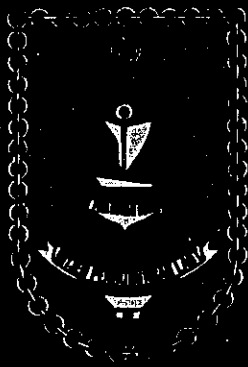


# インドネシア国 ドマイ港整備計画 調査報告書

付 録



LIBRARY

国際協力事業団

18077

JICA LIBRARY



1067594[0]

18077.

10016

13915

# 目 次

I 収入の計算方法 .....	1
II ケース・スタディ（財務分析） .....	7
III 潮汐の調和分解 .....	27

# I 収入の計算方法

## 1. 船舶からの収入

### 1-1 商船部門の前提条件

- 1) ドマイ港取扱貨物の品種別貨物量を推定する（需要予測）。
- 2) 内外航船別船種船型別入港船舶隻数を推定する（港湾計画）。
- 3) 船種船型別の船長の推定及びDWTからGTに変換する。
- 4) 船種船型別の新規・在来ベース毎の接岸時間を推定する（港湾計画）。
- 5) 単位料金を設定する（管理運営）。港湾料率は1US\$=625Rpとなっている。

#### (1) Harbour dues

Ocean going ship and tanker	$0.07^{US\$} = 44^{Rp} / GT / 30 \text{ days}$
Domestic ship	$0.035^{US\$} = 22^{Rp} / GT / 30 \text{ days}$

#### (2) Berthage fee

Ocean going ship and tanker	$0.07^{US\$} = 44^{Rp} / GT / 24 \text{ hours}$
Domestic ship	$0.026^{US\$} = 16.5^{Rp} / GT / 24 \text{ hours}$

#### (3) Pilotage fee

##### a. Per ship

Ocean going ship and tanker	$30,700^{Rp} \times 2 = 61,400^{Rp}$ $49.1^{US\$} \times 2 = 98.2^{US\$} / \text{ship}$
Domestic ship	$20,400^{Rp} \times 2 = 40,800^{Rp} = 65.28^{US\$} / \text{ship}$

##### b. Per GT

Ocean going ship and tanker	$14.95^{Rp} \times 2 = 29.9^{Rp}$
-----------------------------	-----------------------------------

$$14.95^{Rp} = \begin{matrix} \text{Harbour} \\ \text{Pilot} \end{matrix} 7.44 + \left( \frac{\begin{matrix} \text{Sea Pilot} \\ \text{Rupat Strait} + \text{Bengkalis Strait} \end{matrix} 10.3 + 4.8}{2} \right)$$

$$0.0245^{US\$} \times 2 = 0.049^{US\$} / GT$$

$$0.0245^{US\$} = \begin{matrix} \text{Harbour} \\ \text{Pilot} \end{matrix} 0.012 + \left( \frac{\begin{matrix} \text{Sea Pilot} \\ \text{Rupat Strait} + \text{Bengkalis Strait} \end{matrix} 0.017 + 0.008}{2} \right)$$

Domestic ship	$9.95^{Rp} \times 2 = 19.9^{Rp} = 0.31^{US\$} / GT$
---------------	---

$$19.9^{Rp} = \begin{matrix} \text{Harbour} \\ \text{Pilot} \end{matrix} 5 + \left( \frac{\begin{matrix} \text{Sea Pilot} \\ \text{Rupat Strait} + \text{Bengkalis Strait} \end{matrix} 6.6 + 3.3}{2} \right)$$

##### c. Additional fee (delay etc.)

Ocean going ship	$70^{US\$} = 43,750^{Rp} / \text{ship}$
Domestic ship	$35^{US\$} = 218,750^{Rp} / \text{ship}$

## (4) Towage fee

Required tugboat			Per tugboat		Per hour	
L.O.A	Number	HP	Ocean going ship	Domestic ship	Ocean going ship	Domestic ship
71~100m	1	600~1,200	62US\$ $\times$ 2=124US\$ =38,500Rp $\times$ 2= 77,000Rp	25,500Rp $\times$ 2= 51,000Rp= 81.6US\$	168US\$ $\times$ 2=336US\$ =105,000Rp $\times$ 2= 210,000Rp	68,500Rp $\times$ 2= 137,000Rp= 219.2US\$
101~150m	2	1,700~3,400	62US\$ $\times$ 2 $\times$ 2= 248US\$=38,500Rp $\times$ 2 $\times$ 2=154,000Rp	25,500Rp $\times$ 2 $\times$ 2= 102,000Rp= 163.2US\$	168US\$ $\times$ 2 $\times$ 2= 672US\$=105,000 $\times$ 2 $\times$ 2=420,000Rp	68,500Rp $\times$ 2 $\times$ 2= 274,000Rp= 438.4US\$
151~200m	2	3,400~4,000	90US\$ $\times$ 2 $\times$ 2= 360US\$=56,000Rp $\times$ 2 $\times$ 2=224,000Rp	37,000Rp $\times$ 2 $\times$ 2= 148,000Rp= 236.8US\$	245US\$ $\times$ 2 $\times$ 2= 980US\$=152,500 $\times$ 2 $\times$ 2=610,000Rp	100,000Rp $\times$ 2 $\times$ 2= 400,000Rp= 640US\$
201~	3	4,000~	138US\$ $\times$ 3 $\times$ 2= 828US\$=86,000Rp $\times$ 3 $\times$ 2=516,000Rp	60,000Rp $\times$ 3 $\times$ 2= 360,000Rp= 576US\$	341US\$ $\times$ 3 $\times$ 2= 2,046US\$= 213,000Rp $\times$ 3 $\times$ 2 =1,278,000Rp	142,000Rp $\times$ 3 $\times$ 2= 852,000Rp= 1,363.2US\$

## (5) Rope handling fee

Domestic ship

 $11,500\text{Rp} \times 2 = 23,000\text{Rp} = 36.8\text{US\$} /$   
less than 70m ship

6) 外航船のうち、50%はインドネシア商船隊とし、Rp建の計算とする。ただし、本報告書では全てUSドル換算とする。

2), 3), 4) から次表の数値が得られる。

## 船型別・船種別入航船舶数

Commodity	Ship Type and Size				Berth Occupancy Time		Number of Ship Calls		
	Trade Type	DWT	GT	L.O.A (m)	New Wharf (h)	Existing Wharf (h)	1987	1988	1989
Palm Oil	For export								
	① Parcel Tanker	26,000	16,250	170	31	-	6	8	10
	② Deep Tank	10,000	6,670	144	12	-	44	58	75
For domestic use									
	③ Parcel Tanker	2,300	1,438	82	12	12	46	62	80
Sawn Timber	④ For export	12,000	8,000	150	143	158	11	12	13
	⑤ For domestic use	1,000	667	58	-	77	13	15	16
Fertilizer	⑥ For domestic use	8,000	5,336	135	173	192	21	23	25
	⑦ For domestic use	5,000	3,335	102	173	192	25	26	28
Rice	⑧ For import	8,000	5,336	135	185	205	8	8	9
	⑨ For domestic use	1,000	667	58	-	58	80	84	88
	⑩ For domestic use	500	334	50	-	25	90	95	95
Palm Kernels and Rubber	⑪ For export	10,000	6,670	144	54	60	10	15	20
	⑫ For domestic use	1,000	667	58	-	72	25	34	45
General Cargo	⑬ For domestic use	5,000	3,335	102	152	169	21	23	25
	⑭ For domestic use	300	200	40	-	15	150	160	180
	⑮ For import	10,000	6,670	144	189	210	7	7	7
Total							557	630	716

1-2 タンカー部門の前提条件

1) カルテックスのドマイ製油所及びブルタミナのハイドロクラッカー工場の施設能力及び過去の実績から次のとおり船型別入港隻数を推定する。

Trade Type	DWT	GT	L.O.A (m)	Number of Ship Calls		
				1987	1988	1989
For export	100,000	58,800	270	520	535	550
For domestic use	35,000	20,580	200	287	295	303
	15,000	8,320	157	182	187	192
	12,500	7,350	150	32	39	40
Total				1,027	1,056	1,085

2) 単位料金の設定

商港部門と同一であるが、全船USドル建とする。ただし、Berthage fee は徴収しない。

3) 石油需給見通しとタンカー部門の収入伸び率

1979年5月、第3回IEA関係理事会の資料“自由世界のエネルギー需給見通し”から石油の1985～1990年の伸びは年3.03%であるので、1982年から1989年までの期間毎年3%の率で上昇させることとした。

第3回IEA関係理事会における自由世界のエネルギー需給見通し

(単位：石油換算百万バレル/日)

	1976	1985	1990	2000
石油	45.9	64.2	74.5	93.0
石炭	15.8	22.8	27.8	34.8
天然ガス	14.8	19.1	21.1	25.6
原子力	1.9	6.5	10.3	23.2
水力/地熱等	5.6	8.1	9.6	14.2
計	84.0	120.7	143.3	190.6

〔石油需給〕

	1976	1985	1990	2000
需 要	45.9	64.2	74.5	93.0
供 給				
OECD地域	12.0	16.5	15.5	14.0
非OPEC地域	5.5	8.9	11.5	13.0
小 計	17.5	25.4	27.0	27.0
OECD生産期待量	28.4	38.8	47.5	66.0
OECD生産可能量	28.4	35.5	38.0	38.0
需給ギャップ	—	△3.3	△9.5	△28.0

## 2 貨物からの収入

- 1) ドマイ港の埠頭を通過する貨物量を推定する(需要予測)。
- 2) 取扱貨物を内貿・外貿貨物に区分する。(表9-2-2)
- 3) 上屋及び野積場利用貨物量を推定する(表9-2-3)。
- 4) 単位料金を設定する(管理運営)。ここでは1US\$=625Rpで換算される。

### (1) Wharfage charge

a. Export cargo	90 <sup>Rp</sup> = 0.144 <sup>US\$</sup> /Ton
b. Non export cargo	
a) Palm oil, Fertilizer, Rice	220 <sup>Rp</sup> = 0.352 <sup>US\$</sup> /Ton
b) Others cargo	275 <sup>Rp</sup> = 0.44 <sup>US\$</sup> /Ton
c. Container	
a) Empty	7 <sup>Rp</sup> = 0.0112 <sup>US\$</sup> /TEU
b) Loaded	15 <sup>Rp</sup> = 0.024 <sup>US\$</sup> /TEU

### (2) Transit shed charge

748 <sup>Rp</sup> = 1.1968 <sup>US\$</sup> /Ton/15 days
( 44 <sup>Rp</sup> = 0.0704 <sup>US\$</sup> /Ton/1 ~ 5 days
264 <sup>Rp</sup> = 0.4224 <sup>US\$</sup> /Ton/6 ~ 10 days
440 <sup>Rp</sup> = 0.704 <sup>US\$</sup> /Ton/11 ~ 15 days )

### (3) Open storage charge

374 <sup>Rp</sup> = 0.5984 <sup>US\$</sup> /Ton/15 days
( 22 <sup>Rp</sup> = 0.0352 <sup>US\$</sup> /Ton/1 ~ 5 days
132 <sup>Rp</sup> = 0.2112 <sup>US\$</sup> /Ton/6 ~ 10 days
220 <sup>Rp</sup> = 0.352 <sup>US\$</sup> /Ton/11 ~ 15 days )

### (4) Container charge

Empty	550 <sup>Rp</sup> = 0.88 <sup>US\$</sup> /TEU/day
Loaded	1,250 <sup>Rp</sup> = 2 <sup>US\$</sup> /TEU/day

### (5) Crane rental fee

2.5 ton forklift	2,300 <sup>Rp</sup> = 3.68 <sup>US\$</sup> /hour
5 ton forklift	2,650 <sup>Rp</sup> = 4.24 <sup>US\$</sup> /hour
15 ton mobile crane	6,000 <sup>Rp</sup> = 9.6 <sup>US\$</sup> /hour

### (6) Entry Permit

8 ton Truck	250 <sup>Rp</sup> = 0.4 <sup>US\$</sup> /once
8 ton Trailer	300 <sup>Rp</sup> = 0.48 <sup>US\$</sup> /once



5) その他単位料金決定に伴う想定

(1) コンテナ化率(港務計画)

	1988	1989
Palm Kernels	10%	20%
Rice	10%	15%
General cargo	8%	17%

コンテナ貨物は20TEUで7トン積みとする。

(2) 荷役機械の能力

フォークリフト1台当り、時間20ton扱う。

モービルクレーン1台時間当り12個のコンテナを扱う。

(3) 臨港地区に出入するトラックの推定

トラック、トレーラは8ton積みとした。

(4) 空コンテナの扱い

コンテナ化率によって計算したコンテナ個数(TEU)の出入の差を空コンテナ個数とした。

Open Strageの利用率を20%とした。

3. その他の収入

(1) 土地賃借料, ヘルスセンター収入, 銀行利子は1981年ドマイ港財務資料を基準として毎年3%の上昇を見込んで計算した。

(2) 利子について商港部門とタンカー部門の区分は入港船舶数によることとした。

4. ドマイ港収入

I, II, IIIにより計算して得られた収入は, 次表のとおりである。

ドマイ港金収益

Year	1987					1988					1989				
	Total Revenue ('000US\$)	Commercial Port		Tanker		Total Revenue ('000US\$)	Commercial Port		Tanker		Total Revenue ('000US\$)	Commercial Port		Tanker	
Commodity		US\$ ('000US\$)	Rp ('000Rp)				US\$ ('000US\$)	Rp ('000Rp)				US\$ ('000US\$)	Rp ('000Rp)		
Revenues from Ships	7,439	543	237,759 (380)	6,896	7,721	628	189	274,154 (439)	7,093	8,002	712	229	301,934 (483)	7,290	
Revenues from Cargos	1,067	1,067	667,110 (1,067)	-	1,300	1,300	-	812,447 (1,300)	-	1,559	1,559	-	974,197 (1,559)	-	
Other Revenues	297	167	104,288 (167)	130	306	176	-	110,002 (176)	130	315	188	-	117,296 (188)	127	
Total	8,803	1,777	1,009,157 (1,614)	7,026	9,327	2,104	189	1,196,603 (1,915)	7,223	9,876	2,459	229	1,393,427 (2,230)	7,417	

## II ケース・スタディ（財務分析）

### 1. 財務諸表分析

#### 1-1 前提条件

- (1) 対象期間は1984年から、プロジェクト・ライフが終了する2009年までの推定財務諸表を作成する。
- (2) 収入計算に用いる港湾料金は、1983年の現行料金とする。
- (3) コストは1982年価格とする。
- (4) プロジェクトの投資額は、表II-1のとおり3つのケースの資金調達方法にもとづいて財務諸表に計上する（R/D 第14項関連）。

表 II - 1 資金調達方法

Case	Foreign currency portion (57.5%)	Domestic currency portion (42.5%)
1.	Long-term loan from foreign bank Annual interest rate: 3.5% Grace period: 10 years Repayment period: 30 years Term of loan: 40 years	National Development Funds, interest free
2.	Long-term loan from foreign bank Annual interest rate: 11% Other conditions are the same as Case 1.	Same as the Case 1
3.	Long-term loan from foreign bank Annual interest rate: 8% Other conditions are the same as Case 1.	Same as the Case 1

- (5) 固定資産の減価償却は、インドネシア政府が1983年3月に制定した規則によるものとし、耐用年数は表II-2のとおりである（R/D 第11項関連）。

表 II - 2 減価償却率及び耐用年数

Item	Depreciation Rate	Life Cycle (years)
Quay (Concret)	0.04	25
(Wooden/Steel)	0.1	10
Open Storage	0.04	25
Warehouse	0.04	25
Road	0.05	20
Office Building	0.04	25
Water Supply	0.04	25
Power Supply	0.04	25
Navigation Aids	0.04	25
Cargo Handling Equipment	0.1	10
Vessel	0.05	20
Bouy	0.04	25

(6) 管理運営費はドマイ港全体に係る経費（Aタイプ）と商港部門に係る経費（Bタイプ）の2ケースとする。

(7) 剰余金の処理は、本報告書と同一とする。

(8) 上記の数字は、すべてUS\$ 1,000を単位とする。

## 1-2 財務的収益率（FRR）分析

分析の方法は本報告書と同じとする。

## 2 収 入

Iで記述したとおりである。

収入はドマイ港全体を対象とした場合（Aタイプ）と商港部門を対象とした場合（Bタイプ）の2ケースに区分する（R/D第13項関連）。

## 3 支 出

支出費目は、本報告書と同様、人件費、一般管理費、維持運営費、減価償却費、長期借入金金利の5つに区分する。

### (1) 人件費

Aタイプは本報告書と同様であるが、Bタイプについては、Secretariat, Technical Division, Finance Division, Pilotage Division, Fire Brigadeに所属する職員をタンカー部門と商港部門に分けるために、入港船舶数の比率で按分した。

### (2) 一般管理費

計算方法は本報告書と同一である。

### (3) 維持運営費

本報告書と同一である。

### (4) 減価償却費

前述の償却率及び耐用年数（表Ⅱ-2）に従って減価償却額を積み上げ計算した。

新規投資分の要償却資産は、平均耐用年数21年であるので、本プロジェクトの終了年を2009年とした。

1984年以降の固定資産の推移を見ると表Ⅱ-3のとおりである。

表Ⅱ-3 固定資産の推移

Unit: '000 US\$

	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994~ 1998	1999~ 2003	2004~ 2009
Fixed Assets at Beginning Year	17,307	21,930	30,234	49,365	65,837	75,177	71,554	67,931	64,308	60,685	57,232	41,047	24,862
Non-Depreciable Assets (land)	84	84	84	84	84	84	84	7,033	7,033	7,033	7,033	7,033	7,033
Depreciable Assets	19,594	24,273	28,952	30,431	34,390	35,146	79,302	79,302	79,302	79,302	79,302	79,302	79,302
Depreciation	3,850	4,972	6,313	7,654	9,391	11,158	14,781	18,404	22,027	25,650	29,103	45,288	61,473
Written down value	15,744	19,301	22,639	22,777	24,999	23,988	64,521	60,898	57,275	53,652	50,199	34,014	17,829
Construction in Process	1,479	2,545	7,511	26,504	40,754	51,105							
Investment	5,745	9,645	20,472	18,209	11,107								
Existing Facilities	4,679	4,679											
New Facilities	1,066	4,966	20,472	18,209	11,107								
Non-Depreciable Assets						6,949							
Depreciable Assets	4,679	4,679	1,479	3,959	756	44,156							
Construction in Process	2,545	6,445	20,472	18,209	11,107								
Depreciation	1,122	1,341	1,341	1,737	1,767	3,623	3,623	3,623	3,623	3,453	16,185	16,185	17,662
Fixed Assets at End of Year	17,307	21,930	30,234	49,365	65,837	75,177	71,554	67,931	64,308	60,685	57,232	41,047	24,862
Non-Depreciable Assets (land)	84	84	84	84	84	84	84	7,033	7,033	7,033	7,033	7,033	7,033
Depreciable Assets	19,594	24,273	28,952	30,431	34,390	35,146	79,302	79,302	79,302	79,302	79,302	79,302	79,302
Depreciation	3,850	4,972	6,313	7,654	9,391	11,158	14,781	18,404	22,027	25,650	29,103	45,288	61,473
Written down value	15,744	19,301	22,639	22,777	24,999	23,988	64,521	60,898	57,275	53,652	50,199	34,014	17,829
Construction in Process	1,479	2,545	7,511	26,504	40,754	51,105							

(5) 長期借入金金利

ケース 1 の場合は、本報告書と同じである (表 9-3-6)。

ケース 2 の場合は、表 II-4、ケース 3 の場合は表 II-5 に示す。

表 II-4 長期借入金推移表

(Unit: '000US\$)

Year	Project Cost			Loan Repayment Amount	Loan Balance at End	Interest on Loan
	National Development Loan	Long Term Loan	Total			
1984	376	690	1,066		690	76
1985	1,704	3,262	4,966		3,952	435
1986	7,908	12,564	20,472		16,516	1,817
1987	8,950	9,259	18,209		25,775	2,835
1988	4,803	6,304	11,107		32,079	3,529
1989					32,079	3,529
1990					32,079	3,529
1991					32,079	3,529
1992					32,079	3,529
1993					32,079	3,529
1994				1,069	31,010	3,411
1995				1,069	29,941	3,294
1996				1,069	28,872	3,176
1997				1,069	27,803	3,058
1998				1,069	26,734	2,941
1999				1,069	25,665	2,823
2000				1,069	24,596	2,706
2001				1,069	23,527	2,588
2002				1,069	22,458	2,470
2003				1,069	21,389	2,353
2004				1,069	20,320	2,235
2005				1,069	19,251	2,118
2006				1,069	18,182	2,000
2007				1,069	17,113	1,882
2008				1,069	16,044	1,765
2009				1,069	14,975	1,647

表 II - 5 長期借入金推移表

(Unit: '000US\$)

Year	Project Cost			Loan Repayment Amount	Loan Balance at End	Interest on Loan
	National Development Loan	Long Term Loan	Total			
1984	376	690	1,066		690	55
1985	1,704	3,262	4,966		3,952	316
1986	7,908	12,564	20,472		16,516	1,321
1987	8,950	9,259	18,209		25,775	2,062
1988	4,803	6,304	11,107		32,079	2,566
1989					32,079	2,566
1990					32,079	2,566
1991					32,079	2,566
1992					32,079	2,566
1993					32,079	2,566
1994				1,069	31,010	2,481
1995				1,069	29,941	2,395
1996				1,069	28,872	2,310
1997				1,069	27,803	2,224
1998				1,069	26,734	2,139
1999				1,069	25,665	2,053
2000				1,069	24,596	1,968
2001				1,069	23,527	1,882
2002				1,069	22,458	1,797
2003				1,069	21,389	1,711
2004				1,069	20,320	1,626
2005				1,069	19,251	1,540
2006				1,069	18,182	1,455
2007				1,069	17,113	1,369
2008				1,069	16,044	1,284
2009				1,069	14,975	1,198

#### 4. 財務状況

以上の収入及び支出の算定に基づいて1984年から2009年までの財務諸表を作成する。  
1984年から2009年までの推定損益計算書、資金運用調達表及び貸借対照表はそれぞれ表Ⅱ-6、表Ⅱ-7及び表Ⅱ-8に示す。

各財務諸表は次の4ケースとする。

Case - A1 , A2 及び A3

Case - B1

(A及びBは、収入及び管理運営費のタイプを、1～3は資金調達の方法を示す。)

##### 4-1 評価

分析対象財務比率は、本報告書と同一とする。

各ケース毎に財務比率を計算すると表Ⅱ-9のとおりである。

また、各ケース毎の財務的収益率(FRR)は表Ⅱ-10のとおりである。A1、2及びA3のFRR計算表は表Ⅱ-16のとおりである。



表Ⅱ-6 損益計算書

Unit: '000US\$

Item	Year	Case	(1983)	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994~1998	1999~2003	2004~2009
Operating Revenue	A1,A2,A3		7,373	7,631	7,997	8,389	8,803	9,327	9,876	9,876	9,876	9,876	9,876	49,386	49,386	59,256
	B1		1,075	1,161	1,350	1,552	1,776	2,104	2,459	2,459	2,459	2,459	2,459	12,295	12,295	14,754
Operating Expenditure	A1,A2,A3		3,421	3,684	3,947	3,958	3,978	4,204	4,409	4,409	4,409	4,409	4,409	22,045	22,045	26,454
	B1		947	1,089	1,378	1,383	1,443	1,620	1,832	1,832	1,832	1,832	1,832	9,160	9,160	10,992
Operating Profit	A1,A2,A3		3,952	3,947	4,050	4,431	4,825	5,123	5,467	5,467	5,467	5,467	5,467	27,335	27,335	32,802
	B1		128	72	△28	169	333	484	627	627	627	627	627	3,135	3,135	3,762
Depreciation			903	1,122	1,341	1,341	1,737	1,767	3,623	3,623	3,623	3,623	3,453	16,185	16,185	17,662
Interest on Loan	A1,B1			24	138	578	902	1,123	1,123	1,123	1,123	1,123	1,123	5,053	4,120	3,706
	A2			76	435	1,817	2,835	3,529	3,529	3,529	3,529	3,529	3,529	15,880	12,940	11,647
	A3			55	316	1,321	2,062	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	11,549	9,411	8,472
Profit after Depreciation and Interest on Loan	A1		3,049	2,801	2,571	2,512	2,186	2,233	721	721	721	721	891	6,097	7,030	11,434
	A2		3,049	2,749	2,274	1,273	253	△213	△1,685	△1,685	△1,685	△1,685	△1,515	△4,730	△1,790	3,493
	A3		3,049	2,770	2,393	1,769	1,026	790	△722	△722	△722	△722	△552	△399	1,739	6,668
	B1		△775	△1,074	△1,507	△1,750	△2,306	△2,406	△4,119	△4,119	△4,119	△4,119	△3,949	△18,103	△17,170	△17,606
Tax	A1		1,372	1,260	1,157	1,130	984	1,005	324	324	324	324	401	2,744	3,164	5,145
	A2		1,372	1,237	1,023	573	114	-	-	-	-	-	-	-	-	1,572
	A3		1,372	1,247	1,077	796	462	356	-	-	-	-	-	-	783	3,001
	B1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
National Development Fund Reserve	A1		922	848	778	760	661	675	218	218	218	218	270	1,844	2,126	3,459
	A2		922	832	688	385	76	-	-	-	-	-	-	-	-	1,057
	A3		922	838	724	535	310	239	-	-	-	-	-	-	-	2,017
	B1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Net Profit	A1		755	693	636	622	541	553	179	179	179	179	220	1,509	1,740	2,830
	A2		755	680	563	315	63	△213	△1,685	△1,685	△1,685	△1,685	△1,515	△4,730	△1,790	864
	A3		755	685	592	438	254	195	△722	△722	△722	△722	△552	△399	430	1,650
	B1		△775	△1,074	△1,507	△1,750	△2,306	△2,406	△4,119	△4,119	△4,119	△4,119	△3,942	△18,103	△17,170	△17,606
Accumulated Net Profit from 1981	A1		7,041	7,734	8,370	8,992	9,537	10,086	10,265	10,444	10,623	10,802	11,022	12,531	14,271	17,101
	A2		7,041	7,721	8,284	8,599	8,662	8,449	6,764	5,079	3,394	1,709	194	△4,536	△6,326	△5,462
	A3		7,041	7,726	8,318	8,756	9,010	9,205	8,483	7,761	7,039	6,317	5,765	5,366	5,796	7,446
	B1		5,511	4,437	2,930	1,180	△1,126	△3,532	△7,651	△11,770	△15,889	△20,008	△23,957	△42,060	△59,230	△76,836

表 II - 7 資金調達運用表

(Unit: '000US\$)

Item	Year	Case	(1983)	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994~1998	1999~2003	2004~2009
Source of Funds (A)																
Net Profit																
	A1		755	693	636	622	541	553	179	179	179	179	220	1,509	1,740	2,830
	A2		755	680	563	315	63	△213	△1,685	△1,685	△1,685	△1,685	△1,515	△4,730	△1,790	864
	A3		755	685	592	438	254	195	△722	△722	△722	△722	△552	△399	430	1,650
	B1		△775	△1,074	△1,507	△1,750	△2,306	△2,406	△4,119	△4,119	△4,119	△4,119	△3,949	△18,103	△17,170	△17,606
Depreciation			903	1,122	1,341	1,341	1,737	1,767	3,623	3,623	3,623	3,623	3,453	16,185	16,185	17,662
Long Term Loan				690	3,262	12,564	9,259	6,304								
National Development Fund			1,479	5,055	6,383	7,908	8,950	4,803								
Total			3,137	7,560	11,622	22,435	20,487	13,427	3,802	3,802	3,802	3,802	3,673	17,694	17,925	20,492
	A1		3,137	7,547	11,549	22,128	20,009	12,661	1,938	1,938	1,938	1,938	1,938	11,455	14,395	18,526
	A2		3,137	7,552	11,578	22,251	20,200	13,069	2,901	2,901	2,901	2,901	2,901	15,786	16,615	19,312
	A3		1,607	5,793	9,479	20,063	17,640	10,468	△496	△496	△496	△496	△496	△1,918	△985	56
Application of Fund (B)																
Cost of Fixed Assets Addition			1,479	5,745	9,645	20,472	18,209	11,107								
Repayment of Long Term Loan														5,345	5,345	6,414
Total			1,479	5,745	9,645	20,472	18,209	11,107						5,345	5,345	6,414
Increase/Decrease of Net Current Assets (C)			1,658	1,815	1,977	1,963	2,278	2,320	3,802	3,802	3,802	3,802	3,673	12,349	12,580	14,708
	A1		1,658	1,802	1,904	1,656	1,800	1,554	1,938	1,938	1,938	1,938	1,938	6,110	9,050	12,112
	A2		1,658	1,807	1,933	1,779	1,991	1,962	2,901	2,901	2,901	2,901	2,901	10,441	11,270	12,898
	A3		1,658	1,807	1,933	1,779	1,991	1,962	2,901	2,901	2,901	2,901	2,901	10,441	11,270	12,898
	B1		128	48	△166	△409	△569	△639	△496	△496	△496	△496	△496	△7,263	△6,330	△6,358
Net Current Assets at Beginning of Year (D)			1,028	2,686	4,501	6,478	8,441	10,719	13,039	16,841	20,643	24,445	28,247	31,920	44,269	56,849
	A1		1,028	2,686	4,488	6,392	8,048	9,848	11,402	13,340	15,278	17,216	19,154	21,092	27,202	36,252
	A2		1,028	2,686	4,493	6,426	8,205	10,196	12,158	15,059	17,960	20,861	23,762	26,663	37,104	48,374
	A3		1,028	2,686	4,493	6,426	8,205	10,196	12,158	15,059	17,960	20,861	23,762	26,663	37,104	48,374
	B1		1,028	1,156	1,204	1,038	629	60	△579	△1,075	△1,571	△2,067	△2,563	△3,059	△10,322	△16,652
Net Current Assets at End of Year (E)			2,686	4,501	6,478	8,441	10,719	13,039	16,841	20,643	24,445	28,247	31,920	44,269	56,849	70,927
	A1		2,686	4,488	6,392	8,048	9,848	11,402	13,340	15,278	17,216	19,154	21,092	27,202	36,252	48,364
	A2		2,686	4,488	6,392	8,048	9,848	11,402	13,340	15,278	17,216	19,154	21,092	27,202	36,252	48,364
	A3		2,686	4,493	6,426	8,205	10,196	12,158	15,059	17,960	20,861	23,762	26,663	37,104	48,374	61,272
	B1		1,156	1,204	1,038	629	60	△579	△1,075	△1,571	△2,067	△2,563	△3,059	△10,322	△16,652	△23,010

表 II - 8 貸借対照表

(Unit: '000US\$)

Item	Year	Case	(1983)	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994~1998	1999~2003	2004~2009
<u>Assets</u>																
Fixed Assets			17,307	21,930	30,234	49,365	65,837	75,177	71,354	67,931	64,308	60,685	57,232	41,047	24,862	7,200
Net Current Assets			2,686	4,501	6,478	8,441	10,719	13,039	16,841	20,643	24,445	28,247	31,920	44,269	56,849	70,927
	A1		2,686	4,488	6,392	8,048	9,848	11,402	13,340	15,278	17,216	19,154	21,092	27,202	36,252	48,364
	A2		2,686	4,493	6,426	8,205	10,196	12,158	15,059	17,960	20,861	23,762	26,663	37,104	48,374	61,272
	A3		1,156	1,204	1,038	629	60	△579	△1,075	△1,571	△2,067	△2,563	△3,059	△10,322	△16,652	△23,010
	B1		19,993	26,431	36,712	57,806	76,556	88,216	88,395	88,574	88,753	88,932	89,152	85,316	81,711	78,127
Total			19,993	26,418	36,626	57,413	75,685	86,579	84,894	83,209	81,524	79,839	78,324	68,249	61,114	55,564
	A2		19,993	26,423	36,660	57,570	76,033	87,335	86,613	85,891	85,167	84,447	83,895	78,151	73,236	68,472
	A3		18,463	23,134	31,272	49,994	65,897	74,598	70,479	66,360	62,241	58,122	54,173	30,725	8,210	△15,810
	B1															
<u>Liabilities</u>																
Capital Loan by Government (National Development Fund)			12,952	18,007	24,390	32,298	41,248	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051
Long Term Loan				690	3,952	16,516	25,775	32,079	32,079	32,079	32,079	32,079	32,079	26,734	21,389	14,975
Capital and Reserve			7,041	7,734	8,370	8,992	9,533	10,086	10,265	10,444	10,623	10,802	11,022	12,531	14,271	17,101
	A1		7,041	7,721	8,284	8,599	8,662	8,449	6,764	5,079	3,394	1,709	194	△4,536	△6326	△5,462
	A2		7,041	7,726	8,318	8,756	9,010	9,205	8,483	7,761	7,039	6,317	5,765	5,366	5,796	7,446
	A3		5,511	4,437	2,930	1,180	△1,126	△3,532	△7,651	△11,770	△15,889	△20,008	△23,957	△42,060	△59,230	△76,836
	B1		19,993	26,431	36,712	57,806	76,556	88,216	88,395	88,574	88,753	88,932	89,152	85,316	81,711	78,127
Total			19,993	26,418	36,626	57,413	75,685	86,579	84,894	83,209	81,524	79,839	78,324	68,249	61,114	55,564
	A2		19,993	26,423	36,660	57,570	76,033	87,335	86,613	85,891	85,169	84,447	83,895	78,151	73,236	68,472
	A3		18,463	23,134	31,272	49,994	65,897	74,598	70,479	66,360	62,241	58,122	54,173	30,725	8,210	△15,810
	B1															

表 II - 9 財 務 比 率

(%)

Case \ Item	A1		A2		A3		B1	
	1989	1994~1998	1989	1994~1998	1989	1994~1998	1989	1994~1998
Working Ratio	45	45	45	45	45	45	75	75
Operating Ratio	89	80	117	110	107	103	268	256
Return on Net Fixed Assets	3	4	3	5	3	5	-	-
Interest Earned Ratio	196	218	52	63	72	87	-	-
Debt Service Coverage	407	263	280	233	385	292	-	-

表 II - 10 財務的收益率 (FRR)

Case	A1, A2, A3	B1
%	8.6	-

1) 各ケース毎の評価

(1) A1ケース

本報告書と同じ。

(2) A2ケース

借入金金利の支払及び減価償却の実施が非常に大きな負担となるため、1988年から2004年まで17年間毎期平均883千USドルの欠損となる。2005年以降は、黒字に転じる。

しかし、プロジェクト実施後、毎期の借入金金利、元金の支払に支障となるものはない。

(3) A3ケース

A-2 Caseと同様の理由で、1989年から1999年の11年間毎期平均343千USドルの欠損となるが、2000年以降は黒字となる。

しかし、プロジェクト実施後の毎期の借入金金利、元金支払にはA-2 Caseと同様支障となるものではない。

(4) B1ケース

1984年から2009年の全計算期間26年間累積赤字82,347千USドル、毎期平均3,167千USドルの赤字である。これは累計減価償却額75,285千USドルのほぼ1割を上回る額となっている。

従って、表II-6にみるように商港部門の収入をもって、ドマイ港の運営経費を賄うことができるが、毎期借入金金利、元金の支払、減価償却の実施等の所要経費を賄いきれないことが判明した。

2) 対策 (R/D第15項関連)

各ケースの対策は、次のとおりである。

(1) A2ケース

企業会計方式に基づいて借入金金利支払、減価償却実施するために、

- a. 現行の料金水準を1988年から20%値上げをする場合。
- b. 中央政府から1988年から2004年の17年間毎期平均883千USドルの補助金等の拠出が得られる場合である。

これらの1つが可能であれば、ドマイ港の財務上の健全性は確保できるであろう。

(2) A3ケース

A2 Caseと同様の措置をとるとすれば、

- a. 現行の料金水準を1989年から8%値上げをする場合
- b. 中央政府から1989年から1999年の11年間毎期平均343千USドルの補助金等の拠出が得られる場合

が考えられる。

これらのうちいずれか一方が採用されれば、ドマイ港の財務上の健全性が確保できるであろう。

(3) B1ケース

A-2 Caseと同様の措置をとるとすれば

- a. 現行料金を1984年から170%値上する場合
- b. 中央政府から1984年毎期3,167千USドルの補助金等の拠出が得られる場合。

これらのいずれか一方が可能であれば、ドマイ港の財務上の健全性が確保できる。

A2, A3, B1 Caseの対策のうち、料金水準を値上げをした場合の損益計算書、資金調達運用表及び貸借対照表は、表Ⅱ-11, 表Ⅱ-12及び表Ⅱ-13に示す。

各ケースの財務比率は、表Ⅱ-14のとおりである。

また、各ケースの財務比率は表Ⅱ-15に示す。

A2, A3及びB1 CaseのFRRは表Ⅱ-17, 表Ⅱ-18及び表Ⅱ-19のとおりである。

#### 4-2 結 論

A1ケースの場合は、本報告書と同じである。

A2, A3及びB1ケースの財務分析の結果をみると、当港の財務会計の健全性と収益性は、現行料金を値上げすることによって確保できることがわかる。

また、本プロジェクトは地域開発に多大の貢献をもたらし、国民経済的には十分な便益を期待できるので、本財務会計の独立採算性を確保するため、中央政府からの資金を導入することも妥当な方策と思われる。

表Ⅱ-11 損益計算書

(Unit: '000US\$)

Item	Year	Case	(1983)	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994~1998	1999~2003	2004~2009
Operating Revenue	A2		7,373	7,631	7,997	8,389	8,803	11,192	11,851	11,851	11,851	11,851	11,851	59,255	59,255	71,106
	A3		7,373	7,631	7,997	8,389	8,803	9,327	10,666	10,666	10,666	10,666	10,666	53,330	53,330	63,996
	B1		1,075	3,135	3,645	4,190	4,795	5,681	6,639	6,639	6,639	6,639	6,639	33,195	33,195	39,834
Operating Expenditure	A2, A3		3,421	3,685	3,947	3,958	3,978	4,204	4,409	4,409	4,409	4,409	4,409	22,045	22,045	26,454
	B1		947	1,089	1,378	1,383	1,443	1,620	1,832	1,832	1,832	1,832	1,832	9,160	9,160	10,992
Operating Profit	A2		3,952	3,947	4,050	4,431	4,825	6,988	7,442	7,442	7,442	7,442	7,442	37,210	37,210	44,652
	A3		3,952	3,947	4,050	4,431	4,825	5,123	6,257	6,257	6,257	6,257	6,257	31,285	31,285	37,542
	B1		128	2,046	2,267	2,807	3,352	4,041	4,807	4,807	4,807	4,807	4,807	24,035	24,035	28,842
Depreciation	A2		903	1,122	1,341	1,341	1,737	1,767	3,623	3,623	3,623	3,623	3,453	16,185	16,185	17,662
	A3			76	435	1,817	2,835	3,529	3,529	3,529	3,529	3,529	3,529	15,880	12,940	11,647
	B1			55	316	1,321	2,062	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	2,566	11,549	9,411	8,472
Interest on Loan	A2			24	138	578	902	1,123	1,123	1,123	1,123	1,123	1,123	5,053	4,120	3,706
	A3		3,049	2,749	2,274	1,273	253	1,692	290	290	290	290	460	5,145	8,085	15,343
	B1		3,049	2,770	2,393	1,769	1,026	790	68	68	68	68	238	3,551	5,689	11,408
Tax	A2		1,372	1,237	1,023	573	114	761	131	131	131	131	207	2,315	3,638	6,904
	A3		1,372	1,247	1,077	796	462	356	31	31	31	31	107	1,598	2,560	5,134
	B1		△775	900	788	888	713	1,151	61	61	61	61	231	2,797	3,730	7,474
National Development Fund Reserve	A2		922	832	688	385	76	512	87	87	87	87	139	1,557	2,446	4,641
	A3		922	838	724	535	310	239	20	20	20	20	72	1,074	1,721	3,451
	B1			272	238	268	216	348	19	19	19	19	70	846	1,128	2,261
Net Profit	A2		755	680	563	315	63	419	72	72	72	72	114	1,273	2,001	3,798
	A3		755	685	592	438	254	195	17	17	17	17	59	879	1,368	2,823
	B1		△775	223	195	220	176	285	15	15	15	15	57	692	923	1,850
Accumulated Net Profit from 1981	A2		7,041	7,721	8,284	8,599	8,662	9,081	9,153	9,225	9,297	9,369	9,483	10,756	12,757	16,555
	A3		7,041	7,726	8,318	8,756	9,010	9,205	9,222	9,239	9,256	9,273	9,332	10,211	11,579	14,402
	B1		5,511	5,734	5,929	6,149	6,325	6,610	6,625	6,640	6,655	6,670	6,727	7,419	8,342	10,192

表 II - 1 2 資金調達運用表

(Unit: '000US\$)

Item	Year	Case	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994~1998	1999~2003	2004~2009
Source of Funds (A)																
Net Profit																
		A2	755	680	563	315	63	419	72	72	72	72	114	1,273	2,001	3,798
		A3	775	685	592	438	254	195	17	17	17	17	59	879	1,368	2,823
		B1	△775	223	195	220	176	285	15	15	15	15	57	692	923	1,850
Depreciation			903	1,122	1,341	1,341	1,737	1,767	3,623	3,623	3,623	3,623	3,453	16,185	16,185	17,662
Long Term Loan				690	3,262	12,564	9,259	6,304								
National Development Fund			1,479	5,055	6,383	7,908	8,950	4,803								
Total		A2	3,137	7,547	11,549	22,128	20,009	13,293	3,695	3,695	3,695	3,695	3,567	17,458	18,186	21,460
		A3	3,137	7,552	11,578	22,251	20,200	13,069	3,640	3,640	3,640	3,640	3,512	17,064	17,553	20,485
		B1	1,607	7,090	11,181	22,033	20,122	13,159	3,638	3,638	3,638	3,638	3,510	16,877	17,108	19,512
Application of Funds (B)																
Cost of Fixed Assets Addition			1,479	5,745	9,645	20,472	18,209	11,107								
Repayment of Long Term Loan														5,345	5,345	6,414
Total			1,479	5,745	9,645	20,472	18,209	11,107						5,345	5,345	6,414
Increase/Decrease of Net Current Assets (C)		A2	1,658	1,802	1,904	1,656	1,800	2,186	3,695	3,695	3,695	3,695	3,567	12,113	12,841	15,046
		A3	1,658	1,807	1,933	1,779	1,991	1,962	3,640	3,640	3,640	3,640	3,512	11,719	12,208	14,071
(C = A - B)		B1	128	1,345	1,536	1,561	1,913	2,052	3,638	3,638	3,638	3,638	3,510	11,532	11,763	13,098
Net Current Assets at Beginning of Year (D)		A2	1,028	2,686	4,488	6,392	8,048	9,848	12,034	15,729	19,424	23,119	26,814	30,381	42,494	55,335
		A3	1,028	2,686	4,493	6,426	8,205	10,196	12,158	15,798	19,438	23,078	26,718	30,230	41,949	54,157
		B1	1,028	1,156	2,501	4,037	5,598	7,511	9,563	13,201	16,839	20,477	24,115	27,625	39,157	50,920
Net Current Assets at End of Year (E)		A2	2,686	4,488	6,392	8,048	9,848	12,034	15,729	19,424	23,119	26,814	30,381	42,494	55,335	70,381
		A3	2,686	4,493	6,426	8,205	10,196	12,158	15,798	19,438	23,078	26,718	30,230	41,949	54,157	68,228
(E = C + D)		B1	1,156	2,501	4,037	5,598	7,511	9,563	13,201	16,839	20,477	24,115	27,625	39,157	50,920	64,018



表 II - 1 3 貸借对照表

(Unit: '000US\$)

Item	Year	Case	(1983)	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994~1998	1999~2003	2004~2009
<b>Assets</b>																
Fixed Assets			17,307	21,930	30,234	49,365	65,837	75,177	71,554	67,931	64,308	60,685	57,232	41,047	24,862	7,200
Net Current Assets			2,686	4,488	6,392	8,048	9,848	12,034	15,729	19,424	23,119	26,814	30,381	42,494	55,335	70,381
	A2		2,686	4,493	6,426	8,205	10,196	12,158	15,798	19,438	23,078	26,718	30,230	41,949	54,157	68,228
	A3		1,156	2,501	4,037	5,598	7,511	9,563	13,201	16,839	20,477	24,115	27,625	39,157	50,920	64,018
Total			19,993	26,418	36,626	57,413	75,685	87,211	87,283	87,355	87,427	87,499	87,613	83,541	80,197	77,581
	A2		19,993	26,423	36,660	57,570	76,033	87,335	87,352	87,369	87,386	87,403	87,462	82,996	79,019	75,428
	A3		18,463	24,431	34,271	54,963	73,348	84,740	84,755	84,770	84,785	84,800	84,857	80,204	75,782	71,218
	B1															
<b>Liabilities</b>																
Capital Loan by Government (National Development Fund)			12,952	18,007	24,390	32,298	41,248	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051	46,051
Long Term Loan				690	3,952	16,516	25,775	32,079	32,079	32,079	32,079	32,079	32,079	26,734	21,389	14,975
Capital and Reserve			7,041	7,721	8,284	8,599	8,662	9,081	9,153	9,225	9,297	9,369	9,483	10,756	12,757	16,555
	A2		7,041	7,726	8,318	8,756	9,010	9,205	9,222	9,239	9,256	9,273	9,332	10,211	11,579	14,402
	A3		5,511	5,734	5,929	6,149	6,325	6,610	6,625	6,640	6,655	6,670	6,727	7,419	8,342	10,192
	B1															
Total			19,993	26,418	36,626	57,413	75,685	87,211	87,283	87,355	87,427	87,499	87,613	83,541	80,197	77,581
	A2		19,993	26,423	36,660	57,570	76,033	87,335	87,352	87,369	87,386	87,403	87,462	82,996	79,019	75,428
	A3		18,463	24,431	34,271	54,963	73,348	84,740	84,755	84,770	84,785	84,800	84,857	80,204	75,782	71,218
	B1															

表 II - 1 4 財 務 比 率

(%)

Item	Case	A2		A3		B1	
		1989	1994~1998	1989	1994~1998	1989	1994~1998
Working Ratio		37	37	43	43	28	28
Operating Ratio		98	91	99	96	99	92
Return on Net Fixed Assets		5	10	4	7	2	3
Interest Earned Ratio		108	126	103	121	105	134
Debt Service Coverage		211	175	244	219	428	231
Remarks		Operating Revenue 20% up		Operating Revenue 8% up		Operating Revenue 170% up	

表 II - 1 5 財 務 的 收 益 率 ( F R R )

Case	A2	A3	B1
%	12.7	10.1	6.7
Remarks	Operating Revenue 20% up	Operating Revenue 8% up	Operating Revenue 170%

表Ⅱ-16 FRR計算表 FRR = 8.56%

(A1~3 Case)

(Unit: '000US\$)

Year		Balance			Discounted Value (B - C)
		Project Cost (C)	Operating Profit (B)	(B - C)	
1	1984	1,066	0	△ 1,066	△ 1,066.00
2	1985	4,966	0	△ 4,966	△ 4,574.33
3	1986	20,472	0	△20,472	△17,370.12
4	1987	18,209	4,825	△13,384	△10,460.43
5	1988	11,107	5,123	△ 5,984	△ 4,308.01
6	1989	0	5,467	5,467	3,625.39
7	1990	0	5,467	5,467	3,339.46
8	1991	0	5,467	5,467	3,076.08
9	1992	0	5,467	5,467	2,833.47
10	1993	0	5,467	5,467	2,610.00
11	1994	0	5,467	5,467	2,404.15
12	1995	0	5,467	5,467	2,214.54
13	1996	0	5,467	5,467	2,039.88
14	1997	0	5,467	5,467	1,878.99
15	1998	0	5,467	5,467	1,730.80
16	1999	0	5,467	5,467	1,594.29
17	2000	0	5,467	5,467	1,468.55
18	2001	0	5,467	5,467	1,352.73
19	2002	0	5,467	5,467	1,246.04
20	2003	0	5,467	5,467	1,147.76
21	2004	0	5,467	5,467	1,057.24
22	2005	0	5,467	5,467	973.86
23	2006	0	5,467	5,467	897.05
24	2007	0	5,467	5,467	826.30
25	2008	0	5,467	5,467	761.13
26	2009	0	5,467	5,467	701.10
Total		55,820	124,755	68,935	0.0

表 II - 17 FRR 計算表 FRR = 12.65%

(A-2 Case)

(Unit: '000US\$)

Year		Balance			Discounted Value (B - C)
		Project Cost (C)	Operating Profit (B)	(B - C)	
1	1984	1,066	0	△ 1,066	△ 1,066.00
2	1985	4,966	0	△ 4,966	△ 4,408.19
3	1986	20,472	0	△20,472	△16,131.23
4	1987	18,209	4,825	△13,384	△ 9,361.53
5	1988	11,107	6,988	△ 4,119	△ 2,557.44
6	1989	0	7,442	7,442	4,101.64
7	1990	0	7,442	7,442	3,640.92
8	1991	0	7,442	7,442	3,231.95
9	1992	0	7,442	7,442	2,868.92
10	1993	0	7,442	7,442	2,546.67
11	1994	0	7,442	7,442	2,260.61
12	1995	0	7,442	7,442	2,006.68
13	1996	0	7,442	7,442	1,781.28
14	1997	0	7,442	7,442	1,581.20
15	1998	0	7,442	7,442	1,403.59
16	1999	0	7,442	7,442	1,245.93
17	2000	0	7,442	7,442	1,105.98
18	2001	0	7,442	7,442	981.75
19	2002	0	7,442	7,442	871.47
20	2003	0	7,442	7,442	773.58
21	2004	0	7,442	7,442	686.69
22	2005	0	7,442	7,442	609.56
23	2006	0	7,442	7,442	541.09
24	2007	0	7,442	7,442	480.31
25	2008	0	7,442	7,442	426.36
26	2009	0	7,442	7,442	378.47
Total		55,820	168,095	112,275	0.32

Operating Revenue 20% up

表 II - 18 FRR 計算表 FRR = 10.10%

(A-3 Case)

(Unit: '000US\$)

Year		Balance			Discounted Value (B - C)
		Project Cost (C)	Operating Profit (B)	(B - C)	
1	1984	1,066	0	△ 1,066	△ 1,066.00
2	1985	4,966	0	△ 4,966	△ 4,510.38
3	1986	20,472	0	△20,472	△16,887.80
4	1987	18,209	4,825	△13,384	△10,027.79
5	1988	11,107	5,123	△ 5,984	△ 4,072.09
6	1989	0	6,257	6,257	3,867.21
7	1990	0	6,257	6,257	3,512.41
8	1991	0	6,257	6,257	3,190.15
9	1992	0	6,257	6,257	2,897.46
10	1993	0	6,257	6,257	2,631.63
11	1994	0	6,257	6,257	2,390.18
12	1995	0	6,257	6,257	2,170.89
13	1996	0	6,257	6,257	1,971.71
14	1997	0	6,257	6,257	1,790.81
15	1998	0	6,257	6,257	1,626.51
16	1999	0	6,257	6,257	1,477.28
17	2000	0	6,257	6,257	1,341.74
18	2001	0	6,257	6,257	1,218.64
19	2002	0	6,257	6,257	1,106.83
20	2003	0	6,257	6,257	1,005.28
21	2004	0	6,257	6,257	913.05
22	2005	0	6,257	6,257	829.28
23	2006	0	6,257	6,257	753.19
24	2007	0	6,257	6,257	684.09
25	2008	0	6,257	6,257	621.33
26	2009	0	6,257	6,257	564.32
Total		55,820	141,345	85,525	0.01

Operating Revenue 8% up

表 II - 19 FRR 計算表 FRR = 6.65%

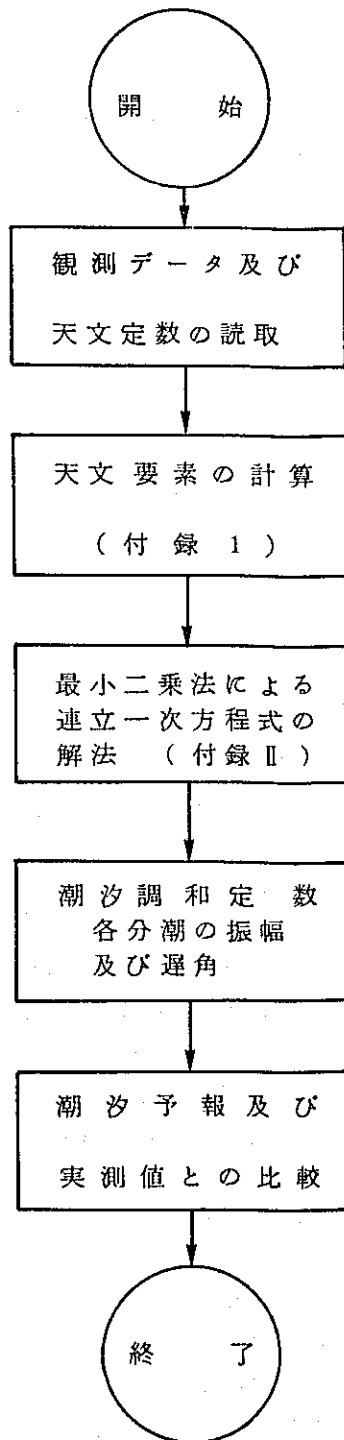
(B-1 Case) (Unit: '000US\$)

Year		Balance			Discounted Value (B - C)
		Project Cost (C)	Operating Profit (B)	(B - C)	
1	1984	1,066	0	△ 1,066	△ 1,066.00
2	1985	4,966	0	△ 4,966	△ 4,656.31
3	1986	20,472	0	△ 20,472	△ 17,998.31
4	1987	18,209	3,352	△ 14,857	△ 12,247.25
5	1988	11,107	4,061	△ 7,046	△ 5,446.10
6	1989	0	4,807	4,807	3,483.80
7	1990	0	4,807	4,807	3,266.54
8	1991	0	4,807	4,807	3,062.84
9	1992	0	4,807	4,807	2,871.84
10	1993	0	4,807	4,807	2,692.75
11	1994	0	4,807	4,807	2,524.83
12	1995	0	4,807	4,807	2,367.38
13	1996	0	4,807	4,807	2,219.75
14	1997	0	4,807	4,807	2,081.32
15	1998	0	4,807	4,807	1,951.53
16	1999	0	4,807	4,807	1,829.83
17	2000	0	4,807	4,807	1,715.72
18	2001	0	4,807	4,807	1,608.73
19	2002	0	4,807	4,807	1,508.40
20	2003	0	4,807	4,807	1,414.34
21	2004	0	4,807	4,807	1,326.14
22	2005	0	4,807	4,807	1,243.44
23	2006	0	4,807	4,807	1,165.90
24	2007	0	4,807	4,807	1,093.19
25	2008	0	4,807	4,807	1,025.02
26	2009	0	4,807	4,807	961.10
Total		55,820	108,360	52,540	0.48

Operating Revenue 170% up

### Ⅲ 潮汐の調和分解

潮汐の調和分解・フローチャート



## 付録 I : 天文要素の計算

### 1. 天文要素 s, h, p, N の計算

1861年の周期で変化する因数 f や角度 u を計算するために必要な太陰 (月) や太陽の軌道要素 s (太陰の平均黄経), h (太陽の平均黄経), p (太陰の近地点の平均黄経), N (太陰の昇交点の黄経) は, グリニッチ標準時 0 時において, 次式によって求めることができる。

$$\begin{aligned} s &= 277^{\circ}025 + 129^{\circ}38481 (Y - 1900) + 13^{\circ}17640 (D + \ell) \\ h &= 280^{\circ}190 - 0^{\circ}23872 (Y - 1900) + 0^{\circ}98565 (D + \ell) \\ p &= 334^{\circ}385 + 40^{\circ}66249 (Y - 1900) + 0^{\circ}11140 (D + \ell) \\ N &= 259^{\circ}157 - 19^{\circ}32818 (Y - 1900) - 0^{\circ}05295 (D + \ell) \end{aligned}$$

ここで,            Y : 求める日の西暦年  
                       D : その年の 1 月 1 日 0 時からの日数  
                        $\ell$  :  $(Y - 1901) / 4$  の整数部, すなわち 1900 年からその年の 1 月 1 日までのうるう年の回数 (日)

である。平均太陽日当りの角度の増分が  $(D + \ell)$  の係数であり, 1 年間 (365 平均太陽日) の増分が  $(Y - 1900)$  の係数である。因数 Y と D は観測期間の中央時である。

### 2. 因数 f, 天文引数 ( $V_g + u$ ) の計算

基本分潮の f 及び u は, 前節で求めた p, N を用いて次のように求められる。以下の記号で f, u などについているサフィックスは, 付録 III に記載した分潮の番号に対応している。

$$\begin{aligned} f_3 &= 1.0 - 0.1300\cos N + 0.0013\cos 2N \\ f_5 &= 1.0429 + 0.4135\cos N - 0.0040\cos 2N \\ f_7 &= 1.0060 + 0.1150\cos N - 0.0088\cos 2N + 0.0006\cos 3N \\ f_{14} &= 1.0129 + 0.1676\cos N - 0.0170\cos 2N + 0.0016\cos 3N \\ f_{16} &= 1.0089 + 0.1871\cos N - 0.0147\cos 2N + 0.0014\cos 3N \\ f_{19} &= 1.1027 + 0.6504\cos N + 0.0317\cos 2N - 0.0014\cos 3N \\ f_{27} &= 1.0241 + 0.2863\cos N + 0.0083\cos 2N - 0.0015\cos 3N \\ f_{28} \cos u_{28} &= 1 - 0.2505\cos 2p - 0.1102\cos (2p - N) - 0.0156\cos (2p - 2N) - 0.0370\cos N \\ f_{32} &= 1.0004 - 0.0373\cos N + 0.0002\cos 2N \\ u_3 &= 0 \\ u_5 &= -23^{\circ}74\sin N + 2^{\circ}68\sin 2N - 0^{\circ}38\sin 3N \\ u_7 &= -8^{\circ}86\sin N + 0^{\circ}68\sin 2N - 0^{\circ}07\sin 3N \\ u_{14} &= -12^{\circ}94\sin N + 1^{\circ}34\sin 2N - 0^{\circ}19\sin 3N \\ u_{16} &= 10^{\circ}80\sin N - 1^{\circ}34\sin 2N + 0^{\circ}19\sin 3N \\ u_{19} &= -36^{\circ}68\sin N + 4^{\circ}02\sin 2N - 0^{\circ}57\sin 3N \\ u_{27} &= -17^{\circ}74\sin N + 0^{\circ}68\sin 2N - 0^{\circ}04\sin 3N \\ f_{28} \sin u_{28} &= -0.2505\sin 2p - 0.1102\sin (2p - N) - 0.0156\sin (2p - 2N) - 0.0370\sin N \\ u_{32} &= -2^{\circ}14\sin N \end{aligned}$$



M<sub>1</sub> 分潮の f, u は, 次のようにして求められる。

$$f_{12} \cos u_{12} = 2 \cos p + 0.4 \cos (p - N)$$

$$f_{12} \sin u_{12} = \sin p + 0.2 \sin (p - N)$$

上式の右辺が a, b となったとすれば,

$$f_{12} \cos u_{12} = a$$

$$f_{12} \sin u_{12} = b$$

となる。従って

$$f_{12} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$u_{12} = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

が得られる。

上記の基本分潮以外の分潮の f, u については, 次のように基本分潮の f や u を組合せること  
によって求められる。以下の式の中にある既知とは基本分潮として既に計算されていることを意  
味している。

$f_1 = 1$	$u_1 = 0$
$f_2 = 1$	$u_2 = 0$
$f_3 = \text{known}$	$u_3 = 0$
$f_4 = f_{32}(\text{known})$	$u_4 = -u_{32}(\text{known})$
$f_5 = \text{known}$	$u_5 = \text{known}$
$f_6 = 1$	$u_6 = 0$
$f_7 = \text{known}$	$u_7 = \text{known}$
$f_8 = 1$	$u_8 = 0$
$f_9 = 1$	$u_9 = 0$
$f_{10} = 1$	$u_{10} = 0$
$f_{11} = 1$	$u_{11} = 0$
$f_{12} = \text{known}$	$u_{12} = \text{known}$
$f_{13} = f_{14}(\text{known})$	$u_{13} = u_{14}(\text{known})$
$f_{14} = \text{known}$	$u_{14} = \text{known}$
$f_{15} = f_{14}$	$u_{15} = u_{14}$
$f_{16} = \text{known}$	$u_{16} = \text{known}$
$f_{17} = f_{32}(\text{known})$	$u_{17} = u_{32}(\text{known})$
$f_{18} = f_{16}$	$u_{18} = -u_{16}$
$f_{19} = \text{known}$	$u_{19} = \text{known}$
$f_{20} = f_{16}$	$u_{20} = u_{16}$
$f_{21} = f_{16}$	$u_{21} = u_{16}$
$f_{22} = f_{16}$	$u_{22} = u_{16}$
$f_{23} = f_{16}$	$u_{23} = u_{16}$
$f_{24} = 1$	$u_{24} = 0$
$f_{25} = 1$	$u_{25} = 0$
$f_{26} = 1$	$u_{26} = 0$
$f_{27} = \text{known}$	$u_{27} = \text{known}$
$f_{28} = \text{known}$	$u_{28} = \text{known}$
$f_{29} = f_{32}(\text{known})$	$u_{29} = u_{32}(\text{known})$
$f_{30} = f_{32} \times f_{32}$	$u_{30} = 0$

$f_{31} = f_7 \times f_{14}$	$u_{31} = u_7 + u_{14}$
$f_{32} = \text{known}$	$u_{32} = \text{known}$
$f_{33} = f_{32}$	$u_{33} = -u_{32}$
$f_{34} = f_{16}$	$u_{34} = u_{16}$
$f_{35} = f_{27} \times f_{32}$	$u_{35} = u_{27} + u_{32}$
$f_{36} = f_{32}$	$u_{36} = u_{32}$
$f_{37} = f_{32}$	$u_{37} = u_{32}$
$f_{38} = f_{32}$	$u_{38} = u_{32}$
$f_{39} = f_{32}$	$u_{39} = u_{32}$
$f_{40} = f_{32} \times f_{32}$	$u_{40} = 2 u_{32}$
$f_{41} = f_{16} \times f_{16}$	$u_{41} = 2 u_{16}$
$f_{42} = f_7$	$u_{42} = u_7$
$f_{43} = f_7 \times f_{32}$	$u_{43} = u_7 + u_{32}$
$f_{44} = f_{16}$	$u_{44} = u_{16}$
$f_{45} = (f_{32})^{3/2}$	$u_{45} = 1.5 u_{32}$
$f_{46} = f_{16} \times f_{32}$	$u_{46} = u_{16} + u_{32}$
$f_{47} = 1$	$u_{47} = 0$
$f_{48} = f_{27}$	$u_{48} = u_{27}$
$f_{49} = f_{32}$	$u_{49} = u_{32}$
$f_{50} = f_{27} \times f_{32}$	$u_{50} = u_{27} + u_{32}$
$f_{51} = f_{32}$	$u_{51} = u_{32}$
$f_{52} = f_{32} \times f_{32}$	$u_{52} = 2 u_{32}$
$f_{53} = f_{52}$	$u_{53} = u_{52}$
$f_{54} = f_{32}$	$u_{54} = u_{32}$
$f_{55} = f_{50}$	$u_{55} = u_{50}$
$f_{56} = f_{52}$	$u_{56} = u_{52}$
$f_{57} = f_{27} \times f_{52}$	$u_{57} = u_{27} + u_{52}$
$f_{58} = f_{52}$	$u_{58} = u_{52}$
$f_{59} = f_{32} \times f_{52}$	$u_{59} = u_{32} + u_{52}$
$f_{60} = f_{59}$	$u_{60} = u_{59}$

次に、時刻原点を観測期間の中央日の  $t_0$  時とすれば、既に求めた  $s$ ,  $h$ ,  $p$  を用いて次のように求められる。

$$\begin{aligned}
 Vg_1 &= h + \sigma_1 t_0 \\
 Vg_2 &= 2h + \sigma_2 t_0 \\
 Vg_3 &= s - p + \sigma_3 t_0 \\
 Vg_4 &= 2s - 2h + \sigma_4 t_0 \\
 Vg_5 &= 2s + \sigma_5 t_0 \\
 Vg_6 &= 180^\circ + \sigma_6 t_0 \\
 Vg_7 &= h + 90^\circ + \sigma_7 t_0 \\
 Vg_8 &= -h + 270^\circ + \sigma_8 t_0 \\
 Vg_9 &= -2h + 192^\circ + \sigma_9 t_0 \\
 Vg_{10} &= 2h + 168^\circ + \sigma_{10} t_0 \\
 Vg_{11} &= 3h + 90^\circ + \sigma_{11} t_0 \\
 Vg_{12} &= -s + h + 90^\circ + \sigma_{12} t_0 \\
 Vg_{13} &= s - h + p + 90^\circ + \sigma_{13} t_0 \\
 Vg_{14} &= s + h - p + 90^\circ + \sigma_{14} t_0 \\
 Vg_{15} &= -s + 3h - p + 90^\circ + \sigma_{15} t_0 \\
 Vg_{16} &= -2s + h + 270^\circ + \sigma_{16} t_0 \\
 Vg_{17} &= -2s + 3h + 90^\circ + \sigma_{17} t_0 \\
 Vg_{18} &= -Vg_{16} + \sigma_{24} t_0 \\
 Vg_{19} &= 2s + h + 90^\circ + \sigma_{19} t_0 \\
 Vg_{20} &= -3s + 3h - p + 270^\circ + \sigma_{20} t_0 \\
 Vg_{21} &= -3s + h + p + 270^\circ + \sigma_{21} t_0 \\
 Vg_{22} &= -4s + 3h + 270^\circ + \sigma_{22} t_0 \\
 Vg_{23} &= -4s + h + 2p + 270^\circ + \sigma_{23} t_0 \\
 Vg_{24} &= \sigma_{24} t_0 \\
 Vg_{25} &= -h + 282^\circ + \sigma_{25} t_0 \\
 Vg_{26} &= h + 258^\circ + \sigma_{26} t_0 \\
 Vg_{27} &= 2h + \sigma_{27} t_0 \\
 Vg_{28} &= -s + 2h - p + 180^\circ + \sigma_{28} t_0 \\
 Vg_{29} &= -s + p + 180^\circ + \sigma_{29} t_0 \\
 Vg_{30} &= s - p + \sigma_{30} t_0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Vg_{31} &= Vg_7 + Vg_{14} \\
 Vg_{32} &= -2s + 2h + \sigma_{32} t_0 \\
 Vg_{33} &= -Vg_{32} + \sigma_{47} t_0 \\
 Vg_{34} &= Vg_8 + Vg_{16} \\
 Vg_{35} &= Vg_{32} + Vg_{27} - Vg_{24} \\
 Vg_{36} &= -3s + 2h + p + \sigma_{36} t_0 \\
 Vg_{37} &= -3s + 4h - p + \sigma_{37} t_0 \\
 Vg_{38} &= -4s + 4h + \sigma_{38} t_0 \\
 Vg_{39} &= -4s + 2h + 2p + \sigma_{39} t_0 \\
 Vg_{40} &= Vg_{32} + Vg_{36} - Vg_{24} \\
 Vg_{41} &= Vg_{16} + Vg_{21} \\
 Vg_{42} &= Vg_7 + Vg_{24} \\
 Vg_{43} &= Vg_{32} + Vg_7 \\
 Vg_{44} &= Vg_{16} + Vg_{24} \\
 Vg_{45} &= -3s + 3h + 180^\circ + \sigma_{45} t_0 \\
 Vg_{46} &= Vg_{16} + Vg_{32} \\
 Vg_{47} &= \sigma_{47} t_0 \\
 Vg_{48} &= Vg_{24} + Vg_{27} \\
 Vg_{49} &= Vg_{24} + Vg_{32} \\
 Vg_{50} &= Vg_{27} + Vg_{32} \\
 Vg_{51} &= Vg_{24} + Vg_{36} \\
 Vg_{52} &= 2Vg_{32} \\
 Vg_{53} &= Vg_{32} + Vg_{36} \\
 Vg_{54} &= Vg_{32} + Vg_{47} \\
 Vg_{55} &= Vg_{27} + Vg_{49} \\
 Vg_{56} &= Vg_{24} + Vg_{52} \\
 Vg_{57} &= Vg_{27} + Vg_{52} \\
 Vg_{58} &= Vg_{36} + Vg_{49} \\
 Vg_{59} &= Vg_{32} + Vg_{52} \\
 Vg_{60} &= Vg_{36} + Vg_{52}
 \end{aligned}$$

このようにして、各分潮の  $V_g$  と  $u$  が求まったところで、対応する  $V_g$  と  $u$  を加えて所要の分潮の  $(V_g + u)$  とする。

## 付録 II : 連立一次方程式の解法

時刻  $t$  における潮高  $h(t)$  は、次式により表わされるものと仮定する。

$$h(t) = a_1 \cos \sigma_1 t + a_2 \cos \sigma_2 t + \dots + a_{60} \cos \sigma_{60} t + a_{61} \\ + b_1 \sin \sigma_1 t + b_2 \sin \sigma_2 t + \dots + b_{60} \sin \sigma_{60} t \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_{60}$  は付録 III に示す各分潮の角速度で既知である。  $a_1 \sim a_{61}, b_1 \sim b_{60}$  が求めるべき未知数である。

時刻原点を観測期間の中央にとり、 $-n$ 時から $n$ 時までの  $(2n+1)$  個の毎時の潮高値があるとすれば、次のような  $(2n+1)$  個の観測方程式を得ることができる。

We can get the following observational equations are thus obtained:

$$\left. \begin{aligned} h(-n) &= a_1 \cos(-n\sigma_1) + a_2 \cos(-n\sigma_2) + \dots + a_{60} \cos(-n\sigma_{60}) + a_{61} \\ &\quad + b_1 \sin(-n\sigma_1) + b_2 \sin(-n\sigma_2) + \dots + b_{60} \sin(-n\sigma_{60}) \\ h(-n+1) &= a_1 \cos(-n+1)\sigma_1 + a_2 \cos(-n+1)\sigma_2 + \dots + a_{60} \cos(-n+1)\sigma_{60} + a_{61} \\ &\quad + b_1 \sin(-n+1)\sigma_1 + b_2 \sin(-n+1)\sigma_2 + \dots + b_{60} \sin(-n+1)\sigma_{60} \\ &\quad \dots \dots \dots \\ h(0) &= a_1 \cos 0 + a_2 \cos 0 + \dots + a_{60} \cos 0 + a_{61} \\ &\quad + b_1 \sin 0 + b_2 \sin 0 + \dots + b_{60} \sin 0 \\ &\quad \dots \dots \dots \\ h(n-1) &= a_1 \cos(n-1)\sigma_1 + a_2 \cos(n-1)\sigma_2 + \dots + a_{60} \cos(n-1)\sigma_{60} + a_{61} \\ &\quad + b_1 \sin(n-1)\sigma_1 + b_2 \sin(n-1)\sigma_2 + \dots + b_{60} \sin(n-1)\sigma_{60} \\ h(n) &= a_1 \cos n\sigma_1 + a_2 \cos n\sigma_2 + \dots + a_{60} \cos n\sigma_{60} + a_{61} \\ &\quad + b_1 \sin n\sigma_1 + b_2 \sin n\sigma_2 + \dots + b_{60} \sin n\sigma_{60} \end{aligned} \right\} (2)$$

式(2)から、 $a_1 \sim a_{61}, b_1 \sim b_{60}$  を求めるための正規方程式を求めると次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \sum_{t=-n}^n h(t) \cos \sigma_1 t &= \alpha_{1,1} a_1 + \alpha_{1,2} a_2 + \dots + \alpha_{1,j} a_j + \dots + \alpha_{1,61} a_{61} \\ \sum_{t=-n}^n h(t) \cos \sigma_2 t &= \alpha_{2,1} a_1 + \alpha_{2,2} a_2 + \dots + \alpha_{2,j} a_j + \dots + \alpha_{2,61} a_{61} \\ &\quad \dots \dots \dots \\ \sum_{t=-n}^n h(t) \cos \sigma_i t &= \alpha_{i,1} a_1 + \alpha_{i,2} a_2 + \dots + \alpha_{i,j} a_j + \dots + \alpha_{i,61} a_{61} \\ &\quad \dots \dots \dots \\ \sum_{t=-n}^n h(t) \cos \sigma_{60} t &= \alpha_{60,1} a_1 + \alpha_{60,2} a_2 + \dots + \alpha_{60,j} a_j + \dots + \alpha_{60,61} a_{61} \\ \sum_{t=-n}^n h(t) &= \alpha_{61,1} a_1 + \alpha_{61,2} a_2 + \dots + \alpha_{61,j} a_j + \dots + \alpha_{61,61} a_{61} \end{aligned} \right\} (3)$$

$$\begin{aligned}
\sum_{t=-n}^n h(t) \sin \sigma_1 t &= \beta_{1,1} b_1 + \beta_{1,2} b_2 + \dots + \beta_{1,j} b_j + \dots + \beta_{1,60} b_{60} \\
\sum_{t=-n}^n h(t) \sin \sigma_2 t &= \beta_{2,1} b_1 + \beta_{2,2} b_2 + \dots + \beta_{2,j} b_j + \dots + \beta_{2,60} b_{60} \\
&\dots\dots\dots \\
\sum_{t=-n}^n h(t) \sin \sigma_i t &= \beta_{i,1} b_1 + \beta_{i,2} b_2 + \dots + \beta_{i,j} b_j + \dots + \beta_{i,60} b_{60} \\
&\dots\dots\dots \\
\sum_{t=-n}^n h(t) \sin \sigma_{60} t &= \beta_{60,1} b_1 + \beta_{60,2} b_2 + \dots + \beta_{60,60} b_{60}
\end{aligned} \tag{4}$$

式(3), 式(4)において

$$\alpha_{i,j} = \frac{\sin(2n+1)\left(\frac{\sigma_j - \sigma_i}{2}\right)}{2 \sin\left(\frac{\sigma_j - \sigma_i}{2}\right)} + \frac{\sin(2n+1)\left(\frac{\sigma_j + \sigma_i}{2}\right)}{2 \sin\left(\frac{\sigma_j + \sigma_i}{2}\right)} \dots\dots\dots \tag{5}$$

ここで,  $i, j$ はそれぞれ  $1 \sim 61$ の値をとる。また,  $\beta_{i,j}$ は

$$\beta_{i,j} = \frac{\sin(2n+1)\left(\frac{\sigma_j - \sigma_i}{2}\right)}{2 \sin\left(\frac{\sigma_j - \sigma_i}{2}\right)} - \frac{\sin(2n+1)\left(\frac{\sigma_j + \sigma_i}{2}\right)}{2 \sin\left(\frac{\sigma_j + \sigma_i}{2}\right)} \dots\dots\dots \tag{6}$$

ここでは,  $i, j$ はそれぞれ  $1 \sim 60$ 値をとる。

式(5)及び(6)において,  $i = j$ のときは

$$\frac{\sin(2n+1)\left(\frac{\sigma_j - \sigma_i}{2}\right)}{2 \sin\left(\frac{\sigma_j - \sigma_i}{2}\right)} = \frac{2n+1}{2}$$

となり, 特に  $\alpha_{61,61}$ は  $\sigma_{61} = 0$ であるために

$$\alpha_{61,61} = 2n+1$$

となる。

従って, 式(3)及び式(4)の右辺の各項の係数  $\alpha_{i,j}$  や  $\beta_{i,j}$  は  $(2n+1)$  が与えられれば, 付録Ⅲの  $\sigma$  を用いて式(5)及び式(6)から求めることができる。また, 式(3)及び式(4)の左辺も  $(2n+1)$  個の毎時の潮高値と付録Ⅲの  $\sigma$  を用いて求めることができる。

このようにしてできた正規方程式(3)及び(4)を解くことにより、未知数  $a_1 \sim a_{61}$ ,  $b_1 \sim b_{60}$  を求めることができる。

調和分解で最終的に求めるものは、式(1)を変形した

$$h(t) = S_0 + R_1 \cos(\sigma_1 t - \zeta_1) + R_2 \cos(\sigma_2 t - \zeta_2) + \dots + R_{60} \cos(\sigma_{60} t - \zeta_{60}) \\ = S_0 + \sum f_i H_i \cos\{(Vg+u)_i + \sigma_i t - g_i\} \dots \dots \dots (7)$$

なる式の中の  $S_0, H_i, g_i$  などである。

$S_0, H_i, g_i$  は、次の関係式から  $a_i, b_i$  を用いて容易に求めることができる。

$$S_0 = a_{61} \\ R_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}, \quad \zeta_i = \tan^{-1} \frac{b_i}{a_i}$$

さらに、 $f_i, (Vg+u)_i$  を計算した後

$$H_i = \frac{R_i}{f_i}, \quad g_i = \zeta_i + (Vg+u)_i, \quad K_i = g_i - n_i L + \sigma_i S \dots \dots \dots (8)$$

として、最終的な潮汐調和定数が求められる。

式(8)において、

$n_i, \sigma_i$  : それぞれ付録Ⅲに示した分潮のサフィックス及び角速度

$L, S$  : それぞれ観測地点の経度(度単位)及び観測に用いた時刻の標準時で、ともに西経をプラス、東経をマイナスとする。

付録Ⅲ：各分潮の角速度

各分潮の角速度  $\sigma$  及びサフィックス No. は、下表の通り。

Constituent	No.	n	Angular Velocity $\sigma$	Constituent	No.	n	Angular Velocity $\sigma$	Constituent	No.	n	Angular Velocity $\sigma$
Sa	1	0	0°0410686	S <sub>2</sub>	24	2	30°0000000	S <sub>4</sub>	47	4	60°0000000
Ssa	2	0	0.0821373	T <sub>2</sub>	25	2	29.9589333	SK <sub>4</sub>	48	4	60.0821373
Mm	3	0	0.5443747	R <sub>2</sub>	26	2	30.0410667	MS <sub>4</sub>	49	4	58.9841042
MSf	4	0	1.0158958	K <sub>2</sub>	27	2	30.0821373	MK <sub>4</sub>	50	4	59.0662415
Mf	5	0	1.0980331	L <sub>2</sub>	28	2	29.5284789	SN <sub>4</sub>	51	4	58.4397295
				$\lambda_2$	29	2	29.4556253	M <sub>4</sub>	52	4	57.9682084
S <sub>1</sub>	6	1	15.0000000	MSN <sub>2</sub>	30	2	30.5443747	MN <sub>4</sub>	53	4	57.4238337
K <sub>1</sub>	7	1	15.0410686	KJ <sub>2</sub>	31	2	30.6265120				
P <sub>1</sub>	8	1	14.9589314	M <sub>2</sub>	32	2	28.9841042	2SM <sub>6</sub>	54	6	88.9841042
$\pi_1$	9	1	14.9178647	2SM <sub>2</sub>	33	2	31.0158958	MSK <sub>6</sub>	55	6	89.0662415
$\psi_1$	10	1	15.0821353	OP <sub>2</sub>	34	2	28.9019669	2MS <sub>6</sub>	56	6	87.9682084
$\phi_1$	11	1	15.1232059	MKS <sub>2</sub>	35	2	29.0662415	2MK <sub>6</sub>	57	6	88.0503457
M <sub>1</sub>	12	1	14.4920521	N <sub>2</sub>	36	2	28.4397295	MSN <sub>6</sub>	58	6	87.4238337
$\theta_1$	13	1	15.5125897	$\nu_2$	37	2	28.5125831	M <sub>6</sub>	59	6	86.9523127
J <sub>1</sub>	14	1	15.5854433	$\mu_2$	38	2	27.9682084	2MN <sub>6</sub>	60	6	86.4079380
$\chi_1$	15	1	14.5695476	2N <sub>2</sub>	39	2	27.8953548	S <sub>0</sub>	61	0	0.0000000
<sub>1</sub>	16	1	13.9430356	MNS <sub>2</sub>	40	2	27.4238337				
MP <sub>1</sub>	17	1	14.0251729	OQ <sub>2</sub>	41	2	27.3416964				
SO <sub>1</sub>	18	1	16.0569644								
OO <sub>1</sub>	19	1	16.1391017	SK <sub>3</sub>	42	3	45.0410686				
$\rho_1$	20	1	13.4715145	MK <sub>3</sub>	43	3	44.0251729				
Q <sub>1</sub>	21	1	13.3986609	SO <sub>3</sub>	44	3	43.9430356				
$\sigma_1$	22	1	12.9271398	M <sub>3</sub>	45	3	43.4761563				
2Q <sub>1</sub>	23	1	12.8542862	MO <sub>3</sub>	46	3	42.9271398				

Note: Marked constituents are shown in Table 3.2.1.

