

4.4 水質および底質

4.4.1 水質

(1) 既存資料

Funafuti では約 5,000 人の生活系排水（糞尿および雑排水）が未処理または簡易な処理で地下に浸透している。また、豚を飼育している家庭が多く、一世帯当たり平均 4.2 頭飼育していると報告されている。豚小屋からの排水は、ほとんど全て無処理でボローピット、池、地面などに流出して地下に浸透している。さらに、ゴミ処分場ではほとんど無処理・無分別で投棄されている。なお、ツバルには大きな工場や農場が無いことから、水質汚濁に係る主要な汚濁源としては、生活系排水、家畜排水（豚小屋）およびゴミ処分場からの排水と考えられる。

このように、陸域における不適切な汚水・廃棄物処理により、地下水や沿岸海水に影響が出ていることが予想される。しかしながら、地下水、池および沿岸海水の水質調査はほとんど実施されていない。わずかに、限られた地域で電気伝導度（塩分濃度）の分析が行われているだけである。

AusAID が支援する廃棄物処理プロジェクトでは、地下水、ラグーン側の沿岸海水および雨水貯留タンクの水質調査（分析項目：大腸菌、硝酸、亜硝酸、リン酸）が実施されている（Economics of Liquid Waste Management in Funafuti, Tuvalu; 2006）。この調査結果は、表 4.17 に示したように、地下水に含まれる大腸菌が高いことを示している。しかしながら、この調査は、簡易の水質分析キットにより実施されているため分析精度が悪く、地下水および沿岸海域の水質状況はほとんど把握されていない。

表 4.17 水質分析結果（2005 年 6 月）

分析項目	大腸菌群数	硝酸	亜硝酸	リン酸
地下水 (North of Luck set)	>130	0	0	< 10
ラグーン海水 (Old jetty)	> 62	0	0	< 10
雨水タンク (Tausoa Lima)	< 50	5	0	< 10

出典：Water Quality Report, June 2005 (WMU, Funafuti)

電気伝導度の測定は、2006 年 1 月～4 月に、タロ芋 (Pulaka) の育成に使われているピットでの地下水の塩分濃度をモニタリングすべく行われた (Arthur Webb)。

水質測定用のサンプルは、Fongafale 島の中央部にて採取された。地下水の水質はその時の降雨状況に大きく支配されるが、この時の降雨状態は例年の状態とほぼ同じであった。水質測定結果は、持続的にタロ芋 (Pulaka) の育成を図るには高すぎる塩分濃度 (>5,000 μ

Scm⁻¹) を示した。このことより、Fongafale 島のいずれの湿地においても、タロ芋 (Pulaka) の育成を図るのは困難であると言わざるを得ない (SOPAC ER-75)。

(2) JICA 調査

JICA 調査による水質調査は、2009 年 12 月から 2010 年 1 月に、Funafuti 環礁内での基礎調査の一環として行われた。調査は、**図 4.34** および**表 4.18** に示した Funafuti 環礁内全域、外洋、湖沼および地下水を対象に 18 地点にて実施した。採取した試料はフィジーと日本の分析機関にて分析に供せられた。

表 4.18 水質調査の調査内容

試料番号		本格調査	補足調査	備 考
分析・測定項目		Salinity, Chlorophyll, COD, T-N, T-P etc.	T-N, NH ₄ -N, NO ₃ -N, T-P, PO ₄ -P	
外 洋	OW- 1	○		Southern End
	OW- 2	○	◎	
	OW- 3	○	◎	Causeway
ラグーン	LW- 1	○	◎	
	LW- 2	○	◎	
	LW- 3	○	◎	
	LW- 4	○		Causeway
	LW- 5	○		Amatuku
	LW- 6	○		Tepuka
	LW- 7	○		Fuagea
	LW- 8	○		Fatato
	LW- 9	○	◎	
	LW-10	○	◎	
地下水	GW- 1	○		
	GW- 2	○		
	GW- 3	○		
湖 沼	PW- 1	○		
	PW- 2	○	◎	
合 計		18 points	8 points	
試料採取日		January 6 to 10, 2010	December 13, 2009	

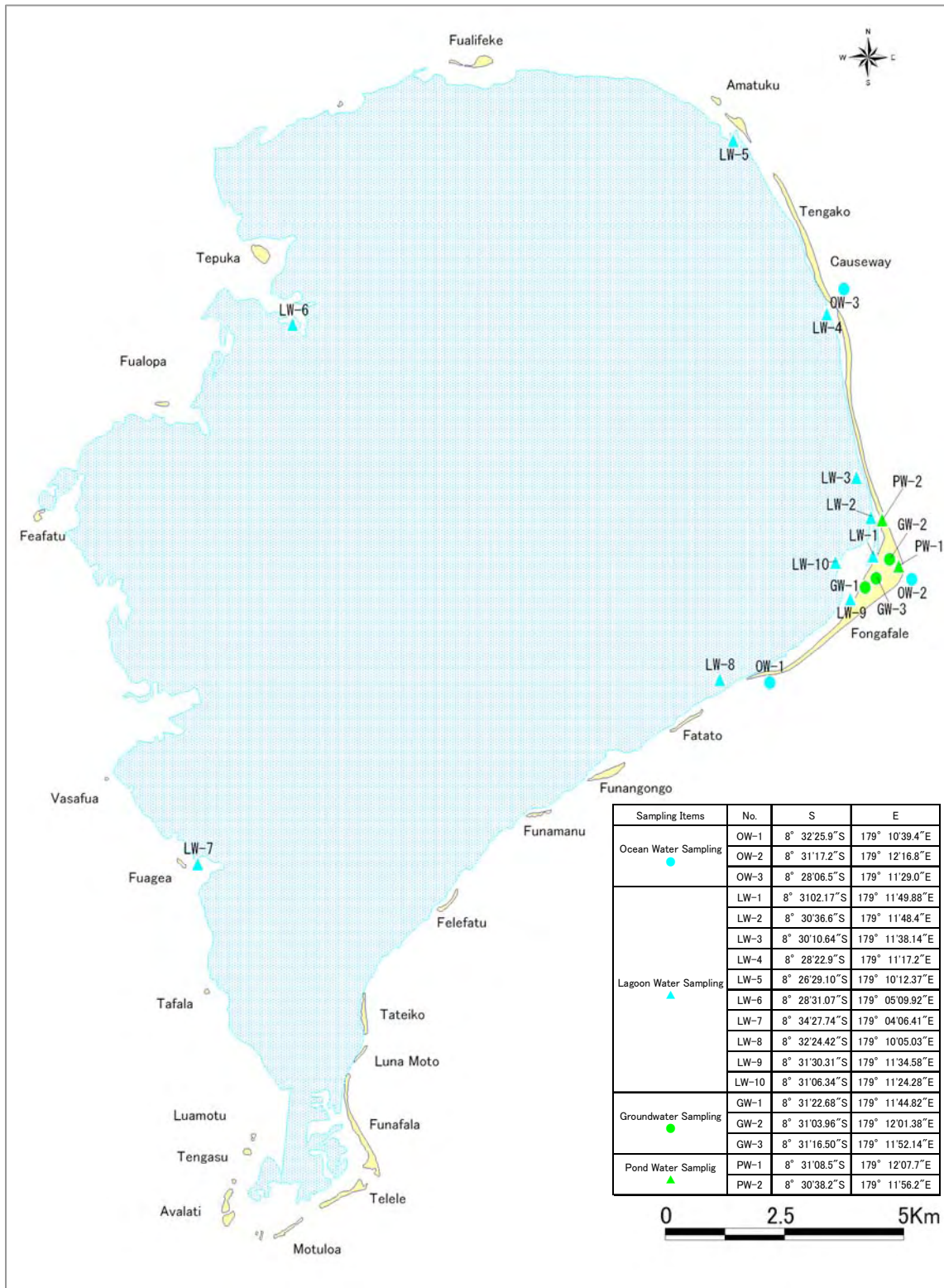


図 4.34 水質調査位置図

本調査の調査結果のうち、本格調査による水質測定結果（塩分濃度、水温、濁度、水色およびクロロフィル-a）を表 4.19 に、補足調査による精度の高い分析結果および栄養塩の分布をそれぞれ表 4.20 および図 4.35 に示した。なお、水質調査の詳細な調査結果に関しては、Supporting Report に示したので参照されたい。

表 4.19 本格調査による水質測定結果
(塩分、水温、濁度、水色およびクロロフィル-a)

Sample	Water Depth	Sampling Depth	Salinity (ppt)	Temperature (°C)	Turbidity (NTU)	Color	Chlorophyll-a (µg/L)
PW1	0.5m	-	31	34.9	2	41.5	9.08
PW2	1m	0.5m	36	35	1.9	13.5	3.63
OW1	5m	2.5m	35	29.7	0	0	ND(<0.05)
OW2	15m	7.5m	37	29.2	0	0	0.22
OW3	12m	6m	36	29.1	0	0	0.15
LW1	3m	1.5m	36	30.7	0	0	0.11
LW2	7m	3.5m	37	30.9	0	0	ND(<0.05)
LW3	18m	9m	36	30.6	0	0	ND(<0.05)
LW4	7m	3.5m	37	30.6	0	0	ND(<0.05)
LW5	13m	6.5m	37	30.3	0	0	ND(<0.05)
LW6	15m	7.5m	35	30.8	0	0	0.11
LW7	2m	1m	37	32.2	0	0	ND(<0.05)
LW8	29m	14.5m	37	33	0	0	0.11
LW9	2m	1m	37	32.8	0	0	0.22
LW10	1m	0.5m	37	32.4	0	0	Sample lost
GW1	0.5m	-	21	28.8	0.8	6.5	0.91
GW2	0.5m	-	7	31.5	2.3	8	0.45
GW3	1m	0.5m	5	29.3	0	22	0.23

一般に、サンゴ礁や有孔虫が生息する海域は、極めて貧栄養である。そのため、人為的な影響に伴うサンゴや有孔虫の生息環境の変化を正確に把握するためには、栄養塩を初めとした水質を精度よく測定することが必要である。しかしながら、南太平洋州における水質分析ラボについては、サンゴ礁海域のような極低レベルの水質を測定した経験がほとんど無いことから、本調査では、全調査地点（18 地点）の一部（8 地点）について採水したサンプルを日本に持ち帰り、精度の高い水質分析を実施した。その調査結果が補足調査結果である。

表 4.20 窒素およびリンの水質分析結果（補足調査）

Parameters	Units	Sea Water: Lagoon Side					Sea Water: Ocean Side		Groundwater
		LW-1	LW-2	LW-3	LW-9	LW-10	OW-2	OW-3	GW-2
T-N	mg/l	0.17	0.12	0.18	0.12	0.10	0.15	0.14	3.6
NH4-N	mg/l	0.03	0.04	0.06	0.11	0.05	0.06	0.10	0.02
NO3-N	mg/l	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	3.6
T-P	mg/l	0.015	0.015	0.065	0.034	0.008	0.015	0.011	0.14
PO4-P	mg/l	0.008	0.007	0.054	0.024	0.006	0.008	0.007	0.12



図 4.35 T-N、T-P 分布図（補足調査）

一般に、貧栄養海域に分布するサンゴ生態系にとって、リンや窒素などを大量に含む陸水の流入による海域の富栄養化の影響は深刻であると言われている。サンゴ礁の保全を図る基準については、日本では次のような水質環境基準(類型 I : 自然環境保全)が設定されている。すなわち、T-N : 0.2 mg/l 以下 および T-P : 0.02 mg/l 以下 である。この日本の環境基準と比較すると、調査対象地域の沿岸海水(外海側およびラグーン側の海水)は、T-N は全て環境基準を満足しているが、T-P はラグーン側の一部海岸近傍(LW3、LW9)において環境基準値を超過していた。

サンゴ礁の富栄養化の指標については、グレートバリアリーフやカリブ海において研究されており、海水中のクロロフィル a 濃度に対して 0.3~0.5 μ g/l、溶存無機態窒素(NH₄+NO₃+NO₂) に対して 0.014 mg/l (1 μ M)、溶存無機態リン(P04) について 0.006~0.009 mg/l が、富栄養化のしきい値(Mesotrophic から Eutrophic へ移る境界値)であると提案されている (Vecsei, A. 2003)。

また、Mutti and Hallock (2003)は、主にカリブ海を対象に、サンゴ礁生物群集の健全度の指標としてクロロフィル a 濃度に注目し、0.1 μ g/l 以下でサンゴの成長が良好であり、0.1~0.5 μ g/l でサンゴと大型藻類の競争が始まり、1.0 μ g/l の濃度に達すると光が海底に届かなくなってサンゴの生育に障害が発生すると報告している (Mutti, M. And Hallock, P. 2003)。

これらのしきい値と本調査の水質分析結果を比較すると、無機態窒素(NH₄)と無機態リン(P04)の両方がしきい値を上回っているのは、ラグーン側の海岸近傍のLW3とLW9である。

このように、ラグーン側の海岸近傍の一部においては、窒素やリンに関して日本の水質基準値や富栄養化のしきい値を上回り、富栄養化によるサンゴへの影響が懸念される。

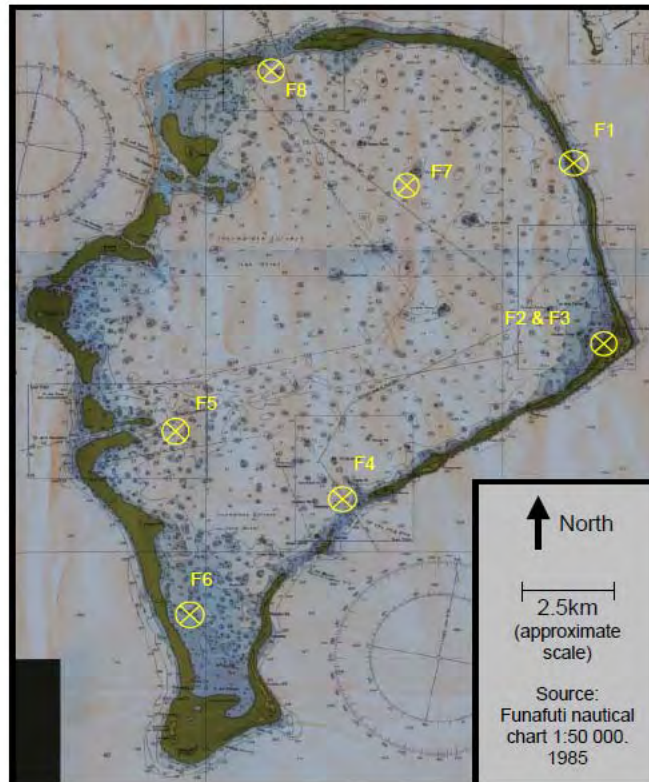
一方、海水中のクロロフィル a 濃度からみると、調査海域全体にわたって 0.05 μ g/l 以下または 0.1~0.2 μ g/l 程度であり、富栄養化がサンゴの生育に影響を及ぼすレベルまでは至っていないことが示唆される。

なお、地下水(井戸水)の水質は、T-N が 3.6 mg/l (海水の 24 倍)、T-P が 0.14 mg/l (海水の 6 倍)と濃度が高くなっており、地下水が汚染されていることが伺える。

4.4.2 底質

(1) Lagoon と Tafua Pond における既存資料

Funafuti ラグーンにおいて、図 4.36 に示した 8 地点から採取した試料を基に、2004 年 9 月～10 月に底質の粒度分析および構成物質分析の調査が行われた (Arthur Webb)。なお、試料は表層 15 cm から採取した(この調査においては、同時に Vaitupu 島の 3 地点についても分析を行っており、一部の図面にはこの結果も併記されている)。



(Source: SOPAC ER-36)

図 4.36 底質試料採取位置図 (Funafuti Lagoon)

底質の構成物質分析結果をみると、浅海部および Funafuti 島の陸上部においては、Foraminifera が卓越しており (40-60%)、それ以外では Halimeda が卓越していた。

一方、底質の粒度分析結果は、陸上の F-1 および海浜部の F-3 が、比較的 Halimeda の含有量が少なく、少なくとも砂分の 60% が 0.25 ないし 1.4 mm ϕ の細砂ないし粗砂からなっている。

深い水路の堆積物である F-4 および F-5 は、Halimeda の含有量が高く (>35%)、かつ粗い物質の含有量も高い (2-4 mm ϕ ; >35%)。ラグーン南端部の F-6 地点は砂粒分の含有率が非常に高く (<0.125 mm ϕ ; >60%)、その構成はほとんどが Halimeda であった。

残りの試料 F-2、F-7 および F-8 は、粒度は海浜部や陸上の堆積物に近いが（約 60%が 0.25 ~1.4 mm φ）、組成としては Halimeda（20~25%）の含有量が高い（SOPAC ER-36）。

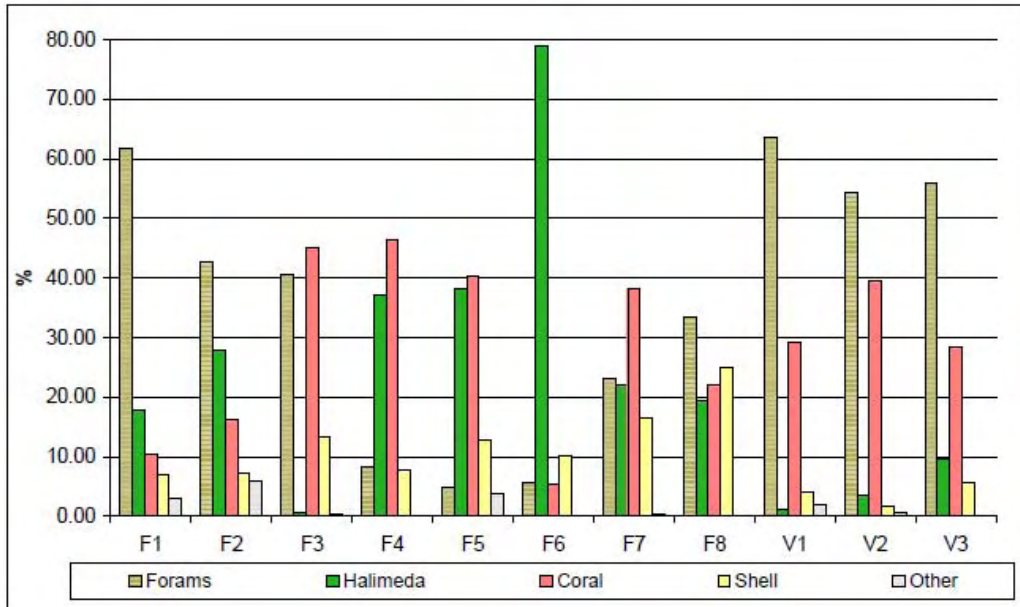
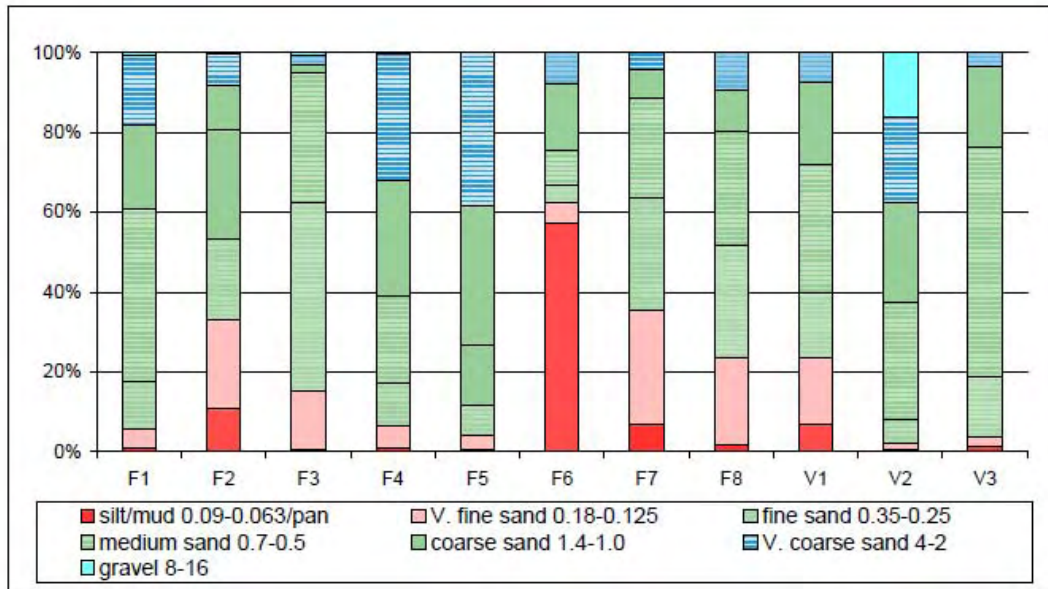


図 4.37 底質試料の組成比較図



(Source: SOPAC ER-36)

図 4.38 底質試料の粒度分析結果

一方、Tafua Pond の底質に対する窒素、鉛および銅の分析が、TANGO および IWP (International Water Project) の協力の下に、SOPAC が 2004 年 9 月に実施している。図 4.39 に示したように、池の西側の 6 地点から試料を採取しており、No. 7 のサンプルは基準点 (control) として比較的乱されていない池と外洋との間の砂丘の陰の部分から採取した。



図 4.39 底質試料採取位置図 (Tafua Pond)

化学分析結果は、表 4.21 に示してある。Fongafale においては、地下水は汽水化している上に、細菌や金属および栄養塩による汚染も懸念され、はや人間の消費用としては使われていない。IWP は、地下水への銅と鉛の濃縮が Fongafale ではないが問題となっていると指摘しており、Tafua Pond での試料でも両金属の存在が確認されている。

難分解性の金属は、植物連鎖により食料用魚類 (milkfish) を通じて、人間の健康問題にまで及んで来る可能性を持っており、その意味では Tafua Pond の汚染レベルを把握することは重要である。この点は、もしセラピアが豚の食料として使われた場合でも、同じように蓄積していくことになるので、重要な問題である。

表 4.21 底質の化学分析結果 (総窒素、鉛および銅)

地点	単位	1	2	3	4	5	6	7(Ctrl)
T-N	mg/kg	180.0	8.3	23.2	22.7	17.9	7.6	0.5
Pb	mg/kg	45.7	50.0	37.3	21.2	21.6	19.0	16.7
Cu	mg/kg	125.7	72.2	94.1	60.6	54.4	34.4	16.8

窒素は通常一次生産量（藻の生育）を規制するので、また汽水域や海洋での値と比較する意味もあり、総窒素（T-N）の分析も行われた。堆積物の栄養塩濃度は、浅いシステムにおいては、そのシステム中で生産されたりそのシステムに加えられたりする有機物の多くが堆積物中に沈殿するので、同様に窒素含有量のレベルを示しているとも言える。一旦この物質が堆積環境に入ると、酸化還元作用が繰り返され、一次生産者による物質循環により窒素は再び水中に溶解込み堆積プロセスから取り除かれたりする。

このプロセスや他の要因（潮汐、降雨、気象など）により、水塊中の窒素濃度は短時間で全体の水質をかなり変動させ、さらに堆積物中の窒素の蓄積は全体に進んでいることを示している。このことは特に基準点(control)での値と比較すると明瞭である(SOPAC ER-36)。

(2) JICA 調査

本調査による底質調査は、2009年10月に、Funafuti 環礁内での基礎調査の一環として行われた。調査は、**図 4.40** および **表 4.22** に示した Funafuti 環礁内全域の 35 地点（ラグーン海底堆積物：15 地点、海岸線堆積物：20 地点）にて実施した。採取した試料は、分析機関にて粒度分析および構成物質の分析（サンゴ片、有孔虫、貝殻片、ハリメダ等）に供せられた。

本調査による底質の粒度分析結果および構成物質の分析結果は、それぞれ **図 4.41** および **図 4.42** に示した。

表 4.22 底質試料の採取・分析状況

採取地点	試料数	試料番号	分析項目	試料採取日
ラグーン海底堆積物	15 地点	SB- 1 to SB-15	粒度分析 構成物質分析	2009年10月22日～ 30日
海岸線堆積物	20 地点	SLS- 1 to SLS-20		
合計	35 地点			

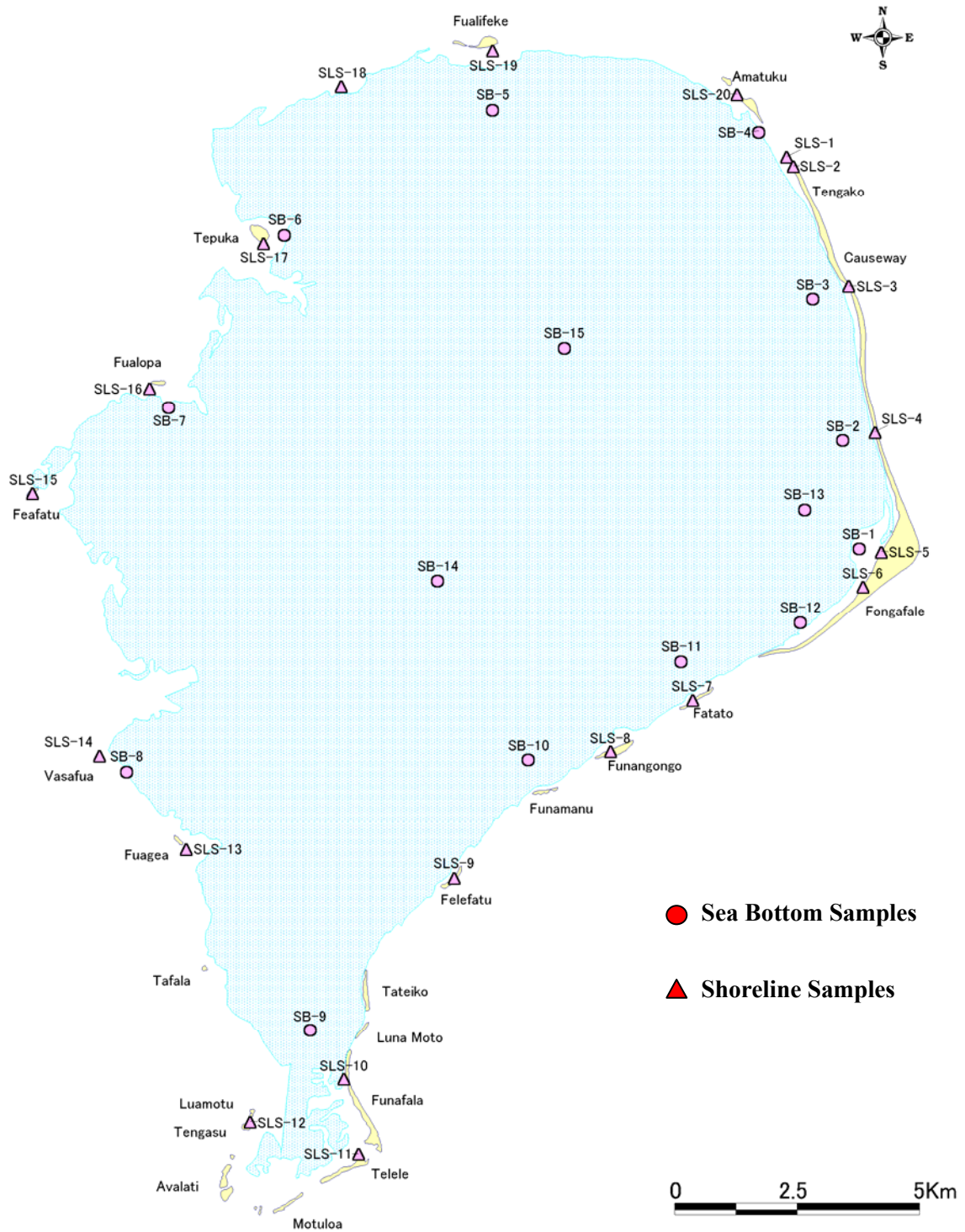


図 4.40 底質試料採取位置図 (JICA 調査)

底質の粒度組成分布図をみると（図 4.41）、ラグーン内海底堆積物の分布は三つの地域に分類される。ひとつは、ラグーンの北部と西部の地域で、一部にシルトを含むものの、主に細砂～粗砂からなっている（SB-4～SB-9 地点）。Fongafale 島の中央部から南部にかけての地域の沖合い（SB-1、SB-12 & SB-13）も、この地域区分に含まれよう。二つ目の地域は、Fongafale 島の北部（SB-2、SB-3）とラグーンの南東部地域（SB-10、SB-11）で、主に粗砂ないし細礫からなっている。三つ目の地域は、ラグーンの中央部に広く分布しており、非常に粗い砂ないし細礫からなっている（SB-14、SB-15）。

海岸線から採取した堆積物に関しては、粒度組成分布からは、二つの地域に大別される。ひとつは、Fongafale 島の北端部とラグーンの北部と西部の地域で、中砂ないし非常に粗い砂および細礫からなっている地域である（SLS-1、SLS-2、SLS-13～SLS-20 & SLS-7）。もう一つの地域は、Fongafale 島の海岸線およびラグーンの南東部と南部の海岸線で、主に細砂～粗砂からなっている地域である（SLS-3～SLS-6、SLS-8～SLS-12）。

底質の物質構成割合をみると（図 4.42）、海岸線で採取した堆積物は、全ての地点が Coral Fragments、Foraminifera、Shell Fragments で構成されていた。一方、ラグーン内の海底から採取した堆積物の内、Fongafale 島の中央部から南部にかけての地域の沖合い（SB-1、SB-12）およびラグーンの北部（SB-4）と西部（SB-6～SB-8）の地域の6地点でも、堆積物の構成は Coral Fragments、Foraminifera、Shell Fragments で構成されていた。

これに対して、ラグーン内の海底から採取した堆積物の内、Fongafale 島の北部（SB-2、SB-3）、ラグーンの北部（SB-5）と南部（SB-9）および南東部の地域（SB-10、SB-11）、およびラグーンの沖合い（SB-13～SB-15）の9地点は、51%～91%の割合で Halimeda が優占する構成を示した。

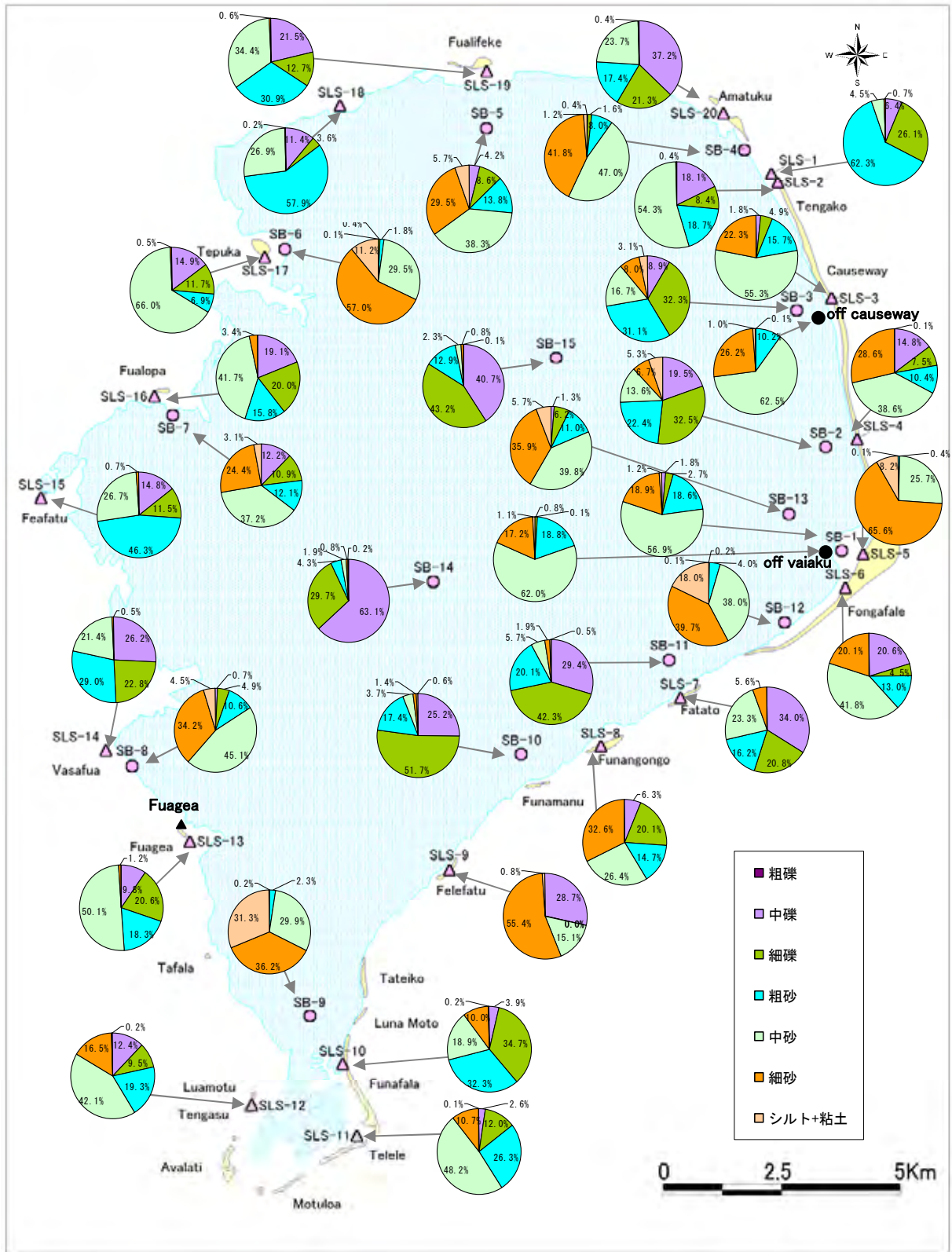


図 4.41 海底および汀線堆積物の粒度組成分布図

4.5 沿岸生態系

4.5.1 有孔虫の分布状況

(1) ライン調査（有孔虫等分布状況調査）概要

1) 調査内容

フナフチ環礁の沿岸生態系の概要、ハビタットマップ作成に必要な生物・底質分布情報、および有孔虫類の現存量推定に必要な生息密度情報を把握するためにライン（測線）調査を実施した。調査項目および内容は、表 4.23に示すとおりである。

表 4.23 調査項目および内容

項 目	数 量	備 考
[ライン調査] 調査ライン（測線）	1 式 31測線	オーシャン側：16測線、ラグーン側：15測線 生物出現および底質分布状況（断面図：有孔虫・サンゴ・海藻類の被度分布、出現種の分布状況） コドラート調査結果（同定・計数結果）

2) ライン調査実施場所

ライン調査範囲はフナフチ環礁全域とし、図 4.43に示す31測線で実施した（各測線の座標はAppendixに示した）。

3) ライン調査実施期間

ライン調査実施期間は、表 4.24に示すとおりである。

表 4.24 ライン調査期間

調査項目	観測期間
ライン（測線）調査	17. 09. 2009～06. 10. 2009

プロフィールとして整理した。なお、ライン調査（測線断面）プロフィールの整理例は、
 図 4.45 に示すとおりである。

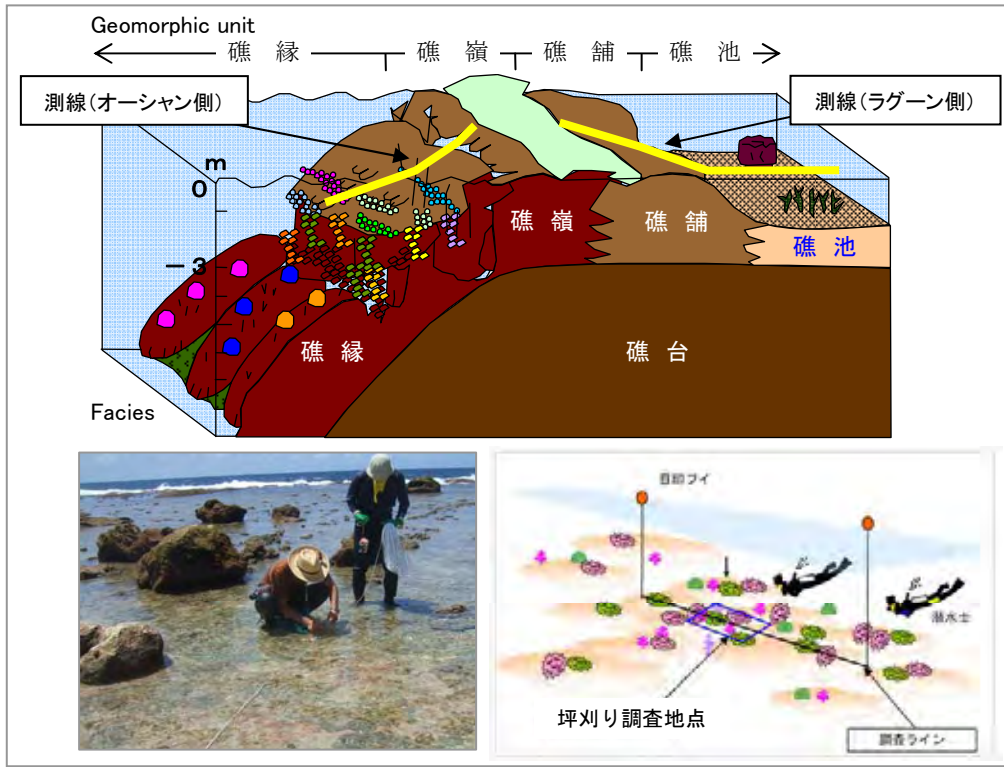


図 4.44 ライン（測線）生態系調査の概念図

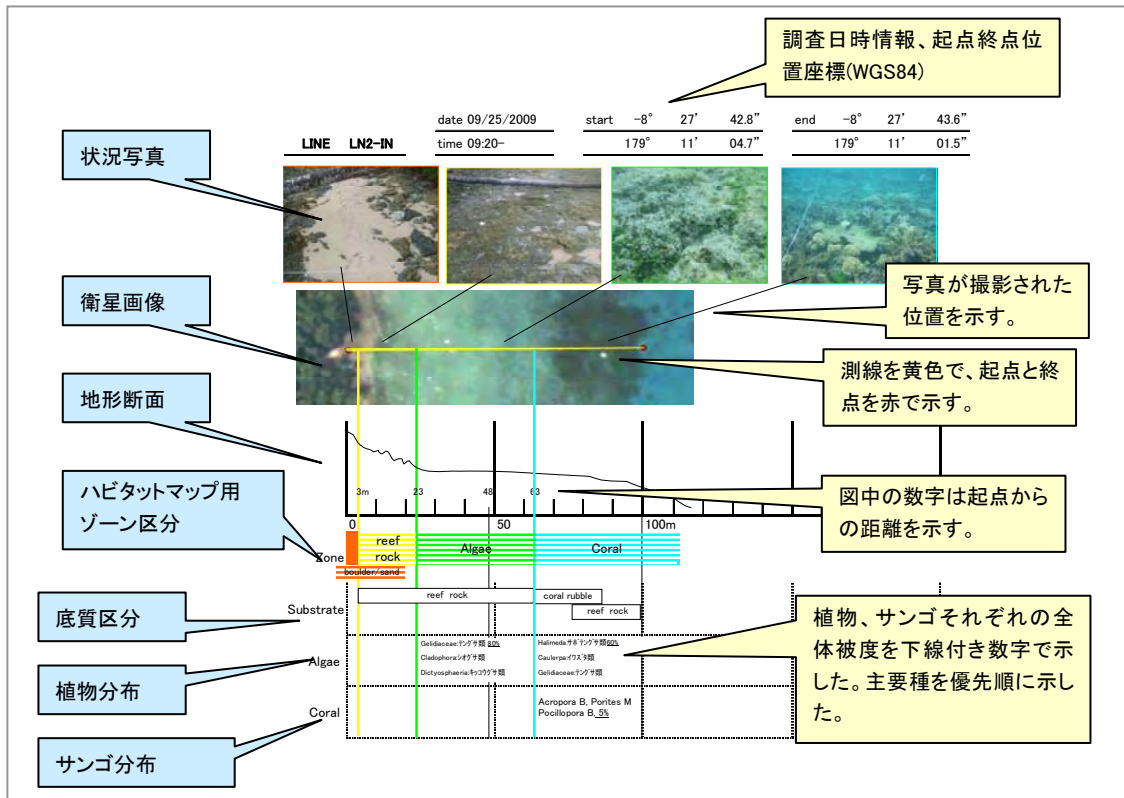


図 4.45 ライン調査（測線断面）プロフィールの凡例

(2) ライン調査結果

ライン調査による測線毎のプロファイル及び坪刈り調査による有孔虫類および芝草状藻類の分析結果は Supporting Report Part II に示した。

各測線における観察結果概要 (Zone 区分、Substrate、Foraminifer・Algae・Coral 等出現状況) は表 4.25～表 4.26 に、坪刈り調査により確認された大型で高い砂礫生産能力が期待される有孔虫を図 4.46 に示した。

本調査結果より、砂礫生産能力が期待される有孔虫の出現状況をみると、*Baculogypsina*、*Amphistegina* が高い密度で確認され、*Calcarina* や *Sorites*、*Marginopora* はそれほど多くない状況にあった。また、有孔虫の出現傾向をみるため、各測線の地点のうち高い密度を示した地点を抽出し、総個体数について主要種 *Baculogypsina*、*Amphistegina* の 2 種について m^2 当りに換算し、表 4.27 に示した (この結果より、各測線での出現傾向を図 4.47～図 4.49 に示した)。

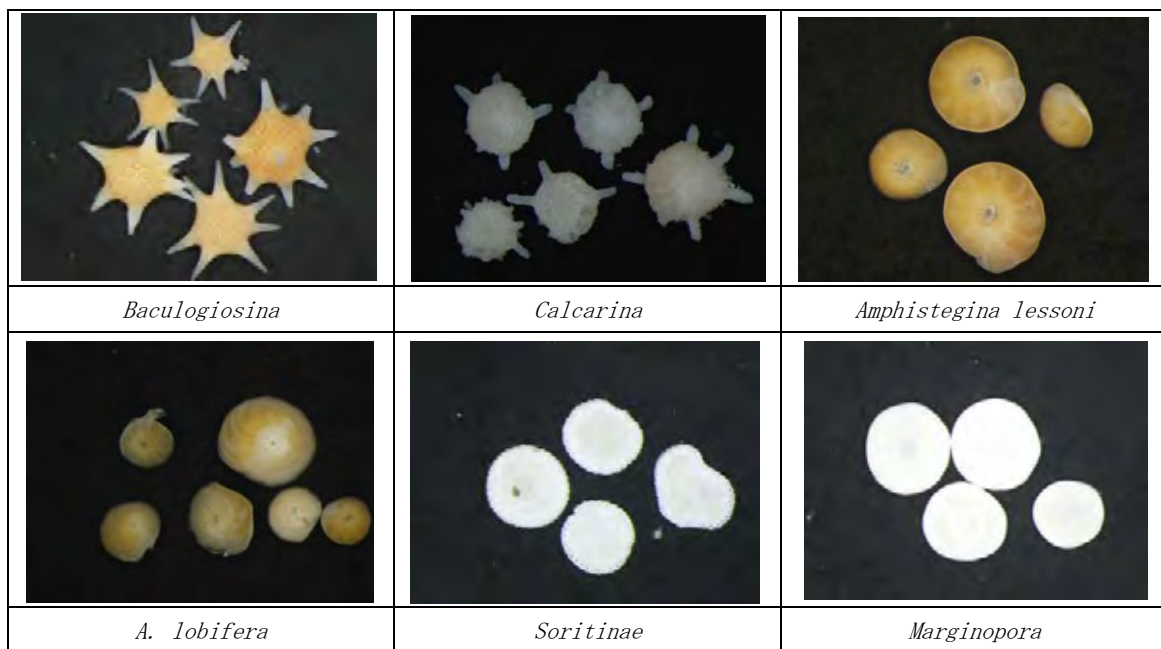


図 4.46 確認された砂礫生産能力の高い大型有孔虫

表 4.25 測線調査結果概要(1)

Stn.	length(m)	Zone	Substrate	Foraminifer	Algae	Coral	Place (Island)
L02IN	98	boulder/sand reef rock Algae Coral	reef rock coral rubble	Baculogypsine 5200固体/m ² Amphistegina 55115固体/m ²	Gelidiaceae:テングサ類 80% Cladophora:シオグサ類 Dictyosphaeria:キッコウサ類 Halimeda:サホテングサ類60% Caulerpa:イラスダ類 Gelidiaceae:テングサ類	Acropora B, Porites M Pocillopora B, 5%	Fongafale
L02OUT	81	boulder reefrock Algae Foraminifera Coral	boulder reef rock Foram	Baculogypsine 42636固体/m ² Amphistegina 11439固体/m ²	Cladophora:シオグサ類 80% Turbinaria:フツハモク類90% Dictyosphaeria:キッコウサ類 Caulerpa:イラスダ類	Acropora B 5%	
L03IN	71	boulder reefrock Algae Coral	boulder reef rock	Amphistegina 585467固体/m ²	Cladophora:シオグサ類 90% Gelidiaceae:テングサ類 Padina:ウミカサチ類 Dictyota:アミシクサ類 60% Padina:ウミカサチ類 Halimeda:サホテングサ類	Acropora B Porites M 5%>	Fongafale
L03OUT	82	boulder reefrock Algae Coral	boulder reef rock	Baculogypsine 9359固体/m ² Amphistegina 5200固体/m ²	Cladophora:シオグサ類80% Boergesenia:マカタモ類80% Cladophora:シオグサ類 Gelidiaceae:テングサ類70% Caulerpa:イラスダ類	Acropora B Montipora C 20%	
L04IN	189	boulder/sand Algae reefrock Coral	boulder sand reef rock rubble	Amphistegina 14559固体/m ²	Cladophora:シオグサ類 80% Halimeda:サホテングサ類 50% Padina:ウミカサチ類 Halimeda:サホテングサ類 30% Caulerpa:イラスダ類 Halimeda:サホテングサ類 60% Caulerpa:イラスダ類	Acropora B Pocillopora B Montipora C 5%	Fongafale
L04OUT	74	boulder reefrock Algae Coral	boulder reef rock	Amphistegina 1040固体/m ²	Cladophora:シオグサ類 60% Caulerpa:イラスダ類 90% Boergesenia:マカタモ類 Boodlea:アオモクサ類 Dictyota:アミシクサ類 90% Boodlea:アオモクサ類	Acropora B Pocillopora B Montipora C 5%	
L05IN	117	boulder/rubble/ sand Algae Sand Coral	rubble sand boulder reef rock	Amphistegina 728974固体/m ²	Halimeda:サホテングサ類 30% Padina:ウミカサチ類 Caulerpa:イラスダ類 Caulerpa:イラスダ類 60% Dictyota:アミシクサ類 Halimeda:サホテングサ類 Caulerpa:イラスダ類 80% Halimeda:サホテングサ類	Acropora B Pocillopora B 5%>	Fongafale
L05OUT	74	boulder reefrock Algae Coral	boulder reef rock	Baculogypsine 36397固体/m ² Amphistegina 35357固体/m ²	Cladophora:シオグサ類 60% Gelidiaceae:テングサ類 90% Caulerpa:イラスダ類 70% Turbinaria:フツハモク類 Gelidiaceae:テングサ類	Acropora B 5%>	
L06IN	161	boulder/sand Algae Coral	boulder sand reef rock coral rubble		Cladophora:シオグサ類 40% Caulerpa:イラスダ類 Padina:ウミカサチ類 Halimeda:サホテングサ類 Halimeda:サホテングサ類 30% Caulerpa:イラスダ類 Dictyota:アミシクサ類	Acropora B 5%> Acropora B 10%	Fongafale
L06OUT	82	boulder Algae Coral	boulder rubble reef rock	Baculogypsine 206941固体/m ² Amphistegina 15599固体/m ²	Cladophora 40% Gelidiaceae 40% Cladophora Caulerpa Gelidiaceae 40% Turbinaria Dictyota	Acropora B 5%>	
L07IN-S	83	boulder reefrock Algae Coral rubble	boulder reef rock sand coral rubble		Halimeda 10% Padina Halimeda 30% Dictyota	Porites M 5%> Acropora B Pocillopora B 5%>	Fongafale
L07OUT	84	boulder reefrock Coral	boulder reef rock	Baculogypsine 21838固体/m ²	Turbinaria 5% Corallinaceae 80%	Acropora B 5%>	
L08IN-S	176	boulder Sand Algae Coral	boulder sand rubble reef rock coral rubble	Baculogypsine 2080固体/m ²	Halimeda:サホテングサ類 30% Caulerpa:イラスダ類 Halimeda:サホテングサ類 60% Caulerpa:イラスダ類	Acropora B・T 5%>	Fatao
L08OUT	82	boulder reefrock Algae Coral	boulder reef rock boulder	Baculogypsine 38477固体/m ² Amphistegina 20798固体/m ²	Corallinaceae:石灰藻類 90%	Acropora B Pocillopora B 5%	

表 4.26 測線調査結果概要(2)

Stn.	length(m)	Zone	Substrate	Foraminifer	Algae	Coral	Place (Island)
L09IN	157	boulder/rubble sand/rock Algae Coral	boulder rubble sand reef rock coral rubble	Amphistegina 2080固体/㎡	Halimeda:サホテングサ類 50% Caulerpa:イラスダ類 Halimeda:サホテングサ類 50%	Porites M 5% Acropora B・T 5% Acropora B 50%	Funangongo
L09OUT	74	boulder reefrock Algae Coral	boulder reef rock boulder	Baculogypsine 17678固体/㎡ Amphistegina 11439固体/㎡	Corallinaceae:石灰藻類 80%	Acropora B 10%	
L10IN	126	Sand reefrock Algae Coral	sand reef rock coral rubble		Caulerpa:イラスダ類 30% Halimeda:サホテングサ類 Halimeda:サホテングサ類 50% Caulerpa:イラスダ類	Acropora B・T Pocillopora B 5% Acropora B 50%	Falefatu
L10OUT	77	boulder reefrock Algae Coral	boulder sand reef rock	Baculogypsine 1040固体/㎡ Amphistegina 6239固体/㎡	Corallinaceae:石灰藻類 90% Caulerpa:イラスダ類	Acropora B Pocillopora B 10%	
L11IN	73	reefrock Algae	reef rock boulder sand		Halimeda:サホテングサ類 20% Halimeda:サホテングサ類 50% Caulerpa:イラスダ類		Funafala
L11OUT	86	boulder reef rock rubble Coral	boulder reef rock rubble		Halimeda:サホテングサ類 5%>	Acropora B Pocillopora B 5%>	
L12IN	310	sand Algae Coral	sand reef rock coral rubble	Baculogypsine 7279固体/㎡ Amphistegina 2080固体/㎡	Jania:モサスキ類 70% Cladophora:シオグサ類 20% Halimeda:サホテングサ類 30% Halimeda:サホテングサ類 20% Caulerpa:イラスダ類 Halimeda:サホテングサ類 40%	Porites M Pocillopora B 5%>	Fuagea
L12OUT	457	sand Foraminifera low density Foraminifera high density Coral	sand reef rock (Foram Zone 疎) (Foram Zone 濃) algal	Baculogypsine 1020148固体/㎡ Amphistegina 441961固体/㎡	Caulerpa:イラスダ類 80% Gelidiaceae:テングサ類 Halimeda:サホテングサ類 80% Caulerpa:イラスダ類 Gelidiaceae:テングサ類 Corallinaceae:石灰藻類 90%	Porites M 10% Porites M Acropora B, 5%	
L13IN	186	sand Algae Foraminifera Coral	sand reef rock rubble	Baculogypsine 79033固体/㎡ Amphistegina 22878固体/㎡	Halimeda:サホテングサ類 60% Caulerpa:イラスダ類 Dictyosphaeria:キョウグサ類 Halimeda:サホテングサ類 5% Caulerpa:イラスダ類 60% Halimeda:サホテングサ類 Caulerpa:イラスダ類 10%	Porites M Favia M 5%	Fualopa
L13OUT	160	sand reef rock Algae Coral	sand reef rock coral rubble	Baculogypsine 3120固体/㎡ Amphistegina 13519固体/㎡	Halimeda:サホテングサ類 40% Caulerpa:イラスダ類 Dictyosphaeria:キョウグサ類 Dictyosphaeria:キョウグサ類 10% Halimeda:サホテングサ類	Acropora B, Porites M, Pocillopora B, 5%> Acropora B・T 10%	
L14IN	255	sand Algae Coral	sand reef rock rubble	Amphistegina 5200固体/㎡	Cladophora:シオグサ類 10% Halimeda:サホテングサ類 5%>	Acropora B・T, Porites M, 5%> Acropora B 5%>	Tepuka
L14OUT	250	sand Algae Coral	sand rubble	Baculogypsine 1040固体/㎡ Amphistegina 20798固体/㎡	Caulerpa:イラスダ類 10% Halimeda:サホテングサ類 50% Caulerpa:イラスダ類 Halimeda:サホテングサ類 80% Jania:モサスキ類 Caulerpa:イラスダ類	Acropora B Pocillopora B 5%>	
L15IN	229	sand sand/rubble Coral	sand coral rubble		Hypnea:イハラリ類 10%	Acropora B 5%>	Fualifeke
L15OUT	277	sand reef rock boulder Coral	sand reef rock boulder/rubble algal ridge	Amphistegina 3120固体/㎡	Corallinaceae:石灰藻類 80%	Acropora B, Pocillopora B Montipora C, 10%	
L16IN	255	sand rubble Algae Coral	sand rubble reef rock		Gelidiaceae:テングサ類 70% Jania:モサスキ類 90% Gelidiaceae:テングサ類 Boodlea:アオモクサ類 Caulerpa:イラスダ類 90%	Acropora B 5% Acropora B 50%	Amatuku
L16OUT	243	sand reef rock boulder Algae Coral	sand boulder reef rock algal ridge	Amphistegina 32237固体/㎡	Corallinaceae:石灰藻類 80%	Acropora B Porites M Pocillopora B 5%	
L17OUT	86	boulder reef rock Algae Coral	rubble reef rock	Baculogypsine 1040固体/㎡ Amphistegina 3120固体/㎡	Cladophora:シオグサ類 90% Caulerpa:イラスダ類 90% Padina:ミウチリ類 Gelidiaceae:テングサ類	Acropora B 10% Acropora B 30%	Fongafale

表 4.27 有孔虫類主要種の出現傾向

	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9
	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out
Baculogypsina	5,200	42,636	0	9,359	0	0	0	36,397	0	206,941	0	21,838	2,080	38,477	0	17,678
Amphistegina	55,115	11,439	585,467	5,200	14,559	1,040	728,974	35,357	0	15,599	0	0	0	20,798	2,080	11,439
total	69,675	49,916	585,467	14,559	14,559	2,080	742,493	68,634	2,080	220,460	0	21,838	2,080	53,035	4,160	63,434
	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	17
	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out	in	out
Baculogypsina	0	1,040	0	0	7,279	1,020,148	79,033	3,120	0	1,040	0	0	0	0	1,040	0
Amphistegina	0	6,239	0	0	2,080	441,961	22,878	13,519	5,200	20,798	0	3,120	0	32,237	3,120	0
total	0	15,598	3,120	0	16,638	1,491,226	105,031	17,679	9,360	48,876	4,160	9,359	2,080	32,237	9,360	0

総個体数を示した図 4.47 をみると、LN12 測線で 100 万個体以上/m²が Fongafale 島周辺で数十万個体/m²が確認されていることがわかる。一方、図 4.48 に Baculogypsina の密度を示したが、LN12 測線で 100 万個体/m²を示しており、フナフチ環礁において、もっとも高い密度を示す有孔虫類は Baculogypsina であることがわかる。また、本種は礁の外洋側に多く出現することも、図 4.48 からわかる。

また、図 4.49 に Amphistegina の密度を示したが、LN12 測線および Fongafale 島のラグーン側で数十万の密度を示した。同じ Amphistegina 属でも A. lessoni がラグーン側に、A.

-lobigera が外洋側に多く出現する傾向にあり、観察時に肉眼で確認できるほどの帯状分布を示すことはなかった。また若干水深の深いところを好んで生息する傾向もあることから死殻が汀線付近に集まる効率は悪いと推測される。つまりフナフチ環礁での主要種のひとつであるものの、砂生産能力からみると Baculogypsina に劣ると推測され、事実、肉眼で現地の砂浜に含まれる量を確認しても少ない傾向を示していた。

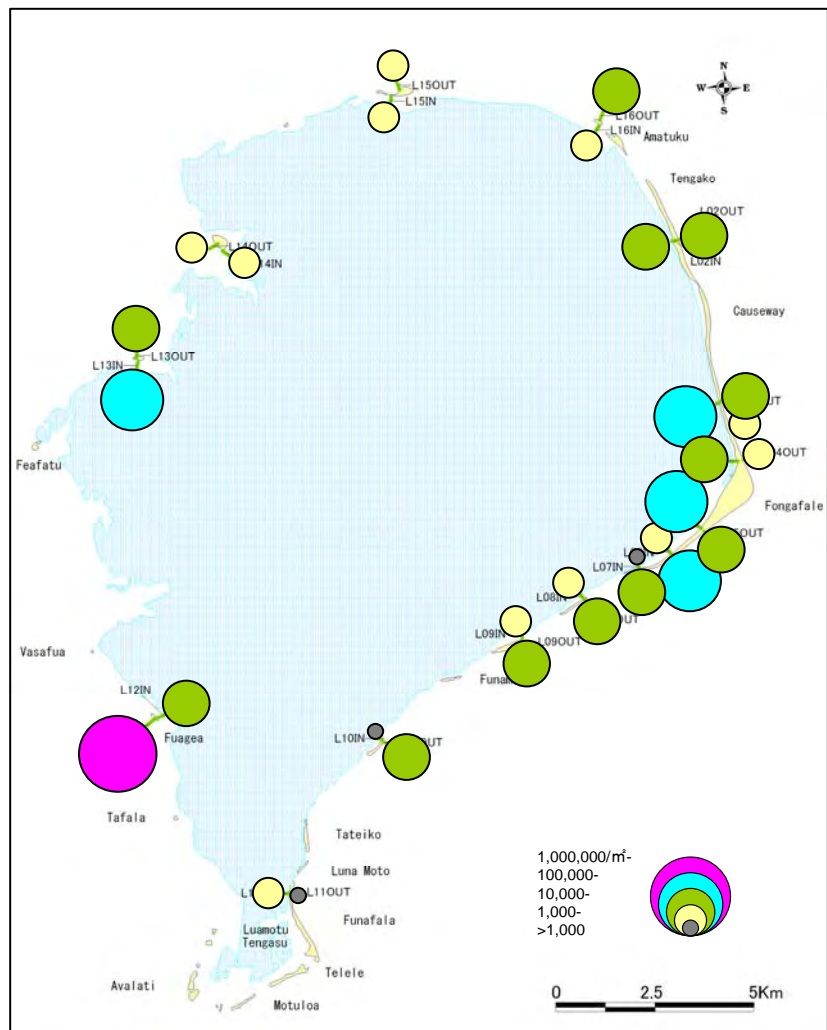


図 4.47 有孔虫の出現傾向 (総個体数)

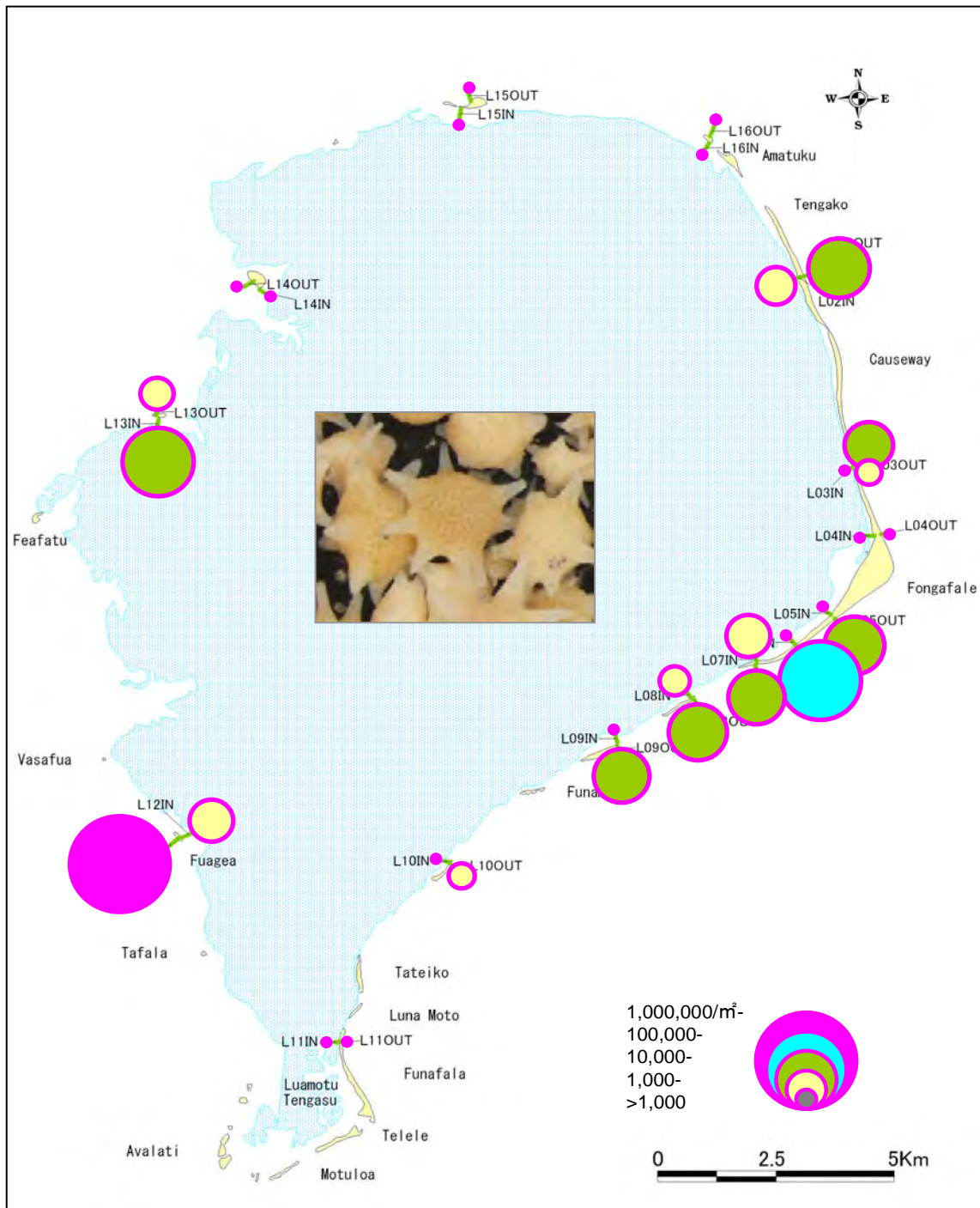


図 4.48 有孔虫の出現傾向 (Baculogypsina)

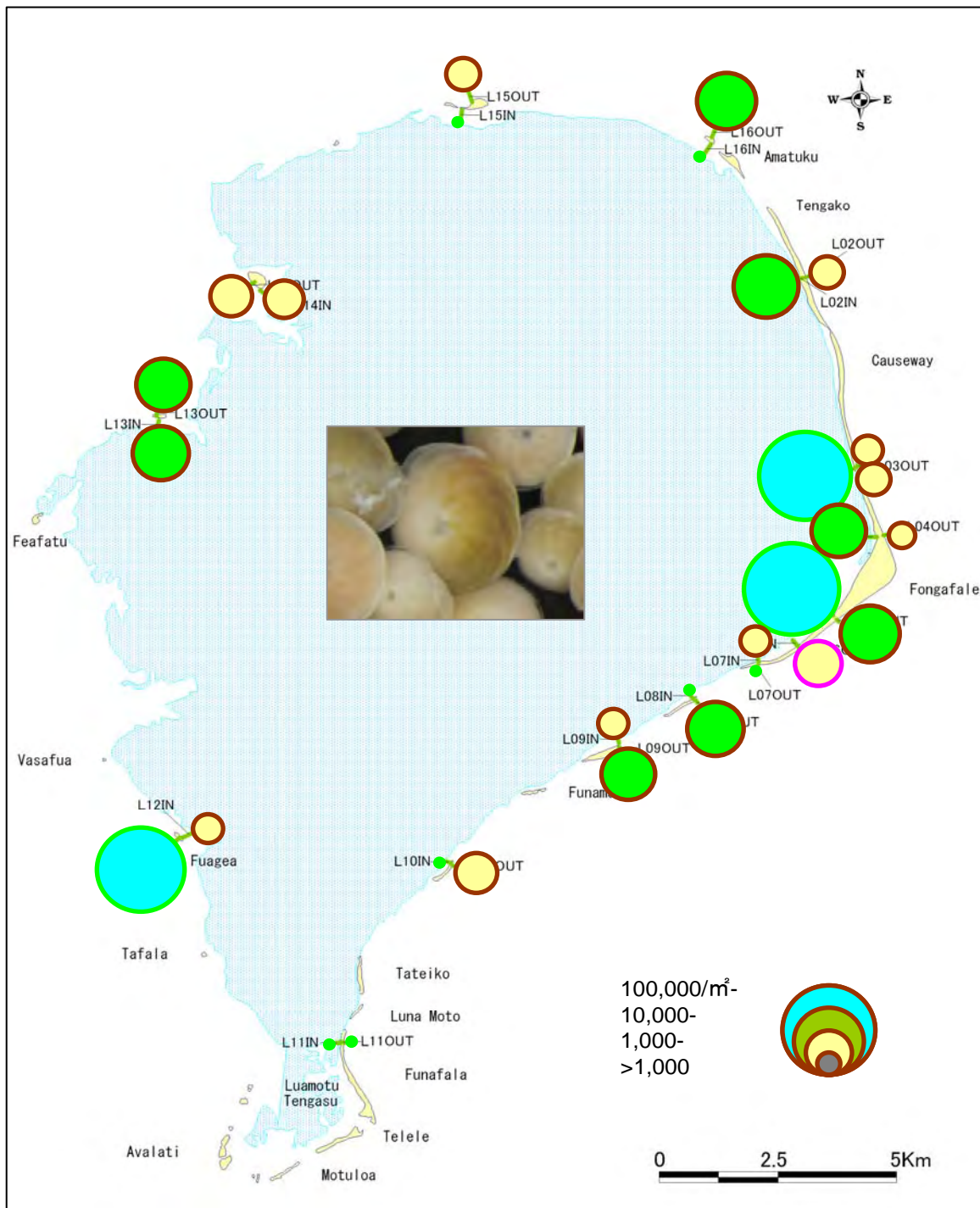


図 4.49 有孔虫の出現傾向 (Amphistegina)

4.5.2 サンゴ等分布状況

(1) サンゴ等分布調査概要

1) 調査内容

フナフチ環礁沿岸に分布するサンゴ・藻場等の概要を把握するために、水中目視観察による分布調査を実施した。調査項目および内容は、表 4.28 に示すとおりである。

表 4.28 調査項目および内容

項 目	数 量	備 考
[サンゴ等分布調査] Fongafale島ラグーン側を中心としたフナフチ環礁全体	1 式	ラグーン側 サンゴ・藻場分布状況

2) 調査実施場所

調査範囲はFongafale島のラグーン側を中心としたフナフチ環礁全域とした。

3) 調査実施期間

調査期間は、表 4.29 に示すとおりである。

表 4.29 サンゴ等分布調査期間

調 査 項 目	観 測 期 間
サンゴ等分布調査	19. 10. 2009～28. 10. 2009

4) サンゴ等分布調査方法

サンゴ等分布調査は、Fongafale 島を中心に任意の地点において潜水士の水中目視観察及び船上からの目視観察による方法で実施した。調査位置の確認は簡易 GPS を用いた。

(2) サンゴ等分布調査結果

サンゴ等分布調査結果は、図 4.50、図 4.51 に示すとおりである。これらの結果によるとフナフチ環礁全体では、Fongafale 沖に点在するパッチ状のサンゴリーフ、Fatato Is.～Tateiko Is.、Tepuka Is.、及びFualifeke Is.の周辺に被度 50%以上の分布域が認められた。Fongafale 島周辺のサンゴ分布状況は、Causway から Fongafale 南端の沿岸部のサンゴ生息被度は 20%以下がほとんどであったが、SP.5 (Vaiaku Lagi Hotel 地先のパッチ状のリーフ) 及びFatato Is.の北西側沿岸では、被度 50～70%で枝状ミドリシ類が主構成種をなす分布域が確認された。

サンゴ（サンゴリーフ）は、海岸防護機能（波浪低減・砂の供給等）、水産・生物増殖機能など人間活動に深い関わりがある多様な機能を有しているため、今後、詳細調査を実施し、有孔虫と伴に保全・育成対策を行う必要があると考えられた。

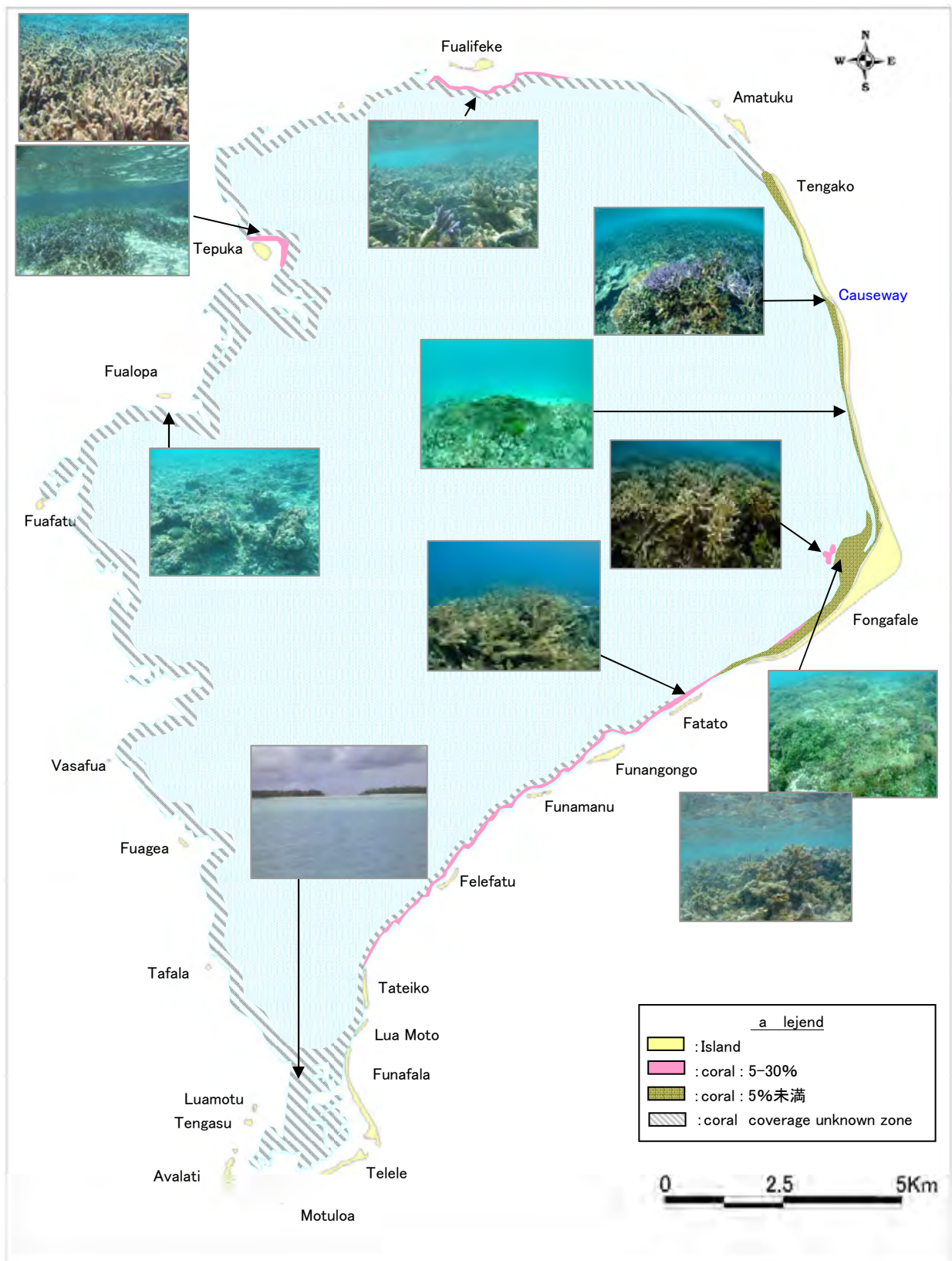


図 4.50 サンゴ分布状況 (around Tuvalu Atoll)

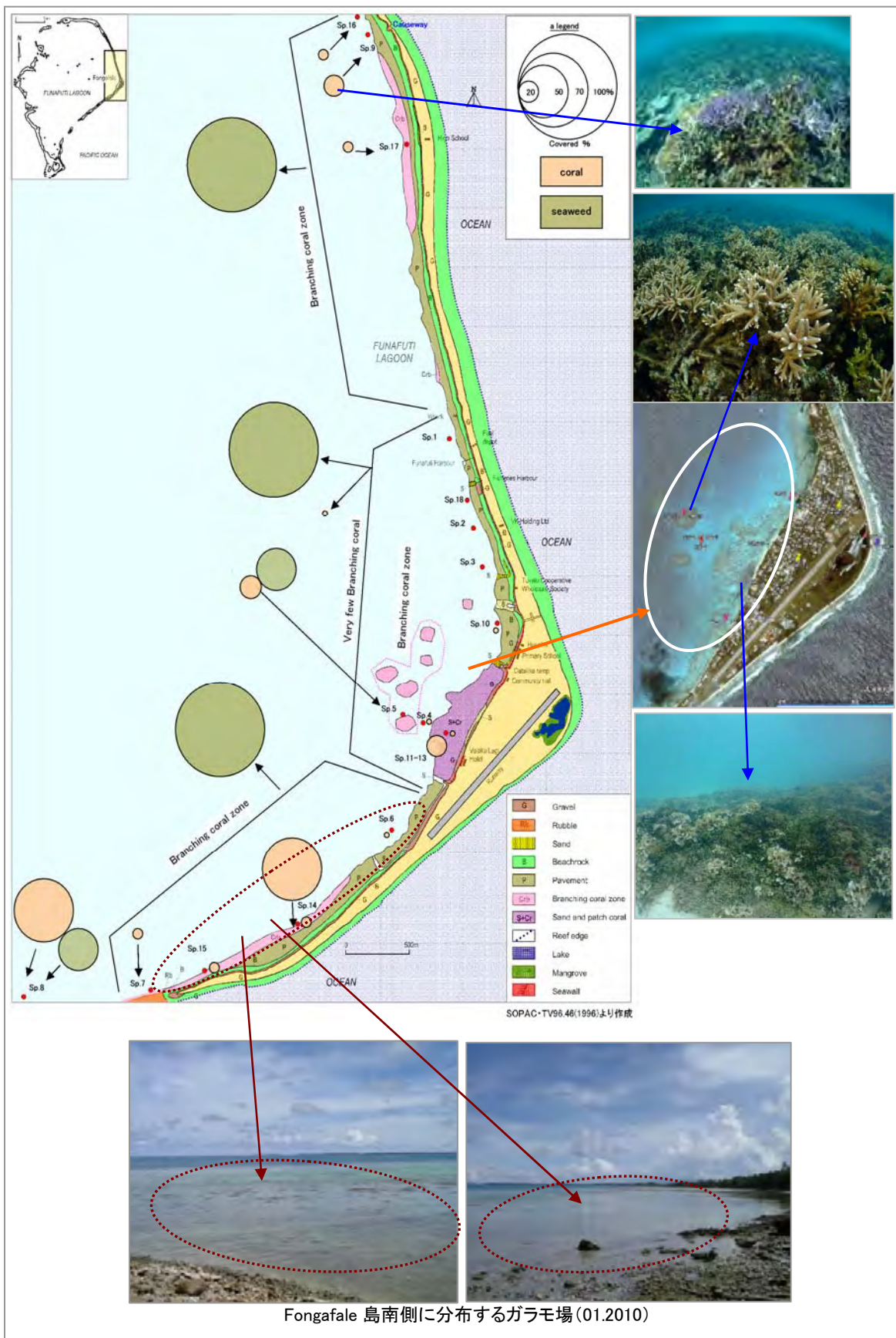


図 4.51 サンゴ分布状況 (around The Fongafale)

5 海岸の現状

5.1 既存の海岸構造物

5.1.1 ラグーン側

フナフチ環礁の砂や礫の移動現象に大きな影響を与えうる、ラグーン側沿岸部の構造物の現況を調査し、海岸侵食、堆積に与える影響を考察した。下図に Fongafale 島、その北部の Tengako 島に構築された主要な港湾施設、海岸保全施設等の位置を示す。

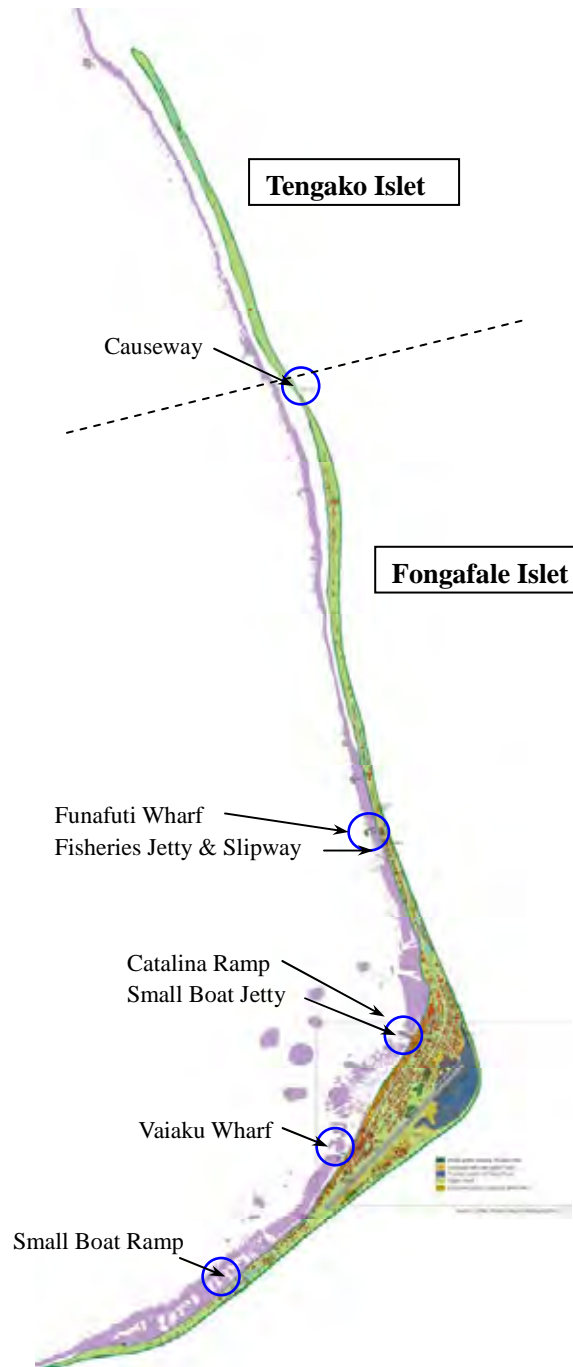


図 5.1 Fongafale 島ラグーン沿岸の主要構造物の位置図

(1) 埠頭および突堤

1) フナフチ港周辺

フナフチ港の港湾施設は、ツバルの独立直後の 1980 年に豪州の援助により建設されたものであり、ツバル国で唯一の大型船舶が着棧できる港湾施設である。

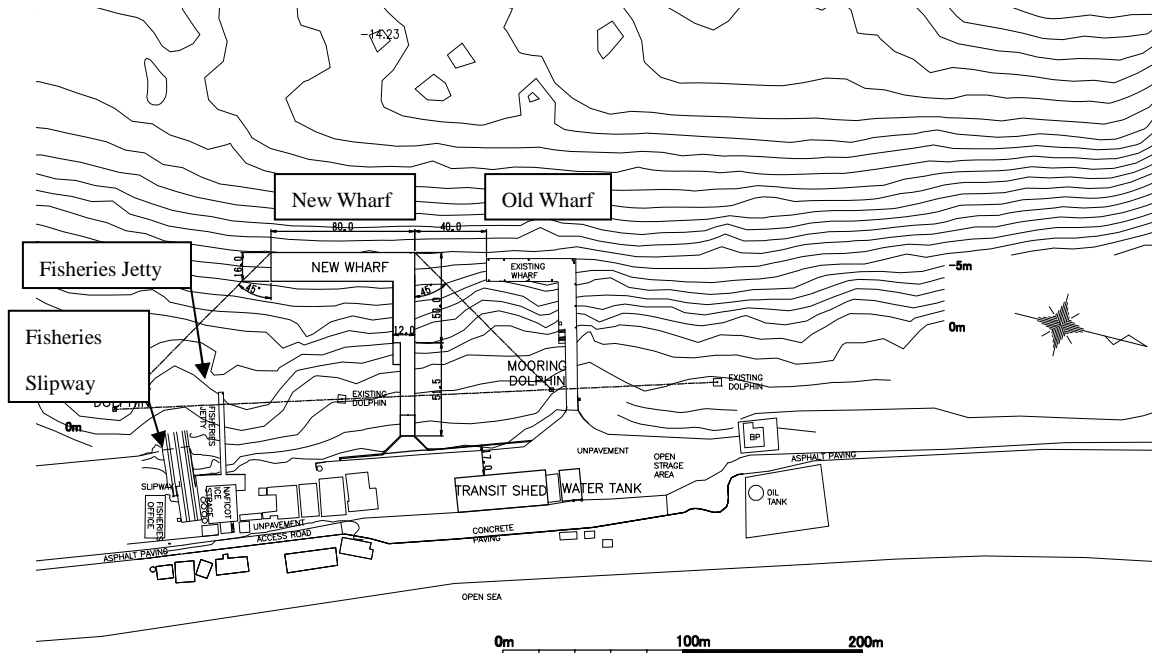


図 5.2 フナフチ港の港湾施設の配置図

a) Old Funafuti Wharf (旧棧橋) ;

1980 年、豪州の援助により建設された L 字型の鋼管直杭式棧橋
 前面バース長 56m、幅員 8 m、前面水深 D.L. - 8 m、
 アクセス棧橋長 (汀線より約 105m)

b) New Funafuti Wharf (Nippon Wharf) (新棧橋) ;

2009 年、日本の無償資金協力により建設された L 字型の鋼管直杭式棧橋
 前面バース長 80m、幅員 16m、前面水深 D.L. - 9 m、
 アクセス棧橋長 (汀線より約 108m)

c) Fisheries Jetty (水産センター棧橋) ;

1984 年にニュージーランドの援助により建設された H 鋼杭、I 型鋼梁の上にプレキャストコンクリート製床版を載せた簡易棧橋
 1989 年に日本の無償資金協力により先端部が延長された。
 1989 年当時のバース長 45m、幅員 2.7m、先端部水深 D.L. - 3 m、
 アクセス棧橋長 (汀線より約 100m)

2008 年頃から先端部が崩落し始め、2009 年 12 月の時化で栈橋中央部から先端まで完全に崩落した。



写真 5.1 フナフチ港の港湾施設

d) Fisheries Slipway (水産センター斜路) ;

1984 年にニュージーランドの援助により建設された漁船用斜路

1989 年に日本の無償資金協力により先端部が延長された。

斜路全幅 14.5m、全長 50m、上架用レール 3 条

2008 年春に先端の一部が崩落、2009 年 12 月に中央部が崩落



写真 5.2 崩落した水産センター栈橋



写真 5.3 スリップウェイ

< 構造物と海岸侵食・堆積の影響評価 >

a) Old Funafuti Wharf (旧栈橋) ;

b) New Funafuti Wharf (Nippon Wharf) (新栈橋) ;

フナフチ港周辺にある新旧ふたつの商港栈橋は、いずれも杭式栈橋であり海岸の侵食・堆積に与える影響は比較的少ないと考えられるが、両方とも汀線から 10~15m 程度はコンクリート護岸による不透過の突堤となっている為、旧栈橋の取付け部の北西側に若干の砂

礫の堆積が観られる。一方、その反対の南東側には礫の堆積は観られない。
旧栈橋取付け部の南東側汀線部は1980年港湾建設当時からコンクリート製の直立護岸により守られ、汀線部から浅海部はビーチロックに覆われているため侵食は観られない。

下図は1995年にSOPACにより実施されたフナフチ港の旧栈橋周辺の海岸・底質調査の結果であるが、旧栈橋の取付け部の南東側には侵食から守るために一辺30cmの立方体のコンクリート塊が捨て石護岸として配置されているが、北西側には礫の堆積が観られる。2008年～2009年に新栈橋の建設工事の為に、コンクリートブロックを転置したり、堆積した礫などを集めて北東側に捨石護岸を整形して仮設ヤードとして整備したので、当時の状況とは若干異なるが新栈橋の着工前の堆積状況は1995年当時と大きな変化は無かった。つまり、栈橋基部の不透過型突堤の南北の汀線の非対称性は、この地点の流れが南向きの沿岸漂砂が卓越していることを示している。

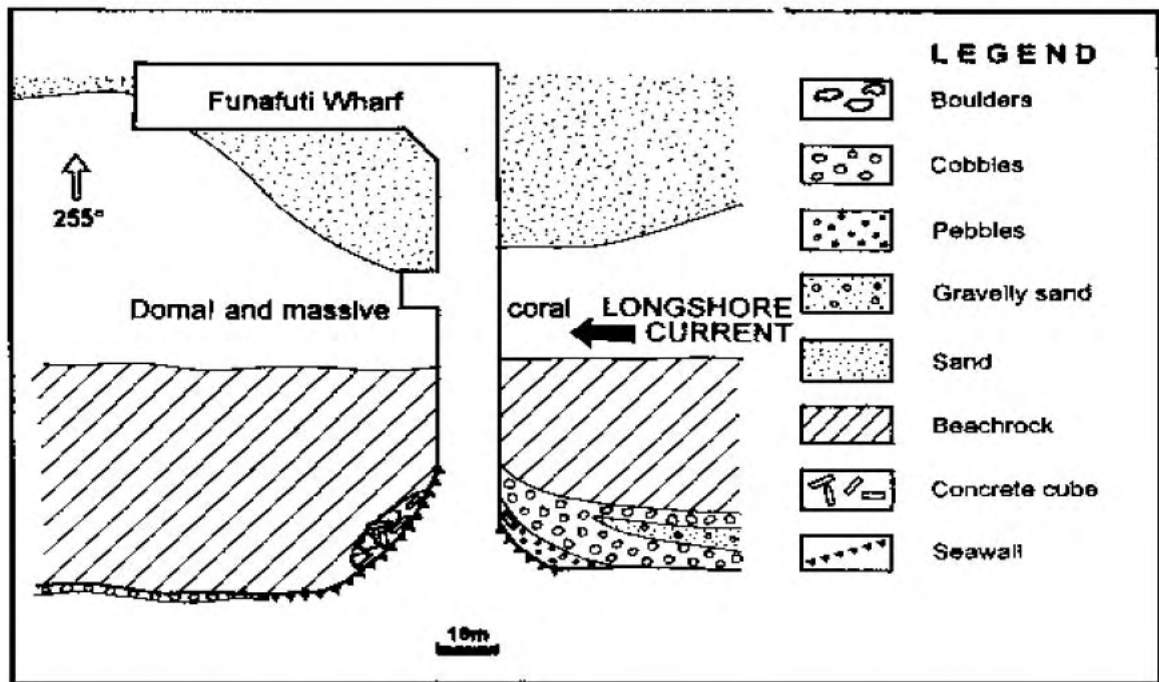


図 5.3 フナフチ港旧栈橋周辺の堆積と侵食

出典: SOPAC Technical Report 221 (Sept. 1995)

- c) Fisheries Jetty (水産センター栈橋) ;
- d) Fisheries Slipway (水産センター斜路) ;

水産センター栈橋と漁船用斜路は、太平洋戦争当時、周辺のビーチロックを削り掘り込み土運船からトラックへ土砂の揚陸積み替えを行った場所であるためか、底質表面にビーチロックは露見しておらず薄い砂礫が覆っている。

水産センター栈橋は、取付け部から杭式であるため侵食、堆積の影響は殆ど見られないが、2008年に先端部が、次いで2009年12月に栈橋中央部が海底に崩落したため、砂、礫の移

動を阻害する現象が起こりうるが、2010年2月の調査現時点では顕著な変化は見られない。斜路は沿岸のビーチロックを削って作られているが、ほぼ隣接のビーチロック汀線部と同じ高さにあるため顕著な侵食、堆積は観られないが、熱帯低気圧やサイクロン通過時に西風が発生しラグーン内での波高が大きくなるとスリップウェイ地先の海底より巻き上げられた礫がスリップウェイの北側から打ち上げられる。

2) フナフチ市街地中央部周辺

フナフチ役場、商店、住宅、教会、学校、幼稚園、病院が密集するエリアであり、フナフチの生活の中心とも言える地区である。

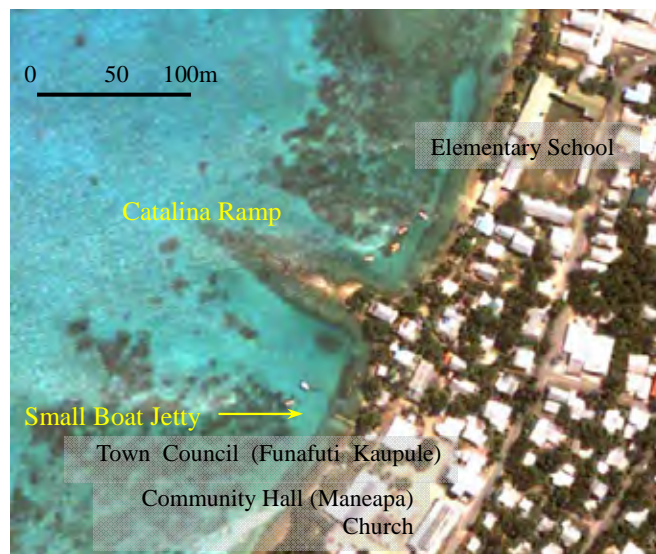


写真 5.4 Catalina Ramp (旧米軍飛行艇用斜路)周辺の衛星画像

a) Catalina Ramp (旧米軍飛行艇用斜路) ;

1943年、太平洋戦争当時、米軍により急造された飛行艇揚陸用の突堤型の斜路。幾度かのサイクロンによりコンクリート土間部分が割れて中詰め土砂が流失し堤体が完全に崩壊している。周囲にはコンクリート塊、石材などが散乱している。

当時の突堤全長（汀線より）約130m、幅員20m、先端部水深D.L.－5m（推定）



写真 5.5 Catalina Ramp (旧米軍飛行艇用斜路)



写真 5.6 同左の頂部

b) 小型船用突堤；

Catalina Ramp の取り付け部の南西側にある小型ブロックを積み上げた小規模な突堤型の船着き場。突堤全長（汀線より）約 16m、幅員 1m、前面水深 D.L.±0.0m 程度



写真 5.7 小型船用突堤（Catalina Ramp（旧米軍飛行艇用斜路）南側）

前出の写真 5.5 が示すとおり、Catalina Ramp の南北両脇の水域はビーチロックが深く浚渫され、米軍の舟艇の船着き場や荷揚げ場として利用されていた。現在、この深みは沿岸漂砂により埋没傾向にあるものの、依然として小型船には十分な水深を有している。また、後背地には役所、学校、教会、集会所、病院など公共施設やスーパーマーケット、商店に徒歩数分の圏内にあることから、周辺住民の所有する小型船外機漁船や環礁内のアマツク島の海員学校やフナファラ島などの環礁内の小島を往き来する船外機を積んだカッターボートが後述の小型船用突堤に着棧したり、停泊する小型船の船溜まりとしても利用されている。

Catalina Ramp の南北両脇の汀線部には、1990 年頃に一辺の大きさ 30cm の立方体のコンクリートブロックで護岸工事されたが、下図のとおりその後、徐々に崩壊し現在、大部分はコンクリートブロックや礫が散乱して歩行が困難な程に荒れた海岸となっており、住民

の汀線へのアクセスは非常に悪い。

< 構造物と海岸侵食・堆積の影響評価 >

a) Catalina Ramp (旧米軍飛行艇用斜路) ;

b) Small Boat Jetty (小型船用突堤) ;

Catalina Ramp の北側では侵食傾向、南側には砂礫の堆積傾向が見られる。
食や堆積の顕著な傾向は見られない。

このことから Catalina Ramp 周辺の沿岸漂砂はほぼ中立であると言える。



写真 5.8 Catalina Ramp の北側護岸



写真 5.9 Catalina Ramp の南側護岸



写真 5.10 同上の近景



写真 5.11 Catalina Ramp の北側遠景

3) フナフチ市街地南部周辺

政府の合同庁舎、警察、衛星パラボラ・アンテナや電話交換施設、インターネット・ホストサーバー施設、ラジオ局、空港、中央銀行、国営ホテル等が密集するツバル国行政の中枢をなす地区である。



写真 5.12 Vaiaku Wharf 周辺の衛星画像

a) Vaiaku Wharf (Vaiaku 栈橋) ;

太平洋戦争後、フナフチ港の旧栈橋が出来るまで使用されていた突堤型の不透過式の荷揚げ栈橋である。突堤先端部は斜路となっており、上陸用舟艇のランプが降ろせる用に出来ている。また、1992年4月～1993年9月にかけて SOPAC によりラグーン内の砂の試験浚渫事業が実施されたが、この際に浚渫土砂を揚陸した栈橋である。突堤中央部の北側にはハワイ大学が設置した潮位計が設置されているが現在は稼働していない。

突堤全長（汀線より）50m、天端幅員 6.5m、先端部水深 D.L. - 2 m



写真 5.13 Vaiaku Wharf (Vaiaku 栈橋) 南側より臨む



写真 5.14 Vaiaku Wharf (Vaiaku 栈橋)

b) Small Hotel Jetty (小型船用ホテル栈橋) ;

上記 a) の Vaiaku Wharf (Vaiaku 栈橋) の北側約 180m、Vaiaku Lagi Hotel (国営 Vaiaku ランギ・ホテル) 前の南側にある半透過式の小型船用の突堤型の栈橋である。

突堤全長（汀線より）22m、天端幅員 1.6m、先端部水深 D.L. -0.5m 程度



写真 5.15 Small Hotel Jetty (小型船用ホテル棧橋)

<構造物と海岸侵食・堆積の影響評価>

a) Vaiaku Wharf (Vaiaku 棧橋) ;

下の写真に示すとおり、Vaiaku 棧橋の北側と南側では非対称な堆積物が顕著に観察できる。Vaiaku 棧橋の北側（写真左）には、護岸前面に礫浜が全く存在せず、政府合同庁舎前の海岸汀線は侵食により湾曲しているのに対し、南側には棧橋基部に向かい三角形の礫浜が形成されている。

このような汀線の非対称性から当地点では北向きの沿岸漂砂が卓越することが分かる。



写真 5.16 Vaiaku Wharf 両脇の北側



写真 5.17 同左南側

下図は、1995年にSOPACにより実施されたVaiaku 棧橋周辺の海岸・底質調査の結果である。これと現状を比較すると、堆積状況は1995年当時と大きな変化は無く、上記のとおり汀線の非対称性、汀線部を構成する底質の状況からも当地点では北向きの沿岸漂砂が卓越していることが分かる。

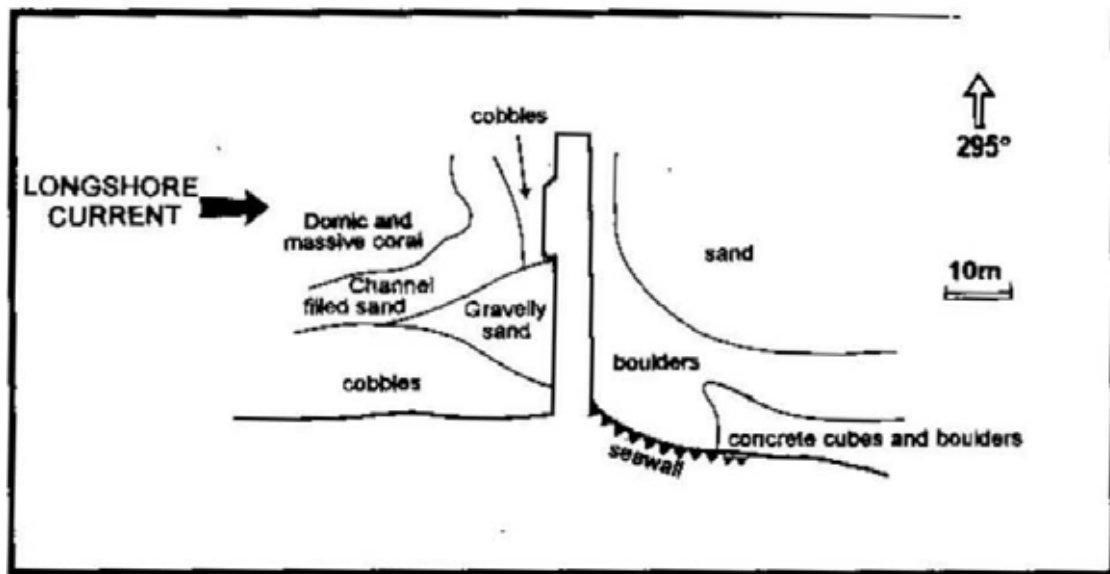


図 5.4 Vaiaaku 栈橋周辺の堆積と侵食

出典: SOPAC Technical Report 221 (Sept. 1995)

b) Small Hotel Jetty (小型船用ホテル栈橋) ;

ホテル前の小型栈橋は完全な不透過型の突堤ではないが、この基部周辺も上記 a) の Vaiaaku 栈橋と基本的に同様に、北側のホテル護岸前面に礫浜が存在しないのに対し、南側には栈橋基部に向かい三角形の礫浜が形成されている。



写真 5.18 小型船用ホテル栈橋の北側



写真 5.19 同左南側

4) Fongafale 島南部

Vaiaaku 栈橋から南に向かう沿岸部の後背地には首相はじめ大臣の公邸や政府の官舎等が立ち並び、さらに南に行くと民間住宅が続いている。Fongafale 島南端に向かうにつれて徐々に住宅の密集度が薄くなる。

Small Boat Ramp（小型船用船揚げ斜路）；

この沿岸線には、港湾施設と呼べるほどの規模を持った栈橋、埠頭は無いが、所々に個人所有の小型船舶を陸揚げするための小規模な船揚げ斜路（ボートランプ）が数基点在する。構造物を隔てた南北両脇の侵食と堆積傾向は、いずれも同様であるので、ここでは図 5.1 の南端に位置する代表的な Small Boat Ramp（小型船用船揚げ斜路）について検討する。

< 港湾構造物と海岸侵食・堆積の影響評価 >

突堤型の斜路の先端は汀線からおよそ 15m 程度であり、斜路勾配は 1 / 6 程度である。斜路はいずれも不透過型であり、汀線方向の漂砂を遮る作用をしている。北側の写真 5.20 は、斜路の北側を示しているが、ビーチロックが露出し、移動できる礫が枯渇状態となっているのに対し、南側（写真 5.21 写真 5.19）には、礫浜が形成された状況が顕著に分かる。前出の南側の不透過型の突堤栈橋で見られたと同じ特長がある。すなわち、この付近では北向きの沿岸漂砂が卓越していることが分かる。



写真 5.20 Small Boat Ramp
（小型船用船揚げ斜路）の北側



写真 5.21 同左南側

(2) 護岸

Fongafale 島沿岸には、幾つかの海岸侵食防止の為の護岸が構築されている。公共事業によるもの、個人によるものに大別できる。

1) 公共工事による護岸

公共工事によるものは、Catalina Ramp（旧米軍飛行艇用斜路）の海岸周辺に見られる一辺の大きさ 30cm の立方体のコンクリートブロックを用いたブロック張り護岸であったようだが、現在は、殆どが崩壊し大部分はコンクリートブロックや礫が散乱してしまい乱雑な捨石護岸と化しており、歩行が困難な程に荒れた海岸となっている。

沿岸の住民の中には、崩れたブロック塊を流用して船揚げ用の斜路や小型の突堤を作ったりしている。写真 5.22；Calalina Ramp 南側（立方体のブロック塊を積み上げたもの。写真 5.23 は、Calalina Ramp 北側の個人の船揚げ斜路、ブロック塊を敷き並べたものである。



写真 5.22 ブロック塊を流用した突堤



写真 5.23 船揚げ斜路の例

また、Vaiaku Wharf の脇、旧政府庁舎前や国営ホテル前の護岸は、コンクリートの直立護岸に近いものである為、消波効果が無いどころか、反射波や打ち上がった波が護岸前に落下する際の流れで洗掘作用が働き、前浜に礫、砂が堆積しにくい構造となっているものが多く、護岸そのものが周辺の侵食の原因となっている場合が多々見られた。

写真 5.24 公共事業による護岸工の例
Vaiaku Lagi Hotel 前の直立・傾斜の混成護岸写真 5.25 公共事業による護岸工の例
Vaiaku Wharft 北側の直立護岸
(一部フトン箆式護岸の跡が見られる)

これらの護岸の殆どは、消波機能を持たない直立式護岸であるため、護岸に高波浪が当たると激しく波飛沫が打ち上がり、同時に海水と共に礫やゴミが陸上に打ち上がったり、建築物の塩害の主因になったりしている。写真 5.26 及び写真 5.27 は、2010 年 1 月末に上の写真と同一箇所を大潮時に低気圧が通過した際に撮影した写真である。



写真 5.26 直立護岸前の波浪の打ち上がり

Vaiaku Lagi Hotel 前の直立・傾斜の混成護岸
(大潮時の低気圧来襲時に撮影)



写真 5.27 直立護岸前の波浪の打ち上がり

Vaiaku Wharft 北側の直立護岸
(大潮時の低気圧来襲時に撮影)

2) 個人による護岸

個人による護岸工事の多くは、沿岸の住民が汀線部の侵食や波の打ち上げを恐れて、住民が石積みやじゃ籠による護岸やコンクリート護岸を築造したものであるが、ツバルの現行法では自然堆積、人為的埋立を問わず自然の汀線より前に陸地が出来た場合、沿岸に土地を所有する者の私有地とすることが認められていることから、住民の中には従来の自然の汀線から海側に張り出して護岸を築き私有地化しようとするものなどもある。



写真 5.28 個人による護岸工の例

Vaiaku Lagi Hotel 北側の練り石積み護岸
(一部崩壊している)



写真 5.29 個人による護岸工の例

フナフチ南端部沿岸のドラム缶にコンクリートを詰めた護岸

また、これらの殆どは、汀線から海岸に前出しして作られているために、沿岸漂砂の流れを阻害することにより周辺の汀線部の侵食、堆積などの原因となっている。また、構造的にも耐波性能が不十分なもの、断面形状的に護岸基部が洗掘されたり、波浪による飛沫が飛びやすかったり、反射波による波の擾乱を招きやすい直立護岸に近いものや、周辺の汀線の侵食を促すようなものなど、構造的に不適切な物が大半である。しかも、完成前に

崩壊している場合が多く、無計画な埋立・護岸工事などの護岸構造物を住民が思い思いに築造していることも、将来の海岸防護計画を立案する上での課題となろう。



写真 5.30 個人による護岸工の例
下部はじゃ籠、上部は笠木コンクリート



写真 5.31 個人による護岸工の例
不適切な構造で崩壊したもの



写真 5.32 個人による護岸工の例
土地の造成を目的としたもの



写真 5.33 個人による護岸工の例
まだ、じゃ籠工しか出来ていない状態

5.1.2 外海側

フナフチ環礁の外海側にある海岸の構造物について、現況を調査し、その影響を考察した。下図に Fongafale 島の外海側の海岸に構築された主要な海岸保全施設等の位置を示す。

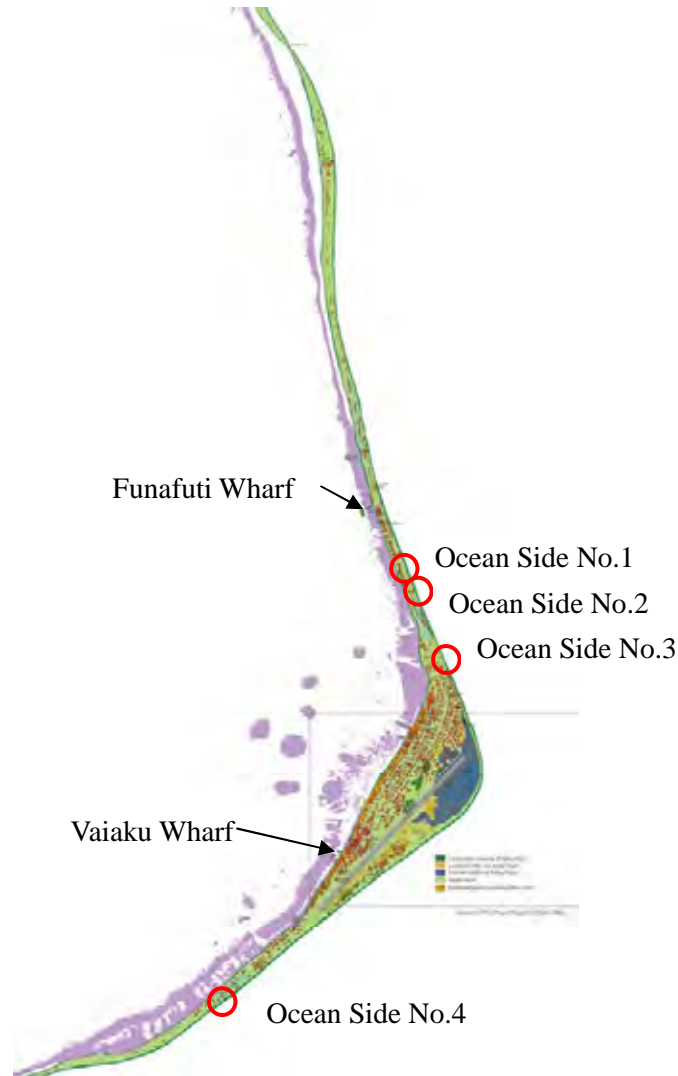


図 5.5 Fongafale 島外海側の海岸防護施設の位置図

(1) 護岸

フナフチの外海側にある海岸構造物は、背後に住む住民が私有地の拡大のためや汀線部の侵食や波の打ち上げを恐れて、個人により石積みやコンクリート護岸を築造したものである。その大半はストームリッジ近傍に生育する植生 (Coconut や Pandanus) を伐採するとともに、ストームリッジを切り崩すし、従来の自然の汀線から海側に張り出して護岸を築いている。

写真 5.34 から写真 5.37 に見られるように、滑走路北側の Fakai Fou 地区における外海側の海岸の一部では、beach rock 片を積み上げた石積み護岸やコンクリート護岸が築造されている。特に、東側を南太平洋に西側を borrow pit のため出来た池に挟まれた狭小な土

地に立地する海岸では、写真 5.36 から写真 5.37 に見るように、そのすぐ海側では beach rock 面が露出しており、通常 beach rock 片が波の作用で堆積し形成される礫斜面が全く見られない。このことは、この石積み護岸は、その前面に散乱していた石を集めて護岸状に積み上げたものであり、しかも陸側の平坦面を広げるため護岸の法線がかなり海側へ出したことが分かる。また、beach ridge の大部分は掘り崩れており、ridge の高さはかなり低くなっている。

写真 5.35 には、教会が築造したコンクリート護岸を示しているが、ストームリッジ近傍に生育する植生 (Coconut や Pandanus) は全て伐採されている。そのため、外海側からの風の影響が強くなり、教会の建物には防風用のシートが張られている。



写真 5.34 個人による護岸工の例
Beach rock 片を積み上げた石積み護岸
Ocean Side No.1



写真 5.35 教会による護岸工の例
コンクリート護岸
Ocean Side No.3



写真 5.36 個人による護岸工の例
Beach rock 片を積み上げた石積み護岸
Ocean Side No.2



写真 5.37 個人による護岸工の例
Beach rock 片とタイヤを積み上げた護岸
Ocean Side No.2

一方、滑走路南側の Kavatoetoe 地区における外海側の海岸の一部では、写真 5.36 から写真 5.38 に見るように、幅 50cm、高さ 1.2m 程度のコンクリート護岸や練り石積み護岸が

築造されている。なお、滑走路南側の海岸は、ストームリッジのすぐ裏側までアダンやヤシなどの植生が生育しているが、この護岸周辺では植生は非常に少ない。このことは、ストームリッジにある植生を伐採し、ストームリッジのすぐ裏側まで陸側の平坦面を広げるために護岸の法線をかなり海側へ出したことが分かる。



写真 5.38 個人による護岸工の例
コンクリート護岸
Ocean Side No.4



写真 5.39 個人による護岸工の例
練り石積み護岸
Ocean Side No.4



写真 5.40 個人による護岸工の例
コンクリート護岸
Ocean Side No.4

5.2 Causeway、Coastal Borrow Pit、Breaching

5.2.1 Causeway

前出の図 5.1 に示すとおり、Tengako 島と Fongafale 島とは、太平洋戦争前には数十mの距離で隔てられた別々な島であったが、戦時中に米軍が滑走路造成の為に Tengako 島中央部の土砂を採取して南の滑走路用地にトラックで運搬するために両島を縦貫する仮設道路を造り、島と島を陸路で結ぶ Causeway（コーズウェイ）を築造したことにと始まる。現在のコンクリート舗装されたコーズウェイは、1995 年頃に豪州の援助により島内道路の舗装工事と同時に整備されたものである。全長は 20m、道路部幅員 5 m、路面天端高 D.L.+3.3m、取り付け部のラグーン側北岸汀線部に約 30m 程度、同南側には 200m 程度に渡って、フナフチ以外からの輸入と見られる 1 個当たり 70~100kg 程度の重量を持つ石材を用いた捨て石護岸が施されている。

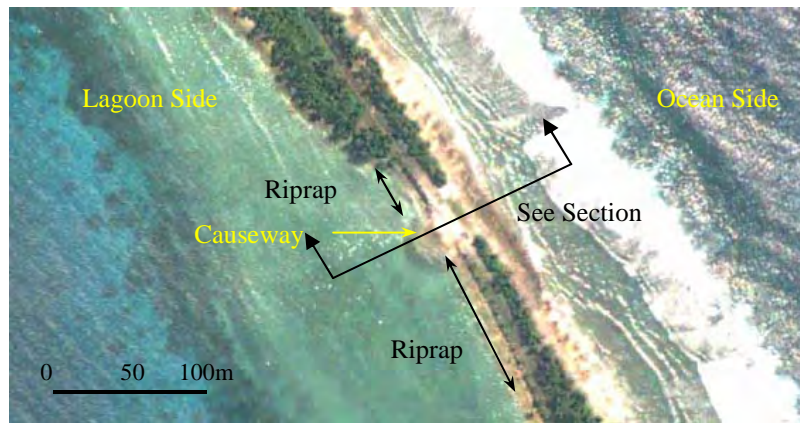


写真 5.41 Causeway 周辺の衛星写真

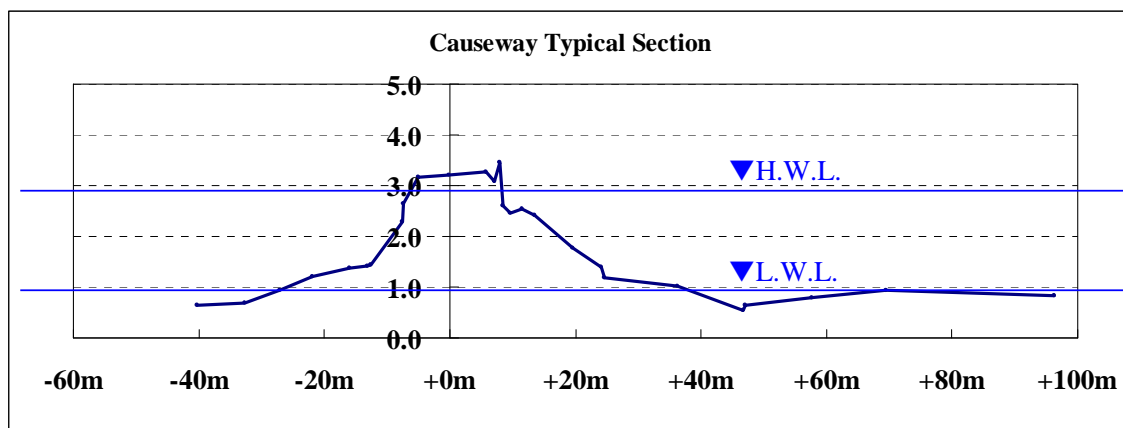


図 5.6 コーズウェイの標準断面

コースウェイの開口部化による海岸防護の効果と検討課題

コースウェイの建設により外洋側から波と共に流れ込んでいた有孔虫や砂礫の移動が遮断あるいは減少したことにより、ラグーン内の漂砂の供給量が減少し、Fongafale 島のラグーン側沿岸で侵食傾向がより大きくなる可能性は十分考えられる。

そこで、コースウェイを開口部化して元の姿に復元し、ラグーン内に流れ込む有孔虫や砂礫の移動を促進させ、ラグーン側沿岸部に砂の堆積を促進させる効果は十分に期待できると考えられる。しかしながら、この効果を予測するには、外海側からどの程度の有孔虫（砂）をラグーンに運び込めるか、さらにラグーン内で沿岸漂砂として移動するだけの外力が十分にあるかどうか、波浪観測をはじめ、各種の検討が必要である。また、コースウェイを開口部化して外洋側からラグーン内への流入量を確保する為には、十分な水深と幅員を有する水路を開削することが望ましいが、これは外洋側から大きな波浪エネルギーを呼び込むことと同義であり、すなわちラグーン内の波浪、流れ、開口部の両端の沿岸部の汀線変形が新たに始まることが予想される。さらに、外洋側からは有孔虫や有孔虫に由来する砂のみならず、サンゴ礫の打ち込みが発生する筈で、礫が水路内に堆積して水路を閉塞した場合、十分な効果が上げられなくなる。そのため、水路の維持管理を如何にするかという重要な検討課題がある。

5.2.2 Coastal Borrow Pit

Fongafale 島の中央部のビーチロックで覆われた浅瀬には、第二次世界大戦当時、米軍がフナフチに滑走路を造成する際、工事用の資機材を揚陸する為に浅瀬を掘り込んだ跡が図 5.7 に示す位置に計 4 箇所残っている。

これらの汀線付近に残された人為的に掘り込まれた海底の凹地は、陸上にあるボローピット（土取場）同様、“Coastal Borrow Pit”（沿岸のボローピット）と呼ばれている。

詳細測量の結果、ボローピット周辺の海底地盤高が C.D.L.±0 m～+1 m 程度であるのに対して、ボローピットの最深部には、水深 C.D.L.-3 m を越える窪みが確認された。

ラグーン側から来襲する波は、汀線前の平坦な浅瀬で碎波しエネルギーを失うが、水深が深いこれらのボローピットでは波浪エネルギーが減衰することなく汀線部に押し寄せると共に、局所的に複雑な海底地形と汀線からの反射波は、波を擾乱させ波高が大きくなる。また、沿岸流によって運ばれた砂が静穏期に窪みに堆積しても、ボローピットに高波浪が進入すると速い流れが生まれ、海底の砂は引き波や離岸流とともに沖側に流出してしまうため、ボローピットが自然に砂で充填され周辺の海底地盤高に復原することを阻んでいる。

長期的対策としては、沿岸漂砂を阻害せず汀線部の砂の堆積を促進させる為に、人為的に掘り込まれたボローピットを埋め戻し、海底地形を元の平坦な地形に復原することが有効と考えられる。

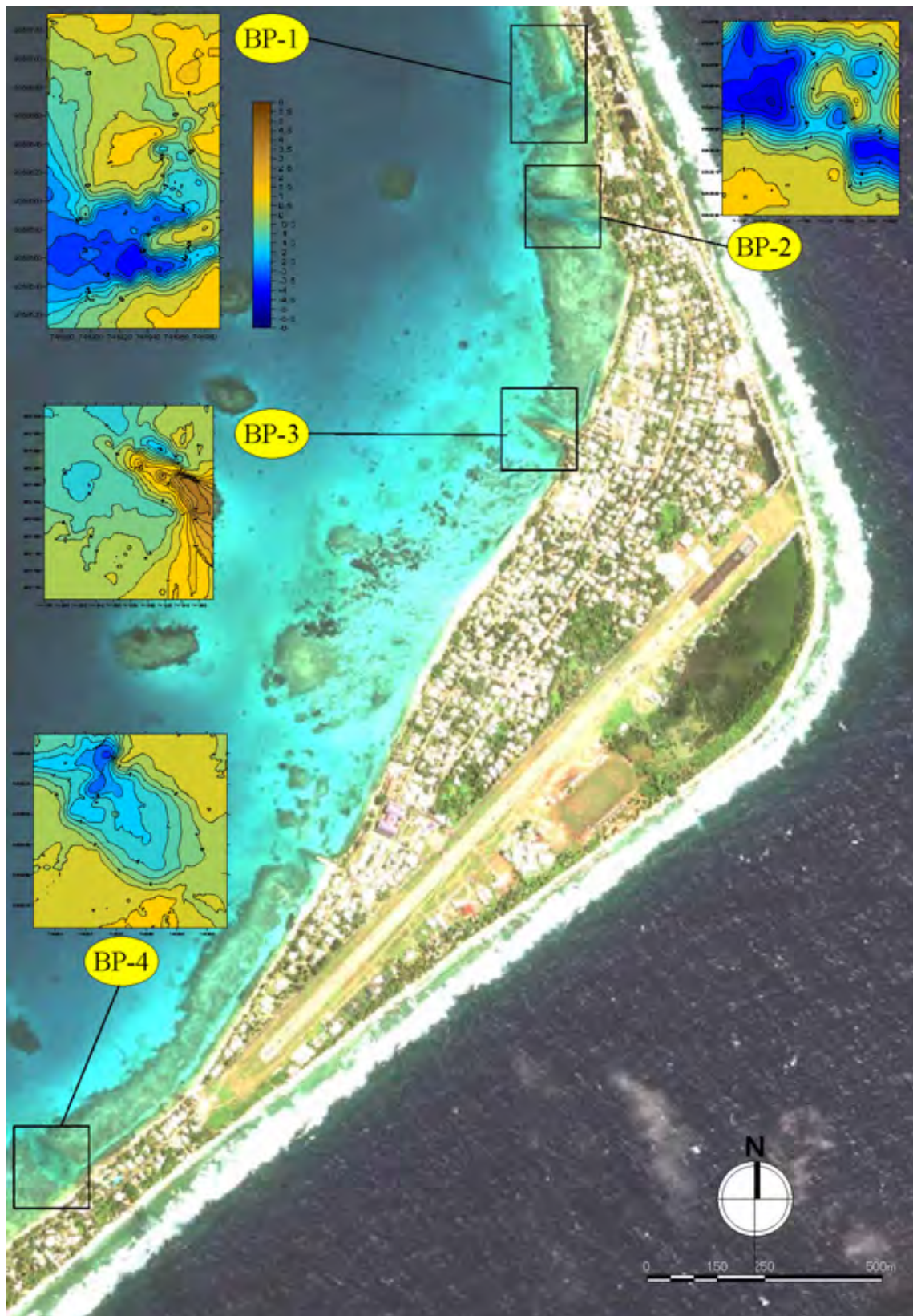
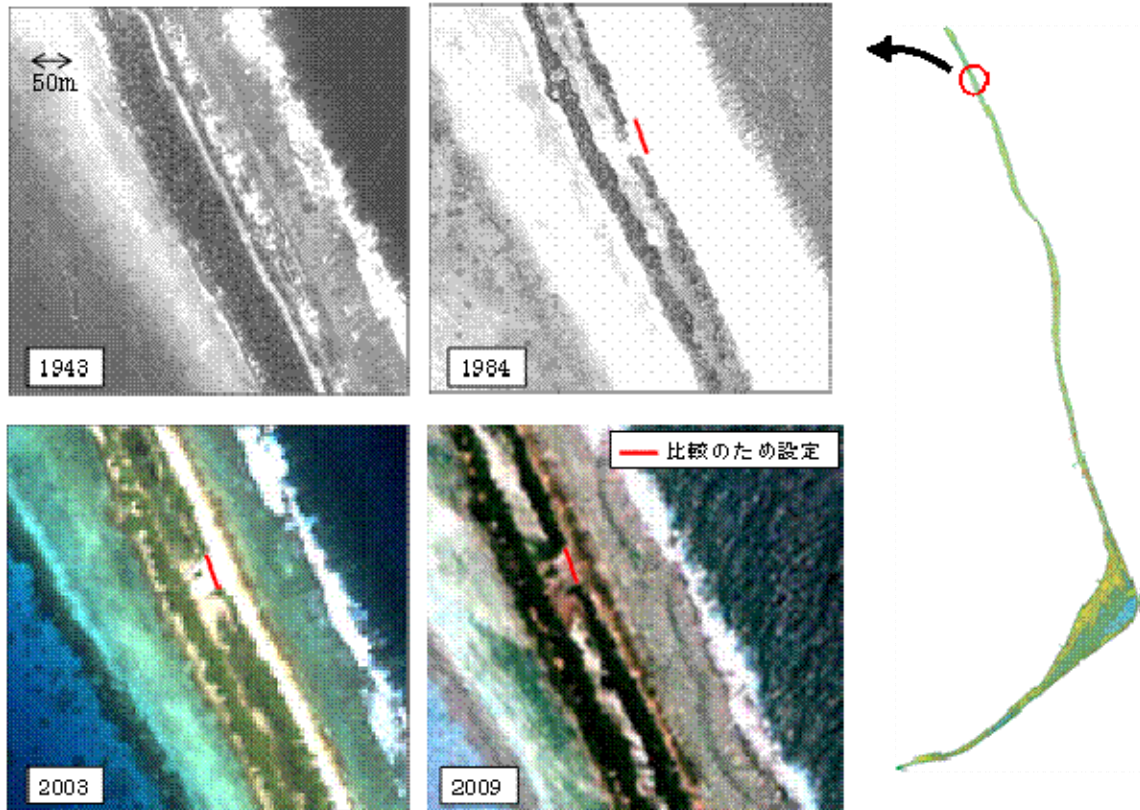


図 5.7 ボローピットの位置と深浅測量図

5.2.3 Breaching

Breaching は図 5.8 に示すように、太平洋戦争中に米軍が滑走路建設の土砂を得るために島の中央部を縦に掘ってできた細長い溝へと東海岸に沿って発達している storm ridge が崩壊し、砂礫が細長い溝へと流れ込んだことによる。この周辺には、人家等はないが、Breaching の開口幅は最近まで拡大傾向を示しており、開口部の拡大やそれに伴いラグーン側への影響が懸念される場所である。



出展:1943～2003 : EU EDF 8/9 – SOPAC Project Report 54, Reducing Vulnerability of Pacific ACP States

TUVALU TECHNICAL REPORT –COASTAL CHANGE ANALYSIS USING MULTI-TEMPORAL IMAGE COMPARISONS – FUNAFUTI ATOLL, April 2006

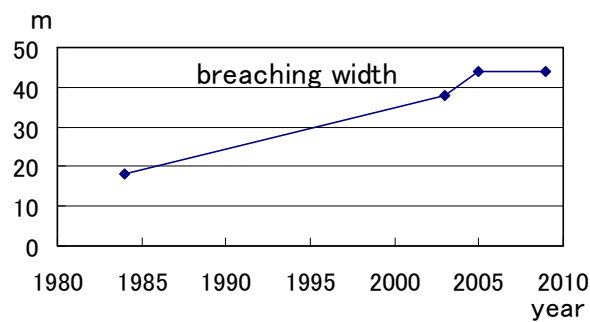


図 5.8 Breaching の開口部の変化

現地踏査結果を基に、Breaching に関する今後の動向を考察すると、次のとおりである。

- 島の中央部に細長く伸びた溝へと外海側の beach ridge が切れて大量の土砂が運び込まれたことを示している。いわゆる Breaching は barrier が切れ、外海側からラグーン側へと海水と土砂が流れ込む現象で、今回観察された現象は正確には Breaching ではない。しかし beach ridge が崩壊し、中央に細長く掘られた溝に大量の物質が運び込まれる点において Breaching とよく似た現象である。よって広義の意味からここで観察された現象も Breaching に含めることができる。
- Breaching により溝には大量の土砂が打ち込まれたが、その結果海水流入箇所の地盤高は上昇している。このことは、波の作用があるたびに周辺海岸から礫が打ち込まれ beach ridge の復元が進むことを意味する。
- Breaching により陸側に大量の礫が運び込まれると、溝の地盤高の上昇に繋がり、結果的に溝と西岸との間にある細長い ridge への作用波力の低減が起こる。したがって時間経過とともに lagoon 側の ridge の安定性が増す。よってこの ridge が切れる恐れはないと見てよい。ただし、これは beach ridge を形成している beach rock 片またはサンゴ塊が十分な供給量があることを前提としている。これが有限量の場合、例えば breaching 箇所においては開口部の塞がり不十分となり、beach ridge が十分発達できない事態が起こる。その場合、beach ridge の越流が止まらないので、beach ridge の lagoon 側への移動が停止しない。サンゴが死滅した場合、beach ridge への礫の供給が途絶えるので、beach ridge はその分全体に陸側へ移動することになる。

なお、Breaching が生じている Tengako 島の borrow pit については、EU の支援により廃棄物により borrow pit を埋め戻すプロジェクトが進行しており、この EU プロジェクトにより storm ridge の崩壊を防ぐことが期待できる。以上の結果より、本プロジェクトでは Tengako 島の Breaching の対策については検討の対象外とした。

5.3 住民アンケート調査

5.3.1 アンケートの趣旨

海岸背後地の情報は海岸保全計画を策定するにあたって必須の情報である。しかしながら背後地のどの位置に家屋がどの密度で存在するのか、重要なインフラがあるのか、それらの地区においてどのような海岸災害がどのような頻度で発生しているのか等の基礎的な情報がツバルでは皆無である。また地形情報と併せて、海岸災害の発生機構も予測できる可能性が高い。本調査団の最終目的である緊急的な海岸災害の危険性低減の施策を立案する際、優先順位の検討や、工法選定の背景資料として必要な上記情報を当アンケートによって得ることを目的とするものである。

5.3.2 アンケート調査の目的

本アンケート調査の直接の目的は以下の3つである。

- (1) Fongafale 島全体の海岸災害・被害（被害の度合いや平面的な集中度）の実態についての情報を得ること
- (2) コミュニティ・グループの分布、居住年数等の社会特性の情報を得ること
- (3) 全住民に本調査を実施中であることを理解してもらうこと

5.3.3 情報の手法と取得内容

(1) アンケートの対象者

全島住民からの意見を偏りなく、かつできるだけ他の住民の意見の影響を受けない状態にある住民ひとりひとりの海岸災害による被害認識を把握する必要があったため、全世帯に対するインタビュー調査（一世帯で一名）を行うことにした。ただし、教会、会社事務所、政府関係庁舎、発電所等住居以外の建物については、住居と職場を混同して重複回答する可能性があること、異常気象時には出勤しない可能性があること、勤続年数が少ない場合が多い可能性があること等を考慮して、対象からは除外した。サンプル数は2002年の統計から約700と予想した。

(2) 位置情報の取得

位置情報は回答者の回答内容の分布を把握する上で必須の情報である。本調査では、速やかな位置情報の把握が必要であったため、質問中に簡易GPSで回答者の家屋の位置情報を得た。

(3) 質問票の内容

住民が質問を理解しやすいようツバル語の質問票を作成、できる限り集計が容易で、曖昧さを排除した情報となるよう、回答を「選択性（択一または複数回答）」とした。特に意見があるときを配慮して自由回答はひとつだけ最後に設けた。内容を表 5.1 に示す。実際に使用した調査票は Supporting Report の Part IV に示す。

(4) その他の資料

事業の趣旨説明書（Supporting Report の Part IV）を各調査員が携行して、住民にアンケート実施の理由説明を行う際の補助資料とした。

表 5.1 アンケート票の内容

被害の種別	質問番号	質問	選択肢
侵食	質問 1	近所の海岸は侵食／堆積していますか？	* 侵食 * 堆積 * 変わらない
	質問 2	いつ侵食／堆積が始まりましたか？	* 今年 * 2-3 年前 * 5 年ぐらい前 * それより以前
	質問 3	侵食によるあなたの家・周辺への被害は？	* 植物の被害 * 家屋の被害 * 土地の消失 * 被害なし
冠水	質問 4	あなたの家屋または近隣の塩水冠水はありますか？	* 冠水なし * 1 回あり * 2～3 回あり * ほぼ毎年冠水する
	質問 5	過去に冠水があった場合、最大水位は？	* 居間の床下 * 居間の床上 * 冠水なし
	質問 6	冠水があった場合、海水はどこから来ましたか？（複数回答可）	* 地中（ポットホール）から * 外洋側から地表を通過して * ラグーン側から地表を通過して * わからない
	質問 7	これまでの最大の冠水期間は？	* 2～3 時間 * 約一日 * 2 日間以上 * 一週間
	質問 8	冠水による被害は？	* 道路閉鎖 * 植物／野菜 * 家屋の基礎 * 家具
越波	質問 9	越波が家屋に直接当たったことはありますか？（飛沫を除く）	* 一度もない * 一度もないが、越波による流水が、外洋側から流れ込んだことがある。

被害の種別	質問番号	質問	選択肢
			<ul style="list-style-type: none"> * 一度もないが、越波による流水が、ラグーン側から流れ込んだことがある。 * 波が直接当たったことがある。
	質問 10	越波による被害は？(複数回答可)	<ul style="list-style-type: none"> * 道路閉鎖 * 植生・野菜の枯死 * 家屋の被害
地下水への塩水浸入	質問 11	井戸はすぐ近くにありますか？	<ul style="list-style-type: none"> * はい * いいえ
	質問 12	(質問 11 の答えが「はい」の方のみ) 井戸水の用途は？(複数回答可)	<ul style="list-style-type: none"> * 飲料水／料理用 * 清掃用／シャワー用 * 農業用 * 放棄されている
	質問 13	井戸水に塩分はありますか？	<ul style="list-style-type: none"> * 昔から塩水だった * 今から 10 年以内に塩水になった * 塩分を含まない
標本特性	質問 14	性別	<ul style="list-style-type: none"> * 男性 * 女性
	質問 15	年齢	<ul style="list-style-type: none"> * 10～20 歳 * 21～30 歳 * 31～40 歳 * 41～50 歳 * 51～60 歳 * 61 歳以上
	質問 16	あなたの出身島は？	<ul style="list-style-type: none"> * Fongafale (フナフチ環礁) * Funafala 島 (〃) * Tengako 島 (〃) * Amatuku 島 (〃) * 上記以外の Funafuti 環礁島 * Nanumea 島 * Nanyмага 島 * Niutao 島 * Nui 島 * Vaitupu 島 * Nukufetau 島 * Nukulaelae 島 * Niulakita 島 * 外国からの移住
	質問 17	現在地における居住年数は？	<ul style="list-style-type: none"> * 5 年以下 * 5～10 年 * 10 年以上
	質問 18	現在住んでいる土地の所有は？	<ul style="list-style-type: none"> * 自分の土地 * 両親 (または近親者) の土地 * 他人の土地
	質問 19	現在住んでいる地区は？	<ul style="list-style-type: none"> * Alapi 地区 * Fakai Fou 地区 * Senala 地区 * Vaiaku 地区 * Lofeagai 地区 * Kavatoetoe 地区

被害の種別	質問番号	質問	選択肢
			* Asagatau Paka 地区
自由意見	質問 19	海面上昇についてコメントがあればお知らせください。	-

5.3.4 実施要領

本アンケート調査を実施するにあたり、以下の準備作業等を行った

- (1) Funafuti 村役場 (Kaupule) にアンケートの内容と実施要領案を説明、村長の了解を得た。
またカウプレの意見も踏まえてツバル語の調査票を作成
- (2) 長老会 (Fale Kaupule) に実施要領を説明、了承を得た。
- (3) ラジオにてアンケート調査実施直前の 2 日間、計 8 回アンケートの実施を住民に対して呼びかけた。
- (4) 調査員 (地域住民 10 名)、調査員のコーディネーター (NGO 職員 1 名)、Kaupule 担当者 (2 名)、および J I C A 調査団担当者 (2 名) で事前のブリーフィングを行い、全島を 4 区分、調査チームを 3 班に分けて調査を実施した。

表 5.2 調査チームの担当

	担当地区
A チーム	Senala 地区、 Fakai Fou 地区
B チーム	Alapi 地区、 Vaiaku 地区
C チーム	Asagatau Paka 地区、 Lofeagai 地区、 Kavatoetoe 地区

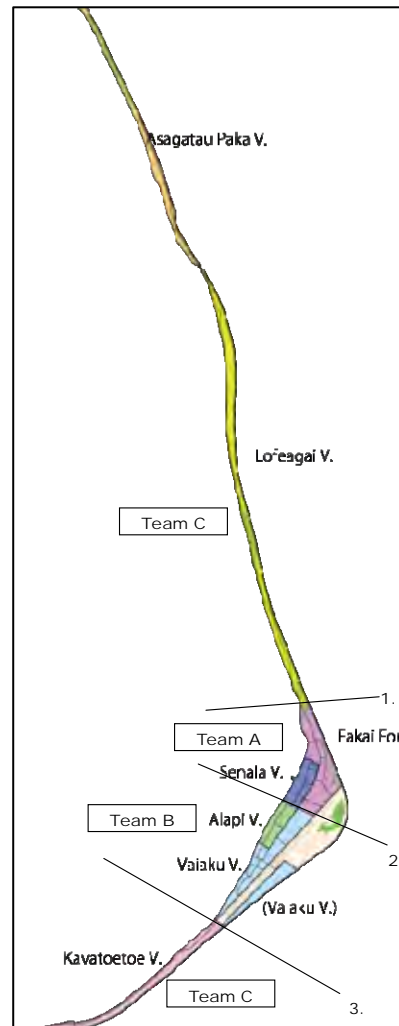


図 5.9 調査区分



写真 5.42 フナフチ長老会にて、アンケートの実施を説明



写真 5.43 アンケート開始前に調査員に対しブリーフィングを実施



写真 5.44 アンケート調査は各戸訪問の直接聞き取り形式で実施



写真 5.45 ラジオで全世帯調査を周知していたこともあり、住民からは良好な協力を得た

5.3.5 データの取りまとめ手法

上記質問に対する回答にコンピュータ上で位置情報を付加して、衛星写真から作図した背後地情報と重ね合わせて島内の海岸被害分布、出身島等の分布を再現する

5.3.6 調査結果

空き家、長期不在者等を除き島内のほぼ全世帯からの調査票を作成することができた。有効回答数は 592 である。位置情報の不明確なものや重複しているもの、回答が不十分なもの（白紙回答）等、無効な回答となったものは約 30 通である。

(1) 侵食

近くの海岸が侵食されていると答え、更に侵食で家屋が被害を受けていると答えた人を図 5.10 に示した。該当する回答者は、回答者全体に比べると少ない。内陸部の点は誤回答と見ると、侵食被害にあった家屋はほとんどないものと考えられる。

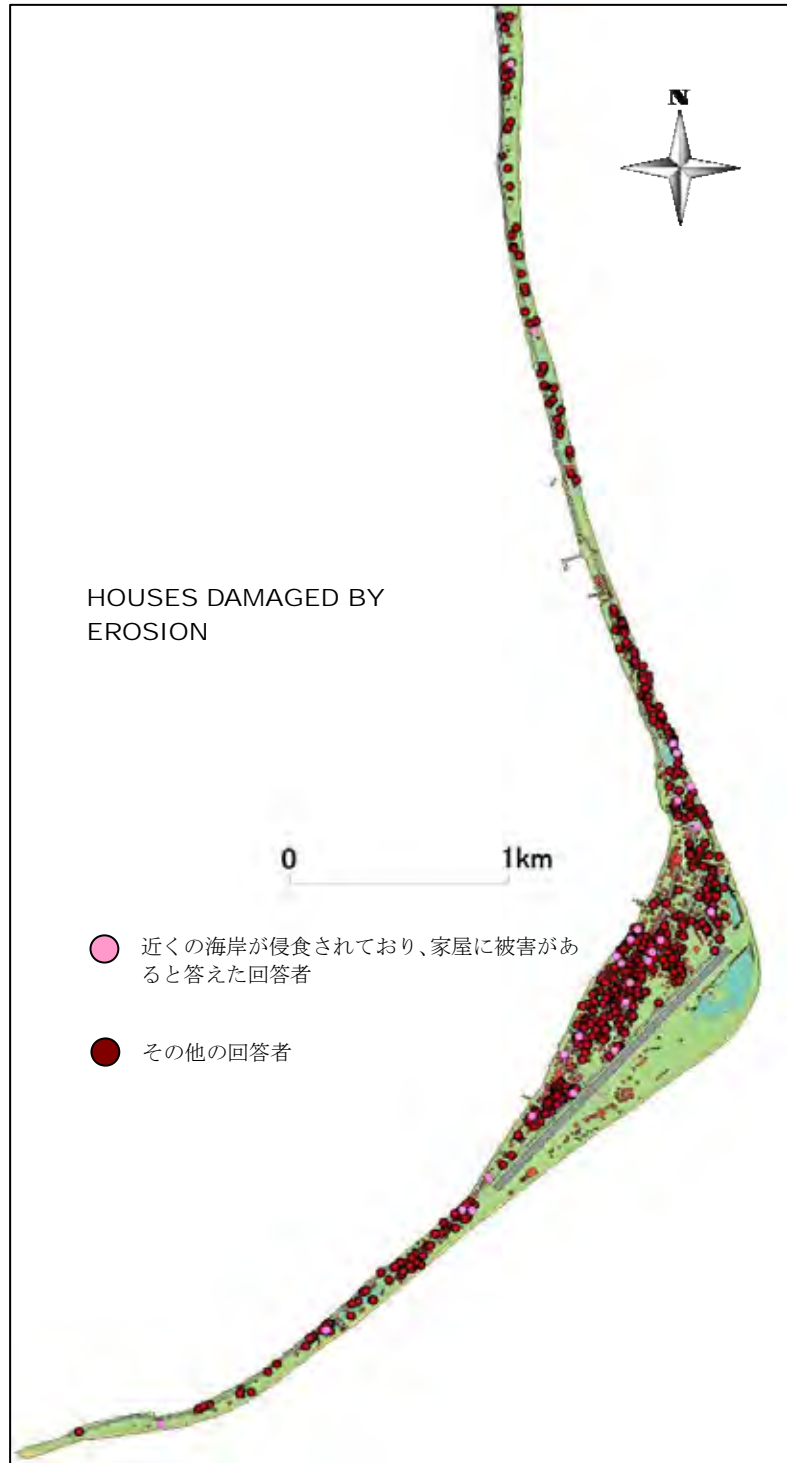


図 5.10 侵食による家屋の被害分布

(2) 冠水

a) 冠水レベル

中央部の従来からの居住区は浸水しない地区があるほかは、内陸部を含むほとんど全ての居住区で床上もしくは床下浸水が生じていることがわかる。

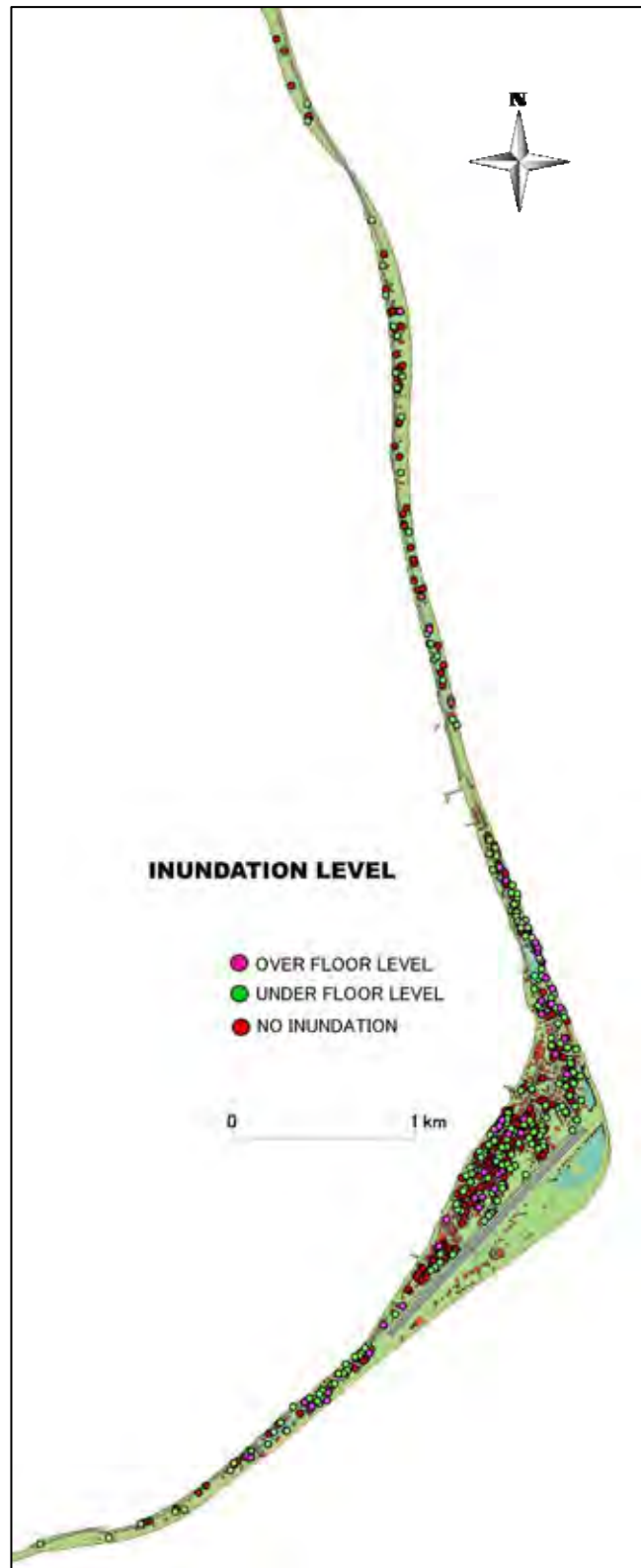


図 5.11 冠水レベルの分布

b) 冠水頻度

中央部の浸水しない地区以外では、ほぼ毎年浸水しているようである。

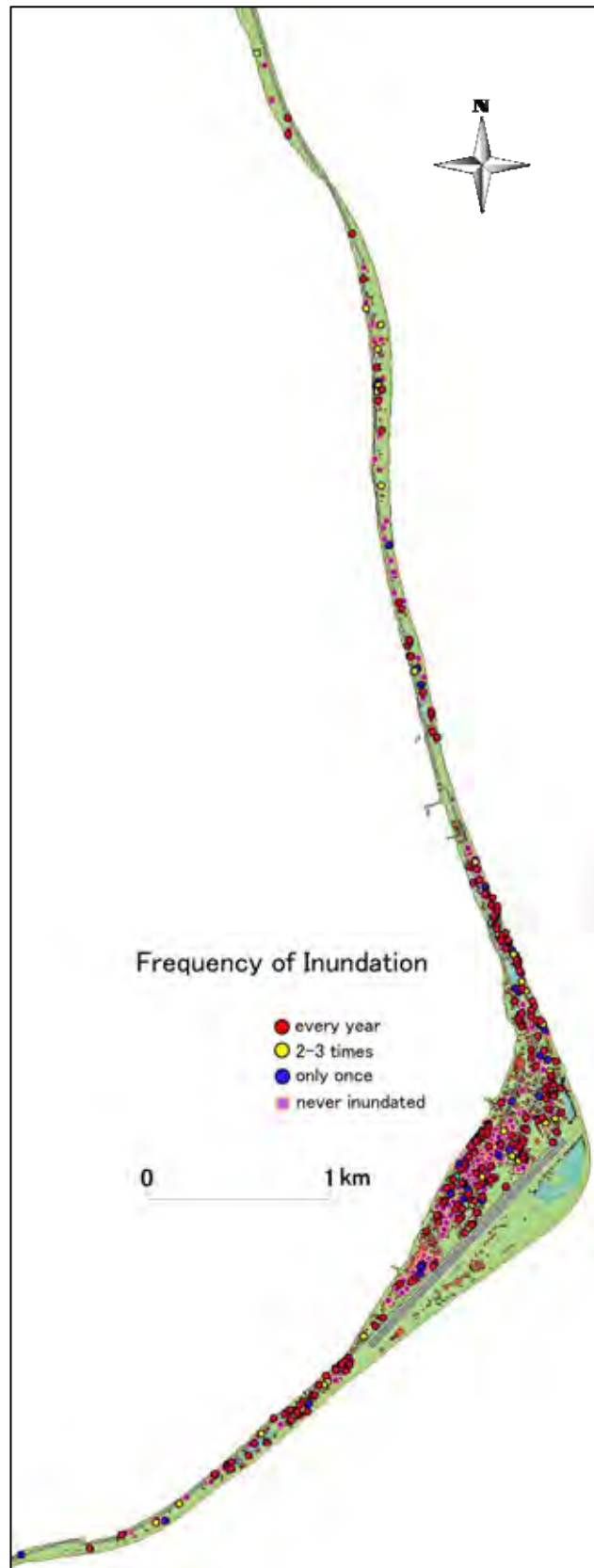


図 5.12 冠水頻度の分布

c) 塩水の浸入元

島の北部と南部ではラグーン側および外洋側から浸水が発生し、中央部およびボローピット跡地では、主として地中からの湧出によって浸水しているものと推定される結果となった。

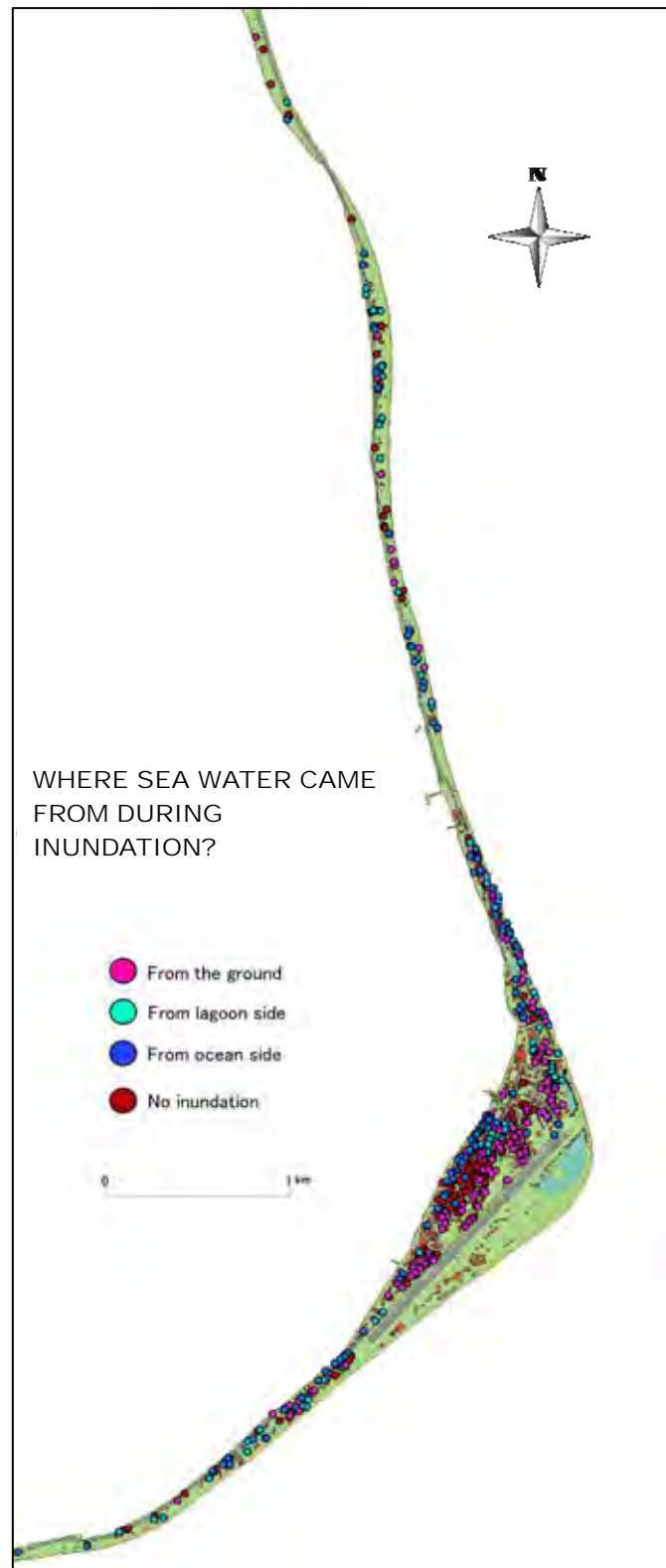


図 5.13 塩水の浸入元

(3) 越波

a) 越波の発生状況

越波は北部と南部の外洋側に集中している一方、越波時に「避難が必要であった」と答えた人は古くからの浸水しない地区に住む人々に多い。この理由は不明であるが、この地域は長年住んでいる人が多いことから 1972 年のハリケーン **Bebe** のことを示している可能性もある。

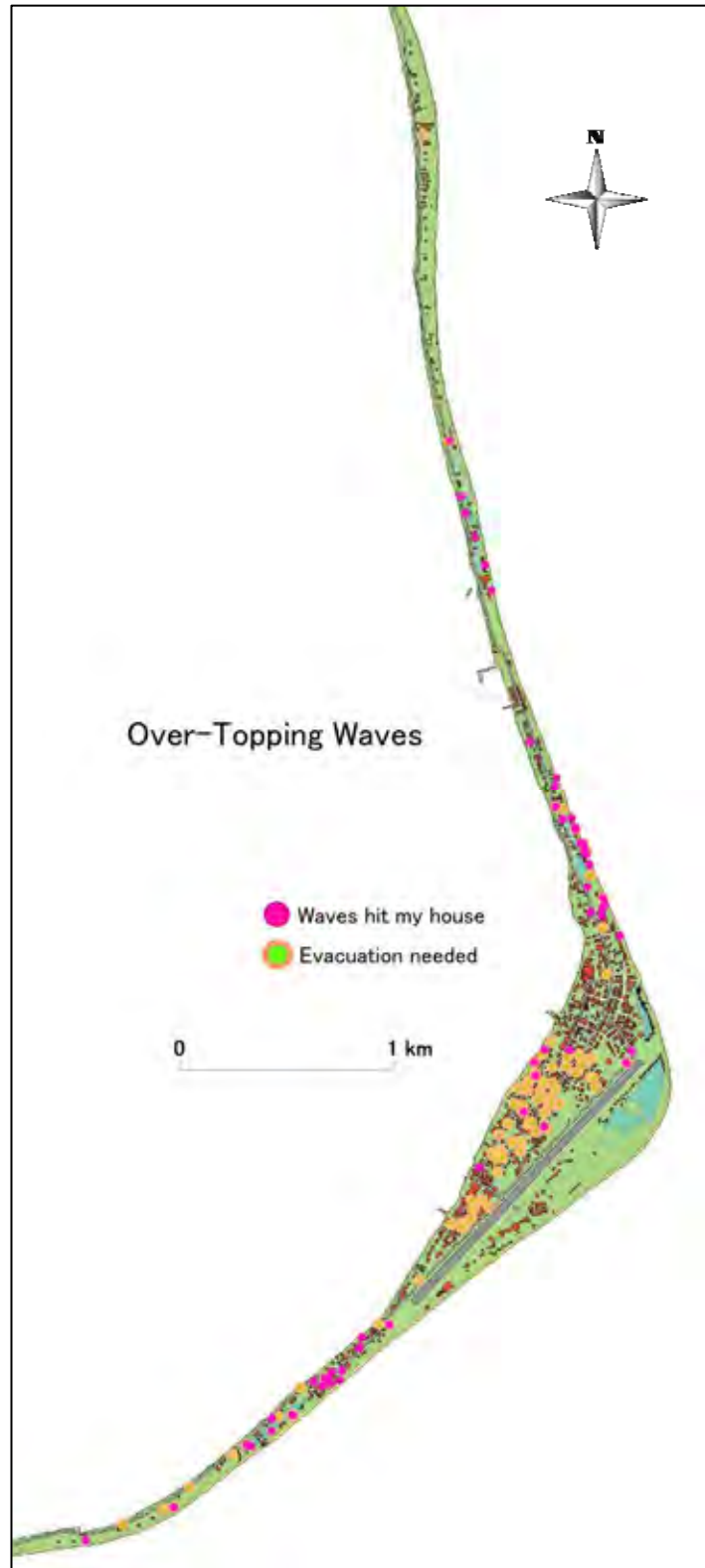


図 5.14 越波状況

b) 越波による家屋の被害

越波により家屋が被害を受けた、と答えた人は更に少なく、北部、南部の外洋側にほぼ限られている。内陸の中央部は誤回答と考えるべきである。

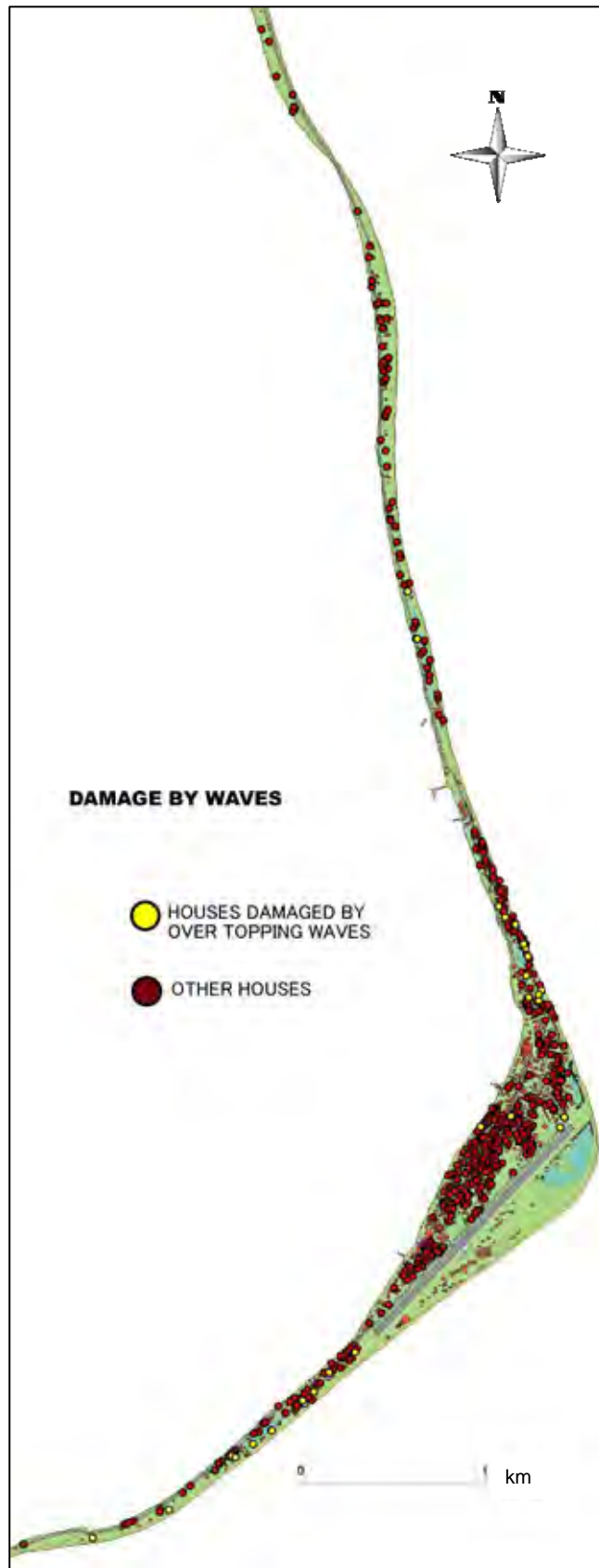


図 5.15 越波による家屋の被害発生分布

(4) 塩水浸入

島内のタロイモ畑（プラカピット）がある湿地周辺に井戸が散在している。この水質の変化から塩水浸入状況を把握しようとしたものであるが、島内全ての井戸は飲料水や食用に使われていないという結果が得られた。「淡水」との回答があった井戸も放棄されているか、洗浄用にしかなに使われていないため、正確な情報かは不明といわざるを得ない。10年以上前から塩水、という回答が多いことから、プラカピット周辺地下の塩水化は特に近年の傾向ではないようである。

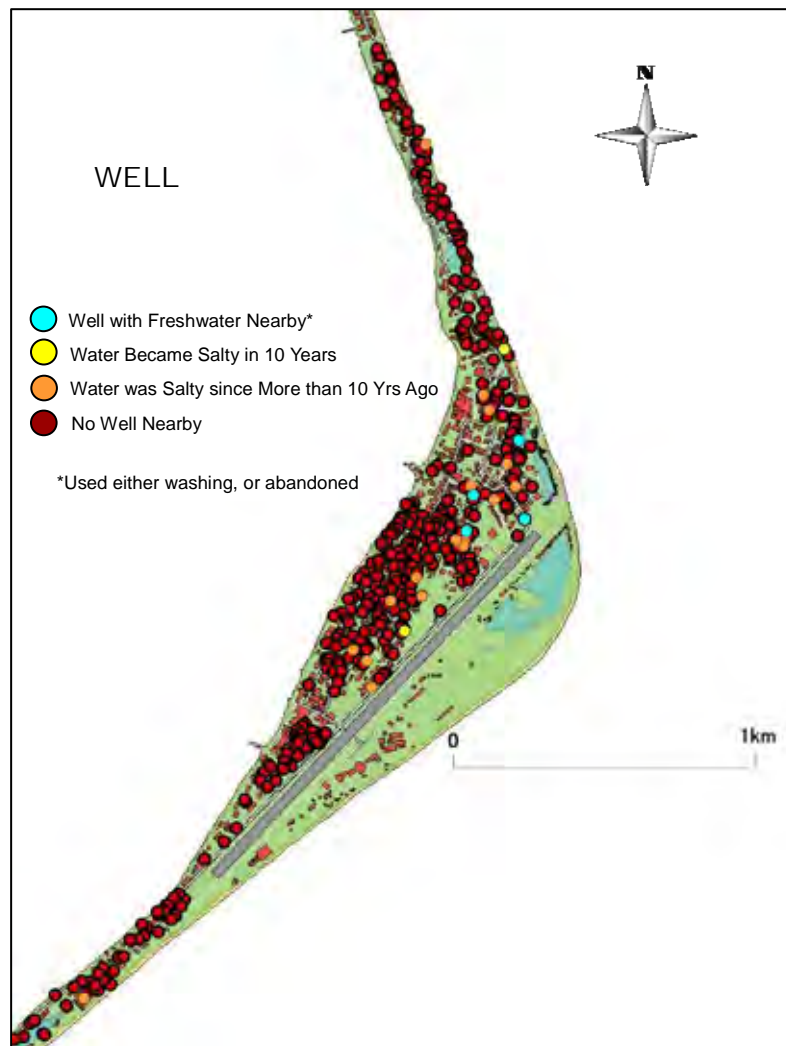


図 5.16 井戸の位置と利用状況

(5) 標本特性

a) 居住年数

昔からの集落 Alapi 地区に 10 年以上の居住者が多い。一方、海岸災害の多い地区には居住年数 5 年以下の人々が多い。居住年数が 10 年以下の人々は全体の過半数である。

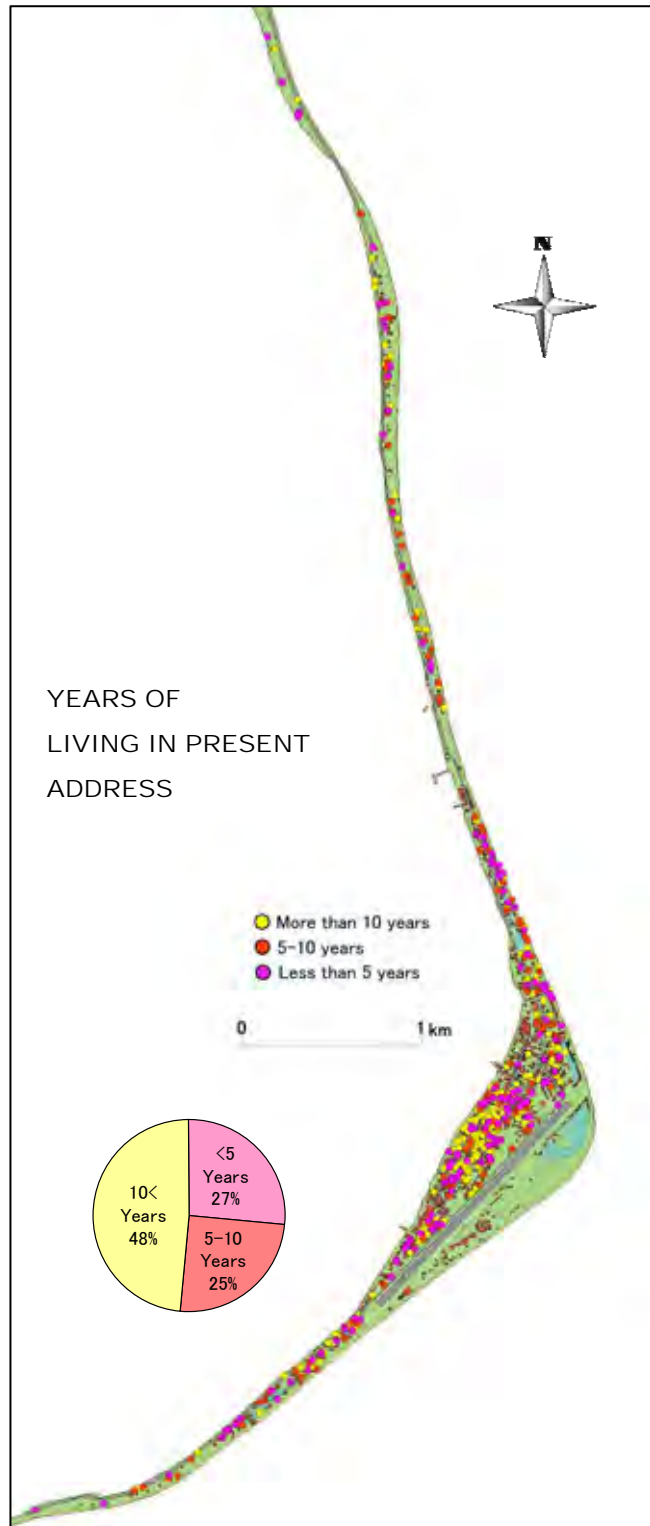


図 5.17 居住年数の分布

b) 出身島

フォンガファレ島出身者は約 23% と少ない。その他、海外で生まれた人が次に多く、あとはツバルの他の島で生まれた人々であった。フナフチ環礁の他の島で生まれたと答えた人はいなかった。

表 5.3 出身島別の回答者数

Island of Birth	No. of Answerer
Fongafale (Funafuti)	136
Funafala (ditto)	0
Tengako (ditto)	0
Amatuku (ditto)	0
Nanumea	78
Vaitupu	56
Nukufetau	53
Niutao	51
Namumaga	42
Nui	19
Nukulaelae	14
Niulakita	3
Foreign country	125

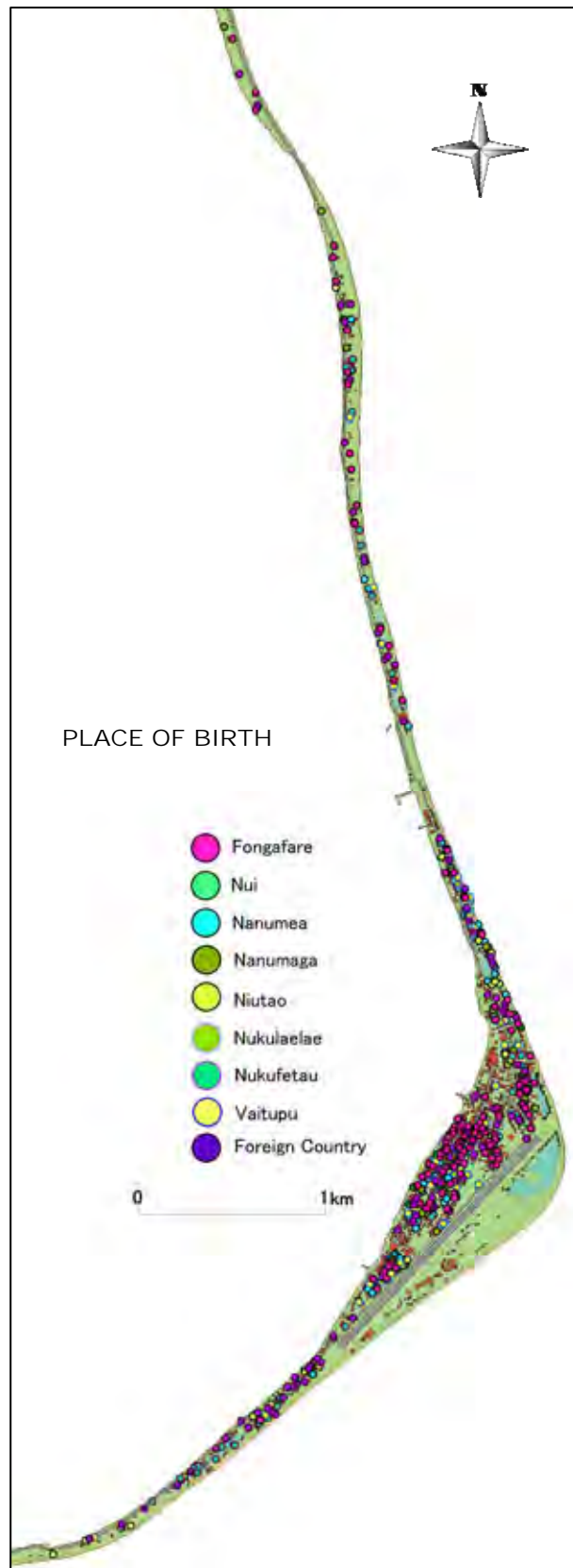


図 5.18 出身島

(6) 自由回答

質問票の最後で海綿状賞についての自由な意見を聞いた。以下は類似の意見をまとめ、意見の多い順に列記したものである。

表 5.4 自由意見

海面上昇についての自由意見	意見の数
政府や日本等海外の支援が必要	103
海面上昇が起こる前に退避する必要がある	93
堤防が必要	57
干拓が必要	32
海面上昇を非常に心配している	26
まだ海面上昇は起きていない	24
気候変動によって生じている。CO _x を減少すべき	12
侵食が生じており、対策が必要	11
海面上昇対策は何もできないが、ここに留まるつもり	9
避難用の舟とライフジャケットが必要	8
島の木の伐採を止め、植林をすべき	7
島を守るために何かやってほしい	5
海面上昇が起きる前に、私たちは何か対策する必要がある	5
個人の海岸掘削は禁止すべき	4
私たちは情報・啓発活動が必要	3
海面上昇に対する準備が必要	3
防波堤を作ってほしい	2
洪水対策が必要	2
海面上昇に耐えるには島の面積は少なすぎ、標高は低すぎる	2
海面はゆっくり上昇しつつある	2
土地の嵩上げが必要	1
2月ごろに被害が多発する	1
高潮が問題	1
魚類の数が減少している	1
気候変動は生じている	1

5.4 越波状況実態調査

本調査は、対策地域をより明確にするために、アンケート調査で抽出された越波による被害地域を中心に、越波の実態を調査し、対策地域をさらに絞り込んだ。

越波状況実態調査を実施した2010年1月30日17時26分の潮位は、3.24mの高潮位であり、風速10m前後の西風によりラグーン側の随所で越波が生じた。この時の現地の状況を写真で示すとともに簡易GPSで越波が生じた地点を図5.19に整理した。赤枠でアンケート調査による被害地域を示すが、E地区を除いて、概ねアンケート調査結果と実態調査結果の位置は一致している。なお、E地区が実態調査で現れていないのは、アンケート調査には外海側の越波被害が含まれていること、実態調査時の海象条件によるものと考えられる。



図 5.19 越波状況実態調査による被害状況分布

5.5 海岸の脆弱性に関するまとめ

Fongafale 島と北部に隣接する Tengako 島における海岸部の脆弱性について、現地踏査結果、アンケート調査結果および越波実態調査結果から、外洋側及びラグーン側のそれぞれの問題点をとりまとめた。

5.5.1 ラグーン側

ラグーン側の海岸は、延長 200m 以上ある砂浜が Tengako 島の北部と Fongafale 島の中央部にあるが、その他の海岸は主にビーチロックや礫あるいは礫と 30cm 立方体のコンクリートブロックが混在する海岸となっている。ストームリッジの高さは、外海側が C.D.L で平均 5 m 弱に対して、ラグーン側は C.D.L で平均 4 m 弱となっている。

現在、ラグーン側で越波による被害が生じている箇所は、全体的にストームリッジの高さおよび背後地の地盤高が低くなっているところである。特に、越波が多発する Fongafale 島の中央部の海岸は、第 2 次世界大戦の時に、護岸建設のための埋め立てや各種の基地建設のために、大規模に海岸の地形変形がなされたところであり、この大規模な地形変形が越波被害を起す大きな要因と言える。また、浅海域周辺は第 2 次世界大戦の時に浚渫された水路（ボローピット）が点在しており、このボローピットを通過する波浪は、水深が深いために、波浪エネルギーが減衰することなく海岸に到達するために、越波被害を助長させている。

一方、ラグーン側の海岸には、海岸構造物（埠頭、突堤、護岸など）として公共のものや個人によるものが幾つか建設されているが、砂や礫の移動にこれらの構造物が影響を及ぼしている。特に、個人により築造された護岸の多くは、汀線から海岸に前だしして建設されているために、沿岸漂砂の流れを阻害することにより周辺の汀線部の侵食、堆積などの原因となっている。しかも、構造的に不適切な物が大半であり、完成前に崩壊している場合が多く、また無計画な埋立や護岸工事などが私的に行われているのが現状である。

以上より、ラグーン側の海岸部の問題点を整理すると、以下のとおりである。

1. 第 2 次世界大戦時における大規模な海岸地形の改変に伴う越波被害の拡大
2. 沿岸ボローピットによる波浪の増大と越波被害の拡大
3. 個人による無計画な埋立や護岸工事による沿岸漂砂の阻止と海岸侵食の拡大

5.5.2 外海側

ストームリッジは、サンゴ礁起源（beach rock 片あるいはサンゴ片）の礫で構成されており、外海からの波浪に対して島を防護するうえで極めて重要な役割を担っている。さらに、ストームリッジ近傍に生育する植生（Coconut や Pandanus）は、そのストームリッジを締め固め、より強固にするうえで、必要不可欠なものである。

現在、外海側で越波による被害が生じている箇所は、ストームリッジの高さが比較的低下しているところである。この原因は、その背後の住民が、陸側の平坦面を広げるため

に、ストームリッジ近傍に生育している植生を伐採するとともに、ストームリッジを切り崩し、礫を建設資材として利用したことによるところが大きい（写真 5.46、写真 5.47）。また、外海側の海岸では、ストームリッジのすぐ裏側まで陸側の平坦面を広げるために、ストームリッジの背後を掘り崩し、後浜幅が非常に狭くなっている箇所が見受けられる（写真 5.46）。このような箇所は、ストームリッジが脆くなり、Tengako 島における Breaching を起している箇所やゴミ処分場の外海側海岸（写真 5.47）のように、ストームリッジの崩壊を招く恐れがある。



写真 5.46 ストームリッジ背後の掘り崩し



写真 5.47 ゴミ処分場の外海側海岸

以上より、外洋側の海岸部の問題点を整理すると、以下のとおりである。

1. 無秩序な礫の採取
2. ストームリッジ周辺の無秩序な植生の伐採
3. ストームリッジの切り崩しによるリッジ高の低下
4. ストームリッジの背後の掘り崩しによるストームリッジの弱体化