

ツバル国
外務・環境・貿易・
労務・観光省

ツバル国
エコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査

ファイナル・レポート
【第2編：メインレポート】

平成23年1月
(2011年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

国際航業株式会社
水産エンジニアリング株式会社

環境
JR
11-092

〈 報告書の構成 〉

第1編
要約

第2編
メインレポート

第3編
サポーティングレポート

※サポーティングレポートは、英文のみ

1 FJ\$ = 48.9 Yen

(2010年11月現在)

ツバル国エコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査 調査対象地域の位置図



ツバル
Tuvalu



独立行政法人 国際協力機構 (JICA)

ツバル国 外務・環境・貿易・労働・観光省

ツバル国におけるエコシステム評価及び海岸防護・再生計画調査

<ファイナル・レポート>

第2編: メインレポート

目次

位置図
目次
表目次
図目次
略語

頁:

1	調査の背景	1-1
2	調査の目的及び調査対象地域	2-1
2.1	調査の目的	2-1
2.2	調査対象地域	2-1
3	社会条件及び経済条件	3-1
3.1	社会条件	3-1
3.1.1	沿岸域に関する法令	3-1
3.1.2	基準	3-1
3.1.3	組織・制度	3-1
3.1.4	行政区画（村境）	3-5
3.1.5	人口構造	3-6
3.1.6	ジェンダー	3-7
3.1.7	観光	3-11
3.1.8	歴史	3-12
3.1.9	開発計画	3-15
3.1.10	気候変動に対するツバル国の取り組みおよびドナー動向.....	3-16
3.2	経済条件	3-19
3.2.1	産業構造	3-19
3.2.2	交通	3-20
3.2.3	所得等の経済指標	3-22
3.2.4	土地利用	3-22
3.2.5	土地の所有区分	3-24
3.2.6	地価	3-24
3.3	その他環境社会配慮関連データ	3-25

	3.3.1	上下水道	3-25
	3.3.2	廃棄物	3-28
	3.3.3	ボローピット	3-34
4		調査対象地域における自然環境及び生態系の現状	4-1
4.1		気象	4-1
	4.1.1	風況	4-2
	4.1.2	降雨	4-8
	4.1.3	気温・水温および気圧	4-9
	4.1.4	熱帯性低気圧およびエルニーニョ・南方振動 (ENSO)	4-13
4.2		海象	4-18
	4.2.1	海面水位および潮位	4-18
	4.2.2	波浪	4-24
	4.2.3	流況	4-30
4.3		地形および地質	4-36
	4.3.1	地形特性	4-36
	4.3.2	海底地形	4-41
	4.3.3	地質特性	4-50
4.4		水質および底質	4-52
	4.4.1	水質	4-52
	4.4.2	底質	4-58
4.5		沿岸生態系	4-66
	4.5.1	有孔虫の分布状況	4-66
	4.5.2	サンゴ等分布状況	4-75
5		海岸の現状	5-1
5.1		既存の海岸構造物	5-1
	5.1.1	ラグーン側	5-1
	5.1.2	外海側	5-15
5.2		Causeway、Coastal Borrow Pit、Breaching	5-18
	5.2.1	Causeway	5-18
	5.2.2	Coastal Borrow Pit	5-19
	5.2.3	Breaching	5-21
5.3		住民アンケート調査	5-23
	5.3.1	アンケートの趣旨	5-23
	5.3.2	アンケート調査の目的	5-23
	5.3.3	情報の手法と取得内容	5-23
	5.3.4	実施要領	5-26
	5.3.5	データの取りまとめ手法	5-28
	5.3.6	調査結果	5-29
5.4		越波状況実態調査	5-39
5.5		海岸の脆弱性に関するまとめ	5-41
	5.5.1	ラグーン側	5-41
	5.5.2	外海側	5-41

6	海浜の変形機構の解析	6-1
6.1	海岸線の変化状況	6-1
6.1.1	Fongafale島中央部	6-1
6.1.2	Tenkago島北端	6-3
6.1.3	Fongafale島南端	6-5
6.1.4	構造物周辺	6-7
6.2	海浜の変形機構	6-14
6.2.1	外海側	6-14
6.2.2	ラグーン側	6-17
6.3	沿岸漂砂量	6-20
6.3.1	ラグーン側	6-20
6.3.2	外海側	6-23
7	海岸防護・再生計画の基本計画	7-1
7.1	海岸保全区域及び防護ライン	7-1
7.1.1	海岸保全区域の設定	7-1
7.1.2	防護ラインの設定	7-4
7.1.3	緊急整備必要性の順位付け	7-4
7.2	対策工法の選定方針と比較検討	7-5
7.2.1	海外における海岸保全対策の動向.....	7-5
7.2.2	ツバルにおける海岸災害の発生分析とその対策.....	7-8
7.2.3	ツバルにおける対策工法の選定についての考え方.....	7-12
7.3	海岸防護・再生事業の基本方針	7-16
7.3.1	事業目標	7-16
7.3.2	事業実施の基本方針	7-16
7.3.3	地域別の対策方針	7-16
7.4	海岸保全施設の基本設計	7-18
7.4.1	対策施設の標準断面の検討	7-18
8	海岸防護・再生計画に係る地域住民との合意形成	8-1
8.1	地域住民への公聴会	8-1
8.1.1	公聴会実施の趣旨	8-1
8.1.2	公聴会の位置づけ	8-1
8.1.3	目的	8-2
8.1.4	対象	8-2
8.1.5	実施要領	8-3
8.1.6	写真	8-6
8.2	住民から寄せられた意見・コメント	8-9
8.3	結論	8-14
9	フィージビリティスタディ	9-1
9.1	優先プロジェクト対象地区の選定	9-1
9.2	海岸保全施設の設計	9-1
9.2.1	養浜の平面形の検討	9-1

9.2.2	端部処理	9-19
9.2.3	パラペット	9-20
9.2.4	ボローピットの埋め戻し	9-20
9.2.5	Catalina Rampの撤去.....	9-21
9.2.6	Vaiaku Wharfの撤去.....	9-21
9.2.7	礫養浜地区の植栽	9-21
9.3	養浜材の検討	9-25
9.3.1	養浜材の調達事情	9-25
9.3.2	礫材の国内調達と賦存量	9-25
9.3.3	礫材採取における課題と計画採掘量.....	9-32
9.3.4	養浜材の必要量の検討	9-37
9.4	対策工の提案	9-41
9.5	施工計画	9-43
9.5.1	礫養浜工の検討	9-43
9.5.2	ボローピット埋め戻し工の検討.....	9-45
9.5.3	材料採取工の検討	9-47
9.5.4	全体計画	9-55
9.5.5	工程計画	9-62
9.6	維持管理・運営計画	9-63
9.6.1	維持管理計画	9-63
9.6.2	モニタリング計画	9-65
9.6.3	運営計画	9-72
9.7	概算事業費	9-75
10	財務経済分析	10-1
10.1	費用対効果分析の方針	10-1
10.1.1	費用対効果分析の手順	10-1
10.1.2	便益	10-1
10.1.3	評価対象期間	10-3
10.1.4	便益の算定方法	10-3
10.2	対策地域の住民生活・資産実態	10-4
10.2.1	アンケートによる対策地域住民生活実態調査.....	10-4
10.2.2	アンケート調査の概要	10-6
10.3	直接被害額の算定	10-10
10.3.1	直接被害額の算定方針	10-10
10.3.2	家屋被害	10-11
10.3.3	家庭用品被害額	10-12
10.3.4	事業資産被害	10-13
10.3.5	農漁家資産被害	10-13
10.3.6	農作物被害	10-13
10.3.7	公共土木施設等被害	10-14
10.4	間接被害額の算定	10-15
10.4.1	営業停止損失	10-15
10.4.2	家庭における応急対策費用	10-15
10.4.3	事業所における応急対策費用.....	10-16

10.5	人的被害額	10-16
10.5.1	人的被害額算定の方針	10-16
10.5.2	洪水危険度(HR)	10-16
10.5.3	地域脆弱度(AV)	10-17
10.5.4	人的脆弱度 (PV) 及び人的被害額の算定	10-18
10.6	被害の軽減以外で新たに増加する便益	10-21
10.6.1	土地造成に伴う便益	10-21
10.6.2	海岸利用便益	10-21
10.6.3	海岸環境保全便益	10-21
10.6.4	侵食防止便益	10-22
10.7	財務分析	10-22
10.7.1	純現在価値	10-22
10.7.2	費用便益比率(Cost Benefit Rate : CBR)	10-23
10.7.3	財務的内部収益率	10-23
10.7.4	感度分析	10-24
10.8	経済分析	10-25
10.8.1	標準変換係数(Standard Conversion Factor : SCF)	10-25
10.8.2	移転費用	10-26
10.8.3	経済評価結果	10-27
11	環境社会配慮	11-1
11.1	ツバルの環境関連の方針・法規	11-1
11.1.1	ツバルの環境社会配慮の担当部局	11-1
11.1.2	ツバルの環境関連の方針・法規	11-1
11.2	環境影響評価の手順	11-3
11.2.1	環境影響評価の対象となる事業	11-3
11.2.2	初期環境影響評価 (P E A)	11-3
11.2.3	環境影響評価 (E I A)	11-5
11.3	初期環境影響評価 (PEA) 報告書	11-7
11.3.1	プロジェクトの概要	11-7
11.3.2	目的	11-7
11.3.3	海岸保全の手法	11-7
11.3.4	事業計画地の概要	11-12
11.3.5	上位計画	11-14
11.3.6	社会環境	11-14
11.3.7	自然環境	11-15
11.3.8	施設の妥当性	11-16
11.3.9	影響チェックリスト	11-18
11.3.10	施設代替案	11-20
11.3.11	緩和策	11-22
11.4	まとめと結論	11-26
12	まとめ	12-1
12.1	海岸保全対策の緊急性	12-1
12.2	海岸保全対策地域の優先度と対策工法選定方針	12-1

12.3	各地域別の対策	12-2
12.4	対策工実施の方針と実施スケジュール	12-2
12.5	事業の実施効果と期待される成果	12-3
12.6	事業評価	12-4
13	提言及び今後の課題	13-1

表 目 次

	頁:
表 3.1	中央レベルの行政機関 3-3
表 3.2	ツバルの人口変化（1991年～2001年） 3-6
表 3.3	ツバル全体の出身島別人口とFunafutiにおける出身島別住民の構成 3-6
表 3.4	Funafutiの村別人口 3-7
表 3.5	ジェンダー関連機関 3-9
表 3.6	目的別「ツ」国来訪者数 3-12
表 3.7	太平洋戦争中のフォンガファレ島および周辺の歴史 3-13
表 3.8	ツバル国家適応行動計画（NAPA）の優先プロジェクト 3-17
表 3.9	セクター別GDPの推移 3-20
表 3.10	フナフチ港の外国航路船による貨客取扱実績 3-21
表 3.11	フナフチ港における国内貨物輸送量 3-21
表 3.12	国内航路旅客数 3-21
表 3.13	「ツ」国政府発表所得等経済指標 3-22
表 3.14	最新所得等経済指標 3-22
表 3.15	フナフチにおけるし尿処理の方法（世帯数） 3-25
表 3.16	上下水道関連業務の実施機関とその役割 3-27
表 3.17	Funafutiにおける一般ごみの廃棄物組成 3-28
表 3.18	WOSAにより位置づけられた廃棄物管理の実施主体と役割 3-31
表 3.19	ボローピットの容積 3-34
表 3.20	ボローピットの現状 3-37
表 4.1	風向別風速出現頻度（年間：1999年～2008年） 4-4
表 4.2	風向別風速出現頻度（夏期：12月～2月） 4-5
表 4.3	風向別風速出現頻度（冬期：5月～9月） 4-6
表 4.4	月別最大風速（1994年～2008年） 4-7
表 4.5	月別降雨量（1993年～2008年） 4-8
表 4.6	月別最高最低気温・水温および気圧（1994年～2008年） 4-12
表 4.7	ツバル国に影響を及ぼした熱帯性低気圧の記録 4-13
表 4.8	月別最高海面（1994年～2009年） 4-19
表 4.9	月別最大波高および平均波高（1990年～1992年） 4-25
表 4.10	波浪観測緒元および観測期間 4-26
表 4.11	波浪観測結果一覧表（WG-1） 4-27
表 4.12	波浪観測結果一覧表（WG-2） 4-28
表 4.13	ADPによる流況観測結果（2004年9月～10月） 4-30
表 4.14	ADPによる流況観測結果 4-31
表 4.15	流況観測概要 4-33
表 4.16	流況観測結果（JICA調査） 4-34
表 4.17	水質分析結果（2005年6月） 4-52
表 4.18	水質調査の調査内容 4-53
表 4.19	本格調査による水質測定結果 4-55
表 4.20	窒素およびリンの水質分析結果（補足調査） 4-56
表 4.21	底質の化学分析結果（総窒素、鉛および銅） 4-60
表 4.22	底質試料の採取・分析状況 4-61
表 4.23	調査項目および内容 4-66
表 4.24	ライン調査期間 4-66
表 4.25	測線調査結果概要(1) 4-70

表 4.26	測線調査結果概要(2)	4-71
表 4.27	有孔虫類主要種の出現傾向	4-72
表 4.28	調査項目および内容	4-75
表 4.29	サンゴ等分布調査期間	4-75
表 5.1	アンケート票の内容	5-24
表 5.2	調査チームの担当	5-27
表 5.3	出身島別の回答者数	5-37
表 5.4	自由意見	5-38
表 6.1	Tenkago島北端の海岸線の変化	6-3
表 6.2	Fongafale島南端の海岸線の変化	6-5
表 6.3	Funafuti港新棧橋周辺の海岸線の変化	6-8
表 6.4	病院前の海岸線の変化	6-10
表 6.5	突堤周辺の海岸線の変化	6-11
表 6.6	突堤周辺の海岸線の変化	6-12
表 6.7	突堤周辺の海岸線の変化	6-13
表 7.1	海岸保全区域に指定に関する検討地域の状況	7-2
表 7.2	海岸保全区域における緊急整備必要性の順位付け	7-5
表 7.3	海岸保全施設の比較結果	7-15
表 7.4	地域別の対策方針	7-17
表 7.5	安定する砂の粒径 d 50(mm)	7-23
表 7.6	後浜高および後浜幅の設定	7-27
表 7.7	礫養浜の必要後浜高および後浜幅	7-27
表 8.1	公聴会の対象グループ	8-2
表 8.2	スケジュール (第1回公聴会)	8-3
表 8.3	スケジュール (第2回公聴会)	8-4
表 8.4	プレゼンテーションの構成 (第1回公聴会)	8-5
表 8.5	プレゼンテーションの構成 (第2回公聴会)	8-5
表 8.6	住民から寄せられた意見・コメント (第1回公聴会)	8-9
表 8.7	住民から寄せられた意見・コメント (第2回公聴会)	8-10
表 9.1	代表波浪(エネルギー平均波浪)	9-4
表 9.2	格子条件	9-4
表 9.3	汀線変化の計算条件	9-7
表 9.4	海浜変形後のうちあげ高	9-9
表 9.5	海浜変形後のうちあげ高	9-13
表 9.6	海浜変形後のうちあげ高	9-14
表 9.7	海浜変形後のうちあげ高	9-17
表 9.8	後浜幅の違いによるうちあげ高	9-17
表 9.9	礫材の推定賦存量	9-32
表 9.10	州島への仮設アクセスの必要延長と土量	9-33
表 9.11	礫材の計画採掘量	9-37
表 9.12	対策工に必要な養浜材の容量	9-39
表 9.13	対策工に必要な礫材容量と採取可能量のまとめ	9-40
表 9.14	対策工の提案	9-41
表 9.15	中詰め工法の比較	9-46
表 9.16	仮設アクセス形式の比較	9-49
表 9.17	浚渫計画地の底質の室内分析結果	9-52
表 9.18	底質試料写真	9-53
表 9.19	浚渫方式の比較	9-54

表 9.20	工区ごとの対策工のまとめ	9-55
表 9.21	工種一覧	9-57
表 9.22	全体土工数量表	9-59
表 9.23	土工数量表(第3案)	9-60
表 9.24	主要資機材	9-61
表 9.25	海岸保全施設を新設する地区の維持管理手法案	9-64
表 9.26	対策工による期待される効果と工事中および施工後の影響	9-65
表 9.27	モニタリング項目と調査概要	9-66
表 9.28	施工後のモニタリング実施機関	9-67
表 9.29	モニタリング計画	9-68
表 9.30	調査工程	9-70
表 9.31	全島住民に係る災害対策コンポーネント	9-73
表 9.32	ツバル政府予算(カテゴリー別)	9-73
表 9.33	公共事業局維持管理予算推移	9-74
表 9.34	対策工(4案)のコンポーネント構成と概算事業費	9-75
表 9.35	概算事業費のまとめ	9-76
表 9.36	パイロット工事の概算事業費のまとめ	9-77
表 10.1	地域別居住年数比率	10-6
表 10.2	地域別構造別住宅比率	10-7
表 10.3	地域別住宅建造後経過年数比率	10-7
表 10.4	1年以上長期病臥者、75歳以上老人の地域別居住者比率	10-7
表 10.5	地域別家庭用品普及率	10-8
表 10.6	地域別車両普及率	10-9
表 10.7	地域別事業者数住宅数比及び平均事業資産	10-10
表 10.8	地域別家庭菜園普及率	10-10
表 10.9	地域別主要農作物年間推定収穫量	10-10
表 10.10	高潮による浸水被害の資産被害率一覧表	10-11
表 10.11	標準住宅建築費及び耐久年数	10-11
表 10.12	各地域別住宅資産価額合計	10-12
表 10.13	家屋被害額(初年度)	10-12
表 10.14	地域別家庭用品資産額	10-12
表 10.15	家庭用品被害額(初年度)	10-13
表 10.16	事業資産被害額	10-13
表 10.17	農作物浸水深別被害率	10-14
表 10.18	農作物被害額	10-14
表 10.19	公共土木施設等被害額の一般資産被害額に対する比率	10-14
表 10.20	公共土木施設被害額(初年度)	10-15
表 10.21	地域別家庭における応急対策費用	10-16
表 10.22	障害物係数(DF)	10-17
表 10.23	洪水危険度(HR)	10-17
表 10.24	地域脆弱度(AV)	10-18
表 10.25	各地域の地域脆弱度(AV)	10-18
表 10.26	対象地域の負傷者予想数	10-19
表 10.27	負傷被害額	10-19
表 10.28	対象地域の死亡被害者予想数	10-20
表 10.29	世帯の人的被害に関わる年間便益	10-20
表 10.30	無形人的被害額	10-21
表 10.31	土地造成による利益	10-21

表 10.32	便益（初年度）	10-22
表 10.33	純現在価値(NPV)	10-23
表 10.34	費用便益比率(CBR)	10-23
表 10.35	財務的内部収益率(FIRR)	10-24
表 10.36	NPV（割引率感度分析）	10-24
表 10.37	CBR（割引率感度分析）	10-24
表 10.38	感度分析（礫材を輸入した場合）	10-25
表 10.39	標準変換係数(SCF)	10-26
表 10.40	主たる品目の輸入関税率	10-26
表 10.41	フナフチ住民の非就業率	10-27
表 10.42	経済分析（礫材を国内調達：割引率1.5%）	10-28
表 10.43	割引率感度分析	10-28
表 10.44	CBR（割引率感度分析）	10-28
表 10.45	経済分析（礫材を輸入した場合）	10-28
表 11.1	環境影響評価担当部局	11-1
表 11.2	埋め戻しに必要な養浜材の量	11-9
表 11.3	フナフチ環礁（フォンガファレ島）の諸元	11-12
表 11.4	社会環境チェックリスト	11-18
表 11.5	自然環境チェックリスト	11-19
表 11.6	公害チェックリスト	11-20
表 11.7	緩和策が必要な事業の影響一覧	11-22
表 12.1	本事業で実施する対策工案	12-2
表 12.2	対策工により期待される効果	12-3

目 次

		頁:
図 2.1	調査対象地域	2-1
図 3.1	ツバルの行政組織	3-2
図 3.2	Funafutiにおける統治システム	3-4
図 3.3	村境	3-5
図 3.4	ナフチ島の7つの村区分	3-7
図 3.5	米軍による土取場の掘削位置	3-14
図 3.6	米軍事施設と以前の地形	3-15
図 3.7	気候変動に関する支援をするドナー一覧	3-18
図 3.8	貿易収支の推移	3-19
図 3.9	GDPの構成比(2002年)	3-20
図 3.10	Fongafale 島主要部	3-23
図 3.11	Funafutiにおける浄化槽の一般的な構造	3-26
図 3.12	Funafutiに導入予定のコンポスト・トイレの構造	3-27
図 3.13	ボローピット位置図	3-35
図 4.1	ツバル国フナフチのSEAFRAME位置図	4-1
図 4.2	海面風の風向線	4-2
図 4.3	風 配 図 (年間: 1999年~2008年)	4-4
図 4.4	風 配 図 (夏期: 12月~2月)	4-5
図 4.5	風 配 図 (冬期: 5月~9月)	4-6
図 4.7	月別平均気温(フナフチ: 1994年~2008年)	4-10
図 4.8	月別平均水温(フナフチ: 1994年~2008年)	4-11
図 4.9	月別平均気圧(フナフチ: 1994年~2008年)	4-12
図 4.10	熱帯低気圧(Bebe) 経路図	4-14
図 4.11	熱帯低気圧(Gavin) 経路図	4-15
図 4.13	月別海水面変化図(フナフチ)	4-19
図 4.14	年平均海水面変化図(フナフチ: 1999年~2008年)	4-20
図 4.16	潮 位 曲 線 (フナフチ: 2006年2月21日~3月7日)	4-23
図 4.17	波浪観測地点位置図(OCEANOR-Wave Buoy)	4-24
図 4.18	波向別波高出現頻度図	4-29
図 4.19	流況観測地点位置図	4-30
図 4.20	流向別流速出現頻度図	4-32
図 4.21	流況観測地点位置図(JICA調査)	4-33
図 4.22	流向別流速出現頻度図(JICA調査)	4-35
図 4.23	Fongafale島北部における地形断面図(Control Point: FUN-139)	4-37
図 4.24	Fongafale島中央部における地形断面図(Control Point: FUN-150 & FUN-151)	4-38
図 4.25	Fongafale島南部における地形断面図(Control Point: FUN-157)	4-39
図 4.26	Funafuti環礁の海底地形	4-41
図 4.27	Fongafale島ラグーン側の代表的な海浜断面図	4-44
図 4.28	海岸保全対策地区における海底地形図	4-45
図 4.29	海岸保全対策地区における詳細海底地形図 (Zone - 1)	4-46
図 4.30	海岸保全対策地区における詳細海底地形図 (Zone - 2 & Zone - 3)	4-47
図 4.31	海岸保全対策地区における詳細海底地形図 (Zone - 4)	4-48
図 4.32	海岸保全対策地区における詳細海底地形図 (Zone - 5)	4-49
図 4.33	未固結堆積物の等厚線図	4-51

図 4.34	水質調査位置図	4-54
図 4.35	T-N、T-P分布図(補足調査)	4-56
図 4.36	底質試料採取位置図(Funafuti Lagoon)	4-58
図 4.37	底質試料の組成比較図	4-59
図 4.38	底質試料の粒度分析結果	4-59
図 4.39	底質試料採取位置図(Tafua Pond)	4-60
図 4.40	底質試料採取位置図(JICA調査)	4-62
図 4.41	海底および汀線堆積物の粒度組成分布図	4-64
図 4.42	海底および汀線堆積物の構成物質割合	4-65
図 4.43	ライン調査位置図	4-67
図 4.44	ライン(測線)生態系調査の概念図	4-68
図 4.45	ライン調査(測線断面)プロファイルの凡例	4-68
図 4.46	確認された砂礫生産能力の高い大型有孔虫	4-69
図 4.47	有孔虫の出現傾向(総個体数)	4-72
図 4.48	有孔虫の出現傾向(Baculogypsina)	4-73
図 4.49	有孔虫の出現傾向(Amphistegina)	4-74
図 4.50	サンゴ分布状況(around Tuvalu Atoll)	4-76
図 4.51	サンゴ分布状況(around The Fongafale)	4-77
図 5.1	Fongafale島ラグーン沿岸の主要構造物の位置図	5-1
図 5.2	フナフチ港の港湾施設の配置図	5-2
図 5.3	フナフチ港旧栈橋周辺の堆積と侵食	5-4
図 5.4	Vaiaku栈橋周辺の堆積と侵食	5-10
図 5.5	Fongafale島外海側の海岸防護施設の位置図	5-15
図 5.6	コーズウェイの標準断面	5-18
図 5.7	ボローピットの位置と深浅測量図	5-20
図 5.8	Breachingの開口部の変化	5-21
図 5.9	調査区分	5-27
図 5.10	侵食による家屋の被害分布	5-29
図 5.11	冠水レベルの分布	5-30
図 5.12	冠水頻度の分布	5-31
図 5.13	塩水の浸入元	5-32
図 5.14	越波状況	5-33
図 5.15	越波による家屋の被害発生分布	5-34
図 5.16	井戸の位置と利用状況	5-35
図 5.17	居住年数の分布	5-36
図 5.18	出身島	5-37
図 5.19	越波状況実態調査による被害状況分布	5-40
図 6.1	1984年から2003年の海岸線の変化	6-1
図 6.2	1941年及び1943年と2003年の海岸線の変化	6-2
図 6.3	Tenkago島北端部の波浪エネルギーフラックス	6-4
図 6.4	Fongafale島南端部の波浪エネルギーフラックス	6-6
図 6.5	代表的な構造物及び特徴的な地形の位置	6-7
図 6.6	新栈橋周辺の海岸線の変化状況	6-9
図 6.7	外海側波浪推算地点	6-14
図 6.8	外海側波浪エネルギーフラックスの分布(乾期)	6-15
図 6.9	外海側波浪エネルギーフラックスの分布(雨期)	6-16
図 6.10	ラグーン側波浪推算地点	6-17
図 6.11	ラグーン側波浪エネルギーフラックスの分布(乾期)	6-18

図 6.12	ラグーン側波浪エネルギーフラックスの分布(雨期)	6-19
図 6.13	ラグーン側の土砂収支(乾期)	6-21
図 6.14	ラグーン側の土砂収支(雨期)	6-22
図 6.15	Fongafale島南端の砂嘴の変遷	6-24
図 6.16	Fongafale島南端部の礫の滞積による延伸	6-24
図 7.1	海岸保全区域の設定	7-3
図 7.2	防護ラインの設定	7-4
図 7.3	検討地域	7-5
図 7.4	アメリカにおける海岸保全対策工の変遷	7-6
図 7.5	デンマークにおける海岸保全対策工の変遷	7-7
図 7.6	プロブレム・ツリー(越波の発生)	7-10
図 7.7	ソリューション・ツリー(越波災害低減対策)	7-11
図 7.8	順応的管理(PDCAサイクル)による持続的な海岸防護・再生のイメージ	7-16
図 7.9	礫養浜の標準断面の検討フロー	7-18
図 7.10	位置図	7-19
図 7.11	計画エリア	7-19
図 7.12	リッジの高さ分布	7-20
図 7.13	礫勾配の分布	7-20
図 7.14	リッジの高さ分布	7-21
図 7.15	礫勾配の分布	7-21
図 7.16	計画エリアの波のうちあげ高分布	7-22
図 7.17	養浜の基本形状	7-23
図 7.18	バームと沿岸砂州の発生区分	7-24
図 7.19	前浜の堆積・侵食の区分図($0.06 \leq \tan \theta$)	7-24
図 7.20	海浜の侵食・堆積の区分	7-24
図 7.21	波形勾配と砕波波高の関係	7-25
図 7.22	礫養浜の標準断面	7-26
図 7.23	測線の状況	7-28
図 7.24	測線の状況	7-29
図 7.25	測線の状況	7-30
図 7.26	測線の状況	7-31
図 7.27	測線の状況	7-32
図 7.28	測線の状況	7-33
図 7.29	測線の状況	7-34
図 7.30	測線の状況	7-35
図 8.1	住民参画の観点から整理した海岸防護・再生計画の策定プロセス	8-1
図 9.1	波向別波浪エネルギーフラックスの分布(計画エリア1999年~2008年) ..	9-3
図 9.2	水深図	9-5
図 9.3	波浪ベクトル図	9-6
図 9.4	現況再現結果	9-7
図 9.5	後浜幅15m施工の将来予測	9-8
図 9.6	後浜幅15m施工+端部処理を行なった場合の将来予測	9-9
図 9.7	L-C地区の標準断面	9-10
図 9.8	L-C地区の平面図	9-11
図 9.9	後浜幅15m施工の将来予測	9-12
図 9.10	後浜幅15m施工+端部処理(X=135)の将来予測	9-12
図 9.11	カタリーナランプ北側後浜幅20m施工の将来予測	9-13
図 9.12	Area D-1の標準断面	9-15

図 9.13	Area D-1の平面図	9-15
図 9.14	後浜幅10m施工の将来予測	9-16
図 9.15	Area D-3の標準断面	9-18
図 9.16	Area D-3の平面図	9-19
図 9.17	端部処理のイメージ図	9-20
図 9.18	パラペットのイメージ図	9-20
図 9.19	Catalina Rampの効果	9-21
図 9.20	植栽苗木植付け試験区	9-23
図 9.21	フナフチ環礁島南東部の州島における礫材調査位置	9-26
図 9.22	フナフチ環礁島南東部の州島の地形と礫材の推定賦存量	9-27
図 9.23	滑走路近傍の安全地帯の礫材調査地点	9-29
図 9.24	試掘状況 (No. P-13:北端部)	9-29
図 9.25	滑走路東側安全地帯の地盤の粒度分布	9-30
図 9.26	試掘点における地盤高と地下水位に関する情報	9-31
図 9.27	Funamanu島の南側の礫採取予定地区	9-35
図 9.28	対策予定地区の汀線および浅海部の詳細測量範囲	9-38
図 9.29	対策工平面図	9-42
図 9.30	礫養浜工の標準断面	9-43
図 9.31	端部処理堤 (兼船揚場) の標準図	9-44
図 9.32	ハシゴ式船揚げ用機材の標準図	9-45
図 9.33	ボローピットD-1地区	9-45
図 9.34	ボローピット埋め戻し法先部標準断面	9-47
図 9.35	ボローピット埋め戻し法先部標準断面	9-47
図 9.36	滑走路の礫材採取予定範囲	9-48
図 9.37	SOPACによるパイロット浚渫範囲と底質分布 (出所: SOPAC)	9-50
図 9.38	浚渫計画地の底質調査位置図	9-51
図 9.39	浚渫計画地の底質の粒度分布図	9-51
図 9.40	本計画の概要一覧	9-56
図 9.41	全体の運土計画図	9-58
図 9.42	全体工程表 (案)	9-62
図 9.43	モニタリングに関する連絡協議会の体制	9-68
図 9.44	礫養浜地区におけるモニタリング調査位置図	9-71
図 9.45	礫採取地域におけるモニタリング調査位置図	9-72
図 10.1	冠浸水による被害	10-2
図 10.2	浸水被害家屋の位置図	10-4
図 10.3	生活実態調査アンケート対象家屋位置図	10-5
図 10.4	長期病臥者・70歳以上老人の居住地	10-8
図 11.1	環境影響評価 (案) 実施の流れ	11-4
図 11.2	計画施設諸元	11-8
図 11.3	深みの埋め戻し対象位置	11-9
図 11.4	礫 (赤線) と砂 (黄線) の計画運搬路	11-10
図 11.5	他の島からの礫掘削・運搬計画	11-10
図 11.6	礫養浜完成予想図	11-11
図 11.7	ツバル島嶼とフナフチ環礁位置	11-12
図 11.8	海岸保全施設位置図	11-13
図 11.9	フォンガファレ島の標高	11-16
図 11.10	Luapou 栈橋 の断面図 (干潮時)	11-24
図 11.11	礫養浜による土地の増加	11-24

図 11.12 礫採取地付近のサンゴの被度 11-26

略 語

ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
CBOs	Community Based Organizations	地域社会組織
CDM	Clean Development Mechanism	クリーン開発メカニズム
DMO	Disaster Management Office	災害管理事務所
DOA	Department of Agriculture	農業局
DOE	Department of Environment	環境局
DOF	Department of Fisheries	水産局
DOLS	Department of Lands and Survey	土地および測量局
EIA	Environment Impact Assessment	環境影響評価調査
EU	European Union	欧州連合
F/S	Feasibility Study	実行可能性調査
GEF	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
IEE	Initial Environment Examination	初期環境影響評価調査
IGCI	International Global Change Institute	国際地球変動研究所
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
O&M	Operation and Maintenance	維持管理
PICCAP	Pacific Islands Climate Change Assistance Programme	気候変動枠組み条約関連の能力開発支援プログラム
PICs	Pacific island countries	太平洋島嶼国
PWD	Public Works Department	公共事業局
SOPAC	South Pacific Applied Geoscience Commission	南太平洋応用地球科学機構
SPREP	South Pacific Regional Environment Programme	南太平洋環境計画
STP	Sewage Treatment Plant	下水処理場
T-N	Total Nitrogen	全窒素
T-P	Total Phosphorus	全燐
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
USP	University of the South Pacific	南太平洋大学
NSDS	National Strategy for Sustainable Development	持続的開発の国家戦略
NAPA	National Adaptation Program of Action	国家行動適応計画
AusAID	Australian Agency for International Development	オーストラリア国家開発省

1 調査の背景

「ツ」国は、国土のほとんどが標高 1~3m と低平な環礁で、地球温暖化の影響による海面上昇により水没の危機に瀕している国として国際的に注目されている。一方、現在見られる海岸侵食や海水の湧き出しなどの現象は、地球温暖化による降水量変化や海面上昇による影響よりも人口増加に伴う環境負荷の増大(水質の悪化による砂供給の減少、堆砂の障害となる構造物の建設など)や居住地区の拡大(浸水地域への居住、海岸地域からの土砂採取など)が主因であるとの研究報告¹もあり、長期的な島の維持を図るにはこれら人間活動の要因も含めた総合的な調査が必要である。

これまでの調査を通じて、サンゴなどの生物由来の砂の生産と移動・堆積のメカニズムを無視した海岸保全対策は、長期的には島の維持機構を破壊してしまう可能性が高いことが判明している²。このため、環礁島の保全を図るためには、島の形成・維持メカニズムに基づいた保全策を実施するとともに、そのメカニズムに悪影響を与える要因を緩和し、また、将来の海面上昇も考慮して、耐性の高い島とすることが必要である。

長期的な島の耐性の向上を考えなければならない一方で、すでに海岸侵食が進行しており、生活に影響を及ぼす箇所も報告されている。このような場所については、緊急的、短期的な対策が必要とされており、早急な対策事業の計画策定が求められている。特に首都フナフチのあるフォンガファレ島には、「ツ」国全人口(9,652人:2006年、大洋州共同体事務局)の約45%にあたる国民が生活しており、本島における海岸侵食の影響に関する調査およびそれに対する対策事業の立案が緊急の課題となっている。

日本政府は2007年12月の「ツ」国と日本の首相会談において福田首相(当時)が支援を約束し、2008年1月には鴨下環境大臣(当時)が訪問、その後環境省や外務省・JICAのプロジェクト形成調査団が派遣され、具体的な支援内容について「ツ」国側と協議・検討を行った。プロジェクト形成調査の結果を踏まえ、「ツ」国政府は、わが国に対し、長期的な視点から島の形成・維持メカニズムの解明を目的とする地球規模課題対応国際科学技術協力「海面上昇に対する「ツ」国の生態工学的維持」(以下、科学技術協力)と、海岸侵食等の防止にかかる短期的な対策事項の提案を行う本開発計画調査型技術協力を要請した。

本開発計画調査型技術協力では、2009年4月に開始した科学技術協力と連携して、科学技術協力の研究成果も踏まえて短期的な海岸侵食対策の提案を行うことを目的とする。

¹ Yamano, H., Kayanne, H., Yamaguchi, T., Kuwahara, Y., Yokoki, H., Shimazaki, H., and Chikamori, M.: Atoll island vulnerability to flooding and inundation revealed by historical reconstruction: Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu, *Global and Planetary Change*, 57, 407-416 (2006)

² 環境省地球環境総合推進費による「環礁州島からなる島嶼国の持続可能な国土の維持に関する研究」(2002-2007)

2 調査の目的及び調査対象地域

2.1 調査の目的

調査の背景から、調査目的は以下のとおりである。

1. フォンガファレ島沿岸の海岸防護・再生計画の策定
2. 海岸防護・再生計画の中で選定される優先プロジェクトに係る F/S の実施
3. 海岸防護技術と海浜管理手法にかかる技術移転、啓蒙活動

2.2 調査対象地域

調査対象地域は、ツバル国フナフチ環礁フォンガファレ島を中心とするフナフチ環礁全域とする。



図 2.1 調査対象地域

3 社会条件及び経済条件

3.1 社会条件

3.1.1 沿岸域に関する法令

「ツ」国の沿岸域に関する基本法は前浜及び土地埋立法(FORESHORE AND LAND RECLAMATION ORDINANCE)である。

本法律により、前浜及び海底の所有権は国家に属する(第3条1項)とされている。ただし、航海、漁業及び前浜の通過は国民の権利として認められている。“前浜”とは最高潮と最低潮とで交互に海に覆われ、現れる海、航路、または水路の岸、“海底”はすべての領海及び内陸の感潮域の底部をいうと規定されている。

前浜及び海底の所有権は国家に属するため、すべての埋立地の所有権は国家に属する(第9条(1)項)とされている(ただし、第9条(2)項に基づくコーズウェイ、上陸場、及び第11章(1)項による埋立地を除く)。また、大臣は隣接する土地の所有者の如何を問わず、前浜または海底の埋立を許可することができる(第4条(1)項)とされている。所有権が国家に属さない例外として認められる埋立地は下記のみである。

- 1) 大臣がいつでも引き渡しを求める権利を有する条件で、島評議会により建設されたコーズウェイ及び上陸場。(第9条(2)項)
- 2) 地主による自分の土地に全部または一部がかかる前浜の埋立地。(第11章(1)項)

前浜からの砂や砂利の採取許可に関わる手続きや許可料に関しては、前浜ライセンス規則(FORESHORE LICENSE REGULATIONS)が定められている。また、領海や経済海域の範囲は海域(宣言)法(MARINE ZONES (DECLARATION) ACT 1983)により定められている。

3.1.2 基準

「ツ」国には準拠基準が特にないため、一般的にはBS基準に準拠している。また、施設の構造設計に用いる準拠基準も特にないため、一般的にはオーストラリア基準に準拠して設計されている。ただしこれらは義務ではなく、その準拠基準は計画担当組織の責任による選択に委ねられているため、外国援助による施設設計は、援助国の基準により設計されるのが一般的である。

3.1.3 組織・制度

ツバルの行政システムは、以下の構造からなる(図 3.1)。中央政府と議会、裁判所(Island Court)はFongafale islandに拠点を置くものの、離島を含む全島を管轄している。

一方、各島においては、1997年のFalekaupule法の施行によって、島に元来存在する伝統的な統治システムの重要性が再認識され、Falekaupule、Kaupuleの二つの独立した組織が各島の地方自治を担うこととされた。Falekaupuleは各島に存在する長老を中心とした伝統的な

島の自治組織で、島のあらゆる事項の最高の意思決定を行なう権威と機能を有している。それに対し Kaupule は、コミュニティ内における執行機関として具体的な行政運営を行っている。こういった 2 つの組織からなる島の統治システムは、各島においてコミュニティのニーズに応じた開発や優先課題に対する迅速な対応を可能にしている。

Fongafale island は 7 つの村地区に分けられ、村地区ごとにそれぞれリーダー(village leader)は存在するものの実質的な権限は持ち合わせていない。Funafuti 居住者のうち離島からの移住者は全体の 75% を占め¹、出身島ごとにコミュニティを構築している。Funafuti には、8 つの島のリーダー(Island Representative)が存在し、中央政府、Kaupule、コミュニティ間の調整等の役割を担っている。

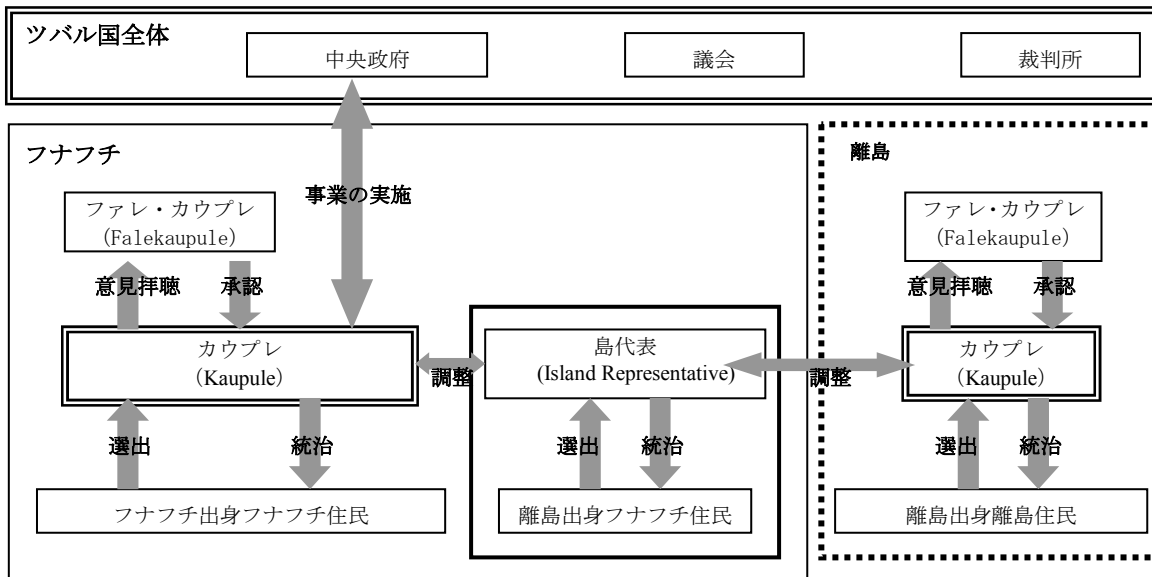


図 3.1 ツバルの行政組織

(1) 国の行政機関

ツバルの国レベルの行政機関は、以下の省庁機関から成り立っている（表 3.1）。また、中央政府とは独立したかたちで複数の国営公社が存在し、公的サービスを提供している。政府が提供する教育、島間の船の運航、電気の供給、廃棄物処理といった主なサービスは、政府がその費用の大部分を補助金のかたちで負担しているのが実情である。

¹ Basic Table of Population and Housing Census 2002

表 3.1 中央レベルの行政機関

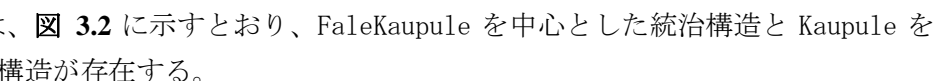
省	局	省	局
Office of the Prime Minister	Foreign Affairs	Finance & Economic Planning	Planning & Budget
	Tuvalu High Commission		Central Statistics Division
	Personnel & Training		Customs
	Labour		Postal
	Permanent Mission of Tuvalu to the UN		Treasury
	Meteorological		Inland Revenue
	Tuvalu Media		Aid Management
Communications, Transport & Tourism	Marine	Youth & Sports	Education
	Aviation		Primary Education
	Information, Communication & Technology		EFL Secondary Education
	Tourism		Library
Natural Resources & Environment	Agriculture	Home Affairs & Rural Development	Sports
	Fisheries		Pre-service scholarships
	Lands & Survey		Youth
	Environment		Rural Development
Public Utilities & Industries	Energy	Health	Community Affairs
	Public Works		Women Development
	Industries		Culture
			Health Administration
			PMH (Curative)
			Primary and Preventative Health Service

出典：Ministry of Irrigation 2002

(2) 議会

ツバルは1978年に英国より独立後も英連邦に属し、英国女王を元首とし、その名代である総督が元首の権限を代行する立憲君主・議会制民（一院制）主主義体制をとっている。議会には、Niulakita 島を除いた8つの環礁島から15名の議員が4年毎に選出されており、2010年現在の議員は、2010年8月の選挙で選出された15名である。なお、離島出身のフナフチ居住者であっても、離島卒の議員には立候補できる。首相と副首相は議員から選出され、基本的に政党は存在しない。

(3) Funafuti における統治システム

Funafuti には、 3.2 に示すとおり、FaleKaupule を中心とした統治構造と Kaupule を中心とした行政構造が存在する。

FaleKaupule は、Funafuti コミュニティにおいて最高意思決定機関にあたる。Fongafale island を出身島とする住民による自治組織で、Island leader, Deputy Island leader, FaleKaupule Funafuti といった構造からなる。別名 Matai あるいは House of Leaders とも呼ばれ、長老を中心とする総勢50名からなる。Fale Kaupule のメンバーには女性も含まれ

るが、それは Matai であった夫に先立たれ後を継いだ未亡人である場合が多く、Fale Kaupule の会合の場には出席できるものの発言はほとんど許されていない。

Kaupule は、1997 年の Falekaupule 法の施行後、直接選挙によって選出された 6 名のメンバーで構成される島の行政機関である。Kaupule President 及び Kaupule Vice President は 6 名の Kaupule メンバーの中から選出され、他の 4 名は開発セクター別に事業を管轄している。Kaupule は事務局となるオフィスを有し、廃棄物収集などといったコミュニティに対し基本的な公共サービスを提供しているほか、人頭税 (AUD \$ 50/人。成人 (18~60 歳) が対象) や公共料金 (廃棄物処理費等) 等の徴収を行なっている。Funafuti においては、Kaupule は従来 Fongafale island 出身者へのみ公的サービスを提供していたが、近年の人口増加及び多様化により、離島出身者の居住者に対してもサービスを提供する必要性が生じている。しかし、Kaupule の職員数、予算規模に比べ人口が過剰であるため、量質とも十分なサービスが提供できていない。

中央政府が何らかの事業を実施する場合、Falekaupule の意向を伺い、合意と承認を得なければ実施できない。その際の Falekaupule との調整は Kaupule が担っている。また、事業の実施にあたっては、中央政府は監督機関にすぎず、Kaupule が実質的な実施機関となる場合が多い。以上のように、Kaupule は、中央政府と Falekaupule の橋渡し役的立場を担うだけでなく、コミュニティへ実質的な公共サービスを提供するといった面で重要な存在である。

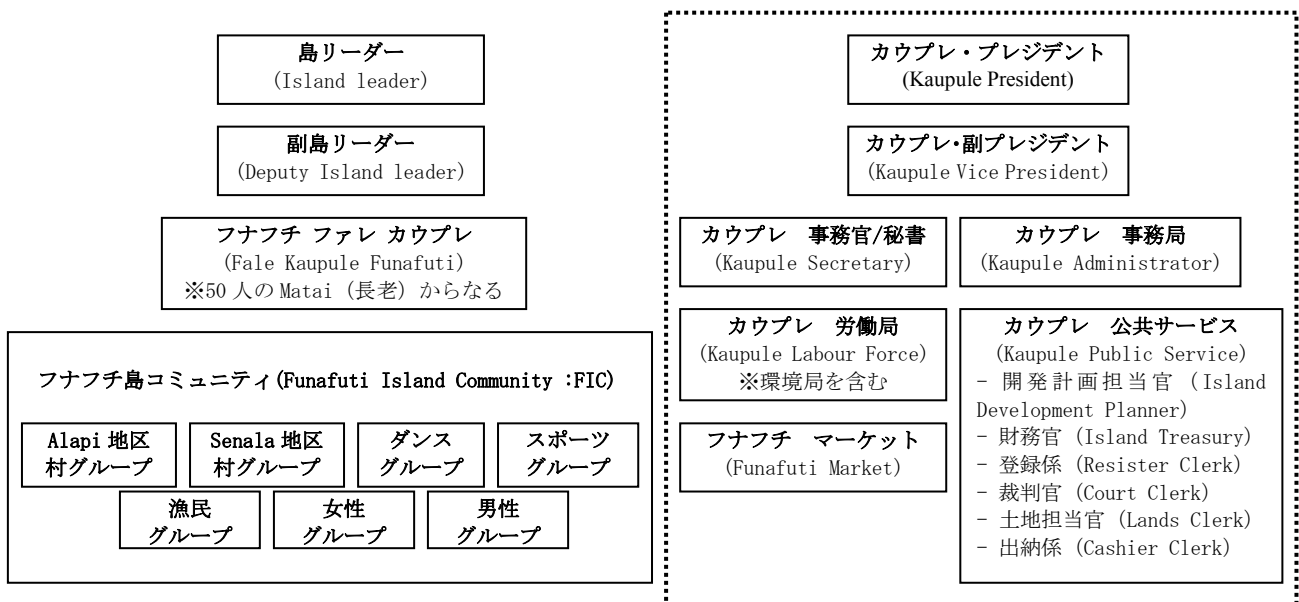


図 3.2 Funafuti における統治システム

3.1.4 行政区画（村境）

Fongafale 島および Tengako 島は 7 つの村がある。北から、Asagatau Paka 村 (Tengako I 島)、Lofeagai 村、Fakai Fou 村、Senala 村、Alapi 村、Vaiaku 村、Kavatoetoe 村である。このうち、古くからある村は Senala 村と Alapi 村であり、他地区よりも標高が僅かに高い。その他の村は、他の島の住民が移り住んだりして比較的新しくできたものである。滑走路よりも東側の Fakai Fou 村と Vaiaku 村は政府用地であり、一般住民の住居はない。

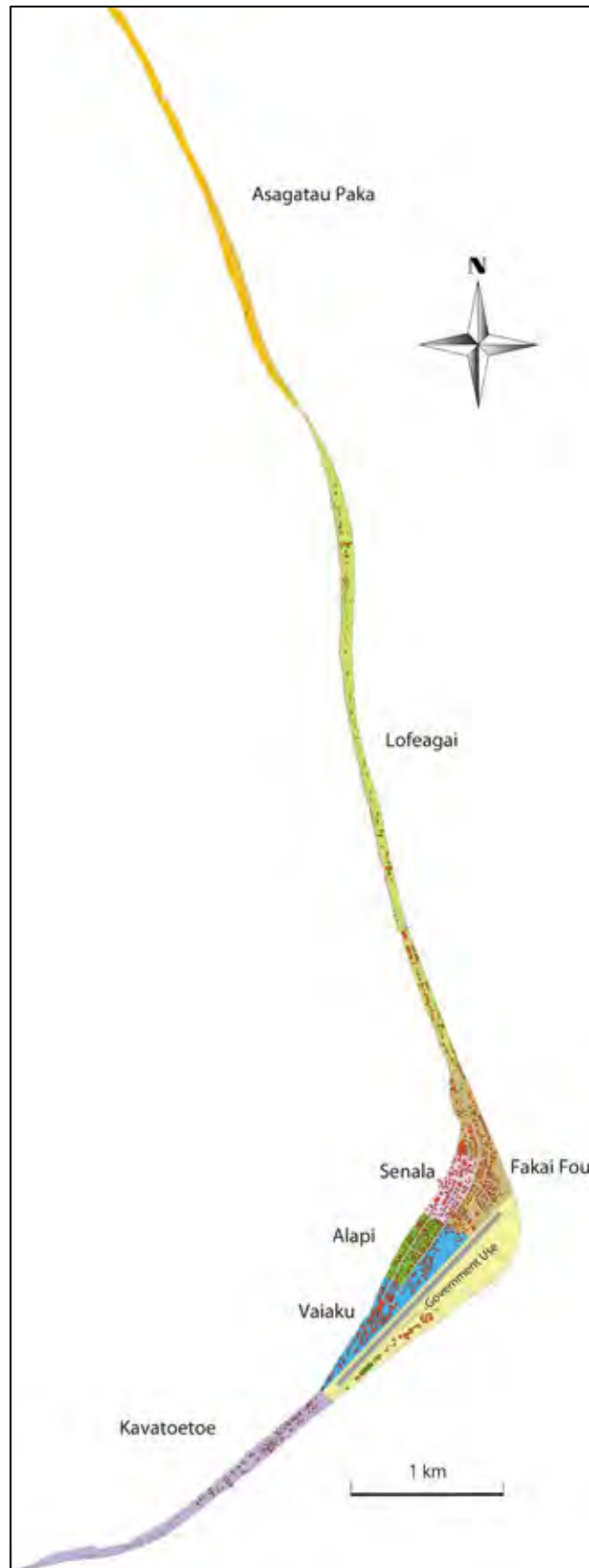


図 3.3 村境

3.1.5 人口構造

ツバルの人口は、2002年11月に実施された最新の国勢調査によれば9,561人、常住人口は9,359人とされる。前回（1991年）に実施された国勢調査時から5.7%の人口成長率、年平均人口増加率は0.5%と比較的低い水準となっている。これは、センサス期間（1991年～2002年）中、国外移住者数が多かった（約1,000人）ことによる。

首都のあるFunafutiと離島では、人口変化の傾向が大きく異なる（表3.2）。ツバル国面積の1割ほどしか満たないFunafutiに、全人口の4割を超える人口が居住し、人口密度も1,420/km²と離島の平均（222人/km²）の7倍以上となっている。離島の人口増加率は4.3%であるのに対し、Funafutiの人口増加率は10%を超える。Funafutiには都市機能が集中していることから、高度な生活水準の確保及び教育と雇用の機会を求めて、離島からFunafutiへの人口流入が生じている。

表 3.2 ツバルの人口変化（1991年～2001年）

	面積 (km ²)	総人口		人口割 合 (%)	人口成長率 (%) (1991-2002)	年平均 人口増 加率 (%)	人口密 度 (人 /km ²)
		1991	2002			2002	2002
総人口 (Tuvalu 全体)	25.6	9,043	9,561	100	5.7	0.5	365
常住人口		8,750	9,359				
Funafuti	2.79	3,576	3,962	42.3	10.8	0.9	1,420
離島	22.84	5,174	5,397	57.7	4.3	0.4	236

注：常住人口とは、調査実施時に調査地域に常住していた人口。訪問者や一時的に国外にいる人を除く。
出典：Basic Table of Population and Housing Census 2002

表 3.3 は、ツバルにおける島別人口とFunafutiにおける出身島別の住民構成を示している。Funafuti居住者のうちフナフチ出身者は全体の4分の1、残りの4分の3は離島出身者となっている。

表 3.3 ツバル全体の出身島別人口とFunafutiにおける出身島別住民の構成

Tuvalu 国全体										
	Funafuti	Nanume a	Nanuma ga	Niutao	Nui	Vaitupu	Nukufet au	Nukulae lae	Nutakita	N/A
9,539	1,004	1,560	1,063	1,453	835	1,694	1,149	461	2	138
100.0%	10.7%	16.7%	11.4%	15.5%	8.9%	18.1%	12.3%	4.9%	0.0%	1.5%
Funafuti										
3,962	991	662	360	634	232	476	475	120	25	132
103.7%	25.0%	16.7%	9.1%	16.0%	5.9%	12.0%	12.0%	3.0%	0.6%	3.3%

出典：Basic Table of Population and Housing Census 2002

フナフチは、メイン道路等によって地理的に7つの村区分に分けられる（図3.4）。表3.4

は、Funafuti における村別の人口を示している。

表 3.4 Funafuti の村別人口

村名	Lofeagai	Teone	Fakaifou	Senala	Alapi	Vaiaku	Tekavatoetoe	Others	Funafuti
人口	399	540	1007	589	1024	516	343	74	4492

出典：Basic Table of Population and Housing Census 2002

Fongafale 島の人口はかつてフォンガファレ島北部のティンガコ(Tingako)島に集中していたが、第二次大戦中 Funafuti に滑走路が建設され都市機能が集中したのをきっかけに、人々は Funafuti のラグーン側に位置する 3 地区 (Senala、Alapi、Vaiaku) に移住した。そのため、これらの地区には主に Funafuti 出身者が大半を占め、それ以外の地区には離島からの移住者が多く居住している。他島出身者は、たとえ Funafuti に長く居住していても出身島を自らのアイデンティティとし、出身島によるコミュニティを構成している。Funafuti には各島のコミュニティ・ホールがあり、コミュニティごとに住民集会や祭りなどのイベントを開催している。



図 3.4 ナフチ島の 7 つの村区分

3.1.6 ジェンダー

(1) 国際条約

ツバルは、1995 年 9 月に「子どもの権利条約」(Convention on the Rights of the Child (CRC))、及び 1999 年 10 月に「女性差別撤廃条約」(Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination against Women (CEDAW)) に批准している。また、UNDP が定めているジェンダー開発比率においては、太平洋諸国 15 の批准国のうち最も高い比率となっている (Te Kakeega II 2005-2015)。

(2) 法制度

ツバルの憲法 (Constitution) の 27 章 (2) では、差別偏見を禁止しているものの、“sex”

や” gender” といった性差に関する表現については特に明記されていない²。また、ジェンダーに関する法律として、ツバル国家ジェンダー政策 (Tuvalu National Gender Policy) を策定し、ジェンダー平等の達成及び女性に対する差別偏見の撤廃を目指している。

(3) 開発計画

国の開発計画として位置づけられている「持続的開発のためのツバル国家戦略 (Te Kakeega II : National Strategy for Sustainable Development (2005-2015))」には、8つの戦略分野があり、そのうち社会セクター分野の一つとしてジェンダー政策が掲げられている。この政策では、「ジェンダー平等の推進」及び「開発における女性の役割の拡大」を目的としている。開発計画では、女性を取り巻く問題として以下の点を指摘している。

- 家事労働の負担
- 女性たちが作成した製品を販売するための施設の欠如
- コミュニティ内の意思決定過程における女性の参画が不十分
- 土地相続に係る法制度の不平等 (男性及び子息へ優遇)
- 子どもの監護権の不平等 (父方へ優遇)

また、とくに離島においてジェンダー配慮が欠如していることを指摘している。以上の課題を克服すべく、国家戦略では、開発における女性の役割及び女性の経済活動に参画する機会の拡大を目的として、今後10年間に於いて以下の優先戦略を掲げている。

- 開発計画 (Te Kakeega II) の実施に女性を積極的に参画させ、ジェンダー配慮を徹底する。
- 土地相続及び子どもの監護権に係る法制度の見直しを行なう。
- 女性の零細企業、起業、金融融資機会の増加などに向け、トレーニング等の場・機会を提供する。

(4) ジェンダー (WID) 関連機関

ツバル国におけるジェンダーに係る関連機関として、中央政府、Kaupule、NGO 団体、コミュニティにおける女性グループの4者が挙げられる。各組織の概要及びジェンダーにおける役割を以下に示す (表 3.5)。

² TUVALU NGO Submission to the United Nations Universal Periodic Review, [RE-SUBMITTED TO THE CEDAW PRE-SESSION WORKING GROUP OF THE 44th CEDAW SESSION], Submission of the Legal Literacy Project, Tuvalu National Council of Women, Tuvalu, Third Session of the Universal Periodic Review Working Group, 1-12 December 2008

表 3.5 ジェンダー関連機関

組織名		主な業務・役割
中央政府	内務・地方開発省女性開発局 (Ministry of Home Affairs and Rural Development - Department of Women Development)	<ul style="list-style-type: none"> ジェンダー関連法制度の策定。 国際条約（「子どもの権利条約」及び「女性差別撤廃条約」）の履行監視。 関係省庁との連携・働きかけ。例）人事部に対する政府機関への女性の採用・登用拡大に向けた働きかけ（2009年時における女性が政府職員に占める割合：約3割）。 業務実施計画(Corporate Plan (2007-2009))の作成。現在新規計画(2010-2012)を策定中。 全島の女性グループの統括機関。
Kaupule	フナフチ・カウプレ (Funafuti Kaupule)	<ul style="list-style-type: none"> Funafuti におけるコミュニティ活動を担当。フナフチ出身者からなる女性グループの活動を支援。 中央政府、ファレ・カウプレ間の調整役。
NGO 団体	TANGO	<ul style="list-style-type: none"> Funafala や離島におけるマングローブ植林プロジェクトを他機関と連携して実施。女性対象のワークショップを開催し、マングローブ林の沿岸管理における重要性などの教育を行った。
	Tuvalu National Council of Women	<ul style="list-style-type: none"> 1977年に設立。 ツバルに存在する女性グループ(16グループ)を包括的に統括するNGO団体。TANGOのメンバー。 中央政府(内務・地方開発省女性開発局)の主要カウンターパート。 女性の経済機会及び権利の拡大(empowerment)に向けた活動の実施、女性を対象にしたプロジェクトを企画・実施。 各女性グループの代表(計16名)からなる委員会を設置、隔年で定期的に会合を開催。次回の開催は2010年。会合では、DV、女性の権利などジェンダーを題材としたワークショップを約1週間にわたって開催。 離島における海岸侵食のプロジェクトをGEFに申請したところ承認され、2010年に実施予定。実施主体は、環境局及び農業省。UNDPのプロジェクトと連携。ラグーン域沿岸への植林(マングローブ、ヤシ、Fetau(別名: Giant Tree*))を実施予定。以前カナダの支援を受けて、Nanumea島、Nukuraia島、Nui島で同様のプロジェクト実施した経験をもつ。植林にあたっては、ワークショップを開催し、マングローブの生態的役割、保全の利点等についての教育啓発を行なった。今回のプロジェクトは「フェーズ2」と位置づけ、他の離島を対象に実施予定。

コミュニティ	女性グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・ ツバル国には計 16 の女性グループが存在（フォンガファレ島内に出身島別の 8 つのグループ、離島の島ごとに 8 つのグループ）。 ・ 各教会にも女性グループ（women' s group）が存在する。 ・ 女性グループは President, Secretary, Treasurer, 委員会メンバー数名からなる。President は委員会メンバーから選出される。 ・ フォンガファレ島出身者による Island Community の女性グループの会合は月 1 回月末にファレ・カウプレのファレで開催される。主な議題は、遊戯場の建設、スポーツ大会の企画・役割分担、教会関係の活動（マット作成等）に係る役割分担など。
--------	--------	--

(5) ジェンダー課題

ツバル国における女性を取り巻く課題及び考慮事項は、以下の通り。

① 女性の権利及び経済的・社会的役割

- ・ ツバル社会においては、伝統的に女性は家事全般を担い、家庭外の事項については男性に一任されている。
- ・ 女性の現金収入を得るための主な手段は、ハンディ・クラフト、小規模ビジネス（氷の販売、学校への給食販売、ケーキ製造、洋裁など）となっている。
- ・ 女性の職業選択が限られている。医者や弁護士など社会的に地位の高い職業に就くことができない。
- ・ 女性及び青年の多くが、教育、職業訓練及び生活機会へのアクセスが限られている。
- ・ DV や性的暴行、レイプ等は頻繁に起こっているものの、女性の権利が軽視され、また、伝統や慣習、文化的慣行を理由に正当化されてしまうケースが多い。公的機関へ通報されることも少なく、またたとえ通報されたとしてもそのほとんどが不起訴となったり、途中でうやむやになったりする場合が多い。
- ・ 土地の相続権は女性に不利。ツバルの土地所有に関する法律（「Native Lands Act」(NLA)（1956 年制定）、及び「Tuvalu Lands Code」(1962 年制定)）では、男性の世帯主に取得権があり、また、長男への子息相続のかたちがとられている。女性も相続の権利は有するものの、実際には家族・親戚間の交渉で男性に譲渡される場合が多い。

② コミュニティにおける意思決定プロセス

- ・ ツバル国議会においては、女性の議員は一人も存在しない（2010 年 10 月現在）。法律では議会における男女の平等な参画を正式に認めているものの、1978 年の独立以来、女性が議員になったのは一例のみ。2006 年に実施された最近の一般選挙では、2 人の女性が立候補したものの、議席獲得には至らなかった³。
- ・ 女性の多くが意思決定過程への参画が限られている。とくに、Fale Kaupule の会合における意思決定過程にほとんど参画できない。Fale Kaupule の長老たち(Matai)には、女

³ TUVALU NGO Submission to the United Nations Universal Periodic Review, [RE-SUBMITTED TO THE CEDAW PRE-SESSION WORKING GROUP OF THE 44th CEDAW SESSION], Submission of the Legal Literacy Project, Tuvalu National Council of Women, Tuvalu, Third Session of the Universal Periodic Review Working Group, 1-12 December 2008

性も含まれることがあるが発言することは稀。女性は会合そのものへの出席は許されているものの発言は許されていない。女性自身も会合に出席しようという意志が欠如しており、発言を恐れ積極的でない。女性の意思決定への参画を促進するための体制も整っていない。一方、女性のみを対象にした会合であれば、女性は積極的に発言する傾向にある。

- ・ 女性グループの活動において、Fale kaupule へ提案、また承認を得る必要がある場合は、Fale Kaupule の会合にて女性グループの President あるいは Secretary によって要請が出される。ただし、女性グループの要請が必ず採択されるわけではなく、結局 Fale Kaupule の意向が優先される場合が少なくない。
- ③ 沿岸管理分野におけるジェンダー課題⁴
- ・ マングローブ植林において、主な担い手となるのは女性。マングローブ林は、離島の女性にとってハンディ・クラフト作成のための貴重な収入源であり、日常的に伐採が行なわれている。伐採を完全に禁止することは難しく、適正利用が求められている。離島の女性グループが作成したハンディ・クラフトは、空港施設に隣接するハンディ・クラフト・センターにて販売されているが十分に運営管理されていない。一方、フナフチにおいてはマングローブ林の伐採はほとんど行なわれていない。
 - ・ 気候変動分野における女性の脆弱性及び劣位性を認識している。たとえば、海面上昇や異常気象による海岸災害によって人々が行き場を失ったとき、物理的に体力が勝っている男性は自らの力で生き抜くが、女性はそうはいかない。女性は子どもを守ることをまず考え、自身のことは二の次になりがちである。とくに、妊娠した女性や年老いた女性は、逃げ遅れる可能性が高くなる。

3.1.7 観光

「ツ」国政府で観光を所管しているのは観光貿易商業省である。「ツ」国の国家開発計画「テ・カケエガ II、持続的開発のための国家戦略 2005-2015」(Te Kakeega II, National Strategy for Sustainable Development 2005-2015)では戦略分野として8分野をあげており、観光も天然資源分野の一部として重点開発が目指されている。2002年のホテル・レストラン業のGDPは3.7百万AU\$で、全体の13.5%を占めている⁵。しかし、観光客を含む外国からの「ツ」国来訪者数は少なく、2007年で1,130名となっている。そのうち、休暇及び余暇を過ごすことを目的に入国する来訪者は年間200人を越すことはない。

⁴ Tuvalu National Council of Women、Mrs. Pulafagu Toafa/Coordinator へのヒアリングより (2008年10月)

⁵ Tuvalu National Statistics Division

表 3.6 目的別「ツ」国来訪者数

	来訪者数計	訪問目的				
		休暇・余暇	社用・公用	親戚訪問	乗換	その他
2000年	1,079	135	523	122	240	59
2001年	1,140	104	486	318	165	67
2002年	1,313	168	277	630	79	159
2003年	1,377	184	343	582	79	189
2004年	1,290	164	854	175	54	43
2005年	1,085	178	566	199	69	73
2006年	1,135	189	178	523	119	126
2007年	1,130	135	523	122	240	59

出典：Tuvalu Central Statistics Division, Home Page より

このため、国家開発計画では、観光客の来訪者数の増大をはかることを観光開発の目標の最初に掲げ、近隣国にない特別に観光客を引きつけるものとしては、ツバルの大部分が俗化していないこと以外はないとして、フナフチ・ラグーンを呼び物として、エコ・ツーリズムの発展を支援し、民間の観光関連企業を支援し、発展を図ることを目標に掲げている。

3.1.8 歴史

Fongafale 島の地形はその歴史に大きく関わっている。特に太平洋戦争中にツバルは対日戦線の最前線基地として、軍用飛行場と軍港ならびにその付帯施設からなる軍事拠点が急遽建設された。基地建設に先立って、住民は他の島に移住させられた者も多い。島中央部の沼地は埋め立てられて飛行場が整備された。またラグーン側の海岸部も埋立てられ岸壁が建設されるとともに、前面のリーフは汀線方向に掘削されて舟艇用の水路が設けられた。埋立用盛土材として、島の北部と南部の地盤（サンゴの破砕屑）が大規模に掘削された。

ツバルの略史

1916	ギルバート諸島（キリバス）とエリス諸島（ツバル）がイギリスの植民地となる
1942-45	アメリカ軍がツバルを対日戦線の前線基地とする（下表参照）
1972	ハリケーン <i>Bebe</i> がフォンガファレ島を直撃
1978	イギリスから独立
1981	フォンガファレ島にフナフチ港が開港

表 3.7 太平洋戦争中のフォンガファレ島および周辺の歴史

年	月	フナフチ環礁島		周辺の太平洋
1941	12月	—		・日本軍がハワイの真珠湾を攻撃、アメリカに宣戦布告、勢力範囲をキリバスまで急速に拡大
1942		フォンガファレ島住民は他のフナフチ環礁の島 (Funafala, Papaelise, Amatuku, Fualefeke, Tepka, Faatato) に移住させられる		6月 ミッドウェー海戦 (日本軍の主力機動部隊が全滅、南下が停止)
	10月2日	米海軍の軍艦11隻がフナフチ環礁に来航、フォンガファレ島に飛行場および付帯施設の建設開始		
1943	4月	フォンガファレ島の飛行場から (ナウルの日本軍に対し) 最初の攻撃を実施	日本軍がフォンガファレ島を9回にわたり爆撃 (被害は軽微)	11月 タラワ島(キリバス)の日本軍守備隊全滅
	10月	フナフチ環礁に43隻の軍艦が停泊		
	11月	環礁内軍艦は131隻に増加		
	12月	軍艦は141隻に増加、駐留アメリカ兵力6,000人		
1944	1月	環礁内の軍艦は更に増加、174隻が停泊		1月 エニウェトク環礁 (マーシャル諸島) 陥落
	1944年中	前線が北上、アメリカ軍はツバルから撤収開始		6月 サイパン島陥落 8月 グアム島陥落
1945	8月	終戦時には全てのツバルにおけるアメリカ軍は撤収が完了		2月 硫黄島陥落 6月 沖縄陥落 8月 終戦

主な出典: "Tuvalu A History", Institute of Pacific Studies and Extension Services, University of the South Pacific and Ministry of Social Services, Government of Tuvalu (1983) Fiji Times & Herald Limited

土取場の位置は図 3.5 の通りである。飛行場の地盤整備のために島の「尾根」に当たる部分、約 37 万 m³ が掘削された。また Tengako 島からの盛土材を運搬するために、Fongafale 島との間の浅瀬を遮断する形で運搬路を作った。次に中央部の改変を示す。

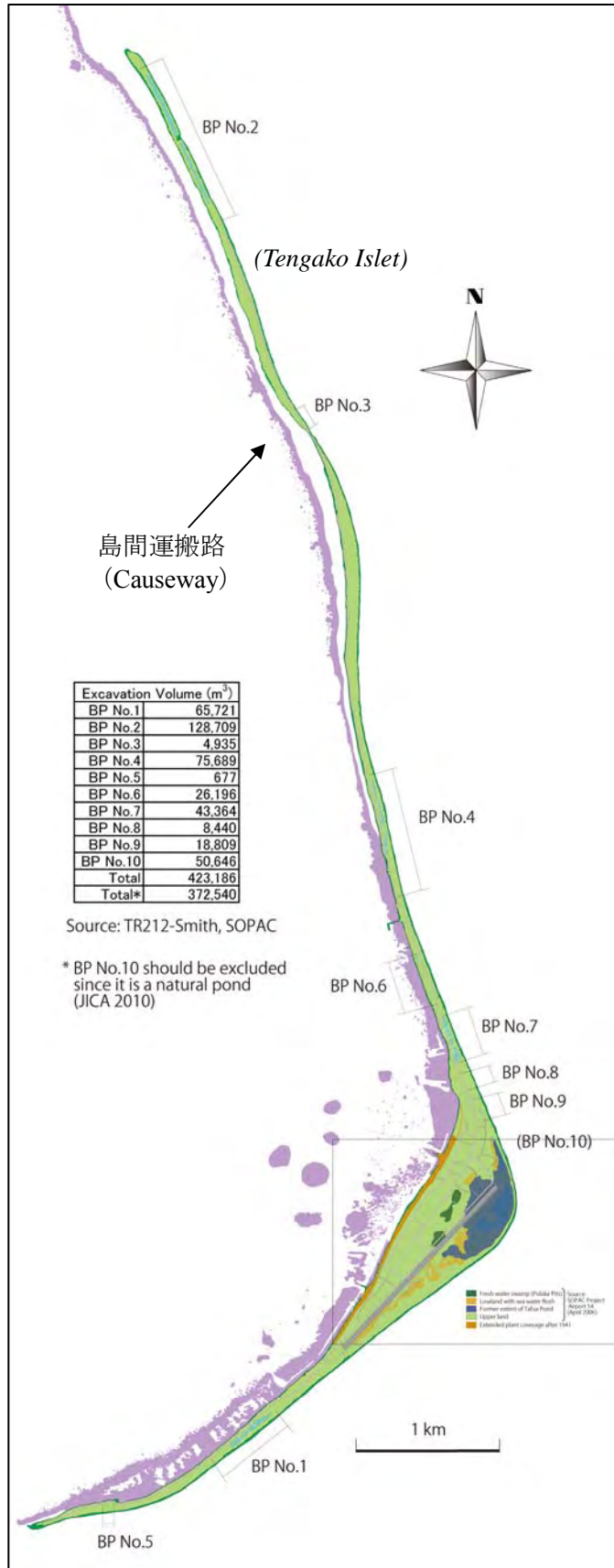


図 3.5 米軍による土取場の掘削位置

米軍の施設は、飛行場および軍港である。飛行場は、Tafua 沼を埋立てて、約 1.5 km の滑走路延長を確保した（図は現在の滑走路）。この飛行場と軍港を結ぶアクセス道路と、海岸を汀線方向に移動するためのアクセス道路が建設された。軍港は、海岸のアクセス道路を幅約 20m でリーフを埋立てるとともに岸壁を建設、その前面を掘り込んで舟艇の移動を可能とした。また水上艇の発着場、小型高速魚雷艇の係留所も備えるものである。

現在は、これらの施設は現在も利用されている飛行場を除き、老朽化・消失してその残骸が残っている。現在侵食が指摘されている区間は干拓された岸壁が崩壊している状況を指しているものと考えられる。

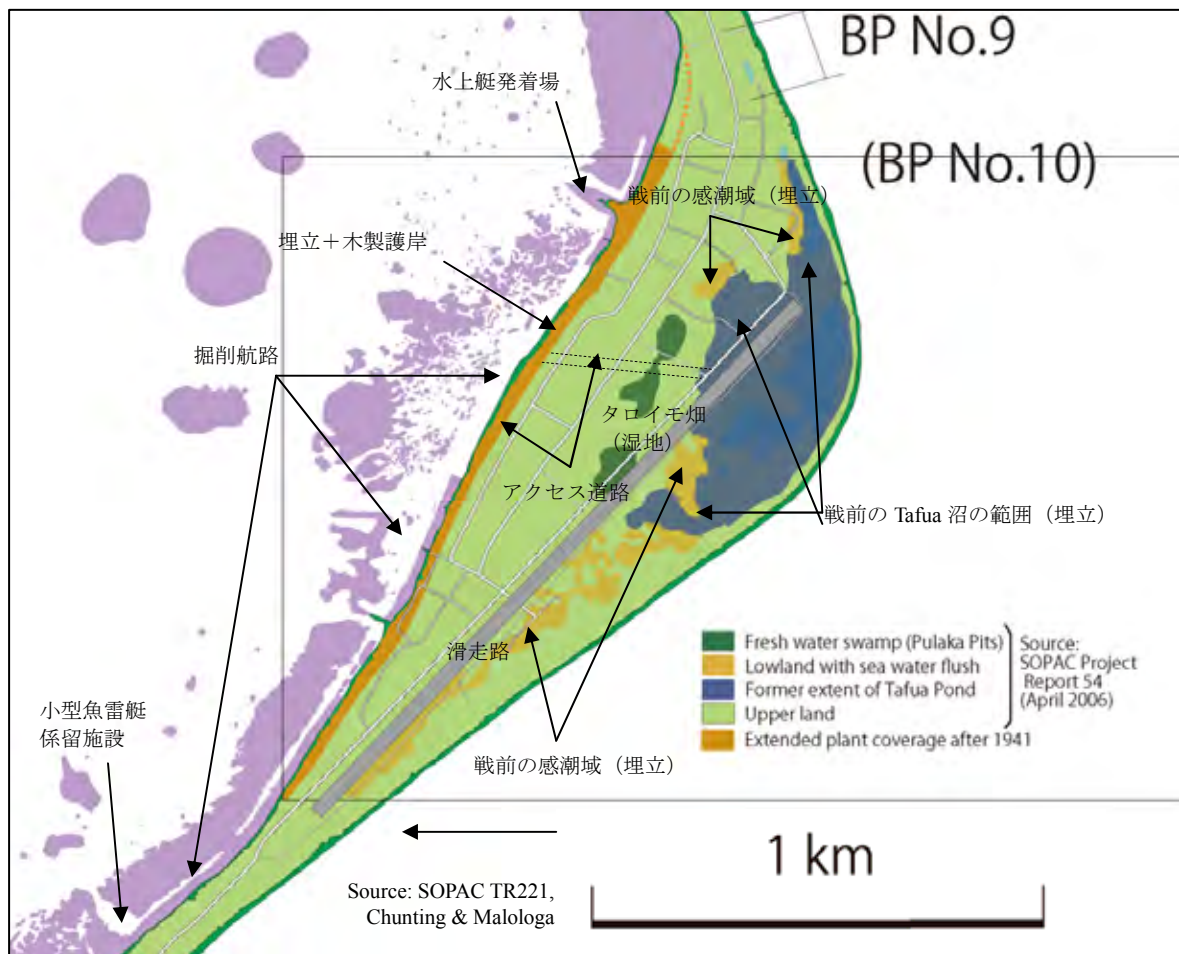


図 3.6 米軍事施設と以前の地形

3.1.9 開発計画

「ツ」国の現行の開発計画は「テ・カケエガ II-持続的開発のための国家戦略 2005-2015⁶」である。テ・カケエガ II では、「ツ」国の抱えている開発の制約条件として、広範囲に散

⁶ Te KakeegaiI, National Strategy for Sustainable Development 2005-2015

在し、人口密度の低い島嶼国であるため、天然資源に恵まれず、国内市場の経済スケールが小規模で、国内経済では限られたビジネス・チャンスしか得られないこと、一方、国際市場へのアクセスは金のかかるものとなっていること、また、社会・文化システムも土地の開発等が社会的価値観、伝統等により制約を受けていること、ビジネス・マインドの知識や経験が限られていること等の問題があり、国外からの大規模な投資を消化することが困難なことをあげている。

「ツ」国経済の構造的弱点として、大幅な貿易不均衡であり、公共部門の比重が大きく、しかも低生産性であること、民間部門が弱体であり、GDPの4分の1しか占めていないこと、また、企業の多くは政府が大株主として関与し、それらの多くは財務的基盤が弱いこと、金融システムの発展が遅れていること等をあげている。

これらの状況下で戦略的開発分野として、下記8分野を掲げている。

1. 善き統治
2. マクロ経済成長及び安定
3. 社会発展：健康、福祉、青少年、ジェンダー、住宅及び貧困削減
4. 離島及びファレカウプレ開発
5. 雇用及び民間部門開発
6. 人的資源開発
7. 天然資源：農業、水産、観光及び環境マネージメント
8. インフラ及びサポート・サービス

天然資源分野の中の一分野としてあげられている環境分野では、次の2主要課題があげられている。

- 1) フナフチの都市化進展により引き起こされる多くの問題
- 2) 気候変動と海面上昇に伴う国家的影響、特に多かれ少なかれ地球温暖化に帰せられるタロイモ・ピットの海水浸水、沿岸侵食および洪水、

3.1.10 気候変動に対するツバル国の取り組みおよびドナー動向

a) ツバル国の取り組み

国連気候変動条約第7回締約国会合（COP7）において、途上国に対する国家適応行動計画（National Adaptation Programme of Action, NAPA）の策定支援が決定された。それを受けてツバルでは、さまざまなステークホルダーとの協議を経て、NAPAが作成され、2007年5月に閣議で承認された。その後、GEF（地球環境ファシリティ；Global Environment Facility）の支援の下、計画の実施が準備されており、UNDP、SPREP、SOPACなどが、さまざまな分野でフォローアップを実施している。ツバルのNAPAでは、以下に示すような取り組みが優先プロジェクトとしてあげられている。

表 3.8 ツバル国家適応行動計画 (NAPA) の優先プロジェクト

順位	分野	プロジェクト	主な担当機関	必要経費 (US \$)
1	沿岸部	沿岸部と居住地の気候変動に対する立直り力の強化	DOLS、PWD、Kaupule	1,906,500
2	農業	耐塩性のあるプラカ種（タロイモのような筒状植物）の導入によるプラカ種の生産性の向上	DOA、Kaupule	2,220,000
3	水	家庭における貯水能力の増強、集水機器、節水技術による頻繁な水不足への適応	PWD、Kaupule	2,675,300
4	健康	生物媒介の病気・気候変動によって頻繁に発生する病気の管理及び質の高い飲料水へのアクセスの確保による地域住民の健康の確保	DOH、PWD、CBOs、Kaupule	381,500
5	漁業	沿岸部の非常に脆弱な海洋生態系のコミュニティによる保全プログラムの強化	DOF、DOE、Kaupule	636,500
6	災害	コミュニティの災害に対する準備と対応可能性の強化	DMO、MET、DOE、Kaupule	462,000
7	漁業	沿岸部の貝類資源及び珊瑚生態系の生産性への適応	DOF、DOE、Kaupule	388,000
計				8,669,800

b) ドナー動向

気候変動に関しては、二国間ドナーや EU の他に、多国間支援機関である UNDP、GEF が資金提供や技術支援において大きな役割を果たすほか大洋州に存在する地域組織の存在が大きい。気候変動に関するドナーは、以下の図 3.7 のとおりである。

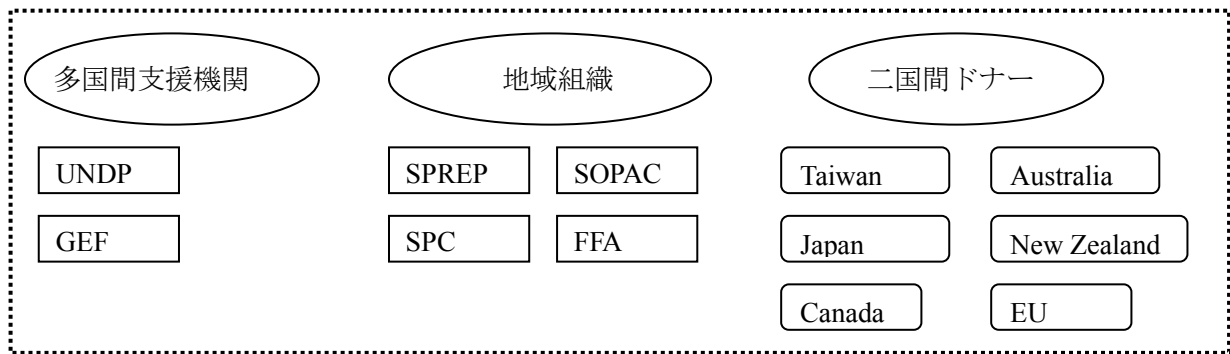


図 3.7 気候変動に関する支援をするドナー一覧

AusAID

オーストラリアの対ツバル支援の二大重要項目は、①大洋州の地域的なイニシアティブを尊重、②水、衛生である。最近、AusAID 内に気候変動局も新設され、今後は気候変動に対する支援に注力していくことが予想される。なお、ツバル政府のプロジェクト実施能力に課題があるという認識から、ツバル・トラスト、ファンド（TTF）を通じて行財政改革に関与しながら、間接的に気候変動の課題に対応しようとしている。

EU

EU は、2 国間協力プログラム（National Indicative Programme, NIP）の下、貧困削減を目的とした様々なプログラムに European Development Fund（EDF）の資金が投与されてきている。現在、EDF 9（2003 年～2007 年）が終了し、2008 年から 2013 年までをカバーする EDF10 の基本文書が 2007 年後半に合意されている。EDF10 では、廃棄物管理、再生可能エネルギーを含む水、衛生分野が焦点となるセクターが対象となっており、政府機関以外の NGO などの関与も合意されている。

UNDP

UNDP の気候変動に関する支援は、GEF と共同の NAPA の策定支援（20 万米ドル）、国家キャパシティ自己評価（National Capacity Self Assessment for Global Environment Management）の支援、および様々な地域のセミナー、ワークショップへの招聘などの支援が中心である。なお、現在、GEF と共同で、生物多様性戦略およびアクションプランの作成、持続可能な土地管理、NAPA のフォローアップ、小規模無償プログラムを支援している。また、統合水資源管理（IWRM）、大洋州気候変動に関する適応策に関する調査（PACC）に関して GEF、SPREP とともに支援している。

台湾（Taiwan）

ツバルと国交を結んでいる台湾は、ツバルに対して無償資金協力、技術協力を積極的に供与している。主な用途として、2008 年は通信システムの修繕、奨学金、医療制度、電力、その他の補助金、機材購入、国際会議参加の支援、外国人専門家（ICT や医者など）の給与、船の修理、などにあてられている。また、技術協力として農業や畜産の専門家が派遣され、

有機農法の家庭菜園や養豚経営、または養殖事業の支援も実施している。

地域組織

各ドナーの支援は、地域組織の調査研究機関の活動と関係して行われる場合が多い。特に、SOPAC や SPREP は、ツバル国を含めた南太平洋諸国での多くの調査を実施して、政策、戦略、活動計画、管理計画、調査結果などに関する各種の報告書を作成するとともに、ワークショップ、セミナーなどを通してキャパシティの育成を図っている。

3.2 経済条件

3.2.1 産業構造

ツバルは、約 1 万人という少ない人口が広範囲に散らばっており、経済スケールに満たない小規模の国内市場しか形成できず、また、環礁性島嶼で構成されているため、資源に乏しく、農水産業の生産性も高くない。国内資源が乏しいため、食料を始め、多くの生活必需品を輸入に頼っている。輸出品がほとんどなく、輸出入のアンバランスは大きく、2005 年では輸出金額は輸入金額の 0.47% に過ぎない。国民一人当たりの輸入金額は AU\$2,130 (2002 年) で、一人当たり GDP の 75% に達する。

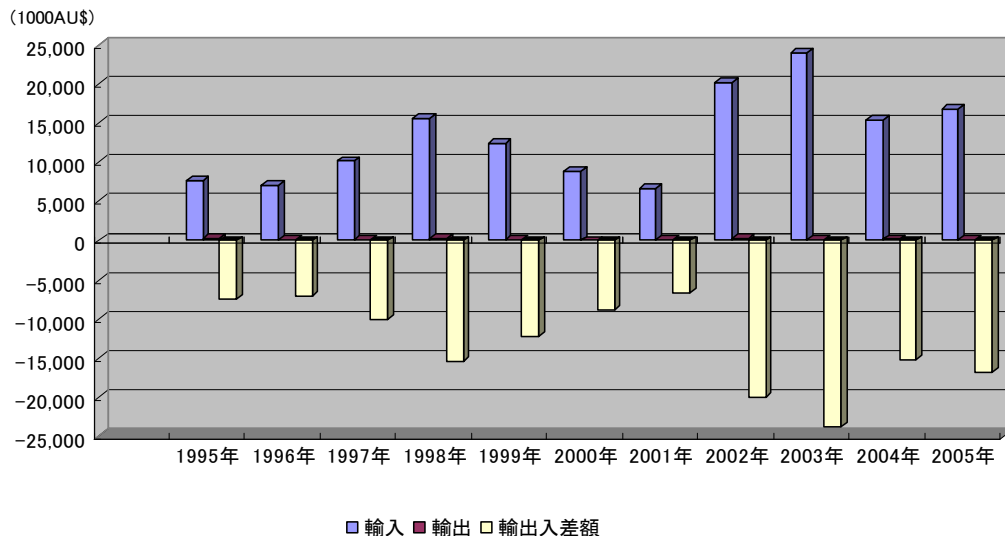


図 3.8 貿易収支の推移

ツバルの人口の約 4 割はフナフチに集中している。フナフチと人口 1,300 人のヴァイタブ島を除くと他の離島は人口 900 人を越えるところはなく、離島には自給経済が色濃く残っている。

1998 年から 2002 年までのツバルの GDP は約 1.7 倍に成長してきている。これは運輸通信業等の第 3 次産業の成長と政府の支出による貢献が大きい。GDP に対する政府の貢献は 2002

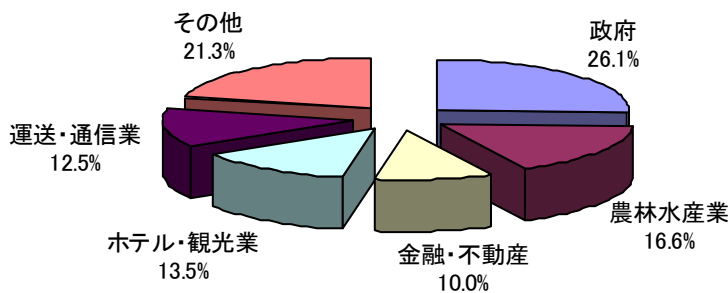
年で 26.1%となっているが、他の産業セクターでも国営企業の占める比重は大きい。一方、離島の自給経済が衰退傾向となっていることから、農水産業の比重はこの間、26%から 16.6%へと大幅な後退を示している。

表 3.9 セクター別 GDP の推移

(単位：千 AU ドル)

産業セクター	1996 年		2000 年		2002 年	
	金額	構成比	金額	構成比	金額	構成比
農林水産	4,097	26.0%	4,322	18.0%	4,565	16.6%
鉱業・採石	82	0.5%	194	0.8%	237	0.9%
製造	578	3.7%	1,124	4.7%	1,433	5.2%
電気・水道・ガス	585	3.7%	1,159	4.8%	1,370	5.0%
建設	528	3.3%	793	3.3%	1,016	3.7%
観光・ホテル・飲食	2,754	17.5%	3,166	13.2%	3,700	13.5%
運輸・通信	1,361	8.6%	2,499	10.4%	3,429	12.5%
金融・不動産	1,915	12.1%	3,586	14.9%	2,760	10.0%
政府	3,235	20.5%	6,800	28.3%	7,188	26.1%
地域・個人サービス	1,182	7.5%	1,390	5.8%	1,794	6.5%
控除：銀行サービス料	-555		-991		-1,295	
合計	15,762		24,042		27,492	

出典：ツバル統計局



出典：ツバル統計局

図 3.9 GDP の構成比(2002 年)

3.2.2 交通

「ツ」国は、他の島嶼国と比較しても世界の市場から著しく遠隔地にある小国であることもあって、国際航空路線としては中型レシプロ機によりフィジー国のスバとフナフチの間を週に 2 便、繁忙期には不定期便が更に 1 便、往復しているのみである。

海外からの輸入物資のほとんど唯一の窓口になっているのがフナフチ港である。フナフチ港では最盛期の1998年には722個(TEU)の輸入コンテナ貨物、2,652 m³の輸入バラ積み貨物を取り扱っている。取扱量は2002年にはコンテナ貨物400TEU、バラ積み貨物1,220 m³となっている。一方、輸出品は少なく、フナフチ港から輸出された物資は1999年の193 m³が最大となっている。国際航路船客数は多くなく、2002年には、入出港とも年間50名前後となっている。外国航路船による貨客取扱実績を下表に示す。

表 3.10 フナフチ港の外国航路船による貨客取扱実績

(単位：千 AUドル)	コンテナ貨物(TEU)		バラ積み貨物(m ³)		乗客数	
	船卸量	船積量	船卸量	船積量	入港	出港
1997	622	569	1,972.59	83.21	43	27
1998	722	902	2,652.41	178.31	110	115
1999	663	707	2,003.54	192.77	77	83
2000	668	704	2,162.06	178.59	72	84
2001	546	505	1,485.57	100.76	59	65
2002	400	338	1,220.81	83.65	46	53

出典：ツバル港湾局

輸入物資は一旦フナフチ港で降ろされたあと、2隻の島間連絡船によって離島へ輸送されている。国内航空便のない島嶼国のツバルでは、海上輸送が主な輸送手段であり国民の生活を支える生命線である。国内の輸送を担っているのは1988年に英国から供与されたNivaga II号と2002年に日本から供与されたManu Folauであり、2004年には延べ6,595人の乗降客と約6,200 m³の貨物を扱った。

表 3.11 フナフチ港における国内貨物輸送量

(単位：m³)

	2001年	2002年	2003年	2004年
船積量	4,146.11	4,849.89	5,847.74	5,911.23
船卸量	268.16	288.28	276.34	290.44
合計	4,414.27	5,138.17	6,124.08	6,201.67

出典：ツバル港湾局

次表に国内航路旅客数を示す。

表 3.12 国内航路旅客数

	2001年	2002年	2004年
国内航路旅客数	4,859人	6,869人	6,595人

出典：ツバル港湾局

3.2.3 所得等の経済指標

「ツ」国政府の GDP 公表値は 2002 年が最新である。2002 年の GDP は 27.5 百万 AU\$ で、一人あたり GDP は 2,814AU\$ となっている。

表 3.13 「ツ」国政府発表所得等経済指標

	1996 年	1999 年	2002 年
GDP (単位: 千 AU\$)	15,762.6	21,213.7	27,490.2
人口	8,953	10,002	9,573
一人あたり GDP (単位: AU\$)	1,760.5	2,135.7	2,814.5

出典: ツバル統計局

アジア開発銀行による最新の所得経済指標では、2008m 年の一人あたり GNI は 2,927US\$ とされている。アジア開発銀行による最新の所得経済指標を下表に示す。

表 3.14 最新所得等経済指標

	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
一人あたり GNI (US\$)	2,223	2,353	2,401	2,725	2,927
年間 GDP 成長率(%)	4.0	2.0	1.0	2.0	1.5
年間消費者物価指数上 昇率(%)	2.8	3.2	3.8	2.2	5.3

出典: ADB, Asian Development Bank & Tuvalu, Dec. 2008

3.2.4 土地利用

Fongafale 島は、密度に差があるもののほぼ全域が宅地もしくは沼地を含む政府用地（個人から政府がリース中）である。Fongafale 島の中心部の土地利用は以下の通りである。Alapi 村は全域が居住地区、Senala 村は Funafuti 役場、長老会の集会所、教会、病院、小学校等の Funafuti 環礁島の主な機関が立地する。Vaiaku 村にはツバル国政府系の庁舎、首相官邸等があり、飛行場から南東側（Fakai Fou 村ならびに Vaiaku 村の一部）は、発電所、刑務所、公共事業局、気象局、競技場等が立地する政府用地であり、住宅はなく、Tafua 沼周辺には個人の豚舎が並んでいる。養鶏場は一箇所のみである。

島内には Alapi 村と Senala 村の飛行場側にある湿地でタロイモ畑（Plaka Pit）、政府用地南端の台湾政府の技術支援農園の他には主だった農地がない。

漁業は生活用採取漁業が主で、魚市場等の流通ルートがないため、魚類は個人売買によっている。したがって漁船は何れも船外機を取り外すタイプの小型ボートであり、Alapi 村および Senala 村の前面にブイを設置して米軍によって掘削されたリーフの水路跡地に係留

している。背後地には漁師の住宅が密集しており、海岸には小型船舶の引揚用斜路が設置されていることが多い。

全ての廃棄物は、Tengako 島の米軍掘削跡地に無処理で投棄されている他、島南部にも小規模な処分地がある。

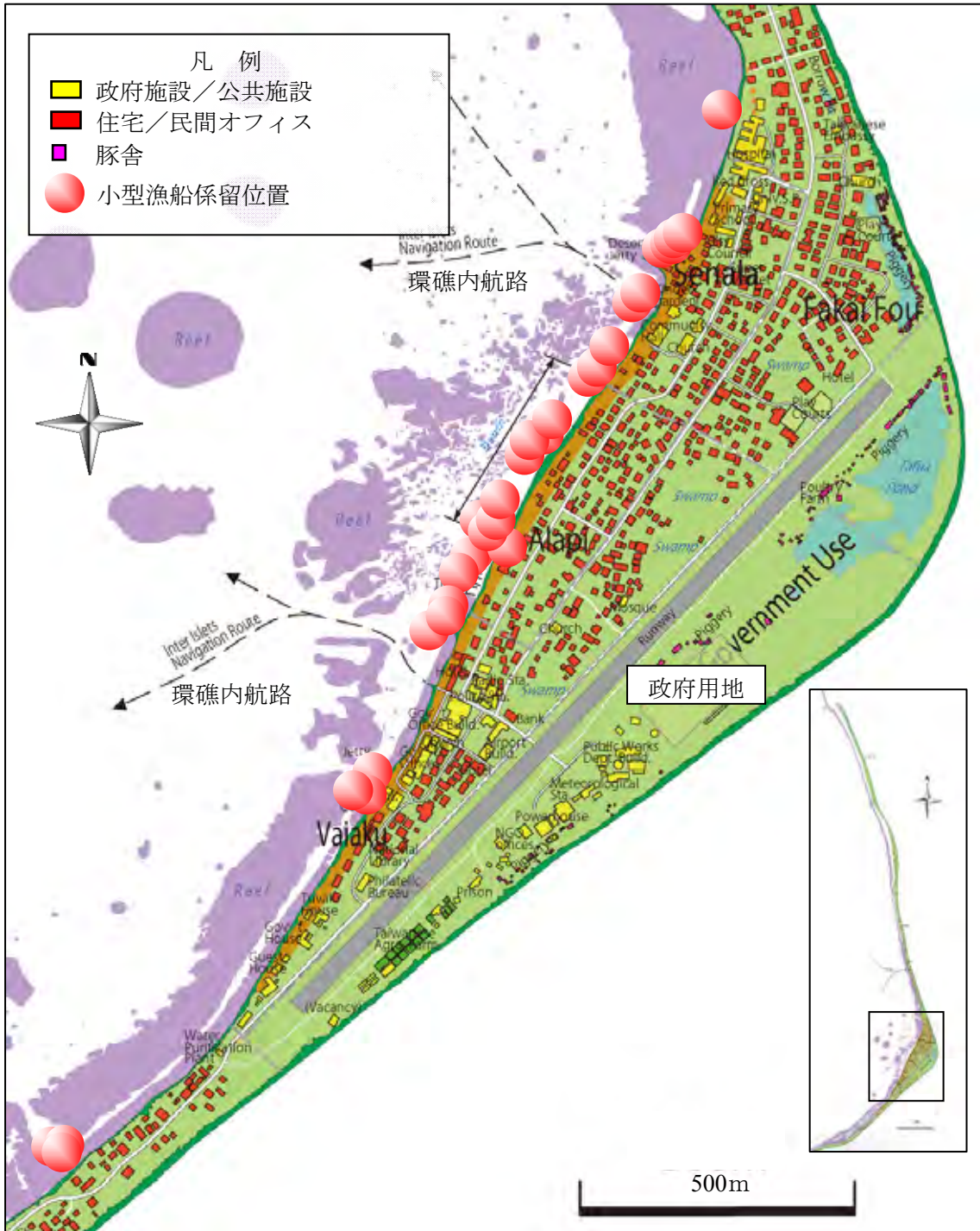


図 3.10 Fongafale 島主要部

3.2.5 土地の所有区分

「ツ」国の土地の所有区分には、私有地 (private land)、政府取得地 (government acquired lands)、リース土地 (leased lands)、国有地 (crown lands)、公有地 (public lands)、共有地 (communal lands)、村落所有地 (village lands)、ツバル教会所有地 (Tuvalu Church lands) がある⁷。

「ツ」国では土地は、販売、贈与、賃貸その他により、その島生まれ以外の者に譲渡してはならない（「生得土地法」第 5 条 1 項）、とされ、島民以外のものが土地を購入することはできない。ツバルでは伝統的な土地所有形態を基に、今日の土地利用を律する法令を作り上げているように見える。ツバルの伝統的な土地所有システムは血族関係を基礎としており、土地は母親の血族及び父親の血族、双方から受け継がれるとされている。

カイトシ(Kaitasi)：3 世代、4 世代にわたる広い範囲の血族により総有されている土地をいう。カイトシとはみんなで権利を共有することを意味しており、この権利はその土地を物理的に分割できるものではなく、権利所有者はひとつの権利の断片的な一部分を所有しているとされる。ただし、土地の利用に関する伝統的な慣例に反しない限り、自分の持っている部分的な権利は自由に処分できる。

ヴァエヴァエ(Vaevae)：分割されたという意味であり、これは、通常、カイトシの土地がその構成員の間で分割されたときに生じる。土地が分筆された後では、その所有者は自分の土地を自由にできる。

ファカガムア (Fakagamua)：共有地。ファカガムアが分割できないこと以外、ほとんどカイトシと同じ概念。それをどのように使用するかを定める至高権力は酋長及び島のコミュニティの長老たちのみが持っている。

賃借地 (Leasehold)：ツバルの大部分の土地は私有地であるが、フナフチでは大きな面積の土地が主として政府により、賃借されている。賃借期間は 25 年間に制限され、賃借料は 5 年ごとに改訂される。国土の 5% が賃借地となっている。

3.2.6 地価

ツバルには地価評価基準はない。借地料は地主と賃借人との直接交渉で決められる。現在では、政府が最大の土地を借地しているため、政府の借地料が地主と他の賃借人との交渉の目安とされている。借地料は 5 年ごとに更新しなければならないとされており、2010 年が政府借地料の更新時期である。更新前の政府の賃借料は Au\$2, 500/エーカーである。

⁷ L.M.Tausi, Land Tenure System; an obstacle to economic development in Tuvalu

3.3 その他環境社会配慮関連データ

3.3.1 上下水道

(1) 現状

1) 上水へのアクセス状況

ツバル国における安全な飲料水に対するアクセスは 97%と高い⁸。主たる水源は雨水であり、Funafuti ではほとんどの世帯が水タンクを有し、飲料、食事・調理、トイレ、シャワー、洗濯などに利用されている。水タンクは容量約 10m³ の大型のプラスチック製が一般的で、PDW（公共事業局）の敷地内にある工場で製造され、ドナーなどの援助によって各戸に無償で提供されている。プラスチック製以外に、コンクリートのタンクを使用している世帯もある。各世帯における水タンクの平均所有数は、1-2 個程度である。一方、中央庁舎や病院の地下には貯水槽が設置され、旱魃時など必要に応じて今給水車によって一般家庭へ供給されている。その他に、規模は小さいが、各コミュニティ用のタンクもある。

また、旱魃等の緊急時に備えて、Funafuti には日本の援助で海水淡水化装置が 2 基設置されている。淡水化するための海水は、ラグーン側の 100~200mほどの沖からパイプを通して取水されている。生産された水は隣接する水タンクに貯められ、給水車によって各戸に給水される。海水淡水化に係る製造及び供給に係るコストは、多額の政府の補助金が充てられている。

Funafuti では 1990 年以前までは地下水も一般的に利用され、井戸の存在も確認できるが、現在は上水としては利用されていない。理由は、生活排水等によって汚染され衛生面に問題があるほか、水タンク等の貯水容量が増加し、井戸水の必要性が低くなったことによるとされている。上記に加え、近年飲料水としてペットボトルのミネラル水の輸入が増加している。

2) 下水処理状況

Funafuti 住民のし尿の排出状況は、年間 475 トンと推計され⁹、表 3.15 に示すように、Funafuti の全世帯の 92%が浄化槽（Septic tank）、あるいは浸透式便所による処理を行っている。

表 3.15 フナフチにおけるし尿処理の方法（世帯数）

島名	し尿処理の方法（世帯数）			合計
	水洗及び浄化槽（Septic tank）	浸透式便所	なし	
Funafuti	163	424	43	639*

*試験用コンポスト・トイレ 4 基を含む

⁸ Tuvalu 2006 Economic Report From Plan to Action, Ministry of Finance, Economic Planning and Industries, Government of Tuvalu and the Asian Development Bank, Draft Final Report, 31 March 2006

⁹ SPREP. (2006) Economics of liquid waste management in Funafuti IWP-Pacific Technical Report (International Waters Project) no. 36. (原典は Government of Tuvalu. (2002) Tuvalu Census 2002)

浄化槽は、生活排水とし尿を共に処理する合併処理浄化槽と、別々に処理する単独処理浄化槽がある。合併処理浄化槽の一般的な構造を以下に示す。浄化槽の設置にあたっては、規定された設計基準や仕様書に沿わずに設置されることが多く、浄化槽の底面はサンゴ礁の礫などを敷き詰めるだけで、未処理の廃水が土壌へ浸み出している。浄化槽は定期的に吸引処理等を行なう必要があるが、満杯になるまで放置されている場合が多い。ツバル国には吸引処理を行なうための適切な資機材が整備されておらず、公共事業局(Department of Public Works)の人力による処理に頼らざるを得ない状況にある。以上のような浄化槽の不適切な設置及び維持管理によって土壌に浸み出した未処理の廃水による地下水や海水への汚染が懸念されている。また、このような浄化槽構造は、大潮や異常気象時によって地下水面が上下するツバルの環礁地形に適していない。

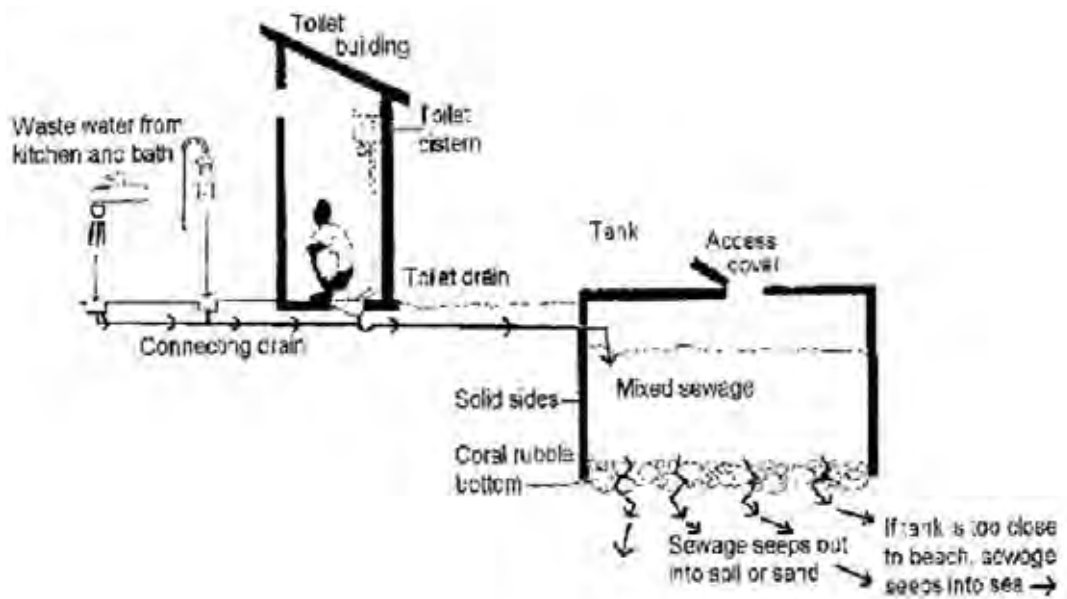


図 3.11 Funafuti における浄化槽の一般的な構造¹⁰

家畜糞尿については、政令によって居住地内での豚の飼育は禁止されており、フォンガレ島の北部のスポーツ施設脇及び滑走路脇の二箇所に、養豚舎が密集して存在する。両地区とも池に隣接しており、糞尿は池を通じて外洋側の海へ流れ込んでいる。一方、島の北部や南部の地区では、個人宅敷地内、または海岸沿いに養豚舎を設置している世帯も一部見受けられる。

3) 法制度

国レベルでの排水処理及び衛生に係る計画、戦略、また浄化槽の設置・維持管理に係る基準は存在しない。地下水や海水の水質モニタリングは、内務省廃棄物管理ユニットが担当するとされているが、ほとんど実施されていない。

¹⁰ Acquired from PWD presentation on composting toilets (October 2009)

4) 関連機関

ツバル国における上下水道関連業務の実施機関とその役割を以下に示す。

表 3.16 上下水道関連業務の実施機関とその役割

組織	役割
水衛生委員会 (Tuvalu Water and Sanitation Committee)	<ul style="list-style-type: none"> 公共施設・工業省(Ministry of Public Utilities and Industries)の次官が議長となって、水関連機関・部署・グループの代表15人から構成。 水と衛生に関する情報と意見交換、活動の調整。 ドナーへのプロジェクト要請。
公共事業部(PWD)	<ul style="list-style-type: none"> 上水及び下水の担当。 水タンクの製造・供給、浄化槽の管理を実施。 コンポスト・トイレの普及。
環境局 (Department of Environment)	<ul style="list-style-type: none"> 水環境保全・改善に向けた政策策定。 環境基準の設定など。 環境影響評価調査の実施。
保健省(Ministry of Health)	<ul style="list-style-type: none"> 公衆衛生を担当。 上水の水質モニタリング管理の実施。 飲料水の健康基準の設定など。
内務省廃棄物管理局 (Waste Management Unit)	<ul style="list-style-type: none"> 最終処分場の浸出水による影響評価(モニタリングの実施)。
島役場 Kaupule	<ul style="list-style-type: none"> 各世帯へのトイレの設置を義務付け、具体的な設置場所を定めた By-law を導入。(トイレ施設の設計については規定なし)

注：2010年3月現在

5) 現在の取り組み

コンポスト・トイレ促進事業

2009年より公共事業局が、GEF IW/EU Water Facility による資金を用いて、一般家庭へのコンポスト・トイレの普及を試みている。これは、Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme(SPREP：太平洋地域環境計画)がツバルで実施した International Waters Project (IWP) の成果レポートの一つである

「Economics of liquid waste management in Funafuti (2006年実施)」の結果を踏まえ、し尿処理対策として実施されるものである。導入が予定されているコンポスト・トイレの構造は、図 3.12 に示す通りで、直径約 1.0-1.5m の比較的大型のプラスチック製のものとなっている。ツバル国では過去に IWP や AusAID のプロジェクトで、コンポスト・トイレの導入が試みられた経緯があったが、社会的受容が得られなかったことから普及には至らなかった。これを教訓として、今回の事業は、コンポスト・トイレのメリットを伝える教育啓発を重要視したプログラム内容となっている。

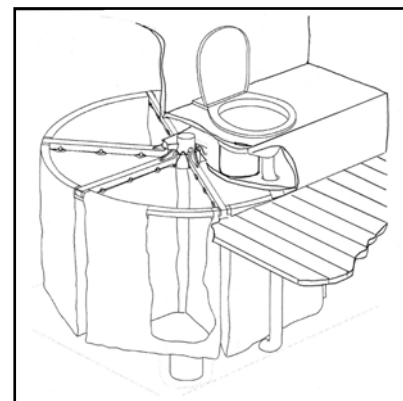


図 3.12 Funafuti に導入予定のコンポスト・トイレの構造

(2) 今後考慮すべき事項

1) 重要な水資源施設の保護

ツバル国の主たる水源は雨水であり、そのほとんどが上水として利用されている。水は一般家庭では水タンクが設置されるが、旱魃や渇水時には、中央政府や病院の地下に設置された比較的大型の貯水タンク及びコミュニティ用のタンクが共同用として使用され、家庭の不足分を補給する重要な役割を担っている。また、日本政府により供与された海水淡水化装置も旱魃期等の非常事態に重要な水資源となっている。このような重要な水資源施設を有する地域は、沿岸管理の面から優先的に対策が講じられる必要がある。

2) 適切な下水処理方法の確立

生活雑排水及び適切な設置基準を有さない浄化槽・浸透式便所からの漏出水が、未処理のまま直接土壤に浸透し、地下水及び海水汚濁の原因となっている。また、家畜糞尿による影響も無視できない。これらが有孔虫やサンゴ礁といった沿岸管理に重要な役割を担う沿岸生態系に影響を及ぼしていることが懸念される。浄化槽の適切な設計基準や浄化技術や海水放流を含む処理技術等、低コストのし尿・生活雑排水処理システムの導入を検討する必要がある。また、現在進行中のコンポスト・トイレ事業も、有孔虫生息域を考慮し、また人口密集地区など汚水が集中して排出されやすい場所などを特定して設置するなどの戦略性が求められる。そのためにも調査で明らかになった水質調査や生態調査などの結果は関係者間で積極的に共有を図られる必要がある。

3.3.2 廃棄物

(1) 現状

1) 廃棄物管理の実態

① 廃棄物の排出（ごみ量・ごみ質）

Funafuti における 1 世帯あたりの一日あたりのごみ排出量は 5.1kg、Funafuti 全世帯における年間ごみ排出量は 258.024 トンとなっている¹¹。表 3.17 は、2000 年の Funafuti における家庭から排出されたごみの重量別・容積別の構成を示している。

表 3.17 Funafuti における一般ごみの廃棄物組成

Waste Type	Weight %
Biodegradable (kitchen waste, garden waste)	52.4
Paper	10.4
Metals	9.8
Glass	9.5
Plastics	9.3
Construction and demolition waste	3.2

¹¹ Extracted from one of the three Waste Management Project Solid Waste Characterization Survey Reports (2000)

Waste Type	Weight %
Textiles	2.2
Potentially hazardous waste (batteries, cleaning fluids and pesticides)	0.6
Other	2.5
Total	100.0

出典：SPREP. (2000) Solid Waste Characterisation Tuvalu.

厨芥ごみや庭ごみを主体とする有機ごみの排出が重量ベースで家庭ごみの 5 割以上を占める。2008 年に実施されたアンケート調査の結果によると、回答者の 9 割以上が厨芥ごみ（主に野菜くずや残飯など）を家畜の餌として与えている¹²。結果、厨芥ごみが処分場に捨てられることはほとんどなく、処分場において有機ごみの排出に特徴づけられる悪臭や浸出水といった所見はほとんど見受けられない。

Funafuti では、近年の急激な人口増加、生活様式の多様化などに伴い、輸入品に依存する傾向が強まっており、ごみ排出量の増加及びごみ質の多様化が生じている。また、有害化学物質を含む廃棄物に対する適正処理の必要性も高まっている。

② 廃棄物収集

Fongafale 島内全域の家庭ごみは週 2 回、庭ごみは週 1 回、Kaupule Funafuti によって収集されることとなっているが、必ずしも定期的には実施されていない。そのため、個人及び小売業者が自前の車両で処分場に持ち込んでいる場合が多い。

③ 廃棄物減量化・資源化

庭ごみは一部、内務省廃棄物管理部の管理のもと、シュレッダーで破砕してチップ化し、コンポストとして販売されている。しかし、その量は限られており、そのほとんどは家庭ごみとして排出されたり、島北部の処分場に持ち込まれたりする場合が多い。その他、2009 年 10 月時点において、ごみの減量化やリサイクルに向けた取り組みはほとんどなされていない。アルミニウム缶は店やホテルといった商業施設で一部分別・保管されているが、輸出ルートが存在しないためそのまま放置されている。家電や廃車といった粗大ごみも一部個人宅の敷地内や整備工場にて集積されているほかは、処分場に持ち込まれている。

2009 年に台湾の支援で、分別用の色付ごみ箱が一般家庭に配布され、金属類、プラスチック類、ガラス類の分別回収の推進が試みられたが、実現には至っていない。

④ 最終処分

最終処分場はかつてフォンガファレ島の北部に 2 箇所設置され、一つは内務省廃棄物管理ユニットが、もう一つは島役場カウプレが管理していた。現在はカウプレが管理していた処分場は閉鎖され、内務省廃棄物管理ユニットの処分場のみ使用されている。処分場ではあらゆるごみがだだっ広く捨てられ、覆土もされておらず、オープンダンプの

¹² Report on Environmental Cooperation between Japan and Island Countries (Focus on Tuvalu), EX Corporation (March 2008)

様相を呈している。隣接するボローピット内に落ちているごみも少なくない。処分場にはゲートや管理棟もなくほとんど運営管理はなされていない。重機は小型のバックホー一台があるのみであるが、多目的に使用され、随時使用できる状態ではない。

2009年に台湾の支援によって一般ごみ用焼却炉が導入され、処分場の脇に設置されている。ガスによる点火方式で、乾燥した剪定ごみ、紙類、オムツ、繊維類を対象に、一時間あたり300kgの焼却能力を有する。焼却炉の脇にはツバル語で取扱説明を示す看板が立てられ、焼却炉は週に数回使用する計画になっているということであったが、使用された形跡はほとんど見られなかった。

さらに、2010年半ばに開始するEUのプロジェクト(Tuvalu Waste, Water and Sanitation Project (TWWSP))では、前述の台湾のプロジェクトと連携して、最終処分場の施設整備を行なう予定となっている。概要は以下の通り。

- ・ 運営管理の民営化
- ・ 処分場運営に資源化に係る業務（資源ごみの分別貯留）を統合
- ・ 金属類の貯留スペースの整備
- ・ 入り口部分にゲート及びフェンスを設置し、公共アクセスを制限
- ・ 毎日覆土及び転圧の実施
- ・ ごみの散乱の防止
- ・ 処分場用重機材の管理倉庫を整備
- ・ 日本（ロータリークラブ）から供与された医療廃棄物用焼却炉を一般ごみ用の焼却炉に隣接して設置
- ・ 2名の管理従業員を常時配備

2) 法制度及び実施主体

① 法制度及び実施主体

上記のEUの支援を得るためには、廃棄物管理に関する個別法の立法化が条件となっていたこともあり、2009年にWaste Operation and Services Act（廃棄物運營業務法：WOSA）が議会で採択された。WOSAでは、ツバル国における廃棄物管理の実施主体とその責任及び役割が明確に位置づけられた。概要を以下に示す。

表 3.18 WOSA により位置づけられた廃棄物管理の実施主体と役割

組織	役割
環境局 (Department of Environment)	<ul style="list-style-type: none"> 環境保護法 2008 (Environment Protection Act 2008) の主要管轄機関。 一般ごみの計画策定、運営管理会計管理。 固形廃棄物管理に係る環境基準の設定。 廃棄物の発生から処分に至るまでの監査の実施。
保健省 (Ministry of Health)	<ul style="list-style-type: none"> 医療廃棄物の計画策定、運営管理、発生から処分に至るまでの監査の実施。 固形廃棄物管理に係る衛生基準の設定。
島役場 Kaupule	<ul style="list-style-type: none"> 管轄地域内の一般家庭及び商業地区から排出されるごみの収集の実施。 最終処分場の運営管理。
内務省廃棄物管理局 (Waste Management Unit in the Ministry of Home Affairs and Rural Development)	<ul style="list-style-type: none"> WOSA によって固形廃棄物機関 (Solid Wastes Agency) として新たに位置づけられた。 国レベルの廃棄物戦略の策定主体。 離島を含む全国を対象とした廃棄物管理に関連する事業及びプログラムの実施。 Kaupule がカバーできない地域に対する廃棄物管理サービスの提供。 有害廃棄物の貯留、収集、輸送、処分。

WOSA では、国内での適正処理が困難とみなされる品物に対しては輸入制限や課徴金が課せられ、取り扱い業者にも適正処理に向けた規制がかけられる。一般企業には廃棄物管理従事者 (Waste Management Operators) として登録され、処分及びリサイクルのための廃棄物の輸出にあたって、国際条約への遵守を求められる。

WOSA の施行には、Solid Waste Agency 及び Kaupule に主な権威と機能が委ねられているものの、Solid Waste Agency や Kaupule が任命した警察官や環境関連職員、公共衛生職員等も規則の徹底に向けた役割を担うことができるとしている。処分場への無断立ち入りや施設の破損などに対する罰則制度も設定されている。

② 計画

AusAID の技術支援 (2004-2005 年) において、Funafuti を対象にした Integrated Solid Waste Plan (ISWP) が作成され、2007 年 5 月に承認されている。また、同じく ADB の支援 (Effective Solid Waste Management and Recycling in Tuvalu) の一環として、Kaupule に対し、廃棄物管理に関する規則 (by-law) 案が作成されているが、施行には至っていない。

(2) 今後考慮すべき事項

① 廃棄物管理関連法案との整合性

廃棄物運営サービス法(WOSA)では、関連法との整合性を図ることの重要性を謳っており、そのうちの一つに 1991 年に制定された海洋法 (Marine Pollution Act) では、海洋局が海洋環境への汚染物質及び廃棄物の投棄又は廃棄について定めている。また、環境

局は固形廃棄物管理に係る環境基準の設定を行なうこととしている。本調査チームは、沿岸管理の施設整備の方法の一つとして、大型ごみを活用した堤防の設置を提案しているが、その際既存の関連法案を考慮し、関連省庁と連携しながら慎重に進めていく必要がある。

② EU の処分場整備事業が沿岸管理に与える影響

EU (EDF10) の廃棄物分野に対する支援の一環として、Fongafale 島北部の最終処分場の改善整備事業が行なわれる予定となっている。これまで全てのごみは処分場のアクセス道路上に捨てられていたが、この事業によって道路上のごみを隣接するボローピット内に移動させ、ピット内で側面に向けて重機材でごみを転圧させながら、ボローピットを順次ごみで埋め立てていくことになる。

この事業は、沿岸管理の観点から以下の3点について懸念される。

1. アクセス道路建設によるストームリッジへの影響
2. ごみの浸出水によるラグーン・外洋への水質及び有孔虫生息域への影響
3. リッジ崩壊に伴うごみ流入によるラグーン・外洋への水質及び有孔虫生息域への影響

1. アクセス道路建設によるストームリッジへの影響

ごみをボローピット内で処分し、また、重機材をピット内に入れて定期的に転圧することになれば、ゲートから埋立区画に至るまで、ごみ収集車及び重機材のためのアクセス道路を建設する必要がある。建設にあたっては、外洋側のリッジに少なからず影響を与えることが懸念される。担当者の話によれば、リッジの沿岸管理における重要性は認識しており、アクセス道路の建設はリッジ上ではなく、ごみで埋め立てたボローピット内に建設する予定にしているということであるが、実施機関とは今後も議論を継続させ、作業状況を注視していく必要がある。

2. 処分場浸出水によるラグーン・外洋への水質及び有孔虫生息域への影響

ボローピットでのごみ処分計画では、遮水シートなどによる浸出水対策の実施は行わない予定となっている。浸出水対策を行なうことは、環礁という地形特性、政府機関のキャパシティ、費用対効果の観点から非現実的であり、むしろ処分場のハード対策は極力単純化し、有機ごみのコンポストの推進や有害ごみの分別などごみ減量化のためのソフト対策を促進し、浸出水発生の原因となる物質の処分場への持ち込みを極力避ける取り組みが重要となってくる。ただし、このソフト対策の推進には、ツバル側の実効性に拠るところが大きく、住民指導を含めた地道かつ継続的な取り組みが必要とされる。また処分場浸出水に関しては、今回 EU が整備する北部の最終処分場のみならず、近年閉鎖した処分場からの浸出水による影響についても考慮する必要がある。

3. リッジ崩壊に伴うごみ流入によるラグーン・外洋への水質及び有孔虫生息域への影響

9月の現地調査では、フォンガファレ島北部にある最終処分場から約400m北部にあるストームリッジが大きく崩壊し、また、このリッジ崩壊部は処分場北部に隣接するボローピットとつながっていることから一部ごみが流れ着いている状況が確認された。今後高潮等異常気象の発生に伴いリッジがさらに崩壊した場合、ごみがラグーン側に流れ込み、有孔虫生息域を含む沿岸環境へ影響を与えることが懸念される。今後は当該地区の海洋環境のより詳細な解明と崩壊の可能性の予測、ごみの崩壊部への流入を堰き止めるための対策の検討が求められる。

上記のように、EUの廃棄物プロジェクトは、沿岸管理に与える様々な影響が懸念される。今後は、処分場周辺の水質・生態系調査等の客観的なデータを関係者で共有し、引き続き動向を注視していく必要がある。

3.3.3 ボローピット

(1) 背景

1942年から1943年にかけて、米軍は基地および飛行場などの建設のための土砂を確保すべく、フォンガファーレ島およびテンガコ島において土砂の掘削を行った。その結果生じた掘削後の池状の溝または“ボローピット”が今日まで残っている。

米軍はフォンガファーレ島の海岸線に沿った浅海域も掘削し、軍事用目的のための土地を確保すべく、ラグーン側の海岸部を25ないし30m人工的に埋め立てた。この沿岸部における掘削・埋立という行為が海岸線の不安定さという遺産として、今日まで残されている。

(2) 1990年代のボローピット

SOPACの報告書によると、1990年代初期にはフナフチ（フォンガファーレ島およびテンガコ島）には、**図 3.13** および **表 3.19** に示された10カ所のボローピットがあった。

一方、フォンガファーレ島にある全てのボローピットおよびその他の低地を埋め立てるには、644,700m³の土砂が必要であるとGibb Australiaは述べている（Tuvalu lagoon bed resources survey; Australian Development Assistance Bureau, 1985）。

表 3.19 ボローピットの容積

ボローピット No.	容 積	備 考
No. 1	128,709	Tengako
No. 2	4,935	
No. 3	75,689	Fongafale North
No. 4	28,198	
No. 5	43,364	
No. 6	8,440	
No. 7	16,809	Fongafale Central
No. 8	50,646	
No. 9	65,721	Fongafale South
No. 10	677	
総 計	423,188 m ³	

出典：SOPAC Technical Report 216 (Feb. 1995)

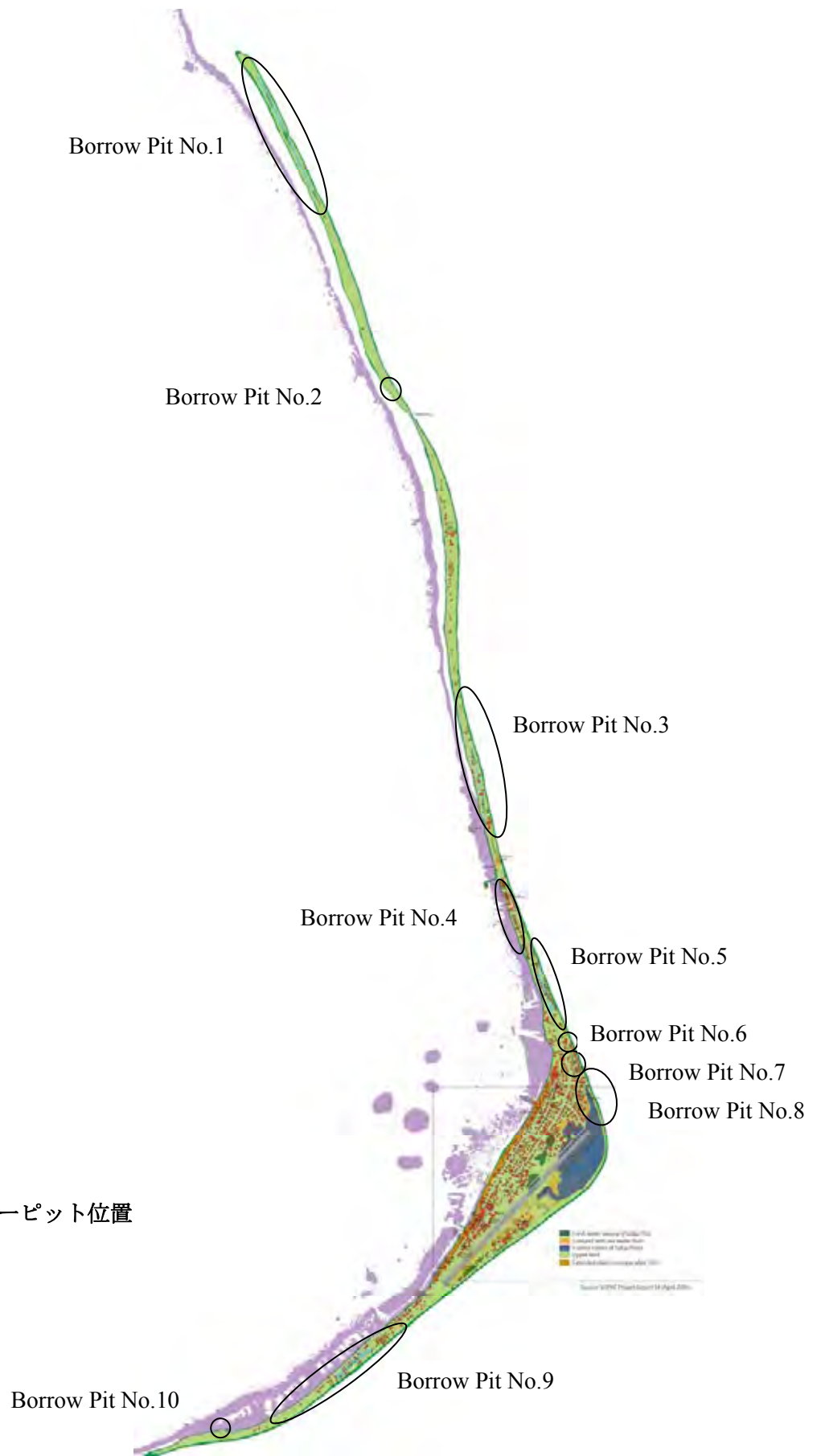


図 3.13 ボローピット位置

(3) ボローピットの現状

今回の JICA 調査において、現存するボローピットについて調査を行い、調査結果は Appendix 3-10 に写真集としてまとめている。今回のボローピット調査は、2010年1月18日から20日にかけて実施したが調査時間帯は低潮時であり、全体的に水量が少なかったことを明記しておきたい。

ボローピット調査の調査結果は、SOPAC (Technical Report 216, Feb. 1995) のデータと併記して、表 3.20 に取りまとめた。同表における SOPAC の欄のボローピットの長さは、報告書の図から計算した概算値である。現存のボローピットの北端および南端の座標値は簡易 GPS にて求めたので、±5m程度の誤差がある。

詳細な調査結果は、下記の通りである。

ボローピット No.1

このボローピットはテンガコ島の最北部にあり、現存するボローピットの中で最大で、長さが1,000m以上あり、容積は128,709m³である。このボローピットの南端部は現在廃棄物処理場として利用されている。

ボローピットの北部 (S 08°27'11.2", E 179°10'52.5"地点) には、外洋側の堤防がかなり広く決壊した場所があり、その地点で外洋からの流入物などにより現在ボローピットは二分されているということを強調しておく。なお、この地点の陸域部の幅は21mあった。

ボローピット No.2

テンガコ島にあるこの小さなボローピットは、コースウェイの北側に位置している。この地帯はジャングルで被われており、ボローピットを確認するのは容易ではない。現在、このボローピットは少し水を湛えた小さな池の状態をしており、およそ20m²程の広さを有している。

ボローピット No.3

このボローピットは二番目に大きなボローピットで、現在は多数の人家がボローピットの上に埋立て方式やピヤ方式で建てられている。ボローピットの北端部は、過去には廃棄物処分場として利用された。南部一帯は、現在は埋められて民家や工場用地として利用されている。南部地域が埋められたことにより、ボローピットの大きさ(長さ)は以前より小さくなっている。ボローピット内の水量は少なかった。

ボローピット No.4

このボローピットは、ほぼ一面埋立てにより人家で被われている。それゆえ、水域部はごく限られている。ボローピットの北端部およびラグーン側には豚小屋が点在している。

表 3.20 ボローピットの現状

ボローピット No. (図 3.4-1 参照)	SOPAC TR-216	現 在 の 状 況			
	容 積 (長 径)	北 端	南 端	長 径	ボローピットの現状
No. 1	128,709 m ³ (1,170 m)	S: 08°26'56.0" E:179°10'44.0"	S: 08°27'28.1" E:179°11'00.2"	1,099 m	Largest B.P. and southern part is used as a waste disposal site. Breaching site at north part divides borrow pit into two.
No. 2	4,935 m ³ (140 m)	S: 08°28'14.4" E:179°11'18.5"		10 m	Very small pond in jungle (appr.20m ²)
No. 3	75,689 m ³ (830 m)	S: 08°29'35.5" E:179°11'36.0"	S: 08°29'53.5" E:179°11'40.7"	569 m	South part is reclaimed as houses/factories. North part was used as a waste disposal site in past times.
No. 4	28,198 m ³ (390 m)	S: 08°30'16.1" E:179°11'46.8"	S: 08°30'27.2" E:179°11'50.9"	361 m	Houses cover almost all borrow pit area. Water is seen only in limited area.
No. 5	43,364 m ³ (390 m)	S: 08°30'30.1" E:179°11'53.2"	S: 08°30'41.0" E:179°11'57.1"	352 m	There are many houses around borrow pit. Borrow pit is divided into 7 parts by small footpath.
No. 6	8,440 m ³ (140 m)		S: 08°30'45.6" E:179°11'59.4"	20 m	Very small pond near Community Hall (appr.20m ²)
No. 7	16,809 m ³ (170 m)	S: 08°30'50.0" E:179°12'01.3"	S: 08°30'52.5" E:179°12'02.2"	81 m	Small borrow pit divided into two parts by a house (near Taiwan embassy)
No. 8	50,646 m ³ (280 m)	S: 08°30'57.0" E:179°12'04.3"	S: 08°31'04.7" E:179°12'06.4"	244 m	There are many pigpens around borrow pit. Borrow pit is abundant in water and milky fishes.
No. 9	65,721 m ³ (610 m)	S: 08°31'59.1" E:179°11'15.6"	S: 08°32'10.1" E:179°11'01.9"	537 m	Central part is used as a timber factory. South part is deposited with wastes (mainly plastics).
No.10	677 m ³ (80 m)	S: 08°32'20.1" E:179°10'39.1"		5 m	Exact position is not clear.

ボローピット No. 5

ボローピットの周りには多くの人家があり、南端部には豚小屋がある。このボローピットは、小さな人道により7つの区域に分断されている。ボローピット内の水は、人家が密集していることや豚小屋の影響で汚染されているように見受けられた。

ボローピット No. 6

この小さなボローピットは、Teuaea 通り近くのコミュニティホール (Maneapa) の傍にある。現在、このボローピットは小さな池のようであり、少し水を湛えた 20m²程の広さを有している。

ボローピット No. 7

比較的小さなボローピットで、台湾大使館の隣に位置し、中央部に民家および豚小屋が建てられたことにより、二つに分断されている。ボローピットの大きさも以前と比較すると小さくなっており、南端部が埋められたものと推察される。

ボローピット No. 8

このボローピットは、Tafua 池の北側にあり、一部が埋められてテニスコートとして利用されている。多数の豚小屋が、ボローピットの周辺部の外洋側に作られている。このボローピットは水量も豊富で、ミルキッシュ・フィッシュが多く見られる。

ボローピット No. 9

フォンガファーレ島南部にあるこのボローピットは、三番目に大きなボローピットである。現在は、ボローピットの周辺および水上にも多くの人家が建てられ、外洋側には豚小屋も多く、ボローピットの水量は少なく汚れている。中央部付近には材木屋があり、南端部は多量の浮遊物（主にプラスチック容器）が堆積している。

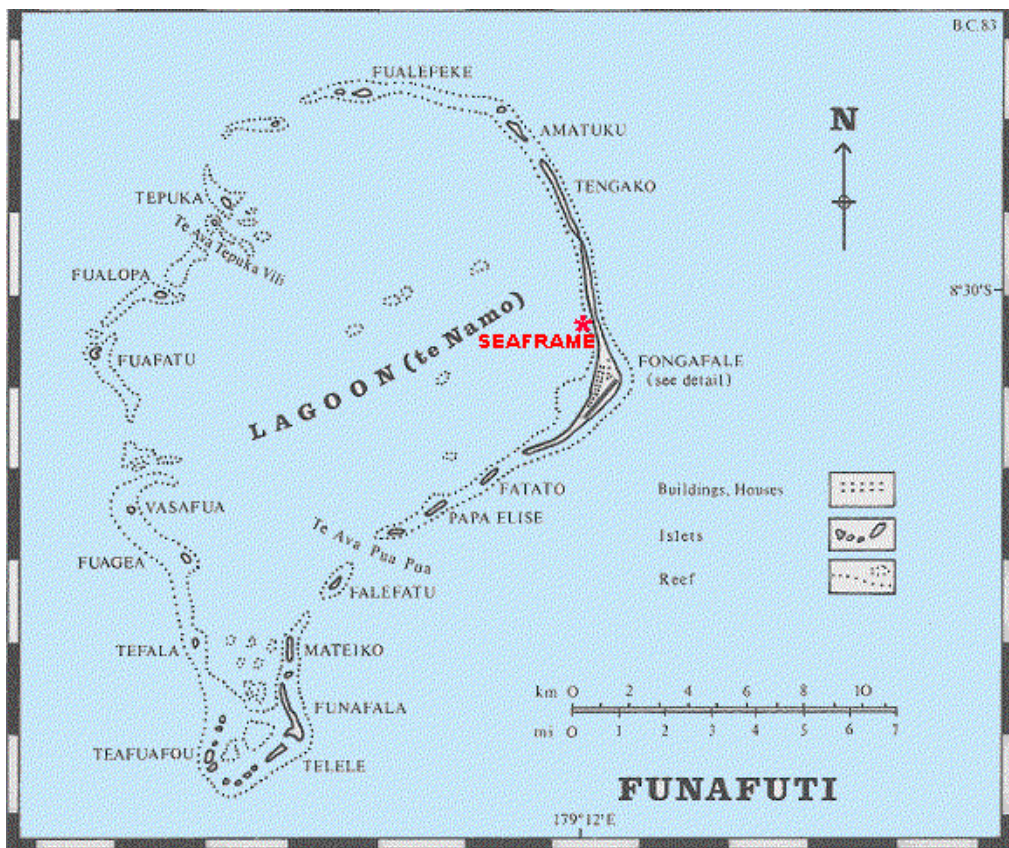
ボローピット No. 10

フォンガファーレ島南端部にあるというこの小さなボローピットは、一帯がジャングルに被われていることもあり、明瞭には確認されなかった。しかしながら、それらしき形跡は表 3.20 に示した地点に認められた。

4 調査対象地域における自然環境及び生態系の現状

4.1 気象

オーストラリア政府の援助による南太平洋地域における“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”の一環として、高性能潮位計一式（SEAFRAME）が1993年3月にツバル国のフナフチに設置された。SEAFRAMEは、二つの独立した方式により海面の水位測定を行うのみならず、付随要素としての気温、水温、風速、風向および気圧をも測定できるようになっている。なお、SEAFRAMEで用いられている時間はUTC（Universal Time Coordinated）であり、地方時に変換するには12時間マイナスする必要がある。



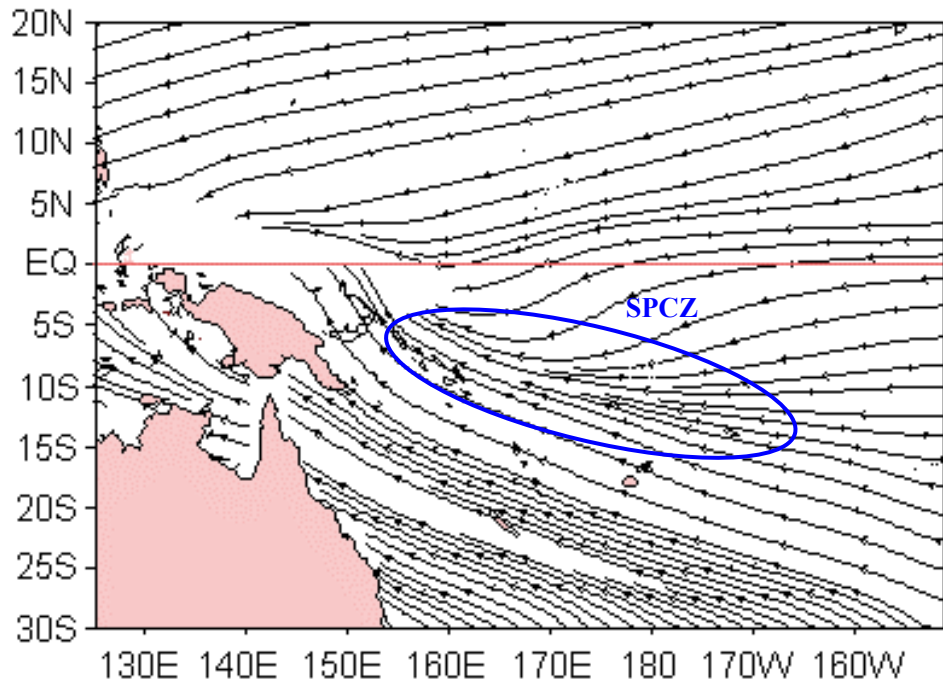
出典: SOPAC

図 4.1 ツバル国フナフチの SEAFRAME 位置図

4.1.1 風況

(1) 概要

図 4.2 に示した平均的な海面風の風向線は、ツバル地域がいかに東からの貿易風に支配されているかを示している。南半球では貿易風は北西方向に吹き、北半球では南西方向に吹く。風向線は、南太平洋収束帯 “ SPCZ (South Pacific Convergence Zone) ” に沿って収斂している。



出典: Pacific Country Report, Tuvalu

図 4.2 海面風の風向線

(2) 風速・風向出現頻度

年間の風資料を見ると、フォンガファレ島における風況は季節変化を示している。当地における風況は、夏期／多雨期（12月～2月）、冬期／寡雨期（5月～9月）および二つの推移期（3月～4月および10月～11月）の四時期に分類される。これらの四時期についての風資料は、1999年～2008年のデータを基に、表 4.1～表 4.3 に「風向別風速出現頻度」、図 4.3～図 4.5 に「風配図」として示した。

1999年から2008年のデータを基にした年間における風向風速出現頻度を見ると、2.0 m/sec以下の風速が32.0%で、8.0 m/sec以上の風速は2.2%である。風向としては、東からの風（ENE—SE）が53.3%と卓越している。また、14.0 m/sec以上の強風は、西風（SW—NW）で観測されている（表 4.1 および図 4.3 参照）。

12月から2月にかけての夏期においては、北東風（N—ENE）が45.5%と卓越し、南東風

および北西風が拮抗している。15 m/sec 以上の強い西風は、3月も含めたこの時期に観測される（表 4.2 および図 4.4 参照）。

5月から9月にかけての冬期においては、6 m/sec を超えない程度の東風ないし南東風（ESE—SE）が 52.0 %と卓越する。この季節においては、10 m/sec 以上の強い風は非常に稀で、10年間で12回観測されただけである（表 4.3 および図 4.5 参照）。

3月から4月にかけてと10月から11月にかけての推移期における風況は、夏期と冬期または冬期と夏期との中間の風況特性を示す。

表 4.1 風向別風速出現頻度 (年間：1999年～2008年)

Site		Funafuti																Regulation	
Term		1999/ 1/ 1/ 0:00- 2008/ 12/ 31/ 23:00(Annual)																87672	
																		Observation	
																		87428 (99.7)	
																		Error	
																		244 (0.3)	
(m/sec)		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Sum	Accum. Sum
0.0 - 0.4		121 (0.1)	154 (0.2)	124 (0.1)	143 (0.2)	170 (0.2)	233 (0.3)	214 (0.2)	180 (0.2)	129 (0.1)	98 (0.1)	90 (0.1)	87 (0.1)	107 (0.1)	87 (0.1)	100 (0.1)	110 (0.1)	2147 (2.5)	2147 (2.5)
0.5 - 1.9		1210 (1.4)	2094 (2.4)	2461 (2.8)	3244 (3.7)	2855 (3.3)	5223 (6.0)	4087 (4.7)	1291 (1.5)	485 (0.6)	408 (0.5)	286 (0.3)	328 (0.4)	412 (0.5)	436 (0.5)	459 (0.5)	546 (0.6)	25825 (29.5)	27972 (32.0)
2.0 - 3.9		2700 (3.1)	3359 (3.8)	3343 (3.8)	6204 (7.1)	1803 (2.1)	6240 (7.1)	9251 (10.6)	2408 (2.8)	630 (0.7)	386 (0.4)	217 (0.2)	301 (0.3)	479 (0.5)	573 (0.7)	774 (0.9)	908 (1.0)	39576 (45.3)	67548 (77.3)
4.0 - 5.9		1582 (1.8)	702 (0.8)	1219 (1.4)	1414 (1.6)	255 (0.3)	1561 (1.8)	3174 (3.6)	1139 (1.3)	273 (0.3)	128 (0.1)	108 (0.1)	181 (0.2)	367 (0.4)	425 (0.5)	679 (0.8)	859 (1.0)	14066 (16.1)	81614 (93.3)
6.0 - 7.9		562 (0.6)	59 (0.1)	176 (0.2)	124 (0.1)	27 (0.0)	96 (0.1)	289 (0.3)	240 (0.3)	77 (0.1)	38 (0.0)	109 (0.1)	158 (0.2)	370 (0.4)	390 (0.4)	578 (0.7)	588 (0.7)	3881 (4.4)	85495 (97.8)
8.0 - 9.9		93 (0.1)	4 (0.0)	14 (0.0)	12 (0.0)	3 (0.0)	5 (0.0)	14 (0.0)	21 (0.0)	18 (0.0)	24 (0.0)	98 (0.1)	156 (0.2)	229 (0.3)	295 (0.3)	257 (0.3)	1284 (1.5)	86779 (99.3)	
10.0 - 11.9		9 (0.0)		1 (0.0)	1 (0.0)			1 (0.0)	3 (0.0)	8 (0.0)	7 (0.0)	15 (0.0)	48 (0.1)	69 (0.1)	105 (0.1)	159 (0.2)	62 (0.1)	488 (0.6)	87267 (99.8)
12.0 - 13.9		1 (0.0)		1 (0.0)						2 (0.0)	1 (0.0)	2 (0.0)	8 (0.0)	20 (0.0)	31 (0.0)	49 (0.1)	15 (0.0)	130 (0.1)	87397 (100.0)
14.0 - 15.9												1 (0.0)	2 (0.0)	1 (0.0)	11 (0.0)	12 (0.0)		27 (0.0)	87424 (100.0)
16.0 - 17.9															1 (0.0)	2 (0.0)		3 (0.0)	87427 (100.0)
18.0 - 19.9														1 (0.0)				1 (0.0)	87428 (100.0)
20.0 ≤																			87428 (100.0)
Sum		6278 (7.2)	6372 (7.3)	7339 (8.4)	11142 (12.7)	5113 (5.8)	13358 (15.3)	17030 (19.5)	5282 (6.0)	1622 (1.9)	1090 (1.2)	869 (1.0)	1211 (1.4)	1982 (2.3)	2288 (2.6)	3107 (3.6)	3345 (3.8)	87428 (100.0)	* *

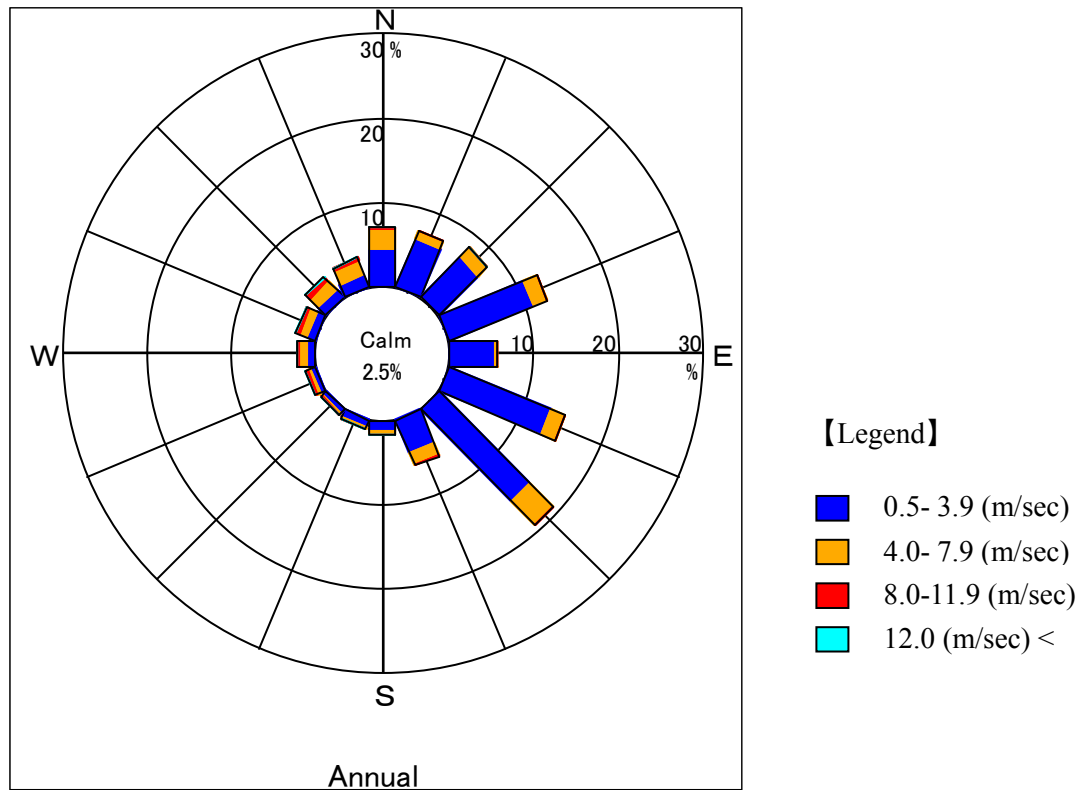


図 4.3 風配図 (年間：1999年～2008年)

表 4.2 風向別風速出現頻度 (夏期: 12月~2月)

Site		Funafuti																Regulation	
Term		1999/ 1/ 1/ 0:00- 2008/ 12/ 31/ 23:00 [Summer (December to February)]																21672	
																		Observation	
																		21648 (99.9)	
																		Error	
																		24 (0.1)	
(m/sec)		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Sum	Accum. Sum
0.0 - 0.4		28 (0.1)	42 (0.2)	34 (0.2)	37 (0.2)	36 (0.2)	53 (0.2)	53 (0.2)	51 (0.2)	38 (0.2)	31 (0.1)	22 (0.1)	26 (0.1)	32 (0.1)	28 (0.1)	25 (0.1)	28 (0.1)	564 (2.6)	564 (2.6)
0.5 - 1.9		370 (1.7)	646 (3.0)	626 (2.9)	589 (2.7)	436 (2.0)	614 (2.8)	543 (2.5)	272 (1.3)	132 (0.6)	131 (0.6)	102 (0.5)	131 (0.6)	151 (0.7)	167 (0.8)	171 (0.8)	200 (0.9)	5281 (24.4)	5845 (27.0)
2.0 - 3.9		1146 (5.3)	1267 (5.9)	1015 (4.7)	1126 (5.2)	330 (1.5)	373 (1.7)	646 (3.0)	334 (1.5)	147 (0.7)	106 (0.5)	87 (0.4)	155 (0.7)	251 (1.2)	288 (1.3)	357 (1.6)	381 (1.8)	8009 (37.0)	13854 (64.0)
4.0 - 5.9		863 (4.0)	378 (1.7)	620 (2.9)	406 (1.9)	69 (0.3)	48 (0.2)	59 (0.3)	74 (0.3)	54 (0.2)	44 (0.2)	60 (0.3)	137 (0.6)	261 (1.2)	265 (1.2)	387 (1.8)	455 (2.1)	4180 (19.3)	18034 (83.3)
6.0 - 7.9		407 (1.9)	34 (0.2)	98 (0.5)	37 (0.2)	4 (0.0)	4 (0.0)	2 (0.0)	10 (0.0)	19 (0.1)	16 (0.1)	76 (0.4)	139 (0.6)	314 (1.5)	294 (1.4)	392 (1.8)	400 (1.8)	2246 (10.4)	20280 (93.7)
8.0 - 9.9		68 (0.3)	2 (0.0)	5 (0.0)	3 (0.0)	2 (0.0)			2 (0.0)	7 (0.0)	14 (0.1)	37 (0.2)	90 (0.4)	128 (0.6)	166 (0.8)	220 (1.0)	165 (0.8)	909 (4.2)	21189 (97.9)
10.0 - 11.9		4 (0.0)		1 (0.0)					1 (0.0)	1 (0.0)	5 (0.0)	14 (0.1)	42 (0.2)	54 (0.2)	74 (0.3)	101 (0.5)	45 (0.2)	342 (1.6)	21531 (99.5)
12.0 - 13.9										1 (0.0)		2 (0.0)	4 (0.1)	14 (0.1)	24 (0.2)	41 (0.2)	6 (0.0)	92 (0.4)	21623 (99.9)
14.0 - 15.9												2 (0.0)			8 (0.0)	12 (0.1)		22 (0.1)	21645 (100.0)
16.0 - 17.9															1 (0.0)	2 (0.0)		3 (0.0)	21648 (100.0)
18.0 - 19.9																			21648 (100.0)
20.0 ≤																			21648 (100.0)
Sum		2886 (13.3)	2369 (10.9)	2399 (11.1)	2198 (10.2)	877 (4.1)	1092 (5.0)	1303 (6.0)	744 (3.4)	399 (1.8)	347 (1.6)	400 (1.8)	726 (3.4)	1205 (5.6)	1315 (6.1)	1708 (7.9)	1680 (7.8)	21648 (100.0)	* *

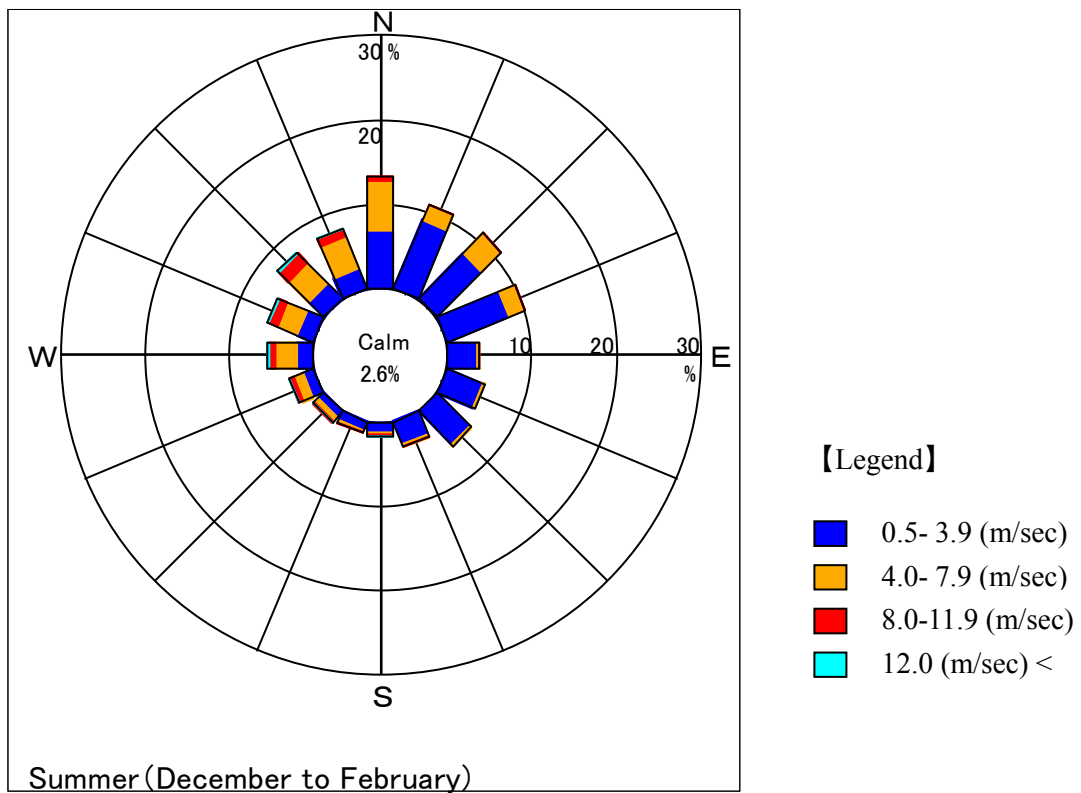


図 4.4 風配図 (夏期: 12月~2月)

表 4.3 風向別風速出現頻度 (冬期：5月～9月)

Site		Funafuti															Regulation		
Term		1999/ 1/ 1/ 0:00- 2008/ 12/ 31/ 23:00 [Winter (May to September)]															36720		
																	Observation		
																	36554 (99.5)		
																	Error		
																	166 (0.5)		
(m/sec)		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Sum	Accum. Sum
0.0 - 0.4		41 (0.1)	45 (0.1)	45 (0.1)	47 (0.1)	68 (0.2)	86 (0.2)	66 (0.2)	52 (0.1)	26 (0.1)	26 (0.1)	26 (0.1)	24 (0.1)	39 (0.1)	25 (0.1)	33 (0.1)	32 (0.1)	681 (1.9)	681 (1.9)
0.5 - 1.9		321 (0.9)	607 (1.7)	858 (2.3)	1340 (3.7)	1379 (3.8)	2804 (7.7)	2003 (5.5)	534 (1.5)	172 (0.5)	114 (0.3)	87 (0.2)	85 (0.2)	101 (0.3)	127 (0.3)	108 (0.3)	128 (0.4)	10768 (29.5)	11449 (31.3)
2.0 - 3.9		442 (1.2)	642 (1.8)	999 (2.7)	2795 (7.6)	939 (2.6)	4154 (11.4)	5797 (15.9)	1292 (3.5)	288 (0.8)	136 (0.4)	79 (0.2)	56 (0.2)	70 (0.2)	105 (0.3)	134 (0.4)	159 (0.4)	18087 (49.5)	29536 (80.8)
4.0 - 5.9		131 (0.4)	90 (0.2)	240 (0.7)	615 (1.7)	106 (0.3)	1275 (3.5)	2454 (6.7)	743 (2.0)	141 (0.4)	43 (0.1)	26 (0.1)	18 (0.0)	26 (0.1)	41 (0.1)	76 (0.2)	112 (0.3)	6137 (16.8)	35673 (97.6)
6.0 - 7.9		28 (0.1)	7 (0.0)	22 (0.1)	51 (0.1)	19 (0.1)	76 (0.2)	256 (0.7)	191 (0.5)	39 (0.1)	10 (0.0)	14 (0.0)	11 (0.0)	8 (0.0)	11 (0.0)	25 (0.1)	32 (0.1)	800 (2.2)	36473 (99.8)
8.0 - 9.9		2 (0.0)		3 (0.0)	5 (0.0)		4 (0.0)	11 (0.0)	17 (0.0)	6 (0.0)	2 (0.0)	1 (0.0)		4 (0.0)		5 (0.0)	9 (0.0)	69 (0.2)	36542 (100.0)
10.0 - 11.9					1 (0.0)					5 (0.0)	2 (0.0)					2 (0.0)		10 (0.0)	36552 (100.0)
12.0 - 13.9				1 (0.0)							1 (0.0)							2 (0.0)	36554 (100.0)
14.0 - 15.9																			36554 (100.0)
16.0 - 17.9																			36554 (100.0)
18.0 - 19.9																			36554 (100.0)
20.0 ≤																			36554 (100.0)
Sum		965 (2.6)	1391 (3.8)	2168 (5.9)	4854 (13.3)	2511 (6.9)	8399 (23.0)	10587 (29.0)	2829 (7.7)	677 (1.9)	334 (0.9)	233 (0.6)	194 (0.5)	248 (0.7)	309 (0.8)	383 (1.0)	472 (1.3)	36554 (100.0)	* *

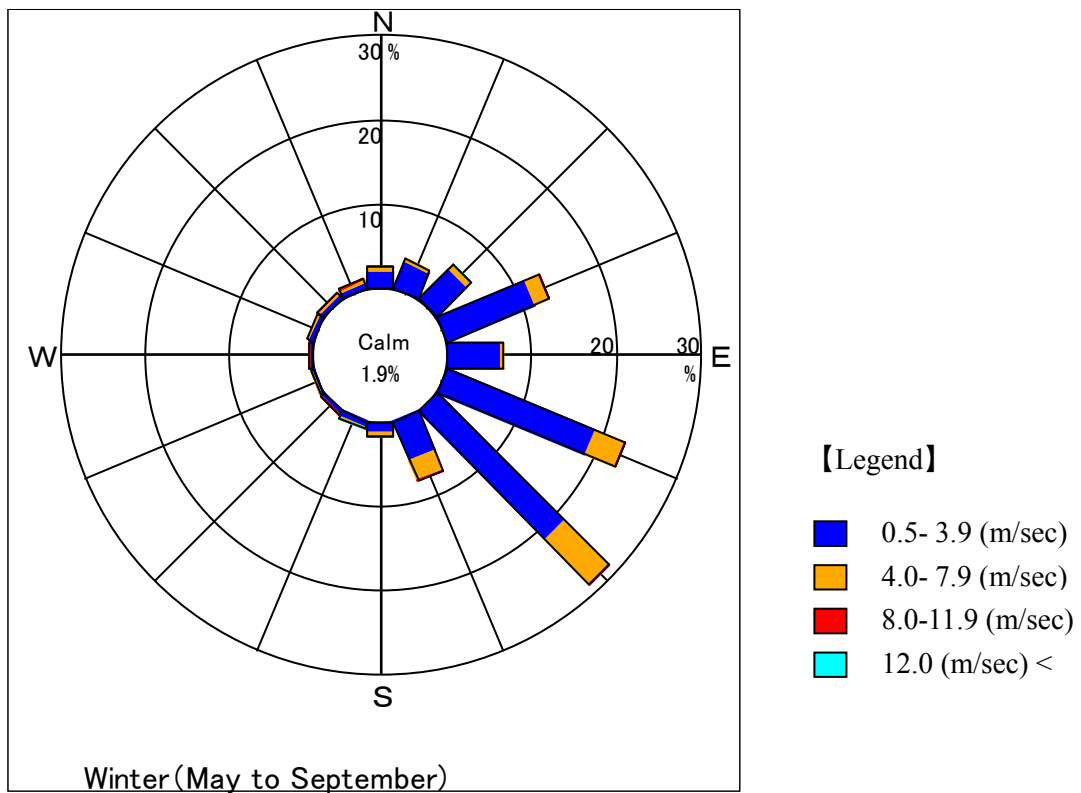


図 4.5 風配図 (冬期：5月～9月)

(3) 月別最大風速および強風出現頻度

表 4.4 は、SEAFRAME 観測所で 1994 年から 2008 年間に観測した風データを基に、月別最大風速を求めて示した。強風は夏期の 12 月から 3 月にかけて出現するのに対し、冬期の 5 月から 9 月にかけては比較的弱い風が出現する。

表 4.4 月別最大風速 (1994 年～2008 年)

月	最大風速 (m/sec)	備考
January	16.5	2007
February	16.2	2002
March	19.2	1997
April	15.4	2004
May	12.0	2005
June	13.6	2002
July	9.8	1998/2005
August	11.3	2006
September	9.5	1994
October	13.3	2002
November	13.8	2007
December	19.7	1994

年毎の強風出現頻度表を見ると、1997 年には極めて強風の出現頻度が多かったことがわかる。なお、この年はエルニーニョ現象が起こった年である。

全体では、10 m/sec 以上および 14 m/sec 以上の強風出現率は、それぞれ 0.7% および 0.06% である。

最大風速は 1994 年 12 月 14 日に 19.7 m/sec を記録しており、熱帯性低気圧 “Hina” が近くを通過した 1997 年 3 月 15 日の 19.2 m/sec が次いでいる。1994 年から 2008 年にかけて記録した強風出現順位のうちのほとんどは、熱帯性低気圧 “Hina” によるものである。

4.1.2 降雨

フナフチにあるツバル気象台（観測所 No. J64800）では、毎日 9 時に降雨量・気温・気圧・風速・風向などの気象状況を観測している。降雨量に関しては、1933 年 1 月 1 日に観測を開始している。

月別降雨量データは、表 4.5 および図 4.6 に取りまとめた。フナフチにおける降雨量は季節変化を示しており、月平均で見ると 12 月から 3 月までの多雨期と 4 月から 11 月までの寡雨期とに明瞭に区分される。

観測期間中の年平均降雨量は 3,493.2mm であり、年最高降雨量および年最低降雨量はそれぞれ 6,771.1 mm（1940 年）および 2,226.0 mm（1971 年）である。

表 4.5 月別降雨量（1993 年～2008 年）

月	降 雨 量 (mm)			備 考 (統計期間)
	最 高 (年)	平 均	最 低 (年)	
January	1,141.5 (1955)	399.7	163.7 (1978)	1945 - 2008
February	1,138.9 (1957)	347.3	93.4 (1979)	ditto
March	1,293.1 (1939)	347.7	81.8 (1941)	1945 - 2007
April	618.2 (1939)	265.7	58.8 (2006)	ditto
May	615.2 (1969)	249.6	46.0 (1971)	ditto
June	566.4 (1949)	226.3	67.6 (1955)	ditto
July	617.2 (1941)	259.0	72.2 (1999)	ditto
August	1,196.3 (1940)	265.3	40.9 (1950)	ditto
September	879.1 (1940)	209.5	47.0 (1950)	ditto
October	556.3 (1958)	263.2	55.1 (1999)	ditto
November	702.8 (1940)	268.3	56.3 (1976)	ditto
December	836.9 (1970)	391.7	129.8 (1933)	ditto
年 間	6,771.1 (1940)	3,493.2 mm	2,226.0 (1971)	

出典：ツバル気象庁

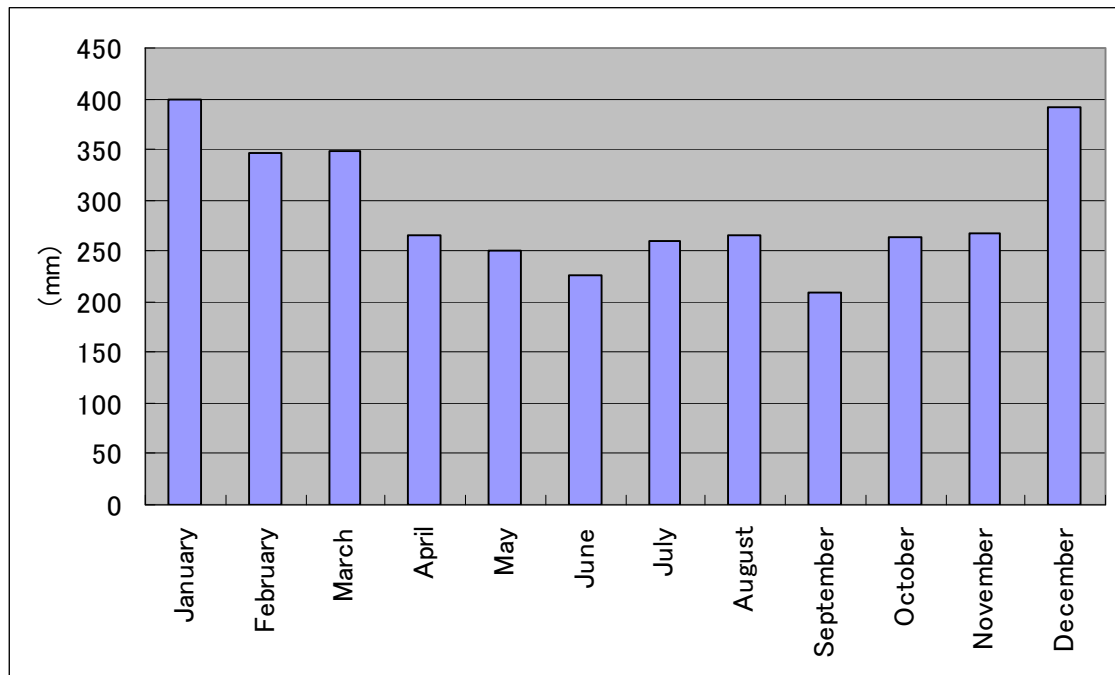


図 4.6 月別平均降雨量（フナフチ：1945年～2008年）

4.1.3 気温・水温および気圧

(1) 気温

フナフチで観測された1994年からの気温は、図 4.7 に月毎の値として示した。中央の曲線（赤色）は月別平均値であり、その上側と下側に示した曲線は各月の最高および最低気温を示している。

これによると、フナフチでの気温は、観測開始後月平均値が1999年まで少し下がる傾向にあり、その後回復傾向に戻っている。1999年から2000年にかけては、最高気温が比較的低い。高緯度地帯と比較すると、熱帯地方における気温は年間を通してあまり変化しない。フナフチでの最低気温は1999年1月14日に22.8℃を記録しており、最高気温は2005年11月19日に記録した33.7℃である。全観測期間を通しての平均気温は、28.5℃である。

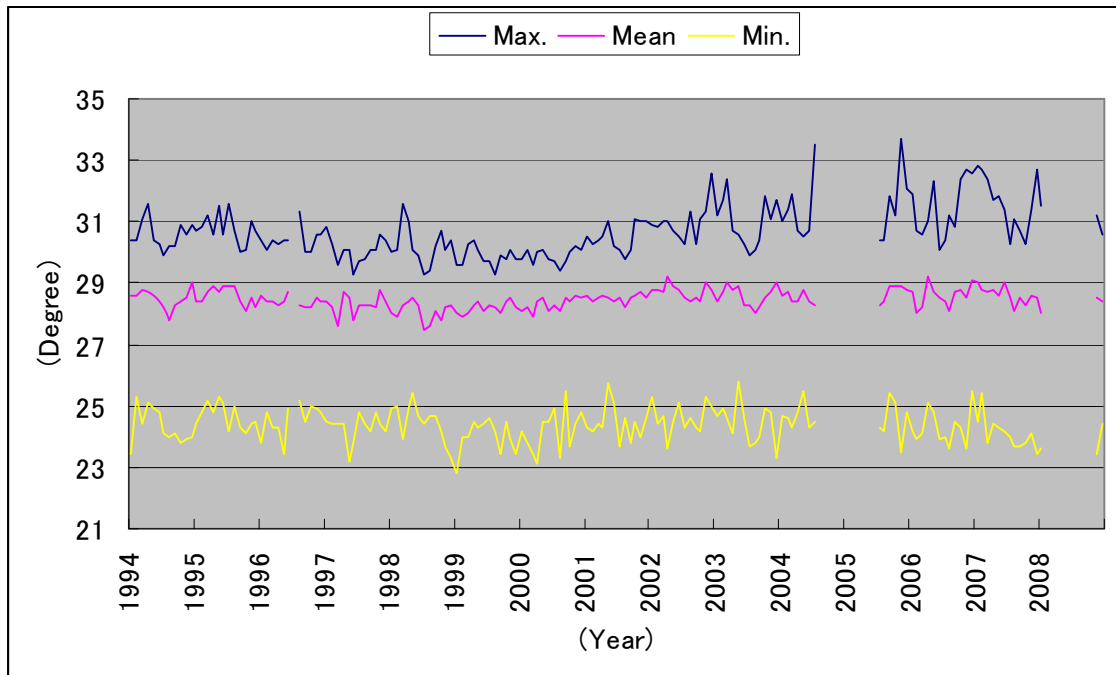


図 4.7 月別平均気温 (フナフチ : 1994 年～2008 年)

(2) 水温

1993 年に SEAFRAME が設置されて以来、水温の 10 年周期の変動が観測されている。フナフチで観測された 1994 年からの水温は、図 4.8 に月毎の値として示した。中央の曲線（赤色）は月別平均値であり、その上側と下側に示した曲線は各月の最高および最低水温を示している。

これによると、年間の最高水温は毎年 11 月に起こるのが典型的な例である。ただし、エルニーニョ現象が起こっている時には、海面水位および水温の季節変動は乱される。全観測期間を通しての平均水温は、29.5 °C であり、最高水温は 2001 年 11 月 26 日に 32.7 °C を記録し、最低水温は最近の 2008 年 1 月 30 日に 27.3 °C を記録した。

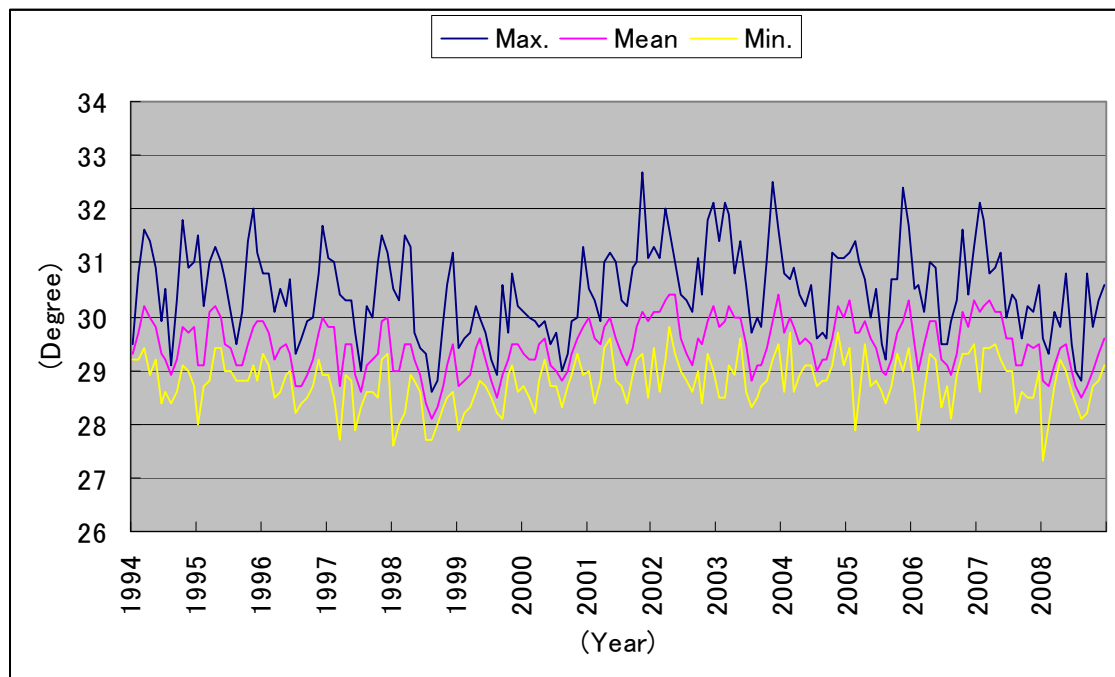


図 4.8 月別平均水温（フナフチ：1994年～2008年）

(3) 気圧

大気圧は、相対的な海面上昇に潜在的に影響を及ぼすパラメーターのひとつである。フナフチで観測された1994年からの気圧は、図 4.9 に月毎の値として示した。中央の曲線（赤色）は月別平均値であり、その上側と下側に示した曲線は各月の最高および最低気圧を示している。

気圧は年間を通して変化は少ない。フナフチでの月別気圧は、1998年のエルニーニョ現象以降何年にも亘って低下傾向を示している。全観測期間を通しての平均気圧は、1008.5 hPa であり、最高気圧は1998年7月2日に1016.4 hPa を記録し、最低気圧は熱帯性低気圧“Gavin”が通過した1997年3月5日に995.4 hPa を記録した。

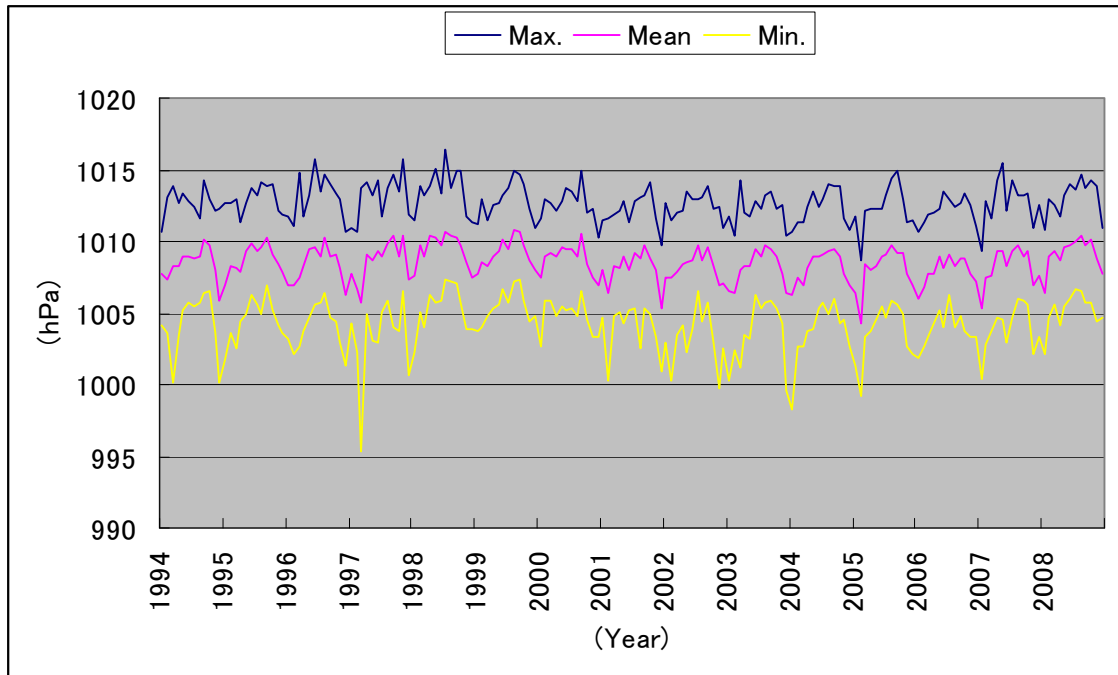


図 4.9 月別平均気圧 (フナフチ : 1994年～2008年)

表 4.6 月別最高最低気温・水温および気圧 (1994年～2008年)

月	気 温 (°C)		水 温 (°C)		気 圧 (hPa)	
	最 高	最 低	最 高	最 低	最 高	最 低
January	32.8	<u>22.8</u>	32.1	<u>27.3</u>	1012.6	998.3
February	32.7	23.8	32.1	27.9	1013.9	999.2
March	32.4	23.4	32.0	27.7	1014.8	<u>995.4</u>
April	31.7	23.1	31.6	28.6	1014.2	1003.5
May	32.3	23.2	31.4	28.7	1015.5	1002.2
June	31.4	23.8	31.0	28.3	1015.7	1002.9
July	33.5	23.7	30.5	27.7	<u>1016.4</u>	1004.6
August	31.3	23.3	30.2	27.7	1014.9	1002.5
September	31.8	23.4	31.1	28.0	1015.0	1004.0
October	32.4	23.7	31.8	28.3	1014.3	1003.0
November	<u>33.7</u>	23.4	<u>32.7</u>	28.5	1015.7	999.8
December	32.7	23.3	32.1	28.5	1012.5	999.6
最高・最低 (出現月日)	33.7°C Nov.19, 05	22.8°C Jan.14, 99	32.7°C Nov.26, 01	27.3°C Jan.30, 08	1016.4 hPa July 2, 98	995.4 hPa Mar.5, 97

4.1.4 熱帯性低気圧およびエルニーニョ・南方振動 (ENSO)

(1) 熱帯性低気圧

大洋の上層に蓄えられた熱によって生じる熱帯性低気圧は、暑い季節に発生する傾向にある。熱帯性低気圧は赤道を挟んだ緯度5°以内では、コリオリの力（地球自転の微妙な効果）が弱いと発生しない。

ツバルは、熱帯性低気圧の影響を受ける区域である南西太平洋に位置している。ツバルにこれまで影響を及ぼした主な熱帯性低気圧は、表 4.7 に示した通りである。

表 4.7 ツバル国に影響を及ぼした熱帯性低気圧の記録

No.	熱帯低気圧名	出現年月日	備考
1	Unnamed	Feb. 18, 1891	
2	Unnamed	Jan. 02, 1958	
3	Bebe	Oct. 21, 1972	
4	Ofa	1990	
5	Sina	Nov. 1990	
6	Val	Dec. 1991	Dec. 4-5
7	Kina	1993	
8	Nina	1993	
9	Gavin	Mar. 1997	Mar. 5-7
10	Hina	Mar. 1997	Mar. 10-13
11	Keli	June 10, 1997	June 10-13
12	Ami	Jan. 11, 2003	Jan. 11-14
13	Heta	Jan. 02, 2004	Jan. 2-4

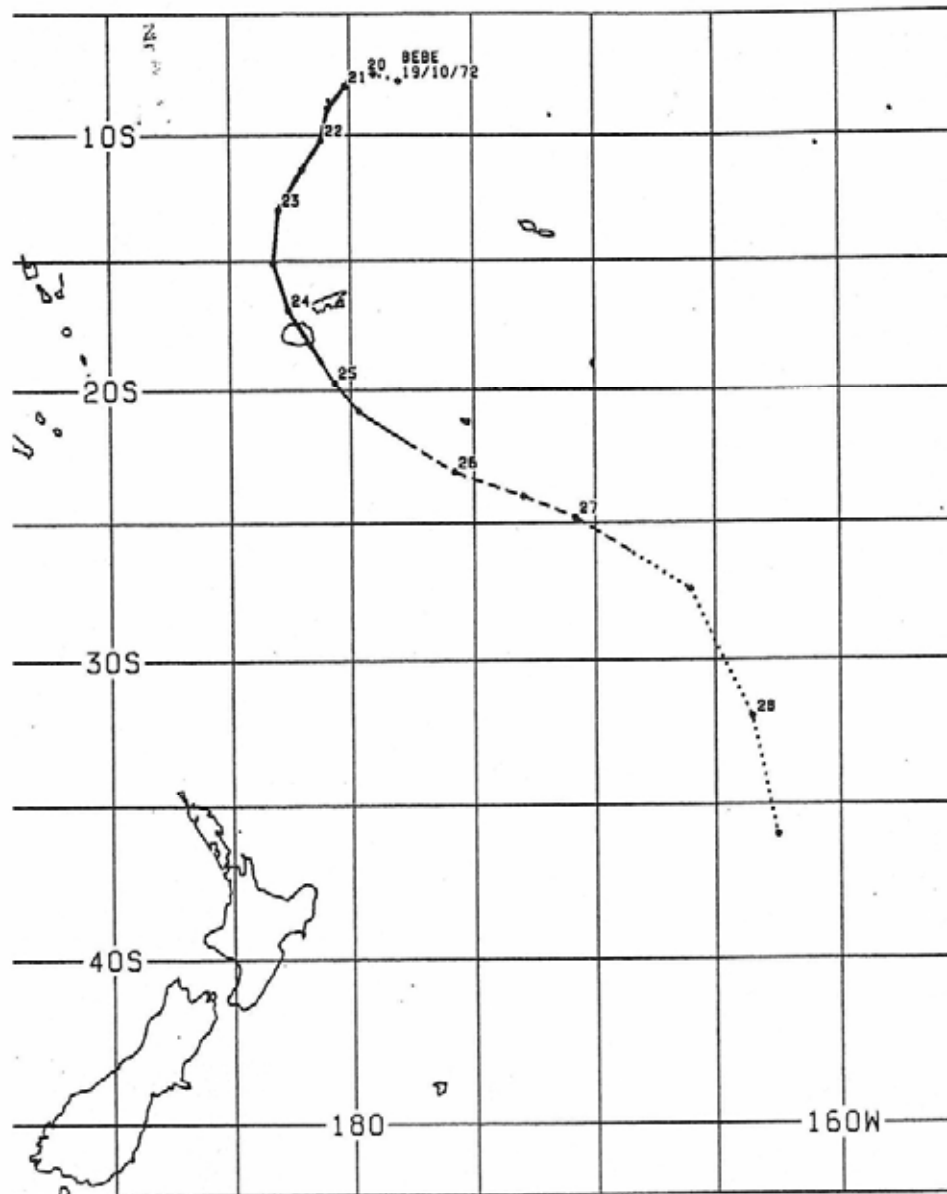
(注) 年月日 : UTC 時間

記録された限りでは、ツバル（以前のエリス島）に大きなインパクトを与えた熱帯性低気圧は三つある。それらは、1891年2月18日と1958年1月2日に発生した熱帯性低気圧（名前は付けられていない）である。

もうひとつは、1972年10月21日に発生した熱帯性低気圧“Bebe”（図 4.10 参照）で、フナフチで平均海面気圧 954 hPa の最低気圧を記録し、最大風速が10分間平均で 80 knots、最大瞬間風速が3秒間で約 110 knots であった。この時の水位偏差（記録された水位の非潮汐部分）は、平均高潮位上約 4 m であったと報告されている。

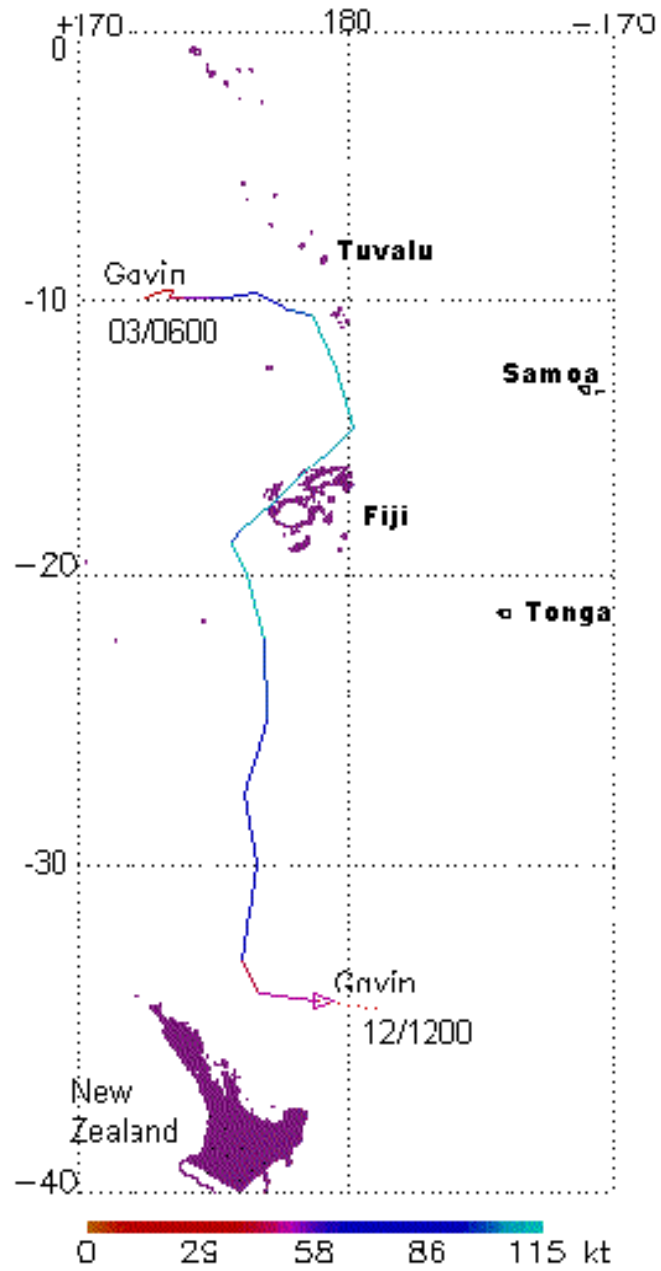
1993年に SEAFRAME が設置された後では、ただ一つの熱帯性低気圧がその近くを通過して

いる。この熱帯性低気圧“Gavin”は、1997年3月3日にフナフチの南西部近くで発生した（図 4.11 参照）。Gavin によって引き起こされた水位偏差は、3月5日に0.3mであった。この時は小潮期であったので、大潮であれば引き起こされていたであろう被害は生じなかった。Gavin による波浪は、ラグーン内にまで到達しかなりな海岸侵食を引き起こした。



出典: Tuvalu Government

図 4.10 熱帯低気圧 (Bebe) 経路図



出典: SOPAC

図 4.11 熱帯低気圧 (Gavin) 経路図

(2) エルニーニョ・南方振動 (ENSO)

エルニーニョ・南方振動 (ENSO) は、熱帯太平洋海域における大気と海洋のパターンの周期的な変動と連動して起こる。ENSO サイクルの温暖状態（熱帯太平洋海域東部で海面水温が平年に比べて高い状態）をしばしば単純にエルニーニョ現象と呼び、その逆の低温状態（海面水温が平年に比べて低い状態）をラニーニャ現象と呼んでいる。ENSO 現象は4年から7年の間の周期を持ち、12ヶ月ないし18ヶ月程続くのが典型的な例である。これらの現象は自然な気候システムの一環の動きであり、これまで何千年にも亘り熱帯太平洋地域に影響を与え続けて来た。

平常時の状態（エルニーニョでもラニーニャでもない状態）においては、太平洋の熱帯域では東風の貿易風が常に吹いている。そのため、海面付近の暖かい海水が太平洋の西側に吹き寄せられ、インドネシア近海では東部のエクアドル沖合より約50cm海面が高くなっている。南米沖では深いところから冷たい海水が湧き上るため水温は低く、海面表層の水温は西部で約8℃高くなっている。海面水温の高い太平洋西部では大気中に大量の水蒸気が供給され雨が多い、それに対して太平洋の東部は比較的乾燥している。

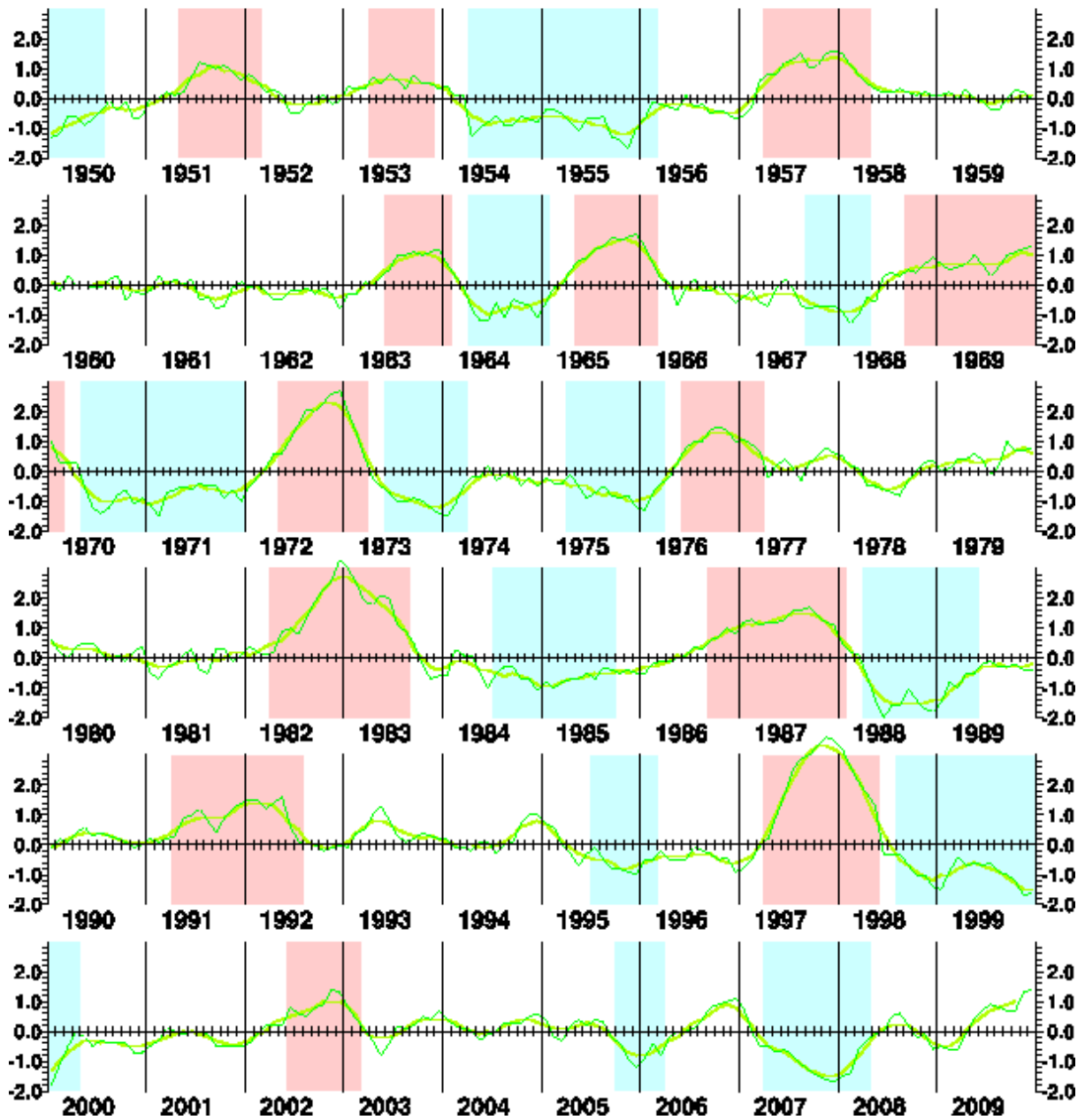
エルニーニョ現象が発生している時には、中央および西部太平洋では東風が平常時より弱くなり、赤道沿いの東部での海水の上昇流をも弱め、西部に溜まっていた暖かい海水が東方へ広がる。このため、東部では海面水温が平常時より高くなり、一次生産量が減少する。熱帯太平洋における循環の東方への移動は、中央太平洋でのサイクロン活動を活発化させることになる。

エルニーニョ現象の逆が、ラニーニャ現象と呼ばれている。ラニーニャ現象は、エルニーニョ現象が熱帯太平洋における通常より高い水温によって特徴付けられるのに対して、通常より低い水温によって特徴付けられる。ラニーニャ現象による地球規模での異常気候は、エルニーニョ現象によるものとは逆の様相を呈しがちである。

エルニーニョ監視海域：NINO.3 (5°S-5°N, 150°W-90°W) における1950年から2009年までの気候状況は、**図 4.12** に示した通りである。この図において、エルニーニョ現象の発生期間は赤色で、ラニーニャ現象の発生期間は青色で示されている。

この20年間に於いては、エルニーニョ現象は太平洋において1991年3月～1992年7月、1997年3月～1998年5月および2002年5月～2003年2月の3回観測されている。一方、ラニーニャ現象は1995年6月～1996年2月、1998年7月～1999年5月、2005年9月～2006年3月および2007年3月～2008年4月の4回観測されている。

SST Anomaly at NINO.3 (5S-5N,150W-90W)



出典: Japan Meteorological Agency

図 4.12 エルニーニョ現象およびラニーニャ現象発生期間

4.2 海象

4.2.1 海面水位および潮位

(1) 海面水位

太平洋諸島における海面水位は、潮汐のような周期性のものやサイクロンのような一時的であるが激しい事象およびエルニーニョのような長期的な現象など、多くの要素により支配されている。海面水位に対するエルニーニョのインパクトは、海面水位に直接影響を及ぼす貿易風の強さと場所が変化する SPCZ に沿った地域および海流の変化に関係した赤道に沿った地域で最も強く現れる。SPCZ に沿っての貿易風の収斂は、海洋の暖かい表層を厚くする効果を持っており、そのことが季節的な水位に影響を及ぼす。SPCZ の中心部にあるツバルは、通常このような効果がピークになる前に水位が上昇する。

フナフチで観測された 1994 年からの海面水位は、**図 4.13** に月毎の値として示した。中央の曲線（赤色）は月別平均値であり、その上側と下側に示した曲線は各月の最高および最低水位を示している。月別平均値で最も顕著な形は年間のピークであり、1998 年を除いて、それは毎年 2 月から 3 月にかけて現われている。1998 年に見られる海面水位の大きな降下は 1997/1998 年エルニーニョの期間に記録された。

観測期間中の平均水面は 2.01m である。最低水面は、エルニーニョ現象発生期間中の 1998 年 2 月 27 日に記録した 0.53m である。一方、1997 年 3 月には熱帯性低気圧 Gavin の影響を受け、海面水位は 3.30m に達した。しかしながら、観測期間中での最高水面は 2006 年 2 月 28 日に記録した 3.42 m である。これは、熱帯性低気圧によるものではなく、1990 年から 2016 年の間で予測された最も高い予測値（天文潮）である 3.24m に貿易風などによる潮位偏差 0.18m がプラスされたものである。

フナフチでの 1994 年から 2009 年の 16 年間ににおける月別最高海水面を求め、表 4.8 に取りまとめた。これによると、海面水位が高いのは 1 月から 3 月の期間であり、低いのは 6 月から 11 月の期間である。

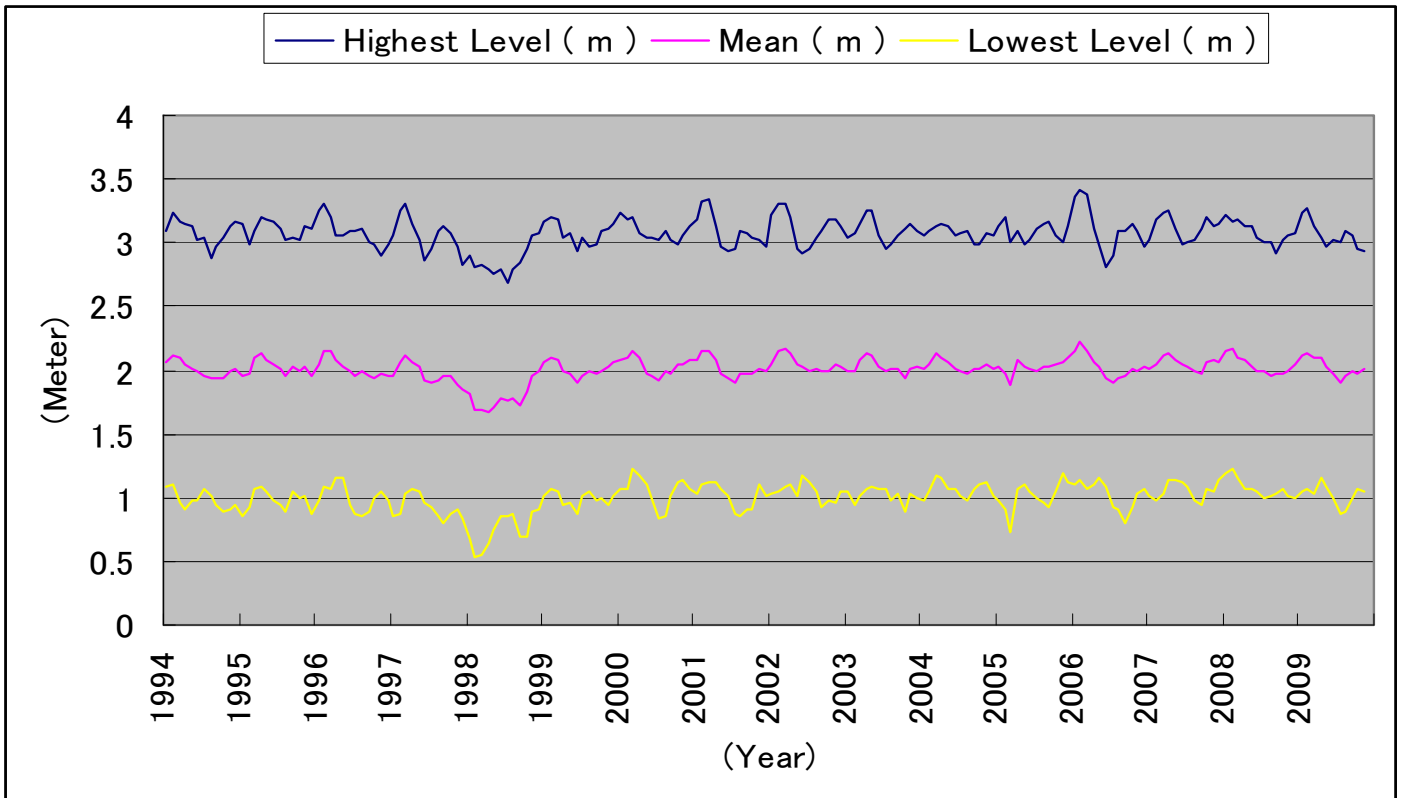


図 4.13 月別海水面変化図 (フナフチ)

表 4.8 月別最高海水面 (1994年～2009年)

月	最高海面水位 (m)	備考
January	3.358	2006
February	3.415	2006
March	3.370	2006
April	3.262	2007
May	3.246	2003
June	3.159	1995
July	3.115	2005
August	3.154	2005
September	3.163	2005
October	3.193	2007
November	3.151	2003
December	3.172	1994

(2) 気候変動による海面上昇

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次評価報告書（AR4, 2007）で詳しく討論されたように、海水面変化は、地域住民にとっても環境にとっても、気候変動の重要な帰結である。

第4次評価報告書（IPCC AR4, 2007）は、過去一世紀における全世界の平均海面上昇は 1.7 ± 0.5 mm/年であったと予測している。1961年から2003年については、 1.8 ± 0.5 mm/年と予測されている。同報告書は、同時に海面水位記録はかなりの量の年間を通じての季節変化や中期的な変動性を含んでいることも認めている。例えば、衛星データによる高度測量による1993年～2003年の10年間における平均海面上昇は 3.1 ± 0.7 mm/年であった。研究は、かなり大きな平均海面の上昇率がこの10年間に観察されたことを示している。

一方、フナフチのSEAFRAME観測所における1999年から2008年の10年間における平均海水面データを用いて、海面変動を求めた結果が図4.14である。これによると、平均海面上昇率は2.3mm/年と求められた。これは、第4次評価報告書（IPCC AR4, 2007）の1993年～2003年の海面上昇率： 3.1 ± 0.7 mm/年の下限に近い値である。

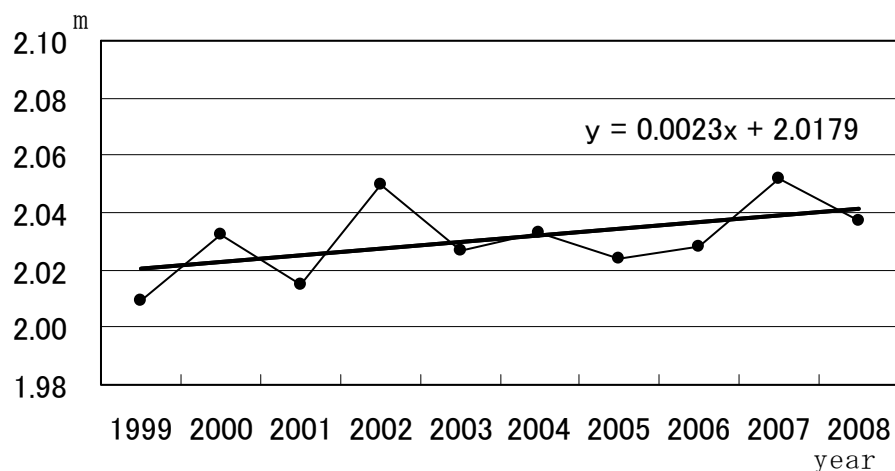


図 4.14 年平均海水面変化図（フナフチ：1999年～2008年）

(3) 潮位関係図

図 4.15 の潮位関係図には、フナフチにおける既存の潮位情報を参考にして、高さの関係を明白にするため、いくつかの重要な水深面および水深基準面がベンチマーク (BM-22 など) と関係付けて示されている。

水深基準面 : Chart Datum Level / 潮位計零位 : Zero of SEAFRAME Gauge

水深基準面 (CDL) は、海図の水深がその面を基準として求められている基準面であり、潮汐表に示されている予報潮位はその面を基準として表されている。フォンガファーレ島における水深基準面は、現在は国家基準点 : BM-22 下 4.0123m とされている。SEAFRAME 潮位計の零位は、オーストラリア国気象庁の国家潮位センター (NTC) により、水深基準面と同じ面に設置された。

Chart Datum Level (CDL) = Deep Bench Mark: BM-22 - 4.0123 meters

Zero of Tide Gauge = Chart Datum Level (CDL) ± 0.000 meter

平均海水面 : Mean Sea Level

平均海水面の値の信頼度は、その値を求めた観測期間の長さによる。本調査においては、SEAFRAME 観測所において観測した 1994 年から 2008 年までの 15 年間のデータを基に、新しく平均海水面を算出した (1993 年は欠測が多いため統計計算から除外した)。求められた値は 2.0067m であり、1993 年～1994 年の 2 年間のデータを基にして求めたと報告されている既存の平均海水面 (CDL + 1.985m) と比較すると、2.1cm 高くなっている。

Mean Sea Level (MSL) = Chart Datum Level (CDL) + 2.0067 meters

既往最高潮位・最低潮位 : Highest High Water and Lowest Low Water

フナフチで観測が開始されて以来の既往最高潮位は 2006 年 2 月 28 日に 3.415m が記録されており、既往最低潮位は 1998 年 2 月 27 日に 0.531m が記録されている。参考までに、オーストラリア国気象庁によるフナフチでの 2009 年の潮汐表では、最高潮位および最低潮位は、それぞれ 3.20m および 0.88m である。

Highest High Water (HHW) = Chart Datum Level (CDL) + 3.415 meters

Lowest Low Water (LLW) = Chart Datum Level (CDL) + 0.531 meters

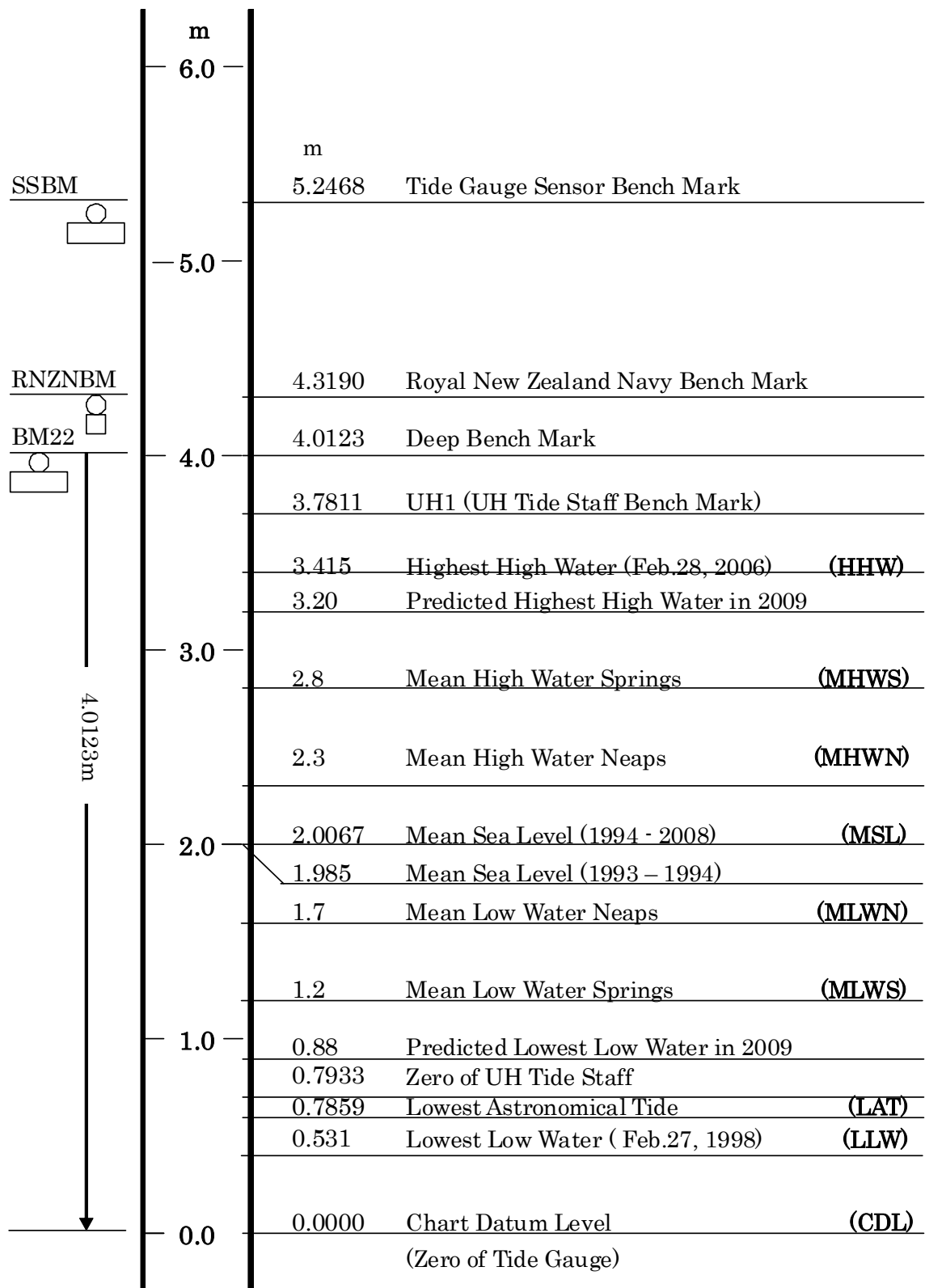


図 4.15 潮位関係図 (フナフチ)

(4) 潮位

フナフチの SEAFRAME 観測所で、観測開始以降の最大潮位である 3.415m を記録した 2006 年 2 月 27 日～3 月 1 日間の潮位曲線を図 4.16 に示した。

この潮位曲線から明白なように、この地域における潮型は、一日に二つの高潮と二つの低潮を持ち、引き続き高潮および低潮の高さがほぼ等しい、半日周潮である。

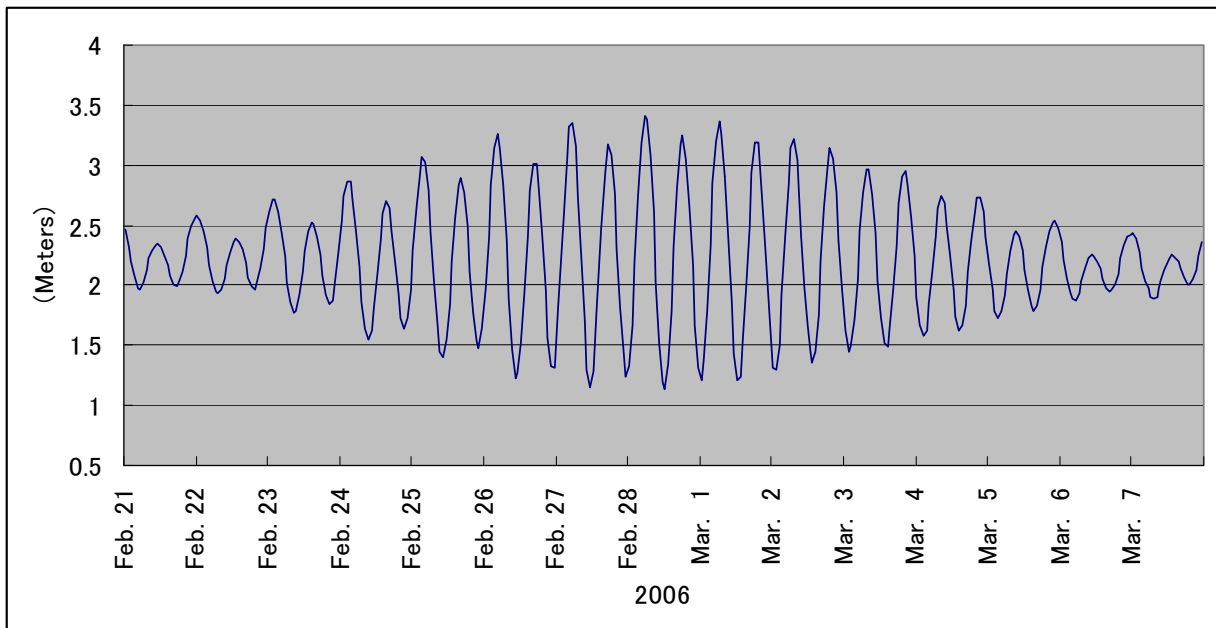


図 4.16 潮位曲線 (フナフチ : 2006 年 2 月 21 日～3 月 7 日)

4.2.2 波浪

(1) 外海側

ノールウェイ政府の援助による波浪観測プロジェクトの一環として、Waverider Buoy による波浪観測が、ノールウェイの海洋調査会社 (OCEANOR) によりフナフチ環礁の東側海岸沖で 1990 年 5 月 8 日から 1992 年 4 月 7 日にかけて、3 時間毎の観測間隔で実施された。波浪観測は、図 4.17 に示した南緯 08° 31.5'、東経 179° 12.9' 地点 (水深 : 585 m) で行われた。

1990 年～1992 年における月別の最大および平均有義波高 (H1/3)、平均周期 (Tm) を表 4.9 に示した。



図 4.17 波浪観測地点位置図 (OCEANOR-Wave Buoy)

有義波高 (H1/3) は年間を通してほぼ一定であり、平均有義波高は 1.8m で、平均周期は 9.2sec である。沖合いにおける波浪状況は安定しているが、この地域における風向きの強い季節変動のため海岸域においては必ずしもそのような状況ではない。

最大波高は 1990 年 11 月に有義波高で 3.4 m (ピーク周期 T_p : 16.7sec) を記録しているが、これは南側を通過した熱帯性低気圧 “Sina” によるうねりの影響を受けたものである。しかしながら、ツバル海域においては熱帯性低気圧は発達初期段階にあるため、熱帯性低気圧による強風と高波高は稀である。

なお、平均波高はツバルにおいてはかなり安定しているが、波向は年間を通じて極端に変化している、というコメントがあることを付記しておく。うねりは夏期には北からのものが比較的多く、南からのうねりは年中起こるが冬期には特に多く出現する傾向にある。

表 4.9 月別最大波高および平均波高 (1990 年～1992 年)

月	最大波		平均波	
	H1/3 (m)	T_m (sec)	H1/3 (m)	T_m (sec)
January	2.80	13.3	1.7	10.0
February	2.37	13.3	1.7	10.0
March	2.50	13.8	1.8	10.2
April	2.51	11.1	1.8	9.7
May	2.61	14.2	1.8	9.1
June	2.66	10.5	1.8	8.1
July	2.56	10.5	1.8	8.1
August	3.34	11.1	2.1	8.2
September	3.04	10.5	1.7	8.2
October	2.82	11.8	1.6	8.8
November	3.40	13.8	1.7	9.6
December	3.10	12.9	1.9	9.8
Annual	3.40 m	14.2 sec	1.8 m	9.2 sec

出典: SOPAC TR 186

(2) ラグーン側

本 JICA 調査における波浪観測は、基礎調査期間中に、Sontek 社製 Acoustic Doppler Profiler (Mini-ADP) 一式と、I.O. Technic 社製波高計 (Wave Hunter WH-403) 一式を用いて、図 4.17 に示した Fongafale 島の Vaiaku Lagi Hotel 地先海域 (WG-1) および Tepuka 島南側海域 (WG-2) の 2 地点にて実施した。

なお、観測機器の設定は、観測間隔 2 時間、観測時間 20 分、サンプリング間隔 0.5 秒とし、波高、周期および波向を観測した。波高計の設置状況および観測期間は、表 4.10 に取りまとめた。

表 4.10 波浪観測緒元および観測期間

No.	WG-1	WG-2
観測地点	Vaiaku	Tepuka
使用機器	Wave Hunter	Mini-ADP
経度	179.18957° E	179.07383° E
緯度	8.51972° S	8.47738° S
水深	approx. 10 m	approx. 15 m
海底上の高さ	0.4 m	0.4 m
観測期間		
第一次観測	Nov. 1 to Nov. 21, 2009 (20 days)	Nov. 17 to Jan. 8, 2010 (51 days)
第二次観測	Feb. 2 to Feb. 19, 2010 (16 days)	Jan. 9 to Feb. 20, 2010 (41 days)
第三次観測	Feb. 20 to Mar. 19, 2010 (27 days)	---

a) Vaiaku Lagi Hotel 地先海域 (WG-1)

Vaiaku Lagi Hotel 地先海域 (WG-1) における第一次、第二次および第三次観測結果から求められた波浪特性は、表 4.11 に取りまとめた。

この結果によると、第一次観測結果から得られた有義波波高、有義波周期、平均波向は、それぞれ 0.2~0.3 m (平均 0.2 m)、2~4 秒 (平均 2.5 秒) および 49~83 度 (進む方向、平均 70.7 度) である。第二次および三次観測結果から得られた波高、周期、波向は、それぞれ 0.2~1.4 m (平均 0.4 m)、2.1~4.5 秒 (平均 3.1-3.6 秒) および 51~99 度 (平均 76-80 度) である。

第一次観測結果と第二次および第三次観測結果とを比較すると、第二次・第三次観測結果の方が西方向からの風やうねりの影響を強く受けている波浪特性を示している。

表 4.11 波浪観測結果一覧表 (WG-1)

波浪緒元	第一次観測 (Nov.1 to 21)	第二次観測 (Feb.2 to 19, 2010)	第三次観測 (Feb.20 to Mar.19, 2010)
有義波波高： 最大値	0.3 m	0.9 m	1.4 m
平均値	0.2 m	0.4 m	0.4 m
最小値	0.2 m	0.2 m	0.2 m
有義波周期： 最大値	4.0 sec	4.5 sec	4.5 sec
平均値	2.5 sec	3.6 sec	3.1 sec
最小値	2.0 sec	2.5 sec	2.1 sec
平均 波向： 最大値	83.0°	89.0°	99.0°
平均値	70.7°	79.8°	76.8°
最小値	49.0°	67.0°	51.0°

b) Tepuka 島南側海域 (WG-2)

Tepuka 島南側海域 (WG-2) における第一次および第二次観測結果から求められた波浪特性は、表 4.12 に取りまとめた。

この結果によると、第一次観測結果から得られた有義波波高、有義波周期、平均波向は、それぞれ 0.2~1.1 m (平均 0.3 m)、5.3~14.9 秒 (平均 8.9 秒) および 22.4~310.1 度 (進む方向、平均 193.9 度) である。この結果は、北方向からのうねりの影響を強く受けている波浪特性を示している。第二次観測結果から得られた波高、周期、波向は、それぞれ 0.2~1.1 m (平均 0.5 m)、5.3~14.0 秒 (平均 8.9 秒) および 204.5~225.0 度 (平均 219.3 度) である。

第一次観測結果と第二次観測結果とを比較すると、波高と周期に関しては顕著な差は認められない。波向に関しては、220 度付近が卓越しているものの、第二次観測結果の方が北東方向からの風やうねりの影響を強く受けている波浪特性を示している。

図 4.18 は、波浪観測地点 2 地点における各観測期間ごとの、波向別波高出現頻度を示している。この図において、波向きは海洋学上の基準に則り、波の進む方向で示してある。

表 4.12 波浪観測結果一覧表 (WG-2)

波浪緒元	第一次観測	第二次観測
	(Nov.17. 2009 to Jan.8, 2010)	(Jan.9, 2010 to Feb.20, 2010)
有義波波高： 最大値	1.1 m	1.1 m
平均値	0.3 m	0.5 m
最小値	0.2 m	0.2 m
有義波周期： 最大値	14.9 sec	14.0 sec
平均値	8.9 sec	8.9 sec
最小値	5.3 sec	5.3 sec
平均 波向： 最大値	310.1°	225.0°
平均値	193.9°	219.3°
最小値	22.4°	204.5°

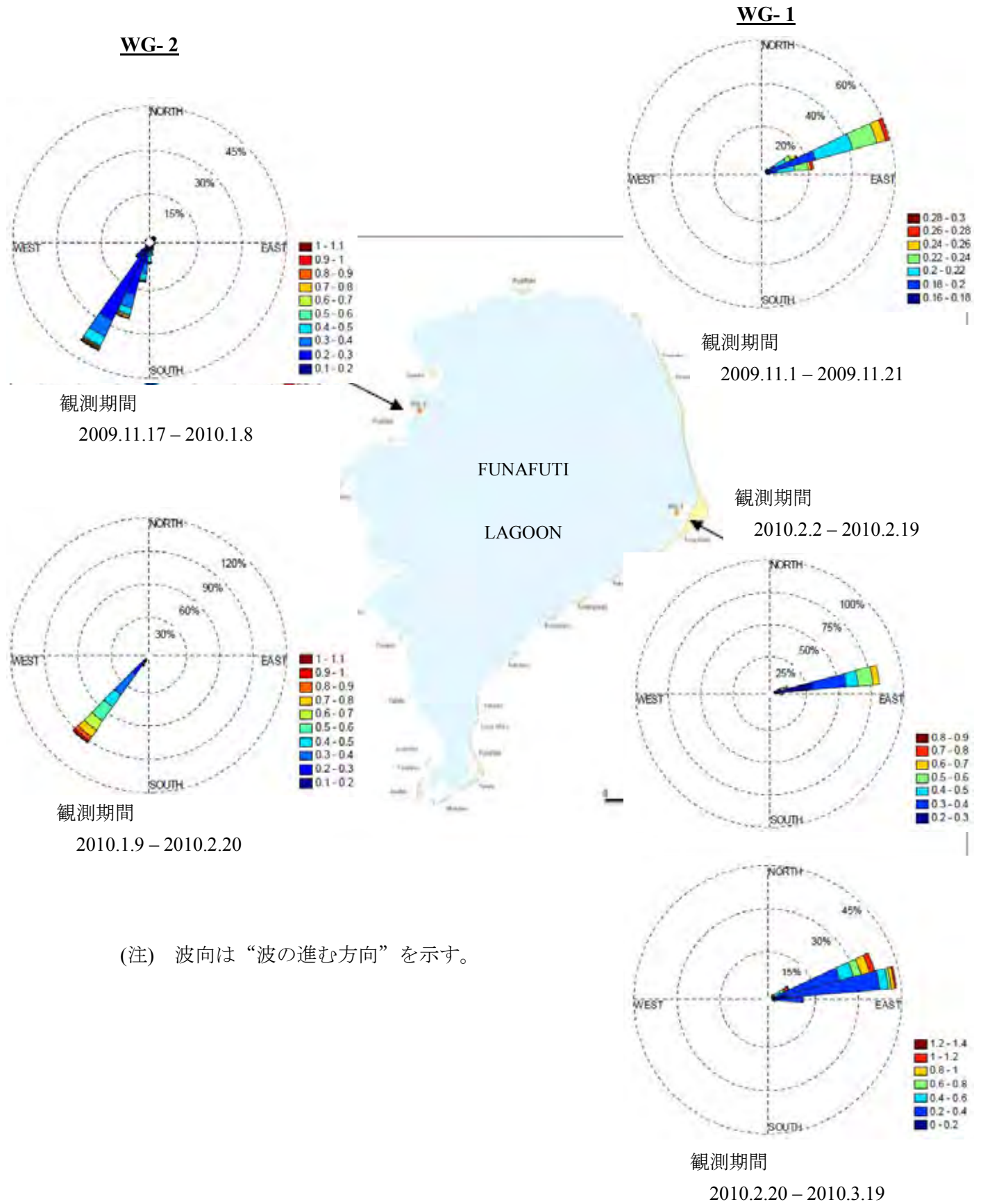
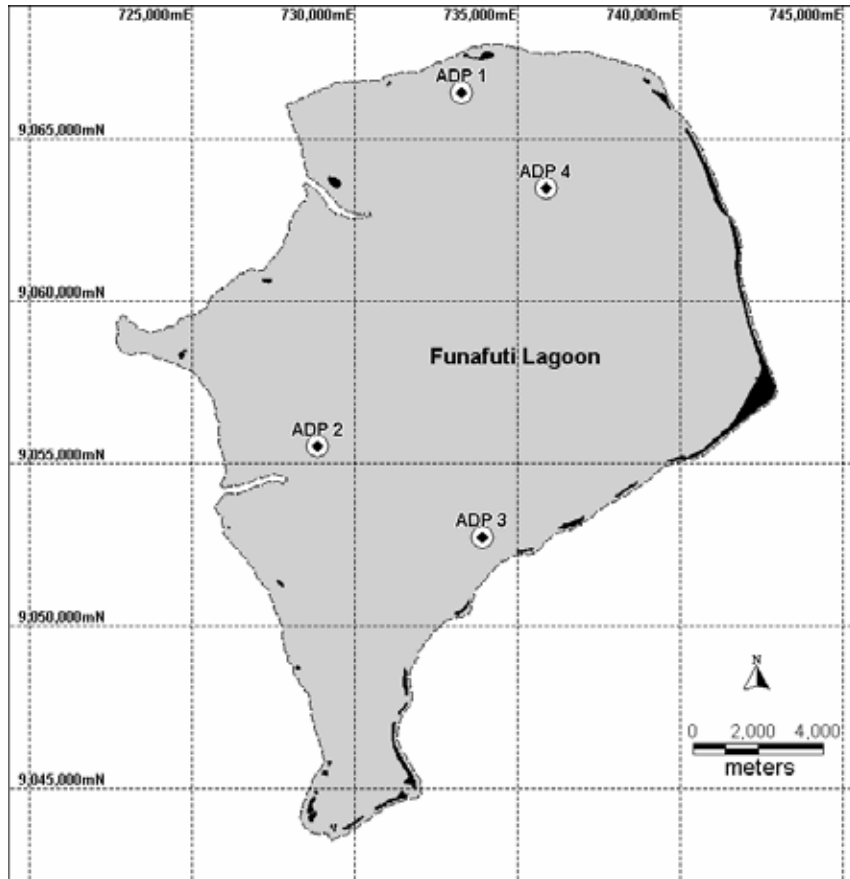


図 4.18 波向別波高出現頻度図

4.2.3 流況

(1) 既存資料

フナフチ環礁のラグーン内における流況観測は、**図 4.19** に示した 4 地点において、海底上 0.63m に設置した Sontek 社製 Acoustic Doppler Profilers (ADP) を用いて近年行われた。ADP は、海底から表層までの水柱について平面的・垂直的に流況を測定できるようになっている。その流況観測の詳細は、**表 4.13** に取りまとめた。



出典: EU-SOPAC Project Report 50

図 4.19 流況観測地点位置図

表 4.13 ADP による流況観測結果 (2004 年 9 月～10 月)

観測地点	位置	水深	観測期間	日数
ADP-1	Pa'ava	30 m	Sep.18 (15:00) to Oct.22 (07:00), 2004	33 日
ADP-2	Te Ava Fuagea	27 m	Sep.18 (15:00) to Oct.04 (11:20), 2004	15 日
ADP-3	Payne Rock	24 m	Sep.18 (15:00) to Oct.22 (10:40), 2004	32 日
ADP-4	Te Atau Loa	31 m	Oct.04 (13:30) to Oct.22 (09:50), 2004	17 日

この時の流況観測結果は、図 4.20 の「流向別流速出現頻度図」に示した。また、各観測地点における最大流速・平均流速および主流向を表 4.14 に取りまとめた。

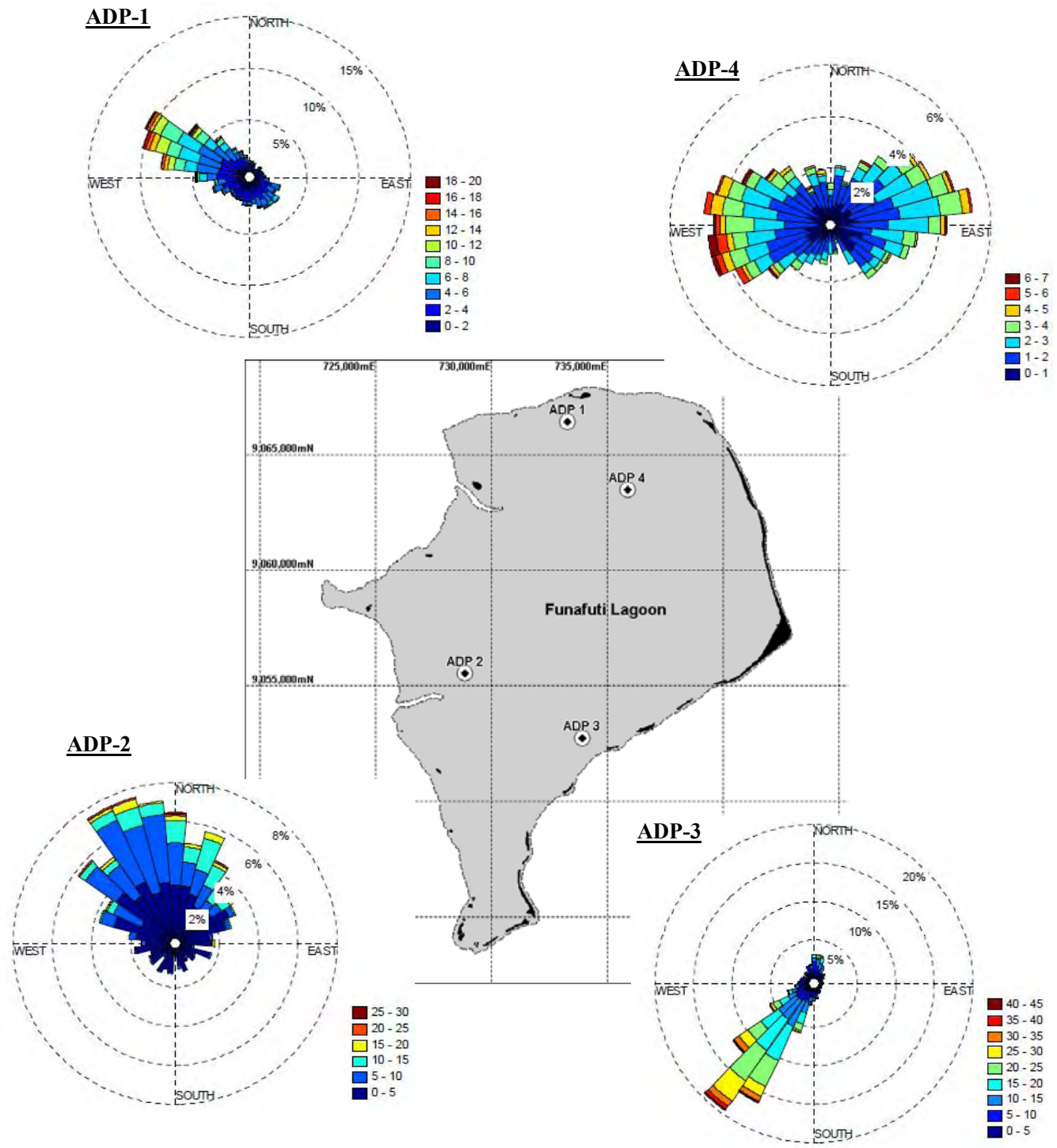
観測地点 No.1 (ADP-1) においては、最大流速が 20cm/sec で、流向は 300° 付近、すなわちラグーン側から Paava 島と Te Afualiku 島との間の水路を通じて外洋のオーシャン側へ流出する方向が卓越している。また、観測地点 No.2 (ADP-2) においては、最大流速が 27cm/sec で、流向は北北西方向へ向かう 340° 付近が卓越している。

一方、観測期間中の最大流速 44cm/sec は、観測地点 No.3 (ADP-3) において観測され、流向はラグーン側から Funamanu 島と Falefatu 島との間の水路を通じてオーシャン側へ流出する 220° 方向であった。これに対して、観測地点 No.4 (ADP-4) においては、主方向を 80° - 260° とする比較的流速が弱い (最大流速 7 cm/sec) 往復運動が観測された。

表 4.14 ADP による流況観測結果
(全水深の平均値)

観測地点	最大流速	平均流速	平均流向	主流向	備考
ADP-1	20 cm/sec	5 cm/sec	232°	300°	going to ocean
ADP-2	27 cm/sec	5 cm/sec	200°	340°	going to north
ADP-3	44 cm/sec	14 cm/sec	200°	220°	going to ocean
ADP-4	7 cm/sec	2 cm/sec	179°	80° - 260°	alternative motion

(注) 流向は、“流れて行く方向”を示している。



(注) 流向は“流れて行く方向”を示す。

図 4.20 流向別流速出現頻度図

(2) JICA 調査

本調査における流況観測は、基礎調査期間中に、Sontek 社製 Acoustic Doppler Profilers (ADP) 2 式と、JFE-ALEC 社製電磁流速計(Infinity-EM AEM-USB) 1 式を用いて行った。なお、流速計は、**図 4.21** の調査位置図に示したラグーン内 3 地点の海底に設置した。

ADP 流速計は海底から表層までの水柱についての流況を測定すべく海底に上向きで設置し、AEM-USB 流速計は海底上 0.7m のセンサーで底層の流速・流向を測定するように設置した。なお、両流速計とも 10 分間隔で 30 秒間測定するようになっている。その流況観測の詳細は、**表 4.15** に取りまとめた。

表 4.15 流況観測概要

観測地点	位置	水深	観測期間	日数
CM-1	Vaiaku	10 m	Nov.7 (12:00) to Nov.23 (12:10), 2004	16 days
CM-2	Tepuka Vili Vili	15 m	Nov.1 (12:00) to Nov.23 (09:00), 2004	21 days
CM-3	Causeway	10 m	Nov.8 (12:00) to Nov.23 (10:00), 2004	15 days

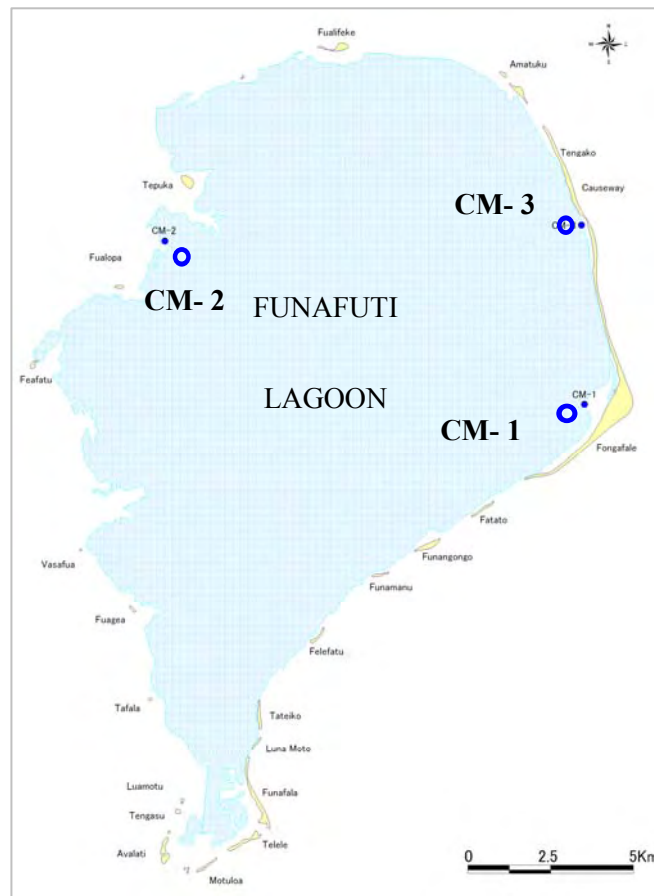


図 4.21 流況観測地点位置図 (JICA 調査)

本調査の流況観測結果は、図 4.22 の「流向別流速出現頻度図」に示した。また、各観測地点における最大流速・平均流速および主流向を、表 4.16 に取りまとめた。なお、これらの図表に示した流速・流向は、ADP を使用した Causeway と Tepuka Vili Vili の観測地点については全水深の平均値であり、AEM-USB 流速計を用いた Vaiaku 観測地点についてはセンサー位置（海底上 0.7m）での値である。

Vaiaku 観測地点(CM-1)においては、流速は概して弱く、最大流速 12cm/sec、平均流速 2cm/sec を記録し、主方向を 90° - 270° とする往復運動が観測された。

一方、観測期間中の最大流速 45cm/sec は、Tepuka Vili Vili 観測地点(CM-2)において観測され、流向はラグーン側から Tepuka Vili Vili と Fualopa 島との間の水路を通じてオーシャン側へ流出する 320° 方向であった。平均流速は比較的強く 14cm/sec であった。

これに対して、Causeway 観測地点(CM-3)においては、最大流速が 18cm/sec で、流向は 175° 付近、すなわち海岸線に沿ってラグーンの奥側（南方向）への流れが卓越している。平均流速は比較的弱く 5cm/sec であった。

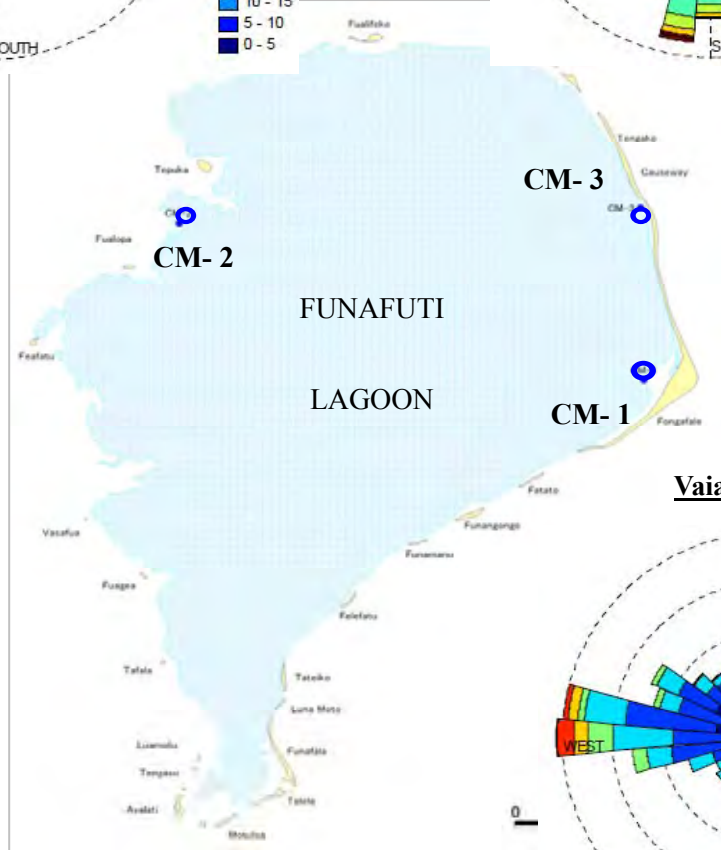
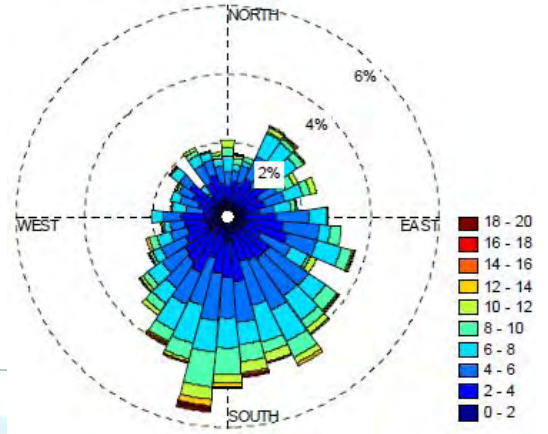
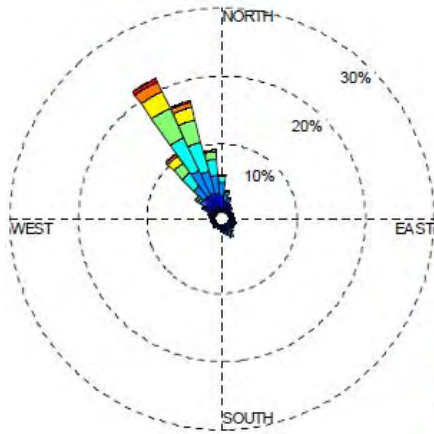
表 4.16 流況観測結果 (JICA 調査)

観測地点	最大流速	平均流速	平均流向	主. 流向	備考
Causeway	18 cm/sec	5 cm/sec	169°	175°	going to south
Tepuka Vili Vili	45 cm/sec	14 cm/sec	264°	320°	going to ocean
Vaiaku	12 cm/sec	2 cm/sec	188°	90° - 270°	alternative motion

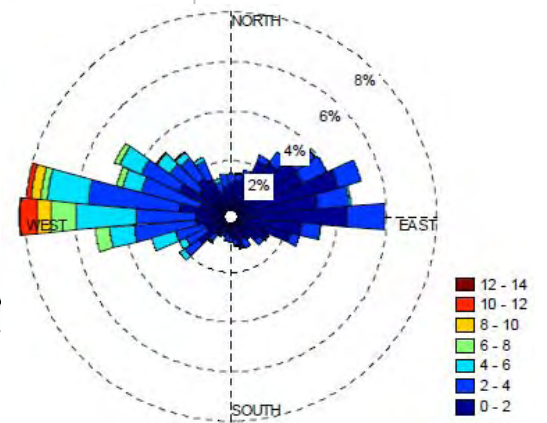
(注) 流向は、“流れて行く方向”を示している。

Tepuka Vili Vili (CM-2)

Causeway (CM-3)



Vaiaku (CM-1)



(注) 流向は“流れて行く方向”を示す。

図 4.22 流向別流速出現頻度図 (JICA 調査)

4.3 地形および地質

Funafuti 環礁は 30 ほどの島々から成っており、Fongafale 島はこの環礁の東端に位置し、Funafuti 環礁で最も主要な島である。Fongafale 島は 1.42 km² の面積を有し、国際空港や港湾を持つ Tuvalu 国の首都である。

4.3.1 地形特性

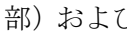
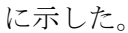
(1) 陸上地形

Fongafale 島は、“幅広い V 字型”あるいは“逆くの字型”をした細長い地形で、極端に標高が低いのが特徴である。外洋に面した島の外縁部は、サンゴの破砕屑が平均海面上 3 m 以上に積み上げられ、島の最高標高となっている。その他の地区は、標高が平均海面上 2 m 以下の地域が大部分である。

Fongafale 島は、地形学的には三つの地域に分けられる。すなわち、①空港の滑走路南端から南西方向へ約 2.5 km 伸びた南側地域、②滑走路南端から北方向へ約 2 km 離れた Teuaea 道路までの中央地域、および ③Teuaea 道路から北北西方向へ約 4.5 km 伸びた北側地域の 3 地域である。

第二次世界大戦時の 1942 年 10 月に米軍が Funafuti に来た時には、Fongafale 島の中央部北側にはマングローブに囲まれた湖があった。長い滑走路を建設するために、島の陸域部から大量の礫を掘り出して湖とマングローブとを埋め立て、ラグーンから掘り集められた砂で滑走路を舗装した。さらに、長さ 2 km・幅 25-40m のアクセス道路をラグーン側の海岸線沿いに建設した (SOPAC TR 221)。

空港建設の結果、島には 10 箇所のボローピット（このうち 2 箇所は Tengako 島）が現在でも残されている。これらの土取り場跡には、常時塩水が浸入しており、毎日の潮の満ち干きに併せて水位の変動が見られる。また、大潮時、特に 2～3 月にかけての大潮時 (King Tide と呼ばれている) には、滑走路の周辺は冠水することがある。

JICA 調査による地形測量は、2009 年 10 月から 2010 年 3 月に Funafuti 環礁内での基礎調査の一環として行われた。この地形測量は、主に基準点測量と外洋側からラグーン側までの断面測量からなっている。この内、北部地域 (B.P. 石油北側)、中央地域 (滑走路北端部) および南部地域 (滑走路南端部南側) における代表的な地形断面を、 4.23～ 4.25 に示した。

North of BP-Oil (FUN-139)

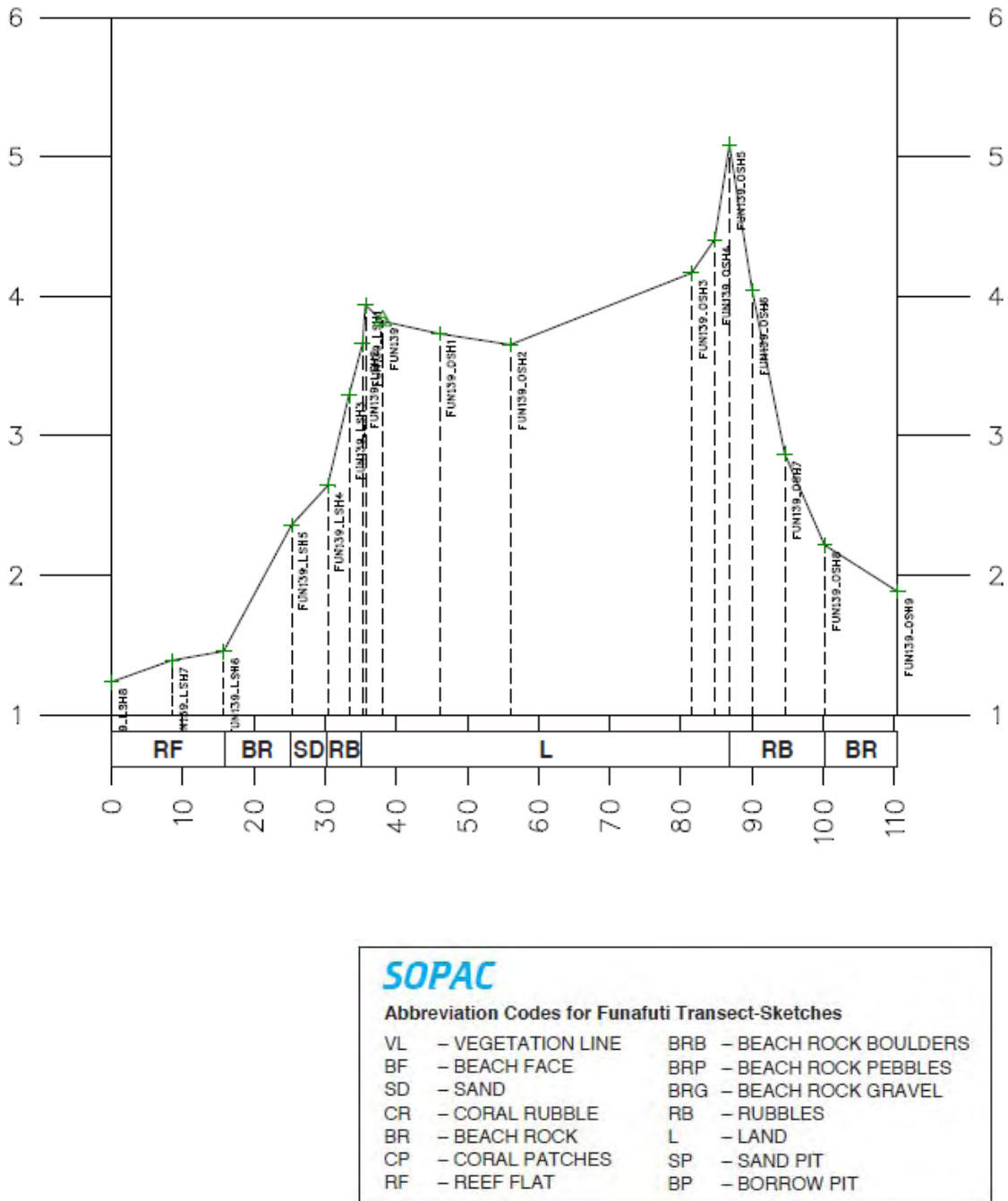
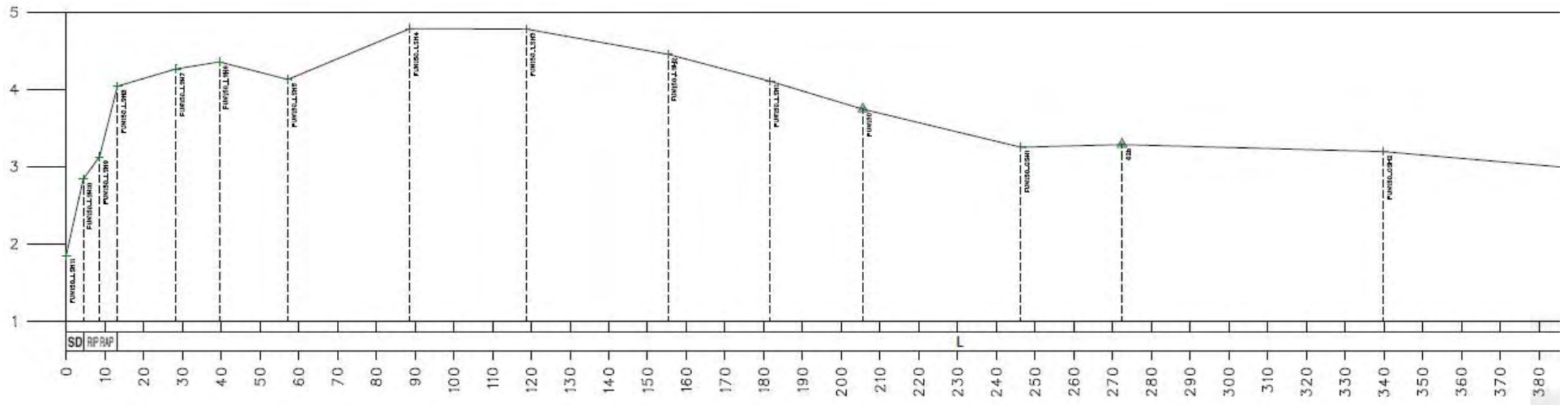


図 4.23 Fongafale 島北部における地形断面図 (Control Point: FUN-139)



North End of Runway (FUN-150 & FUN-151)

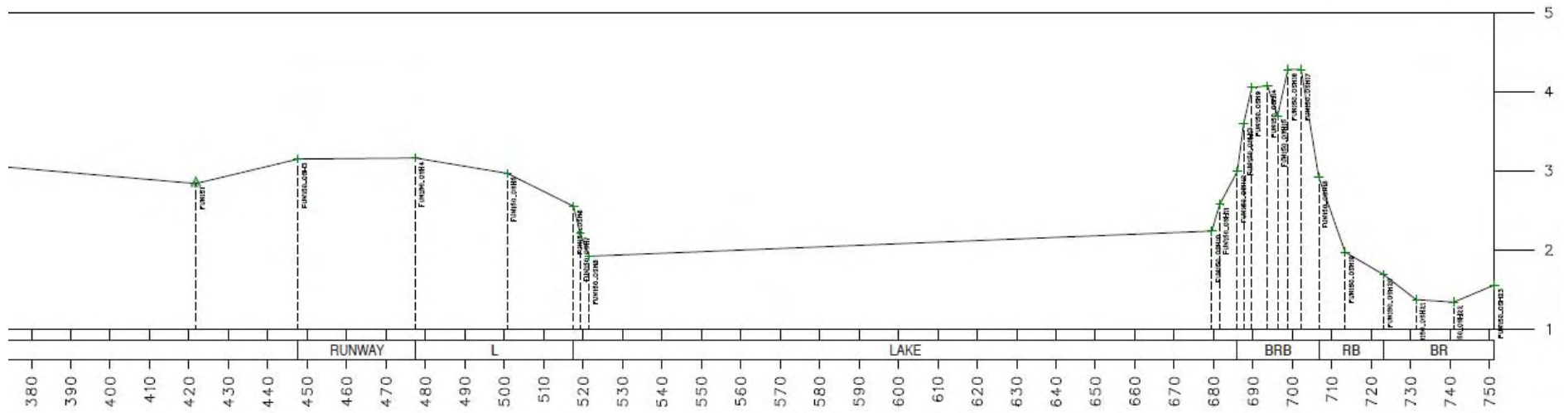


図 4.24 Fongafale 島中央部における地形断面図 (Control Point: FUN-150 & FUN-151)

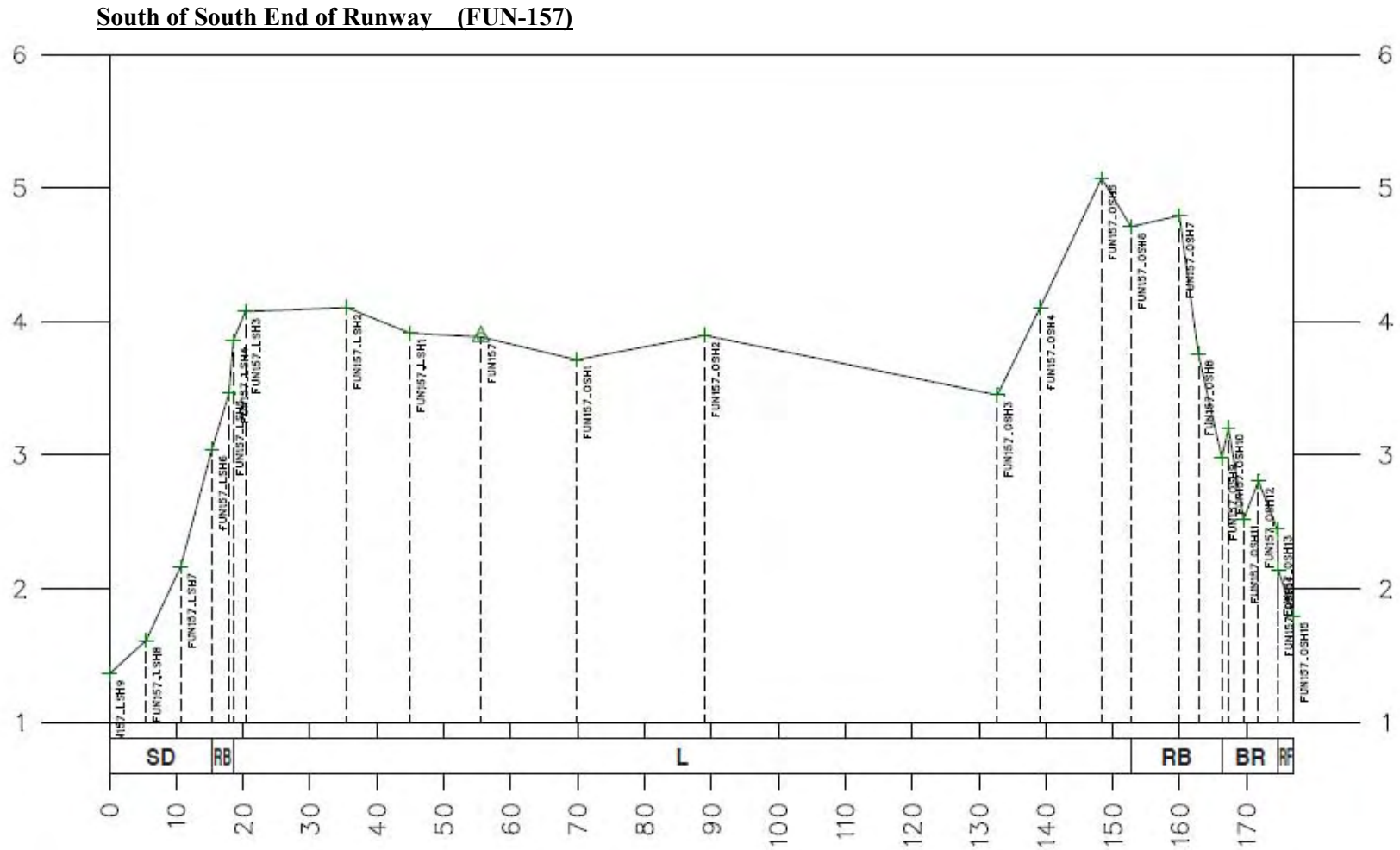


図 4.25 Fongafale 島南部における地形断面図 (Control Point: FUN-157)

(2) 海岸線

地元の古老は、第二次世界大戦(WWⅡ)前は長い緩やかな砂浜があったことを思い出す。Fongafale 島ラグーン側の海岸線においては、WWⅡの時に、サンゴ破砕屑による 2.3 km にも及ぶ護岸建設のための埋め立て、そのための護岸に沿っての掘削による長いボロービット(水路とも呼ばれる)あるいは他の海岸線に鉛直ないしは平行な水路の掘削などの地形変形がなされた。

Catalina Ramp はその時の水上飛行機の基地であって、その両側および地先には掘削跡のボロービットがあった。また、現在の滑走路南端から南西方向 450 m 地点には、地雷船基地(P.T.)のため、海岸線に鉛直に幅 35 m で長さが 450 m の水路が掘削された。この他、北部地区においても、現在の Tuvalu Co-operative Wholesale Society 付近に、海岸線に鉛直な 2 本の水路と 125 m の長さの海岸線に平行な水路が掘削された。

これらの開発は、海岸線の形状や漂砂の堆積機構を変化させた。この時の護岸はその当時の低潮線付近に建設され、建設後は侵食作用に遭遇した。浚渫された水路(ボロービット)は、波や沿岸流によって移送された砂や埋立て地から侵食された砂や礫で埋め戻された。これらの現象は、従来の海岸線形状に還元しようとする自然の必然的な動きである(SOPAC TR 221)。

Fongafale 島中央部のラグーン側に沿っての海岸線の現状は、海岸のほとんどはビーチ・ロックで覆われており、砂浜海岸は Vaiaku Lagi Hotel の北側から Catalina Ramp の南側までのわずか 500 m ほどの長さに限られているだけである。

4.3.2 海底地形

(1) 外洋側

Funafuti 環礁の海底地形の概要は、図 4.26 に示した通りである (SOPAC)。外洋側においては、リーフフラットがストムリッジの前面に 100 m ほどの広さで分布している。リーフ縁の外側は、水深が急速に深くなり、1,000 m を超える水深まで急速に落ちて行く。

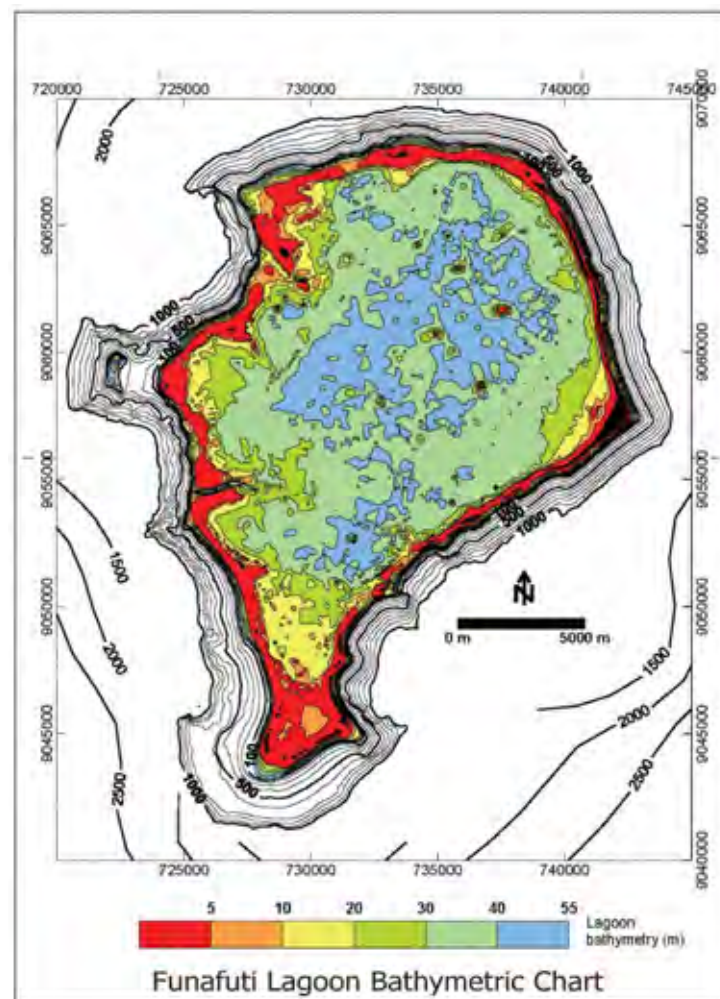


図 4.26 Funafuti 環礁の海底地形

(2) ラグーン側

ラグーン側のリーフフラットは、幅 15- 25 m の浜を含めると 55- 350 m の幅がある。C. Xue は、ラグーン内のリーフフラットを Vaiaku 埠頭から南側の南部地域、Vaiaku 埠頭から Catalina Ramp までの中央地域および Catalina Ramp から北側の北部地域の 3 地域に分類した。また、彼はコーラルフラットを I 型と II 型の二つに分類し、I 型はビーチロックまたは緩い堆積物からなる“平坦なサンゴ礁海岸”、II 型は砂浜海岸からなる“一部サンゴを含んだ砂質海岸”とした (Chungting Xue ; 1995)。

I 型のコーラルフラットは、南部地域および北部地域に見られる。“平坦なサンゴ礁海岸”は、沖合い側 (ラグーン側) がサンゴ礁、岸側が一部緩い堆積物で覆われたビーチロックからなっている。II 型のコーラルフラットは、中央部に見られ、浜の外側にパッチ状のサンゴ礁を含んだ砂質堆積物となっている。

ラグーン内には至るところに浅瀬 (Te Akaue) が散在しており、Te Akaue Fasua Kaupa、Loa、Pukeu、Tuluaga、Pusa、Fasua および Asano などが代表的なものである。ラグーン中央部の水深は 40 m~50 m あり、最も深い水深は既存の海図では 49 メートルとなっている (Funafuti Atoll, Chart No.83094)。

一方、外洋からラグーン内に入る主な航路 (Te Ava) は、環礁北側の Te Ava I Te Lape、西側の Te Ava Tepuka、Tepuka Vili Vili、Kumkum および Fuagea があげられる。また、南東側には、Te Ava Puapua および Mateika がある。

(3) JICA 調査

a) Fongafale 島ラグーン側における海底地形調査

ラグーン側における海底地形調査結果は、200 断面以上の海浜部断面図と海底地形図として取りまとめている（詳細については Supporting Report を参照されたい）。

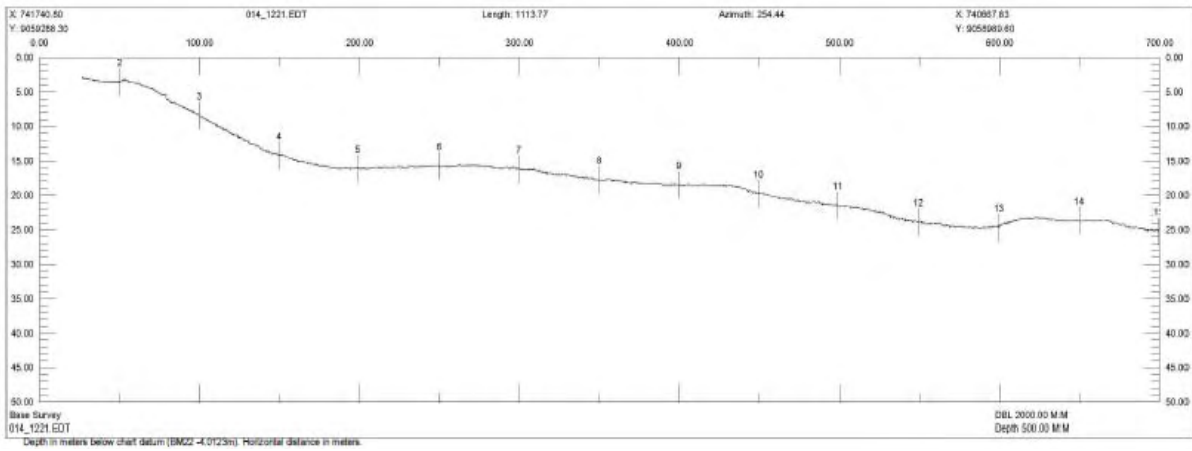
図 4.27 は、Fongafale 島についての代表的な海浜断面図の例として、北部地区においては Fisheries Department 前面海域、中央地区においては Catalina Ramp 南側海域、南部地区においては海水淡水化施設（Water Boy）付近海域における海浜断面を示したものである。

b) 海岸保全対策地区における詳細海底地形調査

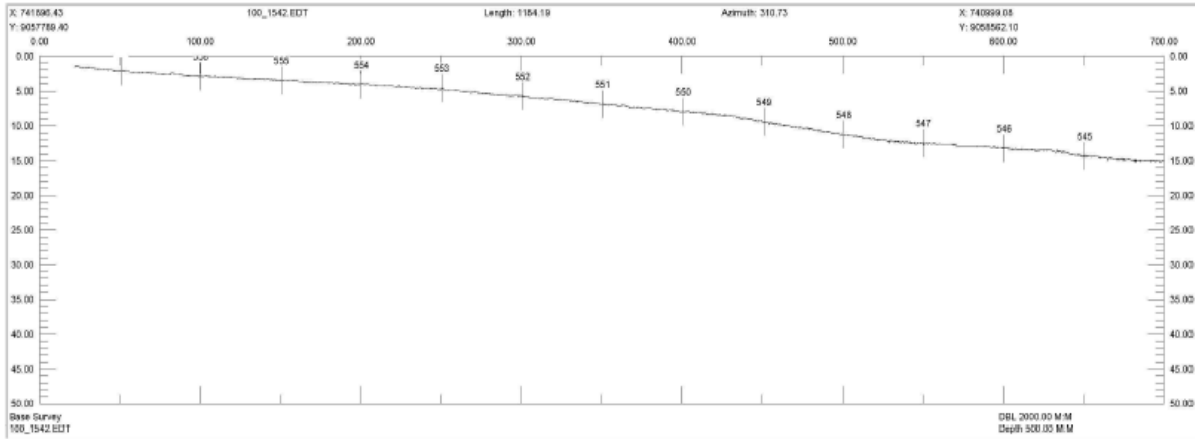
海岸保全対策計画地区における詳細海底地形調査は、フィジビリテー調査段階の 2010 年 6 月末に行われ、その結果は図 4.28 に示した海底地形図および礫養浜に必要な養浜材の容量を検討するための各測線に沿っての断面図として取りまとめられた。

Fongafale 島中央部のラグーン側における、海岸保全対策計画地区における詳細な海底地形は図 4.29～図 4.32 に示した。

North Part (Line N-14: Fisheries Dep.)



Central Part (Line S-100: Catalina Ramp)



South Part (Line S-85: Water Boy)

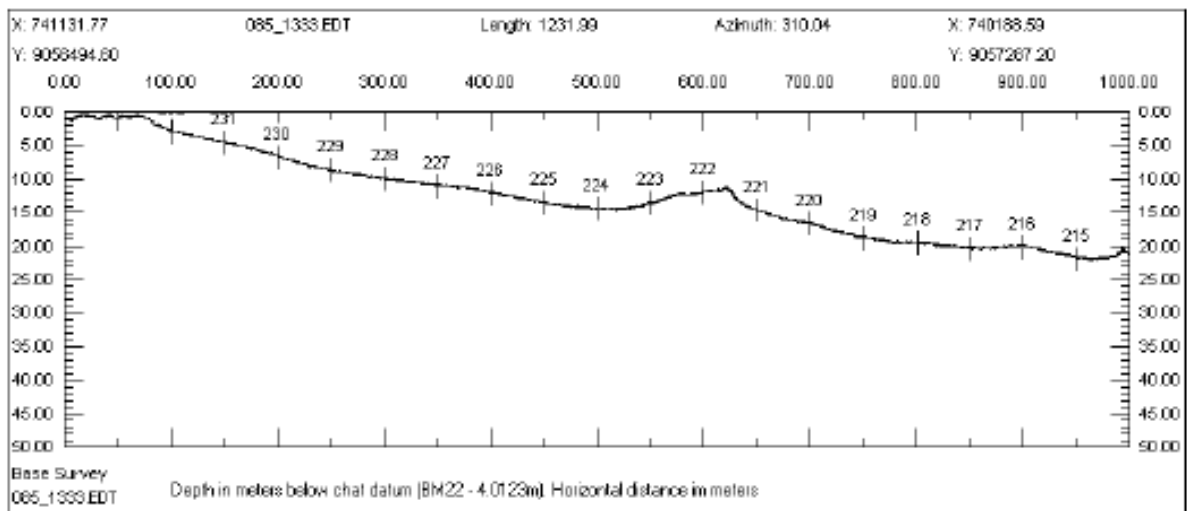


図 4.27 Fongafale 島ラグーン側の代表的な海浜断面図

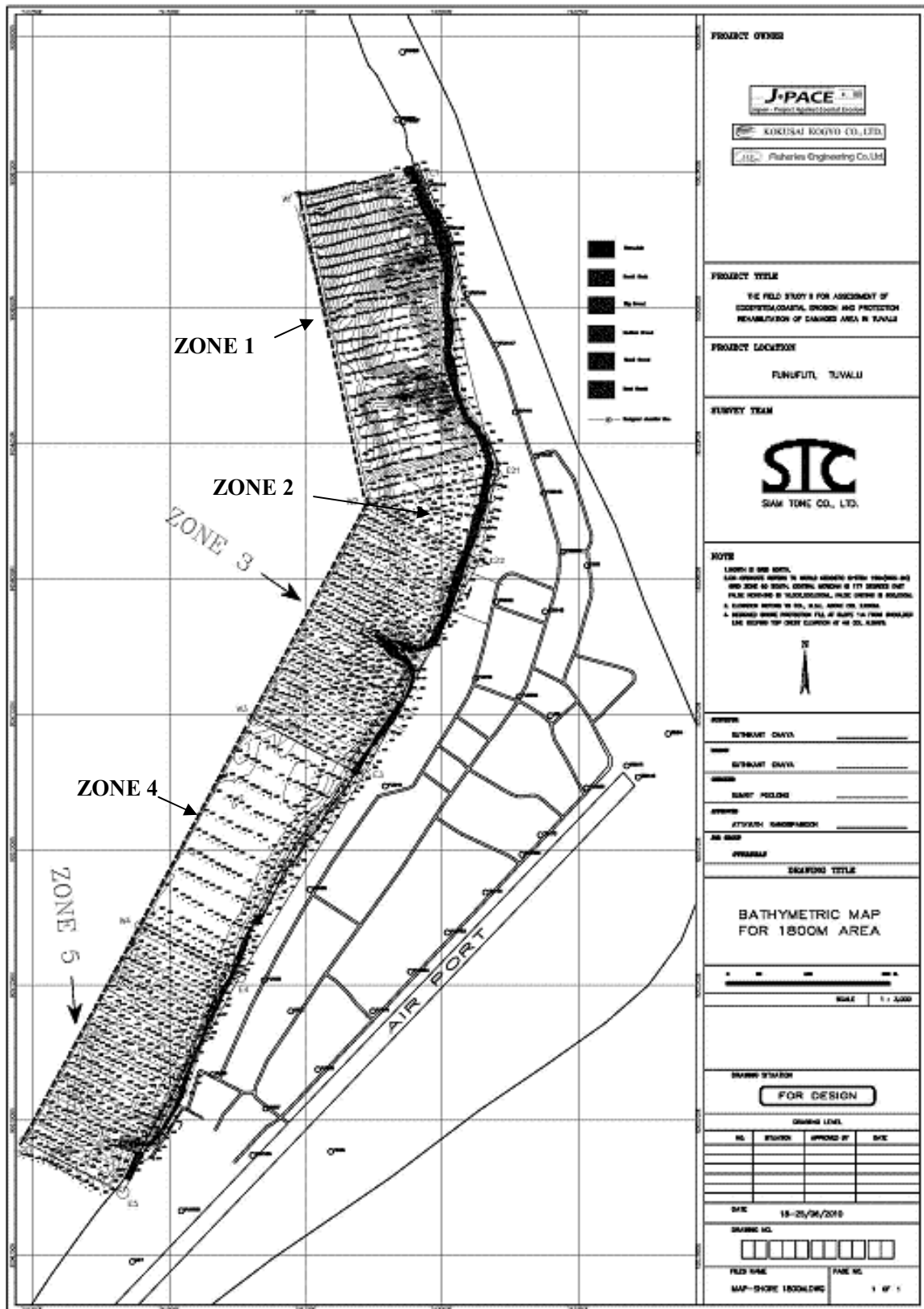


図 4.28 海岸保全対策地区における海底地形図

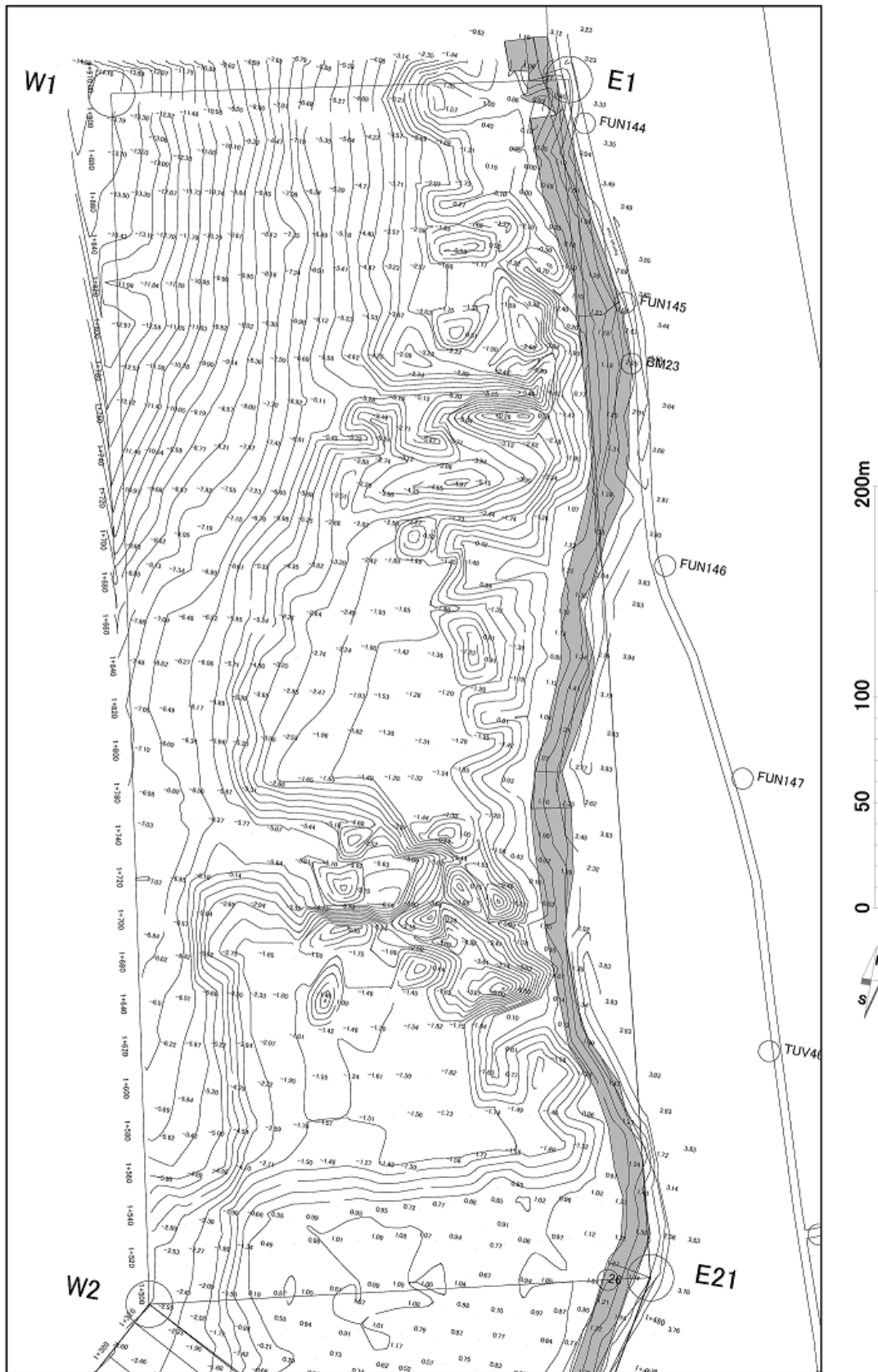


図 4.29 海岸保全対策地区における詳細海底地形図 (Zone-1)

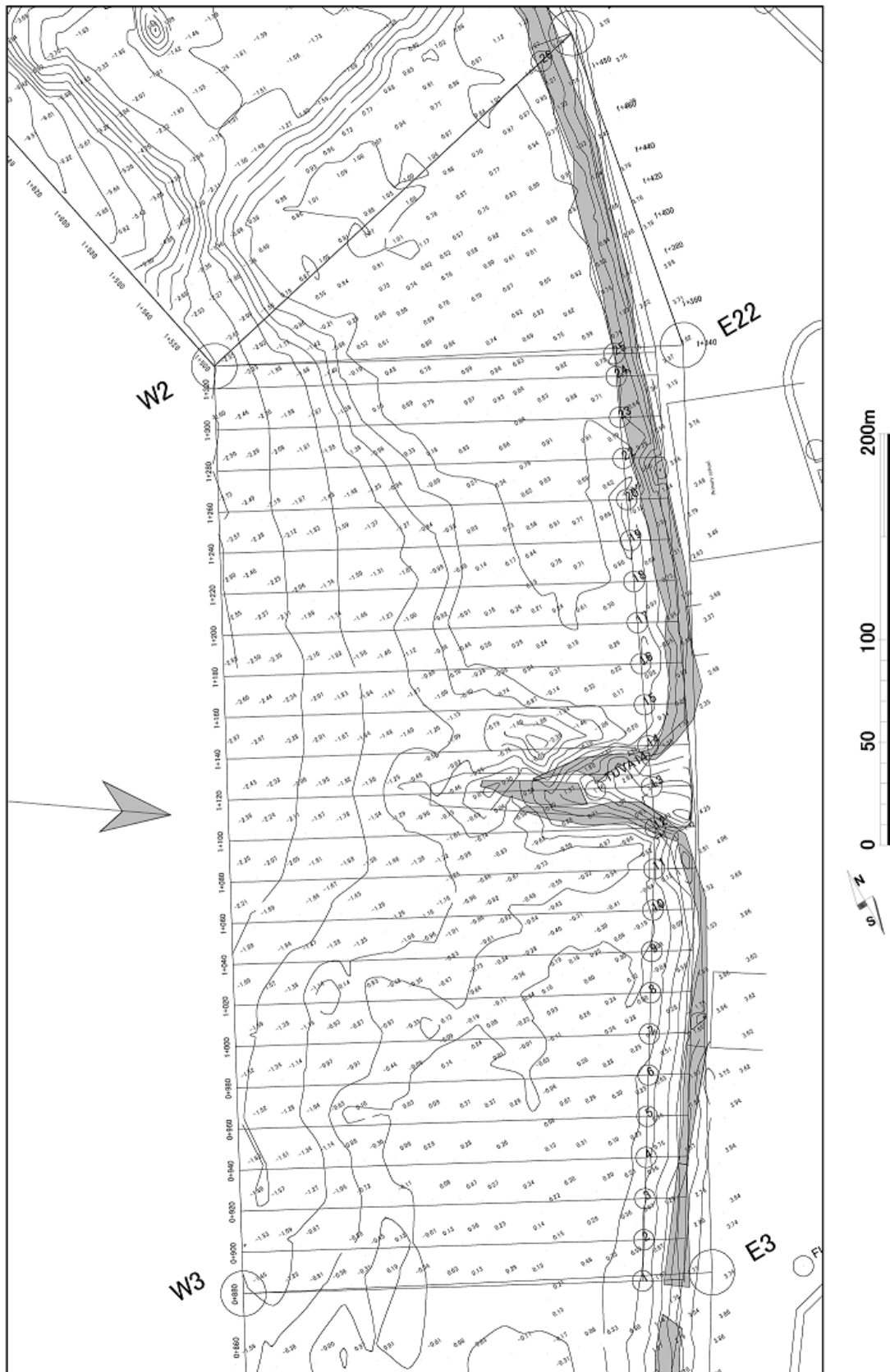


図 4.30 海岸保全対策地区における詳細海底地形図 (Zone - 2 & Zone - 3)

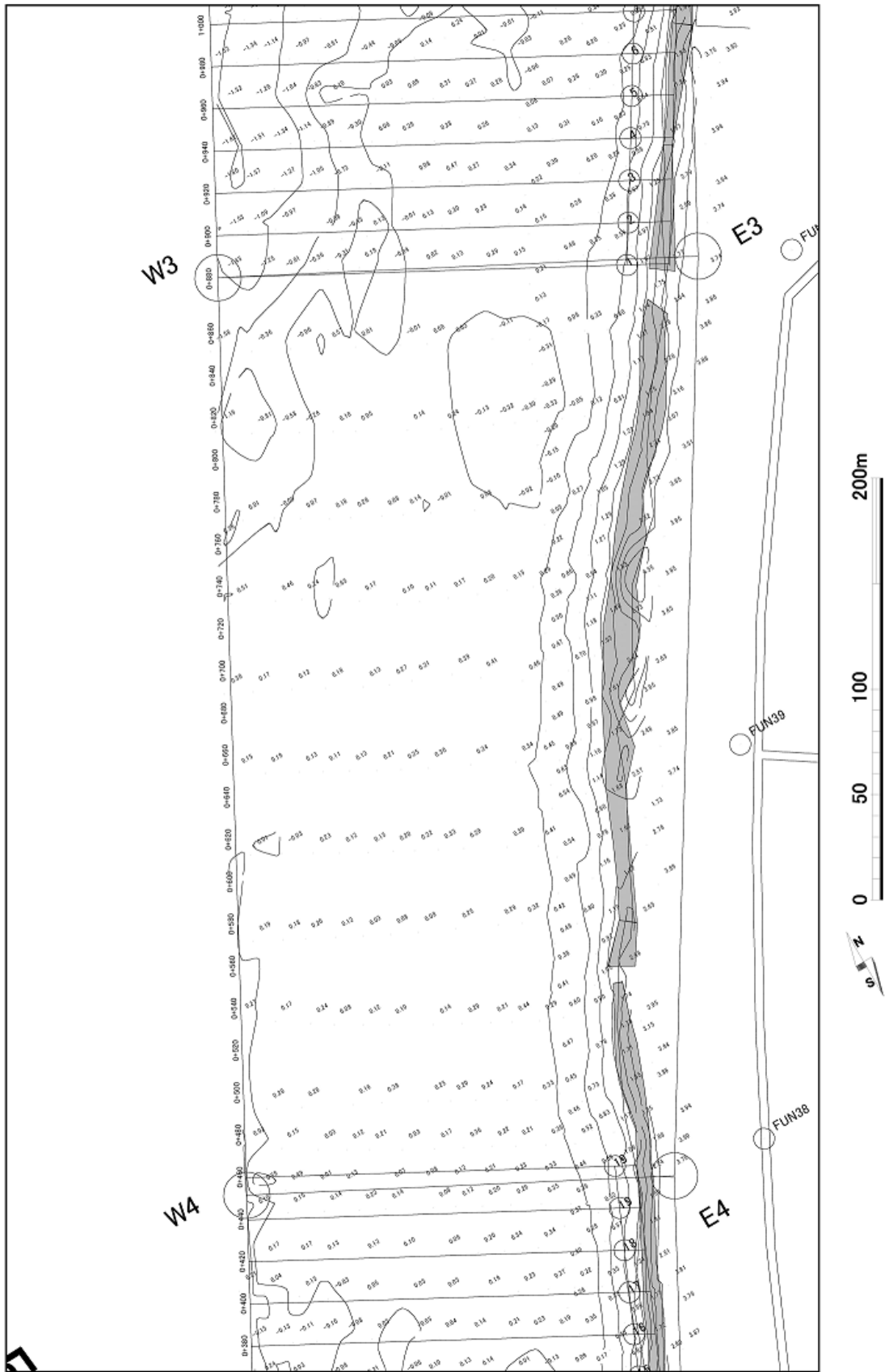


図 4.31 海岸保全対策地区における詳細海底地形図 (Zone-4)

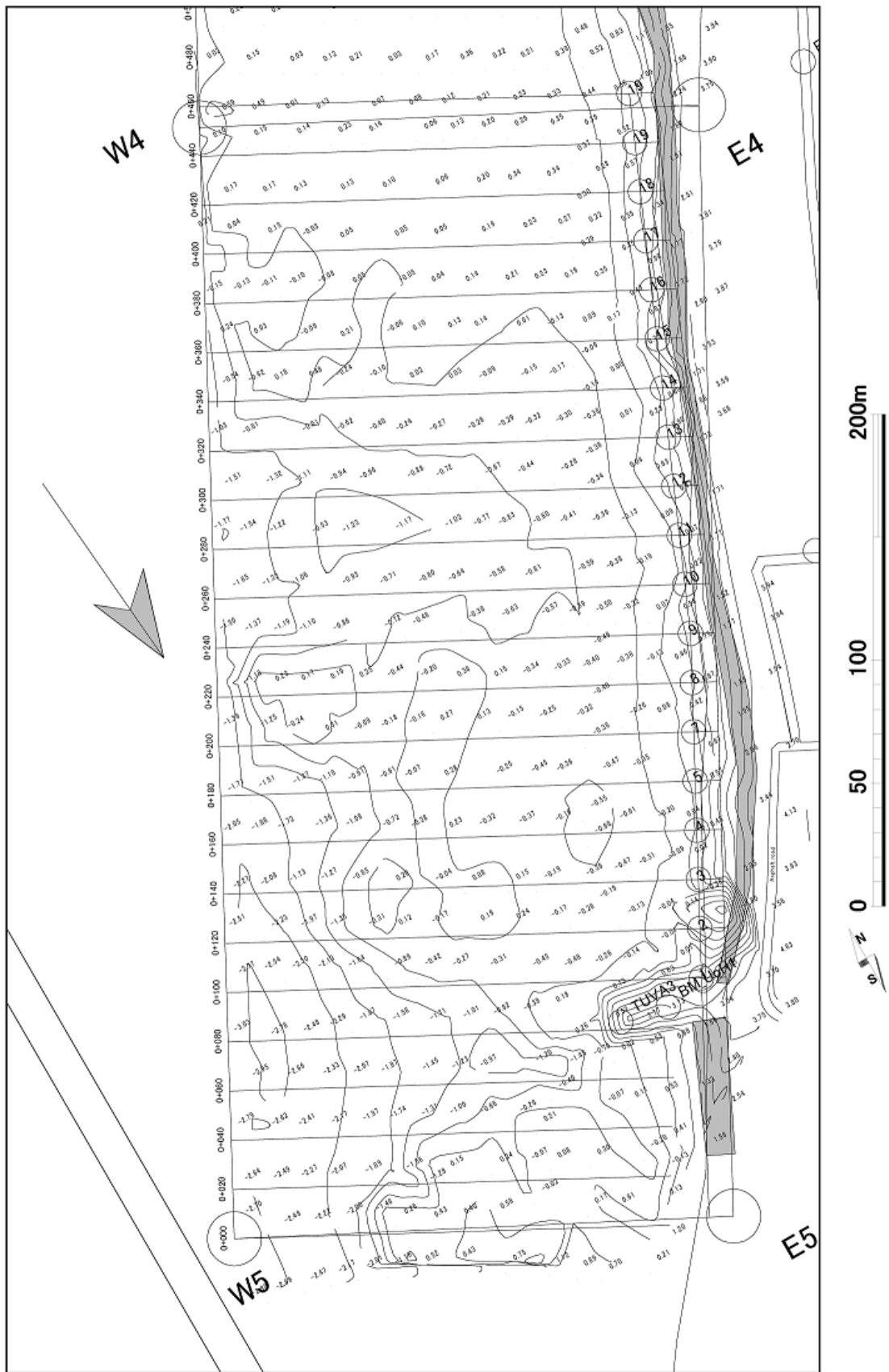


図 4.32 海岸保全対策地区における詳細海底地形図 (Zone-5)

4.3.3 地質特性

ツバルにおける初期の地質調査は、大洋の中に生じたサンゴ環礁の長期的な生成メカニズム解明のために、また Dawin の沈下理論 (Darwin, 1842) の実証のために行われた。1896年から1898年にかけての Funafuti での掘削探査は、340mの深さにまで及ぶコアの採取を行ったが、結果としてはそれらは浅海部の炭化物で、火山岩基盤までは達しなかった (David & Sweet, 1904)。

Funafuti での深部構造に関するその後の調査としては、磁気探査 (Creak, 1904) やラグーン内における屈折法による地震探査 (Gaskell & Swallow, 1953) があげられる。これらの調査データは、少なくともラグーンの海底下 500 m までは石灰岩で、その下部が火山岩であると解析された (Locke, 1991)。

19世紀後半における Funafuti での一連の掘削探査においては火山岩基盤までは達しなかったが、基盤の深さは地震探査結果からおおよそ 1,000メートルであると推察されている。

一方、1983年5月に行われた“ツバル国ラグーン地下資源調査”は、ラグーンの海底下にある未固結堆積物の厚さとその平面的な分布を求めている (Gibb Australia, 1985)。地震探査結果から求められた未固結堆積物の厚さ (等層厚線) は、**図 4.33** に示してある。この図をみると、未固結堆積物の最大の厚さは Vaiaku 地区の沖合い 3 km 付近で 25m ほどである。

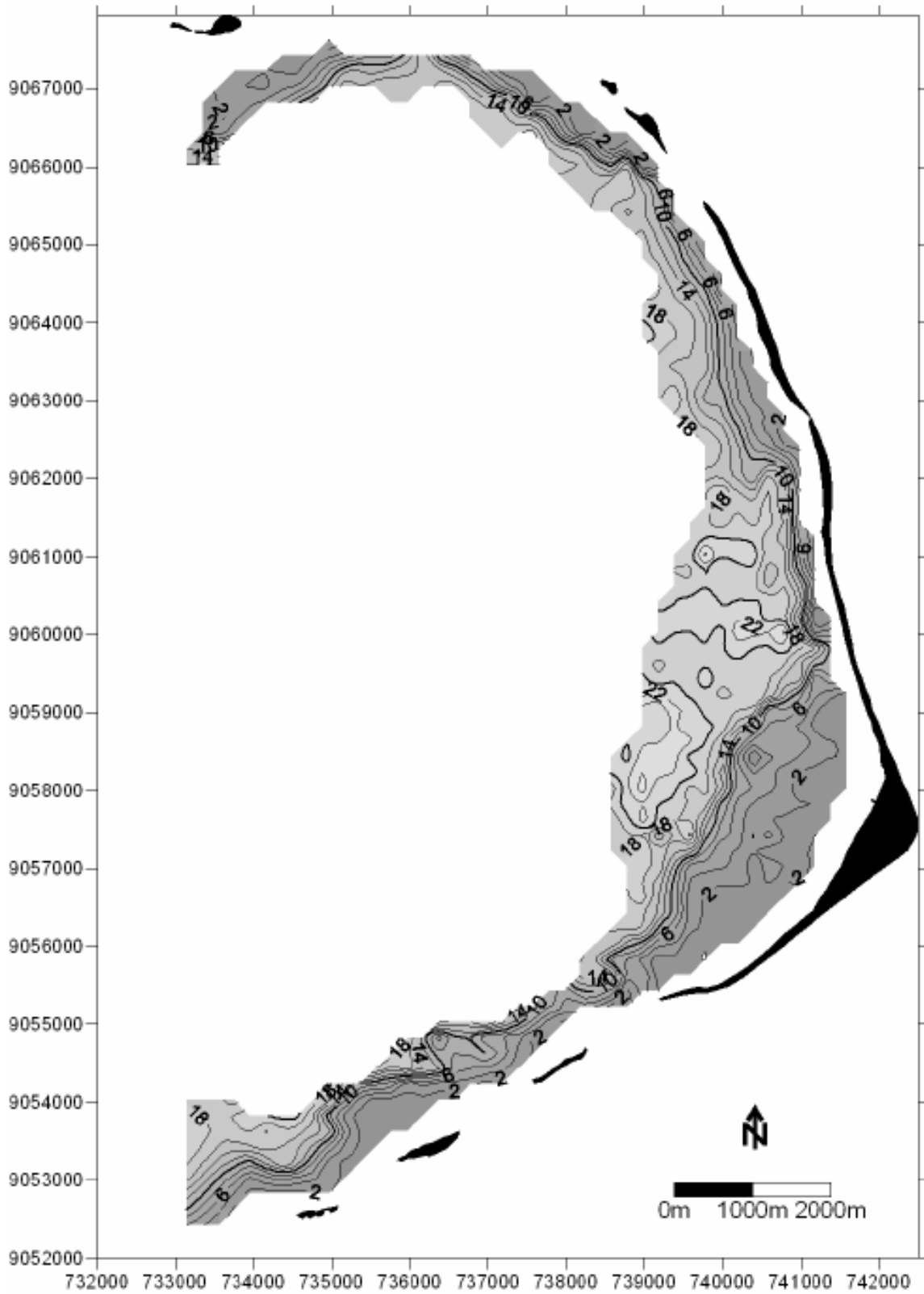


図 4.33 未固結堆積物の等厚線図