通巻740号 2017年1月1日発行（毎月1回1日発行） 1956年10月16日第3種郵便物認可
ISSN0577-9308

地理

1月号 January
KOKONSHOIN Vol.62,2017

株式会社古今書院
Facebook
から最新情報を入手！



特集　環境問題解決への科学者の役割

近藤昭彦・木本浩一・中村秀規・山岡耕春・堀井雅恵
奥田　昇・淺野悟史・脇田健一・蔵治光一郎・洲崎燈子
丹羽健司・手代木功基・菅　浩伸・中島洋典・窪田順平

【新連載】地理でコミュニケーション！ 長谷川直子

ボーダースタディーズ⑩　移民と境界 北川眞也



11月増刊「シーボルトが日本で集めた地図」*好評発売中！*

インド洋の環礁国モルディブの首都マーレの景観。洲島の地盤を構成するサンゴ礁の縁まで埋め立てが進み，多くのビルが立ち並ぶ。世界一都市化が進んだ環礁洲島である。（2007 年 9 月，菅撮影）

太平洋・インド洋の環礁国

菅 浩伸・中島洋典 （本文 52 ページ）





太平洋の環礁国ツバル・フォンガファレ島中央部の旧低湿地に建設された発電所（左）と気象台（右）（2008 年 3 月の大潮高潮時，菅撮影）

太平洋の環礁国キリバス



→南タラワ Eita 集落付近の空撮写真　写真上の外洋側から礁湖側に引かれた短冊状の地割りに沿って大家族の家が並ぶ。（2009 年 9 月，菅撮影）

↓石垣で囲まれた南タラワ礁湖側の海岸（右）と，そのようにして造られた新しい宅地（左） 海岸を所有する住民によって礁湖側へ突出した石垣が築かれ，しばらく放置して砂が溜まると，さらに砂を入れて土地を造成する。





アフリカ・砂漠化問題の現場

手代木功基 （本文 46 ページ）



村人とともに雑草の調査を実施（手代木撮影）

ナミビア北中部の農村では，広義の砂漠化（土地荒廃）現象として，雑草の耕作地への繁茂がみられる。長期的な問題解決にむけて基礎的な情報を収集しようとする私に対して，住民からは，一時的な解決でも構わないから除草剤を早く散布してほしい，という声が多く聞かれた。環境問題の解決を目指すためには，こうした環境問題に直面する住民との個人レベルでの関係性を考慮することが重要である。

地理
62-1
Jan. 2017

特集　環境問題解決への科学者の役割

環境問題の現場における科学者とステークホルダーの協働　近藤昭彦　10
ステークホルダー「と」科学者における「か」の問題　木本浩一　18
臨床火山防災学の試み　中村秀規・山岡耕春・堀井雅恵　25
超学際科学に基づく順応的流域ガバナンス　奥田　昇・淺野悟史・脇田健一　32
森林環境問題の解決における科学者の役割　蔵治光一郎・洲崎燈子・丹羽健司　40
地域の人々といかに関わるか　手代木功基　46
太平洋・インド洋の環礁国における土地利用と国土の脆弱性　菅浩伸・中島洋典　52
地域の水資源管理における地域との協働　窪田順平　58

新連載

地理でコミュニケーション！　1
地理のアウトリーチ・科学コミュニケーション活性化のために　長谷川直子　4
新・地理フォトエッセイ　1
八郷に点在する茅葺きの長屋門　穂積修一　88

連載最終回

新シルクロード紀行　天山北路を往く　6
五彩湾のヤルダン地形　中家恵二・今村遼平・上野将司・長田真宏　96

情報

ちょっとお知らせ　122
前号紹介／次号予告／編集後記　121

＊連載「はたらく地理学の現場から」、「東アジア　海を渡ったモノと文化」、「地理ちりブログ」は休載します。

連載

「なぜ？」から始まる風景学　12
ニュージーランドの自然を風景から読み解く2―北島トンガリロ国立公園―　小泉武栄　65
カンボジア　復興から発展のステージへ　2
国内交通の新事情～変わる物流と観光～　高橋珠州彦　72
ボーダースタディーズで世界を読み解く　10
移民と境界―分有され、移動し、包摂する境界と移民の自律性―　北川眞也　80
学校でジオパーク！　8
みんなで広げる教育活動―男鹿半島・大潟ジオパークの取り組み―　渡部公成　102
地理でアクティブ・ラーニング　7
地図を中心に置いた授業―中学社会科地理的分野「地域区分」を例に―　加藤敦史　108

書架

『殺人ザルはいかにして経済に目覚めたか？』（ボール・シーブライト著）　佐藤廉也　115
『都市をたたむ』（饗場　伸著）　堤　純　116
『人材・介護サービスと地域労働市場』（加茂浩靖著）　山本健兒　117
『屋久島ジオガイド』（島津　弘編著）　吉田英嗣　118
『江戸のパスポート』（柴田　純著）　渡辺理絵　119
『日本震災史』（北原糸子著）　井上公夫　120

広告

（一財）日本地図センター　表2
謹賀新年広告　114

カラー口絵

特集：環境問題解決への科学者の役割（近藤昭彦・手代木功基・菅浩伸・中島洋典）／ニュージーランドの自然を風景から読み解く②（小泉武栄）／新シルクロード紀行：天山北路を往く⑥（中家恵二ほか）

表紙



表紙説明　マーシャル諸島共和国・マジュロ環礁
低く狭いサンゴ洲島の隅々まで住居が並ぶ．
（1999年8月，菅　浩伸撮影）

特集◎環境問題解決への科学者の役割

太平洋・インド洋の環礁国における土地利用と国土の脆弱性

菅 浩伸・中島洋典



太平洋・インド洋には、環礁上に成立した低平なサンゴ洲島で国土が成り立つ環礁国がある。低平なサンゴ洲島は温暖化に伴う海面上昇によって水没する、と一般によくいわれる。しかし現実には、上昇した海面のもとで海岸に打ち寄せる波浪が増大し、海岸侵食によって島が消失することが懸念されている。ここでは太平洋・インド洋の環礁国で筆者らが行ってきた現地調査から明らかになった洲島の地形と土地利用、および災害の実態をもとに、温暖化時代の脆弱性と持続可能性を考える。

1. ツバル

まず、地球温暖化に伴う海面上昇の影響が危惧されている太平洋の国、ツバルを紹介しよう。ツバルは総面積26㎢、人口約1万人（2016年1月）の環礁国である。国土人口の半数が居住する南緯8・5度のフナフティ環礁にあるツバル最大の洲島フォンガファレ島中央部が、この国の中心地である。

この中心地を横切るように外洋側から礁湖側へと測量した地形断面を図1に示す。ここでは、外洋側に高度3mを超えるストームリッジが発達する。その背後の低地には発電所など新しい施設が立地する。空港の滑走路は大潮の高潮時でも冠水しないよう、盛り土でかさ上げされている。波が穏やかな礁湖側に位置するビーチリッジは高度2mほどあり、高潮時にも冠水しない。政府の庁舎や旧来からの住民の居住地は、このビーチリッジ上にある。ストームリッジ背後の低地は、発電所などの新しい大規模施設用地として利用されているが、旧来の低湿地であるため大潮高潮時には冠水する。

写真1はツバルに関する報道でよく取り上げられる場所である。空港の北端、ストームリッジの背後の旧低湿地に位置する新興住宅地の公民館で、大潮高潮時に冠水する。人口が増えつつあるツバルでは、1970年代以降、首都のあるフォンガファレ島への人口集中が顕著になり、2002年には総人口の約47%がこの島に居住する状態になった。過去の地図や空中写真を参照すると、新たに島に入ってきた住民の居住地は旧来の低湿地に造られていることがわかる(1)。

2. キリバス

赤道域に位置するキリバス共和国は総面積730㎢、人口約10万3千人（2010年）の環礁国である。首都南タラワには約3万4千人が居住する。旧来からの住民が居住する地域では、多くの環礁洲島で見られるように外洋から礁湖側に洲島を横切る短冊状の地割りを行って、大家族単位で土地を所有する（口絵参照）。高度も高く、3mに達するところもある。一方、新しく住宅地となった地域の高度は2m以下と低く、町工場や商店、学校などが混在する。

南タラワの礁湖沿いの海岸には、礁湖側へ突出した石垣が随所で見られる。そこは本来ならば白い砂浜が続いているはずであるが、海岸を所有する住民によって石垣が築かれている（写真2）。住民は石垣を築くとしばらくそのま

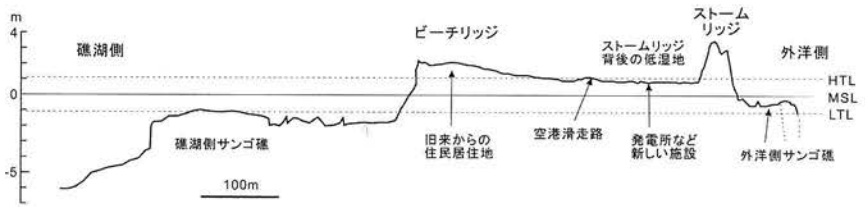


図1 ツバル・フォンガファレ島中央部の断面図
MSL：平均海面，HTL：大潮高潮位，LTL：大潮低潮位．空港滑走路は盛り土によって大潮高潮位よりわずかに高くなっている．



写真1 大潮の高潮時に冠水するツバル・フォンガファレ島新興住宅地の公民館（2008年3月，菅撮影）



写真2　石垣で囲まれた南タラワ礁湖側の海岸

ま放置し、堆積物によって次第に埋まってくるのを待つ。そしてある程度砂が溜まってきたときに、自分たちで運んできた砂を入れて土地を造成する（口絵参照）。これによって、新しく南タラワへやってきた親族を迎えたり、増えた家族に宅地を提供することが可能となる。すばらしい土地拡大術のように見えるかもしれないが、海岸の堆積物収支を考えると楽観はできない。海岸の一部でこれだけの堆積物をトラップすると、他の場所で海岸侵食が進むはずである。

3．海面上昇と居住地高度

ツバルとキリバスを例として、低平なサンゴ洲島上で古くから生活をしてきた住民と、洲島の都市化にともなって移住してきた新住民の居住地高度の違いをみてきた。新住民の居住地は旧来からの住民の居住地より低く、浸水などの被害を受けやすい。一方、冒頭で述べたように、これらの環礁洲島は全球規模の温暖化に伴う海面上昇によって国土の消失や水没が危惧されている。海面上昇はどの程度の規模でこれらの島々を襲っているのであろうか。

南太平洋の環礁国では1990年代以降の海面上昇速度が年平均3・1～4・0㎜であることが実測潮位をもとに計算されている[2]。図2はキリバスのタラワ環礁に設置された潮位計で観測された海面変化である[3]。中央のグラフが平均海面の変化、上下のグラフは最高海面と最低海面の変化を示す。上下の差は主に潮汐による海面変化（高潮位と低潮位の差）で、2m以上ある。

平均海面の変化では1997～1998年に起こった約20～35㎝の海面低下が最も大きい。これは、エルニーニョと南方振動（ENSO）に伴うものである。ENSOは南太平洋地域の海面変動に影響を与える広域スケールの現象である。太平洋の東西における気圧差が小さくなり、貿易風が弱まる。その結果、海面高度が東太平洋で通常時より上昇し、西太平洋で低下する。キリバスは太平洋の西寄りに位置するため、ENSOによって通常時より海面が低下することになる。なお、ENSO時には水温も変化する。通常時に高海水温を示す西太平洋で低下し、東太平洋の水

温が上昇する。それに伴ってそれぞれの地域の降水量も変化する。これらの海面の振る舞いに対して、環礁洲島における住民の居住地高度には1m以上の高度差がある。

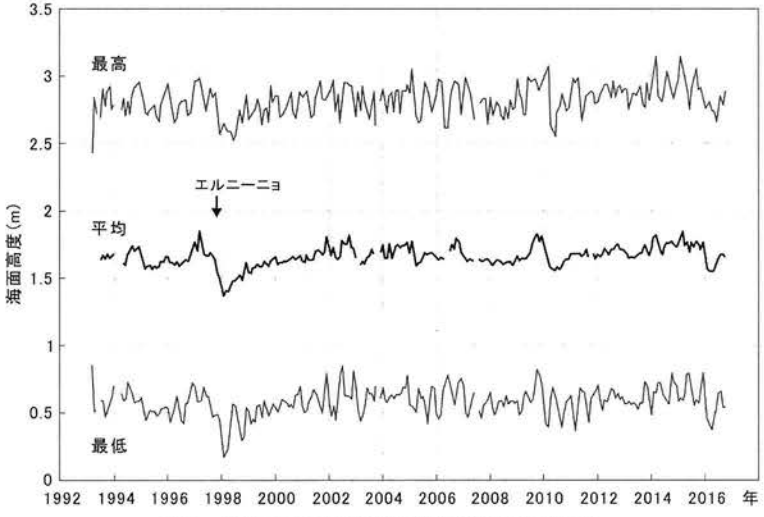


図2　キリバスにおける海面高度（月別値）の変化
オーストラリア政府の観測[3]による．中央が平均海面，上が高潮位，下が低潮位の変化をあらわす．

以上のように、温暖化による海面上昇のように全球スケールで進行している問題と、ENSOのような広域スケールで発生する現象、住民の居住地選択のように地域スケールで発生する問題は、それぞれ大きさとタイムスケールが異なり、これらが複合して地域の問題群をつくっている。ツバルやキリバスでみられる変化の大きさは、地域スケール、広域スケール、全球スケールの問題の順に大きく、人口移動に伴う土地利用変化のスピードと規模がきわめて大きいことに気付くことができる。

4．環礁洲島の都市化と脆弱性の増大

インド洋のモルディブ共和国は、大小23の環礁上に形成された約1200のサンゴ洲島が総面積298㎢の国土を構成し、188の住民島に人口40万2千人（2014年）が居住する。ここでは2004年インド洋大津波調査の際、北部から南部の43島にて地形断面測量を行い、津波遡上高と被災状況を記録しながら、断面周辺の土地利用を記載して居住域の高度を求めたことがある[4]。北部では外洋側にストームリッジが発達し、帯状の植生分布がみられる洲島が



写真3　モルディブの首都マーレ（口絵参照）
洲島の地盤を構成するサンゴ礁の縁まで埋め立てが進み，多くのビルが立ち並ぶ。世界一都市化が進んだ環礁洲島である（2007年9月，菅撮影）．

多く、津波による被害は少ない。一方、中南部では低く平坦な洲島が多く、津波進入方向の環礁東側で甚大な被害を受けた島が多い。低く平坦な洲島は海面上昇に対しても脆弱性が高いと考えられる。

モルディブ共和国でも都市部への人口集中が進む。首都のマーレ島（写真3）には国人口の38％にあたる15万4千人（2014年9月）が住んでおり、人口密度は7万7千人／㎢に達する。マーレ島のもともとの面積は1㎢程度であったが、埋め立てによって面積が約2倍になった。

マーレ島では1987年の高潮災害の後、マーレ島を囲む防波堤が建設された。2004年12月26日に発生したインド洋大津波時には、同島の約3分の2の地域で浸水したものの、防波堤によって構造物の破壊など壊滅的被害は免れた。今後の海面上昇による海岸侵食に対しても、防波堤の建設は効果的と考えられている。

地方の環礁でも防波堤や学校・病院などのインフラ整備が進んだ島には人々が移住を希望する。政府も限られた予算で効果的なインフラ整備を行うためには、投資対象とする洲島を限定して住民の移住を促す方が良い。このように政府の思惑と住民の要望が合致して、特定の洲島で都市化が進む。それぞれの洲島には十分な高度を持った土地がきわめて少ないにもかかわらず都市化が進むため、本来居住に不適な土地も開発せざるを得ない。このように環礁国の脆弱性は、グローバルな海面上昇の影響だけでなく、住民の急速な移住によって引き起こされる人口偏在化の側面からも考える必要がある。

環礁上に成立する洲島の規模は小さく、都市化に伴って洲島周囲では埋め立てや浚渫など堆積物の再配置も進んでいる。2002年にはマーレ島北東部で洲島を支えるサンゴ礁の一部が崩壊し、その周辺に多数の亀裂が発見された。礁湖に面したマーレ島北部はモルディブの表玄関として、ビルの建設や埋め立て、港湾整備に伴うサンゴ礁の開削などの開発が盛んに行われている。潜水調査を行ったところ、崩壊現場付近では薄い壁状の礁構造が天然の防護壁として、礁内の未固結堆積物を保持する役割を果たしていた。堅い天然防護壁が失われた崩壊現場では、むき出しになった礁内の砂礫が小規模な崩落を続けていた。

モルディブ政府は我々の調査結果を重く見て、崩壊現場のすぐ近くで計画されていた高層ホテル建設を変更し、空港とマーレを結ぶ船（ドーニ）の旅客ターミナルのみを建設することにした。サンゴ礁の地盤は未固結の堆積物が多いところもあり、場所によってはそれほど強固ではない。環礁の洲島で発生した地盤問題は、環礁国における国土開発に限度があることを示唆している。

モルディブの事例は『温暖化と自然災害―世界の六つの現場から』[5]で紹介してあるので、それを参照していただきたい。今後の海面上昇対策として施されるインフラ整備が、結果としてさらなる人口偏在化を促し、次の応答・連鎖を導く可能性があることにも想像力を巡らせる必要がある。世界の環礁国でみられる問題群は、人や社会の振る舞いを地域の自然環境の中で調和させるような策を講じていかなければ、さらなる災害を招いてしまうことを教えてくれている。ステークホルダーは人間だけではない。

【引用文献】

(1) Yamano, H. et al. (2007) Atoll island vulnerability to flooding and inundation revealed by historical reconstruction: Fongafale Islet, Funafuti Atoll, Tuvalu. *Global and Planetary Change*, 57, 407-416.

(2) Australian Government (2011) South Pacific Sea Level and Climate Monitoring Project: Sea Level Data Summary Report, July 2010 to June 2011. Bureau of Meteorology, Australian Government, 39pp.

(3) Australian Government (2016) Monthly sea level at Betio, Kiribati. Bureau of Meteorology, Australian Government. http://www.bom.gov.au/ntc/IDO70060/IDO70060SLI.shtml

(4) Kan, H. et al. (2007) The 2004 Indian Ocean Tsunami in the Maldives: scale of the disaster and topographic effects on atoll reefs and islands. *Atoll Research Bulletin*, No. 554, 1-67.

(5) 菅　浩伸（2009）「モルディブ諸島にみる環礁立国崩壊の危険性―災害と開発の連鎖」，『温暖化と自然災害―世界の六つの現場から』所収，古今書院，59―84頁。

かん　ひろのぶ・九州大学大学院地球社会統合科学府および共創学部（2018年4月設置予定）主幹教授，九州大学先導的学術研究拠点「浅海底フロンティア研究センター」センター長　1963年京都府生まれ。広島大学大学院生物圏科学研究科博士課程修了。専門は自然地理学。主な著作に『*Encyclopedia of Modern Coral Reefs*』（共著，Springer），『温暖化と自然災害―世界の六つの現場から』（共著，古今書院）。最近の関心事：最先端のマルチビーム測深機を用いて地図のない沿岸域の精密海底地形図を作成し，その上で先進的な学際研究を展開する試みを行っています。未知のエリアを探検するような研究活動です。詳しくはホームページ（http://www.scs.kyushu-u.ac.jp/kan）で。

なかしま　ようすけ・有明工業高等専門学校一般教育科教授　1957熊本県生まれ。筑波大学環境科学研究科修士課程修了。専門は自然地理学。主な著作に『熱い心の島』（共著，古今書院）。