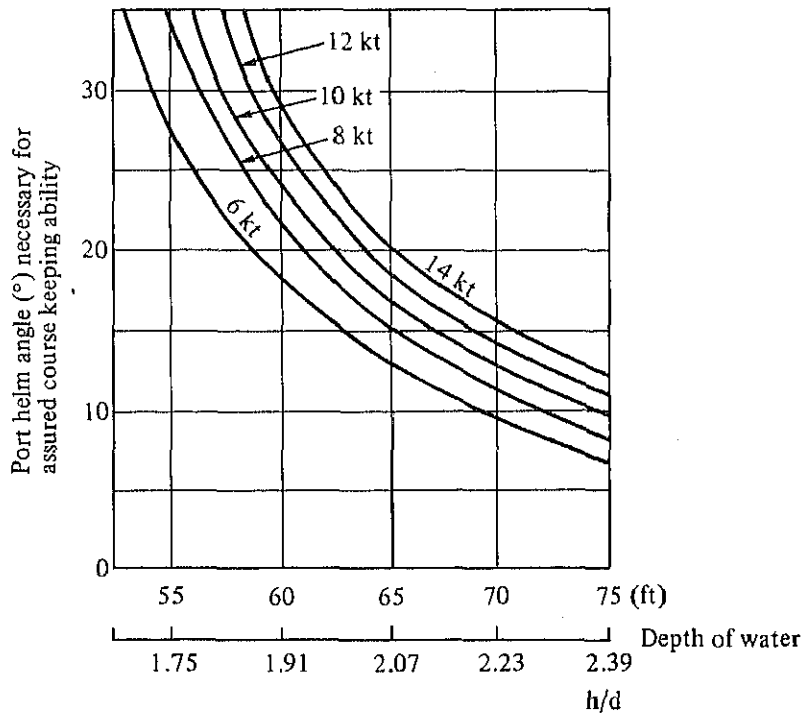
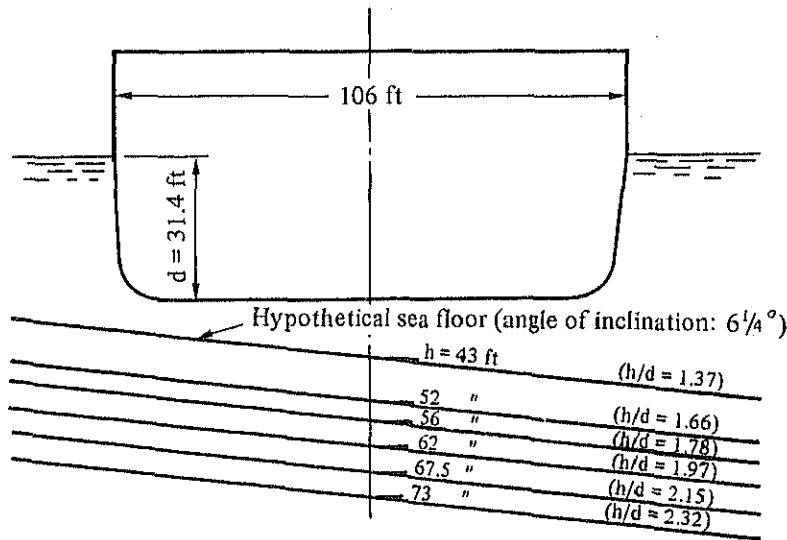
(ii) 傾斜した運河底の影響

海底が傾斜している浅水域を等深線に沿って航行すると、船は、船首を深い方へ押しやられるような回頭モーメントを受ける。

この回頭モーメントを打ち消すための必要舵角を計測した例が、図VII-3-(3)-7である。これは、英国が軍艦の座礁事故の原因を調査するために行った模型実験の結果の一部である。

海底傾斜と水深・吃水の関係、および、この水路を等深線に平行に航行するために必要な舵の量が、速力ごとに示されている。

水深が浅いほど、速力が速いほど、必要舵量が大きくなっている。



図VII-3-(3)-7 海底傾斜による回頭モーメントを打ち消すために必要な舵角

3) パイロットの資格, 適性および教育訓練について

表Ⅶ-3-(3)-2は, 1981~1983年3年間の, パナマ運河におけるタンカーの事故を, 過失によるものと過失でないものとに分けたものである。84.6%が何らかの過失によって発生している。

表Ⅶ-3-(3)-3は, 1959~1963年5年間の, 欧州の5つの河川水路で発生した衝突事故を, 同様に過失によるものと過失でないものとに分けたものであり, 73.9%が運航上の過失によって発生していることを示している。

表Ⅶ-3-(3)-4は, 1978~1982年5年間の, 日本近海における要救助海難の原因を, 人為的要因によるものと人為的要因以外の原因によるものとに分けたものである。71.2%が人為的要因によって発生している。

スエズ運河の場合は, 事前調査団書式の事故記録の検討のところで述べたように, 1983年2月~1984年12月の事故記録の統計では, 人為的要因によるものが82.8%となっている。他の運河との事故率の比較のところでも述べたように, 分類・統計方法がそれぞれ異なるため同レベルの比較はできないが, スエズ運河は, パナマ運河に次いで, 人為的要因による事故がかなり高い率を示していることが, うかがわれる。

いうまでもなく, この人為的要因による事故は, 通航船の乗組員の過失や技術の低さ等によるものも多いが, Pilotの操船技術の未熟, 操船の失敗等によるものもかなり含まれているものと思われる。

表Ⅶ-3-(3)-2 1981~1983年のパナマ運河
におけるタンカー事故

	Number of Accidents	Fault	Non Fault
1981	15	13	2
1982	20	18	2
1983	17	13	4
Total	52	44 (84.6%)	8 (15.4%)

表VII-3-(3)-3 1959~1963年の5水路(Scheldet, Elbe, Thames, Maas, Wesser)における衝突の原因

Mistakes	73.9%
Course crossing, leaving harbour	12.4%
Wrong manoeuvre, bad seamanship	11.8%
Communications failure or no communication	10.8%
Unexpected manoeuvres	7.8%
Buoy, beacon or ship not seen or seen too late	6.9%
Too high speed	4.6%
Misjudgement of wind or current	4.0%
Unsuccessful evasion manoeuvre	3.6%
Wrong overtaking	3.6%
Wrong position finding	2.3%
Insufficiently equipped ship	1.6%
Other manoeuvre mistakes	4.6%
Non mistakes	13.7%
Cause unknown	12.4%

表VII-3-(3)-4 日本近海における原因別要救助海難数

		1978	1979	1980	1981	1982	Total
Marine Casualties by Human Causes	Navigational Error	1,275	1,079	1,159	1,048	1,129	5,690
	Wrong Machinery Handling	359	312	304	293	265	1,533
	Careless Handling of Flammable/Combustible Substances	122	106	75	93	86	482
	Wrong Cargo Stowage	36	48	37	30	37	188
	Sub Total	1,792	1,545	1,575	1,464	1,517	7,893
	(%)	76.0	72.0	66.0	70.9	71.0	71.2
Marine Casualties by Non-human Causes	Force Majeure	180	290	553	315	374	1,712
	Materials and Construction	265	233	200	213	195	1,106
	Cause Unknown	91	67	45	65	38	306
	Others	29	10	13	10	13	75
	Sub Total	565	600	811	603	620	3,199
	(%)	24.0	28.0	34.0	29.1	29.0	28.8
	Total	2,357	2,145	2,386	2,067	2,137	11,092

国際水路としてのスエズ運河の重要性から、その運河をきょう導するPilotとしての、知識・技能を高い水準に維持することは、SCAの義務である。

以下に述べる各点を考慮し、その水準を高め維持するように努力すべきである。

(i) 資 格

運河の現状の評価の項でも述べたように、現在、スエズ運河のPilotになるためには、年令に制限がないが、Pilotになる年令に35才程度の上限を設け、資格要件を外航船一等航海士とし、然るべき選考基準によって優れた人材を採用し、1～2年間十分に専門教育を行う。

(ii) 適 性

Pilotの業務は、深夜あるいは早朝の就業であったりすること、操船は長時間にわたって緊張を伴う業務であること、などから、Pilotは、特に精神的にも身体的にも健康でなければならない。また、業務の遂行には、特殊な知識・技能・経験が必要であることなどから、Pilot全員を対象に、定期的に身体的な適性、業務遂行の能力・適性の検査を行い、その確保を図らなければならない。

そのためには、適性を欠き廃業する者の処遇、例えば新人の指導への従事、あるいは、年金等の保障の制度等も考慮しておく必要がある。

(iii) 教育・訓練

Pilotの知識・技能の維持・向上のために、定期的に再教育・再訓練の機会を設けるべきである。

再教育の内容には、船舶の技術革新に伴う新しい知識や技術等に関するものだけでなく、運河内で発生し得る各種の事故に関する知識およびそれらの事故が発生した場合の対応、通信連絡に関する知識およびその方法、運河のコントロール業務に関する知識およびそれとの連携、等についても含まれるべきである。

操船技術の訓練には、操船シミュレーターを導入すべきである。

操船シミュレーターによる訓練は、新人の訓練にも、Pilotの操船技術の維持・再訓練にも有効であると思われる。

表Ⅶ-3-(3)-5～8は、現在使用されている世界の主な操船シミュレーターの概要、その訓練課程および受講生、訓練期間および訓練状況である。

操船シミュレーターを使用すれば、運河内の航行、運河壁への係留、運河内での緊急停止、Waiting Buoy Berthへの係留、栈橋への係留・離棧等の操船の訓練が容易に、効率的に行えることになるであろう。

表VII-3-3(3)-5 世界の主な操船シミュレーター

Organization	Country	Name	Owner	Operator	Start date	Use	Cost of construction (including estimated cost in part) (billions of yen)	Location
USA	USA	Computer Aided Operations Research Facility	DOC of USA Shipping Administration (non-private)	Grumman ADI Transportation Systems	Jan., 1976	Research (training)	5.0 to 7.0	Kings Point
	USA	Marine Safety International	MSI (private)	MSI	Nov., 1976	Training	about 0.5	New York
	USA	SIMSHIP	USCG Ship Analytics (semi-private)	Ship Analytics	Apr., 1980	Research and training	about 1.0	Stonington
	USA	Marine Institute of Technology and Graduate Study	MITAGS (private)	MITAGS	1981	Training	1.0 for No. 1 for day service 1.0 for No. 2 for night service (excluding the buildings)	Baltimore
Europe	UK	Racal-Decca Ship Simulators	The College of Nautical Studies (non-private)	The College of Nautical Studies, Warsash, Southampton	1st Mar., 1977 2nd Feb., 1981	Research and training	about 0.2	Southampton
	UK	The CARDIFF Ship Simulator	DOI of UK (non-private)	UWIST*1 SGHE*2	Early 1982	Research and training	about 1.0	Cardiff
	Holland	Netherlands Ship Model Basin	Netherlands Ship Model Basin (non-private)	Netherlands Ship Model Basin	1st Nov., 1970 2nd Nov., 1976	Research and training	0.4 to 0.5	Wageningen
	Holland	SMS Ship Manoeuvring Simulator	T.N.O.-Institute for Mechanical Constructions (non-private)	TWECO-T.N.O.-Institute for Mechanical Constructions	Apr., 1968	Research and training	0.15 to 0.2	Delft
Holland	Simulator for the Study of Navigation and Driving Behaviour	T.N.O.-Institute for Perception (non-private)	T.N.O.-Institute for Perception (non-private)	Jan., 1976	Research	0.15 to 0.2	Soesterberg	

世界の主な操船シミュレーター (続き)

Organization	Country	Name	Owner	Operator	Start date	Use	Cost of construction (including estimated cost in part) (billions of yen)	Location
Royal Netherlands Naval College	Holland	Manoeuvring Simulator	Royal Netherlands Naval College (non-private)	Royal Netherlands Naval College	Aug., 1975	Training	0.15 to 0.2	Den Helder
Hochschule für Nautik Bremen	West Germany	Ship Handling Simulator	Hochschule für Nautik Bremen (non-private)	Hochschule für Nautik Bremen	Mar., 1975	Education of students and retraining of officers	0.2 to 0.3 for each one for day and night service	Bremen
Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Seefahrt	West Germany	SUSAN Schiffsführungs-Simulator	Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Seefahrt (non-private)	Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Seefahrt	Mar., 1982	Research and training	1.5 to 2.0	Hamburg
Swedish Maritime Research Centre	Sweden	SSPA Manoeuvring Simulator	SSPA (non-private)	SSPA	1967	Research and training	0.2 to 0.3	Göteborg
Ship Manoeuvring Simulator, Trondheim	Norway	SMS-Ship Manoeuvring Simulator	Government of Norway (non-private)	Ship Manoeuvring Simulator, Trondheim	July, 1979	Retrainings of Masters, officers and pilots, and education and research at nautical college	0.5 or more	Trondheim
Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd., Tanashi	Japan	IHI Ship Manoeuvring Simulator	IHI (private)	IHI	June, 1975	Research and training	0.25	Tokyo

*1 UWIST-University of Wales Institute of Science and Technology

*2 SCIHE-South Glamorgan Institute of Higher Education

Source: Japan Captains Association

表VII-3-(3)-6 世界の操船シミュレーターの概要

	Organization	Description
USA	CAORF	<p>The world largest ship manoeuvring simulator. It enables the trainees to study ship manoeuvring techniques, Rules-of-the-Road, ports and harbours and waterways by postulating the seafarers and vessel as a man-machine system.</p> <p>The major research themes are: (1) ship manoeuvring in ports and waterways (waterway analysis), (2) standards for simulator training and licensing (demand for qualification and training), (3) evaluation and specification of wheelhouse, (4) watch-keeping standards, and (5) demand for ship manoeuvring response to ships (manoeuvring and navigation)</p>
	MSI	<p>The organization is a company which undertakes the training of seamen, and its objectives are to establish itself as an integrated training centre for sea-going personnel, utilizing a cargo operation simulator, a radar simulator, and an engine simulator as well as a ship manoeuvring simulator.</p>
	Ship Analytics	<p>The simulator was designed and manufactured by the company with the assistance of the USCG, and the company undertakes research work and training of seamen.</p> <p><i>In addition to the ship manoeuvring simulator, a cargo operation simulator (CGI-Color), and a bird's-eye view ship simulator are available.</i></p>
	MITAGS	<p>The construction and operating capital are mainly supplied by shipowners. In addition, oil companies, pilots, the ship masters' association and the officers' association have seemingly shared part of the expenses.</p> <p>This is an integrated training centre provided with two ship manoeuvring simulators (for day and night services), a radar simulator, a tanker cargo operation simulator, an engine simulator, and an LNG cargo operation simulator.</p> <p>Aside from the above, it is further provided with accommodations, dining rooms, a library, and an audio-visual training room invested at a total sum of 10 billion yen.</p>
Europe	The College of Nautical Studies, Warsash, Southampton	<p>This is a ship manoeuvring simulator for night service. Under the same specifications, similar facilities are now under construction at Glasgow and South Shields. The same training programme can be used at these new installations.</p>
	CARDIFF	
	Netherlands Ship Model Basin, Wageningen	<p>The Netherlands is well known as a pioneer in the use of simulators for ship manoeuvring training. Particularly, the Netherlands Ship Model Basin is famous.</p> <p>The NSMB represents the first full-fledged large simulator and is typical among those commercially operated at present. It is said that the training fee is in a range from one to two million yen for a one-week long course.</p>

世界の操船シミュレーターの概要（続き）

Organization	Description	
Europe	T.N.O.-Institute for Mechanical Constructions, Delft	
	T.N.O.-Institute for Perception, Soesterberg	
	Royal Netherlands Naval College	
	Hochschule für Nautik Bremen	The Hochschule für Nautik Bremen is equipped with a navigation light simulator installed in March, 1978 in addition to the ship manoeuvring simulator, and it is operated under the spot light system (12 ~ 16 light spots, colour, radius of cylindrical screen is 6 m, screen angle is 315°) and is used for ship manoeuvring training of students.
	Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Seefahrt	This is a large ship manoeuvring simulator under the C.G.L. system installed in the premises of the Fachhochschule Hamburg, Fachbereich Seefahrt in 1982.
	Swedish Maritime Research Centre	
	Ship Manoeuvring Simulator, Trondheim	This was installed at Trondheim in July, 1979 by the Government of Norway, and it is aimed at training ship masters, chief mates and pilots.
Japan	Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd., Tanashi This is a medium-size ship manoeuvring simulator manufactured in 1975. Because of multiple faults found in this simulator, it is strongly desired to replace it with a full-fledged ship manoeuvring simulator.	

表VII-3-3 (3) 7 訓練課程および訓練生

Organization	Training Course	Trainees/Course	No. of Trainees per Year	Qualification of Trainees	Purpose	Evaluation of Courses by Trainees
CAORF	Simulator training course for Masters	6 trainees/course (1979)	54 (1979)	Sea-going experience as Chief Mate holding Chief Mate license	Upgrading ship manoeuvring skills	Available
	Training course for students of the Naval Academy		18 (1979)	Senior class cadet (Kings Point) (Fort Schuyler)	Upgrading ship manoeuvring skills	
MSI	Rules-of-the-Road training course for Masters		18 (1977)	One year or more of sea-going experience boarding on VLCC holding Master or Chief Mate license	New international Rules-of-the-Road	Available
	Pre-command and fundamental ship manoeuvring simulator training course	4	80	Master or Chief Mate license	Upgrading ship manoeuvring skills in restricted water areas	
	Training course for Lake and Harbour pilots and Dockmasters	2 (min) ~ 4 (max)	40	Lake and Harbour Pilot or Dock-master license	Docking ship manoeuvring training for various conditions	
	Training courses for VLCC and LNG bridge watch	2 (min) ~ 4 (max)	40	Master, Chief Mate or Quarter-master license for LNG carrier	Ship manoeuvring training for special vessels and on-the-job training of bridge watch	
Ship Analytics	Training courses for topographers and harbour facilities	4	200 in total	Officer or student of Naval Academy	Studies on bridge watch-keeping standards of IMO and exercise of bridge watch	Available
		2 (min) ~ 4 (max)	20	Master or Chief Mate license	Training for decision-making in an emergency, ship manoeuvring training in specific ports under varying conditions	
MITAGS	Training fee differs according to the status of membership. Organizations who deposit funds are registered as members. As this is an integrated training centre, 100 trainees can be accepted at all times.	4 x 4 groups x 2 units of simulator 32 men for one time				
The College of Nautical Studies Southampton	Courses on bridge organization and team work	16 (4 x 4 groups)	abt. 640 (16 x 40 weeks)	Young officer/Master	General ship manoeuvring retraining/reeducation for Masters and officers	Available
	Training course for pilots		A total of 1,200 trainees took the courses per year since 1977.	As least two out of four must be senior officers or Masters.	Studies on new navigational knowledge and techniques	
CARDIFF			Fully reserved for the next one year.			
Europe						

Organization	Training Course	Trainees/Course	No. of Trainees per Year	Qualification of Trainees	Purpose	Evaluation of Courses by Trainees	
Europe (cont'd)	Netherlands Ship Model Basin Wageningen	Fundamental course for EUROPORT pilots Ship manoeuvring simulator training for VLCC Special training course	6 4 or below Special training course	abt. 100 (20 weeks)	Fundamental course - Ocean-going Master, Pilot and Master of ferry Special course - Senior officer, Master and Pilot	Ship manoeuvring retraining Ship manoeuvring training on vessels of new type and within modern harbour facilities	nil
	T.N.O.-Institute for Mechanical Constructions Delft	Training course for: VLCC, LNG carrier, container and product carrier	6	150 (Masters, officers and pilots)	Master Officer Pilot	Exercise of manoeuvring performance per each ship type	
	T.N.O.-Institute for Perception Soesterberg						
	Royal Netherlands Naval College Den Helder	Fundamental training course Retraining course (higher grade)			Student of naval academy Reserved officer, petty officer Navy officer	Fundamental training Studies on higher grade ship manoeuvring techniques	
	Hochschule für Nautik, Bremen	Ship manoeuvring training course for students Training course of Masters and officers Training course for pilots	6 ~ 8 (in 2 groups) 6 (in 2 groups) 6 (in 2 groups)	220 ~ 250 36 ~ 48 24 ~ 36	Student Master and officer Pilot	Part of school education and training Ship Manoeuvring training for boarding special type ship which is incorporated in the simulator	Available
	Fachhochschule Hamburg Fachbereich Seefahrt						
	Swedish Maritime Research Centre	Training courses in combination of a) ship type, b) actual harbour facilities, and c) postulated harbour facilities	6 (in 2 groups)	12 ~ 60 Can accept 120 ~ 150 if new computer system is introduced	Ocean-going Master Sea-going Master for 20 years or more serving as officer	Ship manoeuvring training for boarding special type ship which is incorporated in the simulator	Available
	Ship Manoeuvring Simulator Trondheim		8 (4 x 2 groups) (per week)	336	Ocean-going Master or pilot (sea-going experience for 2 to 10 years) Chief Mate (ULCC, VLCC and freighter)	Training, obtaining qualification and promotion for boarding VLCC	nil
	IHI-Tanashi	1-day course (Training for VLCC or PCC) 2-day course (Training for VLCC and PCC)	1982 4 x 3 days = 12 4 x 1 day = 4	7 times a year 84 28	Master or Chief Mate	Ship manoeuvring training for boarding special type ships (VLCC and PCC)	Available
	Japan						

表VII—3—(3)—8 訓練計畫

Organization	Training Course	Period for One Unit of Training Course	Period of Simulator Training	Period of Pre-training Procedure Explanation and of Post-training Discussion	Execution of Examination	Issuance of Certificate	Remarks
USA	CAORF Simulator training course for Masters Training course for students of the Naval Academy Rules-of-the-Road training course for Masters	1-week (Tue, Wed- and Thur- training) 9-week and 1-week periods 4-week period	15 hours/man (1.5 min/unit) 36 hours or 23 hours 48 hours		Evaluation test (60 min) Evaluation test (60 min) Evaluation test (60 min)	Certificate Certificate Certificate	
	MSI Pre-command and fundamental ship manoeuvring simulator training course Training course for Lake and Harbour pilots and Dockmasters Training courses for VLCC and LNG Training course for bridge watch Course for studying topographs and harbour facilities	3~10 working days 3~5 working days 5 working days 5~10 working days 3~5 working days	85% 90% 80% 70% 80%	15% 10% 20% 30% 20%	Pre- and post-training evaluation tests Pre- and post-training evaluation tests Pre- and post-training evaluation tests Pre- and post-training evaluation tests Pre- and post-training evaluation tests	Certificate of course completion Certificate of course completion Certificate of course completion Certificate of course completion Certificate of course completion	
	Ship Analytics						
Europe	MITAGS Courses on bridge organization and team work Training course for pilots Courses to users' options	2-week in normal cases 46 hours	1.5 hours for preliminary training and 17.5 hours for training, about 19 hours in total (8 training units)	1 1/4 hours for pre-training explanation for each unit of training and 1 hour for post-training discussion, about 18 hours in total	nil	Certificate of attendance	Meeting and pre-training explanation on Sunday night, 2 training units in am/pm on Tue-Thur, and post-training discussion on Friday
	The College of Nautical Studies Southampton						
	CARDIFF						

Organization	Training Course	Period for One Unit of Training Course	Period of Simulator Training	Period of Pre-training Procedure Explanation and of Post-training Discussion	Execution of Examination	Issuance of Certificate	Remarks
Europe (cont'd)	Netherlands Ship Model Basin Wageningen	Fundamental course for EUROPORT pilots Ship manoeuvring simulator training for VLCC Special training course	8 hours at minimum 1 week at maximum Normally 5-day course, 3-day course also available	1 hour or less per 1 unit of training	10 min or less each for pre-training explanation and post-training discussion	nil	nil
	T.N.O.-Institute for Mechanical Constructions Delft	Training course for: VLCC, LNG carrier, container and product carrier	40 hours (5 days ~ 8 hours/day)	20 hours	15 hours for pre-training explanation and 5 hours for post-training discussion on 5 hours for ship operation	nil	Certificate of attendance
	T.N.O.-Institute for Perception Soesterberg						
	Royal Netherlands Naval College Den Helder	Fundamental training course Retraining course (higher grade)	3.5 ~ 4 hours	2.5 ~ 3 hours	1 hour for pre-training explanation and post-training discussion	nil	nil
	Hochschule für Nautik, Bremen	Ship manoeuvring training course for students Training course for Masters and officers Training course for pilots	30 hours (10 ~ 50 min/unit) 35 ~ 40 hours (5 days) 35 ~ 40 hours (5 days)	50% 50% 50%	50% (10% waiting) 50% (10 ~ 15% waiting) 50% (10 ~ 15% waiting)		Certificate of attendance Certificate of attendance Certificate of attendance
	Fachhochschule Hamburg Fachbereich Seefahrt						
	Swedish Maritime Research Centre	Training courses in combination of a) ship type, b) actual harbour facilities, and c) postulated harbour facilities	35 hours (5 days)	50% 12% as observer in the simulator	38%	nil	Certificate
	Norway Ship Manoeuvring Simulator Trondheim		48 hours (1 week)	30 ~ 90 min/unit of training	20 ~ 60 min/unit of training	nil	nil
	IHL-Tanashi	1-day course (Training for VLCC or PCC) 2-day course (Training for VLCC and PCC)	1 day 2 days	20 ~ 30 min/unit of training	10 ~ 15 min/unit of training	nil	Certificate of attendance
	Japan						

4) 航行関係の対策費用

航路標識の改善, Pilotの教育・訓練用操船シミュレーターの費用は, 表Ⅶ-3-(3)-9
のとおりである。

表VII-3-(3)-9 航行関係の対策費用

	Great Bitter Lake Light Houses		Port Said Approach LAN Buoy		Suez Separation Zone LAN Buoy		Port Said Breakwater Light House		Manoeuvring Simulator		Total	
	LC ×10 ³ LE	FC ×10 ³ US\$	LC ×10 ³ LE	FC ×10 ³ US\$	LC ×10 ³ LE	FC ×10 ³ US\$	LC ×10 ³ LE	FC ×10 ³ US\$	LC ×10 ³ LE	FC ×10 ³ US\$	LC ×10 ³ LE	FC ×10 ³ US\$
1986	767	456	0	320	0	320	599	412	0	999	1,366	2,507
1987	577	344	0	80	0	80	599	412	0	999	1,176	1,915
1988							201	136			201	136
Total	1,344	800	0	400	0	400	1,399	960	0	1,998	2,743	4,558
Maintenance Cost per Year	×10 ³ US\$ 36		×10 ³ US\$ 11		×10 ³ US\$ 11		×10 ³ US\$ 20		×10 ³ US\$ 60		×10 ³ US\$ 138	
Durable Years	15		15		15		15		15			

(4) 通航管制

1) 錨地のコントロール

(i) 投・揚錨時のコントロール

Port Said, Suezの各Waiting Area, Great Bitter Lake, Lake Timsahの各錨地に通航船が錨泊する場合, および錨地を離れる場合のコントロールが, 現状では不十分である。Port Said Waiting Area, Great Bitter Lake Anchorageのレーダーのビデオ記録の分析結果にも, 錨地のコントロールの必要性が強くあらわれている。

各船の錨泊位置の指定, 錨位に至る進路の指示, 投錨後の時刻および位置の確認, 揚錨およびその後の行動の指示, その確認, 場合によっては競合船を待たせる等きめの細かいコントロールを行うべきである。

コントロールにあたっては, 他船の行動予定, 動静等に関する情報をできるだけ船舶に提供するとともに, レーダーを最大限に活用すべきである。

コントロールには, 高度な知識が必要であり, Pilotが交代で従事すべきである。これによって, 投・揚錨操船中の衝突・接触等の事故の大幅な減少が, 期待できるのではないかと考えられる。

(ii) 錨地の使用

レーダーのビデオ記録の分析のところで述べたように, Great Bitter Lakeの錨地は, 比較的錨地の全域にわたって使用されているが, Port Said Waiting Areaは, 東半分のみが使用され, 西側があまり使用されていない。

投・揚錨作業中の船舶の近くを他船が航行したり, あるいは, 投・揚錨作業中の船舶の近くで, 他の船舶が投・揚錨作業を行ったりするケースを, できるだけ少なくするために, また, 錨泊中の船舶のふれ廻りによる接触事故の防止等のためにも, 錨地は全体を平均に有効に使用するようにコントロールすべきである。

(iii) 錨地における航跡

i) Great Bitter Lake Anchorage

北航船, 南航船ともに, 投錨の際も, 揚錨後も, 大部分の船舶が航路を航行しないで錨地内を航行している。

中には, 航路内で投錨している船舶も見受けられる。

錨地内を航行することは, 他の錨泊船あるいは, 錨作業中の船舶との衝突・接触の機会を多くすることであり, 危険率を高くしているということである。

中央に設けられている南北航用の航路をできるだけ航行し, 錨地内の航行は最少限にすべきである。

航路内の錨泊は, 当然禁止すべきである。

ii) Port Said

北方から浅吃水船錨地に向う船舶が深吃水船錨地の東側を通過してまわり込んでいる場合があるが, このコースは, 錨地から水路に向う船舶のコースとクロスすることになることから,

錨地の西側からまわり込むようにコントロールすべきではないかと思われる。

また、深吃水船錨地の中を航過して浅吃水船錨地に向う船舶、錨地の中を航過して錨泊しないで水路に向う船舶、あるいは水路を出て錨地の中を通過して出港していく船舶等も見受けられるが、いずれも禁止すべきではないかと思われる。

錨地から航路に向うコースに関しては、錨地内の航行をできるだけ避けるために、深浅両錨地の間に水路を設け、その水路を通過して航路に向うなどの対策が必要ではないかと思われる。

iii) Suez

Suez については、レーダーが作動していないために錨地の状況の分析ができなかったが、Port Said の場合と基本的には同様な考え方でコントロールすればよいのではないかと考えられる。Suez のレーダーが作動を開始した場合には、Port Said, Great Bitter Lake の錨地について、この報告書の中で行ったのと同様な分析を行い、検討し、安全対策を考えるべきであると思われる。

iv) Lake Timsah

Lake Timsah Anchorage に関しても、レーダーの映像が全く不鮮明で、ビデオ記録からの分析・検討はできなかったが、この Lake Timsah の錨地についても、他の錨地と同様な安全対策を考える必要があるであろう。

2) SCVTMS について

SCVTMS の評価の項で述べたように、現在 SCVTMS には Loran-C による船位測定装置に問題があり、システムを実際に使用するためには、まずその問題を解決しなければならないというのが現状である。また、Loran-C によって得られる船位と運河の地図との対応の問題も、完全には解決されていないように見受けられる。

SCVTMS は、運河の管理のために実際に使用されるようになれば、運河の安全性の向上に極めて有効であることは明らかであり、その早期使用開始のために積極的に努力すべきであると考えられる。

以下は、そのための参考である。

(i) Loran-C 以外のシステムの活用

Loran-C 船位測定システム以外の Tracking Radar System, Computer Network System および Communication System を使用し、緊急安全対策で述べたような、通航船に対する定時・緊急放送サービス、個別情報提供サービス、およびコントロールサービスを開始すべきである。

ii) SCVTMS 技術者と通航管理関係者との連携

SCVTMS の技術者のグループと、通航船の管理関係者のグループとの間の連携が、現在殆ど画られていないように見受けられる。

このシステムの運用には、関係者の教育・訓練とともに、その相互理解、連携が極めて重要

であり不可欠である。

(iii) Loran-C Systemの見直し

現在のLoran-Cシステムについて、各主従局、各モニター局の位置関係およびその数、使用電波の種類、測定方法、読み取り精度等、基本設計全体の見直しを行い、必要な精度が得られる可能性を検討する。必要な精度が得られる可能性がある場合には、地図との対応も明確にする必要がある。

CORTの積載も一つの問題であるが、大幅な小型・軽量化によって、問題の解決が可能かも知れない。

Loran-Cは、比較的シンプルなシステムであり、その運用、保守、管理も容易であるが、一般に、数メートル程度まで精度を高めるのは非常にむずかしいという意見も多い。

(iv) 他の測位システムの採用

Loran-Cの代りに他の測位システム、例えばRadar Chain Systemの採用を検討する。

通常の船舶用レーダーは、15~30メートル程度の精度であるが、高精度のレーダーを使用すれば、数メートルの測位精度を得ることは比較的容易である。

しかし、このRadar Chair Systemにも、所要の精度を得るためには、かなり多くの数のレーダーの設置が必要であること、システムの運用、保守、管理が、かなりの負担になること等の問題がある。

(5) 今後の検討課題

以下は、安全対策の追加として述べたものであり、前述の対策とともにSCAの検討を望むものである。

1) Escort Tugの配備について

表Ⅶ-3-(5)-1は、各DWTの船舶の、曳航速力5ノットに対する船体の摩擦抵抗、造波抵抗、推進器抵抗、船底汚損抵抗の合計をトンで表わしたものであり、表Ⅶ-3-(5)-2は、各DWTの船舶が、正横から12m/secの風を受けた場合の風圧をトンで表わしたものである。

また、図Ⅶ-3-(5)-1は、機関を停止したまま、3~5ノットで航走中の各DWTの満載の船舶を、曳船の曳航力で停止させようとする場合の、曳船の制動力と停止距離との関係を表わしたものである。

例えば、10万DWTの満載の船舶の場合では、5ノットの曳航抵抗が39.8トン、12m/secの横風の風圧が約20トン、40トンの制動力で5ノットで航走中の船舶を停止させると、停止距離は35L即ち約900メートルということになる。

SCAは、Escort Tugの配備の基準を、10万トンから11万トンに変更しているが、上記の曳航抵抗、風圧、制動力を考慮すると、むしろ10万トン以下に引き下げるべきではなかったかと思われる。

表Ⅶ-3-(5)-1 速力5ノットのDWT別曳航抵抗トン数

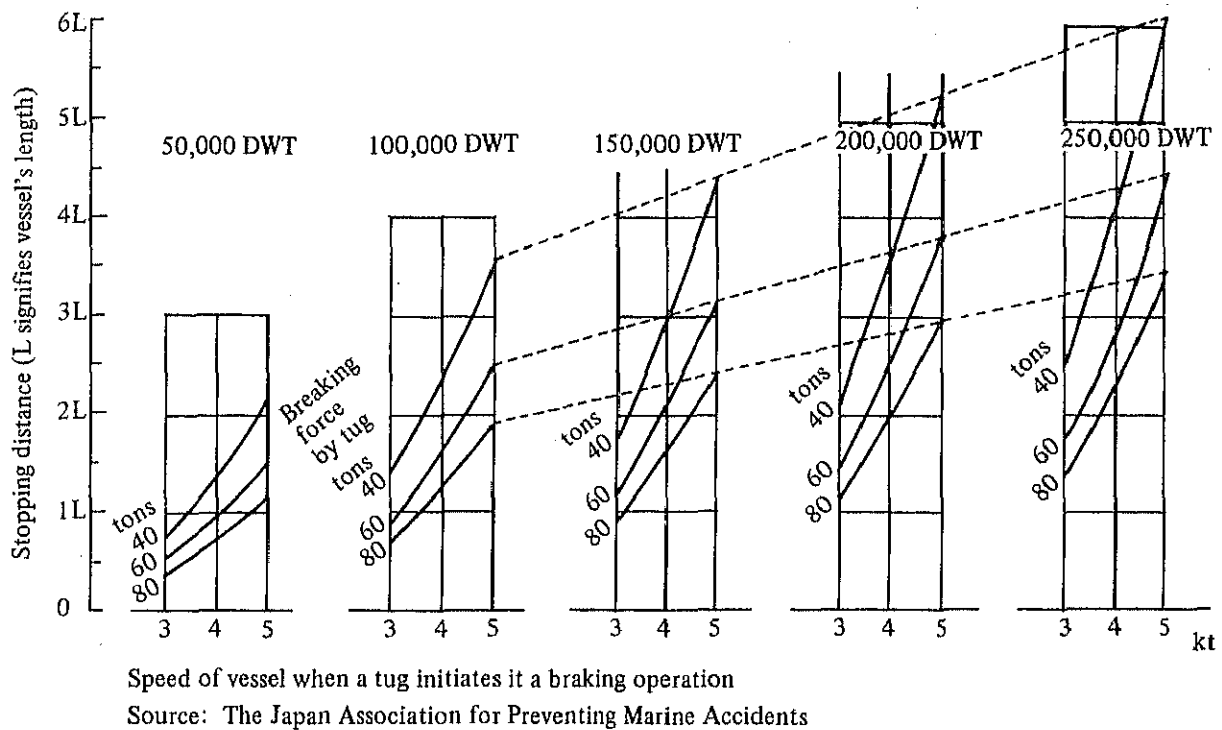
DWT (×10 ³)	50	67	100	135	200	276
Light Condition	8.4	11.5	13.2	15.6	20.4	33.0
1/4 Load	14.0	17.7	21.6	26.4	34.0	40.3
Full Load	26.3	31.4	39.8	49.5	64.1	76.7

Source: Japan Dockmasters' Association

表Ⅶ-3-(5)-2 DWT別風圧トン数(正横90°12m/sec)

DWT (×10 ³)	(Beam 90° 12 m/sec)					
	50	67	92	139	168	276
Light Condition	26.5	31.4	37.4	52.0	63.6	80.4
Ballast Condition	22.5	26.7	31.8	44.2	54.1	68.3
Full Load	13.3	15.7	18.7	26.0	31.8	40.2

Source: Japan Dockmasters' Association



図VII-3-(5)-1 曳船による制動効果

2) Port Said 港内の衝突事故防止対策

SCAの事故統計の中の最も大きな特徴は、Port Said 港及びその付近で衝突・接触事故が多いことである。

運河部分における事故は、第1期拡張工事という極めて有効な安全対策によって大幅に減少したが、Port Said, Suezの港の部分に関しては、第1期拡張工事の際にも、Port Said Bypassの新設以外は特に有効な安全対策は行われず、従って事故率も殆ど第1期拡張工事以前のままである。Port Said Bypassの新設は、Port Said 港内の事故防止に、結果的にあまり影響していないが、これは、Port Said 港内における衝突・接触事故の大部分が、南航船のWaiting Buoy Berthへの係留・解らんの際に起っているためであると思われる。

VII-2緊急安全対策の項では、このPort Said 港内の事故を減少させるための一案として、Port Said Bypassを最大限に活用し、南航船の港内経由を最少にするという対策を述べたが、SCAがPort Said West Channel 南部に建設中のWaiting Buoy Berthの使用が開始されれば、南航船の係留・解らんの際の通航船以外の船舶との衝突・接触は回避されることになり、港内の事故率の大幅な減少が期待できるものと考えられる。

新しいWaiting Buoy Berthの早期使用開始が強く望まれる。

Port Said 港内の事故防止対策としては、ほかに、Port Said Bypassを複線化し、運河通航のためには、West Channelは使用しないようにする、あるいは、現在Port Said 港に寄港している船舶をできるだけ他の港、例えばAlexandria 港やDamietta 港に寄港させるような物流の機構にし、Port Said 港の港としての規模を小さくし、港内を動く船舶・舟艇の

数をできるだけ少なくする等の方法も考えられるが、学識経験者から成る委員会等を設けて、本格的に検討を行うべきではないかと思われる。

第4章 事故処理対策

(1) 事故処理資機材整備計画

1) 消防

(i) 泡消火剤

消火対象原油火災面積を $2,045\text{ m}^2$ とし、 1 m^2 を消火するのに必要な泡水を 4 l/min 、命中率を $\frac{1}{3}$ とすると消火に必要な泡放水能力は $2,4540\text{ l/min}$ となる。

又、消火に要する時間を25分、3%泡原液（Foam Concentrates）を使用するとすると $18,405\text{ l}$ の泡原液が必要となる。6%泡原液の場合はさらに倍量の泡原液が必要となる。

さらに、タンク破口から消火剤を注入する為には、火災船の上甲板迄の高さのモニターが必要となるであろう。スエズ運河を通航した（Transited）Loaded Crude Oil Tankerの最大のものは26万DWトン級であり、これの軽荷吃水時の上甲板迄の高さは約 25 m である。モニターの高さは高ければ高いほど運用がしやすい。

(ii) ドライケミカル

消火対象の液化ガスの海面火災面積を 580 m^2 とすると、(社)日本海難防止協会（The Japan Association for Preventing Marine Accidents）の調査により 1 m^2 消火に必要なドライケミカルは 1.0 Kg であるので、消火に必要なドライケミカルは 5.8 トン となる。

射程距離は、ウォーターカーテンで輻射熱の70%を削減できるとすると火災中心から 5.7 r 迄接近し得るので、約 100 m 必要である。

(iii) 消防船

緊急対策で記述した消防船に前述した消防船に前述の消防能力を付与し具体化すると次の様になる。（海上保安庁仕様）

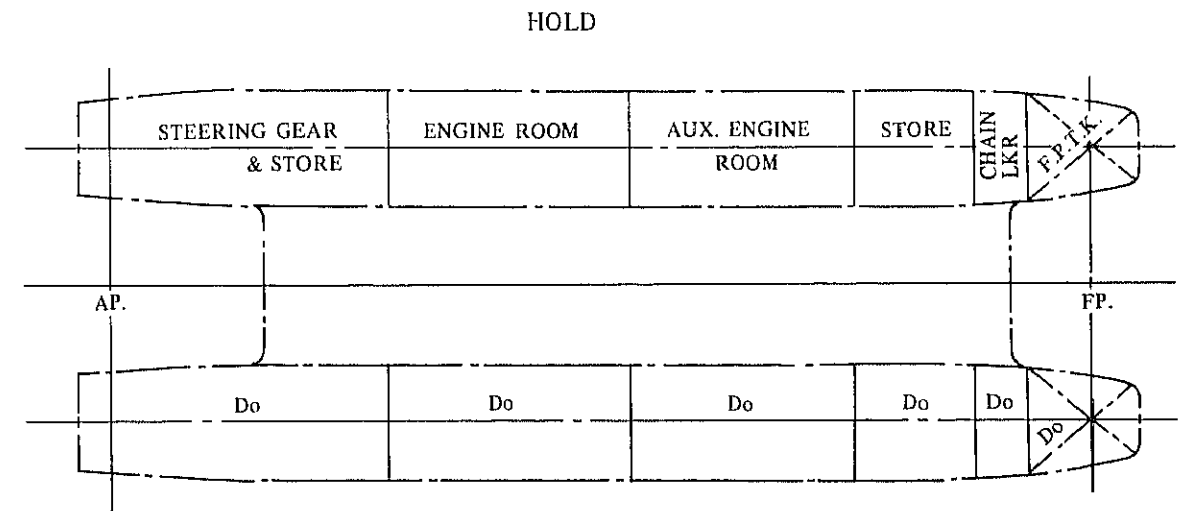
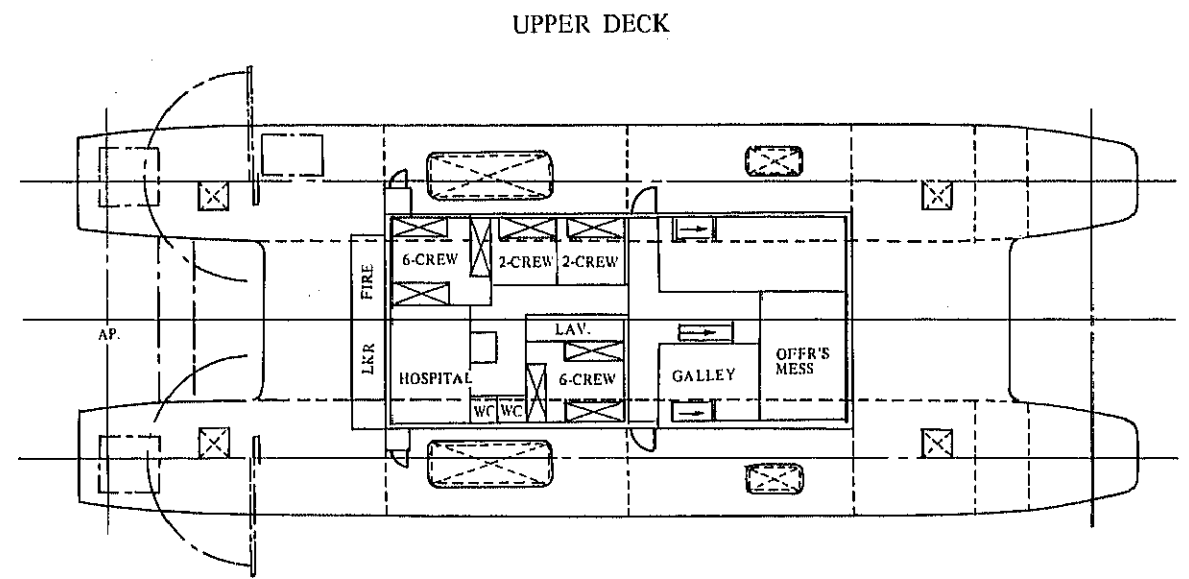
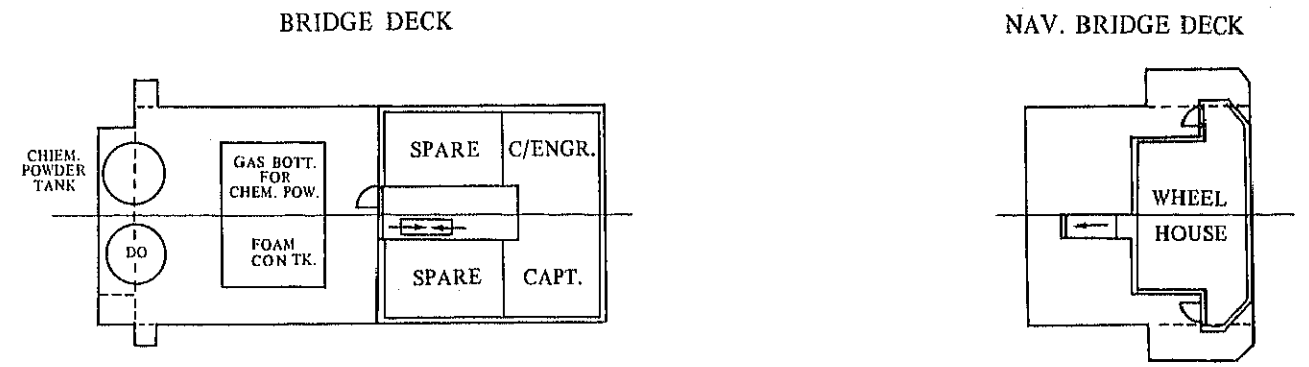
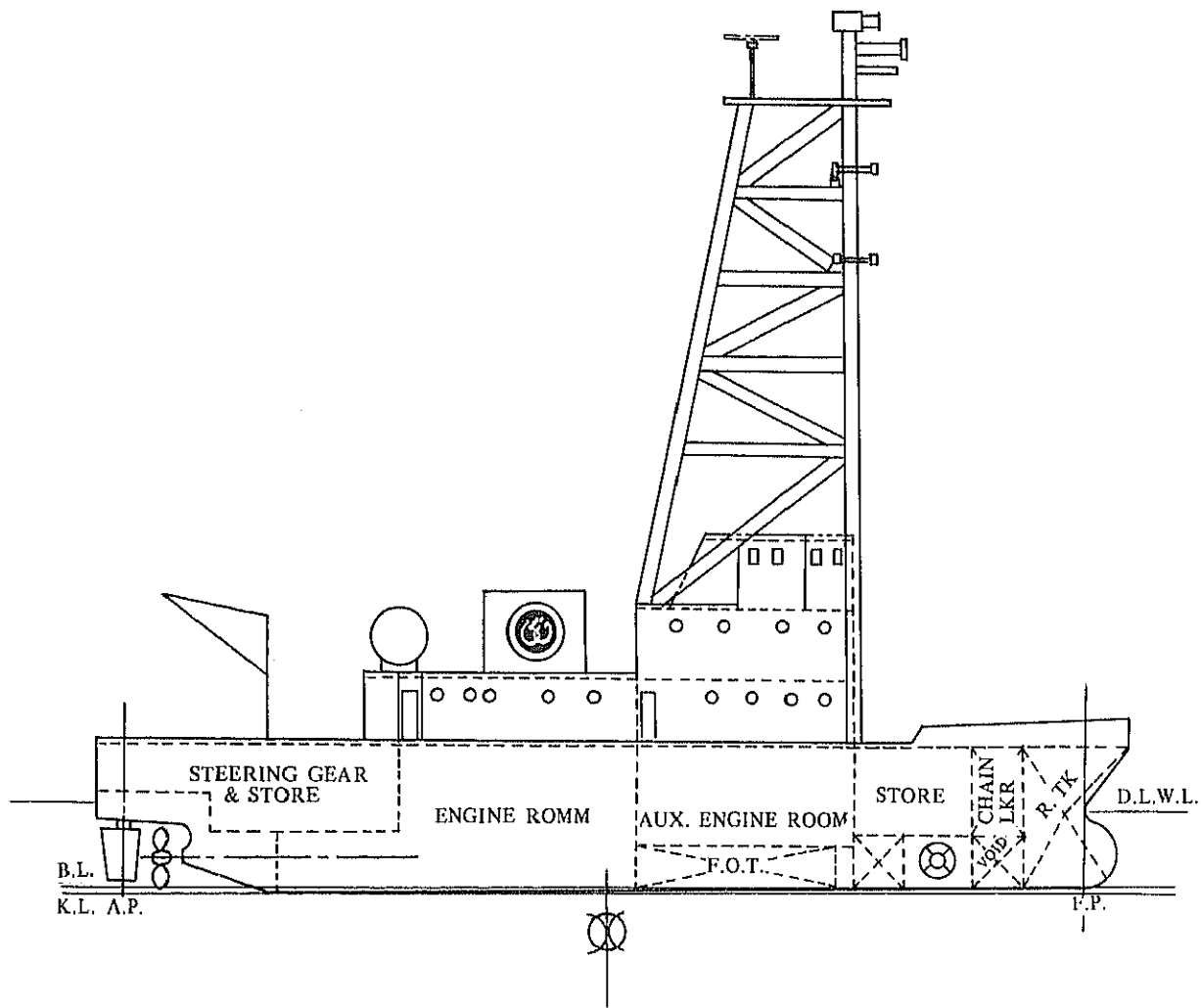


图 VII-4-(1)-1 消防船

消防船の概要

i) 船型

双胴船

ii) 船体材質

鋼

iii) 速力, 航続距離, 航海日数

(a) 速力約 14 ノット 常備状態 出力 85 %

(b) 航続距離 500 マイル (速力 14 ノット)

(c) 航海日数 7 日

iv) 主要目

(a) 全 長 約 36.7 m

(b) 垂線間長 35.000 m

(c) 双 胴 幅 13.500 m

(d) 単 胴 幅 4.000 m

(e) 型 深 さ 5.000 m

(f) 喫 水 約 2.900 m

(g) ト リ ム 約 0.400 m

(h) 排 水 量 約 500 T

(i) 総トン数 約 400 T

v) 主機関, 推進器

(a) 主機関 1,500 PS × 2 Sets

(b) 推進器 CPP × 2 Sets

vi) 宿泊設備

士 官

乗組員 計 20

vii) タンク容量

清水 21 m³ (150 ℓ/Man・Day)

燃料 61 m³

※燃料は 500 マイルの航海と 4 日間の消火活動可能

viii) 消防設備

(a) 主消防ポンプ

1500 m³/h × 17 kg/cm² 2 Sets

主機直結

(b) 泡原液ポンプ

30 m³/h × 21 kg/cm² 2 Sets

(c) 泡原液とドライケミカル

a) 泡原液 30 m³

b) ドライケミカル 10 m³

(d) ノズル

a) 水／泡ノズル

3%／6%エジェクター 12,500ℓ/min×2(25HW.L Height)

b) 水ノズル

10,000ℓ/min×2(22HW.L Height)

c) ドライケミカルノズル

100kg/sec×1(25HW.L Height)

(e) テレビモニター

(f) ウォーターカーテン

200ℓ/min/m²×40

ix) 甲板機械

キャブスタン 3 Sets

舵 2 Sets

バウスラスター 150PS 2 Sets

x) 発電機

ディーゼル発電機 2 Sets

xD) 航海・無線設備

マグネットコンパス 1 Sets

測深機 1 Sets

レーダー 1 Sets

無線機 1 Sets

xii) その他の設備として、この船を効率的に利用する為に次の設備を取付けた。

(a) 放水設備に油処理剤

撒布用エダクター及び容量10トンの油処理剤タンク

(b) 双胴船である事から胴間のスペースに流れ込んで来る油を回収できるよう回収量

100m³/hの水位調整付せき型油回収器

(c) 事故に伴う負傷者の医療手当用設備として医務室

なお、この消防船はPort Said, Ismailia, Suez の3地区に配置し、事故に備えいつでも出動できる様即時待機とすべきである。

(iv) 事故船封じ込め処分用入江

何等かの原因で液化ガス船の大火災等どうしても手に負えない大事故が発生した場合の船体・積荷の処分に備え、あらかじめ封じ込め処分用入江を作っておくか入江作成が困難な場所であれば十分離れた安全な場所に強力な係止用ブイを作成しておく必要がある。

1972年に発生したLPG満載船第10雄洋丸の場合は、小爆発炎上をくり返す中、危険を押して東京湾から太平洋まで約50マイル曳航した後、砲撃により水深3,000mの海底に沈めた。

地中海やSuez湾でこの様な事は望ましくない。

処分用入江のサイズはスエズ運河の幅と深さを持つもので、出入口の封鎖作業が安全に出来るように十分長くなければならない。

入江作成又はブイ設置場所はPort Said では航路終了点の車側、Suez ではQadd EI-

Tawtla の北側, Bitter Lake では Kabrit 対岸の天然の入江の場所が良いと思われる。但し事故の状況に応じて安全に処分できる他の場所があればこの限りでない。

(v) その他

大規模な火災が発生した時に備えて, 引出しを容易ならしめるため危険物積載通航船に対し前もって引き出し用ワイヤーを前後部に垂下させる様義務付けるべきである。

2) 油防除

世界には種々の油防除資機材があるが, どのタイプが最良であるかは一律の条件下での実験が為されていないため一義的には決められない。

少なくともその能力は与えられた条件によって種々異なる。

例えば, ある種のもは静かな海象中では役に立つが, 少し時化るとまったく役に立たなくなる。またある種のもは浅い所では使用できなかつたり, 油の種類や新旧によって回収効率が著しく異なるものもある。

したがって事故処理を実施する側としてはケースバイケースで対応しなければならない。

すなわち, 種々の器材を持ち, 訓練や実験又はマイナーな油汚染事故等で実際に使用してみてもその特性をつかんでおき, 事故の様態に応じて, その時に一番効率の良い器材を組み合わせ使用することである。

ここでは一応例示的な意味で特定の機種をあげるが能力が同等であればいずれのものでもかまわない。

(i) オイルフェンス

最大 $30,000 \text{ m}^3$ の油漏洩があったとすると 6 時間後には半径 753 m に広がる。これを一重展開で取りかこむとすると全長 $4,729 \text{ m}$ のオイルフェンスが必要になる計算になる。

緊急対策として配備すべきオイルフェンスの長さは 1 基地 $1,160 \text{ m}$ であったが, これよりさらに $3,569 \text{ m}$ 位多く配備する必要があると思われる。

(ii) 油回収

新たに配備すべき回収機は迅速な移動が可能な様に専用船とすべきである。自航式にすべきか否かは議論の別れるところであるが, いつあるか判らない大量流出油に待機させるものであるから, メンテナンスや経費を勘案すると非自航式が良いと思われる。スエズ運河庁は曳船を多く所有している。新たに配備すべき回収船の油回収能力は次の前提で単純計算すると $344 \text{ m}^3/\text{h}$ となる。

前提

- i) 最大 $30,000 \text{ m}^3$ の油流出に対処するものとし, その 80% を回収する。
- ii) 3 基地の油回収機をフルに使用し 3 日間で回収する。
- iii) Port Said, Ismailia, Suez 間の距離はそれぞれ 80 Km とする。
- iv) 消防船を建造するものとし, 回収能力は $100 \text{ m}^3/\text{h}$ で平均速力を 13 ノット とする。

緊急対策で提言した $60\text{ m}^3/\text{h}$ の回収器を同行する。

V) 新たに配備すべき回収船の Towed 速力を 9 ノットとする。

VI) 油回収効率を 50% とし 1 日の稼働時間を 12 時間とする。

(iii) 油処理剤

回収出来なかった 20% の油を分散するものとし、対油散布率を 30% とすると、1,800 kl の油処理剤が必要となる。スエズ運河庁は既に約 233 kl の油処理剤を保有しているので不足分は 1,567 kl となる。不足分は低毒性の油処理剤をもって補充されるものとし、3 基地均等量（約 2,612 バレル）を日よけのついた保管場所に保管されなければならない。

(iv) 油防船

前述のオイルフェンス及び回収能力を有する機器を搭載した油防船の例は次のとおりである。

この油防船と同等の能力のある油防船は Port Said, Ismailia 及び Suez に配置されるべきである。

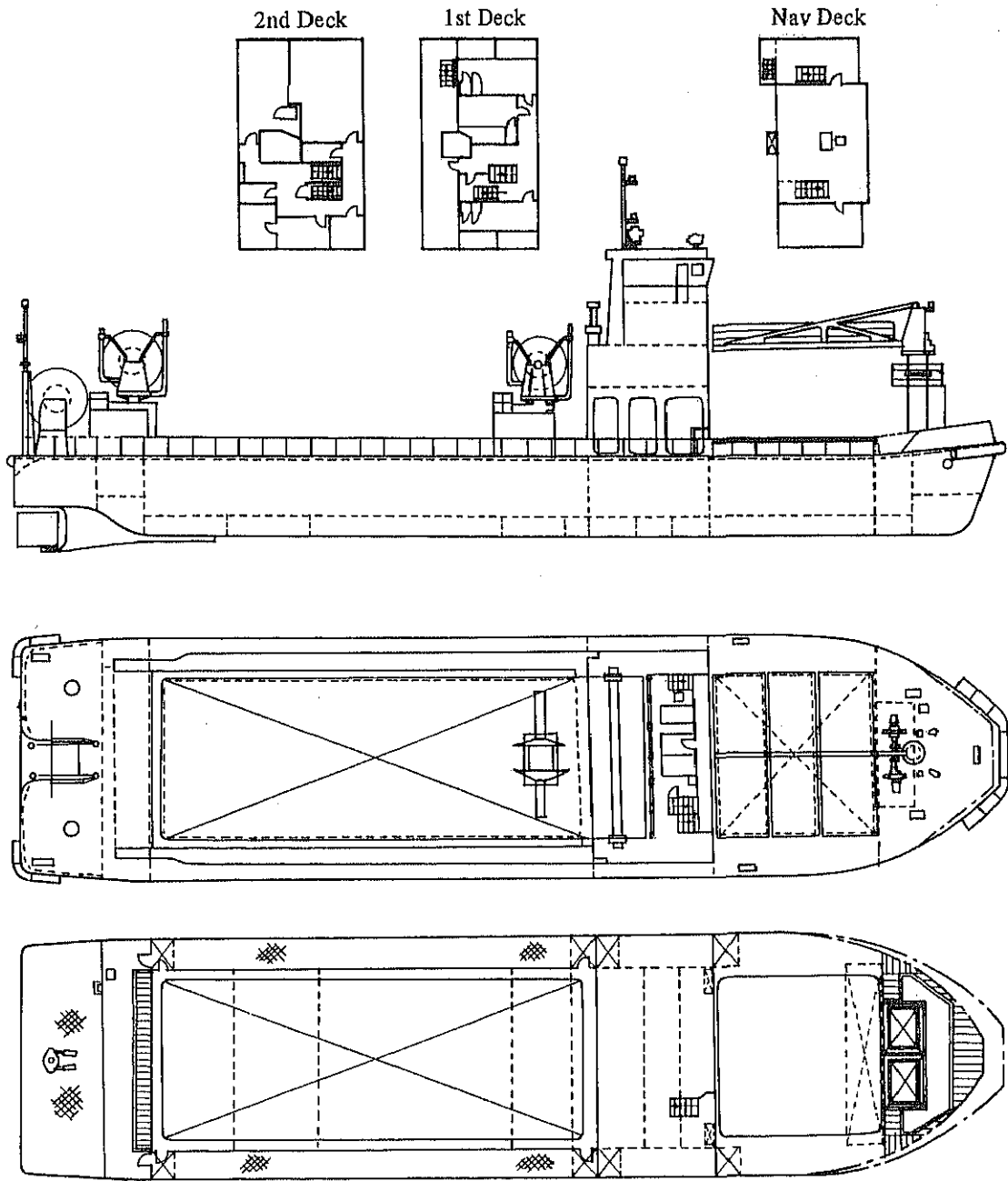


图 VII-4-(1)-2 油 防 船

油防船の概要

i) 船種 鋼製防災艇

ii) 船級 NK.NS

iii) 主要目

(a) 全長 49.000m
 (b) 垂線間長 48.000m
 (c) 全幅 12.000m
 (d) 深さ 4.000m
 (e) 満載吃水 1.400m
 (f) 総トン数 417トン

iv) 搭載機材

(a) 油回収装置 バイコマ, シースキーマー-100型 3基
 バイコマ, シースキーマー-50型 1基
 動力装置 4基

(b) オイルフェンス
 固型式 450×600 1800m
 充気式 450×700 1800m
 その他附属品 1式

(c) 揚貨機 2.95T×9.5M×1.2M 1基

(d) 操舵機 1T-M AC220V 1台

(e) 油圧ハッチカバー 4.9T-M 1式

(艙口寸法 8.5m×2.10m)

(" 8.0m×8.2m)

(f) 揚錨機 4.5T×9.0m/min 1台

(g) オイルフェンス展張揚収装置

固定式巻揚機 巻揚 1.5T×20m/min

巻降 0.75T×40m/min

(h) 走行台車巻揚機

巻揚 1.0T×15m/min

移動装置 1.8T×2.5m/min

旋回装置 0.5T-M

走行台車 2.7T×15m/min

(i) 係船機(油圧式)

1.5T/3t×30m/min/15m/min

極東技研(株)

v) 機関部

(a) 主発電機 ヤンマー 50KVA×220V×60V 65PS 2基

(b) 温水ボイラー 三浦工業 63,000Kcal/h 1基

(c) 温水暖房機 日新興業 20,000Kcal/h 1基

(d)	油水分離器	大晃機械	0.15T/h	1基
(e)	ビルヂ兼雑用水ポンプ	大東ポンプ	30/60m ³ /h×10m/40m	1台
(f)	消防兼ビルヂポンプ	大東ポンプ	30/60m ³ /h×10m/40m	1台
(g)	清水ポンプ	日立	45ℓ/min×0.4KW	1台
(h)	燃料移送ポンプ		0.5m ³ /h×3Kg/m ³	1台
(i)	機関室通風機		100m ³ /h×20mmAq	2台
v) 電気, 無線機器				
(a)	主配電盤	50KVA並列運転用	デットフロント型	1面
(b)	変圧器	220V～100V	15KVA	1台
(c)	風向風速計			1台
(d)	探照灯		1KW	1台
(e)	音響信号装置			1台
(f)	VHF無線電話(防爆型)		20W	1台
(g)	SOSブイ			1台
(h)	拡声装置		30W	1台
(i)	ガス検知器			1台
(j)	トランシーバー(防爆型)			4台

(v) その他

i) 海上で油防除作業を実施しても気象海象その他の理由により油が海岸に漂着することが考えられる。

海岸からの油除去作業は多大な労力を必要とする。特に足場の不安定な場所においてはなおさらの事である。

従って万一漂着した場合においても効率の良い作業を実施するため漂着しそうな場所に前もって小さなポンドを作っておく必要がある。漂着しそうな所はPort Said東側航路の東側6Km付近の海岸とGreat Bitter Lake最南部の海岸と思われる。

さらにポンド至近にボラード, オイルフェンス300m位, 油回収器20m³/h, 発電機・移送ポンプ及びホースで構成される回収油移送システムがあればより効率的である。

ii) 海岸清掃用具として現在SCAの所有しているフォークリフト, タンクトラック, トラック, クレーン車ドラム缶, 携帯発電機, 水中ポンプ等の他緊急調達物品が届く迄の初期資材として新たに各基地にバケツ約500個, スコップ約100本, 柄付ひしゃく約100本, ドラム缶(上部を開いたもの)約100本のストックが必要である。

iii) 緊急対策で提言した3つのベーンンの他にGreat Bitter Lake最南部の海岸に新たに1つのベーンンがあれば便利であると思われる。

また, ベーンン用に回収油移送システム2セットが各基地に配置されるべきと思料される。

iv) 瀬取り用バージ(3200tons Capacity)2隻は係留施設の関係でPort SaidとSuezに配置されることになるとと思われる。

(2) 事故処理チーム整備計画

1) 組織人員

Execution TeamとしてのTransit Teamを緊急提言のメンバーでPort Said, Ismailia及びSuezに各々2チームずつ, 計6チーム配置する。

通常はPort Said, Suezでは1日ずつの交代勤務, Ismailiaの2チームのうち1チームはTransit Teamの代表業務, 他の1チームは訓練教育業務を担当する。

事故発生時は, Port Said, Suezでは各々1チームが通常業務を行い, 残りの4チームはローテーションを組み昼夜交代で事故処理に当る。

事故発生時のOrganijation of Disaster Treatment on the Headquater for Accident Controlは次のとおりである。

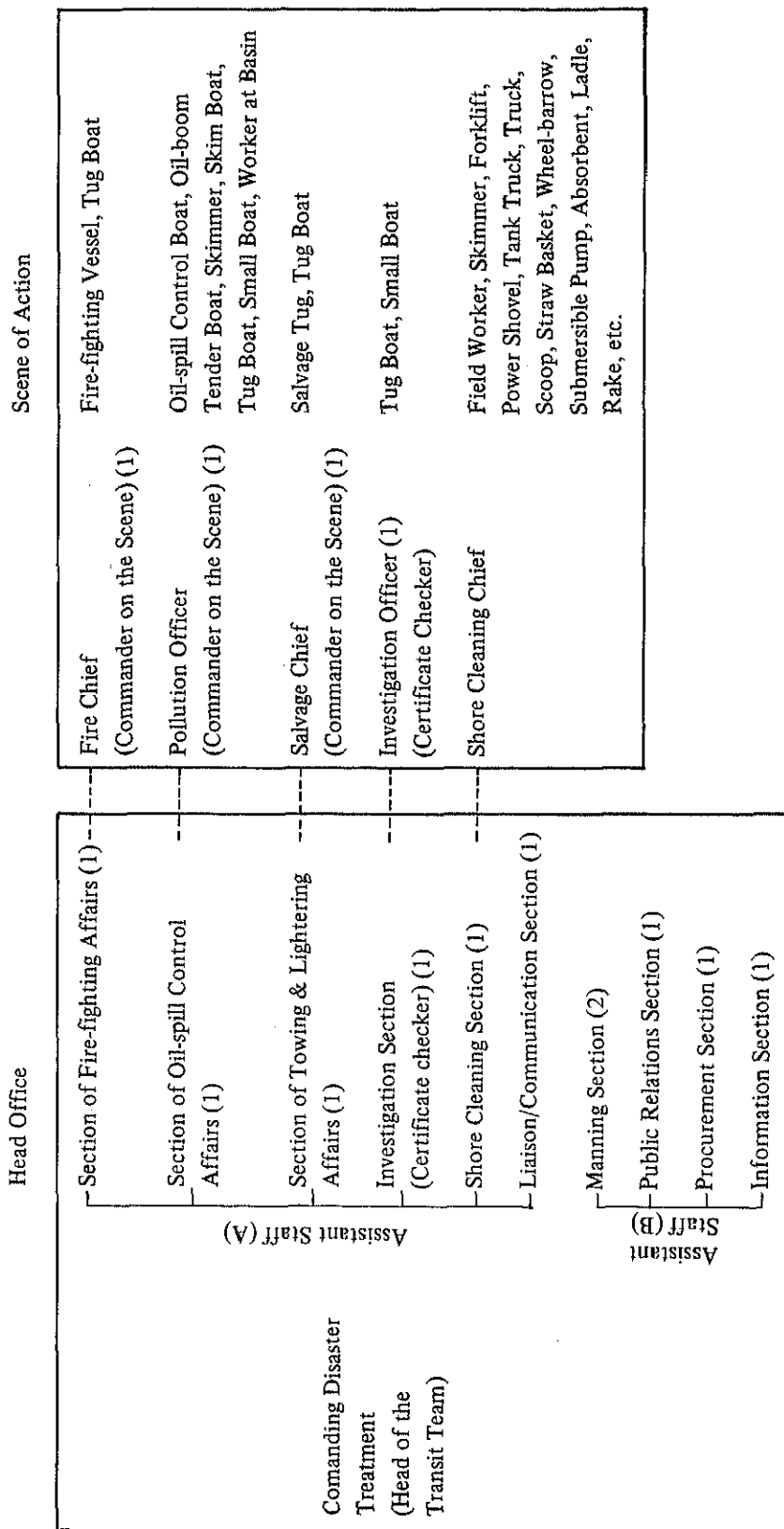


图 VII-4-(2)-1 事故处理对策本部組織

ここにアシスタントワーカーズの業務内容は以下に示す業務内容に関する Head of the Transit Team の補佐業務である。

消防庶務担当	火災の警戒, 防止, 消火及び延焼局限 火災による二次災害の防止
油防庶務担当	オイルフェンス, 回収器, 回収船, 油防船, 油分散剤 ポンプ, バージ, ベーション等による Oil Spill Control
曳航・瀬取り処分担当	事故船への曳航索取消付, 浮上, 瀬取り, 曳航, 入江へ封じ込め, 浚渫船との協力による入江の封鎖
調査担当	運河, 事故船, 貨物の状況, 気象, 海象等, 事故処理に必要な現場調査
連絡・通信担当	事故処理に必要な通信連絡
陸上清掃担当	汚染した陸上の清掃, 油の除去及び汚染の防止
マニング計画	部内, 部外の労働者, 兵隊の現状調査, 事前契約及び事故発生時の手配
渉外	法規, 軍隊, 警察, 消防機関, 会社等他機関との交渉契約連絡, 国際交渉, 航空機出動要請, 委員, 顧問, コンサルタント会社との連絡, 緊急及び通常委員会の開催
調達	事故処理に必要な部外資機材の現状調査, 資機材の緊急購入, 緊急作成, 臨時借用及び現場への配達
広報	記者発表, 住民及び部内への連絡

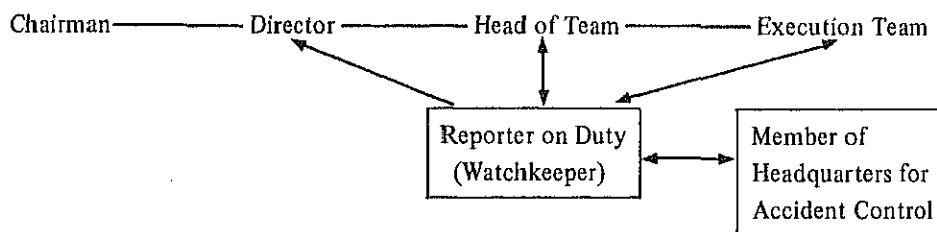
本部事務所のアシスタントワーカーズ(A)は Port Officers と SCVTMS の当直員で構成される。いつでも併行業務が出来るよう各担当分野について研究, 訓練されていなければならない。但し調査担当は Transit Team の 1 名が充当される。

アシスタントワーカーズ(B)については, その分野の実務担当者をもって定めておくこと。

2) 連絡体制・出動方法

(i) 連絡体制

事故発生通報受領から出動迄の連絡体制は次のとおりとする。



The numbers above indicated show the ascending order of communication.
In the event of a big accident or if an accident has a good chance of developing into a big disaster, the chairman will take the place of the director and become a direct commander (the director becomes his assistant).

図 VII-4-(2)-2 事故発生時の連絡体制

連絡は原則として予め作成された緊急連絡表による電話連絡とし、必要に応じ無線を使用する。

事故発生第1報受報者は通報内容を録音するとともに予め作成された事故種別チェックリストに基づき事故処理に必要な情報を収集する。

さらに航空機による情報収集が必要な場合には、出動要請の連絡を行い、ポラロイド写真等情報投下位置の決定まで行う。

以後のExecution Teamと本部との連絡はUHFを使用するものとし、必要に応じてVHFに切り替えて使用する。

(iii) 出動方法

当直トランジットチームはディリワーク終了後基地至近の当直ハウスで翌朝迄待機。事故発生の連絡を受けたTransit Teamは直ちに出勤準備をととのえ出勤指令を待つ。出勤の意志決定が為されたら基地待機中の消防船や油防船にて出勤するがそれらの船が行動中の場合は互に連絡をとりながらSmall Boat等により移乗しておく。以後は無線連絡によりAvailable Tug Boats及びランチ等を現場に集結させる。

3) 教育, 訓練

(i) 防災マニュアル

前記人員, 資機材を有効に活用して事故処理を行う為にはガイドラインとなるべきマニュアルを作成しておかなければならない。

防災マニュアル作成にあたっては網羅的な内容とすべきであるが, 最低限次の内容を含めるべきであり, データ等は常にアップツウデートに保っておくことが必要である。特に機材の現状, 組織上の担当者, 連絡方法などは変化しやすい。又常日頃情報の蓄積が必要なものとして“利用可能な外部勢力”と“海象”があげられるが海象中の海面流の予測は漏洩危険物への対応・処理方法に大きな影響を与えるので, 正確な推定を行うための継続的なデータの集積が望まれる。

- i) 輸送される危険物の性状
- ii) 予想される事故規模
- iii) 流出後の危険度
- iv) 流出後の様態変化推定
- v) 気象海象の推移推定
- vi) 現有資機材等
 - o 資機材の現状表
 - o 資機材の取扱い法
 - o 組織, 役割及び緊急連絡表
 - o 利用可能な外部勢力表
 - o 利用可能な油封じ込め用地の現状
- vii) 対応の方法

- 事故第一報通報要領
- 事故種別チェックリスト
- 通信連絡の方法
- 投入すべき勢力の決定基準

vii) 処理の方法

- 油防法
- 消火法

(ii) 訓練

防災マニュアルを基にした適切な事故処理を現実的に実行するためには以下の各種訓練を反復実践することが不可欠である。

緊急呼集出動訓練	立ち上り時の対処の遅速は事故処理成果を左右する。昼間、夜間、休日、平日を問わず事故発生通報受領から事故処理に必要な人員の呼収及び緊急出動完了迄の時間短縮訓練、緊急連絡表により電話・無線使用。
情報伝達訓練	事故発生後の混乱時にも互の情報が円滑に伝達できるよう周波数使用コントロール、情報の軽重選別、定時連絡の設定等。
資機材取扱い訓練	消防船、油防船、オイルフェンス展張船、回収船、回収器、オイルフェンス処理剤散布器、ファイヤーポンプ、移送ポンプ等の取扱い慣熟訓練
油 防 訓 練	油防船、オイルフェンス展張船、回収船、回収器、オイルフェンス処理剤散布器、バージ、回収油移送ポンプ、ベーン等を使用しての海上油防訓練
消 防 訓 練	消防船、曳船を使用しての水、泡、ドライケミカルの放射命中訓練、事故船への消防夫派遣、消火訓練
地 区 別 訓 練	Port Said, Ismailia 及び Suez の各地区別に地区現有の資材を使用して行う小規模な総合訓練
机 上 総 合 訓 練	海図を掲げた会議室にオペレーション担当班と判定班を電話でコネクタされた別室に想定付与班を置き、事故発生から終結迄の指揮、運用の仮想処理訓練
総 合 訓 練	机上総合訓練を参考に、海上における実際的な総合訓練

これら訓練は、要求される練度を達成する迄は、予め年間予定を定めて定期的実施されるべきであり、訓練終了時には反省会を催し、技術の向上に努めることを忘れてはならない。

ただし一番良い訓練は実際の事故に出動し、実際に対処することである為、小規模の事故を利用して訓練することをお勧めする。

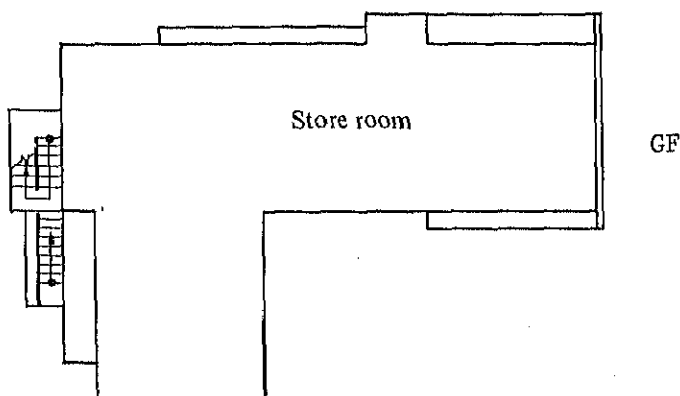
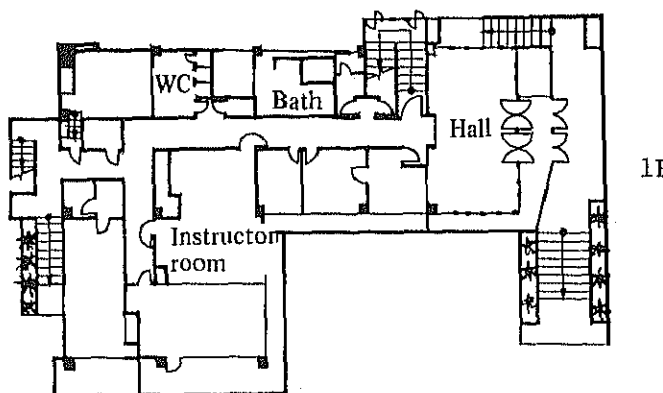
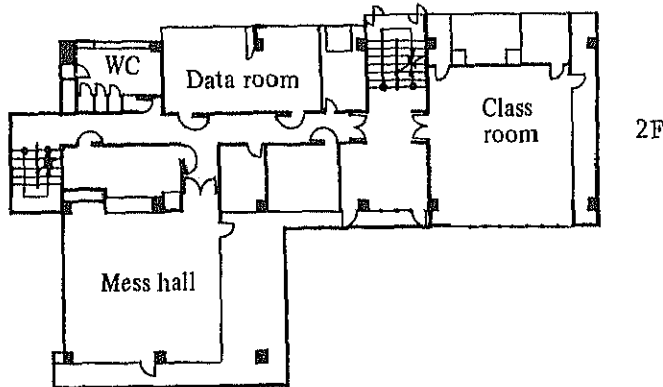
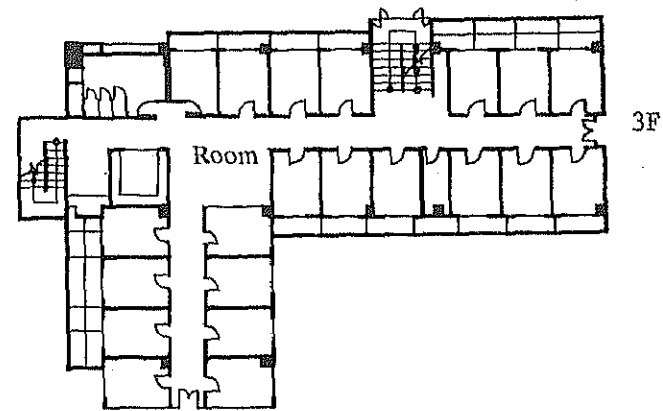
(iii) 研修所

運河で起こる事故は難敵であり、関係者一同の持てる力をフルに活用し一糸乱れぬ共同作

業を行なうためには、適切な資料の整備と一貫した教育及び効率の良い訓練を実施しなければならぬ。

以下に示す研修所は、これらを目的とした施設の一例であるが防災目的の他、種々に利用できる。

この研修所は Ismailia 地区の着岸施設のととのったところに建設されるべきである。



Size of site: 902.71 m²

Building: Reinforced concrete building

GF: Store room 90 m²

Machinery space 27 m²

1F: 2 - Class rooms 45 m²

1 - Instructor room 32 m²

General office 28 m²

Management Office 28 m²

Caretaker's quarter 37 m²

Bathroom 27 m²

and other auxiliaries

2F: 1 - Class room 107 m²

(60 persons)

equipped with audio & visual equipment

2 - Class rooms 30 m²

1 - Display room 45 m²

1 - Library 16 m²

1 - Mess hall 110 m²

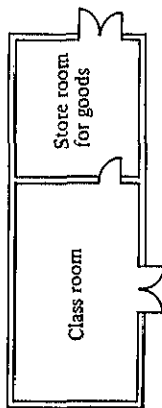
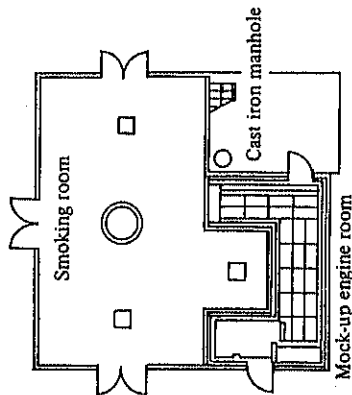
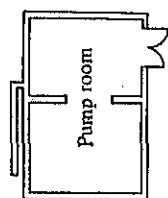
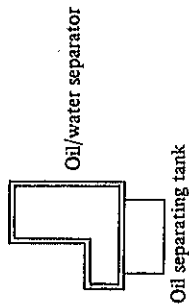
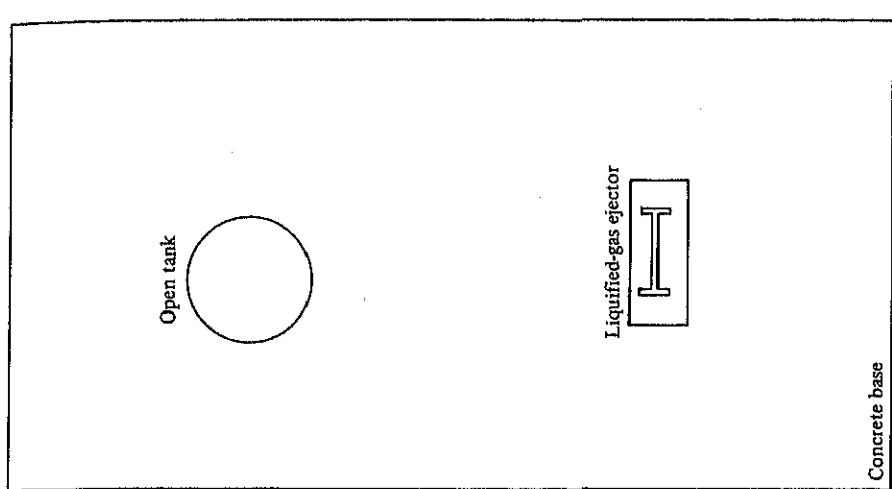
and some store space

3F: 20 rooms 12 m² each

(each for 2 persons)

and other auxiliaries

图 VII-4-(2)-3 研修所



Size of site: 10,000 m²

Facilities:

1 - Open tank (Steel)
φ4.5 m x 0.9 m

1 - Mock-up engine room:

Reinforced concrete building,
5.3 m x 12 m x 12 m (144 m²)

Smoke room with 21.3 m²

1 - Open tank (Steel) φ1.5 m
1 - Liquefied gas fire training
facility (simulating fire on the
flange on the pipeline)

Height 1.93 m

Length 2.70 m

1 - Class room and
store room 70 m²

Environment preservation

facilities:

1 - Oil/water separator
(5 tons/h)

1 - Sooth remover
(Water fog spray)

3 - Oil/water setting
tanks 120 m³

1 - water tank 5.5 m³

図 VII-4-(2)-4 研修所施設

(3) 予備的事故対策計画

事故処理に定型はない。

事故種、事故規模、事故の状態、事故発生場所の状況、気象・海象、昼夜、機材及び事故対応者の状況、時間の経過等が複雑にからみあってくるため一義的な方法は定められない。

あらゆる事故に対処するためには常日頃、適切な資材を備え、良く整備し、管轄区域内の事故処理に必要な情報を整理したうえで網羅的な“防災マニュアル”を作成しておく。そしてそれに基づく基本的な訓練を繰り返し、事故処理に当っては臨機応変に対処することが勘要である。以下の3つのシナリオは大規模事故が発生した場合の処理方法の例である。

1) 油防除 (Great Bitter Lake)

『今Great Bitter LakeのNorth Light付近で北航タンカー(原油半載船, DWT 260,000)と南航の貨物船が衝突しタンカーの貨物艙から大量の原油が南へ流出している。詳細不明』との連絡がUHF及びVHFで原油タンカーのPilot及び船長からTransit Dep'tに入った。Transit Dep'tは直ちにIsmailia及びSuezのタグ基地で待機中のExcution Teamに出動を指令するとともにIsmailiaが全指揮をとることを表明した。又現場付近一帯の火気の厳禁と運河通航中の全船に対しての航行禁止、機関停止を指令した。同時にPort Saidに応援派遣の用意を指示した。

- (i) VHF, UHFでの通信を傍受した航行中の曳船は直ちにガス検知器でガス濃度を測定しつつ、注意深く現場向け急航
- (ii) 事故船は事故発生時に機関停止し、火気厳禁とした。
- (iii) 付近通航船は直ちに機関停止、投錨した。

(iv) Ismailia及びSuezの基地から消防船、油防船、オイルフェンス展張船が曳船及びExcution Teamとともに出発、次いで作業船Barge Basin作業員が出発した。

事故5分後、第2報により風向NNE, 風力8 m/sec, 流出油は拡散しつつ約0.5ノットで流れている事が判明した。

現場へ先着した曳船は無線によるExcution Teamの指示により泡放水の用意をして事故船の風上側へ占位した。

Deversoir及びKabritのSignal Stationからガス検知結果0である旨報告があり、以後付近住民に対し危険警告を為せとの指令を受ける。事故船からの第3報にて油の流出は止っており、推定流出油量は20,000 m³以上であることが判明。SCAは大規模海難対策本部の設置を行い緊急呼集を行なうとともに事故調査のためヘリコプターの出動を要請した。ヘリコプターは以後2時間毎に上空からの撮影時刻を記したポラロイド写真をS.C.A本部に投下した。本部はポラロイド写真の状況からPollution Officerに現場の状況及び予想を連絡した。Pollution Officerは全体の流れを見て各Floating Equipmentsの担当を割当

てた。

先着曳船が待つ中、Execution Team、消防船、油防船、オイルフェンス積載船、油回収船現場到着、以後ガス検知を注意深く実施しつつ油流向下に占位。作業船によりオイルフェンス展張、2隻のボートが油回収船の両舷にエンドを取付、他のエンドをゆっくり曳航し、U字型で油を待ち受ける。他方油防船は曳船とともにオイルフェンスで油をとりかこみその中で油回収を始めた。オイルフェンスの外側ではフローティングクレーンがスキーマーを垂下する準備を開始した。

回収された油はBargesに移され、ベーン作業員の協力を得てベーンに投棄処理される。オイルフェンス及び油回収船から漏れた薄い油膜は曳船により油分散剤で処理される。

海岸清掃担当者等作業員1000名がFanara及びGreat Bitter Lakeの最南部砂浜に到着、ひしゃく、バケツ、ドラム缶を用意するとともに、砂浜に5m平方深さ2mの穴を掘り海と通じさせ応急のせきを作り、水中ポンプを表面に浮かせ、外側にガイドフェンスを設置して最悪の状態に備えた。さらに既存のポンドからもガイド用オイルフェンスを展張し、スキーマーをセットし回収油をベーンに送る準備を行った。

ベーンに投棄された油・水はセトリングされた後底部の海水が抜き取られ軽質分はガソリン散布のうえ焼却される。残渣は長期間放置され硬質化した後砂漠に埋められる。

2) 原油火災 (Suez Bay)

『Conry Rock 付近でV L C Cと貨物船が火災を起こしている。貨物船の方は小さな火災である。本船V L C Cの消火に向う。現場着予定10分後』との連絡がFire Chief 同乗のうえスエズ湾を前進哨戒中の消防船からTransit Dep'tに入った。

時を同じくして原油満載で北航中のV L C C船長及びPilotから次の連絡が入った。

『Conry Rock 西方約1マイルで貨物船が本船左舷に衝突し、3番タンクに火災が発生している。応急消火中なるも火勢強く、消火不能救助頼む、船外脱出を行う。』

- (i) V L C Cは流出した油による海面火災の炎及び熱のハウスへの影響を軽減するため機関を後進にかけてデッドスローで後退している。
- (ii) 火災に気付いた付近船舶は事故船から遠ざかるべく移動開始した。
- (iii) Escort Tug は火災舷の反対舷からスプレーの届く範囲での船体の冷却を開始した。
- (iv) V L C C乗組員は応急消火に失敗した後、右舷側のボートで脱出を試みたが、ボートを流してしまい、後部上甲板に集合している。
- (v) Escort Tug は一部モニターで冷却スプレーを行いつつ事故船右舷船尾に船首を圧着させ、ジャコブスラダーにより乗組員を船内容収救助した。

(V) 貨物船の小火災は貨物船乗組員の手で消し止められた。

消防船は風上側から海面火災を避け、事故船右舷を通り船尾を回ってウォーターカーテンを放射しつつ事故船左舷船尾側に占位した。

さらに事故船の後進速力に合わせて船体移動しつつ、海水スプレーでわずかに流れ出している油による海面火災を押しやるとともに上甲板、船体外板の冷却スプレーを行った。その間マストトップのTVモニターにより火炎噴出部の破口位置の確認を行い、タンク内の原油表面に泡を充満させるべく、破口目掛けて泡放水を行った。

泡放水実施中左舷2番タンクに小規模な爆発があり、上甲板が少しめくれたので、めくれ部の破口から同様に泡水の注入を行った。

消火開始後約20分でタンク火災は鎮火したが、引き続き上甲板及び船体外板への海水による冷却スプレーを続行した。

事故船は再び事故船乗組員に引渡された。

SCAは通航船に対する警告を行い、海難対策本部を設置して事故の長期化に対応していたが火災鎮火の報告を受け、破損タンク内の残油瀝取りを行うためのサルベージを現場に向わせた。

3) 液化ガス船大火災 (Port Said)

『今Port SaidのHm 85付近で北航中のLNG船(125,000 m^3)の船体中央にPort Said港に向う貨物船(約20,000DWT)が衝突し、大火災となり両船とも炎に包まれている。』との報告がVHFでTransit Dep'tに入った。

Transit Dep'tは目視で炎確認のうえ、直ちにExcution Teamに出動を指令するとともに、全通航船及びPort Said, Port Fouadの住民に内容伝達と警告を行った。

出動したExecution Teamからの報告で状況は最悪であり、LNG船左舷側は炎の影響で300m以内には接近できない。右舷側からの接近を試みる。海上に漂っていた生存乗組員3名と死体3体を揚収した。風向北風力5m/sec, LNG船はKM80の東1kmに船首を西に向け座礁している。貨物船の方は除々に西方へ移動している。現在曳船により消火作業中である等が判明した。

SCAは大規模海難対策本部を設置し専門家とのコンタクトをとるとともに全運河からの消防船、消防能力のある曳船、消火剤の結集を行った。

その後Execution Teamは消防船によりLNG船右舷側に接近成功、カーゴタンク冷却のためWater Sprayを行いつつ船上のPilot及び船長を含む5名を救助した。5名からの証言で次の事が判明した。

i) 船内に人間はいない。

ii) ファイヤーワイヤーは船尾に出してある。

iii) カーゴタンクへの海水スプレーは続行している。

iv) 破損タンクはNo.3タンクのみであり他のタンクはFull Loadedで無傷である。

生存者のうち2名をExecution Teamのヘルプとして残し、残り3名を本部に向わせた。

(消防船によるカーゴタンクへの冷却スプレー続行によりベントマストからの炎が僅かに小さ

くなくなった。)

燃焼状態は安定しており、現場の判断により潜水調査を実施し水線下への曳索取付可能と判明。

S C Aは従来より実施していた専門家会議のメンバーのコンセンサスを参考にして、カーゴタンクが空になる前に事故船を入江に閉じ込める事に方針決定。

注意深く曳船により充分長いワイヤーを使用して離礁、事故船を北方入江に超微速で曳航開始した。

全ての作業は曳船が風上、事故船が風下で超微速で行なわれた。特に入江入口での風を利用しての事故船流し込み作業は何度もやり直して困難を極めた。

L N G船を入江に入れてからは浚渫船による封鎖作業が行なわれた。

L N G船は長期間完全に放置される。

カーゴタンクに空気が入り爆発による新たな破損が起きてもそれによるHazardは入江内に止められるであろう。

表 VII-4-(4)-1 対策費用リスト

Equipment, Materials and Facilities Upper Row: Foreign Currencies Lower Row: Domestic Currencies		Total Costs	The Year					Maintenance Cost per Year	Durable Years
			1986	1987	1988	1989	1990		
A. Urgently-needed Counter-measures									
①	Oil Booms	186	186				10	10	
②	Skimming Equipment	1,166	1,166				56	25	
③	Oil Boom Tender Boats	420	420				20	25	
④	Detector-VHF	240	240				12	15	
⑤	Protective Apparatuses	204	204				12	15	
⑥	Air Refilling Sets	43	43					25	
⑦	Basins	2	2					Long time	
		19	19						
⑧	Fire-fighting Vessels	18,000	18,000				866	25	
B. Measures for Dealing with Accidents									
①	Oil-spill Control Boats	6,000		2,000	2,000	2,000	289	25	
②	Dispersant	2,508		836	836	836	24	5	
③	Protective Apparatuses	46		46			2	15	
④	Training School	3,918		1,371	1,371	1,176	151	Long time	
⑤	Stockpile at Base (Transfer Pump Systems)	1,128		376	376	376	33	25	
	(Buckets Scoops Ladles)	9		3	3	3		25	
⑥	Stockpiles at Pond (Skimmer)	494		247	247		14	25	
	(House, Bollard)	46		23	23		1	50	
C. Preliminary Contingency Plan									
①	Inlet x 2	30,253	17,173	13,080				Long time	
		42,068	4,615	37,453					
②	Buoy x 1	5,200	2,600	2,600			250	50	
Total	x 10 ³ US\$	65,890	40,034	15,680	3,505	3,459	3,212	1,586	
	x 10 ³ LE	46,060	4,634	37,453	1,397	1,397	1,179	152	

第5章 航行安全対策の経済評価

(1) プロジェクト評価

この評価の目的は、当該プロジェクトを実施する価値が有るか否かを明確にすることであり、評価は一般に国民経済的および国際経済的観点から行なわれる。すなわち、評価に際してはプロジェクトそれ自身の価値を評価するのであって、プロジェクトが実施主体へもたらす収入の価値を計算することではない。後者は経済的評価というよりむしろ財務的な分析事項である。従って、この分析においては、誰がプロジェクトの費用を負担し、誰がその利益を享受するかということは本質的な課題とはならない。ここでは、当該プロジェクトが実施されることにより、金額評価できるものであれ、金額評価不可能なものであれ、国家経済または世界海運経済に、直接または間接的に影響を与えるであろう便益と損失の内容を見い出すことが重要である。

本プロジェクトを評価するために、プロジェクトライフを次のように、20年と仮定した。

Lead Time : 5年

プロジェクトの効果が発揮されるまでLead Time, すなわち投資期間は1986 ~ 1990年の5年間とする。

Effective Time : 15年

プロジェクトの中で整備された施設、設備、機器等は平均15年の耐用年数を有していることから、これをプロジェクトの有効期間と考えた。なお、その後は大半の施設等の再建設等を必要とする。

分析の対象としたケースはリスクアナリシスで選定したものと同一4ケースである。

表Ⅶ-5-(1)-1はSCA案(第Ⅱ期拡張工事後)および4つの代替案に対する場所別および事故のタイプ別の推計危険水準を示したものである。

表Ⅶ-5-(1)-1で明らかなおと、Port Said, Suez および Ballah Bypass における乗り揚げ事故の危険水準、ならびに Ballah Bypass における衝突事故の危険水準については、SCA案、すなわち第Ⅱ期拡張計画の完了時点の値が4つの代替案のそれらより小さく推計された。

表に示されたPort Said, Suez および Great Bitter Lake における衝突事故の危険水準の数値は当該運河部分全体の危険水準であり1km当りの危険水準ではない。これは、これらの区域においては、Waiting Area 全体を対象に分析を行っており、事故が延長方向にのみ発生している運河の直線部分とは事故の発生形態が異っているため、単位長さ当たりの危険水準を算定していないからである。

表 VII-5 -- (I) -- I 推計危險水準

Case	SCA Plan	Alternatives			
		J-1 Current Risk Level $\times 0.126$ $= 0.25 \times 10^{-3}$	J-2 Current Risk Level $\times 0.2$ $= 0.40 \times 10^{-3}$	J-3 Current Risk Level $\times 0.4$ $= 0.79 \times 10^{-3}$	J-4 Current Risk Level $\times 0.8$ $= 1.58 \times 10^{-3}$
Risk Level Accident	After Completion of the Second Stage Development Project 0.62×10^{-3}				
Area					
Port Said & Suez	G	1.39×10^{-5}	1.17×10^{-5}	2.34×10^{-5}	4.66×10^{-5}
	C	$*0.43 \times 10^{-4}$	$*0.37 \times 10^{-4}$	$*0.74 \times 10^{-4}$	$*1.48 \times 10^{-4}$
Ballah Bypass	G	3.79×10^{-7}	4.04×10^{-7}	8.08×10^{-7}	1.62×10^{-6}
	C	0.24×10^{-7}	0.26×10^{-7}	0.51×10^{-7}	1.02×10^{-7}
Great Bitter Lake	G	-	-	-	-
	C	$*5.51 \times 10^{-5}$	$*5.85 \times 10^{-5}$	$*1.17 \times 10^{-4}$	$*2.34 \times 10^{-4}$
Other Ports	G	7.08×10^{-7}	1.92×10^{-6}	3.83×10^{-6}	7.66×10^{-6}
	C	0.95×10^{-8}	0.26×10^{-7}	0.51×10^{-7}	1.02×10^{-7}

Note: 1. G stands for grounding accidents and C for collisions.

2. * Numerals are levels per total area (not per Km figures).

3. The risk level of each alternative is not equal to the total of the numerals in each column.

便益／費用の分析を行う場合、通航船 1 通航当たりの事故発生件数の減少量を変数として便益および費用の算定を行うことが、計算上便利である。

表Ⅶ-5-(1)-2は、4つの代替案に対する事故形態別の1通航当たり危険率減少量を示したものである。

表Ⅶ-5-(1)-2 1通航当たりの事故発生件数の減少量

Plan Accident	J-1	J-2	J-3	J-4
Grounding	4.32 10^{-4}	3.27 10^{-4}	1.56 10^{-4}	0.89 10^{-4}
Collision	3.16 10^{-6}	2.28 10^{-6}	1.84 10^{-6}	1.15 10^{-6}

経済評価の方法としては、IRR（内部収益率）および3種類の割引率、すなわち5%、10%、および15%を用いた便益／費用比率によることとし、これを相対的に比較することにより4つの代替案について評価を行っている。

最適許容危険基準については、代替案として提案された危険水準と各代替案の費用と損失との合計（期待損失）との関連を図化し、期待損失を最小とする危険水準として求めることにした。

これらの分析作業の結果に基づき、このプロジェクトが実施されるべきか否か、および、このプロジェクトの許容危険基準としていかなる水準が合理的かを決定した。

1) 費用計算

プロジェクト費用は、スエズ運河の安全性を向上させるための主な対策である“運河の拡張”、“航行援助施設の改良”および“事故処理対策”に区分して計算された。

表Ⅶ-5-(1)-3は各代替案別の費用を示したものである。

(i) 総費用

ここに示されるすべての費用は、内貨、外貨別に時価（1984年の価格）で積算されている。

プロジェクトを評価する際には、いわゆる純現在価値（NPV）を用いることとなるが、実際に支出される費用はプロジェクトが実施される時期に従って変化する。すなわち、ここで計算された価格は、実施の時点でインフレーションの調整をしなければならない。

経済分析に当たってプロジェクトの費用を内貨・外貨に分ける必要があるのは、一般に、発展途上国においては、プロジェクトに必要な全ての設備、資機材等を当該国自からが供給することが困難か、または、不可能だからである。

これら必要な資機材等には、ハードウェアのみならず工学技術、管理システムおよび種々の専門知識等のソフトウェアの分野のものをも含んでいる。これらの中で自国内で調達不可能な設備、資機材等の費用は外貨で支払わなければならない。

発展途上国における外貨の蓄積には一般に限度があるので、プロジェクト実施に必要な外貨の比率は重要な問題であり、場合によってはその実施の可能性を決定する要素となること

もある。

表Ⅶ-5-(1)-3のプロジェクトの総費用はUS\$で示されている。プロジェクトに必要な費用項目について内貨から外貨に換算する場合、その項目の内貨としての実勢価値を表わすため、“シャドウプライス”を導入したが、ここでは、1.40 LE=1 US\$の換算率を用いた。

なおエジプト国内においては、内貨(LE)が外貨(US\$)と比較して弱い傾向にあり、現在の市場換算率は一般に1.35~1.45 LE=1 US\$である。

表Ⅶ-5-(1)-3 プロジェクト費用

(Unit: LC in Million LE, FC and total in Million US\$)

Item Currency Study Case	Canal Widening			Improvement of Aids to Navigation			Preparation for Disaster Response			Total		
	LC	FC	Total	LC	FC	Total	LC	FC	Total	LC	FC	Total
J-1	91.1	157.0	222.1	2.7	4.6	6.5	46.1	65.9	98.8	139.9	227.5	327.4
J-2	34.6	35.9	60.6	2.7	4.6	6.5	46.1	65.9	98.8	83.4	106.4	165.9
J-3	14.5	25.2	35.6	2.7	4.6	6.5	46.1	65.9	98.8	63.3	95.7	140.9
J-4	7.6	10.2	15.6	2.7	4.6	6.5	46.1	65.9	98.8	56.4	80.7	120.9

Note: An exchange rate of 1.40 LE per US\$ is used in consideration of the shadow price.

現在、エジプト国政府は、労務費および主要品目の価格を統制下においており、その結果、労務費率は技師や熟練工を除いて一般市場より高い水準に置かれている。建設に必要な基礎資材についても同様である。これらの事情を勘案し、これがシャドウプライス(1.40LE=1US\$)がプロジェクト費用を積算する上で合理的かつ必要であると考えたものである。いずれにせよ、シャドウプライスを用いることによりプロジェクトの適正な費用および便益が計算されるが、これは、実際の費用とは異なるものであることに注意する必要がある。

表Ⅶ-5-(1)-3に示した初期投資に加えて、プロジェクトライフを通じてプロジェクトの効果が発揮されるためには、施設、資機材等に係る維持費用を考えなければならない。維持費用もまたLEおよびUS\$で計算されている。

維持費用それ自身は実際のプロジェクト費用ではないが、プロジェクトを評価する場合に忘れてはならない重要な費用項目である。

この分析で用いている全ての費用は、SCAが行っている第Ⅱ期拡張計画で予定されている費用にさらに加えられるべき費用、すなわち、SCAの第Ⅱ期拡張計画より安全性を向上させることを目的とした4つの代替案に関して、そのために必要となる追加部分の費用である。

(ii) 投資計画

表Ⅶ-5-(1)-4にプロジェクトライフ期間中の年別投資計画を示す。このうち、運河の拡幅工事に関しては第Ⅱ期拡張計画に先立ってSCAが現在実施している工事は既に実施されたものとしている。すなわち、現在実施されている工事の費用はこの分析で対象とした費

用には含まれていない。

表Ⅶ-5-(1)-4の数値は時価(1984年の価格)で示されている。

従って、プロジェクトの便益を分析するに当たっては、これらの投資は種々の割引率を用いて評価している。

表Ⅶ-5-(1)-4が示しているように、航行援助施設および事故が発生した場合の処理費用については、4つの代替案共通にすべて同額である。その理由は、第一に、これらの対策によって危険水準が減少する程度を量的に分析することが非常に困難であったからである。当然のことながら、これらの対策を講ずることにより危険水準が相当程度減少することは確実であり、また、危険水準を減少させるためには不可欠な対策である。このような対策費用であれば運河の改良、すなわち危険水準の減少に応じて低減してゆくものであると考えることも可能であるが、スエズ運河の安全対策の費用については以下の考えによった。

すなわち、事故が1年に1度という高い発生頻度で、または20年に1度がそれ以下の低い発生率で起きる場合であれ、事故処理の費用および人の教育や訓練に必要な費用は一定である。

緊急対策チームは、いつ発生するかわからない事故に対処するため準備しなくてはならないし、また、訓練の頻度および関連費用は事故が減少する割合と同じには削減できない。

同時に、航行援助施設に係る支出も減少することとはならない。

このように、この2つの対策に必要な費用と、これによりもたらされる益便を量的にとらえることはできないが、発生が予想される事故の処理対策費および航行援助施設の整備費、維持費は事故の発生率に依存せず、また、事故の発生率を低減させるために必要な費用と考えたものである。この概念はセーフティ・ミニマムと呼ばれるものであり、前述した費用を、許容危険基準を達成するための不可欠かつ最小限度の対策費用と見なしたものである。

このような概念は、安全性、快適性、美しさ等のように量的に評価することが困難であり、また、その評価が人間の感覚に依存するこのようなプロジェクトを評価するための一般的な概念である。

表Ⅶ-5-1(1)-4 投資計画

(Unit: Thousand US\$)

Study Case Year	J-1				J-2				J-3				J-4			
	Canal Dredging	Aide to Navigation	Disaster Response	Total	Canal Dredging	Aide to Navigation	Disaster Response	Total	Canal Dredging	Aide to Navigation	Disaster Response	Total	Canal Dredging	Aide to Navigation	Disaster Response	Total
1986	△10,379	3,483	43,344	36,448	△20,013	3,483	43,344	26,814	△10,546	3,483	43,344	36,281	△11,332	3,483	43,344	35,494
1987	41,494	2,755	42,432	86,681	8,915	2,755	42,432	54,102	1,366	2,755	42,432	46,553	87	2,755	42,432	45,274
1988	37,972	280	4,503	42,755	7,077	280	4,503	11,860	451	280	4,503	5,234	41	280	4,503	4,824
1989	30,456	138	4,457	41,051	12,165	138	4,457	16,760	17,206	138	4,457	21,801	14,862	138	4,457	19,457
1990	116,507	138	4,054	120,699	52,441	138	4,054	56,633	27,113	138	4,054	31,305	11,979	138	4,054	10,171
1991	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
1992	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
1993	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
1994	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
1995	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
1996	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
1997	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
1998	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
1999	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
2000	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
2001	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
2002	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
2003	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
2004	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833
2005	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833	-	138	1,695	1,833

2) 便益計算

4つの代替案J-1, J-2, J-3およびJ-4の便益は, 各代替案が実施されたと仮定した場合に推定できる事故発生件数の減少に伴って生ずると期待される損失の減少額である。すなわち,

$$\text{代替案の便益} = \left(\begin{array}{l} \text{第II期拡張計画の完了後} \\ \text{になお予想される損失} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{代替案が実現した場合に} \\ \text{なお予想される損失} \end{array} \right) \text{である。}$$

便益の計算結果を表VII-5-(1)-5に, また, 便益の推定のため損失計算の対象とした全ての項目を表VII-5-(1)-6に示している。

この分類表から明らかなように, 事故の形態を, 危険物運搬船に係る事故と危険物運搬船以外の船舶のみが係った事故とに分類し, 危険物運搬船に係る事故についてはさらに, 貨物が流出した事故と貨物の流出を生じなかった事故とに区分した。

このように, 事故の形態に基づき損失計算の対象項目を分類した理由は, 事故に対する予防および処置対策がそれぞれ異なるからである。

表VII-5-(1)-5 代替案の項目別便益

(Unit: Million US\$)

Study Case Item	J-1		J-2		J-3		J-4	
	~ 1999	2000 ~	~ 1999	2000 ~	~ 1999	2000 ~	~ 1999	2000 ~
1	3.9	4.0	2.9	3.1	1.4	1.5	0.8	0.8
2	0.5	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1
3	0.8	0.9	0.6	0.7	0.3	0.3	0.2	0.2
4	35.0	37.5	26.5	28.4	12.7	13.6	7.3	7.8
Total	40.2	43.0	30.4	32.6	14.6	15.6	8.4	8.9

Note: Item numbers refer to Table VII-8

表Ⅶ—5—(1)—6 損失項目の分類

	Dangerous Cargo Carriers		General Cargo Carriers (Incl. Working Vessels)
	With Cargo Spill	Without Cargo spill	
Item 1	Damage to the Accident Vessel(s) Damage to the Canal *Personal Damage Watchmen, Vessels, and/or Helicopters		
Item 2	Tanker Hiring and Cargo Transferring Tanker Cleaning and Gas Discharging		
Item 3	Treatment of Spilled Cargo Manpower Equipment Disposal of Spilled Cargo Fire Fighting Manpower Equipment Losses due to Oil Pollution Fishery Marine Sports Water Supply *Environmental Impacts Losses due to Fire *Inhabitants Houses and Goods Facilities Losses by Regulations Detour by Road Ferry Closing and/or Railway Closing		
Item 4	Refloating Work Manpower Equipment Salvage Work Hiring Working Vessels Manpower Equipment Loss due to Waiting At Port Said At Suez In the Canal *Insurance Premiums		

* : Items difficult to calculate in monetary terms.

(i) 項目 1

項目 1 として分類された損失は、どのような事故に対しても常に発生するものである。

i) 事故を生じた船舶そのものに係る損失

事故船舶自体に生じる損失は、事故の規模のみならず、事故に係った船舶の種類、大きさ、衝突速度等に依存する。

日本における事故に伴う損害記録から推計すれば、250,000 DWT級タンカーと 20,000 DWT級コンテナ船との衝突事故の場合の船自体の損害額は、現在の価格（時価）で各々 35,600 U S \$ および 537,600 U S \$ と試算される。この損害額を基本として、実際にスエズ運河を通航する船舶の大きさを考慮に入れると、衝突 1 事故当たりの損害額は 286,800 U S \$ と推定された。

乗り揚げ事故に関しては、同様に日本の事故損害額の実例から、タンカーの場合 200,000 U S \$、一般貨物船の場合は 205,800 U S \$ と試算され、スエズ運河の通航船型分布を考慮すると、乗り揚げ 1 事故当たりの平均損害額は 204,800 U S \$ と推定された。

ii) 運河構造物自体に係る損失

護岸、係船柱、航路標識等の運河およびその関連構造物に係る金銭的損失は、確率的な事故の発生形態を勘案すると 1 事故当たり 112,800 U S \$ と推定された。

iii) 事故発生時の監理および救助作業に伴う費用

事故が発生した場合、その拡大や、二次災害の発生を防止するため、事故現場を厳重に監視する必要がある。また、事故の規模、形態によっては、船舶やヘリコプターを使用して乗客や乗組員を援助しなければならないことも予想される。

このような事故現場の監視および救助活動に必要な費用は、事故により発生する損失の一部と見なすべきものである。一般に、このために要する費用は、船舶自体の事故損害額の 5 % といわれており、従って、1 事故当り、衝突事故の場合 14,400 U S \$、乗り揚げ事故の場合 10,400 U S \$ と算定される。

(ii) 項目 2

この項目に区分される損失は、危険物運搬船、本調査においては大型タンカーが関係した事故に伴い生ずると予想される損失である。

i) 危険物の積み替え費用

タンカーが他の船舶と衝突し護岸と接触し、または運河に乗り揚げた場合、事故処理あるいはタンカーの浮上等サルベージ作業の安全確保のため、事故船舶が積載している危険物を他のタンカーに移送する必要がある。

このために必要な費用の大半はタンカーの借上費であり、関連の諸費用をも含めて 1 事故当り衝突事故の場合 320,000 U S \$、乗り揚げ事故の場合 160,000 U S \$ と試算された。

この計算を行うに当たり、移送しなくてはならない危険物の量は 20,000 トン、10,000 トンと仮定している。

ii) タンク・クリーニング費

爆発を防ぐために事故に遭遇したタンカーのタンクは、危険物の抜き取り後クリーン

グしなければならない。

このための費用は、20,000トン・タンクを仮定している衝突事故の場合200,000US\$、10,000トン・タンクを仮定している乗り揚げ事故の場合100,000US\$とそれぞれのタンクの大きさに応じて推定された。

(iii) 項目 3

ここで検討されている損失は、危険物の流出を生じた事故に伴い発生する損失である。

i) 流出危険物の処理費用

これに含まれる費用は、オイルフェンス、流出油の回収、作業船等に係る損料および運転費用である。

当然のことながら、このための費用は流出油の量に依存するが、本調査で想定した20,000トンおよび10,000トンの油が流出した場合の費用は、各々15,200US\$、7,600US\$と推定された。

ii) 回収油の処理費用

流出油は回収された後廃棄するなど処理を必要とする。すなわち、回収した油は燃焼処理されるか、一部分が使用するため水と分離されることとなる。これらのための費用は流出量によって定まるが、ここで規定された20,000トンおよび10,000トンの流出油を処理するための費用は、各々41,200US\$、20,800US\$と推定された。

iii) 消火活動に伴う費用

流出した危険物が火災を発生させた場合、適切な消火活動がとられる必要がある。この作業は、消防船、ウォーターポンプ、化学消火剤およびその他必要な資機材が使用されることとなる。このための費用は発生した火災の規模に依存するが、1火災事故当たりの消火活動に必要な費用は、平均54,000US\$と推定された。

iv) 流出油の汚染による損失

油の流出による汚染は、漁業活動のみならず水泳などのマリンスポーツ等運河周辺で行なわれている多種にわたる活動に影響を与える。

これらの環境におよぼす損失のすべてを貨幣価格で評価することは困難であるが、前述の活動に対する1流出事故による損害額は96,400US\$と推定された。

v) 流出油が原因となった火災が、時として運河周辺の陸上にも拡大し家屋や公共施設に損失を与えることが予想される。

この損害額は、運河の極めて近い沿岸に限定すれば1流出事故当り230,000US\$と推定された。

vi) 事故発生に際しての規制に伴う損失

事故が発生した場合、各種の緊急規制が国またはSCAにより行なわれることが予想される。例えば、交通規制による自動車等の迂回、交通施設の閉鎖等が発生する。

これらルートの変更や交通施設の閉鎖による損害額は1事故当り800US\$と推定された。

(Ⅳ) 項目 4

この項目 4 では i)沈船の離礁および引揚げ作業のための費用、並びに ii)事故による運河閉鎖のため、船待ちを余儀なくされる通航船の期待損失額を対象としている。

i) 沈船の離礁および引揚げ作業

事故船舶が運河の中心線に対してある角度を持って沈没した場合、その船の大きさによっては他の通航船の航行に支障を与えることとなり、事故船舶を引揚げなくてはならない。沈船の引揚げ作業では、種々の作業船、設備、さらにはこれらの作業に従事する要員が必要である。

事故発生のシナリオ、運河を通航する船団の船種構成などを考慮の上、1 沈船当たりの引揚げ作業に必要な費用を試算すると、2,445,600 U S \$ と推定された。

ii) 船待ちによる損失

運河が事故により閉鎖されると、運河の通航を予定していた船舶は Port Said および Suez 地区で待船を余儀なくされることになる。

従って、ある期間運河が閉鎖されることとなると、通航する船舶にとっては大きな損失を生ずる。S C A 自体については、現在のスエズ運河が予想される船舶の通航に対して十分な容量を有していることから、たとえ運河が数時間または数日間閉鎖されても、1 コンボイ当たりの隻数を増加させるなどして、その金銭的な損失を回避することは可能であろう。しかしながら、世界の船会社にとっては明らかに多大な損失を与えている。すなわち、世界経済的観点からみると、このような運河の閉鎖に伴う損失はプロジェクトの損失と見なすべきものである。

運河の安全性を高め、運河の閉鎖を伴う事故発生件数を減じることは、従って、大きな便益であるので、費用/便益分析上これをその対象としなくてはならない。

今後のコンボイの船種構成は現在と同じであり、運河の閉鎖に際しての両側の入口における待機日数が平均10日と仮定すると、運河の閉鎖1回当たりの損失額は、1999年までは14,826,400 U S \$、2000年以降は15,375,600 U S \$ とそれぞれ推定される。

(Ⅴ) 便 益

項目毎に推定した全ての損失をプロジェクトが実現した場合の便益と考え、衝突事故と乗り揚げ事故に区分し、かつ1事故当たりとして表Ⅶ-5-(1)-7に示した。また、表Ⅶ-5-(1)-8は、代替案毎の1年間の全ての便益を示したものである。

代替案毎の年別便益は、表Ⅶ-5-(1)-2の数値(通航船1隻の1航海当たりの事故件数の減少率)と1990年および2000年における通航タンカー隻数または全通航船舶数(項目に依存する)の予測値とを乗ずることにより算定される。

なお、推定に当たっては、1991年から2000年にかけての通航隻数は1990年の予測値、また、2001年から2005年にかけての通航隻数は2000年の予測値とそれぞれ等しいものと仮定した。

表Ⅶ-5-(1)-7 項目別・事故形態別便益 (1事故当たり)

(Unit: 10³ US\$)

Item	Contents	Collision	Grounding
1	Accident Vessel	286.8	204.8
	Canal	112.8	112.8
	Observation	14.4	10.4
	Total	414.0	328.0
2	Cargo Transferring	320.0	160.0
	Tank Cleaning	200.0	100.0
	Total	520.0	260.0
3	Treatment of Spilled Cargo	15.2	7.6
	Oil Disposal	41.2	20.8
	Fire Fighting	54.0	54.0
	Oil Pollution	96.0	96.0
	Fire	230.0	230.0
	Regulations	0.8	0.8
	Total	437.2	409.2
4	Salvage Works	2,445.6	2,445.6
	Waiting	14,826.4	14,826.4
		15,375.6	15,375.6
	Total	17,272.0	17,272.0
		17,821.2	17,821.2

Note: The numerals under "waiting" are for 1990 (upper) and 2000 (lower).

表Ⅶ-5-1(1)-8 代替案別・項目別便益(年間分)

(Unit: 10³ US\$, Total Million US\$)

Study Case Item	J-1				J-2				J-3				J-4			
	Colli- sion	Ground- ding	Total		Colli- sion	Ground- ding	Total		Colli- sion	Ground- ding	Total		Colli- sion	Ground- ding	Total	
			~1999	2000~			~1999	2000~			~1999	2000~			~1999	2000~
1	1.30	141.7	3.9	4.0	0.90	107.3	2.9	3.1	0.80	51.2	1.4	1.5	0.50	29.2	0.8	0.8
2	1.60	112.3	0.5	0.6	1.20	85.0	0.4	0.4	1.00	40.6	0.2	0.2	0.60	23.1	0.1	0.1
3	1.40	176.9	0.8	0.9	1.00	133.9	0.6	0.7	0.80	63.9	0.3	0.3	0.50	36.5	0.2	0.2
4	54.00 56.30	7,461.5 7,698.8	35.0	37.0	39.40 40.60	5,647.9 5,827.5	26.5	28.4	31.80 32.80	2,694.4 2,780.1	12.7	13.6	19.9 20.5	1,537.2 1,586.1	7.3	7.8
Total			40.2	43.0			30.4	32.6			14.6	15.6			8.4	8.9

Note: 1. The numerals of Collision and Grounding are benefits per transit.

2. The numerals in Item 4 show benefits both in 1990 and 2000.

3) 代替案の評価

(1) 便益・費用比率 (B/C Ratio)

各代替案別のプロジェクト費用および便益は、上述のとおり既に時価で計算されたので、これらに基づき、4つの代替案を相対的に比較して評価を行う。

時価で表示された費用および経費を割引率5%、10%および15%を用いて純現在価値 (NPV) に変換し、プロジェクトライフ期間中の年毎の純現在価値 (NPV) として各代替案毎に整理したものが表VII-5-(1)-9(1)~(4)である。

これらの表から、割引率が大きいほど各年の純現在価値が小さくなることが知られる。

表VII-5-(1)-10はこれらの計算結果と便益・費用比率をまとめたものであり、図VII-5-(1)-1はこれを図化したものである。

表VII-5-(1)-9(1) プロジェクトライフ期間中の費用および便益の純現在価値 (J-1)

(Unit: Million US\$)

Item Year	Discount Ratio	Cost				Benefit			
		Current	5%	10%	15%	Current	5%	10%	15%
1986		36.4	36.4	36.4	36.4				
1987		86.7	82.6	78.8	75.4				
1988		42.8	38.8	35.3	32.3				
1989		41.1	35.5	30.8	27.0				
1990		120.7	99.3	82.4	69.0				
1991		1.8	1.4	1.1	0.9	40.2	31.5	25.0	20.0
1992		1.8	1.4	1.0	0.8	40.2	30.0	22.7	17.4
1993		1.8	1.3	0.9	0.7	40.2	28.6	20.6	15.1
1994		1.8	1.2	0.9	0.6	40.2	27.2	18.8	13.1
1995		1.8	1.2	0.8	0.5	40.2	25.9	17.0	11.4
1996		1.8	1.1	0.7	0.5	40.2	24.7	15.5	9.9
1997		1.8	1.1	0.6	0.4	40.2	23.5	14.1	8.6
1998		1.8	1.0	0.6	0.3	40.2	22.2	12.8	7.5
1999		1.8	1.0	0.5	0.3	40.2	21.3	11.6	6.5
2000		1.8	0.9	0.5	0.3	43.0	21.7	11.3	6.1
2001		1.8	0.9	0.4	0.2	43.0	20.7	10.3	5.3
2002		1.8	0.8	0.4	0.2	43.0	19.7	9.4	4.6
2003		1.8	0.8	0.4	0.2	43.0	18.8	8.5	4.0
2004		1.8	0.8	0.3	0.1	43.0	17.9	7.7	3.5
2005		1.8	0.7	0.3	0.1	43.0	17.0	7.0	3.0
NPV		355.1	308.2	273.4	246.3	619.8	350.8	212.4	136.1

表VII-5-(1)-9(2) プロジェクトライフ期間中の費用および便益の純現在価値 (J-2)

(Unit: Million US\$)

Item Discount Ratio Year	Cost				Benefit			
	Current	5%	10%	15%	Current	5%	10%	15%
1986	26.8	26.8	26.8	26.8				
1987	54.1	51.5	49.1	47.0				
1988	11.9	10.8	9.8	9.0				
1989	16.8	14.5	12.6	11.0				
1990	56.6	46.6	38.7	32.4				
1991	1.8	1.4	1.1	0.9	30.4	23.8	18.9	15.1
1992	1.8	1.4	1.0	0.8	30.4	22.7	17.2	13.1
1993	1.8	1.3	0.9	0.7	30.4	21.6	15.6	11.4
1994	1.8	1.2	0.9	0.6	30.4	20.6	14.2	9.9
1995	1.8	1.2	0.8	0.5	30.4	19.6	12.9	8.6
1996	1.8	1.1	0.7	0.5	30.4	18.7	11.7	7.5
1997	1.8	1.1	0.6	0.4	30.4	17.8	10.7	6.5
1998	1.8	1.0	0.6	0.3	30.4	16.9	9.7	5.7
1999	1.8	1.0	0.5	0.3	30.4	16.1	8.8	4.9
2000	1.8	0.9	0.5	0.3	32.6	16.5	8.6	4.6
2001	1.8	0.9	0.4	0.2	32.6	15.7	7.8	4.0
2002	1.8	0.8	0.4	0.2	32.6	14.9	7.1	3.5
2003	1.8	0.8	0.4	0.2	32.6	14.2	6.4	3.0
2004	1.8	0.8	0.3	0.1	32.6	13.5	5.9	2.6
2005	1.8	0.7	0.3	0.1	32.6	12.9	5.3	2.3
NPV	193.7	165.8	146.6	132.4	469.2	265.5	160.7	103.0

表Ⅶ-5-(1)-9(3) プロジェクトライフ期間中の費用および便益の純現在価値 (J-3)

(Unit: Million US\$)

Year	Item Discount Ratio	Cost				Benefit			
		Current	5%	10%	15%	Current	5%	10%	15%
1986		36.3	36.3	36.3	36.3				
1987		46.6	44.3	42.3	40.5				
1988		5.2	4.7	4.3	4.0				
1989		21.8	18.8	16.4	14.3				
1990		31.3	25.8	21.4	17.9				
1991		1.8	1.4	1.1	0.9	14.6	11.4	9.1	7.3
1992		1.8	1.4	1.0	0.8	14.6	10.9	8.2	6.3
1993		1.8	1.3	0.9	0.7	14.6	10.4	7.5	5.5
1994		1.8	1.2	0.9	0.6	14.6	9.9	6.8	4.8
1995		1.8	1.2	0.8	0.5	14.6	9.4	6.2	4.2
1996		1.8	1.1	0.7	0.5	14.6	9.0	5.6	3.6
1997		1.8	1.1	0.6	0.4	14.6	8.5	5.1	3.1
1998		1.8	1.0	0.6	0.3	14.6	8.1	4.7	2.7
1999		1.8	1.0	0.5	0.3	14.6	7.7	4.2	2.4
2000		1.8	0.9	0.5	0.3	15.6	7.9	4.1	2.2
2001		1.8	0.9	0.4	0.2	15.6	7.5	3.7	1.9
2002		1.8	0.8	0.4	0.2	15.6	7.1	3.4	1.7
2003		1.8	0.8	0.4	0.2	15.6	6.8	3.1	1.4
2004		1.8	0.8	0.3	0.1	15.6	6.5	2.8	1.3
2005		1.8	0.7	0.3	0.1	15.6	6.2	2.6	1.1
NPV		168.7	145.6	130.2	119.1	225.0	127.4	77.1	49.4

表Ⅶ-5-(1)-9(4) プロジェクトライフ期間中の費用および便益の純現在価値 (J-4)

(Unit: Million US\$)

Year	Cost				Benefit			
	Current	5%	10%	15%	Current	5%	10%	15%
1986	35.5	35.5	35.5	35.5				
1987	45.3	43.1	41.2	39.4				
1988	4.8	4.4	4.0	3.6				
1989	19.5	16.8	14.6	12.8				
1990	16.2	13.3	11.0	9.2				
1991	1.8	1.4	1.1	0.9	8.4	6.6	5.2	4.2
1992	1.8	1.4	1.0	0.8	8.4	6.3	4.7	3.6
1993	1.8	1.3	0.9	0.7	8.4	6.0	4.3	3.2
1994	1.8	1.2	0.9	0.6	8.4	5.7	3.9	2.7
1995	1.8	1.2	0.8	0.5	8.4	5.4	3.6	2.4
1996	1.8	1.1	0.7	0.5	8.4	5.2	3.2	2.1
1997	1.8	1.1	0.6	0.4	8.4	4.9	2.9	1.8
1998	1.8	1.0	0.6	0.3	8.4	4.7	2.7	1.6
1999	1.8	1.0	0.5	0.3	8.4	4.5	2.4	1.4
2000	1.8	0.9	0.5	0.3	8.9	4.5	2.3	1.3
2001	1.8	0.9	0.4	0.2	8.9	4.3	2.1	1.1
2002	1.8	0.8	0.4	0.2	8.9	4.1	1.9	1.0
2003	1.8	0.8	0.4	0.2	8.9	3.9	1.8	0.8
2004	1.8	0.8	0.3	0.1	8.9	3.7	1.6	0.7
2005	1.8	0.7	0.3	0.1	8.9	3.5	1.5	0.6
NPV	148.7	128.8	115.8	106.7	129.0	73.1	44.3	28.4

表 VII-5-(1)-10 純現在価値と便益・費用比率

(Unit: Million US\$)

Study Case Item	J-1			J-2			J-3			J-4		
	Discount Ratio 5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Cost	308.2	273.4	246.3	165.8	146.6	132.4	145.6	130.2	119.1	128.8	115.8	106.7
Benefit	350.8	212.4	131.1	265.5	160.7	103.0	127.4	77.1	49.4	73.1	44.3	28.4
B/C Ratio	1.138	0.777	0.532	1.601	1.096	0.778	0.875	0.592	0.415	0.568	0.382	0.266

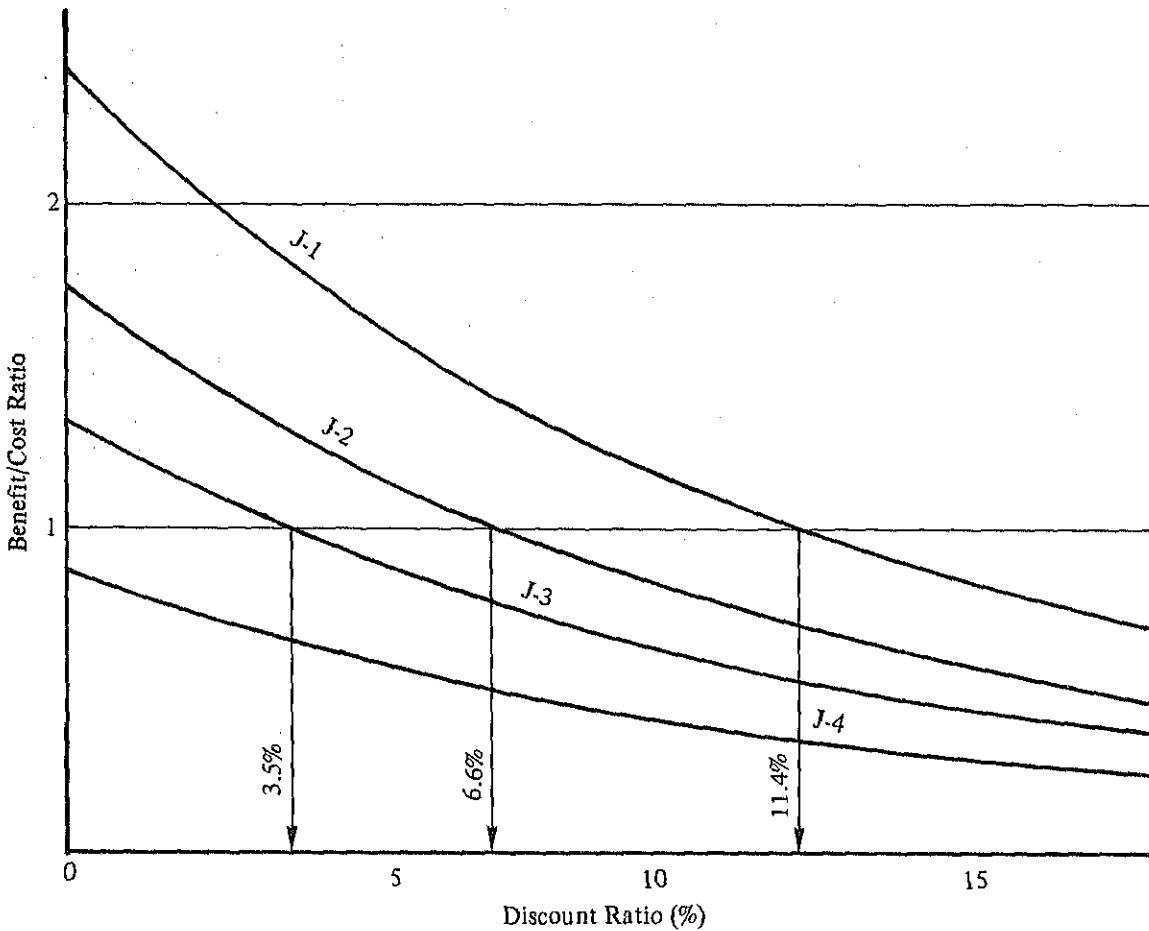


図 VII-5-(1)-1 割引率別便益・費用比率

各代替案の内部収益率（IRR）は、表VII-5-(1)-11に示すようにJ-1の場合は6.6%、J-2の場合は11.4%およびJ-3の場合は3.5%となる。J-4については、便益および費用を時価のまま、すなわち割引率0%で比較した場合でも、その値が1.0以下であり、便益が相対的に費用を下回ることとなるのでフィージブルとはいえない。

表VII-5-(1)-11 代替案別内部収益率（IRR）

J-1	J-2	J-3	J-4
6.6%	11.4%	3.5%	-

(ii) 許容危険基準

第II期拡張計画完了後においても事故による損失が依然として存在し、便益の計算と同様にしてその損失を推定することができる。これに基づき各代替案別の期待損失額の合計が表VII-5-(1)-12に示したように推定された。

表VII-5-(1)-12 代替案別残存損失額

(Unit: Million US\$)

Case Item	Discount Ratio	J-1			J-2			J-3			J-4		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
Cost		308.2	273.4	246.3	165.8	146.6	132.4	145.6	130.2	119.1	128.8	115.8	106.7
Loss		666.5	403.6	263.8	751.8	455.3	291.9	889.9	538.9	345.5	944.2	571.7	366.5
Total		974.7	677.0	510.1	917.6	601.9	424.3	1,035.5	669.1	464.6	1,073.0	687.5	473.2

上記の推定結果を用い、許容危険基準と期待損失額の合計との関係を図化したものが図VII-5-(1)-2(1)~(3)である。ここでいう期待損失額とは、各代替案の費用と各代替案実施後もなお生ずるであろうと予測される損失の和である（図VII-5-(1)-3参照）。

各割引率に対する最適許容危険基準の推定値は表VII-5-(1)-13に示したとおりである。

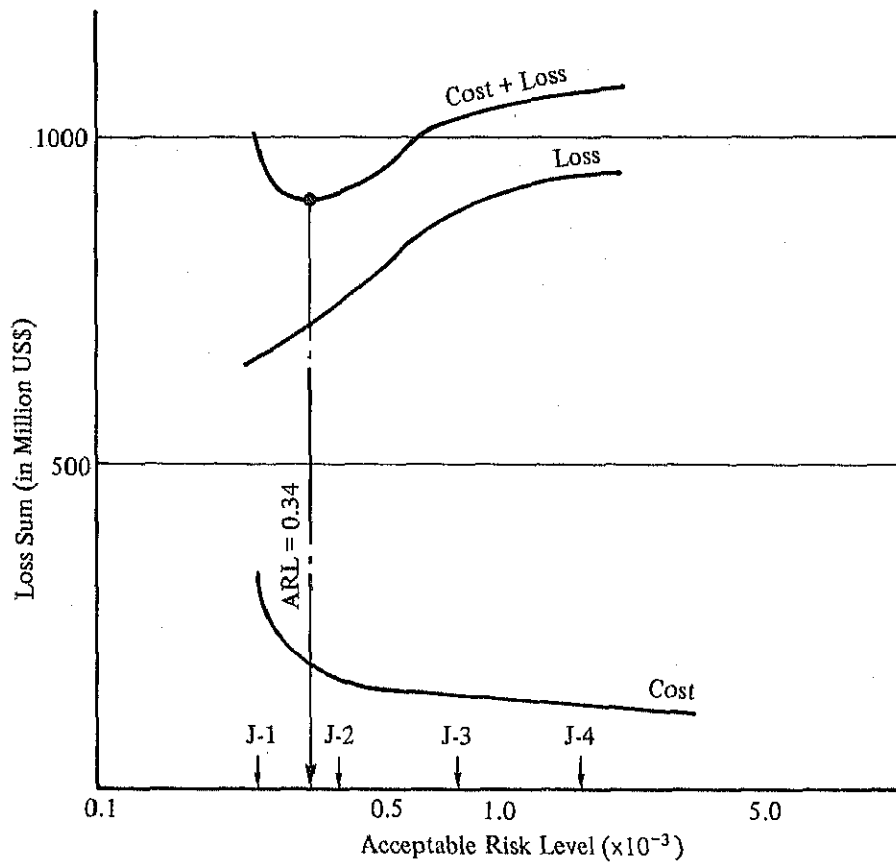
最適許容危険基準を求めるために、許容危険基準と期待損失額の合計との関係を図化し、分析する方法を第1編の調査方法の中で提示した。

図VII-5-(1)-2(1)~(3)は、そこで例示された関連図と同様の形態を示している。

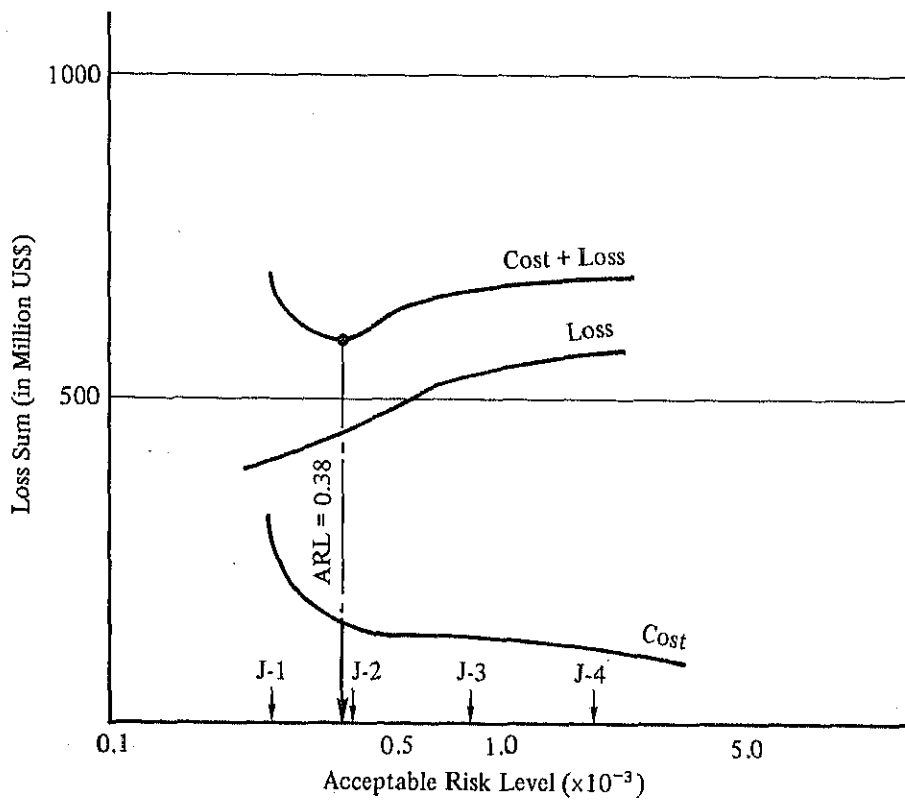
最適許容危険基準は、期待損失額の合計が最小となる許容危険基準として求められ、この値は時価を純現在価値に変換するために用いられた割引率によって変化する。

最適許容危険基準は、割引率が5%の場合 0.34×10^{-3} 、10%の場合 0.38×10^{-3} 、そして15%の場合 0.40×10^{-3} と求められたが、いずれの場合でも代替案J-2の場合の許容危険基準に既ね等しい。

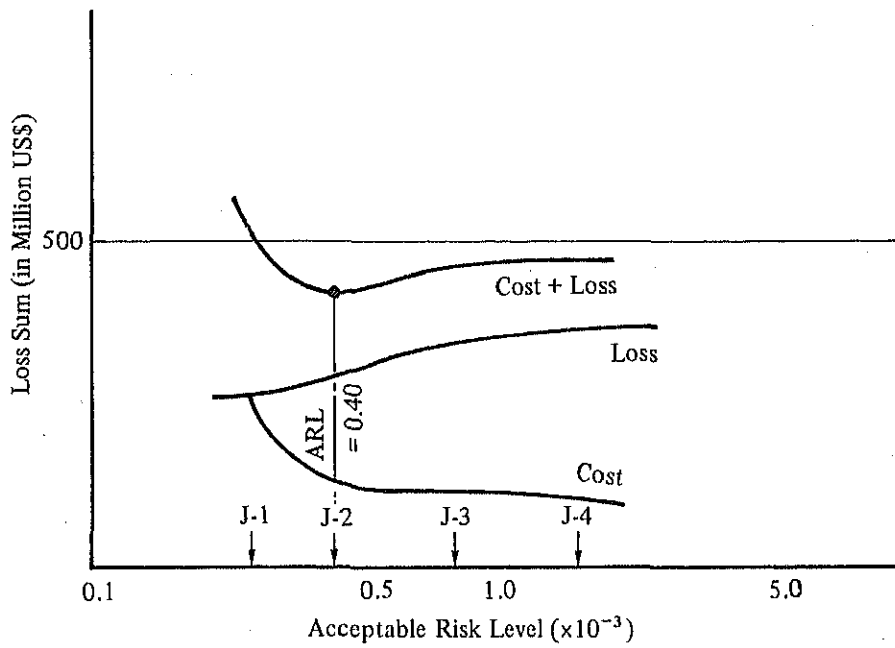
この分析から、許容危険基準としては 0.40×10^{-3} を採用することが最適であり、代替案J-2が4つの代替案の中でこの値に最も近い許容危険基準に基づいた案として、フィージブルであると結論づけることができる。



図VII-5-(1)-2(1) 許容危険基準と損失額 (割引率5%)



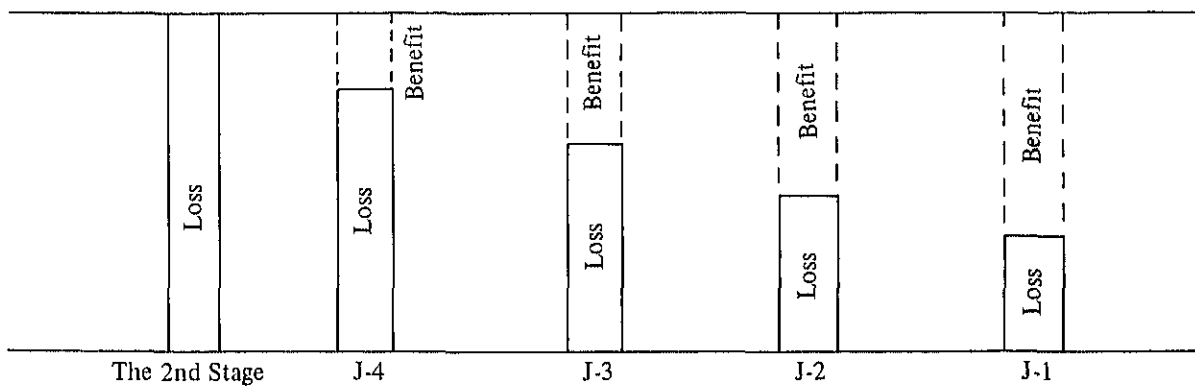
図VII-5-(1)-2(2) 許容危険基準と損失額 (割引率10%)



図VII-5-(1)-2(3) 許容危険基準と損失額 (割引率5%)

表VII-5-(1)-13 許容危険基準

Discount Ratio	5%	10%	15%
Acceptable Risk Level	0.34×10^{-3}	0.38×10^{-3}	0.40×10^{-3}



図VII-5-(1)-3 便益と期待損失の関係

(2) 財務分析

プロジェクトは、また、財務的観点からも評価されなくてはならない。すなわち、SCAの財務事情に対するプロジェクトの影響を評価しなければならない。既に述べたとおり、基本的には、現在の運河の容量のみならず、1990年および2000年の運河の容量についても運河を通航しようとする全船舶を十分に処理できるものであるといってもよい。従って、運河がある期間（本調査では50日と仮定している）閉鎖されたとしても、運河閉鎖中待船を余儀なくされた全船舶についても、計算上からは運河再開後に運河を通航できることになる。換算すれば、結果的に全通航船舶を処理できるため、一時的な容量不足による船舶航行の中断が生じても理論上に限っていえばSCAの年間運河収入が減ることとはならない。

しかしながら、平均的に通常50日の間には約3000隻の船舶が運河を通航しており、運河が50日間閉鎖された場合にこれらの全ての船舶が運河の再開を待っていると想定することは合理的ではない。前述のとおり、理論上は運河の容量限度まで1コンボイ当たりの隻数を増やすことにより、運河再開後全船舶を通航させることは可能であるが、経済的な理由などから、これらの多くの船舶は他のルートに迂回するか、いずれにせよ運河の再開を待つことはならないであろう。

本調査においては、運河閉鎖が生じた日から運河再開の5日前までに運河の利用を予定した全ての船舶が、「スエズ運河第Ⅱ期拡張計画調査報告書」にて述べられているように、スエズ運河の通航を断念するものと仮定した。

コンボイの船種構成を考慮した場合の1隻当たりの通行料は、平均約50,000 US\$である。1990年および2000年に運河を通航する推定船舶隻数は各々27,262隻および28,273隻であり、これを1日当たりに換算すると各々74.7隻および77.5隻となる。通航船のスエズ運河通航回避による運河閉鎖期間の損失額は、1船舶当たり通航料収入(50,000 US\$)×1日当たり通航隻数×45日間、の算定式から求められる。

表VII-5-(2)-1に50日間の運河閉鎖による推定損失額を示す。

表VII-5-(2)-1 運河閉鎖期間50日間の推定損失額

(Unit: Million US\$)

Year	1990	2000
Total Loss	168.1	174.3

ここで、各代替案がSCAにもたらす財務的便益は、運河閉鎖があった場合に生じる損失の減少額として考えることができる。従って、この損失の減少額を推定するために、まず各代替案によりどの程度事故件数が減少するかを算定しなければならない。当然のことながら、全ての事故が運河の閉鎖を伴うとは考えられないので、本調査においては、発生した全タンカー事故件数の10%が運河の閉鎖を伴うと想定した。

以上の前提に基づき、次式により各代替案の1年当たりの損失減少額が推定できる。

$$\left(\frac{\text{1年当たりの事故発生}}{\text{減少件数}} \right) \times \left(\frac{\text{運河閉鎖を伴う}}{\text{事故率}} \right) \times (10\%) \times \left(\frac{\text{運河閉鎖1回当たりの}}{\text{全損失額}} \right)$$

表VII-5-(2)-2に各代替案毎の1年当たりの損失減少額を示す。

表VII-5-(2)-2 1年当たりの推定損失減少額

(Unit: Million US\$)

Year	Study Case			
	J-1	J-2	J-3	J-4
1990	34.1	25.8	12.4	7.1
2000	36.7	27.8	13.3	7.6

各代替案毎の支出は経済分析のところで示した費用のとおりである。

I R Rを計算したのと同じの方法により、プロジェクトのF R R（内部収益率）が割引率5%、10%および15%を用いて計算された。本調査の財務的評価は第II期拡張計画完了後の運河の状況を基本に実施しており、その他の因子、例えば管理、運営の制度、人員、体制等に係る支出については、経済分析で検討された項目を除き現状のとおりと仮定した。

表VII-5-(2)-3(1)~(4)に各割引率に対する各代替案の年毎の収入と支出を示す。

表VII-5-(2)-4は、収入と支出の合計およびこれらの比率を示したものである。

これらの結果から、各代替案の内部収益率（F R R）は、図VII-5-(2)-1および表VII-5-(2)-5に示したように、代替案J-1の場合は4.6%、J-2の場合は9.0%およびJ-3の場合は1.4%と算定され、J-4の場合はマイナスの値となる。

この内部収益率（F R R）の算定結果から、代替案J-2が財務的観点からみて最適の案と結論される。また、J-1、J-2およびJ-3の代替案のいずれもが実施されずプロジェクトが実現されなかった場合には、運河閉鎖を生ずる可能性が減少しないことになり、S C Aの収入が減少するのであろうと推測することができる。

表Ⅶ-5-(2)-3(1) プロジェクトライフ期間中の支出と収入 (J-1)

(Unit: Million US\$)

Item Year	Expenditure				Income				
	Discount Ratio	Current	5%	10%	15%	Current	5%	10%	15%
1986		36.4	36.4	36.4	36.4				
1987		86.7	82.6	78.8	75.4				
1988		42.8	38.8	35.3	32.3				
1989		41.1	35.5	30.8	27.0				
1990		120.7	99.3	82.4	69.0				
1991		1.8	1.4	1.1	0.9	34.1	26.72	21.17	16.95
1992		1.8	1.4	1.0	0.8	34.1	25.45	19.25	14.74
1993		1.8	1.3	0.9	0.7	34.1	24.23	17.50	12.82
1994		1.8	1.2	0.9	0.6	34.1	23.08	15.91	11.15
1995		1.8	1.2	0.8	0.5	34.1	21.98	14.46	9.69
1996		1.8	1.1	0.7	0.5	34.1	20.93	13.15	8.43
1997		1.8	1.1	0.6	0.4	34.1	19.94	11.95	7.33
1998		1.8	1.0	0.6	0.3	34.1	18.99	10.87	6.37
1999		1.8	1.0	0.5	0.3	34.1	18.08	9.88	5.54
2000		1.8	0.9	0.5	0.3	36.7	18.54	9.66	5.19
2001		1.8	0.9	0.4	0.2	36.7	17.65	8.79	4.51
2002		1.8	0.8	0.4	0.2	36.7	16.81	7.99	3.92
2003		1.8	0.8	0.4	0.2	36.7	16.01	7.26	3.41
2004		1.8	0.8	0.3	0.1	36.7	15.25	6.60	2.97
2005		1.8	0.7	0.3	0.1	36.7	14.52	6.00	2.58
NPV		355.1	308.2	273.4	246.3	527.1	298.18	180.44	115.60

表Ⅶ-5-(2)-3(2) プロジェクトライフ期間中の支出と収入 (J-2)

(Unit: Million US\$)

Item Discount Ratio Year	Expenditure				Income			
	Current	5%	10%	15	Current	5%	10%	15%
1986	26.8	26.8	26.8	26.8				
1987	54.1	51.5	49.1	47.0				
1988	11.9	10.8	9.8	9.0				
1989	16.8	14.5	12.6	11.0				
1990	56.6	46.6	38.7	32.4				
1991	1.8	1.4	1.1	0.9	25.8	20.21	16.02	12.83
1992	1.8	1.4	1.0	0.8	25.8	19.25	14.56	11.15
1993	1.8	1.3	0.9	0.7	25.8	18.34	13.24	9.70
1994	1.8	1.2	0.9	0.6	25.8	17.46	12.04	8.43
1995	1.8	1.2	0.8	0.5	25.8	16.63	10.94	7.33
1996	1.8	1.1	0.7	0.5	25.8	15.84	9.95	6.38
1997	1.8	1.1	0.6	0.4	25.8	15.08	9.04	5.55
1998	1.8	1.0	0.6	0.3	25.8	14.37	8.22	4.82
1999	1.8	1.0	0.5	0.3	25.8	13.68	7.47	4.19
2000	1.8	0.9	0.5	0.3	27.8	14.04	7.32	3.93
2001	1.8	0.9	0.4	0.2	27.8	13.37	6.66	3.42
2002	1.8	0.8	0.4	0.2	27.8	12.74	6.05	2.97
2003	1.8	0.8	0.4	0.2	27.8	12.13	5.50	2.58
2004	1.8	0.8	0.3	0.1	27.8	11.55	5.00	2.25
2005	1.8	0.7	0.3	0.1	27.8	11.00	4.55	1.95
NPV	193.7	165.8	146.6	132.4	399.0	225.69	136.56	87.48

表Ⅶ-5-(2)-3(3) プロジェクトライフ期間中の支出と収入 (J-3)

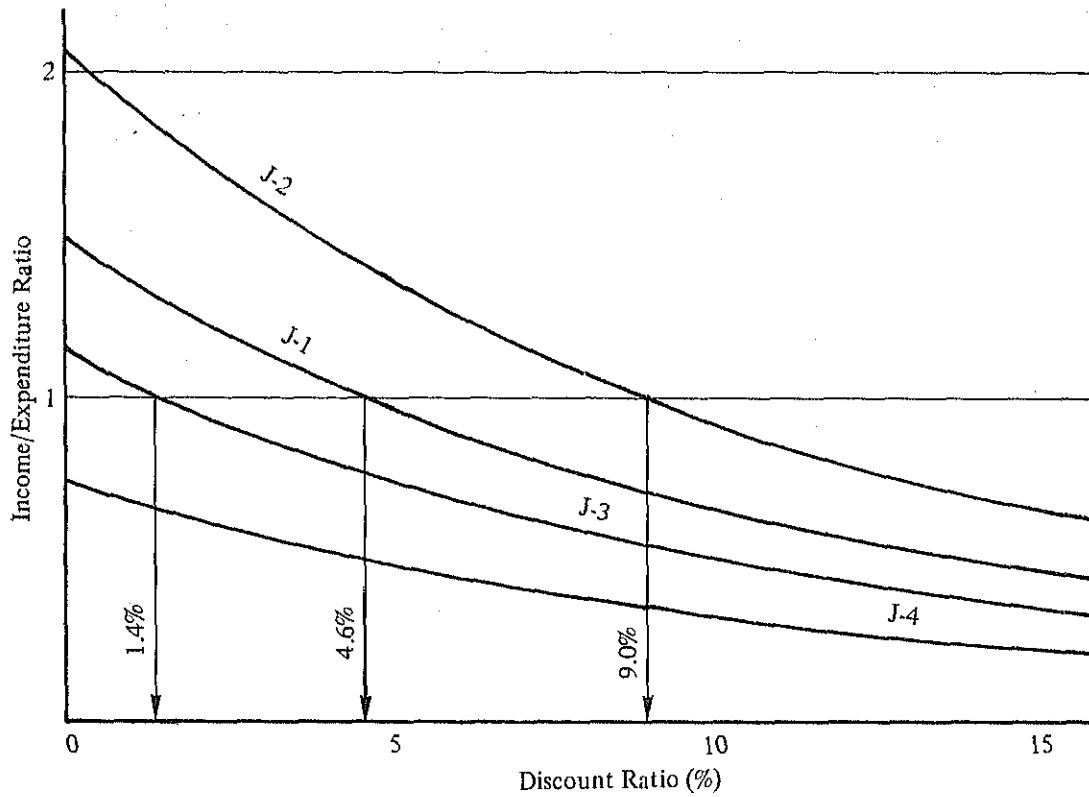
(Unit: Million US\$)

Item Discount Ratio Year	Expenditure				Income			
	Current	5%	10%	15	Current	5%	10%	15%
1986	36.3	36.3	36.3	36.3				
1987	46.6	44.3	42.3	40.5				
1988	5.2	4.7	4.3	4.0				
1989	21.8	18.8	16.4	14.3				
1990	31.3	25.8	21.4	17.9				
1991	1.8	1.4	1.1	0.9	12.4	9.7	7.7	6.2
1992	1.8	1.4	1.0	0.8	12.4	9.3	7.0	5.4
1993	1.8	1.3	0.9	0.7	12.4	8.8	6.4	4.7
1994	1.8	1.2	0.9	0.6	12.4	8.4	5.8	4.1
1995	1.8	1.2	0.8	0.5	12.4	8.0	5.3	3.5
1996	1.8	1.1	0.7	0.5	12.4	7.6	4.8	3.1
1997	1.8	1.1	0.6	0.4	12.4	7.3	4.4	2.7
1998	1.8	1.0	0.6	0.3	12.4	6.9	4.0	2.3
1999	1.8	1.0	0.5	0.3	12.4	6.6	3.6	2.0
2000	1.8	0.9	0.5	0.3	13.3	6.7	3.5	1.9
2001	1.8	0.9	0.4	0.2	13.3	6.4	3.2	1.6
2002	1.8	0.8	0.4	0.2	13.3	6.1	2.9	1.4
2003	1.8	0.8	0.4	0.2	13.3	5.8	2.6	1.2
2004	1.8	0.8	0.3	0.1	13.3	5.5	2.4	1.1
2005	1.8	0.7	0.3	0.1	13.3	5.3	2.2	0.9
NPV	168.7	145.6	130.2	119.1	191.4	108.4	65.8	42.1

表Ⅶ-5-(2)-3(4) プロジェクトライフ期間中の支出と収入 (J-4)

(Unit: Million US\$)

Year	Item Discout Ratio	Expenditure				Income			
		Current	5%	10%	15	Current	5%	10%	15%
1986		35.5	35.5	35.5	35.5				
1987		45.3	43.1	41.2	39.4				
1988		4.8	4.4	4.0	3.6				
1989		19.5	16.8	14.6	12.8				
1990		16.2	13.3	11.0	9.2				
1991		1.8	1.4	1.1	0.9	7.1	5.6	4.4	3.5
1992		1.8	1.4	1.0	0.8	7.1	5.3	4.0	3.1
1993		1.8	1.3	0.9	0.7	7.1	5.1	3.6	2.7
1994		1.8	1.2	0.9	0.6	7.1	4.8	3.3	2.3
1995		1.8	1.2	0.8	0.5	7.1	4.6	3.0	2.0
1996		1.8	1.1	0.7	0.5	7.1	4.4	2.7	1.8
1997		1.8	1.1	0.6	0.4	7.1	4.2	2.5	1.5
1998		1.8	1.0	0.6	0.3	7.1	4.0	2.3	1.3
1999		1.8	1.0	0.5	0.3	7.1	3.8	2.1	1.2
2000		1.8	0.9	0.5	0.3	7.6	3.8	2.0	1.1
2001		1.8	0.9	0.4	0.2	7.6	3.7	1.8	0.9
2002		1.8	0.8	0.4	0.2	7.6	3.5	1.7	0.8
2003		1.8	0.8	0.4	0.2	7.6	3.3	1.5	0.7
2004		1.8	0.8	0.3	0.1	7.6	3.2	1.4	0.6
2005		1.8	0.7	0.3	0.1	7.6	3.0	1.2	0.5
NPV		148.7	128.8	115.8	106.7	109.5	62.3	37.5	24.0



図VII-5-(2)-1 代替案の内部収益率 (FRR)

表VII-5-(2)-4 収入と支出の比率

(Unit: Million US\$)

Alternative Item \ Discount Ratio	J-1			J-2			J-3			J-4		
	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%
(A) Expenditure	308.2	273.4	246.3	165.8	146.6	132.4	145.6	130.2	119.1	128.8	115.8	106.7
(B) Income	298.2	180.4	115.6	225.7	136.6	87.5	108.4	65.8	42.1	62.3	37.5	24.0
(B)/(A)	0.967	0.660	0.469	1.361	0.932	0.661	0.745	0.505	0.353	0.484	0.324	0.225

表VII-5-(2)-5 代替案の内部収益率 (FRR)

J-1	J-2	J-3	J-4
4.6%	9.0%	1.4%	-