

キリバス国
ベシオ港修復計画
予備調査報告書

平成 16 年 2 月

独立行政法人国際協力機構

キリバス国
ベシオ港修復計画
予備調査報告書

平成 16 年 2 月

独立行政法人国際協力機構

序 文

日本国政府は、キリバス国政府の要請に基づき、同国のベシオ港修復計画にかかる予備調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構がこの調査を実施しました。

当機構は、平成15年11月30日から12月13日まで予備調査団を現地に派遣しました。

この報告書が、今後予定されている基本設計調査の実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いです。

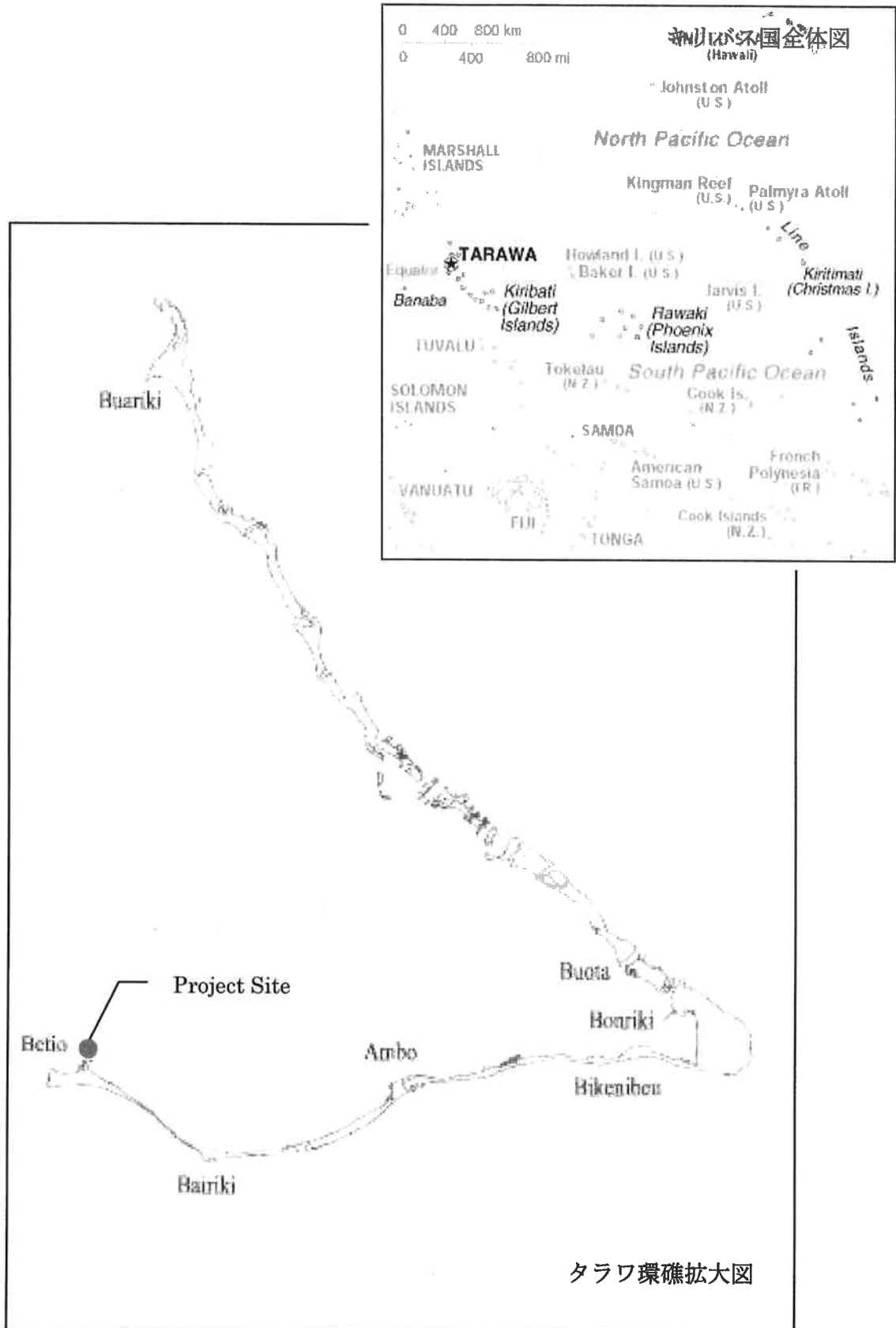
終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成16年2月

独立行政法人国際協力機構

理事 吉永 國光

調査地域位置図



キリバス共和国ベシオ港修復計画予備調査
報告書目次

序 文

調査地域位置図

第1章 予備調査の概要	1-1
1-1 予備調査の背景・目的	1-1
1-2 予備調査団の構成	1-1
1-3 予備調査の日程	1-2
1-4 予備調査の協議結果	1-2
第2章 ベシオ港の概要	2-1
2-1 港湾施設の現況および管理体制	2-1
2-2 ベシオ港整備計画の概要	2-2
2-3 ベシオ港整備計画護岸の実施設計	2-2
2-3-1 設計条件	2-2
2-3-2 護岸の設計	2-3
第3章 自然条件	3-1
3-1 気 象	3-1
3-1-1 一般気象	3-1
3-1-2 風 況	3-4
3-2 海 象	3-10
3-2-1 潮汐・潮流	3-10
3-2-2 波 浪	3-12
3-2-3 漂 砂	3-13
3-3 海水面変動	3-14
3-3-1 中期的な海水面変動	3-14
3-3-2 長期的な海水面変動	3-16
3-3-3 気象と海水面変動との関係	3-18
第4章 ベシオ港護岸被災調査	4-1
4-1 ベシオ港整備計画護岸の被災状況	4-1
4-2 既存護岸の被災状況	4-8

第5章 被災時の気象・海象状況	5-1
5-1 気象状況	5-1
5-2 海象状況	5-6
第6章 被災要因の推定	6-1
6-1 被災要因	6-1
6-2 被災時における作用外力の推定	6-1
6-3 被災のメカニズムの推定	6-3
第7章 基本設計、施工状況の妥当性の検証	7-1
7-1 設計の妥当性の検証	7-1
7-2 施工状況の妥当性の検証	7-2
第8章 修復・改修計画	8-1
8-1 既存施設の改修計画の必要性	8-1
8-2 ベシオ港整備計画護岸の修復計画	8-3
8-2-1 修復計画断面代替案と評価	8-3
8-2-2 施工方法	8-5
8-3 修復計画の実施の方法	8-7

巻末資料

付 表—1 年別風向別風速出現頻度表（1998年～2002年）
付 表—2 風向別風速出現頻度表（11月～1月、1991年～1993年）
付 表—3 月別風向別風速出現頻度表（1987年～2003年）
付 表—4 強風出現一覧表（2000年～2003年）
付 表—5 ベシオ港における中期的な海水面変動（1992年12月～2003年6月）
付 表—6 ベシオ気象観測所における風観測記録（2002年9月～2003年2月）
付 表—7 ベシオ潮位観測所における潮位記録（2002年11月29日～12月2日）

付属資料

資 料—1 協議議事録（Minutes of Discussions）
資 料—2 主要面会者リスト
資 料—3 収集資料リスト
資 料—4 現地写真集

第1章 予備調査の概要

1-1 予備調査の背景・目的

キリバス国（以下「キ」国）は国土が広大な海域に散在する島嶼国であり、かつ食料品を始めとする大部分の生活物資を輸入に頼っており、海上輸送が社会・経済活動を支える重要な生命線となっている。ベシオ港は外貿貨物を取り扱う「キ」国唯一の商業港であり、また国内海上輸送の拠点でもある。しかし、同港は1950年代に小型船を対象とした整備が実施されて以降、港湾施設の整備・補修が全く行われていない状況であったため、我が国は「キ」国からの要請に基づき、ベシオ港整備のため1996年～2000年に無償資金協力「ベシオ港整備計画」を実施した。

しかし竣工後約2年半が経過した2002年11月末、エルニーニョ現象やタラワ環礁付近の低気圧の通過等の異常気象による風向・波向の変化に起因して発生したと思われる想定外波浪（水位上昇）により同港護岸が破損し、護岸上部にあるアクセス道路が使用不能になる状態となる等の問題が発生している。一部破損箇所については「キ」国港湾公社により応急補修が行われているが、他の破損箇所の修復、港湾関連施設（建築）の修復など対応しきれない部分が多い。また、今回のような異常気象が近年頻発していることもあり「キ」国政府は同港施設の修復および必要に応じた改修について無償資金協力を要請してきた。本予備調査では同港の破損状況を確認し、前回無償資金協力の基本設計および施工状況の妥当性を検証する。また、既存部分を含めた港湾施設の適切な修復・改修の内容、実施方法等について検討すべく2003年12月2日から12月10日までキリバス国内にて予備調査を実施した。

1-2 予備調査団構成

1. 総括

田中 顕士郎 (Tanaka Kenshiro)

独立行政法人国際協力機構 無償資金協力部 業務第3課

2. 港湾土木

横川 正大 (Yokogawa Masahiro)

株式会社藤井測量設計

3. 気象・海象調査

菊田 武保 (Kikuta Takeyasu)

国際航業株式会社

1-3 予備調査の日程

日 時		日 程		宿 泊 先
		調 査 団 員		
		総括 (JICA)	コンサルタント団員	
11月30日	日	移動日： 東京 - ソウル -		機内
12月1日	月	フィジー着： 在フィジー日本大使館表敬 JICA 事務所打合せ		フィジー
12月2日	火	キリバス入り： KPA (港湾公社) 表敬		キリバス
12月3日	水	(電力) 調査	現地調査 (踏査)	キリバス
12月4日	木	現地調査 (被災地域簡易測量、水中作業含む)		キリバス
12月5日	金	現地調査 (船舶による海象調査) MCTTD 表敬		キリバス
12月6日	土	現地調査 (港湾区域簡易深淺測量)		キリバス
12月7日	日	資料整理		キリバス
12月8日	月	ミニッツ協議		キリバス
12月9日	火	現地調査 (波浪観測、旧港被災調査)		キリバス
12月10日	水	ミニッツ署名		キリバス
12月11日	木	移動日： キリバス - フィジー		フィジー
12月12日	金	在フィジー日本大使館報告 JICA 事務所報告		フィジー
12月13日	土	移動日： フィジー - 東京		

1-4 予備調査の協議結果

1) 被災状況と応急対策工の状況

- 2000年11月にわが国無償資金協力にて竣工したベシオ港のコンテナヤード護岸について、2002年11月下旬から12月上旬にかけての荒天により、約100mの区間にて護岸コンクリート構造(ファブリマツ)の破壊・亀裂、裏込め砂の流出、背面地盤(道路)の沈下、パラペットの亀裂が生じた。
- 同時に同無償資金協力にて補強した既存護岸(土囊積み)、既存岸壁(鋼矢板)にも損壊等の被害が生じた。
- 各種インフラ設備の補修は公共事業省が担当するものの、当時、タラワ環礁全体に大きな被害が生じており公共事業省の早急な対応を期待できないこと、背面地盤の沈下によりコンテナヤード進入路だけでなくコンテナヤードその

ものの沈下も予想されたことから、KPA は別プロジェクトにてキリバス国内に建設機材・資材を確保していた大日本土木の支援を得て応急対策工を実施し、裏込め砂の流出を止め、背面地盤の沈下が収まった。

- KPA にて実施された応急対策工は、キリバス国内で実施可能かつ効果的なものであり、今日までの被害拡大を防いでいるといえる。
- しかしながら、現地調査結果より対策工実施済み区間の一部では裏込め砂が流出し内部に空洞が生じている部分があり、更なる被害の拡大が懸念されることから、より本格的な災害対策工もしくは恒久的な対策工の実施が必要なものと判断される。

2) 気象・海象条件

- ベシオ港被災時の気象・海象条件を把握することでコンテナヤード護岸の破壊メカニズムを明らかにするとともに、今後の対策工の必要性を判断するため、調査団はキリバス国気象局や潮位観測所で調査を進めたものの、長期的な風データはニュージーランドにて、潮位データはオーストラリア国にて管理されており、キリバス側にデータ入手にかかる要請を両国データ管理機関に依頼し受け入れられた。

3) 今後の協力方法

- 調査団は1) に示す「本格的な災害対策工」を技術的見解としてキリバス側に推奨したものの、十分な気象・海象データが得られていないため、適用すべき設計強度や設計年数が不明であることを同時に伝えている。
- 今後、十分な気象・海象データを得ることにより、本格的な災害対策工と恒久的な対策工のどちらが好ましいかを工学的に判断するとともに、協力方法（無償資金協力もしくはフォローアップ協力）を検討する。

4) 総括所感

- わが国無償資金協力により実施されたベシオ港新埠頭と新コンテナターミナルは、キリバス国によって有効に使用され、物資輸送のほとんどを同港に頼る同国の生命線になっていることから、今後の被害拡大を防ぐための護岸修復は困難な急務であるといえる。護岸修復の実施に当たっては、無償資金協力の範囲に含まれていた既存護岸についても同時に修復を実施することが望ましい。
- KPA は日常的な収入があり、軽微な修復作業は実施可能であるものの、本格的な災害対策工や恒久的な対策工を実施する財政的な余裕はなく、局内に土木技術者がいないことから、わが国の協力による施設の修復は妥当であるも

のと考えられる。

- また、2004年7月のIMO(国際海事機構)の改正 SOLAS 条約(海上輸送安全条約)への対応について、KPAではSPC諸国と足並みを合わせて豪国人コンサルタントを用いて進めているが、わが国より短期専門家等の派遣によりその対策を評価してほしいとの要請があった。調査団からはこの要請を在フィジー日本大使館・JICA事務所に伝えるとともに、要請書をキリバス国外務省を通じて在フィジー日本大使館に伝えてほしい旨回答した。

第2章 ベシオ港の概要

2-1 港湾施設の現況および管理体制

旧ベシオ港は1960年に建設された。ベシオ港はタラワ環礁の南西の北部に位置し、ラグーン側に位置している。主要港湾施設は表2.1.1のとおりであり、東西2本の防波堤にはさまれた進入航路、泊地、鋼矢板岸壁、上屋が数棟等である。

日本の無償資金協力事業で実施されたベシオ港整備計画は東防波堤の東側を埋立するもので、その概要は次節2-2で述べる。

表 2.1.1 ベシオ港港湾施設一覧

施設	数量	摘 要
東防波堤	1	延長 610m : 鋼矢板岸壁 130m、袋状埋立護岸 480m
西防波堤	1	延長 305m : 護岸延長 610m
入港航路	1	完成時 ; 延長 -3.05m 水深まで浚渫、幅 18.3m、水深 -3.05m
漁業栈橋	1	総延長 220m : 4 バース
岸壁	1	総延長 130m : 内接岸可能延長約 92m
ブイ	7	
ビーコン	7	
KSSL 事務所	1	総床面積 534m ²
KSSL 上屋	7	351m ² x 5、330m ² 、165m ²
KCWS 上屋	1	351m ²
コンテナヤード	1	3,200m ²
タグボート	3	210Hp x 2 隻、 2 x 127 Hp x 1 隻
バージ	4	18x6.5x1.5m、 18.35x6.65x1.5、 18x6.8x1.5m 18.35x6.8x1.5m
モービルクレーン	1	15t
固定クレーン	1	32.5t
ユニック	1	3t
フォークリフト	3	2.5t
トレーラー	14	5t

(ベシオ港整備計画調査報告書を参照)

港湾の管理運営は、1990年に成立した港湾法 (Port KPA Act, 1990) に基づき、キリバス港湾公社 (KPA) が行っている。

2-2 ベシオ港整備計画の概要

日本の無償資金協力事業で実施されたベシオ港整備計画は東防波堤の東側を埋立し、-6m 泊地を有する 80m の岸壁を建設するものであり、主要な整備施設は表 2.2.1 に示すものである。なお、施設計画の基本となる、同港利用の対象船舶は、ベシオ島と同国内離島間に就航している、Matangare 号としている。Matangare 号を対象船舶とし、日本の「港湾の技術上の基準」に従ってバース長を 80m、水深-6.0m と決定している。

表 2.2.1 ベシオ港整備計画の整備施設

施設名	形式	仕様
係船岸	鋼矢板岸壁 幅 20m	延長 122m (接岸長 80m)
泊地	回頭水域浚渫	水深 -6.0m、幅 105m
既存港泊地・航路	維持浚渫	-3.0m
コンテナヤード	コーラル土砂締固	面積 17,000m ²
浚渫土処分場	整地 (コンテナヤード背後地)	33,000m ² 、天端高 +2.00m
上屋	1 棟	床面積： 800m ²
旅客ターミナル	1 棟	床面積： 120m ²
電気棟	1 棟	床面積： 96m ²
港湾局管理事務所	1 棟	床面積： 350m ²
アクセス道路	コーラル土砂締固	630m (7 m幅員)
航路	一部浚渫、航路標識	ライト・ブイ 8 基、 ライトビーム・コン 1 基
トラッククレーン	1 台	80t 型
フォークリフト	1 台	25 トン
フォークリフト	2 台	6 トン

(ベシオ港整備計画基本設計調査報告書参照)

2-3 ベシオ港整備計画護岸の実施設計

2-3-1 設計条件

船長：68m、船幅：11.8m、満載喫水：5m を対象船舶とし、
外力としては上載荷重：3.0t/m² (常時)、1.5t/m² (地震時)
接岸速度： 20cm/秒とする。

1) 自然条件

海象条件

M.H.W.S : +1.8m
M.L.W.S : +0.1m
C.D.L : -0.4m
設計波 : 波高 1.54m
 : 周期 4秒
 : 波向 N

土質条件

土質調査（ボーリングおよび室内試験）結果による

地震の設計震度

水平震度： 0.05 とする。

2) 材料条件

裏込土

単位体積重量： 1.8t/m³（空中）

同 0.8t/m³（水中）

現地調達 : 捨石、骨材

日本国調達 : 防舷材、航路標識、鋼矢板、鋼材、鉄筋、建築資材、給排水資材、給電資材

第3国調達 : セメント、木材

3) 施工条件

施工機械・作業船舶は同国にはないので、すべて日本国より調達する。

クローラクレーン、トラッククレーン、杭打機、バックホー、ダンプトラック、ブルドーザー、トレーラー、浚渫船、各種試験器具

2・3・2 護岸の設計

本計画では波浪条件に応じて2タイプの護岸を採用している。泊地護岸の設計においては、ラグーン内で発生した風記録より推算した有義波を入射波とし、港内泊地における多重反射を考慮した波を推算している。この結果泊地南東部の隅角部に収斂した高波浪が発生し、この波を泊地護岸隅角部の設計波としている。

設計波 波高：1.54m
 波向：北
 周期：4秒

タイプ1 護岸 消波ブロック被覆式傾斜護岸

消波ブロック所要重量はハドソン式により 0.36t となるが、既製の最小ブロック重量より 1 トン以上を採用する。(実際は 2 トン用サイズのトリバー使用)
根固めブロックおよび防砂シートを施し、浸食および土砂の流出を防ぐ。
捨石表面(法面および天端)は蛇籠マットを施し、捨石の吸出しを防止する。
蛇籠マットの上にトリバーを一段の整積を施す。

タイプ2 護岸 ファブリマット被覆式傾斜護岸

根固めを十分に施した構造として設計する。
同国の限られた石材供給事情を考慮したタイプである。
泊地護岸の隅角部以外の場所に採用する。

第3章 自然条件

3-1 気 象

キリバス国における気象観測に関しては、通信運輸観光省（MCTTD：Ministry of Communications, Transportation and Tourism Development）に属し、タラワ環礁ベシオ島にあるベシオ気象観測所（1° 21.0' N、172° 55.5' E）にて、天候・風・気温・雨量・気圧等の観測を実施している。

しかしながら、ベシオ気象観測所にはこれまでのデータの一部しか保存されておらず、長期的なデータについては、ニュージーランドの機関（NIWA：National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd.）が保有している。

3-1-1 一般気象

キリバス国は、熱帯海洋性気候に属し、気温の変化は小さく年間を通して湿度は高い。季節的には、6月から11月が乾季、12月から5月が雨季である。

(1) 気 温

1991年から2002年までのベシオ気象観測所における12年間の月平均最高気温、月平均気温および月平均最低気温の月別変化を、表-3.1.1および図-3.1.1に示した。

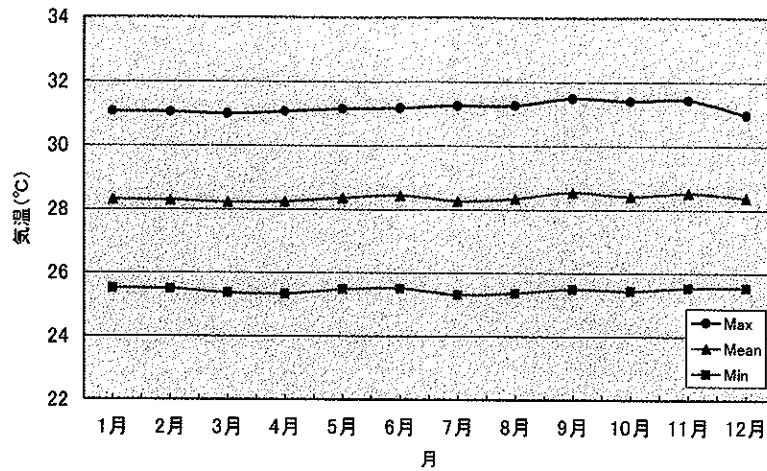
月平均最高気温の最高（9月：31.5℃）と月平均最低気温の最低（4月：25.3℃）の差を見てもわずか6.2℃であり、年間の気温差はあまりない。

表-3.1.1 ベシオの月別気温（1991年～2002年）

単位：℃

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
最高気温	31.1	31.1	31.0	31.1	31.2	31.2	31.3	31.3	31.5	31.4	31.4	31.0	31.2
最低気温	25.5	25.5	25.4	25.3	25.5	25.5	25.3	25.4	25.5	25.4	25.5	25.6	25.5
平均気温	28.3	28.3	28.2	28.2	28.4	28.4	28.3	28.4	28.5	28.4	28.5	28.4	28.4

（出典：ベシオ気象観測所）



(出典：ベシオ気象観測所)

図-3.1.1 ベシオの月別平均気温 (1991年～2002年)

(2) 降雨量

1992年から2002年までのベシオ気象観測所における11年間の月平均降雨量の月別変化を、表-3.1.2および図-3.1.2に示した。また、1992年～2002年における年別の降雨量を求め、図-3.1.3に示した。

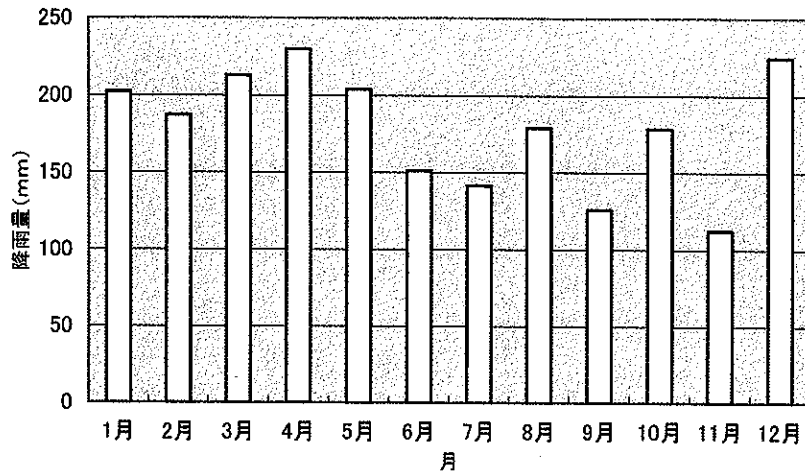
降雨量は、年平均で2,200 mm程度であるが、年変動はかなり大きい。月別では、雨季(12月～5月)に比較的多く、乾季(6月～11月)に少ない。

表-3.1.2 ベシオの月別平均湿度および降雨量 (1981年～1992年)

単位：mm

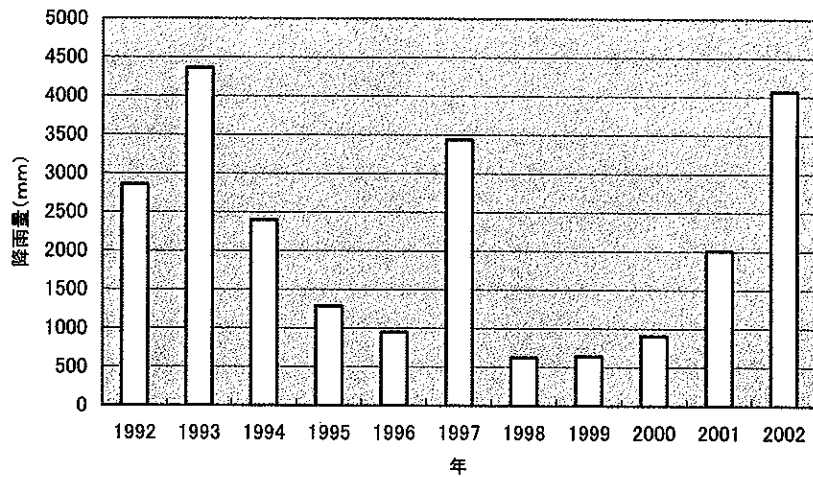
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
降雨量	203	187	213	230	204	151	142	179	126	178	113	225	2,151

(出典：ベシオ気象観測所)



(出典：ベシオ気象観測所)

図-3.1.2 ベシオの月別平均降雨量 (1992年～2002年)



(出典：ベシオ気象観測所)

図-3.1.3 ベシオの年別降雨量 (1992年～2002年)

3-1-2 風況

キリバス国は、熱帯海洋性気候に属し、通常は穏やかな風が吹き、12月から1月にかけてときおり強風が吹く程度である。風向は、年間を通して東風が卓越するが、稀に西風が吹く。

(1) 風況概要

ベシオ気象観測所における3時間毎の観測記録をもとに、風向別風速出現頻度表を求め、最近の5年間(1998年～2002年)について通年の統計結果を表-3.1.3に示した。なお、年別の結果については、巻末資料として付表-1に示した。また、1991年から1993年までの3年間については、通年の結果を表-3.1.4に、荒天時の出現頻度が高い11月～1月については、巻末資料として付表-2に示した。さらに、1991年～1993年の3年間の通年データをもとに作成した風配図を、図-3.1.4に示した。

これらの風向風速出現頻度表をみると、年間では風速が5m/sec以下の穏やかな風が70%前後を占めており、風向は東風が卓越している。

風速が10 m/sec以上の強風の出現については、概して経年変化が大きいのが、表-3.1.4および付表-1(その5)に顕著にみられるように、西風が吹く時に出現する傾向にある。また、西風は季節的には11月から1月に卓越しており、表-3.1.4と付表-2との比較で明らかのように、この季節に年間の70%前後の出現となっている。

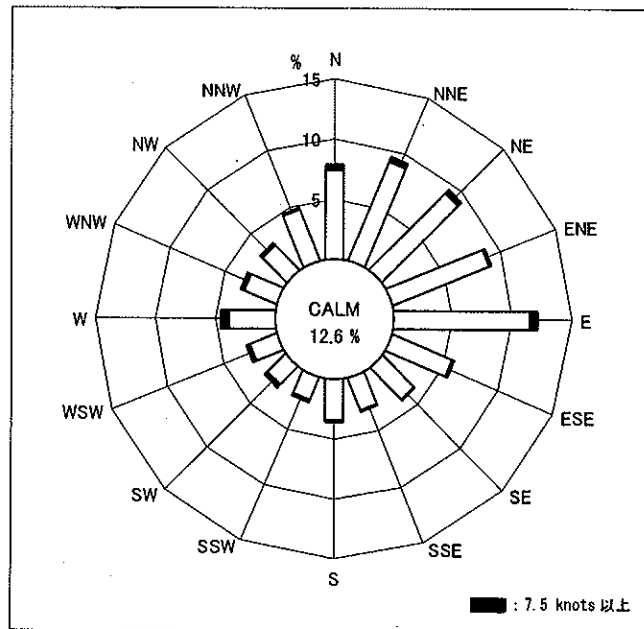


図-3.1.4 風配図(全年)

表-3.1.3 風向別風速出現頻度：通 年 (1998年~2002年)

上段：出現數 (回)、下段：出現率 (%)

WAVE DIRECTION	CALM	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
WIND SPEED (M/S)										
CALM	1072 8.5	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	1072 8.5
0.5 - 2.5	0 0.0	118 0.9	402 3.2	850 6.8	403 3.2	94 0.7	69 0.5	74 0.6	46 0.4	2056 16.3
2.5 - 5.0	0 0.0	167 1.3	609 4.8	3238 25.7	1263 10.0	151 1.2	107 0.9	134 1.1	76 0.6	5745 45.7
5.0 - 7.5	0 0.0	60 0.5	155 1.2	1802 14.3	940 7.5	38 0.3	54 0.4	51 0.4	37 0.3	3137 24.9
7.5 - 10.0	0 0.0	17 0.1	9 0.1	233 1.9	180 1.4	15 0.1	23 0.2	28 0.2	7 0.1	512 4.1
10.0 - 12.5	0 0.0	4 0.0	0 0.0	4 0.0	20 0.2	2 0.0	8 0.1	12 0.1	2 0.0	52 0.4
12.5 - 15.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	1 0.0	1 0.0	1 0.0	1 0.0	3 0.0	0 0.0	7 0.1
15.0 - 17.5	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	1 0.0	1 0.0	1 0.0	0 0.0	3 0.0
17.5 - 20.0	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
20.0 -	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	1072 8.5	366 2.9	1175 9.3	6128 48.7	2807 22.3	302 2.4	263 2.1	303 2.4	168 1.3	12584 100.0

(NOTE) NO. OF NO DATA : 2024

表-3.1.4 風向別風速出現頻度：通 年 (1991年~1993年)

上段：出現數 (回)、下段：出現率 (%)

WAVE DIRECTION	CALM	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
WIND SPEED (M/S)																		
CALM	846 12.6	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	846 12.6
0.2 - 2.5	0 .0	104 1.5	88 1.3	102 1.5	95 1.4	106 1.6	53 .8	60 .9	57 .8	45 .7	32 .5	20 .3	26 .4	48 .7	38 .6	33 .5	57 .8	964 14.4
2.5 - 5.0	0 .0	230 3.4	336 5.0	356 5.3	325 4.8	363 5.4	210 3.1	121 1.8	91 1.4	97 1.4	59 .9	72 1.1	80 1.2	121 1.8	91 1.4	92 1.4	160 2.4	2804 41.8
5.0 - 7.5	0 .0	167 2.5	177 2.6	147 2.2	165 2.5	299 4.5	115 1.7	67 1.0	40 .6	66 1.0	34 .5	39 .6	44 .7	88 1.3	57 .8	64 1.0	97 1.4	1666 24.8
7.5 - 10.0	0 .0	34 .5	26 .4	24 .4	18 .3	46 .7	21 .3	14 .2	6 .1	21 .3	14 .2	23 .3	21 .3	39 .6	18 .3	20 .3	12 .2	357 5.3
10.0 - 15.0	0 .0	1 .0	3 .0	2 .0	1 .0	2 .0	3 .0	1 .0	4 .1	2 .0	4 .1	5 .1	10 .1	15 .2	9 .1	2 .0	2 .0	66 1.0
15.0 - 20.0	0 .0	0 .0	0 .0	0 .0	1 .0	0 .0	0 .0	0 .0	0 .0	0 .0	0 .0	0 .0	0 .0	1 .0	0 .0	0 .0	0 .0	2 .0
20.0 - 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
25.0 - 30.0	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
30.0 -	0 .0	0 .0	4 .1	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	4 .1
TOTAL	846 12.6	536 8.0	634 9.4	631 9.4	605 9.0	816 12.2	402 6.0	263 3.9	198 3.0	231 3.4	143 2.1	159 2.4	181 2.7	312 4.7	213 3.2	211 3.1	328 4.9	6709 100.0

(NOTE) NO. OF NO DATA : 2059

さらに、ベシオ気象観測所における長期間（1987年～2003年：17年間）にわたる観測結果を基に作成した月別風向別風速出現頻度表を、ニュージーランドの National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd. (NIWA) より入手し、巻末資料として付表—3に示した。これらの表においては、風速階級の単位は km/hour で表されており、静穏 (Calm) は 1 knot 未満である。また、風速は求められているが風向が一定しないものについては “Var.” として表されている。なお、1knot = 1.852 km/hour = 0.514 m/sec である。

これによると、長期間にわたるデータでも、風速が 20 km/h (5.55 m/sec) 以下の風の出現が年間を通して多く、11月～3月では 60%台であるが、4月～10月では 70%台であり、5月～7月では 80%近い値となっている。

一方、40 km/h (11.1 m/sec) 以上の強風の出現は、2月～10月では 0.6%未満と非常に少ないが、11月および12月では 1%前後となっており、強風の出現は 11月～12月に顕著であることを示している。なお、100 km/h (27.75 m/sec) 以上の強風は、17年間で 12回観測されている。

次に風向についてみると、年間を通して東風 (NE～SE) が圧倒的に卓越しており、1月～10月では 58%～77%を示している。しかしながら、11月および12月においては、東風 (NE～SE) は全体としては卓越しているものの 50%以下の出現となり、西風 (SW～NW) の出現が 25%前後と比較的高くなる。

なお、9月～1月の間における強風は、西風が吹く時に出現する傾向は、長期間のデータにも明瞭に現れている。

(2) 強風出現頻度

強風の出現傾向ないしは出現頻度を検討すべく、ベシオ気象観測所における3時間毎の観測記録をもとに、最近の4年間(2000年～2003年)について、20 knots(約10.3 m/sec)以上の強風が出現した起日およびその継続時間などを一覧表に取りまとめ、巻末資料として付表-4に示した。

これによると、20 knots以上の風は4年間で80回観測されており、このうち、西風(NNW～SSW)は44回となっている。また、25 knots(約12.9 m/sec)以上の強風に注目すると、4年間で15回観測されており、このうち西風は9回である。なお、30 knots(約15.4 m/sec)以上の強風は4回出現し(最大風速は32 knots:約16.5 m/sec)、すべて西風であった。

一方、強風が出現する季節は、ほとんどが9月～1月であり、特に12月の出現が顕著である。

さらに、これらの強風のうち西風に注目して、その出現時期について取りまとめると、表-3.1.5に示した8時期になる。なお、ここで言う出現時期とは、3時間毎の出現回数ではなく、強風の継続時間に注目してまとめたものである。

これによると、出現時期は2001年が2回、2002年が5回、2003年が11月までで1回となっており、2000年には出現していない。このことからすると、2002年は近年では西からの強風の出現頻度が非常に高かったといえる。

表-3.1.5 西からの強風の出現時期(2000年～2003年)

No.	出現時期		吹送時間 (15 knots 以上)	最大風速 (knot)	出現風向
	開始年月日	終了年月日			
1	2001.12.13	2001.12.14	39 時間	27	W～NW
2	12.20	12.22	18 時間	25	W～NW
3	2002.08.18	2002.08.19	24 時間	24	SW～WSW
4	09.10	09.10	18 時間	31	S～SW
5	09.29	10.04	72 時間	22	W
6	10.13	10.14	54 時間	32	S～NW
7	11.29	12.02	48 時間	32	SW～NW
8	2003.01.07	2003.01.10	18 時間	26	NW

一方、NIWA より入手したベシオ気象観測所における長期間（1987年～2003年：17年間）にわたる観測結果（付表-3）より、55 km/hour（15.3 m/sec、約 30 knots）以上の強風を観測した回数を月別に抽出すると、表-3.1.6 に示したとおりである。

これによると、55 km/h（15.3 m/sec、約 30 knots）以上の強風は 40 回観測されており、風向としては西風（SW～NW）が 18 回、北風が 10 回、南風が 8 回、東風（NE～SE）が 4 回で、西風が半数近くを占めている。

このうち西風に注目すると、その出現する季節は 9 月～3 月となっており、特に 11 月および 1 月に出現頻度が高い。

なお、55 km/h（15.3 m/sec、約 30 knots）以上の強風の出現頻度としては、17 年間で 40 回観測しており、統計的には 1 年間に 2 回程度は吹くことになる。そのうち、西風は 18 回観測しており、このような西からの強風が 1 年間に 1 回程度は吹くことになる。

表-3.1.6 強風（55 km/h）の出現回数（1987年～2003年）

月	西風 (SW～NW)	北風 (N)	南風 (S)	東風 (NE～SE)
1 月	4 回	1 回		
2 月	2 回			1 回
3 月	1 回	2 回		
4 月				
5 月				
6 月		1 回	1 回	1 回
7 月		4 回	2 回	1 回
8 月				
9 月	1 回		1 回	1 回
10 月			1 回	
11 月	9 回	1 回		
12 月	1 回	1 回	3 回	
合計	18 回	10 回	8 回	4 回

3-2 海 象

3-2-1 潮汐・潮流

ベシオ港での潮位観測は、古くは West Mole の基部に設置された潮位計により実施されていたが、近年（1992年12月）オーストラリアが South Pacific Sea Level and Climate Monitoring Project の名で、地球温暖化の資料とすべく棧橋（New Jetty）の中央部に潮位計を新設している。

West Mole の基部に設置された潮位計による 1974年5月～1977年12月間の観測記録をもとに、ハワイ大学が解析を行い、図-3.2.1 に示した潮位関係図を求めている。なお、同期間において観測された最高潮位および最低潮位は、下記のとおりである。

Highest High Water Level : 8.5 feet (2.591 m) (1976年2月)
Lowest Low Water Level : -0.2 feet (-0.061 m) (1975年2月)

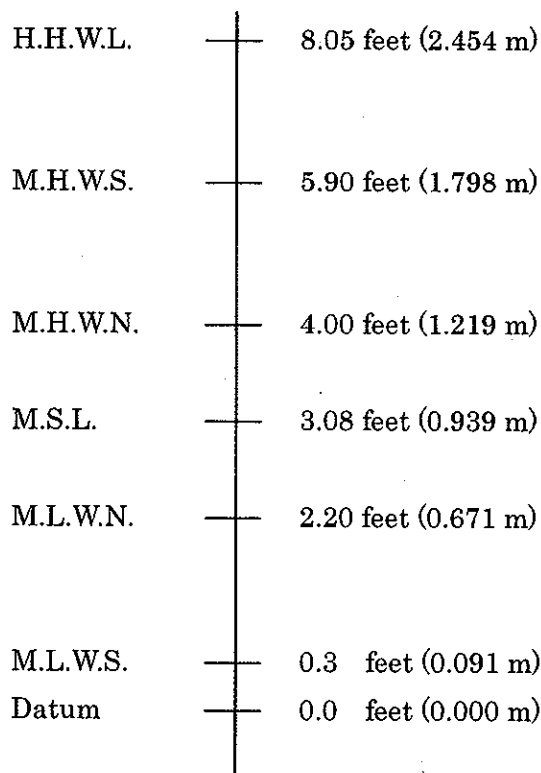


図-3.2.1 ベシオ港潮位関係図（ハワイ大学）

また、“キリバス国港湾開発計画調査”においては、旧ベシオ港東防波堤先端部に潮位計を設置して、1994年3月～4月の2ヶ月間にわたって潮位観測を実施している。

この時の観測値をもとに実施した潮位調和分解により求められた潮位調和定数のうち主要4分潮に注目し、これらの値（振幅と遅角）と既往の調査結果（Admiral Tide Table, British Navy）とを比較したものが、表・3.2.1である。

なお、キリバス国港湾開発計画調査において最終的に求められた潮位関係図を、図・3.2.2に示した。

表・3.2.1 潮位調和定数の比較表

調査名	調和定数	主要4分潮				L.A.T.	Z ₀
		M ₂ 分潮	S ₂ 分潮	K ₁ 分潮	O ₁ 分潮		
港湾開発調査 ⁽¹⁾	振幅：H (m)	0.596	0.296	0.091	0.053	-0.090	1.036
	遅角：K (°)	125.5	142.2	243.4	212.3		
既往調査結果 ⁽²⁾	振幅：H (m)	0.591	0.307	0.092	0.060	-0.100	1.050
	遅角：K (°)	124.4	137.3	240.3	214.0		

- 注) 1. 港湾開発調査⁽¹⁾：キリバス国港湾開発計画調査
 2. 既往調査結果⁽²⁾：Admiral Tide Table, British Navy
 3. L.A.T.：Lowest Astronomical Tide
 4. Z₀：主要4分潮の振幅の和 (H_m + H_s + H' + H₀)

一方、流況に関しては、タラワ環礁は北東および南が島であるが、西側のリーフは全体に高度が低いため、海水は主として西側よりラグーン内に進入する。したがって、潮流は全体に上げ潮時に東流し、下げ潮時に西流する。流速は、平均で1.5～2ノット(0.8～1.0 m/sec)程度である(B.B.C.T.：Design Reportより)。

また、キリバス国港湾開発計画調査時に旧ベシオ港の港口部3地点において実施した結果では、上げ潮時に東南東流を、下げ潮時に西流を示し、最大流速は30 cm/secであったと報告されている。

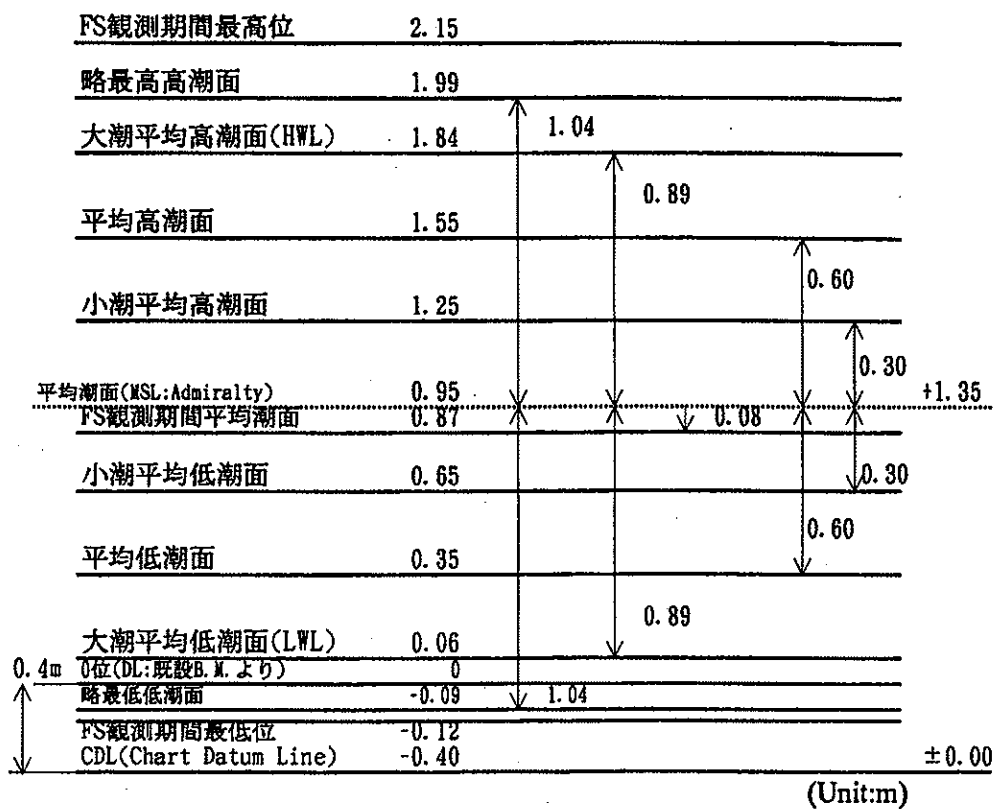


図-3.2.2 潮位関係図 (キリバス国港湾開発計画調査)

3-2-2 波 浪

波浪観測結果については、1976年11月30日～1976年12月31日の一ヶ月間の観測をもとに、ベシオ島の島端リーフ上で0.10～0.45 m (周期：1～17 sec)、ベシオ港突堤の先端部で0.15～0.77 m (周期：2～6 sec) という報告がある。

3-2-3 漂 砂

当該海域における漂砂現象に関しては、旧ベシオ港における航路および泊地埋没に関連して、港湾開発計画調査時に詳細に検討している。

その結果によると、旧ベシオ港での浮遊砂濃度は約 10 mg/litter であり、浮遊砂による埋没量は、表-3.2.2 に示したように、年間平均で約 1,400 m³（平均水深で年間 3.6 cm）と見積られた。

表-3.2.2 旧ベシオ港での浮遊砂による埋没量

地 域	面 積 (m ²)	平均埋没 (cm /year)	平均埋没量 (m ³ /year)
船 溜 り	14,400	4.0	576
港 口 部	8,500	5.0	425
航 路	15,000	2.5	375
合 計	37,900	3.6 (平均)	1,376

(出典：Final Report of the Study on Ports Development in Kiribati)

さらに、ラグーン内の 49 年間(1943～1992 年)における漂砂量は 53,200 m³ (年間 1,100 m³) と推算されており、ともにその量は非常に少ないと言えよう。

また、旧ベシオ港の航路水深は、当初は DL-3.05 m であったが、建設以来の長年の浮遊砂の沈殿により、基本調査調査時(1996 年)には 1 m 程度浅くなっており、港内の泊地も当初の水深 DL-3.96 m が DL-1～-3m まで浅くなっていたと報告されている。

なお、今回の予備調査においても旧港の航路水深を概略チェックしたが、最も浅い部分は DL-1.5 m 程度であった。

最後に、今回の予備調査においては、KPA 港長の依頼により、コンテナ岸壁先端部付近における簡易水深測量を実施したが、岸壁の先端部および西側部において水深が 2.9 m～3.9 m の区域がかなり広く分布しており、当初の水深 6.0 m と比較すると、2m～3m 浅くなっている。これは岸壁東側から回り込んだ漂砂現象によるものである。

3-3 海水面変動

ベシオ港には、漁業用栈橋のほぼ中央部に潮位計が設置されており、現在稼働中である。この潮位計 (SEAFRAME : Sea Level Fine Resolution Acoustic Measuring Equipment) は、AusAID の援助による「南太平洋海水面および気候モニタリング・プロジェクト (South Pacific Sea Level and Climate Monitoring Project : SPSLCMP)」の一環として 1992 年 10 月に設置されたものである。

また、同港においては、古くはハワイ大学によって潮位計が設置され、最近まで稼働していた。

これらの潮位計による観測結果から、ベシオ港における中・長期にわたる海水面の変動をみると、下記のとおりである。

3-3-1 中期的な海水面変動

SEAFRAME による約 10 年間の月平均海水面 (Mean Sea Level) および海水面の月最大値 (Max. Sea Level)・月最小値 (Min. Sea Level) を巻末資料の付表—5 および図-3.3.1 に示した。

図-3.3.1 で特徴的なことは、特に平均海水面の変動に顕著に現れているが 1997 年から 1998 年にかけての海水面の下降である。1997 年 3 月 (1.820 m) から 1998 年 2 月 (1.370 m) の約 1 年の間に 45 cm も下降している。これは 1997 年から 1998 年にかけてのエルニーニョ現象の影響と言われている。

一方、月別の海水面最大値 (図-3.3.1 の上段) をみると、時々海面が上昇していることが読みとれる (グラフで 3.0 m に近い値となっている)。この傾向は、特に 10 月から 3 月にかけて顕著である。

いま、付表—5 より最大値が 2.90 m 以上 (CDL 上の値でいうと 2.65 m 以上) の値を示しているものを抽出すると、表-3.3.1 のとおりであり、1998 年～2000 年においては海水面が下降したため記録されていないが、それでも約 10 年間で 17 回記録されている。

この海水面が高くなる現象は、キリバス地域の海象状況と関係しており、大規模な赤道波浪 (Equatorial Waves) の通過時に起こり、その波浪は海水面に大規模な擾乱を起こす赤道付近の西風によって発生する。この現象は徐々に東へ移動するが、通過時に海水面を数 10 cm 上昇させる。なお、これらの波浪は、エルニーニョ現象の初期の段階に活動的であると言われている (Pacific Country Report : Sea Level & Climate – Their Present State (Kiribati), June 2003)。

Monthly sea level at Betio SEAFRAME gauge

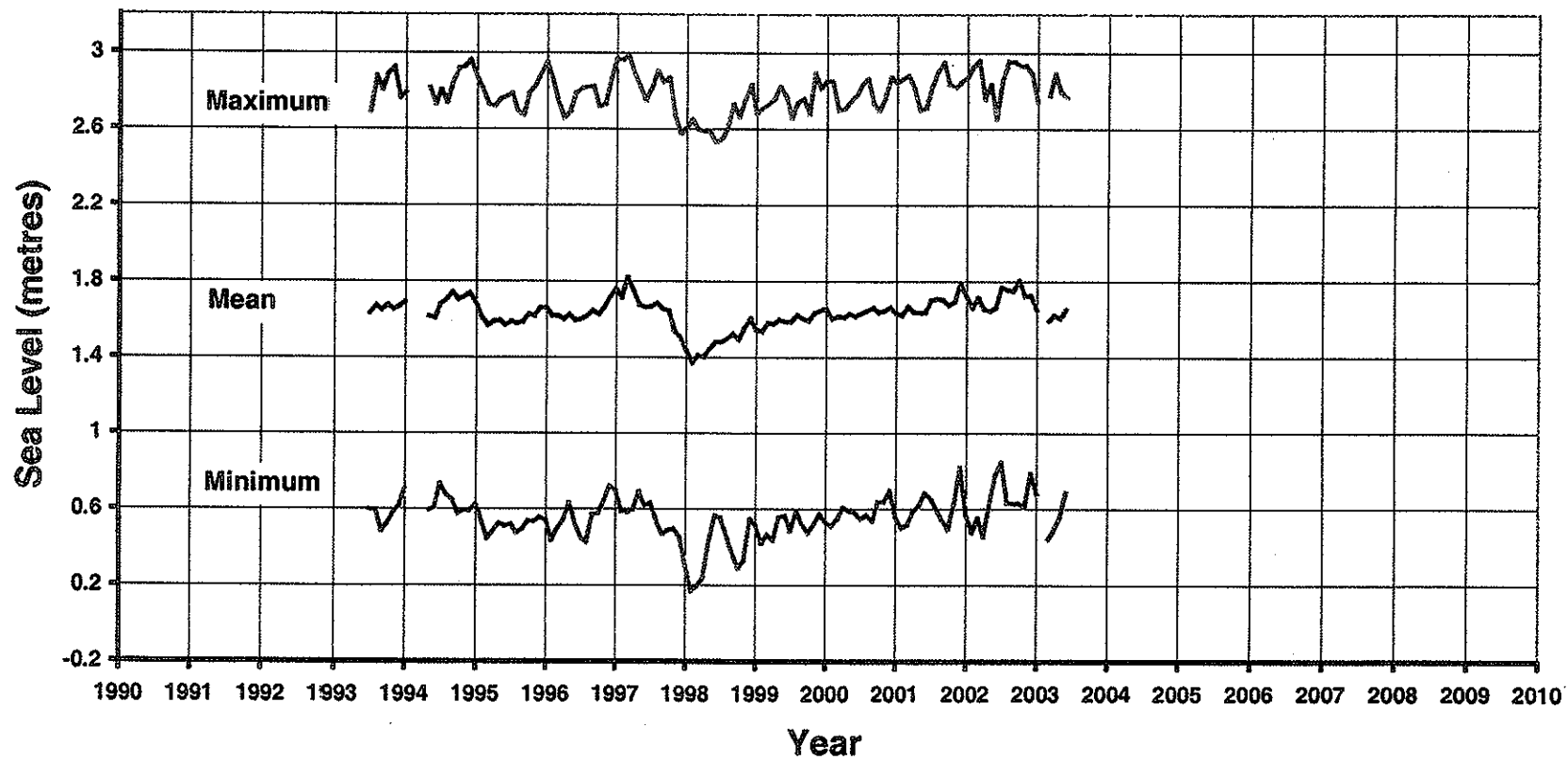


図-3.3.1 中期的な海水面変動 (ベシオ港)

表-3.3.1 高海面出現一覧表

No.	年	月	最大海水面 (付表-4の値)	補正後の海水面 (C.D.L.上の値)	備 考
1	1993	11	2.923 m	2.673 m	
2	1994	10	2.915 m	2.665 m	
3		11	2.927 m	2.677 m	
4		12	2.959 m	2.709 m	
5	1996	1	2.947 m	2.697 m	
6	1997	1	2.967 m	2.717 m	
7		2	2.960 m	2.710 m	
8		3	2.984 m	2.734 m	
9		8	2.906 m	2.656 m	
10	2001	8	2.900 m	2.650 m	
11		9	2.952 m	2.702 m	
12	2002	2	2.927 m	2.677 m	
13		3	2.960 m	2.710 m	
14		8	2.955 m	2.705 m	
15		9	2.954 m	2.704 m	
16		10	2.932 m	2.682 m	
17		11	2.933 m	2.683 m	

3-3-2 長期的な海水面変動

上記においては、中期的な海水面変動を SPSLCMP の SEAFRAME のデータをもとに検討したが、ベシオ港におけるより長期的な海水面の変動はハワイ大学で実施した潮位観測結果をもとに検討することができる。

この観測結果をもとに、ベシオ港における経年的な海水面変動をグラフで示したものが図-3.3.2 である（この図では、図-3.3.1 との比較のため、縦軸のスケールは図-3.3.1 に合わせてある）。

これによると、1993 年以前においても年に 2~3 回は海水面の異常な上昇が観測されている。

なお、1976 年 2 月の異常潮位は、1974 年 5 月~1977 年 12 月間に観測された最高潮位 2.591 m (CDL 上) という報告が残されている。

以上のことから、ベシオ港においては年に 2~3 回は海水面の異常な上昇が認められ、その高さは CDL 上 2.6 m ~ 2.7 m 程度であるといえる。

Monthly sea level at Tarawa University of Hawaii data

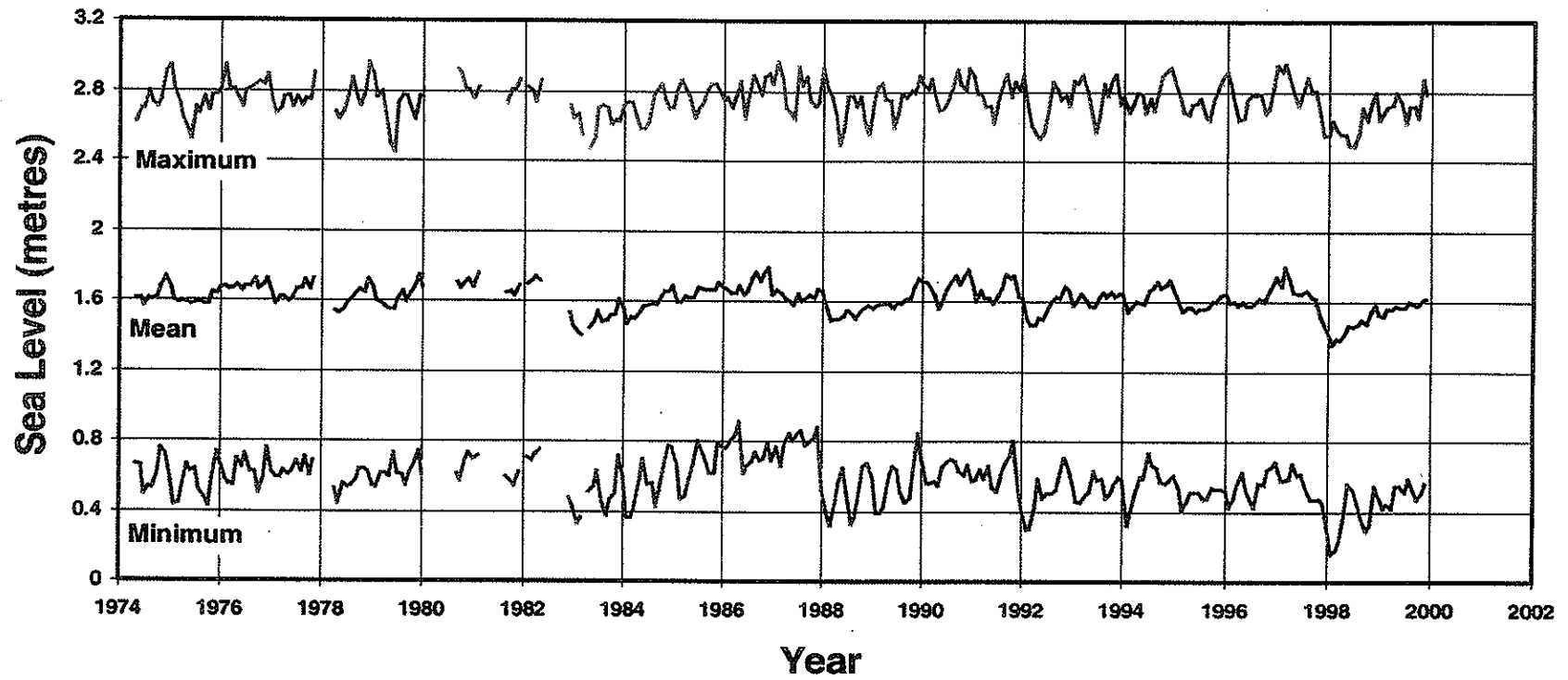


図-3.3.2 長期的な海水面変動 (ベシオ港)

3-3-3 気象と海水面変動との関係

1997年から1998年にかけての大規模なエルニーニョ現象の影響で、その時期に平均海水面に顕著な下降が認められたことは前述したが、当該海域においては気象現象が海象現象に強く影響を与えることが知られている。

例えば、海水面に大規模な擾乱を起こす赤道付近の西風によって発生する大規模な赤道波浪 (Equatorial Waves) の通過時には、海水面が高くなることが知られており、これらの波浪は、エルニーニョ現象の初期の段階に活動的であると言われている。

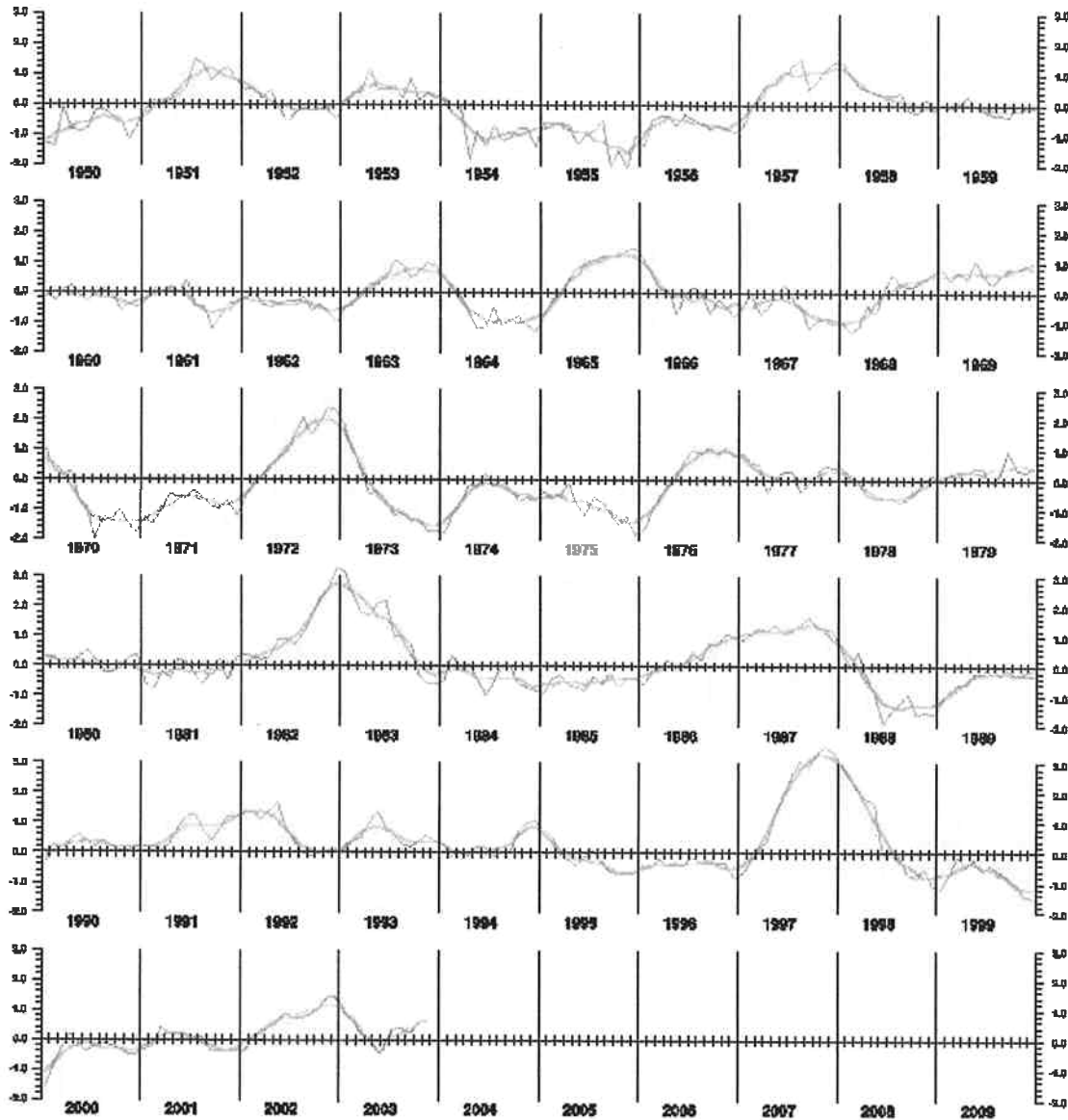
いま、経年的なエルニーニョおよびラニーニャの発生状況を、気象庁の資料より求めて図-3.3.3に示した。これをみると、1990年以降では1991年～1992年、1993年、1997年～1998年および2002年～2003年にエルニーニョ現象が発生していることがわかる。

この図 (図-3.3.3) とベシオ港における海水面変動を示した図 (図-3.3.1 および図-3.3.2) とを対比してみると、海水面の異常上昇とエルニーニョ現象の発生とが関係していることが読みとれる。

このことをより詳細に検討すべく作成したのが、図-3.3.4に示した最近起こったエルニーニョ現象と西からの強風出現および高海水面出現との関係である。

この図によると、2002年～2003年および1997年～1998年におけるエルニーニョ現象の発生時には、海水面が異常上昇していることが明瞭である。

SST Anomaly at NINO.3 (4S-4N,150W-90W)



(監視海域：150° W～90° W、4° S～4° N)
 ピンク：エルニーニョ現象発生時
 青：ラニーニャ現象発生時
 折線：月平均値
 平滑曲線：5か月移動平均値

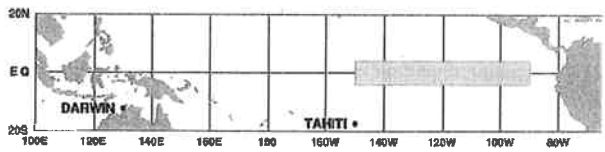


図-3.3.3 エルニーニョ監視海域の海面水温の基準値との差

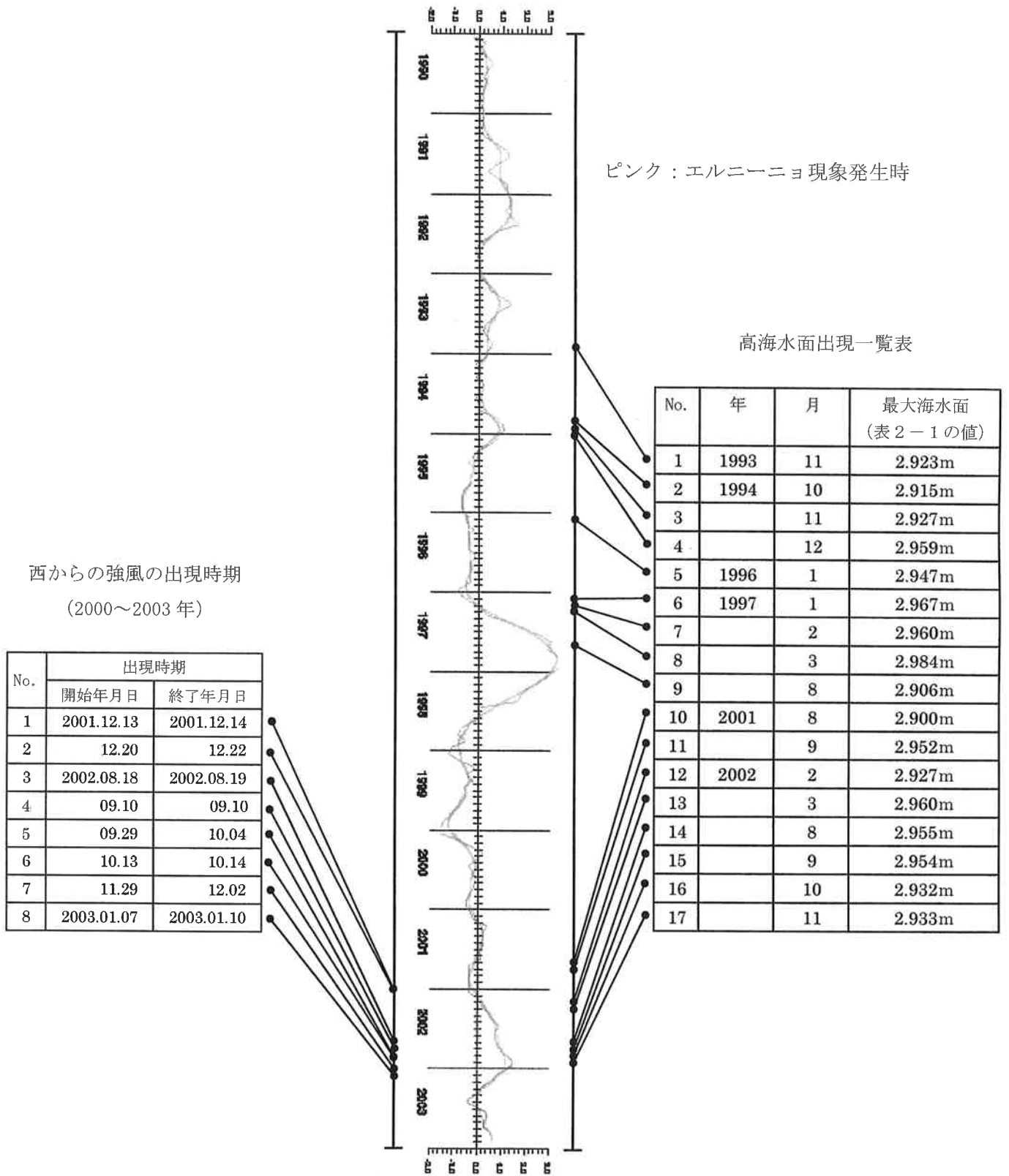


図-3.3.4 エルニーニョ現象と西からの強風および高海面との関係