

## 5. 事業事前計画表(準備調査時)

1. 案件名
グレナダ国 ゴーブ伝統的漁業地域基盤整備改善計画
2. 要請の背景(協力の必要性・位置づけ)
<p>「グ」国の水産業は国家開発計画(2001-2005年)において、「グ」国経済における第一次産業の中で重要な分野と位置付けられている。水産開発計画については、「第三次中期経済開発戦略(1998~2000年)」を策定し、「グ」国経済の第一次産業における水産業の貢献度があがることを目標に、①グレナダの食糧自給率の向上、②漁獲物の輸出による外貨獲得及び現金収入の増加、③雇用機会の増加を目指している。</p> <p>セント・ジョン郡ゴーブ地区は過去300年以上にわたり漁業を生業としてきた「グ」国最大の伝統的な漁村集落である。「グ」国には45の水揚げ地があり、そのうち水産局が管理する主要水揚げ地は7カ所、「グ」国西海岸には、ヴィクトリア、ゴーブ、メルビルストリートの3カ所がある。ゴーブは西海岸で第1位の水揚げ地で、全国の水揚げ高の15%を占めている。ゴーブは水揚げ魚の95%を沖合浮魚が占め、「グ」国水産業における外貨獲得に大きく寄与しているが、以下のような問題を抱えている。</p> <p>①近年の水産分野の開発指針では、沿岸部の水産資源は地元零細漁民の雇用確保と地域住民への食糧確保として、沖合域の水産資源は都市部を中心とする消費者、観光産業向け及び輸出市場向け資源として、その持続的かつ最大有効活用が図られている。ゴーブ地区においては、漁業形態が沿岸漁業から沖合域浮魚(回遊魚)漁業へ変化し、その依存度が95%以上となっているのに対し、漁業基盤施設が沿岸漁業対応のままに留まっている。</p> <p>②既存栈橋は、ハリケーンなどによる度重なる被災を受けており、修復によりかろうじて水揚げ機能は確保されているものの、水揚げ用ステップの老朽化や防舷材が設置されていないなど、零細漁船の安全・安心な接岸が困難な状態にある。栈橋を支える鋼管杭は、腐食防止用コーティングの破損等により、想定した腐食速度を超えて腐食が進んでいる。</p> <p>③水産流通機能は、我が国の水産無償資金協力で1989/1990年度に整備された既存水産センターと既存魚市場で支える仕組みとなっているが、既存水産センターはハリケーン「IVAN」により被災し機能しておらず、製氷機等の機能が低下している(実質1.1トン/日)。既存魚市場の冷蔵保管能力も冷凍機の腐食進行、冷蔵庫の壁・床・扉の経年消耗から機能低下が著しい。</p> <p>④水産流通施設の不足により、盛漁期には漁獲物の水揚げ・出荷が滞り、出漁を見合わせる事態も生じている。また、漁獲物の大型化にともなって、水産物の冷凍保管が必要になってきているが、冷凍保管能力がないことから、水揚げ魚の9.8%がポスト・ハーベスト・ロス(棄却魚)となっている。</p> <p>⑤これらの影響は年間の水揚げ高にあらわれており、「グ」国全体の水揚げ高に大きな変化がない中で、ゴーブ地区での、水揚げ高は年々減少傾向にある。</p> <p>⑥「グ」国西海岸の沖合域で操業するゴーブ地区の漁船は、漁船の安全設備(無線機等)の搭載が不可欠である。一方、漁船活動の監視と緊急時の発信信号の受信などを行う既存電波塔が</p>

グレナダ島の北東部に存在するが、地形条件から西岸海域まで電波が届かない。従って、沖合域で操業する漁船活動の監視や緊急時の発信信号の受信など、漁民の安全確保が出来ない状況にある。

このような状況から「グ」国の水産業の発展を考える上で、同地区の生産・流通体制の改善が必要とされ、「グ」国は2006年12月、ゴープ地区の漁業基盤施設の改善を目的とした「ゴープ伝統的漁業地域基盤改善計画」を策定し、①防波堤の整備、棧橋の改修、②魚市場の建設、③既存水産センターの改修を含む無償資金協力を我が国に要請してきた。

### 3. プロジェクト全体計画概要

#### (1) プロジェクト全体計画の目標（裨益対象の範囲及び規模）

##### 1) 目標

ゴープ地区において、ハリケーン「IVAN」により被災した既存水産センターの施設が復旧され、漁業形態の変化に対応した施設への機能拡充と既存魚市場の集約化がなされるとともに、操業漁船の安全管理体制が強化される。

##### 2) 裨益対象の範囲及び規模

裨益対象の範囲：ゴープ地区零細漁業者（登録漁民172人）、ゴープ地区住民（約2,000人）、セント・ジョン郡の住民（約8,600人）、並びに対象地での鮮魚供給量の増加により動物性蛋白質供給の恩恵を受ける「グ」国国民（約11万人）

#### (2) プロジェクト全体計画の成果

- ① 既存水産センター施設の復旧と機能拡充及び既存魚市場機能が新水産センターに集約され、漁業基本施設、漁業生産・流通基盤施設及び機材が整備される。
- ② 「グ」国西海岸の沖合で操業する漁船活動の監視と緊急時の発信信号の受信が可能となる電波塔とリピーター小屋が整備される。
- ③ 新水産センターの運営管理体制が整備される。

#### (3) プロジェクト全体計画の主要活動

- ① 新水産センターを、漁業基本施設、漁業生産・流通基盤施設として整備する。
- ② 漁船活動の監視と緊急時の受発信が可能電波塔とリピーター小屋を整備する。
- ③ 新水産センター運営のための人員を配置する。
- ④ 上記施設・機材を活用して活動を実施する。

#### (4) 投入（インプット）

- 1) 日本側：無償資金協力 11.69 億円
- 2) 相手国側：
  - ① 必要な人員配置
  - ② 相手国側負担事項（電気・水道の引き込み、燃料タンク及び供給施設整備、事務機器・

<p>家具の整備、既設冷蔵設備の撤去・移動等) : 0.12 億円</p> <p>③施設の運営・維持管理に係る経費：運営維持管理費（年間）：約 0.4 億円</p> <p>(5) 実施体制</p> <p>主管官庁：「グ」国 農林水産省</p> <p>実施機関：「グ」国 農林水産省水産局</p>
<p>4. 無償資金協力案件の内容</p>
<p>(1) サイト</p> <p>「グ」国セント・ジョン郡ゴープ地区</p> <p>(2) 概要</p> <p>①ゴープ地区において、漁港基本施設（棧橋、護岸、ワークショップ）、漁業生産・流通基盤施設（漁獲物処理・保蔵・加工施設及び小売販売所、施設管理・厚生施設、漁業用通信施設）、及び外構施設（污水处理装置、駐車場、魚網干場）の建設</p> <p>②クレーン付きトラック、フォークリフトの調達</p> <p>(3) 相手国負担事項</p> <p>1) 環境影響評価調査（EIA）の実施</p> <p>2) 環境・開発許可の取得</p> <p>3) 工事期間中の零細漁民の浜上げ場所の確保と指導</p> <p>4) 工事中仮設ヤードの確保</p> <p>5) 既存水産センター内の製氷機・貯氷庫及び冷蔵庫の機械の撤去</p> <p>6) 建設残土の投棄場所の確保</p> <p>7) 電気・水道・電話の引き込み、燃料タンクの設置、燃料供給及び給水設備の設置</p> <p>8) 「グ」国に輸入される資機材の通関における免税措置</p> <p>(4) 概算事業費</p> <p>概算事業費 11.81 億円（無償資金協力 11.69 億円、「グ」国側負担 0.12 億円）</p> <p>(5) 工期</p> <p>詳細設計・入札期間を含め約 22.5 ヶ月（予定）</p> <p>(6) 貧困、ジェンダー、環境及び社会面の配慮</p> <p>浄化槽を整備し、水産物処理による汚水を浄化して排水するシステムとする。</p>
<p>5. 外部要因リスク（プロジェクト全体計画の目標の達成に関するもの）</p> <p>想定外の海象条件の発生</p>
<p>6. 過去の類似案件からの教訓の活用</p>

特になし		
7. プロジェクト全体計画の事後評価に係る提案		
(1) プロジェクト全体計画の目標達成を示す成果指標		
成果指標	現状 (2008 年)	計画(2013 年以降)
1) 既存水産センターの復旧 ①機能更新 ②年間取扱高	機能不全 428,782lbs/年	機能回復及び拡充 増加する
2) ポスト・ハーベスト・ロスの解消	水揚げ高の 9.8%程度がポスト・ハーベスト・ロス	ポスト・ハーベスト・ロスの解消
3) 冷蔵保管能力の向上 ①冷凍保管機能  ②長期冷蔵保管機能  ③製氷機能	なし (既存水産センターのハリケーン「IVAN」による被災、既存魚市場の老朽化により、既存施設は機能していない。)  冷蔵能力 : 0.9 トン  製氷機能 : 実質 (1.1 トン/日)	2 週間程度の冷凍保管能力 : 3.5 トン、及び 3.5 日程度の緩慢冷凍保管能力 4.3 トン  冷蔵能力 : 1.1 トン  製氷機能 (4 トン/日) 氷の年間売上金額が増加する
4) 漁民の安全確保と遭難による漁船・魚網等の財産保全	西岸域での、漁船からの緊急通信が受信不可能	西岸域の操業区域 (沿岸 70 海里) での操業状況把握・緊急時の通信が可能
(2) その他成果指標 特になし		
(3) 評価のタイミング 2013 年以降 : 施設完成後 1 年経過後		

## 6. 資料収集リスト

番号	入手先	資料名	作成・出版者
<b>A 上位計画に関する資料</b>			
A-1	Fisheries Division	National Strategic Development Plan, 2007.5	Agency for Reconstruction and Development
A-2	Fisheries Division	Plan for Managing the Marine Fisheries of Grenada, 2008.3	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
A-3	Fisheries Division	Plan for Managing the Marine Fisheries of Grenada,	ditto
A-4	Fisheries Division	Fisheries Division Corporate Plan 2008	ditto
<b>B 社会経済活動に関する資料</b>			
B-1	Fisheries Division	Rate of Growth of Gross Domestic Product by Economic Activity, 1998-2007	Central Statistical Department
B-2	Internet File	Socio-economic data	Statistical Division
B-3	Internet File	National Census data	Statistical Division
<b>C 水産活動に関する資料</b>			
C-1	Internet	FAO Grenada Fisheries Data, 2000.1	FAO
C-2	Fisheries Division	Historical Total Fish Catch Data- Grenada: 1978-2007	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-3	Fisheries Division	Yearly Statistics of Fish Product 2001-2007	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-4	Fisheries Division	Annual Fish Export 1984-2007	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-5	Fisheries Division	Daily Fish Landing Log 2007	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-6	Fisheries Division	Daily Fish Landing Log 2006	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-7	Fisheries Division	Daily Fish Landing Log 2005	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-8	Fisheries Division	Vessel Registration by Area, 2007	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-9	Fisheries Division	Managing small-scale fisheries in the Caribbean: the surface longline fishery in Gouyave, Grenada	The university of Manitoba Faculty of Graduate Studies
C-10	Fisheries Division	Income and Expenditure by Boat Type	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-11	Fisheries Division	Daily Fish Handling Log in Gouyave Fish Market 2003-2007	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-12	NORDOM	Financial reprot of NORDOM	NORDOM
C-13	Ministry of Health	Fish and Fishery Products Regulations	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
C-14	Fisheries Division	National summary of registered fishermen by landing sites/location	Fisheries Division
C-15	Fisheries Division	Monthly production for the year newest(cove)	Fisheries Division
C-16	Fisheries Division	List of registered vessels in St. Andrews	Fisheries Division
C-17	Fisheries Division	National summary of fish exports: Grenada 2000-2007	Fisheries Division
C-18	Fisheries Division	Monthly food production 1999-2007	Fisheries Division
C-19	Fisheries Division	Annual production by location	Fisheries Division
C-20	Fisheries Division	List of registered fishermen in Grenada	Fisheries Division
C-21	Fisheries Division	Import of fish and fish product in 1999-2007	Fisheries Division
C-22	Fisheries Division	National Summary of Total Fish Catch, Grenada:2000-	Fisheries Division
<b>D 開発許可・環境に関する資料</b>			
D-1	Fisheries Division	An Environmental Impact Assessment: Social and Environmental Considerations for the Improvement of Traditional Fishing Community Infrastructure Project, Sept, 2006	James Finlay
D-2	Fisheries Division	List of Endangered Species	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
D-3	Fisheries Division	National Environmental Policy and Management	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
D-4	Physical Planning Unit	Land Development Control Act 1968	Physical Planning Unit
D-5	Physical Planning Unit	ditto (amendment law 1983)	Physical Planning Unit
D-6	Physical Planning Unit	Physical Planning and Development Control Act 25(2002)	Physical Planning Unit
D-7	Physical Planning Unit	Macro-Socio-Economic Assessment of the Damage caused by Hurricane Ivan, September 7th, 2004	Organization of Eastern Caribbean States
D-8	Physical Planning Unit	Grenada Building Guideline	Organization of Eastern Caribbean States
D-9	Physical Planning Unit	Grenada Building Code	Organization of Eastern Caribbean States
<b>E 自然条件に関する資料</b>			
E-1	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries	Dominant Soil Types in Grenada, Climate Zone, Slopes, Relief	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
E-2	自社購入	Marine Chart No.797 Grenada 1984, 1/60,000	British Marine Chart Council
E-3	自社購入	Marine Chart No.25481 Grenada 1993, 1/60,000	US Navy
E-4	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries	Topography Map 1:25,000	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
E-5	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries	Topography Map 1:50,000	Ministry of Agriculture, Lands, Forestry and Fisheries
E-6	National Disaster Management Agency	National Disaster Management Advisory Council	National Disaster Management Agency
E-7	Grenada Port Authority	St. George's New Port, Grenada, Computational wave modeling	HR Wallingford Limited
<b>F 施工計画・積算に関する資料</b>			
F-1	National Water and Sewerage Authority	New Water & Sewerage Tarriff Structure	National Water and Sewerage Authority
F-2	Grenada Electric Services Limited	New Bill Format/ Condition of Supply & Important Information	Grenada Electric Services Limited

注: 予備調査での収集資料を除く

7-1 波浪観測解析結果

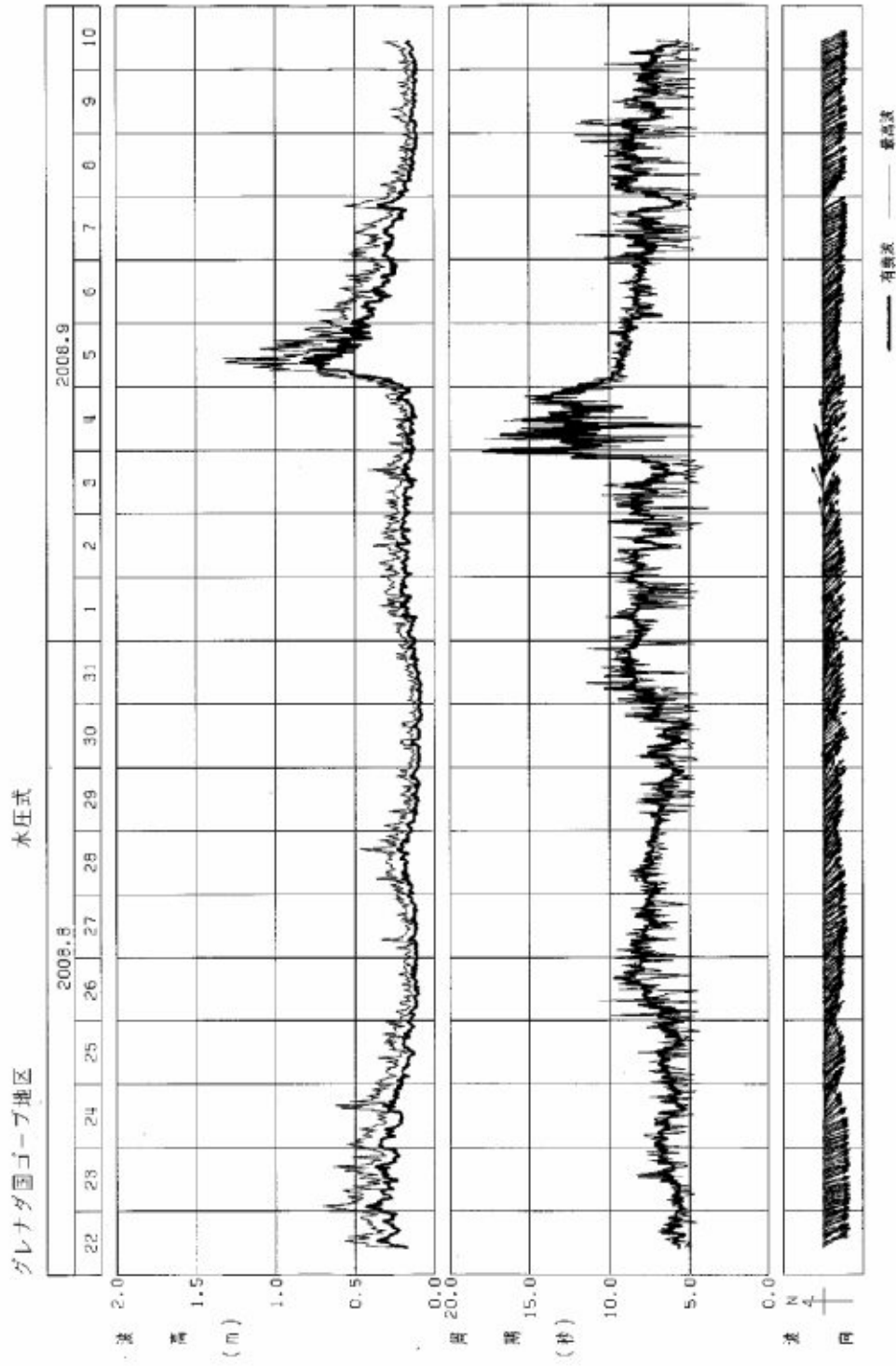
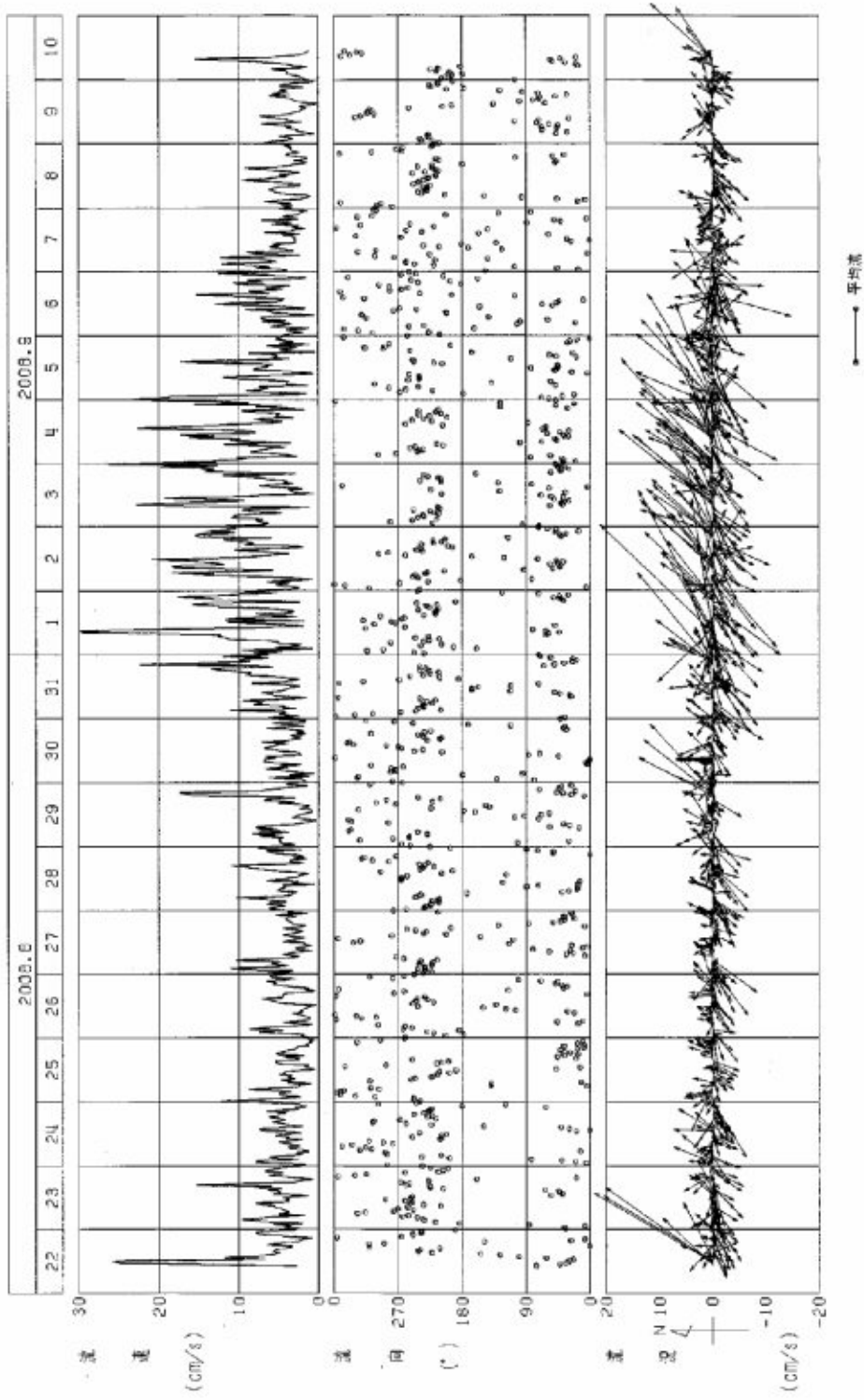


図 7-1.1(1) ゴープ地点の波浪観測結果 (波浪の経時変化)

グレナダ国ゴープ地区



流況の経時変化

図 7-1.1(2) ゴープ地区の波浪観測結果 (流れの経時変化1)

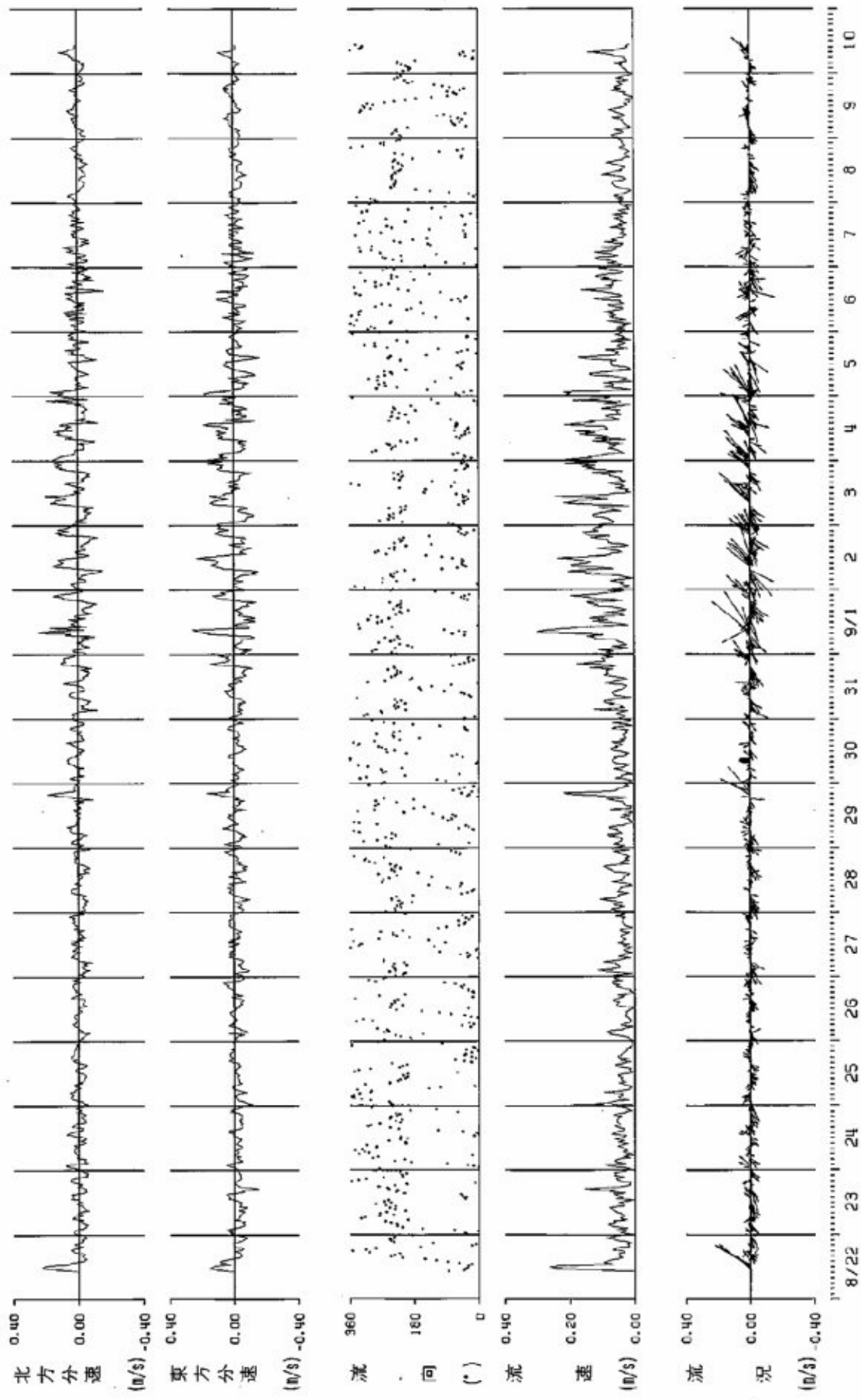


図 7-1.1(3) ゴープ地点の波浪観測結果 (流れの経時変化 2)



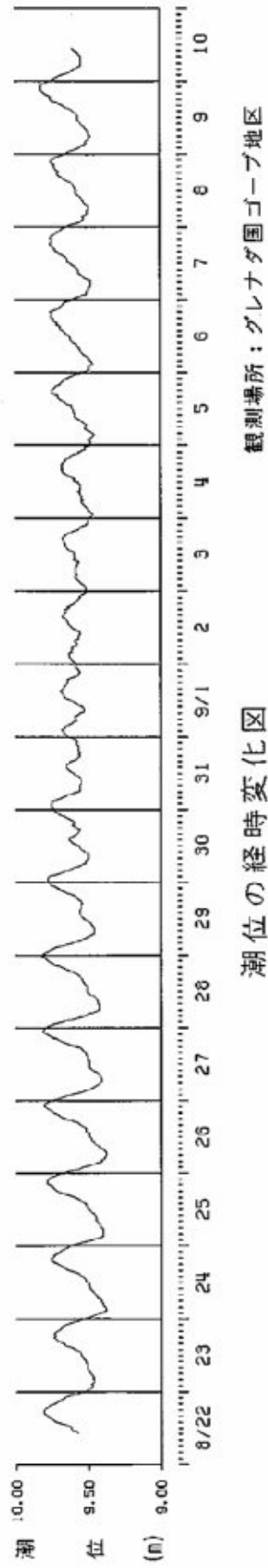


図 7-2.1(4) ゴープ地点の波浪観測結果 (潮位の経時変化)

表 7-1.1 ゴープ地点の波浪観測結果（潮汐調和定数表）

潮汐調和定数表.txt

15昼夜潮汐調和分解

観測場所：グレナダ国ゴープ地区

緯 度：12 10 15 N

経 度：61 43 45 W

時刻帯：4 時間

観測開始：2008年 8月23日 0時20分

単 位：m

調 和 定 数

	振幅	遅角(°)
K1	0.099	175.2
O1	0.076	169.2
P1	0.033	175.2
Q1	0.009	186.6
M2	0.045	52.9
S2	0.010	344.3
K2	0.003	344.3
N2	0.015	6.5
M4	0.002	34.2
MS4	0.004	104.4
A0	9.587	

表 7-1.2 ゴープ地点の波浪観測結果（潮流調和分解表）

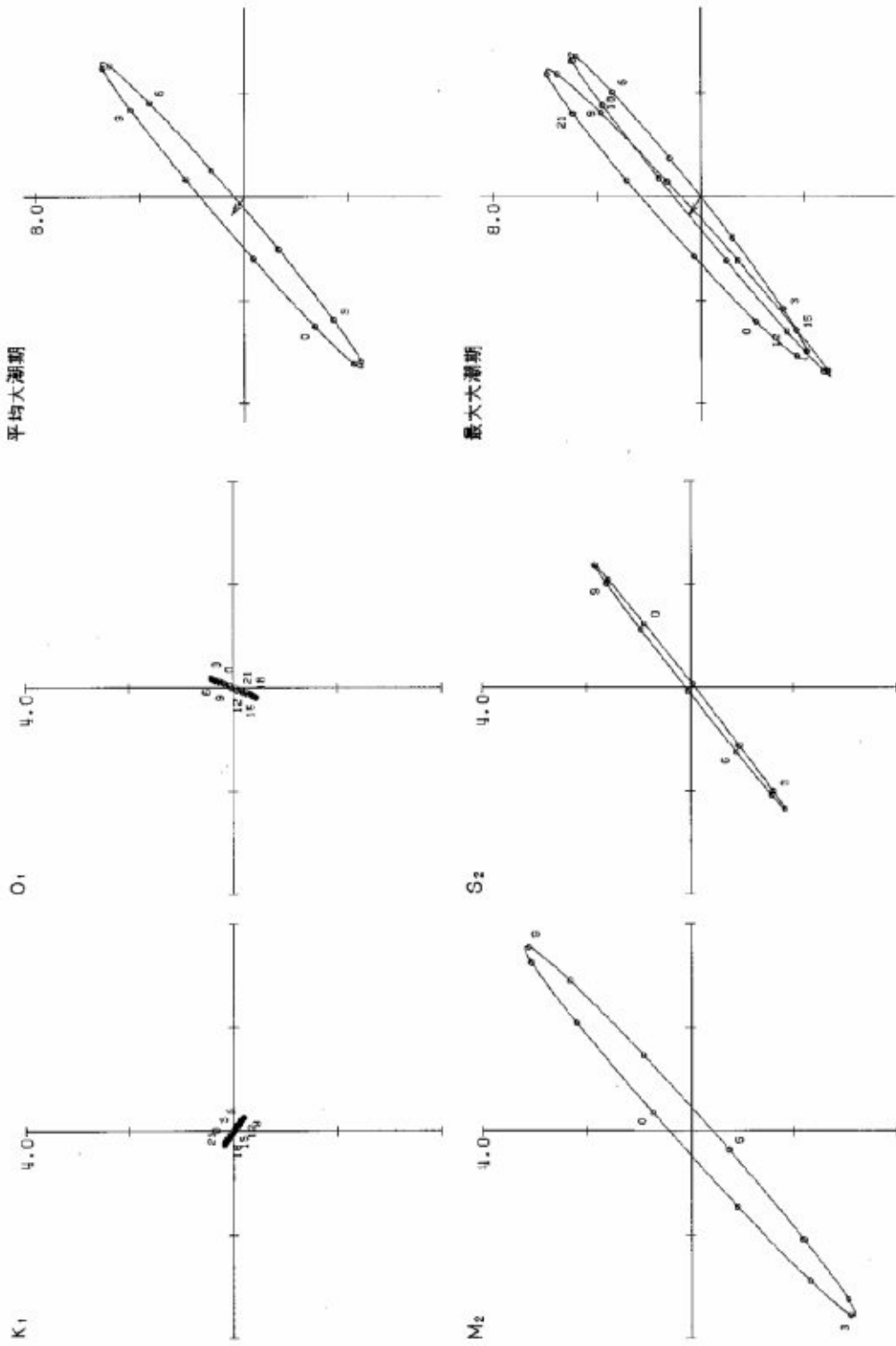
潮流 15 日 調 和 分 解 成 果 表

場 所： グレナダ国  
 測 点： ゴープ地区  
 位 置： 北緯 12° 10' 15"  
           西経 61° 43' 45"  
 観 測 層： 底層  
 観 測 年 月 日： 2008年8月23日 ～ 2008年9月7日

分潮	北方分速		東方分速		楕円要素						主流向	
	流速 (cm/sec)	遅角 (°)	流速 (cm/sec)	遅角 (°)	長軸			短軸			52.1°	
					方向 (°)	流速 (cm/sec)	遅角 (°)	方向 (°)	流速 (cm/sec)	遅角 (°)	流速 (cm/sec)	遅角 (°)
K <sub>1</sub>	0.2	306.8	0.3	123.2	306.0	0.3	304.5	36.0	0.0	34.5	0.1	118.6
O <sub>1</sub>	0.4	66.1	0.2	60.3	22.7	0.5	65.3	112.7	0.0	335.3	0.4	64.1
P <sub>1</sub>	0.1	306.8	0.1	123.2	306.0	0.1	304.5	36.0	0.0	34.5	0.0	118.6
Q <sub>1</sub>	0.2	184.6	0.2	77.7	327.6	0.2	209.2	57.6	0.2	119.2	0.2	126.7
M <sub>2</sub>	3.2	283.4	3.6	275.8	48.2	4.8	279.2	138.2	0.3	189.2	4.8	278.9
S <sub>2</sub>	1.8	298.9	2.4	301.7	52.1	3.0	300.7	142.1	0.1	30.7	3.0	300.6
K <sub>2</sub>	0.5	298.9	0.6	301.7	52.1	0.8	300.7	142.1	0.0	30.7	0.8	300.6
N <sub>2</sub>	1.1	72.2	1.4	62.7	53.2	1.8	66.1	143.2	0.1	336.1	1.8	66.2
M <sub>4</sub>	1.7	110.1	1.3	128.2	36.9	2.1	116.7	126.9	0.3	206.7	2.0	119.1
MS <sub>4</sub>	1.9	167.8	1.5	191.0	38.5	2.4	176.9	128.5	0.5	266.9	2.3	179.7
V <sub>0</sub>	cm/sec		cm/sec		cm/sec						cm/sec	
	0.5		-0.7		0.8			303.4			-0.3	

観測場所：グレンダ国ゴープ地区  
 観測層：底層

観測期間：2008年 8月23日～ 9月 7日  
 単位：cm/s  
 平均大潮期



潮流楕円の0時は仮想天体の子午線上経過時を示す

平均流況の0時はゴープ地区の高潮時を示す

### 潮流楕円図

図 7-1.2 ゴープ地点の波浪観測結果 (潮流楕円図)

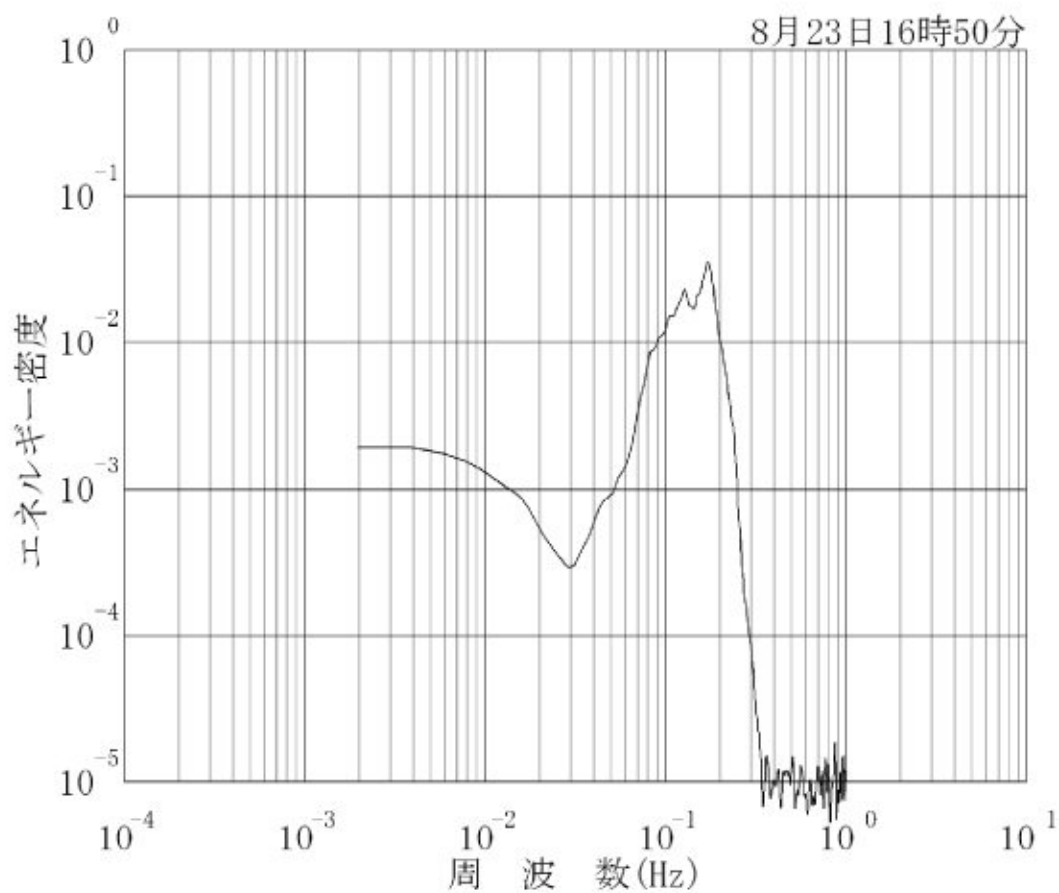
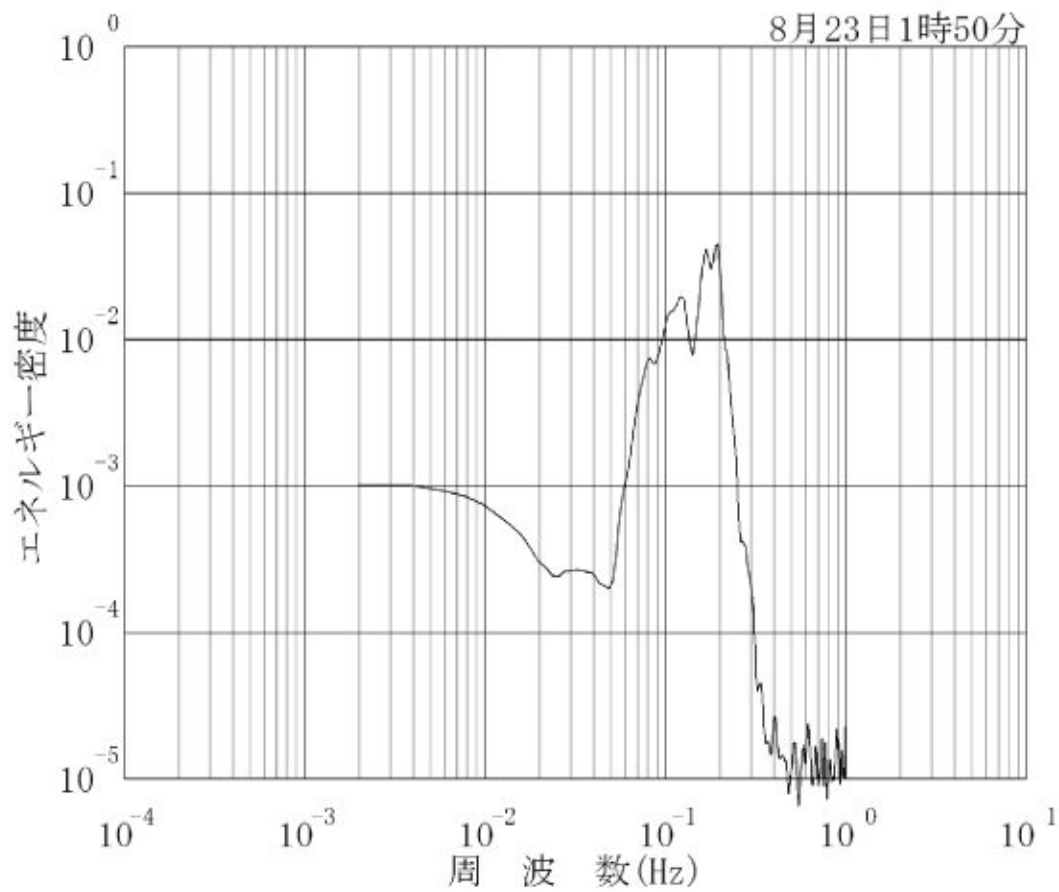


図 7-1.3(1) ゴーブ地点の波浪観測結果 (スペクトル解析結果 1)

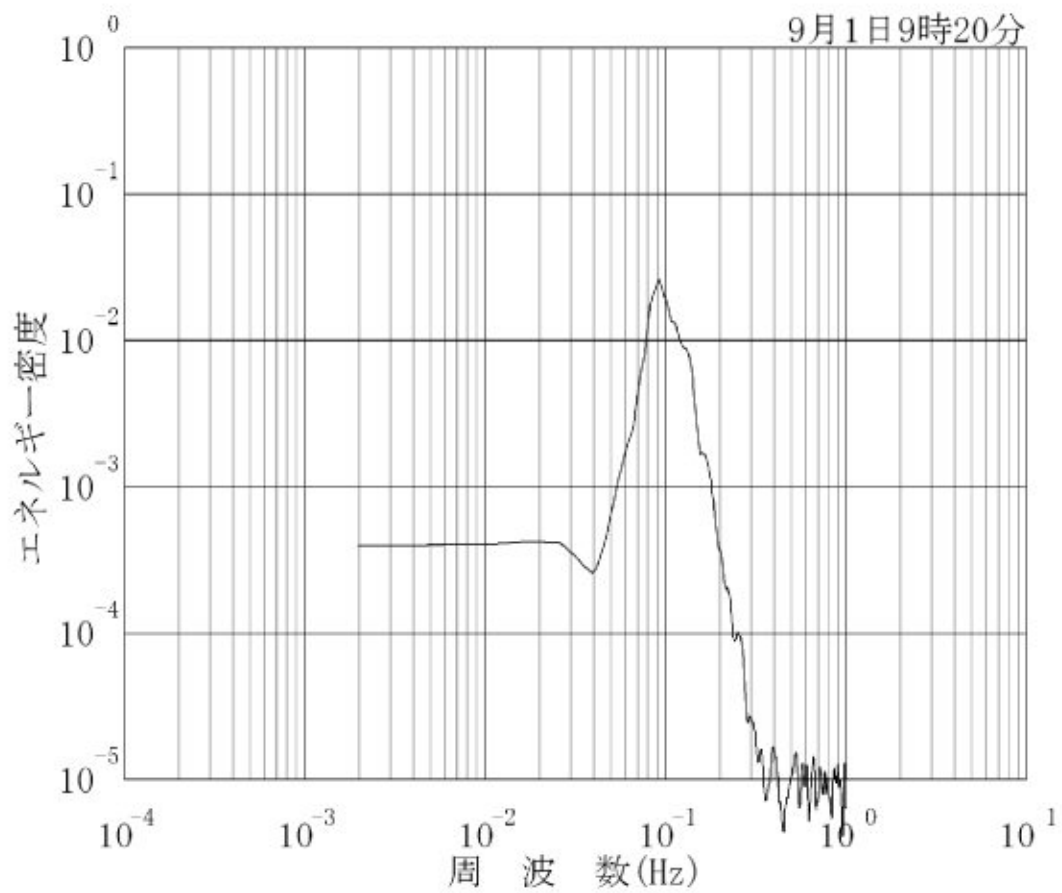
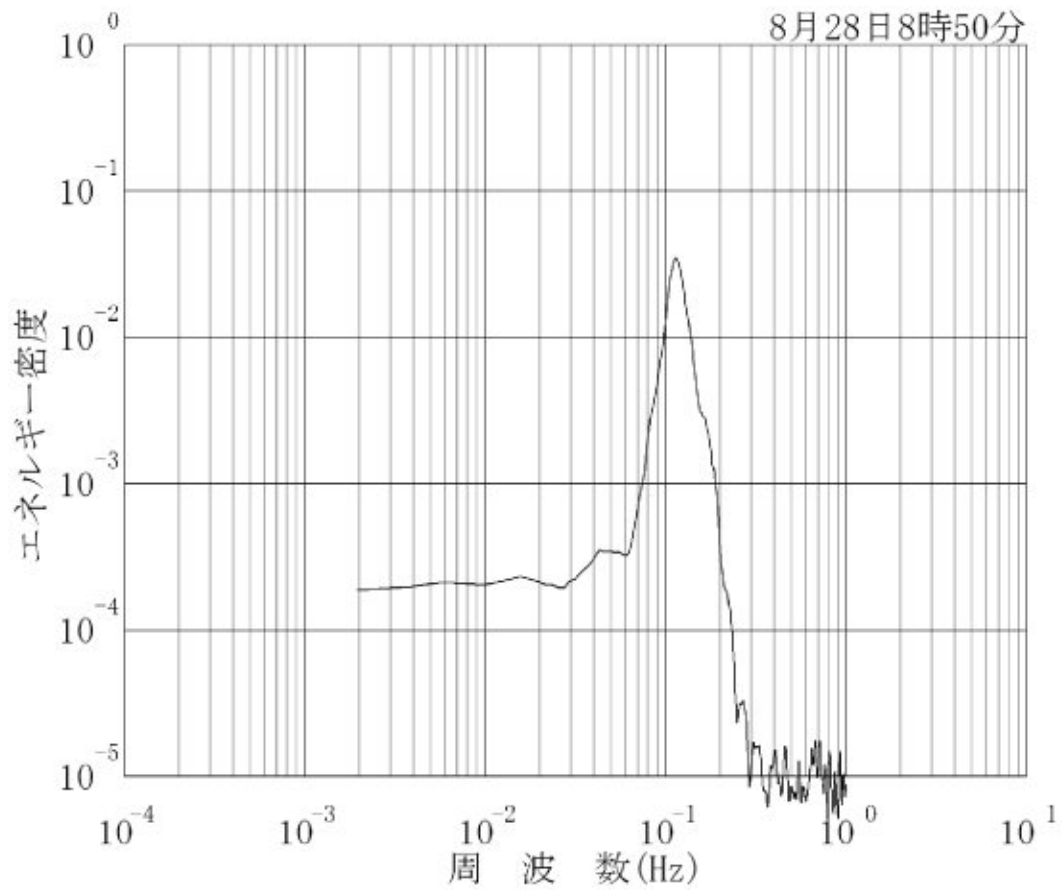


図 7-1.3(2) ゴープ地点の波浪観測結果 (スペクトル解析結果 2)

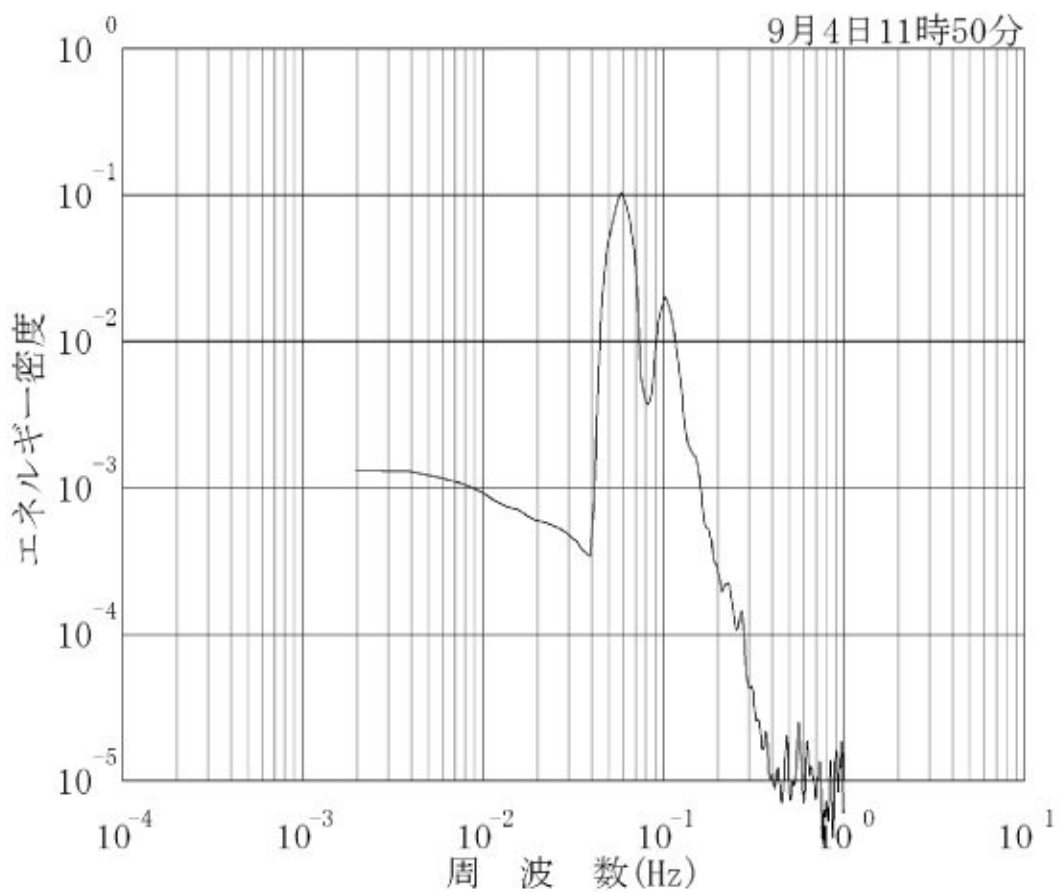
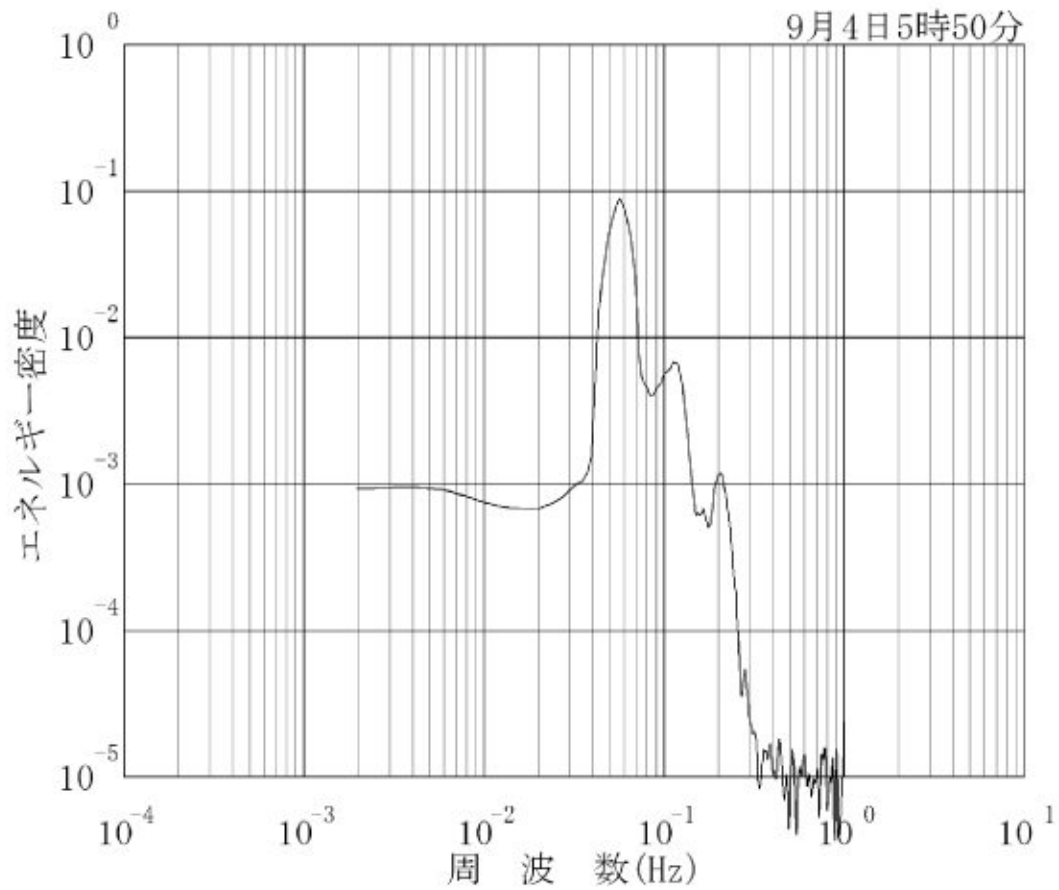


図 7-1.3(3) ゴーブ地点の波浪観測結果 (スペクトル解析結果 3)

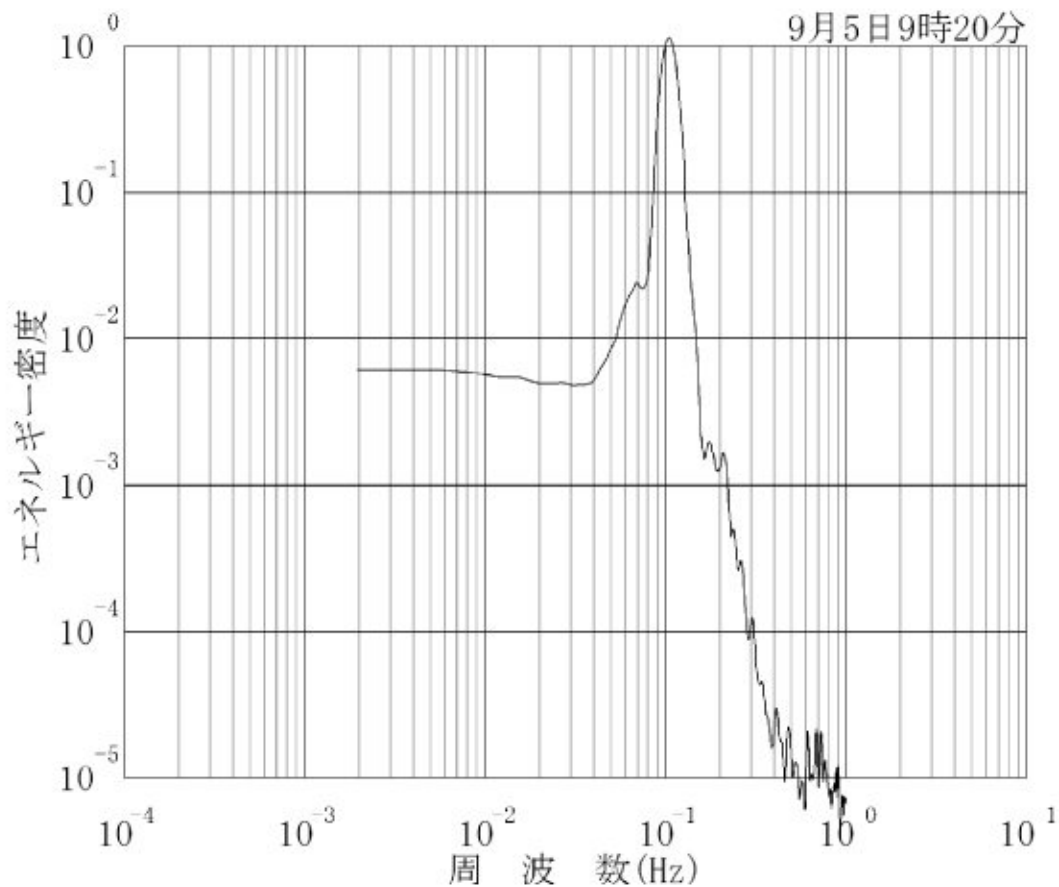
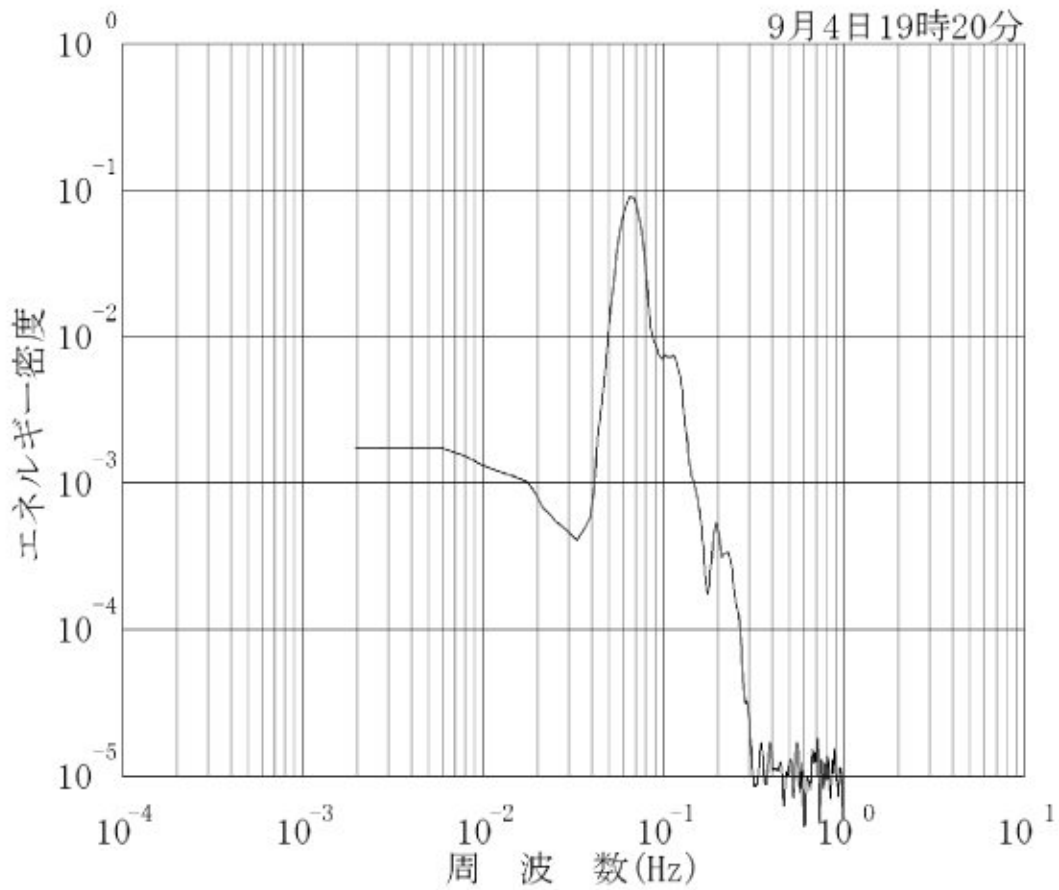


図 7-1.3(4) ゴーブ地点の波浪観測結果 (スペクトル解析結果 4)



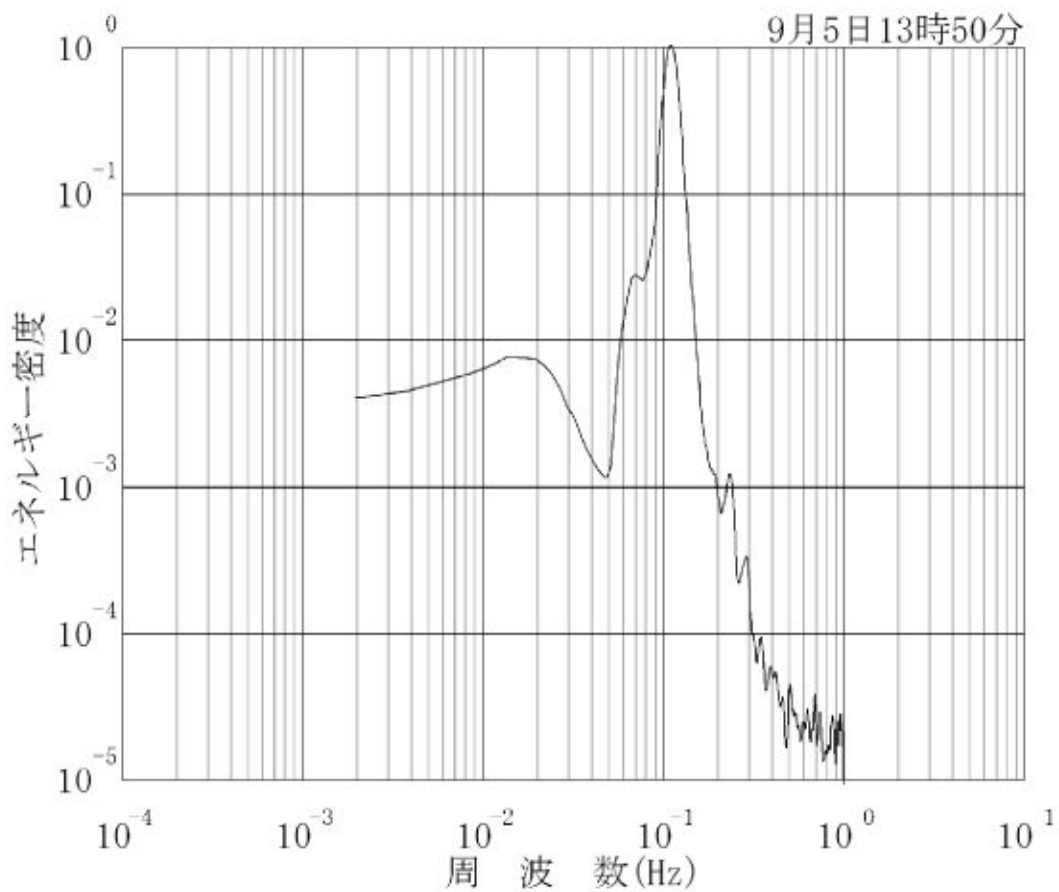
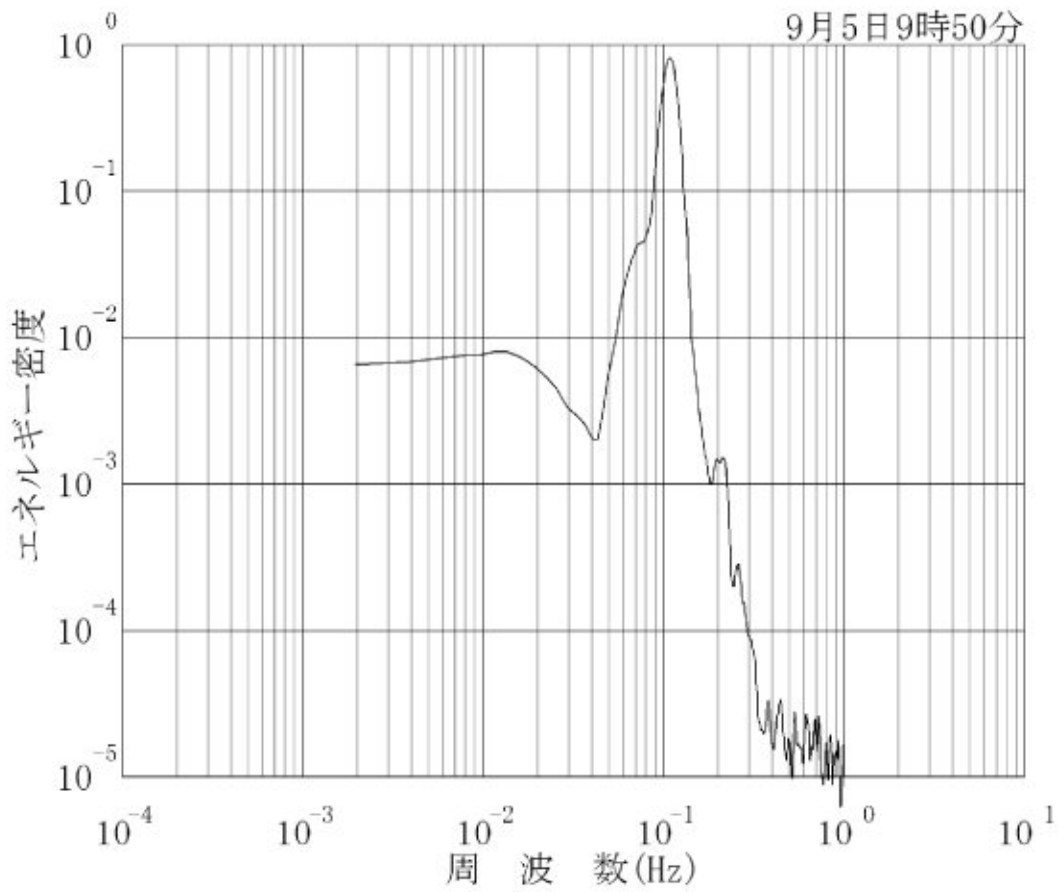


図 7-1.3(5) ゴープ地点の波浪観測結果 (スペクトル解析結果 5)

## 7-2 波浪推算結果

### (1) 異常時波浪

#### 1) 沖波条件

「グ」国周辺海域では、大西洋上を西進するハリケーンによる波浪が来襲する。大西洋上で発生する波浪は、直接対象海域に来襲することはないが、ハリケーンがカリブ海の北側を通過した場合には、カリブ海内にW方向の風域が生成され、この影響による高波が来襲する。ハリケーンの進行方向と波浪の進行方向が異なるため、大西洋上で発生する波浪に較べて波高は小さいものの、W方向の波浪は直接対象地点に来襲するため、設計波の設定は、この波浪を検討対象とするものとした。また、1999年11月に来襲したハリケーン「LENNY」(ハリケーン番号9912(前の2桁が西暦来襲年の下2桁を、後の2桁が当該年のハリケーン発生番号を示す))は、カリブ海を東進した極めて稀なハリケーンである。ハリケーンと波浪の進行方向が等しいため、ハリケーンの規模に比較して高波浪が来襲し、小アンティル諸島のカリブ海沿岸に大きな被害をもたらした。ここでは、以上のことを考慮し、ハリケーンの諸元や対象地点との距離、進行経路などをもとに、推算対象ハリケーンを選定し、推算結果を統計解析して設計波を求めるものとした。

図A.1は最近57年間(1951~2007年)に「グ」国付近を通過したハリケーンの内、「グ」国に高波をもたらしたと考えられるもの(以下の3条件を満たすハリケーン)の経路図である。

- ①計画地点と台風中心の最接近距離が500km以下である。
- ②ハリケーン周辺の最大風速の最大値が30m/s以上である。
- ③次式に示すパラメーター( $K_t$ )の最大値が5以上である。

$$K_t = U^2 / D$$

ここに、U：各時刻の最大風速 (m/s)

D：各時刻のハリケーン中心と計画地点との距離 (km)、ただし最低値は50kmとする。

上記の $K_t$ パラメーターの基準でみると、1955年9月に来襲したハリケーン「JANET、ハリケーン番号5510」が、最も規模の大きなハリケーンであり、パラメーター $K_t$ 値は、54に達している(第二位は1963年10月に来襲したハリケーン「FLORA、番号6307」で、 $K_t$ 値は38である)。ここでは、上記の $K_t$ パラメーターおよび経路などをもとに、対象地点に高波をもたらしたと考えられる、「LENNY」を含む合計8個のハリケーンを選定し(図A.2参照)、これらについて、「1点スペクトル法」を用いて沖波条件で波浪を推算した。

ハリケーンによる波浪推算では、通常時波浪の場合とは異なり、ハリケーンによる風がその諸元(中心気圧、ハリケーンの半径、経路)を用いて計算で求めることができるので、より精度の高い推算が可能である。推算結果から、各ハリケーンの経路と推算値の時系列図を示したものが、図A.3であり、各ハリケーンに対する最大波の諸元をまとめたものが表A.1である。これによれば、波高が最も大きくなるのは、ハリケーン「JANET」であり、波高7.0m、周期11.3秒、波向はNとなっている。

この結果を統計解析し、再現期間に対応する波高を算定して、沖波設計波の諸元を算定した。図 A.4 および表 A.2 は、その結果である。ここでは、再現期間 30 年に対応する波浪を設計波に設定するものとし、設計波高を 5.0m とした。周期については、推算結果の最大値である 12 秒に設置した。波向は、推算結果の入射波向が幅広く分布していることから、N~W~SSW に設定した。構造物の設計に用いる設計波の諸元を表 A.3 に示す。

表 A.1 波浪推算結果 (最大波諸元)

ハリケーン					沖波波浪諸元		
名前	番号	年	月	日	波高 (Ho) m	周期 (T) s	波向
JANET	5510	1955	9	23	7.00	11.31	N
DOG	5104	1951	9	2	5.36	9.34	WNW
LENNY	9912	1999	11	18	4.81	11.54	NW
IVAN	0409	2004	9	7	4.21	10.31	N
ALLEN	0505	1980	8	4	3.77	8.35	WSW
DAVID	7904	1979	8	30	3.39	7.89	NNW
FLORA	6307	1963	10	1	3.24	10.06	SSW
EMILY	0505	2005	7	14	3.14	8.73	N

表 A.2 再現期間 (有効統計年数 : 57 年、1951~2007 年)

確率波高 (m)	
再現期間 (年)	波高 (m)
10	3.37
20	4.40
30	5.00
40	5.42
50	5.75

表 A.3 設計波諸元 (30 年確率波 : 沖波条件)

沖波諸元	
波高 (Ho)	5.0m
周期 (T)	12s
波向	N~SSW

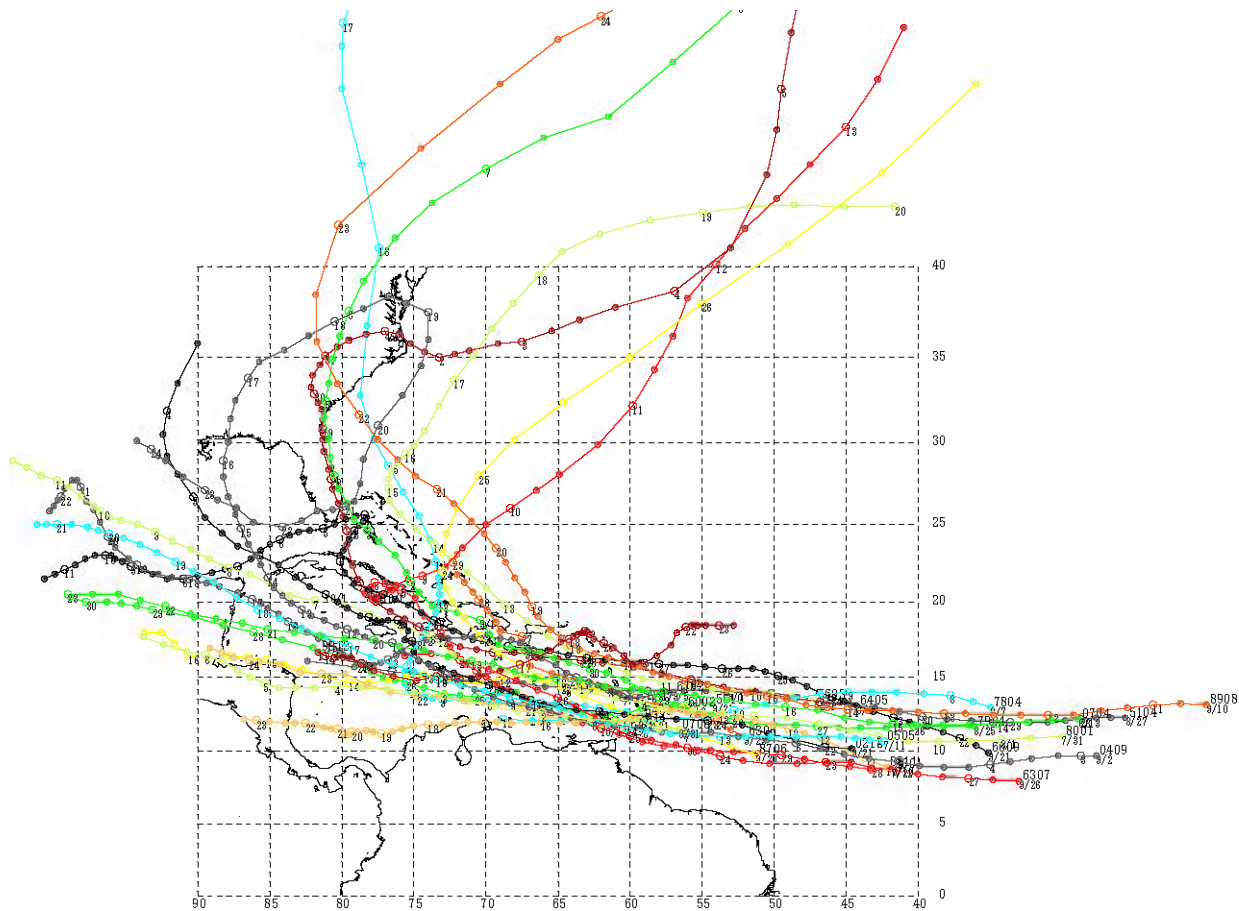


図 A.1 大規模ハリケーンの経路 (1951～2007 年)

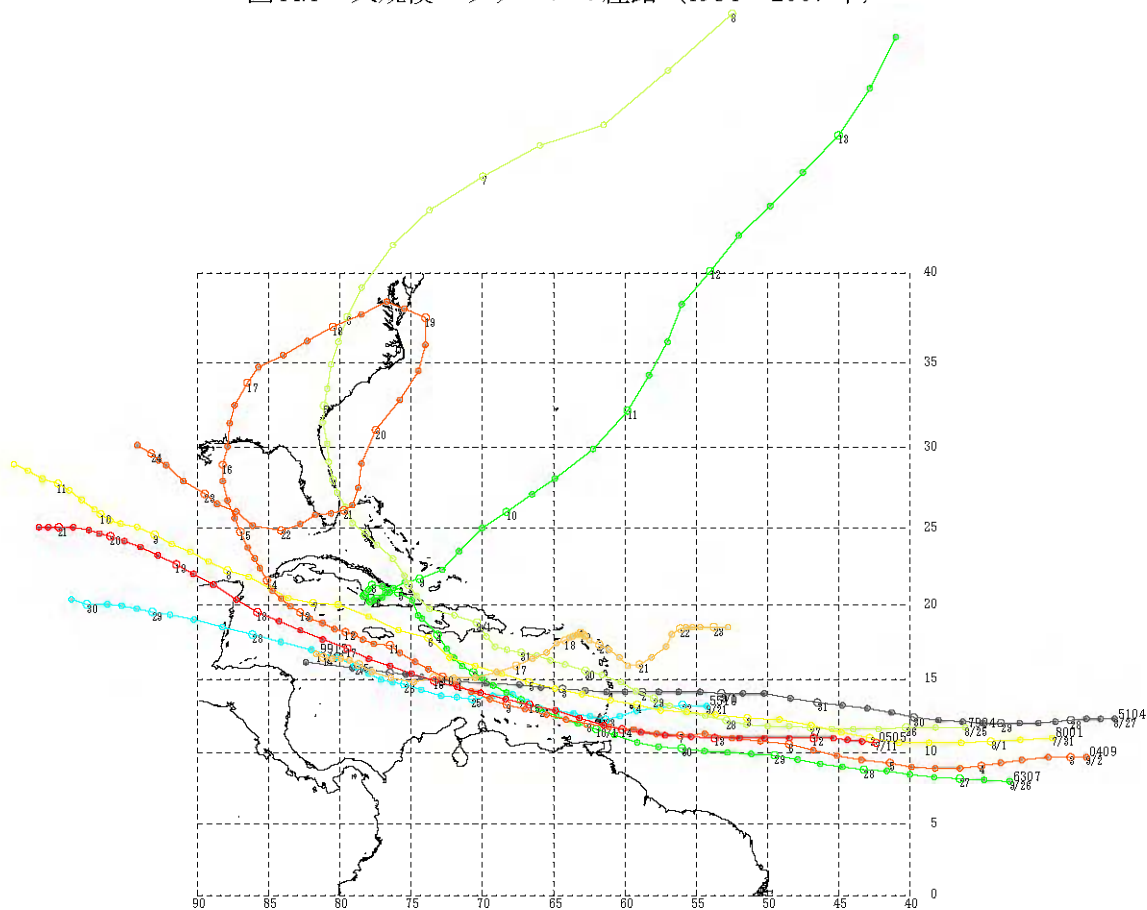


図 A.2 推算対象ハリケーンの経路

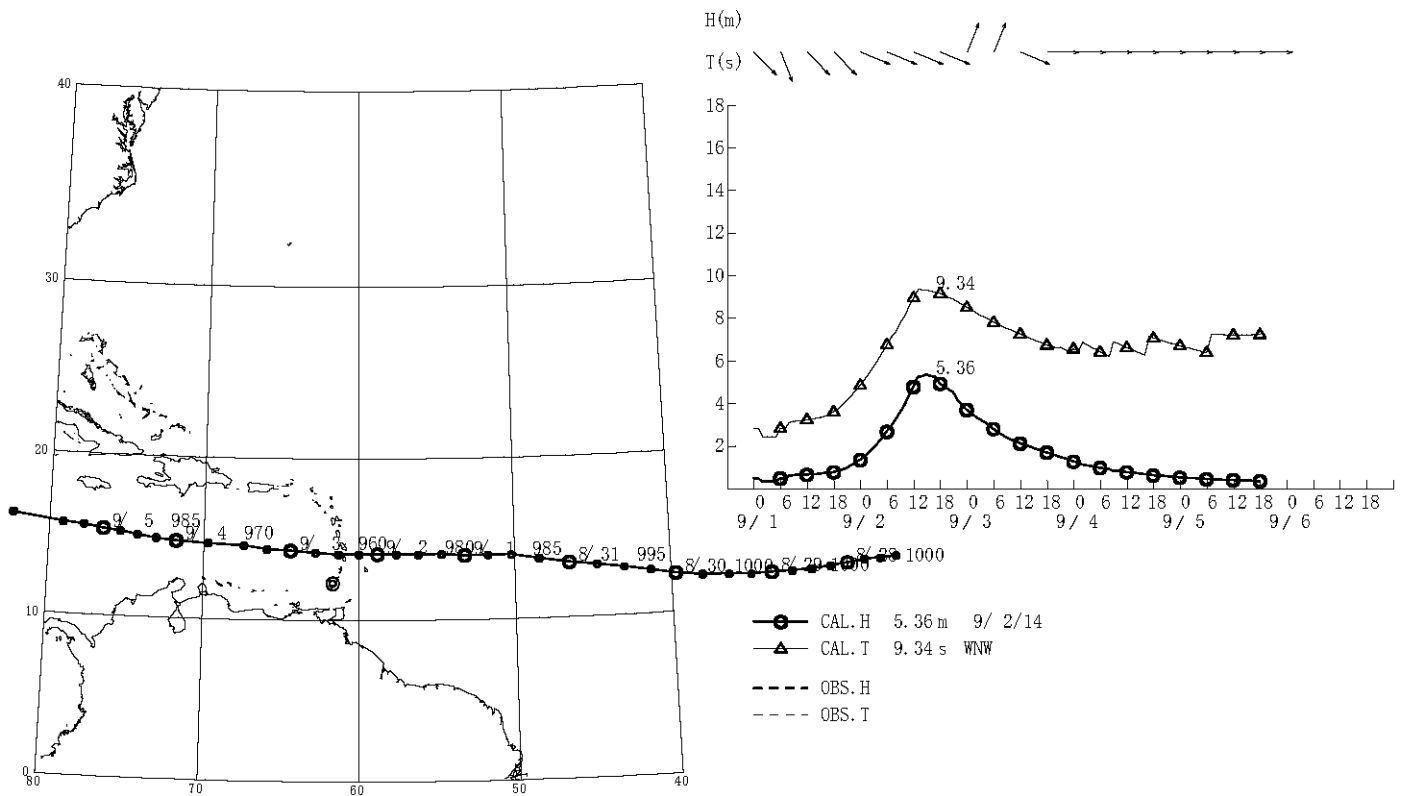


図 A.3(1) ハリケーン「DOG:5104」経路図および波浪推算結果（1951年9月）

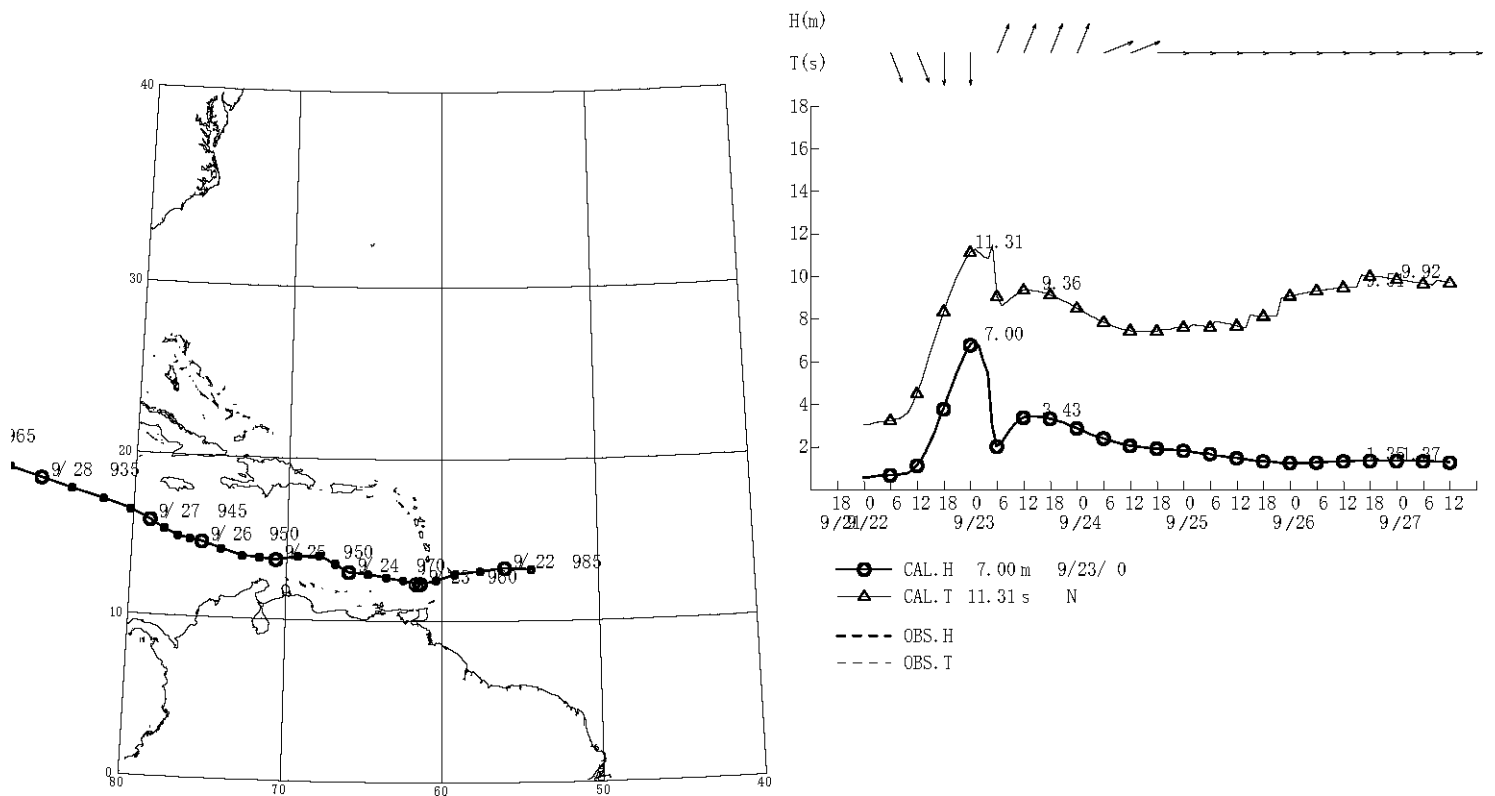


図 A.3(2) ハリケーン「JANET:5510」経路図および波浪推算結果（1955年9月）

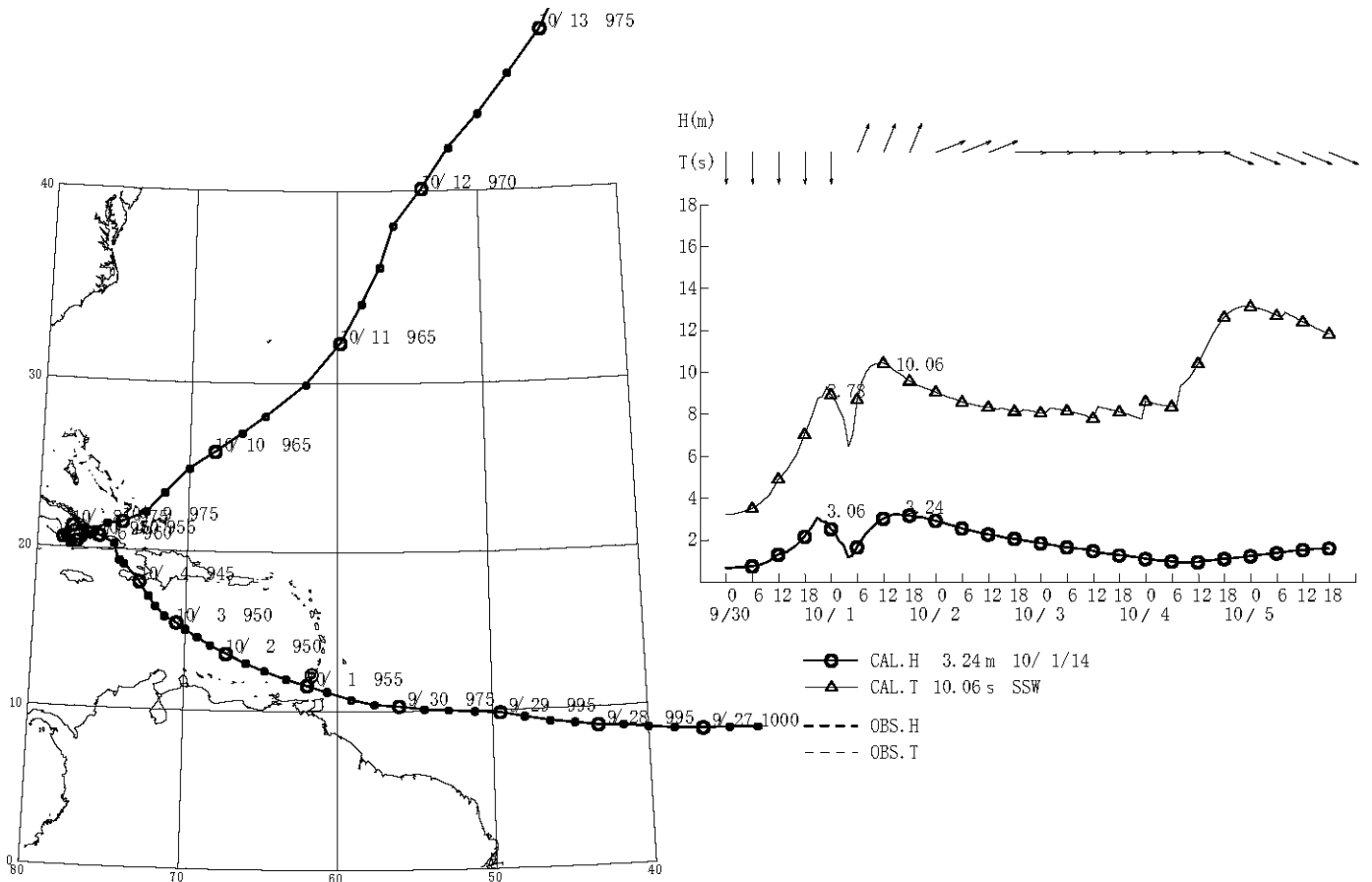


図 A.3(3) ハリケーン「FLORA:6307」経路図および波浪推算結果 (1963 年 10 月)

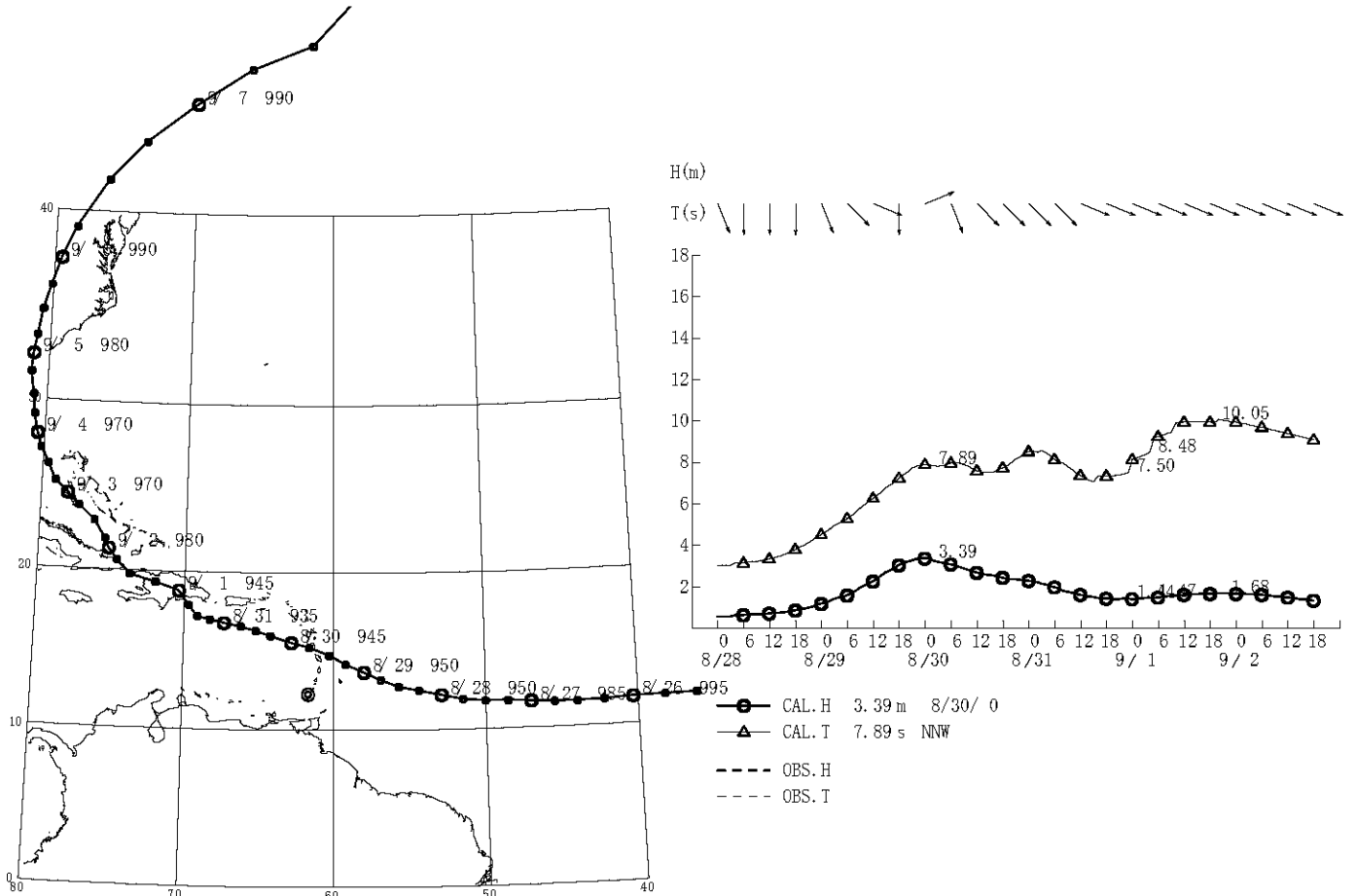


図 A.3(4) ハリケーン「DAVID:7904」経路図および波浪推算結果 (1979 年 8 月)

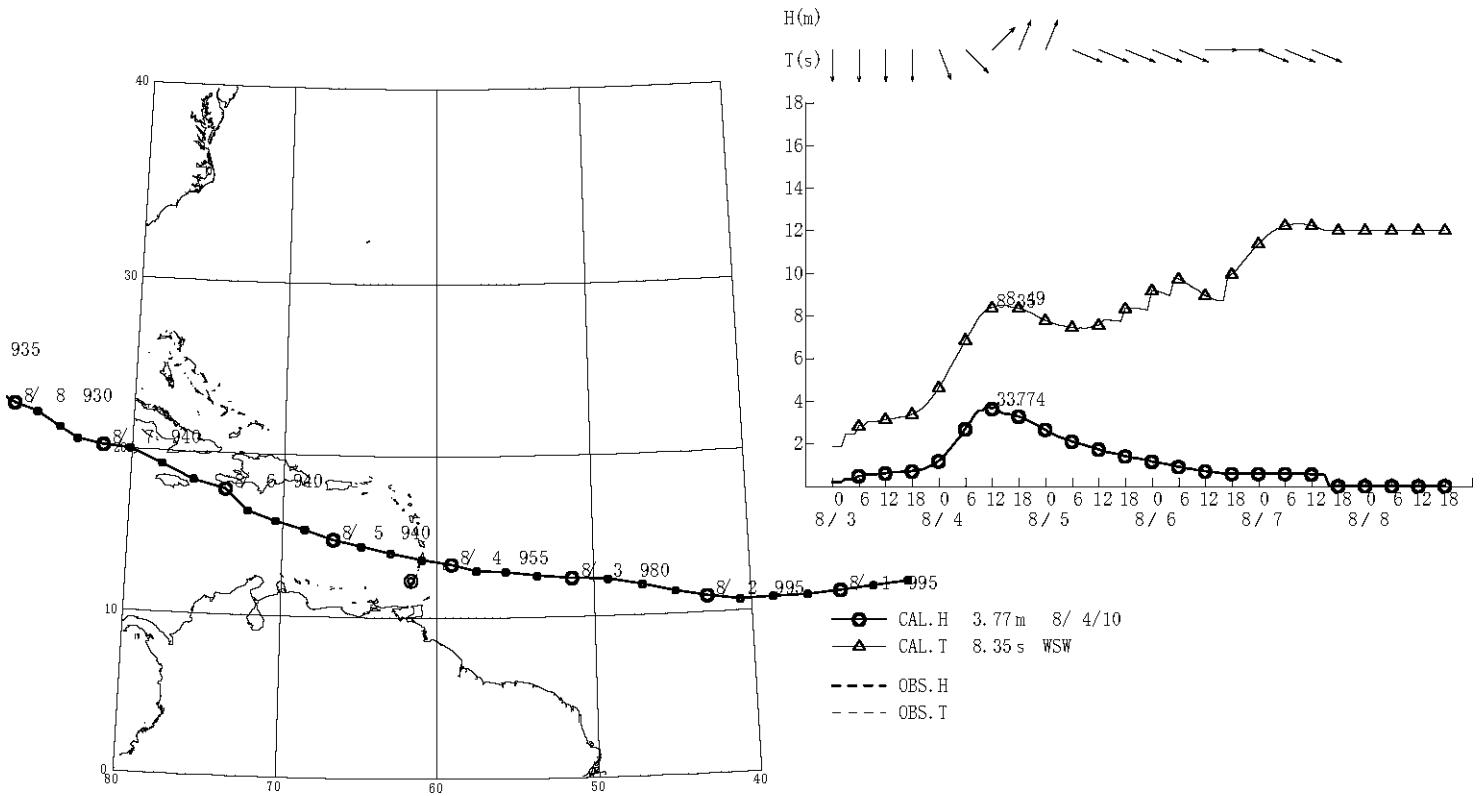


図 A.3(5) ハリケーン「ALLEN:8001」経路図および波浪推算結果（1980年8月）

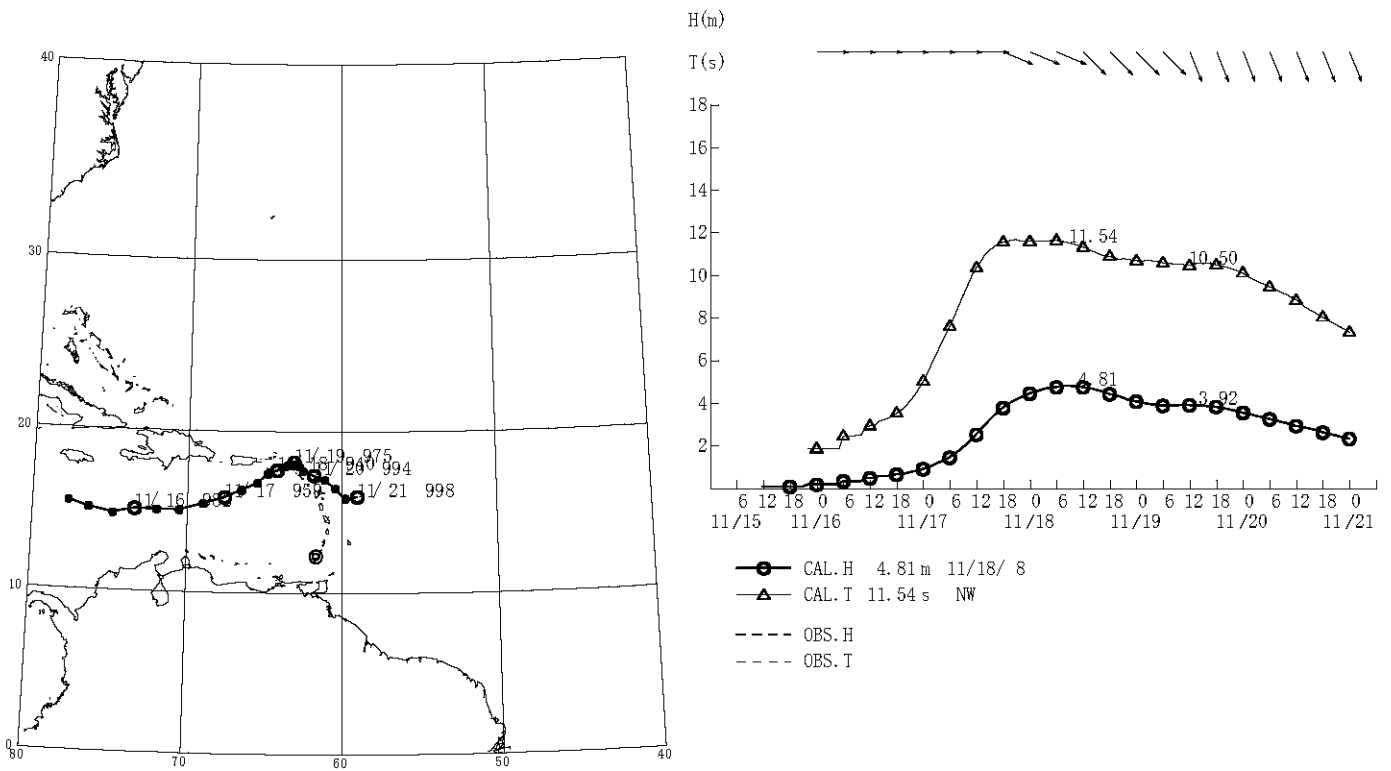


図 A.3(6) ハリケーン「LENNY:9912」経路図および波浪推算結果（1999年11月）

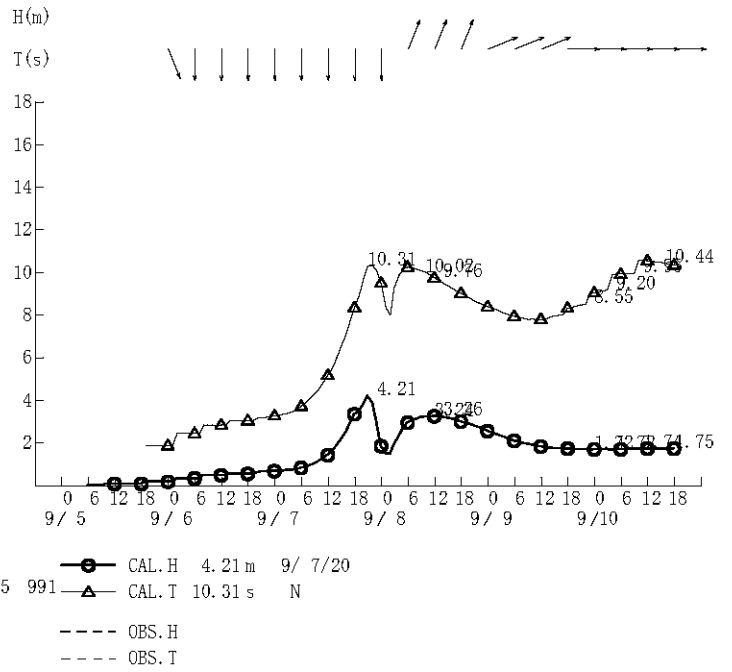
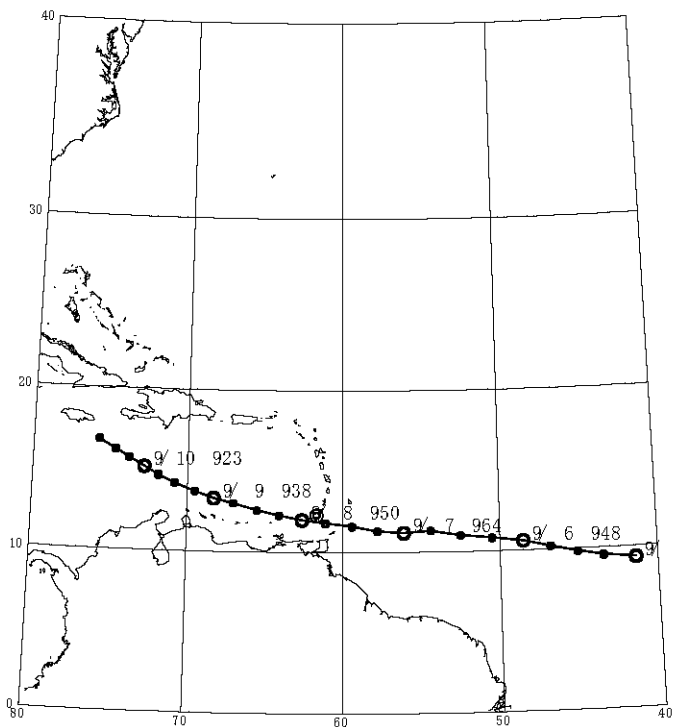


図 A.3(7) ハリケーン「IVAN:0409」経路図および波浪推算結果 (2004年9月)

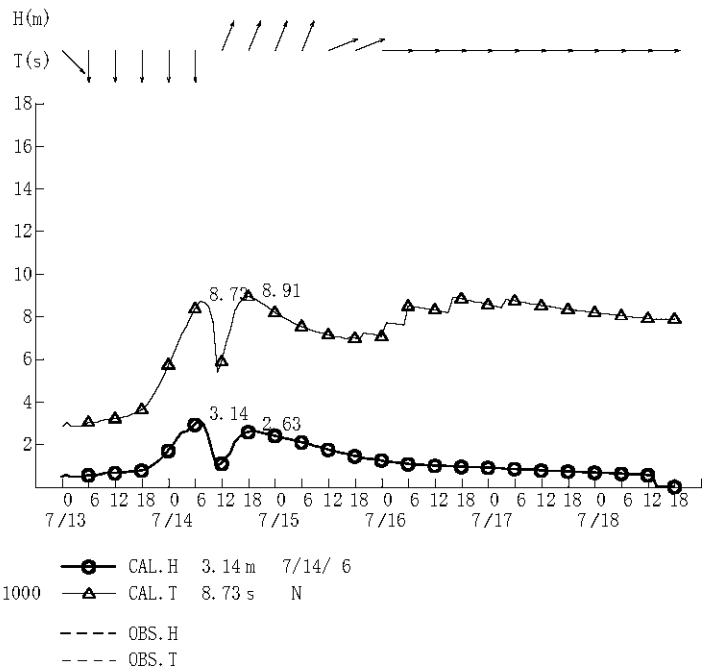
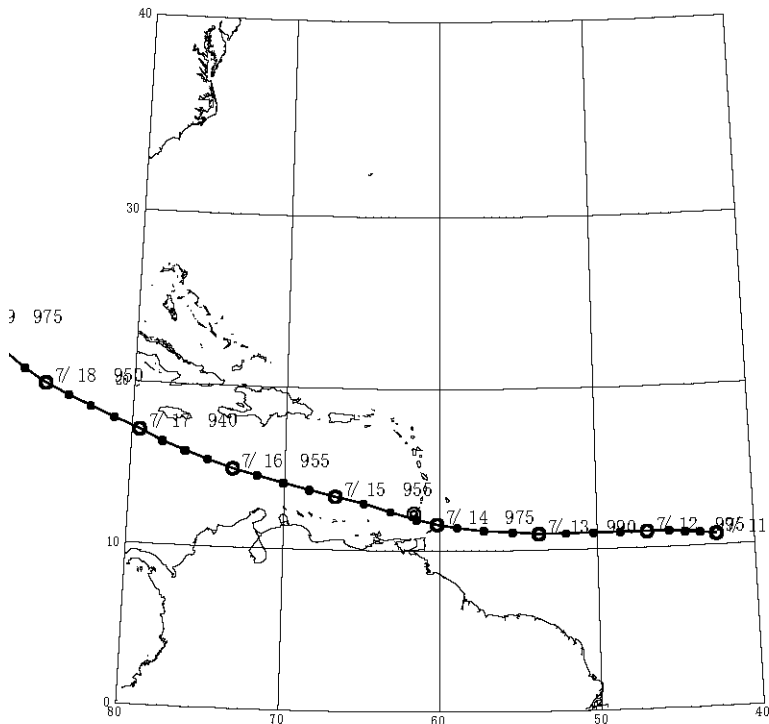


図 A.3(8) ハリケーン「EMILY:0505」経路図および波浪推算結果 (2005年7月)



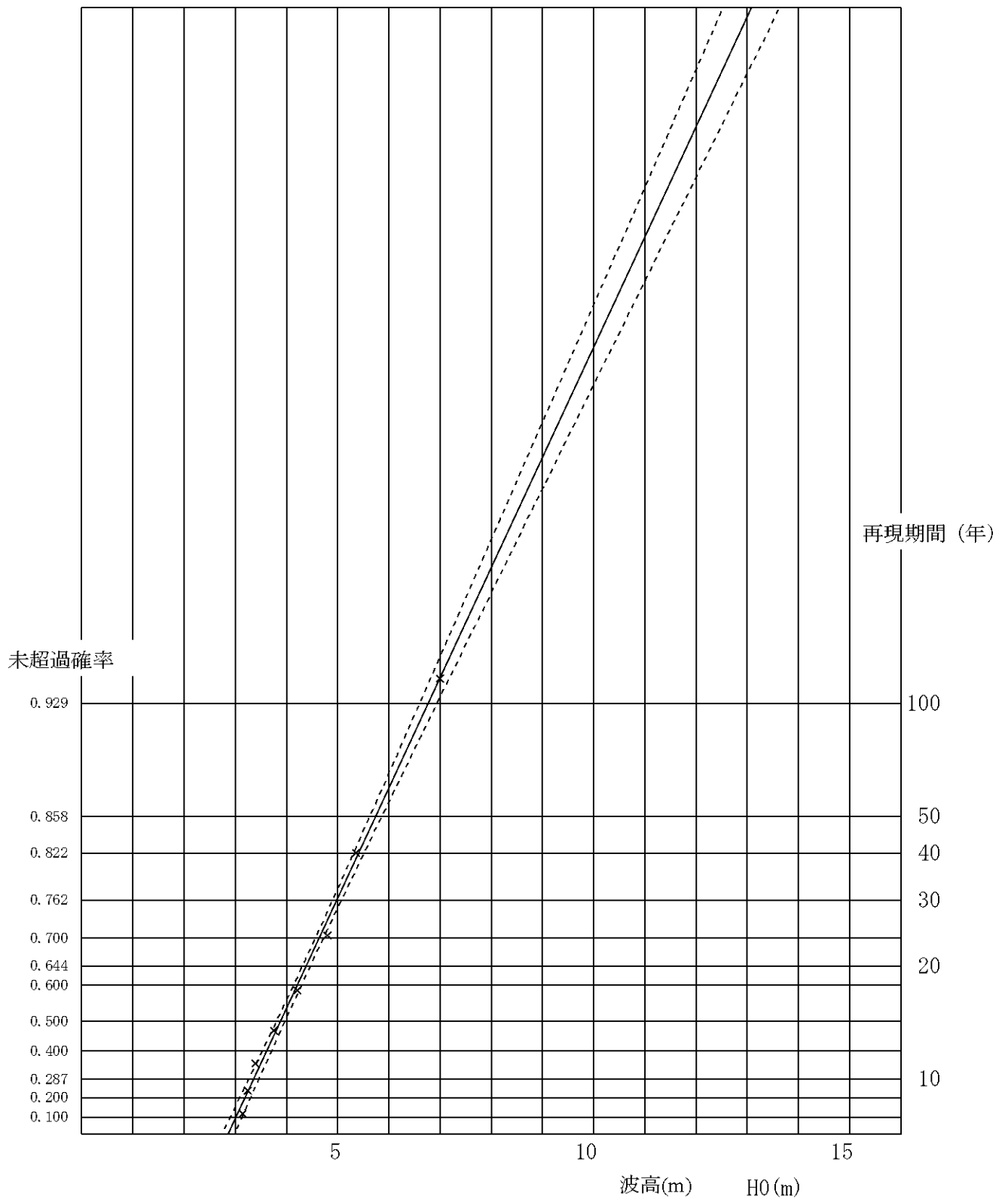


図 A.4 再現期間 (有効統計年数 : 57 年)

2) 構造物前面波浪

(a) 換算沖波波浪

構造物の設計に用いる前面波浪については、屈折計算、浅水あるいは砕波計算、また、必要に応じてリーフ上の波浪変形計算などを行って詳細に検討するものとした。屈折計算については、不規則波による波浪変形計算手法として、現在最も一般的といわれている、エネルギー平衡方程式を解く方法を用いた。

計算範囲は図 A.5 に示すとおり、東西約 3.5km、南北約 2.3km の領域とした。格子間隔は何れも 50m である。計算は領域の沖側境界で前述した設計波の条件を与え、これが海底地形の変化に伴って変形するのを順次計算していくものであり、各格子点上における波高比、屈折係数、波向が出力される。ここでは、対象地点の地形条件から考えて、最も波高が大きくなると思われる波向 NW を対象とした。なお、現地調査における深淺測量結果を基に、水深条件を見直し再計算を行う予定である。計算結果を図 A.6 に示す。計算結果から、構造物前面の換算沖波波浪の諸元を求めたものが表 A.4 である。計画地点の換算沖波波高の最大値は、4.75m (波向 WNW の場合) となる。また、入射波向は N40° W となる。

表 A.4 波浪変形計算結果 (対象地点の換算沖波波浪)

沖波諸元		屈折係数	換算沖波波浪諸元 (対象地点)	
波高 (Ho)	5.0m	0.95	入射波高 (Ho')	4.75m
周期 (T)	12		周期	12
波向	NW		入射波向	N40.5° W

(b) 到達波浪

計算された換算沖波波浪に対し、浅水変形あるいは砕波変形計算を行って、構造物前面の波浪を算定した。設置水深は、今回の深淺測量結果を参考に、構造物設置水深を (平均水深: MSL 下) を 4~6m とした場合について検討した。潮位は、高潮位+0.54m、従って平均水深上+0.27m の分とハリケーン等による水位上昇 0.8m を加えた水深に対して検討した。海底勾配は、深淺測量結果から 1/30 した。

計算条件をまとめると、以下のとおりである。

- 換算沖波波高 (Ho') : 4.75m
- 周期 (T) : 12 秒
- 沖波波長 (Lo) : 225m
- 潮位を含む設置水深 (h) : 4~6m (MSL 以下)
- 潮位 : H.W.L. +0.54m、MSL 上+0.27m に、水位上昇量を加えて、水深 d は、5.07~7.07m (水位上昇については参考資料 B1 参照)
- 海底勾配 : 1/30 (深淺測量結果より換算沖波波高の 1.5~2.5 程度の水深帯で算定)

この条件の場合、構造物前面は砕波帯に当たるため、到達波高は、図 A.7 に示す、砕波帯内の波高算定図（有義波高）を用いることとなる。計算結果をまとめると、以下のとおりとなる。

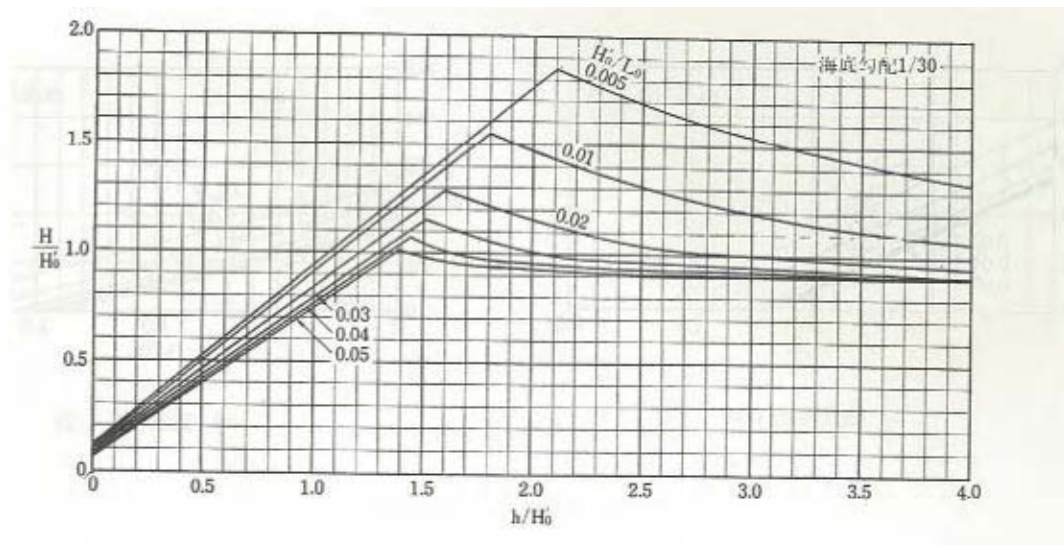


表 A.5 到達波高一覧

水深 (MSL)	水深 (潮位、水位 上昇)	周期	換算沖波 波高	海底勾配 (逆数)	波形勾配	水深波高比			有義波高	水位上昇 量
(m)	D(m)	T(s)	Ho' (m)	1/slop	Ho' /Lo	h/Ho'	H1/3/Ho'	eta/Ho'	H1/3 (m)	eta (m)
1	2.07	12	4.75	30	0.021	0.436	0.422	0.099	2.005	0.471
1.5	2.57	12	4.75	30	0.021	0.541	0.500	0.090	2.375	0.428
2	3.07	12	4.75	30	0.021	0.646	0.578	0.081	2.746	0.385
2.5	3.57	12	4.75	30	0.021	0.752	0.656	0.072	3.116	0.342
3	4.07	12	4.75	30	0.021	0.857	0.734	0.063	3.486	0.299
3.5	4.57	12	4.75	30	0.021	0.962	0.812	0.054	3.856	0.256
4	5.07	12	4.75	30	0.021	1.067	0.890	0.045	4.227	0.213
4.5	5.57	12	4.75	30	0.021	1.173	0.968	0.036	4.597	0.170
5	6.07	12	4.75	30	0.021	1.278	1.046	0.027	4.967	0.127
5.5	6.57	12	4.75	30	0.021	1.383	1.124	0.018	5.337	0.084
6	7.07	12	4.75	30	0.021	1.488	1.202	0.009	5.708	0.041

#### 参考資料 B1 ハリケーンによる水位上昇について

ハリケーンなどの気象現象による水位上昇については、気圧降下による吸い上げと、風による吹き寄せがある。吸い上げについては、通常気圧 1013hPa からの気圧降下量（単位：hPa）と同等の cm になるため、設計波の波浪推算に用いたハリケーン中心気圧の、グレナダ通過時の最低値（950hPa）から 60cm と設定した。吹き寄せについては、吸い上げ量の 30%程度に設定した。なお、ゴープの場合、ハリケーンの進行方向と岸方向が異なるので、若干小さくなるため、この数値は若干大きめの数値となる。

以上、構造物の設計における水位上昇量を 80cm に設定した。

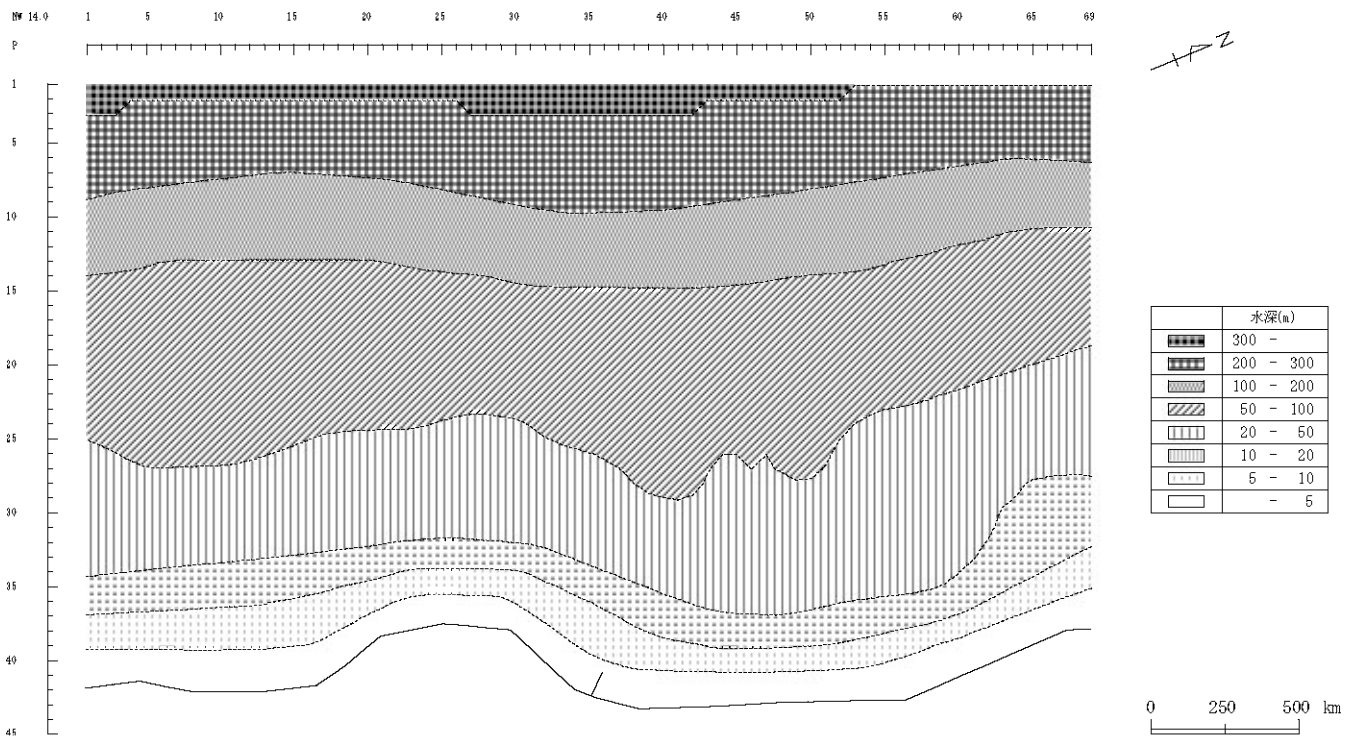


図 A.5 計算領域図

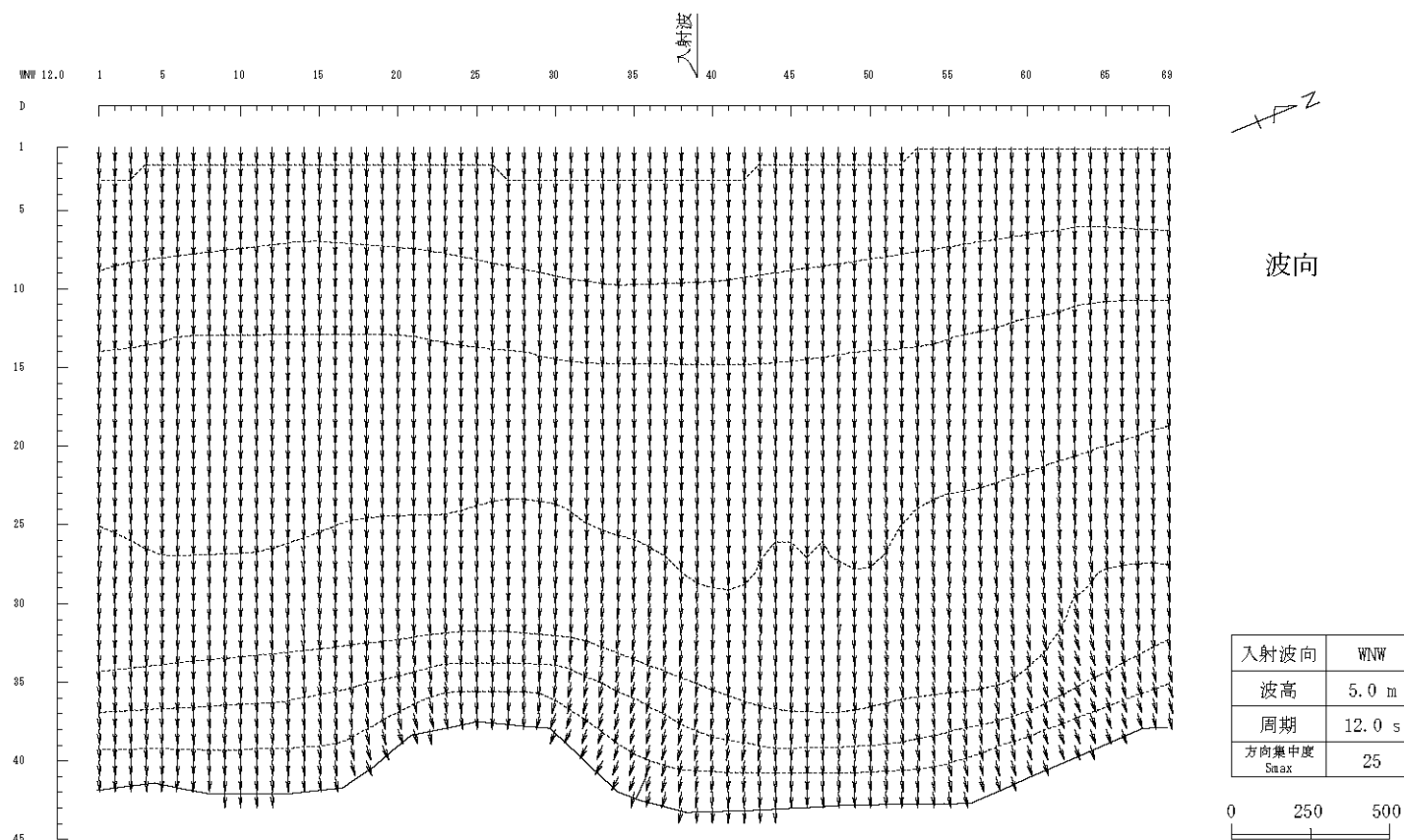
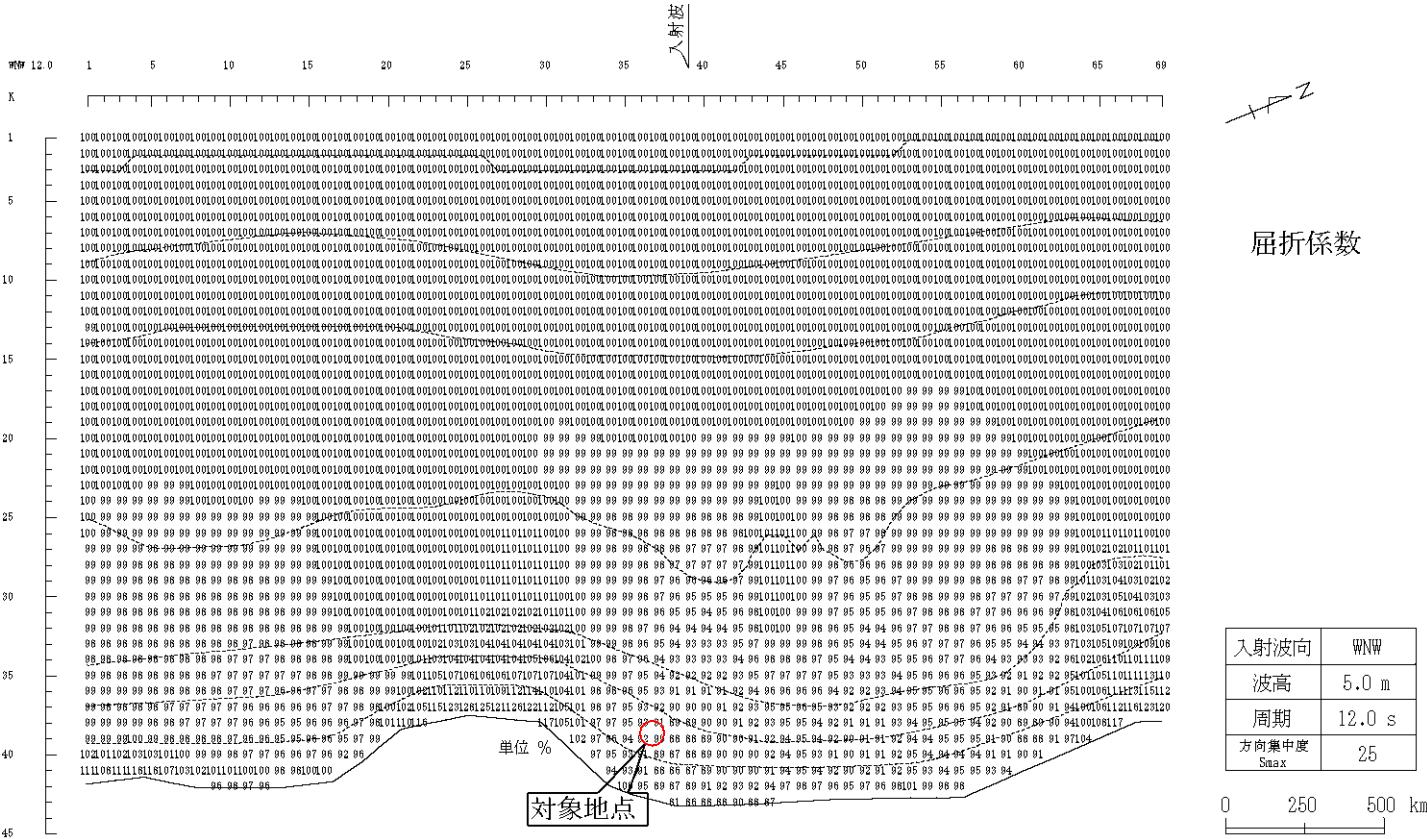


図 A.6 波浪変形計算結果 (設計波、波向 WNW)

## 7-3 計画による周辺海岸への影響予測

### 7-3-1 ゴーブ海浜の安定機構

#### (1) ポケットビーチの安定機構と必要な条件

ポケットビーチとは、両サイドが岬のような地形に仕切られた、比較的浜延長の短い砂浜であり、その砂浜は長期的に安定している。その理由を、図 7-3-1.1 を用いて説明する。

エネルギー平均波向（黒矢印）を中心にして入射波の波向が左右（青・赤矢印）に変化したとき、汀線は平衡汀線（黒点線）を中心にして青点線・赤点線で示した位置まで変化する。つまり、入射波の波向の変化に対応して、いわば、シーソー運動のように変化する。それに伴って、浜の両端では汀線の前進・後退が繰り返される。浜の両端位置で汀線が最も前進したときでも、岬の長さが十分長ければ、岬先端を回ってポケットビーチの外側の海岸に砂が流失することはない。図 7-3-1.1 を見て簡単に分かるように、浜延長が長くなればなるほど浜両端の汀線変動幅が大きくなり、岬の外に砂が流失しやすくなる。このため、自然のポケットビーチの浜延長は数百メートルからせいぜい 2km くらいまでである。逆に、浜延長が短くて変動幅が小さくても岬の長さが短くなると、やはり、岬の外に砂が流失しやすくなる。

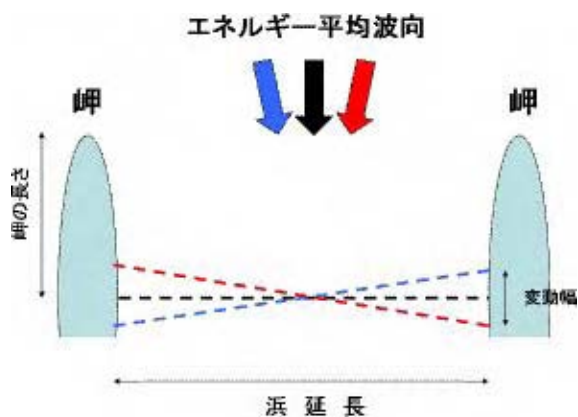


図 7-3-1.1 ポケットビーチの長期安定機構

#### (2) Gouyave 海浜の砂収支の概略

図 7-3-1.2 は、Gouyave 海浜の地形的特徴と砂収支の概略を示したものである。左側の Little river が流入しているところの岬は沖に向かってほとんど突出していない。このため、汀線がシーソー変動しているときの青点線の状態では、汀線が後退しているので岬を越えての左方向への砂移動は生じない。しかし、赤点線の状態になると汀線が岬の先より沖側まで前進し、その結果、砂が流失する。つまり、赤矢印の方向から波が入射すると、Gouyave

海浜から砂がなくなる。

しかしながら、右側の海岸線（崖の所）が波の入射方向に対して斜めになっているので、このところをから Gouyave 海浜に沿岸漂砂が持ち込まれるし、また左側の岬に相当するところには Little river が流入しているの、ここから排出される砂も海浜に供給されている。したがって、赤矢印の方向から波が入射するとき左方向に砂が流出するが、右からと左（Little river）から土砂が供給されて海浜が維持されている。

つまり、図 7-3-1.1 では、ポケットビーチが海浜からの沿岸方向への砂の流出がない状態で安定している（静的平衡状態）のに対して、Gouyave 海浜では左側の岬規模が小さいので沿岸方向左方向への砂の流失が生じるものの、それを補う砂の流入があるため結果として海浜は安定している（動的平衡状態）と考えられる。

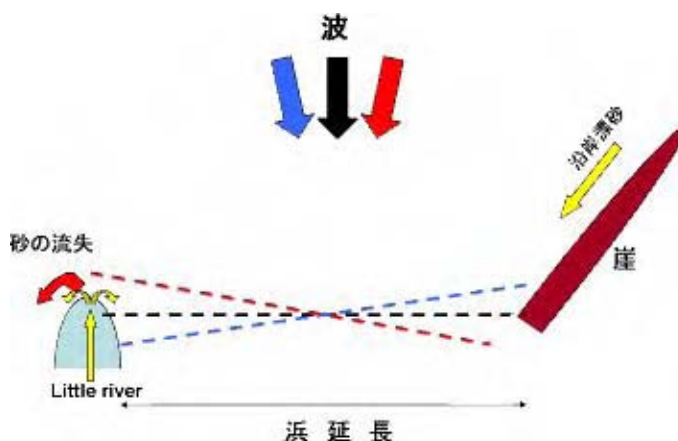


図 7-3-1.2 Gouyave 海浜の砂収支の概念図

### (3) Gouyave 海浜への砂の供給がなくなる場合の海浜変形

図 7-3-1.3 は、Gouyave 海浜への砂の供給がなくなったときの海浜変形の概略を説明したものである。

既に説明したように、入射波向きの変化に対応して汀線はシーソー運動のような変動を繰り返す。左側の岬の規模が小さいので汀線が前進したとき（赤破線の状態）には砂が左方向に流出する。この状態の繰り返しによって、海浜から徐々に砂がなくなり、平衡汀線位置（黒破線）は旧汀線位置から新汀線位置へと後退する。ちょうど、洗面器に入れた水が、水面が揺れるたびに水が徐々にこぼれるようなものである。新汀線位置は、汀線方向が赤破線の状態になっても小規模岬の先端を迂回して砂が右方向に運ばれることがない位置になる。

防波堤を建設すると、右側から Gouyave 海浜に流入する砂のほとんどはカットされる。しかし依然として Little river からの土砂供給は期待できるので（図 7-3-1.4）、実際には新汀



線の位置までの後退は緩和される。緩和された汀線位置は図 7-3-1.4 中の  $Q_1=Q_2$  が成り立つ位置であり、もし  $Q_2$  が十分大きければ旧汀線位置が維持されるし  $Q_2$  が少なければ後退量は大きくなる。

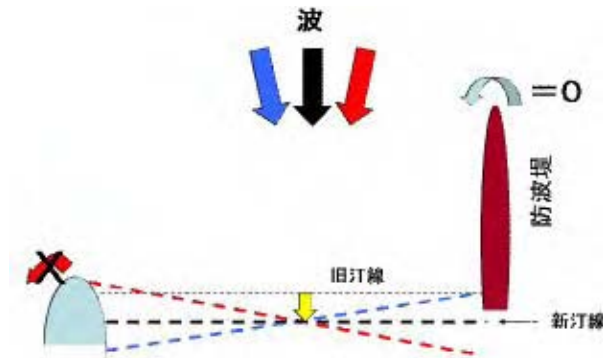


図 7-3-1.3 砂の供給がなくなった場合の海浜変形の概念図

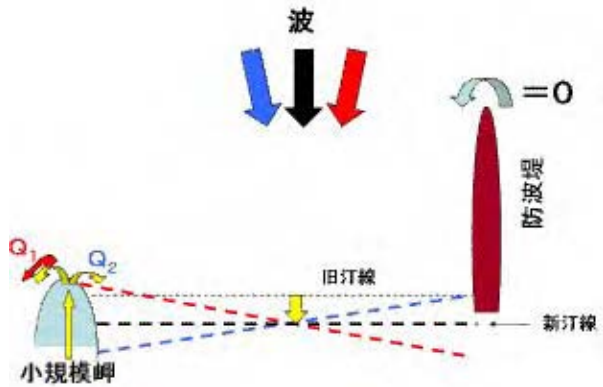


図 7-3-1.4 Little river からの土砂供給による汀線後退の緩和

### 7-3-2 汀線変化モデルによる海浜安定機構の検証

前章で想定した海浜安定機構について、汀線変化モデルで検討した。

汀線変化モデルは、波浪と海岸線形状のデータから、沿岸方向の各点において沿岸漂砂量を求め、各点における砂移動の収支から、海岸線（汀線）の変化を予測するモデルであり、長期的な海浜変形予測の手法として、現地適用性の高いモデルといわれている。

今回の場合、ゴープ海岸は、過去の航空写真等からみると、一時的な汀線の変化はあるものの、海浜全体の状態は安定していることが解る。そこで、この安定海浜の状況を汀線変化モデルで再現し、これと同じ計算条件を用いて、構造物を設置した場合の海浜変形状況を予測するものとした。

ここでは、以下の過程で検討を行った。

- (1) 波浪条件の設定
- (2) 計算条件の設定
- (3) 現況再現計算
- (4) 構造物設置の場合の検討

#### (1) 波浪条件の設定

大西洋上発生波のカリブ海への侵入波およびカリブ海で発生する波浪を推算し、これらを合成して、汀線変化計算の沖側境界（水深-25m 地点）での波浪の頻度表を求めた（表 7-3-2.1 参照:ここでは波向は16方位ベースでなく、波浪変形計算から求めた入射波向で設定した）。汀線変化計算で用いる波浪条件は、各波向別のエネルギー平均波を計算して代表波浪とした。汀線変化計算では、各波向の月別出現率に対応して、作用波向を日単位でランダムに与えるものとした。下表に各波向の代表波浪諸元と、通年での作用日数（合計 365 日）を示した。

波浪番号	波向	波高(m)	周期(s)	出現率(%)	波浪作用日数
1	N114°W	0.38	5.0	8.5	34
2	N83°W	0.44	7.6	0.4	1
3	N63°W	0.47	7.7	0.3	1
4	N45°W	0.41	6.5	0.8	3
5	N28°W	0.52	5.9	2.3	9
6	N14°W	0.64	5.3	87.5	317

#### (2) 計算条件の設定

汀線変化計算で用いる計算条件を以下のように設定した。

### ①漂砂量式

以下に示す CERC タイプの漂砂量公式を用いた。

$$Q = (EC_G)_b \cdot (K_1 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha - K_2 \cdot \cos\alpha \cdot \partial H_b / \partial y / s) / \{(\rho_s - \rho) \cdot (1 - \lambda)\}$$

ここに、

- Q : 沿岸漂砂量 (単位:  $m^3/s$ )
- $(EC_G)_b$  : 砕波エネルギーフラックス ( $C_G$  は波の群速度)
- $\alpha$  : 波の砕波角 (入射波向と汀線直角方向との角度)
- $\partial H_b / \partial y$  : 砕波波高の沿岸方向変化率
- s : 海底勾配
- $\rho_s$  : 砂の空中密度
- $\rho$  : 海水の密度
- $\lambda$  : 砂の空隙率
- g : 重力加速度
- K1 : 沿岸漂砂量係数 (ここでは 0.05 を用いた)
- K2 : 砕波波高の沿岸方向の変化に伴う沿岸漂砂量係数  
(ここでは 3.24 を用いた)

### ② 北側境界からの供給土砂量

周辺の現地踏査結果から、ゴープ地点では北側からの沿岸漂砂があることが推定できる。北側海岸の向きと、来襲波浪の波向条件から上記沿岸漂砂量公式を用いて推定すると、 $200m^3$ /日程度 (年間約  $73,000m^3$ ) となる。ただし、これは海岸線が全て砂浜である場合の値である。現地踏査結果によれば、北側海岸は断崖状で汀線付近に砂浜は見られず、砂があるのは少なくとも水深 1m 以深の海域であるため (次頁の写真参照)、実際の沿岸漂砂量は、これよりかなり少ないものと考えられる。ここでは、水深方向の沿岸漂砂量分布を仮定し、この内、砂浜部分のみが沿岸漂砂に寄与するものとして、その値を推定し、 $10m^3$ /日 (年間約  $3650m^3$ ) と設定した。

なお、北側海岸からの供給土砂量については、不確定な部分もあるため、現況再現計算においてその値を変更して感度計算を行った。



写真 北側海岸前面の海底状況

### ③ リトル川の供給土砂量

ゴープ海岸の南側にはリトルリバーの河口部がある。河口部付近に砂浜はなく、岩に囲まれている。また、これ以南の海岸も断崖状で、砂浜はみられない。

リトル川の流下土砂量については、年平均比流出土砂量と流域面積の関係から、 $10\text{m}^3 / \text{日}$ （年間約  $3650\text{m}^3$ ）と設定した。これは北側海浜からの供給土砂量と等しい値である。なお、この流下土砂量についても、現況再現計算においてその値を変更して感度計算を行った。

### ④ 境界条件

計算範囲は、図に示すように、延長約 600m、計算格子間隔は 10m である。

計算範囲の北側境界から前述のように一定量の土砂が供給されるものとした。南側境界は汀線位置を固定した。また、図に矢印で示す範囲は、現地調査の結果から汀線を護岸形状とし、汀線はこれより後退しないものとした。

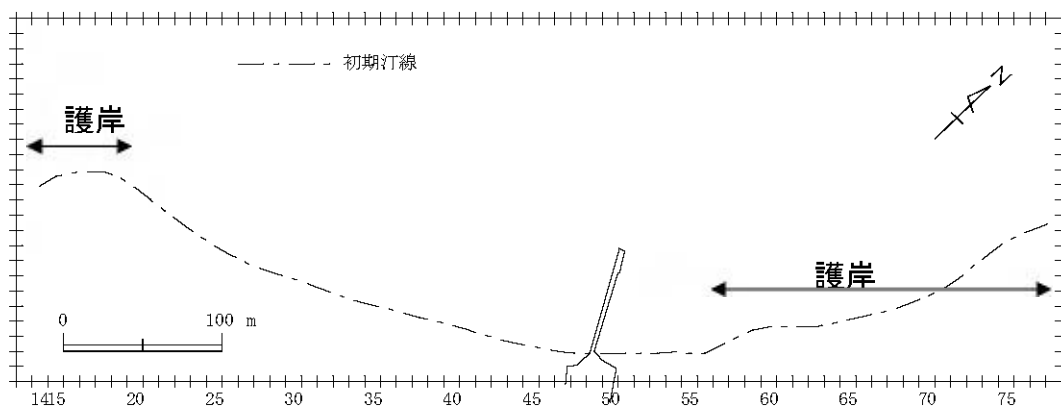


図 7-3-2.1 計算範囲

表 7-3-2.1 波向波高階級別頻度表 (ゴープ沖-25m 地点)

WAVE DIRECTION	U	K	N14W	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	N114W	N99W	N83W	N63W	N45W	N28W	TOTAL	
WAVE HEIGHT (M)																				
CALM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
0.00 - 0.25	0	777	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	452	0	22	24	67	139	1481	
	.0	1.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.0	.0	.1	.1	.2	.3	3.4	
0.25 - 0.50	0	7637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3262	0	107	69	237	479	11791	
	.0	17.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	7.4	.0	.2	.2	.5	1.1	26.9	
0.50 - 0.75	0	24544	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	61	60	45	340	25081	
	.0	56.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.1	.1	.8	57.2	
0.75 - 1.00	0	4573	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	37	4612	
	.0	10.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	10.5	
1.00 - 1.25	0	596	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	609	
	.0	1.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.4	
1.25 - 1.50	0	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	182	
	.0	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.4	
1.50 - 1.75	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	61	
	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	
1.75 - 2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
2.00 - 2.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
2.25 - 2.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
2.50 - 2.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
2.75 - 3.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
3.00 -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
TOTAL	0	38349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3745	0	190	153	357	1023	43817	
	.0	87.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	8.5	.0	.4	.3	.8	2.3	100.0	

### (3) 現況再現計算

ゴープ海岸は比較的安定しており、長期的な汀線の前進、後退の傾向はみられない。設定した波浪条件や計算条件を用いて汀線変化計算を行い、こうした現況の汀線状況が再現できるか確認した。この過程で、波浪条件や計算条件、特に北側海岸からの供給土砂量やゴープ川からの流出土砂量についての検討を行った。

初期汀線は、今回の汀線測量結果の他、過去2回の航空写真（1969年1/22、1992年1/31）による汀線位置を平均して与えた。波浪変形計算に用いる水深は、今回の深淺測量結果の水深に、初期汀線の位置を加味して設定した。

#### 1) 計算条件の設定

現況再現計算は、5年後の汀線変化を予測した。北側海岸からの供給土砂量、リトル川からの流出土砂量については、以下の4ケースについて検討した。また、各ケースについて碎波諸元の波向を微調整して、最適な波向変更量を設定した。判定には、ゴープ海岸（測線番号21～55）における、初期汀線からの平均変化量（変化量絶対値の平均）を少なくすることを判断材料とした。表7-3-1.2に検討結果を示す。

表 7-3-1.2 現況再現計算における計算条件の設定

検討ケース	北側海岸からの供給土砂量	リトル川の流出土砂量	変更角度(°) -は北向	平均変化量(m)	採用
①	10m <sup>3</sup> /日 (3,650m <sup>3</sup> /年)	10m <sup>3</sup> /日 (3,650m <sup>3</sup> /年)	-5.0	3.80	
			-5.5	3.11	○
			-6.0	4.06	
②	20m <sup>3</sup> /日 (7,300m <sup>3</sup> /年)	10m <sup>3</sup> /日 (3,650m <sup>3</sup> /年)	-5.5	4.53	
			-5.75	4.05	○
			-6.0	4.53	
③	30m <sup>3</sup> /日 (10,950m <sup>3</sup> /年)	10m <sup>3</sup> /日 (3,650m <sup>3</sup> /年)	-6.0	4.99	
			-6.5	4.10	○
			-7.0	4.16	
④	10m <sup>3</sup> /日 (3,650m <sup>3</sup> /年)	20m <sup>3</sup> /日 (7,300m <sup>3</sup> /年)	-6.0	3.80	
			-6.25	3.11	○
			-6.5	4.06	

## 2) 計算結果

計算結果を以下に示す。計算結果の一例を図 7-3-2.1 に示す。

ケース①の場合、ゴープ海岸全体としては若干前進の傾向があるが、3,4 年以降は前進量の変化は少なくなり安定している。ただし、波向出現率の変化に伴う、月毎の汀線変化や漂砂量の変化が認められる。初期汀線からの変化の最大値は 7m 程度であり、砂浜の南側（測線 25）では汀線が前進し、北側（測線 40）では後退している。基本的に漂砂は南側に向かっているが、砂浜の中央部（測線 40）では W 方向波浪の出現率が高くなる 10 月には、漂砂は北側に向かっており、前述した漂砂のシーソー運動が再現されている。汀線変化状況を分析すると、安定状態では、北側海浜からの供給土砂量は  $10\text{m}^3$  /日（年間約  $3,650\text{m}^3$ ）、また、リトル川からの供給土砂量も  $10\text{m}^3$  /日（年間約  $3,650\text{m}^3$ ）である。一方、リトルリバーの南側（南側境界）では、平均約  $20\text{m}^3$  /日（年間約  $7,300\text{m}^3$ ）の土砂が南側へ流出しており、全体として土砂収支が 0 となっている。

ケース②の場合も同様であるが、ケース①の場合と較べて南側へ向かう漂砂量が多くなっている。また、測線毎の汀線変化量の最大値も若干大きくなっている。汀線の安定傾向も同様であるが、北側海岸からの供給土砂量が多くなる分、計算領域南側への流出量が多くなっている。

ケース③の場合、南側へ向かう漂砂量がさらに多く、測線毎の汀線変化量の最大値も若干大きくなっている。北側海岸からの供給土砂量が多くなる分、計算領域南側への流出量が多く、安定状態では約  $40\text{m}^3$  /日（年間約  $14,600\text{m}^3$ ）の土砂が南側へ流出して土砂収支が 0 となっている。

ケース④の場合、汀線変化や漂砂量の状況は、ケース①の場合とほぼ同様である。リトル川からの流出土砂量の増加分だけ、計算領域南側への流出量が多くなっている。

なお、以下の将来予測計算では、再現計算で得られた安定した海岸形状を初期汀線とした。

### (4) 将来予測計算

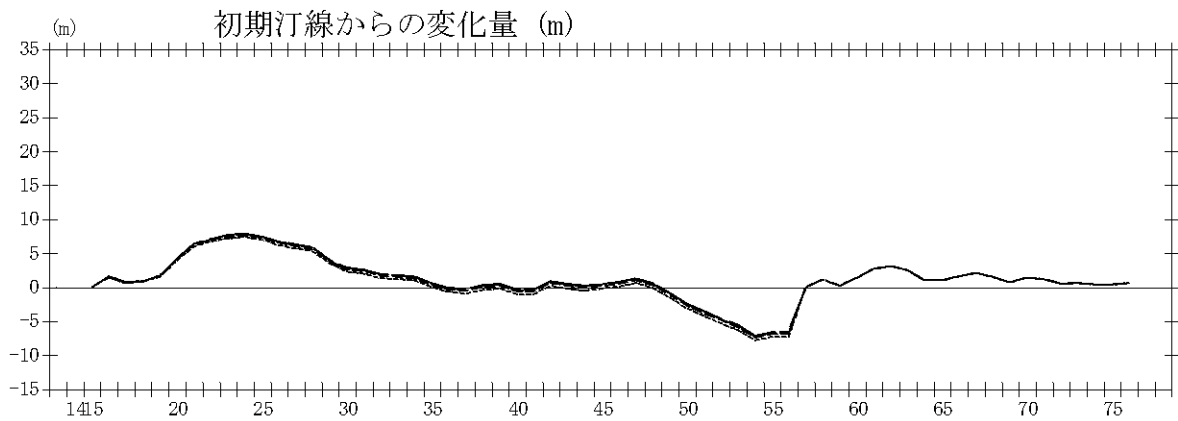
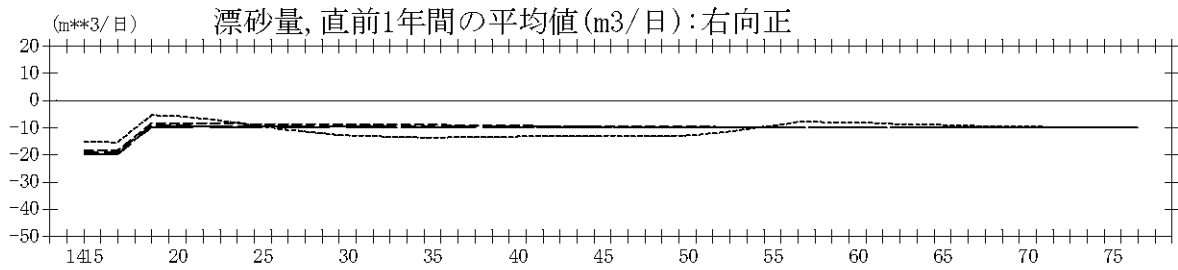
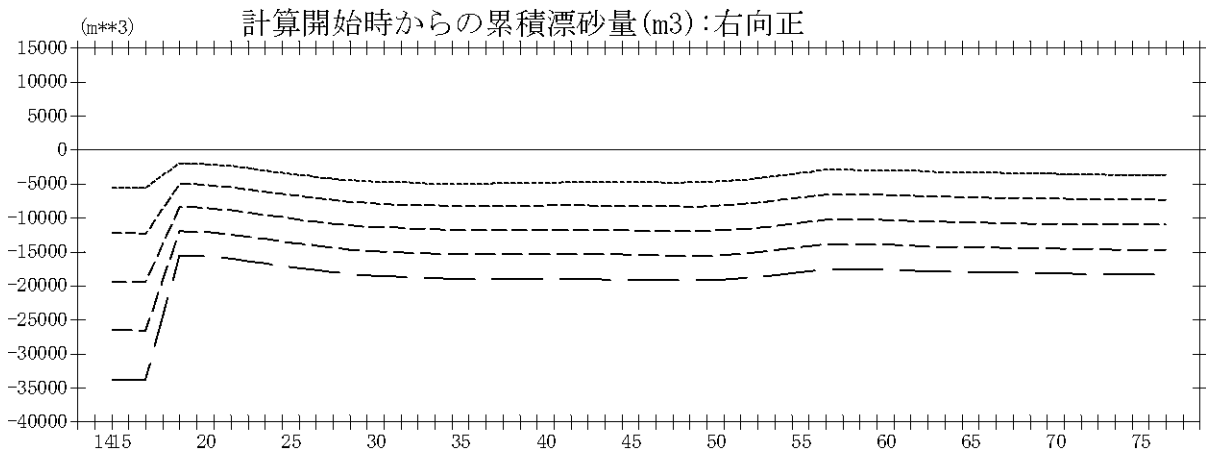
同じ条件の下で、ゴープ地点に構造物を設置した場合の計算を行った。計算期間は 5 年間であり、計算結果の一例を図 7-3-2.2 に示す。構造物は、防波堤タイプ（タイプ 1）と離岸堤タイプ（タイプ 2）とした。

防波堤タイプ（タイプ 1）の場合、既存栈橋部とその約 100m 北側に防波堤を設置した場合であり、左右の汀線位置との関係から、漂砂の通過率を設定した。北側海岸から供給される土砂は防波堤で遮蔽されるため、防波堤北側に堆積する。防波堤北側は、北側海浜からの供給土砂量（検討ケース①の場合、 $10\text{m}^3$  /日（年間約  $3700\text{m}^3$ ））がそのまま堆積することになり、汀線前進量は最初の 1 年間で 20m 程度、その後は年々減少する傾向がある。このまま進行すれば、10～15 年程度（検討ケース①の場合）で汀線は防波堤先端に達することになる。

一方、海岸南側には土砂が供給されないことから若干後退する。汀線後退は測線 40 付近で最大となる。一方、南側防波堤の直南側（測線 47）では汀線は前進している。これは碎波高の沿岸方向変化に伴う沿岸漂砂の効果を取り入れたためである。汀線変化の傾向はどの検討ケースでもほぼ同じであるが、汀線変化量や漂砂量は変化している。汀線後退（測線 40）の最大値は、ケース①の場合、1m 程度であるが、ケース②では 3m 程度、ケース③では 4.5m 程度となっている。汀線変化は時間経過に伴って安定状態になっているが、ケース①の場合に比べて安定するための時間は、北側からの供給土砂量が大きくなるほど長くなっている。リトル川からの流出土砂量を増加したケース④の場合の汀線変化状況は、ケース①の場合とほぼ同様である。なお、波向出現率の変化に伴う、月毎の汀線変化や漂砂量の変化の状況は、現況再現計算の場合とほぼ同様である。

離岸堤タイプ（タイプ 2）の場合、離岸堤背後で汀線が前進する。汀線前進量は、離岸堤の直背後（測線 47）付近で最大であり、何れの検討ケースでもほぼ同じで 30m 程度である。一方、南側（測線 20～38）では、いったん汀線は後退するが、その後は前進する。後退から前進に変化する期間は、検討ケースによって変化しており、北側からの供給土砂量が大きくなるほど早く前進に転じている。なお、全体的に汀線の変化は安定状態になるが、計算期間の 5 年では完全な安定状態とはなっていない。





汀線変化状況(現況再現計算5年間)①北側10, 河川10

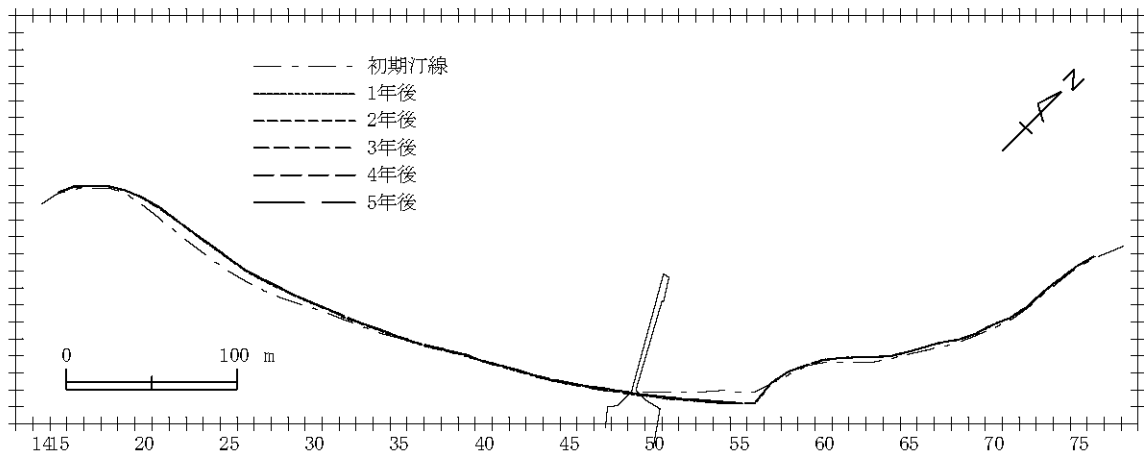
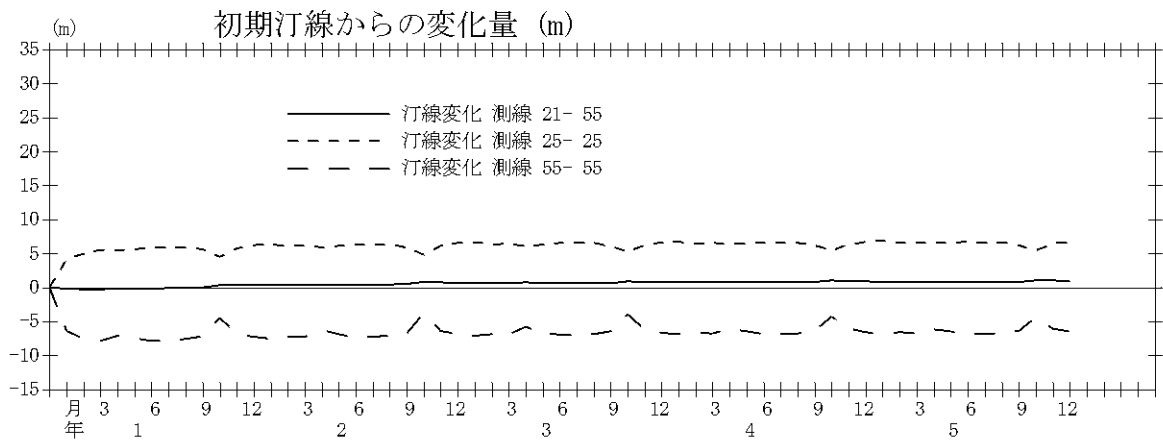
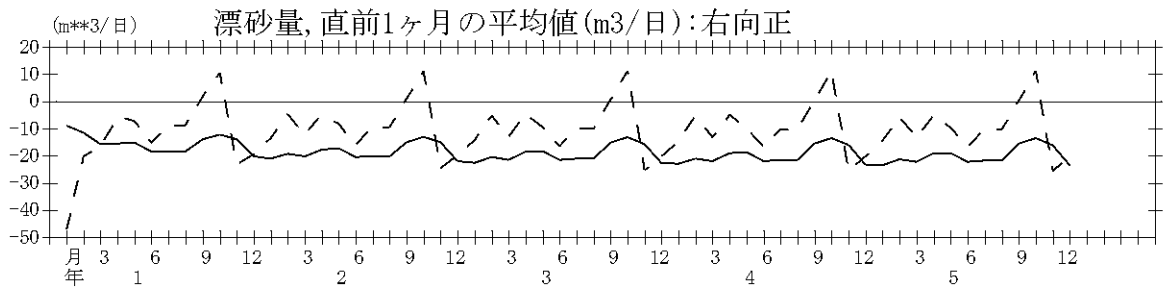
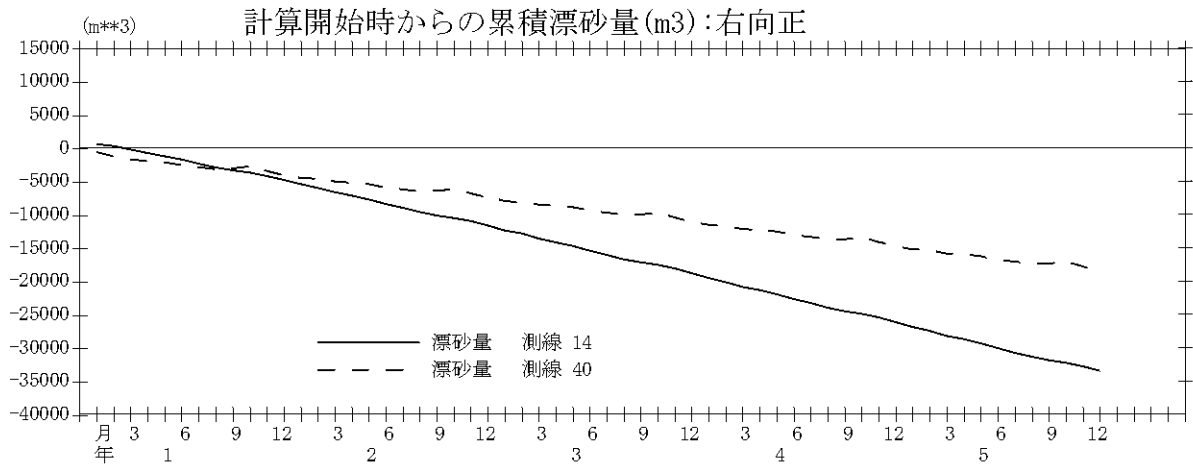


図 7-3-2.2(1) 再現計算結果 (ケース①、5 年後、汀線変化の平面分布)



汀線変化状況(現況再現計算5年間)①北側10,河川10

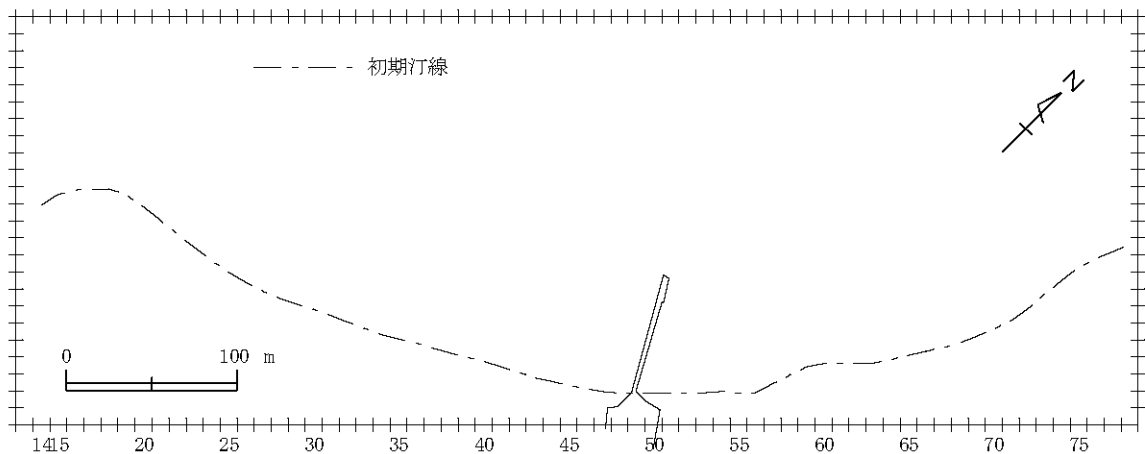
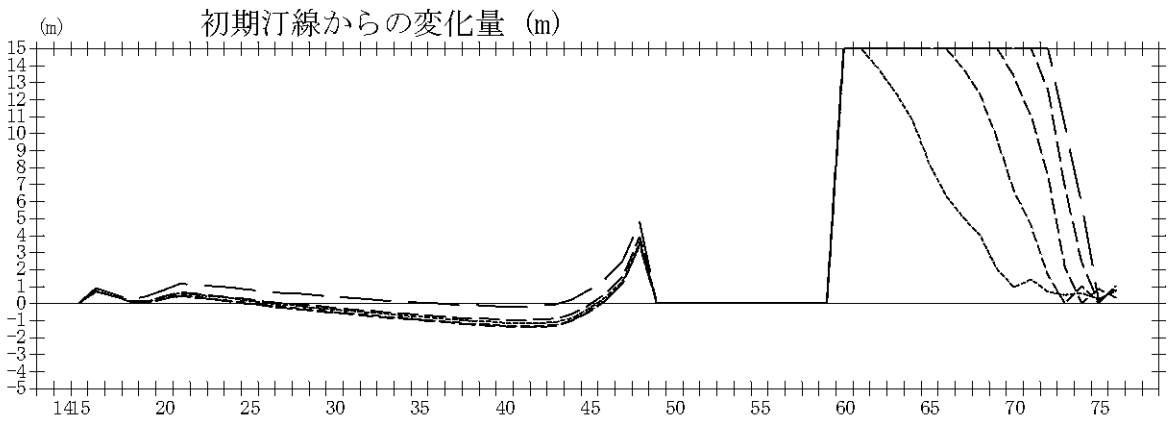
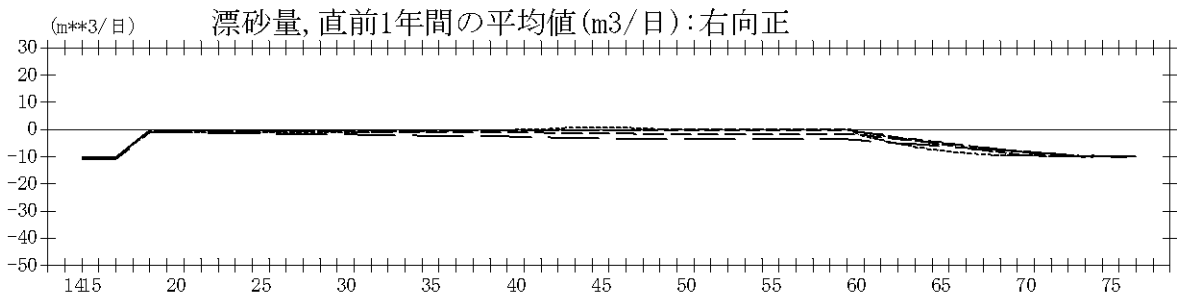
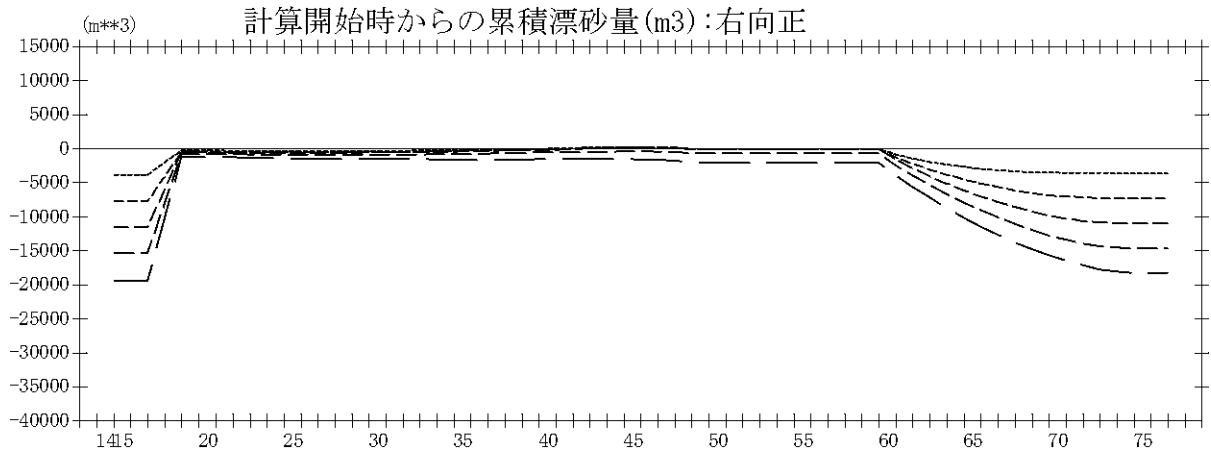


図 7-3-2.2(2) 再現計算結果 (ケース①、5年後、経時変化図)



将来予測計算 (防波堤タイプ, ①北側供給10, 河川10)

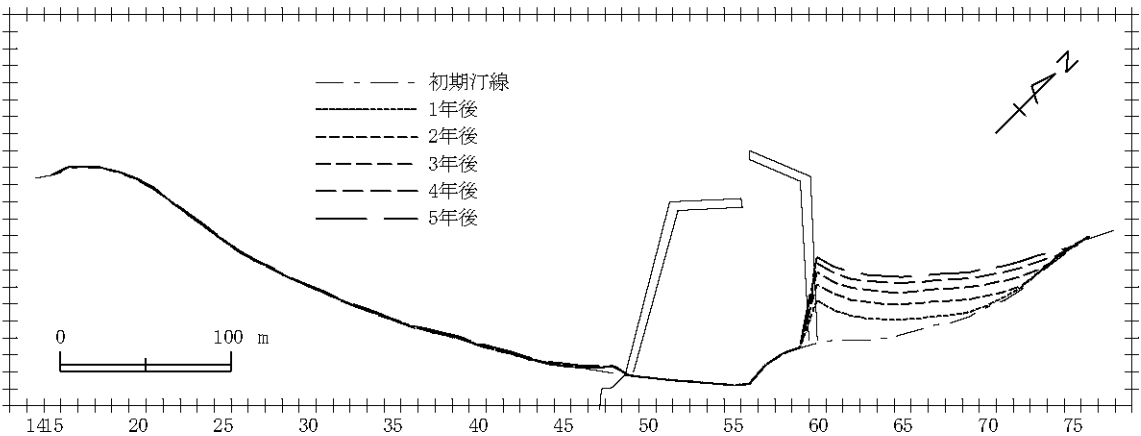


図 7-3-2.3(1) 将来予測計算結果 (タイプ1、ケース①、5年後、平面分布)

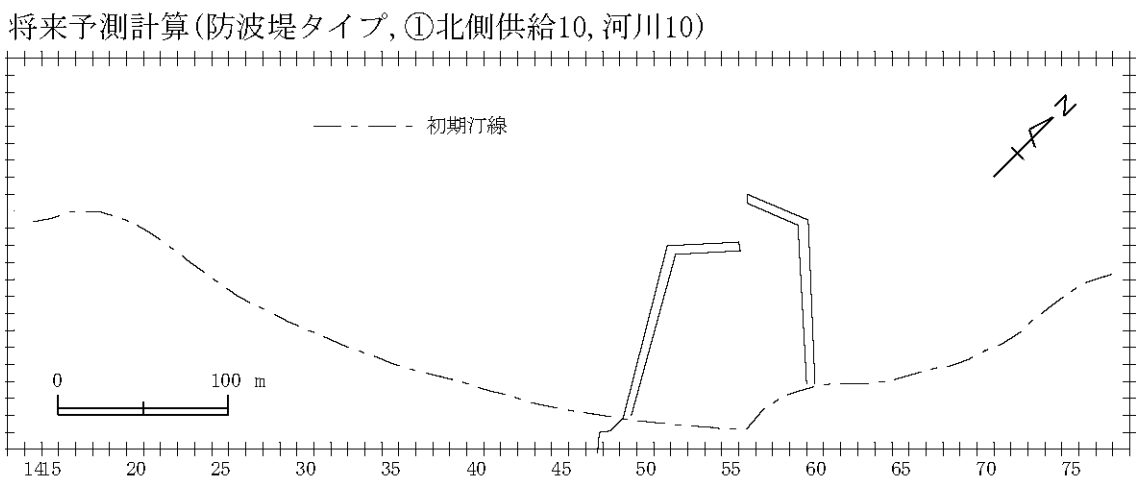
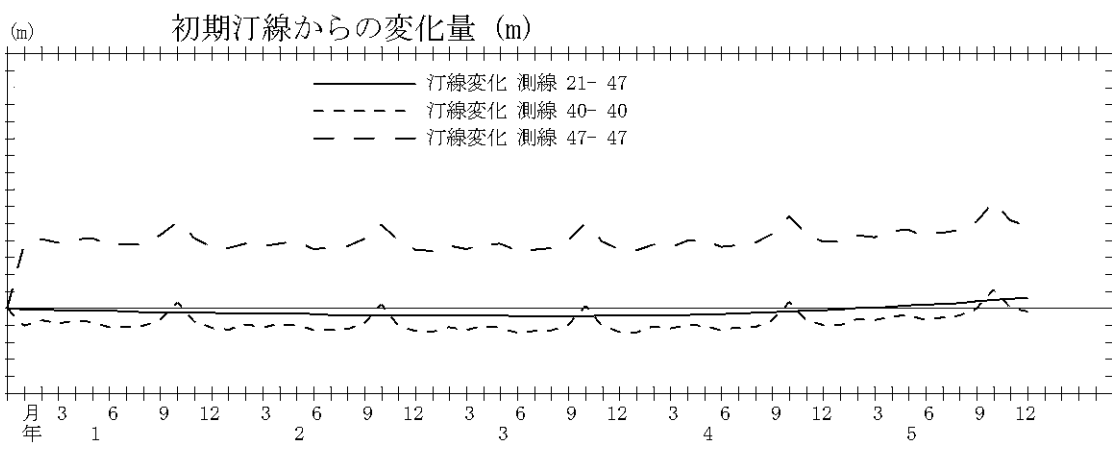
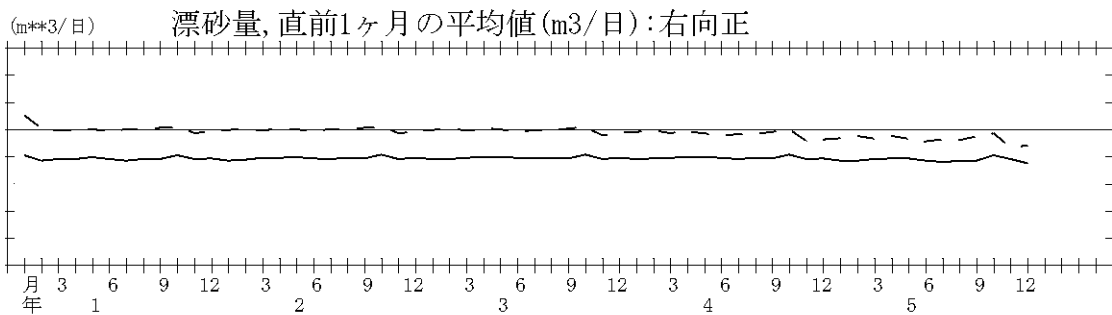
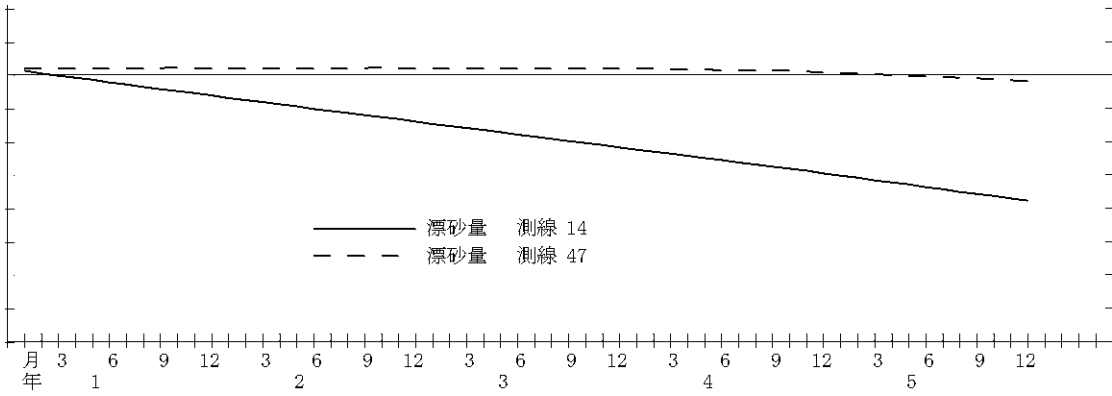
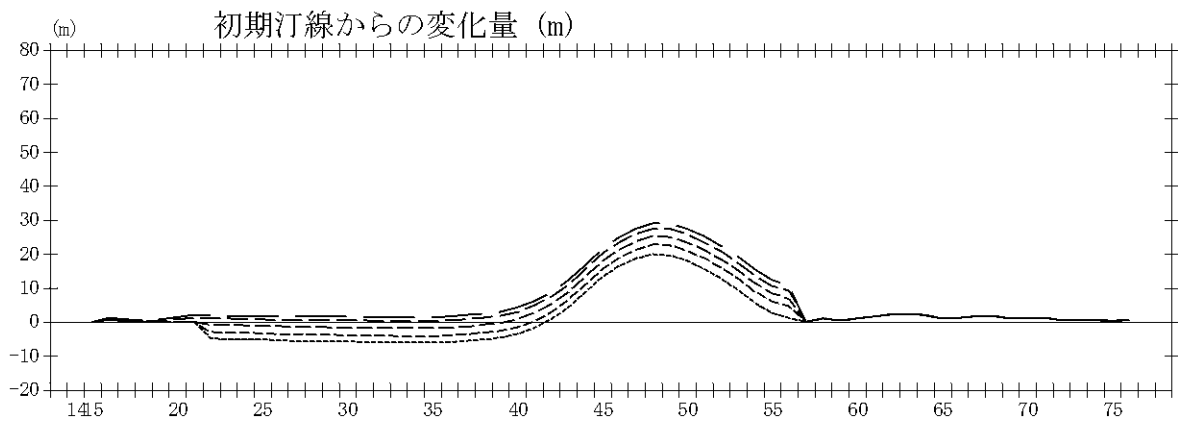
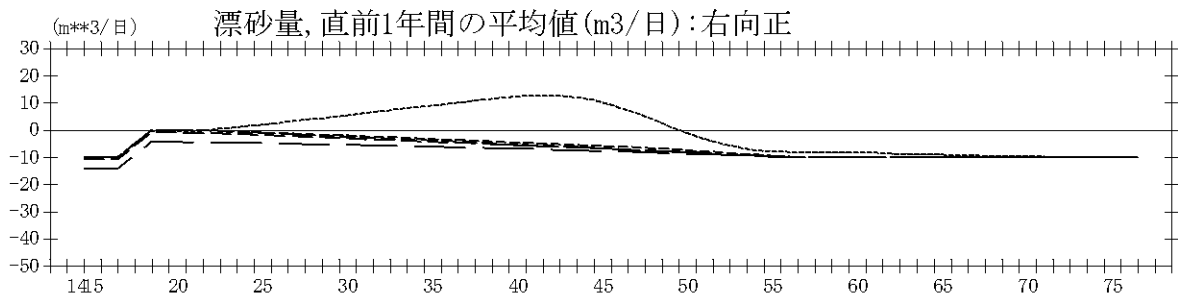
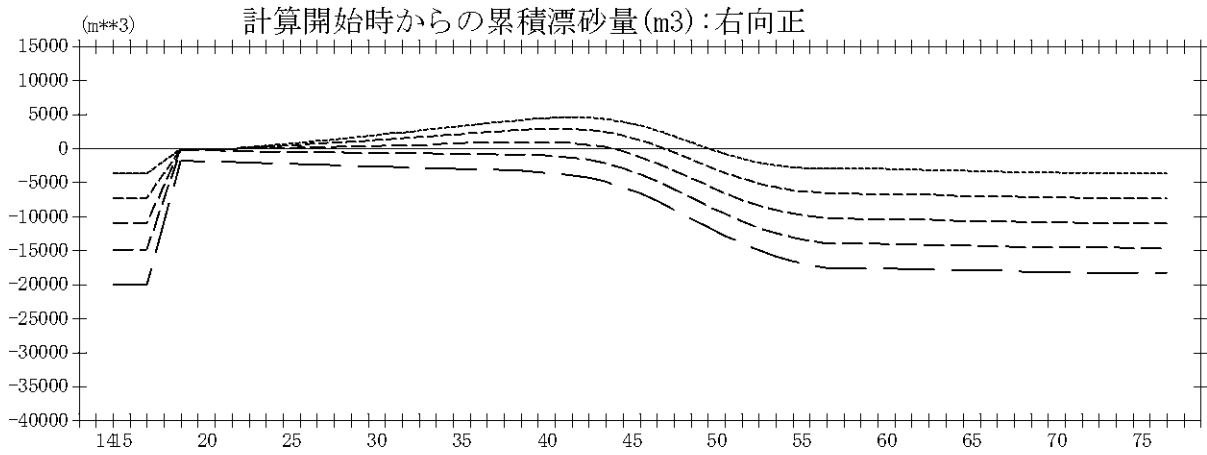


図 7-3-2.3(2) 将来予測計算結果 (タイプ 1、ケース①、5年後、経時変化)



将来予測計算 (離岸堤タイプ ①北側海岸10, 河川10)

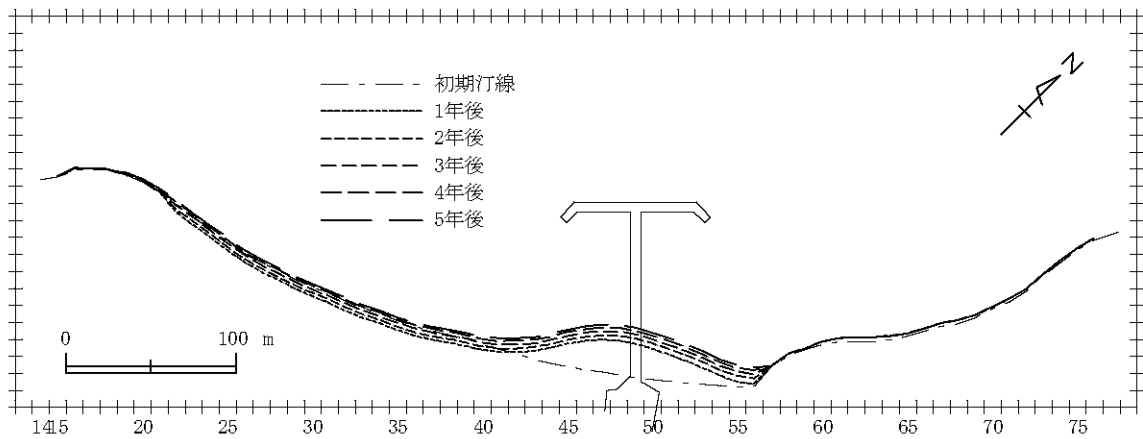
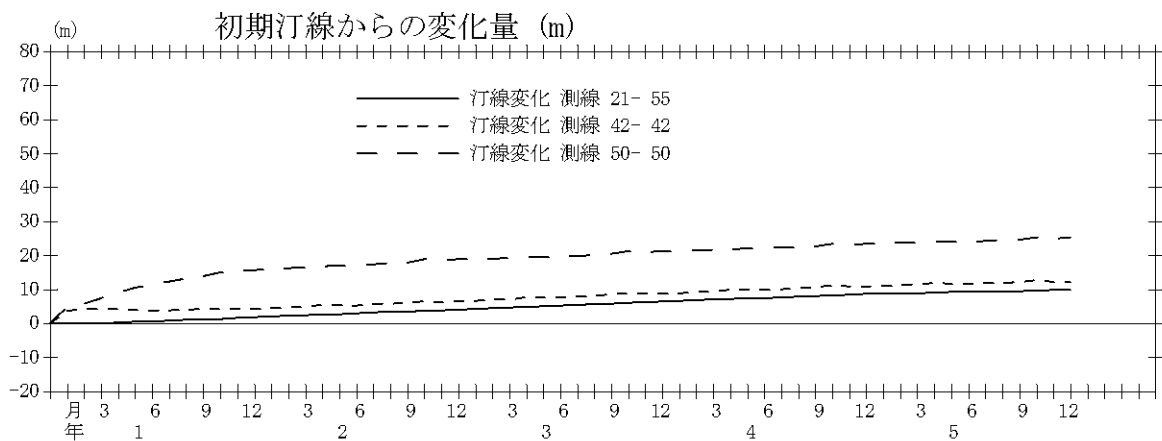
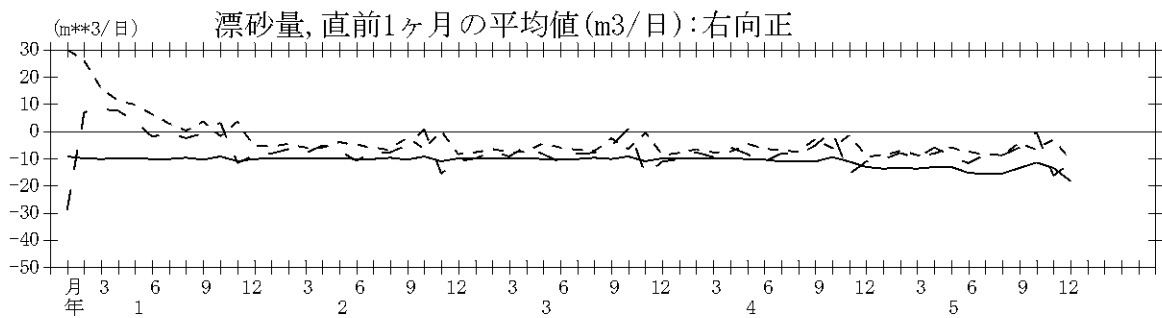
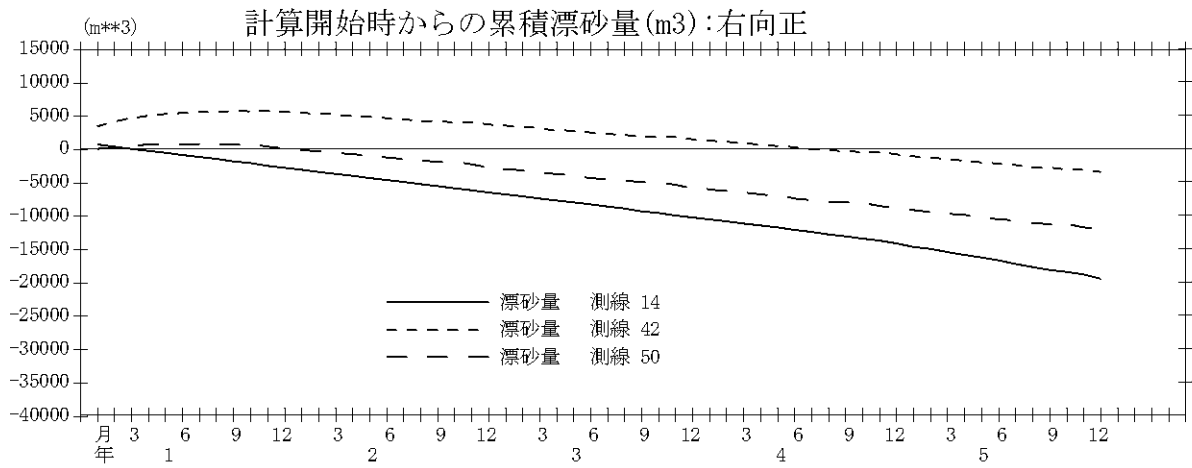


図 7-3-2.3(3) 将来予測計算結果 (タイプ 2、ケース①、5 年後、平面分布)



将来予測計算 (離岸堤タイプ ①北側海岸10, 河川10)

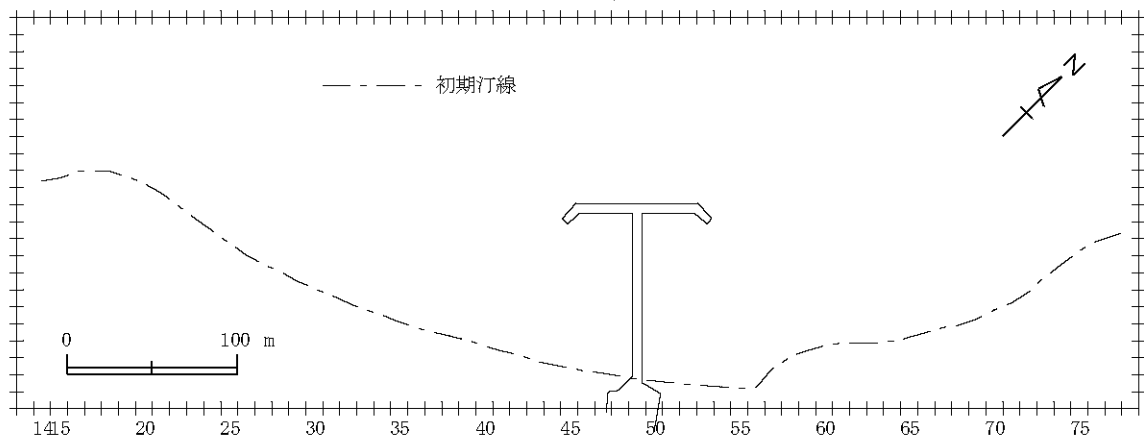


図 7-3-2.3(4) 将来予測計算結果 (タイプ 2、ケース①、5年後、経時変化)

#### 7-4 防波堤設置に伴う静穏度の検討

現況では、既存棧橋付近の静穏性が低く、水産物の水揚げに支障をきたしている。防波堤等の構造物を設置した場合の、水揚げ施設（棧橋あるいは岸壁）の静穏性向上効果について、港内静穏度シミュレーションを行って検討した。

波浪推算結果から得られる波の出現特性から、港内静穏度計算に用いる代表波浪を設定した。波浪推算結果によれば、対象地点では、カリブ海内で発生する波浪により NNW 方向の波浪が卓越している。ここでは、この NNW 方向を含む N,NNW,NW の 3 波浪を代表波とした。周期については、波浪推算結果の主周期である 6 秒を対象とした。なお、参考のために、周期の長い 8 秒の波浪、また、設計波浪（波向については、港内の静穏性への影響が大きいと思われる N40°W を対象とした）についても検討を行った。

港内の静穏性検討における作業限界波高は、既設棧橋先端部での水揚げ作業が人力によって行われていることを考慮し 0.3m と想定した（係留施設・水揚施設の使用可能な最大波高の内、最も小さな波高に相当する：「漁港計画の手引き」より）。波浪推算結果より未超過出現率 95% の波高は 0.86m、未超過出現率 97.5% の波高は 0.95m になるため、水揚げの稼働率を 95% 以上とするためには、港内波高比を 0.35 以下、97.5% 以上とするためには、港内波高比を 0.32 以下とする必要がある。

構造物の配置は、既存棧橋を延長した上で、防波堤形式の水揚げ岸壁とし、北側海岸からの沿岸漂砂を遮断するための北側防波堤（延長役 100m、先端水深-5.0m）を設置する案である。港内静穏度計算結果を以下に示す。

これによれば、港内岸壁前面の波高比は 0.4 以下、特に遮蔽域となる既存岸壁部分は 0.3 以下となっている。

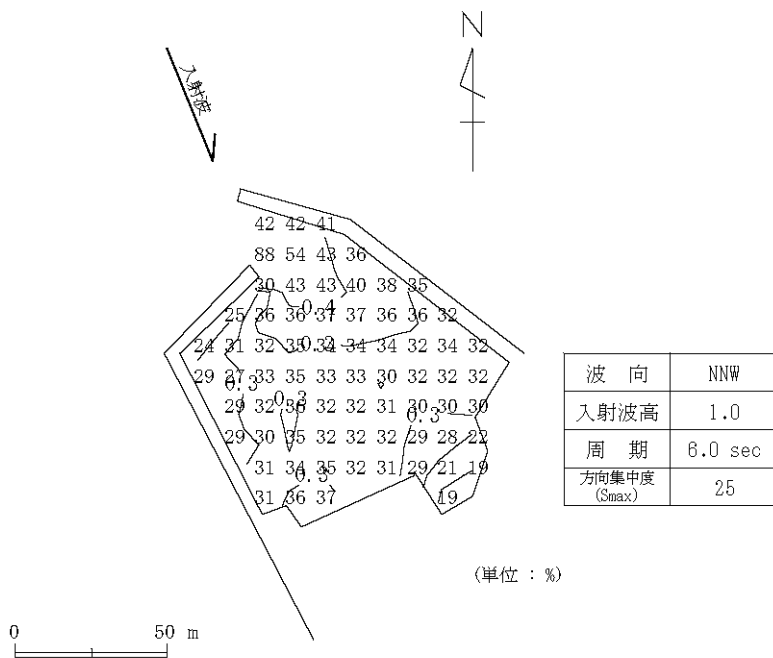
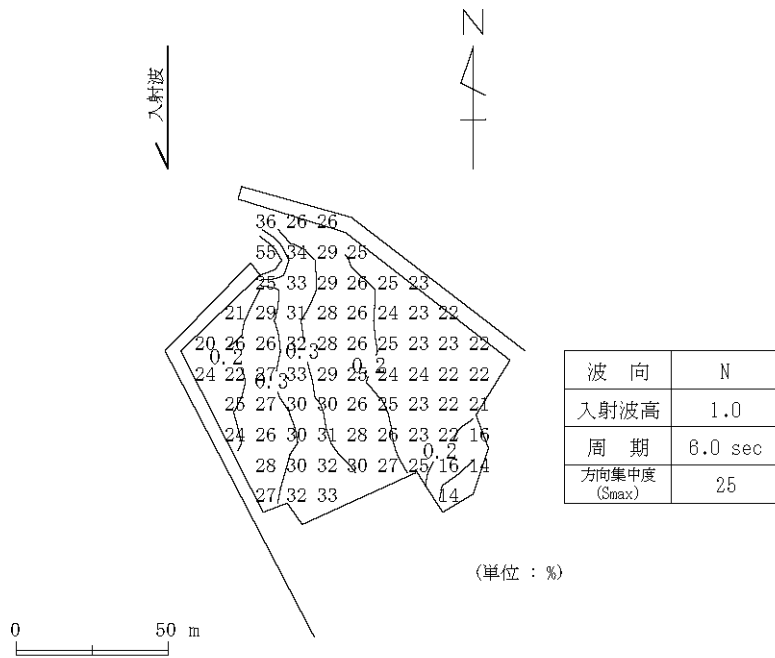


図 7-4-1(1) 港内静穏度計算結果 (要請案の防波堤延長検討)



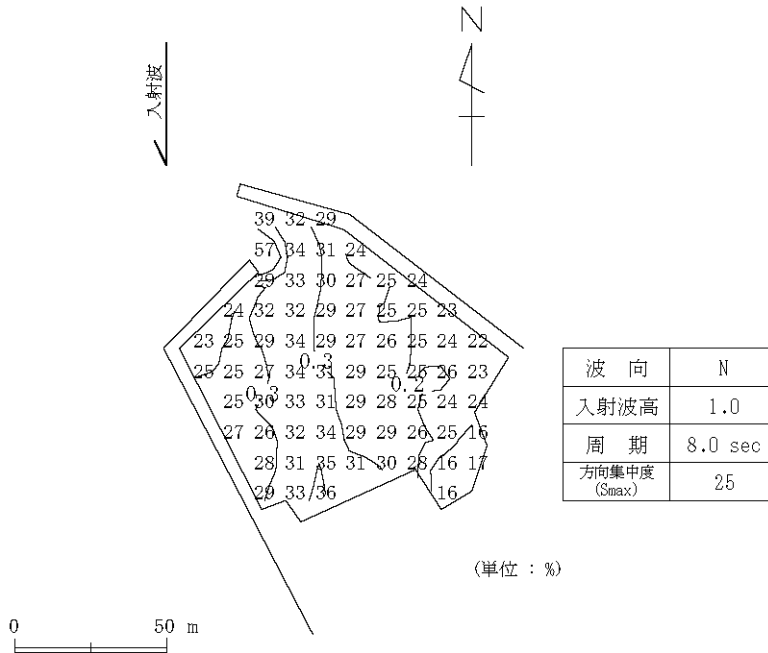
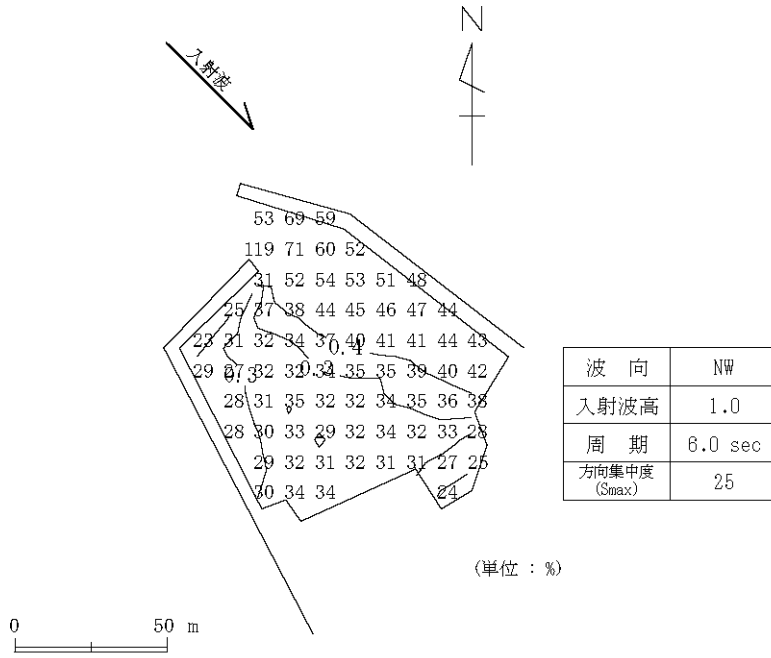


図 7-4.1(1) 港内静穏度計算結果(1)

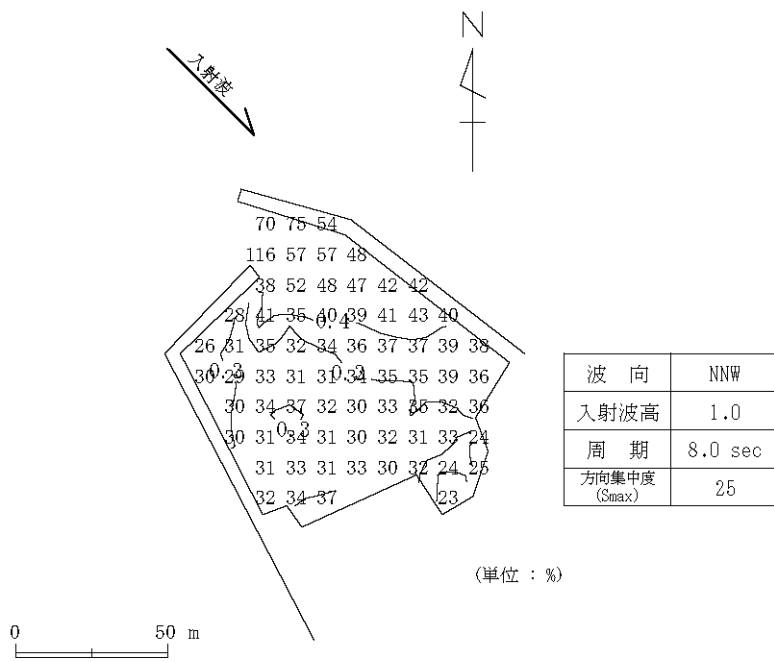
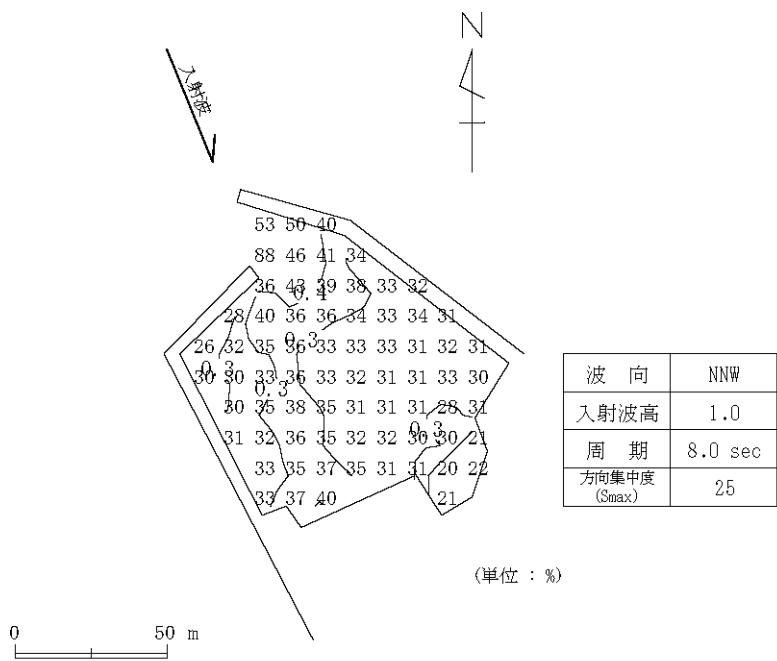


図 7-4.1(2) 港内静穏度計算結果(2)

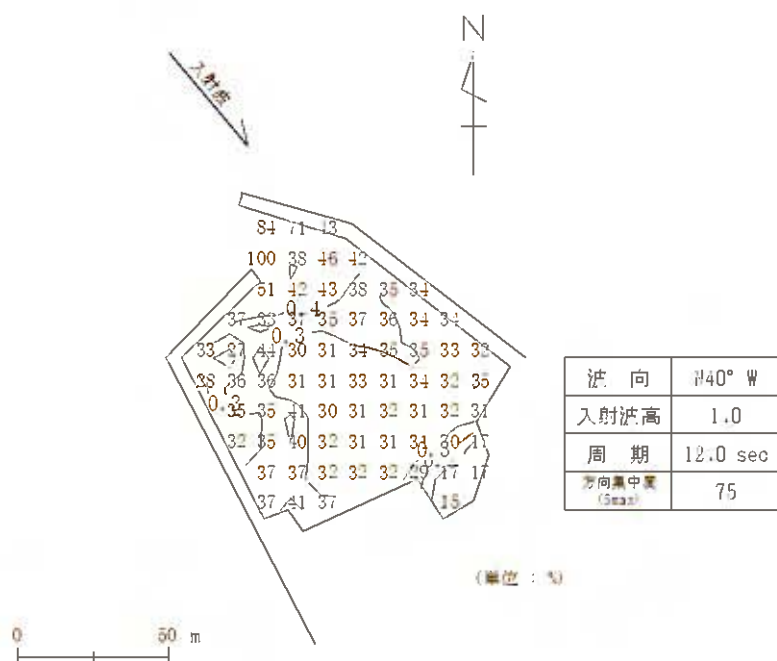


圖 7-4.1(3) 港内静穏度計算結果(3)

## 7-5 港口部の地形変化の検討

### (1) 地形変形計算の概要

防波堤の建設に伴う、周辺海域の流れ、地形変化に対する影響について検討した。汀線変化計算結果によれば、防波堤を設置した場合、北側から供給される土砂により、防波堤の北側に堆砂し、防波堤設置から10～15年後には汀線が防波堤の先端部に達する可能性があることが予想された。

ここでは、防波堤北側海域に土砂が堆積した状態を初期条件にして、防波堤周辺の地形変化状況について2次元地形変化モデルを用いて検討した。この計算手法は「局所漂砂量モデル」とも呼ばれているように、比較的狭い範囲を対象とした、構造物周辺の地形変化の算定に適している。ここでは、防波堤の建設に伴う周辺海域における地形変化の傾向を比較検討するのに用いるものとし、計算対象期間は1年とした。①波浪変形計算のパート、②流れの計算のパート、③地形変化計算の3パートからなっている。各パートの内容は以下のようになっている。

#### ① 波浪の変形計算

現地の波浪条件を基に設定した代表波浪について波浪変形計算を行う。波浪変形計算は、エネルギー平衡方程式を解く方法を用いた。計算結果から、各計算格子における波浪諸元等が出力される。ここでは、汀線変化計算結果を参考に、現地調査結果で得られた現地の地形状況を基に、防波堤北側部分に堆砂した状況を想定して水深条件を変更した。

#### ② 流れの計算

流れの計算は、浅海長波方程式を用い、外力として、上記のラジエーションストレスおよび水面勾配等から、流れの計算を行い、計算格子点における流れ（流向、流速）の平面分布が出力される。

#### ③ 地形変化計算

地形変化の計算は、波浪変形計算結果と流れの計算結果を外力として、2次元での沿岸漂砂量を算定し、これらの平面的な収支から海底地形変化量を計算する。

#### ④ 連続計算

比較的長期間を対象とするため、地形の変化に伴う外力（波浪、流れ）の変化を取り入れた計算モデル（連続計算モデル）とした。具体的には、①波浪変形計算、②流れの計算、③地形変化計算の一連の計算を1種類の波浪を対象に行い、地形変化計算結果により得られる変化後の海底地形について、さらに①～③の計算を連続的に行うものとした。

## (2) 計算条件

### 1) 波浪条件

波浪条件については、汀線変化計算の場合と同じものを用いた。大西洋上発生波のカリブ海への侵入波およびカリブ海で発生する波浪を推算し、これらを合成して、地形変化の沖側境界（水深-25m 地点）での波浪の頻度表を求めたものである。2次元地形変化の場合、結果に対して波高の及ぼす効果が大きいので、ここでは、波高および波向について3種類の波浪グループを設定し、これらのエネルギー平均波を算定して代表波浪とした。下表に各波向の代表波浪諸元と、通年での作用日数（合計 365 日）を示した。

波浪番号	波浪グループ	波向	波高(m)	周期(s)	出現率(%)	波浪作用日数
1	SW・W	N114° W	0.38	5.0	8.7	32
2	ENE・N、1.0m<H	N14° W	1.21	6.4	2.0	7
3	ENE・N、H<1.0m	N14° W	0.61	5.3	89.3	326

### 2) 計算領域

計算領域は、図に示すように、横約 700m、横約 550m であり、計算格子間隔は横縦ともに 10m である。

## (2) 計算結果

計算結果を図 8-5.1 に示す。

これによれば、防波堤先端の北側の海域で砂が堆積する傾向がある。平均的な堆積圧は約 10cm 程度である。

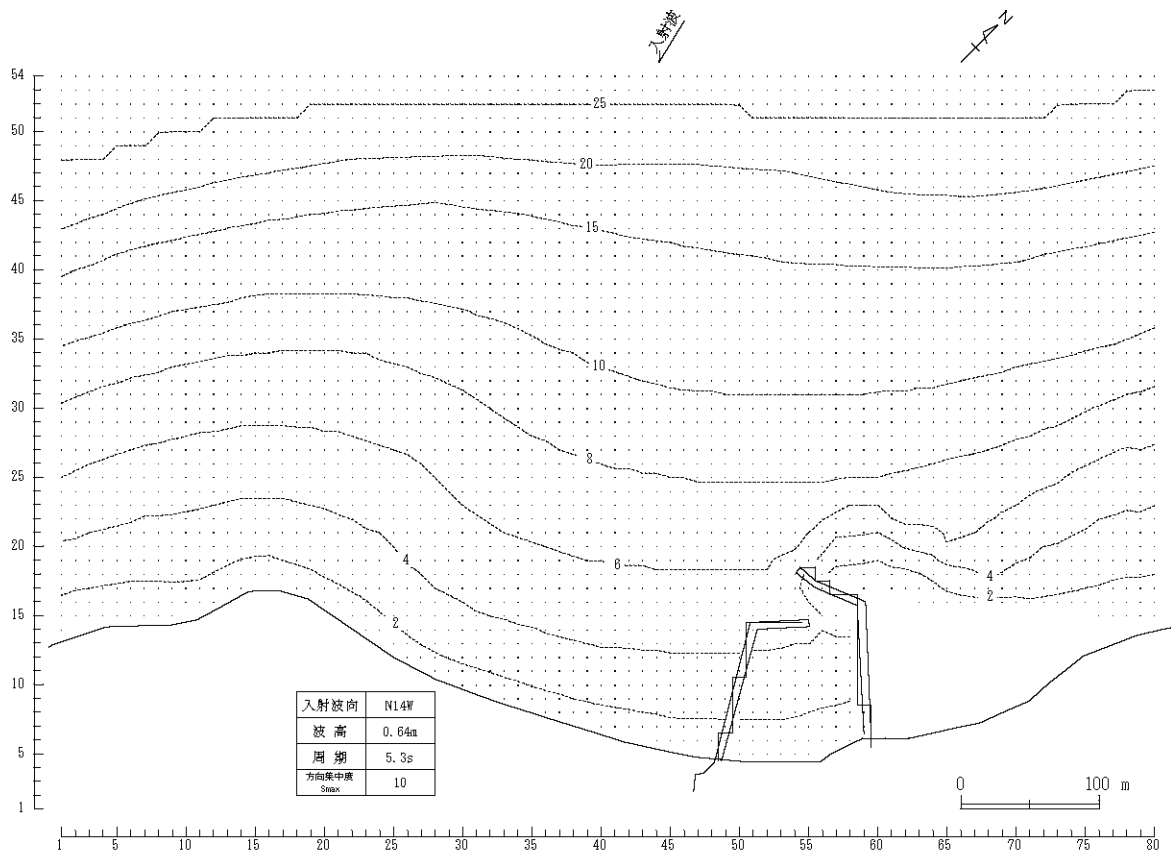


図 7-5.1 計算領域図

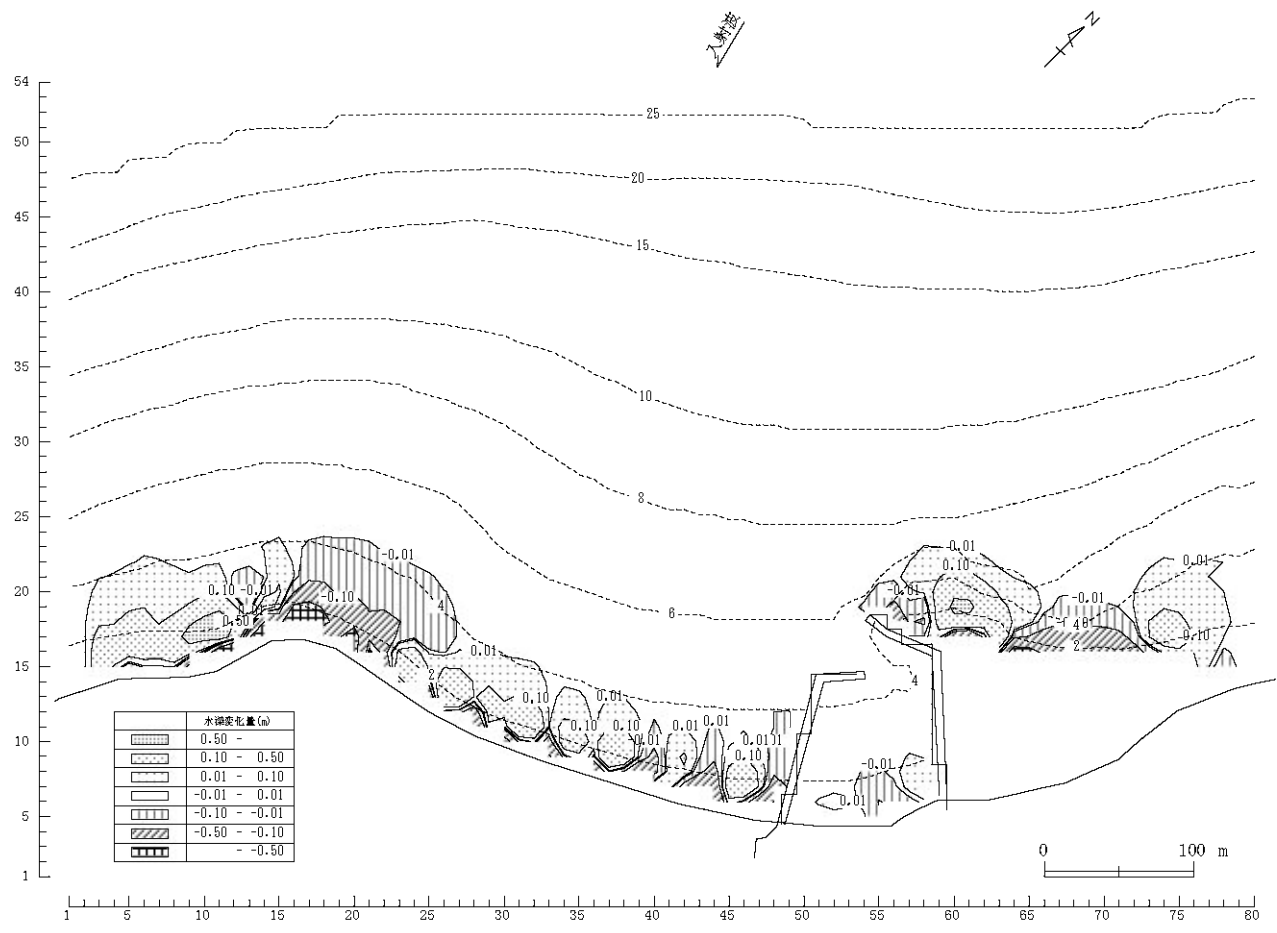
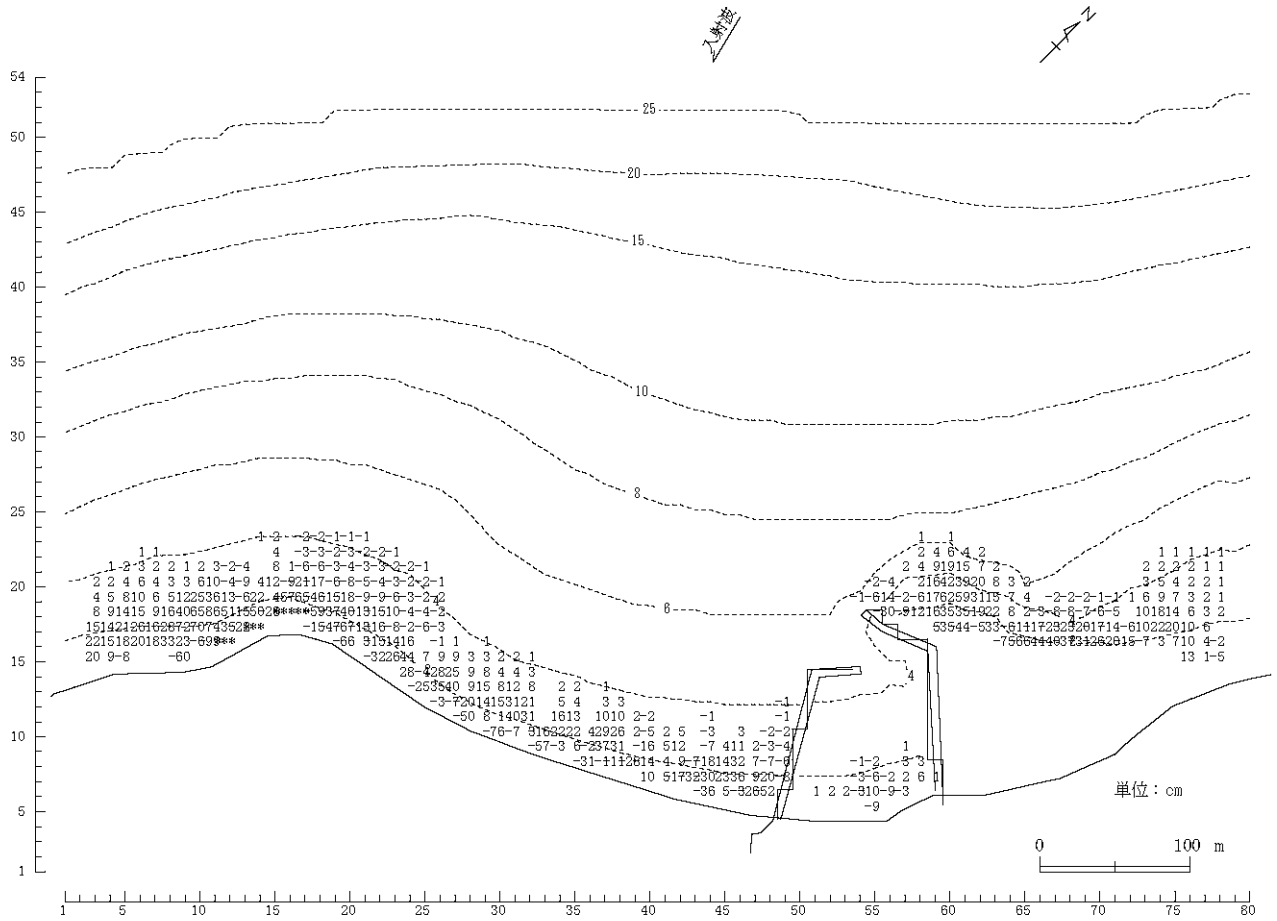


図 7.5.2 地形変化計算結果 (防波堤案、1 年後)