

第Ⅳ部

通航量短期予測の基礎的システム

第1章 序

1.1 目 的

本報告書はシステム分析業務調査のうち、通航量短期予測の基礎的システムについて次の目的に沿って記述したものである。

- (1) スエズ運河庁 Economic Unit (以下ユニット)のスタッフが運河通航量および関連事項の短期予測を実施するために必要なシステム分析技術を修得できること。
- (2) ユニットのスタッフが上記作業を実施する際の手順をわかり易い方法で示すこと。

これらの目的を達成するために、本報告書は、運河通航隻数、運河通航船舶純トン数(スエズ運河登録純トン = SCNRT)、運河通航貨物量、運河収入の短期予測(1年、1月)をする基礎的システムについて説明している。また、本報告書の記述はできる限り具体的な手順を述べることであり、基礎的な短期予測のマニュアルとしても使うことができるよう心がけてある。

1.2 概 要

予測作業を行なう場合の標準的な手順を示すと次のようになる。

- 1) 予測の目的、範囲の明確化
- 2) 関連する事項の調査、データの収集分析
- 3) モデルの構築
- 4) 予 測
- 5) 結果の検討

本報告書では、1)については1章で述べてあり、2)についてはその1部を2章で取扱っている。3)、4)については、具体的なモデルと予測の手順を示すという形で3章に述べられている。5)はいかなる考え方で結果を検討すべきか注意事項が述べられている。

なお、本報告書の4章では運河が予測された通航量を十分、容量上満足させ得るかを検討する方法が示される。

なお、本報告書の利用にあたっては次のような点に注意する必要がある。

- 1) 本報告書で説明する手法は、基礎的なものであり、実際の予測にあたっては、それ以外にもいくつかの方法が考えられる。また、本報告書においても複数の手法が紹介されている。いかなる場合にどの手法を使うかは、様々なケースによって異なり、その選択には高度な分析・予測経験が必要とされる。したがって、その点については、実務的な分析・予測作業を積み重ねた後に修得すべきテーマと考えられる。
- 2) 予測には常に不確実性が内在しており、前提とした外部の諸条件が変化すれば予測値自体も当然変化してくることになる。本報告書で述べられている基礎的予測システムを利用するにあたっては、これらのことを十分念頭に置いておく必要がある。不確実性を考慮に入れた

予測・評価システムは最も高度なもの1つであるため、その修得は十分に分析・予測経験を積んだ後に行う必要がある。

第2章 データの準備

この章では本報告書で行う予測作業に必要なデータについて検討する。

2.1 収集するデータ

予測作業に必要なデータは、運河庁において収集されるスエズ運河通航実績に関するデータと、運河庁の外、たとえば国際連合などの機関で用意される世界海上荷動量などのデータに大別される。これらのデータ項目、必要な期間等をまとめて表2.1に示す。通航量に関するデータは、南行、北行の別、タンカー、非タンカーの別など将来の予測作業に必要な区分としてデータを整理しておく必要がある。

表 2.1 整備するデータ

項目	区 分	期 間	データ源
通航隻数	月別、北行・南行別 タンカー・非タンカー別、荷積・空船別	1975～	SCA
通航船舶純トン数 (SCNRT)	上と同じ	1975～	SCA
通航貨物量	月別、北行・南行別、 石油・石油以外の貨物別	1975～	SCA
運河収入	月別、北行・南行別 タンカー・非タンカー別	1975～	SCA
GDP	年別、地区別	1955～	国連, OECD
海上荷動量	年別、石油・石油以外の貨物別	1955～	国連, PB

2.2 整理の方法

通航隻数、SCNRT数、など運河庁で得られるデータは、1年分をまとめて月別に1枚の用紙に整理するのがよい。これらの書式を表2.2～表2.5に示す。

GDP、世界海上荷動量のデータは年次データであるので、10年～20年分が1枚の用紙におさまるよう書式を定めるのがよい。例を表2.6～表2.7に示す。

表 2.2 通航隻数 (年)

	1月	2月		12月	年間合計
北行計					
タンカー					
荷積船					
空船					
非タンカー					
荷積船					
空船					
南行計					
タンカー					
荷積船					
空船					
非タンカー					
荷積船					
空船					
南行・北行計					
タンカー					
荷積船					
空船					
非タンカー					
荷積船					
空船					

表 2.3 通航船舶純トン数 (SCNRT) 年(単位:)

区 分	1月	2月		12月	年間合計
北行計					
タンカー					
荷積船					
空船					
非タンカー					
荷積船					
空船					
南行計					
タンカー					
荷積船					
空船					
非タンカー					
荷積船					
空船					
南行・北行計					
タンカー					
荷積船					
空船					
非タンカー					
荷積船					
空船					

表 2.4 通航貨物量

	1月	2月			12月	年間合計
北行計 石油以外						
南行計 石油以外						
南行・北行計 石油以外						

表 2.5 運河収入 年(単位:)

	1月	2月			12月	年間合計
北行計 タンカー 非タンカー						
南行計 タンカー 非タンカー						
南行・北行計 タンカー 非タンカー						

表 2.6 GDP 推移

	1955	1956	1957	----
GDP 世界				
OECD				
.....				
.....				

表 2.7 世界海上荷動量の推移

	1955	1956	1957	----
石油・石油製品				
石油以外の貨物				
合計				

2.3 グラフの作成

月別もしくは年次別に得られるデータ系列をグラフに図化し観察することは、予測作業において最も重要な作業の一つである。前節で収集したデータをおのおのグラフ用紙にプロットし過去から現在までの推移の状況を把握することからはじめなければならない。1例を世界の原油およびそれ以外の製品の海上荷動量にとれば図2.1のようになる。

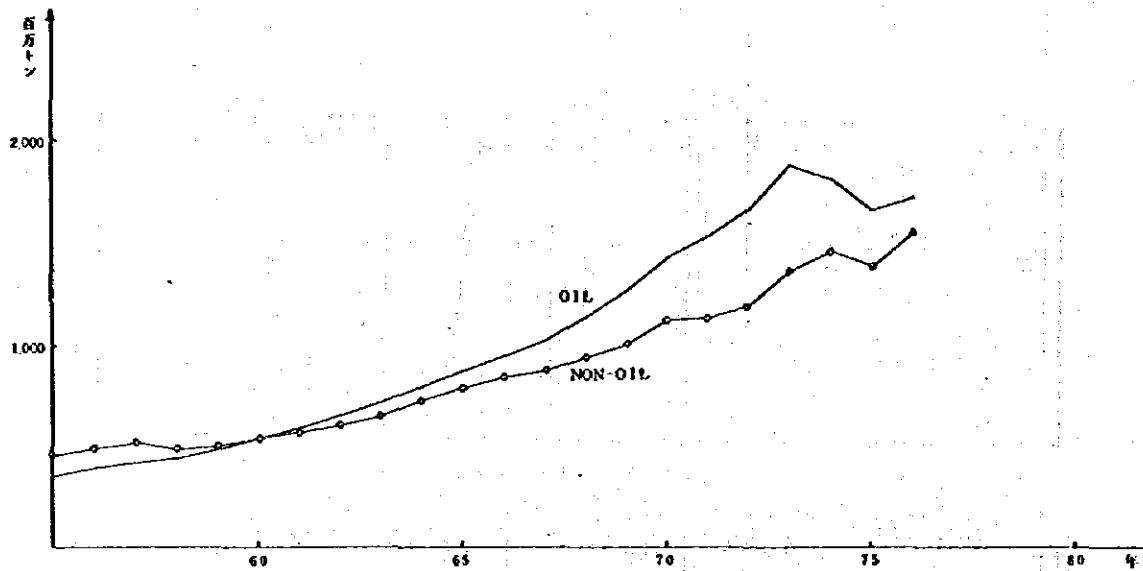


図 2.1 世界海上荷動量の推移

第3章 予測方法

3.1 短期予測（年間）

この節では、翌年の運河通航量、運河収入を予測する方法について説明する。通航量を予測する方法は大別すると2通り考えられる。第1の方法は、通航量の実績データから直接その将来値を予測する方法であり、第2の方法は世界の海上貿易のう勢から間接的に運河の通航量を予測する方法である。以下ではこの両者について述べるものとする。

3.1.1 通航量実績に基づく短期予測

(1) 概要

スエズ運河を通航する船舶の毎月の通航量データを観察し、その将来の動向を簡単な数学モデルによって検討することがこの項の目的である。先にも述べたとおり時間の推移に従って得られているデータを一般に時系列データと呼ぶが、これらの時系列には長期的う勢（トレンド）、循環変動、季節変動、不規則変動が含まれていると考えられる。これらの変動が和の形で合成されていると考えられる場合には観測される時系列は次のように書くことができる。

$$X(t) = P(t) + C(t) + S(t) + I(t) \quad (3-1)$$

$X(t)$ ：原系列（観測される系列）

$P(t)$ ：トレンド

$C(t)$ ：循環変動

$S(t)$ ：季節変動

$I(t)$ ：不規則変動

運河の通航量の動向を探るためにはこれらの変動のうちとくにトレンド $P(t)$ 、循環変動 $C(t)$ の動向を見極めることが重要である。一般にトレンドと循環変動を分離することは困難な場合も多くこれらはまとめて分析される場合もしばしばある。以下では、季節変動および、もしくは不規則変動を原系列よりとり除き、トレンド傾向から将来の運河通航量を予測する方法を示す。

(2) 予測手順

予測は図3.1に示す手順に従っておこなう。以下ではこのフローチャートに沿って予測手順を説明する。

1) 必要なデータの用意

予測に必要なデータは通航隻数データ（月別、1975～）、

運河収入データ（月別、1975～）、

通航貨物量データ（月別、1975～）、であり、これはすでに2章

において用意されている。

2) 季節変動の除去

スエズ運河再開以来の月別通航隻数データを観察すると、トレンド、不規則変動に混ざって、季節的変動が観察されるであろう。

これらの季節変動を固定季節値法もしくは、12ヶ月移動平均法により取除く。

a) 固定季節値法

固定季節値法による季節変動の除去は表3.1の形式に従って行うことができる。

$$\textcircled{1} \quad X_{ij} \quad \left(\begin{array}{l} i = 1, \dots, n; \text{年} \\ j = 1, \dots, m; \text{月} \end{array} \right. \text{を記入する。}$$

$$\textcircled{2} \quad V_i = X_{.i} / n = \frac{\sum_j X_{ij}}{n}$$

$$U_j = X_{.j} / m = \frac{\sum_i X_{ij}}{m}$$

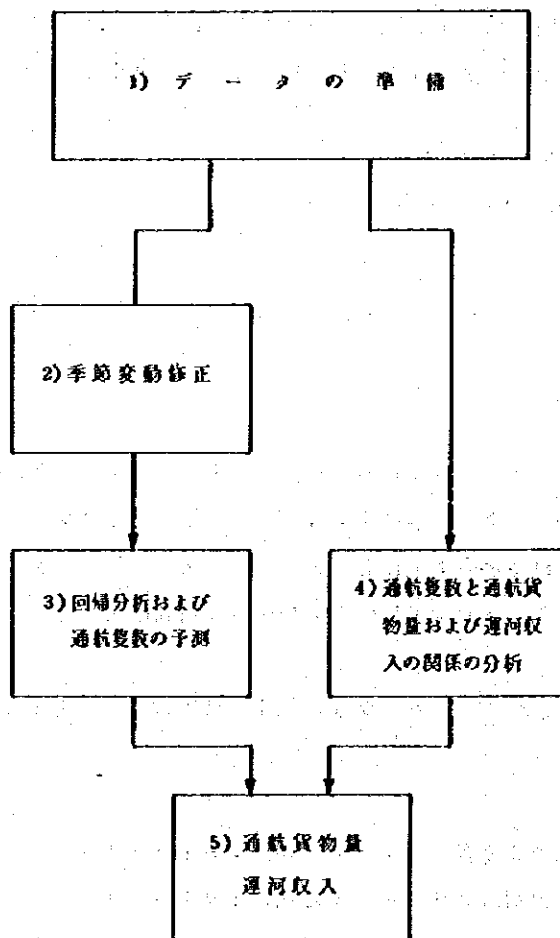


図 3.1 予測手順

表 3.1 季節変動調整の書式

年	月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	平均
1)	1976	X_{61}	X_{62}										$X_{6,12}$	X_6	U_1
	1977	X_{71}												X_6	U_2
	1978													X_6	U_3
	1979	X_{91}											$X_{6,12}$	X_6	U_4
	合計	$X_{\cdot 1}$	$X_{\cdot 2}$										$X_{\cdot 12}$	X_{\cdot}	
	平均	V_1	V_2										V_{12}		\bar{U}
2)		C_1	C_2										C_{12}		
	1976	Y_{61}	Y_{62}										$Y_{6,12}$		
3)	1977	Y_{71}													
	1978	Y_{81}													
	1979	Y_{91}											$Y_{6,12}$		
		合計													

$$\bar{U} = \sum_{i=1}^n U_i / n$$

を計算する。

$$\textcircled{3} C_i = V_i - \bar{U}$$

$$\textcircled{4} Y_{ij} = X_{ij} - C_j \quad j = 1, \dots, m \quad \text{を計算する。}$$

Y_{ij} は季節変動が除去された系列となっている。

b) 12ヶ月移動平均法

12ヶ月移動平均法による季節調整は、 $X(1), X(2), \dots, X(i), \dots$ なる月別データが得られた場合、これらを次式により平均化する。($X(1), X_i$ は同じものを表す、以後これらの記述は並用される)

$$Y(t+5.5) = \left(\frac{1}{12}\right) \times \left\{ X(t) + X(t+1) + \dots + X(t+11) \right\}$$

$$Z(t+6) = Y(t+5.5) + Y(t+6.5)$$

$Z(t)$ が季節調整済系列である。この方法では季節変動ばかりでなく、不規則変動も同時に除去してしまう。

実際の計算を上式の計算式により求めることは、不便であるので一般には表 3.2 に従って求めると便利である。

X_i ; 原系列

$$S_i = \sum_{j=1}^i X_j$$

$$d_i = S_{i+12} - S_i$$

$$d'_i = d_i + d_{i+1}$$

$$y_{i+6} = d'_i \quad (\text{調整済系列})$$

この方法では、時系列の最初と最後の6系列が失われてしまうという不都合があるが、季節調整のための便利な手法としてよく用いられる。

3) 回帰式のあてはめと予測

季節変動の除去された系列 Y_i に対して回帰式をあてはめ、将来の目標とする年次の通航隻数を求める。

どの回帰式を用いるかはデータの性質を調べ決定する必要がある。ここでは、通航隻数が比較的直線的に増加していることを考慮して $Y = a + bX$ なる方程式を採用するものとする。2次曲線状に増加している場合は $Y = a + bX + cX^2$ なる方程式を採用するなど予測過程において判断を入れて、先に進むことが必要である。

このあてはめは表3.3の形式に従って求めることができる。

X_i : 時点 (各月に順番に番号を付けたもの, 1, 2, 3, ……など)

Y_i : 通航隻数 (季節調整済)

仮に36ヶ月のデータに基づき12ヶ月先を予測する場合であれば次式で求めることができる。

$$Y_{48} = a + b X_{48} \quad (X_{48} = 48)$$

4) 通航量と通航貨物及び運河収入の関係

ここでは通航隻数と通航貨物, 運河収入の関係を調べ, 通航隻数が与えられた場合に, 通航貨物量および運河収入を計算する係数を求める。

a) 通航隻数と通航貨物量の関係

月別の通航隻数と通航貨物量をそれぞれ横軸, 縦軸とする座標平面にプロットし, グラフ上で変換係数を求める。(図3.2)

- ① 通航隻数, 通航貨物量のペアを平面上にプロットする。
- ② 原点を通る回帰直線を引く(プロットした点が直線の両側に分布するようにする)
- ③ 直線の傾き α_1 を調べる。

b) 通航隻数と運河収入の関係

上と同様にして, 月別の通航隻数と運河収入をそれぞれ横軸と縦軸とする座標平面にプロットしグラフ上で傾きを求める。(図3.3) この傾きを α_2 とする。

5) 通航貨物量と運河収入の予測

将来の通航貨物量 $T(t)$ と運河収入 $R(t)$ は3)で求めた通航隻数の予測値 $Y(t)$ と4)で求めた係数 α_1, α_2 を用い次式で計算される。(前述の通り $Y_1, Y(i)$ は同じ系列を示す)

$$T(t) = Y(t) \times \alpha_1$$

$$R(t) = Y(t) \times \alpha_2$$

ここで

t : 予測時点(月)

$Y(t)$: t 時点における通航隻数(3)で求めたもの)

表 3.2 12カ月移動平均法書式

	a) X_i 原系列	b) S_i 合計	c) 12個 ずらす	d) d_i b) - c)	e) d_i^j 2項ず つ合計	f) $e/24$	季節変動 調整系列
1977 1月	X_1	S_1					
2月	X_2	S_2					
3月	X_3	S_3					
4月	X_4	S_4					
5月	X_5						
・	X_6						
・	X_7						Y_7
・	X_8						Y_8
・	X_9						Y_9
・	X_{10}						Y_{10}
11月	X_{11}						Y_{11}
12月	X_{12}	S_{12}	0	d_1			Y_{12}
1978 1月	X_{13}	S_{13}	S_1	d_2	$d_1 + d_2$	Y_7	Y_{13}
2月	X_{14}	S_{14}	S_2	d_3	$d_2 + d_3$	Y_8	Y_{14}
・	・	S_{15}	S_3	d_4	$d_3 + d_4$	Y_9	Y_{15}
・	・	S_{16}	S_4	d_5	$d_4 + d_5$	Y_{10}	Y_{16}
・	X_i	S_{17}	S_5	d_6	$d_5 + d_6$	Y_{11}	Y_{17}
・	・	S_{18}	S_6	d_7	$d_6 + d_7$	Y_{12}	Y_{18}
・	・	S_{19}	S_7	d_8	$d_7 + d_8$	Y_{13}	・
・	・	・	S_8	d_9	$d_8 + d_9$	Y_{14}	・
・	・	・	S_9	d_{10}	$d_9 + d_{10}$	Y_{15}	・
・	・	・	・	・	・	Y_{16}	・
・	・	・	・	・	・	Y_{17}	・
12月	・	・	・	・	・	・	・
1979 1月	・	・	・	・	・	・	・
2月	・	・	・	・	・	・	・

表 3.3 最小二乗計算書式

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	X_1	通航隻数 Y_1	$x_1 = X_1 - \bar{X}$	$Y_1 x_1$	x_1^2	$\hat{Y}_1 = a + b x_1$	$Y_1 - \hat{Y}_1$	$(Y_1 - \hat{Y}_1)^2$
1957.1月	1							
2月	2							
3月	3							
⋮	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
⋮	⋮							
	n							
	$\sum X_1 =$	$\sum Y_1$	$\sum x_1 = 0$	$\sum Y_1 x_1$	$\sum x_1^2$			$\sum (Y_1 - \hat{Y}_1)^2$
	$\bar{X} = \frac{\sum X_1}{n}$	$\bar{Y} = \frac{\sum Y_1}{n}$						$S^2 = \frac{1}{n-2} \sum (Y_1 - \hat{Y}_1)^2$

$$\hat{a} = \bar{Y}$$

$$\hat{b} = \frac{\sum Y_1 x_1}{\sum x_1^2}$$

$$S = \sqrt{S^2}$$

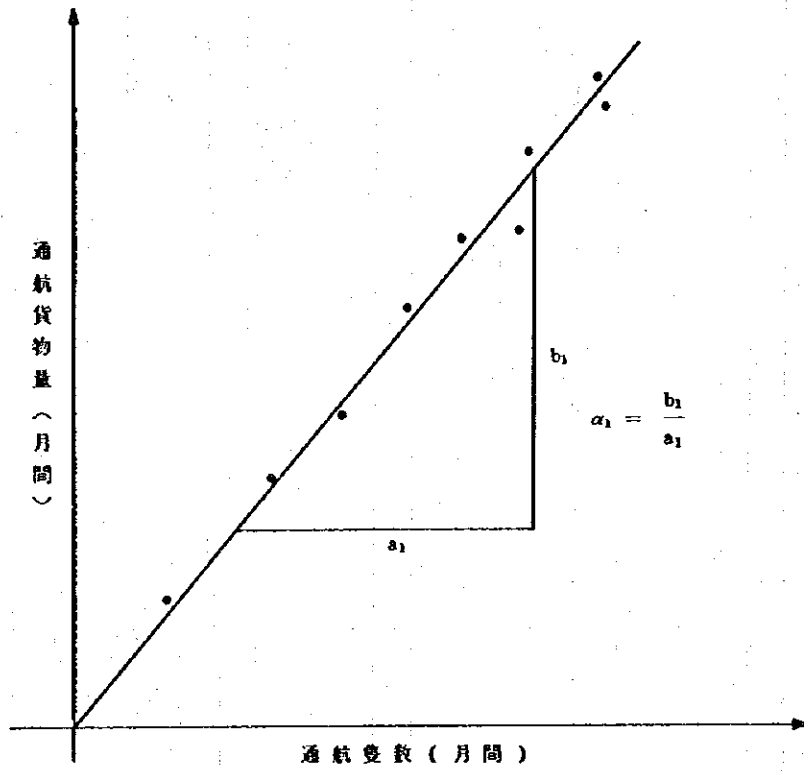


図 3. 2 α_1 の推定

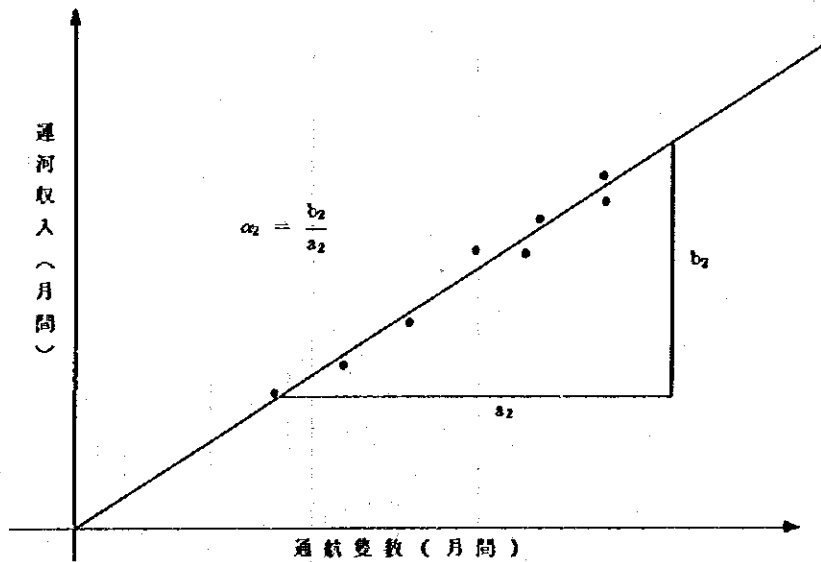


図 3. 3 α_2 の推定

3.1.2 世界海上荷動に基づく短期予測

(1) 概要

世界海上貿易の一部がスエズ運河によって行なわれている。

したがって、世界貿易の発展の推移を予測することにより、運河の通航量を予測することも可能であり、また、運河の世界における位置づけをするのに有効である。現在の運河の通航貨物量は世界の海上貿易の5%以下であり、このような状況下で、この方法を採用することは予測精度の点で問題がある。一方、次のような利点もある。

- ① 世界貿易量の推移を絶えず予測してこれを監視していくことは運河の経営にとって重要である。
- ② 運河が拡張された場合、通航貨物量、特に原油の通航量が大幅に増加する可能性がある。その際には世界貿易における運河の比重は大となり、世界海上貿易の1部として予測することも可能となる。

(2) 予測手順

予測の手順は図3.4に示す通りである。

1) 必要なデータ

必要なデータ項目は次の通りである。

世界の海上荷動量 (石油, 石油以外 : 1975~)	
GDP	(世界, OECD 諸国 : 1975~)
運河通航量	(隻数, 貨物量 : 1975~)
運河収入	(1975~)

2) 世界の海上荷動量の予測

海上荷動に関するデータは、石油、五大バルク貨物、全貨物などの形で手に入れることが可能であり、予測もこれらの品目別に行なうことも考えられる。ここでは簡単さと、将来に対する配慮から、石油と石油以外の品目分類で予測するものとする。予測の方法も最も簡単なもので、GDPに対するそれぞれの品目の海上荷動量の弾性値を最近の数年のデータに基づき求め、この弾性値を用いて将来荷動量を予測するものである。1975年~1978年のデータが得られたと仮定した場合の手順が表3.4に示される。

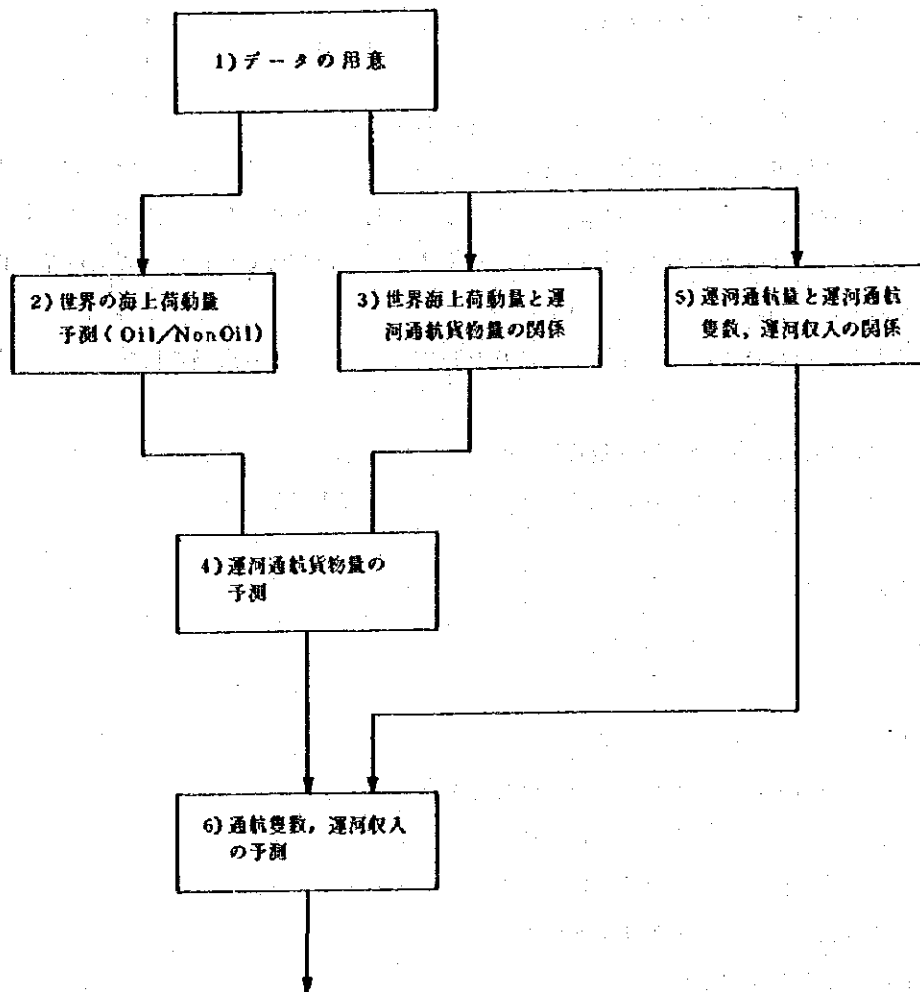


図 3.4 予測手順

表 3.4 予測手順

		海上荷動量 石油・石油製品	海上荷動量 石油以外の製品	GDP 世界、OECD
a)	1975年のデータ	O(75)	N(75)	G(75)
b)	1978年のデータ	O(78)	N(78)	G(78)
c)	b)-a)	O(78)-O(75)	N(78)-N(75)	G(78)-G(75)
d)	c)/a)	$RO = \frac{O(78)-O(75)}{O(75)}$	$RN = \frac{N(78)-N(75)}{N(75)}$	$RG = \frac{G(78)-G(75)}{G(75)}$
e)		$\epsilon_o = \frac{RO}{RG}$	$\epsilon_n = \frac{RN}{RG}$	
f)	$O(t) = O(78) \{ 1 + \epsilon_o RG^{\frac{1}{3}(t-78)} \}$ $N(t) = N(78) \{ 1 + \epsilon_n RG^{\frac{1}{3}(t-78)} \}$ Where O(t) : t年における Seaborne Movement (Oil). N(t) : " " " " (Non-Oil)			

この結果、石油および石油以外の貨物の荷動量の将来値O(t), N(t)は、次式で求められる。

$$O(t) = O(78) \left\{ 1 + \epsilon_o RG^{\frac{1}{3}(t-78)} \right\}$$

$$N(t) = N(78) \left\{ 1 + \epsilon_n RG^{\frac{1}{3}(t-78)} \right\}$$

O(78) : 1978年の石油海上荷動量

N(78) : " " 石油以外の貨物の海上荷動量

ϵ_o : 石油荷動量の弾性値

ϵ_n : 石油以外の貨物の荷動量の弾性値

RG : GDP成長率(3年間:この例では)

t : 予測年次

3) 世界海上荷動量と運河通航貨物量の関係

世界の海上荷動量に対する運河通航貨物量の割合をグラフ上で求める。この比率は石油および石油以外の貨物の別に求める。図 3.5 においてこれらの値は直線の傾き α_3 , α_4 によって与えられる。

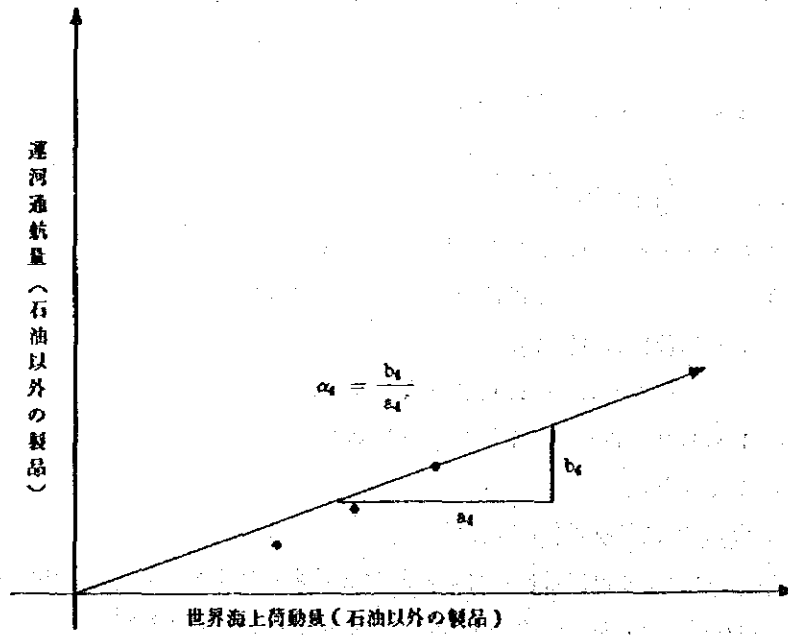
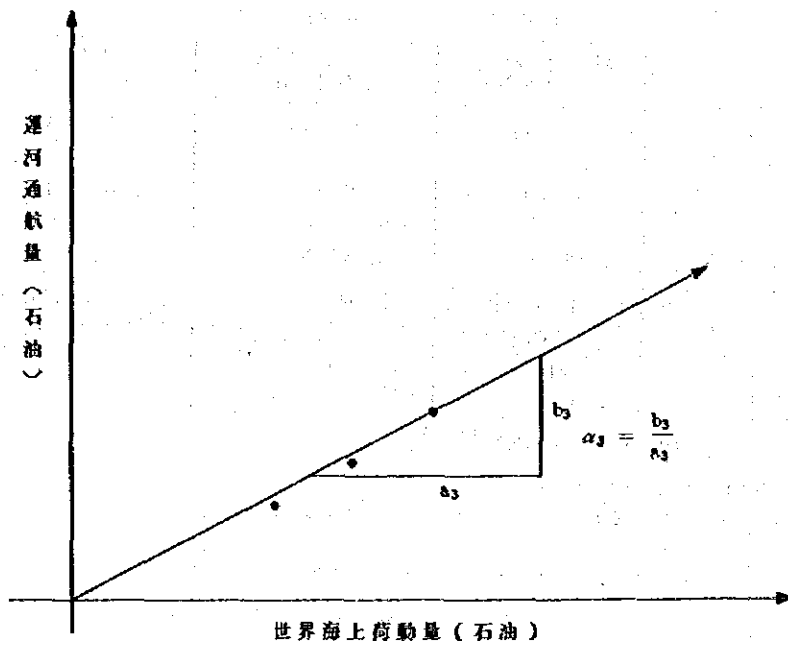


図 3.5 α_3, α_4 の推定

4) 運河通航貨物量の子測

将来の運河通航貨物量は 2) で予測した世界の海上荷動量と, 3) で求めた係数, α_3, α_4 を用いて次式で予測される。

$$O_s(t) = O(t) \times \alpha_3$$

$$N_s(t) = N(t) \times \alpha_4$$

$O_s(t)$: スエズを通航する石油量

$N_s(t)$: " 石油以外の貨物量

5) 運河通航貨物量と運河通航隻数, 運河収入の関係

運河通航貨物量を通航隻数に変換する係数 α_5 は前に求めた α_3 を用いて, 次式で与えられる。

$$\alpha_5 = \frac{1}{\alpha_3}$$

運河通航貨物量を運河収入に変換する係数 α_6 は前に求めた α_1, α_2 を用いて次式で記述される。

$$\alpha_6 = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

6) 通航隻数, 運河収入の子測

将来の通航隻数 $T(t)$, 運河収入 $R(t)$ は, 4) で求めたスエズ運河通航貨物量 $O_s(t)$ および $N_s(t)$ と, 5) で求めた係数 α_5, α_6 を用いて次式で与えられる。

$$T(t) = (O_s(t) + N_s(t)) \times \alpha_5$$

$$R(t) = (O_s(t) + N_s(t)) \times \alpha_6$$

3.1.3 回帰分析による世界海上荷動量の予測

3.1.2, (2), 2) で示した方法より一般的な方法として回帰分析により世界の海上荷動量を予測する方法が考えられる。回帰分析に基づく予測は予測手法の中で最も典型的なものの1つである。GDP に対する弾性値により石油の海上荷動量を予測する方法は, 回帰分析では次式のあてはめを行うことと等価である。

$$\log O = a + b \log GDP$$

係数 a, b は, 表 3.5 の書式に従って求めることが可能である。b の推定値 \hat{b} は表 3.4 で示した e_0 に対応するのである。比較して見るとよい。

これ以外の方法として, 次のような考え方もできる。すなわち海上荷動量は, 前年の海上荷動量と, GDP によって説明されるとの仮説に基づき予測する方法である。式で表すと,

$$O(t) = a + bO(t-1) + cGDP(t)$$

この場合の係数の推定値 $\hat{a}, \hat{b}, \hat{c}$ は多重回帰分析の手順で求めることが可能である。

表 3.6 にその手順が示される。

これらの結果はいずれの方法を用いても大差はないであろう。いずれを採用するかは分析者の哲学や、その他の要因によって決定される。

GDPの将来値はOECDなど各機関の予測を参考に定める必要がある。

表 3.5 最小二乗計算書式

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
O_1	$Y_1 = \log O_1$	G_1	$X_1 = \log G_1$	$x_1 = X_1 - \bar{X}$	x_1^2	$Y_1 x_1$	$\hat{Y}_1 = \bar{Y} + b x_1$	$(Y_1 - \hat{Y}_1) = E_1$	$(Y_1 - \hat{Y}_1)^2 = E_1^2$
O_2	$\log O_2$								
O_3	$\log O_3$								
.....								
	ΣY_1 $\bar{Y} = \Sigma Y_1 / n$		ΣX_1 $\bar{X} = \Sigma X_1 / n$	$\Sigma x_1 = 0$	Σx_1^2	$\Sigma Y_1 x_1$			$\Sigma (Y_1 - \hat{Y}_1)^2$ $S^2 = \frac{\Sigma (Y_1 - \hat{Y}_1)^2}{n-2}$
	$\hat{a} = \bar{Y}$				$\hat{b} = \frac{\Sigma Y_1 x_1}{\Sigma x_1^2}$				

従って、線形回帰式は次の通りになる。

$$\begin{aligned}
 Y &= \hat{a} + b x_1 \\
 &= \hat{a} + b (\log X_1 - \bar{X}) \\
 \text{or } \log O_1 &= \hat{a} + b \log G_1 - b \bar{X}
 \end{aligned}$$

表 3.6 多変回帰式の最小二乗推定書式

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
	$Y_i = O_i$	$X_i = O_{i-1}$	$Z_i = O_i$	$X_i = X_i - \bar{X}$	$Z_i = Z_i - \bar{Z}$	$Y_i X_i$	$Y_i Z_i$	X_i^2	Z_i^2	$X_i Z_i$	$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b} X_i + \hat{c} Z_i$
1975.1	O_1	O_0	G_1								
2	O_2	O_1	G_2								
3	O_3	O_2	G_3								
4	O_4	O_3	G_4								
								
12											
1976.1											
2											
3											
	ΣY_i	ΣX_i	ΣZ_i	$\Sigma X_i = 0$	$\Sigma Z_i = 0$	$\Sigma Y_i X_i$	$\Sigma Y_i Z_i$	ΣX_i^2	ΣZ_i^2	$\Sigma X_i Z_i$	
	$\bar{Y} = \Sigma Y_i / n$	$\bar{X} = \Sigma X_i / n$	$\bar{Z} = \Sigma Z_i / n$								

$$\hat{a} = \bar{Y}$$

$$\begin{bmatrix} \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i Z_i \\ \Sigma X_i Z_i & \Sigma Z_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma Y_i X_i \\ \Sigma Y_i Z_i \end{bmatrix}$$

$$\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b} (X_i - \bar{X}) + \hat{c} (Z_i - \bar{Z})$$

3.2 短期予測（月間）

この節では翌月あるいは翌々月といった非常に短期の通航量を予測する方法について述べる。毎月の通航量は不規則に変動するので、翌月の通航量を正しく予測することは非常に困難である。しかしながら平均的に言えばどの値になると言うことができれば運河庁にとって、それは1つの有効な情報となり得るであろう。

確率的な現象を記述するために確率過程のモデルが開発されているが、ここではその中で最も簡便な指数平滑モデルを用いる予測方法について述べる。

3.2.1 一次平滑モデルによる予測

この方法は時系列データ $X(1), X(2), \dots, X(t), \dots$ がある場合、 $t+1$ 時点における予測値を前時点における予測値と今回得られた観測値の加重平均により与える予測方法である。すなわち、

$$\hat{X}(t+1) = \lambda X(t) + (1-\lambda) \hat{X}(t)$$

$X(t)$: 現時点の観測値

$\hat{X}(t)$: 時刻 $t-1$ における、 t 時点の予測値

$\hat{X}(t+1)$: 時刻 t における、 $t+1$ 時点の予測値

λ : パラメータ $0 \leq \lambda \leq 1$

この予測は長期的なトレンドが無いような時系列データに対して用いられる。 $\lambda = 0$ とした場合、現時点で得られた情報は全く用いなくて将来を予測することを意味し、 $\lambda = 1$ の場合過去に得られた情報は全く用いずに現時点の値を将来値とする予測となる。 λ は最も適合度が高くなるよう選択する必要がある。

この手続は表 3.7 を用いて行う。

表 3.7 指数平滑計算の書式（1次）

		① 原系列 X_i	② = ① × λ λX_i	③ = $(1-\lambda) \hat{X}_{i-1}$	④ = ② + ③ 予 測 値 \hat{X}_i	⑤ 誤 差 $|X_{i+1} - X_i|^2$	⑥ 累 積 値 $\sum E_i$
1976	1	X_1			\hat{X}_0		
	2	X_2					
	3	X_3					
	4	⋮					
	5	⋮					
	6	⋮					
	7	X_i					
	8						
	9						
	10	X_{10}					

$\lambda = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ などの値に対して、予測誤差 E_i が最小となる λ を選択する。この λ を λ^0 とすれば、予測モデルは次式で書かれる。

$$\hat{X}(t+1) = \lambda^0 X(t) + (1-\lambda^0) \hat{X}(t) \\ t = 1, 2, \dots$$

$\hat{X}(1)$ は、 $X(-1), X(-2), X(-3)$ などの平均値を用いる。

通航隻数をこのモデルで予測すれば、必要に応じ、通航貨物量、運河収入は前に述べた方法により予測できる。

3.3 検 討

いくつかの典型的な手法について手順を示したが、予測作業は単に予測値を一連の手続に従って計算するという事ではない。予測結果をいかに解釈するかが重要であり、次のことにも十分注意を払う必要がある。

- 1) 予測の前提
- 2) 採用した手法の妥当性
- 3) 採用した回帰式の妥当性
- 4) 予測精度の検討がどこまで可能か
- 5) 他の予測結果と比較した場合の妥当性
- 6) 分析者としての直感と比較した場合の妥当性
- 7) 利用したデータは適切か、精度はどうか。

第4章 通航容量の評価

4.1 目的

運河には、その構造と運営方法によって定まる通航容量というものがあリ、一定の時間内に運河を通航できる船の数は、この容量で制限されている。

もし、この容量以上の船が、運河を通航しようとするれば、入口での「待ち」が発生したり、通航時間が延びたりして、運河通航による利益が損われる。ひいては、運河を利用しようとする船が減少し、SCAの収入も減少するであろう。

他方、運河の容量が、実際に通航しようとする船の需要に比べて大きすぎれば、供給過剰による利用率の低下となり、これはまた、運河経営上のマイナスとなるらう。

従って、運河の容量を正確に把握(評価)することは非常に重要なものとなるのである。

本章の目的は、通行容量の計算と需給バランスのチェックの具体的な方法を示すことである。

4.2 通航容量の計算法

通行容量は、一定期間に運河を通行しうる船舶の隻数であると定義する。

容量は次の要因で決まる。

- 1) 運河の構造 (長さ、幅、深さ、バイパスの位置など)
- 2) 運営方法 (サイクルタイム、船団(コンボイ)数など)
- 3) 通航方式 (航行速度、船団内の船の配置など)

容量の求め方は、いろいろ考えられるが代表的なものは次の2つである。

1) ダイアグラムによる方法

種々の船型を標準船によって代表させ、列車の場合と同様なダイアグラムを画いて、図より求める方法である。

2) シミュレーションによる方法

運河の構造や運営方法をモデル化し、運河を通行しようとする船の数を種々に変化させてコンピュータによるモンテカルロシミュレーションを実行して、その結果から推定する方法である。

ここでは、手法が明快で、机上での評価が可能という点からダイアグラムによる方法を示す。

ダイアグラムを画く手順

1. 横軸にボートサイドからの距離(km)、縦軸に時間をとったグラフ用紙を用意する。時間は0からオペレーションサイクル時間の長さまでとる。バイパスの部分には縦線を入れる。
2. 南行、北行の船団数と、どちらの船団がバイパスで通過待ちをするか決める。例として北行1船団、南行2船団とし、南行船団がバイパスで待つと仮定する。
3. 図4.1のAから標準船の速度(14km/h)で右上りの直線ABを引く。

4. Eから標準船の速度で右下りの直線EFを引く。FはバイパスⅡの南端(スエズ寄り)である。
5. Fよりやや下を通るように直線ABと平行にCDを引く。
6. CDとバイパスⅡの北端との交点Hから、EFに平行にGHを引く。
7. 同様にEFと平行にIJを引く。
8. $JL = EG$ となるように、IJと平行にKLを引く。
9. EFに平行にDMを引く。Mの真下にM'をとる。
10. M'を通りEFに平行にM'Nを引く。NはバイパスⅠの北端である。
11. EFと平行にOP, SRを引く。Pの真上にP'をとる。
12. P'を通り、EFに平行にP'Qを引く。
13. $QD = TS$ となるようにTをとり、EFと平行にTUを引く。

容量の計算

各船団の隻数は、通行方式から決まる。船と船の間隔を10分とすると、1時間当たり6隻であるから、北行船団の隻数は(DBの時間×6)であり、南行船団の隻数はそれぞれ($EG \times 6$)、($TS \times 6$)である。従って、容量はまず $(DB + EG + TS) \times 6$ と計算される。

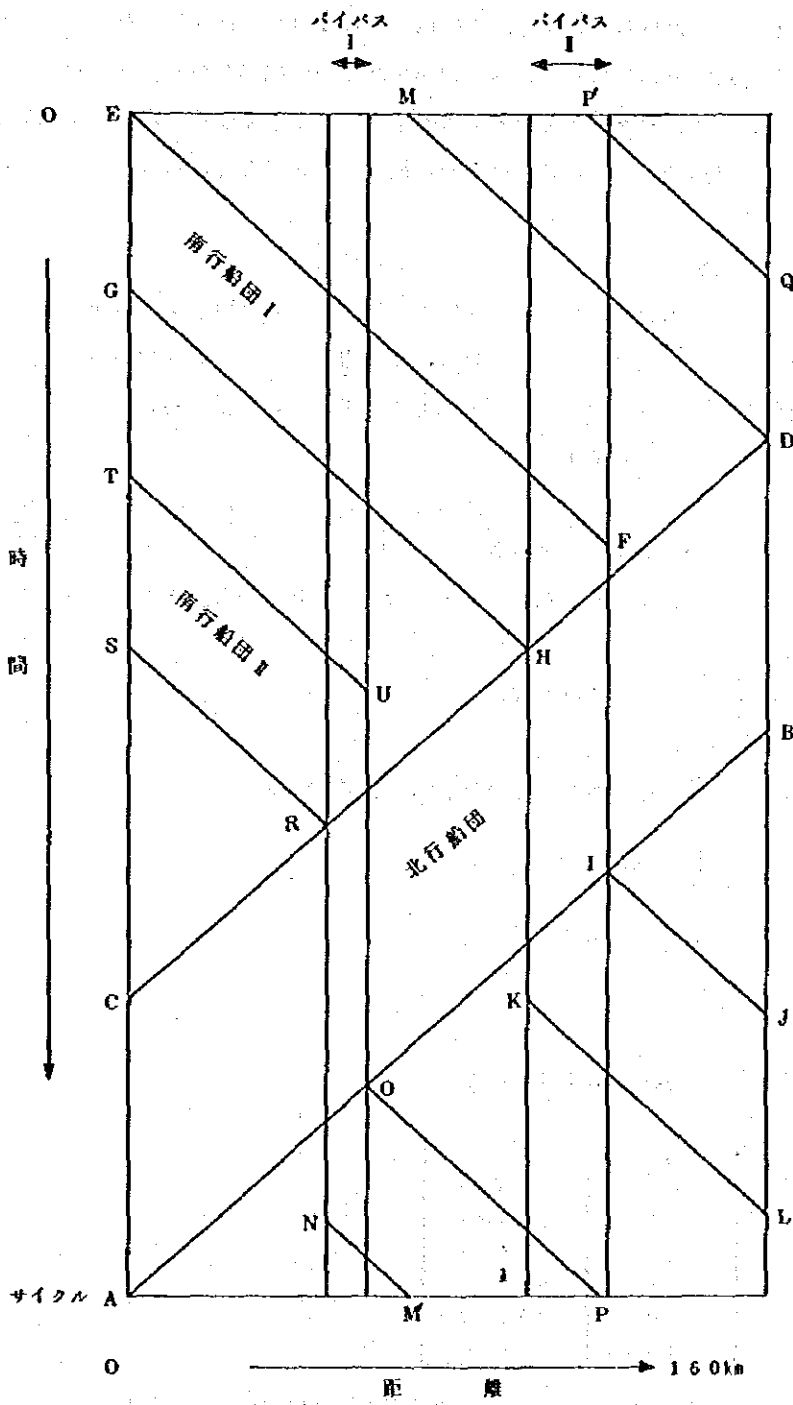


図 4.1 船団の航行ダイヤグラム

実際には、バイパスでの待ちあわせで、北行船団の最後の船が通過してから、南行船団の最初の船が動き出すまでに安全の確認、その他の理由で多少の時間がかかり、また船の速度が一定しないなどの理由で、以上述べた方法で求めた容量よりやや少なくなる。現在の運河構造、運営方法ではこの減少分を見込むと、容量 Cap は上記の約 90% と考えられる。

4.3 通航量の評価

短期予測においては、運河の容量と通航隻数の短期予測から需給バランスをチェックし、通航需要が容量を越えると予想される場合に、E・U に警告することが重要である。

日々の通航需要がランダムに変化することを考慮して、通航需要が容量をこえる場合がどれくらいあるかの計算方法を以下に示す。

手順

- 1) 日平均の通航需要 (N_{aa}) を求める。

短期需要予測から、1カ月予測ならその $1/30$ 、1年予測なら $1/365$ を日平均通航需要とする。

- 2) 日平均通航量の標準偏差 (σ) を求める。

$$\sigma = \sqrt{N_{aa}}$$

- 3) 日通航量が、容量 (Cap) をこえる確率 (β) は次式で与えられる。

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{Cap}^{\infty} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx = \beta$$

β を求めるため、次式の α を計算する。

$$\alpha = \frac{Cap - N_{aa}}{\sigma}$$

α と β の関係は次表から求める。

α	β
0.0	0.5000
0.5	0.3085
1.0	0.1587
1.5	0.0668
2.0	0.0227
2.5	0.0062

- 4) 予測期間と β の積から、この期間中に通行需要が容量をこえる日数が推定できる。

(例) $\alpha = 1.5$ の場合、

$$\beta = 0.0668 \text{ だから}$$

$$30 \times 0.0668 = 2 \text{ 日/月}$$

月に 2 日くらいは、通航需要が運河の容量を越え、待ちが発生すると予測される。

第 V 部

通航量長期予測の基礎的システム

第1章 序

1.1 目的

本報告書は、スエズ運河庁（SCA）の研修生に対して1978年に実施された来日研修の成果を踏まえて、次の目的に従ってまとめられたものである。

- (1) SCAのEconomic Unit（以下ユニットと略す）のスタッフが、運河通航量の長期予測を理解する上で必要となるシステム分析技術を体系的に修得できること。
- (2) ユニットのスタッフが、運河拡張計画に対して運河通航量と運河収入を予測し、運河の経営分析を行うために必要な方法を、可能な限り初歩的な分かり易い方法で示すこと。

これらの目的を達成するために、本報告書は、石油の貿易とタンカーに的を絞って長期的なタンカーの運河通航量および運河収入を予測する基礎的システムについて説明している。また、報告書の記述方式は、できる限り具体的な手順を述べることであり、基礎的な予測用のマニュアルとしても使うことができるよう心がけてある。

石油タンカーを対象を限定した理由は、スエズ運河の拡張計画が進んだ場合、追加的に増加すると予測される通航船の大半が石油タンカーと考えられることによる。もう一つの理由は、タンカーの予測方法が理解できるようになれば、タンカー以外の通航量予測は、類似した簡単な方法で行うことが可能であることによる。

タンカーの運河通航量の長期予測基礎的システムには、下記の項目の分析・予測手順が含まれている。

- 1) 世界のエネルギー需給と石油貿易
- 2) 世界のタンカー船腹量
- 3) タンカーによる輸送コスト
- 4) タンカーのスエズ運河通航量
- 5) タンカーによる運河収入

なお、本報告書の利用にあたっては次のような点に注意する必要がある。

- 1) 本報告書で説明する手法は、入門的なものであり、実際の子測にあたってはそれ以外にもいくつかの方法が開発・適用されている。また、本報告書においても複数の手法が紹介されている。いかなる場合にどの手法を使うかは、様々なケースによって異なり、その選択には高度な分析・予測経験が必要とされる。したがって、その点については、実務的な分析・予測作業を積み重ねた後に修得すべきテーマと考えられる。
- 2) 子測には常に不確実性が内在しており、前提とした外部の諸条件が変化すれば子測値自体

も当然変化してくることになる。本報告書で述べられている基礎的予測システムを利用するにあたってはこれらのことを十分念頭に置いておく必要がある。不確実性を考慮に入れた予測・評価システムは最も高度なものの一つであるため、その修得は十分に分析・予測経験を積んだ後に行う必要がある。

1.2 概要

本報告書で述べる予測手順は次のような5つのフェーズから構成されている。各フェーズの内容は以下の章において順次説明される。本節では、各フェーズの概略について説明を加える。

1.2.1 世界のエネルギー需給と石油貿易

このフェーズでは、スエズ運河に関連した石油の海上移動量が予測される。第2章では予測の方法として2つの異なる手法が紹介されている。第一の方法は、コンピュータを利用しないですむスエズ運河関連の石油貿易フローを予測する伝統的な方法である。これに対して第二の方法は、それらを予測するための体系的なアプローチであり、多くの場合コンピュータ・モデルを使用する。

1.2.2 世界のタンカー船腹量

このフェーズでは、タンカーの世界船腹量およびそのサイズ構成について予測される。スエズ運河を通航しようとするタンカーのサイズ構成は、スエズ運河庁の運河収入を予測する上で重要な因子と考えられる。

スエズ運河に関連した貿易フローの各々に対するタンカーの船腹構成は、タンカーの世界船腹構成、運河の通航規制および港湾の諸条件によって影響を受ける。これらの要素を考慮に入れた予測方法が第3章で説明されている。

1.2.3 タンカーによる輸送コスト

このフェーズでは、タンカーによる輸送コストの予測手順が示される。タンカーの輸送コストは各種の要素コストから構成されており、それらは資本コストと運営コストに大別される。輸送コストは、ルート選択およびタンカーのサイズ選択の際に用いられる。予測手法の詳細は、第4章で説明されている。

1.2.4 タンカーのスエズ運河通航量

このフェーズでは、タンカーの運河通航量の予測手順が示される。石油貿易の各フローに対して、ルート選択およびタンカーのサイズ選択が配分モデルを使って決定される。それぞれの選択は、輸送コストの比較およびタンカーの市場条件に基づいて予測される。石油とタンカーの運河通過量は次に述べる2つの段階を経て求められる。

まず、運河の通行制限がない場合について通航量を予測する（潜在通航量）。次に、潜在通航量に対して運河の通航規制を加えて実際に運河を通航する量の予測を行う。

予測手法の詳細は、第5章に記述されている。

1.2.5 タンカーによる運河収入

このフェーズでは、タンカーによる運河収入の予測手順が示される。タンカーの運河通航料金は、タンカーのサイズによって一様なレートとして決定されており、そのレートはタンカーの積荷条件によって異なっている。そのためサイズ別・積荷条件別にタンカーの運河通航隻数からタンカーによる運河収入を予測することができる。予測手法の詳細は第6章で述べられている。

図1.1は、これらの5つのフェーズが相互にどのように関係しているかを示しており、タンカーの運河通航量の長期予測に関する一般的なプロセスを表わしている。

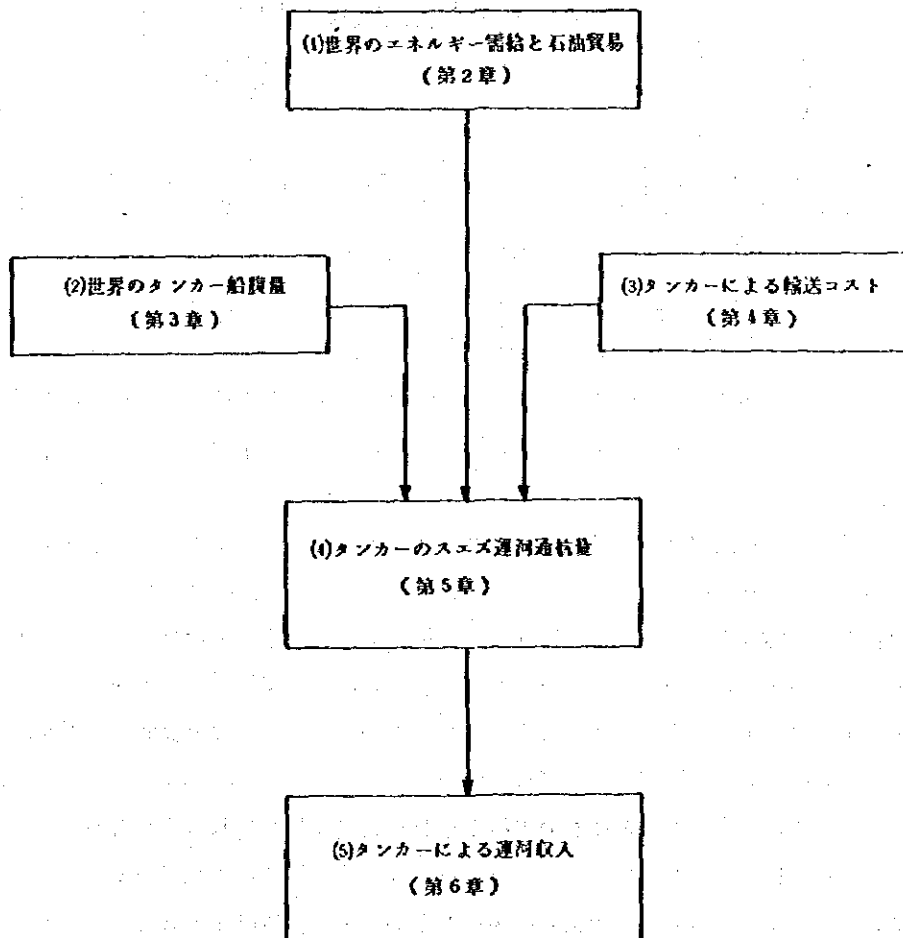


図1.1 タンカーのスエズ運河通航量の長期予測プロセス

第2章 世界のエネルギー需給と石油貿易

2.1 石油貿易予測の伝統的な手順

2.1.1 序

貿易フローは、一般に下記の5つの要素で表わされる(図2.1参照)。

- a) 商品の種類
- b) その商品の貿易量
- c) 出発地域
- d) 目的地域
- e) 期間

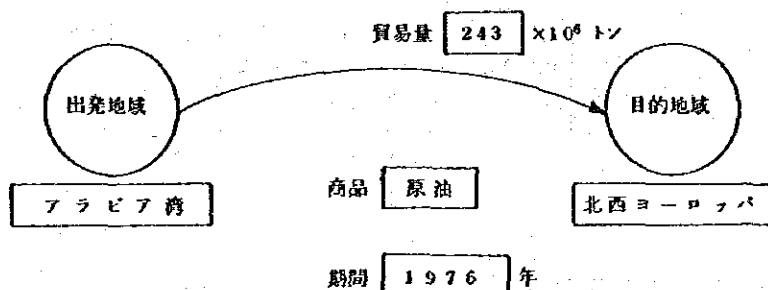


図 2.1 貿易フローの定義

特に、出発/目的地域は数多くあるため、効率的な予測を行うには、地域の分割を適切に行うことが重要である。

商 品

タンカーに関連した商品は、原油と石油製品に大別できる。

地域分割

出発地および目的地のゾーニングを行うには、国際的な統計データの利用可能性、スエズ運河からみたルート的重要性、個々の港が効率的な1本のルートで集約して表現できるような方法などを注意深く検討する必要がある。分析効率の観点から、ゾーンの総数は必要最小限にとどめることが望ましい。表2.1にゾーニングの一例を示す。

共産圏ブロックは、多くの予測において将来も自給自足体制が概ね可能であるとされていることから表2.1の中には含まれていない。また、日本は主要な石油輸入地域の1つであるが、日本への石油輸入ルートは直接スエズ運河とは関係がないことから省略することもできる。東南アジア(インドネシア)は、主要な石油輸出地域の1つではあるが、その輸出ルートは直接スエズ運河と関係が薄いため省略することができよう。

表 2.1 ソーニングの例

O/D	地 域	代表的 港 湾
主 要 な 石 油 輸 出 地 域	Arabian Gulf (North Africa) (West Africa) (Caribbean) (South East Asia)	Ras Tanura (Tripoli) (Nouadhibou) (Aruba) (Jakarta)
主 要 な 石 油 輸 入 地 域	North West Europe Mediterranean Europe U. S. East Coast Gulf of Mexico U. S. West Coast (Japan)	Rotterdam Genova Philadelphia New Orleans Los Angeles (Yokohama)

北アフリカ、西アフリカおよびカリブ地域については、スエズ運河とは直接関係はないが、アラビア湾地域から西欧および米国への石油貿易フローを予測する上で考慮に入れる必要がある。なお、スエズ運河に直接関係の深い貿易フローは、アラビア湾地域から西欧および米国へのルートといえる。

貿易フロー量

貿易フローの量は、長期予測の場合には一年間の貿易量(100万トン単位)で表わされる。

2.1.2 アラビア湾地域から西ヨーロッパへの石油の移動

アラビア湾地域から西ヨーロッパへの石油の移動量を予測する基本的な手順は、図2.2に示すとおりである。北西ヨーロッパと地中海ヨーロッパ地域では、海上輸送ルートがかなり異なるため、それぞれの地域に対して石油の移動量を求める手順となっている。

2.1.3 アラビア湾地域から米国への石油の移動

アラビア湾地域から米国への石油の移動量を予測する基本的な手順は、図2.3に示すとおりである。米国への輸入は、東海岸、西海岸およびメキシコ湾地域によって海上輸送ルートがかなり異なるため、各々に対して輸入量を予測する手順となっている。

量的にはそれほど多くないが、アラビア湾地域から欧米以外の地域への石油の輸出量は、上述と同様な方法で予測することができる。

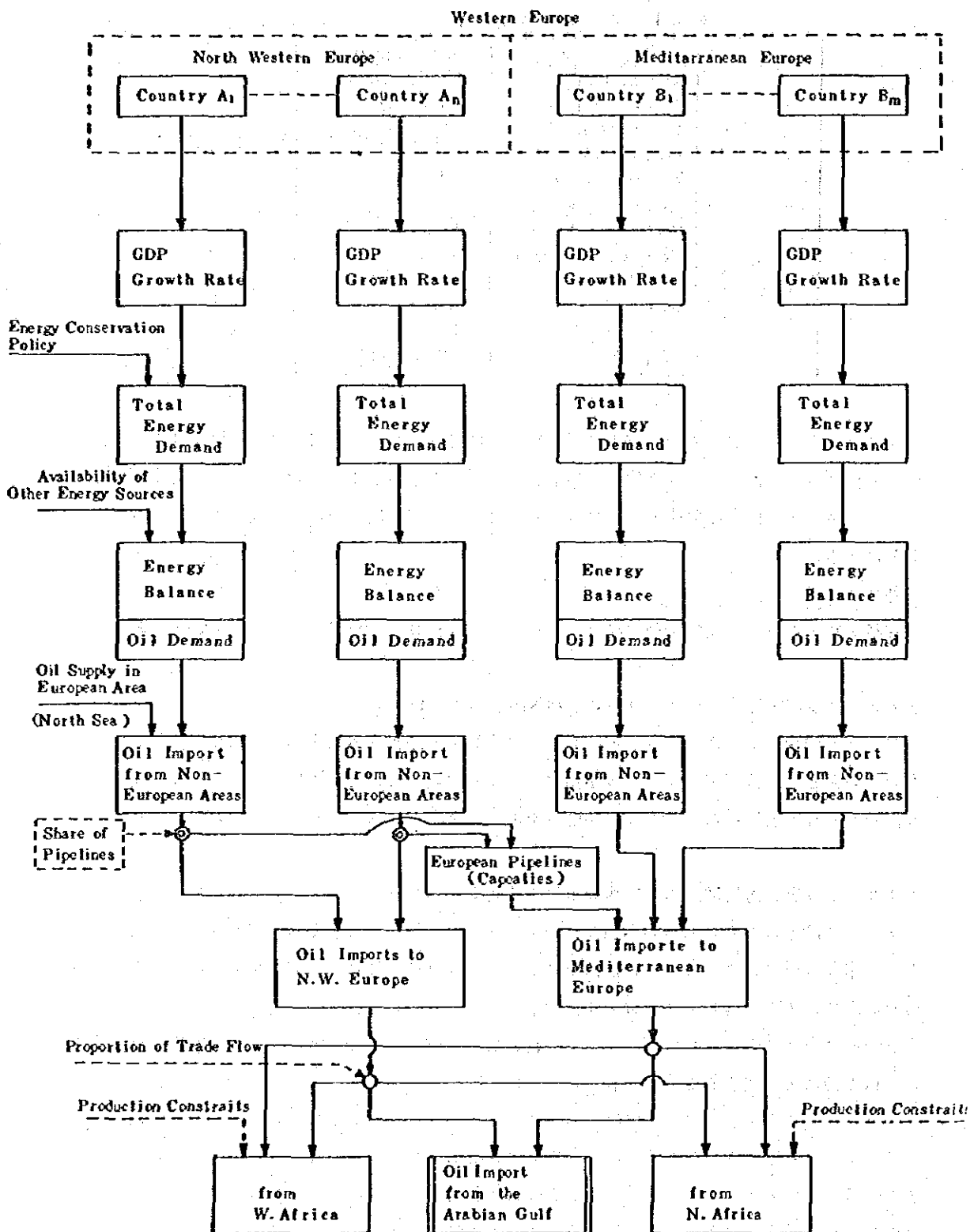


図2.2 西ヨーロッパへの石油輸入量の予測手順

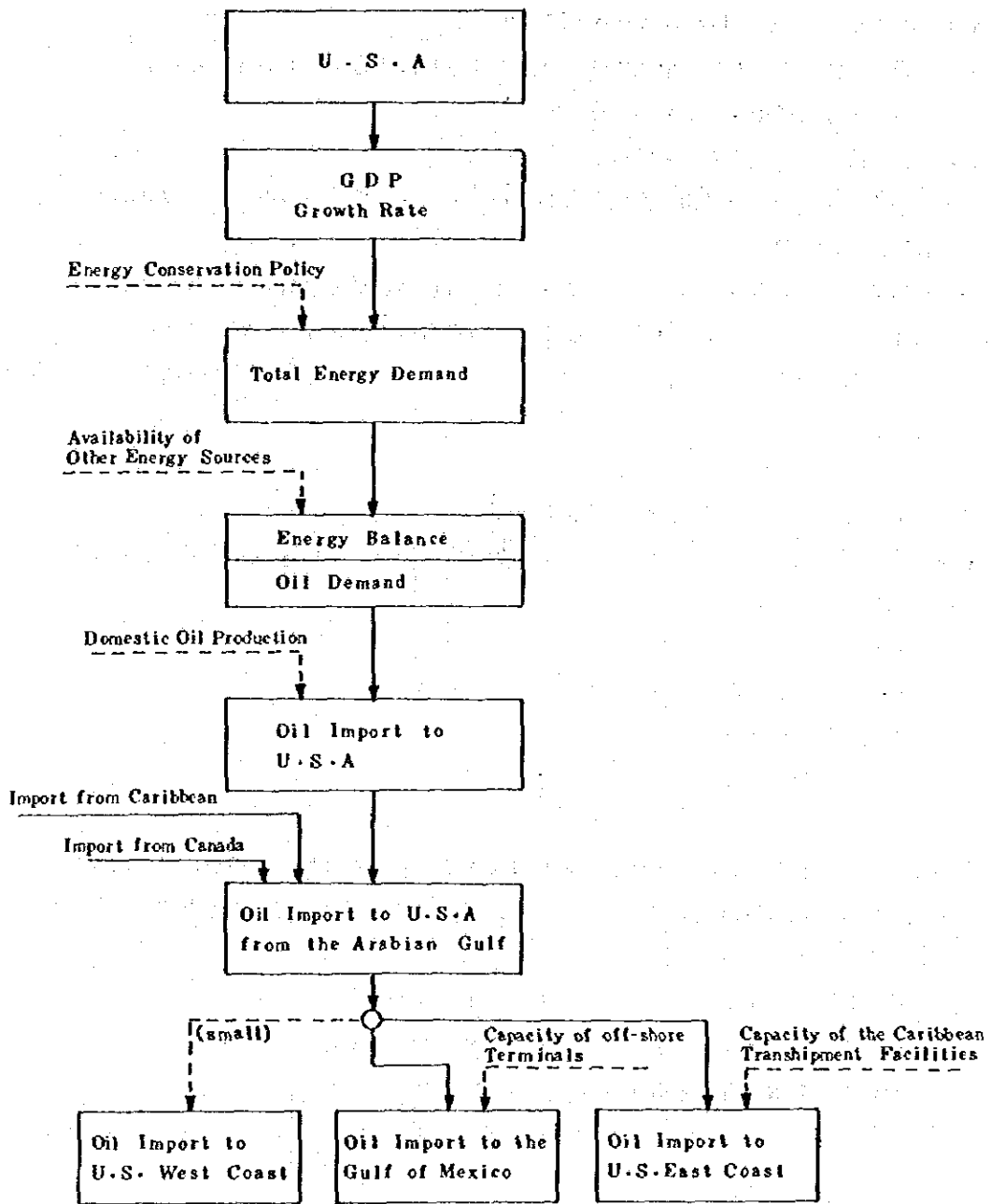


図2.3 米国への石油輸入量の予測手順

2.1.4 スエズ運河に関連した石油の海上輸送量

スエズ運河に関連した石油の輸送には、下記の3つの代替的ルートが考えられる。

- a) スエズ運河経由ルート(海上輸送)
- b) 希望峰回りルート(海上輸送)
- c) 中東パイプライン経由の東地中海および北アフリカ地域へのルート(TAPLINE, IPC, KIRKUK, SUMED)

石油の貿易フローの各々に対して、パイプラインの計画容量と輸送コスト差(パイプラインと海上輸送)に基づいて、パイプラインによる石油輸送量の予測を行い、貿易フロー量からパイプラインによる輸送を差し引いて、スエズ運河に関連した石油の海上輸送量を予測することができる。

2.2 石油貿易量予測の体系的なアプローチ

石油の海上貿易フローを長期的に予測する一般的な手順は、主に次の6要素から構成される。

- (1) 世界経済発展のシナリオ
- (2) 石油の消費と生産
- (3) 石油の輸入と輸出
- (4) 石油の世界貿易フロー
- (5) スエズ運河に関連した石油貿易フロー
- (6) スエズ運河に関連した石油の海上輸送量

長期予測手順の概略は、図2.4に示すとおりである。各要素の相互関係が、図に示されている。

世界全体は、石油の輸出地域グループと輸入地域のグループに大別することができる。各地域

kは次のように表わされる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{輸出地域: } i : i = 1 \sim N \quad (k = 1 \sim N) \\ \text{輸入地域: } j : j = 1 \sim L \quad (k = N + 1 \sim N + L) \end{array} \right.$$

以下において各要素の説明を順次行う。

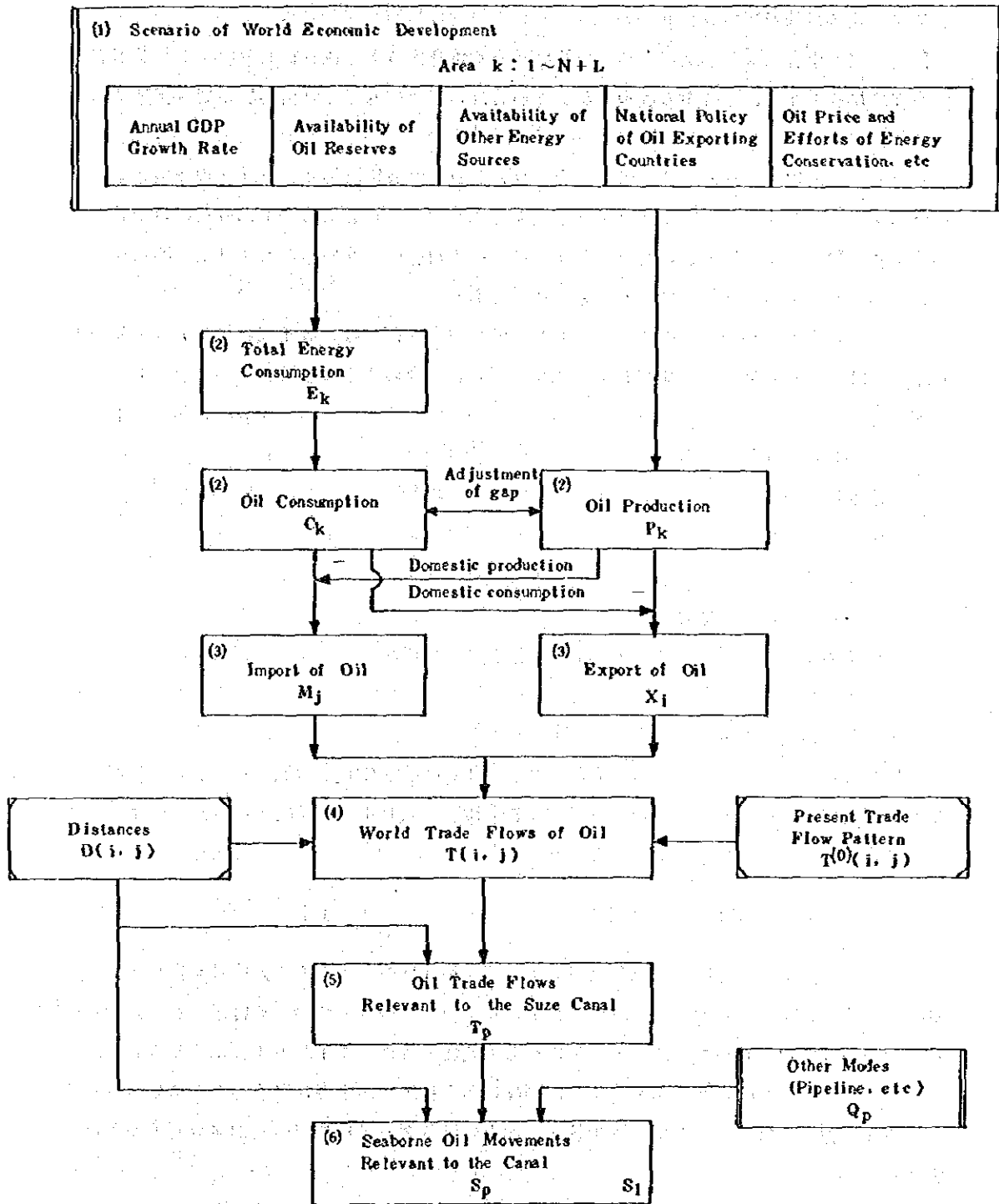


図 2.4 長期予測の手順

2.2.1 世界経済発展のシナリオ

長期予測の場合には、各地域の経済発展に関する整合性のある仮説群を選択する必要がある。同程度に起きそうないくつかの仮説群がある場合は、各々に対して経済発展の姿を記述するシナリオを作成する。

シナリオを設定するためには、国際連合、OECD等の各種機関による既存の予測結果を十分に活用することができよう。様々な予測結果を比較検討することによって、数種類のシナリオを抽出する必要がある。抽出されたシナリオには、最も可能性の高いものおよび基本的に異なる仮説から導かれるものを含まれていることが必要である。

シナリオは多くの因子から構成されており、最も重要な因子は、各地域のGDP成長率である。 GR_k は地域kのGDP成長率を表わす。 GR_k 以外に、次のような事柄について設定しておく必要がある。

- 石油資源の埋蔵量分布
- 産油国の政策
- 新規油田の発見
- 石油価格
- エネルギー節約の努力
- 原子力などの石油以外のエネルギー資源の利用可能性

2.2.2 石油の消費と生産

地域kのエネルギー消費量を E_k で表わすと、 E_k は通常 GR_k (地域kのGDP成長率)と地域kの弾性率(エネルギー消費増加率/GDP成長率) e_k によって予測される。次式は、エネルギー消費量を予測する最も標準的なものである。

$$E_k^n = E_k^0 \cdot (1 + e_k \cdot GR_k)^n \quad (2-1)$$

ここで、 E_k^0 および E_k^n は、地域kの基準年と第n年度目のエネルギー消費量を表わす。 e_k と GR_k は、すでにシナリオの設定の段階で決定されている。地域kにおける将来の石油消費量(C_k)は、その地域での代替的なエネルギー源の利用可能性を考慮して下記のように予測される。

主なエネルギー源は、石油、天然ガス、固体燃料(石炭)、水力、原子力などに分類される。エネルギー源別の将来エネルギー消費量は、過去の実績データに基づいた回帰分析等の方法で予測される。

個別の予測結果の合計は必ずしも前に述べた総エネルギー消費量の予測値とは一致しないため、ある種の調整が必要となる。この調整を行う便宜的な方法の1つは、 E_k を各エネルギー源別の予測値に比例するように再配分する方法である。このような調整によって、地域kにおける石油消費量の予測値を求めることができる。石油消費量(C_k)を予測するもう1つの方法は、総エネルギー消費量の予測値 E_k から他のエネルギー源の利用計画値を差し引いて求める方法である。

さらに、地域kにおける石油生産能力(P_k)は、石油の埋蔵量、産油国の政策などを考慮して予測される。石油生産能力の予測後、全世界の石油消費量予測値と生産能力とを比較して、次のような修正を生産および消費に対して加える。このようにして、全世界の需給バランスのとれた各地域の石油生産量および消費量を予測することができる。

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{k=1}^{N+L} C_k \leq \sum_{k=1}^{N+L} P_k \text{ の場合} \quad \dots\dots\dots \sum_{k=1}^{N+L} C_k = \sum_{k=1}^{N+L} P_k \text{ となるように } P_k \text{ を修正。} \\ \sum_{k=1}^{N+L} C_k > \sum_{k=1}^{N+L} P_k \text{ の場合} \quad \dots\dots\dots \sum_{k=1}^{N+L} C_k = \sum_{k=1}^{N+L} P_k \text{ となるように } C_k \text{ を修正。} \end{array} \right.$$

2.2.3 石油の輸入と輸出

地域jへの輸入(M_j)と地域iからの輸出(X_i)は、次式によって概ね予測することができる。

$$\left\{ \begin{array}{l} M_j = \begin{cases} C_j - P_j & \dots\dots\dots C_j \geq P_j \text{ の場合} \\ 0 & \dots\dots\dots \text{それ以外} \end{cases} \\ X_i = \begin{cases} 0 & \dots\dots\dots C_i \geq P_i \text{ の場合} \\ P_i - C_i & \dots\dots\dots \text{それ以外} \end{cases} \end{array} \right. \quad (2-2)$$

2.2.4 石油の世界貿易フロー

地域間の石油貿易フローは、輸出入の予測値、現在の貿易フロー・パターン、地域間の距離などに基づいて予測される。O/Dパターンを予測する数学的手法として下記のような各種のものが開発され適用されている。

- a) Constant-Factor Method by Origins
- b) Constant-Factor Method by Destinations
- c) Furness Method
- d) Average-Factor Method
- e) FRATOR Method
- f) Detroit Method
- g) Gravity Model

以下に詳しく紹介するFRATOR法は、上記の手法の中では最も複雑なもの1つである。

FRATOR法

FRATOR法で用いるデータは次のとおりである。

$T^{(0)}(i, j)$: 地域iから地域jへの基準年の貿易量

$X^{(0)}(i)$: 基準年の地域iからの輸出量

$M^{(0)}(j)$: 基準年の地域jへの輸入量

$$X^{(0)}(i) = \sum_{j=1}^L T^{(0)}(i, j) \quad (2-3)$$

$$M^{(0)}(j) = \sum_{i=1}^N T^{(0)}(i, j) \quad (2-4)$$

$X(i)$: 将来の地域 i からの輸出量予測値

$M(j)$: 将来の地域 j への輸入量予測値

入力データの形式は、表 2.2 に示すとおりである。将来の貿易フロー ($T(i, j)$) の予測は、上記のデータを用いて次のステップに従って行われる。

1) 第 1 次近似 $T^{(1)}(i, j)$

まず、Growth Factors (F と G) の第 0 近似値を次式で求める。

$$F^{(0)}(i) = X(i) / X^{(0)}(i) \dots\dots\dots (2-5)$$

$$G^{(0)}(j) = M(j) / M^{(0)}(j) \dots\dots\dots (2-6)$$

次に、第 1 次近似値は、上記の値を使って下記の式で求められる。

$$T^{(1)}(i, j) = T^{(0)}(i, j) \cdot F^{(0)}(i) \cdot G^{(0)}(j) \cdot \frac{U^{(0)}(i) + V^{(0)}(j)}{2} \dots\dots\dots (2-7)$$

$$U^{(1)}(i) = X^{(0)}(i) / \left[\sum_{j=1}^L (T^{(0)}(i, j) \cdot G^{(0)}(j)) \right] \dots\dots\dots (2-8)$$

$$V^{(1)}(j) = M^{(0)}(j) / \left[\sum_{i=1}^N (T^{(0)}(i, j) \cdot F^{(0)}(i)) \right] \dots\dots\dots (2-9)$$

2) 第 2 次近似 $T^{(2)}(i, j)$

$$X^{(1)}(i) = \sum_{j=1}^L T^{(1)}(i, j) \dots\dots\dots (2-10)$$

$$M^{(1)}(j) = \sum_{i=1}^N T^{(1)}(i, j) \dots\dots\dots (2-11)$$

$$F^{(1)}(i) = X(i) / X^{(1)}(i) \dots\dots\dots (2-12)$$

$$G^{(1)}(j) = M(j) / M^{(1)}(j) \dots\dots\dots (2-13)$$

$$U^{(1)}(i) = X^{(1)}(i) / \left[\sum_{j=1}^L (T^{(1)}(i, j) \cdot G^{(1)}(j)) \right] \dots\dots\dots (2-14)$$

$$V^{(1)}(j) = M^{(1)}(j) / \left[\sum_{i=1}^N (T^{(1)}(i, j) \cdot F^{(1)}(i)) \right] \dots\dots\dots (2-15)$$

$$T^{(2)}(i, j) = T^{(1)}(i, j) \cdot F^{(1)}(i) \cdot G^{(1)}(j) \cdot \frac{U^{(1)}(i) + V^{(1)}(j)}{2} \dots\dots\dots (2-16)$$

3) 第 m 次近似 $T^{(m)}(i, j)$

$$T^{(m)}(i, j) = T^{(m-1)}(i, j) \cdot F^{(m-1)}(i) \cdot G^{(m-1)}(j) \cdot \frac{U^{(m-1)}(i) + V^{(m-1)}(j)}{2} \dots\dots\dots (2-17)$$

以上のような反復計算は、すべての $F^{(m)}(i)$, $G^{(m)}(j)$, $U^{(m)}(i)$, $V^{(m)}(j)$ が 1.0 に収束するまで続けられる。通常、この計算はコンピュータによって行われる。こうして得られた結果は、表 2.3 に示す形式で表わされる。

Gravity Modelを採用する場合は、表2.2のデータの他に地域間の距離データも使用される。
 以上の方法によって、将来の地域間石油移動量を予測することができる。

2.2.5 スエズ運河に関連した石油貿易フロー

地域間の距離データを用いて、スエズ運河を通ることによって距離が節約できるO/Dペア(p)を抽出することができる。抽出されたO/Dペアに対して貿易フローを整理すると、スエズ運河に関連した石油貿易フロー(T_p)が求められる。

2.2.6 スエズ運河に関連した石油の海上輸送量

スエズ運河に関連した各O/Dペア(p)に対して、海上輸送以外のシェアは次のような情報に基づいて推定される。

- a) パイプライン、ランド・ブリッジなどの他の輸送手段の容量
- b) 海上輸送と他の輸送手段との輸送コスト比較

O/Dペア(p)の各々に対して、将来の他の輸送手段による輸送量(Q_p)を将来の石油貿易フロー(T_p)から差し引くことによって、スエズに関連した石油の海上輸送量(S_p)を予測することができる。

$$S_p = T_p - Q_p \quad \dots\dots\dots (2-18)$$

以上の結果は、表2.4で示す形で表わされる。

表 2.2 現在の貿易フロー表
 $T^{(0)}(i, j)$ (入力データ) (M. M. T.)

輸入地域 \ 輸出地域	1	2	3	4	.....j.....	L-1	L	計
1								$X^{(0)}(1)$
2								$X^{(0)}(2)$
3								$X^{(0)}(3)$
4								$X^{(0)}(4)$
.....i.....					$T^{(0)}(i, j)$			
N-1								$X^{(0)}(N-1)$
N								$X^{(0)}(N)$
計	$M^{(0)}(1)$	$M^{(0)}(2)$	$M^{(0)}(3)$	$M^{(0)}(4)$		$M^{(0)}(L-1)$	$M^{(0)}(L)$	$T^{(0)}$

表 2.3 将来の貿易フロー表 (出力結果)

輸入地域 輸出地域	1	2	3	4	..... j	L-1	L	計
1								X(1)
2								X(2)
3								X(3)
4								X(4)
..... i					T(i, j)			
N-1								X(N-1)
N								X(N)
計	M(1)	M(2)	M(3)	M(4)		M(L-1)	M(L)	T

表 2.4 スエズ運河関連の石油海上輸送量

O/D ペアの番号	貿易フロー		貿易量 (M.M.T)	距離の節約 (マイル)	パイプライン等 による輸送量 (M.M.T)	海上輸送量 (M.M.T)
	出発地	目的地				
1						
2						
3						
4						
5						
..... p			Tp		Qp	Sp
合計						

第3章 世界のタンカー船腹量

3.1 方法論

世界のタンカー船腹量の予測方法は、供給側からのアプローチと需要側からのアプローチの2つの方法がある。

供給側からのアプローチは、現存船腹量と将来建造見込量を既存統計から把握し、これらの解体喪失量を差し引くことによって将来のタンカー船腹量を予測する方法である。既存統計に基づくこの方法では、5年から10年先までのタンカー供給量が把握可能であり、現在のように、世界の船腹量が過剰である場合の中長期予測に適している。

需要側からのアプローチは、将来の世界の石油貿易量に基づいて、航路別通航量予測を行なうことによって、貿易量に見合ったタンカー船腹量を予測する方法である。この方法では、船腹過剰量を把握できない。しかしながら、長期的には、船腹過剰は解消されるものと考えられるので、世界の貿易動向に基づく長期の船腹量予測に適している。

本節では、2つのアプローチを組み合わせた分析方法を示す。予測過程の全体は、図3.1の予測フローに示すとおりである。

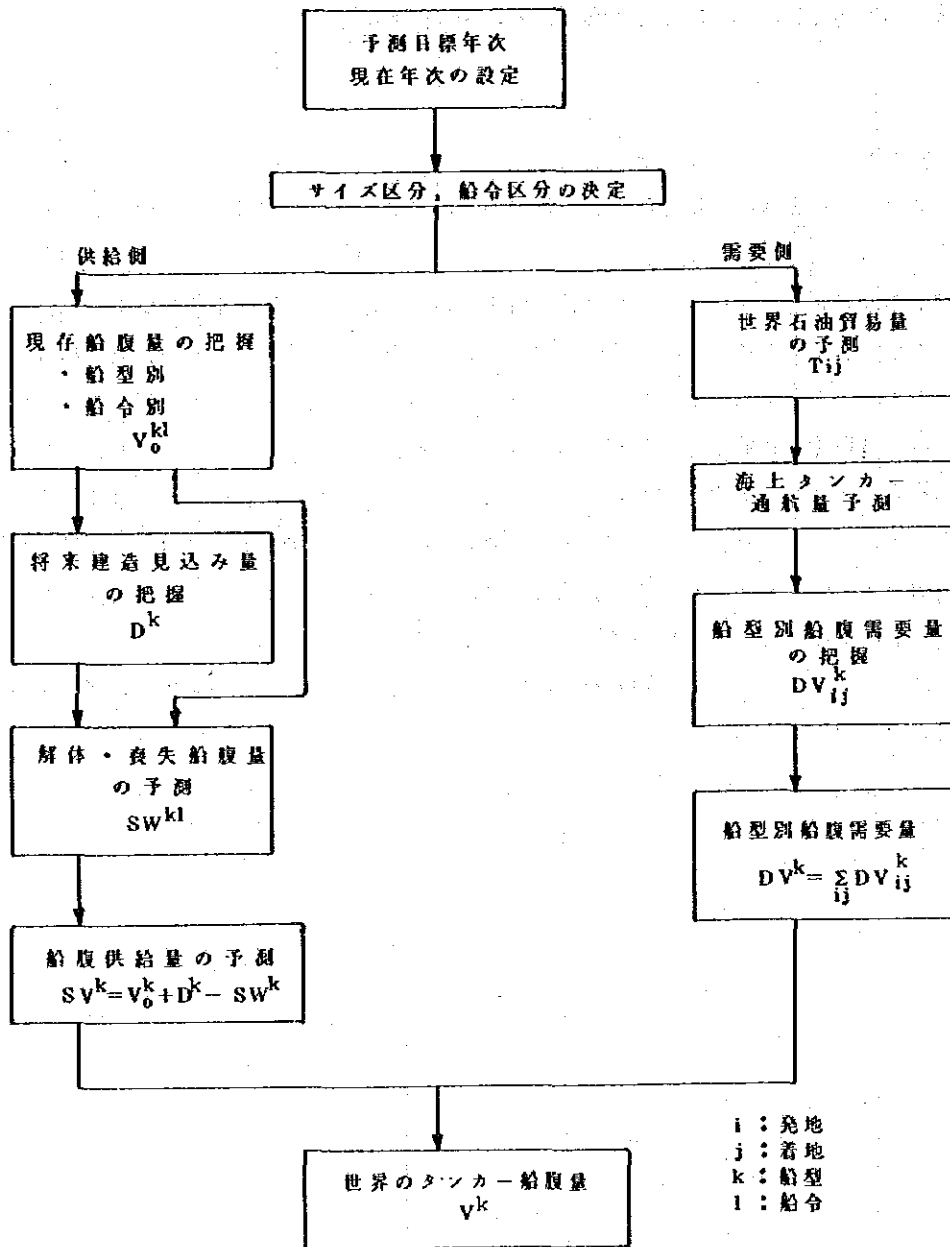


図 3.1 タンカー船腹量の予測手順

需要側からのアプローチでは、貿易量予測と輸送コストを考慮した通行量予測が必要となる。これらの方法は、第2章及び第5、6章で記述されるので本章では省略する。本節のアウトプットであるタンカー船腹量 (V^k) は、次の形で求められる。

$$V^k = \begin{cases} S V^k & \text{iff. } S V^k > D V^k \\ D V^k & \text{iff. } S V^k \leq D V^k \end{cases}$$

つまり、タンカー供給量が需要量よりも多い場合(中期)には、供給量に応じてタンカー船腹量が決定される。逆の場合(長期)には、需要量が供給されるものとする。

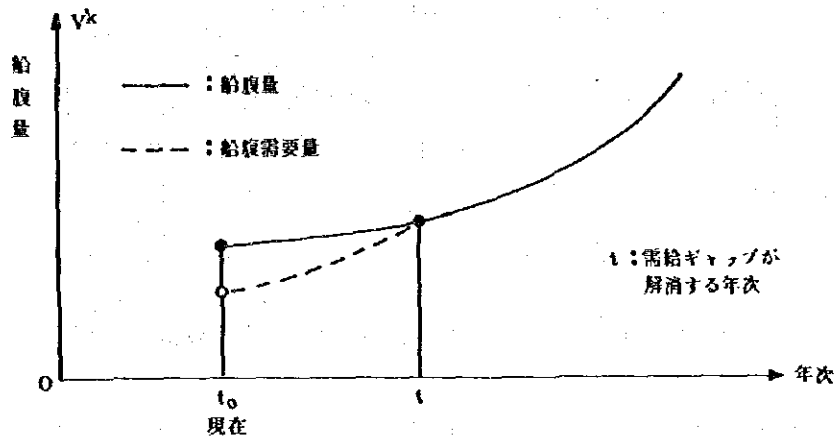


図3.2 船腹供給の推移

3.2 現存船腹量

タンカー現存船腹量は、船型別船令別に、表3.1の形に整理する。これらのデータは、ロイド統計、ファンリー・イーガース社統計を用いて作成できる。

表3.1 船型・船令別現存船腹量(タンカー)のまとめ

船型 (000DWT)	船令別	0~4	5~9	10~14	計
0~60						
60~150						
.....						
計						

3.3 将来建造見込み

将来の建造見込み量は、発注済船腹量を積算することによって把握できる。但し、将来建造量は、5年から10年先程度までの見込みは可能であるが、それ以上の長期については、既存統計（例えば、Jacobs & Drewry）から把握できない。そこで、将来建造見込み量は、近い将来の船腹供給量を算出し、必要船腹量との比較を行ない、船腹需給のギャップを把握する上で有用である。

将来建造見込み量は、表3.2の形に整理できる。

表3.2 タンカー建造見込み量のまとめ (000 DWT)

船型 (000DWT)	年	future			
		1980	1981	1990
0~60					
60~150					
.....					
計					

将来の建造見込み量を把握するためには、供給に影響を与える次の要因を考慮して推計する必要がある。

- ① あり得る将来のキャンセル。
- ② 他の船への転換。
- ③ 建造の延期。
- ④ Ship yard の稼働状況

3.4 解体・喪失船腹量

解体・喪失船腹量は、公表された各種統計（例えばロイド統計）に基づいて、その推移を分析することができる。一般に解体に比べて喪失量は量的に少ない。解体・喪失に関して最も重要な要素は船令と船腹需給である。解体・喪失量の子測は、過去の船令別船腹量の減少の推移に基づいて行なう。

本節では、解体・喪失分析の基本的な方法を示す。

まず、過去の解体・喪失率/年を、表3.3の形に整理する。

表3.3 解体・喪失率の推移 (タンカー)

年	船令	5~9才	10~14才	.....	25才~
		1960年			
1961年					
.....					

次に、表 3.3 のデータを用いて解体・喪失率の平均的傾向を次式で予測する。

$$S_1 = \frac{1}{a + b \cdot c^n} \quad (3-1)$$

但し、 a, b, c : 定数パラメータ

n : 船令

S_1 : 解体・喪失率の理論値

パラメータ (a, b, c) は、回帰分析によって推定できる。

解体・喪失率の理論値 S_1 と実績値の乖離は、需給ギャップによるところが大きいと考えられるので、この乖離を説明する要因として係船率 L を用い船令別に次式で推定する。

$$R_1 = \alpha + \beta \log L \quad (3-2)$$

R_1 : 実績値 / S_1

L : 係船率 (係船船腹量 / 現存船腹量)

α, β : 定数パラメータ (船令別)

解体・喪失率の理論値と実績の乖離は、例えば下図の形で示せる。

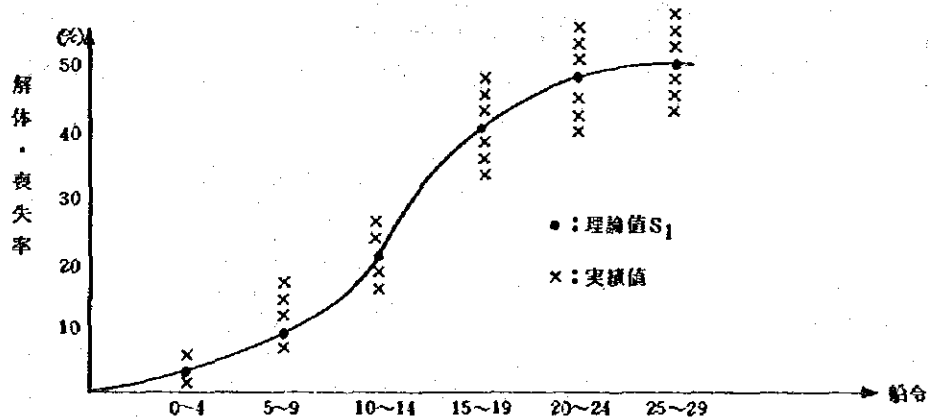


図 3.3 解体喪失率予測

解体・喪失率の予測値は、(3-1)、(3-2)式を組み合わせることで次式で求められる。

$$\begin{aligned} \hat{S}_1 &= R_1 \cdot S_1 \\ &= \frac{\alpha + \beta \log L}{a + b \cdot c^n} \quad (3-3) \end{aligned}$$

但し、 \hat{S}_1 : 船令別解体・喪失率予測値

将来の解体・喪失率予測値は、将来の係船率を設定することによって、(3-3)式を用いて得られる。この結果を、現存船腹量(表3.1)と建造見込み量(表3.2)に適用することによって、目標年次までの年々解体・喪失船腹量を得る。つまり、解体・喪失量は、現存船腹量に対応する解体・喪失量と、将来建造船の老朽化による解体・喪失量の2種がある。

3.5 将来船腹量

将来船腹量は、次の表の形でまとめられる。

表 3.4 将来船腹量のまとめ

年次	項目	記号	サイズ区分		
			0~60	60~150	.....
現在	現存船腹量	v_0^k			
目標年次	目標年次までの建造見込み量	D^k			
	目標年次までの解体・喪失量	SW^k			
	船腹供給量	SV^k			
	船腹需要量	DV^k			
	船腹余剰量	$SV^k - DV^k$			
	将来船腹量	v^k			

但し、将来船腹量 = $\begin{cases} \text{船腹供給量} (SV^k > DV^k \text{の場合}) \\ \text{船腹需要量} (SV^k \leq DV^k \text{の場合}) \end{cases}$
 $SV^k = v_0^k + D^k - SW^k$

第4章 タンカーによる輸送コスト

4.1 方法論

輸送コストは、スエズ運河通行量と世界船腹量を予測する上で、極めて重要である。

輸送コストは、積荷1トン当りコストとして定義される。この輸出コストは、船のサイズと発着地（航路）に対応して決定されるものである。

発着地間の距離は船舶の生産性を示すところの輸送効率に影響を与える。

$$\text{輸送効率} = \frac{\text{一年間の発着地間輸送量 (Ton)}}{\text{船のサイズ (DWT)}} \quad (4-1)$$

トン当り輸送コストとは、年間輸送コストを年間輸送量で割ることによって算定できる。

$$\begin{aligned} \text{トン当り輸送コスト} &= \frac{\text{発着地間年間輸送コスト}}{\text{年間輸送量}} \\ &= \frac{\text{発着地間年間輸送コスト}}{\text{輸送効率} \times \text{船のサイズ (DWT)}} \end{aligned} \quad (4-2)$$

輸送コスト算定の一般的手順は、図4.1に示すとおりである。

輸送コストは、数多くのコスト構成要素に分割でき、これらの要素から成るコスト算定式を用いて算定される。そこで、次節以下において、輸送効率、年間輸送コスト、及びトン当り輸送コストの算定手順を示す。

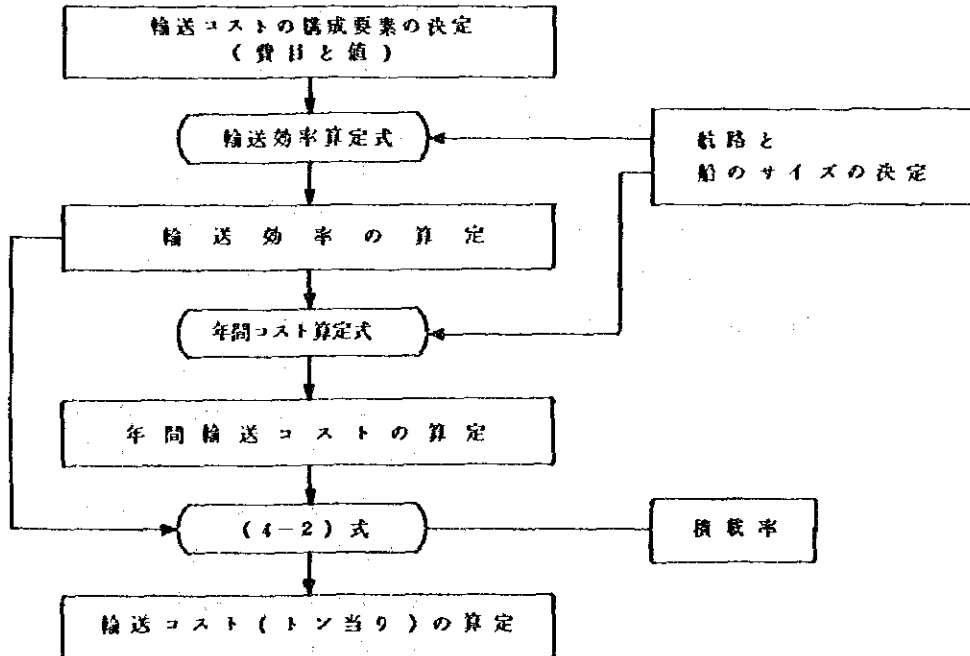


図4.1 輸送コスト算定手順

4.2 年間輸送効率

年間輸送効率 (Annual Carrying Capacity, ACC) は、船舶量 (DWT) が1年間に発着地間を何トン輸送できるかを示す指数であり、(4-1)式で定義された。これを分解して表示すると次のようになる。

$$ACC = \frac{D_a}{\frac{d}{S_1 \cdot 24} + \frac{d}{S_2 \cdot 24} + D_t + D_o} \times R \quad (4-3)$$

但し ACC : 年間輸送効率 (トン/DWT)

D_a : 運転日数 (日/年)

D_t : 積込日数 (日/航海)

D_o : 荷揚日数 (日/航海)

d : 発着地間距離 (マイル)

S_1 : 積載時船速 (マイル/時)

S_2 : バラスト時船速 (マイル/時)

R : 積載率 (トン/DWT)

積載率は、DWTの有効利用率を示し、全重量トンから燃料、飲料水、船用品を差し引いたところの積載重量比率である。

輸送効率の予測に際しては、上記の $D_a \sim R$ の各要素を航路別サイズ別に、海運市場、造船技術の変化を考慮して予測するのが最も詳細な方法である。しかしながら、データ収集の制約もあるので、次の簡略式を用いて予測しても良い。

$$ACC = \frac{365 - D_s}{\left(\frac{d}{S \times 24}\right) \times 2 + D} \times R \quad (4-3')$$

但し S : 船速 (マイル/時)

D : 荷役日数 (日/航海)

D_s : 停船日数 (日/年)

表 4.1 輸送効率のまとめ方

年次	船のサイズ (oooDWT)	発着地、航路	停船 日数 (日)	輸送 距離 (マイル)	船速 (マイル/時)	荷役 日数 (日)	積載 率	輸送 効率
1970	10	A → B	35	3820	13	7	0.95	996

4.3 年間輸送コスト

年間輸送コスト (G) は、資本コストと運航コストから成る。

$$C_t = C_k + C_o \quad (4-4)$$

但し C_k : 資本コスト (\$/年)

C_o : 運航コスト (\$/年)

資本コストは、次式で表わされる。

$$C_k = P_r (1+E) (R_d + R_r + R_i) = P_r C \quad (4-5)$$

但し P_r : 契約船価 (\$)

E : 乗出費用率 (%)

R_d : 減価償却率 (%)

R_r : 金利利率 (%)

R_i : 保険料率 (%)

C : 年コスト換算率 (%)

運航コストは、次式で表わされる。

$$C = B_k + P_t + C_f + M_s + A_d + L_b + R_p \quad (4-6)$$

但し B_k : バンカー油費 (\$1年)

P_t : 港荷費 (\$1年)

C_f : 船員費 (\$1年)

M_s : 船用品費 (\$1年)

A_d : 店費 (\$1年)

L_b : 潤滑油費 (\$1年)

R_p : 修繕費 (\$1年)

運航コストの一要素であるバンカー油費 (B_k) は、次式で得られる。

$$B_k = B_1 P_b D_a + B_2 P_b (D_t + D_o) (ACC/R_w) \quad (4-7)$$

但し B_1 : 航海時バンカー油消費量 (トン/日)

B_2 : 停船時バンカー油消費量 (トン/日)

P_b : バンカー油価格 (\$/トン)

ACC/R : 年間航海数 (航海/年)

同じく、港湾量 (P_t) は、次式で表わされる。

$$P_t = (T_1 + T_o) (ACC/R_w) \quad (4-8)$$

但し T_1 : 積込費用 (\$/航海)

T_o : 荷揚費用 (\$/航海)

4.4 トン当り輸送コスト

トン当り輸送コスト (C) は、年間輸送コストを年間輸送量で割ることによって算定できる。この算定式は、(4-2)~(4-8)式を整理することによって、次の形にまとめられる。

$$C = a + b d \quad (4-9)$$

但し a, b : 係数

d : 輸送距離 (マイル)

$$a = \left[\frac{(P_r C + C_r + M_s + A_d + L_b + R_p)(D_t + D_o)}{D_a} + B_2 P_b (D_t + D_o) + T_1 + T_o \right] \frac{1}{D_w R} \quad (4-10)$$

$$b = \left[\frac{(P_r C + C_r + M_s + A_d + L_b + R_p)(D_t + D_o)}{D_a} + B_1 P_b \right] \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right) \frac{1}{24} \frac{1}{D_w R} \quad (4-11)$$

$$c = (1 + E) (R_a + R_r + R_i) \quad (4-12)$$

D_w : 船のサイズ (DWT)

つまり、輸送コストは、輸送距離の1次式として表わされる。輸送コストの構成要素は、船型によって大巾に異なるので、船型別に求める必要がある。

4.5 データと結果

輸送コスト算定とは、船型別に、コスト構成要素の具体的数値(データ)を与え、輸送コスト算定式決定することによって実施される。

輸送コスト算定に必要なデータは、表4.2の通りである。

表 4.2 輸送コスト算定に必要なデータ

名 称	単 位	記号	名 称	単 位	記号
船 型	DWT	Dw	保 険 料 率	%	Ri
積 載 量	トン/DWT	R	船 員 費	\$/年	Cr
輸 送 距 離	マイル	d	船 用 品 費	\$/年	Ms
運 転 日 数	日/年	Da	店 費	\$/年	Ad
積 込 日 数	日/航海	Di	潤 滑 油 費	\$/年	Ld
荷 揚 日 数	日/航海	Do	修 繕 費	\$/年	Rp
積 載 時 船 速	マイル/時	Si	バンカー油価格	\$/トン	Pb
バラスト時船速	マイル/時	So	航海時バンカー油消費量	トン/日	B1
契 約 船 価	\$	Pr	停船時バンカー油消費量	トン/日	B2
乗 出 費 用 率	%	E	積 込 費 用	\$/航海	Ti
減 価 償 却 率	%	Rd	荷 揚 費 用	\$/航海	To
金 利	%	Rr			

輸送コスト分析の結果は、次のようにまとめられる。

(1) 輸送コスト算定式

表 4.3 輸送コスト算定式の例

船型区分 (000DWT)	代表船型 (000DWT)	算定式
10~60		$C = 1.27 + 0.6t$
60~150		$C = 0.70 + 0.4t$

(2) トン当り輸送コスト

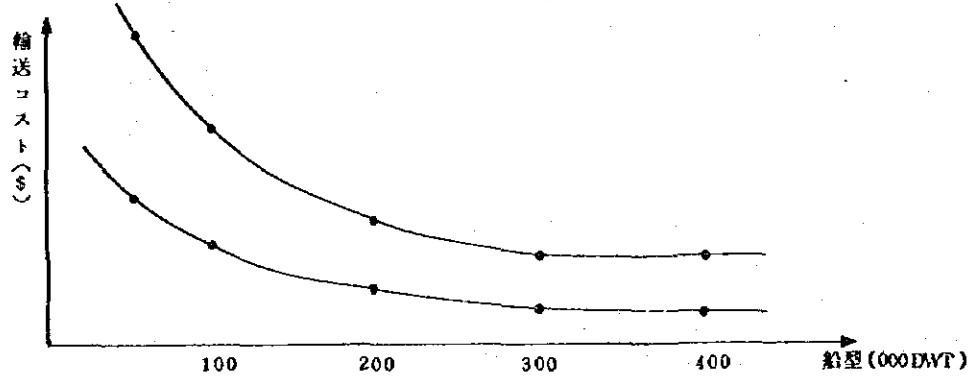


図 4.2 トン当り輸送コストの例

(3) 航路別、輸送効率、輸送コスト

表 4.4 発着地間輸送効率・輸送コストの例

発着地・航路	船型 (000DWT)	輸送距離 (マイル)	輸送効率 (トン/DWT)	輸送コスト (\$/トン)
Kuwait-Rotterdam (スエズ経由)	40	6500	9.96	10.00

第5章 タンカーのスエズ運河通航量

5.1 方法論

スエズ運河のタンカー通航量予測は、先に求めた運河関連ODの原油輸送量、世界タンカー構成および輸送コストをもとに、運河の各拡張段階（表5.1参照）での通航量（重量トン）を求めるものである。この予測は図5.1の予測フローにしたがって行われる。まず、運河のドラフト制限がないものとして、スエズ運河と代替ルート（喜望峯回り）との利用率が決定される。

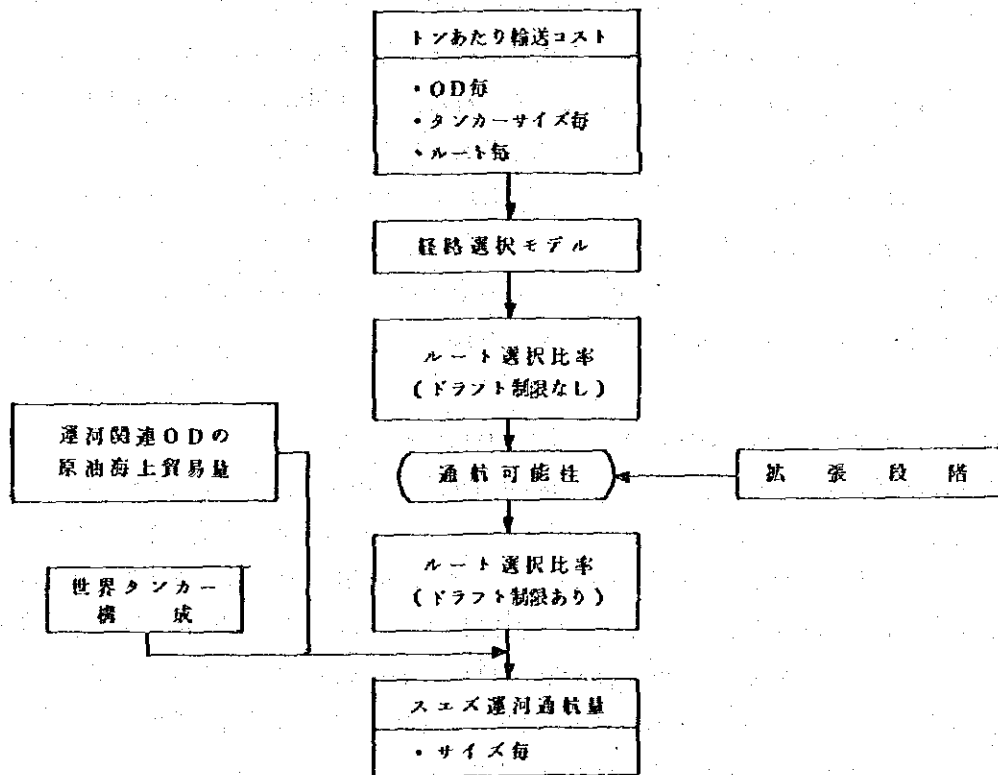


図5.1 タンカー通航量予測のフロー

表5.1 運河拡張段階の例

拡張段階	Draught (feet)	Wet Cross-section (m ²)	Maximum Size (1000 DWT)	
			Laden	Ballast
I	38	1,800	60	200
II	53	3,600	150	330
III	67	5,000	260	700

これは、両ルート間の輸送コスト差をもとにして経路選択モデルによって行われる。

次に各拡張段階での運河通航可能性を考慮して、通航不可能な量を希望峰に配分することにより、実際にスエズ運河を利用する比率をタンカーサイズ毎に求める。この比率とあらかじめ配分されたタンカーサイズ毎の原油量からサイズ毎のスエズ運河通航量が求められる。

5.2 ドラフト制限のない場合の経路選択

5.2.1 経路選択モデル

いくつかの代替的な経路が考えられる場合、タンカーは、そのうちもっとも安価な輸送コストの経路を選択するものとする。

C_A 、 C_B をそれぞれ、経路Aおよび経路Bを通った場合の輸送コストとすると、この2つの経路のうちどちらを選択されるかは $(C_A - C_B)$ の正負によって決定される。すなわち $C_A \geq C_B$ ならば経路Bが選択され、逆に C_B の方が C_A より大きければ経路Aが選択される。

ここで、輸送コストは同一のサイズグループの中でも船によって異なっているので、 C_A 、 C_B および $C_A - C_B$ はいずれもばらつきをもつ確率変数と考えられる。したがって、経路Bが経路Aより選好される比率は、 $C_A - C_B$ が正である範囲すなわち C_A が C_B を上回る場合の確率密度を積分することによって算定される。

5.2.2 ドラフト制限のない場合のスエズ運河経由比率

上記の選択モデルを用いて、スエズ運河経由か希望峰回りかの選択比率を求める。

C_C および C_S をそれぞれ希望峰回りおよびスエズ運河経由の場合の輸送コストとする。さらに、これらのコストのばらつきは正規分布にしたがい、その平均は、4章の輸送コスト算定式により求めた \bar{C}_C 、 \bar{C}_S 、標準偏差は σ とする。このとき、輸送コスト差 $(C_C - C_S)$ はやはり正規分布にしたがい、その平均 (μ) は $\bar{C}_C - \bar{C}_S$ 、標準偏差 (S) は $\sqrt{2}\sigma$ である。 $C_C - C_S$ が正の場合の確率密度を積分することによって、スエズ運河が選択される場合の比率が求められるので、(図5.2の斜線部分)、次の式がこの比率 r を与えることになる。

$$r = \int_0^{\infty} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}S} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2S^2}\right] \right) dx \quad (5-1)$$

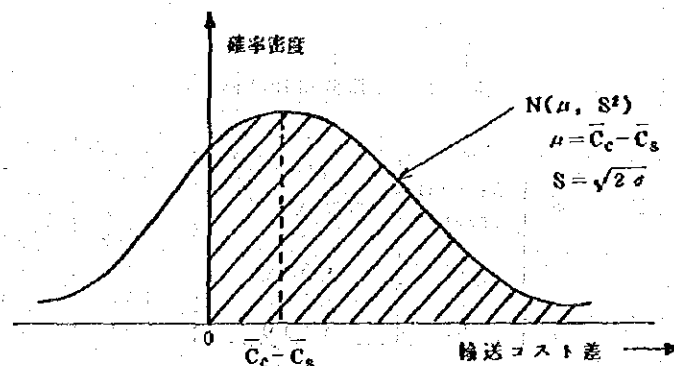


図5.2 スエズ運河が選択される比率

5.3 ドラフト制限を考慮した場合の経路選択

実際のスエズ運河経由比率を決定する場合には、通航できる最大のタンカーサイズを規定するドラフトを考慮しなければならない。

さらに現実を反映させるために、経路は片道ではなく往復の経路として考慮される。関連のある経路は次の3とおりである。

- (i) 往路(積載)、復路(空船)共にスエズ運河を経由するもの(S/S)
- (ii) 往路は喜望峰を回り、復路はスエズ運河を経由するもの(C/S)
- (iii) 往路、復路ともに喜望峰を回るもの(C/C)

このとき、実際の選択比率は、ドラフト制限がない場合の選択比率の結果(積載の場合の運河経由、喜望峰回りの比率をそれぞれ $r_0^*(S)$ 、 $r_0^*(C)$ 、無積載の場合を $r_0^*(S)$ 、 $r_0^*(C)$ とする)および各拡張段階における通航可能性を併せて考慮して、次のように決定される。

- (i) タンカーが無積載でも通航できない場合、必ず経路C/Cが選択される。
- (ii) 無積載の場合は通航可能であるが積載しているときは通航不可能な場合

経路C/Sおよび経路C/Cがあり、これらのシェアは無積載タンカーのドラフト制限がない場合の運河経由選択比率($r_0^*(S)$)と喜望峰回り選択比率($r_0^*(C)$)に一致する。往路においては、喜望峰回りしかなく、復路は通航制限のない場合の無積載タンカーの選択比率に等しいからである。

- (iii) 積荷状態にかかわらず通航可能な場合

全ての経路、C/C、C/S、S/Sが存在する。往路でスエズ運河を経由したタンカーは、復路は運河通航料が無積載で安くなることを考慮すると必ずスエズ運河を経由すると考えられる。したがってドラフト制限のない場合の積載タンカーのスエズ運河経由比率($r_0^*(S)$)が経路S/Sの比率になる。次に通航制限がない場合の無積載タンカーのスエズ運河経由比率($r_0^*(S)$)は、経路C/Sの比率と経路S/Sの比率を加えたものである。これから経路S/Sの比率を差し引くことにより、経路C/Sの比率が求まる。経路C/Cの比率は、経路S/Sと経路C/Sにたいする比率を差し引いた残余で算定する。

5.4 スエズ運河通航量

5.4.1 前提

スエズ運河関連OD間を輸送するタンカーのサイズ構成は、世界全体のタンカー構成に一致するものとする。

厳密に言えば、同一のODでも複数の経路があって、それらの選択比率がタンカーサイズによって異なる場合、経路間で航行距離が相違していると考えられるので、タンカーサイズによって市場性(余剰の状態)が違ってくる。この市場性のちがいが、ODごとにそのタンカー構成を、世界のタンカー構成とかけ離れさせる。しかしながら、ここでは単純化のために上の前提が成立するものとする。

5.4.2 各経路の輸送量

あらかじめ求められた海上貿易量を、各タンカーサイズ毎に、また経路毎に、対応する比率で配分することにより、実際のスエズ運河通航量を求めることができる。

最初に、スエズ運河に関連した原油の海上貿易量を世界のタンカーのサイズ構成に比例させてタンカーサイズ別に割当てる。つぎにそれぞれのタンカーサイズに配分された貿易量は、経路選択モデルによって得られた経路選択比率によって経路S/S、経路C/S、経路C/Cに振り分けられる。

以上のようにして求められた各経路の輸送量は表5.2のようにまとめられる。

表5.2 経路別通航量

発着地	タンカーサイズ	通 航 量												
		経 路	S/S			C/S			C/C					
		拡張段階	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
* i → j	0~60 000D.W.T													
	60~150 000D.W.T													

* i → j は i 地域から j 地域への貿易量を示す。

第6章 タンカーによる運河収入

6.1 タンカーの通航料

スエズ運河通航料金算定の基準となるスエズ運河登録純トン(SCNRT)1単位にたいするスエズ運河通航料は、積載条件によって異なっている。SCNRTはDWTと相関しており、これらの定量的関係の把握のためには回帰分析を用いる。次式は過去のデータに最もフィットする関係式のひとつである。

$$\text{SCNRT} = a \times (\text{DWT})^b \quad (6-1)$$

上式の係数 a 、 b は、年々のデータに応じて更新すべきである。

6.2 スエズ運河通航隻数

上記の回帰式でDWTがSCNRTに変換されることにより、通航料は1隻あたりで換算される。したがって運河の通航量は、運河収入の算定のためには、通航隻数に換算した方がよい。

各経路の通航量が決まっている場合、その輸送に要するタンカーの隻数は通航量をタンカーの容量で割ることにより求められる。タンカーの容量は、DWTに積載率 R を乗じて求める。したがって次の式で通航隻数が算定される。

$$\text{通航隻数} = \text{通航量} / (\text{DWT}) \times \text{積載率}$$

上式で算定した、経路S/S、C/S、C/Cの通航隻数から、スエズ運河の南行、北行別の通航隻数が次の式により算定される。

$$\text{スエズ運河北行隻数} = (\text{S/S}) \text{の隻数} \quad (6-2)$$

(積載)

$$\text{スエズ運河南行隻数} = (\text{S/S}) \text{の隻数} + (\text{C/S}) \text{の隻数} \quad (6-3)$$

(空船)

6.3 運河通航タンカーによる収入

上記で求めた通航隻数に通航料を乗ずることにより運河収入が求められる。この算定結果は通航隻数と共に表6.1のようにまとめられる。

表 6.1 通航隻数と運河収入

拡張段階	タンカー サイズ	北 行		南 行		合 計	
		通航隻数	収入	通航隻数	収入	通航隻数	収入
I	0~60	...	...	...	...	...	...
	合 計	...	...	...	...	...	...
I							

6.4 感度分析

感度分析は、諸々の条件が不確実性をもつときの解の安定性のチェックを行うときや、最適な通航料を求めたりするときに行われる。運河通航料はタンカーの通航隻数に影響を与え、したがって収入に影響をもつ。したがって、一定の評価基準にもとづいた最適な状態を達成するための通航料を選択することができる。図 6.1 は拡張の諸段階（表 5.1 参照）に対するタンカー通航の需要曲線であり、また図 6.2 は通航料の変化に応じて、いかに収入が変化するかを示している。後者のグラフから、料金収入を最大にする通航料を知ることができる。この変化は、種の料金レベル毎に 1 回ずつ上記してきた方法を繰り返すことによって得ることができる。しかしながら、もしも通航料とそれに対応する通航隻数の関係が一定の関数として表わしうるならば、この需要曲線を用いて、通航料の収入にたいする感度分析を行うことができる。なぜならば、この需要曲線の通航料金弾力性を使って、料金の変化に応じた収入の増減を示し得るからである。今料金 T からの微小な変化を dT として、これに応じた収入の変化を R から dR とすると、弾力性 E は次のように定義される。

$$E = \frac{dR/R}{dT/T} \quad (6-4)$$

この弾力性の値が 1.0 より大きければ通航料金を増加させることにより収入は増加し、1.0 より小さければ逆に減少する。したがって、この弾力性値を用いて料金変化にたいする収入の変化を直接に知ることができる。

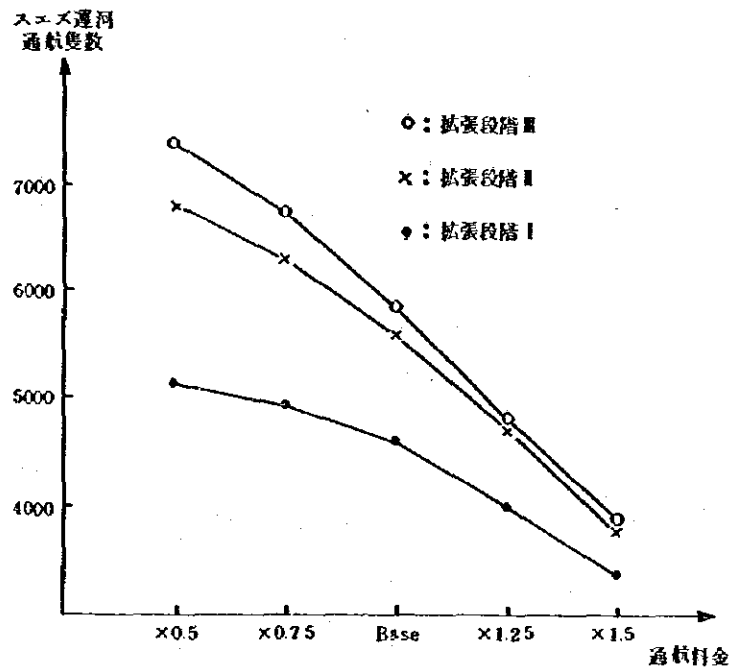


図 6.1 タンカー通航の需要曲線

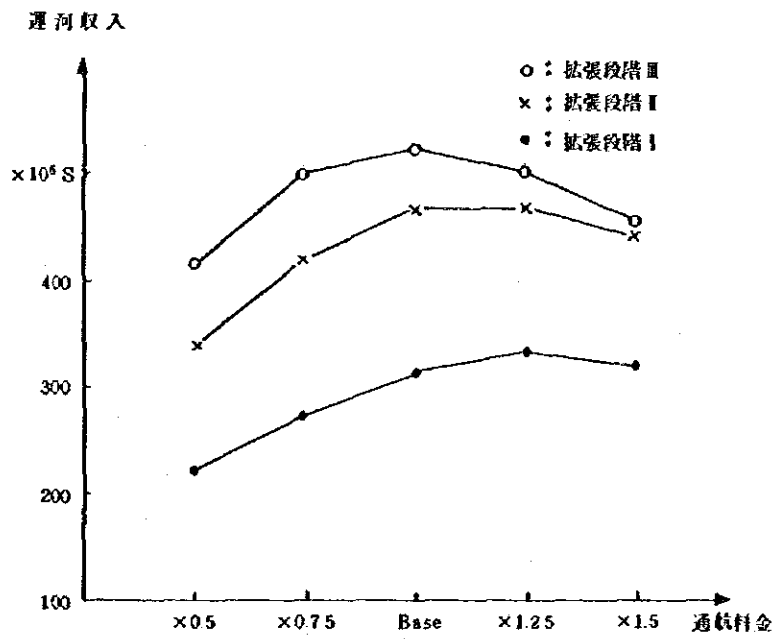


図 6.2 収入曲線

第VI部

既往フーズビリティ・スタディの要約

第1章 序

本技術協力においては、少なくとも、本技術協力が終了する時点ではエコノミックユニットの職員が、外部コンサルタントのおこなったフィージビリティ・スタディを評価・判断する能力を身につけることが望ましいと考えている。この目的を達成するための教材として、本部では、いくつかのスエズ運河拡張計画に関する既往調査報告書を選択し、これらの内容を要約する。

選択した報告書は次の4つである。

- (1) Maunsell Consultant LTD. (1976) : Development of Suez Canal Feasibility Study,
- (2) Sogreah Consulting Engineers (1976) : Suez Canal Development Feasibility Study,
- (3) 国際協力事業団 (1975) : スエズ運河拡張計画調査報告書,
- (4) Pacific Consultants International (1975) : Determination of Level and Structures of Dues for Suez Canal.

上記4つの報告書をここでは2つの方法でまとめた。第1の方法は個別の報告書の要約であり、第2の方法は、同一の調査項目について4つの報告書の比較を行うことである。この2つの方法を次の調査項目について要約している。

- (1) 調査の概要と主な結論
- (2) 調査対象としたプロジェクトの代替案
- (3) 通航量の子測結果
- (4) プロジェクト評価結果

一般的にフィージビリティ・スタディは対象プロジェクトがひき起こす様々な便益(収入)、費用(支出)の規模とその帰属の子測を行い、総合的な見地からそのプロジェクトの遂行についての経済的妥当性あるいは経営可能性の検討を行うものである。このためのおおまかな手順はつぎのとおりである。

- (1) 便益(収入)の推定
- (2) 費用(支出)の推定
- (3) 純現在価値基準あるいは内部収益率(IRR)を用いたプロジェクトの評価

ここに純現在価値基準とは便益(収入)が費用(支出)を上回るか否かを、また、内部収益率基準とは当該プロジェクトの収益率が他の投資機会の収益率を上回るか否かを、それぞれ妥当性の判断基準とするものである。

第2章 個別調査の要約

2.1 Maunsellの調査

2.1.1 調査概要と主な結論

1) 調査目的

本調査はSCAの収支分析の観点から、運河断面形状、きっ水、および通航料金に関して、最適な水準とその実行時期を決定し、スエズ運河拡張計画を最適なものにすることを目的とする。

2) 主な結論

- (1) 想定された立替案の中で、最高の財務的純現在価値を生み出す案は、段階的拡張計画である。すなわち、1978年末まで53 feetのきっ水にし、次に1982年末まで、68 feetとし、その後1988年末までに完全複線化を完成する案である。
- (2) この案を実行するに際して、最適な通航料金体系は、ヨーロッパ向のタンカーすなわち比較的小型のタンカーに対しては割高とし、大型タンカーに対しては比較的割安とする体系がよい。この結果、USA東岸向けのタンカーの若干はケープまわりとなるが、この損失以上の収入の増加が見込まれる。

3) 手法

本調査で採用されている手法は図2.1に示すとおりである。

2.1.2 調査対象としたプロジェクト代替案

- 1) 現行の24時間サイクル航行システムをバイパス建設期間中を除いて(この期間は48時間サイクルにする)維持する。
- 2) 表2.1に示すようにタンカーに対しては、2種のタリフ構造に関する代替案。タンカー以外の船種に対しては表2.2に示すタリフとする。

以上の(1)、(2)の仮定のもとで、以下に示す14個の互に排他的代替案を想定している。

(1) 一括建設方式

- (a) 48 feet きっ水(1978年以前に建設)
- (b) 53 " " (1979 ")
- (c) 56 " " (1979 ")
- (d) 60 " " (1980 ")
- (e) 67 " " (1982 ")
- (f) 68 " " (1982 ")
- (g) 73 " " (1983 ")

表2.1 The Tariffs Used in the Feasibility Study, Crude Oil Tankers, 1976 to 1985 (in current prices)

(a) High Toll Strategy

Crude Oil Tankers	1976		At Opening of First Stage Scheme (1)	1983 (1)	1985 (1)
	\$/SCNRT				
DWT	laden	ballast	\$/SCNRT	\$/SCNRT	\$/SCNRT
less than 60,000	184	148	300	367	434
90,000	184	148	235	269	303
140,000	184	148	224	252	281
225,000	184	148	201	218	235
265,000	184	148	194	208	222
350,000	184	148	191	203	215
450,000	184	148	184	192	201

(b) Low Toll Strategy

Crude Oil Tankers	1976		At Opening of First Stage Scheme (1)	1983 (1)	1985 (1)
	\$/SCNRT				
DWT	laden	ballast	\$/SCNRT	\$/SCNRT	\$/SCNRT
less than 60,000	184	148	182	190	198
90,000	184	148	138	138	138
140,000	184	148	129	129	129
225,000	184	148	108	108	108
265,000	184	148	102	102	102
350,000	184	148	098	098	098
450,000	184	148	092	092	092

Note: (1) Dues for laden and ballast legs assumed equal.

表2.2 Tariffs Assumed for General Cargo Vessels (\$/SCNRT)

	General Cargo Ships		Containerships	
	Laden	Ballast	Laden	Ballast
1976	184	148	203	148
Opening of First Stage Scheme	243	196	268	196
1983	273	219	300	219
1985	302	243	332	243

Note: For the period after 1985 it is assumed that tariffs would rise with the general rate of inflation, by 7% per year until 1990 and then by 55% per year until 2000.

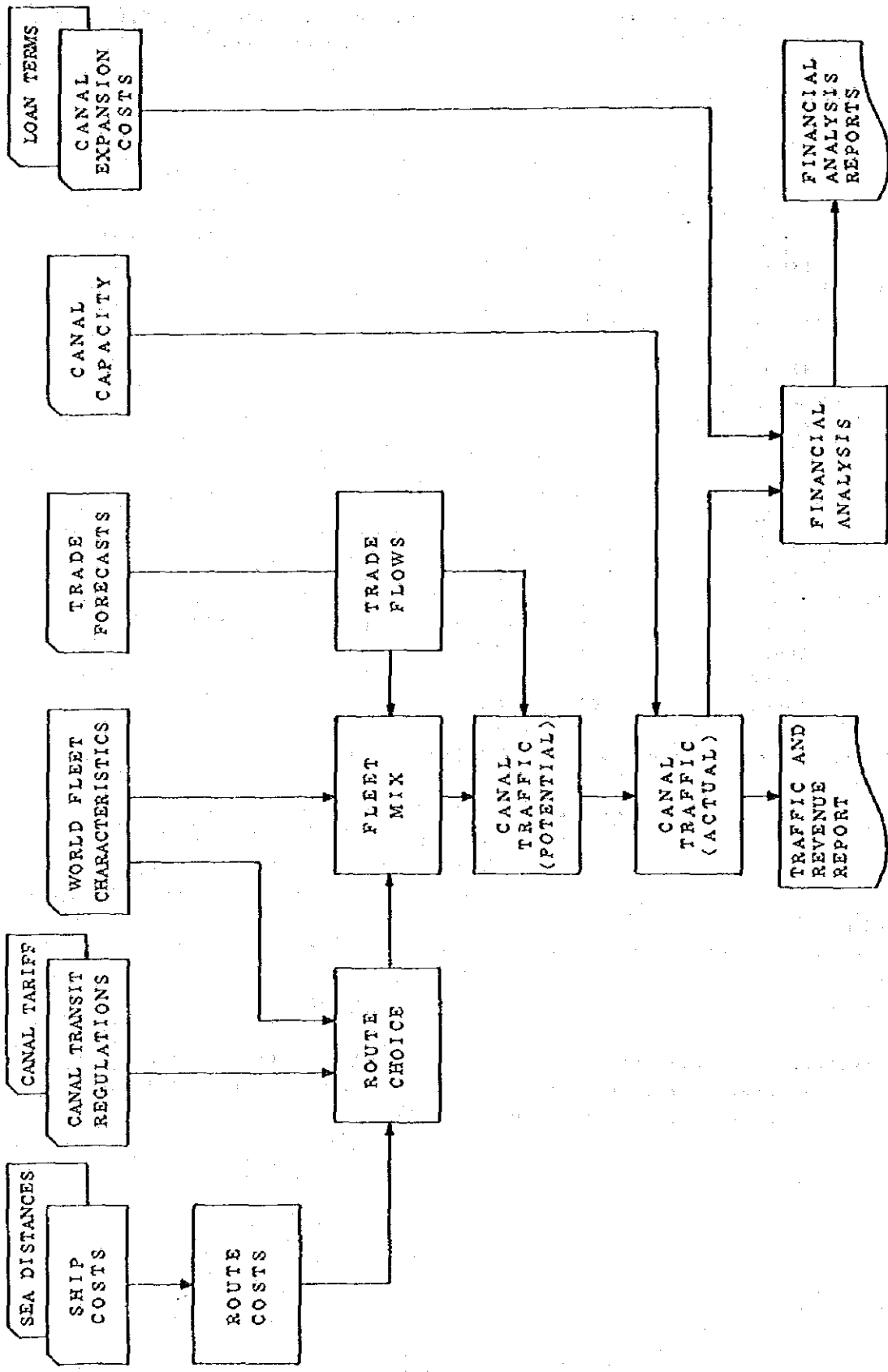


图 2.1 Methodology

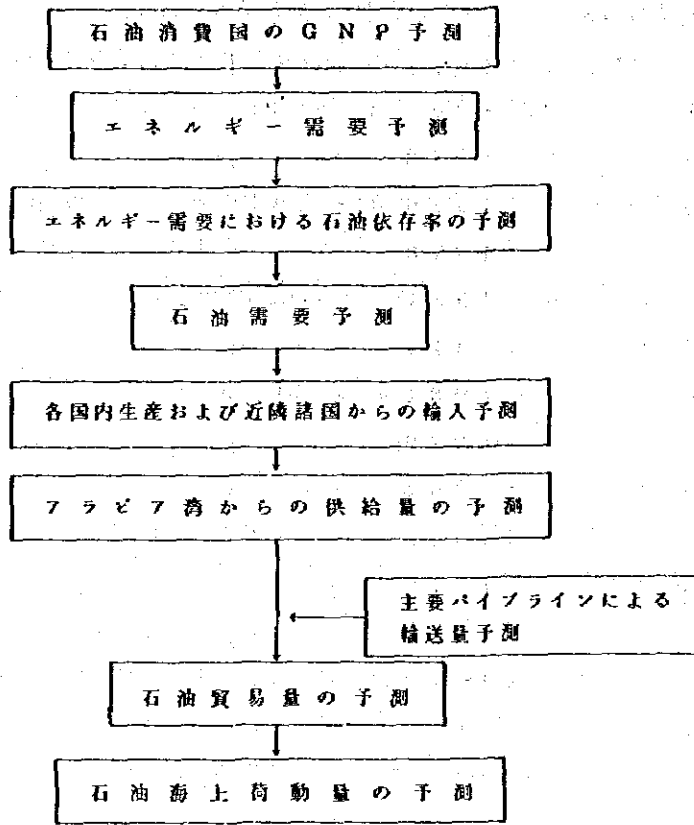


図 2.2 石油海上荷動の分析予測手順

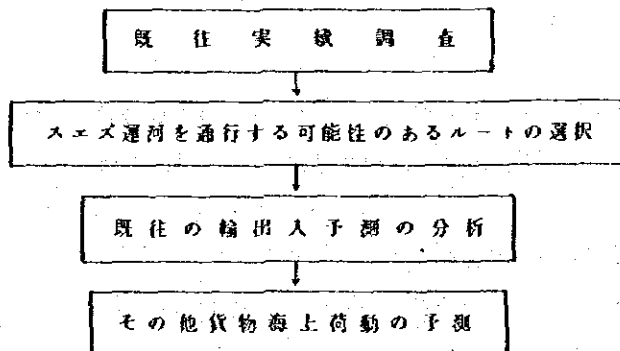


図 2.3 その他貨物の予測手順

(2) 段階的建設方式

(h)	53 feet	きつ水	(1979年以前に建設)
	67 "	"	(1983 ")
(i)	48 "	"	(1978 ")
	56 "	"	(1980 ")
(j)	48 "	"	(1978 ")
	60 "	"	(1981 ")
(k)	53 "	"	(1979 ")
	60 "	"	(1981 ")
(l)	53 "	"	(1979 ")
	60 "	"	(1981 ")
	67 "	"	(1983 ")
(m)	53 "	"	(1979 ")
	68 "	"	(1983 ")
(n)	56 "	"	(1979 ")
	67 "	"	(1983 ")

2.1.3 運河通航予測

1) 手 法

図2.1に示したとおりである。

2) 世界経済と海上荷動予測

(i) 手 法

図2.2および図2.3に示す手順に従い、主としてEEC、国連、OECD、Fearnley & Egers, SCA Report, Drewryなどを参照して分析、予測を行なっている。

(a) 石 油

図2.2に示すとおりである。

(b) その他

図2.3に示すとおりである。

(c) 調査結果

2000年までの予測を行っており、結果は、報告書の下記参照。

石 油：Table 7(p. 43), および 8(p. 43)

その他：Table 10(p. 58), 11(p. 59) および 12(p. 60)

3) 世界船腹構造

(i) 手 法

タンカーとその他に分類し、以下の手順に従っている。

- (a) 新規造船と解体を考慮して、現存の船腹量の供給予測
- (b) 世界海上荷動量の成長率予測より船腹量の需要予測
- (c) 需要と供給を比較して、世界海上運賃市況の分析と予測を行なう。

(2) 調査結果

- (a) 現在のタンカー船腹過剰は、1985年まで続くであろう。しかし、1986年以前にタンカーの需給は均衡するであろう。
- (b) この均衡時期はスエズ運河開発計画が実行されるか否かによって、大きく影響されることはないであろう。
- (c) その他の結果は、報告書 Table 16～19 (pp. 65～70) 参照。

4) 輸送費分析

(1) 手 法

貨物1トンあたりのルート別船型別船種別の1975年における海上輸送費を計算し、インフレを考慮した名目価格で2000年まで予測している。また、運賃市況に応じた船主の行動を下記のように仮定している。

- (a) 需給均衡下では、一定の利益率をまもるようにルート選択を行なう。
- (b) 若干の不況下では少なくとも航海費と固定運航費を保証するように行動する。
- (c) 厳しい不況下では、けい船や解体費用よりも、運航費の方が安いときのみ船舶を動かして、損失を最小にする。

(2) 調査結果

報告書 Table 38～40 (pp. 103～105) および Fig 11～17 (pp. 11～17) 参照。

5) 運河通航量予測

(1) 手 法

各ルート別(OD別)の船舶構成の予測と、スエズ経由とケープ経由の分担率を予測することからなる。前者は石油に関しては、1985年まではほぼ単純時系列分析によって予測し、1985年～2000年の予測においては次のようにしている。最初に、ルート別、船型別に最低必要となる率と最高となる率とを固定し、この最低と最小の間では、輸送費が最小となる船型を選択する。その他の貨物については、現況のルート別船舶構成が2000年まで続くという仮定をしている。

後者、すなわち経由別分担率手法は輸送費最小原理にもとづく確率モデルと記してあるのみで詳細は不明である。

(2) 調査結果

Table 20～21 (pp. 72～73), Fig 27～31 (p. 148) および Appenders D 参照。

2.1.4 プロジェクト評価

1) 手 法

財務的費用便益分析のみであり、経済的評価を行っていない。

2) 費用推定

Fig, 36, 37, 39, 40(p. 162) 参照。

3) 収入の予測

Fig18(p. 120), Fig27～31(p. 148) 参照。

4) 評 価

結果は、Table 58(p. 172), 59(p. 175), Fig 43(p. 176) 参照。

2.1.1) で述べた最適な計画は、インフレ率よりも15%高い内部収益率をもち、185千
百万ドルの純現在価値をもつので、十分な利益のある計画である。

2.2 Sogreah の調査

2.2.1 調査概要と主な結論

1) 調査目的

この報告の目的は、スエズ運河の拡張について、最適なきつ水の深さ(ドラフトと呼ぶ)、
断面の諸元、タリフ構造および拡張スケジュールを示唆することである。

2) 結 論

(1) 2段階に分けた拡張が最適である。第1段階はドラフトを53フィートにすることであり
(現在は38フィート)この拡張は出来るだけ早く完全するのがのぞましい。次の第2段階
は、この後すぐに始められるべきで1981年までには、完成すべきである。

(2) 運河収入を最大にする通行料体系は次のとおりである。

4～5 \$ / SCNRT	60,000 DWT
約4 \$ / SCNRT	60,000～150,000 DWT
1985年までは現行料金	150,000～250,000 DWT
それ以後は3 \$	
現行料金	250,000 DWT～

3) 1981年までに36時間サイクルのコンボイシステムに変更するのが望ましい。

2.2.2 対象としたプロジェクト代替案

次の諸要因が規定する、スエズ運河拡張についての種々の代替案

- 1) 6とおりのドラフト : 48, 53, 60, 67, 72, 80 フィート
- 2) オペレーションサイクル : 24時間サイクル, 36時間サイクル
- 3) 5とおりの通航料金レベル : 現行, 2, 3, 4, 5 \$ / SCNRT

2.2.3 運河通航量の予測

1) 方法論

スエズ運河通航量の予測において、タンカーと、乾貨物船とはその方法が異なる。

最初のタンカー通航量の予測は、2段階に分かれ行われる。第1段階では、原油や石油精製品の貿易量が決定される。次に第2段階でこの貿易費が、種々の経路を運行しているタンカーの規模構成やそれらの輸送コスト等の様々な要因考慮することにより、ODフローごとの海上貿易量に変換される。

これに対して乾貨物船については、世界の乾貨物輸送量とスエズ運河の乾貨物運航量との過去の量的関係を利用して、外そう法を用いるのがその主な手法である。

2) 世界経済と海上貿易量

(1) 手法

海上貿易量は原油、石油精製品と乾貨物を対象として予測されるが、前者の予測のためには、次のことが分析される。

- ・ 世界のエネルギー需要
- ・ 各地域での原油需給バランス
- ・ 原油輸送の2次的手段（主にパイプライン）
- ・ 各地域間の海上貿易量

これらの分析、予測は、各国政策の経済社会計画、企業による予測等の様々な資料に基づいて行われる。しかしながら、これらの資料を用いた分析の方法については言及していない。乾貨物の通航量についても、一般貨物の通航費が過去の関係の外そう法によって予測されているのを除いて、外部の資料が用いられている。

(2) 結果

付録1, 表16	(世界エネルギー需要)	1980~1985)
〃 表19	(世界原油供給量, 需要量, 過不足量)	1980~1985)
〃 表21, 22	(地域間原油輸送量)	1980~1985)
〃 表25, 26	(地域間精製品輸送量)	1980~1985)
〃 表27	(世界エネルギー需要)	1990~2000)
〃 表29	(原油と精製品の総消費量)	1990~2000)
〃 表38	(各地域の炭化物エネルギー資源の輸出入量)	1990~2000)
〃 表39~44	(各地域間の原油輸送量)	1990~2000)
〃 表45~47	(各地域間の精製品輸送量)	1990~2000)

3) 世界船隻構成

(1) 手法

タンカー需給の予測の方法は、何年までを見るかで異なる。1985年まではタンカーの解体と、喪失を考慮しつつ、新建造タンカーを現在の存在量に加えてはいけばよい。1988年

以降はタンカー市場が余剰状態から均衡状態に到達すると考えられるので次の2つのことが予想される。一方はタンカー需要の一般的増加とそれからくる解体率の低下であり、もう一つは、事故に対する安全性を配慮した大型化への動きの純化である。

(2) 結論

付録1 表48 (1975年末期における原油輸送船の船腹量)

〃 表49 (新建造タンカーの予測)

〃 表50 (解体と喪失量 1976~1985)

〃 図19 (世界のタンカー過剰量の動き)

〃 表56 (D. W. T. 分類による、世界タンカーサイズ分布)

4) 輸送コスト分析

(1) 手法

直接コスト(人件費、保険料、維持費、一般管理等)と減価償却コストが総コストを構成し、このコストが各往復経路ごとに算定される。直接コストは総コストの約60%を占め、長期にわたってこの水準は最低のコストとなるものである。船腹が過剰であるここ数年は、この最低コストで輸送コストが計上される。この運賃市況の上昇にもとづく輸送コストの上昇は1988年以降はそれまでと同じ趨勢で移行するものと考えられる。

(2) 結果

付録1 表57~64 (スエズ運河に関連する経路の輸送コスト)

5) 運河通航量の予測

(1) 手法

タンカーの規模別分布およびスエズ運河経由とケープ回りの経路選択比率から、タンカー規模別の運河通航量が求められる。タンカーの規模別分布については、輸送距離と一定規模以上のタンカーが用いられる比率とがかなり明確に相関しているという経験的知識から、回帰分析が用いられる。この関係の一例は図2.4に示されている。予測にあたっては外そう(内そう)法が用いられる。

経路の選択については、代替経路の輸送コスト比の関数として選択比率が決定されると仮定されている。この関数形の設定に際しては、たとえば、輸送コストが同等である場合には、ケープ回りの安全性、その他の要因の考慮から、ケープ回りを選択する比率が大きい等のいくつかの仮定が設けられているが、その正当性については、言及されていないものもある。この関数の例は図2.5に示されている。これらの2種類の比率カーブを用いて通航量が次のように2段階で算定されているようである。まず、規模の比率を求める前者の関数から、タンカーサイズによる輸送量分布が決定される。次に後者の2つの経路の配分関数を用いて、ケープ回りの輸送量とスエズ運河経由の輸送量の分担率が決定される。乾貨物通航量については世界の輸送量とスエズ運河通航量とが相関をもっているという事実を反映して回帰分析によって行なっている。

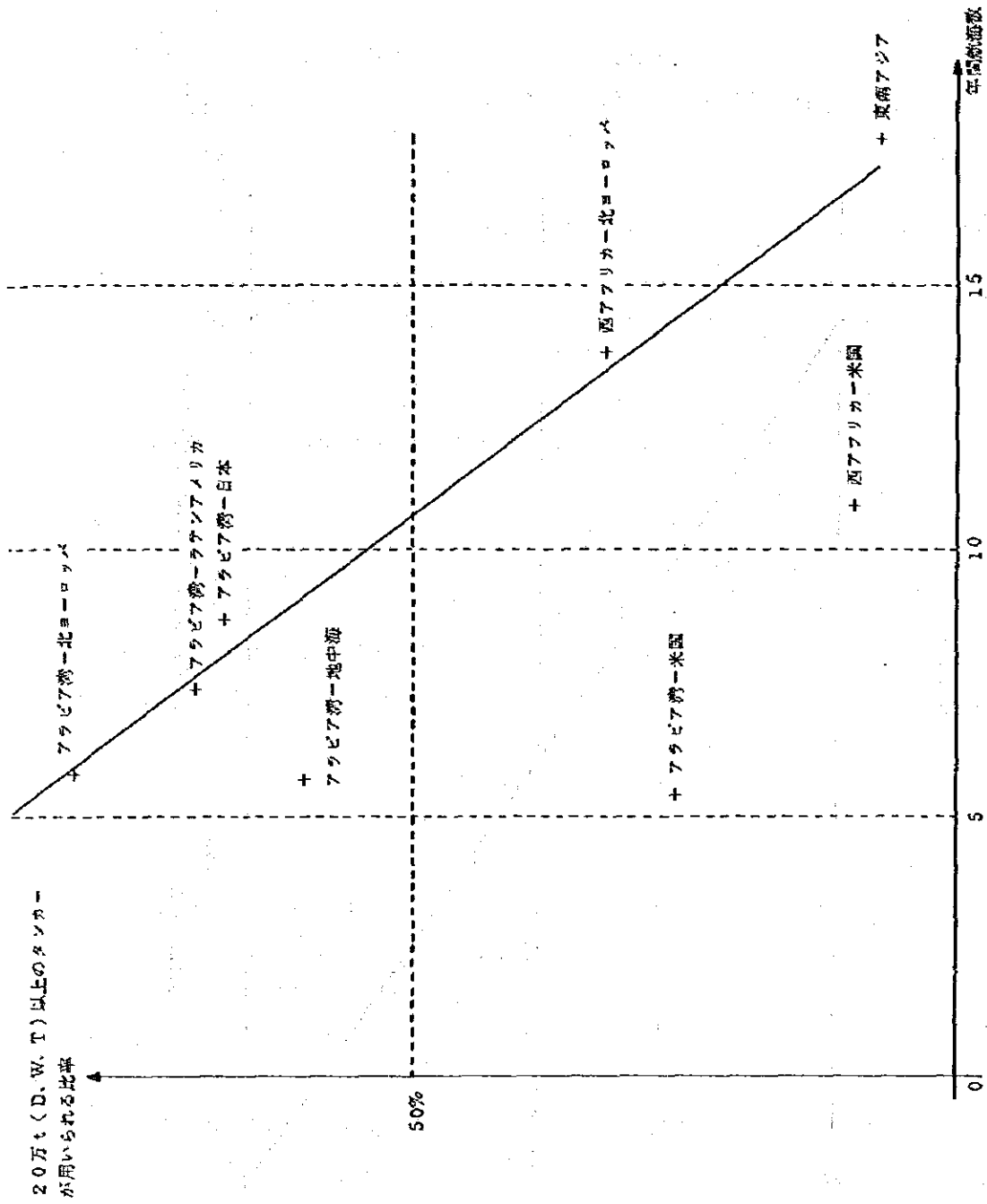


図 2.4 年間往復回数と大型タンカー (200,000DWT 以上) で輸送される原油量の比率

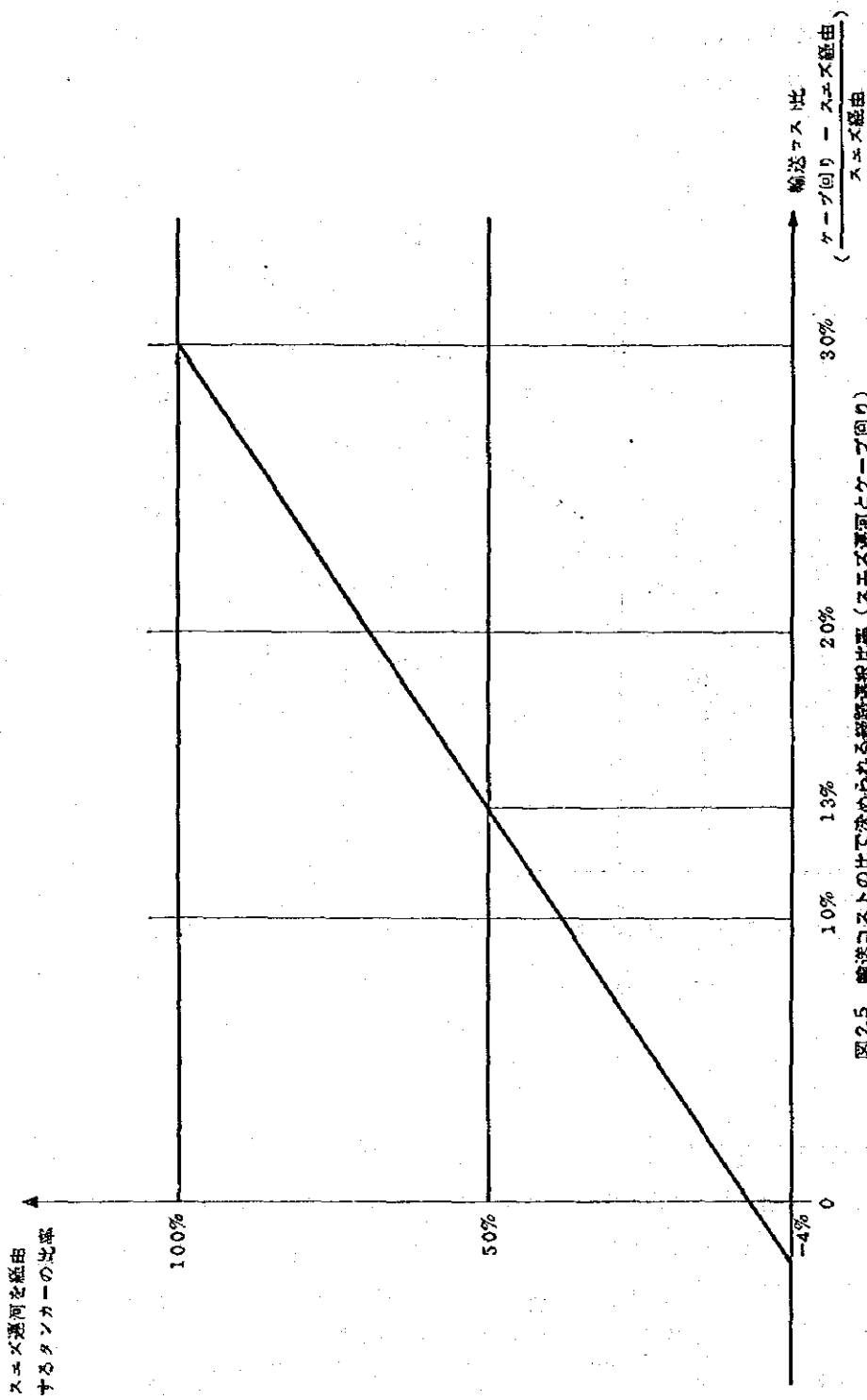


図2.5 輸送コストの比で決められる経路選択比率 (スエズ運河とケーブル回り)

(2) 結果

- ・付録1 表67 (各OD経路における原油輸送量をもとにしたタンカーサイズの分布)
- ・ " 表68～69 (各OD経路における原油輸送量および石油精製品の輸送量をもとにしたタンカーサイズの分布)
- ・ファイナルレポート
表a, b (スエズ運河の予測通航隻数/年間)

2.2.4 プロジェクト評価

1) 手法

現在価値法が基本的な評価方法となっており、9%、12%、15%の割引率を用いて、各種の代替案の生み出す費用便益の現在価値が算定されている。

2) 費用の算定

(1) 方法論

1976年価格をもとに評価がなされている。総費用は建設費と維持費とから成る。建設費用は浚渫費用、防堤費用、係船設備費用、閑さく費用、操船費用から成り、維持費用はスエズ運河と、ボードサイドへのアプローチ水路での年々の浚渫費用からなっている。上記の費用を総計することにより総費用が求められる。

(2) 結果

表2.3は代替案についてのコスト算定結果を示したものである。

3) 収入と便益の算定

(1) 手法

この報告では、経済分析は、エジプト経済からの視点で分析がされている。したがって、運河の収入に移転されない輸送コストの節約は、考慮されていない。スエズ運河庁の収入は、スエズ運河を通航する船舶のSCNRTに通航料を乗ずることにより求められる。したがってこの算定のためには通航量配分の結果が用いられる。

(2) 結果

ファイナルレポート 27p～29pの表 (タンカーの通航隻数と収入)
" 34pの表 (バルクキャリアの通航による収入)

4) 経済的評価

(1) 手法

経済的評価はエジプト経済についてのみを行われている。2)と3)で算定された収入と費用は、収入(経済的便益)と費用(経済的費用)であるので、これから、現在価値と内部収益率が算定される。

(2) 結果

経済的評価はコンボイシステムのサイクル・タイムや通航料レベルなどの種のパラメータ

表 2.3 各代營業の費用算定結果

Draughts (ft)	Construction costs					Maintenance costs (yearly)			
	Dredging	Bank Protection	East breakwater Mooring facilities	Navigation aid and control	Dry excavations	Total	Port Said channel	Suez Canal	Total
48	278	24	13	14	34	363	0.5	0.63	1.13
53	332	24	13	14	34	417	0.58	0.68	1.26
60	440	24	13	14	34	525	0.68	0.76	1.44
67	559	24	13	14	37	647	0.74	0.83	1.57
72	665	24	13	14	41	757	0.80	0.90	1.70
80	854	24	13	14	50	955	0.90	0.99	1.89

の組み合わせによって決まるいくつかの代替案についてなされており、この計算結果の1例は表2.4に示されている。

表 2.4 経済的評価

通航料金：現行
オペレーション・サイクル：24時間

Development scheme retained Reference scheme	48'		53'		60'		67'		73'		80'	
	3 6	3 8	3 8	5 3	3 8	6 0	3 8	6 7	3 8	7 3		
traffic variant "A" {												
I=0.09	795	1826	2069	87	2649	423	2720	-91	2461	-424		
I=0.12	364	1013	1166	13	1447	144	1469	-116	1227	-378		
I=0.15	135	575	679	-22	813	14	818	-112	601	-331		
IRR:	18	259	26.8		255		252		20.8			
traffic variant "B" {												
I=0.09		1800	9101	142	2689	499	2910	-63	2519	-408		
I=0.12		965	1143	36	1431	209	1573	-101	1207	-375		
I=0.15		523	639	-12	781	73	887	-104	557	-332		
IRR:		24.4	25.4		24.7		24.3		24.3			

その他の結果については、

付録1の90～91ページの表（年間純便益の現在価値と内部収益率）

5) 収支分析

(1) 方法論

収支分析は、全ての収支をその名目額で計上する点で経済的評価とは大きく異なっている。したがって収支分析においてはインフレーション率、市場利子率、外国からの借款条件等が現在価値を求めるために考慮される必要がある。この報告書の中では次のことが仮定されている：

- a) 物価は1980年まで平均上昇率8%，1985年までは6%，それ以降4%で上昇する。
- b) 海外借入れ資金の利子率を年間6%とする。

(2) 結果

詳細な収入と支出の算定結果はファイナルレポートの10章の最後部にある表にまとめられている。

2.3 国際協力事業団の調査

2.3.1 調査の概要と主な結論

(1) 調査目的

スエズ運河計画の第1期（53 feet 高さ水）計画のフィージビリティを研究することを目的とする。

(2) 主な結論

第1期計画は多くのしゅんせつ作業を必要とするが、技術的に困難な問題もないので、予定

された工期内に完成することが十分可能である。また、収支計算および国民経済的観点からの経済的評価からも実行に値すると思われる。

手 法

図 2.6 に示すとおりである。

2.3.2 調査対象としたプロジェクト代替案

第1期計画であり、次のようにまとめられる。

再開時：38 feet きつ水（満載 60,000 DWT, 空船 150,000 DWT 通航可能）

第1期：53 feet きつ水（満載 150,000 DWT, 空船 260,000 DWT 通航可能）

なお、本プロジェクトは、1978年末までに完成されるものとしている。

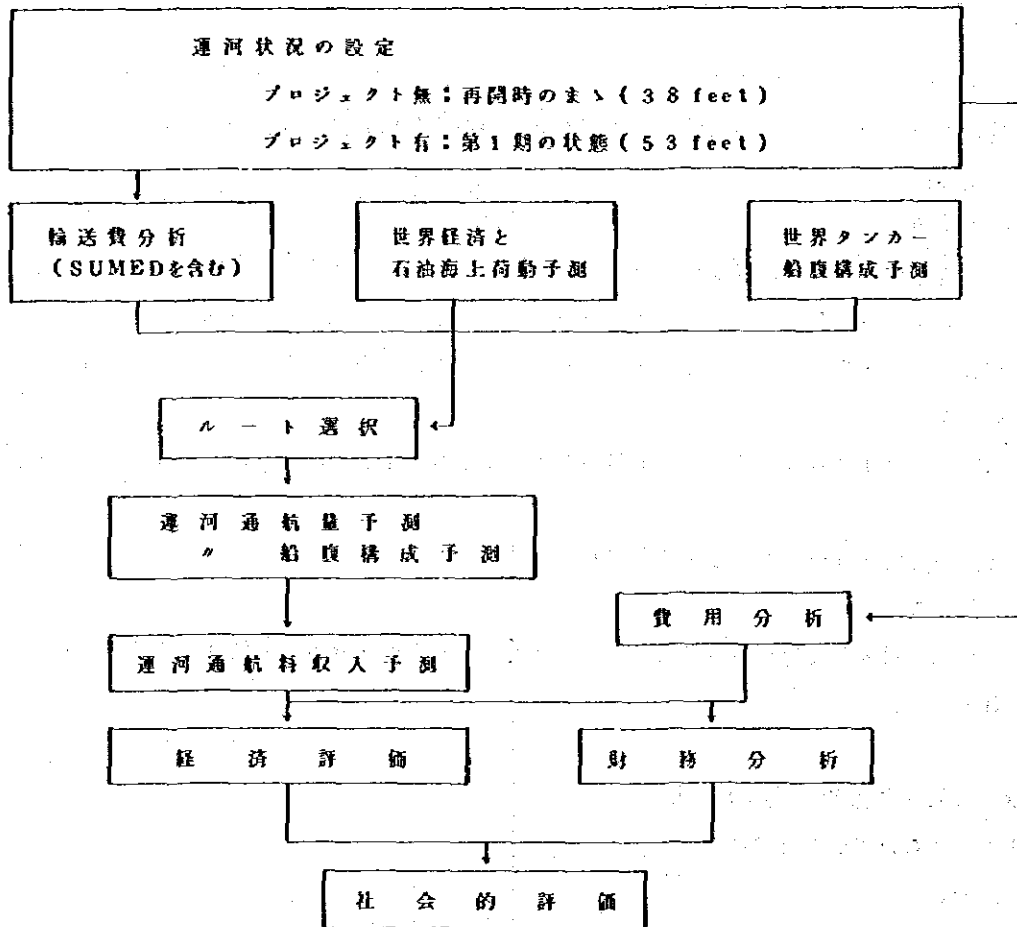


図 2.6 調査手順

2.3.3 通航量予測

1) 手 法

2.3.1の3)に示したとおりである。

2) 世界経済と海上荷動量予測

(1) 手 法

石油についてのみ行っており、OECD、EEC、日本エネルギー研究所などの既往調査結果にもとづいている。

(2) 調査結果

石油需給をヨーロッパ、米国および日本について1975～1980年の予測を行なっている。結果は、報告書Table 9-2-2～9-2-4 (pp. 164～166) 参照。

3) 世界船舶構成予測

(1) 手 法

John I Jacobs & Company Limited "World Tanker Fleet Review" (31, Dec. 1973) にもとづいている。

(2) 結 果

Table 10-2-2 (p. 177) 参照。

4) 輸送費分析

(1) 手 法

Arabian Gulf (A. G) ~ Genoa, AG ~ Rotterdam および A. G ~ New York の3ルート(ODペア)を選択し、往路スエズ経由、帰路スエズ経由(S/S)、往路ケープ経由帰路スエズ経由(C/S)、往帰路ともにケープ(C/C)の3ルートの輸送費をODペア毎にかつ船型別に計算している。なお、世界タンカー不況の影響は考慮されていない。

(2) 調査結果

(a) SUMEDパイプライン経由の輸送費は、200,000 DWTタンカーでケープまわりの費用に相当する。したがって、SUMEDの輸送能力8千万トン、あらかじめ、運河通航の可能性ある石油輸送量よりさしひく。

(b) 他の結果は、報告書Fig. 8-4-1～8-4-6 (pp. 141～144) 参照。

5) 運河通航量予測

(1) 手 法

再開時(38 feet)と第1期(53 feet)の2ケースの予測を行なっている。その概要は下記のとおりである。

(a) 全ての中東からヨーロッパへの石油精製品は35000 DWT以下のタンカーでスエズ経由で輸送される。

(b) ODペア上の船舶構成は1974年の世界船舶構成と等しいと仮定されているよう

ある。そして、この構成は1975年～1980年の間一定であると仮定されているようである。

(c) ルート選択は、与えられたODペアの船舶構成のもとで、最小費用原理にもとづいて配分されている。

(d) 調査結果

Table 10-2-3～10-2-9 (pp. 178～183) 参照。

2.3.4 プロジェクト評価

1) 手 法

(1) 経済評価

エジプト国民経済の観点からのみ行なわれている。

(2) 財務分析

SCAの財政分析・予測が行なわれ、プロジェクト単独の財政分析である財務的費用便益分析は行なわれていない。

(3) 社会的評価

定性的分析である。

2) 費用推定

LE 7,235,2000と推定される。結果はTable 13-1-2 (p. 250) 参照。

3) 収入と便益計算

報告書Table 13-1-1 (p. 249) 参照。

4) 経済評価

内部収益率は11.5%であり、本調査は、第1期計画は経済的にみて実行に値すると結論している。

5) 財務分析

SCAの財務状況は第1期計画が実行されても極めて健全であると結論している。

2.4 PCIの調査

2.4.1 調査概要と主な結論

1) 調査目的

38 feet きつ水のもとで、下記2点を目的とする。

(1) 1975～1980年の通航料収入を最大にするような1975年再開時のタリフ構造を発見すること。

(2) 通航料収入を最大にするタリフ構造を維持するために必要な運河およびケーブまわりの航行をモニターし、かつタリフ構造を変更するシステムを開発する方法を提案する。

2) 主な結論

- (1) 再開時の最適なタリフ構造は、積載船空船ともに、1.5 US\$/SCRNTである。
- (2) 上記目的 (2) に対しては、次のことを進める。
 - (a) 船員費および燃料費を中心とする航海費用をモニターする。
 - (b) 本調査規模で1975年より3年間毎年実行し、その後2年毎に、本調査を実施してレビューすること。

3) 手法

図2.7に示すとおりである。

2.4.2 調査対象としたプロジェクト代替案

表2.5に示すとおりである。

2.4.3 通航量予測

1) 手法

図2.8に示すとおりである。

2) 世界経済および海上荷動予測

(1) 手法

日本エネルギー研究所, Westiform Report, Maritime Transport Research, World Economy Research, Drewry, 国連などの研究成果にもとづいて、5つの場合を想定している (Table A-III-1 (p. 182) 参照)。

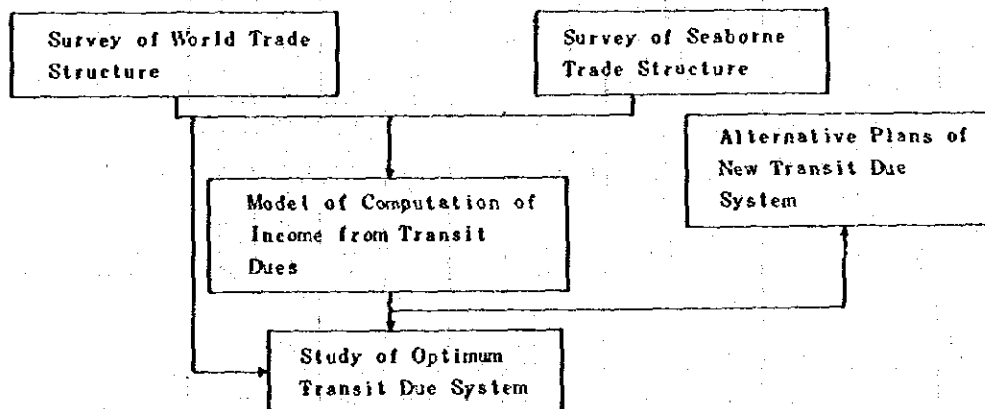


図2.7 Basic Structure of the Survey

表25 ALTERNATIVE PLANS OF A NEW DUE STRUCTURE

Case No.	Type	Tanker		Bulkier and Liner (Due structure fixed)
		Due Structure	DL		DB
I	OD/Vessel Size Variable	o Tariff variable according to OD and vessel size.	Max. due = DL - DB = 5.95. when ss=1 for Agios.	
		o Tariff fixed at 70% of the rate which yields maximum income.	Min. due = DL - DB = 1.05, when ss = 3 for Freeport.	
II	OD Variable-1	o Tariff variable according to OD	(Rotte) 2.5 (Fos) 3.0 (Agios) 3.0 (Freeport) 1.5	2.0
		o Due for vessels in ballast - Due for vessels laden.		
III	OD Variable-2	o Tariff variable according to OD.	(Rotte) 2.5 (Fos) 3.0 (Agios) 3.0 (Freeport) 1.5	
		o Due for vessels in ballast - 50% due for vessels laden		
IV	Flat Rate-1	o Tariff fixed.	1.5	1.5
V	Flat Rate-2	o Tariff fixed.	2.0	2.0
VI	Flat Rate-3	o Tariff fixed.	2.5	2.5
VII	Flat Rate-4	o Tariff fixed.	3.0	3.0

(2) 調査結果

報告書, Table III-17 (p. 45), III-24~28 (pp. 54~56) 参照。

3) 世界船隻構成

(1) 手 法

John I, Facob: World Tanker Fleet Review

Drewry: Shipping Statistics and Economics

Fearnly & Egers: World Bulk Fleet

Lloyd: Lloyd's Register of Shipping--Statistical tableなどを参照して予測している。

(2) 調査結果

報告書 Tables IV-12-IV-14 (pp. 61~63) 参照。

4) 輸送費用分析

(1) 手 法

日本で発行されている海運および造船関係のデータを収集し、これを本報告書 Fig. A-II-3 (p. 171) に示す手順で計算加工している。ただし、コスト計算にあたって、タンカー不況の影響は考慮されていない。

(2) 調査結果

Table V-11 および 12 (pp. 97~98) 参照。

5) 運河通航量予測

(1) 手 法

(a) ODペア毎の船舶構成予測

上記 2.4.2.3) に示したデータにもとづき、単純時系列を用いて予測しているようである。

(b) ルート選択

図 2.8 に示した手順に従っている。ただし、ルート選択基準は2種類あり、これは費用最小化基準と利益最大化基準である。結果的には、前者の予測結果を採用している。

(2) 調査結果

(a) ODペア毎の船舶構成: Table V-2 (p. 84), V-5 (p. 88) 参照。

(b) ルート選択: Fig VI-1 (p. 101)

(c) 通航船舶隻数および通航量: Table VI-10, (p. 117), 12 (p. 119)

2.4.4 プロジェクト評価

1) 手 法

5つのタリフ構造に対応する通航料収入を予測し、その結果の下記の観点より評価している。

(1) SCA収入

(2) 通航隻数

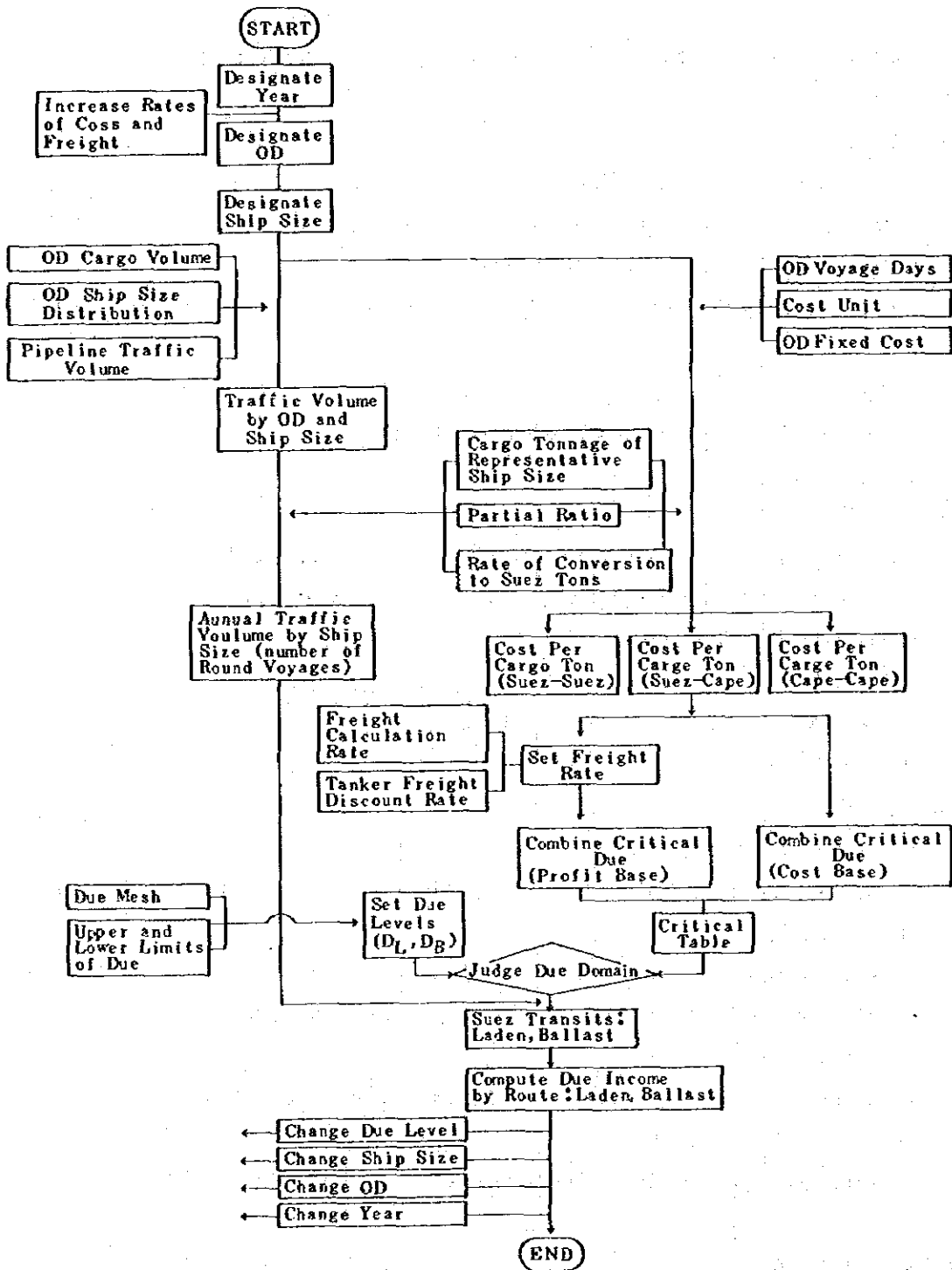


FIG. 2.8 FLOW CHART OF THE MODEL OF COMPUTATION OF INCOME FROM TRANSIT DUES

- (3) 新しい通行料を実施する費用とその複雑性
- (4) 世界海上荷動におよぼす影響
- (5) 海上輸送におよぼす影響
- (6) 通航料変更の難易度

本調査では、上記のうち、2項目 1) および 2) については定量的に、その他は定性的に分析している。

2) 費用の推定

なされていない。

3) 収入の予測

Table VI-16 (p. 130) 参照。

4) 経済的および財務的分析

Table VI-17 (p. 135) 参照。Case IV (2\$/SCRNT) が最も望ましいと結論づけている。

第3章 既往調査の比較

3.1 調査目的と調査対象としたプロジェクト代替案の比較

表3.1に示すように、Maunsell(1976)とSogreah(1976)は、スエズ運河拡張計画の第1期および第2期計画双方についてのフイージビリティスタディを行なっている。これに対して、JICA(1975)は、第1期計画のみを対象し、PCI(1975)は、通航料構造をとり扱っている。

各研究が対象とした領域は、Sogreahが最も広く、Maunsell, JICA, PCIの順に狭くなる。とくにSogreahと比較したとき、Maunsellはコンボイシステムの代替案比較を行っていない。また、プロジェクトの経済評価も行っていない。

表3.1 調査目的と対象の比較

対 象	Maunsell	Sogreah	JICA	PCI
き っ 水	○	○	△(53')	△(38')
実行時期	○	○	△(1980)	△(1975)
タリフ	○	○	△(現行)	○
コンボイ	△(現行)	○	△(現行)	×
経済的評価	×	○	○	×
財務的評価	○	○	○	○
感度分析	○	○	×	○

注) ○：最適水準を決定している。
 △：()内の状態を与件としている。
 ×：考慮されていない。

3.2 主な結論の比較

4つの研究が提言している項目は、表3.2に示すようにきっ水、および実行時期、コンボイシステム、通航料構造からなる。

4つの研究のうち、Maunsell, Sogreah, JICAの3つは、運河拡張計画の第1期計画(53 feet きっ水)をできるだけ早く実行するように提言している。しかし、第2期計画(67~68 feet きっ水)については、このフイージビリティを研究したMaunsellとSogreahで2点にわたる意見の相異がある。第1は実行時期についてである。Maunsellは1983年を、Sogreahは、1981年を提言している。第2の相異点は、運河の通航可能隻数容量を拡大するための手段である。Maunsellは、1983年の67 feet きっ水を完成させても現行の24時間サイクルのコンボイシステムを維持し、1989年に完全複線化を実行すべきであるといい、一方、Sogreahは、1981年67 feet きっ水を完成させた後は、完全複線化は採用せず、この時点(1981年)にコンボイシステムを36時間サイクルに変更した方がよいと提言している。

タリフ構造に関しては、Maunsell と Sogreah はほぼ同意見であり、小型タンカーには高い通航料とし、大型タンカーには低く、かつインフレーションにスライドさせるシステムがよいといっている。これに対して、PCIは、1.5 \$/SCNRTを提言している。この理由は以下の2点にある。第1に、PCIは38 feet きつ水のもとでも最適タリフ構造を求めたのに対して、他の2つの研究は異なったきつ水のもとでのタリフ研究である。第2に、PCIの研究結果においても、Maunsell や Sogreah が提言しているような構造の方が1.5 \$/SCNRTというPCIの推薦している構造よりも高収入が得られるという結果を得ている。しかし、PCIは、複雑なシステムを実行するコストを考慮して、1.5 \$/SCNRTレベルのタリフを推薦している。

表 3.2 提言されている政策

調査項目	Maunsell	Sogreah	JICA	PCI
きつ水とその実行時期	53feet(1978) 68feet(1983) 完全複線化 (1989)	53feet(できる だけ早く) 67feet(1981)	53feet(1978) [*]	38feet(1975) [*]
タリフ	小型タンカーに高く、かつ、インフレーションにスライドさせる方式	同左	現行 [*]	積載船、空船ともに 1.5\$/SCNRT
コンボイシステム	24h. System [*]	36h. System (1981)	24h. System [*]	現行
経済的評価		実行に値する (SCA全体の財務 分析)	実行に値する (IRR=11.5%)	
財務分析	実行に値する (IRR=インフレ率 より15%上)	実行に値する (SCA全体の財務 分析)	実行に値する (SCA全体の財務 分析)	実行に値する (収入その他の評 価による)

注) *は与件事項を示す。

IRRは内部収益率を示す。

3.3 手法の比較

4つの調査研究の目的はそれぞれことなるけれども、採用している方法論については、図3.1に示すような手順を踏んでいる。しかし、図3.1に示した各個別の段階における方法については場合により、各調査が異なる方法を用いている。この点を以下に述べる。

3.3.1 世界経済と海上荷動の予測

1) 石油

4つの調査は全て、OECD、EEC、国連などの既存の研究成果にまとづいている。

2) その他

石油と同様である。ただし、Sogreah と JICA は、時系列外押方法を使用している場合もある。

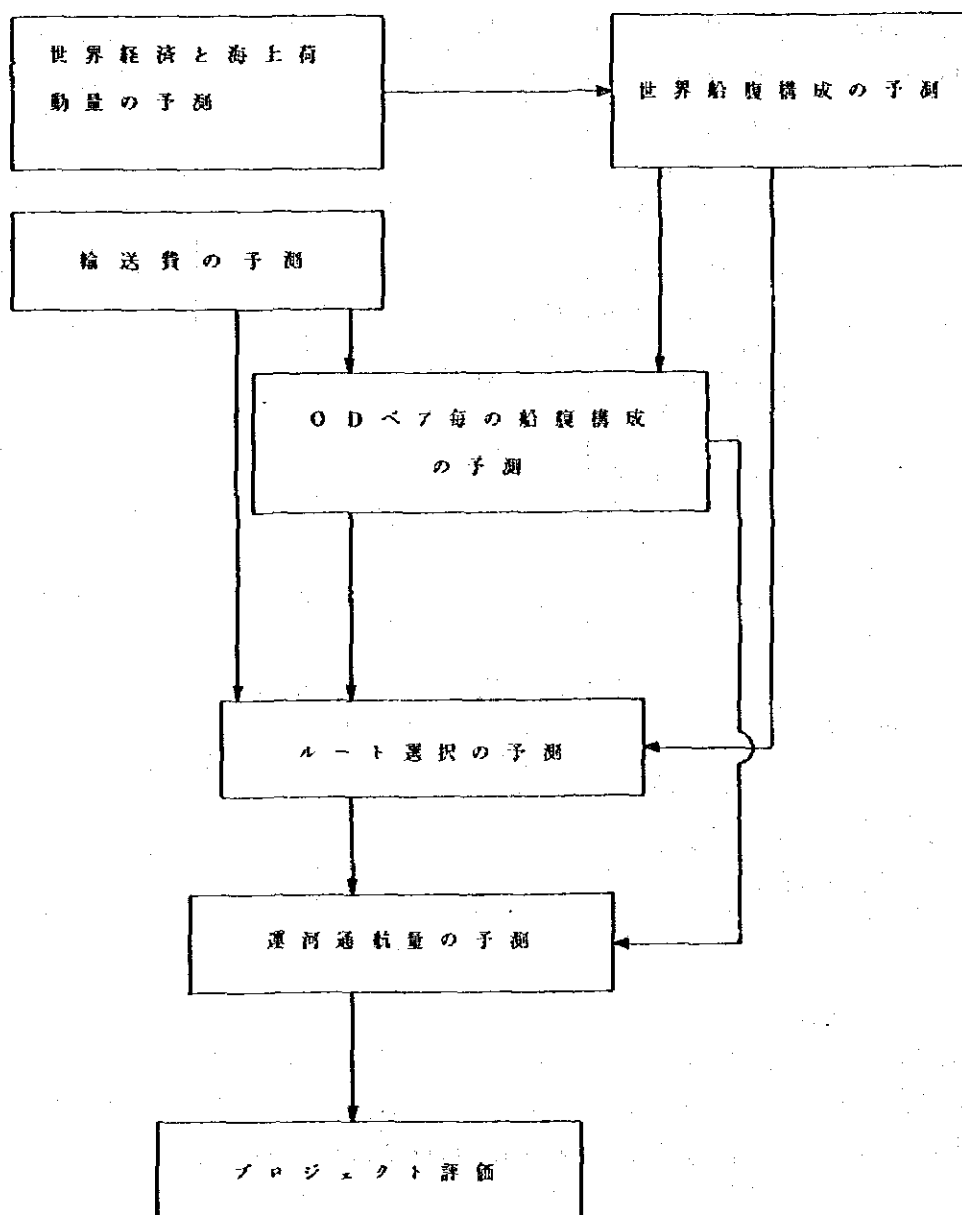


図 3.1 調査の手順

3.3.2 世界船腹構成の予測

- 1) Maunsell と Sogreah は、船腹需給アプローチを行なっている。JICA は既往調査研究にたより、PCI は単純時系列手法を採用している。
- 2) Maunsell のみが、スエズ運河拡張計画が、タンカー市況の均衡時期におよぼすインパクトを分析している。しかし、他は行なっていない。

3.3.3 輸送費分析と予測

4つの調査全てが、積荷貨物1トンあたりの輸送費を、異なるルート、貨物種類および船型毎に計算している。しかし、予測・推定するにあたって基準とした年次に下記のように調査によって異なる。

Maunsell : 1975年ベース

Sogreah : 1976年ベース

JICA : おそらく1974年ベース

PCI : 1973年ベース。

3.3.4 ODペアー毎の船腹構成予測

全ての調査が異なる手法を用いていることから、ODペアー毎の船腹構成予測の方法論は、まだ確立していず、大きな問題点と思われる。

Maunsellのアプローチは、2段階に分れる。第1に1985年までの予測にあたっては、1種の単純外挿法を用い、第2に、1985年以降の予測には、船型毎に最高および最低シェアをあらかじめ与えておいて、最小費用基準で船型分布を予測している。

Sogreahは、輸送距離と大型タンカーを利用する比率が正比例するという事実を既往のデータより確認し、このデータにもとづいた回帰分析モデルを用いている。

JICAは、1975年の状態が2008年まで続くものと仮定している。

PCIは、1972年データにもとづいて単純外挿法を採用しているものと思われる。

3.3.5 ルート選択と運河通航量予測

Maunsell と Sogreah は、最小費用選択基準にもとづく確率モデルを用いている。また、この2つの研究は、船主の運賃市況への反応を考慮している。しかし、Maunsell が船型毎の最高および最低比率を与えてこの間でルート分担率を決定しているのに対して、Sogreah では、ある費用地にもとづく分担率曲線を想定して予測を行なっている。

JICAのアプローチは、決定論的モデルであり、最小費用原理にもとづく。しかし、船主の運賃市況に対する反応は考慮されていない。

PCIのモデルもまた決定論的モデルであるが、最小費用選択によるものと最小利益選択にもとづく2つの型のモデルで予測を行なっている。

3.3.6 プロジェクト評価

Sogreah と JICA は、財政分析も経済的評価も行なっている。しかし、経済的評価は、エジプト国民経済からの観点にもとづくもののみであり、世界経済からの観点にもとづくものは両者ともになされていない。

Maunsell と PCI は、財政分析のみを行なっている。

3.4 結果の比較

3.4.1 石油の海上荷動

表 3.3 は 4 つの調査の 3 つの重要はルートに関する石油の海上荷動量に関する予測値を示している。表 3.3 より次のことがわかる。

- 1) 1980年の値については、Sogreah と PCI は比較的大きい量を予測している。これは、この 2 つの調査では、SUMED パイプラインの輸送量を差し引いていないことによる。一方、Maunsell と JICA では、SUMED 輸送量を差し引いている。
- 2) 全般的にみて、AG→USA の交易量が増加している。これは、米国の石油輸入政策にもとづく。
- 3) 1990年と2000年の値については、Maunsell と Sogreah は比較的相互に近い予測を行なっている。

表3.3 Forecast of Oil Seaborne Trade (million ton)

Year	route	Maunsell ^{**}	Sogreah	JICA ^{**}	PCI
1975	AG→N/W.Europe	245	323 [*]	260	298
	AG→Mediterr.	140	139 [*]	124	215
	AG→USA	162	62 [*]	87	57
1980	AG→N/W.Europe	193	269	141	329
	AG→Mediterr.	137	209	128	238
	AG→USA	110	190	120	123
1985	AG→N/W.Europe	210	279	207	—
	AG→Mediterr.	137	273	172	—
	AG→USA	120	235	101	—
1990	AG→N/W.Europe	265	270 ^{***}	—	—
	AG→Mediterr.	180	290 ^{***}	—	—
	AG→USA	143	155 ^{***}	—	—
2000	AG→N/W.Europe	389	310 ^{***}	—	—
	AG→Mediterr.	283	305 ^{***}	—	—
	AG→USA	194	135 ^{***}	—	—

X 1974

** Subtracted SUMED throughput

*** Subtracted Arabian Peninsula Pipeline Throughput

3.4.2 世界船隻構成予測

スエズ運河通航量予測において、現在のタンカー不況の行方は、1つの決定的重要性をためる。このタンカー市況の予測に関して、Maunsell は、不況は1985年まで続くであろう。そして、1985年頃タンカー市場は需給が均衡するであろうと述べている。これに対して、Sogreah は、1988年頃まで現行の不況は続くであろうと予測している。

3.4.3 通航量予測

1980年～2000年の長期予測を行なっているのは、Maunsell と Sogreah であり、その結果を表3.4に示す。

両者ともに、通航量は徐々に増加すると予測している。しかし年々の通航量およびその成長率の両者に関して、Sogreah は Maunsell よりも楽観的である。

表3.4 Transit Forecasting

	Maunsell	Sogreah
1980	54	65
1985	75	78
1990	74	86
1995	75	94
2000	84	102

Note: (1) Number of ships per day

Note: (2) In the case of policy recommended by each study

3.4.4 プロジェクト評価

プロジェクト評価に関する比較を行なうことは、非常に困難である。その理由は以下のとおりである。

- (1) ある調査は単に財務分析のみしか行なっていない。
- (2) 財務分析を行なった調査でも、個別プロジェクトの評価という形態かまたはSCA全体の財務状況分析という形態のいずれか一方の分析しかしていない。
- (3) ある調査では名目価格を用い、ある調査では実質価格を用いている。

このような理由にもとづき、ここでは、表3.2に財務的および経済的内部収益率を記載するにとどめる。

第Ⅶ部

海運に関する既往レポートの整理

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that proper record-keeping is essential for transparency and accountability, particularly in the context of public administration and financial management. The text highlights that records should be kept in a clear, organized, and accessible manner, ensuring that all relevant information is captured and preserved for future reference.

2. The second part of the document focuses on the role of technology in enhancing record-keeping processes. It notes that digital tools and systems can significantly improve the efficiency and accuracy of data collection and storage. The text suggests that organizations should invest in modern software solutions that offer robust security features and easy integration with existing systems. Additionally, it stresses the importance of training staff to effectively use these technologies to maximize their benefits.

3. The third part of the document addresses the challenges associated with maintaining long-term records. It identifies issues such as data degradation, loss of physical records, and the complexity of managing large volumes of information over time. The text proposes several strategies to mitigate these risks, including regular backups, disaster recovery plans, and the use of archival storage solutions. It also emphasizes the need for ongoing monitoring and maintenance of record-keeping systems to ensure their continued reliability and effectiveness.

4. The final part of the document concludes by reiterating the overall importance of a strong record-keeping framework. It states that a well-implemented system can provide valuable insights into organizational performance and support decision-making. The text encourages organizations to adopt a proactive approach to record management, ensuring that all necessary data is captured and preserved in a secure and accessible format. It also suggests that regular audits and reviews should be conducted to assess the effectiveness of the record-keeping process and make necessary adjustments.

第1章 序

この部は、システム分析調査にかかわる既往のレポートの整理・分析に関し、前第VI部と併せて全体を構成するものである。但し、この部では収録した著書を紹介する程度に止めているので、内容の詳細については、原典を参照されたい。

この部は、この章を含め3つの章からなり、7.2 ドライ・バルク・トレード、7.3 タンカー・トレードの2つの分野についてそれぞれマーケット予測の著書が紹介される。なお、定期船市場に関するものは、スエズに関しては、H.P.Drewryの「Middle East Liner Shipping: An Economic Analysis of Traffic Services, Port and Future Prospects」は、スエズ運河に深い関わりのある中東地域の定期船活動についてのレポートであるので書名を紹介しておく。

第2章 ドライ・バルク・トレード

2.1 Westinform

書名 Bulk Cargoes for the Tramp Trades on less than 39ft. Draft
— Shipping report №315 —

発行者 Westinform

発行年月 1977年

予測期間 1974—1980年

予測対象 中小型乾貨船(吃水39フィート以下)マーケット(多種品目)の需要予測
対象品目: 食糧・農産物(穀物, 林産物, 燐鉱石, 化学薬品・肥料), 工業原料
(鉄鉱石, 石炭, ボーキサイト/アルミナ, その他の鉱石, その他)

分析手法 (1) 生産地, 消費地の動向をふまえ, O/D マトリックスをベース
(2) 航路別に, 航路, 港湾条件, 経済性を考慮し, 最適船型を分析

使用データ Fearnley & Egers 及び Westinform 独自のもの

備考 (1) 船型区分を draft でとらえていること
(2) マイナー・バルク・カーゴを詳しく扱っていること

2.2 Terminal Operator

書名 A Review of the Shipping Market

発行者 Terminal Operator Limited

発行年月 1977年10月

- 予測期間 1977-1980年
- 予測対象 タンカー及びドライ両市場の需給バランス予測
- 分析手法 (1) 船腹供給量を年別に、発注量、竣工量及び解体量を出して予測
 (2) 1976年時点の生産性(近似値)によって輸送量(トン・マイル)に換算
 (3) 石油及び製品、乾貨物及び全体の伸び率を設定
 (4) 平均距離の伸長(毎年100マイル)をみて、年別の荷動量(トン・マイル)を算定
 (5) タンカー、ドライ両市場を一体化して、需給バランスを算定
 (6) 兼用船は両市場とも 1/2 に配分
- 使用データ Fearnley & Egers及びOECD
- 備考 (1) 発注量を考慮していること
 (2) タンカー、ドライ両市場の一本化
 (3) 個別市場のバランス算定の必要を示唆していること

2.3 Alcan

- 書名 World Ship Charter Market Forecast
- 発行者 Alcan Shipping Services
- 発行年月 1975年
- 予測期間 1975-1980年
- 予測対象 タンカー、バルク・キャリアー及び一般貨物船の市場予測(運賃を含む)
- 分析手法 (1) 品目別に供給・消費両地域の状況を検討
 (2) O/Dマトリックスをベースに航路、船型別に荷動量を予測
 (3) 船腹量は、竣工予定量、解体量、スリップページを考慮して船型別に予測
 (4) 兼用船は 1/2 配分、但し、船型別には仕分けを変えている
 (5) 需給バランスは船型別に予測
- 使用データ UN, Fearnley & Egers
- 備考 (1) 対象品目が多く、荷動量予測に詳しい(特に地域別調査に詳しい)
 (2) 船型別に需給バランスを算定
 (3) 一般貨物船を取扱っていること
 (4) スエズ運河のケースを扱っていること
 (5) LPG, LNG 需要にもふれていること
 (6) 海上荷動量を予測する方法が具体的で理解され易い

2.4 H. P. Drewry (ラージ・バルク・キャリアー)

書名 The Market for Large Bulk Carriers (over 50,000 DWT)

— A Review of Trends in Supply/Demand —

発行者 H. P. Drewry (Shipping Consultants) Limited

発行年月 1975年9月

予測期間 1975—1979年

予測対象 ドライ・バルク：海上荷動量予測と必要船腹量の算定

分析手法 (1) 1960年代後半以降の大型バルカーの役割，発展過程，船体構造，運航形態，マーケティング，配船形態，競争力を分析

(2) メジャー・バルク及びマイナー・バルクの海上荷動量を予測

これをもとに，大型船の輸送シェア及び生産性によって船腹必要量を算定

(3) 75/79年カーゴ伸び率を設定

(4) 兼用船は，貨物別・船型別に分配

使用データ F & EとH. P. Drewry

備考 (1) 大型バルカーの歴史と現状を知るのに参考になる

(2) 兼用船の処理方法が興味深い

2.5 H. P. Drewry (ハンディ・サイズ・バルク・キャリアー)

書名 The Market for Handy-Sized Bulk Carriers (20/35,000 DWT)

— A Review of Trends in Supply/Demand —

発行者 H. P. Drewry (Shipping Consultants) Limited

発行年月 1974年11月

予測期間 1974—1980年

予測対象 ドライ・バルク・カーゴ：ハンディ・タンブ・バルカーの海上荷動量及び必要船腹量の予測

分析手法 (1) 過去10年間のハンディ・バルカーの役割，発展過程，船体構造，建造，造船所，運航形態，マーケティング，配船形態及び輸送実績を参考にして，80年までの市場見通を立てている

(2) マクロ的にハンディ・バルカーの輸送品目全体の海上荷動量を予測

(3) 品目別に，諸条件を考慮して，ハンディ・バルカーの輸送シェアを決定し，生産性(トン・マイル/DWT, 年)により必要船腹量を算定

使用データ Fearnley & Egers, H. P. Drewry

備考 (1) ハンディ・バルカーの歴史と現状を知ることができる

(2) ハンディ・バルカーの品目別に異なる用途を知るのに有益

2.6 Stal-Laval

書 名 Marine Market Analysis

— Forecast ; Fleet Development and Newbuilding Requirements

発 行 者 Stal-Laval

発行年月 1978年3月

予測期間 1978-1985年

予測対象 コンテナ・シップ(5,000D/W以上), バルク・キャリアー(50,000D/W以上), タンカー(50,000D/W以上), ガス・キャリア(20,000D/W以上)の海上荷動量の予測から, 新規の必要船腹量を算定

分析手法 (1) 品目別のマクロ的海上荷動量を予測: 一般貨物・コンテナ貨物は経済成長との相関関係, バルク・カーゴ; 鉄鋼原料は粗鋼生産, 穀物その他のバルク・カーゴは長期トレンドの外挿, 石油は経済成長と消費の弾性値(アラスカ, 北海石油生産をも考慮)

(2) 品目別に平均輸送距離を算定, トン・マイルの算出

(3) 船舶の生産性によって必要船腹量を算出

(4) 必要船腹量と手持工事量, 解体量とから新規必要船腹量を算出

使用データ データ源記載なし

備 考 (1) 海上荷動量予測は, 長期トレンドを重視, マクロ的であること

(2) 手法として簡便であること

(3) 品目別貨物伸び率及び品目別平均距離の設定が参考になる

2.7 H. P. Drewry (ドライ・バルク・カーゴ)

書 名 Ocean Trade and Transportation of Dry Bulk Cargo

— A Review of Trends in Major and Minor Bulk Trades 1965-1985

発 行 者 H. P. Drewry (Shipping Consultants) Limited

発行年月 1976年8月

予測期間 1985年

予測対象 ドライ・バルク・カーゴのメジャー及びマイナー・バルクの海上荷動量予測及び船型別必要船腹量を算定

分析手法 (1) 5大メジャー・バルクは, 消費・生産地の状況分析のもとでO/Dマトリックスの形を, マイナー・バルクは伸び率を想定して, それぞれ予測

(2) 平均輸送距離を想定してトン・マイルを算出

(3) バルク・キャリアーの輸送シェア(メジャー・バルクは品目毎), 生産性により, 船型別にバルカーの需要を予測

使用データ Fearnley & Egers, H. P. Drewry

- 備考 (1) dry bulk 全体の荷動調査に重点を置いている
(2) 特にマイナー・バルク・カーゴは20品目に及ぶ調査を行っている

2.8 Lambert Brothers

書名 Small Bulk Carriers : Supply/Demand Analysis and Forecast :
Bulk Carriers of 18,000~35,000 dwt 1974/1980

発行者 Lambert Brothers Shipping Ltd.

発行年月 1976年11月

予測期間 1974-1980年

予測対象 小型バルカー貨物の海上荷動量及び新規必要船腹量の算定

- 分析手法 (1) 鉄鉱石及び石炭は、積出地、積揚地ごとに、小型船の需要動向を分析、穀物は、全荷動量(米国での調査をベース)から船型シェアを想定、船型別輸送量を予測、アルミナ/ボーキサイト及びマイナー・バルク・カーゴは伸び率を想定
(2) 生産性を用い、トンマイルを必要船腹量に換算
(3) 必要船腹量に、解体量、手持工事量を考慮して、新規必要船腹量を算出

使用データ データの記載はない

備考 解体量の船令別の算出は参考になろう

2.9 Maritime Transport Research

書名 Dry Cargo Ship Demand to 1985 (vol. 2~6)

発行者 Maritime Transport Research

発行年月 1976-1977年

予測期間 1985年

予測対象 食糧飲料、原材料、鉱工業品、化学薬品の海上荷動量予測及び必要船腹量を予測

- 分析手法 (1) 主要輸出入地の産業・貿易動向及び過去の推移を分析し、O/Dマトリックスによる予測を行っている
(2) バルク・キャリアー、一般貨物船(コンテナ、トランプ、ライナー)別に船腹必要量を算定

使用データ UN, Fearnley & Egera, OECDその他

- 備考 (1) 品目別の貿易、産業及び輸送分析が参考になろう
(2) 海上荷動量予測に力がそそがれ、215品目のマトリックスを作成している
(3) 解体量分析、市況の影響分析及び船舶建造クレジットの影響分析を行っている

第3章 タンカー・トレード

3.1 OECD Maritime Transport

書名 Maritime Transport 1976

発行者 OECD, Maritime Transport Committee

発行年月 1977年

予測期間 1977～1985年

予測対象 オイルキャリアの船腹需給

分析手法

- (1) 石油輸送需要見通しについてはOECD "World Energy Outlook" (Paris 1977) を引用
- (2) 船腹供給については減速, 係船分, 兼用船のタンカー就航分を考慮し, さらにタンカーのグリーン就航分, 解撤, 喪失, 改造の数量を想定, 新造船新規発注なしの前提
- (3) 需要側の変化としてGDP成長率, エネルギー政策などの違いによる4つのケースを想定
- (4) 供給側の変化としてスエズ運河及びパイプラインの利用状況の違いによる3つのケースを想定(積荷ケープ空船スエズ, 往復ケープ, 往復スエズにパイプライン最大限利用)
- (5) これにより需給変化の夫々の組合せの需給バランス回復期を予測
- (6) 又需給バランス回復期での減速航海, 係船の解除, スエズ運河パイプラインの利用の向上などの諸要因について言及している

使用データ(前述)

備考 現在のエネルギー政策の継続を前提として需給バランス回復を予想しつつも, エネルギー問題を解決するための積極的なエネルギー節約政策検討の動きと, その実施の可能性を示し, それのタンカー需給バランスへの影響について述べている

3.2 Exxon Marine

書名 The World Tanker Fleet: Outlook for the Future

(Exxon Marine Vol 22 Ⅱ)

発行者 Exxon Corporation

発行年月 1977年秋

予測期間 1977～1985年

予測対象 タンカーの船型別にVLCC/ULCC(16万トン以上), 大型MST(Medium size tankers 9万～16万トン), 小型MST(6万～9万トン)製品タンカー(1.6万～6万トン)についての需給予測

分析手法

- (1) 需要としてはエネルギー消費の伸び率を想定、アラスカ、メキシコの生産増の影響を加味している
- (2) スエズ運河は第二期工事完成を予想、又中東パイプラインの大幅な能力増を想定
- (3) 供給としては兼用船の50%が石油輸送に従事と想定、その他米国の貨物優先法、SBT条約の影響を検討している
- (4) 又減速、係船、遊休という過剰対策について技術的経済的検討を行っている。これにより前記各船型毎の需給見透しを1985年迄の期間について行っている

使用データ

- 備考(1) 中東パイプラインについて現在の5本及び工事中1本の1981、1985時点での夫々の予想能力を推定している
- (2) 本論文はExxon及びその関係会社職員の雑誌"Exxon Marine"に掲載されたもの

3.3 Tilney

書名 World Tanker Prospects 1979~1982

発行者 Tilney & Co.

発行年月 1979年1月

予測期間 1979~1982年

予測対象 タンカー需給予測

分析手法

- (1) タンカー供給面では、現有船腹の船令から解撤量を予測、手持工事量、引渡時期、係船船腹量、兼用船の石油従事量等を予測
- (2) 需要面では自由世界の主要国地域、途上国地域の夫々の石油消費量の伸びを毎年想定（これについては過去の石油消費、歴史的パターンの変動、供給パターンの需要に及ぼす影響と供給源の変化等を分析）又石油備蓄の動向（日本、米国など）を考慮している

使用データ 海運関係各種出版物及び英米の石油会社、船会社より収集のデータ

備考 今後の新期発注量は考慮していない

3.4 Terminal Operators

書名 World Oil Demand and Tanker Markets 1978~1981

発行者 Terminal Operators Ltd.

発行年月 1978年5月

予測期間 1978~1981年

予測対象 原油タンカー、製品タンカーの需給予測

分析手法

- (1) 需要面では1976年の石油生産消費について詳しく分析、10地域別の貿易マトリッ

クスによるOD調査、マトリックスの代表的距離からトン・マイルを算出。地域毎の製品別
輸入量のデータあり

- (2) 地域別石油消費量を1960~1976のGNPと石油消費の伸び率から1976~81
の伸び率を想定
- (3) 石油精製能力についても現状分析と予測を行ない製品の地域内消費輸入量を予測
- (4) 供給面では製品タンカーを船型別に推定、原油タンカーは現有船腹に兼用船の50%を加
え、77年の新造と解撤が相殺され、係船の船令別構成を検討、係船、減速、非効率配船を
計算、解撤は船令17年で行われると仮定
- (5) その他米国とカナダの港湾建設、S B T, COW, LOT等の要因を検討している

使用データ U.N. Statistical Yearbook, International Petroleum Encyclopedia,
Petroleum Economist, J. I. Jacobs "World Tanker Fleet Review" etc.

- 備考 (1) 需給両面について細部の検討をしている
(2) 特に製品タンカーの分析が詳しい

3.5 OECD World Energy Outlook

書名 World Energy Outlook

発行者 OECD

発行年月 1977年

予測期間 1977より15年間

予測対象 OECD及びその他の地域についての全エネルギーの予測、OECD内1985
年迄の需給、同1990年迄及びそれ以降他地域1985年迄

分析手法

- (1) 経済成長率は3つのケース想定、OECDの85年迄の経済成長率及びエネルギー消費の
対GDP弾性値を想定、OECD内天然ガス及び原子力について言及
- (2) 他地域については世銀の調査をベース

使用データ 各国のデータについては各国機関等のデータ使用

備考 OECD "Energy Prospects to 1985" (1975)の改訂版

3.6 WAES

書名 Energy Global Prospects 1985~2000

発行者 Workshop on Alternative Energy Strategies (WAES)

発行年月 1977年

予測期間 1985~2000年

予測対象 エネルギー全般に関する長期見越し

分析手法

- (1) 石油の供給不安の懸念を指摘，代替エネルギーについて検討する。原子力（核融合を含む）石炭，天然ガス，オイルサンド，太陽エネルギー，風力，波力など
- (2) 今後の見透しについては1977～85世界の経済成長率，石油価格，各国政策について夫々2～3通りの変化
- (3) 1985～2000については経済成長率，石油価格の変化の他，石油追加埋蔵量，OPECの生産制限，石炭原子力の増加等の要因の変化を組み込んで予測
- (4) 又技術上の問題，財源，環境問題等も分析している。需要側は対成長率弾性値を設定するほか，消費活動を69部門に分類して分析

使用データ

備考 代替エネルギー戦略についての国際的な共同作業（日本よりも参加）

3.7 U.S. Central Intelligence Agency

書名 The International Energy Situation : Outlook to 1985

発行者 Central Intelligence Agency U.S. Government.

発行年月 1977年4月

予測期間 1977～1985年

予測対象 1985年迄の世界エネルギー事情

分析手法

- (1) 主要消費地域の全エネルギー需要量を経済成長率（4年加重移動平均法で予測）から算出節約の調整を行って計算している（この節約効果の測定は困難とのコメントあり）
- (2) 供給面ではOECD各国の生産を予測，又OPEC特にサウジアラビアの生産増の可能性を検討
- (3) その他北海，アラスカ，メキシコ，エジプト，ソ連の生産見透しについて分析している原子力及び石炭についての環境問題が言及されている

使用データ

備考 全体で18頁のレポート，近い将来の供給不足の可能性を強く指摘している

3.8 Exxon World Energy

書名 World Energy Outlook

発行者 Exxon Corporation

発行年月 1978年4月

予測期間 1978～1990年

予測対象 1990年迄の世界のエネルギー予測

分析手法

- (1) 前提条件，(a)石油価格はインフレ率程度の上昇，(b)従来より低い経済成長率，(c)国際政

治経済の安定と協力の継続、(d)消費国でのエネルギー節約と供給開発推進、(e)石油は引続きMarginalな資源である。OPECは引続き需要に見合う生産をする

(2) 主要消費国での消費、石油、ガス、原子力、石炭、水力発電等の生産見透しについて詳細に分析している

(3) 又これらの国の経済成長率からエネルギー需要増加率を出しエネルギー節約率を乗じて需要量を算出している

使用データ

備考 ExxonではこのEnergy Outlookを毎年1回行っている

Exxon background series の1つとして作成された

第Ⅷ部

データ・ハンドブック

第1章 序

データ・ハンドブックは、情報管理の基礎的システムの一部である。

このデータ・ハンドブックは、世界の世界経済・貿易・海運の現況と推移を把握するために必要な一般的なデータを取りまとめたものである。

データは、次に示す4つのカテゴリーから構成されている。

I 船 腹 量

II 運賃市況

III 海上荷動量

IV 一般経済・貿易量

各カテゴリーのデータは、項目別にデータ源を明らかにし、図又は表の形でとりまとめられている。

第2章 データ一覧

本章では、集計されたデータのタイトル名の一覧を示す。

デ ー タ 一 覧

I 船 腹 関 係

ロイド船級協会

表I-1 1. 世界船腹量(船種別)

表I-2 2. タンカー船腹構成(船長, 船巾, 吃水別)

表I-3 3. 鉱石, バルクキャリアー船腹構成(船長, 船巾, 吃水別)

表I-4 4. 竣工船推移(1961-1977)

表I-5 5. 解撤船推移(1971-1977)

表I-6 6. 喪失船推移(1971-1977)

ファージレー・アンド・イガース社

表I-7 7. タンカーバルクキャリアー船腹推移

- 表I-8. タンカーバルクキャリア-新造船腹
- 表I-9. タンカーバルクキャリア-船腹(船型, 船令別)
- 表I-10. タンカーバルクキャリア-船腹(吃水別)
- 表I-11. タンカーバルクキャリア-発注済船腹(船型別)
- 表I-12. タンカーバルクキャリア-発注済船腹(竣工年別)
- 表I-13. タンカーバルクキャリア-発注済船腹(1967-1978)
- 表I-14. タンカーバルクキャリア-新規発注量(1967-1977)

ジョン・アイ・ヤコブ社

- 表I-15. タンカー-船腹量(所有型態別)
- 表I-16. タンカー-船腹量(主機型式別)
- 表I-17. タンカー-船腹量(船型・船令別)
- 表I-18. LPG船船腹
- 表I-19. LNG船船腹
- 表I-20. タンカー-発注済船腹(船型別)
- 表I-21. タンカー-発注済船腹(船型別, 年別)
- 表I-22. タンカー・コンバインドキャリア係船量(船型別, 船令別)
- 表I-23. タンカー-減速・滞船量

II 運賃市況

ノルウェー・ジャン・シッピング・ニュース社

- 表II-1. 運賃指数

フアンレー・アンド・イガース社

- 表II-2. 新造船船価
- 表II-3. 中古船船価(ドライカーゴ)
- 表II-4. 中古船船価(タンカー)

ロンドン・タンカー・ブローカーズ・パネル

- 表II-5. タンカー平均運賃(AFRA)

III 海上荷動関係

- 図III-1. 世界海上荷動量推移

- 図Ⅲ- 2. 主要国海上貨物揚荷量推移
- 図Ⅲ- 3. 主要国海上貨物積荷量推移
- 図Ⅲ- 4. 主要品目別荷動量及び輸送トンマイル推移

国連発表

- 表Ⅲ- 1. 世界乾貨物，タンカー貨物別海上荷動量推移
- 表Ⅲ- 2. 世界主要地域別，積揚別，タンカー貨物・乾貨物別海上荷動量推移…
- 表Ⅲ- 3. 世界主要国別，積荷・揚荷別，海上荷動量推移
- 表Ⅲ- 4. 世界州別，乾貨物・原油・石油製品別，揚荷海上荷動量推移
- 表Ⅲ- 5. 世界州別，乾貨物・原油・石油製品別，積荷海上荷動量推移
- 表Ⅲ- 6. 世界主要国別，乾貨物・原油・石油製品別揚荷海上荷動量推移
- 表Ⅲ- 7. 世界主要国別，乾貨物・原油・石油製品別積荷海上荷動量推移

OECD発表

- 表Ⅲ- 8. 1977年地域間石油荷動量推移
- 表Ⅲ- 9. 1976年砂糖荷動量

ファーレンロー・アンド・イガース社発表

- 表Ⅲ- 10. 主要撤荷の海上荷動量，トンマイル，バルクキャリア輸送量推移
- 表Ⅲ- 11. 1976年地域別穀物海上荷動量推移
- 表Ⅲ- 12. 1976年地域別石炭 "
- 表Ⅲ- 13. 1976年地域別鉄鉱石 "
- 表Ⅲ- 14. 1976年地域別燐鉱石 "
- 表Ⅲ- 15. 1976年地域別ボーキサイト・アルミナ海上荷動量推移
- 表Ⅲ- 16. 1976年その他撤荷の主要航路荷動量推移

BP社発表

- 表Ⅲ- 17. 1977年世界航洋稼動タンカー就航量比率推移
- 表Ⅲ- 18. 1976年地域間石油荷動量
- 表Ⅲ- 19. 原油，石油製品別貿易量推移

運河通航貨物量

- 表Ⅲ- 20. パナマ運河通航貨物量推移
- 表Ⅲ- 21. スエズ運河通航貨物量推移

IV 一般経済，貿易関係

表IV- 1. 主要国別鉄工業生産指数推移

表IV- 2. OECD主要国実質経済成長率及び実質輸入伸び率推移

表IV- 3. 主要国別貿易額推移

表IV-3-1 輸出

表IV-3-2 輸入

表IV- 4. 主要品目別穀物生産高推移

表IV- 5. 主要産出国別鉄鉱石生産量推移

表IV- 6. 主要産出国別石炭生産量推移

表IV- 7. 主要産出国別原油生産量推移

表IV- 8. 主要国別一次エネルギー消費量推移

表IV- 9. 世界穀物貿易量推移

表IV-9-1. 輸 出 量

表IV-9-2. 輸 入 量

表IV-9-3. 主要輸出国輸出量

表IV-9-4. 主要輸入国輸入量

表IV-10. 世界石油消費，貿易量推移

表IV-10-1. 世界石油消費量推移

表IV-10-2. 世界石油貿易量推移

出 典 一 覧

発行所	資料名	発行年月日	収録データ
		1. 年(表紙に記載された) 年を基準にする。 2. 月日	1. 最新データ 2. 収録データ
1. 国連	国連統計年鑑	1. 翌年 2. 夏	1. 発行の前年 2. 過去10年間
2. 国連	統計月報	1. - 2. 毎月21日	1. 発行年 2. 過去5年間
3. OECD	Economic Outlook (年二回)	1. 同年 2. 7月, 12月	1. 発行年 2. 過去3年間
4. OECD	Maritime Transport (年刊)	1. 翌年 2. 夏	1. 発行の前年 2. 過去3年間
5. FAO	世界穀物統計 (年刊, ただし, 1974年以降廃刊)	1. 翌年 2. -	1. 発行の前年 2. 過去3年間
6. FAO	統計月報	1. 同年 2. 毎月5日	1. 発行年 2. 過去4年間
7. BP社	Statistical Review of the World Oil Industry (年刊)	1. 翌年 2. 8月	1. 発行年 2. 過去11年間
8. ファーレー・アン ド・イガース社	Trades of World Bulk Carriers (年刊)	1. 翌年 2. 8月	1. 発行年 2. 過去11年間
9. パナマ運河社	パナマ運河報告 (年刊)	1. 翌年 2. -	1. 発行年の9月30日まで 2. 過去2~4年間
10. スエズ運河庁	スエズ運河報告 (年刊)	1. 翌年 2. -	1. 発行年 2. 発行年のみ
11. ファーレー・アン ド・イガース社	Review (年刊)	1. 翌年 2. 1月	1. 発行の前年 2. 過去1~8年間
12. ファーレー・アン ド・イガース社	World Bulk Fleet (年二回)	1. 同年, 翌年 2. 8月, 2月	1. 発行年 2. 過去1~10年間
13. ロイド船積協会	Statistical Tables (年刊)	1. 同年 2. 11月	1. 発行年 2. 過去1~10年間
14. ジョン・アイ・ ヤコブ社	World Tanker Fleet Review (年二回)	1. 同年, 翌年 2. 8月, 2月	1. 発行年 2. 過去1~10年間

