

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 7 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23405036

研究課題名(和文) アジアモンスーン域における既存灌漑システムの需給変動対応型への展開

研究課題名(英文) Adaptation of Water Management System in Monsoon Asia for Balancing Irrigation Demand and Supply

研究代表者

松野 裕 (MATSUNO, Yutaka)

近畿大学・農学部・教授

研究者番号：50340766

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,200,000円、(間接経費) 3,360,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ミャンマーを対象として、灌漑農業に関わる要因を分析することにより用水管理を改善する方策を模索することを目的とした。そのために、同国灌漑農業についての動向を他のアジア諸国と比較し分析するとともに、低平地域の灌漑区を選定し、水文観測、水利状況の調査、農民と担当行政官への聞き取り調査などを実施した。

結果として、対象地区において水供給量は需要量を満たしていたが水管理の柔軟性に課題があることが明らかになった。そして、水利施設の構造や末端施設の整備など物理的な課題を解決することに加え、システム全体の水管理制度の構築や農民主体となる水利組織のキャパシティを向上させる対策の必要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the study was to develop an irrigation management strategy in Myanmar through assessing the selected irrigation system in a typical rice growing area of the country. The study area was selected in the lower Myanmar where the hydrological data and information on agricultural and irrigation practices were collected by the interview with farmers and government officials.

The result of the study showed that the water supply was sufficient to meet the demand, but there is a lack of flexibility in water delivery. The outcome of the study implies the importance of institutional development in water management at both system and farm levels and capacity building of water users groups to promote farmer's participation in addition to the infrastructural development, particularly at the farm level.

研究分野：農学B

科研費の分科・細目：農業土木学・農村計画学

キーワード：灌漑排水 水管理 モンスーンアジア 水資源 米生産 ミャンマー

### 1. 研究開始当初の背景

アジアモンスーン地域での主要な作物である米においては、その生産性や水利用効率が未だそのポテンシャル以下の灌漑地域が多く存在する。これには、地域の水循環系の動態変化や圃場レベルの水需要の変動から乖離した水管理方法・体制の問題に起因している場合が考えられる。

世界の灌漑農業の発展においては、農民の主体的な水利施設整備・水管理活動への参加が効果的な利水を達成するための重要な要因と認識されている一方、アジアモンスーン諸国の発展途上国の現状は概して灌漑基幹施設の整備・改良が優先され、水資源利用可能量の適切な評価や社会状況を考慮した灌漑計画、さらには計画に伴う幹線から2次支線以降の水路レベルに至る一連の水管理体制・水管理手法の構築にまでは十分手が届いていないのが現状である。そこで、灌漑システムの水利、水文や地域の農業に適合し、さらに気候変動や社会構造の変化などによる水需要・水供給量の変化に対応できる複合的アプローチによる水管理手法の構築が求められている。

### 2. 研究の目的

ミャンマー低平地の代表的な灌漑地区をケースとして、その状況を把握し灌漑農業に関わる要因を分析することにより、地域における状況の変化に応じた柔軟的な水管理を実施する方策を検討することを目的とした。

### 3. 研究の方法

研究方法として、まずミャンマー灌漑農業全般についての動向を分析し他のアジア諸国と比較した。

次に、灌漑地区を選定し、地域の地理情報、土地利用、社会・経済データ、基幹水利施設の情報、ならびに水文データなどを収集するとともに、地区の中から3次水路受益地域を対象とした水文要因のモニタリング、水利状況の調査、農民と担当行政官への聞き取り調査などを実施した。研究対象地は、ミャンマーの米生産の中心である低平デルタ地域を代表するバインダ(Bainda)灌漑地区とし、その中で3次水路受益地の農家を対象として営農データを取得した。

現地において収集したデータの分析結果から、対象灌漑地域の水文要因の定量化と現況における水利用効率の評価、水稻を中心とした作物の生産性・営農状況の把握、ならびに水利組織・制度の状況把握し、他国の状況を踏まえながら課題の抽出を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) ミャンマー灌漑農業の動向

近年の経済発展が著しいが未だアジア諸国の中でも最貧国のひとつであるミャンマーでは、農業分野が経済の中核的役割を担っている。特に米は他のアジアモンスーン諸国

と同様に最も重要な農産物である。

ミャンマーは、1970年代後半から稲の高収量品種を積極的に導入し、1990年代前半から灌漑の導入による乾期作の奨励したことから、米生産量が飛躍的に増大してきた。地域別に見ると、イラワジ河デルタ地域を中心とした中部と南部における作付面積の増加が顕著に表れている。1989年から2010年までのダムの建設数は233で、1988年以前のものも含めると370を超えている。灌漑面積は、1988年の100万haから2010年233万haにまで増加した。これに伴い、大規模ダムをはじめとする水利施設の建設数もめざましく、1980年代後半から現在までにその数は約250箇所以上に及ぶ。

灌漑面積の増加に伴い、乾期米の増産が可能となり、マンダレー管区やマグウェー管区などのミャンマー中部の半乾燥地帯の米生産量が増大してきた。また、灌漑栽培によって、天水栽培を慣行としてきた中部低平地のバゴーやミャンマー南部のデルタ地帯の米生産にも増産や収量の安定をもたらした。公開されている統計データを見る限りは、近年においても全灌漑栽培面積の約70%が米生産に充てられているが、米の作付面積に占める灌漑受益面積の割合は約30%となっている。耕地面積に対する灌漑面積の割合は18.1%で、他のアジア地域の国々と比べると、マレーシア4.8%やフィリピン13.9%、カンボジア7.0%より高い灌漑率になるが、中国の47.3%やバングラディッシュの57.5%に比べるとかなり低い灌漑率である。

米収量については、高収量品種の導入以前の1979年の平均収量は2.4t/haであったのに対し、2010年では、4.1t/haと倍増している。灌漑の導入以前の1991年と近年を比較すると、457.5万haの収穫面積は2010年には805.2万haにまで拡大し収量に関しても増加している。しかし、収量の伸びが2006年以降、比較的緩やかになっている。その要因として、2006年以降に高収量品種の分配が減少したこと、さらに化学肥料と農薬の国外からの調達が困難となったことが関係していると想定された。

#### (2) 対象地域の水利

本研究対象地区であるバインダ灌漑区は、ミャンマー経済の中心地ヤンゴン管区の北東部に隣接するバインダ管内のミャンマーの代表的な米生産地帯に位置している。

主要水利施設であるバインダ・ダムは2003年に建設された。その集水域面積は254Km<sup>2</sup>、ダム容量は461百万m<sup>3</sup>、そして乾期の灌漑を目的とし受益面積は11500haである。ダム下流に取水堰が2007年に建設され、2009年の乾期に通水が開始された。一方、幹線水路および2次水路の整備は2009年以降も継続され、それらは2012年に完了した。対象地域の概要を図1に示す。

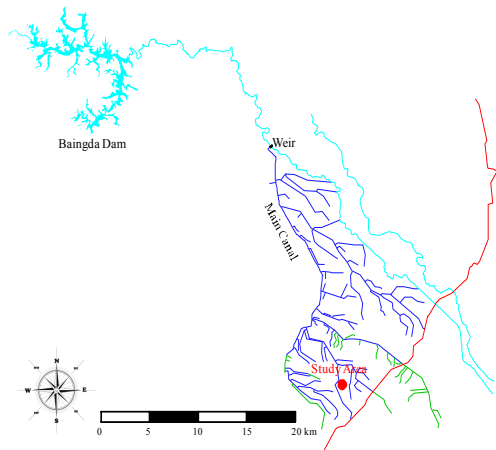


図1 バインダ・ダムと受益灌漑地の概要

この地域の年間降雨量は約 2500mm(1999-2000年平均)であるが、その9割が雨期(4月-10月)に降るため、ほとんど降雨のない乾期(11月-4月)に水稲米作を行うには灌漑が必要となる。一方、雨期は殆どすべての農地で天水による米栽培をしている。堰から取水された灌漑用水は、幹線水路、2次水路、3次水路を経由し、農地に灌水される。農地によっては一部圃場内に末端水路を設置し用排水を分離しているところもあるが、主に田越し灌漑をおこなっている。水管理体制は、一般的には、基幹施設から3次水路までを行政管理としている。

図2に2009年1月から2013年8月までのバインダ・ダム貯水量の変化を示す。ダム貯水量は、雨期である5月から10月の間に貯

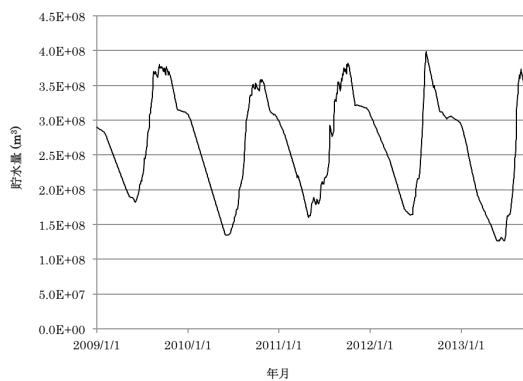


図2 バインダ・ダム貯水量の変動(2009年1月-2013年8月)

留し、乾期灌漑期の放流により毎年変動するが、同様な変化パターンを示している。

一方、同期間の灌漑農地面積は、大きく変動している(図3)。これには、前述した幹線水路および2次水路の整備が2012年まで完了しなかったことにより用水の供給が不安定だったため、農民の多くが地域で一般的な豆類を慣行的に栽培したことが理由として挙げられるが、整備完了後の2012-2013年以降の乾期栽培の灌漑面積は前乾期と比べ上昇傾向にある。

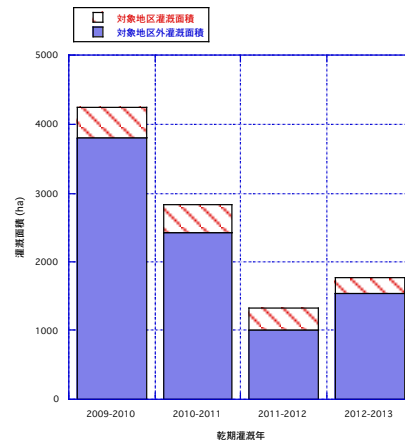


図3 調査対象地域における2009-2010年乾期から2012-2013年乾期の灌漑面積

用水量の妥当性を評価するために、幹線水路から末端水路までのそれぞれの水路レベルの受益農地に対応する単位面積あたりの日平均灌漑水量を2012-2013年乾期の流量データから算出した。結果は、幹線(1次)水路レベルで13.3mm/d、2次水路レベルで11.1mm/d、3次水路レベルで13.6mm/d、末端(4次)水路レベルで11.5mm/dであった。このように、末端水路受益地の値を除けば、上位水路(水路断面が大きい)ほど灌漑水量が大きくなる傾向となっている。また、この地域の土壌は粘土質であり減水深は5.0mm前後と考えられることから、灌漑水量はそれほど逼迫した状況ではないと考えられる。一方、今後同地区における灌漑面積の増加が予測される中、将来にわたり同等の用水量を維持するためには特に末端レベルでの水利用効率の向上が望まれる。

水利組織については、ミャンマーでは形式的には2次水路または3次水路単位で、受益農民で構成される水利組織を構成することになっているが、形骸化している場合が多い。本研究対象地区においても、2012-2013年乾期作までは、まだ水利組織が実質的な活動を行っていなかった。よって、組織的な水管理は実施されておらず、農民の個別の判断により3次水路に小さな堰を作り農地に導水されていた。灌漑省は、行政の最小単位である村(Village Tract)を通じて水路への送水時期の伝達や水利施設維持に関する農民への周知などを行っている。また、水利税の徴収も、村の責任者を通じて実施している。2012-2013年乾期作以降、灌漑局は対象地域における水利組織の強化に取り組み始めた。

### (3) 灌漑農業生産の状況

バインダ灌漑区内の調査対象地区である3次水路(MR-4)の受益農地の概要を図4に示す。

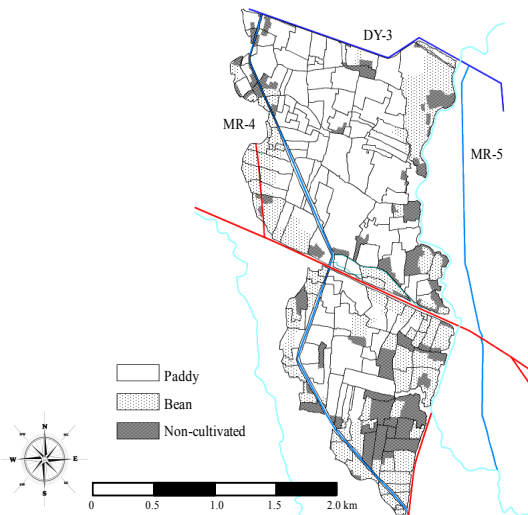


図4 調査対象地区の概要

この地域では、3次水路から末端水路を設置し農地を灌漑しているところが数カ所あるが、多くは3次水路から田越しで灌漑している。結果、水田農地は3次水路近辺に限定されている。

対象地域の農家は161戸で耕地面積は407haである。2012-2013年乾期においてはこの中で92戸の農家が計215haで米作を行っていた。農家あたり平均で2.3haにおける米作付面積での収量が2.0t/haとなっている(表1)。

表1 調査対象地域における戸別の所有農地面積、水田面積、および米収量の概要

	所有農地面積 (ha)	水田面積 (ha)	米収量 (t/ha)
最小	0.2	0.2	1.1
最大	16.1	15.6	2.7
平均	2.7	2.3	2.0
中央値	2.3	1.8	2.0
標準偏差	2.4	2.2	0.4

これは、国の平均収量と比べてかなり低い数値であるが、過去の研究においても低平地においては同等の収量レベルの地域が見受けられた。米作での収益が少ないため、農民に乾期米作、ひいては水管理のインセンティブが働かず、水が来るにもかかわらず豆類の栽培を選択している農家も存在する。また、農家は水利税を支払う義務があり、それは2006年までは1エーカーの農地あたり10チャットであったが、現在は1950チャットになっていることも影響していると考えられる(注：2013年で1ミャンマー・チャットは約0.1日本円)。

#### (4) 米収量の影響要因

米収量に及ぼす要因の影響度を、最適尺度法によるカテゴリ回帰分析を用いて解析した。ここで選択した要因は3次水路から圃場までの距離、肥料投入量、作付け品種の3つである。3次水路から圃場までの距離は、田越し灌漑の場合は取水の柔軟性に与える要因と考えることができる。農民は尿素肥料を主に使用しており、その投入量は対象地域平均で81kg/ha(標準偏差28.5kg/ha)であった。品種については、農民は2種類の非感光性の品種を使用していた(品種名: Yatanar Toe と Shwe Thwe Yin)。作付け品種は、農業灌漑省の普及員からの情報や指導を基に選択している。収量にはこれら以外の要因も関係してくるが、他の要因、例えば栽培法、気候条件、土壌、防除体系や単位面積あたりの労働力の投入などが農家間にほとんど差がないことから、上記3つの要因が大きく影響を及ぼしていると仮定した。

分析結果を表2に示す。重相関係数は0.847となり0.01%水準で有意であった。収量に対して、圃場距離、肥料投入量、品種のすべてが有意な影響を及ぼしていたが、そのなかでも肥料投入量が大きな重要度を示しており、米収量に大きな決定要因であることを示している。過去のミャンマーにおける別の灌漑農地での研究結果では、取水の柔軟性が肥料投入量と比べて大きな要因となっていたが、本対象地区では違う結果となった。これには、本対象地域での収量が平均的にかなり低く、そのような状況では水管理以前に、まず肥料投入量の増加が必要なことを示唆している。

表2 米収量の影響要因分析結果

説明変数	標準化係数	有意確率	重要度 <sup>1)</sup>
圃場距離 <sup>2)</sup>	0.207	0.04	0.086
肥料投入量	0.214	0.05	0.027
作付け品種	0.804	0.00	0.887
R <sup>2</sup>	0.847		

1) (標準化係数\*ゼロ次相関)÷決定係数の式での計算値。

2) 3次水路から圃場までの距離。

#### (5) 研究結果から見る今後の展開

ミャンマーの灌漑農業において、水利用の効率化および需要の変化に対応した水管理の柔軟性を増すことは可能であるが、それには水利施設の構造や末端施設の整備など物理的な課題を解決することに加え、水管理制度の構築や農民主体となる水利組織のキャパシティを向上させる対策の必要性が本研究結果より示唆された。また、水管理だけでなく、乾期米作の営農知識の向上や肥料などの投入をサポートする農民へのクレジットなどのサービスの充実が必要であることが

明らかになった。

本研究対象地域では灌漑施設が比較的最近に整備されたが、水利施設建設のようないわゆるハードの構築が先行し、制度や水利組織などのソフト面での対応が後手になっている感否めない。用水についても、栽培作物面積に応じた需要に対応できる体制となっていないのが現状である。事実、灌漑面積に変動があるにもかかわらずダムからの放水量、堰からの取水量は灌漑期間を通じてほぼ固定されている。また、本研究期間においては、水需要に対応する水供給量を満たしていたが、今後灌漑面積が増加し需要が増した場合は、きめ細かい配水計画が必要になることが想定される。基幹システムレベルと末端水路・圃場レベルの水文上の関連性および連動性をより具体的に把握するには、本研究で得たデータをさらに解析していく必要がある。

水利組織・制度については、最終的には日本の土地改良区制度のような法的にも整った制度を構築するのが良いのであろうが、まずはタイの王室灌漑局で実践されているように行政が農民の主体的な水管理をサポートするような体制作りを担当行政機関が進めていくことが現実的であろう。それと並行して、灌漑システム管理における行政と農民の役割分担と責任の所在を明確にし、その中でお互いが協力し合える仕組みを構築していくことが重要である。

また、ミャンマーでは乾期作における米の増産をいままで灌漑整備の主目的としてきたが、農民所得の向上、さらにミャンマーの農業分野での発展を考慮すれば収益性のより高い米以外の作物栽培も視野に入れた柔軟性のある灌漑農地整備や用排水管理を発展させる必要があると考える。そのためには、今までの慣行的な田越し灌漑を見直し、作付け作物の自由度が増すよう末端水路の整備を奨励することも一考である。

ミャンマーの灌漑農業には以上に述べたような課題はあるが、他のアジア諸国と比べても基幹灌漑施設はすでにある程度のレベルにまで整備されており、その発展可能性は高いと考える。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- ① 八丁 信正、松野 裕、アジアにおける土地・水資源と米生産の展望、農業農村工学会誌、査読あり、81巻、2013、pp25-30
- ② Matsuno, Y, H. Horino, and N. Hatcho, On-farm irrigation development and management in lower Myanmar: factors for sustainable rice production and collective action, Paddy and Water Environment, 査読あり, 2013, pp455-462, DOI: 10.1007/s10333-012-0336-0

〔学会発表〕(計5件)

- ① Hatcho, N., Balancing food security for sustainable paddy farming, 10<sup>th</sup> INWEPF Steering Meeting and Symposium, 2013年11月3日、Cantara Duangtawan Hotel(タイ国)
- ② Hatcho, N., Evolution of irrigated agriculture and its prospects in Myanmar, H25年度農業農村工学会大会講演会、2013年9月4日、東京農業大学(東京都)
- ③ Matsuno, Y., On-farm irrigation development and management in lower Myanmar for sustainable rice production, PAWEES 2011 International Conference, 2011年10月27日、国立台湾大学(台湾)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松野 裕 (MATSUNO YUTAKA)  
近畿大学・農学部・教授  
研究者番号：50340766

### (2) 研究分担者

堀野 治彦 (HORINO HARUHIKO)  
大阪府立大学・生命環境科学研究科・教授  
研究者番号：30212202

八丁 信正 (HATCHO NOBUMASA)  
近畿大学・農学部・教授  
研究者番号：00268450