

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「水の循環系モデリングと利用システム」
研究課題
「国際河川メコン川の水利用・管理システム」

研究終了報告書

研究期間 平成14年11月～平成20年3月

研究代表者：丹治 肇

((独)農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究所 農村総合研究部
有明海研究チーム チーム長)

1 研究実施の概要

(1) 研究構想

本研究の目的は、メコン川下流 4 カ国における開発と保全の方向をシナリオベースで検討し、望ましい水利用と水管理の方向の助言をすることである。ツールとして水循環モデルとメコン川下流 4 カ国の応用一般均衡モデルを用いる。研究計画全体は、現地データ収集、文献・統計データ収集、これらを解析した各分野のモデル化、モデルの水循環モデル、または、応用一般均衡モデルへの統合の 3 段階を経るよう計画した。

(2) 研究実施

研究実施は、水利用の実態把握とモデル化を行う水利用グループ(タイ、ラオス、農村工学研究所、カンボジア、ベトナム、東京農工大)、農林水産業の人間活動と経済・水利用の実態の把握と開発提案を行う人間活動グループ(東京大学)、経済発展の方向をモデルで検討する経済発展グループ(国際農林水産業研究センター)と、望ましい開発の方向と方策を提案するシステムグループ(農村工学研究所)の体制で実施した。括弧内は中心にとりまとめを行う機関である。

(3) 研究成果

本研究は、メコン川下流4カ国の水利用の実態を明らかにするとともに、メコン川の水利用に係わる自然科学的・社会科学的モデルを作成して、その検討を踏まえて、今後のメコン川の水利用と管理に関する望ましい政策の提言に対して助言することを目的としている。研究内容を大別すると、i)メコン川の水利用の実態把握と水利用に係わるモデルの開発、ii)メコン川の農林水産業の実態把握と発展方向の検討及びモデル化、iii)メコン川下流4カ国の応用一般均衡モデルの開発と経済発展シナリオの検討、iv)メコン川の開発・発展シナリオの検討と望ましい開発政策の提言のための助言になる。

i) 水利用の実態把握とモデリング

ここではメコン川下流4カ国を洪水と潮汐の影響の有無でタイ・ラオスとカンボジア・ベトナムに分けて進めた。

i-a) 水利用1:タイとラオスの水利用実態とモデルおよび全域の灌漑ポテンシャル

タイでは東北タイおよび北タイの代表的な大規模灌漑地区でヒアリング調査を行い、乾期の河川取水レベルの水田灌漑水量をまとめた。また、気象観測を行うとともに水利施設の管理データを入手し、実際の毎年の取水量を求めた。一方、気象データから灌漑ポテンシャルを推定するモデルにより圃場レベルの必要水量を推定した。両者の値から、大規模灌漑施設の灌漑効率が推定可能になった。

ラオスでは、中部と南部に多いポンプ灌漑地区のヒアリングにより灌漑水量を明らかにした。一部地区で管理データを入手した結果、計画灌漑水量は1作当たり1,800~2,140mmであるが、揚水ポンプの故障が多く、実取水量は計画の約80%であった。北部の棚田地区の用水量は中南部とほぼ等しいが、浸透性が高く、標高差が大きいいためポンプ灌漑は不可能で、重力灌漑に限定されていた。

ラオスのビエンチャン周辺で水質計測を行った。このうちメコン本川では毎週2回の水質観測を行い、月1回観測のメコン川委員会の水質データを補完して利用することにより有効な情報が得られた。

この他、リモートセンシングデータを用いてメコン川下流4カ国の水田灌漑面積の分布推定を試みた。

i-b) 水利用2:カンボジアとベトナムの水利用実態とモデル

カンボジアでは、典型的な灌漑地区として、バライ地区とバテイ地区を選定して、必要な灌漑水量を計測した。特に、バライ地区には、気象観測装置と水位計を設置して精密な計測を行った。また、洪水貯留、乾期の河川取水など地区毎の可能な水利用パターンを明らかにした。

潮汐の影響を受けるベトナムのメコン川は流量把握が困難である。ドップラー流速計を導入して、流量、塩分濃度と河川断面の計測を行った。その結果を基に、派川のTien川のモデルを作成し3

月の渇水流量を得た。従来、メコン・デルタのクリークをモデル化するには、断面を逐次モデル化したため末端が無視されてきた。ここではデルタの全クリークをモデル化するためクリーク密度をパラメータとしたモデルを開発した。このモデルを使って取水の滞留時間を推定する課題が残されている。

ii) 農林漁業の人間活動と水資源の関わり

農林漁業の人間活動が水循環や経済活動に与える影響と開発方向の検討を目指した。

ii -a) 人間活動1: 農林業の実態調査と発展方向の検討

ベトナムのメコンデルタで農林業の開発可能性を検討した。調査地区を河口付近の島に設定して水田の作付け調査を行った。この地区は塩水の遡上を避けるため、防潮ゲートが建設され、三期作の拡大が期待されている。ゲート操作、水質調査、農家のアンケートによると、雨期の始めに硫酸性土壌から流出する酸性水排水のため防潮ゲートを閉められず、三期作は拡大していなかった。林業では、硫酸性土壌の開発方法として酸性土壌で生育可能なメラルーカ材の加工性を検討した。家具・パーティクルボード・合板などの加工法を実証したが、現在の小径の木材では、高付加価値化には限界があり、普及は難しい。

ii -b) 人間活動2: 漁業の実態調査と発展方向の検討

カンボジアの漁業の実態調査を行った結果、漁獲の中心は家族的な小規模漁業で、貧困問題が過剰漁獲につながっていた。また、小規模漁業には時系列データがないため漁獲量推定は大規模漁業によった。トンレサップ湖のKampong Thom県の、ヤナ(Barrage)のトレイ・リエルという魚の統計データを収集して、漁獲量変動を解析した。Kampong Thom県とBattambang県のタイワンドジョウでは、急激な資源量の低下が認められた。この原因は不明である。その他、トンレサップ湖とメコン川でトレイ・リエルとナギナタナマズについて、核外の母系遺伝子(ミトコンドリアDNA)のデータを解析して、魚の系群の遺伝的判定を行った。

iii) 応用一般均衡モデル等による経済発展の検討

メコン川下流4カ国の経済発展策検討を目的として、経済モデル構築とシミュレーションを行った。統計の整備が遅れているカンボジアとラオスでは産業連関表を作成した。このデータを元にカンボジアとラオスの経済的特徴を明らかにするとともに、メコン川下流4カ国の応用一般均衡モデルを作成した。

その結果、メコン川下流4カ国経済の相互依存関係が明らかになり、適切な水準の水力発電開発が流域の経済成長を促すことが示された。

その他に、経済発展と水資源需給や、漁業生態系と社会経済の関係を分析するモデルを開発し、水資源開発が生み出す負の影響の予測にも取り組んだ。

iv) システム的な視点から見た望ましい制度と開発シナリオの政策提言のための助言

メコン川は、ラオスを除いて、ダム建設無しでは、新規取水は不可能な開発レベルにある。最大利水は灌漑で、その60%(本川取水の80%)をベトナムが占める。メコンデルタの河川流量に対する取水比率は乾期の3~4月に最大になる。今後の灌漑開発による渇水が懸念され、この時期に検討を集中した。

世界銀行とメコン川委員会は、水循環モデルを開発しシナリオ毎の水循環の変化を比較してレポートを出版している。これは、現時点で公開されている唯一の数値化されたシナリオ検討である。また、メコン川委員会はメコン川の開発シナリオの検討を進めるため、水循環モデルにリングラー型の資源配分経済モデルを組み込んだ意志決定支援モデル(Decision Support Framework)を開発中である。

世界銀行のレポートでは、灌漑面積に、面積当たりの灌漑水量をかけて必要灌漑水量を求めている。この面積当たりの灌漑水量は本研究で得た値とは異なる。この点を検討するため水資源配分モデルを作って、感度分析を行った。その結果と水需給バランスは発電ダムの建設・運用方法と推定灌漑面積・面積当たりの灌漑水量に大きく依存した。これらの幅があるパラメータに依存せずに渇水を減らすためには、供給量と取水量を流量単位で監視・調整する必要がある。

このためにメコン川委員会は現在持っていない水利権等の調整機能を獲得し、発電による新規流量増に基づく水利権の配分を行うべきである。開発計画では、ダムによる流量増を安定的に需要に対応させるために、タイとラオス間のような水利権の転用、発電ダムへの灌漑の組み込みを促

進すべきである。

流域開発ではダム開発とメコン本川からの取水増加が水循環に及ぼす影響を水循環モデルで検討した。クラチエ上流の水循環では世界銀行のレポートのシナリオ検討と同等の結果を得た。カンボジアのトンレサップ流域では支川ダム開発は困難である。現在は湛水域内における洪水貯留の利用が拡大している。この開発方法の計算では、高開発シナリオはトンレサップ湖の漁業に影響を与え、乾期のベトナムのメコン本川流量の減少が予測された。解決には、メコン本川から洪水を導入して、支川上流のダムに貯留して湛水域より標高が高い地域の水田でより環境負荷の小さな乾期作を行う方法が提案できる。この方法は、世界銀行のレポートのシナリオにある本川上のサンボールダムよりは環境影響が小さい。

その他、水質データのないラオスのビエンチャン周辺の用水路と排水河川の水質計測を行い、農地面積と人口当たりの水質負荷と流達率を推定し、ビエンチャンの水質のシナリオを検討した。

2 研究構想及び実施体制

(1) 研究構想

本研究の目的は、メコン川の水循環に配慮しながら、メコン川下流 4 カ国における開発と保全の方向をシナリオベースで検討し、望ましい水利用と水管理の方向の提言に対して助言をすることである。そのための代表的なツールとして水循環モデルとメコン川下流 4 カ国の応用一般均衡モデルを用い、必要であればその他のモデルを利用する計画である。研究計画全体は、現地データ収集、文献・統計データ収集、これらを解析した各分野のモデル化、モデルの水循環モデル、または、応用一般均衡モデルへの統合の 3 段階を経るよう計画した。

研究分担は、現地の水利用の実態調査とモデル化は水利用グループが行った。水利用グループは洪水氾濫の影響を受けないタイとラオスを対象とした水利用グループ 1 と、洪水氾濫の影響を受けるカンボジアとベトナムを対象とした水利用グループ 2 に分けた。この他、メコン川下流 4 カ国全域を扱う課題は水利用グループ 1 で行った。研究当初は、メコン川の水循環モデル開発を水利用グループ 1 で行った。

次に、主要産業である農林水産業の発展方向の検討を人間活動グループで行った。人間活動グループは、農林業を担当とする人間活動グループ 1 と水産業を担当する人間活動グループ 2 に分けた。このグループでは農林水産業の実態を把握し、期待された開発の方向を提案する。また、水循環・水利用と農林水産業開発の関連を明らかにできれば、その結果は水循環モデルや応用一般均衡モデルに組み込むことが可能になる。

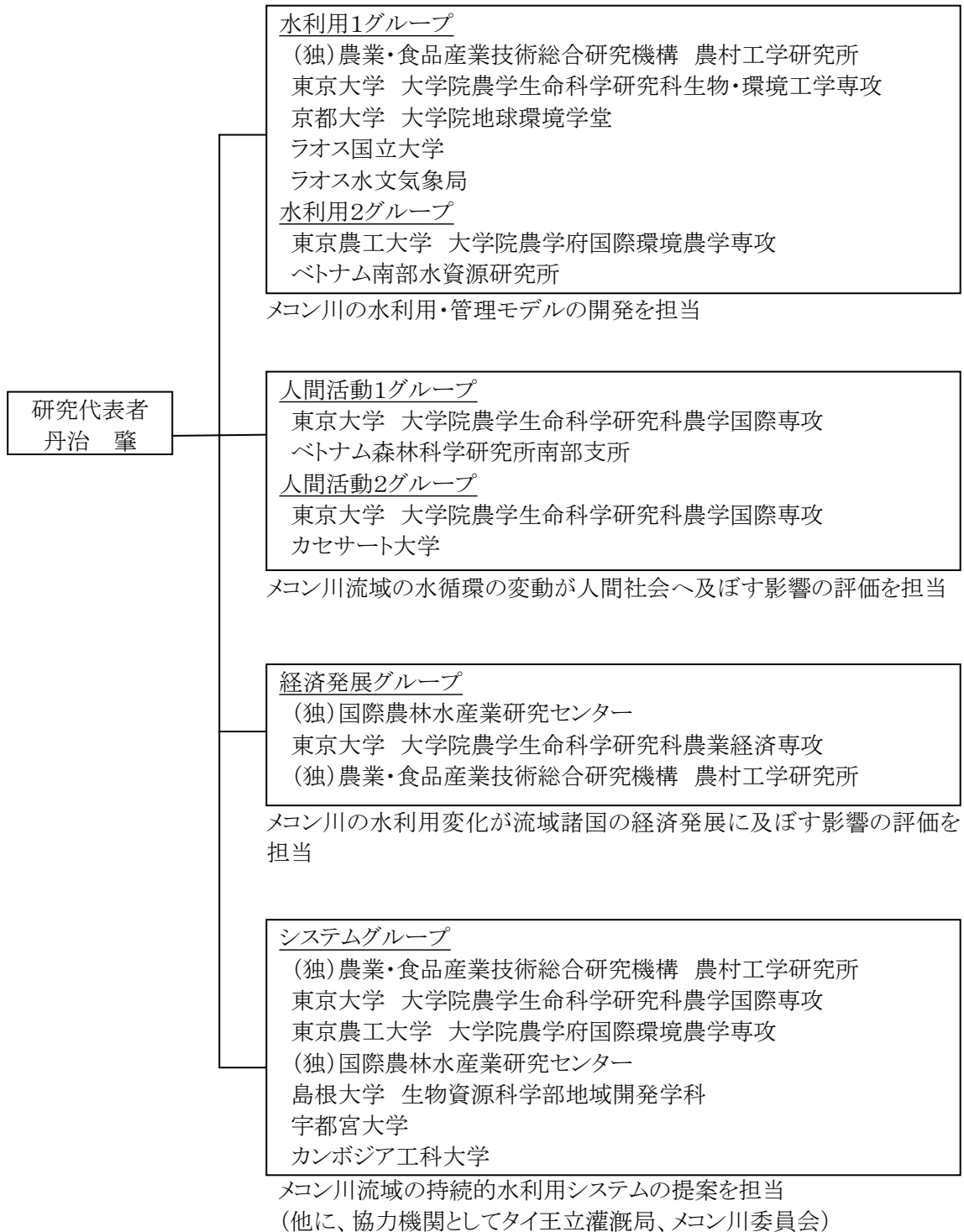
経済発展グループは、統計データを用いて、メコン川下流 4 カ国の応用一般均衡モデルなどの経済モデルを開発し、モデルを使って開発シナリオを検討した。この課題では、産業連関表のデータが未整備のカンボジアとラオスの取り扱いが問題になる。そこで、産業連関表を作成するための作業に研究資源を重点的に配分した。

システムグループは、以上の検討を踏まえて、シナリオ検討をする分担で研究を始め、当初計画では、とりまとめとして、上記 3 グループの代表的な研究者が参画する体制で研究を始めた。しかし、研究を進めていくと、流域の一部分にしか関心のない研究者もおり、メコン川下流 4 カ国全域の課題に関心の高い研究者は、経済関係と広域の水循環関係に限られることがはっきりしてきた。このため、システムグループは、主に経済発展グループと連絡を密に検討を進めること、水利用グループ 1 で行っていた水循環モデルをシステムグループで担当することとした。

研究当初のメコン川の開発は、メコン川委員会も含め環境保全派が多数を占めていたが、メコン川委員会の CEO が交代した頃から、発電ダム開発が重要な案件として浮上してきた。世界銀行はラオスのナムテン 2 ダムに着手した。また、雲南省の小湾ダムの開発も進んできた。研究当初には、発電ダムは、例外的に取り扱われていたため、研究対象はメコン川下流 4 カ国に限定していたが、このような事情で、雲南についてもダムだけは取り扱うこと、発電ダム開発をシナリオ検討の重要な要素に位置づけなおした。

発電ダムを重要な要素とした結果、研究目標において水循環における河川流量の変化が重要な課題となった。そこで、河川流量に重点をおいてとりまとめを行った。

(2) 実施体制



3 研究実施内容及び成果

全体は6グループの課題からなる。各グループの要点は以下の通りである。

①水利用1グループ(ラオスとタイの現地調査及びメコン川下流4カ国のモデル)

(1) 研究実施内容及び成果

a)ラオスとタイの灌漑の実態を調査し、水生産性を評価した。

ラオスの評価対象は、KM6、KM35、Kao Leo2、Ton Hen、Pak Khagnoung 地区である。灌漑水量は1,800~2,140mmの間であった。KM6地区とKM35地区では地区内の用水配分の調査も行い、全体として、上流優先で配分されていた。

タイの灌漑地区は、北タイのマエラオ地区と東北タイの複数の地区を調査した。灌漑水量は1,600~2,000mmであり、一部の浸透の高い地区で3,000mmであった。

b)降雨量等の気候データを用い、米の生産量の分布推定を行った。これは、灌漑データのない天水田の消費水量を推定する目的で行った。収量統計から、消費水量が推定出来た。

c)環境の評価を目的として、ラオスのビエンチャン周辺の水質調査を行った。最頻観測値はメコン本川の週2回行ったもので、今までのメコン川委員会の月1回のデータに比べ、水質変動をより正確にとらえることが出来た。

d)b)の天水田を含む水田の水消費分布の研究を支援する目的で、リモートセンシングによる土地利用分類を行った。メコン川委員会の土地利用分類は1992年頃のデータで旧いため、更新を目標にした。ここでは2001年のデータにより水田の分布を推定することが出来た。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

東北タイとラオスの水稻の用水量は1,600~2,140mmであった。このばらつきの原因がわかれば今後より正確な用水量が決定できる。今の段階では、土壌の透水性と地形が重要な要因であることがわかっているので、この点を追求したい。

②水利用2グループ(カンボジアとベトナムの現地調査、メコンデルタの塩水遡上モデル)

(1) 研究実施内容及び成果

a)カンボジアの灌漑の水利用実態を明らかにする目的で調査を行った。

シェムリアップ州のバライ地区とプノンペン周辺のバテイ地区で、取水量と灌漑面積の調査を行った。バライ地区の用水量は一作当たり1,248mm、バテイ地区の用水量は一作当たり628mmであった。

b)ベトナムのメコンデルタへの塩水遡上の実態を明らかにし、利用可能水量を推定する目的でメコン川の調査とモデル化を行った。

メコン川上に船を浮かべ、ドップラー流速計と水質計を用い、メコン川の流量と水質を連続観測した。このデータを用い、メコン川の流れと塩水遡上のモデルを作成した。その結果、Tien川の最低河川流量は約1,700m³/sであった。また、このモデルにより塩水の影響を受けない取水可能地点が予測可能となった。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

カンボジアの用水量と灌漑形態の関係を使って、今後カンボジア全土の開発可能ポテンシャルと必要な水資源量の推定を行う予定である。ベトナムのメコンデルタの塩水遡上については、排水路末端に建設中の防潮ゲートによる水質の関係が重要であり、デルタのクリークのモデル開発に着手している。今後はこのモデルを用いて、塩水遡上と防潮ゲートと水質の関係を明らかにしたい。

③人間活動1グループ(農林業開発)

(1) 研究実施内容及び成果

水循環に関係した農林業開発として、ベトナムのメコンデルタの水稲作とメラルーカ林の利用法を検討した。

a) ベトナムのメコンデルタの水稲作では、塩分問題と3期作の関係を明らかにする目的で、メコン川の河口付近のCon Sau Xa島を対象に作付と水環境の関係を調査した。その結果、水環境により支配される1作目から最終作の収穫までの作付期間と作付回数との間の関係式を得た。

また、水質については、塩分濃度2g/L以下、pH濃度が5以下のときにのみ、水稲の作付が出来ていた。

b) ベトナムのメコンデルタには酸性土壌が分布し、そこでは一般の作物が生育しない。メラルーカは酸性土壌でも生育するが、利用分野が小さいという難点がある。そこで、メラルーカの開発促進の可能性を検討するために、材の蓄積量、種類別の価格のデータを収集した。その結果、現状では、商業ベースにのりにくいことがわかった。材の活用の販路を拡大する目的で、炭の作成、有用な化合物の抽出、加工材としての利用方法を検討し、化合物の抽出割合など産業化に必要な基本的なデータを得た。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

a) ベトナムのメコンデルタでは塩水遡上を防止する目的で、現在、防潮ゲートが建設されている。その結果、調査地区のCon Sau Xa島でも、塩分濃度の減少が見られている。一方では、水路の流動性が低下した結果、酸性土壌からの酸性水の流出によるpHが大きく影響して、これが稲作の障害になっているところがあった。今後の水管理ではpHの変化予測と、ここで与えられた結果を組み合わせることが有益であろう。

b) メラルーカの活用では、現時点では、経済性に合った産業化は出来ていない。本研究で、いくつかの技術的な案は得られたが、これを産業化して活用するには、森林計画などの政策誘導が必要であろう。

④ 人間活動2グループ(漁業開発)

(1) 研究実施内容及び成果

ここでは産業構造において漁業が重要なカンボジアのトンレサップ湖とその周辺に焦点を絞った。

a) カンボジアでは、漁獲量の減少が発生する危険性が問題になっている。そこで、安定した漁獲量を確保するため、魚類の生態と漁獲量の関係を明らかにする目的で、母系遺伝子であるミトコンドリアDNAの遺伝解析を、ナギナタナマズとトレイ・リエルについて行った。その結果、ナギナタナマズはトンレサップ湖とメコン本川で遺伝子の特徴を示すハプロタイプが異なる2グループに分かれた。一方、トレイ・リエルは、単一のグループになった。

b) 貧困と漁業の実態を調べるために、トンレサップ湖周辺のKampong Thom県のSrey Rangit村とSvay Ear村で小規模漁業の聞き取り調査を行った。その結果、漁業形態から、漁業者は漁場別に湖内、村周辺、湖周辺の3グループに分かれた。また、漁獲物の多くは換金目的で販売されていた。

c) 水文条件と漁獲量変動の関係を明らかにする目的で、Battambang県でヤナにより漁獲されているトレイ・リエルの漁獲量の分析を行った。その結果、当年だけでなく、前年、前々年の平均水位と水位の変位幅が漁獲量に影響していると考えられた。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

a) 遺伝解析の結果から、魚種による移動パターンの違いが指摘されたので、今後の魚種の拡大が望まれる。

b) 漁家調査の結果は、今後の貧困対策計画の立案上役立てることが可能である。

c) 漁獲量推定の結果からは、洪水水位だけでなく、水位変動が重要なことが指摘された。これは今後研究を進展させれば、環境流量の設定にも有益となる。

⑤経済発展グループ(モデルによる水循環と経済発展予測)

(1)研究実施内容及び成果

ここでは応用一般均衡モデルと計量経済モデルを用いてメコン川の水循環と経済発展の予測を行う。

- a) 応用一般均衡モデルを作成するにあたって、必要な基礎データに産業連関表と社会会計表がある。メコン川下流 4 カ国のうち、カンボジアとラオスについてはそれらが存在していない。そこで、現地でデータや統計資料を収集し、不足するものについては、産業構造が比較的似ているタイの過去のデータを参考にして、産業連関表と社会会計表を作成した。カンボジアとラオスでは、産業構造は農業中心であり、経済成長は繊維産業が支えていること、ODA 等の外貨の影響が大きい点が共通している。また、ラオスは輸出に占める電力の割合が高かった。
- b) 計量経済モデルを使って、上水・工水・農水の需要関数を作成し、経済成長と米価が水需要に与える影響を評価した。水不足の評価は、想定される需要量と資源量の比で評価した。2000 年を基準に 2050 年の予測をした。結果、経済成長率の違いで、比は約 2 倍異なった。次節システムグループの水循環の評価でも課題となるベトナムの国境の流量について、資源量と供給量を長期的視野から評価した。その結果、2050 年の取水後流量は 2000 年の約半分になると予想された。
- c) 応用一般均衡モデルにより、メコン川下流 4 カ国間の経済波及効果と、ラオスの水力発電が経済発展に及ぼす影響を分析した。2000 年の経済データを基準とし技術進歩の波及効果を分析すると、ベトナムの農業とカンボジアのサービス業は、相対的に小さな投資で自国の厚生を増加させる可能性が高い。国際的な波及効果では、タイの製造業とサービス業が、流域国の厚生水準に対し相対的に大きなインパクトを持ち、タイとベトナムの間の相互依存関係が顕著であった。2003 年を基準とした水力発電の分析では、ラオスの発電容量増加が自国のみならずタイの厚生水準も高めた。しかし、厚生水準の増加には限界があり、適切な発電容量には上限が見られた。ナムテン 2 電源開発プロジェクトを対象とした分析では、2003 年の流域経済規模に対して施設は過剰である。一方、2010 年の流域経済規模では、施設は適切な規模となった。
- d) メコン川流域では漁業が重要な地位を占める。自然条件と漁業の関わりについては多くの研究があるが、社会経済と漁業の関わりは少ない。そこで応用一般均衡モデルを生物経済モデルと統合し、自然条件、漁業、そして社会経済の相互作用を分析するプロトタイプモデルを開発した。カンボジアにこのモデルを適用した結果、洪水水位の低下が漁獲量の低下と価格の上昇を招き、都市住民の厚生を低下させることが予測された。

(2)研究成果の今後の展開見込み

メコン川下流 4 カ国の経済統計は、年々その精度が向上し、範囲は拡大している。今後も貿易や生産コスト、財政に関するデータを継続的に更新すれば、シミュレーションの精度も向上し、開発政策の影響をより具体的に議論できるだろう。また漁業を中心に構築された生態系と経済の統合モデルは、メコン川流域のみならず農林水産業が主要な地位を占める地域への適用のため拡張も可能である。このような拡張を行えば、開発が環境の変化を通して生み出す負の影響も予測可能になるだろう。

⑥システムグループ(流域水利用システムの解析と政策提言のための助言)

(1)研究実施内容及び成果

ここではまず、基本シナリオの選定と検討を行う。文献レビューの結果、メコン川流域の開発シナリオ検討のうち、実現性と影響評価の点で検討に値するものは、世界銀行がメコン川委員会との協力の下で出したレポート(以下、世界銀行のレポートと呼ぶ)だけである。そこで、以下、このシナリオに基づいて検討を進める。

- a) 世界銀行のレポートでは水循環モデルを用いた開発シナリオ毎の水量評価を行っている。メコン川委員会は、その後、このモデルを経済モデルとも結合して、統合モデルの構築を目指している。この経済モデルの基本は便益を最大化する資源配分である。便益を最大化する理論的な資源配

分は、現時点での資源配分を考慮していない。しかし、実際の資源配分、即ち水資源配分は現状からの修正になると思われる。また、配分にあたっては、便益最大といった効率性指標の他に、平等性への配慮、上流優先の取水量配分もあり得る。メコン川流域の水資源配分をダムによる開発等を中心に考えると、全ダムはクラチエ上流にあるため、クラチエ上流で開発された水資源の配分に集約できる。また、渇水の可能性が高いのは、乾期の3～4月なので、この時期を中心に考えれば問題を単純化できる。以上のような水資源配分ルールと現状の取水量の配分量を比べると、現状ではベトナムのメコンデルタへの取水量の配分量が最も多い。米の水生産性はベトナムのメコンデルタが最も高いため、便益最大化基準はベトナムの取水量を更に増大させることになり、受け入れがたい。つまり、配分ルールについては、便益最大化以外の基準が必要と思われる。

b) 水循環モデルを用いた各開発シナリオが流量に与える影響を評価した。用いたシナリオは世界銀行のレポートと基本的には同じである。但し、高開発シナリオについては、調査結果を考慮し、異なる面積当たりの灌漑水量を条件とした分析も検討した。また、洪水の湛水エリアのカンボジアについては、世界銀行のレポートに開発方法の記述が無い。ここでは開発方法として、費用が最も安い洪水貯水池による方法を検討した。その結果、クラチエまでのメコン本川流量の推定は、世界銀行のレポートより渇水期の流量が小さくなるという結果を得た。渇水リスクの最も高いベトナム国境のメコン本川流量は、洪水貯水池による開発を行うと、高開発シナリオで最悪の条件は渇水期の流量が著しく減少し、渇水リスクが生じた。

c) メコン流域の開発と環境悪化の検討事例として、ラオスのビエンチャン周辺の灌漑用水と排水の水質を調査した。都市部周辺では水質の悪化が見られた。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

開発シナリオにおける水資源配分では過去の開発の状況、平等性などを考える必要がある。また渇水リスクを防ぐにはメコン川委員会の調整権限の拡大が必要である。

カンボジアの開発については、開発規模によっては雨期の洪水をダムに貯留して使うなどの工夫が望ましい。これらのシミュレーション結果についてはメコン川委員会など他のモデルのシミュレーション結果と比較した議論を行う予定である。

3. 1 水利用 1 グループ(農業・林業開発による水利用変動評価モデルの開発) (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

水利用 1 では、メコン流域におけるタイ・ラオスを中心とした水利用の実態把握とモデル化を試みた。灌漑地域の水生産性を使った水田の消費水量の推定、モデルを使った水田の灌漑需要量と米生産量の推定、ラオスの水質調査、リモートセンシングによる水田作付面積の推定を行った。

3. 1. 1. 灌漑地域における水生産性と消費水量の評価

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

ラオス及びタイの代表的灌漑地区を対象に水分配・米生産量を把握し、水生産性と消費水量の評価を目的とする。

② 研究の実施方法

a) KM6 地区

ラオスの首都ビエンチャン近郊の KM6 灌漑地区を対象に、送水の状況や水収支・米生産量などを詳細に調査し、灌漑効率および水生産性について検討を行う。

首都ビエンチャン近郊に位置する KM6 地区(ポンプ灌漑、灌漑面積は 1,200ha、水路長は約 30km、メコン川支流のナムグム川で 4 本のインクラインポンプにより取水)を対象に水配分に関する詳細な調査を行う。乾期を主に灌漑調査を行う。幹線水路 26 箇所のポイントで流量観測を行った。受益地を 10 ブロックに分割し、各ブロックの水貯留能に関係する耕盤深さ・畦高さを計測した。また、灌漑地区内の水田に気象観測タワーを設置し蒸発散量の連続計測を行う。灌漑条件・生育ステージの異なる圃場での水需要量は、作物の生長に伴う蒸散量の変化、土壌水分に対応した蒸発量の変化を考慮可能である、国連食料農業機関(FAO)の作物灌漑モデル(CROPWAT)により推定する。また浸透量は東大式迅速漏水量計測器により多点計測を行い、それらの平均値を用いる。

b) ラオスの 3 地区

ラオスの Kao Leo2、Ton Hen、Palk Khagnoung 地区について、灌漑計画と実際の作付け、ポンプの稼動状況を調査する。

c) 東北タイの大規模灌漑地区

東北タイの大規模灌漑地区について、灌漑用水等の実態の聞き取り調査及びデータ収集を行う。

③ 研究の成果

a) KM6 地区

図 1.1 に対象地区内の流量観測点及び水供給高の分布を示す(Yoshida, 2004a)。最上流ブロックにおいては 20(mm/day)以上取水している。一方で最下流ブロックでは 6(mm/day)程度の取水である。典型的な上流優先の取水配分を示した。図 1.2 に各ブロックにおける相対水供給率(RWS=Relative Water Supply)およびプロジェクト灌漑効率の計測結果(ブロック番号は上流から下流へと昇順で付した)を、表 1.1 に灌漑エリアにおける計画及び現況の灌漑効率を示す。なお、プロジェクト灌漑効率の定義は以下である。灌漑システム効率=圃場への供給量/河川からの取水量、圃場適用効率=圃場需要量/圃場への供給量、プロジェクト灌漑効率=灌漑システム効率×圃場適用効率=圃場需要量/取水量、相対水供給率=水供給量/需要量。上流側取水口においては相対水供給率が 1 を大きく上回り過剰な取水が行われ、下流では 1 より小さく水が不足している。この過剰な取水による管理ロスが、プロジェクト全体での灌漑効率を悪化させていた。その結果より得られた灌漑効率は当初計画値 61%より低い 40.2%である。また、計測結果より対象灌漑区における水生産性(米生産量/水供給量)は 0.21kg/m³であった。言い換えれば、米(籾重)1 トンを生産するのに 4,762 m³の水が必要となる。ポンプ灌漑地区における灌漑効率の低下は、ポンプ電気代の上昇をもたらし、それが水利費の増加につながる。水生産性を向上させるには、上流側での取水口の直径を小さくする、または水分配の状況を上下流の農民に周知し、できるだけ均一な

分配を行えるよう指導するなどの対応が必要である。

b) ラオスの3地区

表 1.2 に Kao Leo2、Ton Hen、Pak Khagnoung 地区のポンプの稼動状況を示す。Kao Leo2、Pak Khagnoung 地区では故障により作動しないポンプがある。表 1.3 に計画上の灌漑要求水量を示す。表 1.4 はプロジェクトの概要と計画及び実灌漑面積である。Kao Leo 2 と Pak Khagnoung 地区ではポンプの故障が計画に比べ実灌漑面積を引き下げている。表 1.3 に示すように、必要灌漑集水量は約 1,800~2,400mm であった。

c) 東北タイの大規模灌漑地区

河川取水レベルの必要灌漑水量は有効雨量を入れて、1 作当たり 1,600~2,000mm であった。一部浸透の大きな地区は例外的に 1 作当たり 3,000mm であった。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

東北タイとラオスの乾期の水田の水生産性と消費水量を明らかにした。これはメコン川の灌漑開発の基本数値である。今後は土壌条件の差を考慮したい。

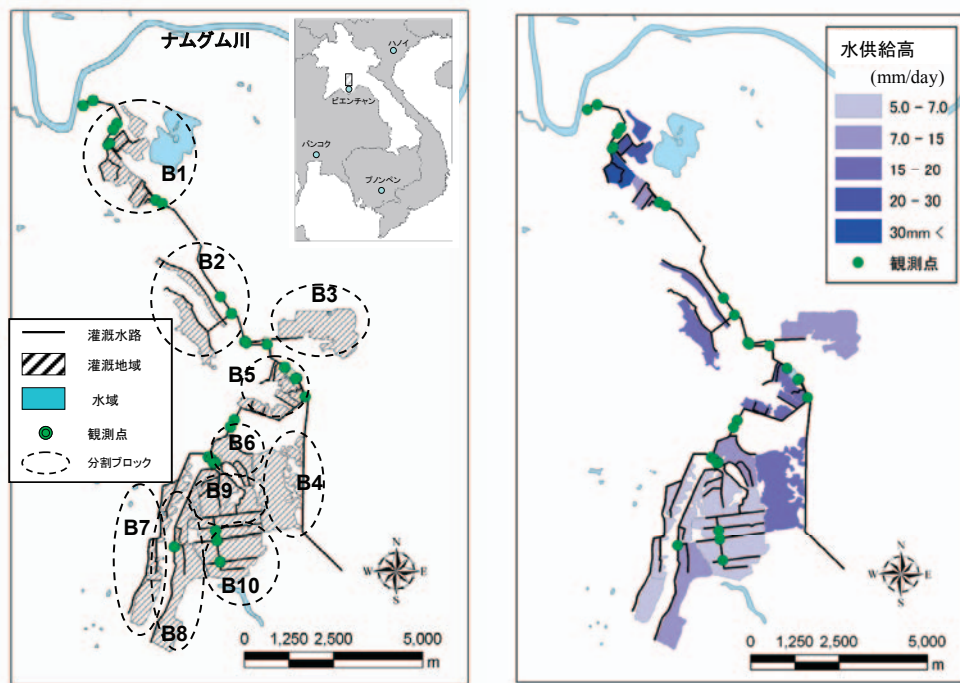


図1.1 対象地域(左図)、および地区内での水供給高(右図)

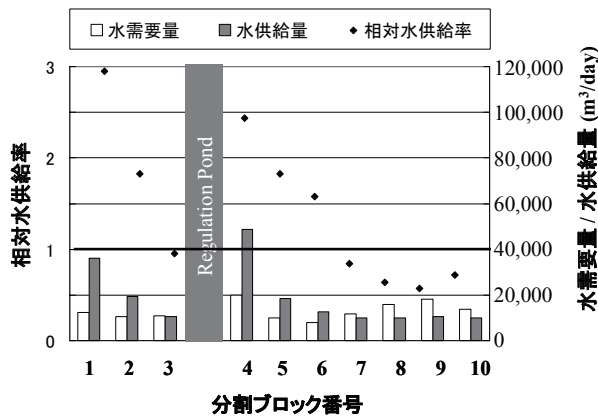


図 1.2 各ブロックにおける相対水供給率 (RWS)と水需要量及び水供給量

表 1.1 灌漑エリアにおける計画および現況の灌漑効率

	計画 (%)	現況 (%)
灌漑システム効率	72	48.5
圃場適用効率	85	82.9
プロジェクト灌漑効率	61	40.2

表 1.2 Water supply estimation of 3-pump schemes

Project	Pump Unit	Q (m ³ /hr)	Effi. (%)	Daily Operation (hour/day)			Not Operation Days (Pump Repairing Days)	Total Water Supply (MCM/ season)
				Stage 1*	Stage 2*	Stage 3*		
Kao Leo 2	1	2,109.6	26	0	0	0	- not operating (broken)- 7+7+7=21days 7 days 7+7=14 days	4.723
	2	2,109.6	37	12	12	21		
	3	2,109.6	26	12	12	21		
	4	2,109.6	32	12	12	21		
Ton Hen	1	1,908	65	16	14	16	0	5.690
	2	1,908	60	16	14	16	0	
Pak Khagnoung	1	1,278	65	12	0	12	0	2.920
	2	1,278	60	12	12	0	0	
	3	1,278	63	0	12	12	0	
	4	1,278	63	0	0	0	- not working -	

Note: Stage 1* is during nursery and land Preparation period, Stage 2* is after transplanting or applying fertilizer period, and Stage 3* is flowering and grain setting period.

Total operation days are 153 days for Kao Leo 2 project, 150 days for Ton Hen project, and 152 days for Pak Khagnoung project. MCM: Million Cubic Meters.

表 1.3 System water demand estimation

	Kao Leo 2 Project	Ton Hen Project	Pak Khagnoung Project
Unit water requirement (L/s/ha)	1.49	1.54	1.65
Cultivation days	140	150	140
Actual planted areas (ha)	379	357.5	136.2
Total water demand (MCM)	6.82	7.15	2.72
Total water demand (mm)	1931.0	1802.8	2138.4

表 1.4 Comparison results of 3 projects

Results	Kao Leo 2 Project	Ton Hen Project	Pak Khagnoung Project
Total Project Areas (ha)	1,000	500	402
Potential Irrigated Areas (ha)	958.19	518.34	486.05
Actual Planted Areas (ha)	379	357.5	136.2
Harvested Areas (ha)	232.87	340.77	136.2
Yield (ton/ha)	3.81	3.74	3.07
Unit Water Requirement (L/s/ha)	1.49	1.54	1.65
Cultivation Days	150	140	150
System Water Demand (MCM)	6.822	7.150	2.724
Water Supply (MCM)	4.558	5.697	2.920
Energy Used (Kwh)	957,450	552,900	384,368
ISF rate (kip/ha)	150,000	337,000	437,500
ISF Collected Amount (%)	50.79	80.28	100

Note: Potential Irrigated Areas is calculated by following equation 3

\$US 1 = 10,380 kip (rate of March, 25th, 2005)

3. 1. 2. モデルを使った水田における水消費量の推定

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

メコン流域では水田の圃場レベルの水消費量の実測のデータは少ない。そこで、地形と気象モデルから提供される時空間情報を用いて圃場レベルの取水可能量や水消費量の推定を試みた。

② 研究の実施方法

過去の研究で、メコン川下流域 3 カ国において構築した雨期の灌漑水量推定モデルを開発している。今回は内部構造、計算アルゴリズムを改良し乾期の灌漑水量も併せて推定できるモデルを構築した(宗村ら, 2005a; 宗村ら, 2005b)。また、ヴァーチャル・ウォーター、現地降水量や営農情報を加味して、東北タイ、ラオス、カンボジアにおける水田への供給可能水量の推定を行った(宗村ら, 2005c; 宗村ら, 2005d)。

③ 研究の成果

図 1.3 に 1986～1995 年の 10 年間の乾期及び雨期における米生産量推定結果をに示す。シミュ

レーションによる推定値と統計値を比較すると、全対象国・全対象期間において誤差率 27%以下となった。また図 1.4 に GIS を用いて田面での灌漑消費水量に関する空間分布を推定した。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

本研究は農業の中で最も灌漑水量を多く利用する水田に着目し、米生産量から水田での消費水量を逆推定する方法を提案した。農業生産量に関する統計データは簡単に入手できるので、他の地域においても本モデルを適応し得る。また、メコン流域において水田の灌漑消費水量を複数年間、定量的に推定できたことは、流域の水利用状況を把握する上で有益な情報である。

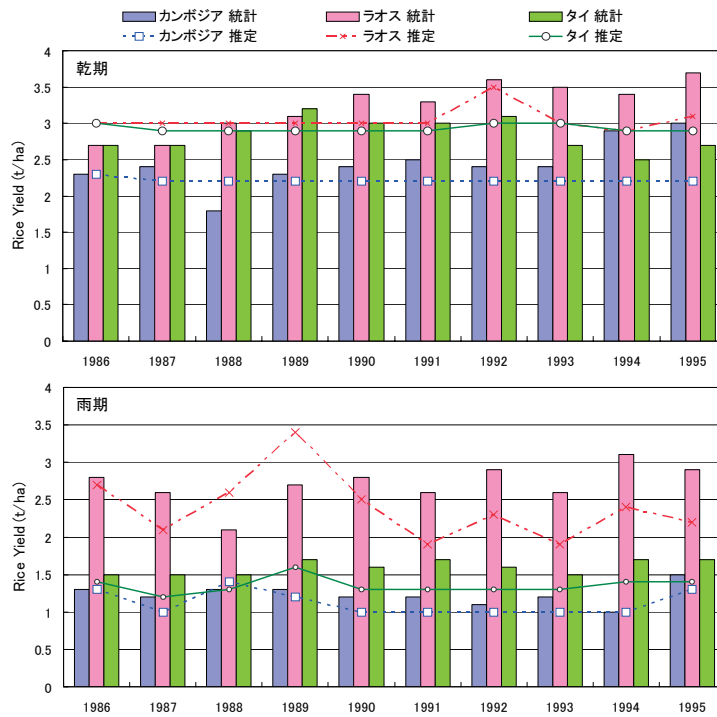


図 1.3 米生産量の経年変化(統計値と推定値比較)

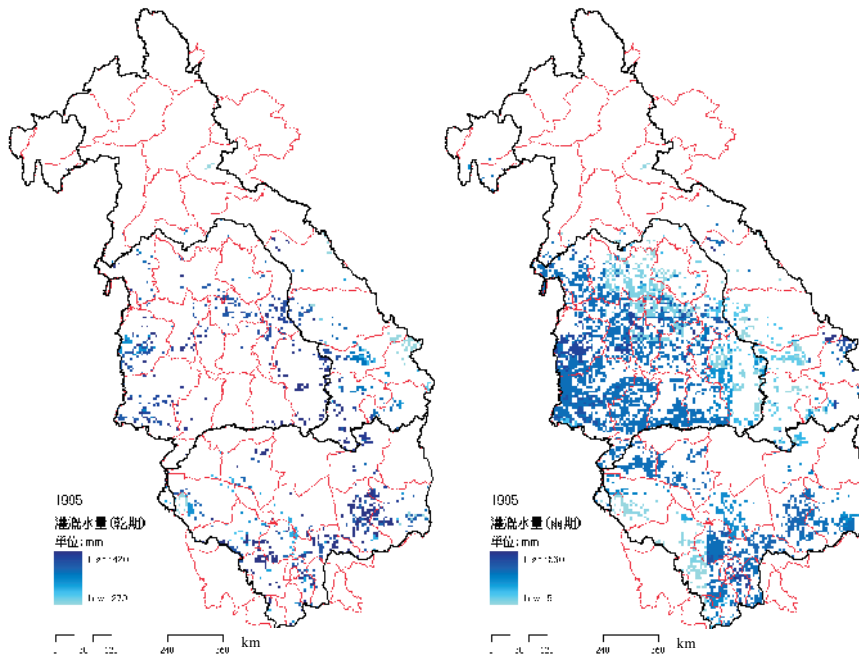


図 1.4 推定された灌漑消費水量の分布(例:1995)

3. 1. 3. モデルを使った水田の灌漑需要量と米生産量の推定

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

一般に灌漑用水は上流優先で水が取水される。最下流では利用可能水量が極めて少なくなる。一方、最下流では、地下水位が上昇して下方浸透量がほぼゼロに等しいため蒸発散量のみが水量が確保されれば作付けが可能となることも多い。ここではメコン川の灌漑水量と収量の推定を目的とし、水循環モデルと連動した土壌水分条件を用いた作物モデルを開発する。

② 研究の実施方法

Beven が開発した分布型流出モデルである TOPMODEL (Beven, *et al.*, 1995) の飽和域水分変動と、光合成プロセスを考慮した日射-バイオマス変換作物モデルを組み合わせ、メコン流域内水田域での灌漑需要量および米生産量ポテンシャルの計算を行う。

具体的な計算法としては、TOPMODEL では標高データから得られる地形指標(グリッドの飽和しやすさ、相対的な地下水位の高さを表す指標)を用いて水収支計算が行われており、流域内の降雨分布と相互に作用して時々刻々の土壌水分不足量が計算可能である(Yoshida, 2004b)。一般的にはグリッド間の勾配が大きい場合は地下水位が低く、その勾配が小さい場合は地下水位が高く計算される。この TOPMODEL の飽和域水分量に基づき、作物モデルにおける根圏域からの下方浸透量が計算され、水収支計算は水田の立地条件による影響が反映される。作物モデルには、光合成プロセスを考慮した日射-バイオマス変換機構を持ち、将来的な施肥や品種の変更による増産効果も表現可能なものを選択した。生産量の変化予測を示すグリッド型のモデルでは、全乾物量、収穫量、葉面積指数 LAI、灌漑必要水量などが出力可能である。

計算は 1km 解像度の土地利用データを 0.1 度または 10km グリッドに集計して行った。気象データは 0.5 度メッシュの全球データ(降雨、全天日射、雲量、気温など)を用いた。計算期間は 1986 年から 1995 年までの 10 年間を対象にした。

③ 研究の成果

表 1.5 にラオスのサバナケットとタイのコンケンにおける 9 年間(1987~1995 年)の乾期作(1 月~4 月)必要灌漑水量を示す。表 1.5 では代掻き用水量が 200mm、灌漑効率が 60%を仮定した。低平水田が多いサバナケットでは浸透モデルの有無により必要灌漑水量に 200mm の差が生じるが、コンケンの差は小さい。図 1.5 に流域の水田に灌漑が導入された場合の主要都市付近のバイオマス生産量を、図 1.6 にメコン川下流全域の月別必要灌漑水量を示す。1993 年は渇水年のため、雨期作の稲の収穫が遅れ、通常年では収穫後の 11 月にも灌漑している。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

これらの図より、土地利用シナリオや灌漑導入シナリオが与えられれば、その空間分布でマスキングすることにより容易にシナリオ毎の灌漑需要量の推定結果が計算できる。

表 1.5 乾期作(1 月~4 月)に必要な灌漑水量の推定(代掻き用水量 200mm、灌漑効率 60%)

必要灌漑水量 (mm)	灌漑水量(サバナケット)		灌漑水量(コンケン)	
	浸透モデルなし	浸透モデルあり	浸透モデルなし	浸透モデルあり
年				
1987	1,526.0	1,142.4	1,693.8	1,762.0
1988	1,489.4	1,323.2	1,658.0	1,731.2
1989	1,350.6	1,171.5	1,697.9	1,657.8
1990	1,464.4	1,288.8	1,588.4	1,479.5
1991	1,740.6	1,443.1	1,783.7	1,656.1
1992	1,571.5	1,323.0	1,706.0	1,650.2
1993	1,615.2	1,452.3	1,608.4	1,584.2
1994	1,410.7	1,251.9	1,541.8	1,535.2
1995	1,557.6	1,388.1	1,670.8	1,564.7
平均	1,525.1	1,309.4	1,661.0	1,624.5

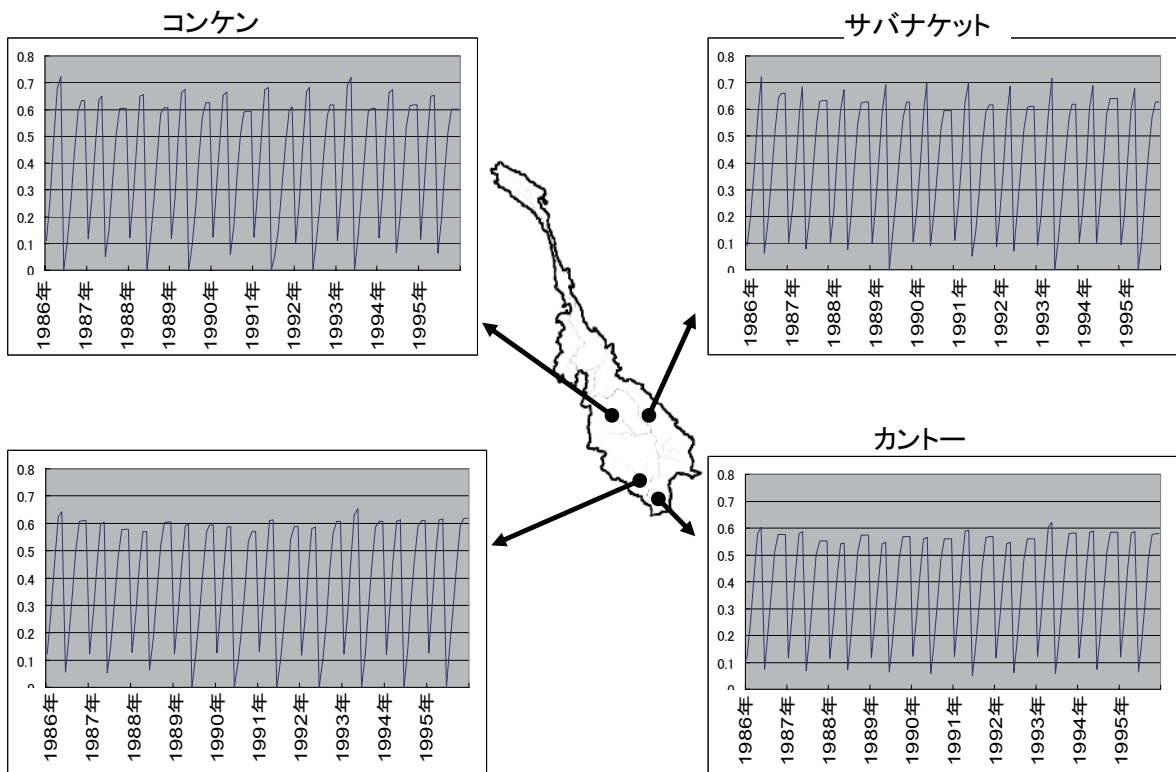


図1.5 灌漑導入による主要都市付近のバイオマス生産量(全乾物重kg/m²、1986～95年)

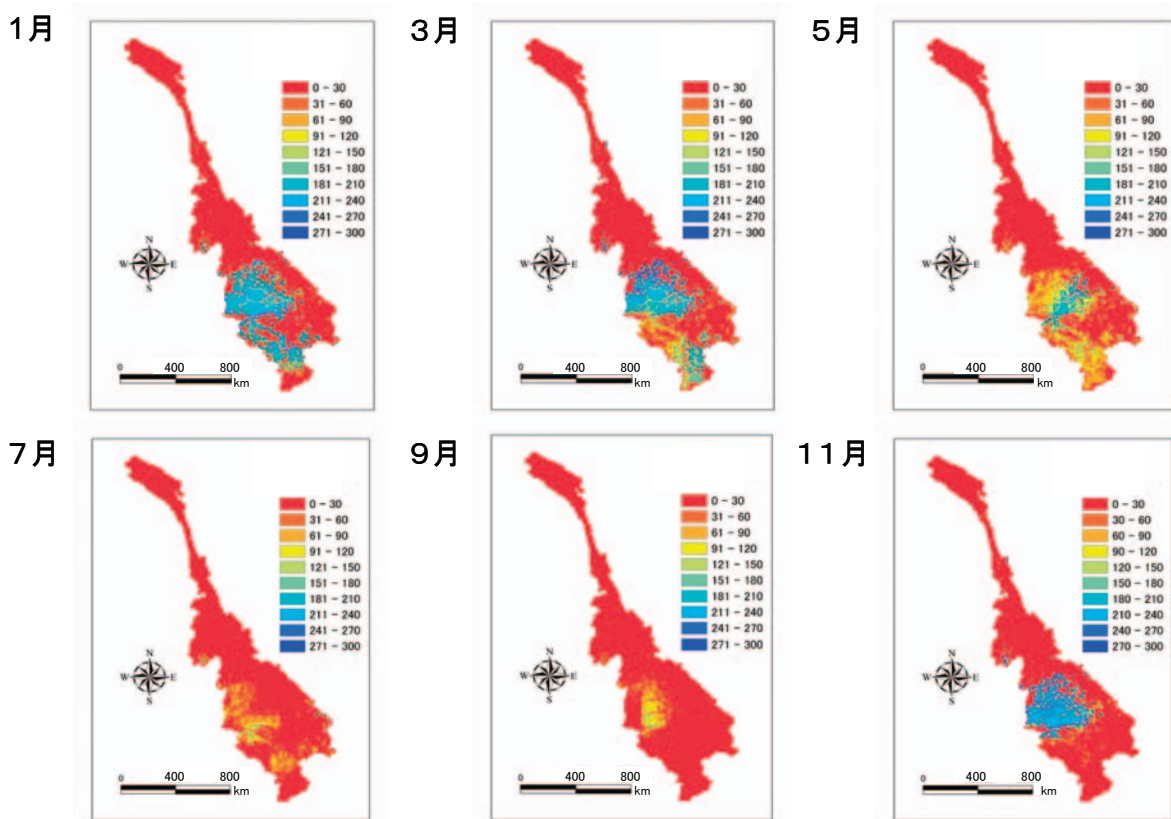


図1.6 月別必要灌漑量(mm/month、1993年)

3. 1. 4. ラオスの水質調査

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

これまでに、Mekong River Commission(1999)、Souk(1992)などによって、メコン川各地点での月1回の水質観測データが蓄積されている。しかし、高い頻度での水質観測データはなく、短期の水質変動は不明である。そこで、ビエンチャンに水質分析機を設置して高頻度の水質観測を行ってその季節変動特性を明らかにし変動要因の把握を目的とした。

② 研究の実施方法

a) 本川

メコン本川ビエンチャン地点で窒素各態濃度、リン各態濃度、電気伝導度(EC)、クロロフィル濃度、濁度を週2回実測した。日流量データと合わせて、各水質項目の季節変動特性、各水質項目間の単相関分析とクラスター分析、流量の増減と水質との関係の解析、既往の月1回測定データとの比較等を行った。

b) 支川源流部

ナムグム川の支流の源流部に試験流域を設け、河川水および降水の窒素、リン濃度と流量、降水量を実測し、水質タンクモデルによる流出特性の解析を行った。

③ 研究の成果

a) 本川

図1.7に示す窒素成分とリン成分の高頻度の水質観測により、ビエンチャン地点の水質の季節変動を初めて明らかにした。図1.7から乾期の中に流域に蓄積された窒素が雨期初期の最初の出水によって河川へ流出して河川水の窒素濃度にピークを形成することなど、明瞭な雨期と乾期の存在が河川水の栄養塩類濃度の季節変動の大きな要因であることが明らかにされた。また、窒素成分濃度とリン成分濃度での異なる水質変動を明らかにした。

図1.8に示す観測結果では、クロロフィル濃度と濁度は流量増加時に上昇した。これは土壌侵食が原因と思われる。また、高水期の流量減少時にはアンモニア態窒素と全リン濃度が上昇した。

既往の月1回測定との違いを評価するため、2004年1月～2005年12月までを対象として、本流で週2回測定されたデータから約1ヶ月間隔にデータをピックアップして8セットの擬似月1回測定データを発生させた。8セットの擬似月1回測定データおよび元の週2回測定データは対数正規分布からのサンプルだと仮定し、それぞれの母数からさまざまな非超過確率値を求めて比較した。その結果、TN濃度では、8つの擬似月1回測定データの非超過確率95%値は元の週2回測定データのそれに対して-6.6～+7.5%に、非超過確率5%値は-6.5～+13.3%にばらついた。TP濃度では、8つの擬似月1回測定データの非超過確率95%値は元の週2回測定データのそれに対して-8.0～+7.5%に、非超過確率5%値は-4.8～+13.0%にばらついた。いずれも月1回測定では濃度を過小評価または過大評価する可能性が指摘され、これは月1回のデータを利用して負荷量を求める際などに留意されるべきである。

b) 支川源流部

支川源流部の河川水窒素濃度は本川と同様の季節変動傾向を示した。雨期初期の窒素濃度のピーク値は本川のそれと同程度であったが、高水期のTN濃度は0.2mg/L以下で、本川の約0.4mg/Lに比べて低かった。高水期の支川源流部の河川水TP濃度は高くても0.07mg/L程度で、本川で高水期に0.15mg/L程度のTP濃度がしばしば観測されたのと対照的であった。支川源流部の降水のTN濃度は雨期初期に高く、雨期中に徐々に低下する傾向を示した。降水の窒素各態濃度の範囲は河川水のそれと同程度であった。降水のTP濃度は、明瞭な季節変動を示さず、河川水よりもやや低い範囲にばらついた。水質タンクモデルを用いた解析では、乾期の中に流域に蓄積されていた窒素が雨期初期の降雨で洗い流される影響とともに、雨期初期の降雨に溶けている窒素による河川水質への影響も強いことが示された。このモデル解析では、流域でのリンの動態には土壌侵食による影響が強いと示唆された。

(2) 研究成果の今後の見込み

本研究の成果はメコン川流域での水・物質循環の定量的把握の基礎的な情報となり、持続的な農水産業と環境保全の観点から極めて有益である。特に、メコン川下流 4 カ国では今まで水質データの最も少なかったラオスの支川のデータが得られたことは価値がある。

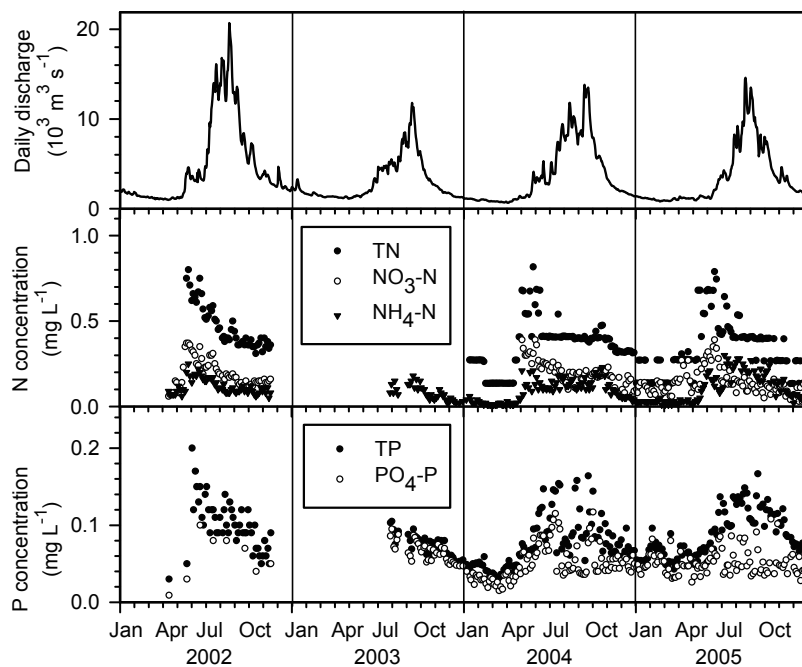


図 1.7 メコン本川ビエンチャン地点における、日流量、窒素濃度、リン濃度の変動

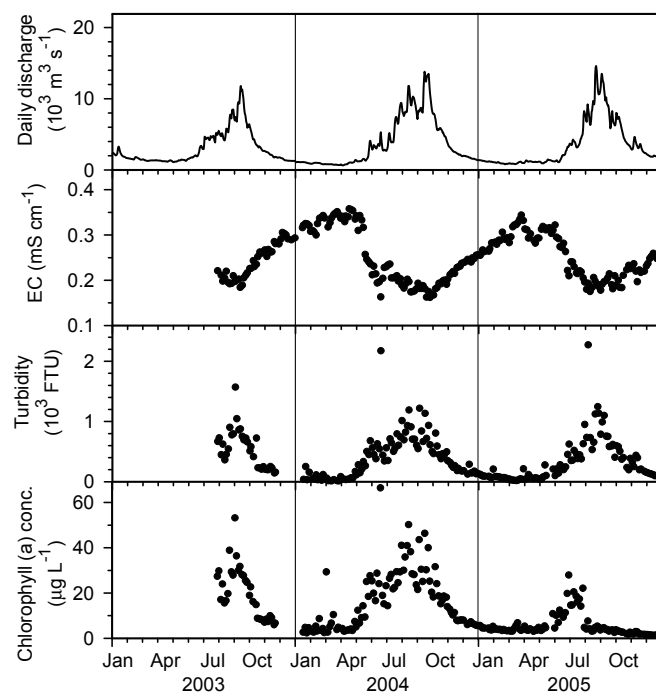


図 1.8 メコン本川ビエンチャン地点における、日流量、電気伝導度(EC)、濁度、クロロフィル濃度の変動

3. 1. 5. リモートセンシングによる水田作付面積の推定

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

メコン川流域の土地利用形態は主に農地であり、特に稲作が盛んに行われている。稲作は雨期と乾期に行われ、作付面積や割合は、地域によって異なる(表 1.6)。衛星データを用いた既存の研究でも、この地域の水田の抽出が行われているが、雨期と乾期の水田を分離して抽出していない。この地域の水資源管理を行うためには、雨期と乾期の水田分布の把握が必要である。衛星データを用いて雨期と乾期の水田を別々に抽出するためには、広域を高頻度で観測することが必要である。近年、SPOT 衛星の VEGETATION センサーのデータや TERRA 衛星の MODIS センサーのデータ(以下、テラ衛星のデータと略す)の登場によりこれが可能となった。

② 研究の実施方法

本研究では、2001 年を対象にテラ衛星のデータを用いて水田の抽出を行った。テラ衛星のデータを用いると植生域の抽出指標である NDVI(Normalized Difference Vegetation Index, 以下、植生指標と表記する)や EVI(Enhanced Vegetation Index, 以下、拡張植生指標と表記する)に加えて、水域に関する指標である NDWI(Normalized Difference Water Index, 以下、水分指標と表記する)の観測が可能になる。水田抽出に関する既存の研究において、植生指標(または拡張植生指標)と水分指標の関係は、(i)移植直前は単位面積当たりの植生量がほとんど無く水分量が多いため植生指標(または拡張植生指標)の値よりも水分指標の値のほうが高くなり、(ii)移植後は稲の存在により植生指標(または拡張植生指標)の値が水分指標よりも高くなることが報告されている(Xiao, *et al.*, 2005)。また、他の研究は、出穂期に植生指標および拡張植生指標の値が最大になると報告している(Shibayama, *et al.*, 1989; Sakamoto, *et al.*, 2005)。既存の研究では、移植期と出穂期のどちらか一方の特徴に注目して水田を抽出しており、両方の特徴を合わせて用いた抽出は行われていない。

これらから、上記の移植期および出穂期の両方の特徴に注目することで、既存の結果よりも高い精度で水田抽出を行うことが可能になる。本研究では、以下の手順で雨期および乾期の水田の抽出を行った。

- i) 画素毎に雨期と乾期別に拡張植生指標が凸となる時期を全て特定する(出穂の可能性のある画素の抽出)。
- ii) 画素毎に{拡張植生指標 <水分指標}から{拡張植生指標 >水分指標}となる時期を全て特定する。ただし、乾期のタイとラオスについては、雨期に水田であった場所のみを対象として拡張植生指標が凸となる時期を特定する(移植期の可能性のある画素の抽出)。
- iii) 拡張植生指標がピークを迎えた時期から遡って 40 から 100 日以内に ii) で特定した時期があるか否かを確認し、稲作が行われた画素を特定する。

本研究は、{拡張植生指標 <水分指標}から{拡張植生指標 >水分指標}となる移植時期を特定することで、水田以外の植生の誤抽出を防ぐことが大きな特徴である。タイとラオスの乾期の水田抽出に関しては、雨期に水田であった場所のみを対象として拡張植生指標が凸となる時期を移植の可能性が高いとした。通常、タイとラオスでは、灌漑設備の整った場所では、雨期に稲作が必ず行われ、乾期にも水田として用いることが可能である。ただし、乾期の作付面積は、雨期より小さくなる。このことから、乾期の水田である可能性がある場所を、雨期に水田であった場所に絞り込むことによって、移植期の特定条件を緩めた場合でも水田以外の植生を誤抽出する可能性は低くなる。乾期に水田となる場所が必ずしも雨期に水田となるとは限らないため、カンボジアとベトナムにこの条件を適用しなかった。その理由は、カンボジアでは三期作が少ないこと、ベトナムでは養殖池と水田が混在するためである。

③ 研究の成果

表 1.7 に抽出した水田と統計値の比較を示す。図 1.9 に抽出した空間分布を示す。表 1.7 から、衛星データを用いて推定した作付面積は、一年を通して見た場合、ベトナムとカンボジアを除いて統計値と同等の値が得られた。しかし、雨期と乾期のそれぞれに分けて見た場合、雨期においてはベトナムとカンボジアで過少評価となっており、乾期においては全ての国で過少評価となった。

雨期にベトナムとカンボジアで水田面積が過少評価となる原因としては、他国よりも雲に覆われた日が多いことが挙げられる。乾期に全ての国で水田面積が過少評価となる原因としては、ベトナムでは雲の影響が、その他の国では、小規模な作付けが挙げられる。本研究で用いた衛星データの空間分解能は500m×500mであり、これ以下の面積の小規模な作付けの場合は、抽出が困難となる。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

本研究で提案した手法によって得られた結果は、使用したMODIS衛星データが8日単位の合成データであるので、移植時期および出穂時期を8日単位で抽出したものとなる。この結果、水田の高頻度な時空間分布の推定が可能となり、今後の水資源管理の基礎的なデータが1つ提供可能になった。

表 1.6 2001 年の各国の雨期と乾期の水田面積
上段：面積(ha)下段：割合(%)

Country	乾期	雨期	合計
Cambodia	266,869	1,974,048	2,240,917
	11.9	88.1	100
Laos	102,000	486,770	588,770
	17.3	82.7	100
Thailand (Northeast region & Chiang Rai)	149,175	5,116,819	5,265,994
	2.8	97.2	100
Vietnam (Mekong Delta)	1,537,600	2,254,400	3,792,000
	47.8	52.2	100

表 1.7 MODIS 衛星データから推定した 2001 年の水田面積と統計値の比較結果(単位: ha)

Country	乾期		雨期	
	MODIS	Statistic	MODIS	Statistic
Cambodia	437,550	266,869	1,147,700	1,974,048
Laos	77,400	102,000	598,375	486,770
Thailand (Northeast region & Chiang Rai)	64,325	149,175	5,251,050	5,116,819
Vietnam (Mekong Delta)	1,041,675	1,537,600	746,875	2,254,400

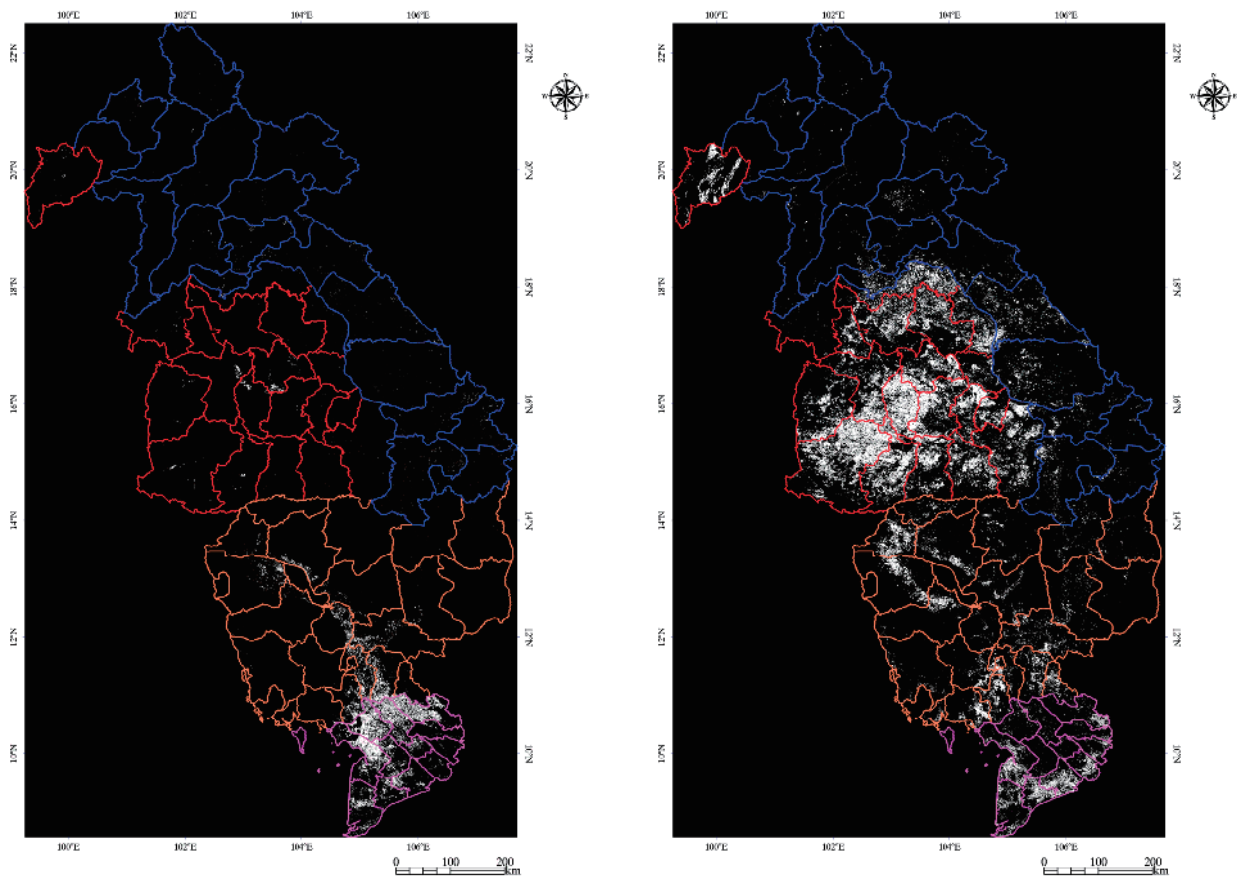


図 1.9 MODIS 衛星データから推定した 2001 年の水田分布
(左: 乾期の分布、右: 雨期の分布)

引用文献

- Beven, K.J., Lamb, R., Quinn, P.F., Romanowicz, R., Freer J. (1995): TOPMODEL, in V P Singh (Ed). *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publications: pp. 627-668
- Somura Hiroaki, Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Osamu Toda, Katsuhiko Higuchi (2005): Estimation of Supplementary Water to Paddy Fields in the Lower Mekong River Basin during the Dry Season, *Paddy and Water Environment*, 3 (3), pp.177-186.
- Mekong River Commission (1999): *Lower Mekong Hydrologic Yearbook 1990-1998*.
- Sakamoto, T., *et al.* (2005): A crop phenology detection method using time-series MODIS data, *Remote Sensing of Environment*, 96, pp.366-374.
- Shibayama, M., Akiyama, T. (1989): Seasonal visible, near-infrared and mid-infrared spectra of rice canopies in relation to LAI and above-ground dry phytomass, *Remote Sensing of Environment*, 27, pp.119-127.
- Souk, B. (1992): Water quality monitoring in the lower Mekong basin in Lao PDR. *Proceedings of the water quality monitoring network workshop*, Phuket, Thailand II.2.2-27.
- Xiao, X., *et al.* (2005): Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images, *Remote Sensing of Environment*, 95, pp.480-492.
- Yoshida, K., *et al.* (2004a): Evaluation of Irrigation Efficiency in KM6 Project Site, Laos, *Proc. of 2nd APHW Conference* (Singapore), Vol. 1, pp.652-659.
- Yoshida, K., *et al.* (2004b): Stream Temperature Analysis in Nam Ngum River Basin, Mekong, *水工学論文集*, Vol.48, pp.1531-1535.
- 宗村広昭, 丹治肇, 吉田貢士, 戸田修, 増本隆夫 (2005a): Estimation of Irrigation Water to

Paddy Fields under Conditions of Poor Data Availability, Cambodia, *水文・水資源学会誌*, 18(1), pp.22-34.

宗村広昭, 吉田貢士, 樋口克宏, 戸田修, 丹治肇 (2005b): 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, pp.235-240.

宗村広昭, 吉田貢士, 樋口克宏, 戸田修, 丹治肇 (2005c): 東北タイにおける乾季の非灌漑水田への供給可能水量の推定に関する考察, *システム農学*, 21 巻 3 号, pp.167-176.

3. 2 水利用2グループ(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)
東京農工大学 大学院農学府国際環境農学専攻

水利用2ではカンボジアとベトナムの水利用実態とモデル作成を行った。カンボジアでは、トンレサップ湖周辺の水環境と水利用を調べた。ベトナムでは、メコン川の河水の流動特性とメコンデルタへの塩水遡上を調べモデル化した。また、カンボジアのバサック川周辺にあるコルマタージュ(泥水導水水路)についても洪水導入の実態を調査した。

3. 2. 1. トンレサップ湖周辺の水環境と水利用

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

トンレサップ湖流域は、カンボジアの稲作農業発展に大きな可能性を持ち、トンレサップ湖周辺における水資源開発と土地利用開発は、将来のトンレサップ湖の水循環・メコン川下流域での水循環に大きな影響を持つ。湖の周辺には水田稲作を中心とする農業に適した広大な氾濫域が広がり、また、湖は稲作農業のために必要な水資源を供給し得る。しかし、現状では、湖水の年変動

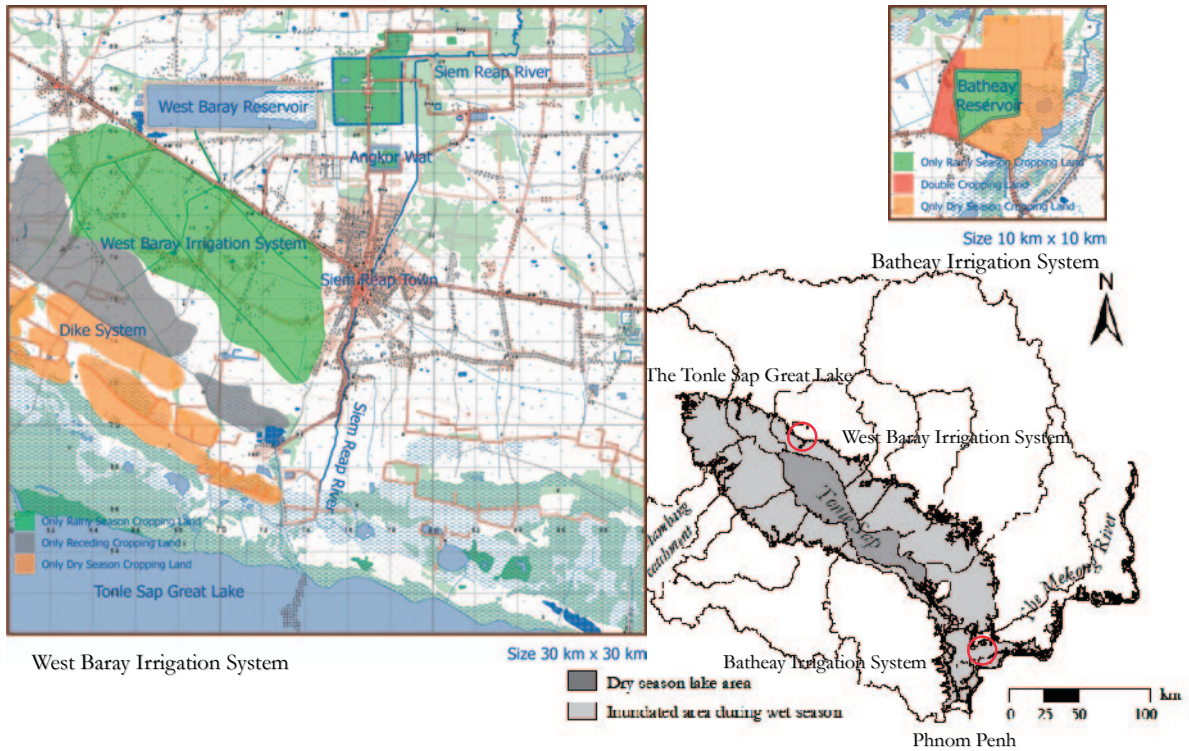


図 2.1 Catchment and flooded area of the Lake

は 7~8m にも及び、湖の水を適切に管理制御する有効な方法がなく、広大な氾濫域の大部分は雨期には洪水で溢れ、乾期には水不足になって野生に近い状況で放置されている。ここでは実在する二灌漑システム(バライとバテイ灌漑システム)を対象として、それらが将来の水資源開発・灌漑プロジェクトのモデルと成るか否かを含め水需給構造を分析した(Paradis, *et al.*, 2007)。

図 2.1 は、トンレサップ流域図と 2 つの灌漑システムの位置とその詳細図を示す。流域図中の北西部の赤丸印がバライ(Baray)灌漑システムの位置で、その詳細地図(30km×30km)は左側である。雨期のトンレサップ湖汀線より 10km 程度北に貯水池の西バライがあり、汀線の直ぐ北に雨期水田域が展開している。汀線の直ぐ南には後退(Receding)灌漑域と乾期灌漑域が展開している。西バ

ライは雨期のシェムリアップ川の水を貯留する貯水池であり、後退・乾期灌漑域中の多数の堤は、雨期の増水時の湖水を貯留する。この灌漑システムの特徴は、雨期作は完全に降雨のみで行い、後退・乾期灌漑域では後退する湖の残水を最大限利用して灌漑水を節約し、限られた水資源の有効利用を図っている点である(Paradis, *et al.*, 2005)。

流域図中の右下の赤丸印は、バテイ(Batheay)灌漑システムの位置で、その詳細地図(10km×10km)は右上である。バテイ地区は、メコン川とトンレサップ川の氾濫原に位置し、雨期は水没、乾期は水不足という過酷な条件下にあったが、四方を取り囲む堤を築くことにより、優良な灌漑システムへと生まれ変わった。雨期には堤内が水田として使われ、堤が外部からの洪水の侵入を防ぐ。雨期作収穫後、堤内には洪水が導入され、その水は乾期の灌漑水として周囲の水田に供給される。また、洪水導入時に流入する稚魚は水田に残る豊かな有機物を餌に生長し豊かな水産資源となる。バテイは厳しい水環境を逆手にとって、それを最大限に利用している。なお、後退灌漑も基本的には乾期灌漑であるが、後退する残水をより積極的に活用するのが後退灌漑である。

研究の目的は、これら2つの灌漑システムが、今後のトンレサップ湖周辺の氾濫原開発の観点から見て、有効なシステムかどうかを検討することである。バライ貯水池はアンコール王朝時代に宗教的な目的も兼ねて築造されたものであり、現在、一からそれを築造するだけの価値があるかは疑問である。バテイの場合も周囲堤はポルポト時代に人民の強制労働で築堤されたものであり同様の疑問が残る。そのため、これらの灌漑システムの水需給構造を分析し、その有効性の程度を明らかにする。

②研究の実施方法

研究の方法は、「貯水池における水収支モデル」と「水田域における水収支モデル」を作成して、灌漑水の供給構造と需要構造を分析する方法を採用する。両モデルともに、水文・気象データが必要であるが、観測記録がないものが多い。そこで、気象観測局(weather station)を設置して気象データの補間を行うとともに、バテイ地区では主要地点で継続的に水位観測を行い、同時に地形情報を得るために測量を実施した。

③研究の成果

表 2.1 Water balance components of the West Baray and Batheay Irrigation system

West Baray irrigation system			Batheay irrigation system		
Water balance of reservoir					
Max Capacity: 55MCM	1,600 ha			700 ha	Max Capacity: 19MCM
		Inflow			
	24.12 MCM	34%	Precipitation	28%	4.08 MCM
	37.18 MCM	52%	Inflow to reservoir	72%	10.33 MCM
	9.54 MCM	13%	Previous leftover		-
		Outflow			
	8.66 MCM	12%	Next leftover		-
	19.54 MCM	28%	Supply from reservoir	55%	7.91 MCM
	21.16 MCM	30%	Evaporation	19%	2.78 MCM
	21.17 MCM	30%	Infiltration	26%	3.72 MCM
Water balance of paddy field					
Receding:994, Dry:1832ha	2,776 ha			1,396 ha	Receding:400, Dry:1,000ha
		Consumption			
Conveyance loss	6.62 MCM	19%		3%	0.24 MCM
Evapotranspiration	13.18 MCM	38%		57%	5.02 MCM
Infiltration	14.86 MCM	43%		40%	3.51 MCM
		Supply			
	Supply	21.67 MCM	63%	77%	6.77 MCM
	Dike system	6.00 MCM	17%	11%	0.95 MCM
	Field storage	7.00 MCM	20%	12%	1.05 MCM
	Total	1,233 mm	100%	Irrigation	100%
				628 mm	Total

表 2.1 は、2 つの灌漑システムの水収支に關与する要素毎の寄与量及び寄与率を示したもので、上段が貯水池における供給構造、下段が水田域における消費構造である。図中の Receding は後退水田域を表し、Dry は乾期水田域を表す。貯水池面積、灌漑面積ともにバライの方がバテイの 2 倍強で、最大貯水池容量はバライが約 3 倍大きい。両者共、灌漑は乾期に行なわれるので、気象条件には大差がないが、バライの方が貯水容量に較べて灌漑面積が少ない。この主な理由はバライの貯水池からの浸透量と蒸発量が多いこと、受益地が離れているため送水に伴うロスが大きいためである(Paradis, *et al.*, 2006)。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

今回の研究成果は将来の灌漑計画に不可欠な基本情報を提供するものとする。2 つの灌漑システムはトンレサップ湖の汀線近傍での典型的な灌漑システムであるが、詳細に分析された例は少ない。トンレサップ湖周辺では水文・気象観測網が十分に整理されているとは言い難く、また、内戦の影響で観測が中断されていた期間も長い。現在、この流域の開発ポテンシャルを算出するため、流域の水文・気象状況を限られたデータから推測する作業を行っている。その場合には、2 つの灌漑システムに対して行った分析結果は、地域の開発シナリオを描く上で大いに活用されると考えられる。

3. 2. 2. メコン川最下流域における河水の流動特性とメコンデルタへの塩水遡上

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

メコン川下流域のベトナム領メコンデルタには、約 246 万 ha の農耕地や養殖池があり、その 70% が稲作水田である。潮汐によるメコン川河口の水位変動は最大 4m と大きく、メコン川平均流量が減少する乾期には塩水がメコン川を遡上し、メコン川から取水している農耕地への影響は、最大で 170 万 ha に達すると言われている。乾期の平均流量を減少させる危険性を持つ水資源開発はメコン川委員会で協議され、ベトナムも運河・水路とメコン川との接続地点にスルースゲートを設けて、塩水の侵入を防ぐための努力を行っている。メコン川平均流量の増減が、塩水遡上にどのような影響を与えるか。また、近年、多数築造されているスルースゲートが、デルタ内の水環境にどのような影響を持つのか。いずれも、将来のこの地域の水利用を考える上で不可欠な情報である。



図 2.2 Mekong Delta and Mekong River

メコン川は図 2.2 に示す様に、ベトナム領内では 2 大派川となってデルタを流下する。北部側が Tien 川(前江)で、南部側が Hau 川(後江)である。Tien 川は、更に、Tieu 川、Dai 川、Ham Luong 川、Co Chien 川に分流して南シナ海に注ぐ。これらの派川は全て感潮河川であって、1 日に 2 回、水位変動に伴い流れの方向を変える。平均流量(純流量)に較べて、河川流量はオーダーが異なる程大きい。塩水遡上に影響を与えるのは、平均流量であるが、派川を流下する平均流量を正確に知ることは難しい。また、メ

コン川デルタはアジアモンスーン地域であるため、乾期には東風が非常に優勢になる。各派川は東方向、あるいは東南の方向に流れるので、東風の影響を強く受けて河川に塩水が流入しやすくなる。

研究の目的は、メコン川への塩水遡上とデルタでの水環境の解析である。解析は、a) 河川流況の把握、b) 河川への塩水遡上の把握、c) デルタの運河での水環境把握の 3 段階からなる。

②研究の実施方法

研究の方法は、数値シミュレーションと現地観測が中心である。流水のシミュレーションには、河川形状に関する情報と境界位置における水位情報が必要で、塩水遡上のシミュレーションには、先の情報に加えて、塩水遡上の形態の特定と境界位置での塩分濃度情報が必要である。河川形状情報に関しては、音響ドップラー断面流速計(以下、ドップラー流速計と略す)によって実測する。河川流量もドップラー流速計により実測し、数値シミュレーション結果の検証に用いる。塩水濃度の地点別、深度別、時間別の分布は曳航式水質計(以下、水質計と略す)によって観測し、塩水遡上の形態を解析し、実測結果は数値シミュレーションの検証に用いる。デルタ内の運河での流水・水質解析は、数値シミュレーションによって行う。ただし、デルタ内の主要運河網は通常のシミュレーションで対応可能であるが、毛細血管状に連絡する無数の中小運河での解析は、現状では不可能である。新たな解析手法の開発が必要である。

③研究の成果

a-1) 現地観測

主要派川(Tieu, Dai, Ham Luong, Co Chien, Hau)において、ドップラー流速計と水質計を用いて河川断面形状、断面流速分布、塩分濃度分布などを観測した(Giang, *et al.*, 2004)。また、デルタ内の数箇所の運河で塩分濃度を観測した。特に、開発の最も進んでいる Tieu 川で詳細な観測を行った。その結果、河川断面形状に関しては、図 2.3 に示すような河川断面を得ることができた。図 2.3 は Tieu 川で観測したもので、数字は河口部からの距離である。河口部は浅く川幅が 1km 以上ある。44km 地点は Tieu 川と Dai 川の分岐前であるため川幅が広い。

また、塩分濃度分布に関しては、図 2.4 に示す測定結果を得た。図 2.4 は Tieu 川の河口部から 11km 地点で、12 時 25 分からおよそ 20 分毎に 15 時 50 分まで深さ方向の塩分濃度分布の観測

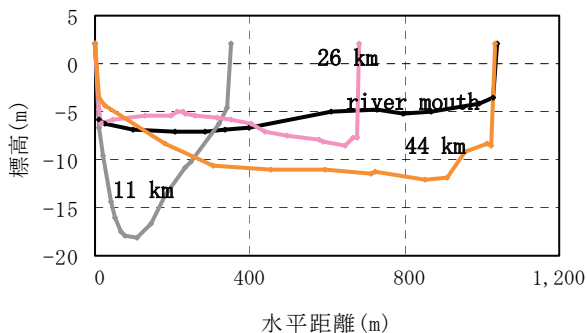


図 2.3 Tieu River Cross sections

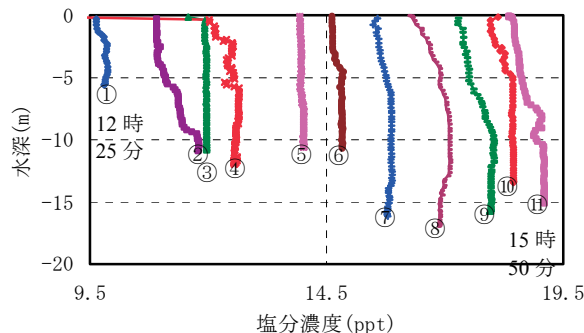


図 2.4 Salinity vertical distribution at 11km

例である。時間の経過に伴って、逆流による水位上昇に伴い観測水深が深くなり同時に塩分濃度が上昇している。塩分の鉛直方向の分布はほとんどなく、このことから混合形態は強混合であることがわかる。a-2) 数値シミュレーションによる河川流況

Tien 川(前江)は河口から約 100km の My Thuan 地点以降で Co Chien 川、Ham Luong 川、Dai 川、Tieu 川と順次分岐する。My Thuan 地点と河口部では水位が 1 時間毎に観測されているので、数値シミュレーションによって流況を再現した。実測流量と比較することで数値シミュレーションの精度を検討した結果、良い一致をみた(久保ら, 2004; Kubo, *et al.*, 2005; Kwon, *et al.*, 2006)。

また、今までに知られていない以下の 2 点が明らかとなった。1 点目は、平均流量と水位差が比例関係になっていることである。図 2.5 は、1 月 1 日からの Tieu 川河口と My Thuan 地点間の水位変動を示したものである。黒線で示す水位差は +2m から、-1.5m まで 1 日に 2 回変動している。一方、白線は、その回帰曲線で季節的な水位変動を表している。一方、図 2.6 は Tieu 川河口から 31km 地点での流量変動を示したものである。流量は +3,000m³/s ~ -3,000 m³/s まで変動し、その回帰曲

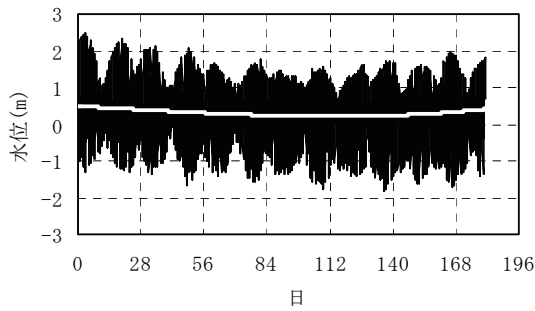


図 2.5 Water level's difference

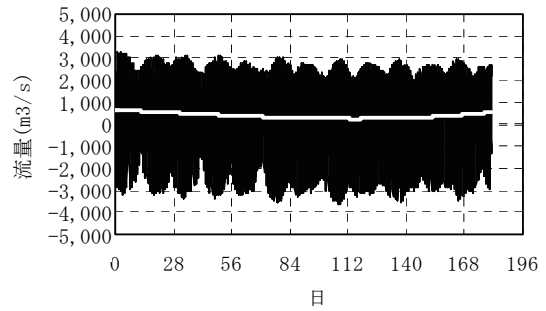


図 2.6 River discharge

表 2.2 Discharge distribution among distributaries

川と地点の名前	MTWL-5cm	MTWL	MTWL+5cm	流量比率	流量比率	(c-a)/10
	a	b	c	(b)	(c)	
Tien R. MyThuan(MT)	851	1,697	2,562	100 %	100 %	171
Tieu R. -VK	352	404	462	24	18	11
Dai R. -BD	-248	-168	76	-10	3	32
HamLuang R. -AT	118	296	452	17	18	33
CoChien R. -BT	307	708	1,026	42	40	72
CoChien R. -CCS	192	341	617	20	24	43

線は最大 600 m³/s から最小 260 m³/s まで緩やかに季節的な変動を表していて、これは平均流量と見なせる。これらの二つの季節変動を表す曲線間に、比例関係がある事を見出したのが、一点目の成果である(久保ら, 2005)。2 点目は、各派川への分水比率が明らかとなった事である。表 2.2 は 2003 年の平均流量最低時 MyThuan 地点と各派川での流量を示したものである。表中の BT と CCS は Co Chien 川の 2 つの派川の河口観測点である。また、表中の a, b, c は MT 水位が

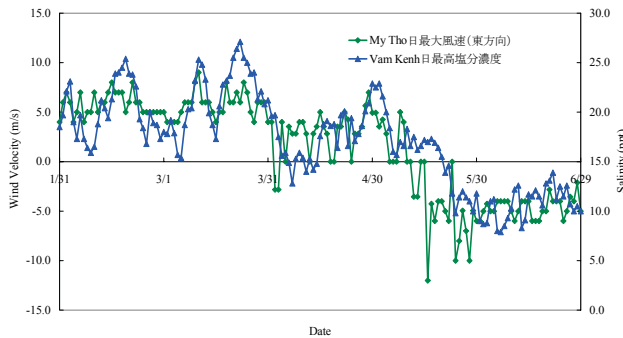


図 2.7 Salinity and east wind velocity

実際より 5cm 低い場合、実際の場合、5cm 高い場合の流量を示す。この表より、MT での平均流量が 170 m³/s 増える度に MT 水位が 1cm 上昇することがわかる。また、MT での平均流量によって配分割合が変化することもわかる。特に、Dai 川においては、MT 平均流量が少ない場合には、平均流量自体がマイナスになるという結果が得られた。この主な理由は、BD での観測水位が近傍の VK のものに較べて平均的に 10cm 程度高いことによる。この 10cm の差が観測誤差に起因するのか、海流などの影響に起因するのは、現状では不明である。

b-1) 数値シミュレーションによる塩水遡上

河川への塩水遡上に影響する水文・気象要因は、河川の平均流量、流量の変動幅、季節風の強さなどである。まず、ベトナム気象局より購入した気象データを分析した結果、河口での塩水濃度と季節風の関係が明らかとなった。図 2.7 は My Tho 市における東風の日最大風速と Tieu 川河口部における塩分濃度を時系列的に比較したものである。マイナスの風速は西風であることを示す。

$$D_L = \int_0^B q^m dy \int_0^y \frac{1}{K_y h} dy \int_0^y q^m dy \quad (2-1)$$

$$D_L = \alpha \frac{b^2 |V|}{mR^{5/6}} \quad (2-2)$$

表 2.3 Comparison of (1) and (2)

回数	地点	VK	LH	VG	XH	DT橋
1		158	152	21	100	176
2		118	114	25	110	183
3		79	116	19	125	149
4		85	70	33	114	76
5		91	110	18	128	91
平均		106	112	23	115	135

(近似 D_L / 実測 D_L) × 100 (単位: %)

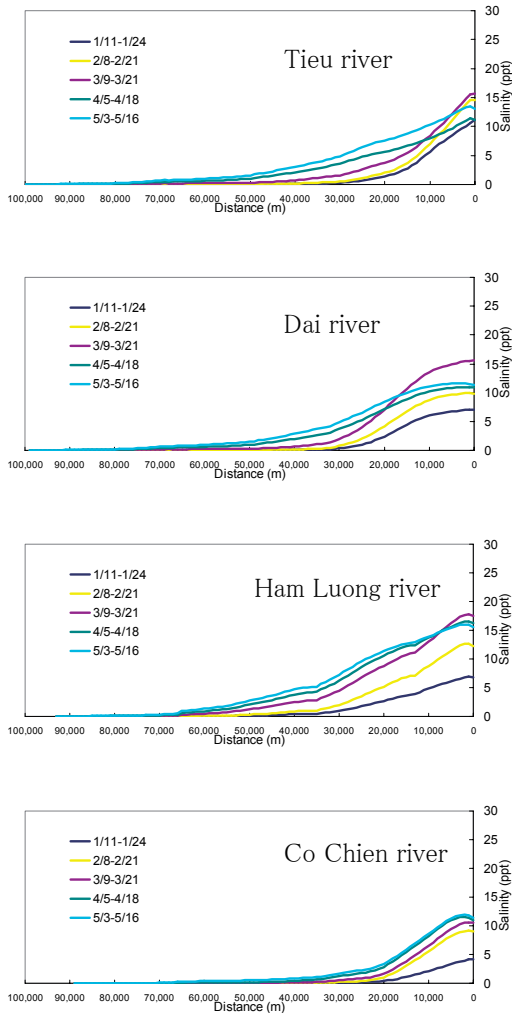


図 2.8 Longitudinal Salinity distribution

5月上旬に季節風の方向が逆転し、それに伴って河口部での塩分濃度が低下する様子がわかる。河口部で塩分濃度が観測されていない場合、季節風の強さから河口での塩分濃度を推測する際に有用な関係である。

また、塩水遡上に影響を与える因子として河川方向への分散の強さを表す縦分散係数 D_L がある。この係数は河川の断面形状や断面内の流速分布などによって(2-1)の理論式で計算できるが、計算が複雑で実用的でない。川幅(2*b*)、径深(*R*)、最大水深(*H*)、平均流速(*V*)から求める(2-2)の近似式を提案した。(2-1)式は多くの文献に見られる式であるので、式中の変数の説明は省く。(2-2)式中の *m* は断面特性値で、 $R/(H-R)$ で求められる。また、(2-2)式中の比例定数 α を 0.11 として計算した値と(2-1)式で求めた値を表 2.3 に比較した。実測 D_L は(2-1)式で、近似 D_L は(2-2)式で計算した値で、表中の数字はその比率を%で表示している。VK、LH、VG、XH、DT 橋は河口から 0km、11km、26km、44km、60km の観測地点を示す。26km 地点の VG の近似式の値が(2-1)式の 1/4 程度となっているが、それ以外の地点では理論式と近い値となっている。よって、以後の塩水遡上の数値シミュレーションでは、基本的に(2-2)式を用いて計算を行った。また、風向と流向に応じて α の値を変え、実測結果と比較する検討も行った。その場合、風向と流向が逆の時に α を小さくすると良い結果が得られた。川の中央と端での流速の差が分散の原動力であるので、流向と風向が逆向きの時、むしろ流速差が小さくなるためと解釈できるが、検証データが十分でないため断定的ではない。

b-2) 数値シミュレーションによる塩水遡上

図 2.8 に 4 派川での塩分濃度の縦断分布を示す。この計算では、下流境界においては水位と濃度の実測データを与えた。ただし、Tieu 川河口水位を Dai 川河口水位と等しいとして計算した。その理由は、この時点では、平均水位の差が 10cm ある理由を基準点標高の差と考えるのが合理的と判断したからである。図中の曲線は 5 期間における 2 週間平均の塩分濃度を示している。各派川によって塩分遡上の分布に特徴があることがわかる。Tieu 川では塩分濃度分布が上流側に向かって数関数的に減少しているが、Dai 川では河口上流域に高濃度域がある程度維持されている。また、Ham Luong 川では塩分濃度の減少が直線的でしかも全体的に高い。この派川では塩水遡上が起こりやすいことがわかる。Co Chien 川の場合には、塩水遡上域が河口部周辺に限られ、塩水遡

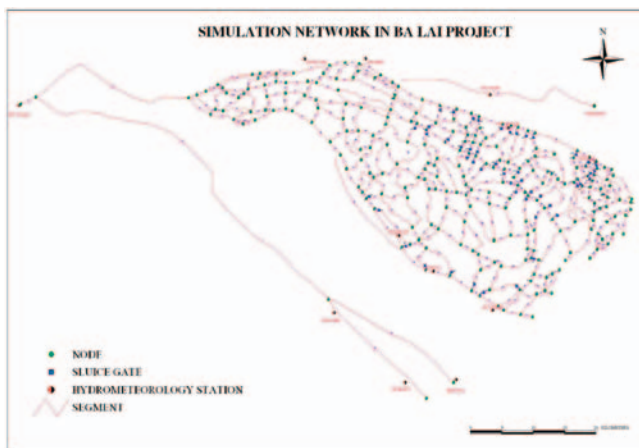


図 2.9 Simulation network in Balai project

の塩水侵入を防ぐため、運河と河川との連絡地点に多数のスルースゲートが建設されている。スルースゲートの建設に伴い、デルタ内の運河は、順次、淡水化しつつあるが、同時に水質の悪化が問題となって来ている。そこで、主要運河内での、スルースゲート建設に伴う水質への影響を解析するため、数値シミュレーションを実施した。図 2.9 は Dai 川と Ham Luong 川に挟まれたバライ地区の主要運河網のネットワークを示したものである。これらの運河内での水質を検討するため、「塩分濃度」と、「運河内経過時間」という 2 つの水質指標を用いた。「運河内経過時間」は、ある運河内の地点の水が、運河に流れ込んで以降どの程度の時間が経過しているかを示すもので、汚染を受けやすい程度を示す指標とした。これによって、主要運河内での塩水の動きや、どの地点が水質汚染を受ける可能性が高いかを示すことができる。しかしながら、中小の運河までを含めると、運河網の密度は図 2.9 で示したものと、比較にならない程度に密である。その様な密な運河網内の水の動きは現状では解析不可能で、今後、その方面の研究が必要と考える。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

一連の研究を通じて、メコン派川とデルタ内運河での、流水、塩水、水質などに関する解析手法を開発することができた。これによって、上流に位置する国や地域での水資源開発によって増減すると予測される乾期のメコン川平均流量(淡水流量)が、デルタ内の水環境に及ぼす影響を予測することが可能となった。また、デルタ内に存在する多数のスルースゲートの最適な操作ルールを検討する道具を提供することもできた。しかしながら、今後、解決すべき問題も幾つか残されている。1 番目は、メコンデルタは広大で、全域にわたって詳細なデータを得るまでには至らなかったことである。特に、Hau 川とその沿岸域に関しては情報不足であった。2 番目は、縦分散係数算出の近似式を提案して数値シミュレーションに適用したが、計算精度が非常に良いとはいえない状況である。風の影響、横流入出の影響、複雑な河川地形、など様々な原因が考えられるが、決定的な理由は不明である。3 番目は、既に述べているが、デルタ内に毛細血管状に分布する中小運河内での水の動きが、現状では解析できないことである。

3. 2. 3 コルマタージュ利用による灌漑開発の検討

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

カンボジアのバサック川沿いにある泥水導入水路はコルマタージュと呼ばれ、カンボジアに特異な水利用形態として知られている。この施設の機能については、肥料目的、土地造成目的、灌漑目的など諸説がある。この地域の開発方向を検討するために、コルマタージュの実態を把握する。

② 研究の実施方法

上が起こり難いことがわかる。以上の様に、メコン派川における塩分遡上の数値シミュレーションが可能になり、各派川の塩水遡上の特徴を知ることができた。ただし、再現精度に関しては、まだ、検討の余地が多く残されている(Kubo, *et al.*, 2006)。

c) メコンデルタの運河の水質解析
ベトナムのメコンデルタ内では多くの運河が網状に連絡していて、それらは舟運と同時に用排水路としても用いられている。これらの運河はメコン派川と連絡しているので、乾期には塩水が侵入し用水として利用することが不可能であった。こ

現地調査により、コルマタージュの利用実態を把握し、開発方向を検討する。また、モデルにより、洪水の導入量を推定する。

③研究の成果

コルマタージュは、主としてプノンペン下流のバサック川沿岸に見られる特殊な灌漑方法である。川の自然堤防を開削し、洪水期の濁水を後背湿地に導き貯留して、土砂を沈積させることで自然堤防域の拡大と土壌の肥沃化を図ることを目的として建設された。この施設の利用目的は、日本人の解釈では諸説があるが、カンボジア人のフランス語の語感では、主に、肥料成分の導入を目的としたと解釈されている。バサック川両岸にはコルマタージュ水路が無数に建設されているが、そのほとんどは、取り入れ地点に制御施設を持たず、洪水期には洪水が自然に流入し、それが終わると自然に排水される構造になっている。

現在のコルマタージュは、洪水を導く導水路として、バサック川下流への洪水緩和と低水期の流量補強の役割を果たしている。この洪水導入量については、モデルによる推定計算を行ったが、その効果は大きなものではない。また、コルマタージュの取水口にゲートを設けたり、揚水ポンプを設置したり、水路沿に堤防を建設している例が見られる。

これらを勘案すると、コルマタージュは、将来のこの地域での水利用を考える上で、大きなポテンシャルを持った灌漑システムに成り得る。例えば、取り入れ地点にゲートを設置し、自然堤防を補強して強固なものとなれば洪水流入を自由に制御できる。収穫が終了するまでは洪水の流入を防ぎ、収穫直後に洪水を導入して乾期まで貯留し、その貯留水をリセッション灌漑に利用できれば、コルマタージュの灌漑システムとしての価値は大いに向上する。更に、乾期にポンプを利用してバサック川の水を農地に導くための導水路として活用されれば、その価値は一層向上する。ポンプによる揚水は、バサック川からコルマタージュ水路へ、更にコルマタージュ水路から農地へと2段階で行われるかもしれないが、これが可能になれば、乾期の農地利用率が向上し、農産物生産が増加する。しかし、同時にバサック川の水消費量が増大し、揚水のためのエネルギー使用量も増大することになるだろう。コルマタージュの有効利用に必要なとされる技術は、既存の技術で十分に対応できるものであり、カンボジアの経済状況、食糧事情、下流ベトナムとの河川水の競合状況に応じていかようにも展開する可能性を持っている。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

以上の成果は本研究のシステムグループのカンボジアの開発シナリオの検討で利用された。また、カンボジアの灌漑開発計画の策定に役立つ。

引用文献

- Giang, Hoang Ngan, Naritaka Kubo, Kwon Sung Ill (2004): Salinity Intrusion and Freshwater exploitation in the Mekong Delta, International Conference on “Advances in Integrated Mekong River Management”, Vientiane, Lao PDR, October, pp.150-157.
- Kwon Sung Ill, 久保成隆, Hoang Ngan Giang (2006): メコン河北東部派川における塩水遡上特性に関する研究, 農業土木学会論文集 244号, pp.403-411.
- Kubo, Naritaka, Kwon Sung Ill, Hoang Ngan Giang, Yusuke Yazawa (2005): Effect Evaluation of Fresh Water Discharge against Salinity Intrusion at Lower Mekong River, Proceedings of the International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp.90-99.
- Kubo, Naritaka, Yusuke Yazawa, Daisuke Kataoka, Hoang Ngan Giang (2006): Effect of Fresh Water Discharge on Salinity Intrusion in the Lower Mekong River, 3rd Asian Regional Conference, International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), Kuala Lumpur, Malaysia, A-50 pp.1-15.
- Kubo, Naritaka, Yusuke Yazawa, Daisuke Kataoka, Hoang Ngan Giang (2006b): Salinity Intrusion Properties in Lower Mekong River, Proceedings of the International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, Phnom Penh, Cambodia, pp.121-126.
- Someth, Paradis, Kubo Naritaka (2005): Water Balance Model for the West Baray Irrigation System

- Siem Reap, Cambodia, Proceedings of the International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp.152-161.
- Someth, Paradis, Kubo Naritaka, Seng Bunrith, Him Chakrey, Erm Chanbotom, Ly Sarann, Tanji Hajime (2006): Development of Shallow Reservoir Irrigation by Using Floodwater for Paddy Rice Cultivation, Proceedings of the International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, Phnom Penh, Cambodia, pp.83-91.
- Someth, Paradis, Naritaka Kubo, Hajime Tanji (2007): A combined technique of floodplain storage and reservoir irrigation for paddy rice cultivation, Paddy and Water Environment, Vol. 5, No.2, pp101-112.
- 久保成隆、Kwon Sung Ill, Hoan Ngan Giang (2004): メコン河下流域での河川流量と塩水遡上に関する研究, International Symposium on Agricultural Engineering, 忠北大学, 清州市, 韓国, pp.4-13.
- 久保成隆、Kwon Sung Ill (2005): メコン河下流部での水位差と淡水流量に関する考察、平成17年度応用水理研究部会, pp.53-61.

3.3 人間活動1グループ(流域の水循環の変動が農林業生産に及ぼす影響の評価) 東京大学 大学院農学生命科学研究科農学国際専攻

人間活動1では、ベトナムのメコンデルタで農林業の開発可能性を検討した。農業では調査地区をメコン川の河口付近の島に設定して水田の作付け調査を行った。林業では、硫酸性土壌地域の開発を促進する方法として酸性土壌で生育可能なメラルーカ材の加工方法を検討した。

3.3.1. 農業

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

メコンデルタは、カンボジアとベトナム両国にまたがる面積約 495 万 ha の巨大三角州であり、約 75%の 396 万 ha がベトナム領内にある。以下、メコンデルタとはベトナム領内のものを示す。

メコンデルタの大半は海拔 2m 以下と低平なため、上流側では雨期にメコン川からの溢流で、毎年 3~4ヶ月間、年によってはそれ以上湛水状態が続く。一方下流側では、乾期に潮汐の影響でメコン川を海水が数 10 km 遡上する。こうした水条件の克服もまた、メコンデルタの農業発展にとって重要である。ただし、洪水は肥沃な土壌と水を上流から運び、また酸性硫酸塩土壌においては酸性物質等を洗い流してくれる。塩水も同様に、酸性硫酸塩土壌からの酸性物質を洗い流す効果がある。すなわち、洪水と塩水遡上は、農業生産上有用でもある。

メコンデルタの農業生産は水稲作が主体で、そこで産出される米が、ベトナムをタイに次ぐ世界第2位の米輸出国とした。1988年まで米の輸入国であったベトナムがこの地位を築くに至ったのは、米生産に資材、技術、施設、そして労働力をより多く投入したこと、すなわち集約化(Intensification)の結果であり、それを可能にした政策の成果である。今後も、水稲作がメコンデルタの農業の基盤であることは変わらないが、経済発展に伴う食料需要の多様化に伴って、農業生産の中で米以外の農産物の重要度が高まっている。集約化から多様化(Diversification)への移行が課題とされるが(Tanaka, 1995)、そのためには前記の土壌・水制約の解決ないし回避が必要である。例えば強酸性土壌では、栽培作物の選択肢は水稲とメラルーカのほか、パイナップル、ヤムイモ等、少数の種に限られる。パイナップルは酸性土壌に適しているが、洪水には弱いため、盛り土を行い栽培することになる。また、ヤムイモは酸性に強いとはいえ、石灰施用により一時的に酸性を中和する必要がある。これらは、長期的には酸性土壌の改良を遅らせたり、土壌を劣化させたりする恐れがある。

本研究では、農業生産の主体である水稲作を取り上げ、現状と問題点、更に、現状の改善という観点から検討を行い、メコンデルタ地域における農業生産の将来予測のための基礎的な知見をまとめた。

② 研究実施の方法と結果

メコン川最下流の派川 Tieu 川と Dai 川の間全長 34 km の Con Sau Xa 島(Tien Giang 省)を対象とした、水稲作付け回数は島の上流部から下流部に向けて、3 回から 1 回までの分布を示す。2004年と2005年に、農家の水稲作付け状況と川と水路の水位・水質の実態を調べた。なお、2001年から2002年にかけて、満潮時の洪水被害軽減のために、島の中流部に堤防と水門が設置され、塩水の水路への浸入を防いでいる。農家訪問調査の際に、水門設置以前の作付け状況を尋ねて、水門設置前後で比較した(Aizawa, *et al.*, 2006)。水稲1作目の作付け開始から最後の作の収穫までを作付け期間として、これが年間作付け回数に決定的な影響を及ぼすことを、農家面接調査結果から明らかにした(図 3.1a)。作付け期間(GD)と作付け回数(CI)の間には、図 3.1b の一段目の関係が適合する。

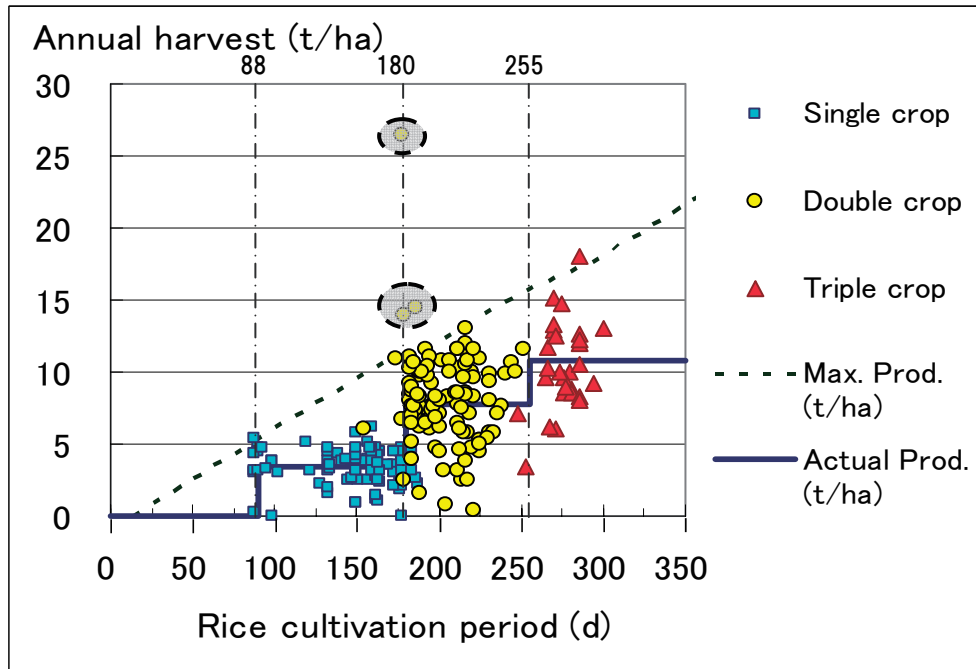


図3.1a 水稻作付け期間と年合計収量の関係
メコンデルタ Tien Giang省 Con Sau Xa島での農家面接調査の結果

作付け期間(GD)	0	88	180	255	365	日
作付け回数(CI)	0	1	2	3		回
年合計米収量(AY)	0	3.4	7.8	10.8		t/ha

図3.1b GD、CI、AYの対応関係

図 3.1a を作付け回数別にみると、作付け期間と年合計米収量(AY)は無関係なので、年合計米収量は、各作付け回数における収量の平均値を用いて図 3.1b の二段目に整理できる。

なお、日射量から理論的に推定される可能最大収量(破線)を、明らかに上回る 3 つのケースは除外した。図 3.1b に示す作付け期間と作付け回数との関係は、農家を用いる水稻品種の特性に依存するので、メコンデルタの他地域にも適用できるが、図 3.1b に示す年合計収量は、当然ながら場所により別の値をとる。ただし、作付け可能期間の拡大で作付け回数が増加し、年合計収量が飛躍的に増加することは、他地域でも共通とみられ、米生産における集約化の効果を裏付ける。なお、各作付け回数で作付け期間が最短の場合に、平均収量が理論収量のほぼ 65-68%と一定の値をとること、農家収量の最大値が理論収量にほぼ一致することは、注目される。上記の水稻作付け期間を川の塩分濃度と対応付けると、塩分が 2g/L を下回る期間とほぼ一致する。

図 3.1b は、作付け期間が短縮すると年合計収量が激減することを意味しており、実際に島の下流側 2 村での農家面接調査で、水門設置後に作付け期間が短縮し作付け回数が減少した事例がみられる。調査対象とした Con Sau Xa 島は、ほぼ全域に酸性硫酸塩土壌が分布しており、雨期初めの降雨で土壌から水路の用水に酸性物質が漏出し、用水の pH を低下させる。

水門設置後、用水に漏出した酸性物質の排出が遅くなり、水稻作付けが遅れる結果となったと考えられる。実際に、塩分よりも用水の酸性が大きな制約になっているとみられる地点がある(図 3.2)。酸性の制約も含めると、水稻作付け期間は、塩分が 2g/L を下回り、かつ用水の pH が 5 以上の期間にほぼ対応付けられる(図 3.2)。なお、水門設置前の用水の酸性の状況は不明であるが、その頃の水稻作付け開始時期を考え合わせると、用水に漏出した酸性物質が塩水で洗い流され

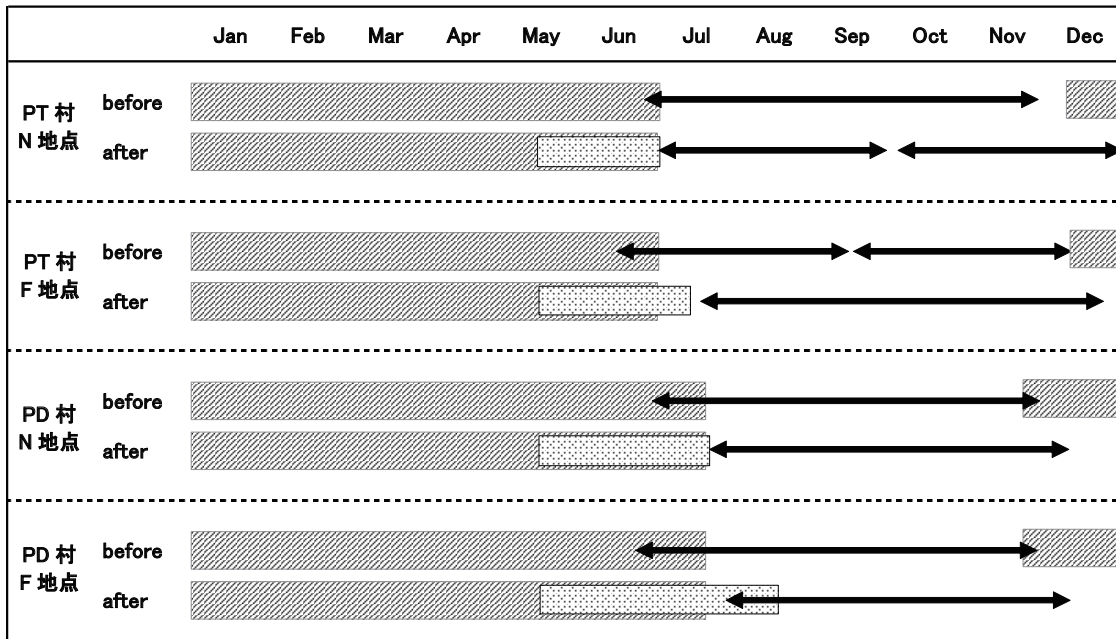


図 3.2 水稲作付け期間と塩分濃度・pH で制約される期間の関係

メコンデルタ Tien Giang 省 Con Sau Xa 島での農家面接調査の結果を、下流側の 2 つの村 (PT と PD) について、水門付近 (N) と水門から約 1,500 m 離れた地点 (F) で、水門の設置前 (before) と後 (after) を比較。矢印は水稲作付け期間、斜めハッチングのバーは、塩分濃度 2 g/L 以上の期間、クロスハッチングのバーは、pH5 以下の期間をそれぞれ示す。

た結果、制約程度は今よりも小さかったと推察される (図 3.2)。

今後のメコン流域開発 (中国のダム建設と上流の農地開発) が、塩水遡上の変化を通してメコンデルタの農業生産に及ぼす影響については、水循環のシミュレーションモデルを用いた予測によれば、塩水遡上範囲はわずか数 km であるが下流側に移動する (Toan, 2006)。そのため、作付け期間を現在以上に制約する可能性は小さいと想定される。ただし、ダムの操作が標準的なルールで、かつ貯水量が最大の場合を想定したシナリオにより、雨期の流出量が減り、乾期のそれが増える結果、上記の予測結果になったもので、乾期の流出量が減るようなシナリオはあり得ないか、検討が必要である。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

塩水遡上地域で作付け回数が制約される要因を実態調査から明らかにした。そのうち、塩分濃度上昇に対しては、潮位変動を利用した灌漑や、雨期初期の降雨を利用した栽培などの対策があるが、pH の低下は対処が難しく、水稲作以外に水産資源や畜産に及ぼす悪影響も無視できない。淡水化は現在も一部で進められており、酸性が問題にならない地域では、水稲作付け回数の増加を通じて、米生産の増加が米以外の農産物の生産も促す (Le Coq & Trevuil, 2005) と期待される。一方、酸性硫酸塩土壌が分布する地域では、淡水供給量が充分でなかったり、排水が不良だったりすると、本研究対象地域と同様の問題が生じる (Tuong, *et al.*, 2003)。今後、米需要を満たしつつも米生産以外の部門への転換が必要とされる中で、塩水遡上との共存も考慮した水利改良が必要であろう。そうした水利計画立案の際には、既存の水循環のシミュレーションモデルに、酸性硫酸塩土壌からの酸性物質漏出を取り入れる必要がある。更に、本研究で得られた作付け回数の推定方法と組み合わせれば、米生産量を大まかに推定することもできよう。

3.3.2. 林業

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

ベトナムのメコンデルタでは、肥沃な沖積土地域はメコンデルタの全面積の約 1/3 に過ぎず、条件の良くない地域が 2/3 を占める。その内訳は、酸性硫酸塩土壌が 160 万 ha、塩土が 75 万 ha、その他が 35 万 ha である。こうした、沖積土以外の農業生産性の低い土地の活用が、メコンデルタの経済発展・貧困解消のために重要である。酸性硫酸塩土壌は、Long An、Dong Thap、Tien Giang 各省にまたがる Dong Thap Muoi 地域と、An Giang、Kien Giang 省などに属する Tu Giac Long Xuyen 地域、そして Ca Mau 半島に集中している。Ca Mau 半島は酸性に加えて塩土の影響もある。

メラルーカは酸性の湿地に適しており、土壌改良や施肥等が必要無く、洪水による冠水や乾期の酸性度上昇でも成長可能である。

本研究では、農業に適さない土地で持続的に栽培可能な作物の一つと考えられるメラルーカを取り上げ、現状と問題点、更に、現状の改善という観点から検討を行い、メコンデルタ地域における林業生産の将来予測のための基礎的な知見をまとめる。

②研究の実施方法と成果

(a) 酸性硫酸塩土壌地域におけるメラルーカの植林の現状と問題点

メラルーカの植林に関しては、首相決定令 661/QD-TTg (第661プロジェクト) で方針が定められた。本決定令は、1998～2010年の13年間の目標期間に、(i) 既存森林(保全林、特別利用林、プログラム327植林地、生産林)を個人、家族、団体に分配して森林保全と住民の生活向上を目指す。(ii) 200万haの保護林と特別利用林の造成(育成天然更新と植林それぞれ100万ha)、(iii) 300万haの生産林の造成(産業植林200万ha、換金作物100万ha)などが計画された。メコンデルタの植林事業は上記カテゴリーでは(ii)の特別利用林の造成にあたる。メコンデルタ入植事業によるメラルーカの植林面積は当初計画の30万haに対して10万haにまでは順調に拡大が進んだ。その理由としては、(i) メラルーカはアカシア、ユーカリ、ゴムなどの早成樹種が生育できない強酸性土壌でかつ冠水する地域で栽培可能、(ii) 施肥、薬剤散布あるいは間伐などの森林管理が不要、(iii) 5～6年で生育し杭材として利用可能なためである。メコンデルタの全森林面積に占めるメラルーカの植林面積の割合は約35%であり、表3.1に主な各省におけるメラルーカ材の蓄積量を示す。表3.1より、Long An省においては、酸性の硫酸塩土壌の面積より多い面積がメラルーカの植林に使用されているが、酸性の硫酸塩土壌の面積が大きいKien Giang省やCa Mau省においてはLong An省よりかなり低い割合となっている。平均ではメコンデルタ地域の約29%の酸性硫酸塩土壌地域においてメラルーカ植林が実施されていることになる。ちなみに、植林地における植林密度は、Long An省では、植林当初は30,000本/ha(植林間隔@50×70cm)～40,000本/ha(植林間隔@50×50cm)、その他20,000本/haで(植林間隔@100×100cm)、10,000～15,000本/ha(植林間隔@100×100cm～100×70cm)であり、3年後で20,000本/ha、4年後で15,000本/ha、5～8年後には10,000本/haとなり、その中で70～80%が建築用資材(杭材)等として流通している。また、Ca Mau省においては酸性硫酸性土壌の酸性度が他の省よりも高いため、成長が遅く、伐採までの期間が10～12年と他の地域の2倍の期間が必要となっている。最近、コンクリート製杭の出現により杭材としての利用が、需要が少なくなりつつある。同時に、2003年以来市場価格が低下したことによりメラルーカの植林から稲作あるいは他の作物に転換する農家が多く、メラルーカ植林の面積を維持することが困難になってきている。このことから、前記(ii)、(iii)の植林計画は大幅な計画の見直しを迫られている状況である。

メラルーカの植林の栽培工程と特徴は、手間をかけずに植林が可能なことであるが、付加価値の高い杭材を生産するために、成長促進や材質の向上を図り、盛り土、間伐、施肥や農薬の散布などが行われるようになり、表3.2に示すように植林費用が大幅に増加した。なお、表3.2では手間を掛ける栽培方法と植え付けと収穫以外に手間を掛けない栽培方法、更にイギリスのNGOであるOXFAMがメラルーカの植林の貸付融資を行った際に標準とした栽培方法について費用を示した。

一方、パルプ用のメラルーカと早成樹種であるユーカリ・アカシア混合植林(7年間)との植林経費を比較すると、前者が後者よりも低く、メラルーカの植林の可能性が認められた。他の農作物との売り上げを比較すると、稲作の場合には、1作当たり約670ドル/ha(1作当たり平均栽培費用:約422ドル/ha)、パイナップルの場合には、約667ドル/ha/年(平均栽培費:約549ドル/ha/年、栽

培 3 年経過後から収穫)、メラルーカの場合には、約 268 ドル/ha/年(ただし、平均利益:約 1,877 ドル/ha、平均販売価格:約 2,333 ドル/ha、平均植林経費:約 65 ドル/ha/年)となり、メラルーカの植林は稲作やパイナップル栽培と比較して、収入は低いが経費そのものはかなり低く、労働力もかからないことから比較的容易に栽培可能であるとともに、メラルーカの植林は、土壌改良、施肥や農薬散布などが必要ないことから環境に負荷をかけない唯一の作物であることが認められた。中径木である杭材のメラルーカをパルプ用材として売買した場合の平均利益は約 338ドル/ha/年であり、価格的には利用可能性のあることが認められた。(以上全て 2005 年価格)

表 3.1 メラルーカ材の蓄積量

面積 地域(省)	植林面積 (2000年):A(ha)	酸性硫酸塩土壌の面積 (1991):B(ha)	A/B (%)
Long An	46,319	31,784	145.7
Tien Giang	2,350	6,056	38.8
Dong Thap	4,183	30,278	13.8
An Giang	1,753	22,751	7.7
Kien Giang	2,500	109,069	2.3
Soc Trang	4,500	9,033	49.8
Can Tho	1,907	24,129	7.9
Ca Mau	28,494	81,735	34.9
合計	92,006	314,835	29.2

表 3.2 メラルーカの植林経費比較(植林密度 30,000 本/ha の場合、単位:VND)

作業内容等		作業を全て行っている植林	施肥・農薬散布をしない植林	OXFAM
準備	盛り土等	2,000,000 ~6,000,000	2,000,000	3,500,000
植栽	苗購入	1,800,000	1,800,000	1,500,000
	植え付け	300,000	300,000	1,000,000
	施肥	500,000	0	0
2年目	施肥	500,000	0	700,000
	農薬散布	200,000	0	0
	間伐	300,000	0	
3年目	施肥	750,000	0	700,000
	間伐	300,000	600,000	0
4年目	施肥	750,000	0	600,000
	間伐	300,000	0	0
	販売(間伐材)	- 2,000,000 ~- 2,500,000	0	
5年目	施肥	750,000	0	0
	間伐	75,000	0	
	販売(間伐材)	- 1,000,000 ~- 1,250,000	0	
6年目	施肥	750,000	0	0
	間伐	75,000	0	
	販売(間伐材)	- 1,000,000 ~- 1,250,000	0	
7年目	伐採	-	-	0
経費合計 (VND)		5,350,000 ~8,350,000	4,700,000	8,000,000
経費合計 (USD)		334~522	294	500

(b)メラルーカのバイオマス資源としての有効利用の可能性

メラルーカ材の現状での使用例は、杭材などの建築資材としての使用が最も多く、地域によっては外構材や炭・薪などに使用されている他、葉から精油の抽出(Sakasegawa & Yatagai, 2003; 谷田貝, 2005)、メラルーカ林における養蜂などがあげられる。メコンデルタの炭には、マングローブ炭、メラルーカ炭、ゴムやユーカリ等の炭などがあるが、炭素含有率の高い黒炭が主流である。メラル

一カは、黒炭になりにくいと、価格向上のためには、製炭窯や焼成スケジュール等を大幅に改良し、焼成温度などを更に高温にする必要がある(逆瀬川ら, 2006a, b)。更に、現状では実施されていないが木酢液の採取及びその利用(土壌改良剤、農薬等)が考えられるが、新たな用途開発に対応した調査研究が必要である。

メラルーカ材の木材産業への適用性に関しては、ホーチミン市等における木材産業で使用されている木材(アカシア、ユーカリ、ゴム等)との置き換えの可能性が重要である。メラルーカ材の基本的な性質から木材産業への利用可能性は十分にあること(Sato, *et al.*, 2005)が認められた。しかし、現状では丸太径が小さいことから、メラルーカ材の用途はパルプ用や木質ボード用などに限られる。家具用材等に利用する場合には、20cm以上の丸太径が必要である。そのためにはメラルーカの伐採年数の増加、関連する森林経営の変更等が必要となる。そこで、現状の中小径木の杭材以外への新需要開発の試みとして、(i)樹皮バインダーレスボード、(ii)木片セメントボード、(iii)木片セメントブロックなどチップや樹皮の利用による新たな材料開発を提案した(Okuda, *et al.*, 2004; 佐藤, 2005)。

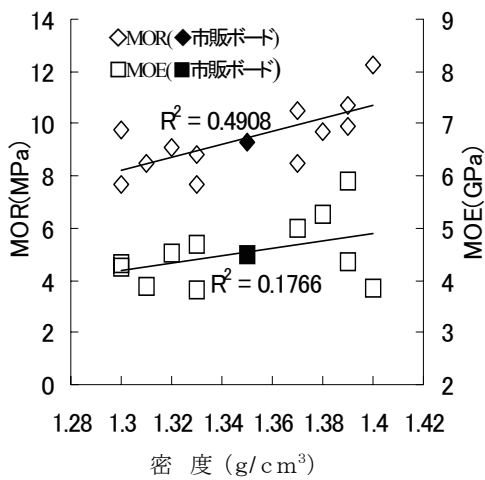


図 3.3 木片セメントボードの曲げ試験結果

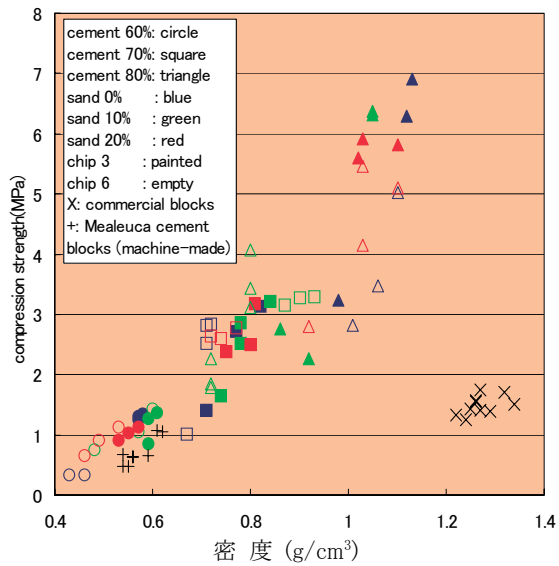


図 3.4 木片セメントブロックの圧縮試験結果

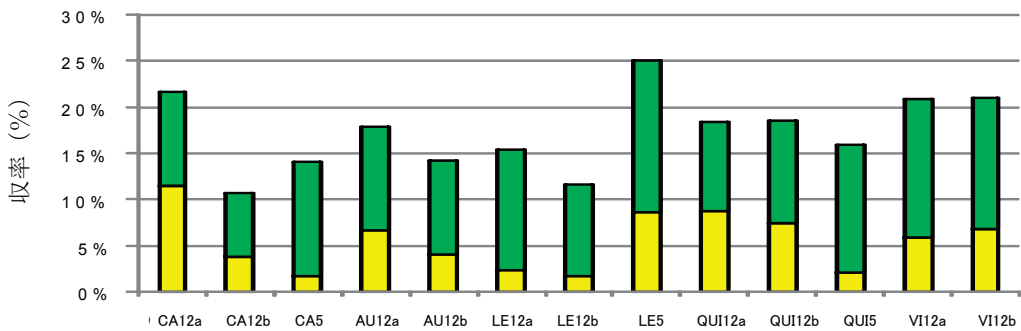


図 3.5 ベンゼン抽出物の収率

CA はベトナム産、それ以外はすべてオーストラリア産。CA12a・CA12b: *M. cajuputi* (12 年生)、CA5: *M. cajuputi* (5 年生)、AU12a・AU12b: *M. cajuputi* (12 年生)、LE12a・LE12b: *M. leucadendron* (12 年生)、LE5: *M. leucadendron* (5 年生)、QUI12a・QUI12b: *M. quiquenervia* (12 年生)、QUI5: *M. quiquenervia* (5 年生)、VI12a・VI12b: *M. viridiflora* (5 年生)。黄色は、ベツリン酸収率を表す。

図3.3に木片セメントボードの曲げ試験結果、図3.4に木片セメントブロックの圧縮強度試験結果を示す。これらより、セメントボードに関しては、ユーカリを使用した市販のボードと同等の性能であ

り、その利用可能性が認められた。また、木片セメントブロックに関しては、通常のコンクリートブロックより軽くかつ強度がさほど変わらないことが認められ、この木片セメントブロックの新たな用途開発が期待できることが明らかとなった。更に、メラルーカの化学的な利用に関して、図3.5に示す樹皮のベンゼン抽出成分の利用が考えられる。抽出成分は、ベツリン酸、アセチルベツリン酸、ベツロン酸などのトリテルペンであり、その中でもベツリン酸が多く、収率は平均5.5% (1.6~11.5%)で、外樹皮の層が厚いものでは収率が高くなる傾向が認められた(Kato, *et al.*, 2005)。なお、ベツリン酸やその置換物は、抗がん活性や抗HIV活性などの生物活性が高いことから、メラルーカの外樹皮は医薬品の原料として利用されることが期待される。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

メラルーカ材の需要は土木建築工事に使用される杭木に限られ、杭木としての需要も徐々に減少傾向にある。そこで、新たな需要開発の可能性について検討した結果、木工家具・パーティクルボード・合板などの木材産業及びパルプ産業において、メラルーカがアカシア、ユーカリ等の木材と代替できることが明らかとなった。しかし、木材産業で杭材以外にメラルーカ材を利用するには、丸太径を 20cm 以上育てることが必要であり、伐採年数を増加させるため新たな森林計画の策定及び植林技術の確立、更に適正な利用技術の確立を図ることが必須である。

引用文献

- Aizawa M., Tung P.B.V., Chi M.T.T., Hao N.V., Can N.D., Kurokura H., Kobayashi K. (2006): Changes in water quality and rice production due to sluice gates and dyke construction in Mekong delta, Vietnam. Presentation at the International Conference 'Mekong Research for the People of the Mekong' Chiang Rai, Thailand, Oct. 18-21, 2006.
- Kato Y., Okuda N., Sato M. (2005): Studies on chemical components of Melaleuca cajuputi, IAWPS 2005, pp.264-265.
- Le Coq J.F., Trebuil G. (2005): Impact of economic liberalization on rice intensification, agricultural diversification, and rural livelihoods in the Mekong Delta, Vietnam. Southeast Asian Studies 42, pp.519-547.
- Okuda N., Sato M. (2004): Manufacture and mechanical properties of binderless boards from kenaf core. Journal of Wood Science 50, pp.53-61.
- Sakasegawa M., Yatagai M. (2003): Composition and antitermite activities of essential oils from Melaleuca species. Journal of Wood Science 49, pp.181-187.
- Sato M., *et al.* (2005): Development of the utilization technology for Melaleuca wood -the case of wood cement board and block. JIRCAS working report No.39, pp.101-107.
- Tanaka K. (1995): Transformation of rice-based cropping patterns in the Mekong Delta: From intensification to diversification. Southeast Asian Studies 33, pp.363-378.
- Toan T.Q. (2006): Water resource management in the Mekong basin: modeling and evaluation of floods, droughts and salinity intrusion. Presentation at the NIAES International Symposium, Tsukuba, Japan, Dec. 12, 2006.
- Tuong T.P., Kam S.P., Hoanh C.T., Dung L.C., Khiem N.T., Barr J, Ben D.C. (2003): Impact of seawater intrusion control on the environment, land use and household incomes in a coastal area. Paddy Water Environment 1, pp.65-73.
- 大平智江, 石川智士, 黒倉寿 (2005): メコンデルタの複合農業 (VAC システム)の実態と今後の展開. 熱帯農業 49, pp.294-301.
- 逆瀬川三有生, 谷田貝光克, 関則明ほか (2006a): Novel combination system of charcoal kiln and essential oil collector. 木質炭化学会誌 2, pp.17-26.
- 逆瀬川三有生, 谷田貝光克, 関則明ほか (2006b): Novel combination system of charcoal kiln and essential oil collector (2) comparison of charcoal quality. 木質炭化学会誌 2, pp.27-36.
- 佐藤雅俊 (2005): メラルーカ材を用いた木片セメント板および木片セメントブロックの試作. 熱帯林業 64, pp.42-48.

谷田貝光克 (2005): 熱帯林バイオマスの成分利用-メラルーカ及びユーカリの精油成分の特性その利用可能性. 熱帯林業 62, pp.49-57.

3. 4 人間活動 2 グループ (流域の水循環の変動が漁業生産に及ぼす影響の評価) 東京大学 大学院農学生命科学研究科農学国際専攻

人間活動2は漁業の実態調査と発展方向を検討した。メコン川流域最大の淡水魚の供給源はトンレサップ湖である。トンレサップ湖は、雨期・乾期で湖の水深・面積が大きく変わる湖として有名である。トンレサップ湖の魚の生活史は、このような湖の周年的な水位の変動に依存しており、メコン川の水管理の変化は、これらの水産資源・漁獲量に大きな影響を与えるものと予想される。本サブプロジェクトでは、トンレサップ湖とその周辺に焦点を絞り、湖の水文学的な変動と、水産生物の漁獲量・資源量の関係を解析した。

3. 4. 1. メコン川の魚類の個体群の分布様式

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

メコン川及びトンレサップ湖の魚の生活史を明らかにすることを目的とした解析を行う。

② 研究の実施方法

トンレサップ湖とその周辺の系群構造を解析するために、多地点で漁獲した魚からミトコンドリア DNA を収集した。その塩基配列から抽出されたハプロタイプの出現頻度から、魚の系群の違いを検出した。対象とした魚種は、東南アジア地域で高級魚とされるナギナタナマズの一種、*Notopterus notopterus* (以下、ナギナタナマズと表記する) と、漁獲量から見たトンレサップ湖における代表的な魚の *Henicorhynchus siamensis* (現地名トレイ・リエル、以下トレイ・リエルと記す) である。(Takagi, *et al.*, 2006a; Takagi, *et al.*, 2006b; 中村ら, 2005)

③ 研究の成果

カンボジア国内の 7 地点で漁獲されたナギナタナマズの系群を解析した。すると、7 地点の魚はトンレサップ湖内とカンボジアのメコン本川水系の 2 つの系群に分かれることがわかった。このことから、トンレサップ湖内とカンボジアのメコン本川水系とでは、ナギナタナマズの系群が異なると考えられる。なお、この 2 つの系群はラオス国内のメコン本川水系 (Pakxe, Numgum)、タイ国内のチャオプラヤ川水系、および、タイ南部で漁獲されたナギナタナマズとは系群が異なっていた。

なお、トンレサップ湖内 4 地点は、Sisophon、Battambang、Pursat、Kompong Chhnang を対象にした。カンボジアのメコン本川水系 3 地点は、Kratie、Kompong Cham、Prey Veng を対象にした。

トレイ・リエルについては、カンボジアのメコン本川水系、トンレサップ湖を含めて、単一の系群であると推測された。(Takagi, *et al.*, 2006a; Takagi, *et al.*, 2006b; 中村ら, 2005)

(2) 研究成果の今後の展開見込み

水産生物の資源解析とは、系群 (Population) 大きさの変動の解析である。したがって、資源解析にあたっては、対象とする系群が明瞭になっていなければならない。ミトコンドリア DNA の解析の結果、ナギナタナマズ、トレイ・リエルともにトンレサップ湖内の資源について、単一系群として資源解析を行うことに問題がないことが確認された。カンボジアのメコン本川水系には、複数のヘニコリンクス (*Henicorhynchus*) 属の魚種が存在する。漁獲統計上はヘニコリンクス属の種は区別されていない。しかしながら、量的にはトレイ・リエルが他の種に比べて十分多いため、ヘニコリンクス属を単一系群として扱っても、解析上の問題は少ないと考えられる。以上のことから、閉鎖的な水域に定住する移動性の少ない魚種を除けば、トンレサップ湖に生息する魚種は、多くの場合、単一系群として扱って解析することが可能であると推測される。

3. 4. 2. トンレサップ湖の漁業の実態

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

トンレサップ湖の漁獲量に影響を与える漁業の実態解明を目的とした調査を行う。

②研究の実施方法

カンボジアの漁業制度で、漁業は大規模・中規模・小規模漁業に区分されている。このうち大規模漁業の漁業者は、政府が定めるフィッシングロットと呼ばれる区画を入札によって購入し、ロット内で排他的に漁業を営む権利を得る。そのような権利をもった者は資源管理と漁獲量の報告の義務を負う。中規模漁業の漁業者は、ライセンスを得て、比較的大型の刺し網・巻き網・四手網・引き網などを行う。小規模漁業の漁業者は、ライセンスを必要としない、中規模漁業未満の漁具に使用が限定され、その実態は農民などが自家消費的に行う漁業とされている。小規模漁業による漁獲は、トンレサップ湖の全体の漁獲量の半分以上を占めているものと考えられているが、その実態は詳細にはわかっていない。そこで、本サブグループでは、小規模漁業の実態調査を行った。調査対象地域は、トンレサップ湖沿岸で、際立って米の単収が低く、農業生産性が低い Kampong Thom 県の 2 村(Srey Rangit 村、Svay Ear 村)である。(Hori, *et al.*, 2006)

③研究の成果

調査対象の 2 村には、トンレサップ湖まで移動して漁業を行う者(湖内グループ)が 1/3 程度あり、村内とその周辺で漁業を行う者(村周辺グループ)の割合は 1/3 程度にすぎなかった。残りの 1/3 は、湖周辺の沼や洪水林で漁業を行っていた(湖周辺グループ)。湖内グループおよび湖周辺グループは、漁業を行うには村を離れなければならない。そのため農作業がある雨期には漁業が行えず、乾期に漁業を行う。それに対し村周辺グループは、雨期に、水路や田圃で漁業を行っていた。2 村とも、湖内グループの漁獲量が多く、村周辺グループの世帯の漁獲量は少なかった。湖内グループでは、漁獲物のほとんどが販売されており、湖周辺グループでも、漁獲物の半分以上は販売されている。すなわち、この 2 村では、小規模漁業といえども、販売目的で漁業が行われていた。Kampong Thom 県の 2 村は土地生産性が低いこと、米の収穫前に洪水が起り、被害が発生することがしばしばあることから、米の単収が低く、ほとんどの家庭が、消費量に見合うだけの米の生産が出来ていない。いずれのグループでも漁業は現金収入のうちの大きな割合を占める。特に湖内グループは、漁業収入が大きく、総現金収入も高い。また、一世帯あたりの米の不足分を購入するのに必要な金額は、およそ 500,000 リエルであり、漁業収入がなければ、米の不足分を購入できないことがわかった(Hori, *et al.*, 2006)。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

小規模漁業が現金収入を目的として行われていることがわかった。その理由は米の生産性の低さや貧困である。漁獲の抑制には、米の生産性向上や貧困対策などを組み合わせた検討が必要である。

3. 4. 3. トンレサップ湖の水位変動が漁業資源量・漁獲量に及ぼす影響

(1) 研究実施内容及び成果

①研究の背景と目的

トンレサップ湖の漁業資源量・漁獲量と水文条件との関係を明らかにすることを目的とする。

②研究の実施方法

水位変動が水生生物の再生産・生残あるいは漁獲に及ぼす影響は種ごとに異なる。漁獲量の記録から水位変動が資源量・漁獲量に及ぼす影響を解析するためには、魚種別漁獲量のデータが必要である。しかし、カンボジア漁業省あるいはメコン川委員会が公表している漁獲量の統計資料は全漁獲量の記録であり、魚種別の漁獲量ではない。また、漁獲量は、資源量と漁獲努力量の関数であり、資源量の変動を解析するためには、漁獲量と同時に漁獲努力量の記録が必要である。すでに述べたように、信頼できる漁獲データは大規模漁業による漁獲記録である。人間活動 2 グループでは、漁獲努力量と漁獲量の関係が記録されている漁獲データを検索した。対象地域は、トンレサップ湖沿岸 7 県である。更に、大規模漁業の特定の漁法によって多く漁獲されていると推測される魚種を対象にした。その結果、Kampong Thom 県と Battambang 県において、トレイ・リエル等(spp.)は、主としてヤナ(Barrage)によって漁獲され、漁獲努力量と漁獲量の記録が存在すること、タイワンドジョウは、主として竹囲い(Bamboo fence)によって漁獲され、漁獲努力量と漁獲量の

記録が存在することが明らかになった。そこで、資源量の指標として、単位漁獲努力量当たりの漁獲量(Catch per Unit Effort:以下、努力量当たりの漁獲量と略す)を計算し、トンレサップ湖の水位変動の記録との相関を解析した。

③研究の成果

図 4.1 および図 4.2 に、トレイ・リエル等およびタイワンドジョウの努力量当たりの漁獲量の経年変動を示した。トレイ・リエル等の努力量当たりの漁獲量は、Kampong Thom 県、Battambang 県ともに、大きく変動しているが、その変動のパターンは両県で異なり、一定の経年的な傾向はみられなかった。このことから、トレイ・リエル等の資源量は、湖の水位など環境的な変動による影響を強く受けるものの、資源量の減少傾向はないと考えられた。これに対して、タイワンドジョウの努力量当たりの漁獲量は両県ともに、急激に低下していた。このことから、タイワンドジョウの資源量は、急速に低下しつつあると推測された。

図 4.1 の Battambang 県 のトレイ・リエル等の努力量当たりの漁獲量は Kampong Thom 県の努力量当たりの漁獲量に比べて値が小さい。この地域ではヤナ(Barrage)によるトレイ・リエル等の漁獲効率は低い。他魚種との関係や、比較的狭い範囲の環境変動の影響を受けているためと考えられる。そこで、努力量当たりの漁獲量の値が大きい Kampong Thom 県のみトレイ・リエル等について、努力量当たりの漁獲量の変動と湖の水位の変動のパラメータとの相関関係を分析した。結果を表 4.1 に示した。努力量当たりの漁獲量は $n-2$ 年、 $n-3$ 年の 5 月から 7 月の水位が比例する。すなわち、漁獲年の 2 年前、3 年前の雨期初期の水位の高さとの相関が高い。漁獲魚の年齢が、1+歳、2+歳であるとすれば、これらは、漁獲魚が産卵され、仔稚魚期を過ごした時期に相当する。一般に、ある年級群の資源量の大きさは、産卵量及び仔稚魚期の生残率によって決まる。したがって、この結果は、雨期初期に水位が速やかに上昇し、湖の面積が広がった年に、トレイ・リエル等の産卵量あるいは生残率が高くなることを示している。これに対して、雨期後半の 8 月から 10 月には、水位の変動の大きさと、努力量当たりの漁獲量の間負の相関が見られる。この時期はまだ緩やかに水位上昇している時期である。この値が大きいことは、雨期の後半において、まだ水位の上昇が大きいことを意味する。このことから、雨期の後半には、天候が安定し、水位の変動が小さいことが、稚魚の生産に有利に働くと推測される。

一方、図 4.2 にタイワンドジョウの努力量当たりの漁獲量すなわち資源量の急速な低下の原因をデータのみから推測することは困難である。トレイ・リエル等には資源量の低下傾向が認められないことから、その原因が、急激な環境の悪化にあるとは考えにくく、その主因は過剰漁獲である可能性が高いと考えられた。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

努力量当たりの漁獲量解析の結果は、トレイ・リエル等とタイワンドジョウで大きく異なっていた。すなわち、トレイ・リエル等には資源量低下の傾向は認められず、その資源量・仔稚魚期の生残率は水位変動パターンの影響を強く受けていた。これに対して、タイワンドジョウには急激な資源量低下の傾向が認められる。トンレサップ湖には、水位変動パターンの影響を強く受ける魚種と、漁獲圧の影響を受けやすい魚種とがあると考えられる。その比率は、今後の解析を待たなければならないが、水位変動の影響を強く受けるタイプの魚種の多くは雨期初期に産卵すると考えられる。このような魚種の資源量を維持するためには、雨期初期の水位を速やかに上昇させること、雨期後期には、水位を安定させ、水位の変動を小さくすることが、重要であると考えられる。また、タイワンドジョウのように漁獲圧の影響を強く受ける魚種については、漁獲制限を行い、漁獲圧を低下させることが、資源管理上重要である。漁業管理が行えず、過剰漁獲が行われたとしても、ただちに漁獲量全体には影響しない。生物生産は湖全体の基礎生産量に依存しており、特定の魚種の資源量が低下しても、魚種交代がおり、水生生物の全体量は変化しないためである。しかし、過剰漁獲が続けば、漁獲される魚は小型化し、水産的な価値の高い魚種の漁獲量は低下する。価格の高い魚の漁獲比率が低下するため、総漁業生産額は低下する。小規模漁業の実態調査で明らかにしたように、小規模漁業といえども、漁獲の目的は漁獲した魚の販売にある。その後の調査によれば、漁獲された高級魚の一部は、タイ、ベトナムなどに輸出されている。過剰漁獲が続けば、漁業による収益は低下する。小規模漁業を行う農民は、米生産の不足を補うために現金収入の獲得

を目的に漁業を行っている。他に、現金収入の獲得手段のない現状では、漁業の収益性の低下は、さらなる漁獲努力量の増加・過剰漁獲の進行を招くと考えられる。したがって、適正な資源管理、漁獲制限を行うことと並行して、農民に対する他の現金獲得手段の提供、あるいは、農業生産の向上によって、農民の漁業依存度を低下させなければならない。

以上のことから、漁業生産を維持・増加させるためには、農業技術を改善し、生産性の低い Kampong Thom 県の農業生産を高める一方で、雨期初期の水位上昇を確保し、雨期後期の水位変動を縮小させる水管理を行うことが重要であると考えられる。

表 4.1 Kampong Thom 県におけるトレイ・リエル等の努力量当たり漁獲量と水文パラメータの相関分析結果

水文パラメータ ¹			相関係数	サンプル数 ²	p 値
タイプ	時期				
	漁獲年 ³	月			
平均水位 ⁴	n-3	6 月後半	0.98	4	0.025
平均水位	n-2	5 月後半	0.97	4	0.025
平均水位	n-2	7 月後半	0.83	6	0.042
水位の変動性 ⁵	n-3	10 月前半	-0.97	4	0.030
水位の変動性	n-2	9 月後半	-0.89	6	0.019
水位の変動性	n-1	8 月前半	-0.98	7	0.0001

¹ 水文パラメータは、湖内の Kampong Luong 地点の日別水位データを使用。

² サンプル数が水文パラメータによって異なるのは、一部のパラメータで欠測が生じたため。

³ 漁獲年は、10 月 1 日に始まり、翌年 9 月 30 日に終わる。すなわち、n-1 年の 8 月は、10 月 1 日から始まる漁獲年の始まりの 2 か月前の 8 月。

⁴ 平均水位は、各月の前半もしくは後半の日別水位データの平均値。

⁵ 水位の変動性は、水位の日間差の絶対値の総和。

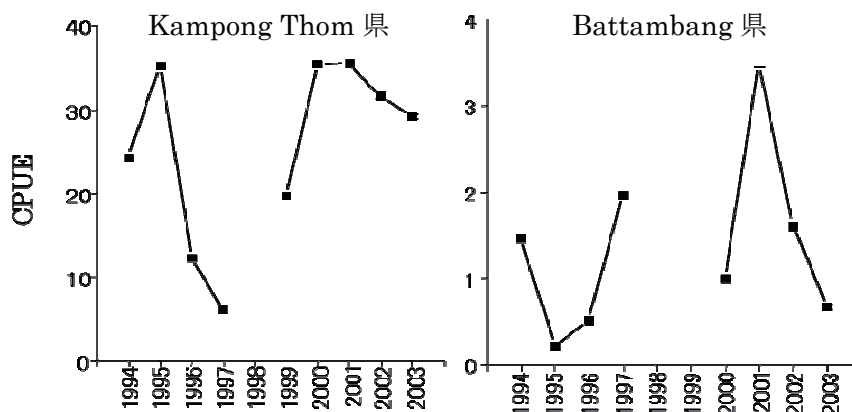


図 4.1 Kampong Thom 県および Battambang 県のヤナ (Barrage) によるトレイ・リエル等の努力量当たりの漁獲量(CPUE)の経年変動

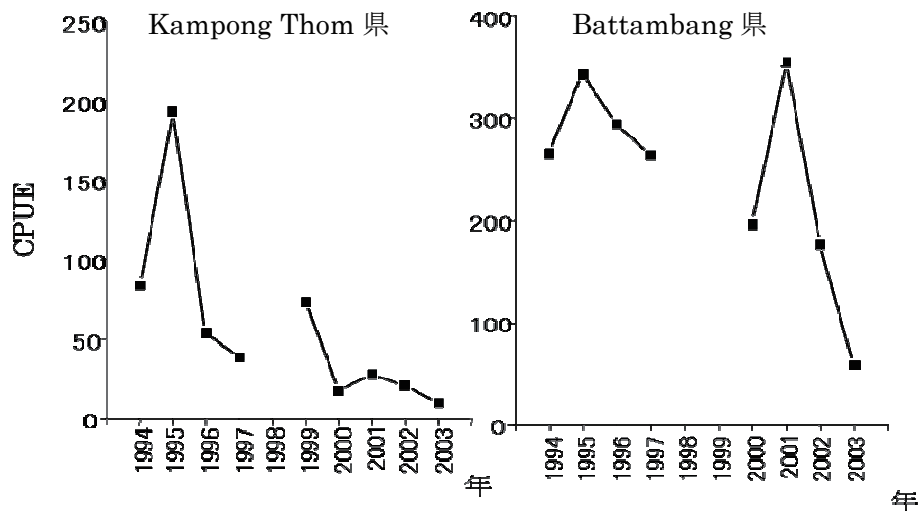


図 4.2 Kampong Thom 県および Battambang 県の竹囲い(Bamboo Fence)による
タイワンドジョウの努力量当たりの漁獲量(CPUE)の経年変動

引用文献

- Hori, M., Ishikawa, S., Heng, P., Thay, S., Ly V., Nao T., and Kurokura, H. (2006): Roles of small-scale fishing in Kompong Thom province, Cambodia. *Fisheries Science* 72: pp.846–854.
- Takagi, A., Ishikawa, S., Nao, T., Sitha, H., Nakatani, M., Nishida, M., and Kurokura, H. (2006a): Genetic Variation in the mitochondrial DNA of the bronze featherback *Notopterus notopterus* in Cambodia. *Fisheries Science* 72: pp.750–754.
- Takagi, A., Ishikawa, S., Nao, T., Sitha, H., Nakatani, M., Nishida, M., and Kurokura, H. (2006b): Tandem repeat sequence segments in the control region of Bronze featherback, *Notopterus notopterus*, mitochondrial DNA. *Fisheries Science* 72: pp.1319–1321.
- 中村みほ, 高木映, 石川智士, 中谷将典, Thouk Nao, Sitha Hort, 宮正樹, 西田睦, 黒倉壽 (2005): カンボジアにおける *Henicorhynchus siamensis* の遺伝的多様性. 2005 度日本魚類学会年会.

3.5 経済発展グループ(メコン川中下流4カ国応用一般均衡・経済発展モデルの開発とシミュレーション予測)

(独)国際農林水産業研究センター

経済発展グループでは、応用一般均衡モデルと計量経済モデルを用いてメコン川の水資源と経済発展関係を分析する。流域国のうちラオスとカンボジアは経済統計が未整備であるため、定量的な分析の前段階として産業連関表、社会会計表の推定にも取り組んだ。

3.5.1. 経済データの推計

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

メコン川流域では貧困や人口増加が依然として大きな問題であり、社会の安定と発展には農林水産業が重要な役割を担う。そのため経済発展の方策を検討するには、水資源の利用可能性や開発策について考えることが重要である。そこで経済発展グループでは、水資源と経済発展の関わりについて分析を行う。後発開発途上国であるラオス、カンボジアは、実証的分析が可能になる水準の経済統計が未整備であるため、代表的な経済統計である産業連関表、社会会計表の推定も行う。

② 研究の実施方法

両国の経済状況を知るためのデータ収集を行った。基礎的なデータは、両国の政府機関や国際機関の協力を得て、また数回の現地訪問により収集した。不足するデータは、経済統計の整備が進むタイとベトナムの過去のデータなどから推計を行った。これらのデータを利用して、経済部門間の財サービスの取引を記述する産業連関表と、財サービスに加えて資金の流れも含む社会会計表を作成した。これらの表は、収集したデータに基づき個々のセルを埋めてゆき、その後、表の列和と行和が他の経済指標と一致するようにセルの値を調整した。

③ 研究の成果

経済統計の整備が進まず実証的な経済分析が困難であったカンボジア、ラオスについて、産業連関表と社会会計表を推計した(Kobayashi, *et al.*, 2006a; Saito, *et al.*, 2006; Saito, 2007; 齋藤, 2007)。これらのデータを活用すれば、政策オプションの比較検討など、両国の開発に関する議論をより具体的な形で進めることが可能となる。両国の基本的な経済構造を分析した結果、カンボジアでは食品産業の影響力係数(Output Multiplier, 当該産業への需要が国内産業全体の生産を活発化させる効果)が、主要輸出産業である服飾産業の1.7倍の2.2に達し(図5.1)、今後の経済発展をリードする有望な産業であることが明らかとなった(Kobayashi, *et al.*, 2006b)。ラオスでは顕著に高い後方連関効果(ある産業への需要が他の産業の生産を誘発する効果を意味し、影響力係数も後方連関効果の指標の一つ)が見つからず、産業育成策検討には所得連関効果(所得が消費を通して生産を活発化させる効果)の検証が必要であることが明らかとなった(Saito, *et al.*, 2006)。

産業連関表推計の最終プロセスでは、個々のセルごとに推計された表が全体として整合性を保つように機械的な調整を行う。負の値を含む表はGeneralized-RAS(ラス)法と呼ばれる手法で調整することができる。本研究ではGeneralized-RAS法が原理的に含むバイアスを発見し、その点を改良するという学術的成果も得られた(Huang, *et al.*, 2008)。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

本研究で推計されたカンボジアとラオスの産業連関表、社会会計表は、今後も継続的な修正と更新が必要である。それは推計の基礎として利用した両国の統計が質、量ともに向上する傾向にあり、それに歩調を合わせ両表を更新してゆくことにより、経済シミュレーションの精度向上も期待できるためである。具体的には、産業部門ごとの貿易額や生産費用をより正しく捉えることで、各産業の成長が経済発展に及ぼす影響を、より正確に予測できるであろう。

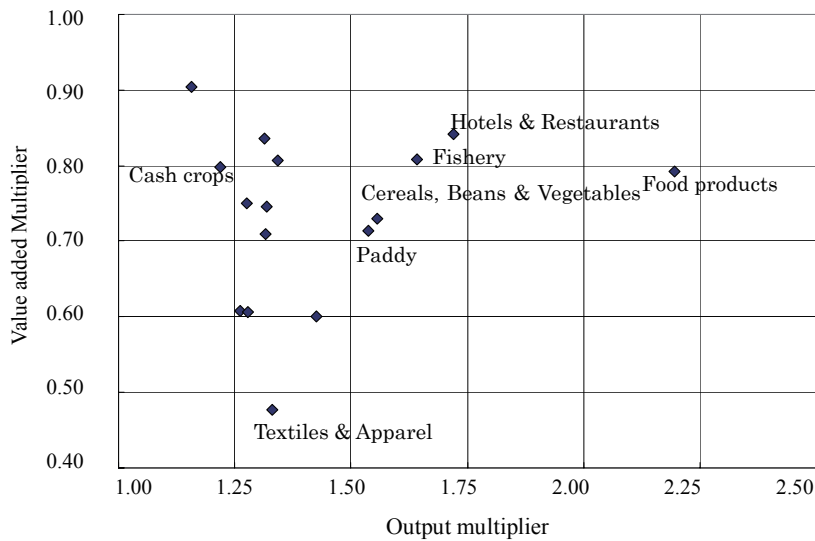


図 5.1 カンボジアの産業の影響力係数(Output multiplier)と付加価値誘発係数(Value added multiplier)

3. 5. 2 水資源需給に関する分析

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

インドシナ半島では1991年にカンボジア内戦が終結し、これを契機として、アジア開発銀行の大メコン圏経済協力イニシアティブ構想に基づくアジア東西回廊(ベトナム-ラオス-タイ)、南北回廊(タイ-ラオス-中国)の道路建設が企画された。これにより、後発のラオス、カンボジアにも経済統合を活用する発展の道が開かれた。ところが、当地域では雨期と乾期における降水量の差が大きく、それに応じて利用可能な水資源量も季節変動する。とくに乾期においては、経済発展による増加が予想される水需要をメコン川水系で賄えるのか、という問題が生じる。そこで、本課題においては、中国雲南省、ラオス、東北タイ、カンボジア、ベトナムのメコンデルタを「メコン川流域」として、経済発展と水需要の関係を分析する。

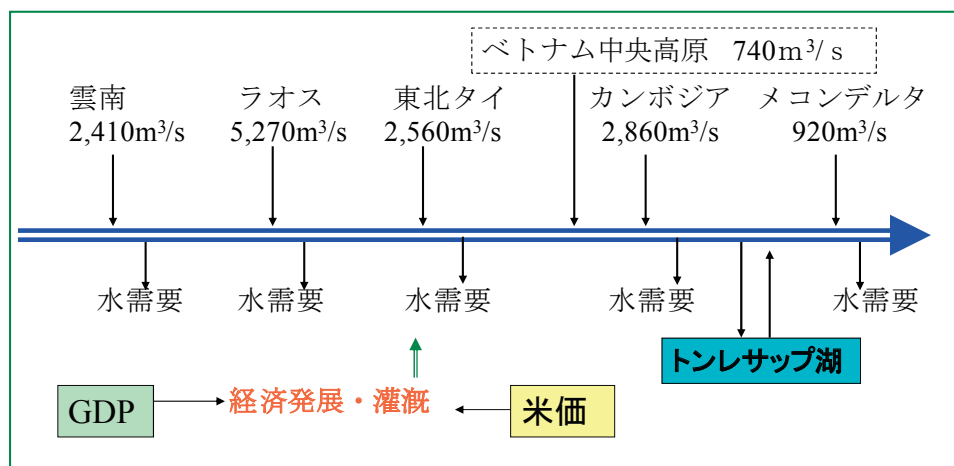


図 5.2 メコン川流域の水資源需給分析モデルの構造

② 研究の実施方法

分析はまず、メコン川流域における産業別の水需要関数を計測し、今後の経済発展や米価の動向に応じた水需要量を 2050 年に向けて予測する。次に、各地域における水需要量の増加(減少)によって下流域に対する水供給が減少(増加)するモデルを構築し、水需要量と上流域からの流入を加算した水資源量との比較を行う。モデル構築に際しては、月別の水資源量、上流から下流への流下日数、トンレサップ湖の貯水機能を考慮する。このモデルは事実記述型モデルであり、各産業による水利用の最適化行動を前提としないため、メコン川の流量や産業別水需要量についてモデルの設定値や関数を入れ替え、柔軟に多くのケースに対応したシミュレーションを行うことができる。このモデルの構造を図 5.2 に示す。

③研究の成果

水資源需給に関する長期予測を、1人あたりGDPの成長率と米価推移についてそれぞれ3つのシナリオを仮定し、その組み合わせから合計9ケースについて行った。シナリオ設定では過去の平均を中位シナリオとし、GDPについてはその約±30%を、米価については±20%を高位シナリオ、低位シナリオとした(米価は自己相関係数0.67で2000年の水準から±20%に収束すると仮定)。その結果、以下の点が明らかとなった(多田ら, 2007)。今後メコン川流域において高い経済成長率が実現し、また高水準の米価が継続した場合、中国雲南、東北タイ、ベトナムのメコンデルタにおける水需要の伸びが大きくなり、需要量は現在の2倍に達する。その結果、乾期の水需給逼迫が予測された(図 5.3)。また、米価は米作付面積の変化を通し、水需給に大きな影響を及ぼすことも明らかとなった(図 5.4)。水資源逼迫が特に問題となるのはベトナムのメコンデルタであり、4月の水需要量の資源量に対する比率は、現在の25%から2050年の53%に上昇する(図 5.5)。これは国連の報告書で水資源逼迫が「深刻」と判断される40%を超えている。今後の流域の経済発展を考える場合、メコンデルタの水資源逼迫と塩水遡上拡大に対する配慮が、重要な課題である。

(2)研究成果の今後の展開見込み

開発されたモデルの拡張を進めることにより、様々な視点からのシミュレーションが可能になる。具体的には、地球環境や森林破壊の拡大による降雨パターンや土壌の保水量の変化を取り込むことによって、メコン川流域諸国における水需給への影響を分析することが可能となる。また産業分類を細分化することで、養殖を含めた水節約型作付体系の研究に活用できる。また、後述の応用一般均衡モデルと統合することにより、水資源量の経済活動に対する制約についても、検討が可能となる。

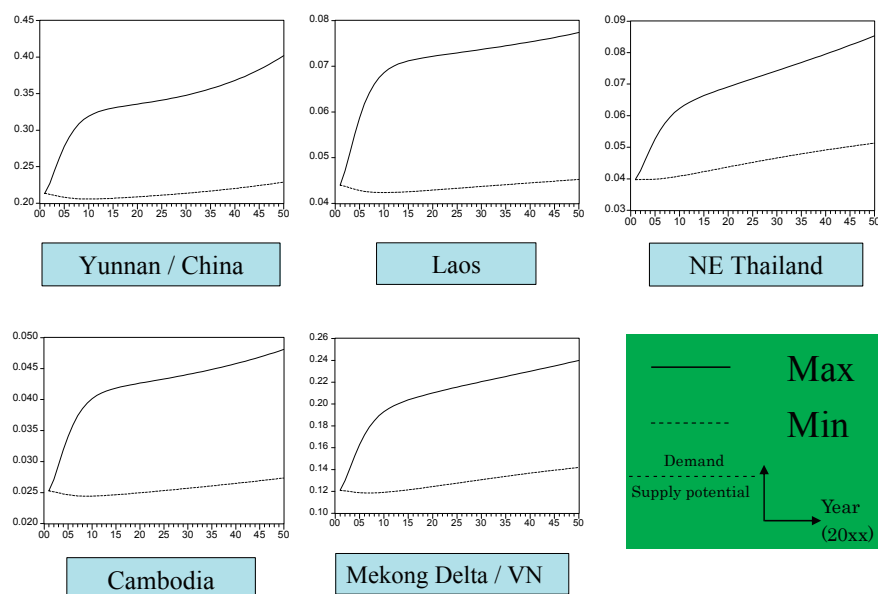


図 5.3 乾期のメコン川流域における水資源の需要量/資源量の比率(最大ケースと最小ケース)

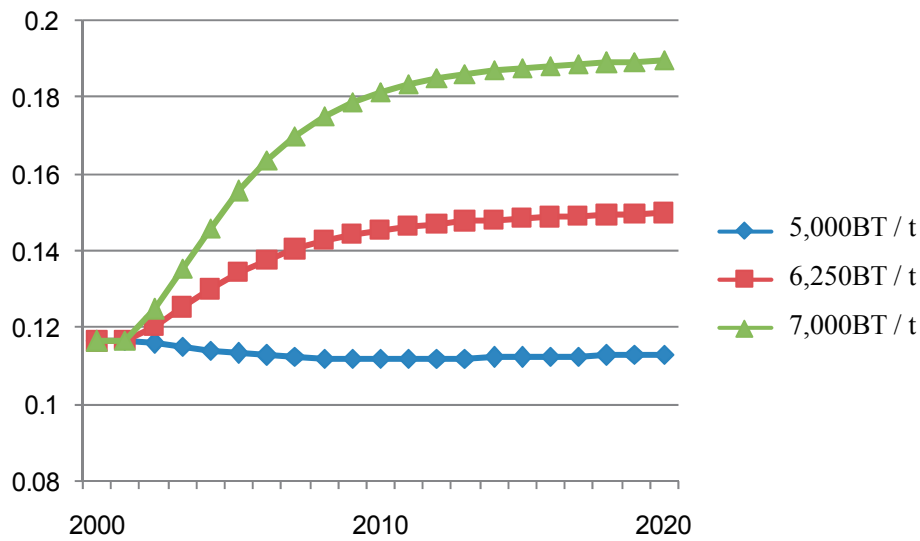


図 5.4 米価と乾期の水資源の需要量/資源量比率の経年変化（ベトナムのメコンデルタ）

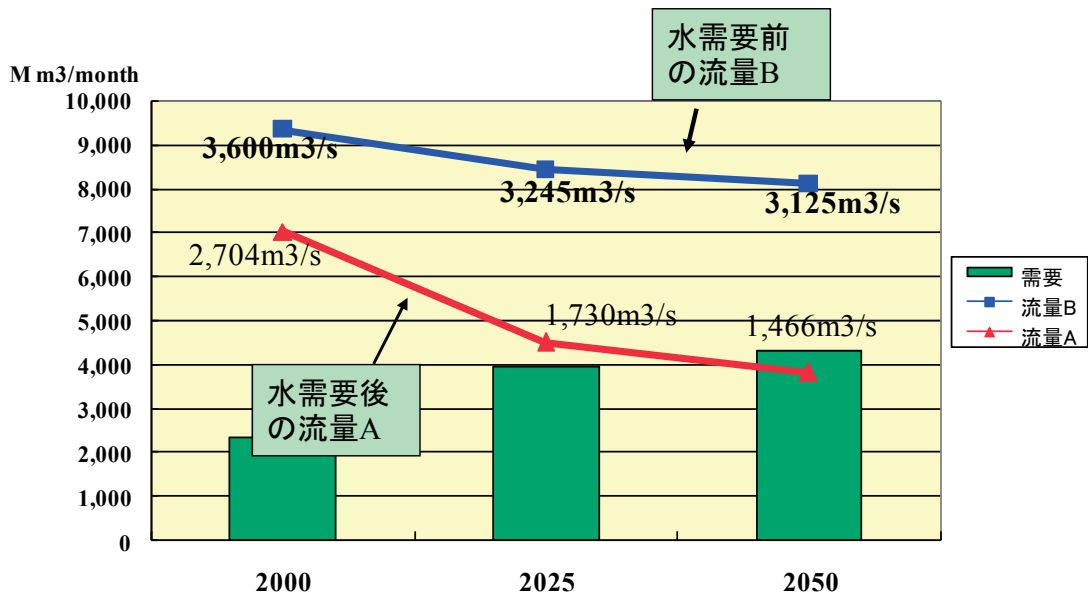


図 5.5 4月の流量と水需要量(ベトナムのメコンデルタ)

3. 5. 3 メコン川下流 4 カ国間の経済波及に関する分析

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

経済のグローバル化が進むにつれ、貿易が一国経済に及ぼす影響は増大している。一般に相互貿易は、パイを大きくするという視点からは両国にとっての利益となる。よって適切な貿易政策が、多国間の相乗的経済成長を実現する可能性もある。そこでメコン川流域の国際的な経済波及を多国間の応用一般均衡モデルで分析し、各国間の経済的な結びつきを明らかにする。

② 研究の実施方法

応用一般均衡モデルとは、経済主体の最適行動の仮定の下に、複数市場の均衡を表す連立方程式を作り、外部要因の変化に反応する均衡価格と取引量を求めるものである。統計的な検証を

重視する計量経済モデルと補完的に用いられるが、産業連関表や社会会計表のみでもモデル特定化が可能であり、市場メカニズムの帰結をシミュレーションできるなどの特長を持つ。メコン川下流 4 カ国応用一般均衡モデルの構築では、各国内の複数財市場、労働市場、土地や資本など労働以外の生産要素市場、そして複数財の国際貿易市場を仮定した。

経済波及にはその起点となる変化が必要だが、ここでは技術水準を意味する総合生産性 (Total Factor Productivity, TFP) が 5% 向上し、生産が効率化されると仮定する。各国の産業は、ここでは農林水産業、製造業、サービス業の 3 部門に分類する。それらについて順番に TFP を向上させ、その変化が各国の厚生水準 (支出関数値で計った実質所得) をどのように変化させるか比較する。国・地域はメコン川下流 4 カ国に世界経済 (Rest of the World, ROW) を加えた 5 地域とし、表 5.1 の表側にある 15 ケースのシミュレーションを行う。

③ 研究の成果

シミュレーションの結果 (齋藤ら, 2007) を表 5.1 にまとめる。表側は総合生産性が向上する国と産業部門、表頭はその影響で厚生水準が変化する国であり、波及が顕著な部分のみ数値を入れた。右端の列は、各国経済における産業部門の規模 (GDP に占める比率) を示す。

まず自国への波及をみると、タイではサービス業が自国の厚生を 2.39% 増加させインパクトが最大であるのに対して、ベトナム及びラオスでは農林水産業の及ぼす影響が 1.1%、2.69% と比較的大きいという結果が得られた。特にベトナムでは GDP におけるシェアと厚生へのインパクトが、農林水産業と製造業の間で逆転している (GDP は農林水産業 24.5%、製造業 36.7% に対し、厚生インパクトは 1.1% と 0.8%)。同様の逆転は、カンボジアの農林水産業とサービス業間にもみられる。これらのシェアは小さくともインパクトの大きい部門 (ベトナムの農林水産業やカンボジアのサービス業) は、小さな投資で厚生を増大させる可能性を秘める。

国際間波及という点では、タイの産業はベトナムの厚生へ、ベトナムの産業はタイの厚生へ影響を与えており、両国間の相互依存関係が相対的に大きい。一方、カンボジアとラオスの厚生はタイの産業から受ける影響が大きいが、カンボジアとラオスの産業はタイの厚生に与える影響は小さい。それはこれらの国の GDP がタイ経済と比べて小さいことや、タイとの産業間の結びつきが現状では弱いためだろう。またラオスの厚生は、世界経済から直接受ける影響が他国と比べてはるかに小さく、世界経済との関わりの弱さが示された。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

今後、メコン川下流 4 カ国間の貿易データの継続的更新と並行して、産業分類を詳細化したシミュレーションを実施する。これによって、メコン川中下流域諸国の相乗的経済成長を実現することのできる産業部門の特定化と、流域の開発政策に対する具体的な提案への助言が可能となる。

表 5.1 総合生産性が 5% 向上する時の厚生水準の増加率 (%)

		Thailand	Vietnam	Cambodia	Laos	ROW	GDP Share (2000)
Thailand	Agriculture	0.40	0.00	0.00	0.00	0.0	9.0
	Manufacture	1.40	0.10	0.10	0.10	0.0	42.0
	Service	2.39	0.20	0.20	0.10	0.0	49.0
Vietnam	Agriculture	0.10	1.10	0.00	0.00	0.0	24.5
	Manufacture	0.10	0.80	0.00	0.00	0.0	36.7
	Service	0.10	1.69	0.00	0.00	0.0	38.7
Cambodia	Agriculture	0.00	0.00	1.19	0.00	0.0	39.6
	Manufacture	0.00	0.00	0.90	0.00	0.0	23.3
	Service	0.10	0.00	1.79	0.00	0.0	37.1
Laos	Agriculture	0.00	0.00	0.00	2.69	0.0	55.2
	Manufacture	0.00	0.00	0.00	0.80	0.0	27.3
	Service	0.00	0.00	0.00	0.60	0.0	24.6
ROW	Agriculture	0.00	0.00	0.10	0.00	0.3	5.5
	Manufacture	0.20	0.20	0.20	0.00	1.1	21.5
	Service	0.30	0.20	0.30	0.00	3.5	73.0

ROW: Rest of the World

3. 5. 4 水力発電投資と経済発展に関する分析

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

ラオスでは山間部にダム適地が多く、水力発電がラオス経済の牽引役として注目されている。産業が未だ高度に発達していないラオスにおいて、水力発電を活用した経済発展の実現性は、購入者として期待されるタイなど周辺国のエネルギー需要にも左右される。そこでラオスにおける水力発電投資の効果を、多国間の応用一般均衡モデルで分析する。

② 研究の実施方法

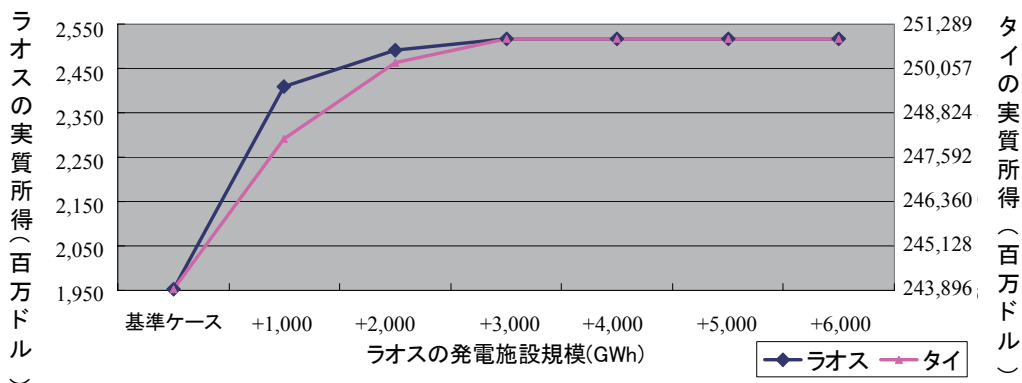
応用一般均衡モデルとは前節で述べたように、複数市場の均衡を表す連立方程式を作り、外部要因の変化に反応する均衡価格と取引量を求めるものである。

水力発電投資の分析では、近隣国間での取引が波及する効果をシミュレーションするため、各国内モデルを拡張し、電力輸入需要関数、電力輸出供給関数を含むモデルを特定化した。これにより開発シナリオに応じた電力の国際価格と取引量が求まり、その波及も分析が可能となる。

③ 研究の成果

ラオスはGDP規模が小さいため、電力供給だけでなく発電投資自体が自国の経済に大きな波及効果を持つと予想される。そこでナムテン2電源開発プロジェクトを対象とし、投資の波及効果を分析した。投資額は総事業費から資金調達費用を除いた額を、建設予定期間で除したものとし、それが建設業への外生的需要になると仮定する。その結果、建設業とコンクリートなどの建設資材産業のアクティビティ(生産量)が約80%と大幅な増加を示した。また金属産業のアクティビティも20%増加した。これらの大幅な生産増により、名目国民所得は9.5%と大きく成長するが、生計費指数(労働者が直面する物価水準)も5.8%上昇するため、実質国民所得は約3.5%の増加となる。近年のラオスのGDP成長率が6%前後であることを考えると、発電投資が成長に大きな影響を与えていることがわかる。この波及は周辺国にも及び、タイとベトナムからラオスへの輸出が10%以上増加する。それにより国民所得はタイで1.8%、ベトナムで3.7%増加する結果となった。

次にラオスの電力供給が、流域国の経済発展に与える影響を分析した。ここではタイとラオスについて述べる。2003年の社会会計表を基準に、ラオスの水力発電容量を実績から増加させると、タイとラオス両国の所得が増加する結果となった(図5.6)。これは電力の輸出入により、タイのエネルギーコストは削減され、ラオスの外貨収入は増加するためである。しかし発電容量の増分が3,000GWhを超えると、所得の増加が止まった。その原因としては、タイ経済の短期的成長力の限界やラオスの供給コスト上昇が考えられる。このことより、2003年時点の経済規模では3,000GWhの容量増加が適切であることがわかる。では将来的には、どれほどの容量が適切であろうか。タイの経済規模(労働力や資本ストック)を2003年と2010年の2ケースについて仮定し、ラオスの発電容量増加とタイの人口当たり所得の関係を図5.7に示す。既に述べたように2003年の経済規模では+3,000GWh以上では所得は増加せず、ナムテン2の規模は過剰であるが、2010年の経済規模では+5,000GWhまで所得が増加傾向を示す。石油高騰や経済の伸び代としての施設規模を考慮すれば、ナムテン2は適切な規模といえるだろう。



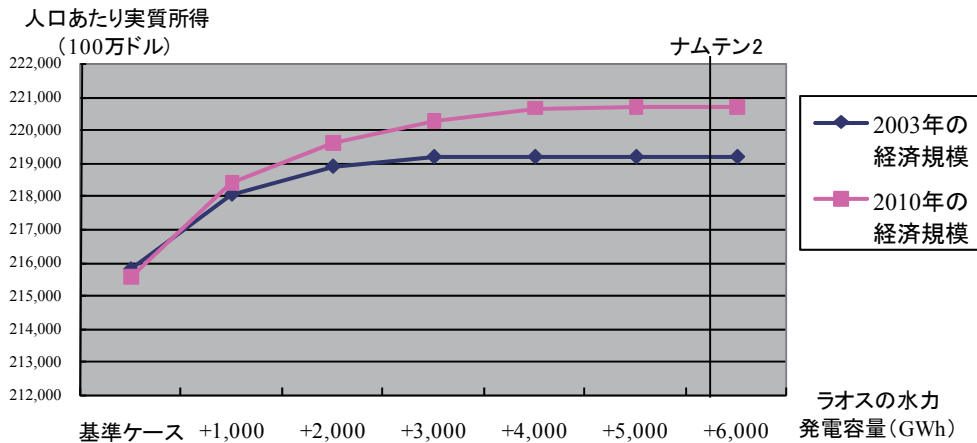


図 5.7 ラオスの発電規模とタイの単位人口当たり実質所得

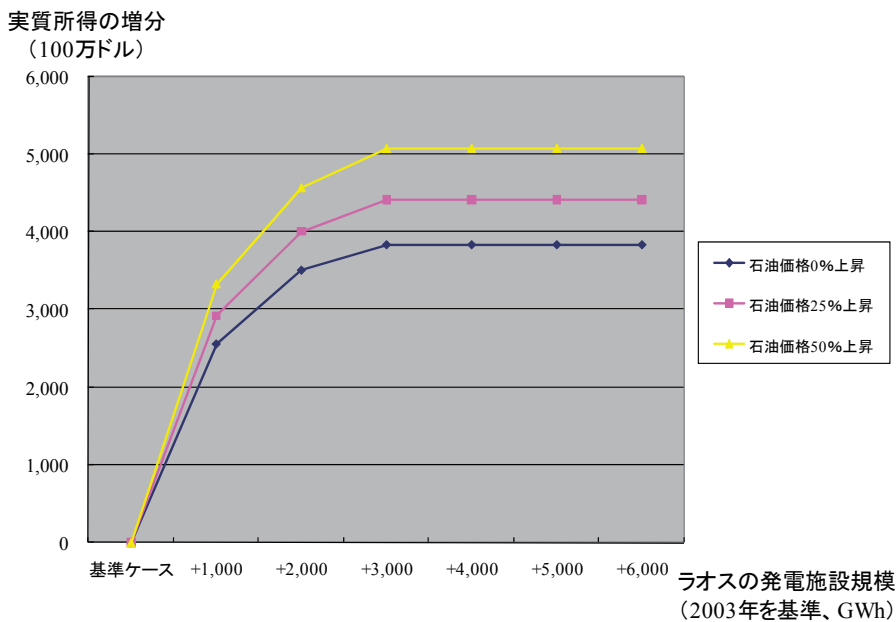


図 5.8 ラオスの水力発電が誘発するタイの所得増加と石油価格水準

石油価格上昇をシミュレーションすると、価格上昇により両国の所得水準は低下するが、ラオスの発電が生み出す限界的所得は大きくなる結果となった。図 5.8 は、ラオスの水力発電容量を増加させることによって、タイの実質国民所得がどれだけ増加するかを示す。石油価格が基準年(2003年)に比べ 0、25、50%増加するケースを仮定した。石油価格が高いほど、水力発電容量の増加が生み出す所得(あるいは節約される支出)が大きいことがわかる。このことより、ラオスにおける発電の経済効果は、石油価格上昇局面で更に増大することがわかる。

(2) 研究成果の今後の展開見込み

今回は収益の観点からの発電プロジェクト評価は行っていないが、今後シミュレーションの基礎となるデータの蓄積が進めば、このモデルを利用した分析により、収益・財政面での投資評価が可能になるだろう。

開発されたメコン川下流 4 カ国応用一般均衡モデルに、通常の経済モデルでは省略されることが多い農業生産の特性や生態系との相互作用を取り込むことにより、農林水産業が重要な地位を占めるメコン川流域に適したモデルへの改良が期待される。更に、前述の水資源の需給を推計す

るモデルと統合することにより、水資源量の経済活動に対する制約についても検討が可能となり、灌漑プロジェクトも評価の対象となる。

3. 5. 5 経済モデルと生物経済モデルの統合

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

メコン川流域の氾濫原では洪水水位や漁獲圧力の変化により、年毎の漁獲量が激しく変動する。メコン川の魚は流域の住民の貴重なタンパク源であり、また漁業は貧困層の収入源でもあることから、漁獲量や漁業所得の予測は重要な課題である。これまで、洪水規模など自然条件と漁獲量の関係は多く研究されてきたが、社会が漁業資源や所得に与える影響の分析は少ない。そこでカンボジアを対象として、自然条件と社会条件から漁獲量や漁業所得を予測するモデルの開発を行った。

② 研究の実施方法

カンボジアの応用一般均衡モデルに、漁業資源の変動を表す生物経済モデルを統合したモデルを構築する(小林ら, 2007)。モデルの概要を図 5.9 で示す。

雨期の洪水水位はカンボジアの漁業資源量に大きな影響を与えることが知られている。そこで説明変数に水位を加えた非平衡プロダクション漁業資源モデルを、水位と漁獲のデータから推定した。通常の応用一般均衡モデルは、市場価格に反応して一瞬に需給が調整されることを前提とする。しかし、カンボジアの漁業は農村貧困層の従事者が多いことから、特に労働市場においてはこの仮定は当てはまらない。そこで漁業従事者数は賃金水準のみでなく、低所得人口でも説明されることを仮定した。そして漁獲努力量を先決とする非平衡プロダクションモデル(誤差の最小化により時系列データから漁業や生態のパラメータを決めるモデル)により、漁獲量が決められるモデルとした。

③ 研究の成果

図 5.10 に標準的な洪水水位が継続するケースと、開発などの影響により洪水水位が 50cm 低下するケースの漁獲量を、2003 年価格を基準に比較した。水位の低下が継続する場合、漁獲量には 5%ほどの低下が見られた。しかし、漁獲量低下が価格の上昇を招き、生産額や漁業所得は減少しなかった。一方、都市住民を中心とする中間層や労働市場へのアクセスが困難な低所得層では、価格上昇や漁獲減少により実質所得が 2%以上低下した。

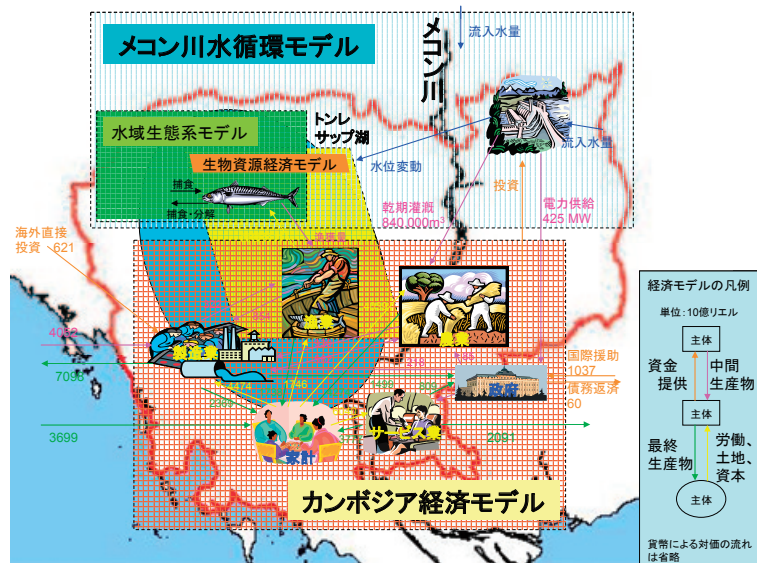


図 5.9 漁業生産と漁業所得の予測モデルの概念図

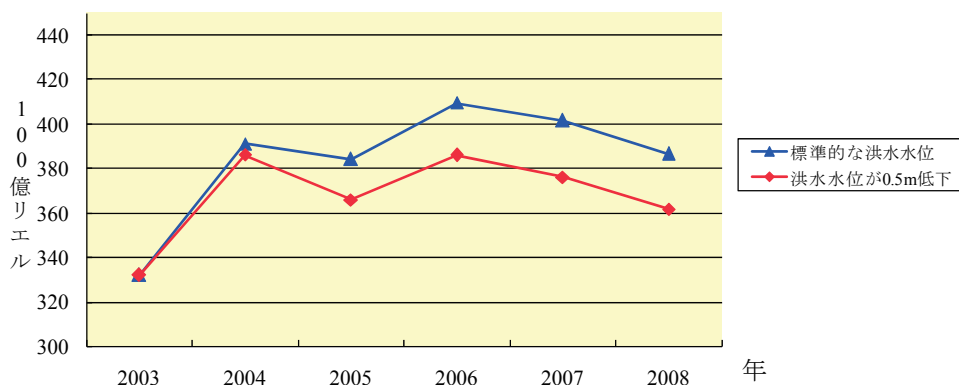


図 5.10 洪水水位とカンボジアの漁獲量に関するシミュレーション結果

(2) 研究成果の今後の展開見込み

今回の分析では漁獲量減少が漁民の栄養状態に与える側面を考慮していない。この側面からの検討と、モデルの拡張が課題である。しかしこの研究により、自然条件の変化が漁獲量と経済システムを通じて及ぼす影響も、分析の対象とする可能性が開けた。このモデルを利用することで、開発事業の負の影響を事前に予測し、その代替措置を検討することが可能になる。

引用文献

- Huang, W., S. Kobayashi, H. Tanji (2008): Updating an Input-Output Matrix with Sign-preservation: Some Improved Objective Functions and Their Solutions, *Economic Systems Research*. Vol. 20 (in press).
- Kobayashi, S., K. Saito, M. Tada, O. Koyama, H. Tanji (2006a): Estimation of an Input-Output Table of Cambodia and an Analysis of the Structure of the Economy, *Proceedings of the Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin*, pp. 9-16.
- Kobayashi, S., K. Saito, M. Tada, O. Koyama, H. Tanji (2006b): The Properties of Cambodia Economy and Economic Development, *Proceedings of International Conference on Mekong Research for the People of the Mekong*, pp. 458-465.
- Saito, K., S. Kobayashi, M. Tada, O. Koyama (2006): Water Resource Endowment and Economic Development: A Case Study of LAO PDR, *Proceedings of the Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin (CD-ROM)*, pp. 7a-7g.
- Saito, K. (2007): Estimating the Social Accounting Matrix of Lao PDR and Evaluating Resource Based Exportation, *Journal of Rural Economics*, Special Issue 2007 (in press).
- 小林慎太郎, 丹治肇, 黄文峰, 多田稔 (2007): 漁業の生態的特徴を考慮した応用一般均衡モデルの検討—カンボジア経済を対象として—, *日本地域学会第 44 回(2007)年次大会発表論文*, pp.1-9.
- 齋藤勝宏 (2007): ラオスの産業構造と経済発展の可能性, *PAPAIOS Conference Report 2007*, pp.119-123.
- 齋藤勝宏, 小林慎太郎, 多田稔, 小山修 (2007): メコン川流域諸国における生産性向上の国際波及について —国際応用一般均衡モデルによる接近—, *日本国際地域開発学会, 2007 年度秋季大会, 講演要旨*.
- 多田稔, 丹治肇, 小林慎太郎, 齋藤勝宏, 小山修 (2007): メコン川流域諸国の経済発展と水資源制約, *平成 19 年度日本農業経営学会報告要旨*.

3.6 システムグループ(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)

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

システムグループでは開発計画を想定し、水循環を考慮した望ましい水利用・水管理システムのあり方について政策提言のための助言を行う。水循環に関連したメコン川の開発利用計画は、渇水問題、洪水問題、水質問題、生態系環境問題が主なものである。ここでは、水利用から見た渇水問題と洪水問題を対象にする。課題は、社会経済条件の検討、水利用シナリオの検討、水循環モデルによる開発計画の検討、ビエンチャン市の水質問題に分かれる。

3.6.1 社会経済条件の検討

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究のねらい

シナリオ検討のために、基礎的な社会経済データ、既存のシナリオを整理し、シナリオ検討の視点を絞り込む。

② 研究実施方法

文献調査および社会経済データのトレンド分析を行う。メコン川委員会の水利調整権限について整理する。

③ 研究成果

a) 基本シナリオの選定

新生メコン川委員会が誕生した当初は 1970 年代の本川ダム中心の開発シナリオの復活が試みられたが、1990 年代は環境派の力が強かったこと、戦乱により、特にカンボジアで、水文・環境の新しい基礎データが欠けていたことがあり、開発は進まなかった。2000 年以降、水力発電ダムを中心に開発計画が進んでいるが、灌漑開発計画は小規模なものに留まっている。2004 年に世界銀行とメコン川委員会が出した Modeled Observation on Development in the Lower Mekong Basin(World Bank, 2004、以下、「世界銀行のレポート」と呼ぶ)がシナリオベースで具体的な水循環を検討した唯一のレポートである。現在、メコン川委員会はこのレポートで用いた水循環モデルに、リングラー型の経済モデルを組み込んだモデルを構築中である。世界銀行のレポートは、開発案件のうち、特に水力発電と灌漑開発に焦点を当て、水力発電と灌漑開発がメコン川の水循環に与える影響を検討している。ここでは、このレポートから次の 2 点を以下のシナリオ検討で引継ぐことにした。

- i) 水循環に量的な影響を与える要素に水力発電ダムと灌漑開発を採り、この 2 つの要素で主たるシナリオを形成する。この点は、水量の検討としては妥当である。
- ii) シナリオ検討を現状相当の基本シナリオ (BL:Baseline)、低開発 (LD:Low Development)、高開発 (HD:High Development)に分け、表 6.1 のダム建設と乾期灌漑面積を割り当てている。なお、雨期の灌漑その他の条件は、流量に与える影響が小さいため省略した。なお、表 6.1 の MD はメコンデルタ、CH はベトナムの中央高原の意味である。シナリオを发展阶段毎に分けることは合理的である。以下、比較のためにこのレポートの計算結果を引用する場合には、世界銀行のレポートでレポート名を明記し、その後にシナリオ条件をつける。

なお、世界銀行のレポートのシナリオを踏襲する前に、過去の農地拡大と灌漑面積、コメの消費のトレンドを分析した。その結果、カンボジアとラオスで、今後、食料自給は達成可能であり、食料自給を前提としたシナリオ分析は不要で、輸出余力を検討する方が現実的である。つまり、世界銀行のレポートのシナリオが不合理であるという理由は見出せなかった。

b) メコン川委員会の権限

1995 年の協定にしたがって、設定されたメコン川委員会の水利調整権限を表 6.2 に整理する。メコン川委員会の権限は、メコン本川に限定され、支川開発は基本的に報告義務があるだけで、調整権限が及ばない。また、流域内と流域外、乾期と雨期により取り扱いが異なっている。1995 年以降、開発は専ら支川で行われ、メコン川委員会の調整案件は発生していない。

高開発シナリオには、タイのcock川とイン川から6～11月に140m³/sの水をチャオプラヤ川流域に変更する計画(表6.2の○に相当)を含む。また、水利権をラオスから得て、ノンカイの下流で、メコン本川から12～4月に、250m³/sの水をムン川とチー川流域に導水する計画(○に相当)を含む。更に、カンボジアは、メコン本川にサンボールダムを建設する計画(◎に相当)も含む。

表 6.1 世界銀行のレポートの開発シナリオ(MCM: million cubic meter)

	ダム有効貯水量			乾期灌漑面積		
	基本シナリオ MCM	低開発 MCM	高開発 MCM	基本シナリオ 1000ha	低開発 1000ha	高開発 1000ha
China	0	10,298	22,698	-	-	-
Cambodia	0	0	3,590	250	375	751
LaoPDR	5,406	11,664	27,114	127	191	382
Thailand	0	0	0	156	187	412
VietnamCH	779	1,889	2,359	45	52	67
VietnamMD	0	0	0	1,514	1,514	1,514

表 6.2 メコン川委員会の調整権限

	流域外		流域内	
	乾期	雨期	乾期	雨期
本川	◎	○	○	●
支川	●	●	●	●

●: 報告義務
○: 一般協定
◎: 特別協定

(2) 研究成果の今後期待される効果

ここでの検討は主に次項のシナリオ検討の絞り込みに使われた。

3. 6. 2 水利用シナリオの検討

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究のねらい

メコン川の開発と保全のためのシナリオの検討及び流域の水の利用と管理のために必要な条件を明らかにする。

② 研究実施方法

世界銀行のレポートを始めとして、既存のシナリオ検討をレビューする。過去のシナリオ検討で特に重要な点に注目して優先順位付けを行う。水循環モデルや応用一般均衡モデルで詳細な検討をする前に、水循環からシナリオの絞り込みを行う方法を検討する。

③ 研究成果

a) 世界銀行のレポートのシナリオ評価

世界銀行のレポート開発計画:メコン本川の大規模ダム開発のように、環境影響が大きく、シナリオ検討の優先順位を下げなければならないと思われる開発計画を除けば、重要な開発案件は、世界銀行のレポートのシナリオに含まれている。世界銀行のレポートのシナリオは環境面では、トンレサップ湖の漁獲量とベトナムのメコンデルタの塩水遡上問題のみを扱っている。これだけの検討では、水質問題と環境問題については十分とはいえない。しかし、これらの課題への取り掛かりとしては妥当である。開発シナリオ検討の開発案件も世界銀行のレポートをベースに追加修正すればよい。

b) 水利用評価のキーポイント

メコン川の水文及び水利用の現状は Mekong River Commission (2003)、Mekong River

Commission (2005) にまとめられている。これを参考にすると、メコン川は乾期と雨期の流量差が大きいので、年間総流出量に対する水利用量の影響は小さい。世界銀行のレポートでも、ベトナム国境流量でみるシナリオ間の年間総流出量の差は 1.5%以下である。したがって、水利用問題の検討を、水の需給バランスのもっとも厳しい乾期の 12~4 月、特に 3~4 月に絞る。

水利用上重要な取水量をメコン川下流 4 カ国について推定する方法は、現時点では以下の通りである。生活用水と工業用水では、人口、生産額、所得水準から間接的に推定する。農業用水は水田面積と面積当たりの必要灌漑水量を掛けて推定する。以上の推定で最も信頼性が低く、取水量推定に影響を与える値は、面積当たりの必要灌漑水量である。

この方法でメコン川の取水量を推定した結果の国別構成割合を図 6.1 に示す。面積当たりの灌漑水量は世界銀行のレポートの値に合わせた。ベトナムのメコンデルタの取水比率は図 6.1 のように 59%になる。ベトナムのメコン川の流量と取水量のバランスが流域の水利用の最大の課題である。既に、水利用 2 グループで検討したように、ベトナムのメコンデルタの河川流量推定は潮汐の影響があり難しい。また、潮汐の影響を受け流れが刻々変動する時に、どこまで取水できるのか正確には不明である。

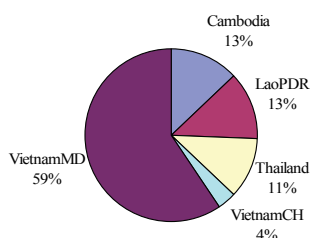


図 6.1 メコン川の乾期の灌漑取水比率

図 6.2 に世界銀行のレポートによる 4 月の推定灌漑取水量(Intake 1)と本研究の推定灌漑取水量(Intake 2)を 4 月と 9 月の 1960 年~2004 年の平均河川流量と比べた。9 月の流量は 4 月とスケールをとらえるために、1/10 目盛りになっている。各地点の位置を図 6.3 に示す。これから、4 月のベトナム国境地点⑤では河川流量に比べ、取水量の割合が大きく、渇水リスクが高いが、その他の地点では渇水リスクを考えなくてよいことがわかる。

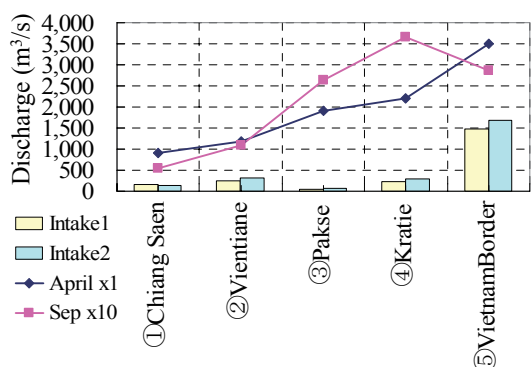


図 6.2 メコン川の代表地点の 4 月と 9 月の河川流量と 4 月の灌漑取水量(Intake 1, 世界銀行のレポートによる推定灌漑取水量、Intake 2, 本研究らの推定灌漑取水量)



図 6.3 代表地点の位置

最近のベトナムのメコンデルタの乾期の水田作付面積の推移を図 6.4 に示す。折れ線グラフで示した水位は、前年のトンレサップ湖の Kompong Loung の年最大水位である。作付面積の変化とトン

レサップ湖の水位の間に関係があることがわかる。これから、現在のベトナムのメコンデルタの乾期作は、河川流量を利用できる上限まで開発利用しており、今後河川流量が増えなければ、作付面積の拡大は難しいと推定できる。つまり、ベトナムのメコンデルタでは、現時点で、河川流量と取水量が釣り合っているという前提で解析を進めれば、メコンデルタの河川流量と取水量が正確には不明でも、今後の流量変動に対する影響は、シナリオ検討が可能になる。この場合釣り合っているということは、次の仮定を意味する。

$$\text{河川流量} = \text{取水量} + \text{取水不可能な最低流量}$$

この「取水不可能な最低流量」は不明である。明示してはいないが、世界銀行のレポートはこの値がゼロに近くなるように、基本シナリオを設定していると考えられる。

発電ダムは水利用の拡大に対応して、供給量の拡大を担う。高開発シナリオで発電ダムは雲南、ラオス、ベトナム、カンボジアに位置するが、これらのダムはすべてクラチエより上流にある。ベトナムのメコンデルタだけでなくクラチエ下流の灌漑取水についてみれば、図 6.1 の取水比率は合計で 72%になる。

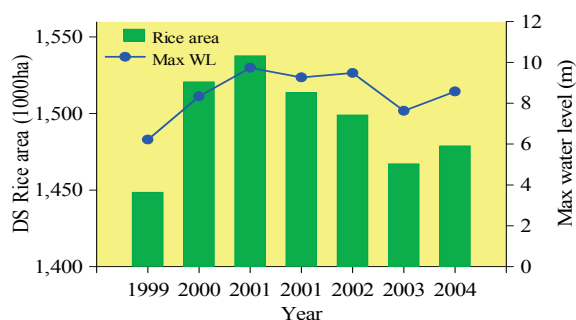


図 6.4 乾期のベトナムのメコンデルタの水田作付面積(DS Rice area)とトンレサップ湖の最高水位(Max water level)

c) 資源配分シナリオの検討

3～4 月の渇水リスクと開発の関係について、世界銀行のレポートでは、灌漑開発により、取水量(需要)が増加するが、発電開発による低水流量増強(供給)がこれを上回るとしている。つまり、渇水が起こるか否かは、発電開発と灌漑開発の速度のバランスにあるともいえる。世界銀行のレポートが主張する灌漑開発による需要増と水力発電による供給増のバランスの有意性は水力発電ダムの操作法と、面積当たりの必要灌漑水量に依存している。実際の面積当たりの灌漑取水量を図 6.5 に示す。そのレンジは 600～2,200mm と幅が大きい。世界銀行のレポートではこの値を国別に与えている。しかし、この与え方ひとつで需給バランスの結果は変わる可能性が高い。この点を確認

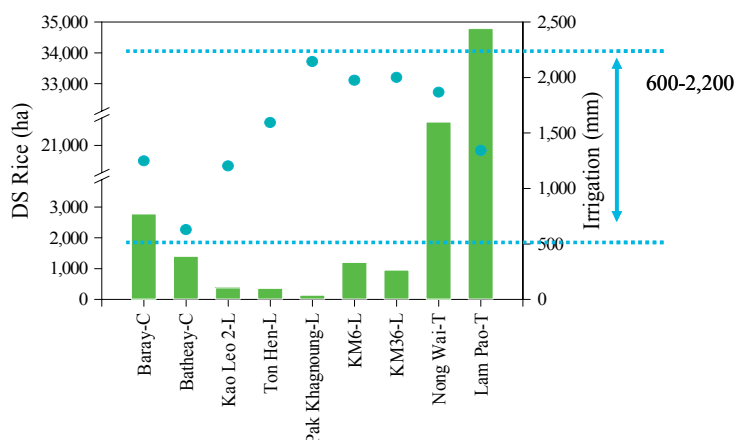


図 6.5 灌漑地域—国別の乾期灌漑面積と面積当たりの灌漑水量 (L:ラオス、T:タイ、C:カンボジア)

かめるために、一例として、灌漑必要水量を変えた場合の需要供給バランスを図 6.6 に示す。横軸の取水比は感度解析のための現在の面積当たりの灌漑必要水量に対する取水量変動の比 (intake change ratio) である。例えばこの値が 1.2 のときには、世界銀行のレポートの値より、実際に 20% 増の取水が必要な場合になる。縦軸の需給バランスは基本シナリオでゼロになるように調整した。灌漑面積が変化しなければ取水比は、面積別の灌漑必要水量の変化に対応する。つまり、図 6.6 から、需給バランスは面積当たりの灌漑必要水量の影響を受けること、その割合が、高開発シナリオで特に大きいことがわかる。

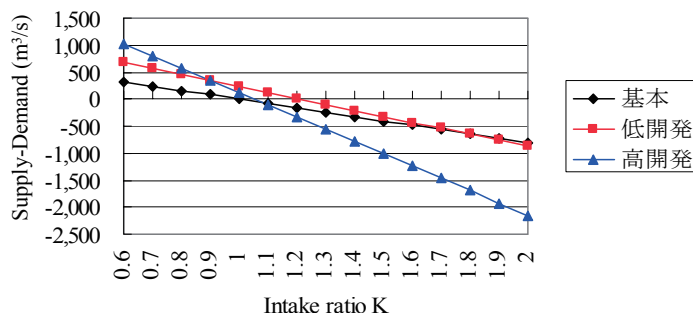


図 6.6 需要供給量差に対する灌漑水量変動比 (Intake change ratio) の感度応答
BL: 基本シナリオ (Baseline), LD: 低開発 (Low Development), HD: 高開発 (High Development)

結局、需要と供給間のバランスを見るという視点は、パラメータの依存度が高すぎて有効ではない。振り返ってみると、需要量が供給量を下回るときには、無駄に海に水が捨てられるので不自然である。発電ダムによって生じた水資源より小さな灌漑水量しか生じないと考えるよりも、水資源に価値があるのだから、需要は供給に均衡するところまで増大すると考える方が自然である。これは見方を変えれば、発電ダムが生み出す水資源の配分問題である。リングラーは、メコン川の水経済モデルを作って、既に、便益を最大化する条件で水資源配分問題を解いている。そこで、便益を最大化する資源配分問題として、開発シナリオを考える。3~4 月の渇水時期には、供給される増加流量を、メコン川下流 4 カ国 5 地域で分け合う配分を想定する。リングラー流の通年モデルに比べれば、ここでは、期間を部分的に限って最適化する点が異なる。しかし、水利用の項目ごとの総便益を考えると、{発電便益 >> 乾期の灌漑便益 >> 雨期の灌漑便益} になるので、この点に注意すれば、通年モデルとは大きな差は生じない。

ここでは、配分を世界銀行のレポートの基本シナリオと低開発シナリオの計算結果と比較する。水資源供給増は、低開発シナリオレベルとするが、世界銀行のレポートの低開発シナリオとの比較を容易にするために、供給は世界銀行のレポートの低開発シナリオの取水に一致させる。取水量の幅は、基本シナリオより小さいことから高開発シナリオまでをとる。ベトナムのメコンデルタはシナリオによる差がないため、適宜幅を与えた。条件を図 6.7 に示す。

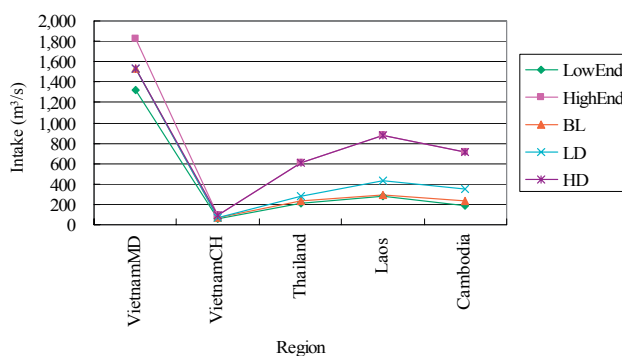


図 6.7 シナリオ毎の取水と取水の制約条件 (Low End, High End が制約を示す)

世界銀行のレポートの基本シナリオと低開発シナリオを基準に、灌漑便益を最大化する線形計画解(LP)、基本シナリオを参考にしたパレート最適な配分(Pareto)、上流優先ルール(Upstream)を比べた。図 6.8 に取水配分を、図 6.9 に生産者米価に基づく農家の乾期作米の販売総額を示す。

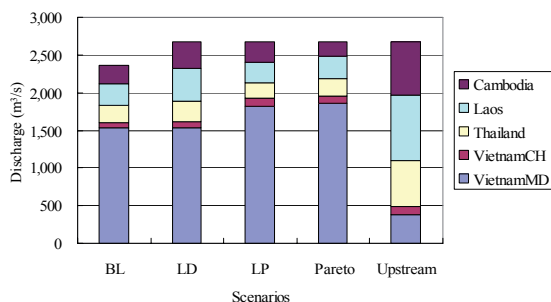


図 6.8 取水量の配分

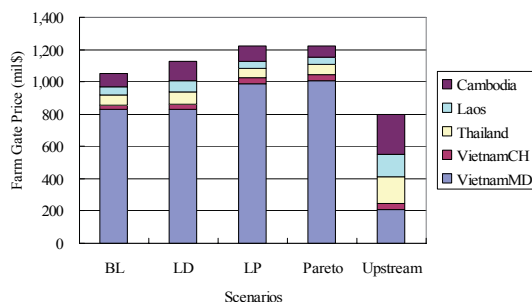


図 6.9 農家の乾期作米の販売総額

これから、流域の便益の合計を最大化するという評価関数では問題解決にはならないことがわかる。なぜならば、大まかにいえば、開発が遅れているところは、灌漑施設が不備のため面積当たり灌漑水量が大きく、単収は低く、生産者米価は低いからである。つまり、便益最大化を現在のデータをもとにパラメータを作成して計算すると、開発の進んでいるところに一層の投資をする結果になってしまう。「メコン川の開発は、特に開発が遅れている国や地域に焦点を当てる」ということは、共通認識のように思われる。その場合には、平等性指標を導入することになるが、これが、経済的合理性とは逆の重みになることも上の考察が正しければ自明である。少なくとも、短期的には、水利用効率の向上、より大きな経済的効果を追及しないことになる。資源配分方法を概念式で書けば次式になる。

$$\text{ある地域・国への資源配分量} = (\alpha \times \text{効率性指標} + (1 - \alpha) \times \text{平等性指標}) \times (\text{資源量})$$

α の値は経済学の課題ではなく政治学の課題であろう。

以上のように、経済的合理性だけで問題解決は難しいのであるが、それにもかかわらず上流優先(Upstream)シナリオ時のコメ販売額の結果は重大である。この結果は水利調整に失敗した場合に相当し、そのとき、流域全体に非常に大きな経済的なダメージが生ずることを示している。

メコン川委員会の調整権限は既に表 6.2 で見たようにメコン本川開発に限定されている。しかし、今後、灌漑開発が進み、発電開発が遅れ、あるいは、発電ダムの上流操作が期待したほど、渇水流量を増強しない場合には、上流優先(Upstream)シナリオのような流況が発生しうる。これはゆゆしき状況である。このためには、メコン川委員会が支川レベルも含めた総量管理(水利権管理)のような権限を持つことを強く推奨する。

(2) 研究成果の今後期待される効果

以上の検討で、メコン川の水循環上最も重要な開発計画とその問題点が整理できた。この知見は政策提言のための助言として、今後、メコン川委員会などと議論したい。

3. 6. 3 水循環モデルによる開発計画の検討

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究のねらい

開発がメコン川の水循環に与える影響を評価するために、水循環モデルを開発し、モデルを使った個別開発シナリオの評価を目的とする。

② 研究実施方法

メコン川下流4カ国について、分布型の流出モデルを作成する。既存の分布型モデルは、上流水位が下流水位の影響を受けないクラチエ上流について、検討されているが、水利用の面では、クラチエ下流が重要である。このため下流水位の影響を考慮したクラチエ下流のモデル化も検討

する。特に、クラチエの下流では、メコン川は、プノンペン付近で、バサック川とわかれ、ベトナムで海に達するまでには7~9派川に分かれるので、河道網と集水域分割法についても検討する。

③研究成果

a)水循環モデルと河道網の作成方法

メコン川下流域全体の 10kmメッシュレベルの水循環モデルを改良した。メコン下流域には、湖や、流路のループ、派川が含まれ、また、メコンデルタには平坦な地域が多い。このため、各河川と湖の間の、流入流出河川の河道網や、サブ流域界の分離は従来の手法では極めて困難である。従来の標高データ(DEM)に基づいた D8 手法と単純な形態学のアプローチ(Voronoi diagram)を結合し、ラスタ形式の数値河川網から河川の骨組を抽出し、河川の一部に湖、ループ、派川としての属性を与えて、流路やサブ流域界などの決定手法を開発した(図 6.10、6.11 参照)。更にこれらの河川情報を地表特性のデータセット、降水量データセット、蒸発散データセットなどと結合し、分布型流出モデルである TOPMODEL を使った水文シミュレーションを可能にした(Huang, *et al.*, 2006)。

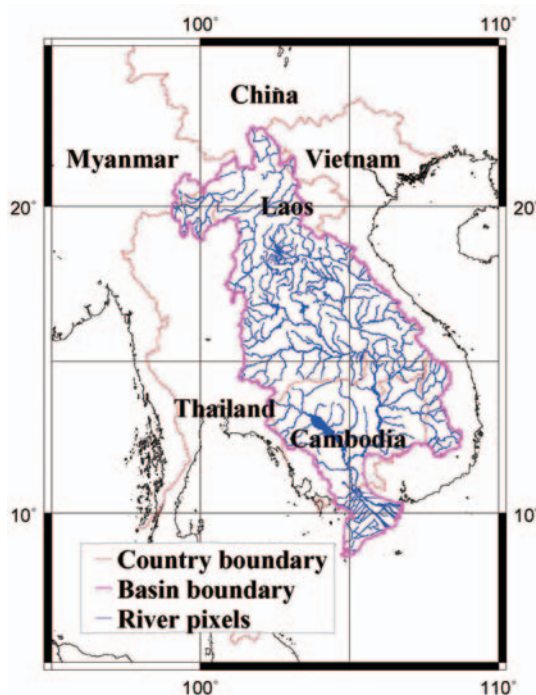


図 6.10 メコン下流域の数値河道網



図 6.11 D8+Voronoi Diagram によって決定された流域界

b) 検討条件の設定

水循環モデルを用いて、各開発シナリオが水循環に与える影響を考える。既に前節で検討したように、シナリオ検討は世界銀行のレポートを出発点にする。また、面積当たりの必要灌漑用水量については、比較のために本研究の値も考える。即ち、世界銀行のレポートの基本、低開発、高開発シナリオと、高開発シナリオにおいて、面積当たりの必要灌漑用水量を本研究の値に差し替えた 4 つの場合を計算する。計算条件を表 6.3 に示す。同じシナリオ条件について筆者らの結果と世界銀行の結果を比較する場合は Case の後に「present」と「World Bank, 2004」と付して区別する。また、世界銀行のレポートでは、カンボジアの灌漑開発の具体的な方法については、言及されていない。水利用 2 グループのカンボジアの灌漑調査結果に見るように、メコン川右岸のカンボジアでは小支川が多いため雨期に支川の流水をダムで貯水するより、低平地に池を作り、洪水の水を堤防中に貯留する方が容易な開発方法である。そこで、ここでは全てのシナリオにおいてはカンボジアのトンレサップ湖周辺でも 125kha の洪水貯水池が開発されると想定した。

表 6.3 各シナリオの計算条件

Scenario	Descriptions	Dam Storage (Mm ³)		Irrigation Intake (m ³ /s)				
		China	Lao PDR	Lao PDR	Thailand	Cambodia	Vietnam CH	Vietnam MD
Case1	Baseline by World Bank (2004)	-	4,714	291	231	236	66	1,533
Case2	Low development by World Bank (2004)	10,300	9,864	438	277	355	76	1,533
Case3	High development by World Bank (2004)	22,698	9,864	875	610	710	98	1,533
Case4	High development by JST-CREST Tanji Team	22,698	9,864	734	858	956	129	1,752

Area of 125kha around the Tonle Sap Lake assumed to be developed

c) クラチエ地点でのモデル精度の検討

水循環モデルの検討のためクラチエでの流量で比較する。図6.12にクラチエの月別流量の比較結果を示す。図中の「MRC(2005)」は、メコン川委員会がまとめた1960年から2004年の実測のクラチエの月別平均流量(Mekong River Commission, 2005)である。「Case1 (present)」は、水循環モデルの1991年から2002年の基本シナリオの計算結果の月平均値である。「Case1(World Bank, 2004)」は世界銀行のレポートの基本シナリオの計算結果である。ただし、ここでは、乾期の流量に着目するため、灌漑取水は乾期の1~4月に限定したので、雨期の流量は、取水条件は世界銀行のレポートと異なる。月別平均流量で論ずるのであれば、水循環モデルには高い再現性がある。本研究のモデルは相対的には、世界銀行のレポートの結果よりも、メコン川委員会の求めた月別平均流量に近い。

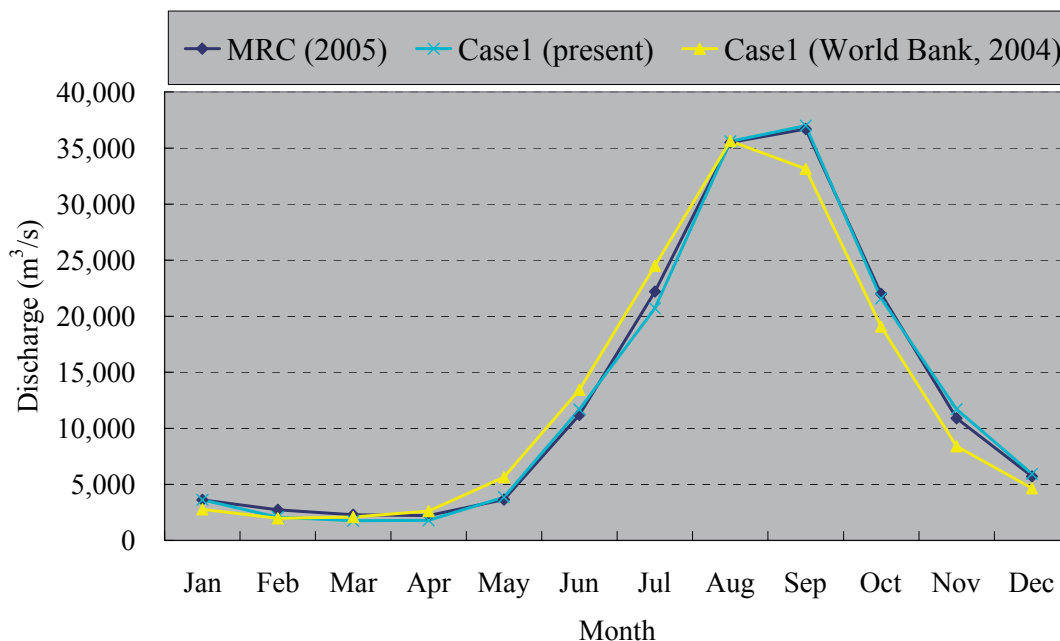


図 6.12 クラチエの月別平均流量比較

d) ダム開発効果の検討

低開発・高開発シナリオとも、現存及び計画の水力発電ダムは全て、クラチエより上流にある。水循環モデルを作る上では、クラチエ上流は流れが下流水位の影響を受けないため、モデルの検討は、下流部より単純になる。ここでは、クラチエ地点の流量で、ダム開発効果を検討した。計算は1991~2002年までを行い、12年間の平均値を月流量で示した。図6.13にクラチエ地点の流量比較結果を示す。まず洪水時期の河川流量は第1の基本シナリオ(Case 1)と、第2の低開発シナリオ(Case 2)、高開発シナリオ(Case 3, Case 4)の2グループに分かれる。低開発シナリオではクラチエ上流でもダムによる湛水流量の増加効果は極めて小さい。

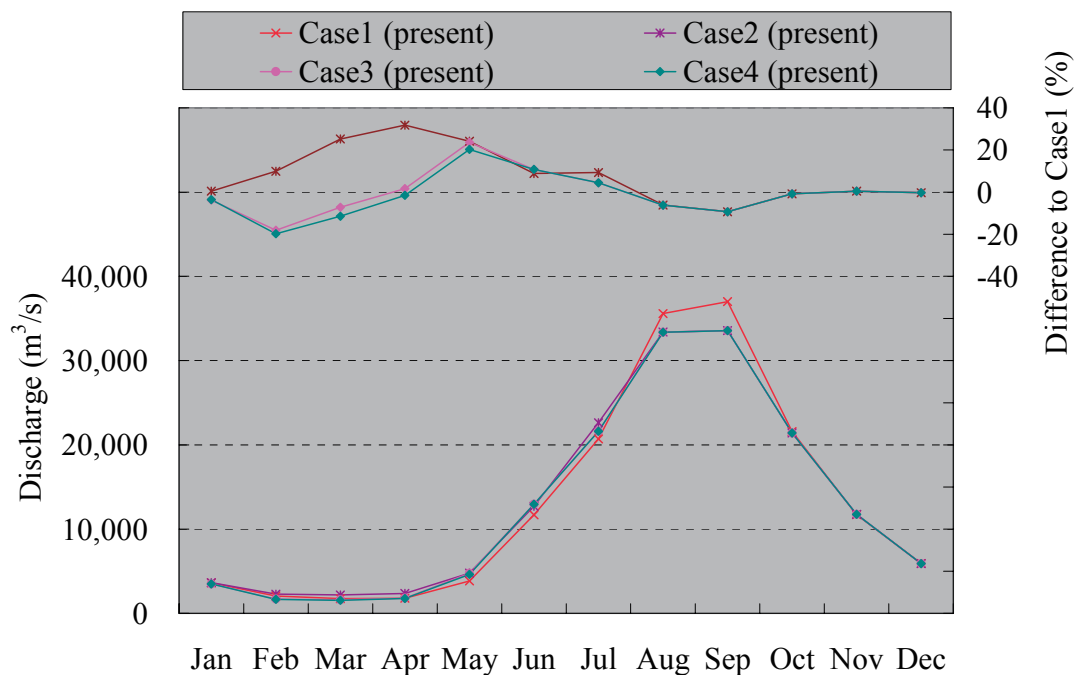


図 6.13 クラチエの月別平均流量比較

e)ベトナム国境の月別平均流量

図 6.14 にベトナム国境の流量の計算結果を示す。まず、世界銀行の計算結果と、本研究の計算結果を比較すると、雨期の洪水流量は本研究の方が大きい。これは、本研究が乾期に焦点をあてているため雨期の灌漑取水を考慮していないこと、ダムの操作条件が異なるためと思われる。いずれにしても、この程度の流量変化では、洪水被害への影響の差は小さい。乾期の 1~3 月の平均流量では、本研究の推定値は世界銀行のレポート推定値より小さくなり、渇水リスクが大きくなった。河川流量が最低になる 4 月の平均流量でも本研究の推定値が世界銀行のレポートの推定値より小さくなるが、その差は 1~3 月より小さい。

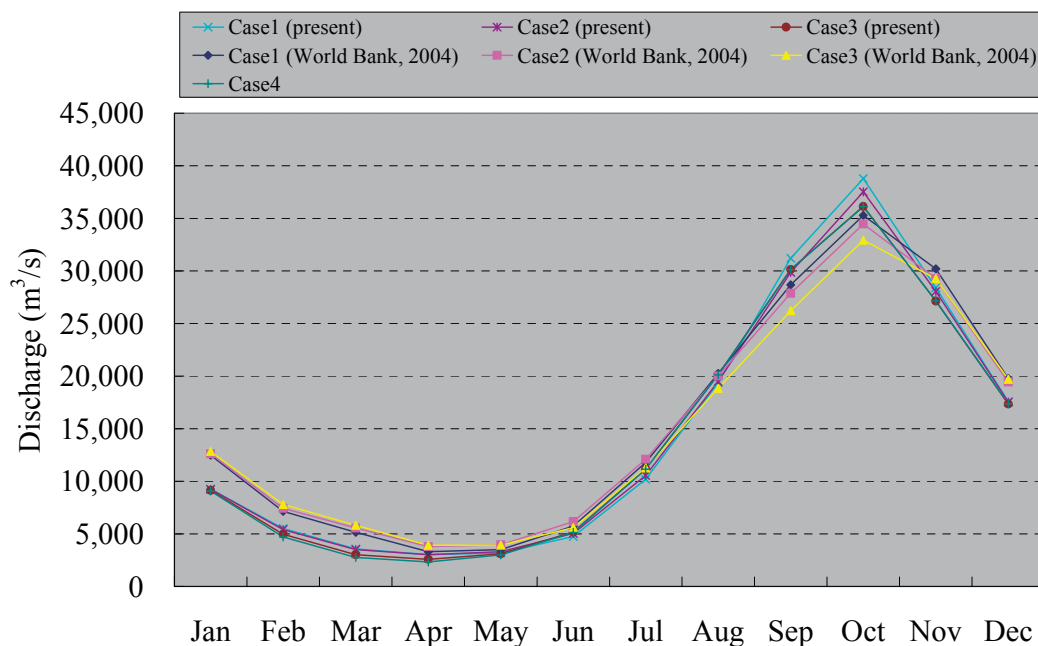


図 6.14 ベトナム国境の月別平均流量比較

次に、本研究の推定結果に絞って検討する。図 6.14 では判別しにくい低水流量を比較しやすくするために、図 6.15 にベトナムの国境の流量変化率を示す。変化率は基本シナリオ (Case 1) に対する各流量の比率で示した。低開発シナリオ (Case 2)、高開発シナリオ (Case 3、4) ともに、1 月の流量は変わらないが、3、4 月の流量は低下する。特に高開発シナリオ (Case 3、4) では渇水リスクが増大する。

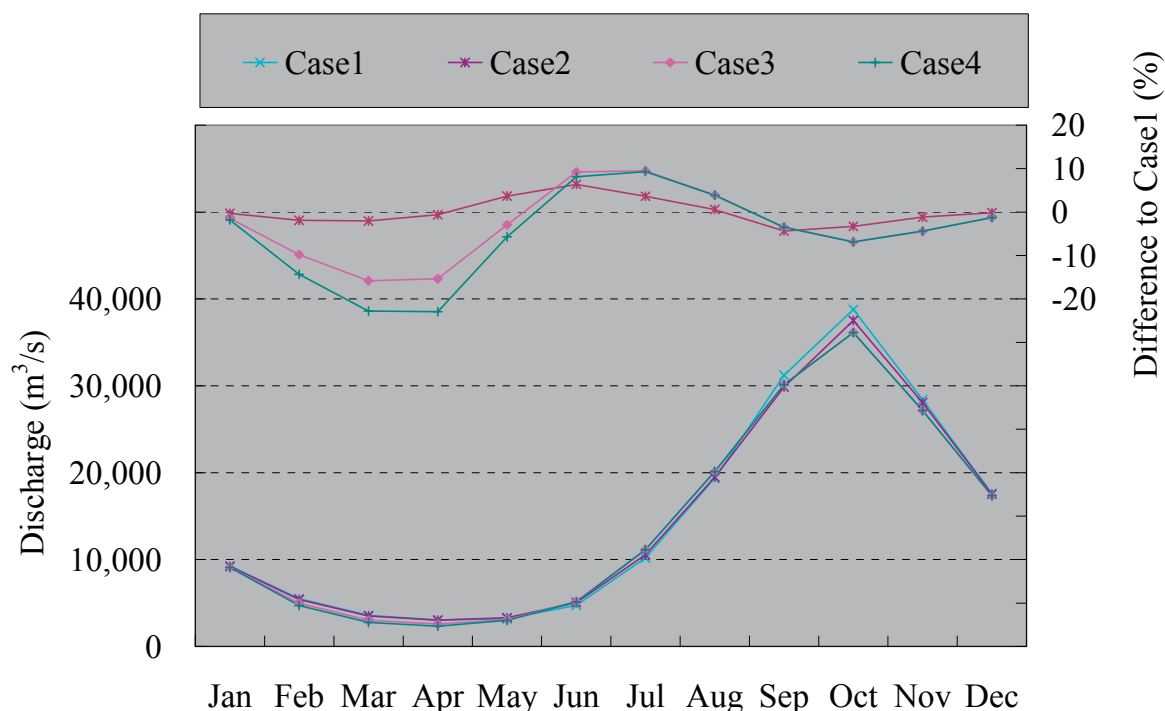


図 6.15 ベトナム国境の月別流量の変化率

f) トンレサップ湖の灌漑開発効果の検討

メコン流域の乾期の灌漑開発は、(i)メコン本川から取水する、(ii)メコンの支川から取水する、(iii)メコンの支川にダムを造り、雨期の貯水を利用する、(iv)メコン本川にダムを建設し、取水する、のいずれかが多い。しかし、トンレサップ湖周辺では、(ii)、(iii)も乾期と、雨期ともに支川の流量が小さいため困難である。トンレサップ湖で河川取水を利用している灌漑は、シェムリアップのバライシステム、バタンバンコンピンプイ湖、世界銀行が建設中のストンチンニット灌漑システムだけで、バライシステムを除けば貯水量は小さい。トンレサップ湖で一般に行われている灌漑は、i) 雨期の洪水を池に貯めて灌漑する方法である。カンボジアの乾期灌漑では、バテイ地区以外でも、トンレヌップと呼ばれる洪水貯水池が多数存在する。現在行われていないが、考えられるもう一つの方法は、ii) 湖の中央から周辺に放射状に導水路を掘削して、乾期にポンプで湖の水を揚水する方法である。

環境面での影響はi)がii)より小さい。そこで、i)の方法でトンレサップ湖の周辺開発の影響を考える。カンボジアの乾期の水田の灌漑面積は基本シナリオで251kha、高開発シナリオで751khaである。一方、トンレサップ湖の面積は、最大で約1,200khaである。以下では基本シナリオを基準にして、トンレサップ湖の灌漑開発効果を検討する。バテイ地区の結果では、貯水池面積と灌漑面積の比は2:1であった。そうすると、基本シナリオの貯水池面積は125khaになる。第1のケースとして、125khaの洪水貯水池を想定した。高開発シナリオでは灌漑面積は751khaであり、半分は375khaになるが、ここでは最大開発時の評価として、数字をまるめると400khaとなる。そこで第2のケースとして洪水貯水池400khaを想定した。また第3に中間のケースとして250khaの開発を検討した。更に、トンレサップ湖が無い場合を第4のケースとした。比較の基準として無開発の0khaを加えた。

図6.16に計算結果を示す。開発が400khaのときには基本シナリオに比べ、1～4月の流量が10%程度減少する。これらから、高開発シナリオと同じ規模で、洪水貯水池開発を行うと、渇水期の流量が低下し、渇水リスクが増加することがわかる。

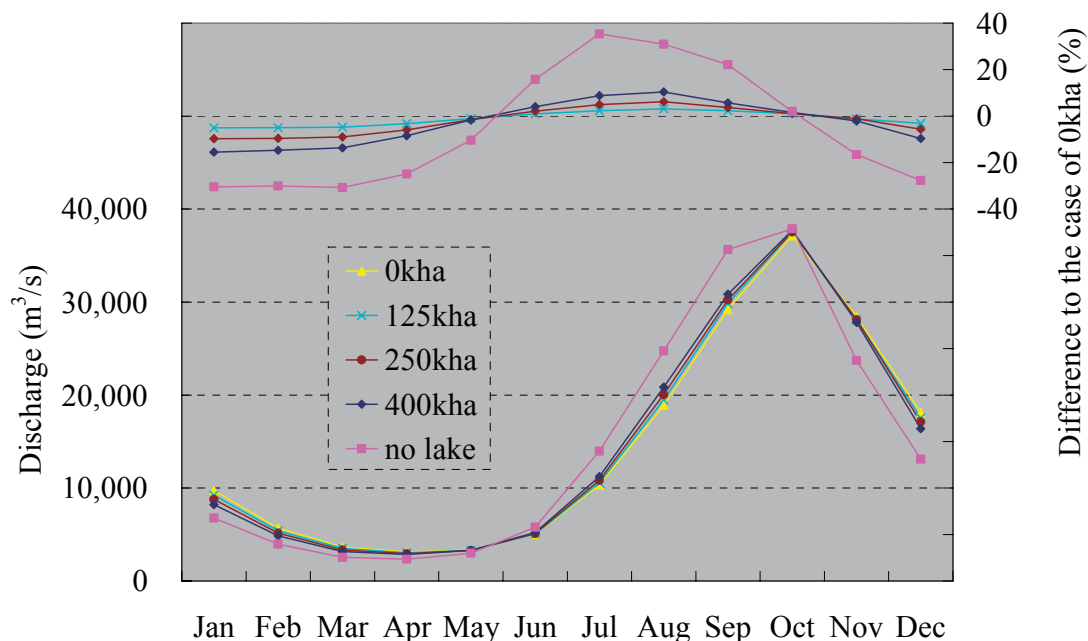


図6.16 月別平均流量によるトンレサップ湖の開発効果

(Tonle Sap湖が125kha (基準)、400kha、湖なし(全開発に相当)の場合、ベトナム国境への月流量)

トンレサップ湖の洪水を利用した開発は、以上の下流への流量の影響以外に湖の環境に対する影響が強い。Baran(2005)によれば、湛水域の過去の森林開発が漁獲量減少につながった可能性がある。こうした危険を避けるには、iii) 湛水域より高い標高の水田に乾期灌漑をする方法がある。このための水源には、支川上流にダムを建設し、メコン川の洪水を導入することが必要である。この方法は高開発シナリオのメコン本川のサンボールダムよりは環境への影響が小さい。

(2) 研究成果の今後期待される効果

カンボジアの灌漑開発の水収支上の問題点については、今まで論じられてこなかったので、有益な知見になる。特に、今まで、メコン本川開発＝環境破壊といったイメージが強く先行していたが、ここでは、メコン本川開発が、支川開発より、環境面、下流への影響の軽減で優れていることを論じた点で、つまりメコン本川開発の必要性を論じた点が新しい。今後の議論を期待する。

3. 6. 4 ビエンチャン市の水質問題の検討

(1) 研究実施内容及び成果

① 研究の背景と目的

メコン流域では地域開発が進んでおり、開発に伴う自然環境の悪化は、生態系や物質循環の劣化を引き起こし、地域の持続可能性を低下させ、将来的な開発阻害要因になることが懸念される。特に、水循環に関わる課題として水質の問題がある。

地域の自然環境の現状把握と、人口増加、農業開発に伴う水環境の悪化を予測し、その対策案を検討することを目的とする。

② 研究の実施方法

2005年、2006年にラオスのビエンチャン市を対象に水質調査と汚濁負荷量の調査を行う。この調

査をもとに、人口増加の影響による流域水質の悪化について現状の把握を行う。次に、人口、水田の単位面積当たりの排出負荷について検討する。この排出負荷について、合流点までの流達率を検討し汚濁源から自然系への流出量を算定する手法(流達モデル)の開発を試みる。これらの結果から、ビエンチャン周辺における人口増加、土地利用面積の変動を考慮に入れた水質予測モデルを構築する。

③研究成果

a) ラオスのビエンチャン市シサタナ地区の調査

ラオスのビエンチャン市シサタナ地区の農業水路と河川において、2005年10月と2006年3月に汚濁負荷濃度の特徴を調べるために水質調査を行った。2005年10月は非灌漑期、2006年3月は灌漑期の調査である。非灌漑期では、全窒素濃度が $0.8\sim 19.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、全リン濃度が $0\sim 2.9\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、化学的酸素要求量(COD)濃度が $1.6\sim 24.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ であった。灌漑期では、全窒素濃度が $0.1\sim 36\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、全リン濃度が $0\sim 3.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、COD濃度が $1.1\sim 37.6\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ であった。測定点を、全窒素濃度、全リン濃度、COD濃度に基づいて、クラスター分析により5個のカテゴリーに分類した。その結果、灌漑期と非灌漑期ともに、高濃度のグループは、市街地を流れる水路の測定点であることが示唆された(児玉ら, 2006)。

b) ビエンチャン市シサタナ地区の水質と人口、土地利用面積に関する重回帰モデル

ラオスのビエンチャン市のシサタナ地区の農業水路を対象に、全窒素濃度(T-N)、全リン濃度(T-P)、COD濃度を推定する重回帰モデルを開発した。目的変数には、現地調査で得た実測水質データを使用し、対数を取ることで正規化した。説明変数には、水田、宅地、その他の土地利用面積を使用した。 p 値は、全窒素濃度が0.034、全リン濃度が0.002、COD濃度が0.016であり、比較的有意な値であったが、決定係数 R^2 は、全窒素が0.42、全リンが0.58、CODが0.48と低かった。そこで、説明変数の宅地面積を人口に変更し、メコン川からの取水が行われている部分流域を区別するダミー変数を導入したところ、図6.17の推定値を得た。 p 値は、全窒素濃度が0.0004、全リン濃度が0.0001未満、COD濃度が0.0001未満であり、決定係数 R^2 は、全窒素濃度が0.71、全リン濃度が0.87、COD濃度が0.80と大きく改善した。

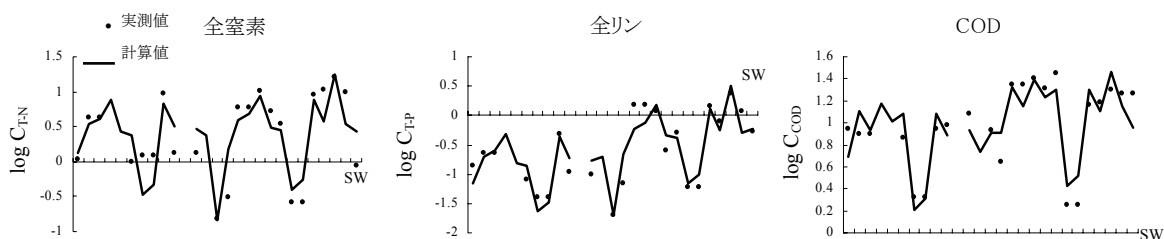


図 6.17 対数重回帰モデルによる水質濃度の実測と計算値

c) ビエンチャン市シサタナ地区における排出負荷の原単位に関する構造モデル

ラオスのビエンチャン市のシサタナ地区を対象に、水田と生活排水の排出原単位および流達率を、構造モデルを利用して推定した。水質項目は、全窒素(T-N)、全リン(T-P)、化学的酸素要求量(COD)を対象にした。水質と流量は、2006年の3月(非降雨時、灌漑期)に14個の部分流域の下流端で測定したデータを使用した。結果を表6.4に示す。水田の排出原単位は、全窒素が $0.16\text{ kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 、全リンが $0.66\text{ kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ 、CODが $31\text{ kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ で、生活排水の排出原単位(人口密度 $900\text{ capita}/\text{km}^2$ とすると)は全窒素が $2.1\text{ g}\cdot\text{capita}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 、全リンが $1.7\text{ g}\cdot\text{capita}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 、CODが $53\text{ g}\cdot\text{capita}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ と推定された。排出負荷の流達率は、全窒素が0.69、全リンが0.20、CODが0.22と推定された。ビエンチャンの生活排水の全窒素と全リンの排出原単位の文献値と比較して、構造モデルによる推定値は妥当な範囲の値であった。

表 6.4 排出負荷の原単位と流達率の推定値

		Parameter		全窒素	全リン	COD
EF*	Paddy fields	<i>LBUP</i>	$\text{kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$	0.16	0.66	31
	Domestic waste water	<i>LBUR</i>	$\text{kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$	1.9	1.5	47
	Domestic waste water		$\text{g} \cdot \text{capita}^{-1} \cdot \text{d}^{-1**}$	2.1	1.7	53
TR*	Irrigation canal	<i>ARTR</i>	km^{-1}	0.97	0.74	0.68
	Drainage canal	<i>ARTU</i>	km^{-1}	0.87	0.73	0.88

* EF: emission factor and TR: transport rate

** Population density: $900 \text{capita} \cdot \text{km}^{-2}$

(2) 研究成果の今後期待される効果

ここで推定された原単位負荷と流達率を用いることにより、流域開発による人口増加、農業の進展による水質汚濁変化をシナリオとして予測が可能となる。

引用文献

Baran Eric (2005): Cambodian inland fisheries, facts, figures and context, World Fish Center, pp.49

Mekong River Commission (2003): State of the Basin Report, p.300

Mekong River Commission (2005): Overview of the Hydrology of the Mekong Basin., Vientiane, p.73

Huang Wenfeng, Hajime Tanji, Shintaro Kobayashi (2006): Modelling of Hydrological Processes in Lower Mekong Basin: A New Approach to Determine the River Networks, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, pp.165-176.

World Bank (2004): Modelled Observations on Development Scenarios in the Lower Mekong Basin., p.122

児玉健和, 加藤亮, 黒田久雄, 中曾根英雄 (2006): ラオス国ビエンチャン地域における汚濁負荷の流達特性, 平成 18 年度農業土木学会大会, 宇都宮大学(宇都宮市), pp.152-153.

4 研究参加者

①水利用グループ(メコン川の水利用・管理モデルの開発を担当)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
久保 成隆	東京農工大学大学院農学府国際環境農学専攻	教授	水利用2、システム	平成14年11月～平成20年3月
丹治 肇	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	チーム長	水利用1、システム	平成14年11月～平成20年3月
桐 博英	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	主任研究員	水利用1	平成14年11月～平成20年3月
飯田 俊彰	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	講師	水利用1	平成14年11月～平成20年3月
戸田 修	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	博士課程学生	水利用1	平成15年11月～平成20年3月
牧 雅康	京都大学大学院地球環境学堂	助教	水利用1	平成16年4月～平成20年3月
Hoang Ngan Giang	東京農工大学大学院連合農学研究科	博士課程学生	水利用2	平成15年8月～平成20年3月
片岡 大祐	東京農工大学大学院農学府農業環境工学専攻	修士課程学生	水利用2	平成18年4月～平成20年3月
Unggoon Wongtragoon	東京農工大学大学院連合農学研究科	博士課程学生	水利用2	平成18年2月～平成20年3月
Hoang Quang Huy	東京農工大学大学院農学府国際環境農学専攻	修士課程学生	水利用1	平成15年10月～平成20年3月
Le Manh Hung	ベトナム南部水資源研究所	所長	水利用1	平成19年4月～平成20年3月
Tang Duc Thang	ベトナム南部水資源研究所	副所長	水利用1	平成15年10月～平成20年3月
Vo Khac Tri	ベトナム南部水資源研究所	部長	水利用1	平成15年10月～平成20年3月
Trinh Thi Long	ベトナム南部水資源研究所	副部長	水利用1	平成15年10月～平成20年3月
Le Van Kiem	ベトナム南部水資源研究所	研究員	水利用1	平成15年10月～平成20年3月
Pham Duc Nghia	ベトナム南部水資源研究所	研究員	水利用1	平成15年10月～平成20年3月
Nguyen Duc Trung	ベトナム南部水資源研究所	研究員	水利用1	平成15年10月～平成20年3月
Hoang Le Quan	ベトナム南部水資源研究所	研究員	水利用1	平成15年10月～平成20年3月

Leokham Thammalat	ラオス国立大学	講師	水利用1	平成18年6月～ 平成20年3月
Phengphaengsy Fongsamuth	ラオス国立大学	講師	水利用1	平成16年6月～ 平成20年3月
Ouanma Thammavong	ラオス国立大学	学科長	水利用1	平成15年6月～ 平成20年3月
Chansamouth Keosoutha	ラオス国立大学	副学部長	水利用1	平成16年4月～ 平成20年3月
Boualinh Soysouvanh	ラオス国立大学	学部長	水利用1	平成17年4月～ 平成20年3月
Bounhieng Vilaysane	ラオス国立大学	講師	水利用1	平成17年4月～ 平成20年3月
Le Sam	ベトナム南部水資源研究所	所長	水利用1	平成15年10月～ 平成19年3月
Somphone Inkhamseng	ラオス国立大学	講師	水利用1	平成15年6月～ 平成19年3月
中矢 哲郎	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所施設資源部水利施設機能研究室	研究員	水利用1	平成16年3月～ 平成19年3月
Nitharath Somsanith	ラオス水文気象局	所長	水利用1	平成16年4月～ 平成19年3月
木村 匡臣	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	修士課程学生	水利用1	平成17年10月～ 平成19年3月
伊藤 慎之介	山形大学大学院農学研究科生物生産学専攻	修士課程学生	水利用1	平成15年9月～ 平成19年3月
Chathavongsa Khamkeng	東京農工大学大学院農学府農業環境工学専攻	修士課程学生	水利用1	平成17年11月～ 平成19年3月
權 ソンイル	東京農工大学大学院連合農学研究科	研究生	水利用2	平成15年5月～ 平成18年2月
矢澤 雄介	東京農工大学大学院農学教育部農業環境工学専攻	修士課程学生	水利用2	平成16年6月～ 平成18年3月
Do Quoc Duy	ベトナム南部水資源研究所		水利用1	平成15年10月～ 平成18年3月
相良 泰行	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	助教授	水利用1	平成14年11月～ 平成16年3月
大澤 和敏	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	博士課程学生	水利用1	平成15年4月～ 平成16年3月
安瀬地 一作	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	博士課程学生	水利用1、 システム	平成16年11月～ 平成18年3月
川野 了	東京農工大学農学部地域システム科	博士課程学生	水利用2	平成15年11月～ 平成16年3月
中山 季志子	東京農工大学農学部地域生態システム学科	学部学生	水利用2	平成16年11月～ 平成17年3月

②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を担当)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
小林 和彦	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	教授	人間活動1	平成16年4月～平成20年3月
佐藤 雅俊	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	准教授	人間活動1	平成14年11月～平成20年3月
山川 隆	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	准教授	人間活動1	平成15年2月～平成20年3月
富田 晋介	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	助教	人間活動1	平成18年10月～平成20年3月
相澤 麻由	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	博士課程学生	人間活動1	平成17年2月～平成20年3月
齋藤 葉子	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	修士課程学生	人間活動1	平成19年4月～平成20年3月
甘艸 洋祐	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	修士課程学生	人間活動1	平成19年4月～平成20年3月
Ngo Duc Hiep	ベトナム森林科学研究所南部支所	所長	人間活動1	平成16年6月～平成19年3月
黒倉 寿	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	教授	人間活動2	平成14年11月～平成19年3月
高木 映	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	博士課程学生	人間活動2	平成15年6月～平成19年3月
堀 美菜	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	博士課程学生	人間活動2	平成15年6月～平成19年3月
奥田 修久	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	博士課程学生	人間活動1	平成16年4月～平成19年3月
加藤 靖之	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	博士課程学生	人間活動1	平成16年4月～平成19年3月
飯田 俊平	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	博士課程学生	人間活動1	平成16年3月～平成19年3月
西山 昌宏	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	修士課程学生	人間活動1	平成18年7月～平成19年3月
谷田貝 光克	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	教授	人間活動1	平成14年11月～平成18年3月
石川 智士	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	CREST 研究員	人間活動2	平成15年11月～平成18年3月
逆瀬川 三有生	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	研究補助員	人間活動1	平成16年3月～平成18年3月
Prachya Musikasinthorn	タイ国カセサート大学	講師	人間活動2	平成14年11月～平成18年3月
中元 朋実	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	助教	人間活動1	平成14年11月～平成17年3月

杉山 信男	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	教授	人間活動1	平成 14 年 11 月～平成 16 年 3 月
杉浦 潤	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	修士課程学生	人間活動2	平成 15 年 6 月～平成 16 年 3 月
小倉 力	国際農林水産業研究センター生産環境部	主任研究員	人間活動1	平成 14 年 11 月～平成 16 年 3 月
大平 智江	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	修士課程学生	人間活動2	平成 15 年 6 月～平成 17 年 3 月
浅利 尚志	東京大学農学部国際開発農学専修	学部学生	人間活動1	平成 16 年 6 月～平成 17 年 3 月
松島 博英	東京大学農学部国際開発農学専修	学部学生	人間活動2	平成 16 年 7 月～平成 17 年 3 月
Sykhong Saynasine	ラオス国立大学	学部長	人間活動2	平成 15 年 6 月～平成 17 年 3 月

③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)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
多田 稔	国際農林水産業研究センター国際開発領域	領域長	経済発展、システム	平成 14 年 11 月～平成 20 年 3 月
齋藤 勝宏	東京大学大学院農学生命科学研究科農業経済専攻	准教授	経済発展	平成 14 年 11 月～平成 20 年 3 月
榎本 憲泰	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	博士課程学生	人間活動2、経済発展	平成 17 年 1 月～平成 20 年 3 月
小林 慎太郎	国際農林水産業研究センター国際開発領域	研究員	経済発展	平成 18 年 3 月～平成 20 年 3 月
金 真朱	筑波大学大学院生命環境科学研究科	博士課程学生	経済発展	平成 18 年 12 月～平成 20 年 3 月
田村 はるか	東京外国語大学大学院外国語学部東南アジア課程ラオス語専攻	学部学生	経済発展	平成 19 年 1 月～平成 20 年 3 月
水田 岳志	東京大学大学院農学生命科学研究科農業資源経済学専攻	博士課程学生	経済発展	平成 19 年 4 月～平成 20 年 3 月
小山 修	国際農林水産業研究センター研究戦略調査室	室長	経済発展、システム	平成 14 年 11 月～平成 19 年 3 月

④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)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
丹治 肇	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	チーム長	システム、水利用1	平成 14 年 11 月～平成 20 年 3 月

増本 隆夫	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農地・水資源部水文水資源研究室	室長	システム	平成 14 年 11 月 ～平成 20 年 3 月
小川 茂男	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農地・水資源部土地資源研究室	室長	システム	平成 14 年 11 月 ～平成 20 年 3 月
堀川 直紀	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農地・水資源部水文水資源研究室	主任研究員	システム	平成 14 年 11 月 ～平成 20 年 3 月
黄 文峰	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	CREST 研究員	システム	平成 18 年 1 月～ 平成 19 年 12 月
山口 敬雄	筑波大学大学院人文社会科学研究科	博士課程学生	システム	平成 19 年 8 月～ 平成 19 年 12 月
Someth Paradis	東京農工大学大学院連合農学研究科	博士課程学生	システム	平成 16 年 6 月～ 平成 20 年 3 月
刁 克	筑波大学人間総合科学研究科	博士課程学生	システム	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
吉田 貢士	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	講師	システム、 水利用1	平成 14 年 11 月 ～平成 20 年 3 月
高橋 秀聡	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	修士課程学生	システム	平成 18 年 2 月～ 平成 20 年 3 月
西田 和弘	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	博士課程学生	システム	平成 19 年 2 月～ 平成 20 年 3 月
中田 達	東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻	博士課程学生	システム	平成 19 年 2 月～ 平成 20 年 3 月
久保 成隆	東京農工大学大学院農学府国際環境農学専攻	教授	水利用2、 システム	平成 14 年 11 月 ～平成 20 年 3 月
多田 稔	国際農林水産業研究センター国際開発領域	領域長	経済発展、 システム	平成 14 年 11 月 ～平成 20 年 3 月
宗村 広昭	島根大学生物資源科学部地域開発科学科	助教	システム	平成 17 年 3 月～ 平成 20 年 3 月
中曾根 英雄	茨城大学農学部地域環境科学科	教授	システム	平成 17 年 4 月～ 平成 20 年 3 月
加藤 亮	茨城大学農学部地域環境科学科	講師	システム	平成 16 年 10 月 ～平成 20 年 3 月
腰越 悠気	茨城大学農学部地域環境科学科	修士課程学生	システム	平成 17 年 12 月 ～平成 20 年 3 月
服部 雄太	茨城大学農学部地域環境科学科	修士課程学生	システム	平成 17 年 12 月 ～平成 20 年 3 月
杉下 新	茨城大学農学部地域環境科学科	修士課程学生	システム	平成 17 年 12 月 ～平成 20 年 3 月
Men Nareth	カンボジア工科大学	学部長	システム	平成 18 年 4 月～ 平成 20 年 3 月

Phoeung Sackona	カンボジア工科大学	学長	システム	平成18年4月～ 平成20年3月
Om Romny	カンボジア工科大学	副学長	システム	平成18年4月～ 平成20年3月
Ly Sarann	カンボジア工科大学	講師	システム	平成18年4月～ 平成20年3月
Soy Ty	カンボジア工科大学	講師	システム	平成18年4月～ 平成20年3月
Pen Khemora	カンボジア工科大学	講師	システム	平成18年4月～ 平成20年3月
Veng Huor	カンボジア工科大学	講師	システム	平成18年4月～ 平成20年3月
小山 修	国際農林水産業研究センター国際情報部研究戦略調査室	室長	経済発展、システム	平成14年11月～ 平成19年3月
黒倉 寿	東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻	教授	人間活動2、システム	平成14年11月～ 平成19年3月
後藤 章	宇都宮大学農学部農業環境工学科	教授	システム	平成16年4月～ 平成19年3月
Khem Sothea	東京農工大学大学院連合農学研究科	博士課程学生	システム	平成16年4月～ 平成19年3月
兒玉 健和	茨城大学大学院農学研究科地域環境学専攻	修士課程学生	システム	平成17年2月～ 平成19年3月
木村 沙代子	茨城大学農学部地域環境科学科	学部学生	システム	平成17年12月～ 平成19年3月
松本 和也	茨城大学農学部地域環境科学科	学部学生	システム	平成17年12月～ 平成19年3月
遠藤 敬太	茨城大学農学部地域環境科学科	学部学生	システム	平成17年12月～ 平成19年3月
小林 美穂	茨城大学農学部地域環境科学科	学部学生	システム	平成17年12月～ 平成19年3月
川口 理恵	茨城大学農学部地域環境科学科	学部学生	システム	平成17年12月～ 平成19年3月
林 彦宏	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	CREST 研究員	システム	平成18年4月～ 平成19年2月
樋口 克宏	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	研究補助員	システム	平成18年4月～ 平成18年11月
Wong Lai Yen	茨城大学農学部地域環境科学科	研究補助員	システム	平成18年2月～ 平成18年9月
安瀬地 一作	東京大学大学院農学生命科学研究科生物環境工学専攻	博士課程学生	システム、 水利用1	平成16年3月～ 平成18年3月

白土 英明	茨城大学農学部地域環境科学科	学部学生	システム	平成17年9月～ 平成18年3月
猪俣 有加	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	研究補助員	研究事務	平成14年12月～ 平成15年12月
村井 和子	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	研究補助員	研究事務	平成16年1月～ 平成17年11月
鍋島 麗花	農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所農村総合研究部有明海研究チーム	研究補助員	研究事務	平成17年12月～ 平成20年1月

5 招聘した研究者等

氏名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Dr. Prachya Musikasinthorn (Kasesart University, Lecturer of Department of Fishery Biology)	次年度研究計画の打ち合わせを行うため	農村工学研究所 (茨城県つくば市)	平成15年1月14日～ 平成15年1月20日
Dr. Manithaphone Mahaxay (Mekong River Commission, Image Interpretation and Mapping Specialist)	衛星データの取得手続きや今後の流域の水利用変動解析についての打ち合わせを行うため	農村工学研究所 (茨城県つくば市)	平成15年3月23日～ 平成15年3月29日
Dr. Manithaphone Mahaxay (Mekong River Commission, Image Interpretation and Mapping Specialist)	農業地域における土地利用の分類についてさらに論議を深めるため	農村工学研究所 (茨城県つくば市)	平成16年3月13日～ 平成16年3月19日
Mr. Boonlue Chatchai (Director of Foreign Financed Project Administration Division Office of Project Management, Royal Irrigation Department)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成17年10月5日～ 平成17年10月7日
Mr. Somphanh Vithaya (Senior Hydrologist, Deputy Chief of Hydrological Division, Department of Meteorology and Hydrology)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成17年10月5日～ 平成17年10月8日
Ms. Men Nareth (Lecturer of Divisions of Water Resource, Institute of Technology of Cambodia)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成17年10月5日～ 平成17年10月7日
Dr. Chea Tharith (Research officer of Institute for Department of Fishery, Cambodia)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成17年10月5日～ 平成17年10月7日
Mr. Le Tuan Anh (Officer of Ministry of Planning and Investment)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成17年10月5日～ 平成17年10月7日

Dr. Vo Khac Tri (Head of Science and International Cooperation Department, Southern Institute of Water Resources Research)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成 17 年 10 月 6 日～ 平成 17 年 10 月 7 日
Ms. Trinh Thi Long (MSc Environmental Sanitation, Southern Institute of Water Resources Research)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成 17 年 10 月 6 日～ 平成 17 年 10 月 7 日
Dr. Tang Duc Thang (Deputy Director, Southern Institute of Water Resources Research)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成 17 年 10 月 6 日～ 平成 17 年 10 月 7 日
Mr. San Dinh Cong (Deputy Director of Research Center for Southern Institute of Water Resources Research)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成 17 年 10 月 6 日～ 平成 17 年 10 月 7 日
Dr. Nguyen Van Be (Senior Lecturer, Department of Environment and Natural Resources Management College of Agriculture and Applied Biology, Cantho University)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成 17 年 10 月 6 日～ 平成 17 年 10 月 7 日
Mr. Tran Quoc Bao (Vice Director of Southern Center for Monitoring of Environment and Epidemic for Aquaculture)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成 17 年 10 月 6 日～ 平成 17 年 10 月 7 日
Dr. Nguyen Tat Dac (Associate Professor of Flow and Water Quality Modeling)	The International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	ホーチミン (ベトナム)	平成 17 年 10 月 6 日～ 平成 17 年 10 月 7 日
Mr. To Quang Toan (Researcher, Southern Institute of Water Resources Research)	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	プノンペン (カンボジア)	平成 18 年 9 月 15 日～ 平成 18 年 9 月 17 日
Ass. Prof. Dr. Tran Thi Thanh (Associate Professor of Geotechnical Engineering, Southern Institute of Water Resources Research)	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	プノンペン (カンボジア)	平成 18 年 9 月 15 日～ 平成 18 年 9 月 17 日
Dr. Wijarn Simachaya (Director of Environment Division, Mekong River Commission)	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	プノンペン (カンボジア)	平成 18 年 9 月 15 日～ 平成 18 年 9 月 17 日
Dr. Dao Trong Tu (Director of Operations Division (OPD), Mekong River Commission)	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	プノンペン (カンボジア)	平成 18 年 9 月 15 日～ 平成 18 年 9 月 17 日

Mr. Kunieda Tatsuo (Senior Advisor on River Management, Mekong River Commission)	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	プノンペン (カンボジア)	平成 18 年 9 月 15 日～ 平成 18 年 9 月 17 日
Mr. Souvannabouth Phouangphanh (Water Resources Modeller Technical Support Division, Mekong River Commission)	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	プノンペン (カンボジア)	平成 18 年 9 月 15 日～ 平成 18 年 9 月 17 日
Mr. Supanat Pariyachat (Head of Project Planning Group 4 RID, Royal Irrigation Department)	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	プノンペン (カンボジア)	平成 18 年 9 月 15 日～ 平成 18 年 9 月 17 日
Mr. Suvech Kitchakarn (Chief of Contract Administration Branch, Royal Irrigation Department)	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin への出席	プノンペン (カンボジア)	平成 18 年 9 月 15 日～ 平成 18 年 9 月 17 日
Dr. Phouphet Kyophilavong (講師、ラオス国立大学経済学部)	ラオス経済データ・資料に関する打ち合わせ、セミナー開催	東京大学農学部 (東京都文京区)、 農村工学研究所 (茨城県つくば市)	平成 19 年 2 月 13 日～ 平成 19 年 2 月 18 日

6 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内誌 34 件、国際誌 12 件)

(国内)

1. 丹治肇, ウォーター・プライシングとバーチャル・ウォーター, 農業土木学会誌, 71(7), pp.92, 2003/7
2. 小川茂男, 増本隆夫, 丹治肇, インドシナ半島における洪水および水管理, システム農学, 19(3), pp.38-44, 2003
3. 丹治肇, 吉田貢士, 蘭嘉宣, 宗村広昭, 農業用水におけるライフ・サイクル・アセスメントの検討, 農業土木学会誌, 71(12), pp.1087-1090, 2003/12
4. 丹治肇, 水循環とランドスケープ・エコロジー, 農業土木学会誌, 72(1), pp.23-26, 2004/1
5. 丹治肇, 増本隆夫, 小川茂男, 堀川直紀, メコン川の洪水問題の現状, 農業土木学会誌, 72(2), pp.27-32, 2004/2
6. 清水克之, 増本隆夫, 丹治肇, 小川茂男, 食料水需給モデルの開発とメコン流域への適用に向けた課題, 農業土木学会誌, 72(2), pp.13-16, 2004/2
7. 増本隆夫, ファムタインハイ, メコン川流域における水文気象観測網の開発状況と将来展望, 農業土木学会誌, 72(2), pp.17-21, 2004/2
8. 吉田貢士, Stream Temperature Analysis in Nam Ngum River Basin, Mekong, 水工学論文集, 48(2), pp.1531-1535, 2004/3
9. 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), pp.33-36, 2004/4
10. 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), pp.45-52, 2004/5
11. 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), pp.21-24, 2004/5
12. 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), pp.11-16, 2004/7
13. 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), pp.33-35, 2004/9
14. Hiroaki SOMURA, Hajime TANJI, Koshi YOSHIDA, Osamu TODA, Takao MASUMOTO, Estimation of Irrigation Water to Paddy Fields under Conditions of Poor Data Availability, Cambodia, 水文・水資源学会誌, 18(1), pp.22-34, 2005/1
15. 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), pp.31-34, 2005/1
16. 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), pp.98-103, 2005/2
17. 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), pp.185-193, 2005/3
18. 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, pp.1543-1548, 2005/2
19. 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, pp.235-240, 2005/2
20. Shigeo OGAWA, Atsushi RIKIMARU, Takao MASUMOTO, Hajime TANJI, Manithaphone MAHARAXAY, Land use and water management agriculture in Mekong River Basin, Journal of Agricultural Meteorology, 60(5), pp.371-374
21. 吉田貢士, 宗村広昭, 樋口克宏, 丹治肇, 河畔林保全による流域の河川水温管理, 農業土木学会誌, 73(4), pp.11-14, 2005/4
22. KWON Sungill, 久保成隆, 感潮河川における密度流シミュレーションのための多層流モデル開発に関する研究, 農業土木学会論文集, 238 号, pp.397-405, 2005/8
23. 宗村広昭, 吉田貢士, 樋口克宏, 戸田修, 丹治肇, 東北タイにおける乾季の非灌漑水田への

- 供給可能水量の推定に関する考察, システム農学, 21 卷 3 号, pp.167-176, 2005/12
24. 大平智江, 石川智士, 黒倉寿, メコンデルタの複合農業(VAC システム)の実態と今後の展開, 熱帯農業, 49 卷 4 号, pp.294-301, 2005/12
 25. 佐藤雅俊, メラルーカ材を用いた木片セメント板及び木片セメントブロックの試作, 熱帯林業, 第 64 号, 2005
 26. 逆瀬川三有生, 谷田貝光克, 関則明, Tran Manh Hung, Novel combination system of charcoal kiln and essential oil collector (2) Comparison of charcoal quality , 木質炭化学会誌, 2 卷, pp.27-36, 2006/1
 27. 逆瀬川三有生, 谷田貝光克, 関則明, Novel combination system of charcoal kiln and essential oil collector, 木質炭化学会誌, 2 卷, pp.17-26, 2006/1
 28. Khem Sothea, Goto Akira, Mizutani Masakazu, A Hydrologic Analysis on Inundation in the Mekong Delta, Cambodia, 農業土木学会論文集 74 卷 2 号, pp.159-167, 2006/4
 29. KWON Sungill, 久保成隆, Hoang Ngan Giang, メコン河北東部派川における塩水遡上特性に関する研究, 農業土木学会論文集 74 卷 4 号, pp.403-411, 2006/8
 30. 吉田貢士, 塩沢昌, 戸田修, 宗村広昭, 丹治肇, 河畔林葉面積指数の季節変動を考慮した日射遮断機能のモデル化, 水工学論文集, 51 卷, pp.1225-1230, 2007/2
 31. Katsuhiko Higuchi, Osamu Toda, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Hajime Tanji, Development of Irrigation Water Allocation Model Considering Gate Operator Density, in Northeast Thailand, 水文・水資源学会誌, 20 卷 3 号, pp.167-190, 2007/5
 32. Toshiaki Iida, Somphone Inkhamseng, Koshi Yoshida, Shinnosuke Ito, Seasonal variation in nitrogen and phosphorus concentrations in the Mekong River at Vientiane, 水文・水資源学会誌, 20 卷 3 号, pp.226-234, 2007/5
 33. Shintaro KOBAYASHI, Katsuhiko SAITO, Hajime TANJI, Wenfeng HUANG, and Minoru TADA, Cambodia's Economic Structure and the Strategy for Its Pro-poor Growth: Results from a CGE Analysis, Studies in Regional Science (地域学研究), Vol. 37. No. 4, 2008 (in press)
 34. Katsuhiko SAITO, "Estimating the Social Accounting Matrix of Lao PDR and Evaluating Resource Based Exportation", Journal of Rural Economics, Special Issue 2007. (in press)

(国際)

1. Miyusse Sakasegawa, Keko Hori, Mitsuyoshi Yatagai, Composition and antitermite activities of essential oils from *Melaleuca* species, Journal of Wood Science, 49(2), pp.181-187, 2003/4
2. Nobuhisa Okuda, Masatoshi Sato, Manufacture and mechanical properties of binderless boards from kenaf core, Journal of wood science, 50(1), pp.53-61, 2004/2
3. Takao MASUMOTO, Katsuyuki SHIMIZU and Pham Thanh Hai, Roles of floods for agricultural production in and around Tonle Sap Lake, ACIAR proceedings, 116, pp.136-146, 2004/6
4. Miyusse Sakasegawa, Mitsuyoshi Yatagai, Composition of Pyrolyzate from Japanese Green Tea, Journal of wood science, 51(1), pp.73-76, 2005/4
5. Chifumi Kasai, Thongchai Nitiratsuan, Osamu Baba, Hisashi Kurokura, Incentive for shifts in water management systems by shrimp culturists in southern Thailand, Fisheries Science, Vol. 71, pp.791-798, 2005/8
6. Hiroaki Somura, Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Osamu Toda, Katsuhiko Higuchi, Estimation of supplementary water to paddy fields in the lower Mekong River basin during the dry season, Paddy and Water Environment, Vol. 3 No. 3, pp.177-186, 2005/9
7. Amornchai Lothongkham and Prachya Musikasinthorn, First record of the Cyprinid fish, *Onychostoma gerlachi* (Cypriniformes; Cyprinidae), from the Nan River basin of the Chaophraya River System, Northern Thailand, the Natural History Bulletin of the Siam Society, 2005/12
8. Xia Li, Prachya Musikasinthorn, Yoshinori Kumazawa, Molecular phylogenetic analyses of snakeheads (Perciformes: Channidae) using mitochondrial DNA sequences, Ichthyological Research, Vol. 53, No. 2, pp.148-159, 2006/5

9. Akira P. Takagi, Satoshi Ishikawa, Thuok Nao, Sitha Hort, Masanori Nakatani, Mutsumi Nishida, Hisashi Kurokura, Genetic differentiation of the bronze featherback *Notopterus notopterus* between Mekong River and Tonle Sap Lake populations by mitochondrial DNA analysis., Fisheries science, Vol. 72, pp.750-754, 2006/8
10. Mina Hori, Satoshi Ishikawa, Ponley Heng, Somony Thay, Vuthy Ly, Thuok Nao, Hisashi Kurokura, Role of small-scale fishing in Kompong Thom Province, Cambodia, Fisheries science, Vol. 72, pp.846-854, 2006/8
11. Paradis Someth, Naritaka Kubo, Hajime Tanji, A combined technique of floodplain storage and reservoir irrigation for paddy rice cultivation, Paddy and Water Environment, Vol. 5 No. 2, 2007/4
12. Wenfeng Huang, Shintaro Kobayashi, Hajime Tanji, Updating an Input-Output Matrix with Sign-preservation: Some Improved Objective Functions and Their Solutions, Economie Systems Research, Vol. 20, 2008 (in press)

(2)その他の著作物

1. 逆瀬川三有生, 植物の炭化機構と炭化生産物の特性, APAST, 14(5), pp. 81-85, 2004/7
2. 谷田貝光克, 熱帯林バイオマスの成分利用ーメラルーカ及びユーカリの精油成分の特性とその利用可能性ー, 熱帯林業, 62, pp.49-57, 2005/1
3. Masatoshi SATO, Nobuhisa OKUDA, Kanok-on Kungsuwan, Nikhom Laemsak, Takanori ARIMA, Motoaki OKUMA, Development of the utilization technology for Melaleuca wood - The case of wood cement board and block-, JIRCAS Working Report No. 39, pp.101-107, 2005/2
4. 石川智士, 佐野幸輔, 黒倉寿, メコン河流域の水産業 1ーラオスにおける水産物流通の変化ー, 日本水産学会誌, Vol.71, No.5, pp.859-861, 2005
5. 石川智士, 池ノ上宏, 黒倉寿, メコン河流域の水産業 2ーラオスの小規模養殖の現状と展望ー, 日本水産学会誌, Vol.71, No.5, pp.862-864, 2005
6. 石川智士, 堀美菜, 高橋信吾, 黒倉寿, メコン河流域の水産業 3ーカンボジアにおける水産資源のコミュニティーベースマネージメントー, 日本水産学会誌, Vol. 71, No. 6, pp.1016-1018, 2005
7. 石川智士, 堀美菜, 高木映, 黒倉寿, メコン河流域の水産業 4ーカンボジアの小規模内水面漁業ー, 日本水産学会誌, Vol. 71, No. 6, pp.1019-1021, 2005
8. 石川智士, マーシー・ワイルダー, 黒倉寿, メコン河流域の水産業 5ーベトナム・メコンデルタの養殖ー, 日本水産学会誌, Vol. 72, No. 1, pp.94-96, 2006
9. 黒倉寿, 石川智士, メコン河流域の水産業 6ー水産開発の多面性と地域開発ー, 日本水産学会誌, Vol. 72, No. 1, pp.97-99, 2006
10. 丹治肇, メコン河の灌漑施設整備のありかた, 竹内邦良, 福嶋義宏編著, メコンと黄河-研究者の熱い思い- 文部科学省 人・自然・地球共生プロジェクト 課題 6 「アジアモンスーン地域における人口・自然変化に伴う水資源変化予測モデルの開発」成果報告, 株式会社学報社, 2007/3
11. Phengphaengsy Fongsamuth, Carol Compton, John Hartmann, Vinya Sysamouth, A Sustainable Irrigation Project in Lao, Contemporary Lao Studies, 2007/5

(3)学会発表(国際学会発表及び主要な国内学会発表)

① 招待講演 (国内会議 2 件、国際会議 0 件)

1. 石川智士, 科学の水産学, 国際開発の水産学, 東海大学海洋学部水産学科 特別講演, 静岡市, 2005/5/11
2. 石川智士, トンレサープの魚と人ー社会システムの変化と持続的発展の可能性について, 第 15 回日本熱帯生態学会年次大会公開シンポジウム「エコ・コモンズのゆくえ」, 京都市, 2005/6/12

② 口頭発表 (国内会議 85 件、国際会議 97 件)

(国内会議)

1. 黒倉寿, 持続的水産養殖への取り組み, 平成 15 年度日本農学会シンポジウム, 「21 世紀における循環型生物生産への提言 Part2」, 文京区, 2003/4/5
2. 黒倉寿, 社会開発としての水産開発, 第 99 回東京大学公開講座, 「アジアを向く東京大学」, 文京区, 2003/5/10
3. 黒倉寿, 東南アジアの水産業, 第 274 回「食品官能検査研究会」, 新宿区, 2003/5/13
4. 逆瀬川三有生・堀啓映子・谷田貝光克, 植物熱分解生成物の成分特性と生物活性(2)殺蟻活性, 第 53 回日本木材学会大会, 講演要旨集, pp.396, 福岡市, 2003/6/23
5. 松井直之, 大平辰朗, 谷田貝光克, 木酢液に含まれる抗酸化成分, 第一回木質炭化学会研究発表会, 文京区, 2003/6/25
6. 逆瀬川三有生, 谷田貝光克, 芳香植物の熱分解生成物, 第一回木質炭化学会研究発表会, 文京区, 2003/6/25
7. 黒倉寿, メコン川の漁業と魚類資源, 平成 15 年度農業土木学会大会講演会, 那覇市, 2003/7/8
8. 丹治肇, 増本隆夫, メコン川を巡る水資源と水循環研究の動向, 平成 15 年度農業土木学会大会講演会, 那覇市, 2003/7/8
9. 丹治肇, 桐博英, 吉田貢士, メコン川(カンボジア)の月流量の特性, 平成 15 年度農業土木学会大会講演会, pp.904-905, 2003/7/11
10. 松田周, 増本隆夫, 久保田富次郎, 中山間ため池における豪雨波形予測と洪水危険度指数, 水文・水資源学会, 研究発表会, 福岡市, 2003/8/1
11. 宗村広昭, 丹治肇, 桐博英, 吉田貢士, メコン川下流域の月流量特性と洪水氾濫流量の推定, 水文・水資源学会 2003 年研究発表会要旨集, pp.172-173, 研究発表会, 福岡市, 2003/8/1
12. 吉田貢士, 丹治肇, 桐博英, 宗村広昭, メコン支流ナムグン流域における水温, 土砂に着目したダム評価, 水文・水資源学会研究発表会, 福岡市, 2003/8/1
13. 丹治肇, 田園里山地域の水循環の課題, 水循環シンポジウム, 「21 世紀の研究課題と展望」, 港区, 2003/8/5
14. 丹治肇, メコン川の農業, 京都大学防災研究所平成 15 年度一般研究集会 15K-02, 研究集会「東南アジアにおける河川域の災害環境－メコン河を例として－」, 京都市, 2003/12/15
15. 黒倉寿, メコン川の魚と漁業, 京都大学防災研究所平成 15 年度一般研究集会 15K-02, 研究集会「東南アジアにおける河川域の災害環境－メコン河を例として－」, 京都市, 2003/12/15
16. Kwon Sungill, 久保成隆, 大里耕司, Hoang Ngan Giang, 平野亜希子, 川野了, 河口部における密度流の現地調査と数値解析, 農業土木学会応用水理研究部会, 研究発表会, 2003/12/17
17. 増本隆夫, メコン河における水循環変動研究が目指すもの, 第 25 回国際問題シンポジウム(農業土木学会主催), 文京区, 2004/3/15
18. 小川茂男, 力丸厚, RS によるメコン河流域の土地被覆情報の把握(1)MODIS による土地被覆解析事例, 日本地形学連合 2004 春期大会シンポジウム, 2004/4/24
19. 清水克之, 増本隆夫, GIS を用いたメコン河流域の水利用による農地の分類, 日本地形学連合 2004 春期大会シンポジウム, 2004/4/24
20. 逆瀬川三有生, 谷田貝光克, 非木材部分を材料とする熱分解生成物の生成機構と成分分析, 第3回木質炭化学会研究発表会, 2004/6/23
21. 飯田俊平, 堀啓映子, 谷田貝光克, Gustan Pari, 木材成分の熱分解温度と木酢液の成分組成について, 第 54 回日本木材学会, 札幌市, 2004/8/3
22. 佐藤雅俊, 奥田修久, Kanok-on Kungsuwan, Nikhom Laemsak, 有馬孝禮, 大熊幹章, メラルーカ材を用いた木片セメント板及び木片セメントブロックの開発(Ⅱ), 第 54 回木材学会大会, 札幌市, pp.478, 2004/8/4
23. 逆瀬川三有生, 谷田貝光克, 植物の熱分解生成物, 第 54 回木材学会大会, 札幌市,

- 2004/8/4
24. 宗村広昭, 丹治肇, 吉田貢士, 樋口克宏, 戸田修, 東北タイにおける県別乾期水利用可能量の推定に関する考察, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会, pp.40-41, 室蘭市, 2004/8/19
 25. 清水克之, 増本隆夫, Pham Thanh Hai, 農業水利用モデルにおける水利用因子の抽出と分類, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会, pp.48-49, 室蘭市, 2004/8/19
 26. 増本隆夫, 清水克之, Pham Thanh Hai, 久保田富次郎, トンレサップ湖周辺の水田が持つ洪水貯留と灌漑の役割, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会, pp.50-51, 室蘭市, 2004/8/19
 27. 丹治肇, 宗村広昭, 樋口克宏, 吉田貢士, 戸田修, 水産資源における仮想水の考察, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会, pp.210-211, 室蘭市, 2004/8/19
 28. Pham Thanh Hai, Takao Masumoto, Katsuyuki Shimizu, Development of a FEM Model for Floods in and around Tonle Sap Lake and its Vicinities, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会, pp.212-213, 室蘭市, 2004/8/19
 29. 宗村広昭, 丹治肇, 吉田貢士, 戸田修, 増本隆夫, カンボジア西部における水田灌漑水量推定モデルの構築, 農業土木学会大会講演会, pp.16-17, 札幌市, 2004/9/7
 30. Khem Sothea, 後藤章, 水谷正一, Development of Flood Inundation Model of the Mekong Delta, 農業土木学会大会講演会, pp.20-21, 札幌市, 2004/9/7
 31. 樋口克宏, 宗村広昭, 丹治肇, 吉田貢士, 戸田修, タイ国のメコン河流域乾期灌漑水量の推定, 農業土木学会大会講演会, pp.22-23, 札幌市, 2004/9/7
 32. 丹治肇, 宗村宏昭, 吉田貢士, 戸田修, メコン川流域のコメの将来需要予測, 農業土木学会大会講演会, pp.38-39, 札幌市, 2004/9/7
 33. 増本隆夫, 丹治肇, 小川茂男, 友正達美, 清水克之, 食料・水需給モデルにおける水利用因子の評価, 農業土木学会大会講演会, pp.144-145, 札幌市, 2004/9/7
 34. 久保成隆, 平野亜希子, 権ソニイル, Hoang Ngan Giang, 大里耕司, 多摩川河口における塩水遡上の現地観測と遡上特性, 農業土木学会大会講演会, pp.674-675, 札幌市, 2004/9/7
 35. 権ソニイル, 久保成隆, Hoang Ngan Giang, 桐 博英, Tieu 川(メコン河)での塩水侵入の現地測定, 農業土木学会大会講演会, pp.676-677, 札幌市, 2004/9/7
 36. 戸田修, 丹治肇, 吉田貢士, 宗村広昭, メコン本川に対する雨期、乾期別の支川寄与の評価, 農業土木学会大会講演会, pp.730-731, 札幌市, 2004/9/7
 37. 吉田貢士, 丹治肇, 宗村広昭, 戸田修, 増本隆夫, ナムグム流域における河川水温解析モデルの構築, 農業土木学会大会講演会, pp.736-737, 札幌市, 2004/9/7
 38. 清水克之, 増本隆夫, ファムティンハイ, 湿潤地域の天水田における収量と降水量の関係, 農業土木学会大会講演会, pp.864-865, 札幌市, 2004/9/7
 39. ファムティンハイ・清水克之・増本隆夫, FEM によるトンレサップ湖および周辺域の氾濫湛水シミュレーション, 農業土木学会大会講演会, pp.894-895, 札幌市, 2004/9/7
 40. 吉田貢士, 丹治肇, 宗村広昭, 樋口克宏, 戸田修, 河畔林が有する河川水温調整機能について, 農業土木学会水文・水環境研究部会「応用水文」, 茨城県稲敷郡阿見町, 2004/10/14
 41. 丹治肇, 吉田貢士, 樋口克宏, 戸田修, 宗村広昭, カンボジアにおける内水面漁獲量の推定モデル, 農業土木学会水文・水環境研究部会「応用水文」, 茨城県稲敷郡阿見町, 2004/10/14
 42. 小川茂男, 吉迫宏, 島武男, 力丸厚, メコン川下流域における水田作付状況の把握, システム農学会 2004 年度秋季大会, pp.35, 博多市, 2004/11/7
 43. 牧雅康, 丹治肇, 小川茂男, 衛星データを用いたトンレサップ湖およびメコンデルタ地帯の乾期における水田抽出 - 2002 年~2003 年の事例 -, システム農学会 2004 年度秋季大会, 博多市, 2004/11/7
 44. 丹治肇, 吉田貢士, 多田稔, メコン川下流のコメ需要とカンボジアの内水面漁獲量予測, 科学技術振興機構「水の循環モデリングと利用システム」第 1 回領域シンポジウム, 東京都,

- 2004/11/7
45. 高木映, 石川智士, 西田睦, 黒倉寿, メコン川流域におけるナギナタナマズの資源構造, 科学技術振興機構「水の循環系モデリングと利用システム」第 1 回領域シンポジウム, 東京都, 2004/11/7
 46. 丹治肇, 農業と社会開発シナリオ, 科学技術振興機構「水の循環モデリングと利用システム」第 3 回ワークショップ, 港区, 2005/1/6
 47. 石川智士, メコン川の水産業生産ーカンボジアの水産業ー, 科学技術振興機構「水の循環モデリングと利用システム」第 3 回ワークショップ, 港区, 2005/1/6
 48. 加藤靖之, 奥田修久, 佐藤雅俊, メラルーカ樹皮・材の成分, 第 55 回日本木材学会大会, 京都市, 2005/3/16
 49. 佐藤雅俊, 奥田修久, 加藤靖之, ベトナムにおけるメラルーカ材の有効利用技術の開発, 第 55 回日本木材学会大会, 京都市, p.159, 2005/3/18
 50. 黒倉寿, 東南アジアで環境力を考える収容力を考える, 平成 17 年度日本水産学会水産学会シンポジウム「養殖海域の環境収容力評価の現状と方向」(水産環境保全委員会主催), 東京, 2005/3/31
 51. 黒倉寿, 社会開発としての水産, 2005 年国際漁業研究会年会例会シンポジウム「日本の国際水産協力-過去・現在・未来」, 東京, 2005/7/31
 52. 戸田修, 吉田貢士, 樋口克宏, 宗村広昭, 丹治肇, ラオス・KM35 灌漑地区における水稻栽培の特徴を考慮した CROPWAT モデルによる灌漑水量推定, 第18回水文・水資源学会, つくば市, 2005/8/3
 53. 吉田貢士, 樋口克宏, 丹治肇, 宗村広昭, 戸田修, 河川水温の脆弱性に対する河畔林密度と流量の影響, 第18回水文・水資源学会, つくば市, 2005/8/5
 54. Sothea KHEM, Akira GOTO, Masakazu MIZUTANI, Basic Structure of Flood Inundation Model in the Mekong Delta, 農業土木学会, 岐阜市, pp.112-113, 2005/8/24
 55. 堀美菜, 石川智士, Ponley Heng, Somony Thay, Vuthy Ly, Thuok Nao, 黒倉寿, カンボジア・トンレサップ湖周辺の農業実態, 農業土木学会, 岐阜市, pp.114-115, 2005/8/24
 56. 飯田俊彰, 伊藤慎之介, Somphone Inkhamseang, メコン川中流部における栄養塩類濃度の季節変動, 農業土木学会, 岐阜市, pp.118-119, 2005/8/24
 57. 宗村広昭, 吉田貢士, 樋口克宏, 戸田修, 丹治肇, 農業生産量データを用いた補給水量推定の試み, 農業土木学会, 岐阜市, pp.202-203, 2005/8/25
 58. 久保成隆, 中山季志子, Kwon Sungill, Hoang Ngan Giang, MIKE11 によるメコン河下流域の流水モデル, 農業土木学会, 岐阜市, pp.682-683, 2005/8/24
 59. 増本隆夫, 清水克之, ファムタインハイ, トンレサップ湖周辺の水田が有する洪水貯留と灌漑の役割, 農業土木学会, 岐阜市, pp.742-743, 2005/8/25
 60. 吉田貢士, 戸田修, 樋口克宏, 丹治肇, ラオス国 KM6 ポンプ灌漑地区における灌漑効率と水生産性, 農業土木学会, 岐阜市, pp.948-949, 2005/8/25
 61. 戸田修, 吉田貢士, 樋口克宏, 宗村広昭, 丹治肇, ラオス KM35 灌漑地区における CROPWAT を用いた灌漑水量推定, 農業土木学会, 岐阜市, pp.950-951, 2005/8/25
 62. 樋口克宏, 戸田修, 吉田貢士, 丹治肇, 東北タイにおける土地利用変化に伴う水需要量の変動, 農業土木学会, 岐阜市, pp.978-979, 2005/8/25
 63. 中村みほ, 高木映, 石川智士, 中谷将典, ナオトック, ホートシータ, 宮正樹, 西田睦, 黒倉寿, メコン川流域における *Henicorhynchus siamensis* の遺伝的多様性, 日本魚類学会大会, 仙台市, 2005/9/24
 64. 高木映, 石川智士, 中谷将典, ナオトック, ホートシータ, 西田睦, 黒倉寿, メコン川流域における *Notopterus notopterus* の遺伝的多様性, 日本魚類学会大会, 仙台市, 2005/9/24
 65. 石川智士, 高木映, ナオトック, ホートシータ, 西田睦, 黒倉寿, カンボジア・メコン川流域における *Thynnichthys thynnoides* の遺伝的多様性, 日本魚類学会大会, 仙台市, 2005/9/24
 66. 相澤麻由, Nguyen Khac Thanh, Mai Thi Truc Chi, Nguyen Van Hao, Nguyen Duy Can, 黒倉寿, 塩沢昌, 小林和彦, メコンデルタにおける塩水遡上と水門設置が農業に及ぼす影響,

- 日本熱帯農業学会第 97 回講演会, 高知市, 2005/10/15-16
67. 兒玉健和, 加藤亮, 黒田久雄, 中曾根英雄, ラオス国ビエンチャン地域における汚濁負荷の流達特性, 平成 18 年度農業土木学会大会, 宇都宮大学(宇都宮市), 2006/8/9
 68. 丹治肇, 桐博英, 中矢哲郎, 灌漑取水配分のモンテカルロシミュレーション, 平成 18 年度農業土木学会大会, 宇都宮大学(宇都宮市), pp.504-505, 2006/8/8-10
 69. Paradis Someth, Naritaka Kubo, Hajime Tanji, Development of the Floodplain of the Mekong River for Paddy Rice Cultivation, 平成 18 年度農業土木学会大会, 宇都宮大学(宇都宮市), pp.540-541, 2006/8/8-10
 70. 戸田修, 吉田貢士, 樋口克宏, 丹治肇, ラオスにおける水田灌漑の実態分析, 平成 18 年度農業土木学会大会, 宇都宮大学(宇都宮市), pp.542-543, 2006/8/8-10
 71. 矢澤雄介, 久保成隆, 片岡大祐, Hoang Ngan Giang, メコン河下流域における塩水遡上観測と移流分散モデルによる数値シミュレーション, 平成 18 年度農業土木学会大会, 宇都宮大学(宇都宮市), pp.640-641, 2006/8/8-10
 72. 伊藤慎之介, 飯田俊彰, Somphone Inkhamseng, メコン川中流部における水質項目のクラスター分析, 平成 18 年度農業土木学会大会, 宇都宮大学(宇都宮市), pp.734-735, 2006/8/8-10
 73. 丹治肇, 桐博英, 林彦宏, ベトナムのメコン・デルタの水稲作付けパターンの変遷の分析, 2006 年水文・水資源学会, 岡山大学(岡山市), 2006/8/30
 74. 牧雅康, 小川茂男, 丹治肇, メコンデルタの河川氾濫域および乾期における稲作地帯の抽出, 日本リモートセンシング学会, 第 41 回学術講演会, 那覇市, 2006/11/30
 75. Katsuhiko Saito, Estimating Social Accounting matrix of Lao PDR and An Evaluation of Resource Based Exportation, 日本農業経済学会, 沖縄国際大学(宜野湾市), 2007/3/30
 76. 甘艸洋祐, 佐藤雅俊, メラルーカの樹皮を用いたバインダーレスボードー耐水性の評価ー, 第 57 回日本木材学会大会, 安田女子大学(広島市), 2007/8/8~10
 77. 佐藤雅俊, 奥田修久, ベトナムにおけるメラルーカ材の有効利用技術の開発(Ⅲ), 第 57 回日本木材学会大会, 安田女子大学(広島市), 2007/8/8~10
 78. 大久保優紀, アングーン ウォングトラソーン, 久保成隆, 丹治肇, Saint-Venat 方程式による MaeLao 灌漑システムのモデル化, 平成 19 年度農業土木学会大会講演会, 講演会要旨集, p.188-189, 島根大学(松江市), 2007/8/29
 79. 加藤亮, 兒玉健和, 丹治肇, ラオス国ビエンチャンにおける栄養塩流達モデル, 平成 19 年度農業土木学会大会講演会, 講演会要旨集, p.660-661, 島根大学(松江市), 2007/8/29
 80. 丹治肇, 桐博英, Unggoon Wongtragoon, 久保成隆, 東北タイと日本の灌漑水利システムの比較研究, 平成 19 年度農業土木学会大会講演会, 講演会要旨集, p.360-361, 島根大学(松江市), 2007/8/30
 81. SOMETH Paradis, KUBO Naritaka, TANJI Hajime, Water Balance in Batheay Irrigation System for Mekong Floodplain Development, 平成 19 年度農業土木学会大会講演会, 講演会要旨集, p.366-367, 島根大学(松江市), 2007/8/30
 82. 多田稔, 丹治肇, 小林慎太郎, 齋藤勝宏, 小山修, メコン川流域諸国の経済発展と水資源制約, 平成 19 年度日本農業経営学会報告要旨, pp. 236-237, 東北大学(仙台市), 2007/9/15
 83. 小林慎太郎, 丹治肇, 黄文峰, 多田稔, 漁業の生態的特徴を考慮した応用一般均衡モデルの検討ーカンボジア経済を対象としてー, 日本地域学会 第 44 回(2007)年次大会, 九州大学(福岡市), 2007/10/6
 84. 齋藤勝宏, ラオスの産業構造と経済発展の可能性, 環太平洋産業連関分析学会, 中京大学(名古屋市), 2007/11/11
 85. 齋藤勝宏, 小林慎太郎, 多田稔, 小山修, メコン川流域諸国における生産性向上の国際波及についてー国際応用一般均衡モデルによる接近ー 日本国際地域開発学会 秋季大会 共栄大学(埼玉県春日部市), 2007/12/08

(国際会議)

1. Hajime Tanji, Hirohide Kiri, Naoki Horikawa, General Theory of Virtual Water, is it Possible?, Proceedings of the 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asian Pacific Region, pp.1023-1027, 京都市, 2003/3/13
2. Hajime Tanji, Takao Masumoto, Comparison of Farmer Participation for Irrigation Management in Post-Wars in Cambodia and Japan, Proceedings of the International Workshop on Participatory Management of Irrigation Systems, Water Utilization Techniques & Hydrology - A Session of the 3rd World Water Forum Theme: Agriculture, Food & Water, pp.42-49, 京都市, 2003/3/19
3. Hajime Tanji, Good Virtual Water or Bad Virtual Water?, Proceedings of the International Workshop on Participatory Management of Irrigation Systems, Water Utilization Techniques & Hydrology - A Session of the 3rd World Water Forum, Theme: Agriculture, Food & Water, S2-5-1-13, 京都市, 2003/3/20
4. Hajime Tanji, Hiroaki Somura, Koshi Yoshida, Hirohide Kiri, Flood Risk Evaluation at Phnom Penh after Development and Banking of the Mekong River, DRRI-II ASA 3rd International Conference on Integrated Risk management, 京都市, 2003/7/4
5. Koshi Yoshida, Evaluation of Potential Energy Loss with Dam Construction, IUGG2003, 札幌, 2003/7/11
6. Koshi Yoshida, Evaluation of Potential Energy Loss with Dam Construction in Laos, Global Mapping Forum 2003, 沖縄市, 2003/7/13
7. Toshiaki Iida, Sanjit Kumar Deb, Ram Gopal Kharbuja, Measurement of N₂O emission from tropical paddy fields, The First International Symposium on Southeast Asian Water Environment, バンコク(タイ), 2003/10/24
8. Koshi Yoshida, Hajime Tanji, Hiroaki Somura, Hirohide Kiri, Takao Masumoto, The management of Stream Temperature in Laos, ICID Asian Regional Workshop in Taiwan 2003, 台湾, 2003/11/11
9. Hiroaki Somura, Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Hirohide Kiri, Takao Masumoto, Evaluation of Dike Construction in Cambodia, Proc. of ICID Asian Regional Workshop in Taiwan 2003, 台湾, Vol.1, pp.401-410, 2003/11/12
10. Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Issues of Life Cycle Assessment for Irrigation, ICID Asian Regional Workshop in Taiwan 2003, 台湾, pp.10, 2003/11/12
11. Takao Masumoto, Constraints on Food Production and Perspectives for Solution: Water Resources, International Symposium on "Prospects for Food Security and Agricultural Sustainability in Developing Regions" Marking the 10th Anniversary of JIRCAS, 2003/11/18
12. Katsuyuki Shimizu and Takao Masumoto, Impact Assessment of Variable Factors on Yields of Rain-fed Paddies in the Lower Mekong River Basin, CARDI the international conference on research on water in agricultural production in Asia for the 21st century, プノンペン(カンボジア), pp.34, 2003/11/26
13. Takao Masumoto, Pham Thanh Hai, Roles of Floods for Agricultural Production in and around Tonle Sap Lake and its Vicinities, CARDI the international conference on research on water in agricultural production in Asia for the 21st century, プノンペン(カンボジア), pp.11, 2003/11/27
14. Hajime Tanji, Yoshinobu Araragi, Hirohide Kiri, Ryouichi Ohnishi, Simple Model for Cost Allocation between Construction and Maintenance of Coastal Facilities, Asian and Pacific Coasts 2003, Proceeding of the 2nd International Conference, pp.266-267, 2004/3/3
15. Masatoshi Sato, Nobuhisa Okuda, Konok-on Kungsuwan, Nikhom Laemsak, Takanori Arima, Motoaki Okuma, Development of utilization technology for Melaluca wood - A Case of Wood Cement Block -, 3rd USM-JIRCAS Joint International Symposium, "Lignocellulose materials for the future from the tropics", 2004/3/10

16. Koshi Yoshida, Hajime Tanji, Hiroaki Somura, Osamu Toda, Takao Masumoto, Evaluation of Stream Temperature Change with Reservoir Management in the Nam Ngum Basin, ICID Australia, 2004/3/14
17. Hiroaki Somura, Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Osamu Toda, Takao Masumoto, Model Development for Estimating Irrigated Water at Kandal Province, Cambodia, ICID Australia, 2004/3/15
18. Miyusse Sakasegawa, Mitsuyoshi Yatagai, Quality and utilization of essential oil extracted from the abandoned biomass, International workshop on "Better utilization of forest biomass for local community and environments", 2004/3/16
19. Masatoshi Sato, Nobuhisa Okuda, Konok-on Kungsuwan, Nikhom Laemsak, Takanori Arima, Motoaki Okuma, Development of utilization technology for Melaleuca wood - The Case of Wood Cement Board and Block -, International workshop on "Better utilization of forest biomass for local community and environments", 2004/3/16
20. Kanehiro Morishita, Henrik Garsdal, Takao Masumoto, Hydrological monitoring system for the Cambodian floodplains, Proceedings of the 2nd APHW Conference Volume 1, シンガポール, pp.191-199, 2004/7/5-8
21. Hajime Tanji, Hiroaki Somura, Koshi Yoshida, Evaluation of Fishery effects on Water Resources of the Mekong River Basin in the View of Virtual Water, Proceedings of the 2nd APHW Conference Volume 1, シンガポール, pp.210-211, 2004/7/9
22. Osamu Toda, Hajime Tanji, Hiroaki Somura, Katsuhiko Higuchi, Koshi Yoshida, Evaluation of Tributaries Contribution in the Mekong River Basin during Rainy and Dry Season, Proceedings of the 2nd APHW Conference Volume 1, シンガポール, pp.239-248, 2004/7/9
23. Hiroaki Somura, Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Osamu Toda, Estimation of Irrigated Water to Paddy Fields during Dry Season in Each Province, Laos, Proceedings of the 2nd APHW Conference Volume 1, pp.553-561, シンガポール, 2004/7/9
24. Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Osamu Toda, Takao Masumoto, Hajime Tanji, Evaluation of Irrigation Efficiency at KM6 Project Site, Laos, Proceedings of the 2nd APHW Conference Volume 1, pp.652-659, シンガポール, 2004/7/9
25. Atsushi Rikimaru, Shigeo Ogawa, Takao Masumoto, Development of annual inundation and cropping pattern mapping using time series MODIS and RADARSAT images in Mekong River Basin, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management". ビエンチャン(ラオス), 2004/10/25-27
26. Shigeo Ogawa, Atsushi Rikimaru, Manithaphone Maharaxay, Verification of water use and cropping pattern based on satellite images and field survey, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), 2004/10/25-27
27. Katsuhiko Higuchi, Hiroaki Somura, Koshi Yoshida, Osamu Toda, Hajime Tanji, Irrigation water distribution in Northeast Thailand, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.110-114, 2004/10/25-27
28. Hiroaki Somura, Koshi Yoshida, Katsuhiko Higuchi, Osamu Toda, Hajime Tanji, Development of supplementary water estimation model for paddy fields in the Lower Mekong Basin, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.220-227, 2004/10/25-27
29. Toshiaki Iida, Somphone Inkamseng, Hisashi Kurokura, Koshi Yoshida, Seasonal variations in nutrient loads in the Mekong River at Vientiane, Lao PDR, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.195-200, 2004/10/25-27
30. Hoang Ngan Giang, Naritaka Kubo, Kwon Sungill, Salinity intrusion and freshwater

- exploitation in the Mekong Delta, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.150-157, 2004/10/25-27
31. Katsuyuki Shimizu, Takao Masumoto, Thanh Hai Pham, Categorization and mapping of water use for rain-fed and irrigated agriculture in the Mekong River Basin, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.158-165, 2004/10/25-27
 32. Takao Masumoto, Pham Thanh Hai, Katsuyuki Shimizu, Impact of paddy irrigation levels on floods and water use in the Mekong River Basin, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.158-165, 2004/10/25-27
 33. Thanh Hai Pham, Takao Masumoto, Katsuyuki Shimizu, Development of a 2D-FEM simulation model for flood flows in Tonle Sap Lake and its environs, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.339-346, 2004/10/25-27
 34. Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Katsuhiro Higuchi, Osamu Toda, Hajime Tanji, Stream temperature regulating function of river corridor vegetation, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.228-234, 2004/10/25-27
 35. Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Katsuhiro Higuchi, Osamu Toda, Hiroaki Somura, Estimation of Fish Catch of Cambodia in Relation to Population and Flooding Area, Proceedings of International Conference on "Advances in Integrated Mekong River Management", ビエンチャン(ラオス), pp.169-176, 2004/10/25-27
 36. Katsuyuki Shimizu and Takao Masumoto, Classification and modeling of water use for rice paddies in the Mekong River Basin, International Workshop on Global-Scale Change in Water Cycles and Food Production, Tokyo, pp.21-28, 2004/11/2
 37. Tsujimoto Kumiko, Tooru Mitsuno, Takao Masumoto, Sensitivity of rice production to rainfall change in Northeast Thailand, World Rice Research Conference 2004, Tsukuba, pp.375, 2004/11/7
 38. Takao Masumoto, Multi-functional roles of paddy irrigation in Monsoon Asia, World Rice Research Conference 2004, Tsukuba, pp.55, 2004/11/7
 39. Shimizu Katsuyuki, Takao Masumoto, Pham Thanh Hai, Assessment of agricultural water use factors in water-flood models for Monsoon Asia, World Rice Research Conference 2004, Tsukuba, pp.367, 2004/11/7
 40. Katsuhiro Higuchi, Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Osamu Toda, Trend analysis and estimation of rice demand of Southeast Asian countries, World Rice Research Conference 2004, Tsukuba, 2004/11/7
 41. Mina Hori, Satoshi Ishikawa, Hisashi Kurokura, Heng Ponley, Thay Somony, Ly Vuthy, Nao Thuok, Household study of small-scale fisheries in Kampong Thom province, Cambodia, The Second International Symposium on Southeast Asian Water Environment, ハノイ(ベトナム), 2004/12/2
 42. Akira Takagi, Satoshi Ishikawa, Nao Thuok, Mutsumi Nishida, Hisashi Kurokura, Genetic Variation in the mitochondrial DNA of the bronze featherback *Notopterus notopterus*, The Second International Symposium on Southeast Asian Water Environment, ハノイ(ベトナム), 2004/12/2
 43. Tomoe Oohira, Satoshi Ishikawa, Cao Quoc Nam, Nguyen Duy Can, Hisashi Kurokura, Study on the economical aspects of VAC system in Mekong Delta, The Second International Symposium on Southeast Asian Water Environment, ハノイ(ベトナム), 2004/12/2
 44. Kwon Sung Ill, Naritaka Kubo, Hoang Ngan Giang, 感潮河川における密度流の多層流シミュレーションに関する研究, 2004 International Symposium on Agricultural Engineering,

- Chungbuk National University, Korea, 2004/12/2
45. Naritaka Kubo, Kwon Sung Ill, Hoang Ngan Giang, メコン河下流域での河川流量と塩水遡上に関する研究, 2004 International Symposium on Agricultural Engineering, Chungbuk National University, Korea, 2004/12/2
 46. Hiroaki Somura, Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Katsuhiro Higuchi, Osamu Toda, Irrigated water estimation model to paddy fields using pump sets in Cambodia, Title of Environmental Hydraulics and Sustainable Water Management (Proc. of the 4th International Symposium on Environmental Hydraulics and the 14th Congress of Asia and Pacific Division, International Association of Hydraulic Engineering and Research), J. H. W. Lee and K. M. Lam (Eds.), A. A. Balkema Publishers, Vol. 2 (ISBN 04-1536-546-5), ホンコン, pp.1981-1987, 2004/12/15
 47. Koshi Yoshida, Hajime Tanji, Hiroaki Somura, Katsuhiro Higuchi, Osamu Toda, Mitigation of stream temperature change with reservoir management, Proc. Of the 4th International Symposium on Environmental Hydraulics and the 14th Congress of Asia and Pacific Division, International Association of Hydraulic Engineering and Research, J. H. W. Lee and K. M. Lam (Eds.), A. A. Balkema Publishers, Vol.2 (ISBN 04-1536-546-5), ホンコン, pp.1279-1284, 2004/12/15
 48. Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Katsuhiro Higuchi, Osamu Toda, Hiroaki Somura, Evaluation of flood influence on historical inland fish catch in Cambodia, Proceedings of the International Conference on Monitoring, Prediction and Mitigation of Water-Related Disasters MPMD-2005, pp.593-598, 2005/1/12
 49. Katsuhiro Higuchi, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Osamu Toda, Hajime Tanji, Estimation of Water Demand Affected by Land Use Changes of Irrigation Area in Northeast Thailand, Interdisciplinary Workshop on Multi-scale Governance on Forests, Village and Water in the Upper Ping River Basin, Northern Thailand, 2005/3/8
 50. Osamu Toda, Hajime Tanji, Katsuhiro Higuchi, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Estimation Irrigation Water Using CROPWAT Model at KM35 Project Site, in Savannakhet, Lao PDR, The International Conference, "Transborder Issues In the Greater Mekong Sub-region", 2005/3/10
 51. Katsuhiro Higuchi, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Osamu Toda, Hajime Tanji, Development of irrigation management model in irrigation projects, Thailand, The International Conference, "Transborder Issues In the Greater Mekong Sub-region", 2005/3/10
 52. Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Katsuhiro Higuchi, Osamu Toda, Hajime Tanji, Relation of corridor vegetation density and stream temperature, Dynamics and Biogeochemistry of River Corridors and Wetlands, IAHS Publ. 294, 2005 (Red Book) pp.102-113, Foz do Iguacu, ブラジル, 2005/4/4-6
 53. Fongsamuth Phengphaengsy, Sustainable Irrigation Project in Lao PDR: Effective Management of Pump Irrigation Projects in Mekong River and its Tributaries., The first International Conference on Lao Studies, イリノイ(USA), pp.33, 2005/5/22
 54. Katsuhiro Higuchi, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Osamu Toda, Hajime Tanji, Comparison of irrigation management systems using simulation model in irrigation projects in Thailand and Lao PDR, International Conference, Transborder Issues in the Greater Mekong Sub-region, ウボンラチャタニ(タイ), 2005/6/30
 55. Koichi Yamamoto, Masatoshi Sato, Importance of Forest Plantation Resources Meets to Increasing Wood Demand for Two or Three Decade in Southeast Asia, International Pulp and Paper Conference 2005, クアラルンプール(マレーシア), 2005/8/16-18
 56. Katsuhiro Higuchi, Osamu Toda, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Hajime Tanji, Estimation of Water Demand Affected by Land - Use Changes of Irrigation Area in Northeast Thailand, International River Symposium 2005, ブリスベーン(オーストラリア), 2005/9/6-9
 57. Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Hiroaki Somura, Katsuhiro Higuchi, Osamu Toda, Cost

- allocation model for construction and maintenance of irrigation and drainage facilities, ICID 2005, Special Session R.03 pp.1-11, 北京(中国), 2005/9/14
58. Katsuhiko Higuchi, Difference of water distribution in large/small irrigation areas, ICID 2005, Q.52 PO.06 pp.1-3, 北京(中国), 2005/9/16
 59. Hiroaki Somura, Koshi Yoshida, Katsuhiko Higuchi, Osamu Toda, Hajime Tanji, Model development for supplementary water estimation in the Lower Mekong Basin, ICID 2005, Q.52 R.6.04 pp.1-11, 北京(中国), 2005/9/16
 60. Hajime Tanji, Koshi Yoshida, Katsuhiko Higuchi, Osamu Toda, Hiroaki Somura, Estimation of recovery of historical fish catch in Cambodia with consideration of flood water levels, ICID 2005, Q.53 R.6.01 pp.1-17, 北京(中国), 2005/9/16
 61. Khem Sothea, Miho Tatano, Akira Goto, Masakazu Mizutani, Hydrologic analysis and flow forecasting of the upper Mekong Delta, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.169-176, 2005/10/6-7
 62. Fongsamuth Phengphaengsy, Naritaka Kubo, Evaluation of effective water management in Pump irrigation project along the Mekong River Basin in Lao P.D.R, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.162-168, 2005/10/6-7
 63. Someth Paradis, Kubo Naritaka, Water balance model for the west Baray irrigation system Siem Reap, Cambodia, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.152-161, 2005/10/6-7
 64. Koshi Yoshida, Osamu Toda, Katsuhiko Higuchi, Hajime Tanji, Modeling of radiation shade function of riparian cover, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.117-127, 2005/10/6-7
 65. Somphone Inkhamseang, Toshiaki Iida, Koshi Yoshida, Hajime Tanji, Tasuku Kato, Fluctuation of nutrient concentration in the Mekong River, Vientiane -Lao PDR, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.110-116, 2005/10/6-7
 66. Naritaka Kubo, Kwon Sung Ill, Hoang Ngan Giang, Yusuke Yazawa, Effect evaluation of fresh water discharge against salinity intrusion at Lower Mekong River, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.90-99, 2005/10/6-7
 67. Kazuhiro Enomoto, Satoshi Ishikawa, Hort Sitha, Nao Thuok, Hisashi Kurokura, Relationship between fluctuation of water level and fish catches of *Hericorhynchus spp.* and *Chhana Micropeltes* in Kampong Thom province in Kingdom of Cambodia, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.64-75, 2005/10/6-7
 68. Kato Tasuku, Yanuar J Purwanto, Budi Indra Setiawan, Tanji Hajime, Saito Katsuhiko, A system dynamics model for assessing water resources and socio-economic changes : The case of the Cianjur watershed, West Java - Indonesia, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.58-63, 2005/10/6-7
 69. Sakasegawa Miyusse, Yatagai Mitsuyoshi, Carbonization of *Melaleuca* in Viet Nam by Japanese style chacoal-making method, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.50-57, 2005/10/6-7
 70. Osamu Toda, Koshi Yoshida, Katsuhiko Higuchi, Hajime Tanji, Estimation of irrigation water and rice yields using cropwat model in Lao PDR, International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, ホーチミン(ベトナム), pp.34-40, 2005/10/6-7
 71. Yasuyuki Kato, Nobuhisa Okuda, Masatoshi Sato, Mitsuyoshi Yatagai, Studies on Chemical Components of *Melaleuca cajuputi*, IAWPS (International Association of Wood Products Society) 2005, 2005/11/28

72. Masatoshi Sato, Nobuhisa Okuda, Yasuyuki Kato, Studies on the Utilization of Melaleuca Wood in the Mekong Delta, IAWPS (International Association of Wood Products Society) 2005, 2005/11/28
73. Shunpei Iida, Mitsuyoshi Yatagai, Liquid pyrolysis products obtained under different pyrolysis temperature, IAWPS(International Association of Wood Products Society)2005, 2005/11/28
74. Aizawa Mayu, Nguyen Khac Thanh, Mai Thi Truc Chi, Nguyen Van Hao, Nguyen Duy Can, Kurokura Hisashi, Shiozawa Sho, Kobayashi Kazuhiko, Adaptations of rice farming to the changes in water regime due to dikes and sluice gates built against salinity intrusion in Mekong Delta , The Third International Symposium on Southeast Asian Water Environment, バンコク (タイ), 2005/12/6-8
75. Toshiaki Iida, Somphone Inkhamseng, Koshi Yoshida, Shinnosuke Ito, Nutrient flow characteristics in the Mekong River at Vientiane, International Symposium on Expanding Transboundary Cooperation for Water and Environment Security in Asia's International Rivers, Dali, Yunnan Province, China, 2005/12/12
76. Miyusse Sakasegawa, Mitsuyoshi Yatagai, Quality estimation of charcoals produced with kilns built in Vietnam, Pacific Chem 2005, 2005/12/17
77. Khem Sothea, Goto Akira, Mizutani Masakazu, A hydrologic analysis on inundation in the flooding area of the Mekong Delta, Cambodia-The combined deterministic and stochastic models for flood forecasting-, 2006 World Environmental and Water Resources Congress, Hilton Omaha, Omaha, Nebraska, United States, pp.21-25, 2006/5/23
78. Toshiaki Iida, Somphone Inkhamseng, Shinnosuke Ito, Nutrient runoff from a small forested catchment in the Mekong River Basin, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン (カンボジア) , pp.203-209, 2006/9/16-17
79. Wenfeng Huang, Hajime Tanji, Shintaro Kobayashi, Modelling of hydrological processes in Lower Mekong Basin : A new approach to determine the river networks, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン (カンボジア) , pp.169-176, 2006/9/16-17
80. Koshi Yoshida, Sho Shiozawa, Katsuhiko Higuchi, Osamu Toda, Hiroaki Somura, Hajime Tanji, Estimation of rice production and evapotranspiration by using plant growth model in Khon Kaen, Northeast Thailand, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア) , pp.153-160, 2006/9/16-17
81. Tasuku Kato, Hajime Tanji, System dynamics approach for food production forecast in Lao PDR, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア) , pp.145-151, 2006/9/16-17
82. Yanhung Lin, Rice Yield in Mekong Delta : A modelling approach, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア) , pp.137-138, 2006/9/16-17
83. Naritaka Kubo, Yusuke Yazawa, Daisuke Kataoka, Hoang Ngan Giang, Salinity intrusion properties in Lower Mekong River, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン (カンボジア) , pp.121-126, 2006/9/16-17
84. Hajime Tanji, Shintaro Kobayashi, Model of Cambodia's agricultural production, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン (カンボジア) , pp.109-119, 2006/9/16-17
85. Hiroaki Somura, Koshi Yoshida, Hajime Tanji, Irrigation water consumption during the rainy season in the Lower Mekong River Basin, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア) , pp.93-99, 2006/9/16-17
86. Someth Paradis, Kubo Naritaka, Seng Bunrith, Him Chakrey, Erm Chanbotom, Ly Sarann,

- Tanji Hajime, Development of shallow reservoir irrigation by using floodwater for paddy rice cultivation, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア), pp.83-92, 2006/9/16-17
87. Ly Sarann, Someth Paradis, Seng Bunrith, Men Nareth, Potential of water resources of Pursat basin for irrigation development, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア), pp.75-82, 2006/9/16-17
 88. Mayu Aizawa, Pham Ba Vu Tung, Mai Thi Truc Chi, Nguyen Van Hao, Nguyen Duy Can, Hisashi Kurokura, Kazuhiko Kobayashi, Impact of salt intrusion and sluice gates construction on agriculture in the Mekong Delta, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア), pp.51-58, 2006/9/16-17
 89. Shintaro Kobayashi, Katsuhiko Saito, Minoru Tada, Osamu Koyama, Hajime Tanji, Estimation of an input-output table of Cambodia and an analysis of the structure of the economy, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア), pp.9-16, 2006/9/16-17
 90. Katsuhiko Saito, Shintaro Kobayashi, Minoru Tada, Osamu Koyama, Water resource endowment and economic development a case study of Lao PDR, The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin, プノンペン(カンボジア), pp.7a-7g, 2006/9/16-17
 91. Tasuku Kato, Hajime Tanji, System dynamics modeling for rice production forecast in Lao PDR, International symposium on sustainable agriculture in Asia, ボゴール(インドネシア), 2006/9/18-20
 92. Mayu Aizawa, Pham Ba Vu Tung, Mai Thi Truc Chi, Nguyen Van Hao, Nguyen Duy Can, Hisashi Kurokura, Kazuhiko Kobayashi, Changes in water quality and rice production due to sluice gates and dyke construction in Mekong Delta, Vietnam, International Conference of Mekong Research for the People of the Mekong, チェンライ(タイ), pp.154-161, 2006/10/18-21
 93. Hajime Tanji, Shintaro Kobayashi, Wenfeng Huang, Estimation and evaluation of Cambodian irrigated rice production in 2020, International Conference of Mekong Research for the People of the Mekong, チェンライ(タイ), pp.517-524, 2006/10/18-21
 94. Shintaro Kobayashi, Katsuhiko Saito, Minoru Tada, Osamu Koyama, Hajime Tanji, The properties of the Cambodia economy and economic development, International Conference of Mekong Research for the People of the Mekong, チェンライ(タイ), pp.458-465, 2006/10/18-21
 95. Wenfeng Huang, Hajime Tanji, Shintaro Kobayashi, A raster-based approach to determine the river network of the Lower Mekong Basin, International Conference of Mekong Research for the People of the Mekong, チェンライ(タイ), pp.177-184, 2006/10/18-21
 96. Hajime Tanji, Shintaro Kobayashi, Capacities and scenarios of irrigation development in the Lower Mekong River Basin, International Conference of Mekong Research for the People of the Mekong, チェンライ(タイ), pp.49-55, 2006/10/18-21
 97. Mina Hori, Satoshi Ishikawa, Ponley Heng, Vuthy Ly, Thuok Nao, Hisashi Kurokura, Role and prospects of fish traders in Cambodian small-scale fishing : The case of Chhnok Tru village, Kampong Chhnang province, The fourth International symposium on Southeast Asian Water Environment, バンコク(タイ), 2006/12/6-8
 - ③ ポスター発表 (国内会議 5 件、国際会議 1 件)
 - (国内)
 1. 飯田俊平, 堀啓映子, 谷田貝光克, Gustan Pari, 木材成分の熱分解温度と木酢液の成分組成について, 第 54 回日本木材学会, 2004/8/3
 2. 戸田修, 吉田貢士, 樋口克宏, 宗村広昭, 丹治肇, ラオス・KM35 灌漑地区における水稻栽培の特徴を考慮した CROPWAT モデルによる灌漑水量推定, 第 18 回水文・水資源学会, つ

くば市, 2005/8/3

3. 堀美菜, 石川智士, Vuthy Ly, Thuok Nao, 黒倉壽, カンボジア王国トンレサップ湖における仲買人と漁民のかかわり, 平成18年度日本水産学会大会, 高知県高知大学朝倉キャンパス, 2006/3/31
4. 飯田俊彰, 秋田智絵, Somphone Inkhamseang, メコン川中流域支流源流部での栄養塩類流出の解析, 水文・水資源学会 2006 年度研究発表会, p.262-263, 2006/8/29
5. 齋藤未歩, 後藤章, 水谷正一, カンボジア・メコンデルタにおける稲作形態と水文・土地条件の関係, 平成 19 年度農業土木学会大会講演会, 講演要旨集, p.1004-1005, 島根大学(松江市), 2007/8/29
(国際)
1. Takekazu Kodama, Tasuku Kato, Hisao Kuroda, Hideo Nakasone, Transport rate characteristics of pollutant load in Vientiane, Lao PDR, International symposium on sustainable agriculture in Asia, インドネシア・ボゴール, 2006/9/18-20

(4)特許出願

- ①国内出願 (0 件)
該当無し。
- ②海外出願 (0 件)
該当無し。

(5)受賞等

- ①受賞
1. ポスター賞 平成 17 年 8 月 4 日受賞
(第18回水文・水資源学会研究発表会 ポスターセッション)
発表演題:「ラオス・KM35 灌漑地区における水稻栽培の特徴を考慮した CROPWAT モデルによる灌漑水量推定」
発表者:戸田修・吉田貢士・樋口克宏・宗村広昭・丹治肇
2. 平成 18 年度日本水産学会論文賞 平成 19 年 2 月 9 日受賞
(社団法人 日本水産学会)
受賞論文:「Role of small-scale fishing in Kampong Thom Province, Cambodia」
受賞著者:堀美菜・石川智士・Ponley Heng・Somony Thay・Vuthy Ly・Thuok Nao・黒倉寿
- ②新聞報道
該当なし。
- ③その他
日本科学未来館・企画展「サイエンスニュース! アジア展〜アジアの力、科学の力、を伝えます」展示協力

(6)その他特記事項

該当なし。

7 研究期間中の主な活動

(1)ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
H15.5.23	研究会議	東京大学農学部 (東京都文京区)	15人	15年度実施計画、 研究進捗状況報告
H16.1.30	研究会議	東京大学農学部 (東京都文京区)	12人	15年度支出状況、 研究進捗状況報告
H16.2.21	研究会議	東京大学農学部 (東京都文京区)	10人	16年度実施計画、予 算計画、 研究進捗状況報告
H16.4.23	研究会議	東京大学農学部 (東京都文京区)	15人	16年度実施計画、 研究進捗状況報告
H16.8.17	シンポジウム「21世紀の水循環 変動研究の展望」	JSTホール (東京都千代田区)	(2人)	
H16.10.25-27	International Conference on “Advances in Integrated Mekong River Management”	Lao Plaza Hotel (ビエンチャン)	100人	
H16.11.4	「水の循環系モデリングと利用 システム」第1回領域シンポジウ ム	JSTホール (東京都千代田区)	(6人)	
H17.1.6-7	「水の循環系モデリングと利用 システム」第3回ワークショップ	JSTホール (東京都千代田区)	11人	
H17.2.16	研究会議	東京大学農学部 (東京都文京区)	27人	17年度実施計画、 研究進捗状況報告
H17.2.22	Seminar on Promoting Wider-use of Melaleuca Wood	FSSIV (ホーチミン)	40人	
H17.6.23	研究会議	東京大学農学部 (東京都文京区)	日本人メン バー15人 ベトナム南 部水資源研 究所5人	研究進捗状況報告
H17.8.31	研究会議	農業工学研究所 (茨城県つくば市)	7人	研究進捗状況報告
H17.9.1	研究会議	東京大学農学部 (東京都文京区)	16人	研究進捗状況報告
H17.10.6-7	International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin	ホーチミン (ベトナム)	60人	
H17.11.2-4	アジア水循環シンポジウム	11.2 東京大学 Tetsumon Conference Hall 11.3 東京大学 Takeda Hall (東京都文京区)	3人	
H17.11.10	第2回領域シンポジウム	コクヨホール (東京都品川区)	11人	
H17.1.12-1.13	第4回セミオープンワークショップ	日本科学未来館 (東京都江東区)	8人	
H18.3.10	研究会	農業工学研究所 (茨城県つくば市)	10人	清華大学(中国)の 趙建世氏によるメコ

				ン関係の講演
H18.9.16-18	The Second International Symposium on Sustainable Development in the Mekong River Basin	プノンペン (カンボジア)	52人	
H18.10.18-21	International Conference of Mekong Research for the People of the Mekong	チェンライ (タイ)	150人	
H18.10.30	第3回領域シンポジウム	ココヨホール (東京都品川区)	10人	
H19.1.29	研究会議	農村工学研究所 (茨城県つくば市)	11人	19年度実施計画、 研究進捗状況報告
H19.2.15	研究会	農村工学研究所 (茨城県つくば市)	7人	ラオス国立大学の Phouphet Kyophilavong 講師 によるセミナー
H19.3.28	研究会	農村工学研究所 (茨城県つくば市)	9人	ベトナム南部水資源 計画研究所副所長 Nguyen Xuan Hien 氏による講演
H19.8.23-24	研究会議	農村工学研究所 (茨城県つくば市)	12人	研究成果報告

8 結び

(1)研究の達成度

原著論文として国内誌34件、国際誌12件、一般書(和文1編)、総説・解説(英文2編, 和文8編)、招待講演(国内2件)、口頭発表(国内85件, 国際97件)、ポスター発表(6件)の多くの成果が発表されている。口頭発表の中には、情報発信の場として、本研究が単独主催した2回の国際ワークショップ、他のプロジェクト研究とともに主催した2回の国際ワークショップが含まれている。以下、代表的な成果について説明する。

①カンボジアの灌漑水利用実態の解明

カンボジアでは、今後の灌漑開発が重要な課題であるが、信頼できる水文・水利用データが少なく、本格的な降雨観測も2000年以降に開始されたばかりである。今回、バライ地区とバテイ地区の調査により、初めて灌漑水量の信頼性の高いデータを得ることができた。これは、今後のカンボジアの灌漑計画の基本数値になる。

②メコン本川のベトナム・メコンデルタの流量推定

ベトナムのメコンデルタは、メコン川の渇水危険度が最大となるにもかかわらず、潮汐の影響により流れが1日2回反転し、流量を正確に把握できず渇水流量の推定をめぐって議論になっていた。この部分のTien川のモデルを開発し、3月の渇水流量として $1,700\text{m}^3/\text{s}$ 弱を得た。これは、現時点では最も信頼性の高い推定流量である。もう一つの派川Hau川と合わせたメコン川の推定流量は、 $4,000\text{m}^3/\text{s}$ 弱になり、南部水資源研究所の推定値より大きく、世界銀行の推定値に近くなり、渇水流量をめぐり議論に決着をつけた。

また、河口部の平均流量を、上下流2地点間の平均水位差で推定する方法を開発した。この方法を用いれば、上流境界条件を従来の非感潮域のポンペンでなくベトナム国内に定めることによって、メコンデルタの平均河川流量が推定可能となる。また、これにより水位変化の影響を容易に評価でき、幅広い範囲で応用が期待できる。

③カンボジアの産業連関表の作成と経済分析

メコン川下流のうちカンボジアとラオスは経済データが不備で、今までメコン川下流4カ国の応用一般均衡モデルは、この2カ国をタイまたはラオスに組み込んで扱ってきた。本研究では、メコン川流域の経済発展シナリオを検討するため、カンボジアとラオスを単独に扱い、メコン川下流4カ国応用一般均衡モデルの開発を行った。完成したモデルは、今後、メコン川委員会やアジア開発銀行などによるメコン川の開発シナリオの検討に不可欠なツールとして利用が期待される。

④メコン川の開発と保全の政策提言のための助言

メコン川の開発と保全について、制度と開発シナリオ提案の政策提言のための助言を行った。既に、メコン川の開発については様々な開発計画が提案されている。今回のポイントは、水循環モデルと応用一般均衡モデルを使って、流域の課題に優先順位をつけ、開発シナリオを選別した点にある。これらの優先順位と政策提言のための助言は世界銀行のレポートのシナリオとともに、開発シナリオの基礎文献としての利用が期待される。

(2)得られた成果の意義

自然科学だけでなく社会経済モデルによって望ましいメコン川の開発と保全の政策提言のための助言を行うという目標は、メコン川下流 4 カ国の応用一般均衡モデルができたことで、基本的には達成された。また、その過程で、産業連関表を効率的に作成するRAS法の改良法などの基礎的な学術貢献もできた。メコン川では、今までに様々な水循環モデルが開発され、一方では、国際河川としての政治学的な分析がなされてきた。しかし、応用一般均衡モデルによる解析は前例がなく、経済モデルもリングラーの部分均衡モデルがあるだけである。また、自然科学的な解析と社会科学的な解析は、独立して行われてきた。このように、メコン川下流 4 カ国の応用一般均衡モデルを開発して、水循環モデルとの連携を図りながら、開発シナリオを検討する試みは、現時点では他になく、国際的に競争優位に立てたと判断している。ただし、これらの成果を現実の政策に反映させるための普及はまだ不十分で、今後メコン川委員会や国際誌を通じて広めていく必要がある。

(3) 今後の展開

研究実施の上で重要な課題は、水循環モデル、経済モデルとカンボジアの水産業の取り扱いであった。

メコン川の水循環モデルは既に、ワシントン大学、山梨大学などで、主に米国の全地球データセット(HYDRO1K)のデータを使って開発されている。これらのモデルは、計算は、河口のベトナムまで計算しているものの、モデルの検定は、下流水位の影響を受けないクラチエで行っている。メコン川委員会が水位と流量の双方を公表しているのはクラチエ上流までである。したがって、クラチエ下流の計算結果は保証されていない。また、モデル構造上も、湛水の計算は行っていない。逆に、カンボジアとベトナムを対象とした氾濫原の解析は主に洪水被害を想定したものであり、濁水の検討を行っているのは、ベトナムで行われている塩水遡上に係わる解析を除けば、世界銀行のレポートだけであった。一方、乾期の灌漑取水の72%はクラチエ下流で行われているので、クラチエ下流を扱わないことには、水利用の検討ができない。本研究では、この点も配慮したが、モデルは上流部分から作成したため、下流部には改善の余地が大きい。この点は、今後も検討したい。

経済モデルの構築のために、研究の後半で特別研究員を雇用した。学際的な研究を進める上では、異分野の人間同士が密接に議論を交わす必要がある。この点では、非常に有益な刺激になった。経済モデルに関しては、不整合なデータの調整に思いの外時間を取られ、モデルはできたものの、まだ検討すべき色々なケースが残った。

カンボジアのトンレサップ湖の漁獲量のモデル化は、開発と環境を考える上で重要な課題である。この課題については、最初、メコン川委員会の水産部門が、一般の漁獲量統計を信頼していないということを理解できていなかった。メコン川委員会の水産部門による漁獲量の検討は全て、メコン川委員会の水産部門が直接サンプル調査を継続的に行っているトンレサップ川の袋網(ダイ)のデータに限定して行われている。これ以外のデータを使った検討は見られないので、メコン川委員会の水産部門は一般の漁業統計の精度に信頼をおいていないと思われる。この点を配慮して、メコン川委員会のデータを使った漁業資源モデルをカンボジアの経済モデルに組み込んだ。しかし、経年的に減少していた努力量当たり漁獲量が最近は増加しており、この再現には課題が残された。

今後、今回、開発した水環境モデルと応用一般均衡モデルの改良を当面行いたい。研究当初には、この2つのモデルを1つのプログラムに統合化するアイデアもあったが現時点では成功していないので、試みたい。

(4) プロジェクトの運営について

プロジェクトの運営については研究代表者の属する組織は、大学でないため大学、大学院からの人材を計画的に育成する点では困難があった。また、現地調査とモデリングの関係については、一般の公式手順である現地データを収集してモデリングする方法よりも、ダミーデータ、概略データをもとにモデルを組み立ててから現地調査を行う方が有効であった。



国際シンポジウム(ホーチミン、2005年)発表風景



国際シンポジウム(ホーチミン、2005年) 会場の様子



国際シンポジウム(プノンペン、2006年)シンポジウムを終えて



フィールドツアー(2006年):フランス植民地時代に建設されたシェムリアップの取水堰