

「水の循環系モデリングと利用システム」

平成14年度採択研究代表者

丹治 肇

(農業工学研究所水工部河海工水理研究室 室長)

「国際河川メコン川の水利用・管理システム」

1. 研究実施の概要

メコン川流域は戦乱が終了し、人口増加と経済的開発が拡大している。今後、開発と環境のバランスに配慮した水資源の保全と利用が、重要な流域の課題になると予想される。ここでは、メコン川流域の水循環の特徴に配慮しつつ、持続可能な水利用を可能にする水利用ルール、社会制度、政策提言を検討する。

研究は、①水循環と水利用の実態解明とモデル化、②農林水産業と水利用の関連の実態解明およびモデル化と水利用の改善方法の探索、③経済モデル、政策シナリオ分析などによる持続可能な水利用ルール等の提言に分かれる。

15年度までに、データ収集と現地調査により、メコン川下流4カ国において、水循環の実態、農林水産業の実態の調査を進めてきた。16年度は、現地調査とデータの収集をすすめるとともに、データの解析をおこなう。17年度は、16年度の内容を継続するとともに、モデル化に着手する。18、19年度はモデルを活用し、政策提言を行う予定である。

16年度は、各課題に次の進展があった。

水循環と水利用実態の解明とモデル化：水田灌漑の実態解明のため、タイとラオスにおいて、モデル灌漑地区を設定し、詳細な現地調査を行った。カンボジアにおいては、最大の灌漑貯水池であるバライの現地調査と既存データ収集を行った。これらのデータの解析をすすめ、一部で水収支計算を行った。ベトナムでは、メコン川の2派川Tieu川とDai川において、3回にわたって現地観測を実施した。同時に、MyThuan以下のTien Giangにおける流水モデルを作成した。

農林水産業と水利用の関連：農林業については、メコンデルタ地域の水管理を自然に任せたメラルーカ森林地帯で、畑作を取り入れた場合の畑作物の選択と栽培の現状調査を行った。新たに試作した土窯でメコンデルタに生育するメラルーカを対象に炭化実験を行った。メラルーカ材を用いた木片セメント板及び、セメントブロックを試作し、その性能を検討した結果、実用に供する性能を有することが明らかになった。水産業については、カンボジアにおける小規模漁業は、農民が農閑期に、現金収入を得る目的で行っている可能性が示唆される結果を得た。メコン川流域において回遊性の高い魚種について、遺伝学的

な解析を行いトンレサップ湖周辺とメコン川本流に生息する同魚種それぞれが別の集団を形成していることが示された。カンボジアにおいて乾季に氾濫源に残る水溜りから魚類標本を採集し、DNAによる種査定と耳石の微細構造解析による産卵日の推定を進め、これまでに、*Henicorhynchus siamensis* と *Thynnichthys thynnoides* の耳石 について、走査型電顕を用いた周期性の確認を行った。ラオスのメコン川本川及びナムグン川において水質測定を行い、特に、ナムグン川の水質が通年で低負荷であることを確認した。ラオスにおいて水産物流通を調査した結果、近年急速にタイからの海産物輸入が増加していきことが明らかになった。ベトナムの複合農業の環境負荷を調査した結果、複合農業においても比較的高い水質負荷がみられた。メコン流域に生息する魚の簡易種査定法の確立を目指し、メコン流域から採集した魚種8種についてミトコンドリアDNAの塩基配列を決定した。

経済モデルと政策シナリオ分析：経済モデルの基礎データを収集した。これらのデータをもとに経済モデルのパーツとなる需要関数を求めた。また、ラオスの発電輸出のGDPへの影響をモデルで評価した。シナリオ分析では、貧困問題に伴う食料の需給が重要である。このため、人口と所得水準に基づく、下流4ヶ国のコメの需要予測モデルを作成した。水産資源については、漁獲量の将来推定が重要である。そこで、漁獲努力漁を示す人口と洪水水位に基づく漁獲量の推定モデルを作成した。その結果、今後の漁獲量減少の危険性が示唆された。これらのモデルは、基礎シナリオの検討を目的とした最も単純なものなので、今後、より詳細なモデルに改善する必要がある。

15、16年度は、現地調査を中心に実態の把握に焦点が置かれた。16年度に行われた実態調査は、現在とりまとめが進められている。17年度は、プロジェクトを中心としたセミオープンワークショップを行い、中間とりまとめの速報結果を公開する予定である。また、17年度には、それまでに得られた知見を元に、基本モデルと基本シナリオの設計を完了する予定である。

2. 研究実施内容

研究目的：

メコン川流域は戦乱が終了し、人口増加と経済的開発が拡大している。今後、開発と環境のバランスに配慮した水資源の保全と利用が、流域の重要な課題になると予想される。ここでは、メコン川流域の水循環の特徴を明らかにするとともに、その知見に基づいて、持続可能な水利用を可能にする水利用ルール、社会制度、政策提言の検討を目的とする。

研究方法：

本研究は、メコン川の水循環の特徴をまず、①基本的な水利用実態を明らかにする課題（水利用）、②水利用と人間活動、特に農林水産業との関連を明らかにする課題（人間活動）で明らかにする。この知見を受けて、将来シナリオを③経済発展シナリオのレベルで検討する課題（経済発展）、更には、④経済活動以外の点も配慮した政策シナリオを検討する課題（システム）から構成されている。以下、課題毎の手法を述べる。

① 水利用

水循環の実態を明らかにし、利用可能な水資源量の推定を行う。ここでは、水理学的モデル、水文学的モデル、水質モデルが構築される。

② 人間活動

農林業と水産業の経済活動と水利用の相互作用を解明する。農業では乾季作を対象として、農作物の作付け状況、農作物の生長・収量と、塩水影響の関係を実態調査する。生産性の低いメコン地域での酸性土壌の森林地帯で、水管理に対して森林と畑作の関連を栽培技術、流通、経済性を加味して考察する。林業・林産業ではメラルーカ材の資源量及び需要予測、メラルーカ材を用いたバイダーレスボード、セメントボードなどを製造する木材工業の適用可能性、木材工業以外のメラルーカ材の有効活用技術について検討する。メコンデルタに生育する林木に適した炭化法の開発と製炭された木炭の品質・特性を明らかにし、国内外での市場性を検討する。水産業においては、漁法、魚種、資源量、漁獲量などの調査を行い、現在の水産の水利用実態を明らかにするとともに、将来予測が可能なデータを収集する。

③ 経済発展

一般均衡モデル、産業関連モデルなどの経済モデルを用いて、経済発展と水利用の関連を明らかにする。

④ システム

政策提言をシナリオに基づいて検討する。検討シナリオは、現在の開発計画、資源の需要と供給バランスを基に作成する。検討モデルには、システム・ダイナミクスなど、経済モデルでは表現できない問題点を組み込む。モデル作成と同時に評価指標の検討を進める。

結論：

16年度までの研究結果で得られた成果は以下である。

① 水利用

メコン川の氾濫と農業利用の関係を把握するため、衛星データを用いてトンレサップ湖周辺およびメコン川下流域の氾濫域における水田エリアの変化を抽出した(図1)。また、メコン流域における食糧生産量推定モデルの第1ステップとして、FAOのCROPWATモデルを現地調査により得られた知見から水田用に改良し、ラオス南部のKM35灌漑区に適用し、コメ生産のために必要な灌漑水量を推定した(図2)。

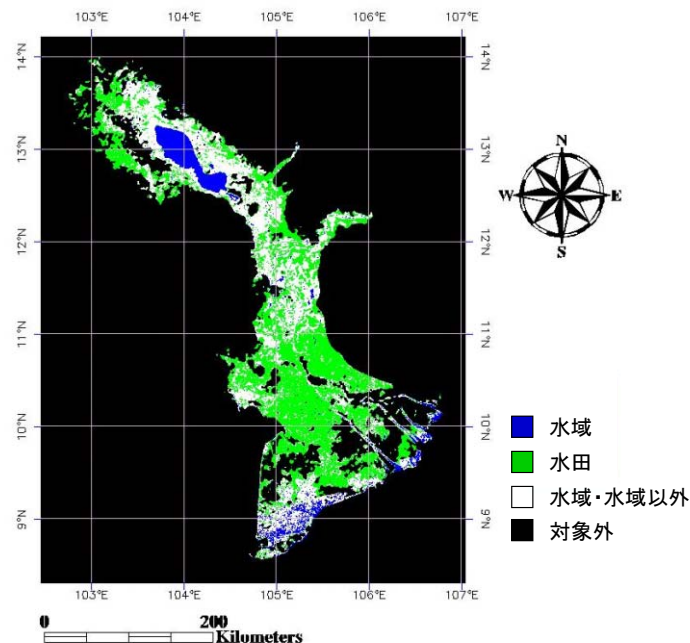


図1 トンレサップ湖周辺およびメコン川下流域氾濫域の乾期における水田
2002年10月～2003年4月のSPOT/VEGETATIONデータを用いて抽出。

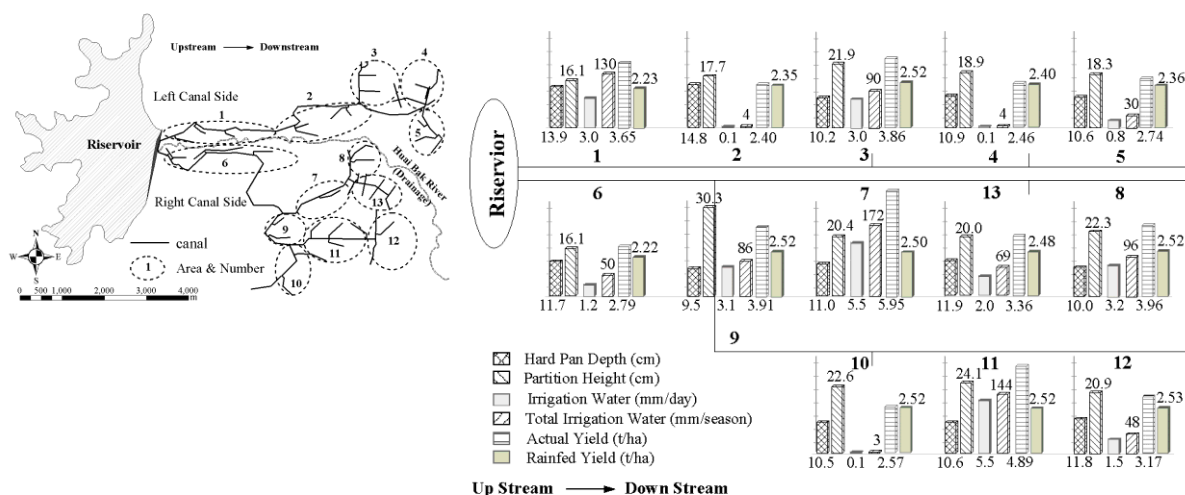


図2 KM35灌漑区における灌漑水量の推定結果（耕盤深さ、畝高さを考慮）

ベトナムでは、メコン川の2派川Tieu川とDai川において、ADCPとTPMを用い、5月、12月、3月の3回にわたって現地観測を実施した。測定は流量や流速などの水理量の観測、塩分濃度、水温、濁度などの水質の観測、それに河川断面形状の観測である。同時に、MIKE11を用いて、MyThuan以下のTien Giangにおける流水モデルを作成した。以上の観測データや流水モデルによる解析を通じて、測定期間における派川間の流量配分率が分かった。

② 人間活動

農林業については、メコンデルタ地域のメラルーカ森林地帯で、畑作を取り入れた場合の畑作物の選択と栽培の現状調査を行った。新たに試作した土窯でメコンデルタ

に生育するメラルーカを対象に炭化実験を行った。樹皮の厚いメラルーカの炭化には着火に工夫が必要であり、また、炭化前の水分調整が良質炭の製造に重要な要素であった。また、製造した木炭の酸性土壌への土壌改良作用では、メラルーカ幼苗の成長に好成績が得られた。排水溝での木炭の水質浄化作用の検討はさらに現在進行中である。メラルーカ材を用いた木片セメント板及び、セメントブロックを試作し、その性能を検討した結果、実用に供する性能を有することが明らかになった。

水産業については、以下のように、生物多様性に関する研究と社会学的・開発学的な研究結果が得られた。

1. 漁労行為については、カンボジアにおける小規模漁業は、同国の総漁獲量の約50%を占める。この小規模漁業はこれまで自家消費的な漁業として認識されてきたが、実際には農民が農閑期に、現金収入を得る目的で行っている可能性が示唆される結果を得た。

2. メコン川流域において回遊性の高い魚種については、資源管理上単一の資源として取り扱われることが一般的である。しかし、遺伝学的な解析の結果からもトンレサップ湖周辺とメコン川本流に生息する魚は、同種であっても、それぞれが別の集団を形成していることが示され、資源管理上別々のユニットとして扱う必要性が示された。

3. ラオスのビエンチャン市周辺のメコン川本川およびナムグム・ダム下流のナムグム川で通年にわたる水質のサンプリングを行った。その結果、メコン川本川は既存のMRCの調査結果と同傾向を示し、一方、ナムグム川の水質の通年にわたり極めて低負荷であった。

4. ラオスにおいては近年急速にタイからの海産物輸入が増加しており、水産物の流通に変化が起きていることが明らかとなった。ラオスで海産物の輸入を扱っている業者は4社あり、おもにアジやサバなどの多獲性魚種を取引しており、価格はラオスの天然淡水魚の7割程度で、家庭で消費されており食文化などへの影響も懸念される。

5. ベトナムの複合農業についても、これまでは環境負荷が少ないとされてきたが、農民の意識としては環境負荷が低いから複合農業を選択しているわけではなく、大規模農家では肥料などの散布が行われていた。実際には、ここの所有土地面積に応じ、収益を高める一つの戦略として複合農業の形態があることが示された。

6. ベトナムメコンデルタ地域における、農業ならびに養殖池からの物質循環経路の推定については、適切な調査場所の特定ができなかった。

7. メコン流域に生息する魚の簡易種査定法の確立を目指し、メコン流域から採集した魚種8種についてミトコンドリアDNAの塩基配列を決定した。複数の領域の遺伝的変異性を比較したところ、種の同定にはニコチン酸脱水素酵素サブユニット4からサブユニット5の領域が、適当であることが判明した。今後はこの領域を対象にさらに多くの魚種について塩基配列を決定し、データベースの充実を図る。

8. カンボジアにおいて乾季に氾濫源に残る水溜りから魚類標本を採集し、DNAによる種査定と耳石の微細構造解析による産卵日の推定を進めている。これまでに、Henicorhynchus siamensis とThynnichthys thynnoidesの耳石について、周期性の確認を走査型電顕を用いて行った結果、Henicorhynchus siamensis の耳石は明瞭な周期性が認められたが、Thynnichthys thynnoidesの耳石には核が複数みとめられ、周期性の確認は困難であった。今後他の魚種についても周期性をしらべ、産卵日の推定が可能な種を明らかにする。

③ 経済発展

経済モデル作成のために、本年度は、ラオスとベトナムの経済データを収集した。既に収集したタイのデータを用いて、経済発展が水需要に与える影響を評価できるように水需要関数を作成した。また、ラオスの水力発電の輸出がラオス経済に及ぼす影響をモデルで評価した。コメの需要については、購買力価で表した一人当たりGDPを本に需要関数を作成した。

④ システム

既存のシナリオを整理した結果、基本シナリオの検討では、a. 人口の増加に伴うコメや魚の供給量の確保の可能性、b. ダム開発などの開発が水循環と食料供給、貧困問題に与える影響の推定が重要である。16年度は、下流4ヶ国のコメの需要関数と人口予測を用いたコメの中長期的な需要予測を行った。その結果、図3に示すように、タイでは減少傾向、ベトナムでは変動なし、カンボジアとラオスで需要拡大が予想される。また、1999年までのデータを用いて、カンボジアの漁獲量を人口と洪水水位から推定する簡単なモデルを作成した。このモデルによる供給可能量と人口増加に伴う需要量を比較した。その結果、図4に示すように、2000年以降は、推定漁獲量の上限を推定消費量が上回る。つまり、2005年現在では、既に供給不足局面に入っている可能性がある。また、推定漁獲量は、このモデルでは、2000年がピークで、資源枯渇の危険がある。問題は重要であるが、検討モデルは簡単で問題も多い。そこで早急により精密なモデルによる検討を進める予定である。

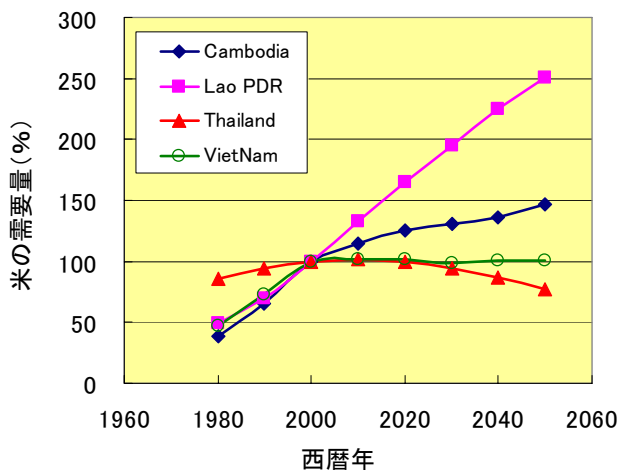


図3 コメの需要予測

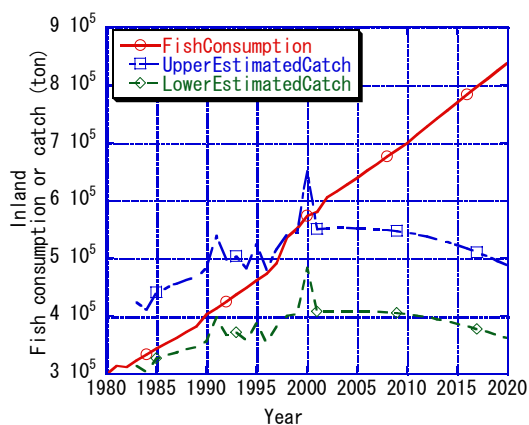


図4 カンボジアの漁獲量推定

3. 研究実施体制

水利用グループ（メコン川の水利用・管理モデルの開発）

- ① 研究分担グループ長：久保 成隆（東京農工大学大学院農学教育部、教授）
- ② 研究項目：農業・林業開発による水利用変動評価モデルの開発
メコン川下流域・トンレサップ湖の水循環評価モデルの開発

人間活動グループ（メコン川流域の水循環の変動が人間社会へ及ぼす影響の評価）

- ① 研究分担グループ長：黒倉 寿（東京大学大学院農学生命科学研究科、教授）
- ② 研究項目：流域の水循環の変動が農林業生産に及ぼす影響の評価
流域の水循環の変動が漁業生産に及ぼす影響の評価

経済発展グループ（メコン川の水利用変化が流域諸国の経済発展に及ぼす影響の評価）

- ① 研究分担グループ長：小山 修（国際農林水産業研究センター、部長）
- ② 研究項目：メコン川中下流4カ国間応用一般均衡・経済発展モデルの開発とシミュレーション予測

システムグループ（メコン川流域の持続的水利用システムの提案）

- ① 研究分担グループ長：丹治 肇（農業工学研究所、室長）
- ② 研究項目：災害防除と地域開発のための流域水利用システムの提案と国際協調

4. 主な研究成果の発表

(1) 論文発表

著者名	タイトル	掲載誌名	巻号頁	発行年
丹治肇・山岡和純	ヴァーチャル・ウォーターの議論の発展性に関する考察	農業土木学会誌	72(4) p. 33-36	2004
丹治 肇、吉田貢士、蘭 嘉宣、宗村広昭	洪水リスクにおける脆弱性評価の検討	農業土木学会誌	72(5) p. 21-24	2004
逆瀬川三有生・谷田貝光克	Pyrolytic products of three aromatic materials	木質炭化学会誌	1(1) p. 45-52	2004
増本隆夫・清水克之・ファムタインハイ	Roles of flood for agricultural production in and around Tonle Sap Lake	ACIAR proceedings	116 p. 136-146	2004
増本隆夫	モンスーンアジア水田灌漑の多面的機能	農業土木学会誌	72(7) p. 11-16	2004

丹治肇・多田稔・宗村広昭・吉田貢士	東南アジアの米の将来需要予測	農業土木学会誌	72(9) p. 33-35	2004
戸田修・樋口克宏・宗村広昭・丹治肇	カンボジアのコルマタージュシステムの歴史と展望	農業土木学会誌	73(1) p. 31-34	2005
宗村広昭・丹治肇・吉田貢士・戸田修・増本隆夫	Estimation of Irrigation Water to Paddy Fields under Conditions of Poor Data Availability, Cambodia	水文・水資源学会誌	18(1) p. 22-34	2005
大平辰朗・松井直之・谷田貝光克	木酢液香り成分の植物成長制御活性	木質炭化学会誌	1(2) p. 98-103	2005
高橋信吾・石川智士・黒倉寿	カンボジアの内水面漁業	水文・水資源学会誌	18(2) p. 185-193	2005
吉田貢士・宗村広昭・樋口克宏・戸田修・丹治肇	河畔林密度の違いが河川水温環境に与える影響について	水工学論文集	49(2) p. 1543-1548	2005
宗村広昭・吉田貢士・樋口克宏・戸田修・丹治肇	メコン川下流域における水田への雨期補給水量推定モデルの構築	水工学論文集	49(1) p. 235-240	2005
小川茂男・力丸厚・増本隆夫・丹治肇・Manithaphone Maharaxay	Land use and water management of agriculture in Mekong River basin	Journal of Agricultural Meteorology	60(5) p. 371-374	2005