

平成 22 年 6 月 18 日現在

研究種目：基盤研究 (B) (海外学術調査)
 研究期間：2007 ～ 2009
 課題番号：19405040
 研究課題名 (和文) メコンデルタにおける海面上昇に伴う水稲生産の脆弱性評価
 研究課題名 (英文) Vulnerability evaluation on rice production in response to sea-level rise in Vietnam Mekong Delta

研究代表者
 横沢 正幸 (YOKOZAWA MASAYUKI)
 独立行政法人農業環境技術研究所・大気環境研究領域・上席研究員
 研究者番号：80354124

研究成果の概要 (和文)：

海面上昇に伴う塩水遡上がベトナムメコンデルタにおける水稲生産に与える影響について、現地調査、過去のデータ解析ならびに現地関連研究者との議論に基づいて、現在および将来の脆弱性を評価した。まず、脆弱性指標を与えられた気象条件、利用可能な水資源条件下における、水稲栽培に必要な期間と実際の栽培可能期間との差によって定義した。そして、この指標は過去の塩水遡上現象による影響を適切に記述できることを確認した。さらに、気候変化シナリオとメコン河流量の変化推計に基づいて、メコンデルタにおける水稲栽培暦、収穫面積、ならびに収量の変動について推計した。気候変化に伴う小雨ならびに洪水によって、海岸地域とメコン河上流での収穫面積は減少することが推計されたが、他の地域での収穫面積の増加により、その影響は相殺されることが示唆された。収量は気温上昇に伴って減収するが、栽培可能面積の変動は比較的小さく、デルタ全体としては、現在の生産量に比べておよそ 11% 減少すると推計された。

研究成果の概要 (英文)：

We conducted an integrated evaluation for impacts of sea-level rise and the consequent sea water intrusion on rice production in the Vietnamese Mekong Delta (VMD) in terms of the vulnerability, based on the field survey, historical data analysis and discussion with Vietnamese researchers. As a vulnerability index, we defined the difference between possible cropping period and required one under the available water resources and weather condition. We found the index could indicate the past rice cultivation status. We also made projections on the changes of crop calendar, harvested area and yield based on climate change scenario and changes in river discharge of Mekong river. It is projected that the harvested area would decrease in upstream region and coastal region at flooded year and small rainfall year. In the other regions, however, the increases in harvest area and yield compensate for the decrease. Changes of total cultivation area would be small irrespective of spatial variation, while yield would change largely due to high temperature. Consequently, total production of rice in VMD would decrease by 11% relative to present level.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2008 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	8,300,000	2,490,000	10,790,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業環境工学

キーワード：塩水遡上、塩害、気候変動、国際研究者交流、ベトナム

1. 研究開始当初の背景

東南アジアをはじめ世界各地に点在するデルタ地帯は農業生産に極めて適した土地であり、その卓越した生産力の高さから周辺地域のみならず現代では世界の食料供給基地として重要な役割を演じている。将来においても、増加し続ける人口を養うための生産の場として期待されている。その一方で、地球温暖化の進展が農業生産に及ぼす影響も懸念されており、将来リスクの定量的な評価とそれに基づいた緩和・適応策の開発が喫緊の課題となっている。

これまで農業生産の温暖化影響評価手法として、気温・日射量・二酸化炭素濃度・土壌水分等の要因が考慮された作物モデルが多く用いられてきた。加えてデルタにおける農業の場合、地理的に海洋に接する低平な土地であるため、気象要因だけでなく温暖化に伴う海面上昇に対する影響も考慮すべきであると考えられる。ところがこれまで海面上昇の影響は、直接的な水没による農地損失のみが考えられていたこともあり、農学分野における影響評価の対象としての扱いは小さかった。その中で、デルタでは海面上昇に伴って塩水遡上の規模が拡大することに着目し、それにより広い地域で灌漑水の塩分濃度が上昇し従来考えられてきたよりも深刻な影響が農業生産に及ぶ可能性があるとの考えのもとに、環境変化に対する脆弱性評価に関する本研究を立案した。

2. 研究の目的

ベトナム・メコンデルタにおけるコメ生産を事例とし、塩水遡上が①水田環境と②コメ生産に及ぼす影響について、圃場スケールと広域スケールの両面からの測定、調査により明らかにし、それにより③将来の海面上昇に対する脆弱性を評価することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 水稻栽培環境の観測

ソクチャン省において塩水遡上の影響が異なる地点（3県各3圃場、計9圃場）に観測サイトを設け、水田および灌漑水路における塩分濃度、pH、水田水位、土壌水分、気象条件、ならびにイネ生育の長期連続観測を行った。

(2) 統計等、既存資料の解析

過去の河川水路の塩分濃度、気象、水稻統計データを収集し、それらの関係を解析した。

(3) 衛星画像の解析

多時期の衛星画像を用いて水田における植生指数の時間変化を解析し、作付暦（播種日、出穂日、収穫日）の空間分布と年次変動を明らかにした。また、GPSを用いて現地調査を実施し、衛星画像解析結果の検証を行った。

(4) 栽培様式に関する調査

メコンデルタの沿岸部各省（ソクチャン、バックリュウ、カーマウ省）を対象として、衛星画像の解析から示唆された特徴的な地域（作付暦や土地利用の変動が大きい等）を重点的に調査し、地域の農家、水利管理組織、ならびに農業普及所において水管理・作付け体系・栽培管理技術等に関する情報を収集した。

(5) 塩水遡上影響評価モデルの開発

塩水遡上の季節変化と降雨パターン等の気象条件から水田の水条件を評価し、作付暦（播種、出穂、収穫日、栽培可能回数）とイネの生育を推定するモデルを構築した。検証は衛星画像（MODIS 8-day コンポジット）の解析から得られた植生指数（EVI）の時間変化および出穂日の判別結果と、モデルから推定された葉面積指数LAIの時間変化および出穂日を比較することで行った。

(6) 過去の塩水遡上状況における脆弱性の評価

脆弱性の指標として提案した必要栽培日数に対する栽培可能期間の余裕期間（SMC: Safe Margin for Cropping）を用いて、過去の塩水遡上状況から水稻生産の脆弱性評価を行った。

(7) 水資源変動影響評価

本研究で開発したモデル、脆弱性指標ならびに将来の気候変化状況の推計データ（気候変化シナリオ）を用いて、気候環境変化が水稻栽培に及ぼす影響を利用可能な水資源の質および量の観点から評価した。

4. 研究成果

(1) 過去の河川水路の塩分濃度、気象、水稻統計データを解析した結果、塩水遡上は収量よりもむしろ栽培面積に及ぼす影響が大きいこと等が明らかになった。

(2) 塩水遡上の季節変化と降雨パターン等の気象条件から水田の水条件、作付暦ならびにイネの生育を推定する塩水遡上影響評価モデルを作成し、衛星画像データに基づいて検証した。その結果、沿岸域4地点における2002-2006年(10作期)の出穂日のモデル推定値と衛星画像判別値との差(RMSE)はデルタ上流部、中流部、沿岸域においてそれぞれ、11.8、21.0、7.8日となった。中流域で差が大きくなったのは、この地域の洪水や塩水遡上の程度が年間を通して非常に弱く制限要因とならないため、播種時期の自由度が高くなるからであると思われる。年間作付回数に関してはいずれの検証地点においてもよく一致した。

(3) 塩水遡上影響評価モデルを利用して、1998年と2000年を対象としたシミュレーションの結果、沿岸部および内陸部の一部地域に脆弱性の高い水田が分布することが示された。またこれらの地域の中には過去に塩水遡上による作付の失敗事例があったことが現地調査によって確認されており、脆弱性指標(SMC)の妥当性が確認された。

近年のコメ生産における水資源環境の変動影響を明らかにするために、少雨年(1998年)と洪水年(2000年)の水稻作付け状況を再現し比較した。両年は洪水・塩水遡上規模および降雨が近年におけるそれぞれの変動幅の両極端に近い値を示した年である。両年を通してSMCが短い地域、すなわち脆弱であると推定された地域は沿岸域の広い範囲に分布した。(図1左)。

脆弱であると推定された地域では水資源環境の変動に対して作付可能回数がより変動しやすく、一方で脆弱でないとして推定された中流域では水資源環境の変動に対しても安定した作付回数が維持されやすいことを意味する。ところが、両年の比較において最大作付可能回数の変動が広範囲に拡大したのは沿岸部よりもむしろ上流域であると推定された(図1右)。これは少雨年と洪水年における洪水規模の変動幅が塩水遡上規模の変動幅よりも大きかったために起きた結果であり、コメ生産に対する洪水現象の脅威が塩水遡上現象の脅威よりも大きかったことを示している。デルタ上流域に限らず、水資源環境変動の脅威に晒される地域にも安定したコメ生産は望まれる。そのためには脅威そのものを減らすか、作付回数を減らす、あるいは超早生品種の利用や作期間の作業時間

短縮等によって必要栽培期間を短縮し、脅威に対してより十分なSMCを確保する適応策も有効であろう。

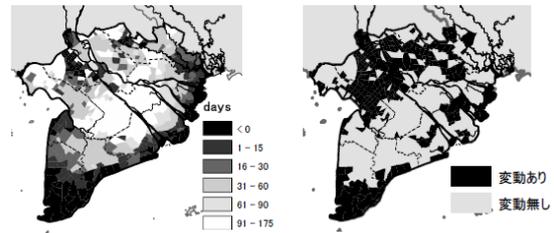


図1. 1998年と2000年のコメ生産における脆弱性(SMC)の空間分布(左): SMCの値が短いほど環境変動に対して脆弱である。1998年と2000年における作付可能回数変化の空間分布(右)

(4) 海面上昇量の全球平均値は2090年代で+32.7cm(MIROC3.2hires A1B)と予測されている。同年代のメコンデルタ沿岸沖では+4.5cmとなる。海面上昇は塩水遡上に影響するものの、予測されている海面上昇量の範囲においてはその影響は小さく、むしろメコン河の流量変動が及ぼす影響が遙かに大きいことが分かった。海面上昇量を予測よりも大きく52cmと仮定したシミュレーションにおいてもこの傾向は変わらなかった。

次に過去および将来気候シナリオ(MIROC3.2hires A1B)をモデルに適用し、作付暦、収穫面積および収量の変化を推計した。

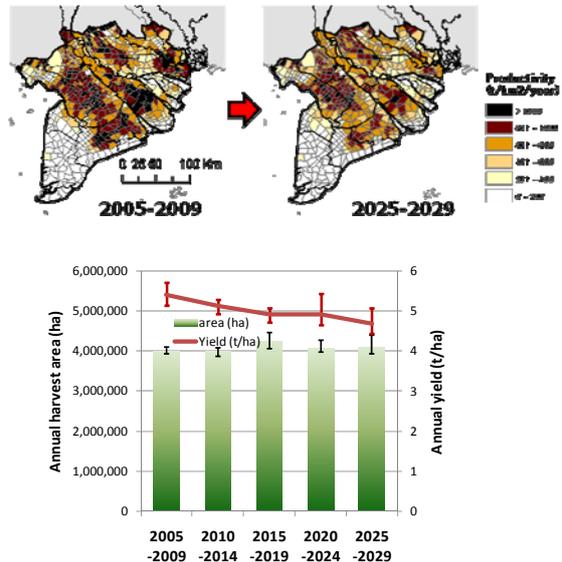


図2. メコンデルタにおける年間コメ生産の変化: Aは生産性の空間分布の変化。生産性は2期作または3期作を行っている場所では、すべての作期の生産量を面積で割った値を示す。Bは年間合計の収穫面積と収量の変

化。メコンデルタにおいて1年間に水稻栽培が可能な面積ならびにそのとき得られる収量を示す。

上の結果から、洪水年と少雨（塩水遡上）年にはそれぞれ上流部と沿岸部の収穫可能面積が大きく減少したが、同時にその他の地域では作付可能面積が増加する相反関係が見られ、その結果、空間分布は変動するもののデルタ全体の総収穫面積の減少は緩和されることが分かった。しかしながら一方で、気温上昇による収量への影響は敏感であり、その結果、2020年代後半におけるベトナム・メコンデルタのコメ生産量を集計したところ現在よりも約11%低下する可能性が示された。

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5件）

① Kotera A, Sakamoto T, Khang ND and Yokozawa M. Regional consequences of seawater intrusion on rice productivity and land use in coastal area of the Mekong river Delta, JARQ, vol.42, 2008, 267-274. 査読有

② Khang ND, Kotera A, Sakamoto T and Yokozawa M. Sensitivity of salinity intrusion to sea level rise and river flow change in Vietnamese Mekong delta-impacts on availability of irrigation water for rice cropping, Journal of Agricultural Meteorology, vol.64, 2008, 167-176. 査読有

③ Khang ND, Kotera A, Iizumi T, Sakamoto T and Yokozawa M. Variations in water resources in the Vietnamese Mekong Delta in response to climate change and their impacts on rice production, Journal of Agricultural Meteorology, vol.66, 2010, 11-21. 査読有

④ Kotera A, Sakamoto T, Khang ND and Yokozawa M. Salinity intrusion affecting rice production in the coastal area of the Mekong Delta, Proceedings of CLRRRI-IRRI International Conference "Better Rice, Better Environment and Better Life", 2007, 49-58. 査読無

⑤ Khang ND, Kotera A, Sakamoto T and Yokozawa M. Sensitivity of salinity intrusion to sea level rise and river flow

change in Vietnamese Mekong Delta -Impacts on potential irrigation water, International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2008), 2007. 査読無

〔学会発表〕（計8件）

①小寺昭彦、坂本利弘、横沢正幸 「ベトナム・メコンデルタにおける塩水遡上が水稻生産に及ぼしている影響」、日本熱帯農業学会第100回講演会、2007

②坂本利弘、小寺昭彦、大野宏之、横沢正幸 「MODIS 時系列解析によるメコンデルタ洪水の時空間変動特性把握」、システム農学会2007年度 春季シンポジウム・一般研究発表会、2007

③小寺昭彦、グエン-ズイ-カン、坂本利弘、横沢正幸 「ベトナム・メコンデルタの塩水遡上による水稻生産の脆弱性」、日本熱帯農業学会第104回講演会、2008

④坂本利弘、Cao V Phung、小寺昭彦、Nguyen D Khang、横沢正幸、「MODIS 時系列データを用いたメコンデルタにおけるファーマーミングシステムの変化把握」、システム農学会、2008

⑤ Khang ND, Kotera A, Sakamoto T and Yokozawa M. "Sensitivity of salinity intrusion to sea level rise and river flow change in Vietnamese Mekong Delta - Impacts on potential irrigation water", International Symposium on Agricultural Meteorology (ISAM2008), 2008

⑥ Iizumi T, Nishimori M, Yokozawa M, Kotera A and Khang ND "Estimation of daily global solar radiation in Vietnamese Mekong Delta area: A combinational application of statistical downscaling method and Bayesian inference", AGU Fall Meeting, 2008

⑦小寺昭彦、Nguyen Duy Khang、坂本利弘、飯泉仁之直、横沢正幸 「ベトナム・メコンデルタにおける水稻作付暦の広域推定と水資源環境の変動による影響」、日本熱帯農業学会第105回講演会、2009

⑧横沢正幸、小寺昭彦、Nguyen Duy Khang、坂本利弘、飯泉仁之直 「ベトナムメコンデルタにおける水資源環境変動による水稻生産の脆弱性」、日本農業気象学会2009年全国大会、2009

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横沢 正幸 (YOKOZAWA MASAYUKI)
農業環境技術研究所・大気環境研究領域・
上席研究員
研究者番号：80354124

(2) 研究分担者

小寺 昭彦 (KOTERA AKIHIKO)
農業環境技術研究所・大気環境研究領域・
農環研特別研究員
研究者番号：10435589

坂本 利弘 (SAKAMOTO TOSHIHIRO)
農業環境技術研究所・生態系計測研究領
域・研究員
研究者番号：20354053
(H19～H20)