

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K08003

研究課題名(和文) 東南アジア地域における農作物の洪水-干ばつ被害と統合的被害緩和策

研究課題名(英文) Integrated mitigation measures for agricultural crop damage induced by flood in the South-East Asia

研究代表者

小寺 昭彦 (Kotera, Akihiko)

茨城大学・地球・地域環境共創機構・講師

研究者番号：10435589

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、洪水および渇水現象による農作物被害が同じ場所で起こりうるにもかかわらず、それぞれの対応技術が個別に発展してきたことで様々な問題が生じていることを指摘し、東南アジア稲作地域を対象に冠水・干ばつ両被害緩和のための新たな統合的な栽培管理のあり方を示そうとした。広域時系列衛星リモセンを用いて各地域の被害実態を定量的・空間的に把握し、冠水-干ばつ被害の関係について作付暦の成立に着目して分析を行った。栽培が可能な期間は洪水や干ばつによって制限されるため、時間的余裕が少ない作付暦ほど環境変動による被害を受けやすい。この時間的余裕を定量化し両被害の適応策を統合的に管理する指標として提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

自然現象としての洪水-渇水現象の統合的な研究は気象・水文学分野で多く行われてきたが、本研究で目指した農作物の洪水-干ばつ被害要因を統合的に捉えようと試みた研究はこれまでにないものである。今後本研究がさらに発展することにより、新たな統合的被害緩和策が示され将来の気候変動の激化にも対応した頑強で安定的な食料生産の実現に貢献すると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study highlights that although crop damage from flood and drought events can occur in the same field, separate approaches to these phenomena have led to various issues. Thus, this study aimed to present a new integrated approach to crop management for mitigating damage caused by both floods and droughts in Southeast Asian rice-growing regions. Using time-series satellite remote-sensing data, we quantitatively and spatially detected actual damage in each region and analyzed the relationship between flooding and drought damage, with a focus on establishing the cropping calendar. Given that the cultivation period is limited by floods and droughts, cropping calendars with a short time margin are more susceptible to environmental changes that can cause damage. We quantified this time margin and proposed it as an indicator for integrated management of adaptation to both types of damage.

研究分野：農業環境情報学

キーワード：洪水被害 干ばつ被害 衛星リモートセンシング 作付暦

## 1. 研究開始当初の背景

東南アジアモンスーン地域における農業は洪水や渇水といった気象災害の危険に常にさらされながらも、これまでの長い間、季節的な気象のリズムや農地特性に合わせた柔軟で多様な栽培システムによって被害を回避してきた。近年になり近代的な治水・灌漑開発が急速に進められると、栽培可能な範囲がこれまで不適であった季節や土地にも拡大し、高収量栽培技術の導入も伴うことで生産力は飛躍的に増加する。しかしこのことが従来用いられてきた災害適応策の喪失につながり、これまで経験してこなかった新たな洪水-干ばつ被害問題を引き起こす要因となっている。最近ではタイ・チャオプラヤ川流域およびカンボジア・メコンデルタ川流域での 2011 年の洪水、続けて同地域での 2015 年の渇水による大規模な被害の発生が記憶に新しい。

最近の洪水被害の発生原因が近年の急激な栽培形態や水管理の変化にあり、特に栽培可能期間の拡大は従来用いられてきた被害回避に適応した作付時期や栽培様式を大きく狂わせている傾向にある。さらにそのような中で一度洪水被害を経験すると多くの農民は次の年の洪水を警戒し作付時期を修正しようとする行動をとるが、このことは乾期の作付時期にも影響を及ぼし干ばつ被害リスクを高めることになる。従来ならば作付と作付の間に時間的な余裕があったため作付時期の調整も容易であったが、現在の栽培システムでは余裕がなく自然な調整が困難になっている。このように洪水と干ばつ被害は互いに影響を及ぼし合うようになったと考えられる。水管理についても同様である。

洪水対策と干ばつ対策はそれぞれ独立して講ずることができるというのがこれまでの考え方であった。しかし上述の変化から、現代の効率を追求した余裕のない栽培システムでは、両者を統合的に扱わなければ農業災害問題を克服することができないとするのが本研究の仮説である。また、自然現象としての洪水-渇水現象を統合的に捉えて評価する研究は気象・水文学分野で多く行われてきたが、その結末である農作物への被害にまで深く掘り下げた研究はこれまでなかった。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、東南アジアにおける技術的集約の進んだ各灌漑農地を対象に、近年の冠水-干ばつ被害の実態を統合的に捉え直し、両被害の発生要因の因果関係を考察し、被害緩和のための新たな栽培管理のあり方について検討した。

## 3. 研究の方法

### (1) 洪水-干ばつ被害の実態の定量的・空間的な把握

広域衛星リモートセンシングを用いて各地域の近年の被害実態を定量的・空間的に把握し、冠水-干ばつ被害の因果関係について考察した。本研究では過去の農作物の干ばつによる被害を広域で評価するため衛星画像データから 作物の生育段階、農地の乾燥度情報を収集し、

の関係から被害を推定した。作物生育情報についてはMODIS植生時系列データから生育段階のデータセットを作成した。乾燥度評価に MODIS 蒸発散量プロダクトを用い Drought Severity Index (DSI)マップを作成した。洪水被害については申請者によって開発された被害判別手法を適用することで被害面積・被害程度を広域で同定した。この手法は MODIS 時系列衛星画像から洪水の発生日とその時の生育段階を判別し、両者の時間的關係から被害程度を推定した。

## (2) 現地調査と情報収集

過去の被害状況および被害発生前後における水資源・栽培管理状況とその変化について現地での聞き取り調査を行った。研究期間中はコロナ禍により調査延期や対象地域変更等の計画変更を余儀なくされ、2019年と2023年にベトナムメコンデルタにおいて実施した。

## 4. 研究成果

### (1) 干ばつ・洪水影響

カンボジアにおける干ばつ被害のほとんどは雨季の無降雨期間(ドライスペル)の長期化が原因となっているため、ドライスペル期におけるDSIを評価することで実際の干ばつ被害状況の把握を試みた。その結果カンボンスプー州の水田では深刻な干ばつ被害が2012年に発生し、また中程度の干ばつが過去13年間で3回発生したと見られる(図1)。

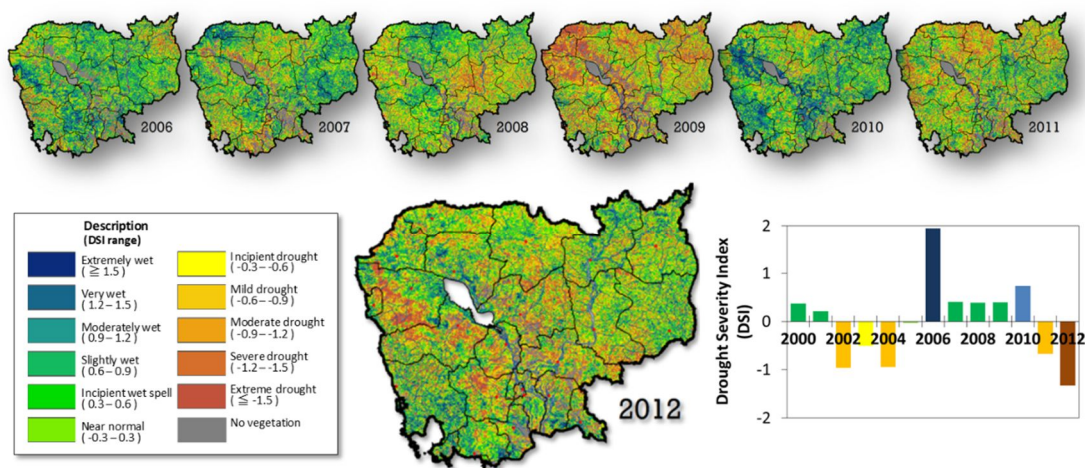


図1 カンボジアにおける雨季の干ばつ指標

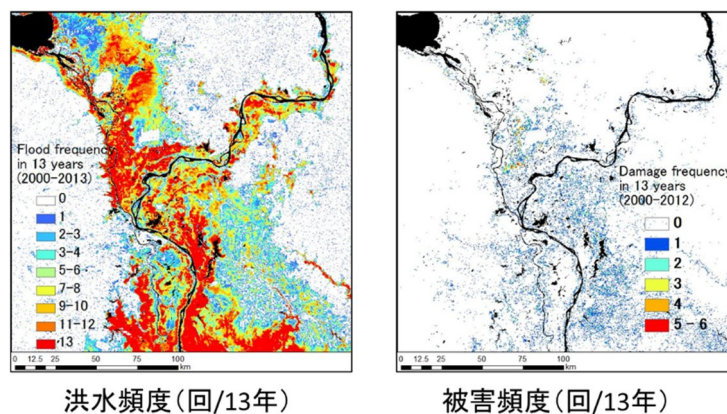


図2 カンボジア・メコンデルタにおける洪水頻度および水稻冠水被害頻度

一方でカンボジア・メコンデルタ地域では毎年のように季節洪水が発生しているが、洪水被害については、複数回の洪水被害を受けた水田はほとんど無かった。例外としてトンレサップ周辺のサップ川東岸ではおよそ2年に一度の頻度で被害を受けた農地が分布していた。洪水頻度の高い地域では洪水適応策(作付けパターンの最適化等)によって被害が回避されている。しかしながら、

一方で洪水頻度の低い地域では洪水一回あたりの被害発生率が高くなる。洪水経験が少なく、適応策が講じられていないためである。

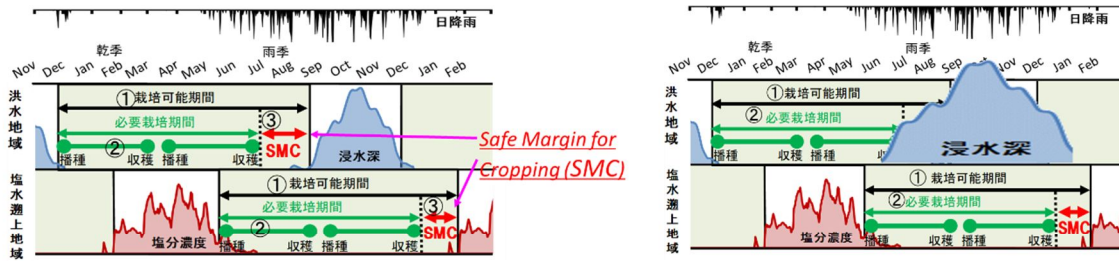
ベトナムメコンデルタ地域においては、洪水被害は2000年以降の堤防等の洪水制御インフラおよび栽培期間短縮技術等の洪水回避技術の導入により減少傾向にあった。また干ばつ被害については、脆弱な農地の土地利用転換(例えば水田からエビ養殖池等)が進み、これまで脆弱であった農地が減少する傾向にある。一方で新たに開拓された農地において干ばつ被害が発生する傾向にあった。新規開拓農地は山間地域であることが多く、そのような土地は、もともと降雨も少なく灌漑設備もないため農地には向かなかった土地であることが多い。また2020年乾季はベトナムでも記録的な干ばつ被害が発生した。被害の多くは沿岸地域の農地であり、上流の少雨により河川水位が下がったことで塩水遡上が例年よりも広範囲・長期化した。塩水が混入した灌漑水路は灌漑に適さず、また少雨も相まって、すでに作付けされていた農作物は枯れ(直接的な干ばつ被害)、また新規作付けも遅れている(間接的な干ばつ被害)。

## (2) 被害緩和のための栽培管理方法の検討

作付暦は自然環境条件や栽培技術の違いなど複雑な要素から成り立ち、耕作者の長年の経験や知識に基づいて発展してきた。栽培には一定の期間が必要となる一方で栽培可能な期間は洪水や干ばつの程度によって制限されるため、この時間的な余裕が少ない作付暦ほど環境変動による被害を受けやすい。この時間的な余裕を“Safe Margin for Cropping; SMC”と定義し、洪水や干ばつの被害緩和策を統合的に評価する指標として提案した(図3)(Kotera, A. 2022)。十分な SMC を持つ作付けシステムは、SMC が緩衝期間となるため、環境変化により作付け期間が短くなったとしても、必要な作付け期間をある程度維持することができる。洪水や干ばつの脅威に対する作付システムの脆弱性は、ある作付年における APC と稲作に必要な期間との間の時間的な余裕として定義される SMC で表され、これは、稲の品種の成長期間と作付頻度に依存する。SMC が十分な作型は、環境変化による APC の減少に対応できるが、APC の減少が SMC の期間を超えると、作付けサイクルに悪影響が出る。SMC のわずかな違いが、稲作システムの安定性とその生産能力に決定的な違いをもたらすことがある。ある規模の環境変化のもとでは、SMC が短い作型ほど被害のリスクが高くなる可能性がある。

図4に各評価指標の空間分布を示す。両年の作付数の変動が最も大きかったのは、沿岸部よりも上流部であった。これは、両年とも洪水規模の変動が塩水遡上規模の変動よりも大きく、洪水による稲作への脅威の程度が塩水遡上のそれよりも大きいことを示している。ここで塩水遡上の影響は塩害よりもむしろ、利用可能な水が不足するため干ばつ被害を引き起こす。一方、両年を通じて SMC が短い地域、すなわち脆弱と推定される地域は、広大な沿岸域に分布していた。つまり、脆弱な地域では水資源状況の変化に応じて年間の作付け数が変動しやすく、脆弱でない中流域では作付け数が安定しやすいと考えられる。実際、SMC が非常に短い水田では、上流域での治水努力による適応とは対照的に、沿岸部では稲作ではなくエビ養殖など他の土地利用へと変化することが多い。

このように複合的な脅威がある条件下における有効な適応策としては、脅威そのものを軽減することを第一としながら、それ以上に、作付回数を減らしたり、栽培期間の短い品種の使用や作付期間中の労働時間の短縮によって栽培期間を短縮し、脅威に対する十分な SMC を確保することが効果的と考えられる。



- ① 栽培可能期間 → 脅威の規模
- ② 最大作付可能回数 → 脅威に対する影響量
- ③ Safe Margin for Cropping (SMC) → 脅威に対する脆弱性指標  
必要栽培期間に対する栽培可能期間の時間的余裕  
今回の比較では二期作を基準として固定  
SMCが短い作付暦の作付回数は、環境変動に対して変化しやすい。

例えば、洪水等の期間が長期化すれば、  
①栽培可能期間が②必要栽培期間より短くなり、  
栽培可能回数は制限される。→生産力の大幅な減少

図3 統合脆弱性評価指標 SMC の概念

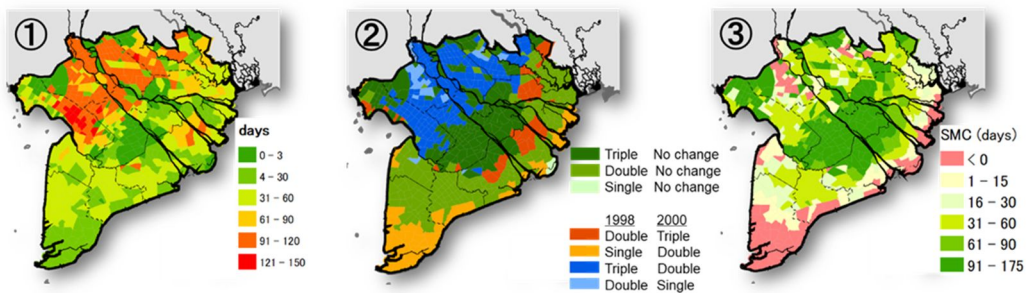


図4 SMC 各指標の空間的な分布  
栽培可能期間(APC)の変化、 作付け回数の変化、 SMC

以上、本研究では、洪水および濁水現象による農作物被害が同じ場所で起こりうるにもかかわらず、それぞれの対応技術が個別に発展してきたことで様々な問題が生じていることを指摘し、東南アジア稲作地域を対象に冠水・干ばつ両被害緩和のための新たな統合的な栽培管理のあり方を作付暦管理の観点から示そうとした。広域時系列衛星リモートセンシングを用いて各地域の被害実態を定量的・空間的に把握し、冠水-干ばつ被害の関係について作付暦の成立に着目して分析を行った。栽培が可能期間は洪水や干ばつによって制限されるため、時間的余裕が少ない作付暦ほど環境変動による被害を受けやすい。この時間的余裕を定量化し両被害の適応策を統合的に管理する指標として提案した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

|   |                   |
|---|-------------------|
| 1. 著者名<br>Bilgili Ali Volkan, Yesilnacar Irfan, Akihiko Kotera, Nagano Takanori, Aydemir Aydin, Hizli Huseyin Sefa, Bilgili Aysin | 4. 巻<br>190       |
| 2. 論文標題<br>Post-irrigation degradation of land and environmental resources in the Harran plain, southeastern Turkey               | 5. 発行年<br>2018年   |
| 3. 雑誌名<br>Environmental Monitoring and Assessment   | 6. 最初と最後の頁<br>660 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>10.1007/s10661-018-7019-2  | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>該当する      |

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Akihiko KOTERA   |
| 2. 発表標題<br>A Concept of Time Domain Management for Resilient Rice Production                        |
| 3. 学会等名<br>THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABILITY IN ENVIRONMENT AND AGRICULTURE 2022（国際学会） |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>N.T. Que, D.T. Loan, N.V. Quang, N.T.T. Hang, KOTERA A.  |
| 2. 発表標題<br>Building Climate Security Index for Sustainable Development Strategies in the Coastal Area in Phan Thiet City, Vietnam |
| 3. 学会等名<br>Beyond Interlocal Lessons Learnt on Climate Change: Mapping, Fertilizing and Social Permeating.（国際学会）                  |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Kotera Akihiko, Hoang Thi Thu Duyen, Nguyen Van Quang   |
| 2. 発表標題<br>Report on disaster mitigation and adaptation in the coastal zone  |
| 3. 学会等名<br>Sharing interlocal adaptation lessons: Climate Change Adaptations and Development in East and Southeast Asia.（国際学会） |
| 4. 発表年<br>2020年  |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|  | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|--|---------------------------|-----------------------|----|
|--|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関                       |  |  |
|---------|-------------------------------|--|--|
| ベトナム    | Vietnam Japan University, VNU |  |  |