

南太平洋島嶼国における海岸侵食と対策の課題

COASTAL EROSION AND ITS COUNTERMEASURES IN SMALL ISLAND COUNTRIES IN THE SOUTH PACIFIC

Paulo Vanualailai¹・三村信男²
Paulo VANUALAILAI and Nobuo MIMURA

¹学生会員 修士(工学) 茨城大学大学院 理工学研究科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢4-1-2-1)

²正会員 工博 茨城大学教授 広域水圏環境科学教育研究センター (〒316-8511 茨城県日立市中成沢4-1-2-1)

Coastal zones are precious environment for the small island countries in the South Pacific. The coastal zones consist of sandy beaches, coral reefs and mangroves, which have been kept natural for a long time. However, since around 1960, coastal erosion has become apparent, and today it is a prevailing problem in many islands. In this paper, the present situation of coastal erosion is presented based on field and literature surveys for Fiji, Samoa, Tuvalu, Kiribati, etc. There are very few places where modern coastal engineering was applied to design and construction of coastal protection measures such as seawalls. A major problem is; lack of scientific and technical knowledge for erosion, fragile materials used, lack of appropriate design of coastal structure, and poor financial, institutional and technological ability of governments of the island countries.

Key Words : coastal erosion, small islands, South Pacific, design of structure, ENSO, sea-level rise

1. 研究の目的と方法

南太平洋の島嶼国にとって、海岸は社会経済的にも、自然環境としても貴重な空間である。フィジー、サモア、ツバルなどの島嶼国の海岸は従来大規模な開発・利用が少なく、大部分は自然状態が維持されてきた。自然の海岸線には、サンゴ礁やマングローブ、砂浜などの自然地形が形成されている¹⁾。しかし、1960年頃以降多くの島で海岸侵食問題が顕在化し、現在では至る所で重大な問題になっている。これに対する対策は、ほとんどが現地住民の経験的な対策に終始しており、適切な工学的対策がとられた事例は限られている。そこで、これらの島における海岸侵食と対策の事例を調査し、この地域における海岸侵食対策の課題を検討した。

南太平洋島嶼国においては、入射波浪や地形測量などの科学的・工学的データはほとんどないのが実情である。継続的な観測データはもとよりスポット的な観測データも入手しにくい。そのため、調査方法は、現地調査とヒアリング、文献調査を中心にした。フィジーでは、海岸村落を訪問して現地調査を行うとともに、南太平洋大学と協力して学生を出身地の村落に派遣し古来などへのヒアリングを行った。この地域では、SOAPC(南太平洋応用地球科学委員会)、SPREP(南太平洋地域環境計画)等の国際機

関の調査が実施されているので、それらの報告書など^{2), 3), 4)}を資料として利用した。

2. 海岸侵食の状況

(1) 南太平洋地域における砂浜の形成要因

南太平洋における砂浜形成に関係する要因はいくつかの特徴を持っている⁵⁾。まず、主要な外力は、貿易風(東風)による波浪、赤道地帯において雨期に発生する西風による高波浪、サイクロンに伴う波浪、海面の変動の4つである。一方、砂浜への土砂供給源には、河川による土砂供給(フィジー、サモア等の火山性の大きな島の河口付近)とサンゴ、有孔虫、貝殻などの生物起源の供給(ツバル、キリバスなどの環礁型サンゴ礁)の2つがあり、それらは島の地質的成り立ちやサンゴ礁の発達程度といった地形学的な条件に左右される。当然であるが、生物活動に依存する生物起源の供給量は限られている。さらに、海岸には、サンゴ礁、マングローブ、ビーチロックなどの自然の消波・防護地形が発達しているのも大きな特徴である。自然状態では、これらの条件が釣り合っただ動的な平衡状態にあったと考えられる。それを前提にして、以下では近年の状況を見ていく。

(2) フィジー

フィジーの中心をなすヴィチレブ島は火山起源で、中央に1,000mを越える高い山がある。海岸の平坦部は狭く、島の周辺にはバリアリーフが発達している。フィジーの人口は約80万人であるが、その85%が海岸沿いの平坦部に住んでいるといわれている。人口の46%を占めるフィジー人は伝統的な集落を形成し、何世代にもわたって海岸集落で生活してきた。土地は集落の共同的所有であり、フィジー人の土地に対する愛着は極めて強いが、近年こうした集落の至る所で、海岸侵食が発生して問題になっている⁶⁾。以下、2つの例をあげる。

Nukui村は、ヴィチレブ島南東端のレワ川デルタの先端に位置しており、標高は0.5m以下で面積は2500m²程度に過ぎない。家は35軒で、人口は約300人である。30年間務めている村長（61歳）によれば、村は前面の海からの侵食問題に直面しており、深刻である（写真-1）。かつて海岸線にあったココヤシの並木などの植生は侵食によって失われ、家屋も内陸側に移動した。一部の海岸線では住民自身で海岸堤防を建設して対応している。1960年代のはじめに堤防を建設したが、1972年のサイクロンによって倒壊した。その後高さ数十cmの堤防を再度建設し、現在に至っている（写真-2）。しかし、写真から分かるとおり堤防は極めて貧弱であり、現在大規模な侵食を受けている別の海岸では全く対応できていない。

Nabila村はヴィチレブ島の西部に位置する小さな村であり、標高は1m程度である。この村では、伝染病などのおそれから1930～40年代に村前面にあったマングローブを伐採した。その結果、海岸線が大きく後退することになった。現在の海岸線は安定しているが、村の住民は侵食に対するおそれから、護岸を建設することを検討している。

上でも述べたとおり、海岸の地形図や入射波に関する科学的で系統的なデータは存在しないため、ヴィチレブ島とタベウニ島における海岸集落の村長あるいは長老を対象に、昔の海岸線の位置やはじめに護岸対策を取った時期などに関する聞き取り調査を行い、海岸侵食の実態把握を試みた。聞き取り調査をした29の集落の内、27の集落で海岸侵食が生じていることが分かった（表-1）。海岸線の後退によって、家屋を移動したことや、かつては海岸線にあったヤシの並木が水没し、海中に根の跡が残って



写真-1 Nukui村周辺の侵食（フィジー）

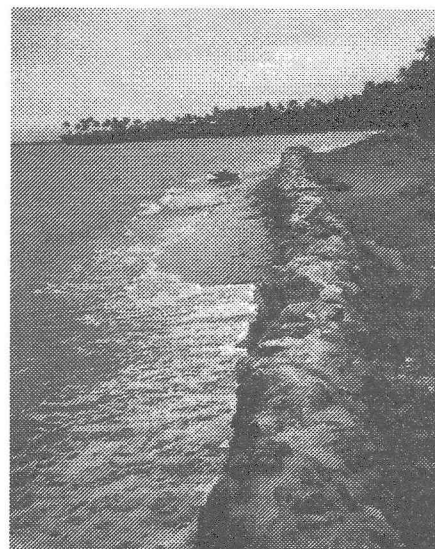


写真-2 Nukui村前面の海岸堤防

いる例などがある。ヴィチレブ島の調査地点における海岸線の後退距離と侵食が記憶されている年代を調べると、1960年代以降、全域で侵食が生じており、海岸線の後退距離は10m～75mの範囲であることが分かった。

興味深い結果は、護岸構造物の建設時期である。29集落の内、25が何らかの護岸をもっていたが、1960年以前に護岸を作ったのはわずかに1集落にすぎなかった。その後、60年代、70年代、80年代でそれぞれ7、6、7の集落が護岸（埋め立て地の護岸も含む）を作ったと報告された。この聞き取り調査か

表-1 フィジーにおける護岸の有無と建設時期

調査地域		調査した 村落数	護岸の有無		護岸建設の時期			
			有	無	60年以前	60年代	70年代	80年代
ヴィチレブ島	沈下地域	2	2	0		2		
	南部海岸	9	7	2	1	1	2	3
	西部海岸	3	3	0				1
	北部海岸	1	1	0				
	東部海岸	10	8	2		1	4	2
	小計	25	21	4	1	4	6	6
タヴェウニ島		4	4	0		3		1
合計		29	25	4	1	7	6	7

ら、少なくとも40年前より以前にはフィジーでは護岸が必要な状況ではなく、近年になって護岸が必要になったことが示唆される。その要因については、下で議論する。

(3) その他の島の状況

深刻な侵食の事例は、環礁の島であるツバルやキリバスでも見られる。ツバルの首都、フナフチでは、環礁のラグーン側の海岸線が激しく侵食され、海岸線に沿って植えられたヤシの並木の根元まで侵食が及んでいる（写真3）。フナフチの平均標高は1.5m以下、海岸域の標高は1m程度であるため、海岸に並ぶ家屋に対する大きな脅威になっている。前面にコンクリートブロックやサンゴ塊、蛇籠、ドラム缶等を投入しているが、効果は不明である。原因は、サイクロンによる高波の影響が大きいものと推定されるが、海中に残されたサンゴ塊の採取跡への土砂の流出も原因の1つとして考えられる⁷⁾。

キリバスでは、漂砂移動が活発で環礁の島の海岸線が時間とともに大きく変形してきた³⁾。1980年代に島をつなぐ海上道路や港湾が建設されたために、様々な影響が生じた。人為的な作用としては、多くの島で廃棄物の埋め立てがある。廃棄物の処分場がやがて埋め立て地となり、その周辺の海岸線での侵食・堆積問題を引き起こす例が見られる。

また、海浜の砂やサンゴ塊（石灰岩）、ビーチロックなどは、島国における貴重な建設材料となっており、採取されている場所も多い。環礁のように陸上起源の土砂供給がないところでは、海浜砂は完全に生物起源であり、供給量は限られている。そのため、道路や空港、住宅などの建設需要が増えると海浜からの採取量に供給が追いつかない。

(4) 海岸侵食の要因

このように、近年における海岸侵食は、自然的要因と人為的要因が重なっている。フィジーにおける近年の侵食傾向の原因としては、次の3点が考えられる⁶⁾。

1) かつて海岸線を被っていたマングローブなど自然植生の伐採が進んだこと。Nabila村の例にあるように、イギリス統治時代には、衛生上の観点からマングローブ湿地が伐採された。そのことがその後の海岸侵食の遠因の1つになっていると考えられる。逆に近年では、安価で効果の大きい護岸方法として、また自然環境保全の観点からも、マングローブの植林が推奨されている。

2) 人口の増加による埋め立ての進展。近年におけるフィジーの人口増加率は高かったため、海岸の村落では居住地を増やす必要があった。そのため、土地を拡張するために海岸部を埋め立てその前面を鉛直護岸で囲むケースが見られた。これは、侵食防止というよりも埋め立て地確保のための護岸建設であるが、その結果周辺の侵食を招くケースもある。こうした、居住地のための小規模な埋め立ては、サモ



写真-3 フナフチの侵食（ツバル）



写真-4 簡単な護岸（フィジー）

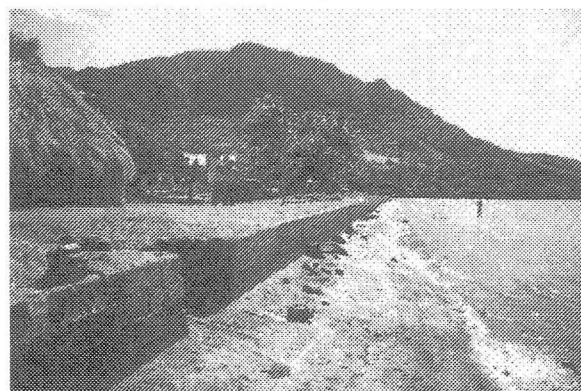


写真-5 直立の埋め立て護岸（フィジー）

アやトンガなど他の島でも広く見られる⁸⁾。

3) エルニーニョや温暖化による海面上昇の影響に伴う外力条件の変化。最初に述べた基本的外力に、近年変化が見られる。エルニーニョが発生すると、この地域の水位は最高約50cm上昇するといわれている。また、エルニーニョの時期には通常の東からの貿易風が弱まり、波の入射方向が変わる。これらはいずれも、侵食を激化させる要因として作用する。また、温暖化に伴う海面上昇も将来にわたる侵食要因としてあげられている。これらの効果が実際にどの程度きいているのかは、今後さらに検討する必要があるが、フィジーのヴィチレブ島全島さらには南

太平洋全域において海岸侵食が発生していることを説明する要因として考え得るものである。

また、他の島の例で見たとおり、居住地拡大のための埋め立て、港湾や海上道路などの構造物建設など、人為的な要因も大きい。こうした要因が複合的に作用することによって、南太平洋全域で海岸侵食問題が顕在化してきたと考えられる。

3. 海岸侵食対策の現状と問題点

それでは、海岸侵食に対する対策の現状はどうであろうか。南太平洋地域で大規模な対策がとられているのは、スバ、ラウトカ（フィジー）、ヌクアロファ（トンガ）など首都や都市周辺の海岸だけである。南太平洋の島では現地住民の村落は多く海岸部にあるが、侵食問題にはほとんど対策がとられていないか、極めて初歩的な護岸対策が施されているにすぎない。一般的な対策は、石やごみ、コンクリート塊などを海岸線に並べるという直接的で対症療法的なものであった（写真-4）。もっとも“進んだ”対策でも石あるいはコンクリートによる直立護岸であり、村落の防護対策が海岸侵食を悪化させている

事例もあった（写真-5）。

現状の対策の問題点は、1)海岸侵食に関する科学的・工学的知識の不足、2)材料の不足あるいは強度不足、3)施設設計の問題、4)政府など公共部門の財政的、制度的弱点、に分類される。工学的な課題に対しては、さらに1)設計及び構造的の問題、2)効果及び環境上の問題、3)コスト、の3点に分類でき、その内容を表-2に整理した⁹⁾。

海岸侵食に関する工学的知識の不足は、この地域の一般的な傾向である。SOPACやSPREP等の国際機関による調査やオーストラリア、ニュージーランド、日本などの研究機関による調査はあるものの、その蓄積や侵食対策のための観測データは極めて限られている。さらに、構造物の設計・施工については、ほとんど経験的なものになっているため、表-2に示すように、極めて初歩的な問題が生じている。

工学的な問題で顕著なのは、直立護岸に付随する問題と使用する材料の問題であった。直立護岸では、前面での堤脚保護がほとんど行われておらず、洗掘や土砂の吸い出しが発生し、護岸が倒壊した場所もあった。また、消波あるいは護岸目的で、コンクリート詰めドラム缶、蛇籠、砂袋が使用されている

表-2 南太平洋の護岸方法に関する工学的問題点

大分類	問題点	説明及び例
1) 設計及び構造的の問題	経験的な護岸方法	・ 木ぐい、ごみ、古タイヤ、自然石などを用いた経験的で効果の小さい護岸方法が多い ・ マングローブ植林など一部に見るべき優れた例がある
	鉛直構造物の多用	・ ほとんどの護岸構造物が石積みの鉛直壁である
	消波・堤脚保護の欠如	・ 堤体前面が無防備で破壊を招きやすい
	材料の脆弱性	・ 44ガロンドラム缶、蛇籠、砂袋など使用される材料が劣化しやすい ・ コンクリートブロックは少ないが、使われる場合質が悪く破壊しやすい
	堤脚の侵食	・ 堤体前面の侵食が生じる例が多い
	背後の吸い出し・堤体の破壊	・ 越波によって裏込めの吸い出しが生じる ・ 石や裏込め土砂の散乱
2) 効果及び環境上の問題	前面の侵食	・ 鉛直護岸前面の砂浜の侵食が生じる
	リーフ内の水位上昇	・ リーフ内に構造物を建設すると、波のセットアップによって水位上昇が生じ、リーフ内の流れが誘起される ・ 自然の流れを遮断する
	土砂輸送の遮断	・ 突堤や海中道路の建設による沿岸漂砂の遮断が生じる ・ 漂砂の上手側の堆積、下手側で侵食が生じる
	景観	・ 自然の景観を劣化させる
	住民の利用など	・ 海岸へのアクセスの悪化 ・ 不均一な防護の利益によってコミュニティ内の摩擦が生じる ・ 人工的構造物への受容生に差がある
3) コスト	高コスト	・ 近代的護岸（トンガ、クック諸島等）や海中道路（キリバス）は極めて高価で海外援助がなければ建設できない ・ コンクリートブロックも通常高価である ・ 安価に入手できる材料による護岸では効果が小さい ・ 各国に技術力がなく、設計・施工を海外に頼らなければならない
	建設費	・ 建設機械の利用、労働力のコストも大きい

がほとんどの場所でドラム缶やワイヤー、布が腐食し中込が散乱する結果になっていた。この地域ではコンクリートブロックは高価であり、使用されるケースは少ない。しかも、使用されているのが50cm四方程度の直方体ブロックであり、サイクロンなどの高波浪に対しては重量が極めて不足している。すなわち、この地域では、護岸構造物の設計から材料の選択、施工まで工学的な知識がほとんど導入されていないのが実態であった。

4. 海岸保全の課題

上記の調査・分析に基づいて、南太平洋島嶼国における海岸防護の全般的な課題を検討した。この地域は、自然条件（サンゴ礁・マングローブの発達、貿易風やエルニーニョの存在、海面上昇の脅威など）にしても、社会条件（現地住民の海岸との強いつながり）にしても極めて固有性が高い環境条件である。多くの海岸は村落の共同所有であり、生活空間の一部になっている。一方、政府などの公的部門から村落、個人に至るまで財政的・技術的基盤は極めて弱い。したがって、こうした地域の自然・社会環境的条件を十分考慮した海岸保全対策が必要である。

その際に重要なのは、海岸工学に基づく工学的技術と地域の固有条件をうまく結びつけることであると考えられる。この地域が持つ有利な条件は、サンゴ礁やマングローブといった「自然の防波堤」の存在である。それを重視し、自然地形を保全することによってその機能を維持・拡大しながら、危険な場所では人工構造物を組み合わせることが有効である。これは、日本の面的防護方式を自然地形と人工構造物との組み合わせによって実現する方式と考えることができる。しかし、将来の海面上昇や気候変動の影響を考えると、最終的には村落の一部を背後あるいは標高の高い場所に移転させるといった撤退策も必要である。こうした視点に基づいて、筆者らは、機能、設計、コスト、住民の受容性、持続性の観点から、構造物を含めた護岸方式の評価ガイドラインを作成中であるが、別の機会に紹介したい。

最後に、現状の海岸侵食対策の問題点は、政府機関の財政力の低さや技術的レベルの問題を背景にしており、克服のためには、各国レベルで海岸侵食に対する工学的な「能力形成（担当機関と人材）」が必要となっている。しかし、科学的・工学的能力が必要とされる分野は多く、人口の少ない島嶼国で全ての課題に対して自前で対応するのは不可能である。そうであれば、南太平洋の地域内協力として地域機関の中にこの地域に即した技術力を持った人材を確保するなどの対応が必要であろう。

5. 結論

南太平洋島嶼国では、1960年頃以降多くの島で海岸侵食問題が発生し、現在では重大な問題になっている。データが不足しているために原因の特定は難しいが、おそらく複合的なものであろう。1960年以前には護岸構造物が存在しなかったことを考えると、過去40年間程度の間はこの地域における大きな自然的、社会的環境変化が生じたことを伺わせる。

一方、海岸侵食に対して、十分な他対策がとられていない。現状の対策の問題点は、1)海岸侵食に関する科学的、工学的知識の不足、2)材料の不足あるいは強度不足、3)施設設計の問題、4)政府など公共部門の財政的、制度的弱点、に分類された。

南太平洋島嶼国の自然的・社会的条件を十分考慮した海岸保全対策が必要である。重要な観点の1つは、サンゴ礁やマングローブといった「自然の防波堤」の機能を維持、活用し、それと人工構造物を組み合わせることである。これらを含めて、構造物を含めた護岸方式の評価ガイドラインの提案が有効である。

参考文献

- 1) Nunn, P.D.: Environmental Change in the Pacific Basin, John Wiley and Sons, 1999.
- 2) SOPAC: Coasts of Pacific Islands, Miscellaneous Report 222, 1992.
- 3) SOPAC: Coastal and Environmental Geoscience Studies of the Southwest Pacific Islands, Technical Bulletin 9, 1977.
- 4) Dau E.: A review of Coastal Protection Structures with Comments on their Structures and Effectiveness. Mineral Resources Department, Engineering Geology Unit, Suva, 1996.
- 5) Gillie, R.D.: Causes of coastal erosion in Pacific island nations, Journal of Coastal Research Special Issue No.24, pp.173-204, 1997.
- 6) Mimura, N. and P.D. Nunn: Trends of Beach Erosion and Shoreline Protection in Rural Fiji, Journal of Coastal Research, pp.37-46, 1998.
- 7) Sem, G., N. Mimura et al.: Coastal Vulnerability and Resilience in Tuvalu, Assessment of Climate Change Impacts and Adaptation Phase IV, SPREP, EAJ, OECC, 1996.
- 8) Mimura, N. and N. Plesikoti: Vulnerability of Tonga to future sea-level rise, Journal of Coastal Research Special Issue No.24, pp.117-132, 1997.
- 9) Vanualailai, P. and N. Mimura: Present situation of coastal protection system island countries in the South Pacific, Proc. APAC2003, 2004.