

A-0805 環礁上に成立する小島嶼国の地形変化と水資源変化に対する適応策に関する研究

(6) 情報の統合化と適応策に関する研究

独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター 山野博哉

独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター 松永恒雄

〈研究協力者〉 独立行政法人国立環境研究所

江守正多・高橋 潔

平成20～22年度累計予算額：20,135千円（うち、平成22年度予算額：5,528千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 環礁上に成立する小島嶼国は、標高が最大数m、幅数100mと低平な環礁州島から形成されるため、地球温暖化に伴う海面上昇による地形変化や降水量変動による水資源変化の影響が最も深刻であると考えられる。本サブテーマにおいては、こうした小島嶼国における自立的かつ効果的な適応策の立案を目的とし、小島嶼国の危機に関する全体像を描出した。その上で、第一に、国土の基盤情報（地形図、海域生物分布図 [ハビタットマップ]、ハザードマップ等）を整備した。また、こうした基盤情報と他のサブテーマから得られる情報を統一的なフォーマットで統合して過去から現在までの環礁州島の維持機構と環境収容力を評価した。さらに、以上の科学的知見に基づき、適応策の整理を行った。重点対象地の一つであるツバルにおいては、要因において重要なものが、グローバルな要因である海面上昇と降水量変動、ローカルな要因である人口増加にともなう土地利用変化と汚染にあることが示された。適応策としては、元湿地帯を示したハザードマップによる都市計画の立案、海浜植生やサンゴ・有孔虫の保護区域の設定とともに、汚染の低減やサンゴ・有孔虫の増殖によって生態系を積極的に回復させて砂生産を増大させること、タロイモ畑における淡水保水力のある土壌を導入すること、環礁間や島外のネットワークを促進する運輸手段の増強を行うことなどが提案された。環礁州島の立地条件や歴史は多様で、それに従い、環礁州島は多様な構造を持つ。本研究で整理した点に着目して、こうした多様性を理解し、グローバル・ローカルな要因を特定して具体的な対策を立案し、現地での施策や援助計画に反映させることが必要である。

[キーワード] 小島嶼国、地球温暖化、環境収容力、影響予測、適応策

1. はじめに

小島嶼国は、利用可能な土地と資源が限られており、環境変動に対する脆弱性がきわめて高い。IPCCでは第三次・第四次報告書¹⁾において、ともに一章を小島嶼国にあて、環境変動に対する適応策が必要であるとしている。中でも、熱帯の環礁上に成立する小島嶼国（ツバル、キリバス共和国、マーシャル諸島共和国、モルディブ共和国など）は、国土のほぼすべてがサンゴ礁起源の砂からなる環礁州島から形成され、標高が最大数m、幅数100mと低平で、環境変動の影響が最も深刻であると考えられる。

環礁は世界に400から500存在し²⁾、およそ70万人が環礁州島に居住している³⁾。環礁州島は、サンゴ礁に生息する造礁サンゴ（以下、サンゴ）や大型底生有孔虫（以下、有孔虫）など石灰化を

行う生物起源の砂礫から構成され、環礁州島を被覆する植生が海岸を安定化させ、侵食から守る働きをしている可能性がある。このことは、環礁上に成立する小島嶼国においては、国土の形成維持に、生物（サンゴや有孔虫）による砂生産、運搬、堆積、そして植生による安定化という一連の生態学的、海岸工学的プロセスが密接に関わっていることを意味している。一方、水資源に関しては、河川が無いため、環礁州島における水資源は降水と地下水に限られる。地下水は、地下にレンズ状に浮かんだ構造をしているため、淡水レンズと呼ばれる。淡水レンズの大きさは州島の面積と密接に関係している。淡水レンズの保持されている島の中央部においては、タロイモが栽培され、食糧の供給源となっている。

海面上昇などの危機に対し、環礁州島の住民は移住ではなく持続的な居住を望んでおり自立のかつ効果的な適応策の立案が急務となっている。永続的な居住を確保するために、地形図等国土の基盤情報と気候情報等に基づいて、州島が本来持つ地形や居住の維持機構と環境収容力を見積もり、将来の影響予測を行う必要がある。自立のかつ効果的な適応策の立案は、こうした維持機構・環境収容力とそれらの将来像という科学的知見に基づいて行われなければならない。

2. 研究目的

本サブテーマにおいては、小島嶼国の危機に関する全体像を描出し、適応策の整理を行った上で、サブテーマ1～5で得られた知見を統合し、科学的知見に基づいた自立のかつ効果的な適応策の立案小島嶼国に対して提案し、普及させることを目的とする。

3. 研究方法

現在の小島嶼国の危機は、グローバルな要因とローカルな要因の複合により生じており、ローカルな要因を特定することにより適応策の立案が可能となる。本研究においては、国土の維持に重要な生態学的、海岸工学的プロセスと、地産地消の資源である水資源を中心に、グローバルな要因とローカルな要因に関して、サブテーマ1～5の知見をまとめて危機の全体像を描出した。その上で、適応策を、要因と時空間スケールに基づいて整理し、対象地において効果的な適応策を提案した。

4. 結果・考察

図1にサブテーマの統合の結果明らかとなった地形と水資源に対する危機の構造を示す。以下に各要因に関して概説する。

(1) グローバルな要因

グローバルな要因として最も深刻なのは地球温暖化である。地球温暖化は、水温上昇と海面上昇、降水量の変動をもたらし、それらのすべてが環境問題を引き起こす可能性がある。

1) 水温上昇

水温は、過去100年間に全球平均で0.6度上昇しており、今後100年間で3-4度の上昇が予測されている¹⁾。また、気候変動にともなって起こる可能性のあるエルニーニョ強度の増大は、短期的な水温の上昇をもたらす。こうした水温の上昇により、サンゴが白化してしまうことが大きな問題

として取り上げられるようになった^{4, 5)}。サンゴは褐虫藻と呼ばれる微細藻類を体内に共生させ、その光合成生産物に依存して生きている。サンゴの白化は、環境ストレスにより褐虫藻の光合成系が損傷され、サンゴが微細藻類を放出することにより起こる。このときにサンゴの白い骨格が透けて見え、白くなるため白化と呼ばれる。環境が回復せず白化が長く続くと、サンゴは死んでしまい、結果的にサンゴ礁生態系は劣化する。太平洋やインド洋にある島嶼国は、漁業及び観光の面でサンゴ礁の資源に依存しており、サンゴ礁の劣化は食糧と経済の両方に損害を与えるものである。環礁州島においては、問題はさらに深刻である。サンゴのみならず有孔虫も白化を起こすことが知られており、サンゴや有孔虫の斃死は、島を形成する材料が減ってしまい、国土の喪失が引き起こされることを意味する。

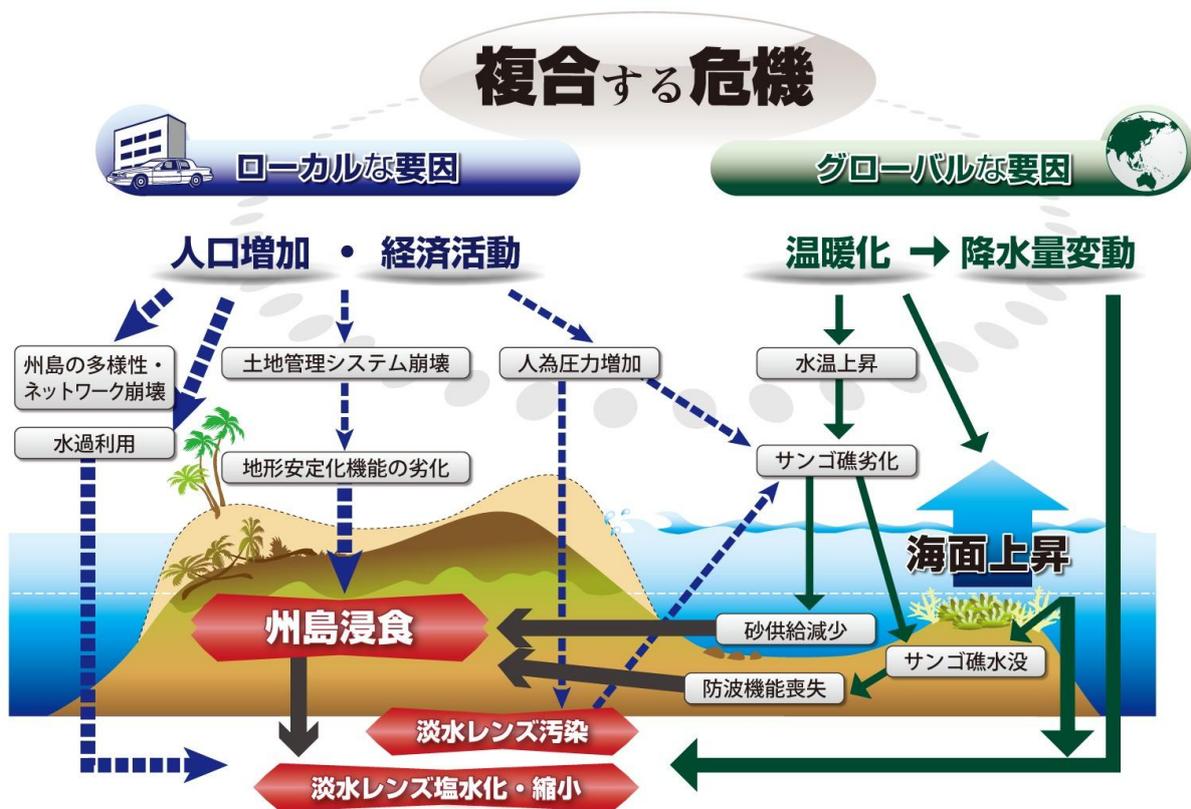


図1. 環礁州島からなる小島嶼国に危機をもたらしているグローバル・ローカルな要因

2) 海面上昇

海面は、現在年に1.8+/-0.5 mm上昇しており、今世紀末には現在と比較して最大59 cmの上昇が予測されている¹⁾。海面上昇は、海岸に到達する波を増大させ、海岸侵食をもたらし、国土の減少を招く。水資源においてはさらに問題は深刻で、海面の上昇が、淡水レンズの塩水化と縮小をもたらす²⁾とともに、海岸侵食が引き起こす州島面積の減少により、複合的に淡水レンズの塩水化と縮小を引き起こす。こうして引き起こされた淡水レンズの塩水化は、タロイモの栽培を阻害し、食糧面でも影響を与える。

3) 降水量変動、気温上昇

熱帯においては、平均降水量が増加すると予測されているが、降水現象の極値の増加が顕著であるとされる¹⁾。年降水量が増加したとしても、極端現象の頻度が増大し、渇水の時期が長く続くことは死活問題となる。また、地上気温は今世紀末には最大6.4度上昇すると予測されており¹⁾、この気温上昇は地表面からの蒸発散量を増加させ、水資源の減少を招く。

(2) ローカルな問題

多くの小島嶼国においては、戦後から現在にかけて、急激な人口増加と都市への人口集中が起こった。この背景としては、港や空港をはじめとする都市機能が急速に整備されたこと、コブラ（ココヤシの果実の胚乳を乾燥したもので、加工食品や工業製品の原料となる）価格の低下によって離島での現金収入の手段が無くなったことなどが挙げられる。人口増加と集中は、資源の過利用と汚染や廃棄物の問題を引き起こすと同時に、土地利用の変化をもたらす。

1) 汚染

小島嶼国においては、排水や破棄物処理施設の整備は進んでおらず、汚染が周辺のサンゴ礁生態系に影響を与えている。マーシャル諸島共和国の首都のあるマジュロ環礁においては、人口の集中した島の周辺では、地下水の硝酸濃度が増大し、それが海域に浸出することによって有孔虫の現存量が大幅に低下している可能性が示されている^{7,8)}。水温上昇と汚染による生態系の劣化は、前述のように、漁業や観光資源だけでなく、環礁州島においては国土を維持すべき砂生産の低下を招く。

2) 土地利用の変化

海浜植生による海岸の安定化機能は、居住地が拡大して海浜植生が伐採されることによって著しく低下している。海浜植生の減少と、港湾設備などの建設による沿岸海底地形や海岸線の地形変更が海岸侵食の大きな原因になっていることが指摘されている⁹⁾。また、ツバルにおける浸水の問題^{10, 11)}は、海面上昇だけでなく、居住地が居住に適さない区域に広がったことによることによってもたらされている。

(3) グローバル・ローカルな要因の複合：ツバルの例

上記で紹介したグローバル・ローカルな要因が複合して、現在の脆弱性を引き起こしていると考えられる。本節では、ツバルを例に、サブテーマ1～5の成果を統合し、グローバル・ローカルな要因がもたらす環境問題をまとめる。ツバルは、南太平洋に位置し、すべての国土が州島からなる、世界で最も脆弱な国家の一つとされる。ツバルでは、第二次世界大戦後に人口の増加が起こり、首都のフォンガファレ島への人口集中が起こった。現在のツバルの総人口は約10000人で、首都のあるフナフチ環礁の人口は約4000人である。ツバルの首都が位置しているフナフチ環礁フォンガファレ島では、現在、高潮位時に島の中央部で浸水が起こっている^{10, 11)}。ツバルにおいては海面が2+/-1 mm/年の速度で上昇しており¹²⁾、地球温暖化による海面上昇による脆弱性が強く指摘されている。浸水のみならず、海面上昇は海岸の侵食をもたらす可能性もある。

1) 浸水

フォンガファレ島の中央部で起こっている浸水には、海面上昇に加えて、ローカルな要因が強

く関わっている。100年前から現在にかけての地質図¹³⁾、空中写真、高解像衛星画像から土地利用を復元した結果、現在浸水の起こっているところは元は湿地帯であり、高潮位時に海水が浸み出していた区域であったことが明らかとなった¹⁴⁾。第二次世界大戦中に米軍によって湿地帯は埋め立てられたが、1978年の独立や鉱山の衰退による海外労働者の帰還、コブラの衰退による現金収入の不足により首都であるフォンガファレ島に人口が集中し、居住地が埋め立て地（元の湿地帯）にまで拡大した。このことによって浸水問題が顕在化したと考えられる。島の中央部での電気探査結果は、潮位変動に伴って外洋側から島内部に海水が侵入する様子を示し、島の中央部がかつて湿地であり、高潮位時に海水が浸み出していた区域であったことと整合的である¹⁵⁾。

2) 海岸侵食（サブテーマ1，4）

一方で、海岸の侵食は島により様々であるが、フナフチ環礁全体では予想とは逆に州島の積算面積が増大していることが、1984年の空中写真と2003年の高解像度衛星画像の海岸線の比較により示されている^{16, 17)}。前述したように、環礁州島の形成維持に、サンゴ礁での生物（サンゴや有孔虫）による砂生産、運搬、堆積、そして植生による安定化という一連の生態学的、海岸工学的プロセスが密接に関わっている。フナフチ環礁全体では、このプロセスが維持されており、海面上昇に対して頑健になっているのかもしれない。しかしながら、首都のあるフォンガファレ島の変化は他の州島に比べて変化はごくわずかであった¹⁶⁾。フォンガファレ島は廃棄物の問題が深刻で⁹⁾、島の周辺では、サンゴが斃死しており、有孔虫も少ない。これは、マジュロ環礁^{7, 8)}と同じく、都市域での汚染の影響によるものと考えられる。地形の維持機構が失われつつあり、減少した砂生産によって将来的に国土が減少してしまう可能性がある。

3) 水資源（サブテーマ2，5）

井戸水の水質調査と電気探査により、フォンガファレ島においては、地下水の大部分は汽水であり、淡水レンズはタロイモ畑部分のみに存在することが示された¹⁵⁾。地下水は飲料水としては使用されず、住民はもっぱら天水を利用している。そのため、水資源は気候変動に対して非常に脆弱である。さらに、海面上昇によりタロイモ畑の淡水が塩水化すると、タロイモの生育が不可能となり、農業面でも多大な影響が生じることが危惧される。

（4）ツバルの脆弱性と適応策

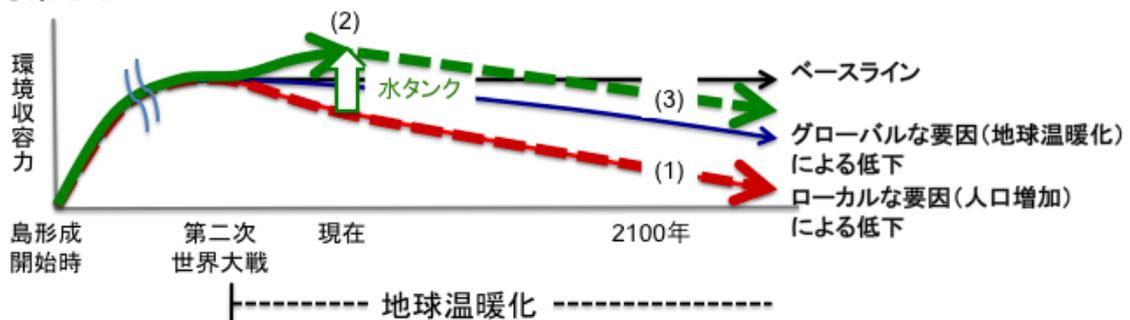
ツバルは、地球温暖化にともなうグローバルな要因と人口増加にともなうローカルな要因の複合にさらされて、その結果として浸水の問題が健在化している。さらに、将来的に国土の減少や水資源の劣化が危惧される。ツバルに限らず、小島嶼国は利用可能な土地と資源が限られており、構造的に同じ問題を抱えていると言って良い。環境変動に対する適応においては、グローバル（地球温暖化）な影響の低減、ローカル（人口増加）な影響の低減に加え、未利用資源の開拓が重要であると考えられる（図2）。淡水レンズの存在しないフォンガファレ島においては、水タンクが多数設置され、渇水期をしのいでいる。このように、自然の状態では活用されていなかった資源の活用を未利用資源の開拓と考える。第二次世界大戦以降の人口の急激な増加と、1950年以降の温暖化傾向は、すでに現在において、水タンクに代表されるように環境変動への適応が始まっていると考えることができる。

社会面での適応も考えるべき要素である。フナフチ環礁においては、少なくとも100年前までは、人々はフォンガファレ島を永続的には利用せず、1年のうち9ヶ月をフォンガファレ島で過ごし、

3ヶ月を同じ環礁内にあるフナファラ島で過ごしていた¹⁸⁾。こうした人々の伝統的な生活様式も、フォンガファレ島が本来持っている脆弱性を支持するものである。また、親族間の社会ネットワークに基づいた環礁間や海外を含めた島外への人々の移動が活発である（サブテーマ3）¹⁹⁾。移動することによって、人々は一つの環礁あるいは州島にとどまらず資源を広く利用していると考えられる。

ツバルにおいては、要因において特に重要なものが、グローバルな要因である海面上昇と降水量変動、ローカルな要因である人口増加にともなう土地利用変化と汚染にあることが示された。元湿地帯を示したハザードマップによる都市計画の立案、海浜植生の回復による海岸保護、ゾーニングによる保護区域の設定とともに、汚染の低減やサンゴ・有孔虫の増殖によって生態系を積極的に回復させて砂生産を増大させること、タロイモ畑における淡水保水力のある土壌を導入すること、環礁間や島外のネットワークを促進する運輸手段の増強を行うことなどが具体的な対策として考えられる。

a: 適応策なし



b: 適応策あり

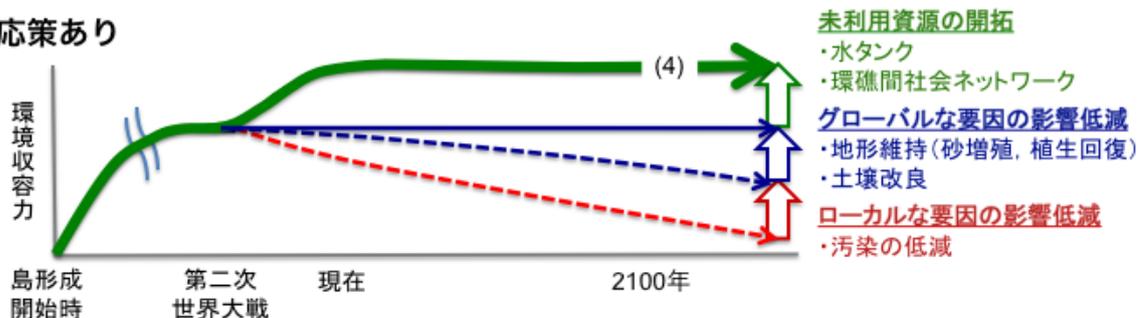


図2. a: 適応策の無い場合の環礁州島の持つ環境収容力（人口）の変化。第二次世界大戦前をベースラインと考えると、今後、グローバル・ローカルな要因両方によってその環境収容力が低下する(1)。現在は、水タンクなどによって環境収容力を上げ、人口増加をまかなっている状態である(2)が、グローバル・ローカルな要因両方によってその環境収容力が低下する(3)と考えられる。b: 適応策を講じた場合。グローバル（地球温暖化）な影響の低減，ローカル（人口増加）な影響の低減に加え、未利用資源の開拓（水タンクなど）により現在の環境収容力が維持される(4)。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究により、サブテーマ1～5の知見が統合され、小島嶼国の危機の構造が明らかになると

ともに、適応策を要因（グローバルな影響の低減、ローカルな影響の低減、未利用資源の開拓）で整理でき、対象地に対して具体的な適応策を提示することができた。本報告書ではツバルを中心に紹介したが、環礁州島の立地条件は多様で²⁰⁾、それに従い、環礁州島は多様な構造を持つ。一つの環礁内においても、そこに分布する州島の地形、形態や面積は多様である。本プロジェクトにおいては、サブテーマ4により、マーシャル諸島共和国において、人口が少なく健全なサンゴ礁生態系の維持されている島の周辺では砂生産が過剰にあり、そこからの養浜も対策として考えられることが示された。環礁に居住を始めた人間は、地形を改変し、農耕栽培を行って景観を形成してきた²¹⁾。こうした人間居住史や社会構造、生活圏形成の歴史も多様である。火山島からなる小島嶼国は環礁とはさらに異なる構造や歴史を持っているであろう。本プロジェクトは、こうした多様性を理解した上で、グローバル・ローカルな要因を特定して具体的な対策を立案し、現地での施策や援助計画に反映させることが必要であることを示した。

（2）環境政策への貢献

本プロジェクト全体の目的と適応策の枠組みに関して、総合科学技術会議「気候変動適応型社会の実現に向けた技術開発の方向性立案のためのタスクフォース」への資料提供を行った。

本研究の成果に基づいて、特にツバルの海岸の生態工学的再生を目指した科学技術振興機構と国際協力機構による地球規模課題対応国際科学技術協力事業「海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持」（代表者：東京大学 茅根創教授）が立ち上げられた。本事業は、上で挙げた項目のうち、汚染の低減やサンゴ・有孔虫の増殖によって生態系を積極的に回復し、砂生産を増大させ、島の砂浜を回復することを目標としている。この目標は、本推進費で得られた科学的知見に基づく適応策をもとに立てられたもので、もし本推進費の知見がなかったら護岸など長期的な島の形成メカニズムを損なうような対策のみに終わってしまったかもしれない。本プロジェクト課題の科学的成果を具体的かつ有効な対策につなげることができたと考えられる。

環礁以外の小島嶼国にもさらにさまざまな自然・社会的問題が存在している。前述のように、本プロジェクトにおいては、水資源・農業管理や社会ネットワークの形成など、他にもさまざまな適応策に展開できる成果が得られた。今後、さらに島嶼国に対する科学的知見を積み重ねるとともに、そこから得られた、さまざまな問題に対する適応策がそれぞれの国に適用・実現されるよう努める。

6. 引用文献

- 1) IPCC (2007) *Climate Change 2007*, Cambridge University Press, London.
- 2) Bryan, E. H. J. (1953) Check list of atolls, *Atoll Research Bulletin*, 19, 1-38.
- 3) Spalding, M., Ravilious, C. and Green, E. P. (2001) *World Atlas of Coral Reefs*, 424pp., University of California Press, Berkeley.
- 4) Hoegh-Guldberg, O. (1999) Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs, *Marine and Freshwater Research*, 50, 839-866.
- 5) Sheppard, C. R. C. (2003) Predicted recurrences of mass coral mortality in the Indian Ocean, *Nature*, 425, 194-297.
- 6) Roy, P. and Connell, J. (1991) Climatic change and the future of atoll states, *Journal of Coastal Research*, 7, 1057-1075.

- 7) Fujita, K., Osawa, Y., Kayanne, H., Ide, Y. and Yamano, H. (2009) Distribution and sediment production of large benthic foraminifers on reef flats of the Majuro Atoll, Marshall Islands, *Coral Reefs*, 28, 29-45.
- 8) Osawa, Y., Fujita, K., Umezawa, Y., Kayanne, H., Ide, Y., Nagaoka, T., Miyajima, T. and Yamano, H. (2010) Human impacts on large benthic foraminifers near a densely populated area of Majuro Atoll, Marshall Islands, *Marine Pollution Bulletin*. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.03.014
- 9) 近森 正 (2008) 環礁の暮らしに学ぶ—環礁の民俗学と考古学, *日本サンゴ礁学会誌*, 10, 1-5.
- 10) 神保哲生 (2004) ツバル—地球温暖化に沈む国, 304pp., 春秋社, 東京.
- 11) Patel, S. S. (2006) A sinking feeling, *Nature*, 440, 734-736.
- 12) Church, J. A., White, N. J. and Hunter, J. R. (2006) Sea-level rise at tropical Pacific and Indian Ocean islands. *Global and Planetary Change*, 53, 155-168.
- 13) David, T. W. E. and Sweet, G. (1904) The geology of Funafuti, in “The Atoll of Funafuti. Boring into a Coral Reef and the Results” (Ed. Coral Reef Committee of the Royal Society), pp. 61-124, The Royal Society of London, London.
- 14) Yamano, H., Kayanne, H., Yamaguchi, T., Kuwahara, Y., Yokoki, H., Shimazaki, H. and Chikamori M. (2007) Atoll island vulnerability to flooding and inundation revealed by historical reconstruction: Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu. *Global and Planetary Change*, 57, 407-416.
- 15) 中田聡史, 山野博哉, 梅澤 有, 藤田昌史, 渡邊真砂夫, 谷口真人 (2010) 比抵抗法による環礁島における帯水層の塩水化評価, *日本リモートセンシング学会誌*, 30, 317-330
- 16) Webb, A. (2006) Tuvalu Technical Report - Coastal Change Analysis Using Multi-Temporal Image Comparisons - Funafuti Atoll, 17pp., South Pacific Applied Geoscience Commission, Suva.
- 17) Webb, A. P. and Kench, P. S. (2010) The dynamic response of reef islands to sea-level rise: evidence from multi-decadal analysis of island change in the central Pacific, *Global and Planetary Change*. doi: 10.1016/j.gloplacha.2010.05.003
- 18) David, Mrs. (1913) Funafuti or Three Months on a Coral Island: An Unscientific Account of a Scientific Expedition, 150pp., Sit Isaac Pitman & Sons, London New York.
- 19) 深山直子・石森大知 (2010) 「沈む」島に暮らすひとびと—ツバル・フナフチ環礁都市部におけるアクチュアリティの一側面—, *史学*, 79, 268-285
- 20) Shimazaki, H., Yamano, H., Yokoki, H., Yamaguchi, T., Chikamori, M., Tamura, M. and Kayanne, H. (2006) Global mapping of factors controlling reef-island formation and maintenance. *Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium*, 1577-1584.
- 21) Yamaguchi, T., Kayanne, H. and Yamano, H. (2009) Archaeological investigation of the landscape history of an oceanic atoll: Majuro, Marshall Islands, *Pacific Science*, 63, 537-565.

7. 国際共同研究等の状況

本プロジェクトは、マーシャル諸島共和国の環境局、ツバルの環境局と共同で推進し、成果は現地でのワークショップを開催して普及を行った。浸水危険区域を示したハザードマップはツバル環境局に提供され、庁内に掲示され活用されている。また、本研究の成果に基づいて、特にツバルの海岸の生態工学的再生を目指した地球規模課題対応国際科学技術協力事業「海面上昇に対するツバル国の生態工学的維持」（代表者：東京大学 茅根創教授）が立ち上げられた。ツバル側のカウンターパートは環境局長のマタイオである。また SOPAC、南太平洋大学とも共同で事業を推進している。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 山野博哉：地図の無い島 —環礁州島における地理情報の整備と地球温暖化に対する脆弱性評価・適応策への応用—。地学雑誌, 117, 412-423 (2008).
- 2) 桑原祐史・横木裕宗・佐藤大作・山野博哉・茅根 創：ツバル国フナフチ環礁における沿岸域土地被覆変化の解析。沿岸域学会誌, 21(2), 21-32 (2008).
- 3) Murase, T., Tanaka, M., Tani, T., Miyashita, Y., Ohkawa, N., Ishiguro, S., Suzuki, Y., Kayanne, H. and Yamano, H.: A photogrammetric correction procedure for light refraction effects at a two-medium boundary. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, **74**, 1129-1136 (2008).
- 4) Fujita, K., Osawa, Y., Kayanne, H., Ide, Y. and Yamano, H.: Distribution and sediment production of large benthic foraminifers on reef flats of the Majuro Atoll, Marshall Islands. Coral Reefs, **28**, 29-45 (2009)
- 5) Yamaguchi, T., Kayanne, H. and Yamano, H.: Archaeological investigation of the landscape history of an oceanic atoll: Majuro, Marshall Islands. Pacific Science, **63**, 537-565 (2009).
- 6) Osawa, Y., Fujita, K., Umezawa, Y., Kayanne, H., Ide, Y., Nagaoka, T., Miyajima, T. and Yamano, H.: Human impacts on large benthic foraminifers near a densely populated area of Majuro Atoll, Marshall Islands. Marine Pollution Bull., **60**, 1279-1287 (2010).
- 7) 中田聡史・山野博哉・梅澤有・藤田昌史・渡邊真砂夫・谷口真人：比抵抗法による環礁州島における帯水層の塩水化評価。日本リモートセンシング学会誌, **30**(5), 317-330 (2010)

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 大西俊次, 今枝良平, 佐野滋樹, 伊藤和弘, 山野博哉, 茅根 創:マーシャル諸島マジユロ環礁におけるGPS測量とジオイド。先端測量技術, **96**, 48-51 (2008).
- 2) 山野博哉, 松永恒雄: サンゴ礁—生物によって形成された地形。宇宙から見た地形。朝倉書店, 東京 (2009).
- 3) 山野博哉: グローバル・ローカルな要因による小島嶼国の環境問題。水環境学会誌, **33**, 234-238 (2010).
- 4) 山野博哉: 地球温暖化に伴う海面上昇, サンゴ礁の島々に迫る危機。地理学事典, 朝倉書店, 東京(印刷中)
- 5) 山野博哉: サンゴ州島, ストームリッジ, マイクロアトール。「地形学事典」, 朝倉書店, 東

京(印刷中)

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) ツバルは本当に沈むのか?—地球温暖化とサンゴ礁の島々—. 招待講演 (駒澤大学, 2008年10月)
- 2) Effect of nearshore bathymetry on submarine groundwater discharge and seawater circulation in the subterranean estuarine. Human Impacts on Urban Subsurface Environment, The 3rd International Symposium, Nov 17, 2009–Nov 18, 2009, 台湾・台北市.
- 3) 細井豪・中村修子・茅根 創・山野博哉・高畑直人・佐野有司: ツバルにおけるハマサンゴ年輪の $\delta^{15}N$ 変動と人為影響. 第12回 日本サンゴ礁学会 (沖縄県本部公民館, 2009.11).
- 4) 茅根 創: 地球温暖化に対するサンゴ礁の応答. 第12回 日本サンゴ礁学会、サンゴ礁学シンポジウム (沖縄県本部公民館, 2009.11).
- 5) Nakada, S., Y. Umezawa H. Yamano and M. Taniguchi. Evaluation of aquifer Salinization in the atoll islands by using Electrical Resistivity, Japan Geoscience Union Meeting 2010, Makuhari, Japan, Mar., 2010.
- 6) 茅根 創・細井 豪・中村修子・佐野有司・梅澤 有・山野博哉: ツバル国フナフチ環礁フォンガファレ島における窒素負荷とサンゴの大量斃死. 第13回日本サンゴ礁学会 (つくばカピオ, 2010.12) .
- 7) 中村修子・茅根 創・飯嶋寛子・T. R. McClanahan・S. K. Behera・山形俊男: インド洋ケニアのサンゴ酸素同位体比に現れる気候シグナルの解析. 第13回日本サンゴ礁学会 (つくばカピオ, 2010.12) .
- 8) 飯嶋寛子・茅根 創・山野博哉: 化石サンゴの酸素安定同位体比および Sr/Ca による西太平洋熱帯域の水温復元. 第13回日本サンゴ礁学会 (つくばカピオ, 2010.12) .
- 9) 中田聡史・山野博哉・梅澤 有・谷口真人: 環礁洲島における地下水塩水化. 日本サンゴ礁学会13回大会, つくば 2010年12月.
- 10) 梅澤 有・中田聡史・谷口真人・利部 慎・浅井和由・Greg Wolff・Gunter Koepke・山野博哉: 環礁洲島における地下水滞留時間の推定. 日本サンゴ礁学会13回大会, つくば 2010年12月.
- 11) Taniguchi M., S. Nakada, Y. Umezawa, H. Yamano. Sustainable use of groundwater in Atoll Islands, American, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, 2010.12
- 12) 深山直子, 山野博哉 (発表受理) つくられた脆弱性 ツバル・フォンガファレ島における文理融合研究の試み. 日本文化人類学会第45回研究大会.

(3) 出願特許

とくに記載すべき事項はない。

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

- 1) マーシャル共和国・マジュロ市民セミナー, 2009年08月06日-2009年08月06日, マーシャル共和国・マジュロ環礁・ウリガ島.
- 2) Tuvalu on the Front Line of Coral Reef-Human Symbiosis Studies: A Dialogue between

Analysis and Interpretation (2009年7月25日、慶應義塾大学三田校舎、観客90名)

(5) マスコミ等への公表・報道等

とくに記載すべき事項はない。

(6) その他

小島嶼国と沿岸環境に関するIPCC報告書の翻訳を行った。

- 1) 山野博哉、松久幸敬 訳：“気候変動2007：影響、適応と脆弱性”、気候変動に関する政府間パネルの第4次評価報告書に対する第2作業部会の報告、第6章 沿岸システムおよび低平地、(独)国立環境研究所 (<http://www-cger.nies.go.jp/index-j.html>) (2009)
- 2) 山野博哉、松久幸敬 訳：“気候変動2007：影響、適応と脆弱性”、気候変動に関する政府間パネルの第4次評価報告書に対する第2作業部会の報告、第16章 小島嶼、(独)国立環境研究所 (<http://www-cger.nies.go.jp/index-j.html>) (2009)