

論文

## ベトナム・ソクチャン省沿岸域における 気候変動への脆弱性とコミュニティ主導型適応策

Climate vulnerability and community-based adaptation along the coastal area  
in Soc Trang province, Vietnam

田 村 誠・安 原 一 哉・安 島 清 武・  
Trinh Cong Van・Pham Van Song

# ベトナム・ソクチャン省沿岸域における 気候変動への脆弱性とコミュニティ主導型適応策

Climate vulnerability and community-based adaptation along the coastal area  
in Soc Trang province, Vietnam

田 村 誠・安 原 一 哉・安 島 清 武・

Trinh Cong Van・Pham Van Song

## 要約

ベトナム・メコンデルタは広大な低平地が広がり、将来にわたる気候変動に対して脆弱な地域の一つとされる。本稿は、ベトナム・メコンデルタにおける気候変動への脆弱性とその適応策を議論する。第一に、当該地域における海面上昇などの物理影響と人口シナリオ、貧困などの社会経済影響を加味した脆弱性評価を行い、沿岸域で特に脆弱な地域を同定した。第二に、脆弱と同定された地域の一つであるソクチャン省において侵食に関する現地モニタリングを行った。第三に、ソクチャン省での気候変動影響と適応策に関する住民意識調査を行った。これらの地域では既に住民レベルで適応策が実践されているものの、社会経済的な要因もあって十分とは言えない。そこで第四に、生態系や生活様式等の現地の実情に合わせた適応策として多重防護の理念とその実践技術を提案した。

## 1. はじめに

アジア太平洋地域は、洪水や渇水、台風強度の増大などが顕在化しており、世界のなかでも気候変動に最も脆弱な地域の一つに挙げられる (IPCC, 2007, 2014)。これに急激な経済成長や都市部の人口増加が重なり、気候変動の悪影響を受けるリスクのさらなる増加が見込まれる。アジア太平洋地域の人口は2000年の37億人から2050年頃には52億人に増加し、その大半が沿岸域に集中すると予想されている (UNFPA, 2011)。

その中でもベトナムのメコンデルタは気候変動に脆弱な地域に挙げられる (Dasgupta et al., 2009; Yusuf and Francisco, 2009)。海岸侵食、高潮浸水、河川氾濫などが起こっており、気候変動によってさらに悪化することが懸念されている (MONRE, 2010; Thao et al., 2014)。気候変動の影響や被害の発現には、

いくつかの要素が関連している。海面上昇、台風、降雨の増大は高潮、河川氾濫、海岸や河川の堤防の侵食などを引き起こす。気候変動以外にも沿岸漂砂、構造物等による砂礫供給の減少に伴う侵食、地下水くみ上げによる地盤沈下などが浸水を助長する (Yasuhara et al., 2011; IUCN, 2011)。そのうえ、メコンデルタは人口増加の速度がベトナムの国内平均よりも高く、人口集中が進むと予想される (Vietnam Government, 2010)、これらが複合することによって脆弱性が一層高まると考えられる。

こうした気候変動の脆弱性を低減させるための適応策の立案、実施には、科学アプローチと地域アプローチの二つがある (Tamura et al., 2014)。科学アプローチの最終形は、適応策を中長期的開発計画の中に組み込む「適応策の主流化」であるが、主流化を望めば予測や政策立案に関してより高い能力を必要と

するというジレンマに陥る。一方、地域アプローチは地域の住民の理解を得やすい反面、現実のニーズへの対応が優先され、気候変動適応に合致しない場合も出てくる。「賢い適応」のためには、科学アプローチの長期目標に向かう指向性と地域アプローチの現実に即した取り組みとを適切に組み合わせることが鍵となる。

本稿は、科学アプローチとしての脆弱性評価に加えて、地域アプローチとしてのモニタリング調査、意識調査の結果を示す。これまで田村他(2013)やLing et al. (2015)は、メコンデルタの脆弱性評価と3省(カマウ省、アンザン省、ソクチャン省)への住民調査を実施した。筆者らは、これらの先行研究で脆弱な地域と特定された沿岸部、とりわけソクチャン省での侵食等に関する現地調査と住民の意識調査を追加実施した。双方のアプローチを通じて、地域の実情に応じた持続可能な適応策のあり方について議論する。

本稿の構成は、以下の通りである。2節で脆弱性評価の概要を示す。3節は脆弱性の高い地域の1つと同定されたソクチャン省沿岸域でのモニタリング調査、さらに現地住民の気候変動に対する意識と既に実践されている適応策を調査した結果を示す。4節は、現地で利用可能な資源、生態系、生活様式等の現地の実情に合わせた適応策として多重防護の理念とその実践技術を提案する。5節は、調査から得られた知見を総括し、メコンデルタの適応策に関する政策提言を示す。

## 2. メコンデルタでの脆弱性評価

メコンデルタでの気候変動研究は世界的に関心が高く、近年急速に進んでいる。しかし、脆弱性評価に限定すれば、東南アジア全体を対象としたYusuf and Francisco (2009)、ベトナム国内では北部、南部といった地方ごとの

特徴付け(McElwee, 2010等)もしくは都市レベルや個別プロジェクト(Mai et al., 2010等)の評価が中心であり、マクロとミクロの脆弱性評価に分かれている。ADB(2011)はカマウ(Ca Mau)省とキエンザン(Kien Giang)省で脆弱性評価を実施している。田村他(2013)は、メコンデルタの災害歴、海面上昇などの物理条件と社会経済条件に注目した市町村単位(メタスケール)での脆弱性評価を行っており、最初にその概要を示す。

過去の自然災害歴は、素因となる自然条件を反映する指標の一つと考えられる。UN DesInventarによると、ベトナムは過去22年間(1989-2010年)で9,941名の自然災害による死者・行方不明者を出している。このうち、7割弱の6,757名が台風や豪雨などに伴う洪水によるものである。なかでも甚大な自然災害には、1997年11月に南部ベトナムを襲った台風リンダ(死者3,111名)、1999年11月中部ベトナム洪水(死者749名)、2008年8月に北部ベトナムに來襲した熱帯低気圧カムリ(死者133名、行方不明者34名)などがある。

海面上昇は、信岡他(2009)、Nobuoka and Cong(2011)と同様の手法で2100年に48cm(A1Bシナリオ)およびさく望平均満潮位の外力による恒常的な浸水高や浸水域を推計した。人口は、都市域と農村域の人口変化を再検証し、RCP6.0シナリオ(5km, 2.5-arc-minute)に基づき2100年までダウンスケーリングした。これによって、都市域のスプロール化などがより詳細に再現可能となっている。2010年のベトナムの人口は約8,600万人である。UN人口シナリオ(中位推計)によれば、2045年の最大人口約1.05億人(2010年比19%増加)を境に減少へ転じ、2050年は約1.03億人(2010年比18%増加)、2100年には約8,200万人になると見込まれる(中位推計、UNDESA, 2011)。貧困者比率は、NASA Socioeconomic

Data and Applications Center (SEDAC) がダウンスケールした 1999 年のデータを利用した (Storeygard et al., 2008)。データの利用可能性と予測可能性を勘案して貧困者比率は一定と仮定しているが、地域の相対的な脆弱性を知る上ではそれでもなお意味があるだろう。

ここまで脆弱性を増大させる指標を挙げてきたが、一方で脆弱性を低減させる適応能力の存在も考えられる。田村他 (2013) や本稿でも適応能力指標の組み込みを検討したものの見送った。なぜなら、ベトナムの地域別、省別データを分析したところ、所得、教育、寿命等を総合評価した HDI (Human development index)、GRP (Gross regional product) などの社会経済指標と災害被害について相関関係が見られなかったためである。同様に、McElwee (2010) らも適応能力を評価指標には入れていない。その代わり、3 節では現地のモニタリングや住民への意識調査を実施し、脆弱性評価を補完する。

図 1 は、脆弱性評価の入力指標となるベトナムの災害歴、海面上昇による浸水域、人口、貧困の分布を示している。メコンデルタでは

1997 年の台風リンダで最大の死者数のあったカマウ省を筆頭に、キエンザン省、アンザン省の順に災害指標が高い。海面上昇に伴う浸水域は、北部のハノイ周辺にも点在するが、中部のフエ周辺の沿岸部とメコンデルタ沿岸部が総じて大きい。

ベトナム全体の人口は、2045 年頃をピークにその後減少に向かう (UNDESA, 2011)。しかし、メコンデルタでは都市化と都市のスプロール化によって 2010 年 1,719 万人 (ベトナム全体の 20%) から、2050 年 2,500 万人 (同 25%)、2100 年 2,400 万人 (同 29%) となり、人口集中が進むと予想されている。このメコンデルタへの人口流入は社会の脆弱性を増す要因と考えられる。

ベトナムの貧困者比率は一般にハノイやホーチミンなどの大都市やその周辺部が低く、山間部が高い。メコンデルタでは経済の中心となるカントーの貧困者比率が低く、ドンタップ省、キエンザン省のカンボジア国境付近、チャビン省、ソクチャン省、バクリュウ省の沿岸部で貧困者比率がやや高い。

図 2 は、21 世紀末において各指標を統合

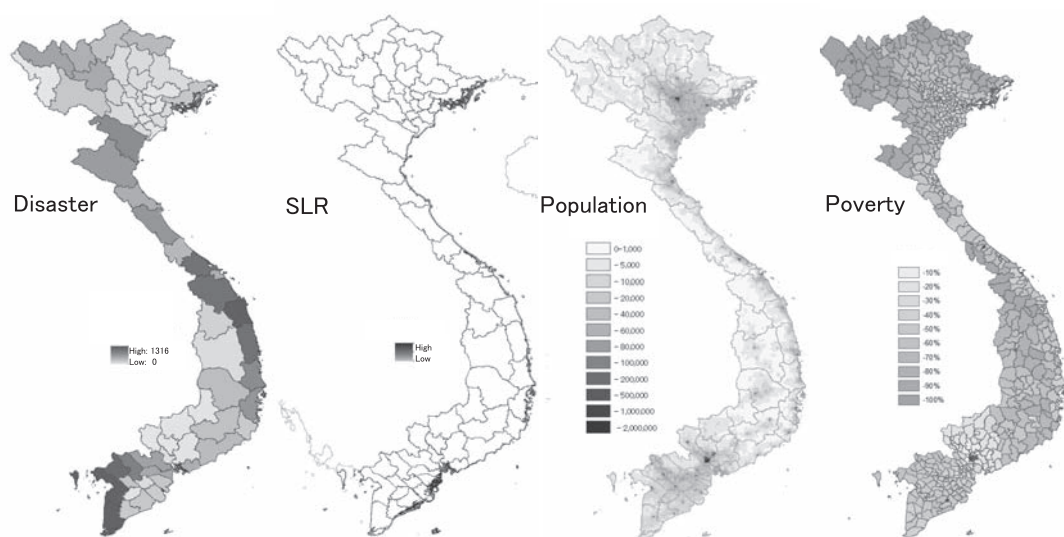


図 1 脆弱性評価への入力指標 (田村他, 2013)



図2 脆弱性推計結果（田村他，2013）

（左：ベトナム全体、右：メコンデルタ）

した脆弱性推計結果を示している。左図はベトナム全体、右図はメコンデルタを拡大表示している。メコンデルタではバクリユウ省、ソクチャン省、ベンチェ省の東部沿岸部、カマウ省の南端部等で脆弱性の高い地域が同定された。これらの地域は、災害歴、海面上昇に伴う浸水、人口密度等が重なって脆弱性が高いと推計される。以上の通り、物理影響と社会経済影響の両面で脆弱な地域を同定できた。

### 3. ソクチャン省沿岸域でのモニタリングと意識調査

#### 3.1. 沿岸域でのモニタリング

科学アプローチの一つである脆弱性評価とともに、地域アプローチは現地の課題把握や適応策を検討する上で相補的な役割を担う。特に、データの蓄積が乏しい地域では有効である。

前節で脆弱性な地域の1つと同定された

ソクチャン（Soc Trang）省において、気候変動や河川及び海岸堤防の侵食に関する現地調査を2014年6月に行った。その際、ラジコン型の無人航空機（Unmanned Aerial Vehicle: UAV）をベトナム側関係者の承認の上で約90mの上空から飛行させ、河川・海岸沿岸域の侵食の状況とともに、汽水域に繁茂するマングローブの状況やエビの養殖場など、土地利用状況の把握を試みた。2011年のソクチャン省は、総面積331,164haのうち208,086haが農地、10,637haが森林、54,484haが水産業に利用されている（Soc Trang Office of MONRE, 2012）。

ソクチャン省の沿岸は、メコン川の流況、土砂供給、東海の潮位変動による堆積と侵食の動的過程、モンスーンの卓越による沿岸潮流などの特徴がある（Schmitt et al., 2013）。図3は、同省海岸沿岸の Vinh Chau における海岸線の調査結果を示している。2006年1月のGoogle earthの画像、2014年6月のUAVによる空撮画像を比較した。わずか約8年間に、メコン支流の Hau 川の河口近傍で



約 240m、河口からやや離れた別の場所では約 140m の海岸線が後退している。

ベトナムの陸域後退および海岸侵食は、他国と比べても極めて厳しい (Ngo et al., 2006)。日本での汀線後退速度は年間 3m 以上が最も激しい基準であり、大半の海岸は年間 3m 未満の後退速度である (国交省, 2003)。ソクチャン省が有する約 72km の海岸のうち、約 11km で侵食が観察されている

(Schmitt et al., 2013)。メコンデルタでの大きな海岸侵食は、1) 上流からの土砂の堆積不足、2) 底質土の浚渫による建設資材への利用、3) 海面上昇や台風の巨大化など気候変動による影響、4) 地下水の汲み上げによる広域地盤沈下による相対的な海面上昇など、人間活動が深くかかわっていると考えられる。ところで、Vinh Chau で UAV 撮影をした 2 地点は約 1.7km の距離にあり、海岸線の後

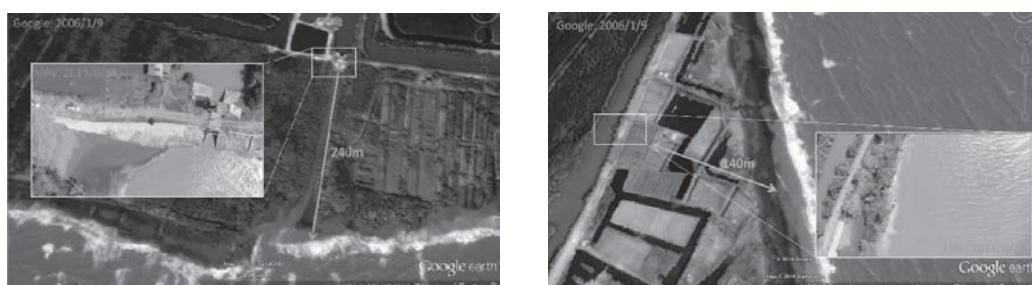


図3 ソクチャン省 Vinh Chau 地区での海岸線の変化

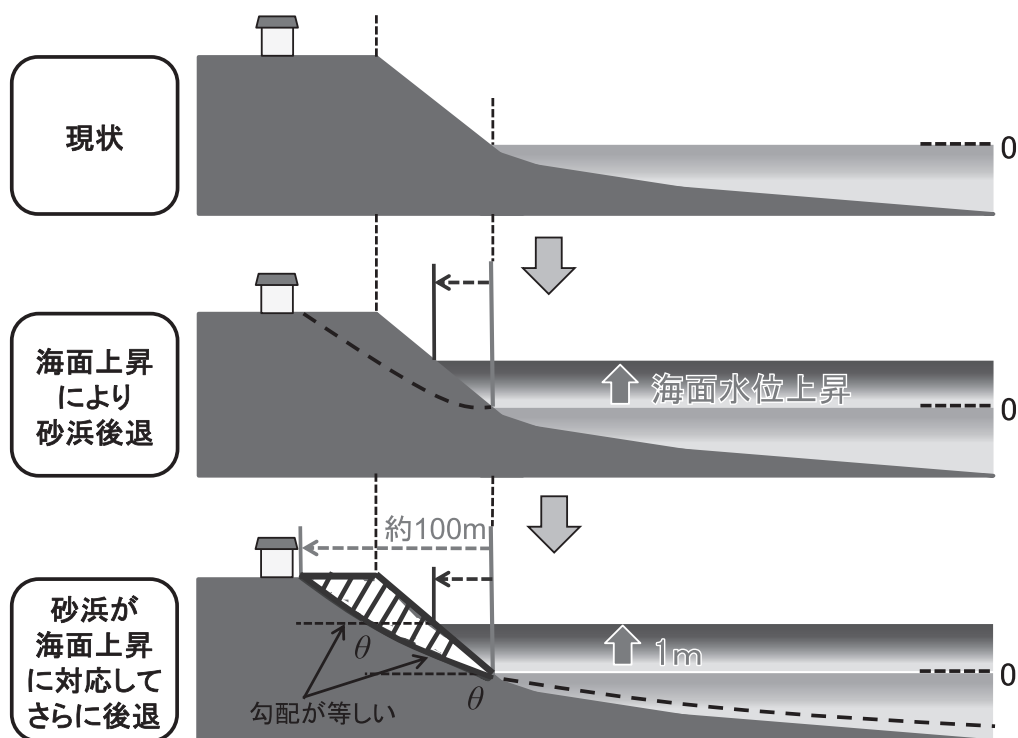


図4 海面上昇による砂浜の後退 (三村他, 1993 より国土交通省河川局作成)

退速度が異なっている。その要因には、1) 河口からの距離、2) 海岸付近の地形によって入射波に違いが出ること、3) 波が集中し侵食が激しい地点と波の穏やかな地点の差、4) 海岸堤防の位置、突堤、防波堤などの海岸構造物の存在、5) 海岸の底質の差、などの微地形の差が考えられる。

さて、海面上昇が海岸侵食に及ぼす影響について考えてみよう。図4に示すように、海面が上昇すると縦断地形は新しい水位に対する平衡地形に向かって変化するため、静的な後退以上に砂浜は侵食され、汀線が後退すると考えられる (Bruun, 1962)。それゆえ、同じ海面上昇量でも海底地形が緩やかな場所は、急な地形の場所よりも後退量は大きくなる。また、底質がシルト質なほど、侵食が顕著である。

沿岸域のマングローブをはじめとする森林生態系は波のエネルギーを干渉し、侵食や海面上昇を軽減する作用を持っている。Pham (2011) は、1965-2008年の期間にソクチャン省では2,991-4,585 haのマングローブ林の変動があったと推計した。1980年代後半から農地やエビ養殖等のために広大な土地利用変更があり、マングローブ林が減少した。その後、政府や国際機関による多くのマングローブ保護、植林プロジェクトの支援もあって、2008年には4,191haに回復している。しかし、図3のとおり、細いマングローブ林と自然堤防だけでは侵食を十分に防ぐことはできない。そもそも、現地の沿岸堤防では締め固めなどの基礎的な施工技術が不十分な事例がしばしば見られる。

これらの現地調査は、前節の脆弱性評価を裏付け、さらに詳細な現地の状況を明らかに

した。

### 3.2. 住民レベルの意識と適応策

2014年8月に、ベトナムの水資源大学と連携してソクチャン省における気候変動影響と適応策に関する住民意識調査を実施した。これは、田村他 (2013) や Ling et al. (2015) がカマウ省、アンザン省、ソクチャン省の3省で2012年に実施した調査に基づき、さらにソクチャン省に絞って、自然条件や社会経済条件によって異なる住民意識をより詳細に分析したものである<sup>1</sup>。田村他 (2013) や Ling et al. (2015) の3省での調査と同様に、筆者らが作成した英語の質問票をベトナムの水資源大学の研究者、学生がベトナム語に訳し、それを持参して数人一組で各地区の民家へ訪問し、質問者が住民の回答を記入する訪問調査法で調査した。なお、2009年においてソクチャン省は129.2万人の人口を有し、そのうち39.7万人がクメール族、6.4万人が中華系、その他の大半はキン族である (Vietnam Statistics Office, 2010)。

住民意識調査は、ソクチャン省の3県19市鎮・社の1,036世帯 (Vinh Chau 県5社244世帯、Ke Sach 県1市鎮5社375世帯、Tran De 県8社417世帯) からの回答を得た。アンケートの質問項目は回答者属性 (年齢、職業、家族構成等)、災害の被害経験や日頃の観察、政府への意見など、多岐にわたるが、ここでは代表的な結果のみを示す。

図5に、過去10年間で頻度が増えたと住民が感じる災害事象を示す (複数回答、回答者割合を表示)。ソクチャン省の住民は総じて洪水、嵐、侵食が増えたと認知している。内陸部の Ke Sach は河川侵食、地すべり、沿

1 田村他 (2013) の住民調査から3省を大まかに特徴付けると、カマウ省は海岸部での台風や海岸侵食、アンザン省は河川氾濫や河川侵食が多く認知されていた。ソクチャン省は他2省の中間的な傾向を示し、沿岸部では嵐や洪水、内陸部では河川氾濫や河川侵食が多く住民から認知されていた。今回のソクチャン省での調査もこれをさらに立証する結果となっている。

岸部の Tran De は嵐、地すべり、海岸侵食、Vinh Chau は海岸侵食、地すべり、洪水の順である。これらは、豪雨、洪水の頻度や強度が増えるという気候影響予測と一致している (MONRE, 2010)。ベトナム政府は 1996 年の洪水以降、夏作米の洪水被害を回避するためにカンボジア国境線に沿って堤防を築いた (春山, 2009)。上流のアンザン省では河川氾濫対策や稲作のための政府主導の水門管理などが近年進展し、洪水の頻度が小さくなったのに対して下流のソクチャン省の河川沿岸で洪水が増えたと認知されている (田村他, 2013; Ling et al., 2015)。メコンデルタ、あるいはその支流の Hau 川周辺の潮位データやリモートセンシングの研究からも同様の傾向が観察される (Kuenzer et al., 2013; 藤井他, 2013)。上流部の Ke Sach で洪水が増加したと認知されていることと一致する。

図 6 は、ソクチャン省の住民の適応策である。3 県に共通する第一の適応策は、洪水

等に対する家の修理や補強である。Tran De、Ke Sach の約 8 割が実践する。第二の適応策が家屋の高床化であることも 2 県で共通する。これは、田村他 (2013)、Nguyen and James (2013)、Nguyen and Alexander (2014) によるメコンデルタへの住民調査の結果と一致している。第三の適応策になると地域差が大きくなる。Tran De、Ke Sach は洪水前の家畜 (鶏、豚等) の販売、洪水前の養殖漁獲、Vinh Chau はその他、高床化が多い。「その他」の適応策には、Nguyen and Alexander (2014) が指摘するように、季節的な移住や高台への移動、祈祷などが考えられる。メコンデルタには「洪水と共に生きる (Living with floods)」という言葉がある (春山, 2009)。さらに、ベトナム語には「洪水」を意味する言葉が 4 つ以上存在する (Tuan et al., 2007)。長期にわたってゆっくり浸水する「良い洪水」を農業や漁業に活用するなど、共存しようとする姿勢が窺える。しかしながら、とりわけ

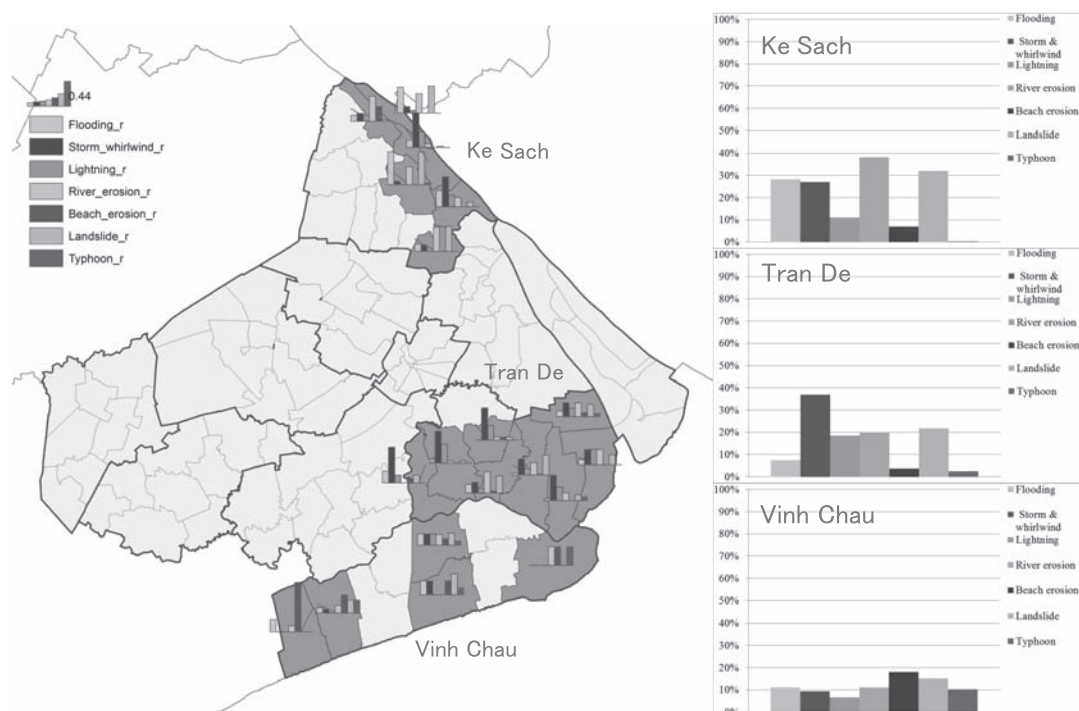


図 5 過去 10 年間で頻度が増えたと感じる災害事象 (複数回答)



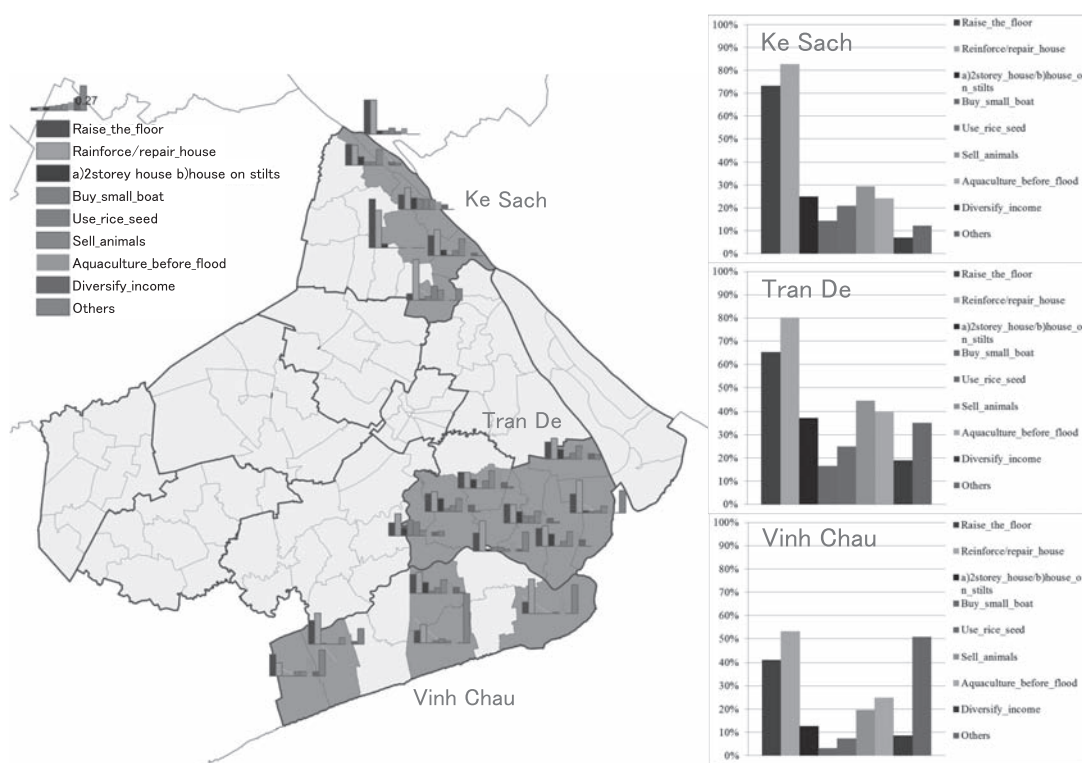


図6 住民レベルの適応策（複数回答）

貧しく、教育水準が低い地区では「何もしていない」ことも考えられる。

危険な災害を回避するには、洪水の事前に家屋の2階化や高床化を行うことが望ましい。しかし、実際には家屋の大半が1階建てで家屋の補修などの事後対応に留まる場合が多く見られる。これは経済的な要因が強いと考えられる。回答者全体の99%以上(1,032/1,036世帯)が1階建ての家屋に住み、その床高は20cm以下が46%、20-50cmが48%を占めた。一方、1997年の台風リンダや1998年の豪雨などの記録的な洪水が発生した際には46%が20cm以上の床上浸水を受けた経験を有している。世帯所得は、回答者全体の57%が月200万VND以下、39%が月2-500万VNDであった。特に、Vinh Chauは他県と数値上の世帯所得に大きな違いは無いものの、別の設問で住民自身の実感

を尋ねた際に経済状況が貧しいと答えた割合が約46%とやや高く、家屋の床高も20cm以下が66%を占めた。Tran and Trinh (2013)の330軒の住民調査によれば、Vinh Chauの住民は50.3%が文盲、38.2%が小学校までの就学経験であり、住民の大半が漁業に従事していることなどが関係していると推察される。

#### 4. 地域特性に応じた適応策：多重防護による適応策

前節では住民レベルの適応策を紹介したが、それだけでは強化化する気候変動の影響には対応しきれない。政府や自治体などと協力して、構造物を建設するなどのハードな防護も時には必要である。ただし、従来からの

要素技術単独では気候変動に伴って大規模化する堤体破壊や激甚な水害へ長期にわたって適切に対応するのは難しい。そこで、地域特性に応じた多重防護による適応策が有効となる。多重防護とは、現地の地形や植生、生態系と工学的な技術や構造物を組み合わせる方法である。

メコンデルタでは、現地で入手しやすく安価な天然材料のヤシ繊維とセメントを混合し、侵食抵抗の大きい堤防強化技術が提案で

きる (Yasuhara et al., 2012; Sato et al., 2013)。これまでも人工的な短繊維を土に混合する補強工法は提案されているが、ここで提案する技術の特徴はベトナム南部で手に入りやすい自然繊維としてヤシ繊維を利用しようとする点にある。このような自然由来の繊維を利用して成功した事例には、バングラデシュにおいて黄麻 (Jute) を利用して補強堤防を構築した技術がある (松島他, 2010)。表 1、図 7 に示すように繊維混合による地盤補強と

表 1 途上国で推奨される堤防の改良・補強技術の例

改良 / 補強	技 術 例	備 考
機械的な改良あるいは補強	・粒度調整 ・締め固め ・繊維材料の混合	・安価 ・地域で入手しやすい伝統的な天然材料の利用 ・耐久性の確認
化学的な改良	・セメント、石灰、その他固結材料の混合	・汚染物質への配慮
機械的な改良 / 補強と化学的改良との融合	・繊維材料と固結材料の混合 ・消石灰と不織布の併用 ・セメント固化処理と水平補強材の併用	・ハイブリッド構造 ・費用便益分析が必要

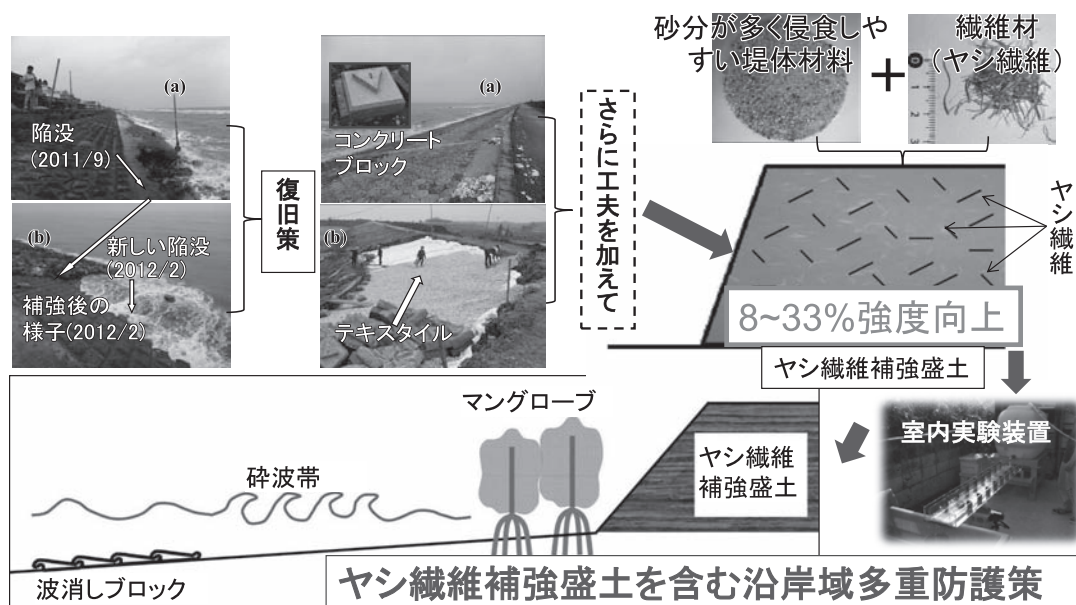


図 7 沿岸域における多重防護策 (Sato et al., 2013 より作成)

セメント混合による地盤改良を融合させたもので、いわば、「ハイブリッドな地盤補強技術」に属する。こうした新しい考え方に則った技術の課題の一つとして、繊維混合による地盤補強とセメント混合による地盤改良をどのように組み合わせれば沿岸堤防の安定性を増すことができるかを学術的な立場から解明していくことが求められる。

技術的背景、経済性、入手しやすい材料など、地域特性に応じた適応技術は、同種の問題を抱えるその他の地域でも応用が期待される。そのためには、室内試験や現地試験などによる一層の検証が不可欠である。例えば、ソクチャン省では2007-13年度までドイツのGIZによる“Management of Natural Resources in the Coastal Zone of Soc Trang Province”プロジェクトでマングローブと防護技術を組み合わせた沿岸域管理を提案し、一部実践した(Smith et al., 2013; Schmitt et al., 2013)。これらプロジェクトの継続的な検証も必要であろう。

## 5. おわりに

本稿は、ベトナムのメコンデルタにおいて気候変動に関する脆弱性評価、現地調査、さらに住民への意識調査を実施し、科学・地域アプローチの両面から脆弱な地域の同定、住民の意識、そして現地の状況に合わせた適応技術を検証した。分析結果の総括とメコンデルタでの適応策に関する提言は、以下の通りである。

第一に、メコンデルタの沿岸域において気候変動等による影響は既に顕在化している。沿岸域では上流からの土砂供給の減少、気候変動に起因する豪雨、海面上昇などの複合的な影響により海岸侵食や河川侵食が進んでおり、その悪影響は看過できない。

第二に、メコンデルタにおける脆弱性評価

から海面上昇などの物理影響とダウンスケーリングした人口シナリオ、貧困などの社会経済影響を加味して脆弱な地域の特定を試みた。その結果、カマウ省、ソクチャン省などの沿岸域において、物理影響と社会経済影響の重なる脆弱な地域を同定した。

第三に、ソクチャン省沿岸部においてUAV画像や衛星画像を用いた過去と現在の海岸線の変化を確認した。海岸侵食や土地利用の変化から脆弱性の評価結果を裏付けることができた。また、マングローブ林には海岸侵食に対する緩衝作用があるものの、それらが効果を発揮するには一定の面積が必要である。

第四に、ソクチャン省の3県19市鎮・社1,036世帯の住民に対して気候変動と適応策に関する大規模な意識調査を実施した。これらの地区では、総じて自然災害のなかで大規模洪水、嵐、侵食の順に頻度が増えていると認知されていること、現状では家屋の修復や補強、高床化が共通した適応策であり、それ以外にも地区毎に想定される自然災害に応じた適応策が実践されていること、などが住民の生活様式に応じた対応が採られていることが明らかになった。

第五に、しかしながら住民レベルの適応策が既に実践されているものの、それだけで十分に対処できるとは限らない。防護に関しては家屋の修復や補強などの事後の受動的な対応が中心である。前もって高床化や家屋の補強をしている事例は低水準であり、事前の能動的な対応とはいいがたい。これは住民の経済状況に依るところが大きい。したがって、気候変動等の悪影響を防ぐには、住民の適応策とともに、科学アプローチや行政による大規模なインフラ整備、適応計画策定、さらに人的能力開発を同時に講じる必要があるだろう。

第六に、脆弱な地域においてはその生活様式や生態系にも配慮した適応策が必要とな

る。4 節で、多重防護の理念に基づき現地で入手しやすい天然材料のヤシ繊維とセメントを混合し、侵食抵抗の大きい堤防強化技術を提案した。厳しい気候変動に対処するためには上で挙げた住民レベルの適応策だけでは不十分である。気候変動に伴って大規模化する堤体破壊や激甚な水害を克服するためには、伝統的技術との融合や生態系を活用した多重防護に基づく適応技術の展開が望まれる。とはいえ、ハード技術を多重に組み合わせた適応策だけでも限界があり、長期的に考えれば災害の進捗を遅らせるという効果にとどまる可能性も否定できない。したがって、このようなハード技術の多重化に加えてソフトな防護、順応および避難も組み合わせると、ハードとソフトの融合、あるいは、防災・減災と適応の融合、という理念の導入も必要であろう。

アジア太平洋地域の環境保全と脆弱性の低減を目指すことは、地球規模の持続可能性を実現するための第一歩である。こうした適応策の実践（Good practice）を積むことは、日本を含むアジア太平洋地域の適応技術の進展、ひいては将来にわたる地域の持続可能性の確保に寄与すると期待される。

## 謝辞

本稿は、環境省環境研究総合推進費 S-8「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」、環境省環境研究総合推進費 S-14「気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究」、科学研究費補助金基盤研究（B）「適応策の有効性と限界」の成果の一部である。

## 参考文献

ADB (2011) *Climate Change Impact and Adaptation*

*Study in the Mekong Delta: Climate Change Vulnerability and Risk Assessment Study for Ca Mau and Kien Giang Provinces, Vietnam - Final Report*. Technical Assistance Consultant's Reports, Asian Development Bank, 250p.

Bruun P (1962) Sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of Waterways & Harbor Division, Proceedings ASCE*, 88 (WW1), 117-130.

Dasgupta S, Laplante B, Meisner C, Wheeler D, Yan J (2009) The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. *Climatic Change*, 93(3-4), 379-388.

DWF (2011) *Survey on Perception of Risks in Can Tho City*. Development Workshop France, 183p.

IPCC (2007) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press.

IPCC (2014) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press.

IUCN (2011) *Groundwater in the Mekong Delta*. Discussion paper, International Union for Conservation of Nature (IUCN), [http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn\\_\\_groundwater\\_in\\_mekong\\_delta\\_25\\_may\\_11\\_w.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn__groundwater_in_mekong_delta_25_may_11_w.pdf).

Kuenzer C, Guo H, Huth J, Leinenkugel P, Li X, Dech S (2013) Flood mapping and flood dynamics of the Mekong Delta: ENVISAT-ASAR-WSM based time series analyses. *Remote Sensing*, 5(2), 687-715.

Ling FH, Tamura M, Yasuhara K, Ajima K, Trinh VC (2015) Reducing flood risks in rural households: survey of perception and adaptation in the Mekong Delta. *Climatic Change* (in press). DOI: 10.1007/s10584-015-1416-0

Mai TH, Luu VD, Nguyen THH (2010) Vulnerability assessment in coastal cities of Viet Nam for smart respond to climate change: Case study in Ha Long city. *Proceedings of International*



- Conference on the Role of University in Smart Response to Climate Change*, Vietnam National University, Hanoi, 11-13 December, 2010.
- McElwee P (2010) *The Social Dimensions of Adaptation to Climate Change in Vietnam*. World Bank, 137p.
- MONRE (2009) *Climate Change, Sea Level Rise Scenarios for Vietnam*. Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam.
- Ngo NC, Pham HT, Do DS, Nguyen NB (2006) *Status of Coastal Erosion of Viet Nam and Proposed Measures for Protection*. FAO, 22p.
- Nguyen KV, James H (2013) Measuring household resilience to floods: A case study in the Vietnamese Mekong River Delta. *Ecology and Society*, 18(3), 13. DOI 10.5751/ES-05427-180313
- Nguyen KV, Alexander K (2014) Farmers' perceptions and responses to annual flood events in the Vietnamese Mekong River Delta: Adapting to climate change impacts. In: Lopez-Gunn E, Stucker D (eds.), *Adaptation to Climate Change through Water Resources Management: Capacity, Equity, and Sustainability*, Routledge, pp.89-109.
- Nobuoka H, Cong VM (2011) Vulnerability change in coastal zones of Vietnam and Japan. *Proceeding of Asian and Pacific Coasts 2011*, 392-404.
- Oanh LN, Nguyen TTT, Wilderspin I, Coulier M (2011) *A Preliminary Analysis of Flood and Storm Disaster Data in Viet Nam*. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2011, United Nations Development Programme.
- Pham TT (2013) *Mangroves of Soc Trang 1965-2007*. GIZ, 67p.
- Sato K, Komine H, Murakami S, Yasuhara K (2013) An experimental evaluation on effects on seepage failure using a natural fiber mixed with soils for river dykes. *Proceedings of Geotechnics for Sustainable Development- Geotech Hanoi 2013*, November 27-29, 2013.
- Schmitt K, Albers T, Pham TT, Dinh SC (2013) Site-specific and integrated adaptation to climate change in the coastal mangrove zone of Soc Trang province, Viet Nam. *Journal of Coastal Conservation*, 17(3), 545-558.
- Smith TF, Thomsen DC, Gould S, Schmitt K, Schlegel B (2013) Cumulative pressures on sustainable livelihoods: Coastal adaptation in the Mekong Delta. *Sustainability*, 5(1), 228-241.
- Storeygard A, Balk D, Levy M, Deane G (2008) The global distribution of infant mortality: A subnational spatial view. *Population, Space and Place*, 14(3), 209-229.
- Tamura M, Yasuhara K, Shirai N, Tanaka M (2014) Wise adaptation to climate change: Japan's case. In: Prutsch A, McCallum S, Grothmann T, Swart R, and Chauser I(eds.), *Climate Change Adaptation Manual: Lessons Learned from European and Other Industrialized Countries*. Routledge, pp.314-319.
- Thao ND, Takagi H, Esteban M (2014) *Coastal Disasters and Climate Change in Vietnam, 1st Edition: Engineering and Planning Perspectives*. Elsevier, London, 424p.
- Tran DD, Trinh KN (2013) *Impacts of Changing Aquatic Resource Availability on the Livelihoods of a Coastal Zone Community in Sóc Trăng Province*. GIZ, 41p.
- Tuan LA, Hoanh CT, Miller F, Sinh BT (2007) Flood and salinity management in the Mekong Delta, Vietnam. In: Be TT, Sinh BT, Miller F (eds.), *Challenges to Sustainable Development in the Mekong Delta: Regional and National Policy Issues and Research Needs*. The Sustainable Mekong Research Network, 15-68.
- UNDESA (2011) *World Population Prospects, the 2010 Revision*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- UNFPA (2011) *2011 State of World Population Report*. UNFPA.
- Vietnam government (2010) *The 2009 Vietnam Population and Housing Census*. Statistical



- Publishing House.
- Yasuhara K, Komine H, Yokoki H, Suzuki T, Mimura N, Tamura M, Chen G (2011) Effects of climate change on coastal disasters: New methodologies and recent results. *Sustainability Science*, 6(2), 219-232.
- Yasuhara K, Trinh CV, Do DM (2012) Geosynthetics-aided adaptation against coastal instability caused by sea-level rise. *Proceedings of Geosynthetics Asia 2012*, Bangkok, Thailand, December, 13-15, 16p.
- Yusuf AA, Francisco HA(2009) *Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia*. Economy and Environment Program for Southeast Asia.
- 国交省 (2003) 『中期的な展望に立った新しい海岸保全の進め方報告書』.
- 田村誠・信岡尚道・木下嗣基・田林雄・Frank Hiroshi Ling・安島清武 (2013) 「メコンデルタにおける気候変動への脆弱性と適応策」『茨城大学人文学部紀要 (社会科学論集)』, 56, 27-37.
- 春山成子 (2009) 『自然と共生するメコンデルタ』古今書院, 161p.
- 藤井秀人・藤原洋一・星川圭介 (2013) 「メコンデルタ洪水常襲稲作地域におけるフルダイク化の進展とその影響」『農業農村工学会論文集』, 81(3), 271-278.
- 信岡尚道・三村信男・田村誠 (2009) 「21 世紀におけるアジア・オセアニア沿岸の基礎的脆弱性の推定」『地球環境研究論文集』, 17, 123-132.
- 松島健一・毛利栄征・中澤克彦・山田耕士・堀俊和・有吉充 (2010) 「バングラデシュにおける農村道路の波浪侵食対策に関するパイロット試験」『ジオシンセティックス論文集』, 25, 99-106.
- 三村信男・幾世橋慎・井上馨子 (1993) 「砂浜に対する海面上昇の影響評価」『海岸工学論文集』, 40, 1046-1050.
- (たむら・まこと 茨城大学地球変動適応科学研究機関准教授  
やすはら・かずや 茨城大学名誉教授・地球変動適応科学研究機関特命研究員  
あじま・きよたけ 茨城大学地球変動適応科学研究機関研究員  
ちん・こん・うゝ あん ベトナム・水資源大学准教授  
ふあむ・うゝ あん・そん ベトナム・水資源大学准教授)