

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：32658

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22780222

研究課題名（和文） 田畑輪換導入による温室効果ガス発生量削減効果の推定

研究課題名（英文） Estimation of changes in greenhouse gas emission by introduction of paddy-upland rotation.

研究代表者

藤川 智紀（FUZIKAWA TOMONORI）

東京農業大学・地域環境科学部・助教

研究者番号：60361573

研究成果の概要（和文）： 文献調査により田畑輪換のために必要な土壌の特性や、それを実現するために必要な技術をまとめると共に、田畑輪換導入に伴う土壌の物理性や化学性の変化についてこれまでの研究を整理した。また、田畑輪換を全国的に適応したと想定したときの温室効果ガス発生量の変化を推定する情報として、各県の畑作物の基準収量のデータや新技術の情報から日本全国の耕作放棄地を田畑輪換圃場にしたときの作物の収量の変化を試算した。

研究成果の概要（英文）： Necessary soil properties and agricultural techniques to introduce paddy-upland rotations were summarized from the literature to estimate the change in greenhouse gases emission by the intruducion of the rotations. And next, changes in soil physical and chemical properties and plant growth by the continuous adoption of the rotation were investigated by the literature and listening investigation to the farmers. Increase in yield by the introduction of paddy-upland rotaion at the fields that have been abandoned and are no longer cultivated in Japan was estimated.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学 農業土木学・農村計画学

キーワード：農地整備・農地計画

1. 研究開始当初の背景

現在、我が国では食料自給率の向上が喫緊の課題であり、生産面、消費面から様々なアプローチが試みられている。特に水田稲作中心の我が国にとっては、水田を他の幅広い作物の栽培に活用する汎用化が強く期待されている。地表に水を溜める様に造成される水田を畑地として利用するためには、土壌中へ

の水の浸透性を上げる必要があり、そのためには土層の改良が必要になることが多い。汎用化に向けて圃場の整備にはコストとエネルギーが必要であるが、国内でバランス良い作物生産が実現できれば、輸入食料の削減につながるかと期待される。

一方、同一の圃場で水田作と畑作を繰り返す田畑輪換と呼ばれる栽培法がある。畑作の

みを連作している畑（連作畑）よりも水田から輪換した畑（輪換畑）では肥料を削減できると予想され、さらに、畑作から輪換した水田（輪換田）では永続的に水田として利用されてきた圃場に比べ稲の根の生育が良くなると考えられる。水田と畑作をローテーションすることで土壌の物理性や化学性を良好な状態に保ち高い生産性を目指すという意味では、汎用化より積極性の高い技術であり、畑作物の選択や栽培時期の工夫によっては作物生産の増加に対する効果は大きいと期待される。

田畑輪換の導入後の収量に関しては以前よりその効果に関して研究が進められてきたが、田畑輪換に伴う環境負荷の変化、特に温室効果への影響についての研究は未だ十分とは言えない。田畑輪換によってもたらされる圃場の土壌理化学性の変化は好気性微生物を活性化するため、土壌有機物の分解が促進され、圃場からの CO₂ 発生量も増加すると考えられる。一方、長期間畑状態を経験した圃場では、乾燥による土壌の亀裂が深い層まで達し、水田に戻した際に水の浸透が大きくなってしまい、湛水を維持するためにより多くの灌漑水を必要とする可能性がある。あまりに灌漑水量が多くなった場合は、水を獲得するためのエネルギーが多く必要となり、その分 CO₂ 発生量が増える危険性がある。その一方で、畑地化に伴う土壌の乾燥が有機物の分解を促進すると、有機物から肥料成分が放出され肥料の施用量が削減できることが期待される。肥料の削減は肥料を作るためのエネルギーの削減につながるため CO₂ 発生量が小さくなる効果が期待できる。さらに、圃場の作物生産能力（地力）の増加は作物の輸入を減少させ、それまで輸入作物の輸送に掛かっていた分の CO₂ 発生量を削減することができると考えられる。この様に、田畑輪換の導入による CO₂ 発生量の増減は様々な要因が影響しており、評価するのが難しい。

2. 研究の目的

本研究では田畑輪換導入の導入が CO₂ 排出量に与える影響を明らかにすることを目的とした。田畑輪換の影響する範囲として、田畑輪換導入にともなう農地土壌の理化学性

および作物生育の変化と土壌からの温室効果ガス発生特性の変化および作物の国内生産量増加による輸入にかかる温室効果ガス発生量の削減効果に注目した。

3. 研究の方法

次の4段階の研究ステップ（1）田畑輪換導入に必要な環境条件の把握、（2）田畑輪換導入のために用いられた技術や通常の栽培管理の把握、（3）田畑輪換による収量の向上および圃場からの CO₂ 排出量の測定と土壌中の炭素挙動の解明、（4）地域・国規模での田畑輪換による CO₂ 排出量の削減効果の推定から構成される。なお、現場での調査は愛知県豊田市の田畑輪換圃場とした。

（1）田畑輪換導入に必要な環境条件の把握

既往の文献の調査および実際に田畑輪換を導入している現場や近隣の圃場での聞き取り調査を行うことにより田畑輪換の導入に必要な土壌の理化学性（物理、化学的な性質）、気象条件等を確認した。

（2）田畑輪換導入のために用いられた技術や通常の栽培管理の把握

田畑輪換導入のために用いられる技術のうち、圃場整備や土層改良といった重機を用いた施工を伴う技術に関して、文献調査により情報を整理した。また、土壌改良資材や堆肥の投入、耕耘方法といった農家が通常の栽培管理の中で可能な技術を調べるために、現場での聞き取り調査をおこなった。また、現場農家より水管理など栽培管理に関する情報を得て、水田単作および畑作と比較した田畑輪換圃場の管理の特徴を調べた。

（3）圃場からの CO₂ 排出量の測定と土壌中の炭素挙動の解明および田畑輪換による収量の向上

田畑輪換圃場における温室効果ガス発生量を予測するために、対象となる圃場の CO₂、メタン発生量を測定した。また、長期間にわたる田畑輪換導入の効果を推定するために、作物の収量の経時変化や土壌の変化について聞き取り調査を行った。また、この調査結果と近年研究が進んできた田畑輪換圃場の

土壌の理化学性変化に関する研究結果を比較した。

(4) 地域・国規模での田畑輪換による CO₂ 排出量の削減効果の推定

田畑輪換導入に伴う作物（特に小麦や大豆）の増産にともなう、農業システム全体での温室効果ガス発生量の変化を推測するモデルを構築することを試みた。これまでの研究を基に、田畑輪換導入による技術の導入や土壌理化学性の変化、栽培管理の変化、収穫量の変化に伴う輸入量の変化などをパラメータとしたモデル式を作成し、それぞれのパラメータに関わる項目を整理した。また全国規模での田畑輪換の導入による作物生産量の変化を検討するために、今回は耕作放棄地や生産調整対象の農地を対象として田畑輪換を導入することによる生産量の増加量を試算した。試算には、既往の研究で報告されている田畑輪換に効果的な新技术（地下灌漑システムなど）の導入も想定した。また、各都道府県の収量の目安として、公表されている施肥基準中の収穫目標量を利用した。

4. 研究成果

(1) 田畑輪換のための圃場の条件と導入のための技術

日本では、エネルギーベースの自給率が40%を下回っているにもかかわらずコメの自給率が100%近くとなっていることから、田畑輪換導入に際しては現在水田として使われている農地を畑地として用いることを想定するのが妥当である。水田は元々水を地表にためる構造をしているため、畑地として用いるためには、地表に供給される水に対する排水性を改善する必要がある。水田の汎用化に関する文献を基に、畑地として圃場を用いるための具体的な土壌の理化学性、浸透の特性の数値をまとめ、田畑輪換導入のための条件を示した。

また、土壌中の水の流れが土壌の間隙構造に強く影響を受ける透水特性（透水係数）と、地下水位の影響を受ける土壌水のポテンシャルに依存することから、排水性改良のための技術を①土壌の間隙構造を変化させる技術、②地下水位を低下させる技術の二つに分

類した。

①については、耕耘や堆肥など異物の混入が代表的な技術であるが、粘土の含有量や土壌の有機物量、混合するものの種類によってその効果や効果が継続する期間が変化することを指摘した。また、地下水位を下げる技術としては暗渠排水路の設置が最も一般的であるが、この場合も土壌の理化学的な性質により、暗渠排水路の設置間隔や暗渠上部に埋設する疎水材の種類や耐用年数などが大きく変化することをまとめた。

(2) 田畑輪換による土壌理化学性の変化と毛長期間連用の影響

教科書的には、水田を畑地にする場合、蓄積されていた有機物が好気性微生物により分解され肥料成分が溶出し、土壌肥沃度が上がり、逆に畑地を水田に戻すと団粒化している表層の土壌が作物の生育を促進すると言われている。しかし、現場での調査の結果、転換畑でのマメ・コムギの収量が徐々に低下すること、特にマメに関しては品質の低下も見られることが明らかになった。既往の研究でも同様の事例が報告されており、土壌の化学性の変化が原因としてあげられているが、現場で採取した土壌の分析からは田畑輪換圃場における顕著な理化学性の悪化、肥料成分や有機物含有量の減少は見られなかった。また、畑作後の田畑輪換圃場において CO₂、CH₄ ガスの農地土壌からの発生量を測定したが、田畑輪換の特徴を明らかにすることはできなかった。今後も継続的にガス発生量を測定すると共に、現場では地力増進のために新たに堆肥の投入を計画しているため、引き続き土壌理化学性の変化と温室効果ガス発生量の変化について分析を続けることとした。

(3) 田畑輪換導入に伴う農業システム全体での温室効果ガス発生量の変化

水田を畑地として利用したときの日本国内の環境負荷の変化を推定するに当たり、①コメとは異なる作物が収穫され、その作物の海外からの輸入量が減少する、②コメの収量の減少分は余剰のコメでカバーし、海外からのコメおよび他の作物の輸入量は変化しない、③輸送については海外からの輸送のみを

考慮する、と仮定し、環境負荷変化量を推測するモデル式を提案した。

$$\Delta E_L = C_{rot} + P_{veg} - P_{rice} - T_{veg} + \Delta S$$

(ΔE_L : 環境負荷の増加量, C_{rot} : 田畑輪換のための圃場整備・管理による環境負荷, P_{veg} : 畑作物を作るための環境負荷, P_{rice} : コメを作るための環境負荷, T_{veg} : 輸入作物の輸送に関する環境負荷, ΔS : 土壤理化学性の変化がもたらす環境負荷の変化)

この式のそれぞれの項目について、できるだけ得られる環境負荷低減効果を大きくするための条件をまとめた。

全国的な田畑輪換導入の効果を検討するために、対象地として耕作放棄地やコメの過剰生産地（現消費量を超えている面積）を選び、田畑輪換導入が食料生産量をどれだけ増加させるか試算した。各県の施肥基準およびそこに記載される栽培暦や目的収量から、全ての耕作放棄地においてコメー畑作の2年3作体系で耕作したときの年間の最大収量を計算した。収量の変化をカロリーベースの食料自給率に換算したところ、耕作放棄地やコメの過剰生産地において麦と大豆を栽培することにより最も自給率の上昇が大きく、食料自給率を8~9ポイント上昇させることが示された。コムギを国内生産した場合、輸入のための輸送（輸出国内部での陸上輸送と港間の海上輸送）に必要なエネルギーおよびCO₂発生量を削減できると考えらる。今後は予想された輸入量の変化からエネルギー消費量の変化を算出し、また田畑輪換導入の対象をさらに細かく精査することで、温室効果ガス排出に与える影響を試算することを今後の課題とする。

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）

〔図書〕（計1件）

①板垣啓四郎編著、筑波書店、我が国における食料自給率向上への提言 [PART-2], 2012, p. 125-142, 藤川智紀他, 第8章 自給率向上と環境負荷の低減を目指す田畑輪換, 総ページ 189

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤川 智紀 (FUZIKAWA TOMONORI)

東京農業大学・地域環境科学部・助教

研究者番号：60361573