

大項目	2	持続可能な社会の実現に向けた地球的課題と国際協力			
中項目	2-2	地球的課題とは何か。			
小項目	2-2-1	世界の自然の大局を理解して地域多様性や地域的課題を考える基礎としての自然地理—世界の自然の見方を学（スケールや見方を変えると見えてくるものが変わる）			
細項目 (発問)	2-2-1-8 海面上昇	海面上昇は、人間生活にどんな影響を与えますか。			
作成者名	平井 幸弘	作成年/修正年	2017/2021/2023/2024	Ver.	1.3
キーワード 5~10 個程度	適応策、地域的対応、海面上昇ハザードマップ、海岸侵食、洪水激化、塩水侵入、住民参加、順応的対応				

#### 発問の意図と説明

##### (1) 気候変動（地球温暖化）への対応としての適応策では、どのようなことが重要ですか。

2015 年秋にパリで開かれた国連気候変動枠組み条約の第 21 回締約国会議（COP21）では、温室効果ガスの排出を削減し地球の気温上昇を産業革命前に比べて 2℃、さらには 1.5℃未満に抑えることを目標とする法的枠組として、「パリ協定」が採択されました（参照 URL 1）。全 21 条からなるこの協定の中では、温室効果ガスを削減する「緩和」（第 4～6 条）とともに、気候変動（温暖化）による影響や被害を軽減するための「適応」（第 7 条）についても重要な項目として記述されています。その背景として、これまで国際社会の対応は主に緩和策に関するものでしたが、すでに多くの国とくに開発途上国において、気候変動の影響と思われる様々な被害が顕在化し、現状の緩和策だけでは将来の温暖化の影響を防ぐことが困難であるという認識に基づいています。

ここで重要な点は、適応策は緩和策と違って、それぞれの場所で個々の課題に対する適切な対応が求められると言うことです。適応策が求められる各地域では、それぞれ固有の自然、また社会・経済的な状況、さらには歴史的背景などに違いがあるために、統一的な適応策というものはありません。取り得る適応策はそれぞれ異なってくると言うことです。すなわち、適応策の検討においては、きわめて地域的な対応が要求されます。そのため、効果的な適応策を計画・立案し実施するためには、まずそれぞれの地域の実情をしっかりと把握することが必要となります。

その意味において、適応策の検討においては、地理学的なアプローチが有効かつ必要と言えるでしょう。

##### (2) 海面上昇によって、一般的に人間生活にどのような影響があると予測されますか。

筆者はこれまで、日本国内や東南アジアの海岸地帯において、海跡湖（またはラグーン）と呼ばれる海とつながる湖およびその周辺地域を対象とし、そこでの様々な環境問題について調査・研究を行ってきました。とくに東南アジアの海跡湖の湖岸を歩いて見ると、そこに住む人々の暮らしや生業に、近年の地球温暖化による海面上昇が影響していると考えられる状況を数多く見聞きました。そこで、2000 年に「Data book of Sea-Level Rise 2000」（国立環境研究所）という冊子をまとめる際に、その経験を踏まえて「自然・生態系に対する影響」の中の「(7) 湖沼・汽水域」の項目において、海面上昇の影響について以下の様に整理しました（参照 URL 2）。

一般的に海跡湖では、海面上昇によって湖岸の低地やデルタ地帯が水没し、軟弱な堆積物からなる湖岸や海岸では侵食によって湖岸線・海岸線が後退すると考えられます。また洪水時には、水位が上昇して湛水期間の長期化など洪水が激化すると予測されます。さらに海跡湖では、海水と淡水が混じり合う汽水域が広がり、ここでは多様な生態系が形成されています。しかし、海面上昇によって海水がより多く湖の中に侵入することで湖水の塩分濃度が上昇し、湖岸および湖水での生態系の変化、汽水域の縮小による生物多様性の低下が懸念されます。また、湖岸低地や湖と海を隔てている砂州・砂丘地下の地下水への塩水の侵入や、水質悪化なども発生することが予測されます。これらの変化は主として湖岸に暮らす人びとの生活や生業に対して大きな影響や被害を及ぼすことが考えられます（図 1）。

しかしここに述べたことは、一般的な影響や被害について整理したもので、具体的な各地域においては、最初に述べたようにそれぞれ地域社会の自然や経済状況などを踏まえて海面上昇の影響を予測・評価し、その影響や被害への適応策を検討し実施することが、重要な課題となっています。

以下では、筆者が関わったタイ南部マレー半島東岸のソクラー湖、およびベトナム中部フエのタムジャンラグーンでの、海面上昇の影響予測と適応策の検討について紹介しましょう。

図と表のページ

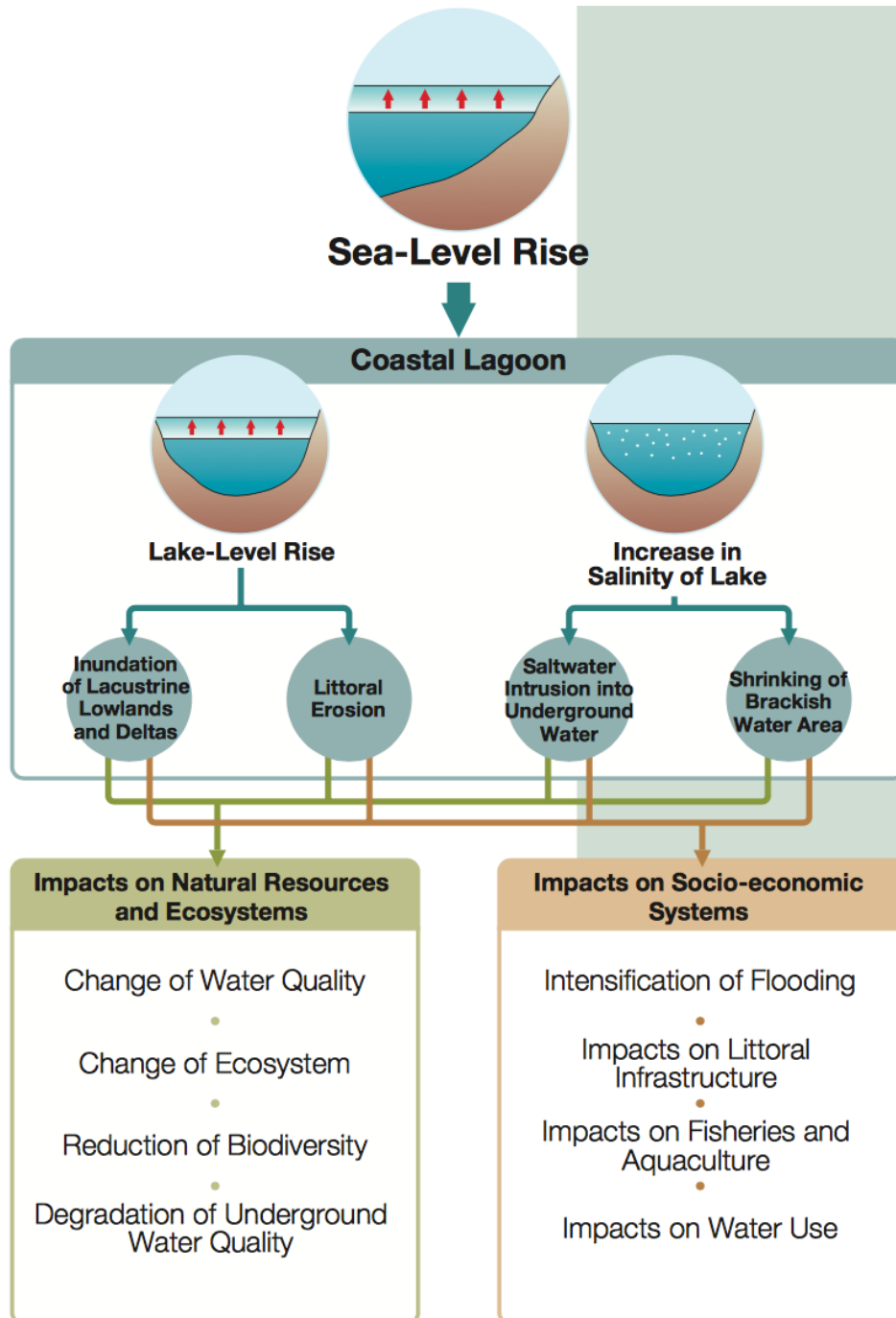


図1 海跡湖における海面上昇の影響

(海面上昇データブック 2000 (三村信夫・原沢英雄編) (2004年版) : 3.2 自然生態系に関する影響 (7) 湖沼・汽水域 その1 Figure3-2-7-1 Mechanism of Impact on coastal lagoons, p.43, “Data book of sea level rise 2000”, 国立環境研究所地球環境研究センター より引用

<http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d025/D025.pdf>

### (3) 海面上昇によって、具体的にどのような被害や影響があるのですか。

それぞれの地域において今後の海面上昇による影響や被害の予測に際し、まずは対象とする各地域に特有の砂浜、湿地、マングローブ林、サンゴ礁などの自然地形や生態系について、そしてこれらの土地に居住している人の住み方や土地利用、生業など、地域の社会・経済などについてしっかり把握しておく必要があります。その上で、現在の温暖化・海面上昇の影響と推測される被害や影響を考慮しながら、今後のさらなる影響を予測し、地域社会における被害を評価します。

そこで筆者は、まず対象とする地域の自然と社会・経済の実情を、総合的に把握するための地図を作成しました。まずこの地図のベースとして、海面上昇の影響や被害を直接受ける湖岸や海岸の低地だけでなく、その湖や低地の背後に広がる山地や丘陵地を含めた範囲の地形分類を行いました。そして、それぞれの場所に特徴的な土地利用や植生を加え、「海面上昇影響評価のための地図」を作成しました(図2、図6)。そこで、この地図をもとにフィールドワークで収集した情報を合わせ、海面上昇の影響を予測しながら潜在的な危険や被害を評価しました。

ここで、海面上昇の影響予測・評価のベースマップとして地形分類を行ったのは、各種の「地形分類図」がすでに洪水や火山のハザードマップ、地盤液状化予測などのベースマップとして活用されているからです。その意味では、上記の目的で作成されたこの地図は、「海面上昇ハザードマップ」と言えるかも知れません。なお国土地理院では、国内の詳細な地形分類をベースとした地図に各種の防災関連情報を載せたものを、「土地条件図」として地理院地図(参照 URL3)として公開していますので、国内で海面上昇の影響を予測評価する際には、大いに利用可能と思われます。また、JAXA は、地球観測衛星「だいち」が観測した世界中の地形データを使った、海面上昇のシミュレーションを公開しました。(参照 URL4)

以下では、まずタイ国南部のソクラー湖における、今後の海面上昇によって引き起こされると予測される被害や影響について、いくつか具体的な事例を紹介します(参考文献1、2、3)。

#### ① タイ国南部のソクラー湖での被害と影響

##### a. 塩分濃度の上昇による稲作への影響

ソクラー湖の中央部分(ルアン湖)の北東の湖岸低地では、湖水を灌漑用水として利用し、広く稲の2期作が行われています(写真 a)。通常この付近の湖水の塩分濃度は1%以下ですが、降水量が少なく乾季が長い年、また雨季の洪水が少ない年には湖水の塩分濃度が上昇して、乾季には湖水を利用できなくなります。近年はそのような状況が10年に1回ほど発生しており、今後海面上昇で、より多くの海水がルアン湖の奥まで侵入するようになると、気候変動の影響とも合わせてこの付近の稲作に大きな影響が及ぶと予測されます。

##### b. 洪水の激化による湖岸のリゾートへの被害

ルアン湖東岸には、標高が数m以下の湖岸低地が広がっています。ソクラー湖では、南東端のソクラー市街地を除いて湖岸に堤防はありません。そのため、湖岸低地では雨季には湖水位が1m～最大2mほど上昇し、湖岸線も数十m内陸側に移動します。住民はこれまでその水位変化をうまく利用しながら、主として稲作を行ってきました。しかし近年、農家では水田のほか、果樹栽培や湖岸の草地での乳牛の放牧、小規模なナマズや淡水魚の養殖なども見られます。さらに湖岸でのキャンプ場、レストランなどのリゾート開発も始まりました(写真 b)。しかし、このような新しい土地利用の場所では、今後の海面(=湖水面)上昇と気候変動、そして湖に流入する河川上流域での熱帯雨林の伐採・ゴムのプランテーション拡大という人為的要因によって、洪水が激化しその被害や影響を受けやすくなると予測されます。

##### c. 海岸侵食によるビーチの消失と淡水レンズの縮小・消滅

県庁所在地であるソクラー市の市街地は、湖とタイランド湾とをつなぐ湖口の南側にある幅約1.5km、標高2～3mの砂州上に広がっています。その海側には、サミラビーチと呼ばれる幅約50m、延長約4.5kmの砂浜が続き、この地方では有名なリゾートになっています。しかしここでは、1980年頃から砂浜が急速に侵食され、ビーチ南部にある漁村では、海岸線が後退したために集落を内陸に移動せざるを得ませんでした(写真 c)。今後の海面上昇によって、ビーチの侵食はさらに進行し、リゾートや集落に大きな被害が発生すると予測されます。また、市街地が広がる砂州の地下には、淡水レンズと呼ばれる地下水が存在しています。しかし、将来海面上昇が進むと、この淡水レンズは急速に縮小すると考えられます。そのため砂州上に掘られた井戸で



ベトナム中部の海岸地帯では、1999年11月に約1週間に2000mmを越える大雨によって、山間部での土石流や河川やその下流のラグーン沿いでの洪水氾濫などの大災害が発生しました。とくに、古都フエの郊外に広がるタムジャンラグーンでは湖水位が最高4mまで上昇し、ラグーンと海とを隔てる砂州が複数の場所で決壊して、周辺の集落に大きな被害をもたらしました。筆者はこの災害をきっかけに、本地域における今後の水害の軽減と、将来の海面上昇の影響を予測するため、先のタイ国南部のソクラー湖と同様に、地形分類をベースにした海面上昇影響評価図を作成しました(図3)。

以下では、そのタムジャンラグーンで、今後の海面上昇によって引き起こされると予測される被害や影響について、具体的な事例を紹介しましょう(参考文献4、5)。

## ② ベトナム中部のタムジャンラグーンでの被害と影響

### a. 海岸侵食による集落移転での社会・経済的課題

タムジャンラグーンのほぼ中央のトゥンアン湖口西側にあるハイズン村では、1999年の大洪水後に湖口西側の砂州・砂丘が激しく侵食され、2002年2月までにこの地区にあった民家48軒が倒壊し、海にのみ込まれてしまいました(写真a)。この災害に伴い、洪水直後に54戸228人が、その後2007年までに134戸532人が村内のラグーンの湖岸に移転しました。移転先は必ずしも生活に良好な土地条件ではなく、住宅の再建にも十分な援助はありません。現在も、湖口西側の砂州先端に住む57戸264人の移転が計画されていますが、住民は危険な状況であるにもかかわらず、移転はなかなか進んでいません。このような集落移転では、移転先の生活とくに新たな生業をどう確保するかなど、社会・経済手的な問題にも十分考慮して進める必要があります。今後も海面上昇に伴う海岸侵食の進行や激化によって、このような集落移転せざるを得ない人びとが多数発生することが予測され、その際には上記の様な総合的な対応が求められます。

### b. 海岸侵食によるビーチリゾートの砂浜の縮小・消失

フエの市街地に近いトゥンアンビーチでは、1999年の大洪水時にその東側で、ラグーンと海とを隔てていた標高2~3mの砂州が決壊し、そこに湖と海とをつなぐ幅約600~700mの新たな水路が出現しました。この水路は3か月後には堤防で締め切られましたが、砂州決壊地点に隣接する砂浜では、大洪水から2003年までの間に激しい海岸侵食が発生しました。また2007年頃からは、ビーチの西側から急速な海岸侵食が始まりました。そのような状況下で、2010年にトゥンアンビーチのほぼ中央に高級リゾート施設が開業しましたが、この施設の前面に広がっていた美しい砂浜は、海岸侵食によって徐々に縮小し、ついに2012年には敷地前縁の護岸が侵食で倒壊し、施設の一部にも被害が出ました(写真b)。

このような近年の急速な砂浜の侵食の要因については、1999年の大洪水による海岸環境の変化、その後の人為的な突堤建設の影響などいくつか指摘されていますが、背景には地球温暖化に伴う海面上昇の影響が考えられます。今後も、ここで述べたような海岸侵食が継続あるいは激化し、美しい砂浜はいずれ消失すると予測されます。

### c. 海岸侵食と地下水位上昇による古代遺跡存続の危機

タムジャンラグーンと海との間にあるプーディエン村の海岸砂丘では、2001年に砂丘に埋もれた古代チャンパ王国時代のタワー(チャムタワー)が発見されました(写真c)。チャンパ王国とは、ベトナム中部の海岸地域を主として、2世紀末から19世紀初めにかけて存在した王国のことです。この遺跡は、これまで確認されているチャムタワーとしては、8世紀中頃という最も古い時代のもので、また確認されたタワーとしては最北に位置し、チャンパ王国の歴史やこの地域の古地理を知る上でとても重要な遺跡です。

しかしこのチャムタワーが埋もれていた砂丘のすぐ海側には、比高約5mの海食崖が迫っています。1965年と2002年発行の地形図を比較すると、この付近の海岸線はこの37年間に約50m~最大約100mも海岸線が後退しています。さらに最近の衛星画像や現地での測量の結果から、やはり年に約1mの速度で海岸侵食が進んでいることがわかりました。発掘されたチャムタワーは、再び砂丘に埋没しないよう周りに防護壁が設けられていますが、その防護壁と海食崖との距離は、最も短いところで36m(2012年9月)しかありません。このまま海岸侵食が継続すると、近い将来にこの遺跡に被害が及ぶことが予測されます。また、この遺跡の立地地点の標高は1.8mしかなく、今後海岸侵食や海面上昇によって、遺跡の地下の地下水面が上昇するとともに、チャムタワーが建っている地盤に様々な影響が出ると懸念されます(図4)。



#### (4) それぞれの地域での適応策を検討するために、何が必要ですか。

今後海面上昇によって、海岸侵食が継続あるいは激化する場所や地域が、各地に出現することが予測されます。そのような場所の中で、現在日本で行われているような強固な堤防やヘッドランドなどのハードな対応策によって海岸侵食を軽減・防止できる所は、費用などの経済的また技術的な問題から、かなり限定されるでしょう。ただし途上国の場合は、該当の場所の重要度、緊急度によって国際的な協力や技術援助が必要なことは言うまでもありません。

しかし、経済的に余裕のない多くの途上国の場合は、激しい海岸侵食に対しては、先の「(3) ②ベトナム中部のタムジャンラグーンでの被害と影響」のところで述べたように、集落全体が移転せざるを得ないと言う状況が各地で発生すると思われます。その場合、物理的な住居の移転だけでは不十分で、移転先での住民の生活・生業の継続、あるいは新規の就業機会の創出などと関連づけられなければ、そのような適応策もうまく機能しないと考えられます。

すなわち将来の海面上昇の影響や被害に対する適応策においては、地形や生態系という自然環境そのものだけでなく、住民が地域の自然資源をどのように利用・依存しているのか、また環境の変動をいかに認識し行動しようとしているのか、なども十分考慮する必要があるということです。その意味で、最初にも述べたように、それぞれの地域における人と自然のかかわりについて、フィールドでの詳細な調査に基づき十分に把握した上で、適応策を地域の住民と共同して検討する必要があります (参考文献6)。

#### 参考 URL サイト (2024 年 3 月 URL 参照確認)

- 1) <http://www.env.go.jp/earth/cop/cop21/> 環境省：国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) 及び京都議定書第 11 回締約国会合 (COP/MOP11) の結果について
- 2) <http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d025/D025.pdf> 国立環境研究所：「Data book of Sea-Level Rise 2000」3 刷
- 3) <https://maps.gsi.go.jp/-/5/35.362222/138.731389/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j010u0t0z0r0f0&d=v1> 国土地理院：地理院地図：情報>全て>主題図>土地条件図
- 4) <https://data.earth.jaxa.jp/app/sea-level-rise/> JAXA Earth Apps - 海面上昇シミュレーター

#### 参考文献

- 1) Hirai, Y., Satoh, T. and Tanavud, C. (1999) Assessment of impacts of sea level rise on coastal lagoons -Case studies in Japan and Thailand-. 地域学研究, 12, 33-45.
- 2) 平井幸弘 (2001) タイ国ソクラー湖における影響予測評価. 海津・平井編『海面上昇とアジアの海岸』古今書院, 157-177.
- 3) 平井幸弘・チャルチャイ タナヴッド (2002) ソクラー湖海面上昇影響予測地形分類図. 地図, 10(3), 13-20.
- 4) Hirai, Yukihiro et al. (2008) Assessment of impacts of sea level rise on Tam Giang-Cau Hai lagoon area based on a geomorphological survey map. 地域学研究, 21, 1-8.
- 5) 平井幸弘 (2015) 『ベトナム・フエ ラグーンをめぐる環境誌 -気候変動・エビ養殖・ツーリズム-』古今書院, 198p.
- 6) 平井幸弘 (2016) 海面上昇の影響予測と適応策, 科学, 86-7, pp. 641-643.