

メコンデルタにおける気候変動への脆弱性と適応策

Vulnerability to climate change and its adaptation in the Mekong Delta

田村 誠*・信岡 尚道・木下 嗣基
田林 雄・Frank Hiroshi Ling・安島 清武

抄録

気候変動への適応策の立案、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。本稿は、ベトナムのメコンデルタにおける脆弱性評価と認知アンケート調査を実施し、科学・地域アプローチの両面から脆弱な地域を同定し、気候変動に対する現地の現状と課題を検証した。そして、当該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した。

1. はじめに

気候変動および地球温暖化への対策の目的は、地球や人間社会にとってその悪影響を危険水準以下に抑えることである。この目的を達成する上で、緩和策と適応策は補完的な関係にある。すなわち、温暖化を完全には抑制できない以上、生じうる影響に対する適応策が必要であり、逆に、人間社会と自然環境が適応できる範囲に温暖化の進展を抑えるためには緩和策が必要である。したがって、気候変動対策は緩和策と適応策のポートフォリオを考えなければならない。

本稿ではアジア太平洋地域における気候変動の影響と適応策の分析を試みる。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.*, 2013)。1990年代後半に提起された適応策の枠組みは、科学アプローチに基づく政府主導型適応策であった。科学アプローチは、気候変動の予測を起点にして、影響予測、脆弱性評価、対応策 (適応策) の立案・実施、政策効果のレビューで構成される (Klein *et al.*, 1999)。なかでも気候変動の悪影響を軽減するのに効果的な予見的適応を実施するためには、脆弱

性評価が大きな役割を持つ。気候変動は多様かつ多重の影響をもたらすため、専門家のみならず政策決定者や地域住民にも利用可能な包括的な情報の提供が重要である。脆弱性評価によって、政策立案、実施、評価という適応サイクルの確立が期待される。

一方、近年主張されているのが地域アプローチもしくはコミュニティ主導型適応策である。このアプローチの目的は、社会のレジリエンス (回復力あるいは外的擾乱への耐力) の強化であり、そのためにコミュニティや各家庭の現在のニーズへの対応から出発する (Adger *et al.*, 2005)。

本稿で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認知アンケート調査を実施する。分析対象は、アジア太平洋地域のなかでも気候変動の影響、特に沿岸域への影響が甚大と予想されるベトナムのメコンデルタである。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。

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)。これに急激な経済成

長や都市部の人口増加が重なり、さらに気候変動の悪影響を受けるリスクの増加が見込まれる。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)。

本稿の構成は次の通りである。2節で脆弱性評価の手法とデータを説明し、3節でその分析結果を示す。4節では現地の認知アンケート調査と現地での適応策を論じる。5節は本稿から得られた知見と今後の適応策への展望を論じる。

2. メコンデルタにおける脆弱性評価

2.1. メコンデルタにおける気候変動と脆弱性

本節では、ベトナムのメコンデルタを対象にした脆弱性評価を概説する。ベトナムの行政区分は5中央直轄市（ハノイ、ホーチミン、ダナン、ハイフォン、カントー）および58省（第一級行政区）、その下位区分の県（第二級行政区）、坊・市鎮・社（第三級行政区）で構成される。メコンデルタはこのうちの12省1市を指す。メコンデルタでは海岸浸食、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。そのうえ、人口増加の速度はベトナムの国内平均よりも高く、一層の人口集中が進むと予想される。一方で、この地域での急激な経済成長はインフラや教育等の整備を通じた適応能力の向上をもたらし、脆弱性を低減する効果も存在するだろう。当該地域で適応策を実施するには、気候変動およびそれに伴う自然災害と社会・経済的な影響を組み合わせた脆弱性評価が求められる。

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 (安原他, 2009; Yasuhara *et al.*, 2011)。海面上昇、台風、降雨の増大は高潮を引き起こし、さらに高潮や

地盤沈下は河川氾濫とそれに伴う浸水を増大させる引き金となる。降雨の増大は、海岸や河川の堤防の侵食を招くことが懸念されている。また、河川堤防では、降雨の増大は浸水の増大にもつながる。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、地下水くみ上げによる地盤沈下などが海岸浸食や高潮による浸水を引き起こす。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。

田村 (2012) は、アジア太平洋地域での脆弱性評価の先行研究をレビューし、メコンデルタでの評価手法の基本設計を提案した。メコンデルタでの気候変動研究は近年急速に進んでいる。しかし、脆弱性評価は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おり、本稿の問題意識と近いが、メコンデルタの他10省1市を検討していない。本稿は、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う。特に海面上昇、人口などの独自推計を評価に加えていること、メコンデルタの沿岸域において市町村単位の詳細な評価を実施する点などが本稿の特色といえよう。

2.2. 脆弱性評価の設計

2.2.1. 脆弱性評価

脆弱性にはいくつかの定義があるが、ここでは「あるシステムの外力に対する影響の受けやすさの程度、および影響を転換し、それに順応し、あるいは利用する能力の程度」とする。脆弱性の要素は、第一に気温上昇、海

面上昇、降雨変化などの気候変動に伴う外力とその曝露、第二にその社会のレジリエンスあるいは適応能力からなる (Yohe and Tol, 2002)。気候変動から大きな影響を受ける社会は、脆弱性が高いということになる。そうすると、外力が大きく、また適応能力(抵抗力)が小さいほど脆弱性が高いと考えることができる。つまり、脆弱性を低くするには、気候変動の外力とその曝露を抑えるとともに、社会の持つ適応能力を大きくすることが大切になる。

脆弱性評価のためにはまず指標を特定し、基準化を行うこととなる。各指標は、Swanson *et al.* (2007) 等の方法を参考にし、地域内での最大値と最小値から基準化を行う。この方法は、UNDP (2007, 2011) の人間開発指数 (Human development index: HDI) などでも使われ、離散型ではなく連続型の数値が算出されることが利点である。指標によって大小関係が脆弱性に与える意味合いが異なるので、(1)、(1') 式のように区別する。また、人口密度のように地域によって約1万倍の開きがある指標は自然対数を用いて基準化する。

高い方が脆弱性を増す指標：

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_i^{Min}}{X_i^{Max} - X_i^{Min}} \quad (1)$$

低い方が脆弱性を増す指標：

$$Z_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_i^{Min}}{X_i^{Max} - X_i^{Min}} \quad (1')$$

Z_{ij} ：地域 j において基準化した指標 i

X_{ij} ：地域 j における指標 i (基準化前)

X_i^{Max} ：指標 i の地域全体の最大値

X_i^{Min} ：指標 i の地域全体の最小値

脆弱性 V_j は、(2) 式のように複数の指標 Z_{ij} を重み付け統合して得られる。

$$V_j = \sum w_i \cdot Z_{ij} \quad (2)$$

V_j ：地域 j の脆弱性

w_i ：各指標の重み付け

2.2.2. 適応効果評価

適応効果評価は、適応策を実施した場合の脆弱性の低減効果を示す。(3) 式の通り、脆弱性評価を適応策の有無や複数時点に拡張することで適応効果を推計できる。メコンデルタでは堤防嵩上げ、堤防への浸水補強といった技術的な適応策とともに、経済、教育水準の向上、防災教育などのキャパシティ・ディベロップメント (capacity development) が社会的な適応策に挙げられる。本稿では適応効果評価を分析対象にしないが、今後の検討課題としたい。

$$Ad_j = (V_j^\alpha - V_j^0) / V_j^0 \quad (3)$$

Ad_j ：地域 j の適応効果

V_j^α ：適応策 α を講じた場合の脆弱性

V_j^0 ：適応策を実施しない場合の脆弱性

以上、脆弱性評価および適応効果評価の基本設計を示した。分析結果は数値だけでなく、グラフ化や地図化による可視化を行うと理解や比較がしやすくなる。

2.3. データベースの作成

脆弱性評価をメコンデルタに適用するには、対象地域、対象分野等を絞り込んだ上で各指標のデータベース構築が必要となる。まず、境界条件を定めて利用可能なデータを作成、収集する。次に、空間、時間のスケールを揃えたデータベースを作成することとなる。データベース化の際にはデータの有無、空間、時間スケールがデータや地域の特性によって異なることを考慮しなければならない。

以下、災害指標、海面上昇、人口シナリオ、貧困指標を脆弱性評価の入力指標として扱う。特に海面上昇による浸水域、人口シナリオを独自推計していることが本稿の特徴といえる。

2.3.1. 災害指標

UN DesInventar によると、ベトナムは過去 22 年間で (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 (図 1)。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 月の台風リンダ (死者 3,111 名)、1999 年 11 月中部ベトナム洪水 (死者 749 名)、2008 年 8 月の熱帯低気圧カムリ (死者 133 名、行方不明者 34 名) などがある。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。本稿では、過去 22 年間の省別の災害死者・行方不明者数を各省の災害指標として脆弱性の一要素に加えた。

2.3.2. 海面上昇による浸水

ベトナムでは気候変動に伴う海面上昇が危惧されている。ベトナム政府 (MONRE, 2009) は MAGICC/SCENGEN 5.3 というソフトを用いて 65-100cm までの海面上昇による浸水域を推計している。これは、IPCC (2007)

の世界平均で最大 59cm 上昇というシナリオよりも深刻なシナリオである。

本稿では、海面上昇 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。計算手法はアジア・オセアニア地域の海面上昇等による浸水を推計した信岡他 (2009) と同様であるが、本稿ではベトナムを対象に標高等の入力データを見直してより精細な予測を行っている。

2.3.3. 人口

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。

ベトナム政府は、2049 年までの省別の人口シナリオを公開している (Vietnam government, 2011)。これに対して、全球レベルの人口シナリオ予測モデルに基づき、Gaffin *et al.* (2004) や O'Neill *et al.* (2005) が

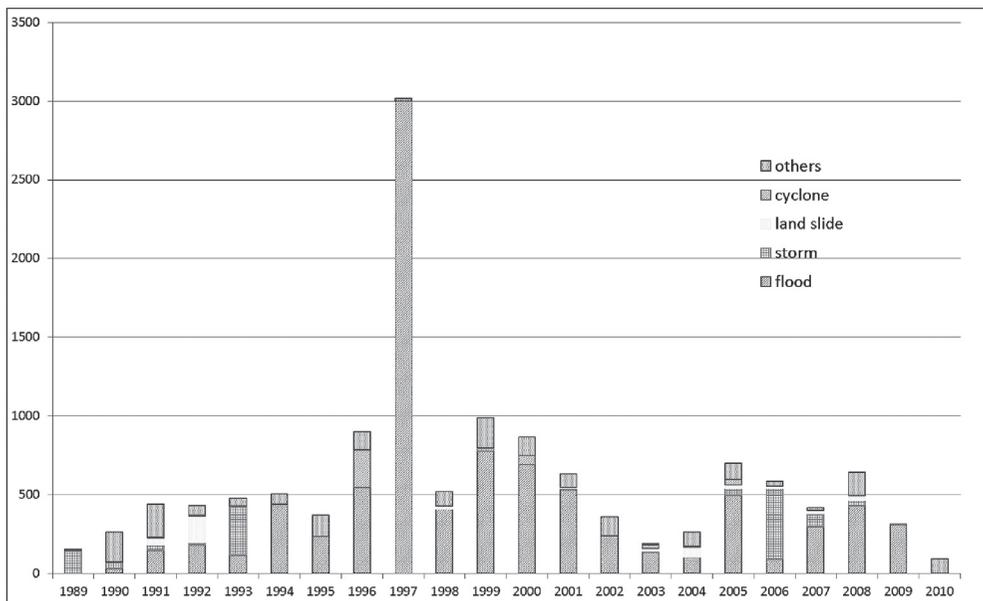


図 1 ベトナムにおける災害別死者数・行方不明者数 (1989-2010 年)

出典) DesInventar

アジア地域シナリオからベトナム国内レベルのダウンスケーリング、Grubler *et al.* (2007) がベトナム国内の 50km メッシュ (30 arc-minute) へダウンスケーリングを行っている。しかし、メコンデルタでの検証には 50km メッシュよりも高い解像度、都市域と農村域の人口分布に関する現実的な推計が求められる。本稿は、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。

2.3.4. 貧困指標

貧困指標は様々あるが、なかでも貧困者比率 (Headcount ratio) と貧困ギャップ率 (Poverty gap ratio) が代表的である。気候変動の悪影響は、地域内の所得格差よりも絶対所得の低さの方が強く作用すると考えられるため、ここでは絶対的貧困の発生率である貧困者比率を用いた。絶対的貧困とは、所得または支出の水準が貧困ラインに達しない層 (= 貧困者) が全人口に占める割合、貧困の発生頻度を示す。本稿では NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC) がダウンスケールした 1999 年のデータを利用する (Storeygard *et al.*, 2008)。貧困ラインは「1 日 1 ドル未満の収入」という基準がしばしば使われるが、ここでは地域の実情を勘案した一人当たり年間支出 (ppp) 143.19 ドル (1998 年換算で 1,789,871 ドン) 以下が基準となる。なお、1999 年のベトナム一人当たり年間支出は、平均 1,860 ドルである (UNDP, 2011)。

2.3.5. 適応能力

これまで脆弱性を増大させる指標 (主に外力と曝露) 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。本稿でも適応能力指標の組み込みを検討した

が、最終的には脆弱性評価へ入れなかった。以下で、その理由を述べる。

図 2 は、ベトナムの各省における人間開発指数 (HDI) と 100 万人当たりの災害死者・行方不明者との関係を示したものである。所得、教育、寿命等を総合評価した HDI は適応能力の代理指標としてしばしば使われるが (Yusuf and Francisco, 2009 等)、少なくともベトナムの省別では両者には相関関係が見られなかった。同様に、GDP などの経済指標と災害被害との関係を検証したが相関が見られなかった。また、メコンデルタの沿岸域は第 1 次産業従事者が大半を占めるため、その所得差は相対的に小さく HDI などでは適応能力としての地域差が定量化しづらい (図 2 のとおり、省別の HDI はカントー、キエンザン省、カマウ省の順である)。そのうえ、入手可能な統計情報の多くは第一級行政区 (省単位) であり、第二級行政区 (県等) 以下はあまり公開されていない。先行研究でも、例えば McElwee (2010) は本稿と同様に適応能力の定量化をしていない。したがって、適応能力を脆弱性評価に組み込むことはしなかった。

3. 脆弱性評価の分析結果

図 3 は、2.3 節で述べた災害歴、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 (UN 中位推計) は、2045 年頃をピークにその後減少に向かう。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

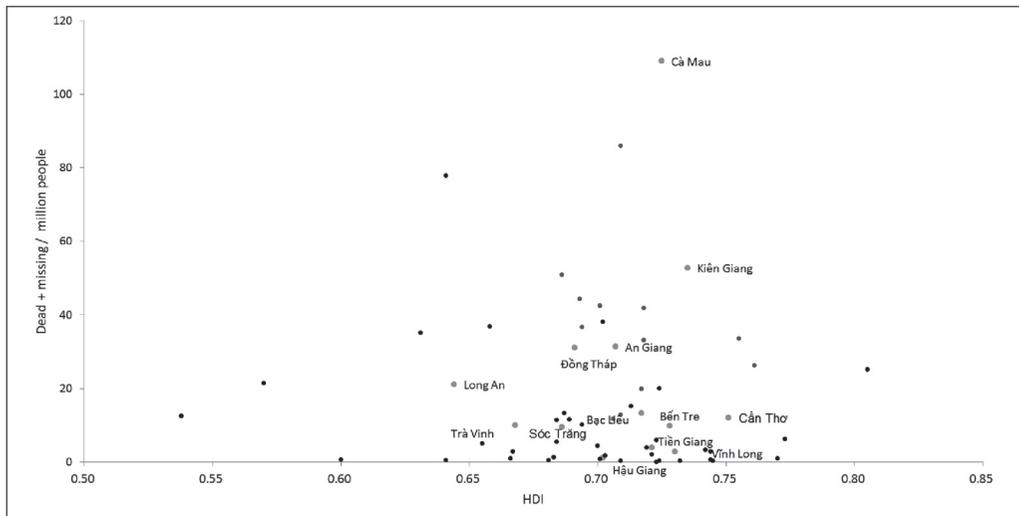


図2 ベトナム各省におけるHDI(2008年)と100万人当たり災害死者・行方不明者数(1989-2010年)
出典) DesInventar, UNDP (2011)

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。なお、2009年の国勢調査(Vietnam government, 2010)によると、ロンアン(Long An)省143万人、ティエンザン(Tien Giang)省167万人、ベンチュ(Ben Tre)省125万人、チャビン(Tra Vinh)省100万人、ビンロン(Vinh Long)省102万人、ドンタップ(Dong Thap)省166万人、アンザン(An Giang)省214万人、キエンザン(Kien Giang)省168万人、カントー(Can Tho)市118万人、ハウザン(Hau Giang)省75万人、ソクチャン(Soc Trang)省129万人、バクリュウ(Bac Lieu)省85万人、カマウ(Ca Mau)省120万人である。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4は、各指標を統合した脆弱性評価の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ュウ省、ソクチャン省、ベンチュ省の東部沿岸部、カマウ省の南端部等において脆弱性の高い地域が同定される。ここは災害歴や浸水域と人口密度の高さが重なって脆弱性の増大に影響している。このように、海面上昇等の物理影響と社会経済影響の両面で脆弱な地域を確認できた。

4. 現地の認知と適応策

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。そこで、カマウ省、ソクチャン省、アンザン省においてベトナム水資源大学(Water Resource University)と協働でアンケート調査(訪問調査法)を実施し、地区住民レベルでの気候変動の認知と適応策の実態把握に努めた。調査期間は2012年11-12月であった。筆者らが作成した英語の質問票をベトナム水

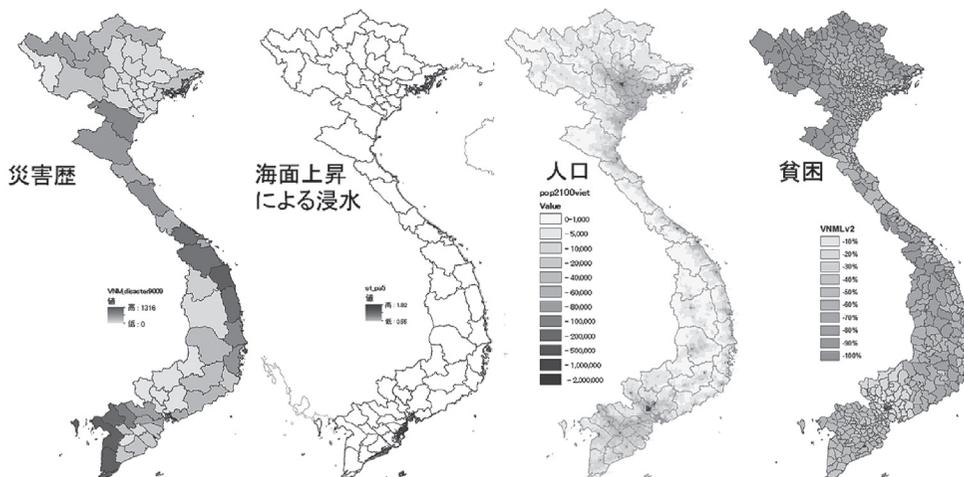


図3 脆弱性評価への入力指標

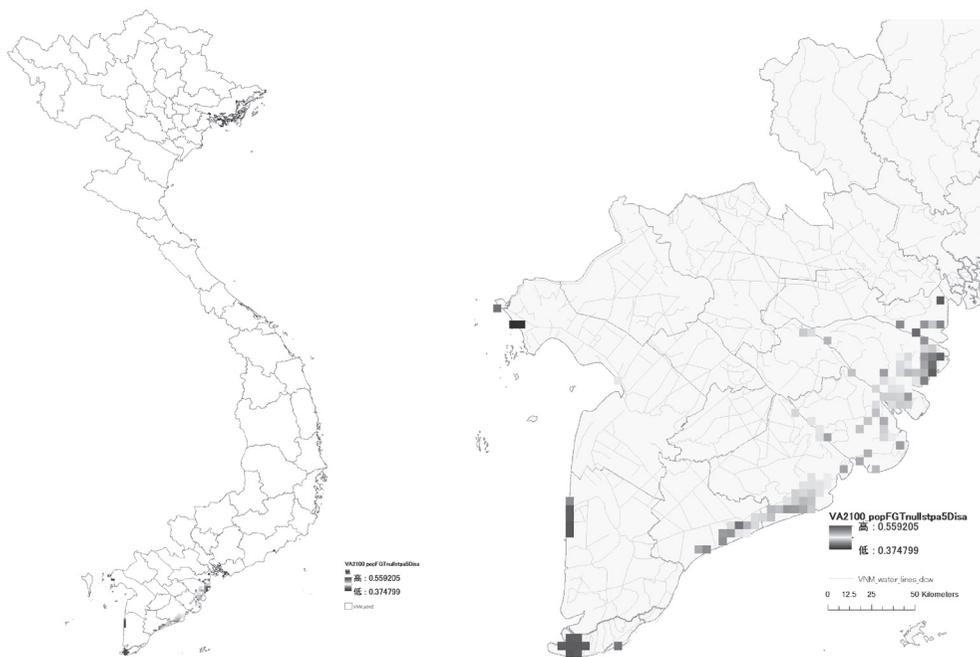


図4 脆弱性評価の推計結果 (左：ベトナム全体、右：メコンデルタ)

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方法で調査した。質問票はカントーのみで類似の調査を行った DWF (2011) を参考に、事前に

ベトナム水資源大学や省政府の担当者とも協議して3省の現状に合わせて質問項目や選択肢を見直した。

図5に調査対象地域を示す。カマウ省、ソクチャン省、アンザン省の3省27地区(1坊、

い。しかし、第三の適応策になると地域差が大きくなる。カマウ省では小型船の購入（洪水時の移動手段）や洪水耐性米の使用など、ソクチャン省では家屋の2階化や支柱設置、洪水前の養殖漁獲、洪水前の家畜（鶏、豚等）の販売など、アンザン省では収入源の多様化、洪水耐性米、家屋の2階化や支柱設置など、省や地区（社等）によって異なる。危険な災害からより逃れやすくするためには、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、実際には家屋の補修などの事後対策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。

リスク認知と適応策の結果から、3省を大まかに特徴付けると、カマウ省は海岸部の災害である台風や海岸浸食、アンザン省は内陸災害である河川氾濫や河川浸食を主な災害と捉えている。ソクチャン省は2省の中間的な傾向を示している。つまり、ソクチャン省の沿岸部では嵐や洪水、内陸部では河川氾濫や河川浸食を危険視するという結果になった。

5. おわりに

本稿は、ベトナムのメコンデルタにおける脆弱性評価と認知アンケート調査を実施し、科学・地域アプローチの両面から脆弱な地域の同定、住民の認知、そして適切な適応策を検討した。

第一に、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。これらの地域には適応策の重点的な実施が望まれる。一方で、内陸部の河川氾濫や適応効果評価は今回の検討対象外であり、次の研究に譲る。

第二に、メコンデルタの3省27地区の住民に対して気候変動と適応策に関する大規模な認知アンケート調査を実施した。これらの地区では、総じて言えば自然災害のなかで大規模洪水、台風の順にリスクが大きいと認知

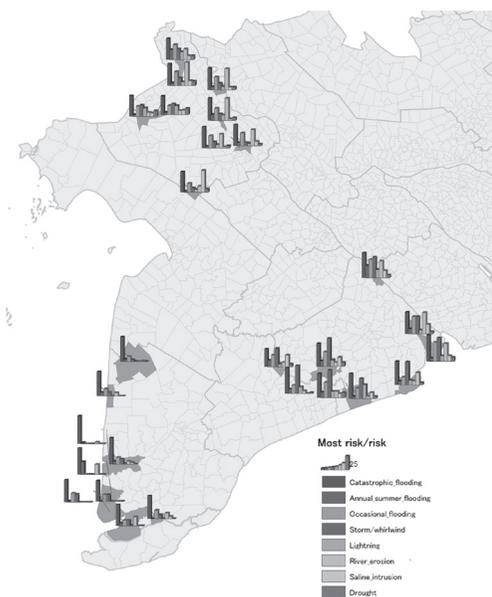


図7 「最もリスク」あるいは「リスクと感ずる災害事象」

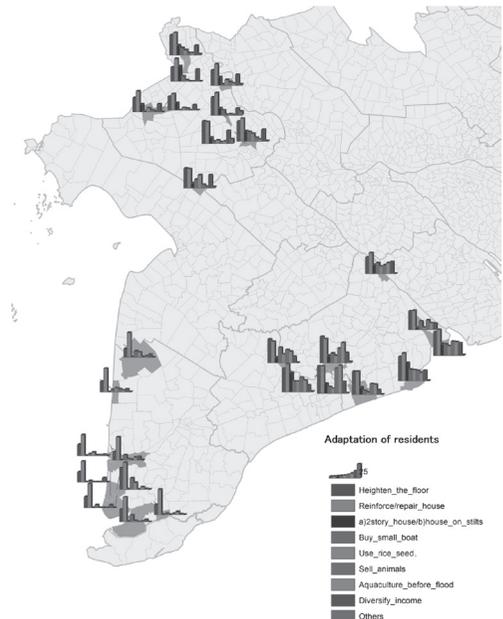


図8 住民レベルの適応策

されていること、現状では家屋の補強や高床化などの適応策を講じていること、とはいえ地区毎に想定される自然災害が異なるためにきめ細やかな適応策が求められること、などの知見を得た。

適応策の立案には地域の実情に応じた対応が求められる。脆弱性評価は、脆弱な地域や分野の特定、適応策の実施を行うために主に政策決定者や地域住民を対象にした統合評価手法である。得られた数値やランキングのみに固執するのではなく、気候変動の影響の全体像を掴んだ上で、地域や分野によって影響が異なる原因を的確に理解することが現地の状況に即した適切な適応策を講じるために重要である。今回のアンケート調査は住民レベルのリスク認知、適応策の現況を把握する上で貴重な情報となった。

本稿は、こうした脆弱性評価と住民への認知アンケート調査を組み合わせることによって、科学的知見の提供と現地で求められる情報やニーズの把握を行うことができた。この結果は、気候変動に対する地域主導の適応策の展開に結びつけることが期待される。

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」、科学研究費補助金基盤 (C)「気候変動適応策の隘路と打開策」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.
- Adger, W.N., Hughes, T.P., Folke, C., Carpenter, S.R., and Rockstrom, J. (2005). Social-ecological Resilience to Coastal Disasters. *Science*, 309, 1036-1039.
- Dinh, T.H., Tran, T.D.H., Pham, V.S., Pham, T.H.D., Ham, D.H., Vu, X.H., and Pham, T.K.O. (2010). Smart Response to Climate Change - Coastal Vulnerability Index for Vietnam. *Proceedings of International Conference on the Role of University in Smart Response to Climate Change*, Vietnam National University, Hanoi, 11-13 December, 2010.
- DWF (2011). *Survey on Perception of Risks in Can Tho City*. Development Workshop France, 183p.
- Gaffin, S., Xing, X., and Yetman, G. (2004). Downscaling and Geo-spatial Gridding of Socio-economic Projections from the IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES). *Global Environmental Change*, 14 (2), 105-123.
- Grubler, A., O'Neill, B., Riahi, K., Chirkov, V., Goujon, A., Kolp, P., Prommer, I., Scherbov, S., and Slentoe, E. (2007). Regional, National, and Spatially Explicit Scenarios of Demographic and Economic Change Based on SRES. *Technological Forecasting & Social Change*, 74 (7), 980-1029.
- 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.
- Kaly, U.L., Pratt, C.R., and Mitchell, J. (2004). *The Demonstration Environmental Vulnerability Index (EVI)*. SOPAC.
- Klein, R.J.T., Nicholls, R.J., and Mimura, N. (1999). Coastal Adaptation to Climate Change: Can the IPCC Technical Guidelines be Applied?. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 239-252.
- Mai, T.H., Luu, V.D., and Nguyen, T.H.H. (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.
- Moss,R.H., Malone,E.L., and Brenkert,A.L. (2001). *Vulnerability to Climate Change: A Quantitative Approach*. U.S. Department of Energy, 34p.
- Oanh,L.N., Nguyen,T.T.T., Wilderspin,I., and 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.
- O'Neill,B., Goujon,A., Prommer,I., and Scherbov,S. (2005). Downscaling of SRES Population Scenarios from Regional to National Level, IR-05-062. *International Institute for Applied Systems Analysis*, Laxenburg, Austria.
- Swanson,D., Hiley,J., and Venema,H.D. (2007). *Indicators of Adaptive Capacity to Climate Change for Agriculture in the Prairie Region of Canada: An Analysis Based on Statistics Canada's Census of Agriculture*. International Institute for Sustainable Development.
- Storeygard,A., Balk,D., Levy,M., and 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., and Tanaka,M. (2013). Wise Adaptation to Climate Change: Japan's Case. In: A.Prutsch, S.McCallum, T.Grothmann, R.Swart, and I.Chauer (eds.), *Climate Change Adaptation Manual: Lessons Learned from European and Other Industrialized Countries*. Routledge (in press).
- UNDP (2001). *National Human Development Report 2001 Doi Moi and Human Development in Viet Nam*. UNDP.
- UNDP (2007). *Human Development Report 2007/2008: Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World*. UNDP.
- UNDP (2011). *Social Services for Human Development: Viet Nam Human Development Report 2011*. UNDP.
- UNFPA(2011). *2011 State of World Population Report*. UNFPA.
- Vietnam government (2010). *The 2009 Vietnam Population and Housing Census*. Statistical Publishing House.
- Vietnam government (2011). *Population Projection for Vietnam 2009-2049*. Ministry of Planning and Investment, General Statistics Office.
- Yasuhara,K., Komine,H., Yokoki,H., Suzuki,T., Mimura,N., Tamura,M., and Chen,G.(2011). Effects of Climate Change on Coastal Disasters: New Methodologies and Recent Results. *Sustainability Science*, 6 (2), 219-232.
- Yohe,G. and Tol,R.S.J. (2002). Indicators for Social and Economic Coping Capacity: Moving towards a Working Definition of Adaptive Capacity. *Global Environmental Change*, 12 (1), 25-40.
- Yusuf,A.A. and Francisco,H.A. (2009). *Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia*. Economy and Environment Program for Southeast Asia.
- 環境省 (2009) 『地球温暖化「日本への影響」—長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価—』環境省地球環境研究総合推進費 S-4「温暖化影響総合予測プロジェクト」, 38p.
- 田村誠 (2012) 「アジア太平洋地域における気候変動への脆弱性評価：課題と展望」『茨城大学人文学部紀要（社会科学論集）』, 53, 25-36.
- 春山成子 (2009) 『自然と共生するメコンデルタ』古今書院, 161p.
- 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.
- 安原一哉・小峯秀雄・村上哲・陳光齊・三谷泰浩・田村誠 (2009) 「温暖化による気候変動が地盤災害に及ぼす影響」『地球環境』, 14 (2), 247-256.
- (たむら・まこと 本学地球変動適応科学研究機関准教授
のぶおか・ひさみち 本学工学部准教授
きのした・つぐき 本学農学部准教授
たばやし・ゆう 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター特任助教
ふらんく・ひろし・りんぐ 本学地球変動適応科学研究機関研究員
あじま・きよたけ 本学地球変動適応科学研究機関研究員)