

平成30年6月15日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26281055

研究課題名(和文) 気候変動適応策の有効性と限界

研究課題名(英文) Possibilities and Limitations for Climate Change Adaptation

研究代表者

田村 誠 (Tamura, Makoto)

茨城大学・地球変動適応科学研究機関・准教授

研究者番号：10376585

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、沿岸域災害と農業を対象に、適応策の有効性評価手法を開発し、それに基づき「適応の限界」と有効性の特定を試みた。

沿岸域では海面上昇等に伴う全球規模の浸水影響、防護費用のデータベース構築、防護効果評価、費用便益を提示し、一連の分析枠組みを確立した。さらに、日本やベトナムの沿岸域での脆弱性評価、現地調査を通じて適応策の有効性と限界を同定した。農業では、カバークロップの有効性評価と最適選択(作物種選択が有機農業および化学肥料栽培での土壌および水質保全効果に及ぼす影響等)、耐熱性エンドファイトを利用した温暖化適応作物栽培手法の開発、などの適応栽培技術の開発に道筋を付けた。

研究成果の概要(英文)：This study examined effectiveness and identified limits of adaptation to climate change, focusing the impacts of coastal disasters and agriculture.

With regard to the coastal disasters, we globally (1) assessed impact of sea level rise and high tides, (2) constructed database for protection cost, (3) evaluated effectiveness of adaptation, and (4) analyzed cost benefit analysis of adaptation. We also identified effectiveness and limits of adaptation in Vietnam and Japan with impact/vulnerability assessments and fieldworks. Multiple strategies harmonized with local ecosystems were proposed to protect the area against climate change induced events.

With regard to agriculture, we (1) investigated effectiveness of cover crops and planting methods (the ability of summer cover crops to reduce nitrogen leaching and the effect on the yield and food quality), (2) developed the cultivation procedure of the plant using heat-resistant endophyte, which can be adapted for global warming.

研究分野：気候変動

キーワード：気候変動 適応 レジリエンス 沿岸域 農業 海面上昇 高温耐性

## 1. 研究開始当初の背景

気象極端現象の激化、多発化によって、気候変動に対する短期・中長期的な対応策(適応策)に対する関心が一挙に高まった。国際的には、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第5次報告書において、気象の極端化が一層進むという将来予測が示され、温暖化対策における適応策の重要性が一層認識されることになった。

気候変動への適応策に関する研究は、気候モデルと地域ダウンスケーリング、影響予測・脆弱性評価、適応策の開発・設計・実施、適応策の効果モニタリング・評価、の4段階に分けられる。

気候変動適応の現状を俯瞰すると、～段階の気候シナリオ及び影響予測研究では大きな進展がある一方、適応策の設計・実施・評価に関する研究が立ち遅れている。

## 2. 研究の目的

本研究は、これまで研究例が乏しい適応策の効果モニタリング・評価に注目する。すなわち、体系的な適応策を導入した場合の被害軽減効果の評価手法の開発、および悪影響が卓越する適応の限界について検討する。

具体的には、沿岸域と農業を中心に、気候変動影響評価、適応技術開発、さらには適応策の有効性評価を実施し、それらに基づく「適応の限界」の特定を目指す。

## 3. 研究の方法

本研究は、沿岸域と農業を対象にして、適応策の有効性(被害軽減度)の評価を行い、それらに基づく適応の限界を検討した。

そこで、適応シナリオの設定、適応技術開発、適応効果に関する指標体系の構築、予測モデルによる影響予測、総合的指標を用いた適応策の有効性評価と限界の同定、の観点から研究を実施した。

気候変動の影響とその適応は多面的であるため、工学、農学、経済学、地理学、歴史学などの専門家と学際的な体制で研究に取り組んだ。

## 4. 研究成果

### (1)海面上昇等の気候変動影響と適応効果評価

RCP/SSPシナリオに基づく浸水影響評価を実施し、大潮の満潮および海面上昇を考慮した場合の2100年における潜在的浸水面積は約37万km<sup>2</sup>(RCP2.6)～42万km<sup>2</sup>(RCP8.5)、影響人口は約5,530万人(RCP2.6, SSP1)～1.06億人(RCP8.5, SSP3)になると推計した(四栗他, 2017; Yokoki et al., 2018)。

これらの浸水可能性がある海岸線に対して、1mの堤防の嵩上げを行った場合の浸水影響を試算した。全球の潜在的浸水域は、適応策がない場合に比べて2100年時点において1m嵩上げで約4割軽減されることを確認した(Tamura et al., under review)。

日本および世界での防護費用データベースを構築し、堤防嵩上げの費用便益分析を行い、全球規模では早期の防護策の実施に経済合理性があることを示した(熊野他, 2017; Tamura et al., under review)。

### (2)ベトナム沿岸部の気候変動影響と適応策

ベトナムのメコンデルタや红河デルタにおいて海面上昇および海岸侵食等の沿岸脆弱性評価やアンケート調査等から脆弱な地域を特定し、住民レベルの認知や適応策を同定した(田村他, 2015; Tamura et al., 2018)。そして、地域の実情に応じて堤防などのグリーンインフラとマングローブ等のグリーンインフラを組み合わせた多重防護の重要性を指摘した。

### (3)水害調査と適応策

2015年鬼怒川水害調査から、(i)本水害は低平地での気候変動による典型的な複合災害であること、(ii)適応策は自助、共助、公助の効果的な融合が必要であることを強調した。これら日本での適応策はベトナムなどでも適用可能であることを指摘した(安原他, 2016等)。

2018年9月に起こった台風に襲われたベトナムのハイハウ海岸における堤防災害の調査を行った。その結果、(i)堤防は越波によって裏法が侵食されたこと、そして、その現象は鬼怒川堤防破堤に類似していること、(ii)堤体は細粒土交じりの砂質土から構成されているので土質工学的には問題はないこと、などが分かった。以上から、大きな台風を受ける堤防の安定性増加のためには、裏法表面の補強が必要であること、他方で経済性とのバランスを考慮した対応をする必要があり、ここに適応策の限界があることを併せて指摘した。

### (4) SfMによる水中3次元計測手法の開発

沿岸域の水中の土砂移動やサンゴ礁の経時変化を計測する目的で、測量機材やStructure from Motion (SfM)技術を用いて、低コストかつ詳細な海底地形図・3次元モデルを作成する手法を開発した(田林, 2016)。また、精度の点においても従来の測量手法に劣らないことが示された(村上他, 2015)。

### (5)カバークロップの有効性と最適選択

カバークロップの作物種選択が有機農業および化学肥料栽培での土壌および水質保全効果に及ぼす影響を調査し、とくに有機肥料区において残留窒素量が化学肥料区より多く認められ、カバークロップの作付によって土壌無機態窒素含有量が著しく低下することが認められた(Komatsuzaki, 2017)。気候変動への適応には化学肥料を有機肥料に代替するだけでは十分でなく、カバークロップの導入など作付体系全体から改善していくアプローチが必要であることを明らかにした。

した。

福島県葛尾村の農家と連携して、土壌保全に効果的なカバークロープ選択のための栽培試験を実施し、耕作放棄地などの土壌保全対策としてカバークロープの有効性について検討した。

#### (6)耐熱性エンドファイトを利用した温暖化適応作物栽培手法の開発

培地上に接種した菌類を苗立枯病菌 (*Fusarium* spp.および *Rhizoctonia* spp.)が死滅する積算温度(それぞれ 50 24時間および 50 72時間)に達するまで培養し、その後 1 か月間室温で培養した際の生存可否を確認した。その結果、供試した 5 菌株中 3 菌株で 50 72 時間培養後も生存が認められ、耐熱性菌類として選抜した。さらに、選抜した菌株を植物へ接種した結果、1 菌株の接種区では対照区と比較して地上部乾燥重量が有意に増加しエンドファイトであることも確認した。

次に *Fusarium* 属菌が引き起こす萎凋病や根腐病が問題となっているエンドウの栽培で選抜したエンドファイトの利用法を検討した。その結果、選抜したエンドファイトを育苗時に処理することで *Fusarium* 属菌による病害を抑制できることが明らかになった(下図 栽培試験のエンドウ根部左:対照区は激しい褐変が認められる。右:エンドファイト処理区では顕著な病徴が認められない)。



#### (7) 総括

沿岸域ではRCP/SSPシナリオに基づく海面上昇等に伴う全球規模の浸水影響、防護費用のデータベース構築、防護効果評価、費用便益を提示し、一連の分析枠組みを確立した。さらに、日本やベトナムの沿岸域での脆弱性評価、現地調査を通じて適応策の有効性と限界を同定した。

農業では、カバークロープの有効性評価と最適選択(作物種選択が有機農業および化学肥料栽培での土壌および水質保全効果に及ぼす影響等)耐熱性エンドファイトを利用した温暖化適応作物栽培手法の開発、などの適応栽培技術の開発に道筋を付けた。

以上のとおり、本研究は沿岸域災害と農業を対象にした適応策の有効性とその限界について多くの知見を得ることができた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[雑誌論文](計21件)

<査読有>

Tamura, M., K. Yasuhara, K. Ajima, V.C. Trinh, S.V. Pham (2018)

“Vulnerability to climate change and residents’ adaptations in coastal areas of Soc Trang province, Vietnam,” *International Journal of Global Warming*, 16p (in press).

Guo, Y., Y. Matsuoka, T. Nishizawa, H. Ohta, K. Narisawa (2018) “Effects of *Rhizobium* species living with the dark septate endophytic fungus *veronaepsis simplex* on organic substrate utilization by the host”, *Microbes and Environments*, 33, pp.102-106.

箭内春樹・熊野直子・田村誠・横木裕宗・桑原祐史(2017)「伊勢湾台風を事例とする高潮浸水被害額推計手法の検証」, 土木学会論文集 G (環境), 73(5), pp. I\_361-I\_367.

四栗瑞樹・田村誠・熊野直子・増永英治・横木裕宗(2017)「RCP・SSPシナリオに基づく全球沿岸域での海面上昇による浸水影響評価」, 土木学会論文集 G (環境), 73(5), pp. I\_369-I\_376.

熊野直子・土田晃次郎・田村誠・増永英治・桑原祐史・横木裕宗(2017)「日本における海面上昇への適応を目的とした防護費用の将来推計」, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 73(2), pp. I\_1007-I\_1012.

Duc, D.M., K. Yasuhara, N.M. Hieu, N.C. Lan (2017) “Climate change impacts on a large-scale erosion coast of Hai Hau district, Vietnam and the adaptation,” *Journal of Coastal Conservation*, 21(1), pp.47-62.

Yasuhara, K., S. Kawagoe, K. Araki (2017) “Geo-disasters in Japan in the context of climate change”, *Geotechnical Engineering Journal of the of SEAGS & AGSSEA*, 48(1), pp.1-10.

Yasuhara, K., H. Watanabe, K. Kobayashi, M. Yoshimi, Y. Arai, S. Hosoya, M.S. Tajiri, S. Murakami (2017)

“Instability of residences founded on volcanic cohesive soils during the 2016 Kumamoto earthquake,” *Lowland Technology International*, 19(3), pp.205-216.

Komatsuzaki, M. (2017) “Cover crops reduce nitrogen leaching and improve food quality in an organic potato and broccoli farming rotation,” *Journal of Soil and Water Conservation*, 72(5), pp.539-549.

Yasuhara, K., M. Tamura, V.C. Trinh, M.D. Do (2016) "Geotechnical adaptation to the Vietnamese coastal and riverine erosion in the context of climate change," *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, 47(1), pp.7-14.

安原一哉・村上哲・小荒井衛・小林薫 (2016)「2015年関東・東北豪雨災害における教訓と地盤工学的対応」, *地盤工学シンポジウム論文集*, 40, pp.85-94.

Yasuhara, K., S. Murakami, N. Mimura (2015) "Inundation caused by sea-level rise combined with land subsidence," *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, 46(4), pp.102-109.

村上智一・小花和宏之・河野裕美・下川信也・田林雄・水谷晃 (2015)「サンゴ礁海域を対象とした SfM による水中3次元計測の可能性」, *土木学会論文集 B3(海洋開発)*, 72(2), pp.1\_766-1\_771.

<査読無>

安原一哉 (2018)「Geoengineering をめぐる：気候変動問題におけるジオシンセティックスの可能性」, *ジオシンセティックス技術情報*, 2018年3月号, pp.1-10.

Yokoki, H., M. Tamura, M. Yotsukuri, N. Kumano, Y. Kuwahara (2018) "Global distribution of projected sea level changes using multiple climate models and economic assessment of sea level rise," *CLIVAR Exchanges*, 74, pp.36-39.

田村誠・熊野直子 (2017)「海面上昇等による沿岸域の浸水影響と適応策」, *沿岸域学会誌*, 29(4), pp.19-24.

田林雄 (2016)「水中 SfM 多視点写真測量の展望」, *GIS NEXT*, 56, pp.79.

田村誠 (2015)「気候変動への賢い適応：東南アジアの経験に学ぶ」, *環境会議*, 2015年春号, pp.62-67.

田村誠・安原一哉・安島清武・Trinh Cong Van・Pham Van Song (2015)「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」, *茨城大学人文学部紀要(社会科学論集)*, 60, pp.49-61.

高島勇介・太田寛行・成澤才彦 (2015)「糸状菌特にエンドファイトの諸形質を内生細菌がコントロールするのか?」, *土と微生物*, 69, pp.16-24.

② Takashima, Y., K. Narisawa, I. Hidayat, G. Rahayu (2014) "First report on Fungal symbionts of Lycopodiaceae root from Mount Gede Pangrango National Park Indonesia," *Journal of Developments in Sustainable Agriculture*, 9, pp.81-88.

[学会発表](計18件)

田林雄・小室隆 (2018)「小型水中ロボット(sROV)を用いた水中植生および地形の測量」, *日本地理学会春季学術大会*, 2018年3月22日, 東京学芸大学.

田村誠 (2017)「気候変動適応学と歴史学、国文学との共働可能性」, 第3回日本語の歴史的典籍国際研究集会, *国文学研究資料館*, 立川, 2017年7月29日.

Yokoki, H., M. Tamura, Y. Kuwahara (2017) "Global distribution of projected sea level changes using multiple climate models and economic assessment of sea level rise," *International WCRP/IOC Conference 2017 "Regional Sea Level Changes and Coastal Impacts"*, Columbia University, USA, July 12, 2017.

田林雄・小室隆 (2017)「小型 ROV を用いた水中 3D 地図の作成」, *日本地理学会春季学術大会*, 2017年3月29日, 筑波大学.

Yasuhara, K. (2016) "Geotechnical responses to natural disasters and environmental impacts in the context of climate change," *International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure development-Geotec Hanoi*, Hanoi, Vietnam, November 24, 2016.

Kumano, N., M. Tamura, H. Yokoki, Y. Kuwahara (2016) "Coastal dike cost analyses based on socioeconomic scenarios in Vietnam," *Proceedings of Hanoi Geoengineering 2016 on "Energy & Sustainability"*, Hanoi, Vietnam, October 21, 2016, pp.30-36.

Tamura, M., N. Kumano, H. Yokoki, Y. Kuwahara, K. Yasuhara (2016) "Coastal adaptation to climate change in Vietnam and Japan: A socioeconomic analysis," *Proceedings of Hanoi Geoengineering 2016 on "Energy & Sustainability"*, Hanoi, Vietnam, October 21, 2016, pp.93-98.

Tamura, M., K. Yasuhara, N. Kumano, H. Yokoki, Y. Kuwahara (2016) "Climate change and resilient adaptation in coastal areas, Vietnam," *Proceedings of International Conference on "Building Sustainable Development Society: Vietnam-Japan Cooperation to Ensure the Sustainable Development"*, Institute for Northeast Asian Studies, Vietnam Academy of Social Sciences, Hanoi, Vietnam, September 28, 2016, pp.292-303.

安原一哉・塩見忠彦・村上哲(2016)「水位上昇を受ける水際線沿岸堤防の不安定性と対応策」,第51回地盤工学研究発表会講演集, No.0535, pp.1069-1070, 岡山, 2016.

安原一哉(2016)「気候変動下における堤防の強靱化策:2015.9.10 関東・東北豪雨災害の経験から」,第71回土木学会年次学術講演会講演概要集,共通セッション“気候変動による影響への適応”, pp.15-16, 2016.

田林雄(2016)「流量観測のための写真測量を用いた河川横断面の作成」,日本地理学会春季学術大会,2016年3月21日,早稲田大学.

Tamura, M., N.Kumano, H.Yokoki, K.Yasuhara (2015) “Coastal adaptation and management to climate change in Vietnam: Some options and their costs,” Proceedings of HANOIGEO 2015 on “Engineering geology in respond to climate change and sustainable development of infrastructure”, November 27, 2015, pp.35-38

Yasuhara, K., T.Shiomi, S.Murakami. (2015) “Coastal dyke stability improvement in Vietnam for climate change adaptation” Proceedings of HANOIGEO 2015 on “Engineering geology in respond to climate change and sustainable development of infrastructure,” Hanoi, Vietnam, November 27, 2015.

Tamura, M. (2015) “Impacts of climate change and mitigation/adaptation of renewable energy in Japan,” 2015 International Conference on Climate Change Adaptation for Energy and Industrial Sectors, GIS NTU Convention Center, Taipei, Taiwan, October 19, 2015.

Tamura, M., K.Yasuhara (2014) “Vulnerability of climate change and its adaptation in the Mekong Delta: monitoring and resident’s perception along the coast,” 2014 AGU Fall Meeting, Marriot Marquis, San Francisco, December 16, 2014.

Tamura, M. (2014) “Perceptions and adaptations in the coastal area of Mekong Delta,” International Joint Workshop on Sustainability in the Mekong Delta, Water Resource University, HCMC, Vietnam, November 7, 2014.

松岡勇人・Rida Khastini・成澤才彦(2014)「植物根部エンドファイト *Veranoaopsis simplex* とその菌糸圏か

ら分離されたバクテリアの相互作用」,環境微生物系学会合同大会,2014年10月24日,静岡県浜松市.

Yasuhara, K., S.Murakami (2014) “Compound disasters related to climate change: Effects of sea-level rise combined with land subsidence,” Sixth Japan-Taiwan Workshop on Geotechnical Hazards from Large Earthquakes and Heavy Rainfall, 2014年6月12-15日,北九州国際会議場.

〔図書〕(計1件)

田村誠・安原一哉(2016)「メコンデルタにおける適応策」池田駿介・小松利光・馬場健司・望月常好編『気候変動下の水・土砂災害適応策 社会実装に向けて』近代科学社, pp.262-267.

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等  
<http://www.icas.ibaraki.ac.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田村 誠 (TAMURA, Makoto)  
茨城大学・地球変動適応科学研究機関・准教授  
研究者番号: 10376585

### (2) 研究分担者

横木 裕宗 (YOKOKI, Hiromune)  
茨城大学・工学部・教授  
研究者番号: 70240190

成澤 才彦 (NARISAWA, Kazuhiko)  
茨城大学・農学部・教授  
研究者番号: 90431650

小松崎 将一 (KOMATSUZAKI, Masakazu)  
茨城大学・農学部・教授  
研究者番号：10205510

安原 一哉 (YASUHARA, Kazuya)  
茨城大学・地球変動適応科学研究機関・特  
命研究員  
研究者番号：20069826

田林 雄 (TABAYASHI, Yu)  
関東学院大学・経営学部・講師  
研究者番号：30549837

(3)連携研究者  
( )

研究者番号：

(4)研究協力者  
( )