

## 第 4 章

### 航路埋没解析

## 第4章 航路埋没解析

### 4.1 深浅測量図の解析

#### 4.1.1 進入航路の地形

図4.1.1-1は、航路区間E 8の距離5,100 m、E 10の8,700 mと10,700 mおよびE 14の20,100 mにおける進入航路の横断面の変化を示す。図中の距離はE 4とE 6の境界から測った値であり、陸側はペイラ市のある側を示す。距離5,100 mでは1990年の初期浚渫時にCDL-9 m以深まで浚渫したが、その1年後には約CDL-8 mまで埋没し、さらに1996年4月には初期浚渫前の水深まで埋まっている。

距離8,700 mでは、陸側から航路法面が航路内側に移動するように埋まっているが、初期浚渫当時の水深CDL-10 mの部分が航路の海側に残っている。10,700 mでも同様に、航路の海側法面から埋まっている。また、距離20,100 mでは、初期浚渫時に浚渫されなかったものの、付近の海底とともに薄く土砂の堆積が発生している。これらの航路横断面を比較すると、1996年4月と比べて1997年の2月はより深く、7月には浅くなっている。

航路をその中心軸で陸側と海側に分け、航路の法線方向に長さ200 mごとのそれぞれの平均水深を計算した。図4.1.1-2~3に、1990年8月、1991年8月および1996年4月のこの計算方法による平均水深を示す。その結果、顕著な埋没が区間E 9とE 10で起こっており、E 8がそれに続く。最も顕著な埋没はE 10で見られ、その箇所では前述したように航路法面部が航路中心部に進入するような埋没が発生している。E 6~E 12の全区間において、1997年2月の水深は1996年4月より1 m~2 m程度深くなっており、1997年7月は1996年4月より少し浅い箇所が多く見受けられる。

図4.1.1-4は、E 13と14の水深変化を示したものである。図中の(Emo)と(Ina)は、深浅測量結果の潮位補正の方法が若干異なっている。すなわち、(Emo)は潮位観測所からの距離によって潮位角の値を変化させているが、(Ina)はマクチ海岸を通して一定の潮位角を採用している。しかし、両者の測量結果の違いは、最大で0.5 m程度である。

距離16,000 mから19,500 mの区間に関しては、乾期の1996年4月と1997年7月の(Emo)の水深は、1991年8月にほとんど等しく、1997年2月の雨期の水深は1990年8月に等しい。しかし、それ以上の距離の水域では、雨期の1997年2月の(Emo)水深は1991年8月にほぼ等しく、1997年7月の乾期の水深は最大で、それより1 m浅い結果となっている。さらに、1997年7月の距離20,000 m付近、1997年4月の21,500 m付近で急激に水深が変化している。このことから、区間E 14の付近では乾期に水深が浅くなり、雨期には深くなる傾向があるように思われる。すなわち、E 14付近では、細砂やシルトが乾期に堆積し、雨期には高波浪や潮流によってさらに沖側またはマクチ浅瀬の方へ運ばれるものと思われる。

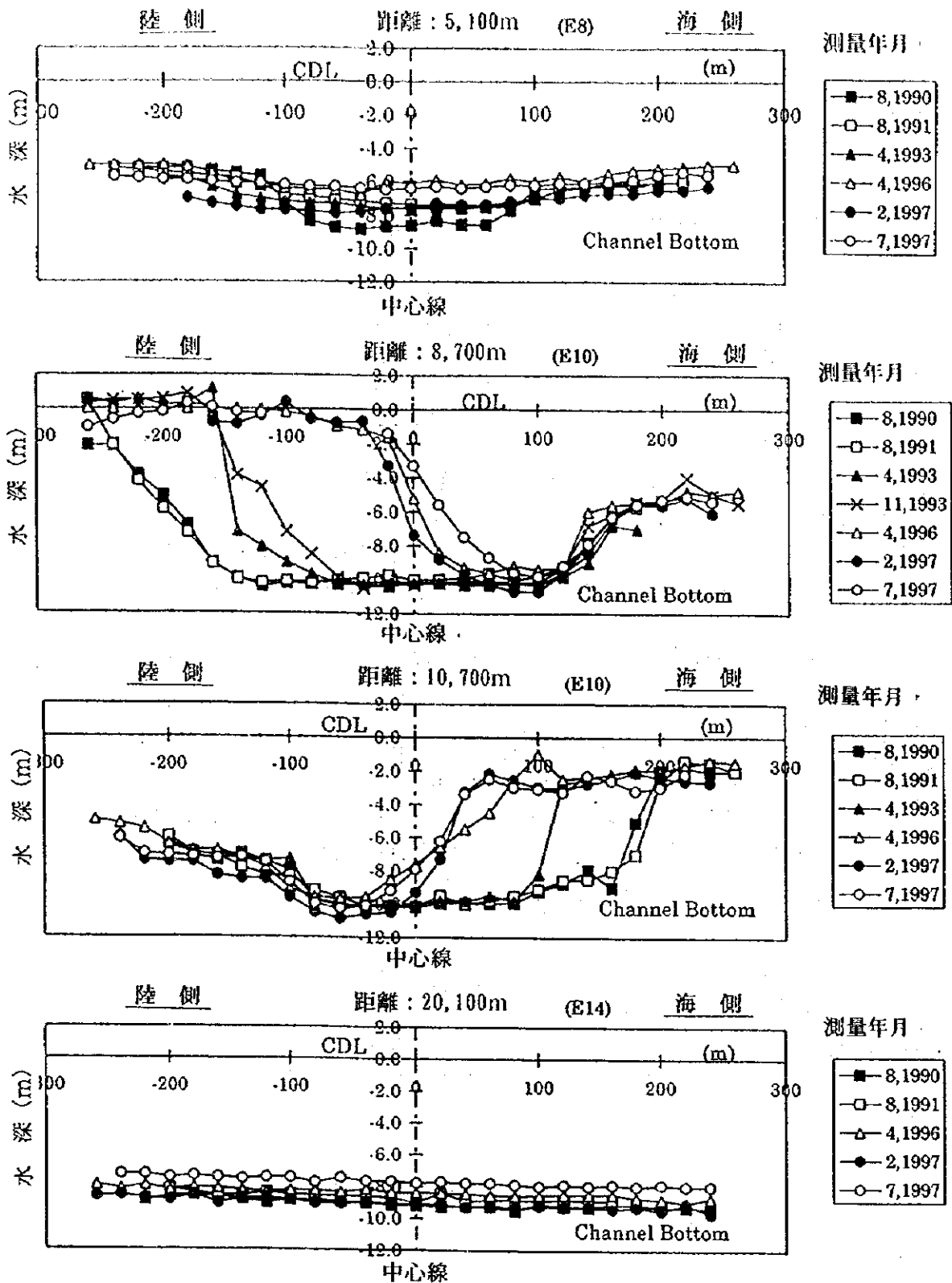


図 4.1.1-1 進入航路の横断面の変化

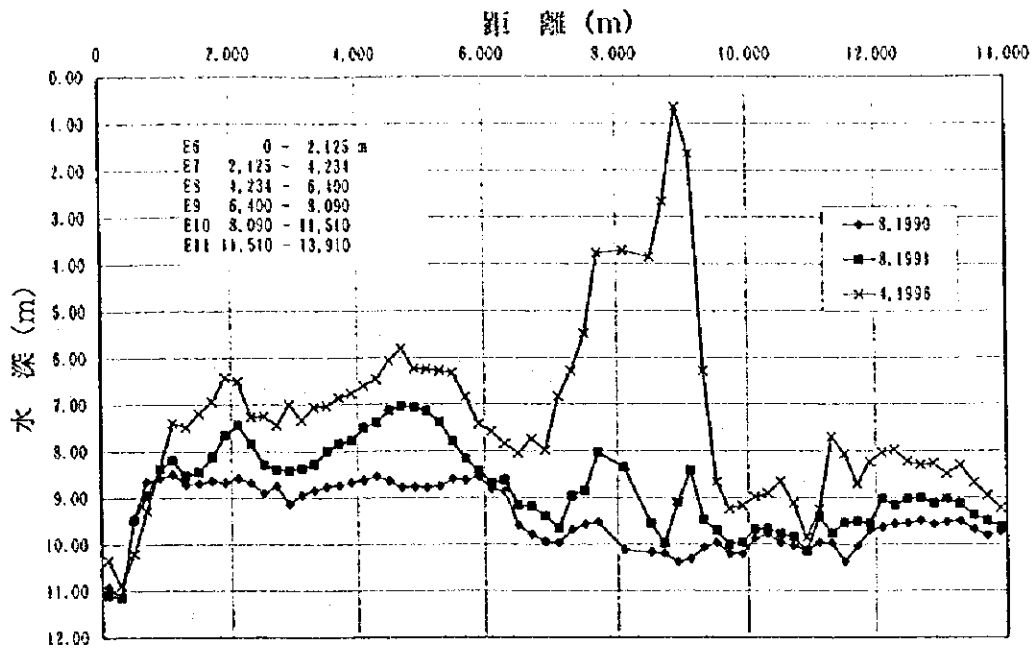


図 4.1.1-2 進入航路の E6 から E11 に沿う水深変化 (陸側)

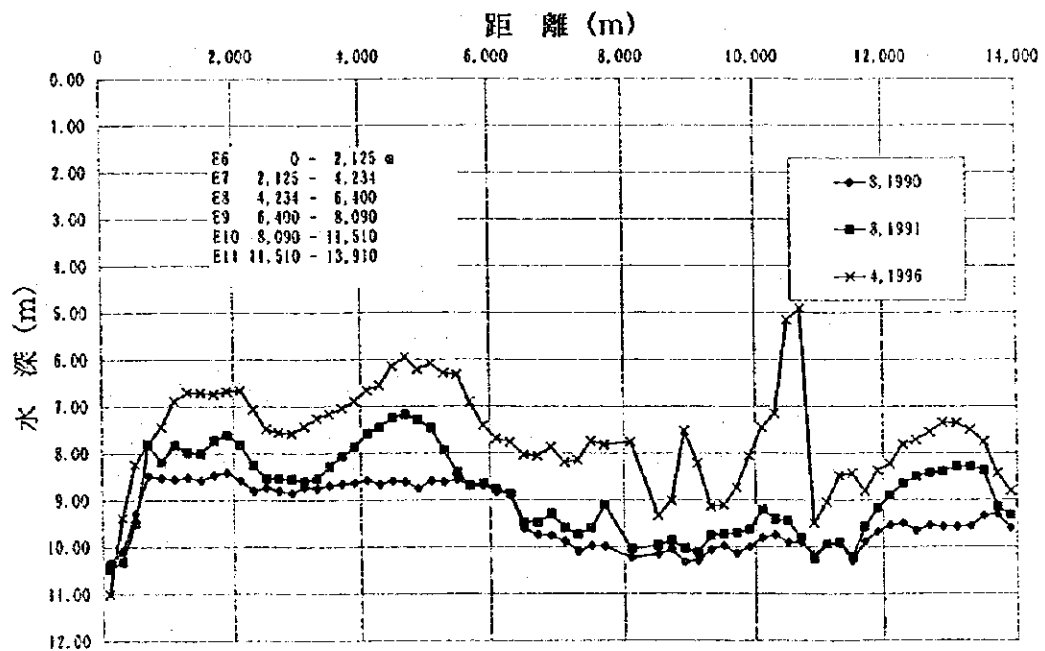


図 4.1.1-3 進入航路の E6 から E11 に沿う水深変化 (海側)

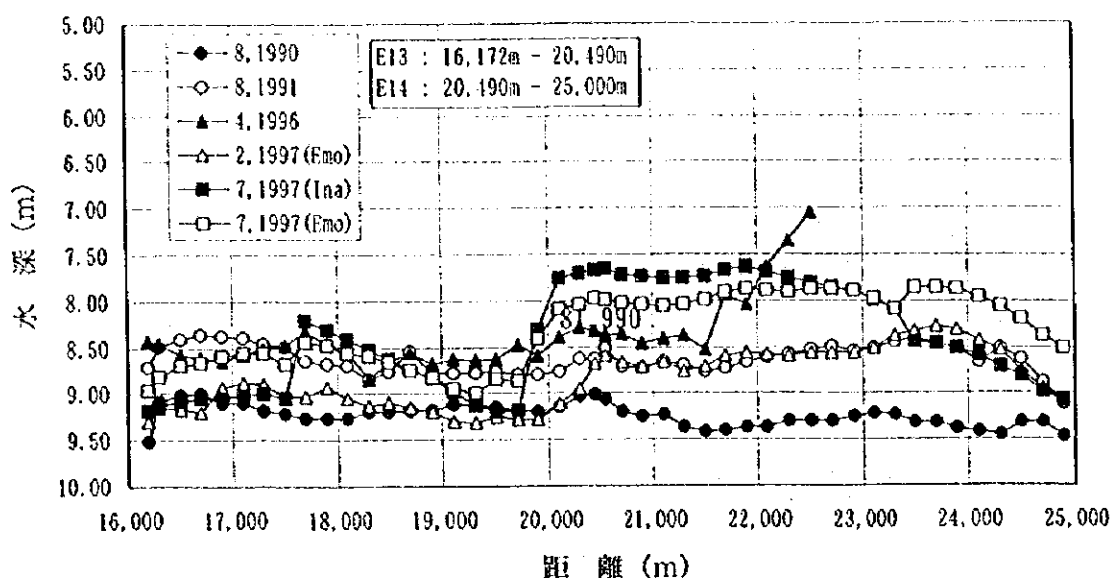


図 4.1.1-4 進入航路のE13とE14における水深変化

#### 4.1.2 進入航路の埋没土量

進入航路の埋没土量は、航路を法線方向に200 mごとに分割した各部を図4.1.2-1に示すように4つの部分に分けて各部分ごとの平均水深を計算し、その値に平面積を掛けてそれぞれの深淺測量図の土量を求め、それぞれの土量差として埋没土量を計算した。航路法面の幅は、E11で50 m、E12、E13およびE14では考慮しないものとし、他のすべての区間で100 mとした。

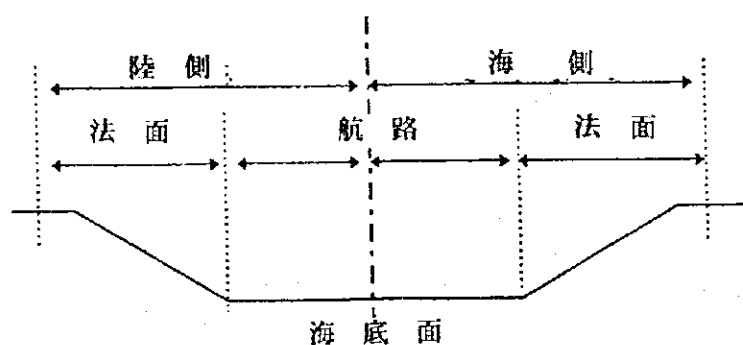


図 4.1.2-1 進入航路の横断方向の分割

##### (1) 1990年8月と1991年8月の間の埋没土量

表4.1.2-1は、1990年8月から91年8月まで約1ヶ年間の進入航路の埋没土量を示したものである。表中の第2欄は、ベイラ回廊開発公社 (BCA) による計算結果である。また、第3、4欄は、それぞれ法面部と航路部の合計および航路部のみの値である。この両者の値から法面部分より航路部分でより多くの埋没が起きていることがわかる。第5欄は侵食の部

分を除いた埋没の部分のみの合計値である。

表から、航路の屈曲部近くのE 9とE 10の区間で膨大な埋没が生じたことが明らかである。また、第3欄と第5欄の総埋没土量の合計は、BCAの3,735,000 m<sup>3</sup>にほぼ等しい結果を示している。

## (2) 1991年8月と1996年4月の間の埋没土量

表4.1.2-2は、1991年8月から1996年4月の期間について、表4.1.2-1の第5欄と同様に侵食部分を除いた埋没土量の計算結果である。表4.1.2-1の第5欄の値も参考のため表中に記載してある。また、表の平均水深は単に埋没量を計算した2つの深淺測量時の単純水深の平均値である。

1991年8月と1996年4月の間の埋没土量は、区間E 4、E 5およびE 15で負の値となっている。これは、1994年に新しいオイルパス前面の海域で浚渫が行われたためと思われる。また、E 14については、距離25,000 mまでに対する22,600 mまでの埋没土量の比が1990年8月から1991年8月までの期間におけるその比と同じと仮定して計算した。E 6からE 14までの年間埋没土量は、1990年から1991年間の283万m<sup>3</sup>/年に対して142万m<sup>3</sup>/年である。

## (3) 航路の埋没特性

同じような埋没土量の計算を他の期間についても行った結果、航路埋没の特性として次の事項が推定される。

- (a) 航路の年間埋没土量は、年間の河川流量とベイラ港に來襲するサイクロンの規模と頻度に大きく左右される。
- (b) 最も顕著な埋没は、航路の曲り角付近の区間E 9、E 10で発生し、E 8がそれに続く。E 11とE 13は、その周辺部と比較して小さい。
- (c) E 10の8,700 mと10,700 mの付近では、それぞれ航路の陸側と海側法面が航路中心部に向かって進入するように埋没が起こる。
- (d) 進入航路は、雨期に洗掘され乾期に堆積する傾向があるように思われる。その結果、雨期に河川や航路北側の海岸部から航路付近に運ばれてくる漂砂は航路付近の浅瀬に堆積し、乾期の早い時期に航路に侵入するように思われる。
- (e) E 14の付近では、雨期に堆積、乾期に洗掘される傾向が強い。

これらの特性の幾つかは、深淺測量その他のデータの不足から確証にまで至らないものが含まれる。今後の調査によってより明確にすることが期待される。

表 4.1.2-1 1990年8月と1991年8月の間の埋没土量

(土 量 : m<sup>3</sup>)

航路区間	BCA値 航路本体 と法面	本調査の計算値		
		航路本体 と法面 (含侵食部)	航路本体 (含侵食部)	航路本体 と法面 (除侵食部)
E4	507,799	471,638	442,339	491,879
E5	198,189	214,617	186,722	214,617
E15	314,409	333,099	233,414	333,099
E4+E15	1,020,97	1,019,354	862,75	1,039,595
E6	115,825	99,247	93,507	159,404
E7	13,157	109,08	180,21	185,11
E8	286,990	249,591	268,401	283,540
E6+E7+E8	575,972	457,946	542,529	628,355
E9	451,275	394,506	220,806	448,641
E10	481,227	521,270	245,161	531,762
E11	258,550	271,439	227,170	290,739
E9+E10+E11	1,191,052	1,187,215	693,137	1,271,142
E12	81,915	81,023	81,023	83,783
E13	336,944	346,148	346,148	346,148
E14	529,027	502,050	502,050	502,050
E12+E13+E14	947,886	929,221	929,221	931,981
合 計	3,735,307	3,593,736	3,027,362	3,871,073

表 4.1.2-2 1991年8月と1996年4月の間の埋没土量

航路区間	1990/08~1991/08		1991/08~1996/08		
	年間埋没量 (m <sup>3</sup> /年)	平均水深 (m)	4.67年埋没量 (m <sup>3</sup> )	年間埋没量 (m <sup>3</sup> /年)	平均水深 (m)
E1	491,879	8.65	-65,350		8.44
E5	214,617	5.91	-96,688		5.57
E15	333,099	6.92	-10,237		7.79
E4+E5+E15	1,039,595		-172,275		
E6	159,404	8.85	476,865	102,112	8.32
E7	185,411	8.41	542,827	116,237	7.56
E8	283,540	8.23	627,721	134,416	7.24
E6+E7+E8	628,355		1,647,413	352,765	
E9	448,641	9.42	1,213,996	259,956	7.98
E10	531,762	9.90	2,593,833	555,425	8.61
E11	290,739	9.37	426,223	91,268	8.70
E9+E10+E11	1,271,142		4,234,052	906,649	
E12	83,783	9.67	143,077	30,637	9.27
E13	346,148	8.90	102,472	21,943	8.56
E14	502,050	8.97	495,075	106,012	8.33
E12+E13+E14	931,981		740,624	158,592	
E6 to E14	2,831,478		6,622,089	1,418,005	
E4 to E15	3,871,073				

#### 4.2 数値シミュレーション

航路埋没数値シミュレーションを、E6からE11の区間を対象とし、潮流と波浪の分布算定結果をもとに実施した。潮汐振幅として朔望潮位の平均値2.8mを用い、沖波として波高2m、周期10sの波を採用した。図4.2-1は、潮流分布算定結果の一例である。進入航路の埋没量計算には、Bijkerモデルを用いた。

Bijkerモデルを適用するため、E6からE11の区間を航路法線に沿って長さ200mごとに分割し、各分割要素ごとに埋没土量を計算した。はじめに、潮汐の1サイクル間の計算値に対する年間埋没量の比率を、上述の深浅図による1990年8月から91年8月までの解析値をもとにして推定した。図4.2-2は、その比率を用いた計算値と解析値の比較である。

表4.2-1は、同様な方法で計算した航路の水深別の埋没土量である。この図から航路水深が浅いほど埋没量が小さいことがわかる。



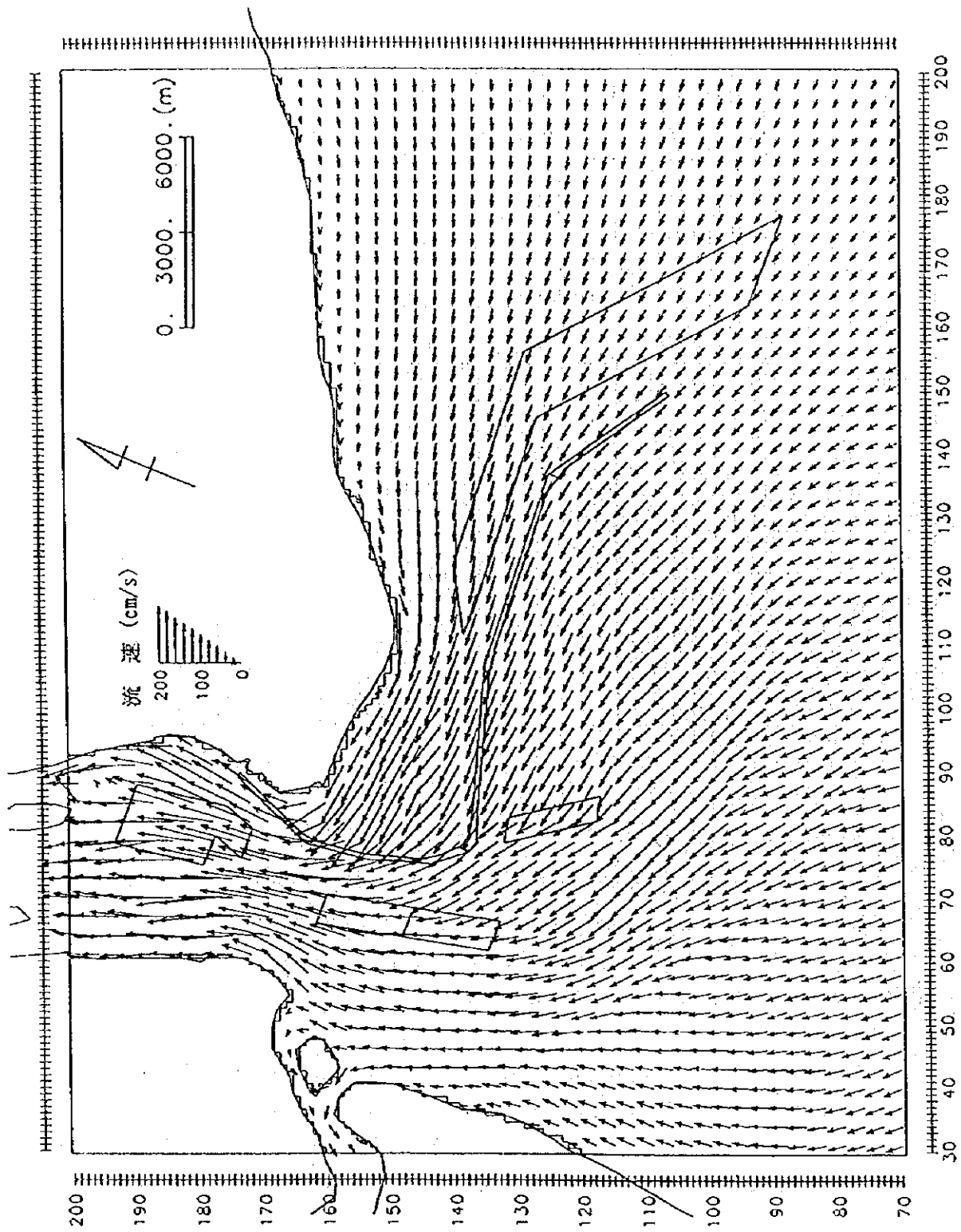


図 4.2-1 上げ潮における潮流の分布

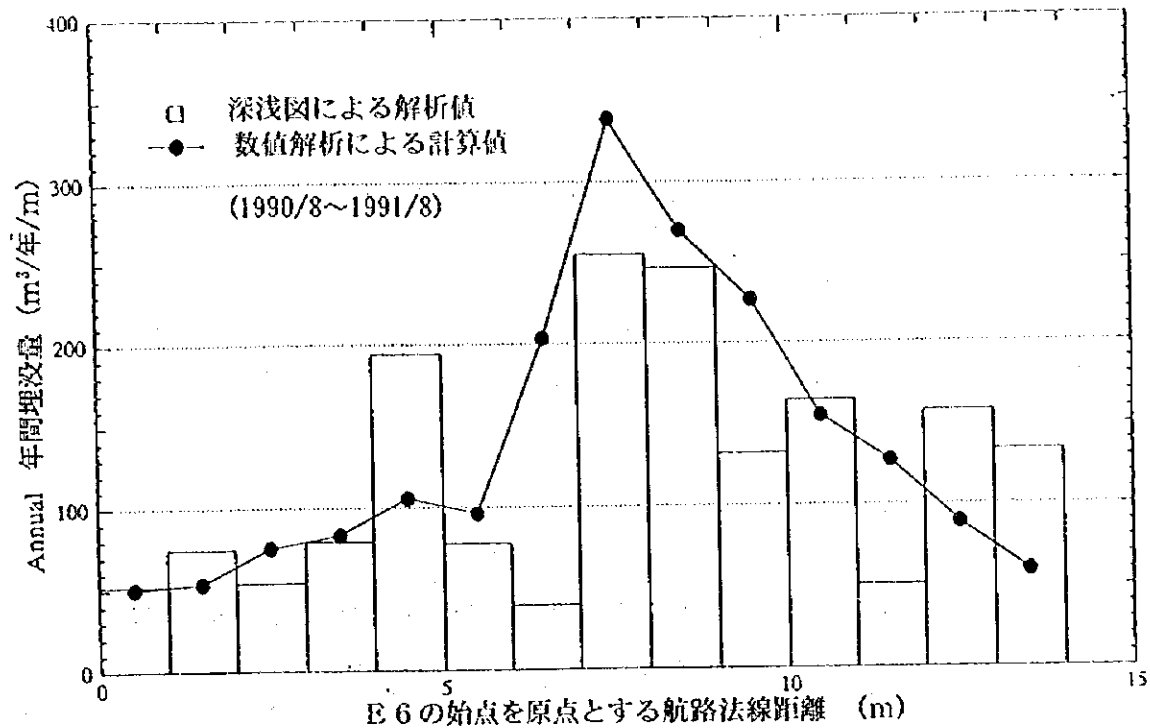


図 4.2-2 年間埋没土量の計算値と解析値 (1990年8月~1991年8月)

表 4.2-1 進入航路の水深別埋没土量の計算値 (E6~E11区間)

ケース	航路水深	E6~E8区間の土量( $m^3$ )	E9~E11区間の土量( $m^3$ )	E6~E11区間の土量( $m^3$ )
Y-1	E6-E11:9.0 m	580,000	1,088,000	1,672,000
Y-2	E6-E11:8.0 m	387,000	901,000	1,288,000
Y-3	E6-E11:7.0 m	185,000	706,000	891,000
Y-4	E6-E11:6.0 m	43,000	527,000	560,000
Y-5	E6-E11:5.0 m	0	361,000	361,000

### 4.3 維持浚渫土量に関する検討

#### 4.3.1 平均年間維持浚渫土量

進入航路のE12からE14の区間は、4.1節で述べたように季節変動が著しいが、初期浚渫後の1年経過以降年間埋没量が小さく、CDL-8m以上の水深が維持されている。さらに、初期浚渫後の初めの1年間は、その後の全期間と比較して埋没が激しかった。これは初期浚渫終了時にすべての航路区間にわたって計画水深より1m以上の余堀があったことによるものと思われる。したがって、水深CDL-8mの航路の維持浚渫量を考えるとき、次式のように表4.1.2-1に示したBCAによる航路埋没量3,735,000 m<sup>3</sup>からE12+E13+E14の埋没量を差し引いてもよいであろう。

$$3,735,000 - 948,000 = 2,787,000 \text{ m}^3 \quad (4.3.1-1)$$

一方、表4.1.2-2の1991年8月から1996年4月の期間に対しては、この期間のE4+E5+E15のE6+E7+E8に対する割合が1990年8月から1991年8月に対する割合と同じであると仮定し、さらに表2.3.3-2に示したこの期間におけるE7からE11の区間での浚渫土量を加えると、つぎのようになる。

$$\begin{aligned} & 1,418,005 + 1,039,595 \times 352,765 / 628,355 \\ & \quad + (126,766 + 49,889 + 453,751) / 4.67 \\ & = 1,418,005 + 583,640 + 132,438 \text{ m}^3 \\ & = 2,136,637 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad (4.3.1-2)$$

式(4.3.1-2)で、583,640 m<sup>3</sup>の量はE4+E5+E15に対する量であり、132,438 m<sup>3</sup>は浚渫土量相当分である。式(4.3.1-1)の量は、水深8m航路に期待される年平均維持浚渫量より多いであろうし、式(4.3.1-2)の値は航路のいくつかの区間で水深が8mより少なかったことから、期待される量より少ないであろう。以上の結果から、平均的な年間維持浚渫土量を2,500,000 m<sup>3</sup>と推定した。この値は、後章で浚渫計画を作成するときに用いられる。この2,500,000 m<sup>3</sup>の維持浚渫土量は、表4.3.1-1に示すように各区間に割り当てられる。2,500,000 m<sup>3</sup>と2,136,637 m<sup>3</sup>の差は、E13およびE14にそれぞれの土量に応じて按分して加えた。

実際の個々の年間の航路埋没量は、降雨量とサイクロン来襲の頻度と規模によって上述の値の50%前後の変化があるものと考えられる。

表 4.3.1-1 平均的な年間維持浚渫土量

(土量：m<sup>3</sup>)

航路区間	埋没土砂量 式 (4.3.1-2)	維持浚渫量
E4	276,146	276,146
E5	120,488	120,488
E15	187,005	187,005
E4+E5+E15	583,640	583,640
E6	113,057	113,057
E7	128,696	128,696
E8	148,823	148,823
E6+E7+E8	390,576	390,576
E9	287,820	287,820
E10	614,958	614,958
E11	101,051	101,051
E9+E10+E11	1,003,829	1,003,829
E12	30,637	30,637
E13	21,943	62,313
E14	106,012	429,005
E12+E13+E14	158,592	521,955
合 計	2,136,637	2,500,000

#### 4.3.2 水深別航路の維持浚渫土量

表 4.2-1 の E6+E7+E8 と E9+E10+E11 の区間に対する異なった航路水深による年間埋没土量を図示したものを、図 4.3.2-1 に示す。この図から、水深別航路の E 6 から E 10 までの区間に対する年間埋没土量が表 4.3.2-1 のように推定される。5.2 節で述べたように、各水深別航路で、E9+E10+E11 は E6+E7+E8 より 0.5 m 深くなっている。

S M 航路に対する年間維持浚渫量 250 万 m<sup>3</sup> を基準とし、表 4.3.2-1 の埋没比を用いて、他水深航路の年間維持浚渫量を表 4.3.2-2 のように推定した。この表中で、E4+E5+E15 と E12+E13+E14 の区間に対する計算は、つぎのように設定した。

- (1) E4+E5+E15 の区間の計算には比 1 を用いた。
- (2) E12+E13+E14 の区間の計算はつぎのようである
  - 5 M, 6 M 航路 周辺の水深が 7m 以上であるので浚渫量はない。
  - 7 M 航路 比 2 の値を使用
  - 9 M 航路 表 4.1.2-1 の BCA による計算値における E12+E13+E14 の E9+E10+E11 に対する比によって、E9+E10+E11 の値から推定した。それはこの区間の水深変化が初期浚渫後の一年間と同じと思われるからである。

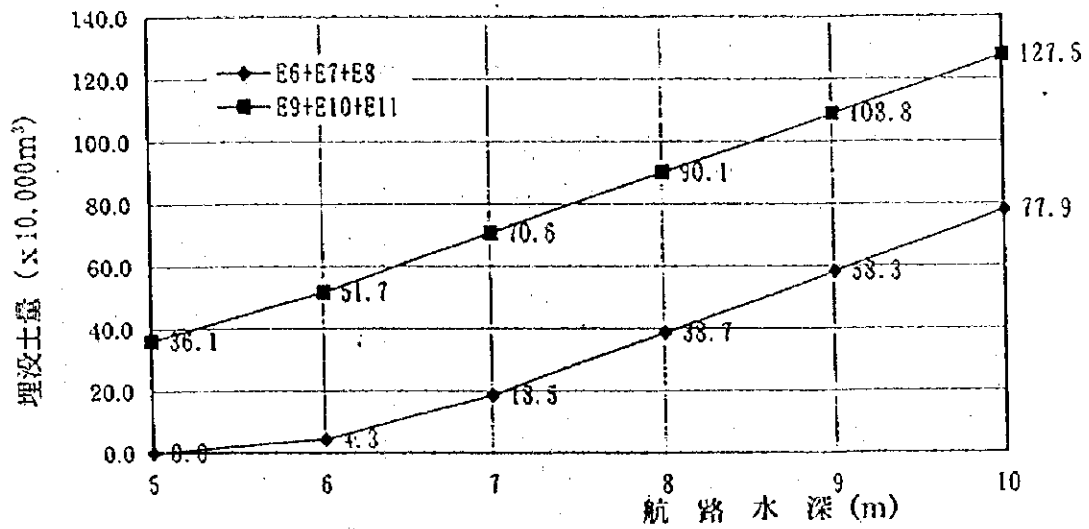


図 4.3.2-1 航路水深別年間埋没土量

表 4.3.2-1 水深別航路のE 6からE 11区間の年間埋没量の推定

航路	埋没土量					
	区間(E6+E7+E8)			区間(E9+E10+E11)		
	水深 (m)	土量 (x 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	比	水深 (m)	土量 (x 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	比
5M	5.0	0	0.000	5.5	43.9	0.441
6M	6.0	4.3	0.111	6.5	61.15	0.615
7M	7.0	18.5	0.478	7.5	80.35	0.808
8M	8.0	38.7	1.000	8.5	99.45	1.000
9M	9.0	58.3	1.506	9.5	118.15	1.188

表 4.3.2-2 水深別航路の年間維持浚渫土量の推定値

航 路	年間維持浚渫土量 (m <sup>3</sup> )				
	9M	8M	7M	6M	5M
比 1	1.506	1.000	0.478	0.111	0.000
比 2	1.188	1.000	0.808	0.615	0.441
E4	415,876	276,146	131,998	30,652	
E5	181,455	120,488	57,593	13,374	
E15	281,630	187,005	89,388	20,758	
E4+E5+E15	878,962	583,640	278,980	64,784	
E6	170,264	113,057	54,041	12,549	
E7	193,816	128,696	61,517	14,285	
E8	224,127	148,823	71,137	16,519	
E6+E7+E8	588,207	390,576	186,695	43,354	
E9	321,783	287,820	232,559	177,009	126,929
E10	687,523	614,958	496,886	378,199	319,778
E11	112,975	101,051	81,649	62,146	52,547
E9+E10+E11	1,122,281	1,003,829	811,094	617,355	521,991
E12	77,201	30,637	24,755		
E13	317,553	62,313	50,349		
E14	498,582	429,005	346,636		
E12+E13+E14	893,336	521,955	421,740		
合 計	3,482,786	2,500,000	1,698,509	725,493	521,991

## 第 5 章

### 航 路 計 画

## 第5章 航路計画

### 5.1 入港船舶の予測

#### 5.1.1 港湾貨物予測

1978年から1997年までの一時的な旱魃救援物資を除くベイラ港貨物量動向によると、貨物量の年間平均伸び率は1987年から1996年まで7.4%、1978年から1996年までは5.4%である。旱魃救援物資を含めた1996年のベイラ港貨物量実績は総計で2,603,300トン、そのうちモザンビーク貨物が357,100トンで、トランジット貨物が2,246,200トンである。

1997年2月、南部アフリカ運輸通信委員会(SATCC)は、1995年の貨物量をベースに南部アフリカ開発共同体(SADC)で輸送される2002年、2007年、2017年の港湾トランジット貨物予測量を公表した。SATCCの国別運輸成長要因により、石油・オイル(POL)を除いたベイラ港年間予測貨物量は、1995年の964,200トンをベースに2002年に1,275,000トン、2007年に1,475,000トン、2017年に2,180,000トンと算出された。POLの予測は、SATCCの輸入トランジット貨物の成長率を用い、モザンビーク貨物の予測はSATCCのモザンビークの経済成長率を用いて行った。

その結果、SATCCの作成したセントラルケースを修正したベイラ港の貨物量は、2002年に2,976,400トン、2007年に3,398,900トン、2017年に4,874,900トンと予測される。総貨物量の年間平均成長率は、2002年、2007年までは2.6%、2017年までは3.7%と予測され、1978年から1996年までの年間平均成長率実績5.4%より低くなっている。

ベイラ港の待ち時間が改善された場合のハラレ・マプト鉄道からハラレ・ベイラ鉄道へのシフト量は、2002年で298,000トンと算出される。これらのジンバブエのトランジットコンテナ貨物の2000年から2005年までの予測貨物量は、上記のSATCCの需要予測に追加するべきである。

表5.1.1-1は、2000年から2005年までのベイラ港の輸送タイプ別予測貨物量を示しており、2010年以降のコンテナ貨物量はベイラ港の現在のコンテナ年間処理能力100,000TEUで固定した。

#### 5.1.2 入港船舶予測

1996年の港湾貨物量と入港船舶の特性および港湾貨物の将来予測の結果から、ベイラ港に入港する船舶の将来予測を行う。

##### (1) 船型予測

20,000 DWT以上の大型船舶の入港数に着目すると、大型船舶は1991年に入港船舶全体の



表 5.1.1-1 2000～2025 年のベイラ港における荷姿別貨物量予測

2000～2025 年のベイラ港における荷姿別貨物量予測													
年度	(A+B) コンテナ貨物容積 (TEU)			コンテナ貨物量 (トン)			ドライ貨物			原油・オイル			①+②+③ 合計
	輸出	輸入	合計	輸出	輸入	合計	輸出	輸入	合計	輸入	輸出	輸入	
1995	16,916	10,330	27,246	147,850	90,270	238,120	281,750	788,130	1,069,880	1,126,900	53,300	2,005,300	2,488,200
1996	19,632	14,204	33,836	162,160	117,370	279,530	490,640	690,530	1,181,170	1,089,700	52,900	2,232,300	2,602,300
1997	19,565	13,866	33,431	168,451	119,389	287,840	428,971	753,839	1,182,860	1,108,626	55,242	2,274,500	2,634,567
1998	20,324	14,105	34,429	174,986	121,443	296,430	445,663	764,346	1,210,008	1,127,880	57,687	2,313,669	2,692,005
1999	21,112	14,348	35,460	181,775	123,532	305,308	463,004	774,948	1,237,952	1,147,469	60,241	2,375,180	2,750,969
2000	48,261	25,836	74,098	416,531	222,449	637,981	481,021	785,696	1,266,717	1,167,398	62,907	2,497,103	2,750,969
2001	49,566	26,399	75,965	426,763	227,299	654,062	499,738	796,594	1,296,332	1,187,673	65,692	2,559,938	2,828,759
2002	50,919	26,975	77,895	438,416	232,257	670,673	519,184	807,643	1,326,827	1,208,300	68,600	2,645,200	2,974,400
2003	52,360	27,690	80,051	450,823	238,413	689,236	533,936	827,528	1,361,464	1,241,612	69,872	2,741,356	3,072,183
2004	53,842	28,424	82,267	463,583	244,783	708,366	549,107	847,902	1,397,009	1,275,842	71,167	2,899,751	3,252,335
2005	55,367	29,178	84,544	476,707	251,220	727,927	564,710	868,778	1,433,487	1,311,016	72,487	3,012,281	3,544,918
2006	56,934	29,951	86,886	490,205	257,880	748,086	580,755	890,167	1,470,923	1,347,160	73,831	3,197,151	3,639,999
2007	58,547	30,745	89,293	504,092	264,717	768,809	597,258	912,083	1,509,341	1,384,300	75,200	3,348,800	3,737,650
2008	60,912	31,926	92,839	524,454	274,887	799,341	620,763	943,225	1,563,987	1,435,096	77,343	3,557,466	3,875,768
2009	63,373	33,153	96,526	545,639	286,449	831,088	645,192	975,430	1,620,622	1,487,757	79,547	3,745,934	4,019,014
2010	66,280	33,719	100,000	566,937	288,423	855,360	670,584	1,008,735	1,679,318	1,542,349	81,815	3,934,413	4,158,842
2011	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	696,974	1,043,177	1,740,151	1,598,945	84,146	4,047,241	4,284,242
2012	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	724,403	1,078,796	1,803,198	1,657,618	86,544	4,124,976	4,408,360
2013	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	752,911	1,115,629	1,868,541	1,718,444	89,011	4,224,000	4,536,995
2014	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	782,542	1,153,721	1,936,263	1,781,501	91,548	4,324,250	4,670,312
2015	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	813,338	1,193,113	2,006,452	1,846,873	94,157	4,443,803	4,808,481
2016	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	845,347	1,233,851	2,079,198	1,914,643	96,840	4,586,634	4,951,681
2017	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	878,615	1,275,980	2,154,595	1,984,900	99,600	4,749,400	5,100,095
2018	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	913,192	1,319,547	2,232,739	2,057,735	102,439	4,907,913	5,253,913
2019	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	949,131	1,364,601	2,313,732	2,133,243	105,358	5,081,934	5,413,353
2020	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	986,483	1,411,194	2,397,677	2,211,521	108,361	5,277,559	5,578,559
2021	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	1,025,305	1,459,377	2,484,683	2,292,672	111,449	5,484,801	5,749,804
2022	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	1,065,656	1,509,206	2,574,862	2,376,801	114,625	5,693,331	5,927,238
2023	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	1,107,594	1,560,736	2,668,330	2,464,017	117,892	5,915,078	6,111,239
2024	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	1,151,183	1,614,026	2,765,208	2,554,433	121,252	6,157,964	6,301,893
2025	66,280	33,720	100,000	570,675	290,325	861,000	1,196,487	1,669,135	2,865,621	2,648,167	124,707	6,407,627	6,499,496
コンテナの年間処理能力 100,000TEU													2,950,000 トン
1996-2002年の年間成長率													3.8912%
2002-2007年の年間成長率													2.8311%
2007-2017年の年間成長率													4.0397%
注-1: ITEU=10 トン, 空コンテナ比率=1.9% (1995年の実質比率)													3.3935%
注-2: 2000年以降は、マプト港経由からベイラ港経由に転移するジンバブエのコンテナ貨物を含める。													2.1788%
注-3: 2010年以降のコンテナの年間処理能力は100,000TEU。													2.6509%
注-4: ドライ貨物の年間処理能力は2,950,000 トン。													3.8443%
													1.7368%
													2.7569%
													3.6693%
													2.8500%

3.3%であったものが、1996年には12.9%に増加しており、今後も船舶の大型化が進んでいくものと思われる。また、維持浚渫の実施によって航路での操船性やベイラ港への信頼性が向上することによって、船舶の大型化がさらに加速されるものと推測されるものの、大型船舶の上限は港湾施設および航路の最大計画船舶によって制限される。

## (2) 船種別の入港船舶数の将来予測

船種別の入港船舶数を直近の1996年のデータをもとに予測する。将来の入港船舶数は、種別ごとの貨物の将来予測量と1996年の実績量の比率を、1996年の船種ごとの入港船舶実績数に乗じて算定した。表5.1.2-1に、2000年～2025年の予測結果を示す。

表 5.1.2-1 船種別の入港船舶数の将来予測結果

年	1996	2000	2002	2007	2012	2017	2022	2025
タンカー	62	62	69	79	98	112	136	150
コンテナ船	152	334	350	403	453	453	453	453
貨物船	109	113	114	141	176	198	238	259
内貿船	41	48	53	58	67	78	88	97
計	364	557	586	681	794	841	915	959

## 5.1.3 航路内の船舶航行シミュレーション

将来の航路水深ごとの船舶の入出港時の潮待ち時間を航路内の船舶航行シミュレーションモデルを用いて予測を行う。

### (1) 計算条件の設定

入港船舶の船種ごとの船型分布は、前章で得られた2000年～2025年の予測結果をもとに、タンカー、コンテナ船、貨物船および内貿船の4種類について設定する。各岸壁への係船優先順位は先着順とし、原則として各埠頭にはそれぞれ特定の船種の船舶を収容することとするが、特定の岸壁が供用中の場合には係船可能な他の空いている岸壁に割り付けることとする。また、岸壁における荷役時間は、1996年の実績値を適用する。船舶の入港に関しては、入港船舶の喫水が航路水深に潮位を加えた航行可能水深以上にならない場合は入港できないものとする。夜間航行は、現状と同様に全ての船舶について考慮しないものとする。

### (2) 潮待ち時間算定結果

図5.1.3-1は、航路水深をCDL-5.0m～9.0mに変化させたときの入港船舶の総潮待ち時間の将来予測結果を示したものである。この結果から、入港船舶の潮待ち時間は、航路水深と密接な関係があることがわかる。すなわち、航路水深がCDL-5.0m～6.0mの場合には、

潮待ち時間は非常に大きい値を示しているものの、航路水深が大きくなるにつれて急激に小さくなり、航路水深 CDL-8.0 m で 1 船あたり潮待ち時間は数時間程度となってほぼ許容できる状況となっている。

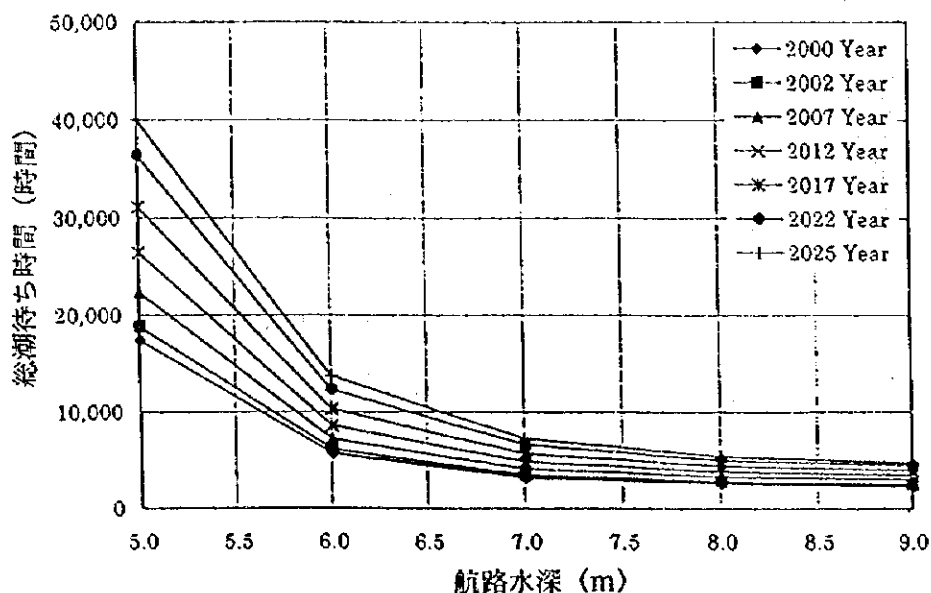


図 5.1.3-1 潮待ち時間算定結果

## 5.2 航路改良計画

### 5.2.1 問題点と改良計画

本改良計画の基本方針は、ベイラ港の進入航路を寄港する最大船舶が安全に航行できる断面に復旧することである。既存航路は、1989 年に設計されたものであるが、その後の貨物量、入港船舶隻数、船型等を考慮して計画するものとする。

本計画の浚渫船導入までの、既存航路の維持浚渫（インテリムドレッシング）は、EMODRAGA が実施するものとする。

### 5.2.2 航路の原設計

既存航路の平面配置を、図 5.2.2-1 に示す、その原設計の概要を以下に述べる。

ベイラ港の航路改良計画は、1982 年に “Access Channel Study” で、またその調査結果を受けて、“Master Plan Study for the Port of Beira” で、1984 年に NEDECO によって航路水深 6 m からの増深計画が策定されている。

#### (1) 設計対象船舶

Master Plan Study では、段階開発計画で各種の船型が検討されているが、既存航路はそ

の第1期開発計画により、以下に述べる設計で増深されたものである。設計対象船舶は、以下のとおりである。

船型	船長	船幅	最大喫水
30,000 DWT	200 m	27 m	11 m

## (2) 航路配置

上述の調査では、マクチ航路とランブラー-ボルテラ航路の航路配置代替案が検討された。その結果、以下に示すとおり、主に初期浚渫および維持浚渫費から、現状のマクチ航路が選定された。

	浚渫土量	浚渫費	浚渫土量	浚渫費
マクチ航路	3.4	7.77	3.55	4.85
ランブラー-ボルテラ航路	10.4	21.40	7.28	6.25

## (3) 航路諸元

前述の調査結果に基づき、1985年に設計された航路の断面について図5.2.2-1に示すように初期浚渫が実施された。初期浚渫時の航路の諸元を、以下に要約する。

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
区間延長	1,063	645	360	3,050	970	2,134	2,106	2,186
巾	50	50	50	200	200	135	135	135
水深	9.5	12.0	12.3	8.0	5.5	8.0	8.0	8.0
	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	
区間延長	1,614	3,394	2,428	2,224	4,375	3,700	970	
巾	250	155	155	140	140	160	160	
水深	8.8	9.2	8.7	8.8	8.5	8.7	7.5	

### 5.2.3 航路水深および航路幅の検討

航路水深および航路幅について、入港船舶の諸元および岸壁施設の計画船舶の諸元をもとに潮位による水深増加を考慮して検討する。

#### (1) 岸壁施設の計画船舶

CFM-Cの資料および各岸壁の前面水深からそれぞれの計画船舶の船型を求めると、オイルバースの場合には50,000 DWTのタンカー、コンテナバースの場合には30,000 DWTの貨物船が、満載状態で係船可能な最大船舶となる。

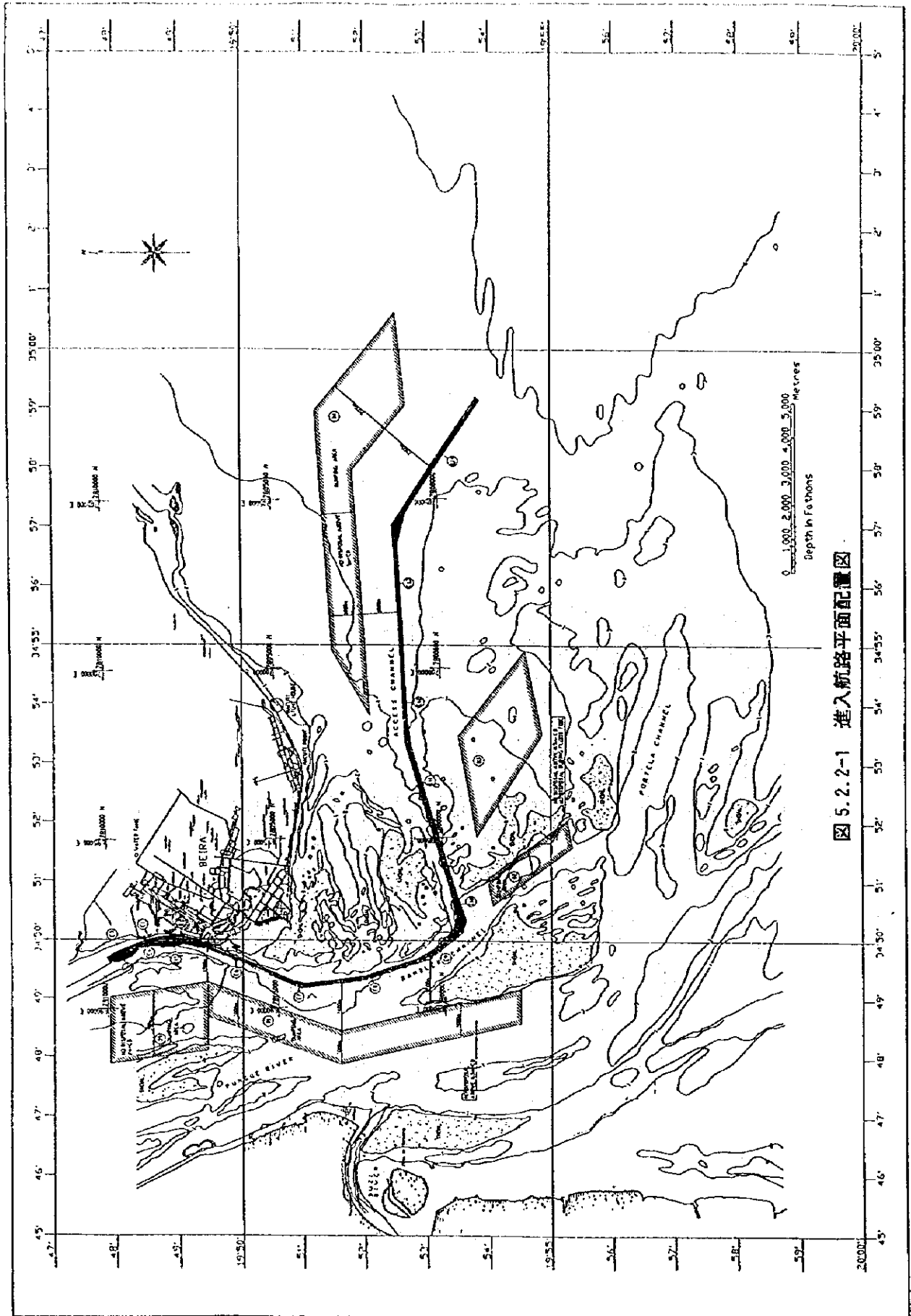


圖 5.2.2-1 進入航路平面配置圖

(2) 既存航路の計画船舶

既存航路の計画船舶は、30,000 DWT のタンカーおよび貨物船となっており、それぞれの満載喫水を 10.9 m として設定している。この値は、日本における設計基準と同等なものとなっており、以後の検討に用いる船型ごとの船舶諸元は、日本の設計基準を準用する。30,000 DWT の貨物船および 50,000 DWT のタンカーの満載喫水および船幅は、それぞれ 10.9 m / 27.1 m および 12.7 m / 33.1 m とする。

(3) 潮位条件

ベイラ港における潮位差は非常に大きく、入出港する船舶は潮位が高くなるのを待って航路が航行可能な水深になったときに入出港している。大潮時および小潮時の潮位差は、それぞれ 5.6 m および 1.5 m である。潮位曲線から、小潮時の平均満潮位はほぼ毎日発生すると考えられ、計画船舶を毎日入港するとした場合にはこの潮位を航路水深に付加することができる。また、大潮時の平均満潮位以上の潮位が発生する日数は潮位表から年間 47 日あり、大喫水の船舶はこの時期に入港することが考えられる。

(4) 必要航路水深の検討

航路水深は、計画船舶の満載喫水に潮位を含めて設定する。30,000 DWT の貨物船および 50,000 DWT のタンカーの航行深さは、それぞれの船舶の満載喫水に船舶のスクワット、トリムおよび波による船体の動揺を加えて求められる。航路の必要水深は、航行深さから年間を通じて毎日発生し、船舶に対して毎日の入港が可能な小潮の高潮位 (CDL+4.2 m) を差し引き、さらに満載喫水の 10% の余裕を考慮して求められる。30,000 DWT の貨物船および 50,000 DWT のタンカーに対する必要航路水深は、それぞれ CDL-8.0 m および CDL-10.0 m となる。

(5) 航路水深の評価

航路水深を、計画船舶の必要航行水深、年間維持浚渫量および入港船舶の潮待ち時間から評価する。表 5.2.3-1 に示す評価結果総括表から、ベイラ港の航路水深は CDL-8.0 m が適切かつ妥当と判断される。

表 5.2.3-1 航路水深の評価総括表

項 目	航 路 水 深		
	CDL -7.0 m	CDL -8.0 m	CDL -9.0 m
維持浚渫量	◎	○	△
入港可能時間	△	○	◎
潮待ち時間	△	○	◎
総合評価		1 st	

◎: 優      ○: 良      △: 可

#### (6) 水域別航路水深の設定

設計航路水深は、前述の航路水深に航路埋没量、深淺測量の誤差、海底に発生するリップル等に対する余裕を考慮して設定される。しかし、ベイラ港の場合には浚渫船が常駐することが前提条件で、必要に応じて航路を適切に浚渫できることから、これらに対する余裕は考慮しないこととし、波が減衰しないで直接進入する外海部航路での波浪による船体動揺に対する余裕のみを算入することとする。表 5.2.3-2 に、水域別に設定した余裕深さおよび航路水深を示す。

表 5.2.3-2 水域別の航路水深

航路区間	航路水深		
	E6, E7, E8	E9, E10, E11	E12, E13, E14
位置	港湾近傍	航路屈曲点	航路入口部
必要水深	8.0 m	8.0 m	8.0m
余裕	---	0.5 m	0.7 m
設計水深	8.0 m	8.5 m	8.7 m

#### (7) 航路幅員の設定

航路幅員は、現航路に関して“Beira Port Study, Access Channel Study, NEDECO”において設定されたものと同様とする。現計画では、必要航路幅は大型船舶に対して一方通行とし、計画船舶が満載状態で航行するものとして設定されている。

航路幅員は、船舶のキール面における幅として規定され、航行部幅員で通常船体幅の 1.8～2.0 倍となり、さらに航行部の両側に船体幅と同等程度の余裕幅を含めて設定される。表 5.2.3-3 に、海域別の航路幅員を示す。

表 5.2.3-3 水域別航路幅員

航路区間	E6, E7, E8, E9	E10, E11	E12, E13	E14
航路幅員	135 m	155 m	140 m	160 m

#### 5.2.4 航路維持対策工の検討

航路埋没の激しい航路における航路維持対策としては、通常維持浚渫が基本的な対策工となる。さらに、維持浚渫を軽減するため種々の補助的な対策工が、航路の埋没状況、軽減効果や現地への適応性を考慮して実施されている。

### (1) 突堤および導流堤

突堤は、海岸線に対して直角あるいは斜めに設置される比較的小規模な海岸構造物で、沿岸漂砂の制御および海岸浸食防止のために建設される。突堤の航路埋没軽減効果は、その周辺のごく局所的な部分に限られる。したがって、マク子海岸に建設される小規模の突堤群による航路埋没への影響は、あまり期待できない。

導流堤は、突堤と同様に海岸線から沖合に向かって建設される海岸構造物であるが、沖出し距離が長く突堤よりもかなり大規模な構造物となる。ベイラ港の場合には、ブンゲ川河口左岸から南北航路に沿って設置するのが適当と考えられる。この導流堤の建設費を概算した結果、単位m当りの建設費は1万 US\$以上となり、導流堤の延長が数 km となることから補助的な航路維持対策工として費用的に不適切と考えられる。

### (3) 潜堤

潜堤は、図 5.2.4-3 に示す堤体天端が海底面から数mで水中に没した潜水構造物で、漂砂のうち浮遊砂よりも掃流砂が卓越する海域において埋没対策工として使用される。しかし、航路周辺は船舶の航行が頻繁で、潜水構造物は船舶の航行安全性にも問題が発生することから、航路維持対策工として現状航路に適用することは難しいものと判断される。

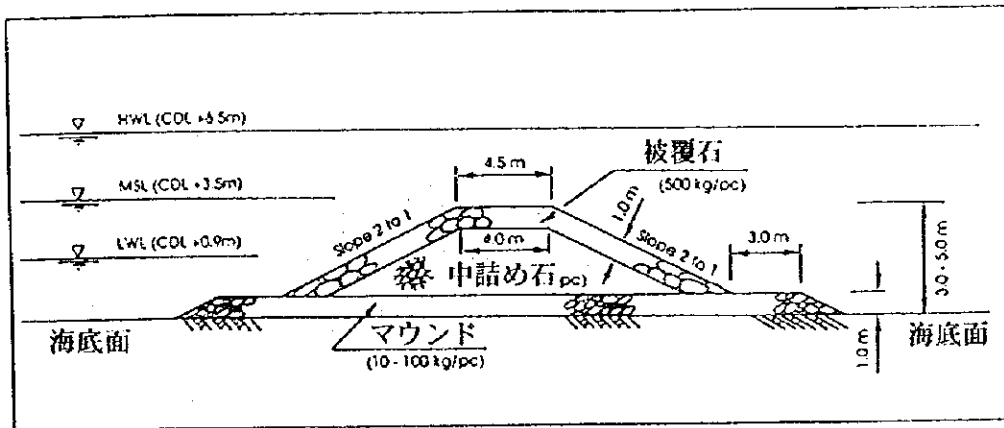


図 5.2.4-1 潜堤の標準断面図

### (4) サンドトラップ

航路埋没の要因となる土砂の供給源が明確な海域に関しては、泊地あるいは航路の漂砂の上流側にサンドトラップを配置し、あらかじめ流入土砂をトラップ内に強制的に堆積させて埋没を軽減する方法が航路維持対策として有効である。サンドトラップは、最も航路埋没が激しい航路区間E 9 および E 10 において有効と考えられる。



(5) 余 堀

今後維持浚渫を実施する場合には、航路水深が大きいほど埋没量が多くなること、航路幅員に十分な余裕が含まれていることおよび新規浚渫船が常駐していることを勘案すると、余堀は当面の間必要ないものと思われる。

(6) 浚渫船

ペイラ港の航路の維持浚渫には、ドラグ浚渫船が適当と考えられる。すなわち、ドラグ浚渫船は、他の型式の浚渫船のような排出土砂用の配管や船体固定のための係留索やスパッドなどが必要ないことから、航路の維持浚渫のための浚渫船として世界各地で使用されている。

## 第 6 章

### 航路維持浚渫計画



## 第6章 航路維持浚渫計画

### 6.1 浚渫船の概略設計

#### 6.1.1 基本設計条件

ベイラ港航路の維持浚渫用の浚渫船を設計するために、次のような設計条件を設定する。

##### (1) 浚渫船の型式

本プロジェクトで計画されている浚渫船は、航路の維持浚渫に従事するためのものであることから、入出港船舶の航行の邪魔にならないように、かつ衝突等の海難事故を容易に回避して、自船の安全を確保しながらの浚渫作業を可能とすることが要求される。

これらの要求を満足させるためには、本船の概略設計の構築に際して、浚渫した泥土を自船に一時溜めるためのホッパータンクを備え、浚渫地点と土捨て場とを自力で往復することによって、予め計画されている場所で捨て土する方式の自航式曳航吸引型浚渫船（ドラッグ浚渫船）が、最も適切な型式として採用した。

##### (2) 航路埋没解析と浚渫作業計画から得られる基礎データ

浚渫船の概略設計するために必要とされるデータとして、次の設計条件が得られた。

1) 年間浚渫要求土量	2,500,000 m <sup>3</sup>
2) 最大浚渫深度 船体軽荷状態において	21.0 m
3) 浚渫時点および航走ルートにおける最小水深	6.0 m
4) 土捨て場における最小水深	7.0 m
5) ホッパー内での浚渫土積み付け効率 シルト質土 55% 砂質土 75%	

##### (3) 浚渫作業スケジュールに対する条件

浚渫作業スケジュールは次の作業条件によって設定される。

1) 1週間の作業日数	5 日
2) 1年間の作業週間	44 週
3) 1日の拘束時間	24 時間
4) 1日の実働時間	19.2 時間
5) 浚渫作業員の配員計画	2交替制、1グループ各24人、3グループ

### 6.1.2 浚渫船の概要

浚渫船の主要諸元および仕様は以下に示すとおりである。また、概念図を図 6.1.2-1 に示す。

(1) 船体主要寸法	全 長	約 83 m
	垂線間長	80.0 m
	船 幅 (型)	15.0 m
	深 さ (型)	6.2 m
	満載喫水	5.5 m
(2) 載貨重量		約 3,650 t
(3) 積載土重量		約 3,200 t
(4) ホッパー容量		約 2,000 m <sup>3</sup>
(5) 船速	満載状態における航走速度	約 10.2 ノット
	ホッパー空載状態における航走速度	約 10.8 ノット
	満載状態における最大浚渫速度	約 6.5 ノット
(6) 居住設備		48 人用
(7) 機関部	推進機関	2 基 2 軸
	パウスラスト	1 基
	甲板クレーン	1 基
	作業艇	1 基
	発電プラント	主 2 基、補助 1 基
(8) 浚渫機器 ・設備	浚渫ポンプ、ディーゼル機関駆動	1 基
	ドラグアーム、右舷のみ	1 基
	船底扉、蝶番式、油圧シリンダー駆動	14 セット
	スエル コンベンセータ	1 基

### 6.1.3 浚渫船の建造コスト

浚渫船を日本の造船所で建造し、1999 年末完成させるとの条件のもとに建造コストを概算見積すると、予備品費を含み 25,391,000 US\$となる。なお、日本円と US\$との換算レートは 116.8 ¥/US\$として算定した。

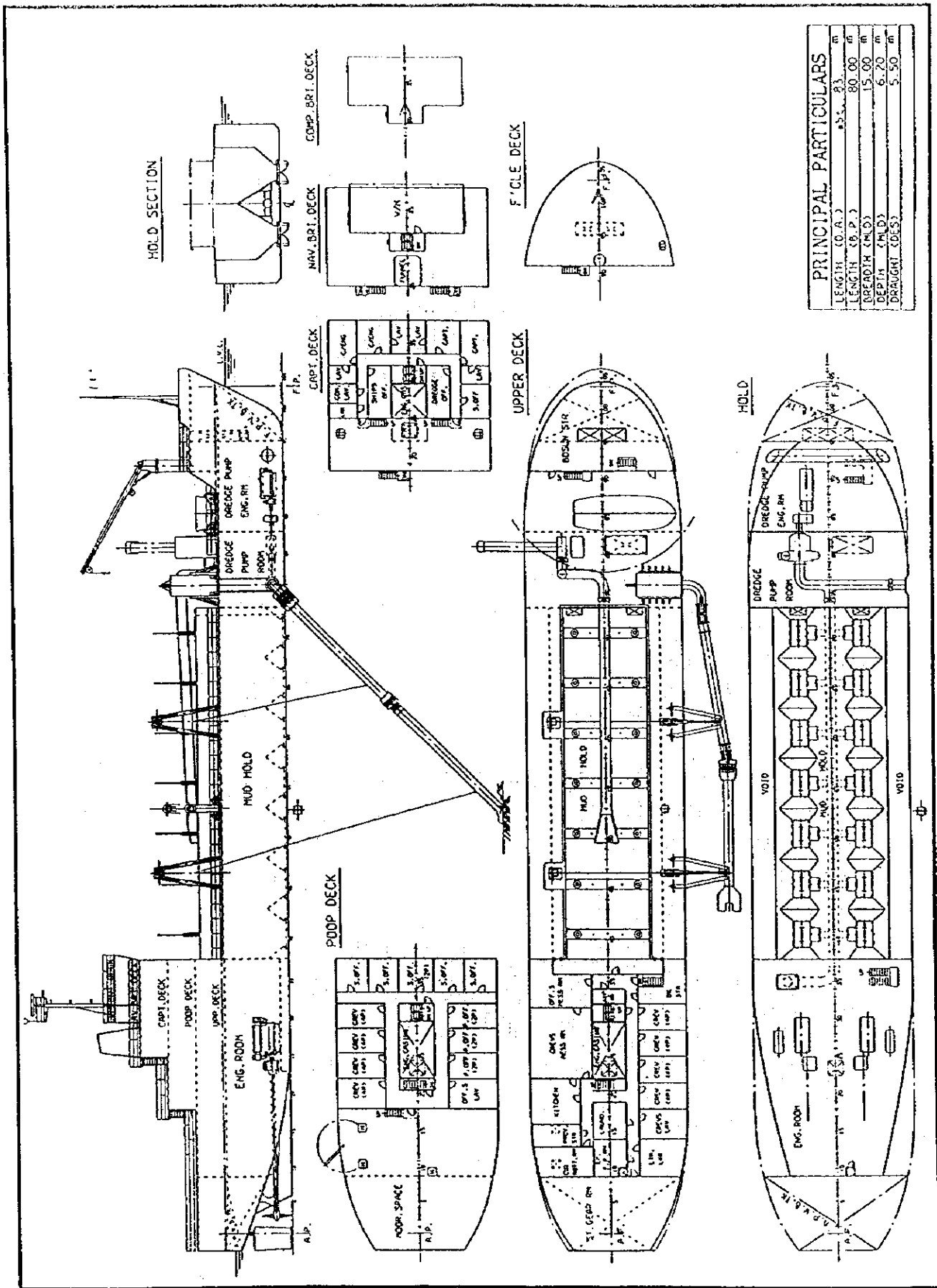


图 6.1.2-1 浚深船概念图

## 6.2 維持浚渫計画

### 6.2.1 航路埋没と浚渫作業

#### (1) 浚渫区域と浚渫船

##### 1) 入港航路

ベイヤ港の入港航路の水深8mを維持するため、250万 $m^3$ の埋没土量を浚渫するためには、前節で述べた仕様のドラッグ浚渫船が、最も適切な選択である。

計画した浚渫船は、ホッパー容量2,000 $m^3$ で、満載喫水は5.5mであり、土捨て場の所要水深は、7mである。現在の土捨て場の最小水深は、4mであり低潮時には、土捨て作業は不可能である。小型の浚渫船は、喫水が浅く、潮位の影響が少ないという利点を有する。経済的には、明らかに運営費が高く不利であるが、浚渫作業の効率向上のため、ホッパー容量1,000 $m^3$ の浚渫船2隻を導入する案も考えられる。

ホッパー容量2,000 $m^3$ の浚渫船1隻とホッパー容量1,000 $m^3$ の浚渫船2隻は、以下のとおり比較できる。

	1隻 x 2,000 $m^3$ 浚渫船	2隻 x 1,000 $m^3$ 浚渫船
満載喫水	5.5 m	4.0 m
低潮位の影響	40%	10%
操船性・安全性	普通	良好
導入法	一回	分割可
修理のための非稼働期間	不可避	調整可

1,000 $m^3$ の浚渫船二隻体制は、建造費および運用費が高いため推奨できない。しかし、1,000 $m^3$ の浚渫船は、経済的には不利であるが、潮位の影響が少なく、付属資料に示すとおり、作業効率・安全性が高いこと、2回に分けて導入できること、また2隻のドッキング期間をずらして調整できるなどの利点がある。2回に分けた導入は、財務面・組織面での短期間の負担を軽減できる。

したがって、財務・組織等で何らかの困難が生じた場合には、経済・財務・運用面等を総合的に検討し、1,000 $m^3$ の浚渫船2隻の体制を、慎重に考慮すべきである。

##### 2) 岸壁前面の水域

岸壁直前面の区域は、年間約10万 $m^3$ の割合で埋没している。この区域は、ドラッグ浚渫船による浚渫が不可能であり、現在行われているように、EMODRAGAによりクラブ浚渫船で、浚渫する計画である。ベイヤ港にはクラブ浚渫船1隻、土運船3隻、タグボート2隻が配置されており、年間約12万 $m^3$ の浚渫が可能である。

## (2) 維持浚渫土量

### 1) 掘残し土量

既存の航路は、最浅部で5 m以下に埋没している、これを8 mの原水深に復旧するには、約4百万m<sup>3</sup>の浚渫が必要である。航路屈曲部の二つの区間E 9とE 10は、特に6 mおよび7 mに増深する場合の浚渫作業の土量の大部分を占めている。したがって、新浚渫船導入前のインテリムドレッシングは、最初屈曲部を中心に、つぎにその上流部を浚渫することになる。

### 2) 維持浚渫土量

掘残し土量に加え、航路には毎年、表4.3.2-2に示すように水深に比例して増加する埋没土量が発生する。埋没速度は屈曲部のE 9とE 10が最大で、つぎが最上流部と航路入り口部である。

### 3) 土捨て場

初期浚渫時には航路沿いに、図5.2.2-1に示すとおり、航路から3 km以下の距離に、5ヶ所の土捨て場が指定された。各土捨て場の土捨て可能最小水深および面積等は、以下のとおりである。

土捨て場	D1	D2	D3	D4	D5
面積 (km <sup>2</sup> )	9.9	2.9	8.8	24.1	6.8
最小水深 (m)	-0.5	-0.5	+2.0	-5.0	+2.0
土捨て距離 (km)	1.8	2.7	2.4	1.6	2.5

土捨て距離は、航路から土捨て場中心までの距離である。土捨て場D 2での上げ潮時の土捨ては禁止されていた。また、南北航路部のための土捨て場D 1は、浅いため有効には利用されなかった。本調査では、上記の土捨て場を今回実施した最新の深浅測量結果から検討し、以下のとおりに設定した。

土捨て場	使用区域	現水深
D 1	南半分のみ	4 m
D 2	北半分のみ	5 m
D 3	使用せず	
D 4	西側に拡張	6 m
D 5	使用せず	

土捨て場の水深と位置は、浚渫作業の効率を決定する重要な要因であり、現在の土捨て場の適切性および新しい土捨て場の可能性を検討するため、広域の深浅測量を定期的を実施する必要がある。



## 6.2.2 浚渫工程

前節で述べたとおり、ベイラ港では過去の掘残しと今後の埋没土量を浚渫する必要がある。

### (1) インテリムドレッシング

CFMは、ベイラ港、マプト港およびキリマネ港の各航路を1997年から3年間で浚渫することとし、以下のようにインテリムドレッシングを計画している。

インテリムドレッシング計画 (百万m <sup>3</sup> )					
	1997年	98年	99年	合計	
ベイラ港					
航路	3.3	3.3	3.3	9.9	(Ft-K浚渫船を使用)
岸壁前面	0.1	0.1	0.1	0.3	(Lurioを使用)
マプト港					
航路	1.5	1.5	1.5	4.5	(Rovumaを使用)
岸壁前面	0.15	0.15	0.15	0.45	(Tembeを使用)
キリマネ港					
全域	0.15	0.15	0.15	0.45	(Lurioを使用)
合計	5.2	5.2	5.2	15.6	

インテリムドレッシングは、財務上の理由から実施されず、1997年に0.5百万m<sup>3</sup>、1998年と1999年に各1.5百万m<sup>3</sup>浚渫する計画に変更された。この変更により、本計画の新浚渫船は、掘残し浚渫と維持浚渫作業を兼ねて実施することになる。次節で詳述するとおり、2,000m<sup>3</sup>浚渫船は、週5日、年44週、作業効率0.8で年間、4,224時間稼働することになる。稼働日を増やした場合の年間浚渫土量は、以下のとおりである。

週6日年44週	3.232 百万m <sup>3</sup>
週6日年46週	3.379 百万m <sup>3</sup>

新浚渫船のインテリムドレッシングは、週6日、年44週稼働の場合、以下のとおり計画される。

次表に示すとおり、新浚渫船は、掘残し土を浚渫するため導入後の5年間は1週間に6日間稼働し、その後は航路水深8mを維持するため年に250万m<sup>3</sup>を定期的に浚渫することになる。週6日、年46週稼働の場合には、1年早く水深8mに達する。掘残しは、できるだけ早く浚渫し、早期に港湾利用者に対して良好なサービスを提供すべきである。

インテリムドレッシング計画

	航路水深	浚渫土量(千 m <sup>3</sup> )	航路水深 (浚渫後)
1997 年	5.0 m	500	5.0 m
1998 年	5.0 m	1,500	5.8 m
1999 年	5.8 m	1,500	6.1 m
2000 年	6.1 m	3,232	6.9 m
2001 年	6.9 m	3,232	7.2 m
2002 年	7.2 m	3,232	7.5 m
2003 年	7.5 m	3,232	7.8 m
2004 年	7.8 m	3,232	8.0 m
2005 年	8.0 m	2,500	8.0 m

(2) 新浚渫船による維持浚渫作業

埋没土量の計算結果により、作成した維持浚渫計画を表 6.2.2-1, 6.2.2-2 に示す。表に示すとおり、2,000 m<sup>3</sup>のドラグ浚渫船は、ベイヤ港の浚渫需要に十分対応できるものである。上表に示した維持浚渫計画を以下に詳述する。

1) 年間埋没土量

航路沿いの 12 区間の年間埋没土量は、計 250 万 m<sup>3</sup>と算定され、最上流部の 3 区間 E 5, E 15 および E 4 が 23%、屈曲部の E 9 および E 10 が 37%、航路入り口の E 14 が 17%を占めている。これに対して、入り口に近い E 12 および E 13 は、それぞれ 1%、2%と航路に沿った潮流のフラッシング効果により小さな値を示している。

年間埋没厚は、埋没土量を各区間の面積で除して得られる。E 15、E 9、E 10 の 3 区間は、年間埋没厚が 1 m を越える。一方、E 12、E 13 の 2 区間は約 10 cm であり、ほぼ 5 年に 1 回の維持浚渫を行えばよい。

2) 埋没土の土質

航路に埋没する土砂の土質は、三章で述べた調査結果に基づき分類した。埋没土砂は、航路上流部のシルト質 45%と、中央部および入り口付近の砂質土 55%に分類できる。シルトおよび砂の見掛けの比重は、埋没土砂の土質試験の結果から以下のとおり設定した。

埋没土	見掛けの比重 (t/m <sup>3</sup> )	
	海底土	ホッパー内
シルト質土	1.5	1.29
砂質土	1.8	1.6

### 3) 浚渫・回頭時間

ホッパー内に埋没土砂を積載するための浚渫時間は、日本における類似の土質の浚渫記録から、シルト質土については1.0時間、砂質土については1.25時間と設定した。また、浚渫後の回頭時間は0.25時間と設定した。

シルト質の埋没土については、オーバーフローを減らして浚渫サイクル数を増やす方が、浚渫作業の効率が高くなる。最も効率の高い浚渫時間は、浚渫記録を解析して決定できる。土質の異なる区間で、船速、ドラグヘッド接触圧、ポンプ回転数、ポンプ圧力、ポンプ流量、含泥率、積載土量、喫水、泥槽水位、土質分析等を対象とした総合的な乗船試験を実施する必要がある。試験の結果に基づき、航路沿いの異なる土質に対して、最も効率の高い浚渫作業条件を決定できる。本計画の年間総浚渫・回頭時間は、2,654時間で総作業時間の68%である。

### 4) ホッパー内の積載土体積

海底から浚渫されホッパーに積載された土砂は、膨張し体積が増加する。砂質土の場合、2,000 $m^3$ のホッパーに積載される海底土砂換算の体積は、1,500 $m^3$ 、シルト質土の場合1,100 $m^3$ である。本計画の年間の平均積載体積は、1,280 $m^3$ である。

### 5) 土捨て場

図5.2.2-1に示すとおり、初期浚渫時には5ヶ所の土捨て場が設定された。これらの土捨て場のうち、D5、D1の北側半分およびD3は現在の水深が浅くなっており、本計画では使用せず、D1の南側半分、D2およびD4の3ヶ所を使用した。D1は、CDL-4.0mの水深を有し、主に航路上流部のE8までの区間の土捨て場として使用する。D2は水深5mで、区間E9およびE10、D4は水深6mで、区間E11からE14の土捨て場として、それぞれ使用する。ベイラ港の平均大潮低潮位は、CDL+0.9mであり、年間のほとんどは上記の水深より約1m深い。しかし、年に数回、春と秋にCDL+0.2m~0.3mの低潮位が発生するので、浚渫船の運行計画作成に当たって注意を要する。

土捨て場E1とE2は、低潮時には水深が十分でないため使用できず、E4を使用することになる。

浚渫船の満載喫水は、3,200tの砂を積載した場合には5.5mとなり、2,570tのシルトの場合には5.0mとなる。土捨て場の必要水深は、満載喫水にホッパードアの開閉のため1.0mと余裕0.5mを加え、それぞれ7.0m、6.5mとなる。

各区間の低潮位による土捨て作業の制限を、2週間の年平均潮位変動を用いて検討した。検討結果の概要は、以下のとおりである。

- D 1 (CDL -4.0m) : シルトと砂は、作業時間のそれぞれ 75%と 60%土捨て可能である。  
低潮時には、D 4を使用する。
- D 2 (CDL -5.0m) : 砂は、作業時間の 80%土捨て可能で、低潮時にはD 4を使用する。
- D 4 (CDL -6.0m) : シルトと砂とも、ほとんど年間を通して満載で土捨て可能である。

区間E 5からE 10の低潮時の浚渫作業には、以下のとおり2つの作業形態が考えられる。

	潮位	浚渫区間	土捨て場	土捨て距離	航海時間
1)	高潮	E 4	D 1	9.7 km	0.99 hr
	低潮	E 4	D 4	15.5 km	1.60 hr
2)	高潮	1)と同じ			
	低潮	E 11~14	D 4	1.5 km	0.16 hr

上表に示すとおり、低潮時には、水深の深い土捨て場D 4に近いE 11からE 14を浚渫すれば、航海時間がサイクル当たり約 1.4 時間節約できる。2)の方法による浚渫作業の詳細は、表 6.2.2-2 に示すとおりである。表に示すとおり年間必要作業時間は、1)の方法の 4,087 時間から 2)の方法では 3,921 時間に減少し、166 時間(7日)の節約となっている。区間E 11からE 14の総浚渫時間は全必要作業時間の 20% (850 時間)であり、E 5からE 10の低潮時の浚渫時間を全て吸収できる。1)の方法は、計画および作業が、非常に単純であるという利点を有するが、作業効率は最大ではない。Rovuma は、ベイラ港では 2)の方法で運行されており、本調査でも 2)の方法を採用する。

2)の方法による、浚渫作業の各土捨て場の捨て土量は、以下のとおりである。

捨て土量 (m <sup>3</sup> )		
D 1	D 2	D 4
974,215	902,778	623,006
39%	36%	25%

D 1には最も多く浚渫土が捨てられるが、水深は浅いことから、定期的な深浅測量が必要である。前述のとおり、1,000 m<sup>3</sup>浚渫船は低潮位の影響が少ない利点がある。その浚渫計画の詳細を付属資料に示す。

## 6) 土捨て距離

各浚渫区間と土捨て場との距離は、浚渫効率を決定する重要な要因である。土捨て距離は、表 6.2.2-2 に示すとおり 1.5 km から 16.8 km の範囲にある。軽荷時の船速は、満載時よりも速いため復航の航行時間の方が、往航より少なくなっている。航路最上流部の区間では、浚渫時間と土捨て時間がほぼ同じであり、土捨て場の適切な選定が特に重要である。全区間

表 6.2.2-1 維持浚業計画 (1)

(低潮時には遠い土捨て場を使用)

区分	E5	E15	E4	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	合計
埋没土量 m <sup>3</sup> /y	120,488	187,005	276,146	113,057	128,696	148,873	287,820	614,958	101,051	20,637	62,313	429,005	2,499,999
埋没土量 %	5	7	11	5	5	6	12	25	4	1	2	17	100
年間埋没量 m/y	0.78	1.20	0.57	0.33	0.38	0.43	1.11	1.13	0.26	0.09	0.09	0.72	
土質: Silt or Sand	Silt	Silt	Silt	Silt	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Silt	
浚業・回頭時間 hr	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.25	
船内・内浚業土量 %	55	55	55	55	75	75	75	75	75	75	75	55	
船内・内浚業土量 m <sup>3</sup>	1,100	1,100	1,100	1,100	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,100	
土捨て場	D1 (75%)	D4	D1 (75%)	D4	D1 (60%)	D4	D1 (60%)	D4	D4	D4	D4	D4	
土捨て場までの距離 km	11.0	9.2	15.0	6.9	10.7	3.0	8.5	2.7	6.4	1.7	4.3	1.5	
土捨て場への航海時間 hr	0.58	0.48	0.79	0.37	0.68	0.26	0.57	0.16	0.34	0.09	0.23	0.10	
土捨て場時間 hr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
土捨て場からの航海時間	0.55	0.34	0.46	0.35	0.64	0.24	0.54	0.14	0.32	0.08	0.21	0.09	
合計 24 hr	2.53	3.13	2.34	2.95	2.11	2.71	2.25	2.63	2.03	2.41	1.92	2.19	
平均効率 %	2.68	2.49	2.54	2.26	2.49	2.29	2.09	1.96	1.96	1.96	1.90	1.90	
所要労力人	110	170	251	103	86	99	192	410	67	20	42	390	1940
所要作業時間 hr	293.4	423.9	638.9	232.4	213.7	226.8	409.1	803.6	130.4	38.9	79.1	606.3	4,087
所要作業時間率 %	7.2	10.4	15.6	5.7	5.2	5.5	9.8	19.7	3.2	1.0	1.9	14.8	100.0
航海・回頭時間 hr	136.9	212.5	313.8	128.5	128.7	148.8	287.8	615.0	101.1	30.6	62.3	487.5	2,653.5
航海・回頭時間 hr	140.1	185.9	287.4	88.5	68.6	53.2	64.3	36.2	12.5	3.2	6.4	60.3	1,051.4
土捨て場時間 hr	16.4	25.5	37.7	15.4	21.4	24.8	48.0	102.5	16.8	5.1	10.4	58.5	382.6

土砂比率 % 2.11 hr  
 土砂 45  
 砂 55  
 平均効率 2.11 hr

年間作業時間 週 日 時 作業効率  
 44 5 24 0.8  
 4,224 hr

年間所要作業時間  
 浚業回頭時間  
 航海時間  
 土捨て時間  
 合計

2,654 hr  
 1,051 hr  
 383 hr  
 4,087 hr

年間所要作業時間 4,087 hr  
 年間所要/可能作業時間率 97 %

(低瀬時はE11-E14を浚渫)

表 6.2.2-2 維持浚渫計画 (2)

ホッパー容量 = 2000 m<sup>3</sup> 浚渫時間 10.8 kl  
 船速 満載 10.2 kt. 軽荷

シルト 1.00 hr 砂 1.25 hr 回頭時間 0.25 hr

区間	E5	E15	E4	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	合計
埋込土量 m <sup>3</sup> /y	120,488	187,005	276,146	113,057	128,696	143,823	287,820	614,958	107,051	30,637	62,313	429,005	2,439,999
埋込土量 %	5	7	11	5	5	6	12	25	4	1	2	17	100
土質: Silt or Sand	Silt	Silt	Silt	Silt	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Silt	
浚渫・回頭時間 hr	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.25	
砂A・内浚渫土比率 %	55	55	55	55	75	75	75	75	75	75	75	55	
砂A・内浚渫土量 m <sup>3</sup>	1,100	1,100	1,100	1,100	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,100	
土質	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D2	D2	D4	D4	D4	D4	
土捨場までの距離 km	11.0	9.2	9.7	6.9	4.9	3.0	2.7	1.7	1.8	1.5	1.5	1.5	
土捨場への航海時間 hr	0.58	0.48	0.51	0.37	0.26	0.16	0.14	0.09	0.10	0.08	0.08	0.08	
土捨時間 hr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.15	
土捨場からの航海時間	0.55	0.46	0.43	0.35	0.24	0.15	0.14	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	
平均タレ hr	2.53	2.34	2.39	2.11	2.25	2.06	2.03	1.92	1.94	1.90	1.90	1.55	
所要タレタレ hr	110	170	251	103	86	99	192	410	67	20	42	390	1940
所要作業時間 hr	276.9	398.3	601.0	217.0	193.0	204.3	389.2	787.1	130.4	38.9	79.1	606.3	3,921
所要作業時間率 %	7.1	10.2	15.3	5.5	4.9	5.2	9.9	20.1	3.3	1.0	2.0	15.5	100.0
総浚渫回頭時間 hr	136.9	212.5	313.8	128.5	128.7	148.8	287.8	615.0	101.1	30.6	62.3	487.5	2,653.5
総航海時間 hr	123.6	160.3	249.6	73.1	42.9	30.7	53.4	69.7	12.5	3.2	6.4	60.3	385.4
総土捨て時間 hr	16.4	25.5	37.7	15.4	21.4	24.8	48.0	102.5	16.8	5.1	10.4	58.5	382.6
合計													3,921.4

沖土砂比率 % 45  
 砂 55  
 平均タレタレ 2.02 hr

年間作業時間 週 44 日 5 時 24 分  
 作業効率 2,224 hr

年間所要作業時間 浚渫回頭時間 44  
 航海時間 5  
 土捨て時間 24  
 合計 0.8  
 4,224 hr

年間所要作業時間 2,654 hr  
 68%  
 885 hr 23%  
 383 hr 10%  
 3,921 hr 100%

年間所要作業時間 3,921 hr  
 年間所要/可能作業時間率 93 %

では、非生産的な土捨て時間は全作業時間の 23% を占めており、その減少に努める必要がある。

#### 7) 土捨て時間

土捨て時間は、シルト質土で 0.15 時間、砂質土で 0.25 時間と設定した。

#### 8) サイクルタイム

1 サイクルは、浚渫、回頭、航海、土捨て、航海からなり、本計画の平均サイクルタイムは、2.02 時間である。

#### 9) 所要サイクル数

各区間の所要サイクル数は、埋没土量をホッパーの積載土量で除した値で、本計画の年間所要総サイクル数は、1,940 である。

#### 10) 年間作業時間

各区間の年間作業時間は、サイクルタイムとサイクル数を乗じた値である。岸壁前面の航路の作業時間は 37% で、屈曲部の区間 E 9 と E 10 は、35% と大きい値となっている。

2,000 m<sup>3</sup> のドラグ浚渫船の年間稼働可能時間 4,224 時間に対して、年間必要作業時間は 3,921 時間となり、その比率は 0.93 で 250 万 m<sup>3</sup> の埋没土量を浚渫するのに十分な能力を有する。

### 6.2.3 浚渫費用

浚渫費用には、減価償却、保険、修理点検、燃料、乗組員の給料・手当、管理費等が含まれる。外国の業者による外注工事の浚渫費は、3~4 US\$/m<sup>3</sup> である。これに対して、以下に示すとおり EMODRAGA の浚渫費は、2 US\$/m<sup>3</sup> 以下で約半分の値となっている。

	年間浚渫費用 (US\$)	
乗組員	384,840.	
燃料	943,680.	
メンテナンス	500,000.	
管理費	672,600.	
減価償却	900,000.	
合計	3,401,120.	(1.36 US\$/m <sup>3</sup> )

## 6.3 管理運営

### 6.3.1 運営体制

#### (1) 現在の組織

植民地時代の浚渫作業は、植民地政府の浚渫部の直轄工事として行われた。EMODRAGA は、運輸通信省傘下の公社として1980年に設立された。1987年に、EMODRAGAはその本部をマプトから、管理事務所、修理工場、資材置き場等があるベイラに移転した。1982年に、モザンビークとオランダは、浚渫作業の援助計画に合意した。1989年に、モザンビーク政府は港湾と鉄道の管理運営をCFMに移管した。CFMは地区ごとに4つの支部を設立し、ベイラ港はCFM-Cによって管理されている。CFMは全ての主要港湾を管理しており、浚渫費用はその収入によって賄われている。ベイラ回廊開発公社（BCA）は1995年に解散するまで、CFMの各種のプロジェクトを支援してきた。1997年に、EMODRAGAは事務所をBCAの旧事務所に移転した。

現在のEMODRAGAの組織を、図2.2.5-2に示す。各セクションの職務は、以下のとおりである。

- 1) 工事は、35名の職員で、浚渫作業の計画・実施に当たっている。
- 2) メインテナンス部は、40名の職員で、機材の維持・修理に当たっている。
- 3) 管理部は、23名の職員で、経理・運営事務に当たっている。

## (2) 組織の増強

新浚渫船を運行するためには、現在の組織を増強する必要がある。陸上の管理要員や測量要員は、新浚渫船導入後もわずかな補強で対応できる。これに対して、浚渫船の乗組員は、大幅な増強が必要である。このため、インテリムドレッシングは、乗組員の募集・訓練の良い機会と考えられる。新浚渫船の乗組員構成案は、以下のとおりである。

ワークシフト： 3組 x 24名/組、12時間/シフト x 2シフト、2組乗船・1組陸上待機・1週交代、ドレヅジマスターはRovumaから配属し、船長は新たに雇用する。

乗組員	員数(3組)
船長	3
機関長	3
ドレヅジマスター	3
一等航海士	3
一等機関士	3
二等機関士	3
浚渫作業員	3
電気技師	3
甲板員	20
操機員	20
その他	8
合計	72



### 6.3.2 運航・運営

#### (1) 運航の効率化

浚渫作業の効率は、適切な浚渫計画、浚渫技術、土捨て場の位置・水深、潮位・波浪条件、土質、埋没の季節変動、修理・点検等各種の要因によって決定される。

##### 1) 浚渫作業の乗船試験

浚渫船導入後の早い時期に、浚渫作業の諸条件を把握するため、船速、ドラッグヘッド接触圧、土質、ポンプ流量、オーバーフロー等を対象とした乗船試験を実施する必要がある。これらの試験結果に基づき、最も効率的な浚渫作業計画の作成が可能である。

##### 2) 土捨て場

土捨て場の位置・水深は、浚渫作業の効率を決定する最も重要な要因であり、航路、土捨て場を含む広い水域で、定期的に深浅測量を実施する必要がある。土捨て場の水深は、捨て土により常に浅くなっており、新しい深い土捨て場を見いだすため、また浚渫船の座礁事故等为了避免するためにも適切な測量体制を確立する必要がある。

##### 3) オーバーフロー

オーバーフローの効率は、土質と土捨て場への航海時間によって決定される。適切なオーバーフロー時間は、浚渫作業日報、土質試験結果等を解析して決定できる。特に、E 14 における軟泥の埋没土浚渫には、アジテーションドレッシングの可能性も検討すべきである。

##### 4) 年間浚渫計画

雨期の埋没量は、乾期の3倍とされており、雨期と乾期の埋没特性を慎重に検討して、浚渫計画を作成すべきである。浚渫船の定期整備の予定は、埋没の季節変動、気象・海象条件、ドックの予定、乗組員の都合等を総合的に検討して決定すべきである。

##### 5) 自然条件調査

航路および土捨て場を含む深浅測量、航路の各区间での海底土砂採取を定期的実施する必要がある。

###### \* 深浅測量：

埋没の季節変動を把握するため、3月と9月に毎年深浅測量を実施する。また、浚渫作業の前後に、作業計画作成・竣工検査のため、深浅測量が必要である。

###### \* 土質調査：

各区间で海底土砂を採取し、ふるい分け試験、含水率、比重等を測定する。

## 6) 係留岸壁

浚渫船の係留・整備のため、岸壁が必要である、既存の漁港南部の子ベベ地区サービスボート岸壁の外側が、この目的で使用される予定である。

## 7) 岸壁前面の浚渫

ペイラ港の岸壁前面の浚渫は、グラブ浚渫船“Lurio”を使用して行うものとする。

## (2) 適切な運営

適切な浚渫作業の運営には、人事、施設および予算の準備・管理が必要である。

### 1) 人 事

新浚渫船は、3組の合計72名の乗組員によって運航される。新しい乗組員の募集・現職員の配置転換等は、浚渫船導入の前に準備しておかななくてはならない。事務関連の要員は、補強の必要はないが、測量・計画分野では、適切で効率的な浚渫計画を作成できる体制を整える必要がある。インテリムドレッシング実施時に、特に乗組員の養成を計画すべきである。

### 2) 施 設

浚渫船の運航に必要な事務所、修理工場、倉庫やその他の施設はすでに整備されており、また係留岸壁も確保されている。深淺測量のための測量船および測量機材は、浚渫作業および航路の安全航行のために必要不可欠である。

### 3) 予 算

新浚渫船の運用経費は、約350万US\$と見積もられ、これは現在のEMODRAGAの予算を越える額である。CFMがこの経費をEMODRAGAに支払うことになるが、受益者である港湾の利用者の料金を上げることも検討する必要がある。

## 6.3.3 訓練計画

EMODRAGAは、所有するドラグ浚渫船およびグラブ浚渫船等で、現在の職員が十分な経験をすでに有しており、基礎的な訓練は必要ない。さらに浚渫作業の効率向上を計るためには、定期的な深淺測量、埋没解析、土質試験、浚渫・土捨て作業の改善（アジテーションドレッシング、オーバーフロー、その他）、各種の乗船試験、入渠計画等の海外研修や専門家による上級訓練が必要である。既存の訓練所が、この目的に有効に利用できるであろう。ドレッシングマスターと機関員には、特別な訓練が必要である、また、浚渫船の建造中の現場研修は、維持修理技術者に対して非常に有効である。

## 第 7 章

# 環 境 影 響 評 價

## 第7章 環境影響評価

### 7.1 初期環境評価

初期環境評価として、ベイラ港周辺の水質、底質および底生生物の環境に関して調査を実施した。

#### (1) 自然環境

ベイラ港はブンゲ川河口域の左岸に位置し、港周辺の水質や底質環境は乾期・雨期の気候変動による河川流量の変化や大潮位差による激しい潮流によって特徴づけられている。特に、河川から入出する大量の懸濁性物質とともに、流域の生活排水による汚染物質も河口域に供給されている。沿岸浅海域に生息するエビ類のような水生生物は、河口域のマングローブ林の生態系に産卵・繁殖や養殖場として強く依存している。

また、モザンビークの野生生物は、アフリカ諸国の中で、その多様性と豊富さは類を見ないほどである。モザンビークでは各種土壌が観察され、土壌生成学的には幼年期土壌の段階である。なかでも、沖積土壌はザンベジ川デルタやブンゲ川流域に見られ、これは肥沃で農業にとって重要である。近年、ベイラ周辺では土壌侵食が、環境全般に与える重要な課題となっている。

#### (2) マクチ海岸の海岸浸食

マクチ海岸の前面の浅瀬を通過してマクチ航路に達する漂砂は、航路の掘削前後においてほぼ変化はないが、ペリカン浅瀬やランブラ浅瀬から航路を横断してマクチ浅瀬に達する漂砂は航路の掘削後には減少する。しかし、航路を横切って通過する漂砂は主に細砂かシルトであり、これらはマクチ海岸の形成にはあまり寄与しない。本計画で航路の北側に土捨てされる浚渫土砂量の砂浜への効果は、この減少量を十分補うであろう。

マクチ海岸の海岸浸食に対する対策は、まずマクチ海岸に沿ってブンゲ川河口に向かう砂移動を制御することであり、現存する突堤群に加え、マクチ海岸の西方端に延長200 m以上の突堤を設置することが望ましい。海岸から沖合への砂の浮遊移動を防ぐには、突堤の型式を現状のI型からT型にするのが効果的である。

#### (3) 底 質

当該調査海域の底質は、微細泥から粗粒の礫まで幅広い分布特性を呈している。航路には、主に砂が分布しており、河口域では砂泥質が、また沖合でも各種の砂質が分布している。河口部や沖合部に見られる泥質部の重金属や有機物含有量は、砂質部に見られるよりも大きい。しかし、これらは南部アフリカ沿岸の底質と同レベルで、ベースライン以下の存在となっている。

#### (4) 水 質

ベイラ港周辺の水質はブンゲ川からの季節的な流れの変動と激しい潮汐流の作用によって特徴づけられる。雨期には河川水が、乾期には海水がそれぞれ当該海域の流況および水質に影響を与えている。

雨期、乾期ともに大腸菌による汚染が見られるが、乾期により顕著となる。大腸菌による汚染は人間活動と家畜に起因していると思われ、衛生処理の不備が原因と考えられる。

懸濁物質は、ブンゲ川を通じて供給される陸起源の物質であり、大量に供給されている。また、河川流と大潮位差による激しい潮汐流によって河口部の広範囲に分布している。ベイラ港周辺海域の栄養塩レベルは、富栄養化を越すようなレベルではない。微量金属濃度は、ベースラインレベルであり、懸濁態と溶存態別に考察しても、前者に比較的多めの存在が確認できたが、いずれもベースラインレベルであった。また、農業起源の有機物質は、低濃度しか検出されず、農業汚染はないものと考えられる。

#### (5) 底生生物

土捨て場周辺の底生生物は、固体数および種類とも少なく、しかも特別な種も観察されず、生物相は貧相で地点間の変動もかなり大きい。これらは、河川流量の変動と激しい潮汐流による塩分濃度の変化および堆積物の移動に起因していると考えられる。

#### (6) 水産資源

水産資源は、ほとんどが海産で、年間総漁獲量は1万トン程度でとなっており、主な魚類は甲殻類、浮魚類、貝類などである。このうちベイラ周辺では、浅海性のエビ漁がさかんである。これらは河口部のマングローブ林を繁殖場に行っているものと考えられる。

#### (7) 新浚渫船乗組員の新規雇用

当事業によって、新規に雇用される乗組員の給与総額は289,800 US\$と見積もられる。雇用の増大による直接効果は、雇用量数比で現在より33.8%増、給与総額費で現在より125.5%増と予想される。この効果は、ベイラの経済にとってプラスとなろう。

#### (8) 初期環境評価

高水準の大腸菌の存在を除けば、ベイラ周辺の自然環境は良好である。水質と底質調査結果も良好であり、ブンゲ川に季節的に流入する大量の真水と大潮位差による激しい潮流が、環境を形成する重要な役割を担っている。この流量の変動と強い潮汐流の作用によって、底生生物は貧相な結果となっている。以上の結果は、ベイラ港周辺の現況について示したもので、将来の環境変化を評価するためのベースラインとして活用される。

## 7.2 環境影響評価

モザンビークでは環境基準を現在整備中であり、ここでは国際基準に準拠している日本の環境基準を基本として、環境影響評価を実施した。本計画の主要工事である航路浚渫に関する環境影響評価項目として、濁度の拡散、マクチ海岸の浸食、海生生物への影響、浚渫船からの廃棄物の投棄と浚渫に伴う底質からの重金属の溶出を取り上げた。

### (1) 浚渫時の懸濁物の拡散

数値シミュレーション結果から、影響はほとんど無いものと考えられる。

### (2) マクチ海岸の海岸浸食

本計画で航路北側の土捨て場に排出される浚渫土砂の一部は、マクチ海浜に向かって移動する。この量は、航路の増深によって航路南側から航路を横切ってマクチ海浜に移動する漂砂の減少量を十分補うものと考えられる。

### (3) 浚渫による海生生物への影響

当該海域は、高い懸濁物濃度が常に見られる環境であり、現存の海生生物は高濁度環境に対して従来適応性が高く、浚渫によって発生する部分的な懸濁物の新たな負荷に対しても大きな影響を受けないものと考えられる。

### (4) その他

浚渫船から発生する廃油は、陸上で処分して海上投棄は行なわないものとする。また、懸濁物の重金属濃度と底質の性状から判断して、浚渫時に底質よりの重金属の溶出は小さいと考えられる。

### (5) 環境影響評価

以上のように、本調査海域の水質および環境はベースラインレベルの状態にあることを基本とした環境影響評価の結果、航路浚渫による環境への有意な影響はないものと判断される。

## 第 8 章

### 經濟財務評估

## 第8章 経済財務評価

### 8.1 経済分析

#### 8.1.1 プロジェクトの費用

##### (1) 分析方法

費用・便益分析に基づく経済的内部収益率 (EIRR) は、プロジェクトの経済的実行可能性を評価するために用いられる。EIRR は、プロジェクト期間中の費用と便益を等しくする割引率として求められる。

プロジェクトの費用と便益は、表 8.1.1-1 に示される換算係数 (0.94) によって市場価格から変換される経済価格 (シャドウプライス) に換算して評価される。経済分析の全ての費用と便益は、1997 年現在のものである。経済分析におけるプロジェクト期間は、EMODRAGA で現在用いられている浚渫船の耐用年数から、25 年と設定する。

この分析で採用した交換レートは、1997 年現在のものとし、以下のとおりに設定した。

$$1.0 \text{ US\$} = 11,300 \text{ MT (モザンビーク メチカル)}$$

$$1.0 \text{ US\$} = 116.84 \text{ 円}$$

プロジェクトは、そのプロジェクトが達成された場合 (With Case) とそのプロジェクトが達成されない現在 (Without Case) を比較することによって評価する費用・便益分析の手法を用いる。また、経済的内部収益率 (EIRR) は、割引キャッシュフロー法を用いながら、便益と費用を比較する方法により算定され、感度分析を行うことによってより詳細に評価される。

Without Case では、航路水深は年間土量  $521,991 \text{ m}^3$  を外注により浚渫することで、調査年の 1997 年と同じ 5 m に維持される。With Case では、新浚渫船が導入され、航路浚渫を外注することなしに年間土量  $250 \text{ 万 m}^3$  を実施し、航路水深は 1991 年と同じ 8 m に維持される。

##### (2) 初期投資

本プロジェクトでは、表 8.1.1-1 に示す新浚渫船が、1999 年末までに外貨建てで導入される計画である。表 8.1.1-1 に示す初期投資には関税のような移転項目は一切含まれず、外貨交換レートは変動相場制を採用しているため、経済価格に変換する必要はない。以上から、このプロジェクトの新浚渫船の建造コストは  $24,251,000 \text{ US\$}$  と積算され、初期投資総額は  $26,761,000 \text{ US\$}$  と積算される。



### (3) 運営費用

年間 250 万 m<sup>3</sup> の土量を浚渫するためには、表 8.1.1-1 に示す運営費用が毎年必要である。年間運営費用の内訳は、乗組員の給料・手当、燃料費、潤滑油代金、維持・修理費およびその他の本部管理費から構成される。新浚渫船の乗組員は 72 人の熟練者で構成され、労務費は市場価格 (289,800 US\$) に換算係数 (0.94) を乗じて、経済価格 (272,412 US\$) に変換する。その他の費用も労務費と同じ方法で経済価格として換算される。年間運営費用の経済価格は、表 8.1.1-1 に示すように総計で 2,351,053 US\$ に達する。

2000~2004 年には、インテリム・ドレッシングの掘り残し分を含めて必要浚渫土量は毎年 264 日間稼働で 3,231,714 m<sup>3</sup> となる。したがって、2000~2004 年の労務費、浚渫船乗組員用食糧費および燃料費 (潤滑油代金を含む) は、それぞれ 339,002 US\$、107,205 US\$ および 1,064,535 US\$ に増加し、2000~2004 年の年間運営費は、表 8.1.1-1 に示すように経済価格の総計で 2,612,986 US\$ に増大する。

表 8.1.1-1 運営費用と初期投資

(単位 : US\$)

項目	市場価格	転換比率	経済価格
	US\$		US\$
労務費 (72人の熟練要員)	289,800	0.94	272,412
乗組員への支給手当 (=9 US\$/日×48人×220日)	95,040	0.94	89,338
燃料費 (=12,767kg/日×220日×US\$280/トン)	786,400	0.94	739,216
潤滑油代金 (=燃料費×0.2)	157,280	0.94	147,843
維持・修理費	500,000	0.94	470,000
本部管理費	672,600	0.94	632,244
2005~2024年の年間運営費	2,501,120		2,351,053
2000~2004年の年間運営費			2,612,986
労務費 = 272,412 (1+1/12/30×200%×44) = 339,002 US\$ 乗組員への支給手当 = 9 US\$/日×48人×264日 ×0.94 = 107,205 US\$ 燃料費 = (12,767kg/日×264日×US\$280/トン) ×1.2 ×0.94 = 1,064,535 US\$			
初期投資	26,761,000	1.00	26,761,000

### 8.1.2 プロジェクトの便益

With Case と Without Case の比較により、国民経済の観点から以下の項目がベイラ港航路維持改良にともなう大きな便益としてあげられる。

#### 1) 滞船費用の節約

航路の航行シミュレーションによる 2000~2025 年の入港船舶の潮待ち時間の予測は、第 5 章の 5.1.3 において船種別に示されている。Without Case (航路水深 5 m) と With Case (航路水深 8 m) との差異が寄港船の潮待ち時間の短縮としての便益であり、滞船費用は潮

待ち時間にベイラ港の船種別用船料を乗ずることによって算出される。滞船費用は、ベイラ港の船種別用船料が国際的な船社から外貨建てで示されることから、経済価格である。

さらに、モザンビークの国民経済への帰属率を50%とする。航路水深が8mの場合の滞船費用の便益は、表8.1.2-1に示すとおりである。

## 2) 他港使用に伴う輸送費増分の節約

ベイラ港における潮待ち時間の改善にともなって輸送ルートを変えてマプト港経由（ハラレーマプト）からベイラ港経由（ハラレーベイラ）に移す。2002年のジンバブエの貿易材貨物量は、298,000トンと予測される。1,270kmのハラレーマプト間の鉄道のコンテナ運賃は、輸入材でトン当たり368.1Z\$, 輸出材でトン当たり286.2Z\$である。一方、600kmのハラレーベイラ間の鉄道のコンテナ運賃は、輸入材でトン当たり238.3Z\$, 輸出材でトン当たり197.5Z\$である。したがって、ベイラ港の代わりにマプト港を使用することにより、ジンバブエの輸入材・輸出材は、各々トンあたり129.8Z\$ (12.5US\$)、88.7Z\$ (8.5US\$)のコストアップがあると積算される。そこで、輸送ルートを移す。2002年のジンバブエの貿易材貨物量にこのトン当たりのコストアップを乗じると、輸送費増分の総計は市場価格で3,177,000US\$になって換算係数0.94を乗じる経済価格は2,986,380US\$に達する。このうち50%がモザンビークの経済便益に帰属するものと推定する。したがって、2002年の便益は、2,986,380US\$の50%に相当する1,493,190US\$となる。

## 3) タンカー輸送費の節約

ベイラ港には、オイルターミナルとジンバブエ向けのパイプラインが敷設されている。航路水深が7m以下では、50,000DWTのタンカーは入港できず、30,000DWTのタンカーでオイルの最大積載量を25,000トンに制限して受け入れている。ベイラ港の船社代理店の資料によると、アデンからベイラへの距離が3,500kmで、タンカーの1航海には14日間を要する。航路水深が8mの場合には、50,000DWTのタンカーが入港可能となり、輸送費は30,000DWTタンカーの輸送費より約15%低下する。したがって、タンカーの輸送費節約額は、以下のように算定される。

$$30,000 \text{ DWT タンカーの備船料}(16,000 \text{ US\$/日}) \times 14 \text{ 日} / 25,000 \text{ トン} \\ = 8.96 \text{ US\$/トン (オイルのトンあたり輸送費)}$$

$$8.96 \text{ US\$/トン (オイルのトンあたり輸送費)} \times 15\% = 1.344 \text{ US\$/トン} \\ \text{(輸送費節約単価)}$$

モザンビーク経済への帰属率を50%とすると、この便益は以下のように算出される。

$$1.344 \text{ US\$/トン (輸送費節約単価)} \times 50\% = 0.672 \text{ US\$/トン}$$

(モザンビーク経済の輸送費節約単価)

$$0.672 \text{ US\$/トン} \times 1,208,300 \text{ トン (表 5.1.1-1 の 2002 年 POL 貨物量)}$$

$$= 811,978 \text{ US\$}$$

#### 4) 航路水深 5 m を維持するための浚渫費用

浚渫船が全く導入されない Without-case では、航路水深 5 m を維持するための浚渫費用が必要とされ、この浚渫作業は外部発注で行われる。外部発注の浚渫単価は、およそ 3.0 US\$/m<sup>3</sup> であり、外貨建ての経済価格である。したがって、航路水深 5 m を維持するための浚渫費用の節約額は、以下のように計算される。

$$\text{年間浚渫土量} \quad 521,991 \text{ m}^3 \times 3.0 \text{ US\$/m}^3 = 1,565,973 \text{ US\$}$$

さらに、計量困難ではあるが、以下の便益がこのほかに考えられる。

- \* 潮待ち時間の短縮による貨物の在庫費用の節約
- \* 入出港船舶の航行安全面における改善
- \* 大型船舶の定期運航を可能にする
- \* 港湾貨物量、雇用機会および国民所得の増大

表 8.1.2-1 潮待ち時間と輸送費増大等の節約便益 (航路水深 8 m の場合)

(単価 : US\$)

年度	滞船費用	輸送費増大の抑制		水深 5 m 維持費用	総計
		他港利用	タンカー		
2000	3,229,798	1,419,577	768,992	1,565,973	6,984,340
2002	3,512,173	1,493,190	811,978	1,565,973	7,383,314
2007	4,227,904	1,694,358	930,250	1,565,973	8,418,485
2010	4,852,057	1,902,625	1,036,459	1,565,973	9,357,114
2017	4,852,057	1,902,625	1,036,459	1,565,973	9,357,114
2022	4,852,057	1,902,625	1,036,459	1,565,973	9,357,114
2024	4,852,057	1,902,625	1,036,459	1,565,973	9,357,114

### 8.1.3 EIRR の計算と評価

#### (1) EIRR の計算

国民経済の観点から見ると、費用・便益は資本の機会費用よりもより高い比率に設定された社会的割引率で割り引かれるべきである。世界銀行の 1994 年版“評価報告書”によると、モザンビークの幹線道路整備プロジェクトの経済的内部収益率 (EIRR) は、全て 17.5% から 22.9% までの比率となっており、資本の機会費用の推定値 (12%) を上回っている。

本プロジェクトは、経済価格でのEIRRが24.38%と算定され、資本の機会費用(12%)よりかなり高い値となっており、モザンビークの幹線道路整備プロジェクトのEIRRを上回っている。

## (2) 感度分析

本プロジェクトが計算条件の変化に対しても適正であるかどうかを評価するために、表8.1.3-1および表8.1.3-2に示すケースAからケースGまでの7つの代替案を感度分析のために設定した。ケースAからケースCまでの3つの代替案に対する感度分析は、基本ケースと同じ手法を用いて算定され、その結果を表8.1.3-1に要約する。表8.1.3-2は、初期投資とプロジェクト期間の変動に対する感度分析の結果を示したものである。

## (3) 経済的評価

表8.1.3-1に示すように、新浚渫船によるペイラ港の航路維持改良のための投資効果は非常に高く、基本ケースは他のケースAからケースCまでの代替案と比較しても最良である。

さらに、表8.1.3-2に示すように、本プロジェクトのEIRRは初期投資とプロジェクト期間が変化しても依然として高い結果を示している。したがって、本プロジェクトは経済的な観点から見て適正であると判断される。

表8.1.3-1 航路水深の感度分析における経済的内部収益率(EIRR)

(単位: US\$)

ケース	航路水深 (m)	EIRR (%)	維持浚渫土量 (m <sup>3</sup> )	本プロジェクトの費用		純便益総額
				初期投資	年間運営費	
ケース C	6.0 m	21.55%	725,493	18,700,000	1,758,780	141,147,755
ケース B	7.0 m	22.52%	1,698,509	22,400,000	2,105,580	178,171,717
基本ケース	8.0 m	24.38%	2,500,000	26,761,000	2,351,053	220,116,734
ケース A	9.0 m	21.97%	3,482,786	29,300,000	2,473,015	221,396,648

表8.1.3-2 初期投資・プロジェクト期間の感度分析におけるEIRR

ケース D	初期投資 × 1.1	EIRR = 21.97%
ケース E	初期投資 × 0.9	EIRR = 27.37%
ケース F	プロジェクト期間 20 年	EIRR = 24.06%
ケース G	プロジェクト期間 30 年	EIRR = 24.48%

## 8.2 財務分析

### 8.2.1 割引キャッシュフロー分析

財務分析は、割引キャッシュフロー法により財務的内部収益率 (FIRR) を算定して、本プロジェクトそのものの採算性を分析することを目的とする。FIRR は、キャッシュフローの純現在価値 (=収入-費用) をゼロにする割引率である。

本プロジェクトの目的は、ペイラ港の航路の維持改良にあるので、プロジェクトを実施することによる収入は、港湾使用料を徴収する CFM-C の港湾部門から支払われるものと設定する。EMODRAGA の収入の内訳は、固定費 (労務費・維持費・修理費・管理費・減価償却費) と同額の固定収入と浚渫土量に 0.57 US\$/m<sup>3</sup> の浚渫単価を乗じた変動収入から構成される。したがって、2005 年以後 EMODRAGA の収入は、表 8.2.1-1 に示すように 250 万 m<sup>3</sup> の土量を浚渫する場合、経常利益率 10 %を含んで 3,850,796 US\$と算定される。この値から、浚渫単価は 1.54 US\$/m<sup>3</sup>となる。

FIRR は、表 8.2.1-2 で示すように 2.28 %であり、外国借款の金利と同レベルの 2~3 % の範囲にある。また、表 8.2.1-2 に、収入や初期投資の変動に対する感度分析の結果を示す。

表 8.2.1-1 費用・便益分析における収入

(単位 : US\$)

年度	年間維持浚渫土量 (m <sup>3</sup> )	浚渫単価 US\$ 0.57/m <sup>3</sup>	固定収入 (固定費)	総収入		費用	
				年間 運営費	初期 投資		
2000	3,231,714	1,842,077	2,425,796	4,267,873	2,779,772	26,761,000	
2001	3,231,714	1,842,077	2,425,796	4,267,873	2,779,772	0	
2002	3,231,714	1,842,077	2,425,796	4,267,873	2,779,772	0	
2003	3,231,714	1,842,077	2,425,796	4,267,873	2,779,772	0	
2004	3,231,714	1,842,077	2,425,796	4,267,873	2,779,772	0	
2005	2,500,000	1,425,000	2,425,796	3,850,796	2,501,120	0	
2006	2,500,000	1,425,000	2,425,796	3,850,796	2,501,120	0	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
2024	2,500,000	1,425,000	2,425,796	3,850,796	2,501,120	0	

注-1 : 固定収入 = 固定費 = 労務費 + 維持・修理費  
+ 本部管理費 + 減価償却費 = US\$ 2,425,796

注-2 : 2000~2004年の年間労務費 = 289,800 (1+1/12/30×200×44) = 360,640 US\$  
2000~2004年の乗組員年間支給手当 = 9 US\$/日×48人×264日 = 114,048 US\$  
2000~2004年の燃料費・潤滑油代金 = (12,767kg/日×264日×US\$280/トン)×1.2 = 1,132,484 US\$

表 8.2.1-2 感度分析による FIRR

基本ケース	FIRR= 2.28%
ケース A 初期投資 × 1.1	FIRR= 1.38%
ケース B 初期投資 × 0.9	FIRR= 3.32%
ケース C 年度収入 × 1.05	FIRR= 3.74%
ケース D 年度収入 × 0.95	FIRR= 0.85%

### 8.2.2 財務諸表の分析

表 8.2.2-1 に示すプロジェクト期間の期末には、本プロジェクトを実施することによって 29,259,462 US\$ の流動資産を獲得する。これにより、26,761,000 US\$ の初期投資分を回収し、さらに 5,174,562 US\$ の新たな資金を使用できることになる。

したがって、このプロジェクトは、FIRR が低いレベルにあるとはいえ、財務的に健全性が確保されているものと判断される。

表 8.2.2-1 EMODRAGA の財務諸表  
(単位：US\$)

損益計算書			貸借対照表		
年度	2000	→ 2024	年度	2000	→ 2024
(A) 収入	4,267,873	3,850,796	流動資産	1,225,748	29,259,462
(B) 支出	2,779,772	2,501,120	固定資産	25,797,604	2,676,100
(C) 減価償却費	963,396	963,396	(A) 総資産	27,023,352	31,935,562
(A-B-C) 利益	524,705	386,280	(B) 負債	0	0
税後純利益	262,353	193,140	(C) 資本	26,761,000	26,761,000
税後純利益累積額	262,353	5,174,563	(A-B-C) 余剰金	262,352	5,174,562

資金運用表		
年度	2000	→ 2024
税後純利益	262,353	193,140
減価償却費	963,396	963,396
資本金	26,761,000	0
(A) 資金調達源泉	27,986,749	1,156,536
初期投資	26,761,000	0
借入金返済	0	0
(B) 資金運用表	26,761,000	0
(A-B) 流動資産増加額	1,225,749	1,156,536

### 8.2.3 財務管理

表 8.2.3-1 は、本プロジェクトの 2000 年から 2024 年までの CFM-C の港湾部門の損益計算の動向と固定費を一定にして限界利益を獲得していく場合の維持運営費の支払い源泉を示したものである。

本プロジェクトの維持運営費の支払い源泉に対する新たな浚渫のための支出 (= 本プロジェクトの EMODRAGA の収入) の比率は、ベイラ港の貨物量の増大効果により、2000 年における 19.7% から 2024 年の 9.8% まで減少する傾向にある。

一般的に、企業の利益は以下のように配分されるべきである。

- \* 次年度の労務費や他経費の上昇に対する支払い源泉として、1/3
- \* 次年度の浚渫費用や維持費等短期運転資金の調達源泉として、1/3
- \* 将来への投資等長期設備資金の調達源泉として、1/3

表 8.2.3-1 に示すように、CFM-C の余剰利益に対する EMODRAGA への支払いの比率（表中の②/①）は、2007 年で 14.1% であり、年とともに減少する。ベイラ港の貨物量が SATCC の需要予測に反して増加しない場合には、港湾料金の値上げが検討されねばならない。

ベイラ港の入港料金の資料では、入港料に対する INAHINA による航行支援施設費用の比率はおよそ 40% を占めている。ベイラ港の航路改良は、船舶航行の安全性を向上させるものであり、航行支援費用の一部は浚渫費用として EMODRAGA に支払うことも可能であろう。

ジンバブエのコンテナ貨物の輸送時間が短縮された場合、8.1.2 章で示したように、荷主のトン当たり獲得利益は、輸入の場合に 12.5 US\$、輸出の場合に 8.5 US\$ となる。もし、これらの利益をコンテナ貨物の港湾料金の値上げに振り向ければ、2000 年に総額 6,312,626 US\$ となり、本プロジェクトにおける EMODRAGA の収入の 148% に相当する。

本プロジェクトが実行されて航路水深が 8 m で維持される場合には、滞船費用の節約便益は 25 年間で総額 112,117,960 US\$ と算定される。2007 年の便益は、総額で 4,227,904 US\$ に達し、10,000~14,000 US\$ の入港料を支払うタンカー 1 船当りの滞船費用の節約便益は、25,506 US\$ にもなる。

以上の本プロジェクトを実施した場合の便益を財源として、CFM-C がベイラ港への入港料金を値上げすることは可能であろう。

表 8.2.3-1 EMODRAGA の新浚渫船に対する CFM-C の維持運営費の支払い概況

(単位：1000 US\$、トン)

	2000	2002	2007	2012	2017	2022	2024
ベイラ港の貨物量(トン)	3,072,096	3,274,400	3,737,650	4,408,360	5,100,095	5,927,288	6,301,893
(A) 営業収入	37,667	40,028	45,767	52,470	56,273	60,819	62,877
(B) 直接費(変動費)	12,155	12,917	14,769	16,932	18,159	19,626	20,290
(A-B) 限界利益	25,512	27,111	30,998	35,538	38,114	41,193	42,587
(F) 固定費	4,221	4,221	4,221	4,221	4,221	4,221	4,221
(G=A-B-F) 経常利益	21,291	22,890	26,777	31,317	33,893	36,972	38,366
①=②の資金調達源泉	21,618	23,279	27,316	32,030	34,705	37,903	39,350
②=EMODRAGAへの支払い	4,268	4,268	3,851	3,851	3,851	3,851	3,851
①に対する②の比率(%)	19.7%	18.3%	14.1%	12.0%	11.1%	10.2%	9.8%

注：②=減価償却費や経常利益を含めた EMODRAGA の収入、(B)=(A)×32.27%

## 第 9 章

### 事業実施計画





## 第9章 事業実施計画

### 9.1 浚渫船の建造

浚渫船は特別な目的に供される作業船であるため、その設計・建造に際しては特殊な技術が要求される。このために、同種船の建造経験および十分な技術力を有する造船会社での建造が望まれる。

#### 9.1.1 業務実施内容

浚渫船建造のためのコンサルタント、コントラクターおよびオーナーの業務実施所掌は、つぎのようになるものと考えられる。

##### (1) コンサルタントの所掌範囲

- \* 詳細設計、入札業務支援、建造監理

##### (2) コントラクターの所掌範囲

- \* 生産設計、資機材調達、建造工事
- \* 諸試験、試運転
- \* 乗組員に対する機器・装置の取り扱い、運転の習熟訓練
- \* ベイラ港までの新浚渫船の回航

##### (3) オーナーの所掌範囲

- \* モザンビークで必要とされるすべての許認可の取得
- \* 新浚渫船の回航に必要な仮国籍証書その他の書類
- \* 新浚渫船の安全なる係留設備

#### 9.1.2 建造工程

新浚渫船の建造は、図 9.1.2-1 に示すように建造契約が調印されてから約 20 ヶ月が必要と推定され、さらに3ヶ月がベイラ港までの回航および引渡しに必要と考えられる。

#### 9.1.3 資金調達

本報告においてベイラ港の航路の維持改良のため浚渫船が必要であることがわかり、財務的にも浚渫船の導入は健全であるとの結論に至った。所要の浚渫船の導入のための資金調達は、海外諸国からの低利の融資あるいは無償援助による協力を要請するべきであると考えられる。

項目 / 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
契約	*																							
設計																								
-詳細設計																								
-造船所設計																								
建造工事																								
-工場作業																								
-船台工事																								
-舾装工事																								
-試験、試運転																								
回航																								
竣工・引渡し																								
訓練																								

図 9.1.2-1 浚渫船の建造工程

## 9.2 管理運営面での留意事項

### 9.2.1 浚渫船および付帯設備の管理

#### (1) 浚渫船

ドラグ浚渫船の場合には、船舶機関のみでなく浚渫機関部分の毎日の始業前点検に加えて定期点検および修理が重要となる。また、流速計、含泥率計や喫水計などの計測機器は精密機械であり、専門業者による定期点検が必要である。

#### (2) 調査機材

浚渫工事の出来型の検査や海底地形の状況を把握するため深浅測量が不可欠であり、測量のための調査船およびデータプロセッサを含めた調査機材を整備する必要がある。

#### (3) 航行支援施設

航路内での船舶の安全航行のため、航行支援施設の定期点検、事故の防止および故障が生じたときには緊急の修理が必要である。

### 9.2.2 管理運営面

航路の維持浚渫を効率的に実施するため、管理運営面で以下の点に留意する必要がある。

#### (1) 航路維持に関する支持と理解

関係機関間の意志疎通をはかり、航路の維持浚渫に関する支持と理解に努めることによって、維持浚渫のための予算の確保、各機関の責任分野を明確化するとともにそれぞれの担当

分野の業務を円滑に実施する。

## (2) 管理運営体制

以下の事項に留意して EMODRAGA の管理運営体制を強化する。

- \* 浚渫作業の計画管理、要員の確保・訓練
- \* 浚渫機材の維持管理と修理
- \* スペアパーツや関連資材の調達

## (3) 訓練計画

効率的な維持浚渫を実施するため、浚渫作業の管理監督、浚渫工程や予算の配分などからなる組織的な浚渫体制を確立するため、職員の総合的教育研修を実施することが重要である。教育研修は、航路の維持浚渫に関連する全ての人員について実施することとする。

## 第 10 章

### 結 論 と 提 言

## 10. 結論と提言

### 10.1 結 論

#### ベイラ港の現状と問題点

モザンビークは南部アフリカの東海岸に位置し、1995年の人口は17.4百万人、1人当たりのGDPは約90 US\$である。同国の主要港湾としては、北部のナカラ港、中部のベイラ港および南部のマプト港がある。

ベイラ港は、モザンビークのほぼ中央部のプンゲ川河口に位置し、1,632 mのコンテナ・一般雑貨用埠頭と1バースのオイルバースを有し、自国だけでなく、鉄道・道路・パイプライン等によってジンバブエ等の内陸国に対しても、海上輸送の拠点として重要な役割を果たしている。同港は、1996年に約260万トンの貨物（内80%がジンバブエのトランジット貨物）を取扱ったが、20年後には貨物量は倍増して約500万トンと予測されている。

ベイラ港の大部分の港湾施設は、この貨物増に対応できる容量を有しているが、航路の埋没による水深減少は著しく、特にタンカー、バルクキャリア等の大型船の航行が制限され、同港の発展に対する深刻な隘路となっている。ベイラ港の潮位差は大きく6mを越えるので、大型船舶は高潮位時にあわせて航路を航行している。

延長約28kmの進入航路は、1990年にオランダの援助により、設計対象船舶を3万トンタンカー・貨物船として水深8mに浚渫された。その後維持浚渫が全く行われなかったため、現在では最も浅い箇所的水深は約5mに減少している。このため、大型船は長時間の潮待ち、あるいは喫水を浅くするための貨物の減載等により、不経済な海上輸送を余儀なくされている。1996年の1隻当たりの平均潮待ち時間は約30時間に達している。

モザンビークの全港湾の維持浚渫作業は、CFM（港湾鉄道公社）の予算によりEMODRAGA（モザンビーク浚渫公社）が実施している。同公社はベイラ港で1隻のグラブ浚渫船を所有しており、主に岸壁前面の泊地浚渫に従事している。また、マプト港で主に稼働しているドラグ浚渫船“ロブーマ”も老朽化しており、マプト港に加えてベイラ港の航路を浚渫するほどの余力はない。

#### 進入航路の維持浚渫土量

将来予測貨物量に基づく航行シミュレーションの結果、船舶の潮待ち時間は、航路水深が5mおよび6mの場合には非常に大きいですが、8mでは1隻当たりの平均値が5時間前後で許容できる範囲となった。

現地観測、深浅図と過去の資料解析および数値シミュレーションから得られた進入航路の埋没特性と土量から、水深8mの進入航路の平均年間維持浚渫土量が250万m<sup>3</sup>と見積もられた。しかし、個々の年に対する実際の維持浚渫量は、河川流量と来襲するサイクロンの規模と頻度によって50%前後まで変動するものと考えられる。

#### 航路維持改善対策

現進入航路を水深8mに復旧・維持するためには、ホッパー容量2,000m<sup>3</sup>のドラグ浚渫船の導入が最も適切かつ妥当と判断される。この浚渫船の建造費は約30億円、年間の運用費は約4億円と見積もられる。代替案としてのホッパー容量1,000m<sup>3</sup>の浚渫船2船体制は、2船の購入時期をずらすことができる財政面の利点と、より浅い喫水による低潮時のより高い作業効率の利点はあるものの、建造費や運営経費が高くなるので推奨できない。

推奨する浚渫船の諸元の概要は、以下のとおりである。

ホッパー容量	2,000 m <sup>3</sup>
全長	83 m
船幅	15 m
満載喫水	5.5 m
満載航行速度	10.2 knots

#### 環境影響評価

環境影響評価調査の結果、水質および底質に有害物質は見出されなかった。また、進入航路の維持浚渫作業が周辺的环境に対して悪い影響を及ぼすことは全くないものと判断された。

#### 経済財務評価

本計画実施による経済的内部収益率は24.38%と算定され、充分高い経済効果が期待できる。財務面でも、港湾貨物の増加によるCFMの収入増から充分浚渫船の運航費用を賄うことができ、健全であると判断される。

以上、モザンビークおよび近隣内陸国の海上輸送に対するペイラ港の重要な役割に鑑み、本計画による進入航路の維持改良の早急な実施は必要かつ有意義なものと判断される。

## 10.2 提 言

ベイラ港進入航路の維持改良対策に関して、以下の事項を提言する。

- (a) 船舶の航行効率・安全性を改善するため、上記の 2,000 m<sup>3</sup>ドラグ浚渫船を早急に導入し、進入航路を原水深 8 m に復旧・維持することを提言する。
- (b) 浚渫船の効率的な運航のため、その導入前に新浚渫船への乗組員の新規採用と現有の熟練乗務員の配置替えを実施する必要がある。
- (c) 新浚渫船の導入前から浚渫船の乗組員および浚渫計画・測量担当技術者の適切な訓練計画をたて、実施すべきである。
- (d) 土捨て場の位置は、浚渫作業の効率・安全性を支配する主要な要素である。このため、適切な浚渫・土捨て計画の立案のため、定期的かつできるだけ多くの土捨て場の深淺測量が必要である。
- (e) 航路の埋没土量は、季節・年変動が大きく、深淺測量の結果を慎重に解析し、適切な浚渫計画を策定することが肝要である。
- (f) 航路の埋没現象を解明するため、毎年雨期と乾期に航路の周辺を含む広範な測量調査を実施すべきである。
- (g) 浚渫工事は、CFM と EMODRAGA との契約によって実施されている。新浚渫船導入後の契約形態を事前に充分検討し、EMODRAGA の財務の健全性を確保することが重要である。



## 付 属 資 料



表 A-2 維持浚渫計画

(低潮時にはE9-E14を浚渫)

ホッパー容量 = 1000 m3 浚渫時間 シルト 1.00 hr 砂 1.25 hr 回頭時間 0.25 hr  
 船速 満載 10.2 kt. 船荷 10.5 kt

区間	E5	E15	E4	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	合計
埋没土量 m3/y	120,488	187,005	276,146	113,057	128,696	148,823	287,820	614,958	101,051	30,637	62,313	429,005	2,499,999
埋没土量 %	5	7	11	5	5	6	12	25	4	1	2	17	100
土質: Silt or Sand	Silt	Silt	Silt	Silt	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Silt	
浚渫・回頭時間 hr	1.25	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.25	
ホッパ-内浚渫土比率 %	55	55	55	55	75	75	75	75	75	75	75	55	
ホッパ-内浚渫土量 m3	550	550	550	550	750	750	750	750	750	750	750	550	
土捨て場	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D2(100%)	D2(100%)	D4	D4	D4	D4	
土捨て場までの距離 km	11.0	9.2	9.7	6.9	4.9	3.0	2.7	1.7	1.8	1.5	1.5	1.5	
土捨て場への航海時間 hr	0.58	0.48	0.51	0.37	0.26	0.16	0.14	0.09	0.10	0.08	0.08	0.08	
土捨て時間 hr	0.15	0.15	0.15	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.15	
土捨て場からの航海時間	0.56	0.47	0.50	0.36	0.25	0.15	0.14	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	
サイクルタイム hr	2.54	2.36	2.41	2.12	2.26	2.06	2.03	1.92	1.94	1.91	1.91	1.56	
平均サイクルタイム hr	2.54	2.36	2.41	2.12	2.26	2.06	2.03	1.92					
所要サイクル数	219	340	502	206	172	198	384	820	135	41	83	780	3879
所要作業時間 hr	557.3	801.0	1209.0	435.9	387.2	409.4	779.8	1576.2	261.1	77.9	158.4	1214.2	7,867.5
所要作業時間率 %	7.1	10.2	15.4	5.5	4.9	5.2	9.9	20.0	3.3	1.0	2.0	15.4	100.0
総浚渫回頭時間 hr	273.8	425.0	627.6	256.9	257.4	297.6	575.6	1229.9	202.1	61.3	124.6	975.0	5,307.0
総航海時間 hr	250.6	325.0	506.1	148.1	86.9	62.2	108.2	141.3	25.3	6.4	13.0	122.2	1,795.4
総土捨て時間 hr	32.9	51.0	75.3	30.8	42.9	49.6	95.9	205.0	33.7	10.2	20.8	117.0	765.1
												合計	7,867.5

A-2

浚渫土比率 %  
 シルト 45  
 砂 55

平均サイクルタイム 2.03 hr  
 年間作業時間 4.224 hr

年間所要作業時間  
 浚渫回頭時間 5,307 hr 67%  
 航海時間 1,795 hr 23%  
 土捨て時間 765 hr 10%  
 合計 7,867 hr 100%

年間所要作業時間 7,867 hr  
 年間所要/可能作業時間率 136 %

1000\_m3 浚渫船2隻の年間稼働率は93 %である。







JICA