

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「社会変動と水循環の相互作用評価モデル
の構築」

研究終了報告書

研究期間 平成13年12月～平成19年3月

研究代表者：寶 馨
(京都大学防災研究所 教授)

1 研究実施の概要

本研究は、急激な人口増と社会の変動が予測されるアジア域を対象に、河川流域の水循環に着目し、人間活動を取り込んだ形で記述・解析し、当該流域の水問題の諸相を明らかにするとともに、我が国との関係という観点からも考察を加えたものである。そのため、次のような3つの目標を掲げて、研究を推進することとした。

- (1) 我が国およびアジア諸国の社会変動が河川流域における水循環、さらには、国際的な水資源循環・収支に及ぼす影響を予測するモデルを構築する。
- (2) アジアの淡水資源の利用可能性とリスクを科学的定量的に評価・予測する。
- (3) 我が国の水(食料、産業)政策、国際貢献戦略の持続可能な将来像を明らかにする。

これらにほぼ対応して、当研究チームでは、

- (A) アジアモンスーン地域を対象とした水循環モデルの構築(水循環モデルグループ)
 - (B) 自然の水文循環と社会変動の相互作用を考慮した水循環モデルの構築(相互作用グループ)
 - (C) 国際的水循環・水収支の自然・社会・経済シナリオ分析と貢献戦略(国際水連関グループ)
- というふうに3つのグループを構成して研究を推進してきた。こうして、グループごとに、ミニワークショップを行ったり、シンポジウムを開催したりして、研究情報や観測データの交換を図るとともに、外部へ研究内容・成果を報告する機会を設けることとした。

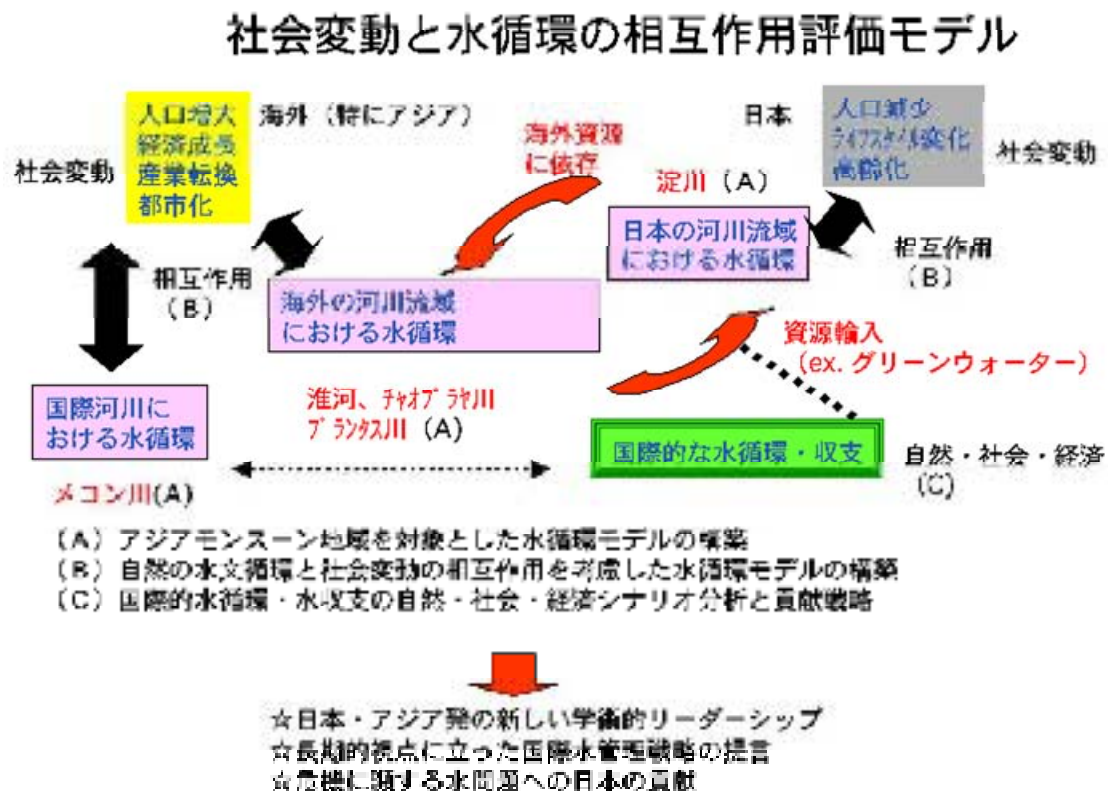


図 A 本研究の概要図

図 A に示すように、三つのグループのうち、(A) グループは、淀川、ブランタス川、淮河、チャオプラヤ川、メコン川といった湿潤アジアに属する流域面積と社会の発展段階の異なる流域を選定している。また、(B) グループは、先進国や途上国の社会（及びその変動）と水循環の相互作用を取り扱い、(C) グループは、特に、国際的な観点から海外を対象として、そこにおける自然・社会・経済的な状況を考えながら、国際的な水の循環や収支に関わる水問題を取り上げる。

このようにして、本研究が十分成果を上げた暁には、日本・アジア発の学術的リーダーシップを確立するとともに、長期的視点に立った国際水管理戦略に関する提言を行い、危機に瀕する水問題への日本の貢献の在り方を明らかにすることを究極的な目標としたのである。この研究目標自体は、戦略的創造研究事業（CREST）にふさわしいものであるとの評価を採択時及び中間評価時にいただいたが、それ故、また難しいチャレンジングな課題であり、5 年経過した今なお、掲げた目標に十分到達し得たとは言にくい状況である。

しかしながら、以下に述べるような具体的な成果も得ており、社会変動と水循環の相互作用を十分に意識した有意義な研究展開をなしえたと考えている。

（A）アジアモンスーン地域を対象とした水循環モデルの構築（水循環モデルグループ）

まず、(A) グループでは、淀川、ブランタス川において、山腹斜面表層の効果をも取り込んだ 50–250m の空間分解能を持つグリッドセルを基本とする水循環モデルを構成した。このモデル（寶・児島らのセル分布型モデル）やモデル構築システム（椎葉・市川らの OHyMOS）は、ソフトウェア博覧会（2004, 2005）で展示するとともに、日常的にウェブ上で公開しているものであって、電力会社やコンサルタント会社からの引き合いもあり、今後のモデルの高度化・実用化に向けて極めて有用なモデルプロダクトを生み出せたと自負している。山腹斜面の表面流と飽和・不飽和地中流を考慮した基本モデルの妥当性については、谷が現地観測に基づいて検討を加えた。

淀川ではさらに、国土交通省の協力を得て、数十箇所の観測地点における過去数十年間の雨量・水位データ、大雨時の深山レーダ雨量計データを収集、データセット化して水循環解析に利用できるようにしている（立川・寶・佐山ら）。また、国土交通省の協力により、光ファイバーケーブルを敷設、オンラインで国土交通省の水文観測データ、気象庁系の MICOS データがリアルタイムで入手できるようになった。本研究で構築した琵琶湖・淀川流域の水循環モデルにより、一級河川基準点のみならず、中小河川の洪水予測も可能になったので、今後、大学発信の洪水予測情報を提供することを考えている。

この淀川とチャオプラヤ川においては、人工のダム貯水池が複数整備されてきた。チャオプラヤ川流域においても、吉谷・手計が長期の水文気象データを収集整備した。これにより、同流域での水循環モデルを構築するとともに、過去に建造されたシリキットダムなどの大ダム事業が、流域の水循環に及ぼした影響を明らかにすることができた。淀川流域でも、過去 50 年の間に逐次整備されてきたダムによって治水効果がどの程度向上したかを、定量的に明らかにすることができた。今後、支川の任意地点での洪水リスク、水資源リスクが把握できるようになるとともに、従来、「次元の呪い」により現実的な条件のもとで最適解を求めることが難しかった、水資源システムの多目的最適化問題を解決する展望が開けてきたと言える。

中国の淮河流域では、田中を中心として、10 km スケールのグリッドセル型のモデル（SiBUC）を用いて、大陸河川の水循環を明らかにしようとした。これは、GAME-HUBEX の流れをくむ研究であり、従前より、池淵・立川・田中らが手がけてきたものを発展させたものである。多数回に亘る現地踏査とデータ収集、現地からの研究者招聘により、中国からの得難いデータを整備した。また、農地の作付けパターンを詳細に調べ上げ、土地被覆・土地利用の季節変化を明らかにした。従来、データの入手が困難な大陸のデータは、米国等の人工衛星データや DEM（数値地形情報）に依存することが多かったが、衛星データによる土地利用・土地被覆の精度は必ずしも十分ではなかった。今回の現地踏査とヒアリング等に基づく研究の結果、当該流域の地表面状態をかなり正確に補正することができたのは

大きな成果であると言えよう。また、SIBUC を用いた大気陸面の水・熱フラックスの研究も継続的に進展させている。

インドネシアのブラントス川流域でも、中川・里深・大石・佐山・寶らが、公共事業省や水管理公団（JASA TIRTA）の協力を得て、土砂生産のさかんな上流のレスティ川を対象として観測機器（マイクロレインレーダー、地上雨量計、ADCP 流速計、粒度観測機）を設置し、自らデータを収集するとともに、洪水・土砂流出モデルを構築した。雨季（11 月から 4 月）と乾季の差のはっきりした東ジャワの熱帯雨林気候区において、人工衛星画像を用いた土地被覆の季節変化パターンを、人間の耕作と関連づけて明らかにするとともに、それが土砂生産に及ぼす影響を明らかにした。

メコン川では、国連大学のヘーラトが中心となって国際河川の水循環を明らかにすべく、メコン川委員会の協力なども得つつ、水循環モデルを構築した。分布型の水循環モデルに、大気側からのインプットとして MM5 を用いた降雨分布の予測を入力として、洪水の予測シミュレーションをすることが可能となった。また、大気中のエアロゾルの増加は、明らかに人間活動がもたらしたものであり、それによる ABC（Atmospheric Brown Cloud）の増加シナリオによる降雨発生の変化を明らかにした。本研究によって築いた人的ネットワークにより、現地との研究者との連携を深め、現地で何度もワークショップを行うなど、当該流域の持続可能性について議論を深めることができた。

（B）自然の水文循環と社会変動の相互作用を考慮した水循環モデルの構築（相互作用グループ）

（B）のグループでは、水循環と人間社会との関係を取り扱うシステムモデルの構築にあたった。洪水リスクマネジメントにおいては、行政による公助だけではなく、地域コミュニティによる共助、個人や家族単位で責任を持つ自助も含めた複数の当事者が参加する形で洪水災害リスクの分担を図ることが、洪水マネジメントにおいて不可欠となってきている。このような観点から、岡田・多々納・畑山・竹内らは、住民参加型水害リスクマネジメントのための性能設計型アプローチに関して検討を行った。このような水害リスクマネジメントを実施するためには、水害の危険性を住民に的確に伝達するためのリスクコミュニケーションツールが重要である。時空間 GIS を基盤とした洪水リスク表示システムを開発し新川流域（愛知県）を対象として、既存の破堤・溢水氾濫の様子を GIS 上に保存し、個々の家屋の洪水危険度（安全度）の評価結果をリスクカーブとして表示するシステムの開発を行った。その上で、洪水シミュレーションの結果を 3D 表示し、被害状況の想像力を高めるためのサブシステム（イメージレーション）や、個々の住民が行う被害軽減行動や保険加入などのリスク移転行動が及ぼす影響をリスクカーブとして表示するためのサブシステム、避難可能性を住民が検討することのできる避難検討サブシステムを開発した。このプロトタイプモデルの利用可能性を確認するための実証実験を行い、住民とのリスクコミュニケーション技法についても検討を加えた。従前のような政府主導のトップダウン的意志決定から、住民参加型の意志決定プロセスが主流になりつつある現代において、ツールの開発と現場作業（コミュニティを巻き込んだ集会の連続）の、こうした地道なケーススタディが今後ますます重要になってこよう。

水資源に関する研究（小尻・堀・石川・藤原ら）においては、水資源分布状況が社会の成長に与える影響を定量的に把握するため、水資源と社会の相互関係を軸にしたダイナミクスモデルを開発している。経済部門間の連関構造と需給関係の価格を通じた調整機構をモデルに反映するため、3 つの産業部門と水部門との連関構造を応用一般均衡モデルで表現し、日本を対象として検討した。1995 年を基準均衡年とし、輸入関税率を考慮して水部門の売上を計算した結果、関税の増加に伴って国内生産が増加し、水にかかる国内コストが増加する傾向が表現できた。さらに、気候－水資源－経済活動の相互作用を考えるためのモデル開発を進めた。地球規模の社会・経済活動の結果、開発と成長がどのような局面を迎え得るかを予測する、この種の解析は、現象そのものの不確定性や、社会的要因の影響が大きく、なかなか難しい課題であり、今後ともデータの精度の向上、もっともらしい説

得力のある将来シナリオの設定、解析結果の解釈やその利用方法などについて克服すべき課題は多い。

社会経済データのみに依存する水循環解析の限界を克服するため、地域を限定して、自然条件をさらに取り入れることを考え、アジアの大河川の源である青海チベット高原を対象に、衛星観測データから地表面水文フラックスを算出する手法を開発している。現地での地上観測との比較でも良好な量的対応が得られた。衛星観測データによる降水量推定と、本手法で算出される蒸発量を用いれば、河川あるいは地下水への流入量が面的に算出できるようになる。また、乾燥地帯における表流水・地下水を有機的に結合した広域流出モデルの開発に着手し、不飽和流モデルを簡便化したプロトタイプを提案した。3次元計算への予備検討として仮想傾斜地の広域断面二次元解析を行った結果、提案モデルは広域乾燥地の流出計算に適用可能と言える。こうした物理的情報をインプットして、水資源の少ない地域の水循環と社会の係わりの研究に取り組んでいるが、まだ、緒に就いた段階と言え、今後の発展に待たねばならない。

淀川上流地域（琵琶湖集水域）における水循環と社会変動の相互関係を、農業水利の観点から分析・評価した。三野は、琵琶湖総合開発で最もドラスティックな変化を遂げた農業水利に着目し、平野部における農業水利再編整備が周辺地域社会にどのような影響を与えたか、また、新たな社会ストックとして農業水利を通じて農地が持つ様々な環境保全の効果、いわゆる農業の多面的機能を引き出すにはどのような施策が必要なのか、について調査研究を行った。とくに、①水循環や物質循環の機構を明確にすること、②その制御方策の効果を評価すること、③行政当局や、地元市町村、土地改良区、NPO、さらには個々の住民や農家が具体的な行動をとるための制度設計について、3箇所に調査フィールドを設けて調査検討を進めた。その結果、琵琶湖総合開発に伴う農業水利改良事業と圃場整備事業により農業生産性は著しく向上した反面、水循環速度が著しく上昇し、エネルギー消費や環境負荷の上昇を招いていることがわかった。また、魚類生態系や水生植物や湿地植生に大きな影響を与え、景観の変化をもたらしており、とくに、直接琵琶湖に隣接する従来排水不良地域に与えた影響はきわめて大きいことが明らかとなった。一方で、農地や農業水利施設はその管理次第で大きな負荷削減効果を発揮することが検証できた。

水循環と社会変動の相互作用は、新たな環境直接支払制度の中で、新たな展開が始まろうとしている。このような社会実験と制度設計について、農業水利を切り口として研究を進めた。結論として、農地や森林、農業用排水施設は重要な社会共通基盤であり、すでに21世紀の公共事業で大きな蓄積が図られていること、排出権取引や環境直接支払いなどの政策ツールと、水循環や物質循環の機構、そして新たなソーシャル・キャピタル（社会関係資本）の形成により、21世紀の社会資本のあり方を議論しなければならない時期にきており、今後これらは水ガバナンス（協働協治）の形で新たに展開させることが必要であるとの結論を得ている。

（C）国際的水循環・水収支の自然・社会・経済シナリオ分析と貢献戦略（国際水連関グループ）

国総研のグループが、アジアモンスーン地域における、今後の水問題の解決の方向性を見いだすべく、各国の自然条件・歴史的背景に適応した経済的に持続可能な管理制度、ガバナンスと、法制度の実効性を担保するための信頼できるデータの収集が必要となるが、これらの実現に向けて、アジアモンスーン地域の国々（9ヶ国）において、どのような治水・利水方策が適用可能と考えられるか検討した。さらに、治水対策について、今後アジアモンスーン地域でより効果的かつ効率的にプロジェクトを実施する際に必要とされる洪水リスクマネジメント手法の方向性として、1) 地域・状況に即した支援の実施、2) 治水プロジェクト支援に関する情報の共有、3) 洪水脆弱性指標による地域、社会の脆弱性の把握、4) 洪水被害に起因する貧困からの脱却支援、5) 人材育成、6) 構造物対策と非構造物対策のベストミックス、7) リスクマネジメントの視点からの支援を提案した。

また、西欧とは異質の自然条件と文化をもつアジアモンスーン地域諸国は、自然・社会条件が日本と類似している。日本は、河川流域管理に関して 100 年の経験を有しているが、現在の姿が開発途上国にすぐに適用できるとは限らない。各国の現状について文献調査及び現地調査を行い、日本の政策と比較・分析している。治水、利水の歴史的背景、諸制度の変遷等について概括しつつ、各国の社会規範や実情と乖離した法制度を単に移植しても機能しないという認識のもとに、地域固有の法制度等の存在を尊重した各国の水問題解決方策について検討している。

萩原・坂本らは、水循環に関わる地域計画や公共事業が、地域住民にどのような影響を与えるかを解析した。自然環境および社会経済と、水循環・水収支を含む水資源との相互の連関とそのダイナミズムを、海外の事例から解析・解明している。まず、世界的に今後頻発することが予想される水を巡る争い（水資源コンフリクト）は単に量的な水不足によってのみ生じるものではない。社会的背景（政治経済力・貧困・ジェンダー）や地理的関係（上下流関係）がコンフリクトを激化させる原因となる。こうした水資源コンフリクトの構造を明確にし、含まれる諸要素に対して第三者機関の介入によるコンフリクトマネジメントの方法を考究した。コンフリクトの現象分析からマネジメントまでを一連のシステムとして体系化して、社会環境に対する働きかけとして循環的かつ持続的に行われるような手法を確立することをめざした。

中山・藤倉らのグループでは、自然環境・社会経済と水循環・水資源の連関を分析し国際的な水資源事業における諸問題とその解決の方策を調査研究するという観点から、コスタリカ、インド、バングラデシュ、インドネシア、スリランカ、トルコなどを対象として、国際河川における堰の設置や取水・洪水予報に関わる国際紛争、ダム事業・広域灌漑事業の地域への影響評価などについて文献調査、関係者からの聞き取り、および現地調査を行った。アフガニスタンへの「バーチャル・ウォーター」への供与がアラル海流域関係国間の係争を防ぐ役割を果たしていることが判明した。中米サンファン川流域とシクスアオラ川流域では、市民参加のターゲット選択、情報チャンネル、市民参加プロセスを開始する時期などにおいて改善の余地があると判断された。サグリン・ダム流域（インドネシア）における住民移転と生活再建に関しては、村落共同体への影響、情報欠如への不安、住民相互の不信、建設工事による雇用、代替農地の提供などの補償において、プロジェクト前後の相違が観察された。本研究で実施した事例研究は、その殆どが Post-Project Review の観点から「過去の事例から有用な教訓を引き出し、将来において同種のプロジェクトが実施される場合の方法論的な改善に資する」為の政策提言を志向している点が、既存の研究とは異なるユニークな点である。国際流域に関する研究では、市民参加と国際機関による主導の観点からの政策提言は、他の同様な研究では類を見ないユニークな視点からの研究である。また、水資源の間接貿易（Virtual Water）が及ぼす影響について、その政策論的な意味合いを追求した研究は、Virtual Water に関する研究の多くがその数量的な把握を扱っているのとは明確な対比を示している。さらに、Transboundary Impact Assessment (TIA) の方法論的改善に特化した国際共同事例研究は、類似の既存研究例がないユニークな研究である。

本研究を通じて、次表に示すような多数の論文発表などの成果を上げた。また、海外の流域を対象としたこともあって、研究者自身の更なる国際的能力や役割が拡大されると同時に、海外流域の水循環にかかわる気象・水文観測データが収集され、データベース化された。これらは、他の CREST 研究チームの役に立つであろうし、本チーム自身の今後の研究のための大きな財産となった。さらには、後述するように、4人の若手研究者が学会の論文奨励賞を受賞するなど、人材育成の場をも提供することができた。

表1 外部発表件数のまとめ(平成18年11月現在)

	原著論文		その他				学会発表					
	国内	国外	著書		論文		招待講演	口頭発表		ポスター発表		
			国内	国外	国内	国外	国外	国内	国外	国内	国外	
平成14年度	6	2	0	0	0	0	0	4	28	0	0	
平成15年度	7	6	0	0	0	0	0	3	16	0	0	
平成16年度	9	6	0	0	5	2	0	26	27	0	0	
平成17年度	17	3	3	1	3	0	2	39	42	3	1	
平成18年度	7	4	1	0	3	0	0	15	5	0	0	
合計	46	21	4	1	11	2	2	87	118	3	1	

2 研究構想及び実施体制

(1) 研究構想

急激な人口増と社会の変動が予測されるアジア域を対象に、従来個別に開発されてきた水循環解析モデルの共通化と精度向上を行い、水循環と社会変動との相互作用を定量化するとともに、各国の実情を現地調査に基づいて把握することにより、持続可能な水政策の立案に資することを目的として研究を行った。

人口増加、経済発展と社会開発は、水資源の需要量を増大させるとともに、水害に対する脆弱性を高める。日本、中国、インドネシア、インドシナ半島においては、農業用水や洪水などの水量を制御する施設が作られてきた。こうした人為的な影響を定量化する水循環モデルをこれらの地域において構築する。また、河川流域内の、あるいは国境を越えての水資源の動態(ダイナミクス)について、自然的な水循環過程と、人口増加や水政策の変遷など社会変動要素との相互作用を考慮した分析を行う。水資源の量が産業に及ぼす影響、水循環に関わる政策が環境に及ぼす影響と今後の新しい水政策の在り方について考察を加える。さらに、流域内の水循環において大きな豪雨や洪水が生じるときに生起するシミュレーション洪水時のリスクを直接地域住民にわかりやすい形で提示し、洪水対策を住民参加型で策定する支援システムを構築する。

海外の事例をインドネシア、ベトナム、スリランカ、バングラデシュ、インドなどの国に求め、現地調査を行い、水問題、水に関する法制度、官・民の水管理組織に関する種々の情報を収集して、「自然環境および社会経済」と「水循環・水収支を含む水資源」との相互の連関を分析するとともにこれまでの経緯と今後の展望を明らかにする。

本研究チームの各分担課題において、国外、国内で国際研究集会を実施・参加するとともに、海外から日本へ研究者を招聘して、研究結果の検証や海外の研究者・実務家との情報交換、海外への情報発信を行う。

本研究は、水循環と社会とのかかわりを強く意識したものであって、こうした観点からわが国及び対象各国における水政策の在り方、さらには、わが国の国際貢献の在り方が明らかにできるものと考えた。

当研究チームでは、次の3つのグループを構成して研究を推進することとした。すなわち、

(A) アジアモンスーン地域を対象とした水循環モデルの構築(水循環モデルグループ)

参加機関: 京都大学、山梨大学、国連大学、(独) 土木研究所

(B) 自然の水文循環と社会変動の相互作用を考慮した水循環モデルの構築(相互作用グループ)

参加機関: 京都大学、国土交通省国土技術政策総合研究所(国総研)

(C) 国際的水循環・水収支の自然・社会・経済シナリオ分析と貢献戦略(国際水連関グループ)

参加機関: 国総研、東京大学、法政大学、京都大学ほか

これらのグループごとに、研究を推進するとともに、ミニワークショップを行ったり、シンポジウムを開催したりして、内部における研究情報や観測データの交換を図るとともに、外部へ研究内容・成果を報告して批評を得る機会を設けた。以下に各グループのねらいと方法を記述する。

(A) アジアモンスーン地域を対象とした水循環モデルの構築(水循環モデル G)

①研究のねらい: アジアモンスーン地域を対象とした水循環モデルの構築、特に、人間活動の影響を考慮できるようなモデル構成手法とパラメタライゼーション手法を開発する。

②研究実施方法: 水循環の科学的・定量的評価を達成することができる気象・水文ダイナミクスモデルをいくつかの特徴的な気候・水文条件のもとで開発しその検証を行う。流域サイズ、社会発達段階、水利用・管理形態の異なる流域(淀川流域、中国淮河流域、インドネシア・レスティ川流域、タイ国・チャオプラヤ川流域、メコン川流域)を選び、考慮すべきモデルの構成要素・パラメタライゼーション・時間空間スケールと分解能などの差異を明らかにし、流域での水循環を把握し予測する精度の向上を図る。

(B) 自然の水文循環と社会変動の相互作用を考慮した水循環モデルの構築(相互作用 G)

①研究のねらい: 自然の水文循環と社会変動の相互作用を考慮した水循環モデルに基づく水資源ダイナミクスおよび洪水リスクマネジメントの定量的評価法を提案する。

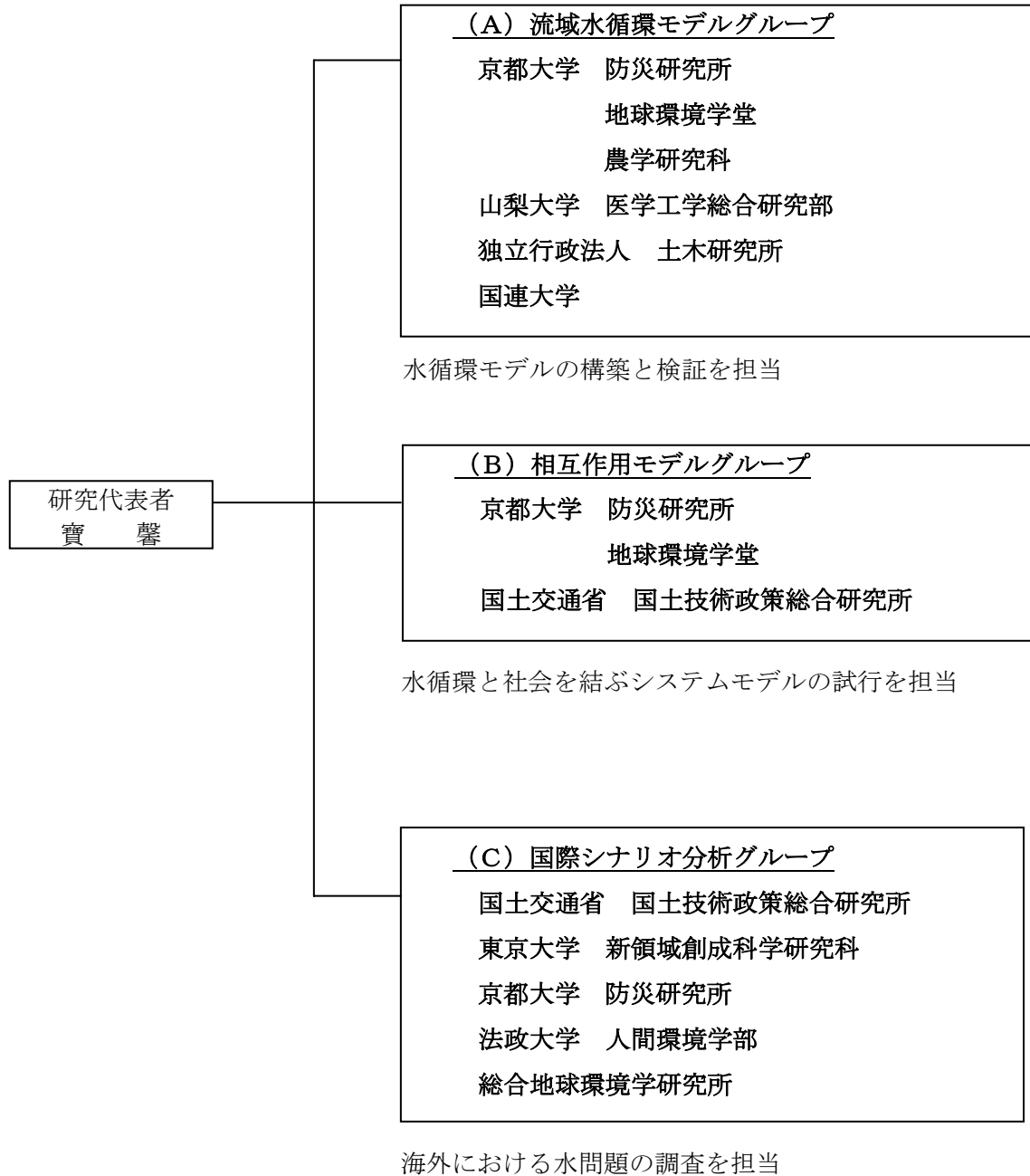
②研究実施方法: 自然現象としての水文循環と社会変動の相互作用を考慮した流域水循環影響評価モデルを構築するため、(1)洪水リスクマネジメントとして社会変化シナリオの考察に基づく日本を含めたアジア諸国における水害軽減のための総合的手法を検討するとともに、(2)水資源システムダイナミクスモデルを構築し土地利用変化、各種水利用形態、水質浄化、地下水などの連関を分析し、人為的影響の現状把握・将来予測を行う。

(C) 国際的水循環・水収支の自然・社会・経済シナリオ分析と貢献戦略(国際水連関 G)

①研究のねらい: 国際的水循環・水収支の自然・社会・経済シナリオ分析を実施し、我が国の国際貢献戦略を示す。

②研究実施方法: 成長期から安定期・成熟期にさしかかる日本のこれまでの水資源計画・水管理システムを再評価し、自然・社会条件の類似した日本での成功事例、失敗事例を取りまとめて、それぞれの原因を水資源の収支・水環境の観点から解明することにより、途上国に対するガイドラインを提示する。また、海外の水資源事情を現地調査し、自然環境および社会経済と水循環・水収支を含む水資源との相互の連関の国内的・国際的ダイナミズムについてのモデルを構築する。

(2)実施体制



3 研究実施内容及び成果

(A) 流域水循環モデルグループ

3.1 淀川流域を対象とする広域分布型流出予測システムの構築（京都大学 水循環モデルグループ）

(1)研究実施内容及び成果

1) はじめに

これまで水循環に関する研究は、流況制御の影響が少ない流域を対象として水の挙動を物理的に解明し、そこでの水移動の数値モデルを構築することに多くの時間を費やしてきた。こうした研究は水文・水資源分野の基本研究テーマであり、今後とも重要な研究課題である。一方で、流域管理に関する計画策定や意思決定を行うためには、現在行われている流況制御の影響を定量的に把握し、計画代替案を評価して将来の流域水循環に与える影響を分析する必要がある。このためには水循環に対する人間活動をモデル化し、水循環システムの中のコンポーネントとしてその要素を陽に組み込まねばならない。

我が国の治水事業に関して言えば、大型のダム群を含む治水施設が高度に流況を制御し、洪水に対する安全性を向上させてきた。しかし、その流況制御の結果が弊害を生み出していることも認識されている。水循環に関するステークホルダーが納得するような治水・利水・環境を調和させた河川事業が求められている。こうした事業を実施するためには、これまでの治水整備がどの程度安全性を向上させてきて、当初目標とした安全性を現在どの程度まで達成しているのか、さらに、どの程度の規模の洪水に対して現存する治水施設は有効に機能するのか、といったことを定量的に分析し、現時点での状況を把握して今後の流域の姿を考える必要がある。

そこで、このサブテーマでは、人口、資産が集中し、治水事業と流水管理が高度に実施されている淀川流域（枚方地点上流、7、281km²）を対象として流況制御の効果を考慮した広域分布型流出予測システムを構築した。

従来、こうした流出予測システムは、評価地点の限られた集中型システムとして構成されることが多かったが、ここでは、250mの空間分解能を有する物理分布システムにダム制御の効果を陽に導入した流出予測システムを新たに開発し、研究計画立案時に構想した予測システムを実現することができた。

国内外でもこうした詳細な流出予測システムは類がなく、これにより、わが国の社会基盤である治水システムの機能を時空間的に評価することが可能となった。また、社会変動や環境変化に対する治水システムの動作とそれに対応した河川流量を詳細な分解能で予測することが可能となった。

この流出予測システムの応用分野は広く、現在、温暖化時シナリオに基づく気象データを入力とした場合の河川流量やダムコントロールへの影響分析や、流域に含まれるすべての中小河川を対象とした実時間流出予測システムに利用範囲を広げている。



図1 対象とする淀川流域と治水システム

2) 淀川流域を対象とした分布型流出予測システムの概要

国土地理院が発行する数値地図 250m メッシュ (標高) を用いて 250 m 分解能で斜面要素の流れ方向を一次的に決定する。図 2 に流域モデルの一部を示す。次に、流れ方向に従って、すべての斜面要素での流れを逐次追跡して河道への流出量を算定する。また、河道における流れを追跡して、流域下端での河川流量

を算定する。流れの追跡計算には斜面部、河道部ともキネマティックウェーブモデルを用いる。斜面部の土層は図3に示すように重力水が発生する大空隙部分と毛管移動水の流れの場であるマトリックス部分から構成されと考える。土層厚を D とし、マトリックス部の最大水分量を水深で表した値を d_c 、重力水を含めて表層土壌中に存在し得る最大水深を d_s と考え、流量流積関係式(1)を仮定する。この流量流積関係式と連続式(2)を用いて上流の斜面要素から順次、雨水を追跡する。河道においては、矩形断面を仮定し土層厚をゼロとして表面流のみを考える。

$$q = \begin{cases} v_c d_c (h/d_c)^\beta, & 0 \leq h \leq d_c \\ v_c d_c + v_a (h - d_c), & d_c < h \leq d_s \\ v_c d_c + v_a (h - d_c) + \alpha (h - d_s)^m, & d_s < h \end{cases} \quad (1) \quad \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = r \quad (2)$$

ここで

$$v_c = k_c i, v_a = k_a i, k_a = \beta k_c, \alpha = \sqrt{i} / n$$

であり、モデルパラメータは流量流積関係式を決定する n ($m^{-1/3}s$)、 k_a (m/s)、 d_c (m)、 d_s (m)、 β (-) となる。 n は地表面流が発生する場合のマニングの粗度係数、 k_a は重力水が卓越するA層内の透水係数、 β は重力水部と不飽和水部との飽和透水係数の比である。



図2 数値地形情報を用いた流域モデル

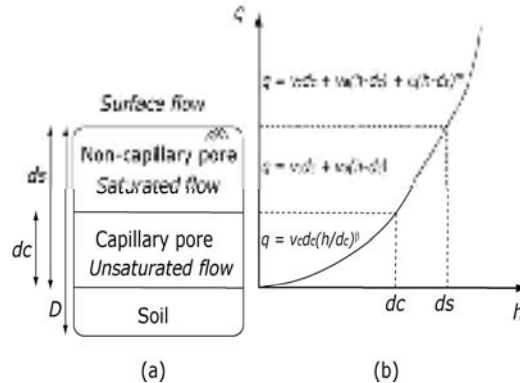


図3 土層の構造(a)と流量流積関係式(b)

この分布型流出モデルを実現するために、構造的モデリングシステム(OHyMoS)を利用し、全体の流出予測システムを河道要素モデル、部分流域要素モデル、湖沼要素モデル、ダム要素モデルの集合として構成する。淀川流域全体の流出予測システムは、複数の河道要素モデル(1707 個)、部分流域要素モデル(1707 個)、湖沼要素モデル(1 個)、およびダム要素モデル(8 個)によって構成される。対象とする淀川流域の流出予測システムは、3,000 個以上の要素モデルが全体のシステムを構成している。河道区分データセットをもとにそれらの要素モデルの接続関係を自動的に記述するシステムを開発し、任意の河道区分を指定すると、その上流の流出予測システムを自動的に構築することが可能となっている。

この分布型流出予測システムに、ダムの操作規定と意思決定を定式化することにより、ダムによる流況制御の過程を導入する。ここで構築するモデルは、ダムへの流入量、ダム上流域の平均降雨量、および、連携操作の対象となるダムの操作過程を入力情報とし、ダムからの放流量とダム貯水池の水位を予測するモデルである。対象とする淀川流域の主要8基のダムは、すべて洪水制御をその目的の一つとする多目的ダムである。それぞれは異なった操作規定に従って運用されているが、6段階の操作過程(通常時の操作、洪水警戒体制中の操作、予備放流操作、洪水調節操作、ただし書き操作、洪水調節後の操作)は洪水制御を目的としたダムに共通した操作過程であり、それらを一般化し、if-then形式でシステムに導入する。

3) ダム群治水効果の評価

広域分布型流出予測システムの再現性(河川流量とダム放流量、ダム水位)が適切に再現できることを確認した後、ダム群による治水効果を検証した。淀川流域では1965年に淀川水系改修基本計画を見直し、淀川水系工事実施基本計画を制定している。現在淀川に建設されている主要なダムは全てこの改修基本計

画または工事実施基本計画に盛り込まれたものであり、1965 年の天ヶ瀬ダムを皮切りに、1999 年に比奈知ダムが完成するまでの 30 余年にわたりダム建設が続いてきた。これらのダムの完成に伴う淀川の治水効果が 1960 年から 10 年毎にどのように向上してきたかを示したのが図 4 である。

1960 年、1970 年、1980 年、1990 年、2000 年の時点で完成しているダムを導入した流出予測システムを構成し、最近 25 年間ではもっとも大きな雨量を観測した 1982 年の台風 10 号による降雨の時空間パターンを用いて、2 日雨量の確率規模ごとのピーク流量の違いを分析した。横軸は降雨の再現期間であり、縦軸は計算期間中の枚方地点での洪水ピーク流量を表す。図中の折線はある時点での再現期間に対応する計算洪水ピーク流量を結んで示している。

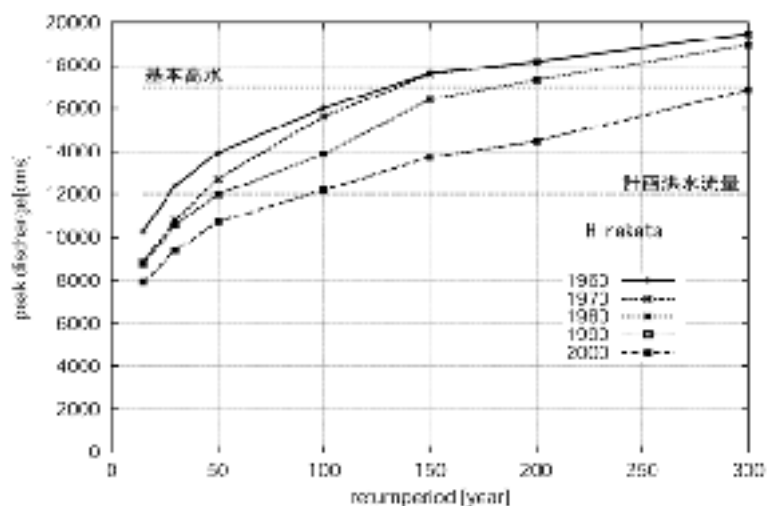


図 4 枚方地点における年代別治水効果のシミュレーション結果

これにより、年代ごとに枚方地点における治水安全度がどのように向上してきたかを分析することができる。流域内の任意の地点でこの分析を行うことが可能であり、治水施設や流量制御の方法を変更することによって、流域内の治水安全度がどのように変化するかを定量的に評価することが可能となった。

このように、構築した流出予測システムは、流域の現状に合わせて河川流量を高分解能で予測することを可能としている。このシステムは、温暖化時シナリオに基づく気象データを入力とした場合の河川流量やダムコントロールへの影響分析や、流域に含まれるすべての中小河川を対象とした実時間流出予測システムに応用範囲を広げている。

4) 流出システム構築のためのプログラム群の公開

他流域でも同様の流出予測システムを構築することができるよう、Fortran で記述された分布型流出予測システム（セル分布型流出予測システム）を開発した。標高データを用いた分布型流出予測モデルの構築と流出シミュレーションを実現するための基本プログラムのソースコードをホームページ上で公開している。

(<http://flood.dpri.kyoto-u.ac.jp/product/cellModel/cellModel.html> 参照)

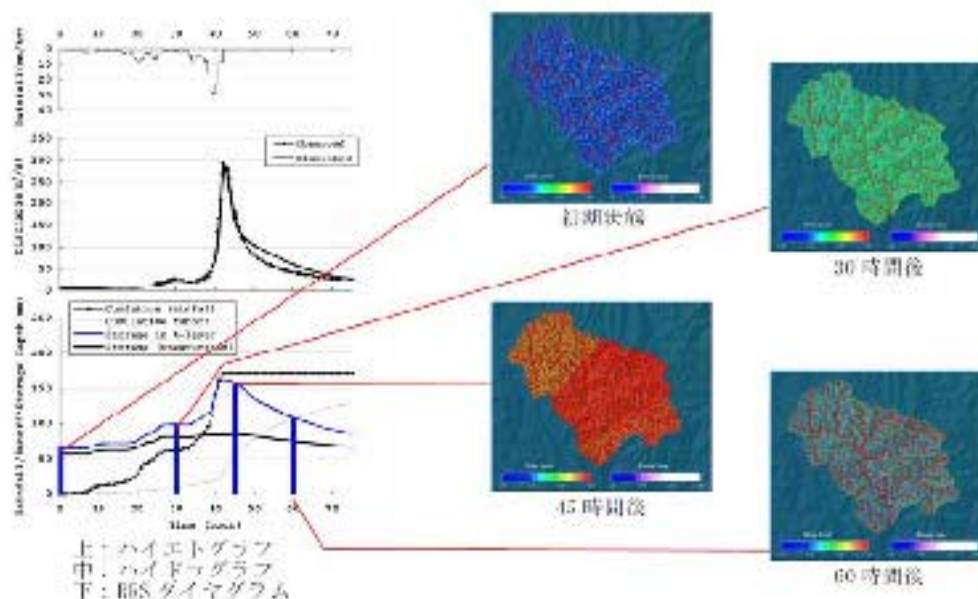


図5 セル分布型流出予測システムによる流域水循環の再現と予測

5) 山腹斜面表土層の観測とモデル化について

河川流況は流域のナチュラルな地質・地形・植生条件によって基本的に決まり、そこでの人間活動によってさらに変化する。わが国の山地河川の流況は地質によって大きく分類されることが古典的な研究で明らかにされている（例えば、志水、1980）が、土壌や斜面地形の特性の影響、さらには、長期の森林伐採利用など人為活動が土壌状態を変化させることの影響は明らかにされていない。

水循環過程は、貯留型のHYCMODELや分布型のKinematic-waveモデルなどの流出モデルで表現されるが、大きな流域を扱うこれらのモデルではその内部の小流域・斜面の条件はパラメタリゼーションせざるを得ない。しかし、観測可能な斜面・小流域の諸特性をモデルパラメータでどのように表すかに対して、論理的な説明はなされていない。流域の地質によって流況が分類されるにもかかわらず、それがどのようなメカニズムによるのかが説明されていないので、どのようなパラメータとしてモデルにおいて表せばよいのか、不明なままである。

そこで、山地斜面での地形・土壌条件の流出影響評価を分布型の流出モデルにおいて評価するため、淀川流域における花崗岩山地での観測結果、さらには淀川流域に広く含まれるが、岡山県での古生層山地での観測結果を参考にして、淀川流域、ひいては、人為活動が広く行われてきているアジア各地の山岳での、自然条件と森林伐採や開発などの社会条件の影響を評価できるように研究を進めてきた。それによって、流域の降雨流出応答に対する斜面の土壌・地形条件の影響評価手法を開発するとともに、これらを実用できる分布型流出モデルの設計についての重要な知見を得た。

a) 地形と土壌の流出応答に及ぼす影響の評価手法の開発

2次元飽和飽和浸透流の基本式をベースに、最近の研究で無視し得ないことが明らかになってきたパイプ状の水みちの効果を導入したモデルを作成して検討を行い、次のような結果を得た。透水性の低い粘土質の土層を対象とした場合、TOPMODEL指標が大きい、長く勾配が緩い斜面で、飽和地表面流が発生しやすく、洪水比流量が大きくなる。しかし、透水性の高い森林土壌や砂質の土層を対象とすると、粘土質土壌に比べて貯留効果が大きくて洪水が一般に小さい。また、長く緩い斜面で貯留効果が大きくなり、かえって洪水比流量が小さくなる傾向が生じる。また、パイプ状水みちが発達している場合は、斜面長や勾配によらず、降雨が閾値を超えると一斉に洪水が発生する傾向が卓越する。このように、土壌・地形・水みち発達という3つの条件が洪水量に及ぼす影響が評価できる手法が新たに提案された（谷、2006）。

b) 砂質・粘土質土壌の谷壁平滑斜面における流出基本特性

Tani (1997) は、岡山県の古生層山地にある旭川水系竜の口山試験地の谷壁平滑斜面で観測を行い、長い人為活動で表層に出ている粘土質土壌においては、ダルシー則に基づく不飽和鉛直浸透と岩盤境界付近のパイプ状水みちを通った速やかな斜面方向の排水によって、洪水が生じていることを明らかにした。一方、滋賀県淀川水系大戸川流域の花崗岩山地にある不動寺試験地の谷壁平滑斜面で観測した結果は、土壌サンプルを用いて飽和透水試験を行って得られたサンプル飽和透水係数と、降雨時に発生する飽和側方流の水

面観測からダルシー則を用いて逆算された斜面スケール飽和透水係数が、いずれも 10^{-2} cm/s の比較的大きい値で一致した。ここでは、砂質土壌のため飽和透水係数が大きく、斜面方向の集中流路が発達していないということになる (中村, 2006)。

降雨が与えられた場合、竜の口山では水みち発達のために貯留量増加が粘土質の不飽和土壌による限られた量のみになってしまうため、洪水発生量が非常に大きくなる。これに対して、不動寺では集中流路による排水がないため、不飽和土壌による貯留量増加に加え、飽和側方流貯留が加わることによって大きな貯留量増加が得られ、洪水発生量が抑制される傾向があることがわかった。

c) まとめ

本課題では、パイプ状水みちの効果も考慮できる斜面降雨流出特性の評価手法を開発した。これにより、地形・土壌・水みちの流出に及ぼす影響が評価できるようになった。古生層と花崗岩の斜面での観測結果を参照すると、前者では、水みちの発達した透水性の小さい粘土質土壌、後者では水みちが発達しない透水性の大きい砂質土壌の特徴がみられることが確認された。このように、本課題で開発された評価手法は、斜面観測結果によって、その有用性が確認された。

引用文献

中村正 (2006) : 風化花崗岩谷壁斜面における飽和側方流と土壌特性、平成 17 年度京都大学修士論文。

志水俊夫 (1980) : 山地流域における湧水量と表層地質・傾斜・植生との関係、林業試験場研究報告 310、109-128。

Tani, M. 1997. Runoff generation processes estimated from hydrological observations on a steep forested hillslope with a thin soil layer. J. Hydrol 200: 84-109.

谷誠・小杉賢一朗 (2006) : 洪水量が大きいのは長い斜面か短い斜面か、水文・水資源学会 2006 年度大会講演集。

(2)研究成果の今後期待される効果

1) 高度実時間洪水予測システムへの展開

2004、2005、2006 年と毎年のように計画規模に匹敵する、あるいはそれを上回る極めて大きな洪水が発生し、特に中小河川流域で洪水災害が頻発している。中小河川では治水施設が十分でなく、今後とも治水に投資される財源を十分望むことは難しい。こうした地域の減災のためには、流域一体として中小河川も含めて大洪水を適切に予測することが洪水災害を軽減する基本である。そのためには、本研究で開発したような高分解能洪水予測システムを実時間で運用し、地形図に示される任意の河道地点での洪水予測を可能とするような実時間流出予測システムの構築・運用が緊急の技術的課題である。

淀川流域においても、流量観測や流量予測が実施されているのは、国土交通省や府県が管理している一部の河川区間に過ぎず、大部分の中小河川流域では流量の予測情報は存在しない。そこでここで開発した 250m 空間分解能の分布型流出予測システムを実時間で運用できるようにシステムを拡張し、短時間降雨予測システムと組み合わせて実時間流量予測を実施するシステムを試験運用して、一部の情報を参考情報として実時間で閲覧できるようにしている (図 6、<http://yodogawa.dpri.kyoto-u.ac.jp> 参照)。河川流量に関してはこのような高分解能の予測情報はこれまでに存在しない。減災のための高度予測システムとして貢献すべく、現在も改良を重ねている。

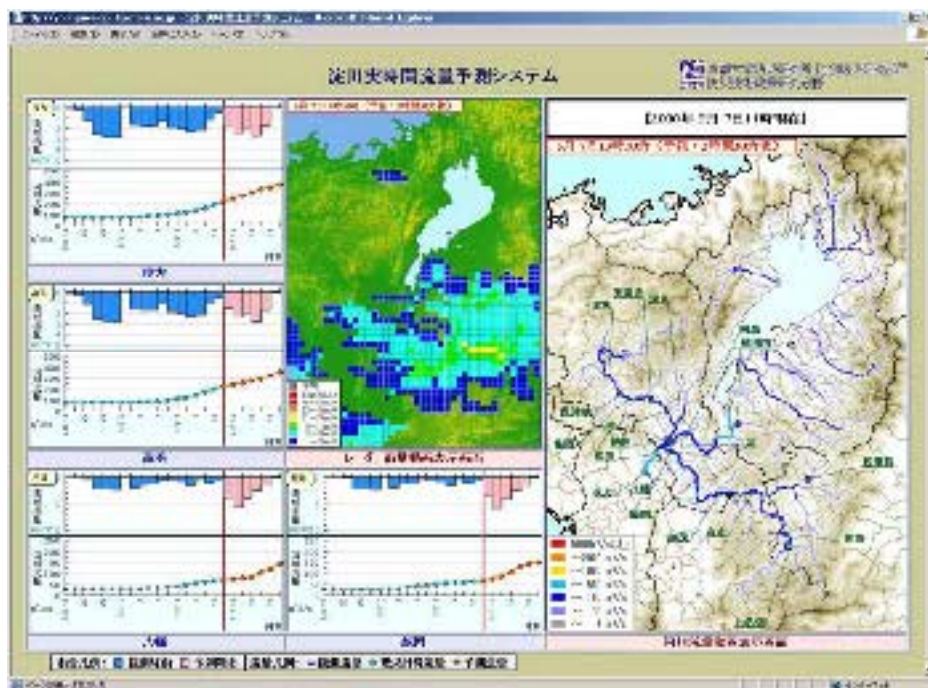


図6 淀川流出予測システムの実時間流出予測システムへの展開

2) 温暖化時の治水システム評価への展開

地球温暖化に伴い将来の気候・気象条件が変化した場合に、既存の治水施設や制御ルールで十分対応することができるのかを検討することも、都市社会の持続性を評価する上で、重要な研究項目であり、実際に、こうした分析を開始しつつある。

図7は気象庁による温暖化数値実験データ（気候統一シナリオ第2版(2004)）を淀川を対象とした分布型流出予測システムへの入力データとし、第1期(1981－2000年、現在気候再現値)、第2期((2031－2050年、将来気候予測値)、第3期(2081－2100年、将来気候予測値)の各20年間における枚方地点での年最大流量を示したものである。ダムが存在するとした場合、存在しないとした場合の年最大流量を表示しており、治水施設の効果を分析することを可能としている。

流出予測システムは、広域分布型流出予測システムを単位流域ごとに集中化し、高速計算が可能な流出計算システムを用いている。また、気候統一シナリオ第2版の時間分解能は日データとなっているため、統計的な手法を用いて降水データを時間分解能を有するようにダウンスケールして流出モデルへの入力としている。こうした流出予測システムを用いることによって、気候変動による流量変動を分析し、治水整備のあり方や貯水池の制御方法など、取るべき対応を提示することが可能となる。

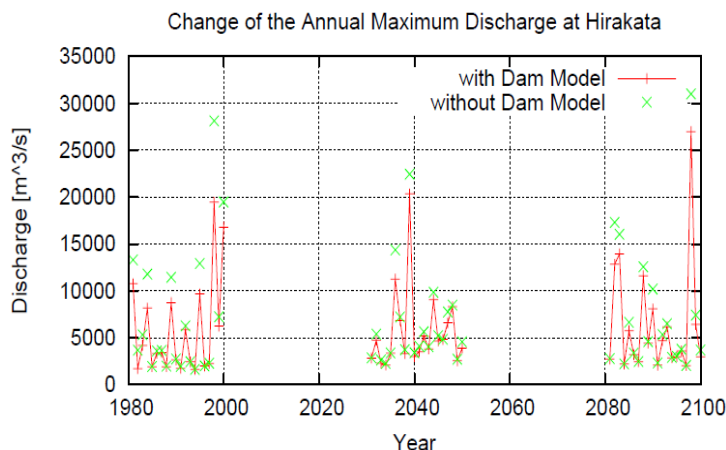


図7 淀川流域（枚方地点）の年最大流量の変動

折れ線はダムがある場合、×印はダムがない場合を表す。

また、超過洪水に対応するための新たな流水制御方法や、河川管理と都市計画との連携を考えた流域デザインなど、社会との関わりの中で新たな治水方策が求められている。これらの分野にも応用範囲は広がると考えられる。

3) 斜面条件の影響を予測できる流出モデル開発への展開

山地流域の流出特性は、ナチュラルな地質の違いの基に社会影響を受けて植生や土壌が変化することによって現れてくる。この流出特性に対する、地形・土壌・水みち発達の3条件の影響を評価する手法が、本課題で開発された。これを踏まえて、斜面条件の影響を予測できる流出モデル開発の具体的戦略としては、次の方法が考えられる。

水みちにおける早い流れにかかわる場合は、きわめて空間的に不均質であり、ダルシーの法則も成り立たないので、その流路発達程度を物理的に意味のある運動則やパラメータとして表すことは難しい。しかし、雨水がそこに至る前にはダルシー則の成立する経路があり、そこでは雨水の運動がきわめて遅く、経路距離が短くとも雨水波形の変換に及ぼす効果が大きい。例えば、長期の森林利用による土壌物理性の変質は飽和透水係数や不飽和域の保水・透水性の違いとして明確に表現できるから、その広域流域の流出特性への影響も評価できる可能性がある。そこでまずは、地質別にダルシー則成立場とパイプ状水みち支配的な場を明確に区分し、その数理的な扱い方法の差を意識して流出モデルを組み立てることが必要である。

3.2 中国淮河流域を対象とした水循環モデルの構築（京都大学防災研究所 水循環モデルグループ）

(1)研究実施内容及び成果

1) はじめに

淮河は黄河と長江にはさまれた 27,000km²の流域であり、農業生産活動により土地利用は著しく自然状態から改変されている。この流域での水循環を支配する重要な要素は灌漑による河川取水である。これを適切にモデルに反映させることがここでの水循環モデル開発の主要な要素であり、またその計算スキームが完成することが他地域の水循環モデルの開発に大きく貢献する。そこで、メソスケール気象－水文結合モデルの開発に向けて陸面過程モデル SiBUC を実行し、淮河流域において水・熱フラックスを推定する。ただし、その精度向上のためには土地被覆状態、特に農耕地を適切に把握することがキーポイントとなる。そこで、中国淮河流域において衛星搭載センサーSPOT-VEGETATION と地上気象データから土地被覆分類の推定方法を構築し、県別の農業統計データを用いて推定結果の精度を検証した。

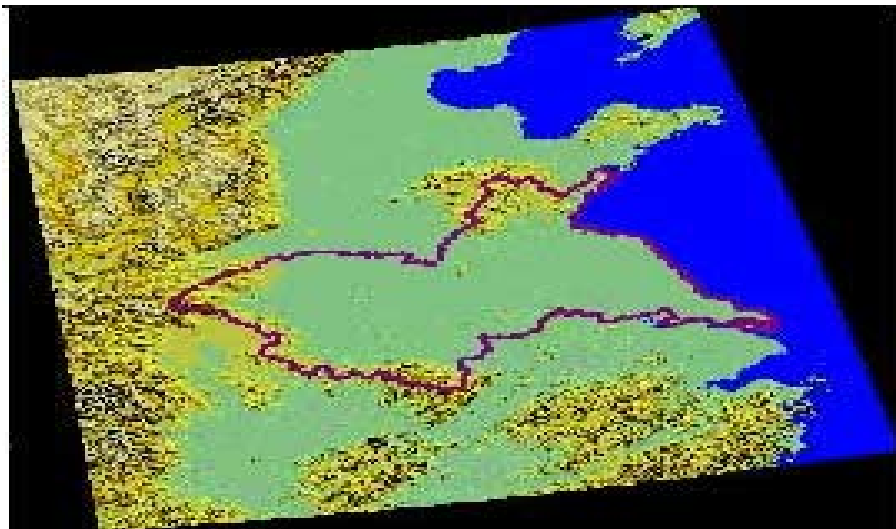


図1 中国淮河流域(流域面積 27 万 km²)

2) 衛星解析と農村統計データを用いた土地利用図作成

地表面観測と県別農村統計データをもとに衛星解析を行い、土地利用分類図を作成した。ここでは、多様な地表面を表現するために、現地調査で得られた土地被覆、農耕地の特徴を元に、衛星起源の植生指標を用いて土地被覆と農耕地の判別を行なう。北部畑作域では地下水灌漑を行っているが、南部水田地帯では多量の灌漑用水を供給するために様々な水利施設が存在し、その水利用方式は複雑である。特に山岳域では小規模な水田と畑が混在しており、地形等の自然条件によって農業形態および水利用は大きく異なる。そこで南部の史灌流域に存在する 16 村において土地利用とそれに伴う水利用の調査を行い、衛星解析を用いて農耕地分布及び現地水利用を推定した。

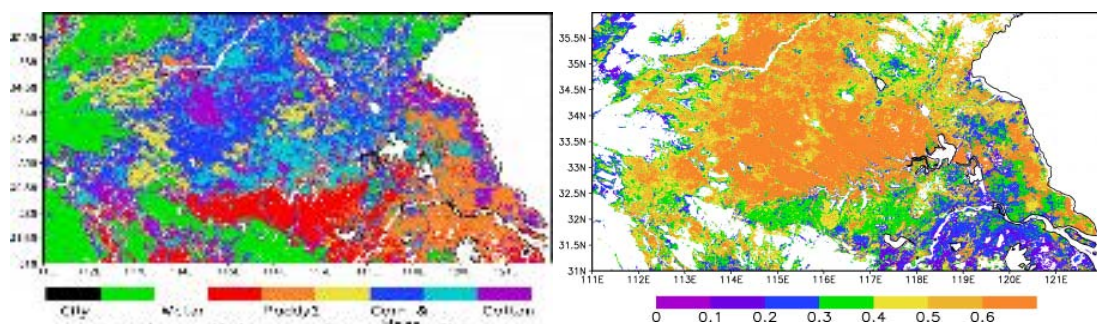


図2 新たに作成した空間分解能 1 km の土地利用図(左)と推定したメッシュ内耕地率(右)

3) 水利用ルールの設定と陸面過程モデルの実行

農繁期において現地水利用調査を実施し、現実に即した水利用ルールを中国農業需水量与灌溉(1991; 徐ら)を参考に作成した。モデル内ではルールに従って灌溉を実行する。ダム貯水ルールや土壌水分量を含めた検証を行うには長期の解析を行う必要があり、再解析データを用いて気象メッシュデータを作成し、陸面過程モデルを1998年から1999年の2年間を対象に実行した。図3には結果の一例として、陸面過程モデルを用いて推定した水・熱フラックスを示す。また、モデルで算出した4ヶ月間積算(5/1~8/31)の灌溉用水量分布を図4に示す。

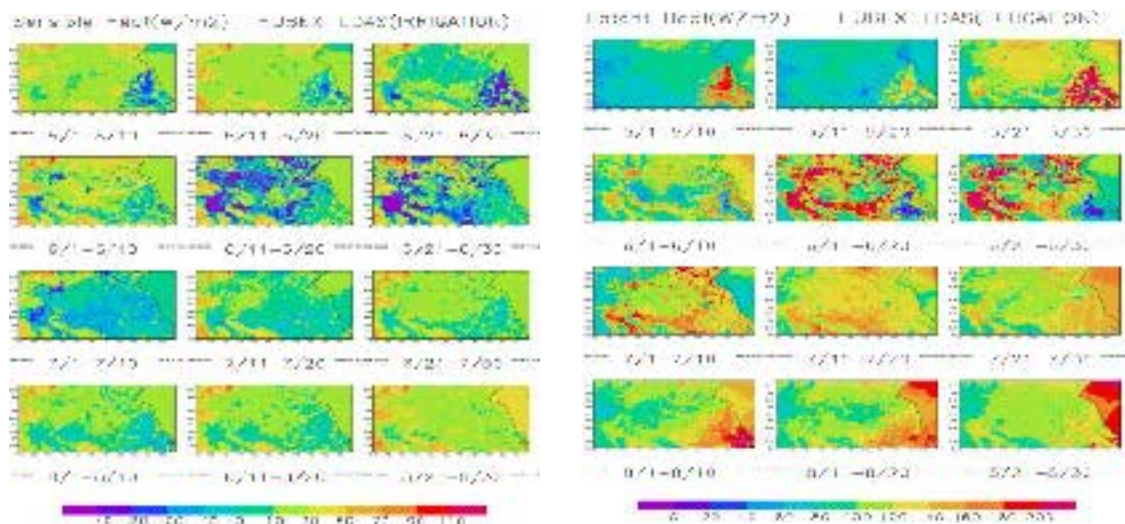


図3 陸面過程モデルを用いて推定した水・熱フラックス

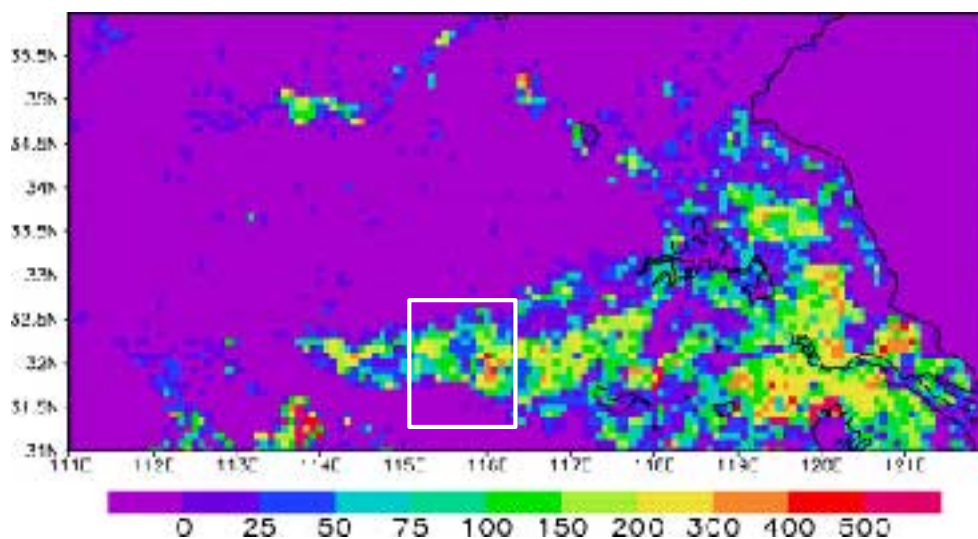


図4 陸面過程モデルを用いて推定した4ヶ月間積算(5/1~8/31)の灌溉用水量分布(mm)

4) 灌溉用水量の検証

灌溉用水量データが存在する史灌流域下流部(2525km²)において計算結果を検証した(図5)。流域における推定用水量(モデル)は2.139億t、鮎魚山ダムからの放流量は1.531億t、梅山ダムからの放流量は2.664億tである。鮎魚山ダム灌溉施設の約8割、梅山ダムの5割程度が流域内に属することから、推定用水量を現実に満たすことが可能であることが分かった。

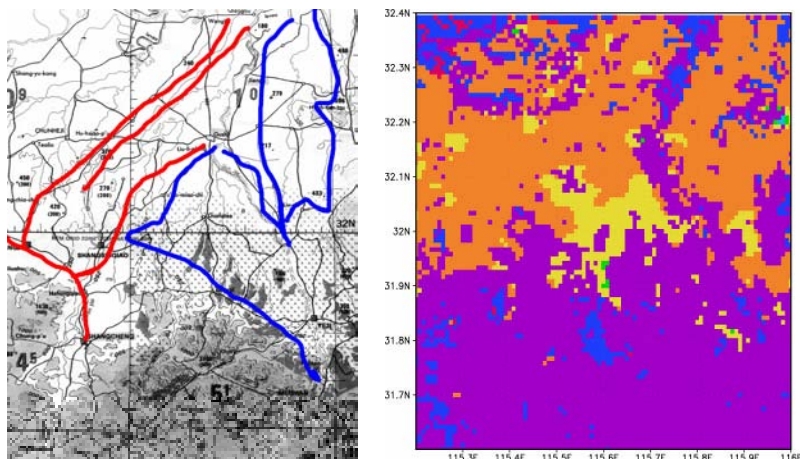


図5 史灌流域内の6用水路と灌漑用水量分布の比較

(2)研究成果の今後期待される効果

流域水循環を適切にモデル化するうえで、農業灌漑の効果は極めて大きい。この灌漑の効果を考慮し、また灌漑水量を推定するために、水田や畑作地における水循環プロセスを人為的な灌漑作業を導入した形で表現する地表面過程モデルを開発した。このモデルを用いることにより、淮河における灌漑水量、および灌漑の水循環に及ぼす影響を評価した。

今後は、開発・検証したモデルを全球に展開していく。現在、GSWP2 (the 2nd Global Soil Wetness Project) 提供データを入力値として、全球陸域1度グリッド、1時間間隔、1986-1995年の10年間モデル計算を実施し、全球灌漑要求水量分布を算出している(図6)。これにより、灌漑能力を有しており降水量の年々変動に対して耐性がある地域と、降水量の減少に対して十分な補填ができない、すなわち灌漑能力を持ち合わせてはいない地域とに分類することができるようになる。こうした分析を通じて、灌漑能力に関する情報、さらには気象変動に対する農業システムの耐性・脆弱性を指摘することを試みていく予定である。

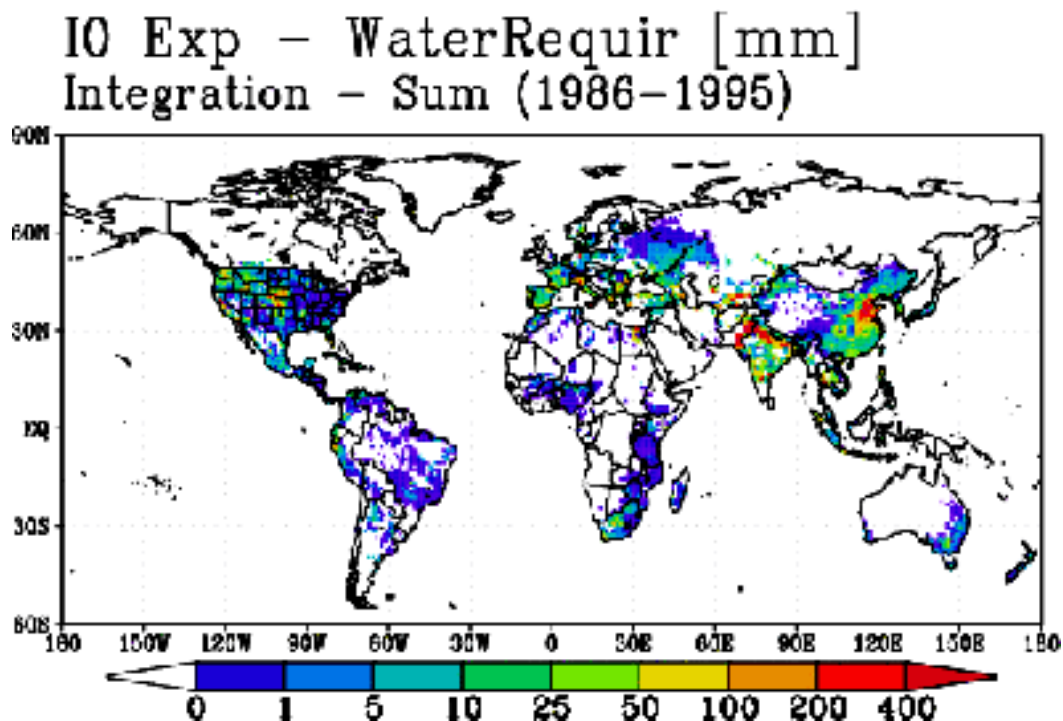


図6 灌漑要求水量の全球分布 (10年平均値)

3.3 チャオプラヤ流域を対象とした水循環モデルの構築（土木研究所 水循環モデルグループ）

(1) 研究実施内容及び成果

1) はじめに

人間活動が水循環に与える（た）影響については数多くの研究が行われてきた。一方で、水循環が人間活動に与えた影響についての研究はほとんど行われてこなかった。もちろん、例えば、降水の時間的変動幅が大きい地域では、安定的に水資源を確保するためにはダム貯水池の建設は欠かせない。これはまさに水循環が人間活動に与えた影響である。しかし、ダム貯水池の建設後にさらに、水循環への影響がどのようなものであったのか？というような「相互関係」についての研究は皆無といっても過言ではない。

本研究では、この点に着目し、水循環と社会変化の相互作用を評価し、その相互作用を適正に評価することは、自然と共存共栄できる人間社会を持続的に発展させるためのバックグラウンドになり、極めて大きな意義を持つと思われる。

研究対象はタイ国の中央に位置する Chao Phraya 川である。本対象流域内での社会変化として特筆すべきは、農業形態の変遷、特に灌漑設備の充実によって天水田から灌漑田へ、浮き稲から高収穫米へ、また稲作から高収入の得やすい果樹耕作へと変わっている。バンコクなど主要都市への人口集中によって、人命や社会的財産の高密度化が加速している。現在では加速的ではなくなったものの、1960 年代、1970 年代に活発であった森林伐採は確実に河川流況への影響が多大であったことが容易に推察できる。その他に、水循環に対する直接（意図的に）影響を及ぼす人間活動として、堤防の築堤や拡大・延長、ダム貯水池建設、地下水の汲み上げ、灌漑用水路の建設が挙げられる。逆に、水循環に対して間接（意図しない）影響を及ぼす人間活動として、土地利用の変遷が主として挙げられる。一方、水循環の変化としては、降水量の変動、蒸発散量の増加・減少、洪水頻度・規模の増減、低水の安定化、地下水量の増減、流出量の変化などが挙げられる。

対象流域内には、市街地における集中豪雨、降雨量の変動量の増加、洪水規模の増大、下流域における洪水リスクの増加、山岳域における Flash Flood、安定的な水資源の確保の必要性、過剰揚水、水質汚濁といった水関連の問題を抱えている。

2) Chao Phraya 川流域の概観

タイ国はインドシナ半島のほぼ中央、北緯 5～21 度、東経 97～106 度に位置し、西と北にミャンマー、北東にラオス、東にカンボジア、南にマレーシアと国境を接している。国土の面積は約 51.4 万 km² である。本研究で対象とした Chao Phraya 川流域は図 1 中の黒色線で示されている。流域面積は 157,925 km² で同国面積の約 30% を占め、29 の県に跨る同国最大の流域である。

地形的には、北部の上流域は山岳地帯、中流域は氾濫原、下流域はデルタである。北部から流れる Ping 川（流域面積 36,018 km²）、Wang 川（流域面積 11,708 km²）、Yom 川（流域面積 24,720 km²）、Nan 川（流域面積 34,557 km²）が中流域に位置する Nakhon Sawan で合流し、Chao Phraya 川が始まる。さらに西側から Sakae Krang 川が流入し、そして Ayutthaya で東から流れる Pasak 川（流域面積 18,200 km²）と合流し、タイ湾へ流れ出る。ここに登場した 7 つの河川を併せて Chao Phraya 川流域と呼ばれている。

ここで、例えば Chao Phraya 川の河川縦断形に着目すると、上流端にあたる Nakhon Sawan から河口までは約 310km、標高差は約 25.6m ということから、縦断勾配は約 1/12,000 となり、非常に緩やかであることがわかる。Chao Phraya 川流域上流部（4 支川）の縦断勾配と日本国内でも緩やかな勾配の河川の一つである信濃川（約 1/5,000）と比較しても、非常に緩やかである。

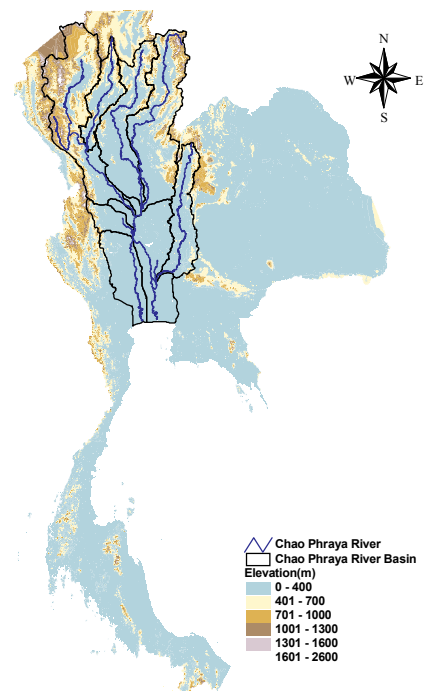


図 1 タイ国における Chao Phraya 川流域

3) Chao Phraya 川流域の社会・経済

同国の労働人口の 50%以上が農業に従事し、Chao Phraya 川流域を中心として米の生産が行われ、高原ではトウモロコシ、サトウキビ、マレー半島ではゴム、タピオカなどが栽培されている。

1960 年からの 40 年間で農林水産業が約 1/5 にまで縮小した。その一方で、製造業が約 3 倍の拡大をしている。農林水産業 GDP に占める割合においても、現在は 10%程度であるものの、産業別就業者構成比に着目すると、約 50%以上が農林水産業に従事している。Bangkok とその周辺だけの名目地域総生産はタイ全国の約 42%を占め、Chao Phraya 川流域内では約 59%の地域総生産を行っている。

さらに、雨期作米の生産量は特に水田面積に依存するため、特に水田面積拡大政策をとってきた東北部における生産量は高い。一方、北部や中央部では 1980 年代以降横ばいもしくはやや減少傾向にある。これは、当該地域における灌漑施設の充実化に因るものと考えられる。すなわち、天気に依存しなくても通年で二期作から場所によっては三期作が可能となったためである。タイ北部や中央部には Chao Phraya 川という大河川があり、古くから灌漑水路の建設が積極的に行われてきた。そのため、雨期・乾期を問わず、安定的に米の生産をすることが可能である。そのため、北部や中央部における単位面積当たりの米生産量は他の地域よりも高い。

タイ国は、周辺国と同様に第二次世界大戦後、急激に人口が増加した。タイにおける急激な人口増加は、死亡率の低下が極めて速いペースで達成され、さらに出生率が高止まったためにもたらされたものである。現在では、人口の増加圧力は低下しつつあるものの、低年齢層が多いことによる雇用創出の問題や、Bangkok への一極集中の問題などを抱えている。Chao Phraya 川を含む北部と中央部には約 50%以上の人口が集中している。

以上のように、Chao Phraya 川流域には、人、物の多くが集中しているため、本流域内における社会変動と水循環の相互作用を検討することは極めて重要な問題である。

4) 大ダム貯水池建設が下流の流況に与えた影響の評価

大規模な人間活動の一つとして、ここでは大規模ダム貯水池の建設・運用が下流の流況に及ぼす影響について評価を行った。その結果、ダム建設を境に最低流出量が増加し、最高流出量が減少した。これは、貯水池操作によって安定的に水資源を供給するとともに、洪水の発生を減少させている。極めて顕著な流況の変化が捉えられた (図 2 参照)。FFT を用いて、Nakhon Sawan における日流量のスペクトル解析を行った。その結果、7 日という短い周期特性が得られた。この要因を探るため、Bhumibol ダムと Sirikit ダムの日放流量についてもスペクトル解析を行うと、7 日という上述の Nakhon Sawan における日流量のスペクトルと同じ短い周期特性が得られた。このことから、Bhumibol ダムや Sirikit ダムによって下流の流況に多大な影響を及ぼしていることが考えられる。以上のように、大規模貯水池の操作が下流の流況に多大な影響を与えていることを明らかにした。これは流域の水循環や水資源を考える上で、このような大規模な人間活動は絶対に無視することはできないことを明らかにした。

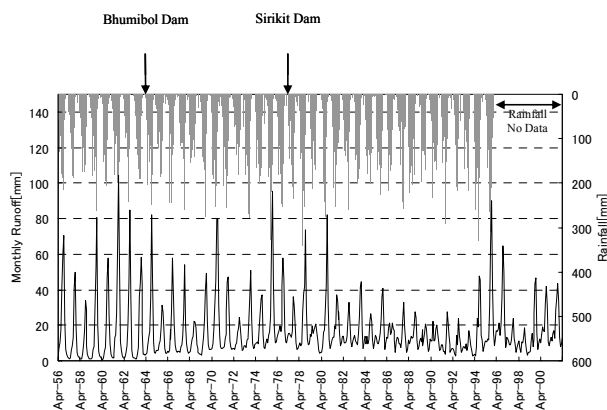


図 2 Nakhon Sawan (C.2 水文観測所) における月流出量と流域平均月降水量の経年変化 (1996 年からの降水量のデータは入手していない)

5) 社会変化が水循環に与える影響の数値実験

Chao Phraya 川を対象とした流域水循環モデルを構築し、その構造上の特性を仔細に述べるとともに、構築した数値モデルの妥当性について検証を行った。その結果、流量と水位ともに極めて高い精度で再現をすることができた (図 3 参照)。ここで構築した数値モデルによって、自然流況の再現は可能であると判断でき、土地利用や大ダム貯水池開発などの人間活動による河川流況への影響を評価することが可能となった。さらに、ここで構築した流域水循環モデルを利用して、「ダムが無い」という仮定下での自然流況の再現という数値実験を行い、ダム貯水池の持つ治水・利水効果について検討を行った。その結果、低水に

については、大ダム貯水池建設・運用によって低水流量が顕著に増加しかつ安定化したことが明らかになった。特に平水流量の向上に大きく貢献している。また、高水については、C.2 観測所においてピーク流量を最大で $3793.05\text{m}^3/\text{sec}$ 、平均でも $1748.09\text{m}^3/\text{sec}$ の流量低下に寄与していることを明らかにした。さらに、大ダム貯水池建設・運用によって小・中規模の洪水を約 60% 減少させ、大規模洪水についても約 50% を減少させる能力を持つことを明らかにした。一方で、対象流域には大規模なダム貯水池が存在しないサブ流域 (Wang 川、Yom 川) があるため、抜本的な利水・治水対策を行うためには、Bhumibol と Sirikit ダム貯水池の二つのみに依存する流域管理体制を改める必要がある。例えば 1995 年や 2002 年に発生した洪水氾濫や 2005 年の干ばつといった大規模水災害は上述の二大ダム貯水池建設後に起こっている。

また、長期に亘る Chao Phraya 川流域における自然流況の再現計算を行った結果、各支川の特徴を明らかにした。特に、対象流域の東側の流域、Nan 川流域は、Yom 川と併せて河川流量の時空間変動に大きな偏りがあることがわかった。下流への水資源供給には Nan 川流域の開発が欠かせないことを明らかにした。さらに、本対象流域における二大支川と言っても良い Ping 川と Nan 川が Chao Phraya 川に流入する際、ピークが一致して洪水波が増幅しないように利水・治水対策をする必要があることがわかった。

そして、仮想土地利用数値実験によって、本対象流域においては、小規模な森林の増加は下流の河川流量に与える影響は小さい。しかし、大規模に森林等植生が増加することは河川流量の増加に繋がった。また、今後予想される市街化の進行を想定して、大規模に市街化が進んだ状況が河川流量に与える影響についても検討を行った。その結果、大規模洪水が発生する可能性を示唆した。今後、市街化を進めるに際しては、土地被覆の状況を鑑みながら土地開発を行わなければ、市街化による洪水氾濫が発生する可能性は非常に高い。

このように、ここで議論した二つのダム貯水池の治水は、利水のための貯水の結果としてであって、積極的な治水運用は行っていない。今後、下流域における社会資本や人口の集中によって齎される洪水氾濫被害を未然に防ぐには、上述の二つのダム貯水池を利用した治水対策は欠かせない。特に、昨今の環境保護圧力によって、新規ダム貯水池の建設が困難となっている今、上述の二つのダム貯水池は基より、既存の中・小規模の灌漑用ダム貯水池を利用した、利水と治水が一体となった運用をしなければならない。

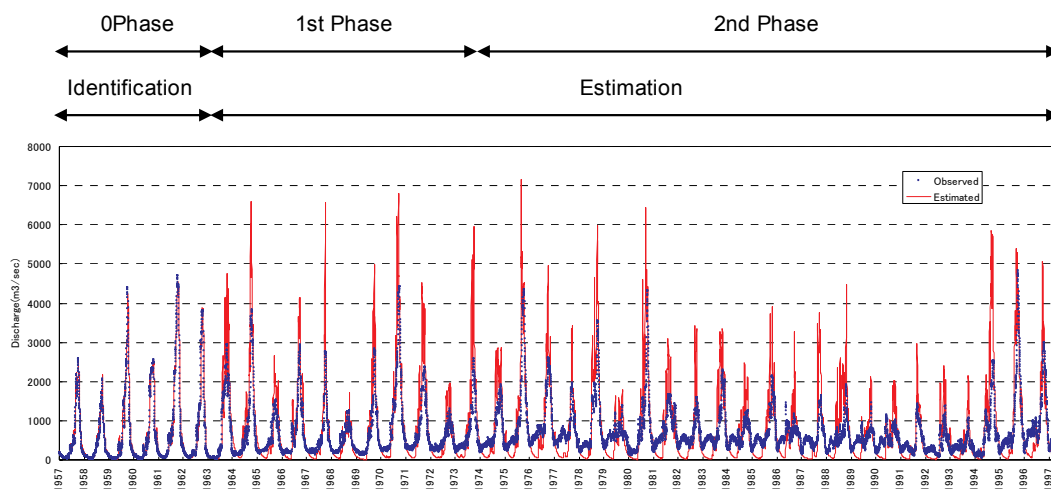


図3 1957年1月1日から1997年3月31日までのC.2観測所における河川流量の観測地と計算値(自然流況の再現)の時系列(0Phaseとはダム無し、1st Phaseはダム貯水池が一つ、2nd Phaseはダム貯水池が二つ存在する期間を意味する)

(2)研究成果の今後期待される効果

本研究は、タイ国の中央部に位置する Chao Phraya 川流域を対象として、社会変化と水循環の相互作用の評価を試みた。Chao Phraya 川流域は同国最大の流域面積を持ち、GDP の約 60% を生産し、人口の約 40% が集中地域であるため、同国の社会・経済に多大な影響を持っている。同流域内では 1950 年代から土地利用が大きく変遷し、水需要の拡大から大ダム貯水池が二つ建設、運用されている。このような大規模な人間活動が水循環へ及ぼす影響を定量的・定性的に評価し、さらに水循環が人間活動へ及ぼす影響も相互に評価した。このような「人間活動と水循環の相互作用」を実際の観測データや統計データから明らかにするとともに、数値実験を用いて検証を加えた。例えば、図 4 は大規模ダム貯水池を一つの人間活動の初期値とした時の社会変化と水循環の相互作用である。まず始めに「低水流量の安定化」という水循環過程に

影響を及ぼす。それによって、灌漑面積が増加し、船舶航行による物資や人の移動が可能になり、さらに、「洪水規模が減少」することによって、都市化や市街化など人口や社会資本の集中が起こったことを明らかにした。また、水文量の時空間分析によって、河川流量の減少傾向を捉え、その要因は自然的要因（降雨量）なのか人為的要因（土地利用・被覆改変）なのかについて検討した。その結果、土地利用・被覆改変による影響もあるものの、降雨量に因る影響の方が強いことを明らかにした。対象流域におけるパン蒸発計蒸発量の時空間分布特性を明らかにした。

以上の結論から、図5のようなChao Phraya 川流域における社会変化と水循環の相互作用が表現されたマトリックスを作成することができた。このように、Chao Phraya 川流域における社会変化と水循環の相互作用についての定性的な評価が可能になった。

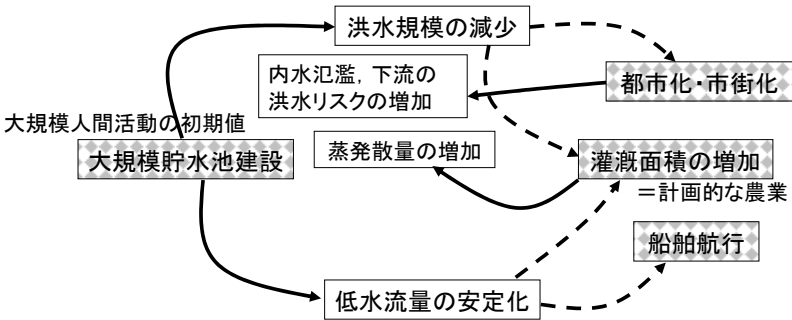


図4 大規模ダム貯水池が建設されたことによる社会変化と水循環の相互作用

				水循環																			
				大気水象				高水				低水				流出率							
				降水量		蒸発散量		洪水規模		洪水頻度		低水流量		流出率		地下水		農業排水		産業排水		生活排水	
				増加	減少	増加	減少	増加	減少	増加	減少	増加	減少	増加	減少	増加	減少	増加	減少	増加	減少	増加	減少
社会変化	人口	都市化	生活用水	増加	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			減少	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		都市活動用水	増加	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
			減少	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		工業用水の増加	増加	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
			減少	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	農業用水の増加	浮稲から裏刈稲へ	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		稲作から果樹耕作へ	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		天水田から灌漑田へ	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		水田面積	増加	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		減少	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
水循環	森林面積	灌漑面積	増加	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
		減少	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		市街地面積	増加	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
		減少	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		堤防	増加	1	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	水工施設	ダム貯水池	増加	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		地下水ポンプ	増加	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		減少	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		灌漑用水路	増加	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		減少	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	

図5 Chao Phraya 川流域における社会変動と水循環の相互作用評価シート（シート中の数字 0~2 は社会変化と水循環の相互作用の強弱の度合いを示すものである。「0」は相互作用が「無い」という意味ではなく、「弱い」という意味である。）



P14 水文観測所前にて

3.4 ブランタス流域を対象とした水循環モデルの構築（京都大学防災研究所、京都大学農学研究科、山梨大学 水循環モデルグループ）

(1)研究実施内容及び成果

1) 研究の目的および流域の概要

レスティ川（Lesti River）はスメル火山（Semeru Volcano）の南西斜面に源を持つ多数の二次支川からなるブランタス川（Brantas River）の右支川である。図1にブランタス川上流域およびレスティ川流域を示す。ブランタス川の流域面積は約 11,800km²、流路延長は約 320km であり、インドネシア国内でソロ川につぐ大きな河川である。レスティ川の流域面積は約 625km² であり、ブランタス川との合流点に発電と利水を目的としたセングルーダム（Sengguruh Dam）（1988 年完成、総貯水容量 21.5 百万 m³、有効貯水容量 2.5 百万 m³）がある。さらに、その直下流には治水、発電、利水（農水・上水）のための多目的ダムであるスタミダム（Sutami Dam）（1972 年完成、総貯水容量 343.0 百万 m³、有効貯水容量 253.0 百万 m³）がある。

セングルーダムは、10 年に 1 回は噴火するといわれている土砂生産が活発なスメル火山に源をもつレスティ川と、森林伐採により農地の拡大が年々進行しているブランタス川本川の両方の流域から出てくる土砂を受けるために急激な貯水池堆砂が進行し、極めて深刻な問題となっている。とくに、スタミダムの堆砂を軽減することが目的の一つとなって建設されたため、グロスの堆砂率（堆砂量／総貯水容量）は、ダム建設後 5 年で約 80%、15 年で 89%以上となっており、利水上、由々しき状況となっている。スタミダムでもグロスの堆砂率は 50%近くになっており、両貯水池では浚渫による貯水容量の回復を図っているが、高価な対策費用を強いられざるを得ない状況となっている。このような流域において土砂流出を軽減するための砂防や降雨・土砂流出量の予測に基づいた土砂管理が早急に進められる必要がある。

堆積土砂の大部分は粒径が 20～30μ 以下のウォッシュロードであり、火山灰からなる山腹斜面からの侵食土砂の流出によるものと考えられる。したがって、降雨による斜面での侵食特性をきちんと評価し、それが河道内に流出した後の河道内濁度観測と流量観測は、流域の洪水・土砂管理を実施するうえで極めて重要であり、観測データに基づいた降雨・土砂流出特性の把握とその予測モデルの構築が本研究の主たる目的である。その際、降雨・土砂流出に与える人為的インパクトを考慮することが求められている。

2) 観測とその結果

観測基準点はブランタス川の合流点からレスティ川の約 20km 上流にあるタワングレジェニ（Tawangrejeni）であり、ここでは水位と濁度が自動観測されている。濁度は採水方式であり、10 分毎に川を管理している水管理公団（JASA TIRTA CORPORATION）に水位データとともにテレメータで伝送される。観測開始当初、レスティ川流域での雨量観測点はタワングレジェニから上流約 7km にあるダンピット（Dampit）のみであったため、流域の降雨・土砂流出特性を明らかにするために研究期間中に雨量計を新規に 5ヶ所配置した。雨量計の配置を図2に示す。以下、図を用いて得られた成果を簡単にまとめる。

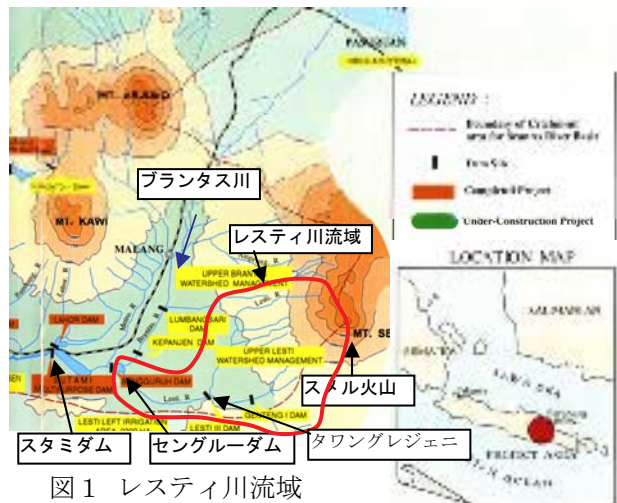


図1 レスティ川流域

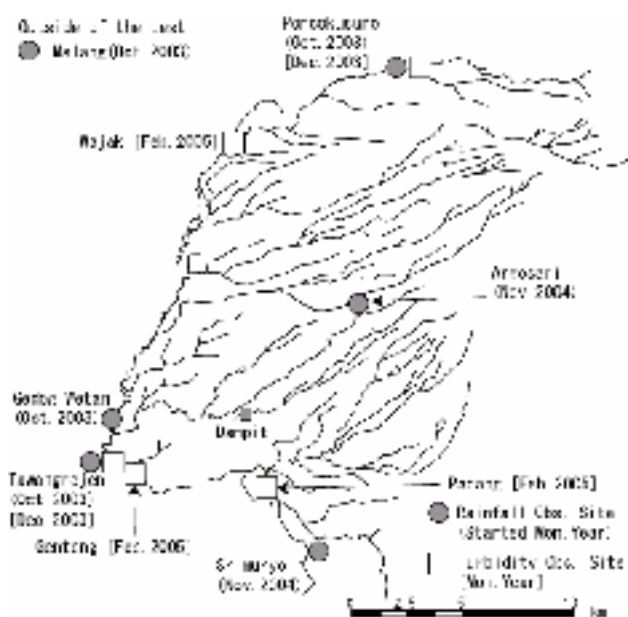


図2 レスティ川流域の雨量観測点等

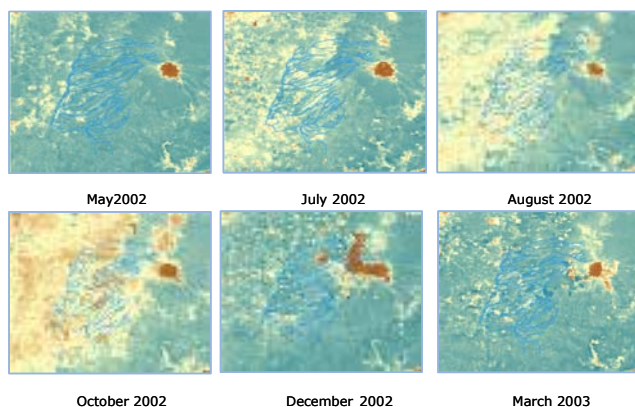


図3 空間的に見た植生指数の変化

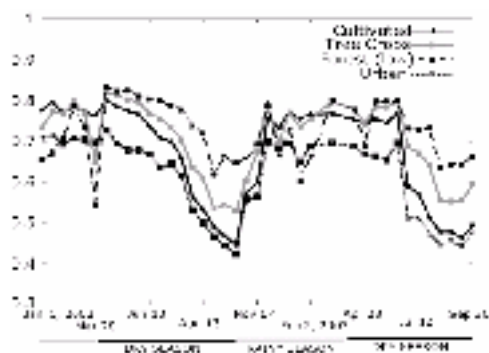


図4 土地利用別に見た植生指数の季節変化

図3は衛星データ (TERRA/MODIS) による季節ごとの植生指数の変化を見たものである。また、図4は土地利用毎に植生指数の季節変化を見たものである。これより、雨季前には植生指数は最小値をとるが、雨季が始まると急激に増加することがわかる。図5はタワングレジェニ地点で観測された流量と濁度から求めた流砂量である。同図より、雨季直後および雨季末期に流砂量が多いことが分かる。また、2005年3月の現地観測で偶々洪水に遭遇し、此处から約14km上流のワジャック (Wajak) で流量の計測と濁水の採取を実施した。その結果、流量は $6.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 、濁度は室内での分析により強熱減量で $12,600 \text{ mg/liter}$ であり、流砂量に換算すると 295 ton/h となり、自動採水による濁度から求めた流砂量と同様のオーダーとなっていることが分かる。なお、水位から流量への変換に関しては、水位-流量曲線によっているが、その妥当性は ADCP による詳細な流速分布計測により妥当であることが確認されている。また、JASA TIRTA が実施している連続的な濁度計測結果については、タワングレジェニ地点で鉛直および横断方向に詳細な濁度計測をした結果、妥当であることを確認している。

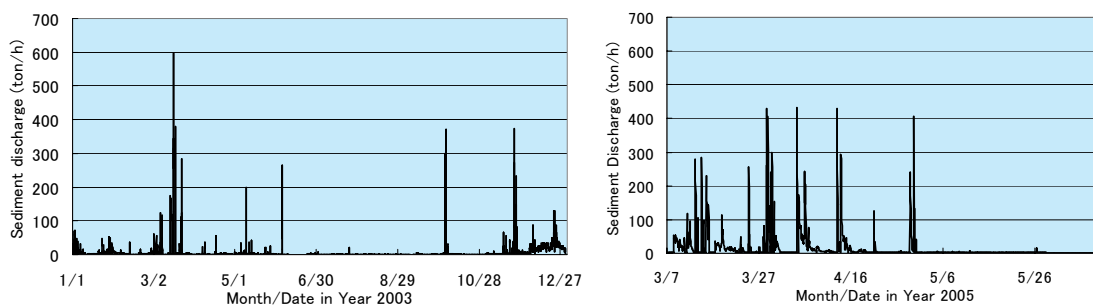


図5 タワングレジェニ地点での流量と濁度から求めた流砂量

3) 降雨・土砂流出モデルとその適用性の検討

降雨・土砂流出モデルにおいて、雨滴および表面流による侵食を考慮するとともに、植生による土地の被覆状況の違いが流れの抵抗すなわち粗度係数に反映され则认为、植生指数と関連付けた Manning の粗度係数を定義し、表面流による侵食の難易をモデル化している。なお、植生による地面の被覆状態の違いが雨滴侵食特性に影響すると容易に想像されるが、雨滴径以上の水深になると雨滴の衝突による侵食が急激に低下することから、ここではこれを考慮していない。図6は植生指数 (NDVI) と関連付けた Manning の粗度係数とレスティ川流域でのその分布を示したものである。

モデルとしては、流域を斜面と河道に分けた DEM に基づく Kinematic wave model であり、用いた基礎方程式は、斜面では雨滴及び表面流による侵食を考慮した土砂の連続式、Manning 式および水の連続式であり、Richards の式により降雨の土層内への浸透など、土層内の流れおよび土層内から河道への横流入も考慮している。また河道においてはバレルの連続式、粒径ごとの土砂の連続式、土石流、層流状集合流動、乱流といった流れの形態ごとの抵抗則、河床位式等である。なお、対象とする土砂の粒径は小さく、ウォッシュロードに分類されることから、土砂の連続式において微細砂 (流体として流動する) として取り扱った。

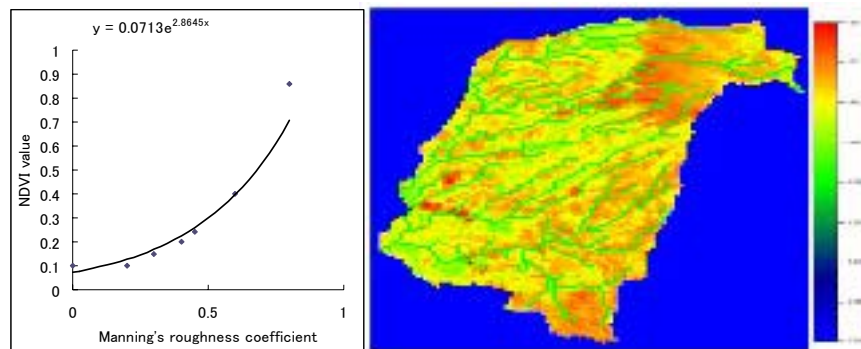


図6 植生指数と Manning の粗度係数との関係式とその分布

図7はタワングレジェニ地点での流量と濁度の計算値と観測値とを比較したものである。傾向はある程度再現できているが、不一致も認められるのでモデルの更なる改良が必要である。

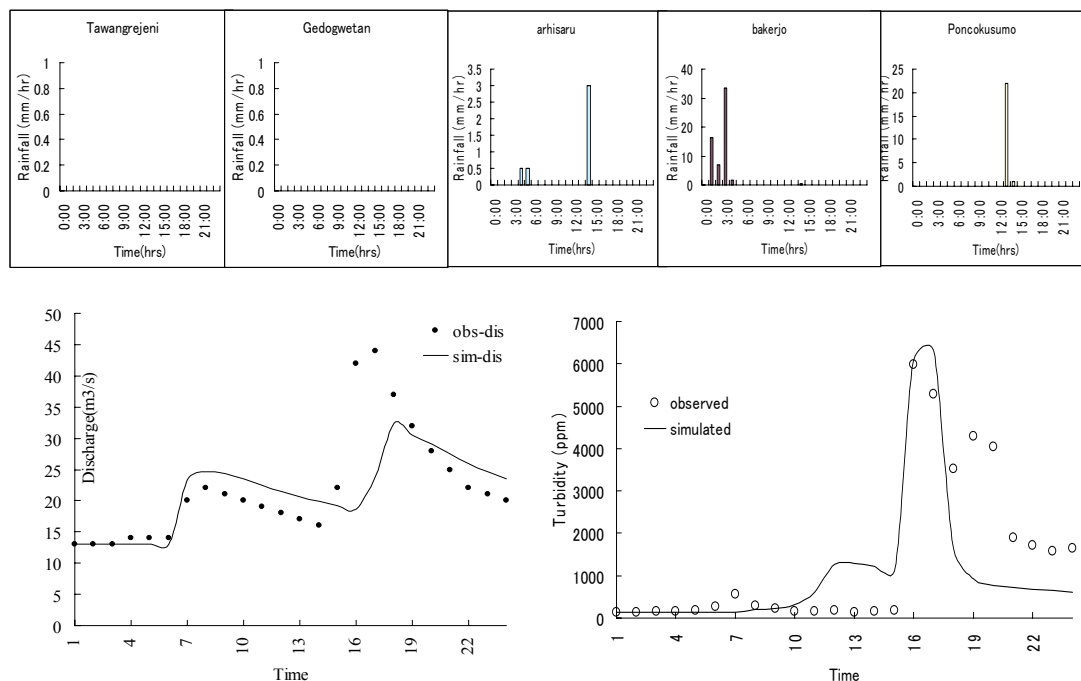


図7 タワングレジェニ地点での流量と濁度の計算値と観測値との比較

4) 降雨・土砂流出モデルによる長期流出計算結果

上述と同様のモデルを用いて2004年10月から2005年9月の長期降雨・土砂流出計算を実行した。ここで使用した降雨流出モデルは、不飽和・飽和中間流、表面流モデルであり、上述の Richards 式を解くモデルに比べて浸透プロセスは単純な取り扱いをしている。ただし、これにより計算時間の短縮を図るとともに、起底流量と洪水流量とを併せて再現することを可能にした。また、上述で行った季節ごとに粗度係数を変化させるモデル化は行っておらず、第一段階として計算期間中一定のパラメータを用いた。

図8左は同期間の流量(左)・濁度(右)計算結果と観測結果とを比較したものである。また図8右は出水時の期間に着目した結果である。流量・土砂流出とも出水時の早い流出傾向は再現できたものの、起底流量の計算結果が観測結果より低くなるなどいくつか改善点がある。また、乾季の7月前後で濁度の計算結果が観測結果より大きくなっていることがわかり、これは地表面状態の季節変化を十分に再現できていないためであると考えられる。今後は Manning 粗度係数を季節ごとに変化させる上述の方法を採用するなど、地表面状態を長期降雨・土砂流出計算にも反映させることが課題である。

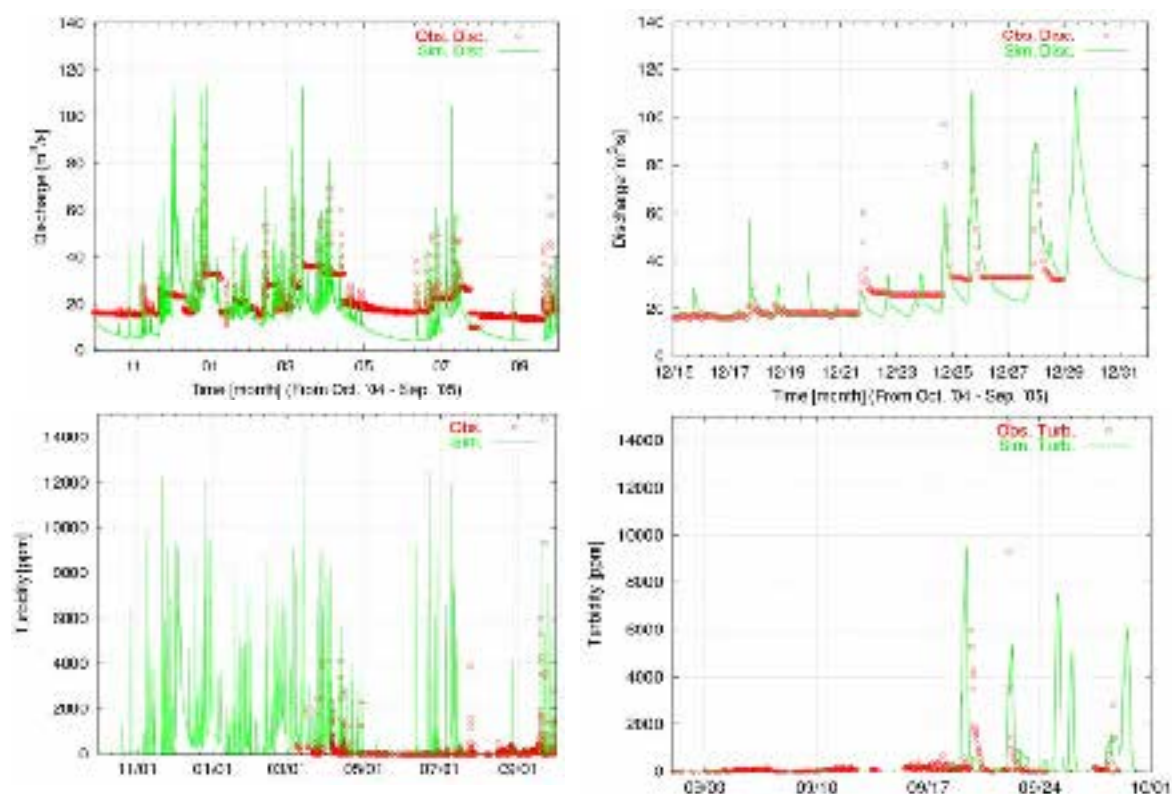


図8 タワングレジェニ地点での長期流出計算結果
(左上：2004年10月から05年9月の流量，左下：同期間の濁度，
右上：2004年12月15日から31日の流量，右下：05年9月の濁度)

5) まとめ

得られた成果の中で、土砂流出が人為行為と関係すると思われる事項を中心にまとめると、以下のようである。

- インドネシアのような火山活動が活発な流域においては、雨季の短時間ではあるが降雨強度が大きい豪雨によって土砂流出が極めて活発となる。
- 10月の雨季が始まる直前では、耕作地は極端に乾燥し、植生指数は極めて低い。
- 雨季が始まった直後の最初の豪雨時には、耕作地の表面は植生が弱く、雨滴侵食によって容易に土砂流亡する状態となる。また、斜面上の表面流によっても容易に侵食される状態となる。
- また、耕作地のみならず道路や側溝にも多量の微細土砂が乾季の間に堆積しており、雨季の初期にはこれらの微細土砂が耕作地の土砂とともに流出するために、高い濁度が観測された。
- 雨季は3月～4月まで継続するが、雨季末期を除き、雨季前期と同様の降雨があっても高濁度な土砂流出はあまり発生しない。これは、雨季前期に道路や側溝にたまった土砂が出尽くすことと、耕作地において急激に植生が回復し、地表面を覆いつくすために、土砂流亡が抑制されることによると考えられる。
- 土砂流出抑制の原因として、裸地斜面でのアーマリングも考えられるが、斜面の土砂の粒度分析から土粒子そのものの粒度は極めて均一で細かく、アーマリングを起こすような粗粒径土砂は殆ど見当たらないことがわかった。ただし、まだ十分は検討していないが、表面侵食や雨滴侵食を受けた斜面では微細土砂の団粒化が進行し、これが粗粒径の役割を果たすために見かけ上、アーマリングが生じている可能性がある。これを破壊するような豪雨が発生すると、その下層の土砂は容易に流出するものと考えられる。これについては今後の検討が必要である。
- インドネシアの東ジャワでは年2回、農作物の収穫が通常見込まれる。山地部の斜面ではキャッサバやとうもろこしの栽培が活発である。なお、ブランタス川本川上流では高原野菜としてキャベツ

の栽培が極めて活発に行われている。雨季末期の3月頃は第1回目の農作物の収穫時期であり、畑が収穫や次の植え付けのために攪乱されるとともに、田圃は代かきで攪乱され、降雨によって多量の土砂流出が観測された。

- h) 標高が高い所ではりんご等の果樹園が増えてきている。熱帯でのりんごの栽培は珍しく、大変良い現金収入のもととなっている。そのため、農家は熱心に果樹園の管理をし、雨季には下草が繁茂するため、せっせと下草刈りに精を出す。これによって表土が露出し、雨季の豪雨で土砂が流亡して高濁度な水が畑から河川に流入する。
- i) キャベツ畑では確認できていないが同様の行為がなされているものと推測され、高付加価値のある農産物の無秩序な栽培が土砂生産・流出を助長しているものと考えられ、適切な農業指導が喫緊の問題であろう。
- j) 植生指数を考慮した降雨・土砂流出モデルを開発し、これをレスティ流域に適用した。計算結果とタワングレジェニでの観測結果とを比較してモデルの妥当性を検討したところ、ある程度本モデルで再現できることが分かった。ただし、人為行為、とくに代かきや野菜の作付けのための攪乱が土砂流出に及ぼす影響を詳細に考慮できるモデルではないため、モデルの改良が必要である。すなわち、計算での格子サイズは植生指数を評価するピクセルの衛星画像の解像度に依存しており、攪乱が生じている耕地のサイズを何らかの方法で求め、それを計算格子サイズに反映する必要がある。さらに、植生指数に応じた雨滴侵食速度に改良する必要がある。
- k) 非洪水時には砂利採取がレスティ川流域のいたるところで行われており、土砂生産、土砂流出に多大な影響を与えているものと推察されるが、その実態が殆ど把握されていないため、本研究では考慮していない。今後、砂利採取による河床の攪乱が微細土砂の生産・流出に与える影響（マイナス面）、および採取された粒径成分の土砂が下流に到達しなかったことによる河床低下（マイナス面）、河床上昇の防止（プラス面）、貯水池堆砂の軽減（プラス面）など、砂利採取の影響を多面的に検討する必要がある。

(2)研究成果の今後期待される効果

近年、わが国を含む東南アジア諸国でダム堆砂が極めて深刻な問題になっている。これを解決するために色々な対策が考えられているが、環境への負荷が少なくなるべく安価で効果的な排砂方法が望ましい。現在、既設のダムでは浚渫による排砂がもっとも良く利用されているが、インドネシアのように年間の堆砂量が多いダムでは毎年高額なお金が必要となる。既設のダムであれ新規であれ、流入する土砂をダムから排出するためにはどのような規模のどのような施設が必要となるかを検討する上で、流入土砂量を正確に予測すること、連続的、継続的な流量および流砂量観測を実施すること等が極めて重要である。わが国で適用可能な予測モデルを、わが国とは異なった自然的・社会的条件をもつ国に、直接的には利用できないし、利用してはいけない。

本研究で行ったように、植生指数によって耕地の攪乱等の人的行為を把握し、これを降雨による土壌侵食（雨滴侵食と表面流による侵食）量の評価に応用するというアイデアはかなり普遍性があると考えられ、各国、各地域の特性に即したモデルへと改良すれば、大変有用な土砂流出予測が行えるものと推察できる。ひいてはダム堆砂対策のための施設設計にも有用な情報を与えることが出来ると思われる。



2003年3月のインドネシア・レスティ川流域観測チーム

3.5 メコン川における水循環モデルの構築（国連大学 水循環モデルグループ）

(1) 研究実施内容及び成果

1) はじめに

このサブテーマでは、メコン川の中流域を対象にして、これまで開発してきたシミュレーションモデルによる水文予測を行う。実現象をよりの確に再現するためには、入力データの精度向上が必須の課題となる。また、水文モデルの基礎情報である土地利用や地形情報の改良も重要な課題である。本研究は、主に降雨データの精度向上に焦点を当て、DRF モデルにもとづく降雨のダウンスケール手法を開発する。さらに、開発したモデルを用いて、地域の気象に茶色雲(ABC: Atmospheric Brown Cloud)が与える影響を分析する。

2) 水文モデル

メコン川流域を対象に、地形情報にもとづく分布型水文モデル(GB モデル)を開発する。このモデルは、流域を複数の斜面に分割しており、それらの斜面が河道網に接続している点が、従来のモデルと異なっている。物理則に基づく支配方程式を用いて各斜面の水文プロセスを追跡する。

3) 水文シミュレーション

モデルの上流端は中国とラオスの国境にある Luang Prabang 地点とし、下流端はカンボジアの Stung Treng 地点とする。グローバルマッピングプロジェクト(version 0)の1 km メッシュデータをもとに流域を抽出した結果、本研究で対象とする流域の面積は402,636 km²となった。シミュレーションの対象期間は1989年から90年までの2年間とし、日雨量・日流量データを用いてモデルの検証を行っている。シミュレーションの結果、一般的にはハイドログラフの再現ができたものの、平野部からの流出、特にタイの支流部において誤差が大きくなることが分かった。これは、DEMにもとづいて生成した河道網が、平野部において実際の河道網と大きく異なるためである。また、このモデルはキネマティックウェーブ法により流出量を計算しているが、勾配がゼロに近い平野部では、計算による流出速度が非常に遅くなり、これが流出計算に誤差を生み出していることが分かった。以下では、平野部でも流出が的確に再現できるように、標高データを改良する方法を示す。

4) 標高データの改良

複数のグローバルデータセットに含まれる DEM から河道網を抽出し、河道網の再現性を評価した。また、逆推定の手法を応用して、既存のグローバルデータセットに含む DEM の改良を行った。ここでは Arc/Info GIS ソフトに導入されている ANUDEM(by Michael Hutchinson)プログラムを利用して標高データの修正を行った。このプログラムを実行するためには、あらかじめ河道網と流域界を示すベクターデータを準備しておく必要がある。そこで、地図をデジタイズして河道網のデータを作成した(図1)。ANUDEM のアルゴリズムは、この河道網のデータと DEM によって抽出する流路方向が近くなるように、逐次標高データを修正するものである。地形の特性を表現するパラメータとして、ホートン位数を採用し、ここでは分岐比 R_b 、河道長比 R_L 、流域面積比 R_A による結果の評価を行った。図2は、異なるデータセットによって得た位数毎の河道数を示している。 R_b は約 4.5 となり、データセットに関わらずほぼ一定の値を示している。ただし、既存データのホートンパラメータは一定値を示しているものの、それらのデータは河道近傍の平野部の地形を表現

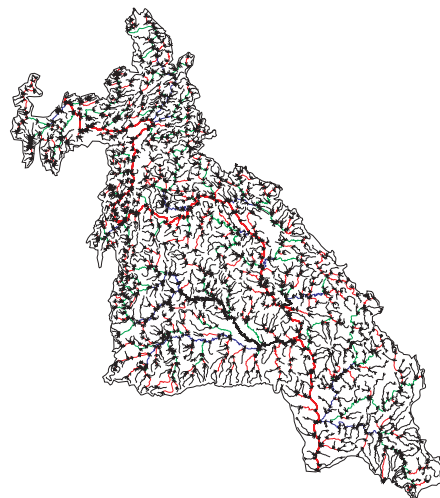


図1 メコン川流域の河道網データ

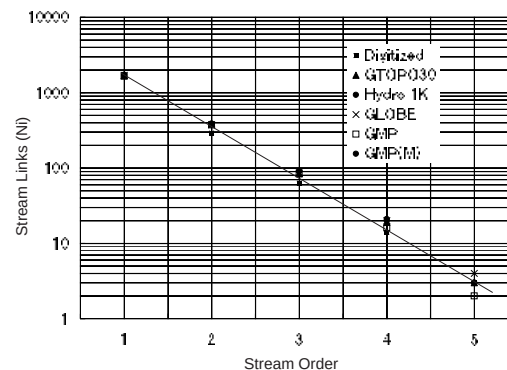


図2 グローバルデータセットにもとづく河道位数と河道数との関係

するには不十分であり、正確な河道網の形状を得るためには、標高データの修正が重要である。図3a と図3b に逆推定手法前後のDEMから抽出した河道網の比較を示す。

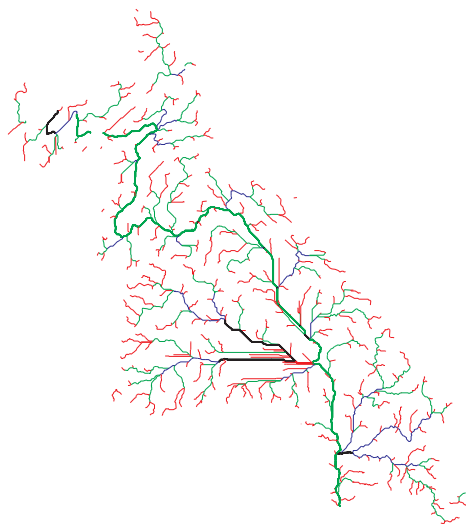


図3a GTOPO 30 にもとづいて生成した河道網

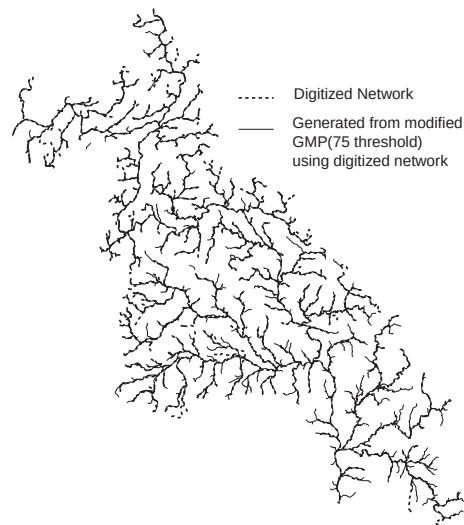


図3b 補正後の標高データによって生成した河道網と実際の河道網との比較



1 km (original) 20 km (upscaled) 40 km (upscaled)

図4 蒸発散量の空間分布とアップスケールの効果

5) 土地被覆データの改良

図4は1995年1月の計算蒸発散量の分布を示している。1 km²の空間分解能の結果とともに、20 km²と40 km²に低分解能化して蒸発散量を推定した結果を示している。また、図5には複数の空間分解能で計算した流域平均蒸発散量の時系列を示しており、これらの結果から、空間分解能が20 km²より小さければ、それより分解能を小さくしても結果はそれほど変わらないことが分かる。この理由は、現在入手可能な土地被覆情報の空間分解能が20 km²であるためである。より詳細な土地被覆情報を得るため、本研究ではMODIS 衛星データから250 mの空間分解能を持つ土地被覆図を作成する。用いたデータは2月のコンポジットデータであり、分類の特性を保持するため統計量の正規化を行った。

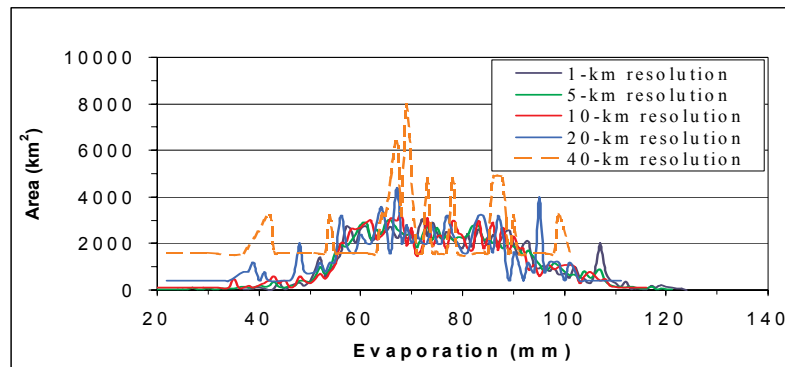


図5 複数の空間分解能で推定した1995年1月の流域平均蒸発散量

6) 流域スケールの降雨モデリング

領域気象モデル(WRF of National Center of Atmospheric Research, USA)をメコン川の流域に適用する。GCMアウトプット(空間分解能:2.5度、時間分解能6から12時間)を三段階でネスティングし、流域を10 kmの空間分解能で覆うようにダウンスケールした。また、結果を検証するため、雨量データを比較的手続きしやすいチャオプラヤ川流域も対象領域に含めた。計算時間は、24時間の解析を行うのにデュアルプロセッサのPCを用いて3時間以内であった。また、共有メモリのアーキテクチャ(デュアルプロセッサPCを3台含むネットワークシステム)を用いた稼動テストも行った。これらのシステムは、低コストの環境でリアルタイムの降雨予測を実現することが可能であり、またダウンスケールのアルゴリズムを加えてもそれほど計算時間には影響しないことを確認している。モデルグリッドで出力する雨量の時間分解能は3時間であるが、あらかじめ特定の地点を指定すればモデルの時間分解能(現在のシステムでは30秒)で雨量の時系列を出力することもできる。

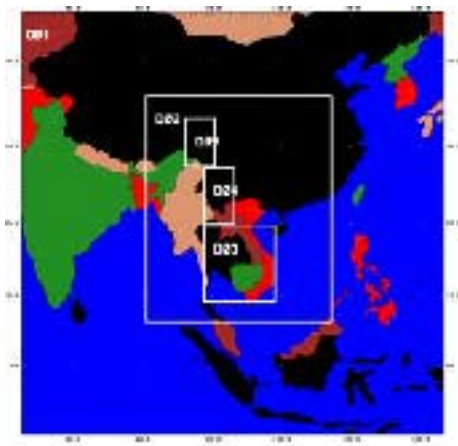


図6 降雨予測のネスティング領域

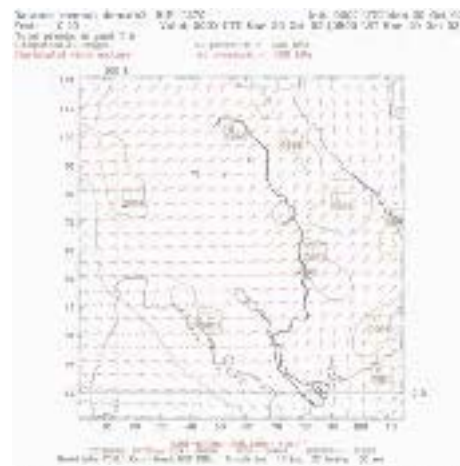


図7 領域3のシミュレーション結果例

本研究では、このシステムを大気中のエアロゾルによって形成される茶色雲のシナリオ分析にも適用した。大気中のエアロゾルは降雨にさまざまな形で影響を与えており、1) 雲の凝集に直接影響を及ぼす微物理効果、2) 放射量の収支に影響を及ぼす吸収効果、3) 地表面への放射量の減少による大気蒸発の低減効果などがある。本研究では、放射のフォーシングパラメタを調整することによって放射量の吸収による効果を推定した。ABCサイエンスパネル(UNEP and C4, 2002)によって推定された放射に相当するよう、エアロゾルの濃度を調節した。ABCが降雨に与える影響を図8に示している。ABCの影響による降雨の低減量は、降雨強度によっても異なっており、小さい強度の降雨は60-70%低下するのに対し、20 mm/hrを超える降雨に対しては約5%の低減効果を示した。この結果は、ABCが乾季の雨量を減らすことを示唆しており、農業や地域の生活にも影響を及ぼす可能性がある。

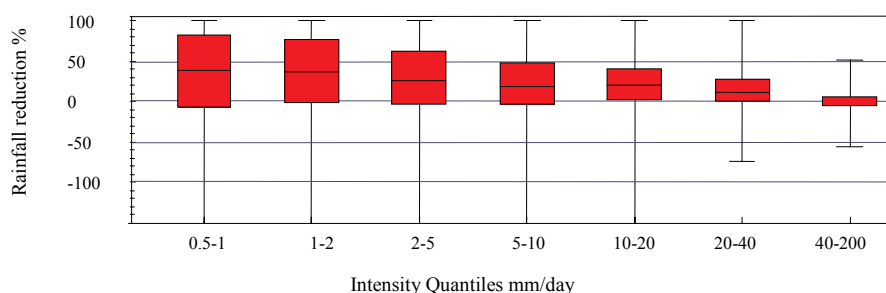


図8 ABCの影響による降雨量の減少

(2)研究成果の今後期待される効果

人間活動が水循環に与える影響を評価するためには、現状の水文過程を把握したうえで、人間の介入が水文過程にどう影響するかを詳細に分析する必要がある。これらの問題を取り扱うためには、現状のデータとモデルをさらに改良する必要がある。今後、モデルはますます詳細に物理現象を再現し、人間活動の影響を取り入れ、また高分解能化する必要がある。また、そうしたモデルに対応するデータセットの準備も重要であり、そのためには観測を充実する必要がある。このサブテーマでは、入手できるデータソースをもとにして、空間分布データをいかに向上させるかという課題に取り組んだ。そして、ここで作成したデータセットは、メコン川流域の研究コミュニティに幅広く利用できるようインターネットを通じて公開している。

地域の用途に応じてスケールを変更できる降雨予測システムの開発が今後の重要な研究テーマであると考え。ソースが開示されている降雨モデルは、アルゴリズムの変更やシナリオ分析を行ううえで有効なツールとなろう。このサブテーマで取り扱ったABC (Atmospheric Brown Cloud) を考慮する気候シナリオの分析は新しい研究領域であり、こうしたツールを応用した例である。また、今後は開発した降雨モデルと水文モデルとを統合することにより、実時間での洪水予測システムを実現する研究を進める必要がある。さらに、こうしたモデルを用いて水文過程に対する地域の理解と信用を高めることで、メコン川流域のような国際河川においても、高精度で透明性の高い情報を提供していくことが可能となる。

(B) 相互作用モデルグループ

3.6 水資源システムダイナミクスに関する研究（京都大学防災研究所、京都大学工学研究科 相互作用グループ）

(1) 研究実施内容および成果

水資源を考えるにあたっては、水の循環状況を物理的に把握することが重要であると同時に、資源としての水の増減が人間の社会・経済活動とどのような相互関係を持つかといった構造を定量的に把握することも重要である。水資源ダイナミクスグループでは、以上の観点から、大別して、

水資源の有限性を考慮した大陸間相互作用モデルの開発

地球温暖化と水災害の経済評価のためのリカーシブモデルの開発

国スケールを対象とした水資源－経済相互作用モデル

異なる分解能を持つ領域のネスティングに基づく大陸規模水循環モデルの開発

の4つの検討を行った。

(a)は、世界を大陸レベルでアジア、ヨーロッパ、アフリカ、北アメリカ、南アメリカ、オーストラリアの6つの地域に分割するとともに、各地域における社会・経済活動および水資源の状況を、人口、農業、資本、再生不可能資源、永続的汚染、水資源の6つのセクターとそれらの相互作用で表現するものである。人口セクターでは、出生・加齢・死亡の3つのプロセスで、世代別人口の動態を表現した。農業セクターでは、農地開発や土地生産性に基づく食糧生産量を、資本セクターでは工業生産及びサービス生産を取り扱い、汚染セクターでは、汚染物質の排出と吸収を、さらに、水資源セクターでは水量と水質の両面を取り扱っている。これらのセクターは、相互に関係しあっており、例えば、水質が悪化すると、期待寿命の減少を通じて人口セクターに負の影響が生じ、その結果、人口（労働力）が減少、工業生産が減少するが、工業活動の減少は水質セクターにはプラスの影響を及ぼすといった相互作用・フィードバック関係を用いてモデルを記述している。また、6つの地域の相互作用は、貿易による物資の移動と移民という形の人の移動で表現した。以上のモデルを、1960年から2000年のデータを用いてキャリブレーションしたところ、実績データを概ね良好に再現することができた（図1は人口の計算値と実績値をプロットしたものである）。ついで、GCMを用いた二つのシナリオ（二酸化炭素排出量が年率1%で増加するシナリオと二酸化炭素、エアロゾルの両方が年率1%で増加するシナリオ）計算からの降水量、気温のアウトプットを用い、2100年までのシミュレーションを行った。その結果、2015年頃から水資源の年々変動が食糧生産や産業生産高に影響を与えるレベルに達し、年とともに激しくなっていくが、影響の現れ方は地域によって大きく異なっていることがわかった。図2は、標準シナリオにおける世界の人口、水需要、一人当たりの工業生産額、食料、再生不可能資源の推移をプロットしたものである（各指標とも1960年の値を1とした相対値で表示している）。2030年ごろに人口はピークを迎えるものの、水需要はその後も増え続けている。特に食糧生産に見られる細かい振動は、渇水によるものであり、その影響が2040年頃から頻繁に現れるようになっている。

上記のモデルは、いわゆるシステムダイナミクスの手法を用いて、水資源と社会・経済活動との関係を、空間的、社会セクター別に表現したものであり、様々な要素を取り込むことができるという柔軟性を有している一方、セクター間の関係は基本的に過去のデータに基づくインプット－アウトプット関係で表現されるため、将来にわたるシミュレーションは基本的に過去データの外挿になってしまう点は否めない。したがって、同定されたモデル構造がどの程度の時間スパンで有効かどうかの検証が必要であるが、現時点ではそれが難しいという

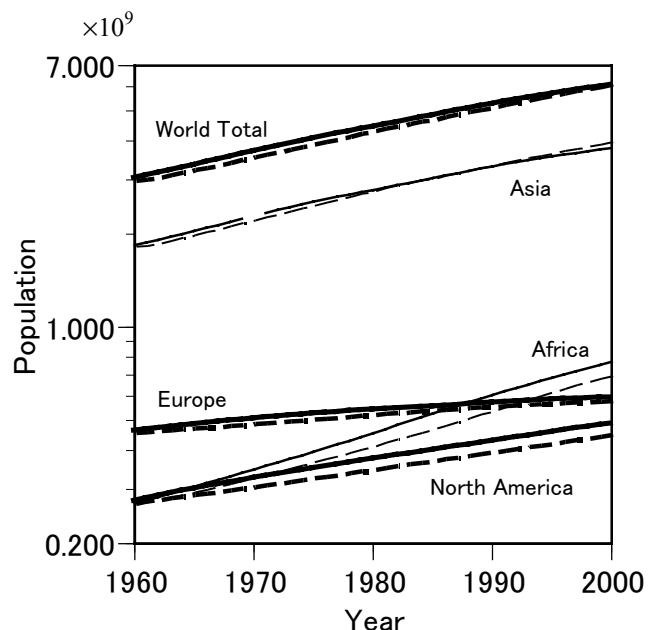


図1 シミュレート人口と実績データの比較

困難がある。また、財の取引が価格によって調整されるという基本的な市場メカニズムが陽に表現されていないため、長期間のシミュレーションを行う場合に、セクター間の関係調整機能を十分に表現できていない可能性がある。

上記の問題点を解決すべく行ったのが、(b) のリカーシブモデルのプロトタイプ開発である。ここでは、地球温暖化の影響を考慮するためには、気候と経済の間のフィードバックが考慮されるべきという立場に立ち、気

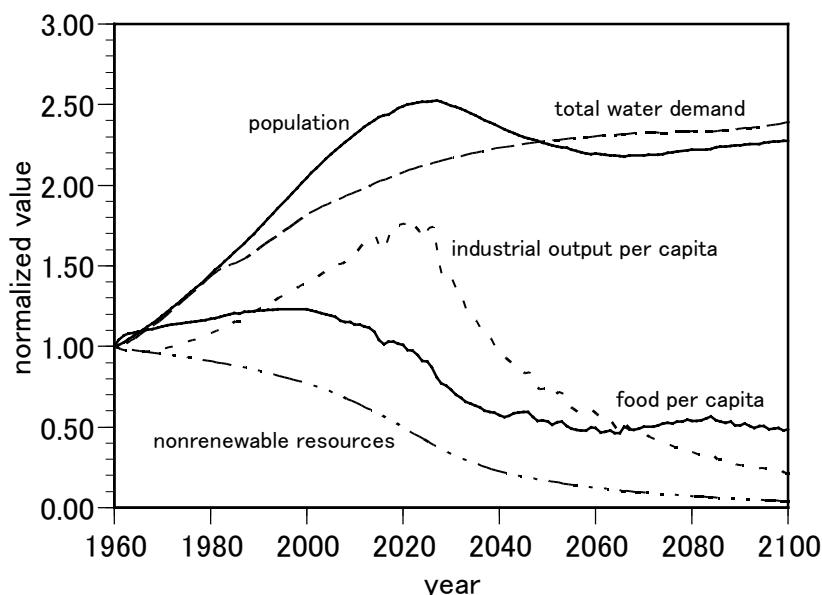


図2 標準シナリオによる世界成長を表す5つの指標の推移

候モデルと対話的に実行されることを想定した経済活動モデルを構成した。

経済活動モデルの枠組みは地域産業連関モデルをベースとする空間応用一般均衡モデルに依拠し、時系列データの入手可能性から空間的にはWDIの大地域7分類に所得水準を加味した9地域区分を採用することとした。産業分類もWDIの4部門を基本とするが、地球環境問題に関するエネルギー部門の重要性を考慮し、この部門を独立させた5部門としている。以上の9地域4部門構成で、企業・家計・政府の各主体の行動と市場均衡条件を定式化した。その中で、消費部門のCO₂排出削減を重視する立場から、エネルギー部門を需要側で定義し、排出権を一種の生産要素として取り扱うことにした。世界政府は排出権の総枠を地域別に割り当て、地域政府は独自に排出枠を定めて過不足を排出権取引を通じて調整することになる。経済活動の結果生み出された民間産業資本と排出されたCO₂は蓄積され、次のタイムステップの活動における初期条件となるほか、気候モデルへの入力となる。

一方、気候変動は異常気象の頻発を引き起こし、水資源・水災害を通じて社会にその影響がもたらされる。洪水・渇水といった水災害の影響はフロー効果とストック効果に分けて考えることができる。フロー効果については、地域メッシュの水深が一定の閾値の範囲外にあれば操業が不可能になると考え、一次近似として、操業不可能な期間率に応じて産業部門の生産額が割り引かれるという定式化を行っている。ところで、特に洪水の影響は、操業可能期間の減少というフロー効果だけでなく、ストック効果も無視できない。そこで、洪水のストック効果は、物的資本や人的資本の滅失という形で表現することにし、滅失の程度については、期間最大水深と上限の関数として表現することにした。なお、この方法は、GCMから出力される降水量データのみから生産活動の阻害要因を求めようとする点で簡便であるという利点はあるが、メッシュ水深と具体的な災害発生の有無との関係をどのように求めるかという問題もある。今後、リカーシブモデルの具体的な適用を通じてこれらの問題点について考えていく予定である。

さて、世界規模で気候－水資源－経済活動モデルを考慮する場合には、空間スケールが1国を超えるレベルでの取り扱いとならざるを得ない。そこでは、例えば、国内の地域間の連関や、流域内での水資源確保・水災害防止のための投資や施策の効果はきわめてマクロな表現の中に取り込まれ、正確な評価はなかなか難しい。そこで、上記(b)の世界レベルの経済活動モデルで求められたマクロスケールの状況を境界条件として、国内レベルの水資源－経済活動の地域連関を分析するモデルとして、(c)の検討を行った。具体的には、特に、生産要素としての水資源に着目し、企業、水供給事業、家計、政府、外国の活動を応用一般均衡モデルを用いて表現するとともに、わが国の1995年地域間産業連関表を用いてパラメータ同定を行い、地域性を考慮した水不足シナリオを与えることで、シミュレーションを行った。その結果、わが国では、東日本地域での水不足が西日本でのそれに比べて、全体の産業に及ぼす影響が大きいこと、水配分を市場均衡に任せた場合、家計への配分が著しく減少する傾向があることなどがわかった。

(d)では、大陸規模での水循環モデルの構築を目的として、モデル結合と物理過程のモデリングの精緻化により、水循環予測の高度化を図った。陸域については大気、陸面水文モデルと陸面過程モデルの結合を進め、海域については大気、海洋、波浪モデルと海面過程モデルを結合した。また、水循環で重要な物

理過程である、海面過程、陸面過程、拡散過程を理論的、実験的に再検討し、定式化を精緻化した。また、現地観測、衛星データ、水循環モデルに基づく数値計算結果のデータセットを整備した。衛星データとして、アラビア半島全域を対象に、Landsat ETM、NOAA、TRMM、TOVSデータを収集、編集した。計算対象期間を西暦2000年1月からの1年間とし、計算領域を西アジアと中央アジアを含む広領域（空間分解能 89 km）、アラビア半島全域（分解能 27 km）及びアラビア半島南西域（分解能 9 km）の3つの領域としてネスティング計算した。

以上、水資源ダイナミクスに関する研究グループでは、気候－水資源－経済活動の相互作用を考えるためのモデル開発を進めてきた。地球規模の社会・経済活動の結果、開発と成長がどのような局面を迎え得るかを予測するモデルでは、Meadowsら(1974, 1992)によるWorld3モデルが有名である。しかし、Meadowsらのモデルでは水資源を含む再生可能資源は十分に考慮されていなかった。Simonovic(2002)は、World3モデルに水資源を表すセクター（水量セクターと水質セクター）を追加し、水資源状況の影響を考慮したWorldWaterモデルを開発した。しかし、WorldWaterモデルは、World3モデルと同様に世界全体を一つの地域として表現するものであり、特に、水資源の持つ空間的偏在性を考慮することができない。本グループで開発した大陸間相互作用モデルは、大陸規模という大きなスケールではあるが、地域性を考慮に入れており、水資源の持つ空間的偏在性を考慮に入れつつ、社会・経済活動との相互作用を分析できる構造となっている。

一方、気候変動を経済モデルに取り込む努力は、Nordhausら(2000)などによってなされているが、経済モデルとGCMに代表される気候モデルとでは、前提とする空間スケール・時間スケールが大きく異なっている点が問題となる。また、既存のGCMによるシミュレーションでは、将来の経済活動を固定的シナリオとして与えるために(IPCC(2002))、経済活動による気候変化が経済活動に与える影響を正當に評価することができないという問題がある。本研究で開発したモデルは、全世界を大陸と所得レベルにより9区分した地域に関し、1年単位で経済活動を計算することを基本とし、エネルギー消費に伴う排出量の予測を最終的にはメッシュ単位に変換して気候モデルに提供する一方、気候変動モデルからはメッシュ単位の降水量と気温等の気象データを時間単位で受け取る構成となっている。これにより、経済モデルと気候モデルとを対話的に実行できるインターフェースを提供することが可能となっている。

引用文献

- Meadows DH, Meadows DL, Randers J, Behrens III WW. 1974. Dynamics of Growth in a Finite World, Wright-Allen Press: Cambridge, Massachusetts.
- Meadows DH, Meadows DL, Randers J. 1992. Beyond the Limits, McClelland & Stewart: Toronto, Ontario.
- Simonovic SP. 2002. World Water Dynamics: Global Modeling of Water Resources, Journal of Environmental Management, 66, 249-267.
- Nordhaus, W.D. and Boyer, J. 2000 Warming the World, Economic Models of Global Warming, MIT Press.
- IPCC. 2000. Emissions Scenarios, Cambridge Univ. Press.

(2)研究成果の今後期待される成果

本研究では、気候と経済・社会活動との関係を動的にモデル化すること、気候変動の結果生じる洪水・渇水など水災害のインパクトを考慮することに重点をおいた検討を行ってきた。これらは、具体的なモデルパラメータの調整等今後詳細をつめていかなければならないことも多いが、今後の水問題を通じた気候変動の社会に与える影響予測や、政策分析の基本的なツールとして活用できるものである。本研究グループではすでに現在まで開発して来たモデルの実用化への一歩として、GTAP、WDIに基づく地域間産業連関表のデータ作成に着手しており、実データを用いた分析の準備を進めている。また、水災害の影響をフローおよびストックへの影響として地域メッシュ別にとらえる補助モデルについても検討を開始している。

本研究で開発した要素モデルにより、例えば、現在は固定的なシナリオに基づいて計算されているGCMシミュレーションに、経済モデルのアウトプットを逐次入力するなど、より現実的なシミュレーションが可能な環境が整った。これにより、気候－水資源－経済社会活動の相互作用分析は、それぞれの過程を表現する要素モデルの結合を行う段階に入ったと言える。今後、実データに基づくモデルキャリブレーションと結合計算を進め、本研究の過程で、部分的に得られた知見、すなわち、いくつかの仮定の下では、2100年段階で、アジア及び北米で増大する人口による深刻な水不足が発生する可能性のあること、アフリカと南米では水不足よりもむしろ再生不可能資源の枯渇の影響を受け、食料の不足、産業への支障が生じる可能性が高いことの詳細な確認、および、種々の政策オプションがこの状態をどの程度改善できるかについて定量的な分析を進めていく予定である。

3.7 洪水リスクマネジメントに関する研究（京都大学防災研究所 相互作用グループ）

(1) 研究実施内容及び成果

1) はじめに

2000 年の東海豪雨災害を契機として、河川計画超過の水害発生を考慮した総合的な洪水リスク管理の重要性が指摘されている。また、河川法の改正によりこれまで洪水リスク管理の主要な部分を担ってきた河川事業において、住民の意向を反映した河川整備方針の策定や河川整備計画の立案が求められるようになってきた。このような社会変動を背景として、今後コミュニティレベルの洪水リスク管理、とりわけ住民自らが被害軽減のための代替案を検討し、コミュニティでの協調的な減災行為としてのリスクコミュニケーションが必要となってくる。ここで問題なのは、住民自らが代替案を検討する十分な知識や経験を持っていないことである。本研究では、避難行動を規定する意識や信念の集合を人が持つ内的なモデルとみなして「避難メンタルモデル」と定義する。外部からの干渉、特に一方的な情報提供によってメンタルモデルの変容を図ることは難しいが、反復経験や相互作用によって変化していくと考えることができる。しかしながら、実際に水害を経験する機会が容易に得られるとは考えにくい。また水害経験が得られたとしても、それは様々な姿を見せる水害のうちの 1 つの姿を経験したに過ぎない。従って、住民が自らの内部に蓄積する避難行動計画の範囲や改善点は限定的なものにならざるを得ない。

本研究では、避難メンタルモデルの変容とリスクコミュニケーション支援を目的として、時空間 GIS を基盤とした水害リスクコミュニケーション支援システムの開発を行った。さらにシステムの有効性の検証と住民と意思決定者（あるいは河川・流域管理者）とが参加型で開発・改善するコラボラティブモデリングのためのワークショップを名古屋市都市圏において実施した¹⁾。

2) 水害リスクコミュニケーション支援システムの概要

水害リスクコミュニケーション支援システムの概念を図 1 に示す。水害リスクコミュニケーション支援システムは、複数の水害リスク情報を所有し、ユーザが入力する行動計画に対し安全性評価を提示する。水害リスクコミュニケーション支援システムを使用することにより、実際に経験することが難しい様々な水害におけるその対応行動を、繰り返し仮想的に体験することによって、人の避難メンタルモデルの内部に、避難行動計画

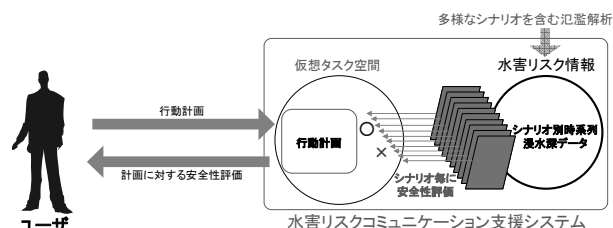


図 1 水害リスクコミュニケーション支援システムの概念

の代替案や水害の状況を識別するための知識が自律的に形成されたと考える。このような過程を経て、コミュニティレベルの洪水リスク管理、とりわけ住民自らが被害軽減のための代替案を検討することを支援する。また、コラボラティブモデリングと称し、システムとユーザビリティの向上を目指し、使用していく過程において出される要望を基にシステムの改善・開発を実施する。

水害リスク情報には、氾濫解析の結果を利用した。解析による氾濫予測の精度は著しく向上しており、水害時の避難行動の結果を推定する際に有効であると考えられる^{例えは2)}。しかし、氾濫解析技術を利用した時系列浸水深データを氾濫シナリオごとに扱うとすると、その膨大なデータ量に留意しなければならない。また水害リスク情報の利用を考えると、地理的な座標に加え、生起確率等に基づく氾濫パターンを考慮しても、4 次元以上の情報空間を用意する必要がある。そこで本支援システムでは、時系列地理データの扱いに優れた、時空間地理情報システム、DiMSIS³⁾を利用した。

3) 水害リスクコミュニケーション支援システムの構築

愛知県新川流域を対象とした。新川流域は愛知県西部に位置し、旧西枇杷島町、旧新川町、名古屋市西区・北区の 4 地域から成り庄内川が平行に流れている。旧西枇杷島町、旧新川町は、庄内川と新川に挟まれており、水害に非常に脆弱な地形条件である。昭和 30 年代から著しく都市化が進行し、人口や資産が集中している。2000 年東海豪雨災害では甚大な被害が発生し、災害後総額 719 億円を上る「河川激甚災害対策特別緊急事業（激特）」が 5 ヵ年かけて実施され⁴⁾、2000 年以前より氾濫の可能性は低くなったといえる。しかしながらその地形的特徴から今後も水害の発生は予測されており、再度発生した場合には甚大な被害が懸念されている。本システムの氾濫解析は、辻本ら⁵⁾のモデル形式を用いて内水氾濫から破堤を伴う大規模な複合氾濫までの合計 68 種の氾濫シナリオを用意した。具体的なモデル形式を表 1 に示す。

水害リスクコミュニケーションシステムは、DiMSIS をベースに構築した。概念設計を図2に示す。このシステムでは避難シミュレータと、個別家屋の水害リスク分析を備えており、データベースとして、浸水深、最大浸水深、メッシュ ID、建物形状ベクターデータ、背景地図のラスターデータがある。さらに、時系列浸水深(愛知県河川課より提供)は、複数の降雨確率と降雨確率毎の破堤の有無、あるいは破堤地点によって規定される氾濫シナリオを持ち、シナリオ毎に地理的座標と時間を属性に持つ点列によって構成されている。支援システムにはこれに加えて氾濫シナリオ別の最大浸水深点列と、位置属性を持つ基本メッシュ ID の点列と、建物属性と地理データとしての形状を持つ建物形状が統合されている。避難シミュレータの詳細は下記である。

表1 氾濫解析のモデル形式⁵⁾

項目	条件
解析モデル	一次元不定流計算
氾濫原	二次元不定流計算
河道上の条件	橋梁、堰
組込モデル	氾濫地形メッシュ間 水路、盛土、カルバート、落差 河道と氾濫原メッシュ間 破堤、溢水、樋門、ポンプ 任意メッシュ間 地下排水管路網
河道	現況河道断面
地形	基本メッシュ 50m 地盤高 S=1/2,500地形図からの代表地盤高 土地利用 国土数値地図を基本として、地形図より修正
施設	盛土 50cm以上の盛土・国道・主要地方道・一般県道の道路 水路 W=3m以上を対象 下水路 W=1m以上を対象 その他 ポンプに接続される水路
破堤・溢水	破堤経過 マニュアルに準ずる 越流係数 刈形堰とする 接近速度水頭 考慮する 破堤幅 マニュアルに準ずる 破堤条件 外水位がHWLに達したとき 破堤地点 1kmピッチ(ただし、感度分析は16/000地点のみ) 溢水高 現況堤防高 溢水地点 すべての区間を対象
ポンプ運転条件	排水調整ルール 点 停止: T.P.+5.2m、再開: T.P.+5.0m 水場地
降雨分布	外力設定に準ずる(中央集中波形)
有効降雨	モデル f1 ~ Rsa ~ fsa 市街地部 飽和雨量 水田部 梅雨時期等の前期雨量を考慮し、0mmに設定 その他
上流端流入量	集中型流出解析モデル(準線形)流出計算結果による

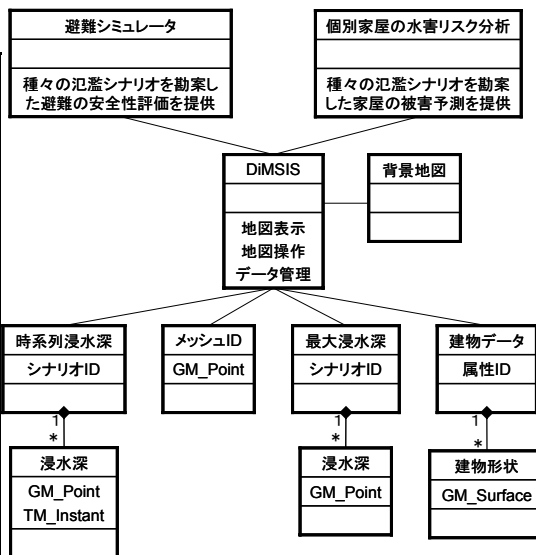


図2 概念設計におけるクラス図

a) 個人属性の設定

自分の身長と避難時の歩行速度を設定する。歩行速度は任意に設定することができるが、設定フォームではその参考値として、地震防災計画で想定されている避難速度である 2.016km/h と⁶⁾、吉岡⁷⁾の調査による通勤時の平均歩行速度、1,9958km/h を提示している。

b) 避難場所・避難経路の設定

避難場所と避難経路を設定する。地理情報システムを用いる以上、地理データとしての道路ネットワークを統合し、自宅の最近傍に位置する避難所とそこに至る最短経路や、水害リスク情報を用いた安全度の高い避難所と避難経路を算出し、ユーザに提案することはできる。しかしながら、支援システムが目指すのはユーザによる自発的な試行である。仮に一方向的に答えを与えてしまえば、双方向的なインタラクションが発生するとは考えにくい。また、ユーザの考える避難行動計画を仮想タスク空間に反映させるためには、自由度の高い入力を可能にする必要がある。住民が避難行動を行うときに選択する避難経路は、多くの人が避難場所までの最短経路や、行政に指導された経路、または安全性が考慮された経路などではなく、主観的に選択しているのが実態である^(例えば8)。よって避難シミュレータにおいては、避難経路の設定に制限があってはならない。さらに避難場所についても、行政による指定避難所だけでなく、水害時に安全であると思われる建物や、高台などが考慮されなければならない。以上より避難シミュレータは、避難場所と避難経路を、地図上において任意に設定できるインターフェースを備える。設定の表示画面の一例を、図3に示す。

c) 避難トリガと避難開始時間の設定

避難行動の安全性を左右する大きな要因の1つに、避難開始時間が考えられる。避難シミュレータでは、



図3 避難場所と避難経路の設定画面

ユーザは避難のきっかけとなる避難トリガと、避難トリガを受けてから避難を開始するまでの時間の設定により、氾濫シナリオ毎に避難開始時間が規定される。自律的で安全な避難を実現しうる避難に関するメンタルモデルには、状況を識別するための情報を受けて、状況を識別するための知識が備えられなければならない。このため避難シミュレータは、ユーザが避難トリガとして取得することができる、考えられる限りの避難トリガを扱う必要がある。水害時に地域住民が取得可能な情報としては、市町村による避難情報や、都道府県と気象庁が合同で行う洪水予報が考えられる。さらに近年、リアルタイム河川情報⁹⁾の整備が、国土交通省の主導で全国に広まっており、インターネットを介した情報取得も、その選択肢として考えることができる。リアルタイム河川情報では、流域雨量と併せて観測所における河川の水位が10分毎に更新され、その対象は直轄河川だけにとどまらず都道府県管理河川にも広がっている。

こうした行政によるインターネットを介した情報提供は充実を見せ、モバイル端末専用のサイトでも同様の情報提供がなされている(例えば¹⁰⁾)。これらのことから避難シミュレータでは、市町村による避難情報や洪水予報に加え、河川の水位や流域雨量に関する情報も取得できることを想定し、それらの値を避難トリガとして設定することができる。その設定フォームの一例を、図4に示す。

図4は避難トリガ設定フォームの一例を示す。Aは水位の設定、Bは雨量の設定。図4 避難トリガ設定フォーム



A 水位の設定 B 雨量の設定
図4 避難トリガ設定フォーム

d) 安全性の判定

須賀ら¹¹⁾は、浸水が水中歩行に与える影響について実験を行った。その結果、その水深が膝までの場合には、流速と関係が少なくほぼ一定の速度で歩行することができた。また、水深が膝を超えると、可能な歩行速度が急速に低下し、恐怖感も感じはじめる。須賀らの実験は、膝位置以上の浸水ではもはや安定して歩行することができず、到底安全な避難は望めないことを教えてくれる。以上より、辛うじて避難が可能な水深として人の膝位置とするのが妥当であると考えられる。避難シミュレータでは、安全性の評価を次の3段階で表記する。つまり、避難中浸水に遭遇しない場合は○、膝位置までの浸水がある場合は△、膝位置を越えて浸水する場合は×である。なお、須賀らの実験結果や、緑川水系御舟川昭和63年5月洪水における避難行動に関する調査結果¹²⁾からは、膝位置までの浸水深においては避難速度と浸水との間に因果関係が薄いことを示している。よって避難シミュレータでは、膝位置以下の浸水においては一定の避難速度を保てると仮定し、避難速度の割引等は行わないこととする。また、避難の安全性の評価を行う際に用いる人の膝位置を推定するにあたり、独立行政法人情報通信研究機構による数値人体モデルの無償利用サービスを利用した。数値人体モデルは日本人の平均体型を表しており、その再現性は非常に高いといえる¹³⁾。数値人体モデルにおける膝高は身長約26%の位置にあり、避難シミュレータはユーザの身長を入力によりその膝高を推定し、安全度の評価を下すこととする。

以上の方法によりユーザによって設定された避難行動に対し安全性評価が提示される。図5に安全性評価のフォームを示す。フォームは、左側に氾濫シナリオ毎の安全性の判定が示され、右側に氾濫シナリオの選択によって、そのシナリオにおいて遭遇する最大浸水深が、数値と人体図を用いた画面イメージによって示される。さらにユーザは、自身が設定した避難行動を、浸水深の変化とあわせて、時系列に沿って確認することができる(図6)。



図5 避難行動の安全性評価フォーム



図6 避難行動の確認画面

4) ワークショップを通じた水害リスクコミュニケーションシステムの有効性検証

ユーザのメンタルモデルの変容に対する支援システムの有効性を検証と、システムとユーザビリティの向上を目的として、新川流域住民を対象としてワークショップを実施した。システムの検証項目は①地域住民が自らの考える避難行動計画を、支援システムの避難シミュレータにおいて正確に投影することができるか、②避難シミュレータにおける試行の結果、地域住民が備える避難行動計画の代替案の充実が見られるか、③支援システム利用の結果、水害の状況を識別するための知識や、地域における水害に対する認識が変化するか、の3つを設定し、アンケート調査方法を用いて検討した。

2006年2月2日愛知県清須市須ヶ口の豊和工業株式会社の厚生会館にて1回目(以降、グループA)を開催した。参加者は3～5人ずつを1グループとして、計5グループ、総勢21名であった。支援システムを2台のコンピュータに実装し、参加者は1～4人ずつ1台のコンピュータに向かい、避難計画を入力し安全性評価を受けた。2回目(以降、グループB)は2006年2月3日、愛知県清須市西枇杷島町の旧西枇杷島町社会福祉協議会の施設、「憩いの家」において開催した。参加者は13名であった。支援システムはプロジェクトを用いて会場の正面に映し出し参加者全員が投影された画面を共有しながら避難行動を決定し安全性評価を受けた。

グループAの参加者約80%は旧新川町に居住しており、またグループBの参加者は、その全員が旧西枇杷島町に居住していた。両グループの参加者は同様の年齢構成を見せ、その約4割が60歳代、約3割が70歳代であった。なお参加者の居住地域はいずれも、2000年東海豪雨災害時に甚大な被害が発生した地域であり、ほとんどの参加者がなんらかの形で被災を経験していた。ワークショップではグループA・B共に、図7に示す流れをたどった。参加者にはまずワークショップの趣旨説明を行い、それに続いて地域の水害の危険性について、参加者と共に10分ほどディスカッションを行い、次にアンケート調査を行い、支援システムの利用に入った。そして再度アンケート調査を行った。

支援システムは、氾濫アニメーション、避難シミュレーション、家屋・家財の水害リスク表示の順で機能を稼働させた(図7)。氾濫アニメーションでは、小規模洪水から大規模まで、様々な洪水シナリオにおける氾濫の様子を地域の地図上において表示させ、参加者はシナリオごとに氾濫の変化を確認した。次に避難シミュレータを用いて、参加者ごとに1回目の調査で明らかになった避難行動計画の安全性を確認していき、あわせて入力された避難と氾濫の時系列変化を避難アニメーションにて確認した。これを受けて参加者は避難シミュレータに入力するパラメータが繰り返し変更させ、避難行動計画を変化させていった。グループAで本機能を利用した参加者は3人、グループBにおいては4人であった。本機能の利用者は実際に地図上で自宅を選択し、家屋と家財に対する水害リスクを確認した。その様子は参加者グループ全員で共有された。

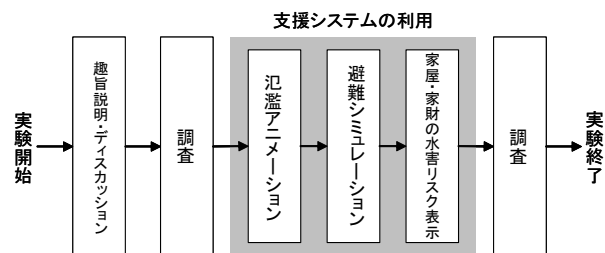


図7 ワークショップの流れ

表2 質問項目

調査	質問項目
支援システム 利用前	個人属性 2000年東海豪雨災害における被災体験 洪水ハザードマップの所持実態 水害に対する認識 避難行動計画(避難のきっかけ、場所、経路)
支援システム 利用後	水害に対する認識 避難行動計画(避難のきっかけ、場所、経路) 支援システムに対する意見・感想 自由回答欄

ワークショップでは支援システムを利用する前後において、参加者に対して計2回アンケート調査を行った。アンケート調査における質問項目を表2に示す。2回の調査において、「水害に対する認識」の項目と「避難行動計画」の項目は共通しており、支援システムを用いたことによる参加者の避難メンタルモデルの変化を類推できるように設定した。なお「水害に対する認識」を問う項目では、今後自宅が浸水する可能性に関する意識を、床上浸水・床下浸水それぞれについて聞いた。また「避難行動計画」については、水害時の避難先として考えている全ての場所と、そこに至るまでの経路を、参加者の自宅周辺の道路地図上に描いてもらった。それとあわせて避難を考え始めるきっかけと、そのきっかけから実際に避難を始めるまでのおおよその時間について調査した。

5) ワークショップの結果と考察

ワークショップでは、避難シミュレータが地域住民の考える避難行動計画を提示できなかった事例は存

在しなかった。行動計画には避難場所として「堤防の上」やスーパー、変電所、「街道」などを含むものがあつたが、すべて地図上で任意に選択することができた。また避難経路に関して見ると、多くは自宅から避難場所までの最短経路などではなく、ユーザ自身が考える水害時の安全度を考慮した経路や、普段通りなれた経路、あるいは空き地や耕作地などを通る「道なき道」が選択されている。このような避難経路についても、すべて避難シミュレータに入力することができた。

このことから、地域住民の考える避難行動計画を避難シミュレータ上に提示するのに問題がないことが示された。この結果は、避難シミュレータが住民の考える避難行動計画を視覚的に提示し、ユーザとシステム間で双方向のインタラクションを行っていく上で、また、複数の住民が自分たちの考える避難行動計画に関してコミュニケーションを行うために有用であることを示す。また、ワークショップでは、代替案の多様化を示す事例がいくつか見られた。特徴的な2つの事例を挙げる。

a) 支援システムを媒介としたコミュニケーション事例

グループ A では旧新川町の名鉄線以南に居住している被験者の間で、清須市によって避難所に指定されている桃栄小学校に関する議論が活発に行われた。支援システムに統合された氾濫解析結果によると、桃栄小学校ではその周りを取り囲むように、早い段階で氾濫が発生する。しかし支援システム利用前の調査においては、この地区に住むほとんどの参加者が桃栄小学校への避難行動計画を回答した。

桃栄小学校への避難がシミュレータに入力されると、その多くは膝高以上の氾濫に遭遇し、安全に避難できないという評価が下され、あわせて避難勧告が出された時点において、すでに孤立する桃栄小学校の姿が示された。結果は同じ地区に住む5人の参加者によって共有されており、参加者からは2000年東海豪雨災害時において桃栄小学校に避難を行い、その途上で腰まで水に浸かった体験や、周囲より高くなっている美濃街道を通るべきだという意見がだされた。これを受けて避難シミュレータ上では美濃街道を通る新たな避難行動計画が試行され、氾濫解析における美濃街道の安全性が確かめられた。以上の試行を踏まえて、桃栄小学校が避難所として指定されていることについての問題や、美濃街道沿いに一時避難所を設置する案、さらには、須ヶ口駅を地区の一時避難所として指定する案が提唱された。

b) 新たな避難行動計画の獲得事例

グループ B では支援システム利用前後の調査によって、13人の参加者（調査の有効回答数：12）のうち5人が、新たな避難行動計画を示した。この5人が支援システム利用前に示していたのは指定避難所や堤防上への避難行動計画であつたが、新たな行動計画の多くは、比較的大規模な水害における一時避難を目的とした、鉄筋コンクリート造で4階建以上の建物であつた。避難シミュレータに対して堤防上への避難行動計画が入力されると、堤防上は内水氾濫によって早い段階で孤立し、逃げ場がなくなる様子や、大規模な水害時には溢水による堤防上の危険性が顕著に示された。また指定避難所への避難行動計画に対しても、ある規模以上の水害においては指定避難所自体が決して安全ではない状況が、避難シミュレータによって示された。このような試行の末に、比較的大規模な水害を想定した一時避難場所の必要性に関する議論が発生し、地域においてある程度の高さと強度を持つ建物への避難が検討され始めた。この事例では参加者の約4割において、新たな避難行動計画の獲得を見ることができた。参加者は様々な計画を試していく過程を経て、自分たちで安全だと思われる行動計画を見つけ出し、獲得したといえる。この結果に対しては、自身が考える避難を投影し、それについて評価を受けることができるという避難シミュレータの持つ機能が、大きな役割を果たしたといえる。

このように、ワークショップでは同じ地区に住む参加者の間で避難に関する活発な議論が発生し、新たな避難行動計画が提唱され、共有されていく様を見ることができた。主体的で活発な議論が醸成された要因を考えると、避難シミュレータによる動的に変化する避難行動と浸水の表示や、様々な氾濫シナリオを含む情報、そしてなによりも自分たちの考える避難行動結果を知るといった行為そのものが、大きく影響していたと考えられる。これらの要因については、さらなるワークショップによって検証していく必要がある。

6) 水害の状況を識別するための知識や地域における水害に対する認識の変化

支援システム利用前のアンケート調査では、A・B両グループにおいて参加者のほぼ全員が避難勧告を避難トリガとして設定していた。しかし避難シミュレータによって、避難勧告発令時には既に各地で内水氾濫が発生する様子が伝えられ、多くの参加者は避難準備情報を避難トリガとして設定し直した。また支援システム利用後の調査における自由解答欄には、早い段階で浸水する可能性や、避難を早める必要性を感じたという回答がいくつか見られた。これらの事例から、参加者の多くは避難シミュレータを用いたことにより、避難勧告をトリガとした避難が必ずしも安全でないという認識を獲得したものと考えられる。

避難シミュレータの設定では避難準備情報の発令は避難勧告の発令よりも2～5時間早まる。多くの参加者にとって、これほど早い段階の避難は現実的とは捉えられていなかった。このことは状況を適確に認知するための情報が、現状では非常に乏しいものになっている可能性を示唆する。そのため、水害時に地域住民が避難行動を選択するきっかけとなる情報の内容や提供方法についてさらなる充実を検討する必要がある。

支援システム利用の前後における調査では、水害に対する認識として今後の自宅浸水の可能性が、床下浸水と床上浸水のそれぞれについて参加者に問われた。この設問に対しては、「1:絶対遭わない」から「7:絶対遭う」までの7段階で回答がなされた。有効回答数はグループAが19人、グループBが9人であった。支援システム利用の前後における変化についてグループ毎にみると、床下・床上浸水のいずれにおいても回答の平均値は上昇した(表3)。

この結果から、支援システムの利用によって水害に対する意識が向上したことを示すと考えられる。例外的にグループBの参加者における床上浸水に対する回答では、有意な差が見られなかった。グループBでは全ての戸建て居住者が、2000年東海豪雨災害において床上浸水に見舞われている。この被災体験によってグループBの参加者は、比較的高い意識を備えていたと考えられる。

表3 浸水可能性の設問に対する回答の平均値

	グループA		グループB	
	床下浸水	床上浸水	床下浸水	床上浸水
システム利用前	5.42	4.84	5.56	6.00
システム利用後	6.05	5.74	6.56	6.56
利用前後の差	+0.62*	+0.90*	+1.00*	+0.56

*5%水準で有意

引用文献

- 1) 川島健一, 多々納裕一, 畑山満則: 自律的避難のための水害リスクコミュニケーション支援システムの開発, 土木計画学研究・論文集, No. 23, 309-318, 2006
- 2) 舘健一郎, 武富一秀, 川本一喜, 金木誠, 飯田進史, 平川了治, 谷岡康: 内水を考慮した氾濫解析モデルの構築と検証—大垣市を対象として—, 河川技術論文集, Vol. 8, 2002
- 3) 畑山満則, 松野文俊, 角本繁, 亀田弘行: 時空間地理情報システムDiMSISの開発, GIS-理論と応用, Vol. 7, No. 2, 1999
- 4) 愛知県河川工事事務所: 平成12年9月東海豪雨災害新川河川激甚災害対策特別緊急事業の概要, 2005
- 5) 愛知県氾濫シミュレーション技術検討会: 水災シナリオに即した浸水情報の在り方, 愛知県氾濫シミュレーション技術検討会総合報告書, 2004
- 6) 建設省土木研究所河川部総合治水研究室: 水害時の避難行動に関する調査報告書—緑川水系御船川昭和63年5月洪水における避難行動—, 土木研究所資料第2862号, 1990
- 7) 吉岡昭雄: 市街地道路の計画と設計, 技術書院, 1998
- 8) 建設省土木研究所河川部都市河川研究室: 関川水害時の避難行動分析, 土木研究所資料第3536号, 1998
- 9) 国土交通省河川局: リアルタイム川の防災情報, <http://www.river.go.jp/>, 2006
- 10) 愛知県企画振興部情報企画課: モバイルネットあいち, <http://mobile.pref.aichi.jp/mgwnw/m/imo.de.html>, 2006
- 11) 須賀亮三: 避難時の水中歩行に関する実験, 水工学論文集, Vol. 39, pp. 879-832, 1995
- 12) 建設省土木研究所河川部総合治水研究室: 水害時の避難行動に関する調査報告書—緑川水系御船川昭和63年5月洪水における避難行動—, 土木研究所資料第2862号, 1990
- 13) 長岡智明, 櫻井清子, 国枝悦夫, 渡邊聡一, 本間寛之, 鈴木保, 河合光正, 酒本勝之, 小川孝次: 日本人成人男女の平均体型を有する全身数値モデルの開発, 生体医工学, Vol. 40, No. 4, pp. 45-52, 2002

(2)研究成果の今後期待される効果

洪水リスク管理を支える方法として、リスクコミュニケーションは有用な手法であるが、避難や氾濫のシミュレーション結果や災害に関する情報などを提示することで、より具体的に円滑にコミュニケーションを実施することができる。今回開発した水害リスクコミュニケーション支援システムによって、ユーザが任意に入力した行動計画に対する避難と氾濫のシミュレーション結果が提示され、避難行動計画の代替案策定がみられた。さらに水害の状況を識別するための知識や地域における水害に対する認識の変化もみられた。これらの成果は、社会変動を背景として現在求められているコミュニティレベルの洪水リスク管理の円滑な実施に貢献していくことが期待される。

3.8 農業水利から見た淀川上流地域（琵琶湖集水地域）における水循環と社会変動の相互関係の分析・評価と社会制度（京都大学農学研究科 相互作用グループ）

(1)研究実施内容及び成果

琵琶湖集水域は、20世紀の半ばに始まる琵琶湖総合開発により、大きな変貌を遂げた。琵琶湖総合開発は、琵琶湖の貯水容量を活用して下流地域の水資源供給と治水安全度の向上を図ると同時に、琵琶湖周辺地域の社会基盤を整備して上流地域の地域振興を図るという、わが国の高度成長期における典型的な国土総合開発事業であった。この事業は淀川流域全体の水循環を大きく変化させた。とくに琵琶湖沿岸地域では、それまでの水循環が根本的に組み替えられ、水循環の人為的制御の度合いが著しく上昇した。この総合開発により地域経済は大きく発展したが、一方で社会環境や自然環境に大きな影響を残す結果となった。21世紀になり、琵琶湖総合開発のひずみを解消し新たな21世紀型の持続社会を構築するために、現在、琵琶湖総合保全整備計画が樹立され、そのための事業が進められている。これにより琵琶湖の水位変動状況はこれまでとは大きく異なってきている。湖水の水質は下水道整備がなされたにもかかわらず改善の傾向が見られず、さらには魚類生態系も大きく変化している。これまでの琵琶湖保全は現在大きな転換期を迎えており、保全活動の見直しが始まっている。とくに、集水域内の面負荷に関わる農業や森林地域の役割に対する再検討、環境こだわり農業などの環境直接支払いによる保全活動の公的支援、また森林管理税の創設など、これまでは見られなかった新たな施策の導入がすでに決まっている。これらのことがらは社会と水循環変動の相互作用が広く周辺地域の社会にも認識され、新たな形の保全活動の社会実験がこの琵琶湖集水地域で始まったと見ることができる。

そうした背景のもと、本課題は琵琶湖総合開発で最もドラスティックな変化を遂げた農業水利に着目し、平野部における農業水利再編整備が周辺地域社会にどのような影響を与えたか、また、新たな社会ストックとして農業水利を通じて農地が持つ様々な環境保全の効果、いわゆる農業の多面的機能を引き出すにはどのような施策が必要なのかについて調査研究を行った。具体的には、①水循環や物質循環の機構を明確にすること、②その制御方策の効果を評価すること、③行政当局や、地元市町村、土地改良区、NPO、さらには個々の住民や農家が具体的な行動をとるための制度設計について、守山市木の浜地区、近江八幡市西の湖周辺地域、野洲市大篠原・希望ヶ丘地区に調査フィールドを設けて調査検討を進めた。

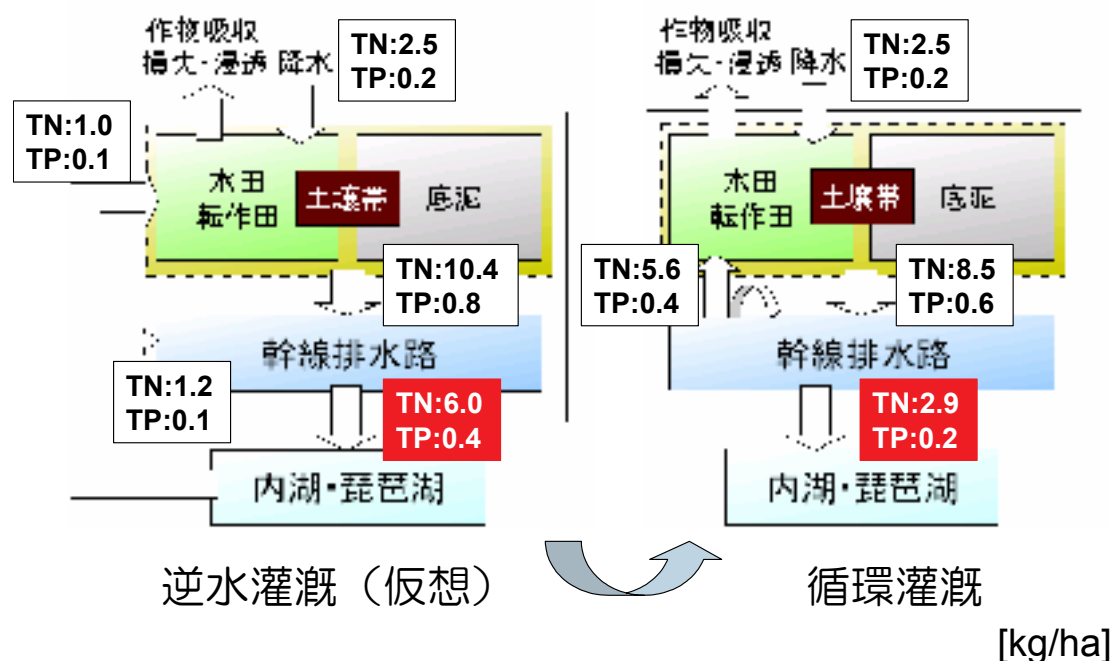


図-1 循環灌漑の導入による負荷削減効果の評価例（2004年度代かき期～中干し前の45日間において従来の逆水灌漑を循環灌漑に切り換えたことによって約半分に流出負荷量が抑制されたことが推察される）

その結果、琵琶湖総合開発に伴う農業水利改良事業と圃場整備事業により農業生産性は著しく向上した。しかしながら、水循環速度が著しく上昇し、エネルギー消費や環境負荷の上昇を招いていることがわかった。また、魚類生態系や水性植物や湿地植生に大きな影響を与え、景観の変化をもたらしており、とくに、直接琵琶湖に隣接する従来排水不良地域に与えた影響はきわめて大きいことが明らかとなった。一方で、農地や農業水利施設はその管理次第で大きな負荷削減効果を発揮することが検証できた。しかしながら、そのためには多大の労力と設備投資、さらには農業生産性の低下が発生し、環境や景観に対する効果の受益者とそれを行う負担者との間の便益・負担調整がうまく機能していないことが明らかとなった。

一方、森林や中山間地域の農山村では、人口減少による過疎化・高齢化により森林管理の粗放化が進み、また棚田や谷地田の耕作放棄が発生して水循環が変化し、またそれに伴って様々な環境負荷物質が発生している。これらの影響が、河川整備や農業水利施設整備により直接琵琶湖への負荷へつながっている状況がわかった。森林の流出水が河川や農業用水路に接続される間に存在するダムや溜池などの貯留施設の役割は重要であり、また、その貯留施設自身もこのような農山村地域の変化の影響を受けている。

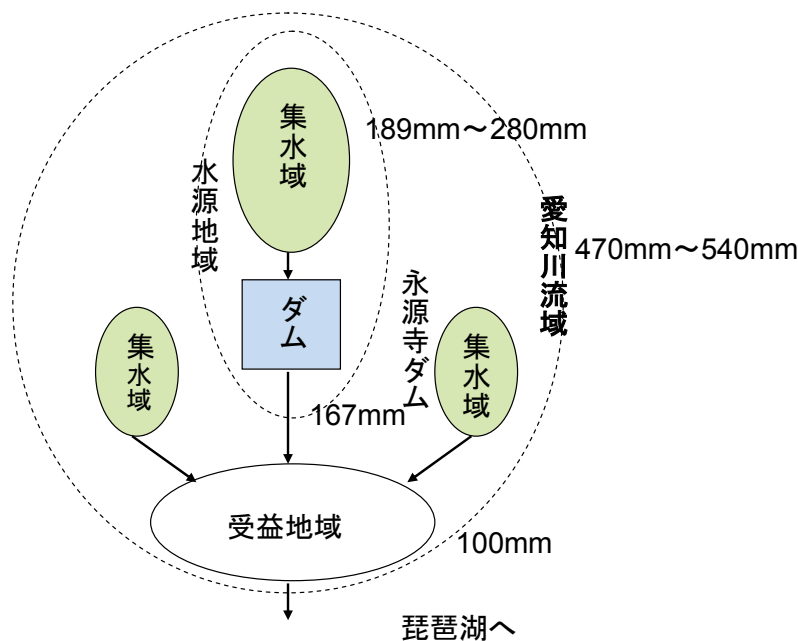


図-2 愛知川流域における水資源のストック容量の評価例

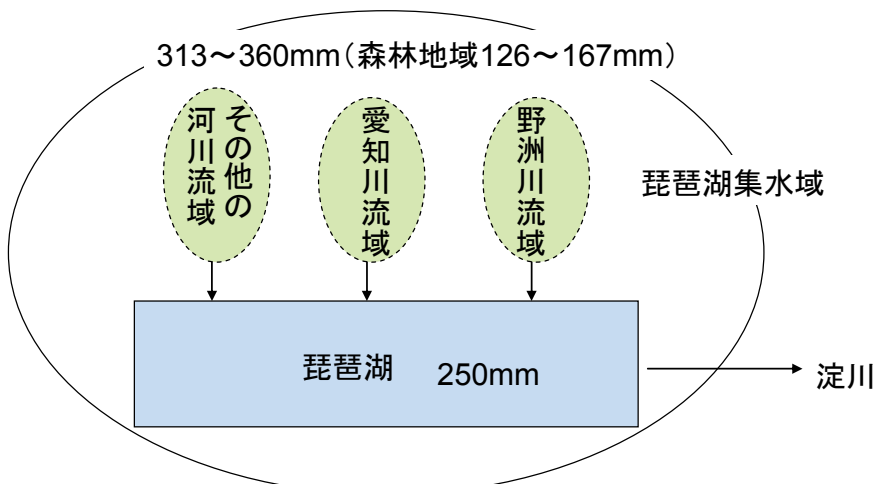


図-3 琵琶湖集水域の水資源ストック容量の評価例

さらに、市街化地域と農村地域の境界部分では市街地の拡大や農村部の都市化・混住化により、一層複雑な問題が生じている。とくに、農業水利施設は市街化の拡大に伴い生活環境基盤としての比重が高まりつつある。もともと農業用施設であった関係上で、所有権をはじめとする様々な権利は農家ないし農家を組合員とする土地改良区に属しているが、家庭排水や地域排水基盤の受益者は地域住民であり、その管理責任は市町村にある場合が多い。このような受益と負担、また、農業生産機能と、洪水に対する安全性や自然環境保全機能、健康レクリエーション機能など、水循環の様々な局面でこれらの機能が矛盾する場合も少なくないために、その調整機能の欠落が課題として浮かび上がってきている。

このように、水循環と社会変動は、原因が結果を呼び、その結果がさらに次の原因となるというように、両者が因果連鎖で結ばれており、きわめて複雑な地域社会のダイナミックスを生じる。20世紀の社会が、ものの豊かさ、快適性、利便性を追い求めてきたのに対して、21世紀の社会では、持続性や文化性、自然環境の保全など全く異なるパラダイムが求められる中で、これまでとは基本的に異なる対応方向が必要となる。20世紀には豊かな財政を背景に社会ストックが地域に蓄積されてきた。まさしく琵琶湖周辺地域は総合開発により莫大なストックの蓄積が残された。人口が減少し、益々高齢化が進み、社会活力の低下が予想されている低成長社会で、このストックをいかにして活用し、新たな21世紀のパラダイム実現へ向かうかが、今、琵琶湖集水域に求められている課題である。

これまで、農地や農業用排水路は、農業生産の基盤として重要な役割を果たしてきた。今、環境保全機能に大きな注目が集まっている。しかしながら、農業の生産物は直接市場を介して農家所得となる。一方環境保全性は受益者が農家にその便益を還元する仕組みはない。したがって農家の経営の関心はもっぱら農業生産の向上に向くこととなる。とすると、農業や農業用水利施設が持つ環境保全機能を引き出すためには、何らかの形で環境保全性と農家収入との関係を構築しなければ、その機能を発揮させることはできない。社会全体がその機能を買上げ、環境保全性の発揮を支援するという仕組みが環境直接支払いである。EUの農業環境政策として実際に取り上げられており、わが国の農業政策としても平成18年度にモデル事業、19年度から本格的に実施されることとなっている。すでに滋賀県ではこれに先立ち、環境こだわり農業条例を制定して取り組んできている。水循環と社会変動の相互作用は、このような新たな環境直接支払制度の中で、新たな展開が始まろうとしている。このような新制度の社会実験と制度設計について、われわれのグループでは農業水利を切り口として研究を進めてきた。結論として、農地や森林、農業用排水施設は重要な社会共通基盤であり、すでに20世紀の公共事業で大きな蓄積が図られていること、排出権取引や環境直接支払いなどの政策ツールと、水循環や物質循環の機構、そして新たなソーシャル・キャピタル（社会関係資本）の形成により、21世紀の社会資本のあり方を議論しなければならない時期にきているといえる。今後これらは水ガバナンス（協働協治）の形で新たに展開させることが必要であるとの結論が得られた。

(2)研究成果の今後期待される効果

平成19年度から農林水産省の事業として農地・水・環境保全対策向上事業が本格的に実施されることとなっている。これは新たな食料・農業・農村基本計画に基づく基本的な施策の一つに位置づけられている。この中で、本研究の成果の一つである循環灌漑による環境負荷削減方策は大きく取り上げられることとなっている。また、新たに西の湖を中心とする国営土地改良事業の調査が開始されたが、その中で本研究成果は重要な課題として位置づけられている。このように、琵琶湖周辺地域を中心に環境との調和を目指した農業農村整備の新たな方向の一つとして、本研究成果が取り上げられつつある。

一方、琵琶湖集水域の中での森林の管理が大きな問題となっている。その中で、森林管理と水資源との関わりが大きくクローズアップされている。森林地域の水資源のストック容量としての評価が重要であることを本研究で指摘し、その具体的評価法を提案した。現在この方法により森林管理との関わりを評価するために、滋賀県と共同して具体的な試験流域を設定し、調査を開始した。このように本研究の成果は行政的な施策評価に置いても取り上げられつつある。

(C) 国際シナリオ分析グループ

3.9 アジアモンスーンの将来展望に関する研究（国土技術政策研究所 国際水連関グループ）

(1) 研究実施内容及び成果

アジアモンスーン地域における水政策の将来展望に向けて、日本のこれまでの治水・利水に係わる歴史的背景や制度・施策について整理し、更にアジアモンスーン地域の水に係わる問題、法制度、について調査し、各国の経済力、技術レベル、河川流域の相違などを考慮した適用可能で具体的な対応策を検討し、以下の成果を得た。

1) 日本の水政策

日本における治水・利水の歴史的背景、治水対策技術及びそれらに係わる制度等について整理をおこなった（図1）。

また、2003年京都および2004年シンガポールで開催されたAsia Pacific Association of Hydrology and Water Resources（APHW）では、国土技術政策総合研究所としてのセッションを設けて、アジアモンスーン地域の国々と日本の水問題に関して情報交換・討議を行った。国土技術政策総合研究所からは、水利権に関する議論を中心にした日本の水管理と都市河川の水害問題の対策として策定された法制度についてレビューした。

時代区分	明治	大正	昭和(戦前・戦中)	昭和(戦後)		
年代				1945	1950	1960
主な洪水・渇水等	淀川の大洪水(1868) 明治43年の大水害(1910)		鴨川水害(35)	枕崎台風(45) カスリーン台風(47) アイオン台風(48)	ジェーン台風(50) ルース台風(51) 南紀豪雨(53) 大雨(前線)(53) 洞爺丸台風(54) 諫早豪雨(57) 狩野川台風(58) 伊勢湾台風(59)	東京五輪渇水(64) 台風第23,24,25号(65) 台風第24,26号(66) 長崎渇水(67) 7・8月豪雨(67)
治水・利水に係る 法制度・計画	旧河川法(1896) 砂防法・森林法(1897) 水害地方地租特別処分法(1897) 第1次治水計画(1910) 治水資金特別会計(1910)	第2次治水計画(21)	第3次治水計画(33)	水防法(49)	国土総合開発法(50) 特定多目的ダム法(57)	治山治水緊急措置法(60) 治水特別会計法(60) 水資源開発促進法(61) 河川法(64)

昭和	平成		
1970	1980	1990	2000
台風第6,7,9号及び7月豪雨(72) 高松砂漠(73) 台風第17号及び9月豪雨(76) 福岡渇水(78) 台風第20号(79)	7・8月豪雨及び台風第10号(82) 梅雨前線豪雨(83) 首都圏渇水(87)	平成5年8月豪雨(93) 列島渇水(94)	台風第23号(04)
琵琶湖総合開発(72) 水源地域対策特別措置法(73) 国土利用計画法(74) 総合治水対策(75) 第3次全国総合開発計画(77)	第4次全国総合開発計画(87)	河川法改正(97) 新しい全国総合開発計画(98)	水防法改正(01) 特定都市河川浸水被害対策法(03)

*出典：洪水はH17年版防災白書（表1-2-1 昭和20年以降の我が国の主な自然災害の状況から水害を抽出）。渇水は平成17年版日本の水資源（参考5-1-12 既往の主な渇水より主要なものを抽出）。

図1 日本における治水・利水の歴史的経緯

2) アジアモンスーン地域の水問題と法制度

【水問題】

中国、韓国、フィリピン、インドネシア、マレーシア、シンガポール、タイ、ラオス、ベトナムの9カ国について、各国の治水・利水に係わる問題とその背景となった自然・社会条件を調査した。特に、以下の2つについては現地調査を実施した。

・メコン川における航路開削問題¹⁾

中国の経済発展にともなうメコン川での舟運の拡大を図るための航路開削にかかる諸問題を調査。メコン川委員会による調整等による各国の連携や合理的な航路開削計画、さらに航路開削が与える影響の軽減について、その必要性を明らかにした。

・ジャカルタの水道事業民営化問題²⁾

欧米水会社2社によるジャカルタの水道事業民営化に係わる問題を調査。水供給に関する水道計画の一

貫性を保つために、市全体を俯瞰した水供給システムの構築や、委託されている民間会社の経営状態を踏まえた今後の政策検討の必要性について明らかにした。

【法制度】

アジアモンスーン地域の治水・利水に係わる制度について整理した（表 1）。

法制度については、背景の多様性と急激な社会変化によって最適な水管理を模索している国々が多く見られた。一方、地域が有する歴史的背景から、水管理を一元的に実効ある形で実施している国は少なかった。観測・モニタリングを継続的に行っている国は少なく、そのことが問題を実証的に解明して最適な法制度を構築することを更に困難にしている。

表 1 アジアモンスーン地域の水に係る主な法制度

国名	法制度とその概要
中国	■ 中華人民共和国水法（1988 年施行、2002 年改正） ・ 水法は全体的な視点から、水管理、治水、水利用の原則を定め、利水と災害防止の結びつけを実現し、上下流、左右岸、各地域、各部門間の利害を調整することを目的として、水に係る個別の法律や法規の制定のための根拠を提供。 ・ 2002 年には経済発展および人口増加にともなう水需要の増大を背景として、水資源管理の一元化を強化するために改正。 ■ 洪水防止法（1998 年施行） ・ 自然災害防御業務の規範化に関する中国初の法律。 ・ この法律に基づき、水防時および平時における国や地方レベルの行政管理責任が明確になり、湖の開墾、河岸の占用、河道の閉鎖、河砂の開発を厳しく禁止することが可能となり、河床の障害を排除し、河川と湖を強化し、洪水が発生しやすい地区に対する管理を強化することも可能となった。 ■ 中華人民共和国水土保持法（1991 年施行） ・ 水土流出処理を強化するための法的根拠
韓国	■ 河川法（1999 年改正） ・ 法定河川を対象として、管理区域の範囲を設定、河川に関する計画と工事、行為制限、費用負担と収益配分などを規定 ・ 法の目的に「環境」を追加 ■ 小河川整備法 ・ 法定河川以外的小河川（小河川）を対象として、小河川の整備と行為制限を規制 ■ 特定多目的ダム法 ・ 多目的ダムの建設、管理に関する事項を規定
フィリピン	■ Water Code（1976 年公布） ・ 全ての水資源は国家に帰属 ・ 全ての水資源に関して所有権を設定することはできない ・ 水資源の利用及び開発は政府の許認可が必要 ・ 水資源の利用、開発、保護、保全は国家水資源委員会の規定に従う ・ 水資源の利用・開発政策は国の水需要動向を勘案して決定
インドネシア	■ 水資源法（2004 年） ・ 水資源法は 1974 年の「灌漑・水資源に関する法律第 11 号」に代わるものとして、2004 年 2 月インドネシア国会において可決。 ・ この法律は、水資源管理に関する取り決めに総合的に盛り込みつつ、包括的に策定されている。水資源には様々なセクターの利害や行政上の境界をまたがる流域が関係すること、また、水資源が地域社会の基本的な生活ニーズであることを鑑み、この法律は、政府機関か非政府機関かを問わず、利害関係者の代表が参加する水資源調整機関の設立要求を決定する。 ・ 調整機関は、必要に応じ、国家レベル、地方レベル、自治体レベルで設立される。この調整機関の設立により、水資源管理分野の当局、機関、地域社会や、水資源関係者の様々な利害が、特に水資源管理に関する政策や戦略の策定において、調整されることが期待されている。 ・ この任務の実施にあたり、調整機関は、政府（この場合、水資源を司る省庁）の指導を受けることになる。

マレーシア	■水法（1920 年） ・河川に関する基本的な法で、河川に関する財産権については、「州の河川内全ての資産及びそのコントロールは、唯一当該州のスルタンに付せられた権限である」と明記されている。 ・河川に関する基本的な法 ■土地基本法（the National Land Code: Act No. 56 of 1965） ・土地の所有等を規定する法 ・河川の区域（河川リザーブ）が多くの河川で法的に確定されておらず、河川リザーブを法的に指定し河川区域として管理
シンガポール	■公益事業法（2001 年） ・環境・水資源省公益事業局の機能、権限、義務等に関する規定や、水供給事業を実施するにあたっての基本的な事項を規定した法。 ・水道事業については公益事業局以外が行なうことを禁じている。 ■下水・排水法（1999 年） ・下水、排水、水資源の保全等について定めており、水資源の保全の章では、取水施設の建設および取水（海からの取水も含む）については公益事業局の許可が必要となっている。 ・取水施設の建設および取水の規定に違反した場合には罰則が課せられる。
タイ	■河川および水利計画に関わる法律（2006 年現在未施行） ・1993 年、国家調査委員会法制部（仮称）（Law Section of the National Board of Research）が総合水法である「河川および水利計画に関わる法律」の草案を 1993 年に策定したが、関係省庁の反対で未だ制定されていない。 現在は、各行政機関が定めた法令が各々機能しており、その中心は国営灌漑法・民営灌漑法である。水資源開発は灌漑、発電、上水道が各々の立場で進めており、相互の調整はその都度委員会が設けられているが、調整の指針となる制定法はない。その他、地方の慣習法も水利用に関して重要な役割を果たしている。
ラオス	■水及び水資源法（1996 年） ・水源の種類・貯水池に関する調査・決定 ・水及び水資源利用 ・水及び水資源の保護 ・水利用に関する権利・義務 ・水害防御・防止 ・水・水資源の利用、防御、保護、開発に関する国際協力等
ベトナム	■水資源法（1998 年） ・量、質、地表水および地下水を始めとする水資源への総合的な統合された取り組みが提示 ・水資源計画と管理に対する河川流域の取り組みも提示 ・水利権の概念については述べられている。 ・水質汚染への補償など、水を消費する者への金銭的義務

3) アジアモンスーン地域の水問題解決の方向性

アジアモンスーン地域における、今後の水問題の解決の方向性として、

- ・各国の自然条件、歴史的背景に適応した経済的に持続可能な管理制度の構築
- ・ガバナンスの確立
- ・法制度の実効性を担保するための信頼できるデータの収集

が必要となるが、これらの実現に向けて、アジアモンスーン地域の国々（9 ヶ国）において、どのような治水・利水方策が適用可能と考えられるか検討した（表 2、表 3）。

更に、治水対策については、今後アジアモンスーン地域でより効果的かつ効率的にプロジェクトを実施する際に必要とされる洪水リスクマネジメント手法の方向性として、1) 地域・状況に即した支援の実施、2) 治水プロジェクト支援に関する情報の共有、3) 洪水脆弱性指標による地域、社会の脆弱性の把握、4) 洪水被害に起因する貧困からの脱却支援、5) 人材育成、6) 構造物対策と非構造物対策のベストミックス、7) リスクマネジメントの視点からの支援を提案した。

引用文献

- 和田一範・日下部隆昭：メコン川における航路開削問題について、水利科学、No. 285 pp. 86-105、2005
 和田一範・野仲典理、佐野貴之：ジャカルタの水道事業民営化問題、水利科学、No. 290 pp. 52-76、2006

(2)研究成果の今後期待される効果

今後、アジアモンスーン地域の国々では急激な人口の増加と集中が予測され、これにともなう産業の発展や気候変動による深刻な水問題が懸念されている。したがって、日本がこれまでおこなってきた治水・

利水方策の経験が、今後同じような社会の発達段階を経験するであろうアジアモンスーン地域の国々に有用であると考えられる。

しかし、日本でこのこれまでの経験を活かすには、当事国、流域の現状（流域特性の違い、組織の違い、文化・歴史の違い、維持管理体制等）に留意することが必要であり、さらに各国・各地域における水管理に関わる法制度や組織、および、水管理に関わる組織が有する治水・利水技術、さらには各国の経済力等の実情に合せて、日本の技術を適宜活用していくことが考えられ、本研究で得られた成果が今後海外協力等で技術移転をおこなう際の基礎資料として活用されることが期待される。

表 2 アジアモンスーン地域における治水対策の適用可能性

治水のための方策	適用の可能性	日本における施策例
法制度の整備	治水の基本となる法制度に関しては、多くの国が保有。法制度が不十分な国（フィリピン、ラオス等）については、適用可能性が高い。	河川法 河川整備基本方針・河川整備計画
	総合的な治水の法制度や主にソフト中心の法制度は、各国の治水対策の動向や浸水特性等から、全ての国で適用可能性が高い。	水防法 特定都市河川浸水被害対策法 総合治水対策
ハード対策	一般的なハード対策（堤防、放水路、遊水地、ダム、排水施設等）に関しては、多くの国が実施。治水対策が遅れているフィリピン、ラオスについては、河岸侵食対策の適用可能性が高い。	堤防、放水路、遊水地、ダム、排水施設等
	ハード対策のうち、高規格堤防等、地下放水路、多目的遊水地については、高コストであるため適用可能性は低い。	高規格堤防等、地下放水路、多目的遊水地
	貯留・浸透施設については、都市水害を緩和する方策として適用可能性が高い。また、樹林帯については、低コストで実施可能であり、適用可能性が高い。	貯留・浸透施設、樹林帯
ソフト対策	ハード対策と比較して短期間で実施可能であり、即効性もあることから、通信インフラが普及している国については適用可能性が高い。	洪水予警報システム、マルチパラメータレーダーによる高精度雨量推定手法、ハザードマップ、水防活動、水情報国土の構築、水害危機管理のための IT 技術、土地利用・建築物規制

表 3 アジアモンスーン地域における治水対策の適用可能性

利水のための方策	適用の可能性	日本における施策例
法制度の整備	水資源開発・管理に関する法制度については、全ての国が保有。河川総合開発については、総合的な水資源確保のためのマスタープランの必要性が認識されているマレーシア、ラオスでは、適用可能性が高い。	水資源開発促進法、河川総合開発
	ダム貯水池の水没地域対策のための法制度については、今後参考になる法制度であると考えられる。	水源地域対策特別措置法
水源地域対策	水源地域の対策については、今後水没住民との調整が必要とされる国で参考になると考えられる。	水源地域対策、水源涵養、ダム周辺環境整備
水の有効利用	ベトナムでは水利権制度の確立を問題点として認識しており、適用可能性が高い。 また、開発された水資源を有効に活用するための調整についても適用可能性が高いが、水管理センターのような遠隔操作による流量調整は、高コストであるため、適用可能性は低い。	水利権制度、渇水時の渇水調整、水管理センター、漏水防止対策
多様な水資源開発	多様な水資源開発については、適用可能性が高い。 海水淡水化については、高コストであるため、適用可能な国が限定される。 下水処理水の再利用については、下水処理施設の整備が進んでいる国では適用可能性が高い。	流況調整河川、湖沼開発、ダム再編、海水淡水化、下水処理水の再利用、雨水利用
ソフト対策	利用者側が節水を心がけるための方策は全ての国において有効であると考えられる。	節水広報

3.10 国際的水循環・水収支に関する研究（東京大学・京都大学防災研究所・法政大学・埼玉大学 国際水連関グループ）

(1) 研究実施内容及び成果

自然環境・社会経済と水循環・水資源の連関を分析し国際的な水資源事業における諸問題とその解決の方策を調査研究するという観点から、コスタリカ、インド、バングラデシュ、インドネシア、スリランカ、トルコなどを対象として、国際河川における堰の設置や取水・洪水予報に関わる国際紛争、ダム事業・広域灌漑事業の地域への影響評価などについて文献調査、関係者からの聞き取り、および現地調査を行い、以下のような成果を得た。

中米のサン・ファン川流域およびシクス・アオーラ川流域に関して、現地調査および関連機関での聞き取り調査に基づき、持続可能な流域開発が同流域で実現するための要件について考察し、環境に留意した流域開発に向けての要件を、特に市民参加と国際機関による主導の観点から提言した。サン・ファン川流域では、国際機関が流域国の地方政府の行政的な能力を考慮せずに「市民参加」を経済開発プロジェクトの要件とした為に、形式だけの「市民参加」が行われ、プロジェクトに有意な情報が提供されないという問題が指摘された。

国際河川に於けるプロジェクトが他国に与える影響に関しては、Transboundary Impact Assessment (TIA) の改善を志向した研究プロジェクトを米国・ワシントンDCに本部を置く「環境法研究所」と共に2004年から2006年に掛けて実施し、アジアとアフリカでの事例研究から得られた「改善への指針」を発表する国際シンポジウムを2006年10月にワシントンDCで開催した。国際シンポジウムではアフリカでの3事例とアジアに於ける2事例での知見が詳細な発表されると共に、流域を横断して将来に於ける同様な事例に適用可能な知見が「シンセシス」として発表され、世界銀行などの国際機関および米国議会に影響力を有するシンクタンクの関係者に向けた提言が行われた。

世界ダム委員会報告書による勧告への各国と援助機関の反応に関して、関係者からの聞き取り調査と文献調査より、世界的な行動規範として実効性を有するための条件を探索した。特に日本の国際援助機関に焦点をあてて関係者からの聞き取り調査と文献調査を行い、世界的な行動規範として備えるべき要件を提言した。同報告書に掲げられているダム建設をクライテリアとガイドラインについては、その内容が事実の認識には基づいていない部分があること、および、理論的な枠組みとしての有用性は理解されるものの、実務上は実施が不可能な事項が含まれており、運用上のガイドラインとしては不適当な部分を含むことが指摘された。

水資源の間接貿易 (Virtual Water) の影響に関して、この概念が食料安全保障や一般論としての安全保障に与える影響を考察した。また、アラル海流域とメコン川流域を事例とした研究を実施し、国際流域管理に関して斯様な概念が与え得る影響について考察した。2003年8月のストックホルム水シンポジウムでCREST後援のワークショップを主催し、この研究成果を発表するとともに、関連研究者とともに研究討議、資料収集を行った。更に、アラル海流域に於ける水資源の間接貿易 (Virtual Water) の影響に関しては、流域国であるアフガニスタンが灌漑農業を拡大する場合の食料安全保障や一般論としての安全保障へのインパクトについて考察を深めた。更に、国際機関や二か国援助機関が国際流域での最上流国に援助を行う場合、その影響を受ける下流国に対しても通告を行うと共に、下流国に於ける影響を軽減・緩和する為の援助を地域的な「援助パッケージ」として供与することが提言された。

国際流域での社会経済活動が水循環と環境管理に与える影響について、本研究からの知見を政策提言として提示するため、個別の国際会議での発表に加えて、国際シンポジウム「国際河川管理における交渉・対話・認識の役割」を東京において2006年2月に開催した。

開発途上国でダムが建設される場合の移転住民による生活再建について、サグリン・ダム（インドネシア）、チラタ・ダム（インドネシア）、コタパンジャン・ダム（インドネシア）、ビリビリ・ダム（インドネシア）、コトマレ・ダム（スリランカ）、ヴィクトリア・ダム（スリランカ）に関して比較分析を行うことで、実証的な提言を構築した。ヴィクトリア・ダム流域（スリランカ）、ビリビリ・ダム流域およびコタパンジャン・ダム流域（インドネシア）では、「自然環境および社会経済」と「水循環・水収支を含む水資源」との相互の連関を分析した。また、ダム建設が流域の水循環と社会経済に与える影響に関して、本研究で得られた知見を政策提言として提示するために、個別の国際会議での発表に加えて、AOGS2005（6月・シンガポール）では「Dams and Development」セッションを開催した。また、国際ワークショップ「Resettlement Issues by Dam Development」をジャカルタ（インドネシア）において2005年9月に開催した。

本研究で実施した事例研究は、その殆どが Post-Project Review の観点から「過去の事例から有用な教

訓を引き出し、将来において同種のプロジェクトが実施される場合の方法論的な改善に資する」為の政策提言を志向している点が、既存の研究とは異なるユニークな点である。

例えば、ダム建設時の水没補償に関しても、過去の事例に於ける問題を指摘することを主眼とするのではなく、発見された問題点の中から、方法論的な改善が必要かつ可能な事象を追求し、それを政策提言として提示するという方向性を維持している。世界ダム委員会報告書に関する研究でも、個別の事項に対する理論的な適用性の是非を検討するに留まらず、実行上の有用性の観点から、その適用の可否に関しても評価を行うことにより、世界的な行動規範として備えるべき要件を提言することを志向している点で、他の研究とは一線を画している。

国際流域に関する研究では、市民参加と国際機関による主導の観点からの政策提言は、他の同様な研究では類を見ないユニークな視点からの研究である。また、水資源の間接貿易（Virtual Water）が及ぼす影響について、その政策論的な意味合いを追求した研究は、Virtual Water に関する研究の多くがその数量的な把握を扱っているのとは明確な対比を示している。更に、Transboundary Impact Assessment (TIA) の方法論的な改善に特化した国際共同事例研究は、類似の既存研究例がないユニークな研究である。

(2)研究成果の今後期待される効果

本研究において採られた、Post-Project Review を通じて有意な政策提言を引き出すという方法論が有効であることは、本研究が揚げた成果から実証されたと考えられる。また、Post-Project Review を主に複数事例の比較研究を通じて行うという方法論が、単一事例に関する研究に比して、より深くかつ広範な知見を得る為に有効であることも、多くの事例研究を通じて立証された。

また、国際流域管理を市民参加の観点から考察する、あるいは、Virtual Water を政策論的な意味合いから分析する、などの、本研究に於けるユニークな視点は、その有効性が確認されたことから、更に事例研究を継続することで、今後に於ける展開と新たな知見を十分に期待することが出来る。

本研究で実施された事例研究の多くは、更に若干の付加的な調査を行うことで、より多くの有益な知見を引き出し得ると考えられることから、今後も事例研究を遂行することで、学術および実務の両面で有意な貢献を為しえると思われる。

3.11 国際的水循環・水収支と自然環境および社会経済との連関（京都大学防災研究所 国際水連関グループ）

(1)研究実施内容及び成果

公共計画におけるコンフリクト問題（利害関係者の意見の衝突）は計画の立案から意思決定までの間に発生する可能性があり、地域開発環境計画に対して社会が抱えるリスクのひとつとしてコンフリクトを認識することができる。地域計画は公共の目的を持ち、その結果は生活者に還元される。そして、その生活者は多様な価値観を持つ集団であり、また、その価値観は時間の経過に伴って変化する。昨今の計画の策定プロセスにおける生活者参加の機運の高まりから、このような地域生活者の多様な価値観を計画に反映することが今後ますます望まれるようになって考えられる。様々な価値観を有する人々が計画に関わるようになれば、彼らの間で意見の衝突（コンフリクト）が起こることになる。このような状況においてコンフリクトが激化せぬようマネジメントし、利害関係者間の合意形成を実現していくことは、社会に対する取り組みのひとつとして非常に重要なものであると考えられる。

特に、公共計画のうち、国際的な水資源開発計画はコンフリクトマネジメントの整備が喫緊の課題であると考えられる。急激な人口増、生活スタイルの変化による個人単位の水の需要増、さらに工業化や集約農業によって利用できる水が質・量の両側面で減少してきた等の理由から、世界的に水資源が不足し、水争い（水資源コンフリクト）が将来各地で起こるだろうと社会的に認識されてから久しい。今後、急激な世界人口の増加により水資源をとりまく状況が悪化すれば、水争いは益々増加し、世界各地で頻発することになる。水は人間にとって必要不可欠な資源であるため、水資源コンフリクトが激化すれば、戦争へと発展する可能性もある。このような水資源をとりまくコンフリクトの発生は、各地の水資源に関する物理的背景、社会基盤の整備状況、水資源を共有する国家間の社会的関係等をもってすれば予想することは困難ではない。さらに、現在くり広げられているコンフリクトを観察すれば、当該国が直面している状況は当該国らにとって効率的なものではないことが多いことが分かる。すなわち、社会的なコンフリクトは往々にして、マネジメントによってその状況を改善され得る可能性を有している。

日本においては水資源開発をめぐる行政や住民の間でのコンフリクトが昨今頻繁に見受けられる。今後は災害対策として地域に密着したハザードマップの作成がますます活発に行われるようになって考えられるが、ハザードマップを地域住民に公開し、各地域のリスクが明確になれば、流域全体で河川管理を行う際のリスクの再配分方法に関して、流域各地域でより一層のコンフリクトの発生も考え得る。この点で、水害対策は物理的な側面はもちろん、社会的受容性という側面にも配慮してなされるべき時代になりつつあるといえる。すなわちここに、水資源をとりまくコンフリクトを社会の抱えるリスクのひとつとして捉え、水災害対策の一環としてマネジメントを行うことの重要性があると考えられる。

本グループの研究目的は以上の背景を踏まえ、水資源計画における利害関係者間の合意形成を実現するコンフリクトマネジメントの方法論の開発を行うことにあった。

水資源をとりまくコンフリクトへの取り組みが急務であるという認識はすでに広く世界で共有されている。しかしながら、その取り組みのほとんどが現在くり広げられている水資源コンフリクトの現況や背景を記述的に報告するに留まる。実際に水資源コンフリクトへ介入する外部の国家も存在するが、その手続きは明確なものではなく、またアプローチもシステムとして洗練されたものではない。社会的なコンフリクトのマネジメントを行う上では、社会公正という価値基準を常に忘れてはならず、このためにマネジメントのプロセスは明示的であり、かつそのためにはマネジメントのアプローチはシステムとして確立されていなければならない。

これまで、水資源開発に関するコンフリクトを事前にマネジメントしていくために、コンフリクトの構造を明らかにすることを目的として、数学理論にもとづいたコンフリクト分析のためのモデルをいくつか構築した。さらに、これらのモデルを Third Party の介入によるコンフリクトのマネジメントという視点から体系化した。これまでの研究ではコンフリクトを時間経過にともなう変容する現象であると認識し、ゲーム理論や（確率）微分方程式系を用いて時間軸を考慮したモデルを構築してきた。水資源コンフリクトをゲーム理論を用いて分析する研究は今までもなされているが、コンフリクトに時間軸という概念を明示的に導入して分析する研究はなされてきていない。また、コンフリクトマネジメントのアプローチとして Third Party の介入に着目したシステムを構築してきたが、Third Party についてはこれまでに数多くの研究で論じられてきている。しかしながら、そのほとんどが記述的なものであり、本研究課題で考案してきたように、コンフリクトマネジメントシステムの一環として Third Party を捉え、システムにおける役割を明確に数学的に定義したうえでマネジメントを論じた研究は知見の範囲では未だない。

本研究課題ではさらに、水資源を取りまく利害主体の対立を数学理論を用いてモデル化し、その均衡状

態によってコンフリクトがマネジメントされ得る可能性を分析するために、数学理論が拠り所とする数学的安定性の関連を整理し、社会的安定性との関連について考察を行った。すなわち、社会的安定性を数学的安定性を通して眺め、最悪のコンフリクト状態を避けるための、水資源コンフリクト問題における分析視座を示した。そして、インド・バングラデシュのガンジス河水利用コンフリクトを事例に、数学的安定性の社会システムにおける現実的意味と、将来的な合意形成の可能性について研究を行った。そして、本研究課題における成果をまとめ、平成 18 年 3 月に勁草書房より出版した。(萩原良巳・坂本麻衣子；コンフリクトマネジメントー水資源の社会リスク，勁草書房，2006. 3. 20.)

以下では研究成果のひとつである非協力ゲーム理論を用いたインドとバングラデシュの水資源コンフリクトに関する構造分析とマネジメントの可能性についての分析結果の要約を示す。(坂本麻衣子・萩原良巳；水資源コンフリクトにおける Third Party の調整効果に関する研究，地域学研究，Vol. 35, No. 2, pp. 295-308, 2005.)

インドはガンジス河に沿ってバングラデシュの上流に位置する（図 1）。バングラデシュにおけるガンジス河の流量は、インドがファラッカ堰において取水する流量に大きな影響を受ける。したがって、両国が友好な関係を築くことは、バングラデシュにとって渇水や洪水に対する脆弱性を減じるための重要な手段のひとつとなる。このような認識のもとでは、バングラデシュにおける水資源に関する災害はインドの意向に影響を受ける人為災害としての要素を大きく兼ね備えているといえる。

まず、モデル化に際してプレイヤーとプレイヤーの有する行動の選択肢を表 1 のように設定した。バングラデシュのオプション Agree は「ファラッカ堰の利用に合意する」を意味し、インドのオプション Use は「ファラッカ堰を利用する」を意味し、Change は「ファラッカ堰の利用方針を変更する」を意味する。また、表 1 において、Y はオプションが実行されることを意味し、N は実行されないことを意味する。プレイヤーごとの N・Y の組み合わせを、そのプレイヤーの戦略と呼び、すべてのプレイヤーの戦略の組み合わせを事象と呼ぶ。表 1 では各列が事象と対応し、各事象のラベルを最下行に示した。



図 1 インド・バングラデシュとファラッカ堰

表 1 プレイヤーとオプションと事象

プレイヤー&オプション	事象							
Bangladesh								
Agree	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
India								
Use	N	N	Y	Y	N	N	Y	Y
Change	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y
Label	1	2	3	4	5	6	7	8

表 1 に示される 8 個の事象をプレイヤーの選好にしたがって並べ、それぞれのプレイヤーの選好順序のもとで、非協力ゲーム理論の GMCR (Graph Model for Conflict Resolution) を用いて均衡解を分析する (Fang, L. , Hipel, K. W. , and Kilgour, D. M. : Interactive Decision Making: The Graph Model for Conflict Resolution, Wiley, New York, 1993.)。ここでは、最も好ましいものを一番左側に置くとし、バングラデシュの選好順序は現状を踏まえ {8, 6, 5, 1, 2, 7, 3, 4} と想定した。また、インドの選好順序は {4, 8, 3, 7, 2, 6, 1, 5} とした。

以上より、事象 3 と事象 8 を均衡解として得た。現状は事象 3 で表せられる。一方、バングラデシュとインドの選好順序から分かるように、事象 8 は現状を表す事象 3 よりも、両国にとって望ましい状況である。なぜ、2 つの均衡解が得られながらも、両国は長らく事象 3 にとどまり続けているのだろうか。それは、事象 3 から事象 8 への推移は、もし各プレイヤーがそれぞれ単独で移行しようとした場合、その結果到達する事象は初期事象 3 よりも両国にとって望ましくないものになってしまう、というところに原因がある。このプロセスを表 2 を用いて説明する。

表 2 事象 3 からの推移

プレイヤー & オプション	Bangladesh	India	Together
Bangladesh			
Agree	N · Y	N · N	N · Y
India			
Operate	Y · Y	Y · Y	Y · Y
Change	N · N	N · Y	N · Y
Label	3 · 4	3 · 7	3 · 8
	単独悪化	単独悪化	共同改善

表 2 左の Bangladesh の列で示されているように、もしバングラデシュのみがオプション Agree を実行しないから実行するに変更した場合、事象は 3 から 4 へ推移する。バングラデシュの選好ベクトルから、この移行はバングラデシュにとって状況の悪化となることが分かる。同様に、中央の India の列は、もしインドのみがオプション Change を実行しないから実行するへ変更した場合、事象は 3 から 7 へ推移する事を示しており、インドの選好ベクトルから、この移行はインドにとって状況の悪化となることが分かる。つまり、インドとバングラデシュが単独で事象 3 から 8 へ向かうような戦略の変更を起こす動機がない。事象 8 は事象 3 よりも好ましい状態であるが、インドとバングラデシュが共同で、それぞれの戦略を変更させなければ事象 8 は実現しない。この共同改善のプロセスは表 2 右の Together の列に示されている。このことから、これらプレイヤーのコミュニケーションと相互理解を確立するために、Third Party の介入が有効となると考えられる。

本研究グループでは Third Party の役割を Arbitrator、Coordinator、Donor に分類し、定義を行っている（坂本麻衣子・萩原良巳；バングラデシュとインドのガンジス河をとりまく水資源コンフリクトにおける第三者機関の役割に関するモデル分析，地域学研究，Vol. 34, No. 3, pp. 31-44, 2004.）。ここでは、出来るだけ短期に、かつ両者の歩み寄りによってコンフリクトを改善することを想定して、Coordinator に着目した分析を示す。

コンフリクトの設定と、バングラデシュとインドの選好順序の設定は上述の現状分析と同様である。また、Coordinator はコンフリクトの調整過程において公平かつ公正に振舞うべきであり、この特徴をモデル上で表現するために Coordinator はすべての事象に対して同選好であるとした。この設定を表 3 に示す。

表 3 プレイヤーとオプションと発生事象

Player/Option	State
Bangladesh	
Agree	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
Operate	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
Change	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
India	
Operate	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
Change	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Third party は、「バングラデシュとインドが相互合意に到達することを促進させるための行動を起こす」というオプション Act を有しているものとする。Act としては直接的な対策として資金援助、水利用に関するインフラ整備等が挙げられ、間接的な対策としては教育システムの提供、飲料水ヒ素汚染に悩む両国への技術援助等が考えられる。

表 3 において事象に 1 から 16 までの番号をラベルとして与え、現状分析における表 1 のラベルと等価な

ラベルを表の最下部に示す。表3において、現状は事象3で表される。

まず、バングラデシュの選好順序を{16, 8, 14, 6, 13, 5, 1, 9, 2, 10, 15, 7, 3, 11, 4, 12}と設定した。バングラデシュはThird Partyが行動を起こす方を起こさない方よりも好ましく思っており、それ以外のオプションに対する選好は現状分析と同様であると想定した。

一方、インドの選好順序は{12, 16, 4, 8, 11, 15, 3, 7, 10, 14, 2, 6, 9, 13, 1, 5}と設定した。インドはThird Partyが行動を起こす方を起こさない方よりも好ましいと思っており、それ以外のオプションに対する選好は現状分析と同様であると想定した。ただし、インドが重視する戦略の順は、まず第1番目にファラッカ堰を運用すること、第2番目にバングラデシュが同意すること、第3番目にThird Partyが行動を起こすこと、最後にインドが見直しをしないこととした。

以上の設定のもと、GMCRにより事象3, 8, 11, 16を均衡解として得た。これらの均衡解のうち、事象16がインドとバングラデシュにとって最も望ましいコンフリクトの解決状態である。

表4 事象3からの推移

プレイヤー& オプション	Bangladesh		India		Bangladesh & Third Party	
Bangladesh						
Agree	N	→ Y	N	N	N	→ Y
India						
Operate	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Change	N	N	N	→ Y	N	N
Third Party						
Act	N	N	N	N	N	→ Y
Label	3 → 4		3 → 7		3 → 12	
	単独悪化		単独悪化		共同悪化	

プレイヤー& オプション	India & Third Party		Bangladesh & India		All together	
Bangladesh						
Agree	N	N	N	→ Y	N	→ Y
India						
Operate	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Change	N	→ Y	N	→ Y	N	→ Y
Third Party						
Act	N	→ Y	N	N	N	→ Y
Label	3 → 15		3 → 8		3 → 16	
	共同改善		共同改善		共同改善	

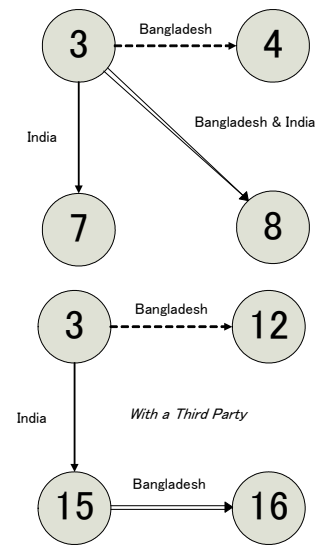


図2 事象3からの推移

事象16を実現するためのプロセスを表4と図2に示す。

表4上段右の列(図2の下図点線矢印)では、もしバングラデシュと第3者機関が事象3から同時に移行すれば事象12に到達し、これはバングラデシュにとって状況の悪化になることを示している。一方、表4下段左の列(図2の下図実線矢印)に示されるように、インドと第3者機関が事象3から同時に移行すれば事象15に到達し、これはインドにとって状況の改善となる。すなわち、インドはバングラデシュとの共同移行なくして状況の改善である事象15を実現することができる。第3者機関がインドと共同移行することをインドに信頼させることができるとすれば、この信頼のもとに、バングラデシュと共にインドと第3者機関が事象3から移行するということに対する信頼を、第3者機関はバングラデシュに与えることができる。こうして第3者機関を介し、バングラデシュとインドは間接的に相互信頼を形成することとなり、これが事象3から事象16への移行の動機となって、バングラデシュ・インド・第3者機関の共同移行により事象16が実現することとなる。

もし第3者機関が行動を起こさず、バングラデシュとインドが両国のみで共同移行した場合、表4下段中央の列(図2の上図二重線矢印)に示されるように、事象3から事象8へ推移し、これは両国にとって状況の改善となる。しかしながら、インドは事象8よりも好ましい事象4へ移行することが可能であり、こうして、事象は3から8へ、その後4へと推移することとなる。しかし、事象4はバングラデシュにとって事象3よりも好ましくないため、このような推移は両国にとってコンフリクト状況の改善とはならないといえる。

以上より、CoordinatorとしてのThird Partyの介入がプレイヤー間の相互信頼を間接的にもたらし得、これにより現状のコンフリクト構造では相互信頼の欠如から実現困難であったコンフリクト状況の改善が

達成され得ることが示されたといえる。

(2)研究成果の今後期待される効果

今後、本研究課題において確立した分析体系を改良していく一方で、並行して、現実の水資源コンフリクトに分析システムを適用し、地域のコンフリクトに対する脆弱性ならびに、コンフリクトマネジメントの可能性について分析を行っていく予定である。具体的には以下を考えている。

- 1) メコン川流域開発におけるコンフリクトの展開過程と脆弱性分析
- 2) 黄河・長江の水資源配分問題とコンフリクトに関する脆弱性分析
- 3) 川辺川ダム建設問題のコンフリクト構造分析

4 研究参加者

① 水循環モデルグループ(アジアモンスーン地域を対象とした水循環モデルの構築の研究)

氏名	所属	役職	参加時期
寶 馨	京都大学防災研究所	教授	H13.12～H19.3
立川 康人	京都大学防災研究所	助教授	H13.12～H19.3
児島 利治	京都大学防災研究所	助手	H15.4～H17.3
田中 賢治	京都大学防災研究所	助教授	H13.12～H19.3
椎葉 充晴	京都大学地球環境学堂	教授	H13.12～H19.3
市川 温	京都大学地球環境学堂	助手	H13.12～H19.3
三野 徹	京都大学農学研究科	教授	H13.12～H19.3
谷 誠	京都大学農学研究科	教授	H13.12～H19.3
中川 一	京都大学防災研究所	教授	H13.12～H19.3
里深 好文	京都大学農学研究科	助教授	H13.12～H19.3
武藤 裕則	京都大学防災研究所	助手	H14.7～H19.3
大石 哲	山梨大学医学工学総合研究部	助教授	H13.12～H19.3
吉谷 純一	独立行政法人土木研究所	上席研究員	H13.12～H19.3
深見 和彦	独立行政法人土木研究所	上席研究員	H16.4～H17.3
手計 太一	福岡大学工学部	助手	H13.12～H19.3
ヘーラト・スリカンタ	国際連合大学	学術審議官	H13.12～H19.3
小松 良光	京都大学防災研究所	CREST 研究員	H14.4～H15.3
甲山 治	京都大学工学研究科	D3	H14.4～H17.3
Kimaro, Tumaini A.	京都大学防災研究所	CREST 研究員	H14.4～H16.9
佐山 敬洋	京都大学防災研究所	助手	H14.4～H19.3
原田 真	山梨大学工学部	M2	H14.9～H15.3
稲垣 意地子	山梨大学工学部	M1	H15.12～H17.3
浅田 浩之	山梨大学医学工学総合研究部	M2	H15.12～18.3
吉田 義則	京都大学防災研究所	技術職員	H16.2～H19.3
天羽 淳	独立行政法人土木研究所	研究員	H16.4～H17.3
アセラ・パティラナ	国際連合大学	研究員	H17.5～H18.3
江 申	京都大学防災研究所	CREST 研究員	H17.10～H18.8
藤本 将光	京都大学農学研究科	D2	H17.9～H19.3
竹内 裕希子	京都大学防災研究所	CREST 研究員	H18.4～H19.3
神崎 景子	京都大学防災研究所	研究補助員	H14.1～H19.3

② 相互作用モデルグループ(自然の水文循環と社会変動の相互作用を考慮した水循環モデルの構築の研究)

氏名	所属	役職	参加時期
小尻 利治	京都大学防災研究所	教授	H13.12～H19.3
萩原 良巳	京都大学防災研究所	教授	H17.4～H19.3
植田 洋匡	京都大学防災研究所	教授	H13.12～H17.3
石川 裕彦	京都大学防災研究所	教授	H17.4～H19.3
堀 智晴	京都大学地球環境学堂	助教授	H13.12～H19.3
益倉 克成	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H13.12～H14.3
近藤 悟	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H14.4～H15.3
中村 昭	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H15.4～H16.3
猪股 純	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H16.4～H17.7
栗城 稔	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H17.8～H18.3
大平 一典	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H18.4～H19.3
三輪 準二	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H13.12～H15.3
廣木 謙三	国土技術政策総合研究所	水害研究室長	H15.4～H16.6
中村 徹立	国土技術政策総合研究所	水害研究室長	H16.7～H19.3
佐々木 淑充	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H15.4～H17.6
野仲 典理	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H17.7～H19.3
武富 一秀	国土技術政策総合研究所	研究官	H15.4～H17.3
梅村 幸一郎	国土技術政策総合研究所	研究官	H16.4～H18.3
水草 浩一	国土技術政策総合研究所	研究官	H16.4～H17.3
飯野 光則	国土技術政策総合研究所	研究官	H18.4～H19.3
寶 馨	京都大学防災研究所	教授	H13.12～H19.3
岡田 憲夫	京都大学防災研究所	教授	H13.12～H19.3
多々納 裕一	京都大学防災研究所	教授	H13.12～H19.3
畑山 満則	京都大学防災研究所	助教授	H17.4～H19.3
浜口 俊雄	京都大学防災研究所	助手	H18.4～H19.3
坂本 麻衣子	京都大学工学研究科	D3	H14.4～H17.3
西村 和司	京都大学工学研究科	M2	H14.4～H15.3
田村 暢慶	京都大学工学研究科	M2	H14.4～H15.3
松本 卓也	京都大学防災研究所	研究補助員	H14.12～H16.9
宮城島 一彦	京都大学工学部	B4	H15.2～H 15.3
久保 宜之	京都大学工学研究科	M2	H15.2～H 15.3
神崎 幸康	京都大学工学研究科	M2	H15.2～H 15.3
佐藤 祐一	京都大学工学研究科	M2	H15.2～H 15.3
文字 祐介	京都大学工学部	B4	H15.2～H 15.3
朴 珍赫	京都大学工学研究科	D4	H15.2～H 15.3
野原 大督	京都大学工学研究科	M2	H15.2～H 16.3
穂積 祐	京都大学工学研究科	D3	H15.2～H 17.3
梶野 瑞王	京都大学工学研究科	D2	H15.2～H 17.3
福原 隆彰	京都大学工学研究科	M2	H15.2～H 15.3
三浦 優利子	京都大学理学研究科	M2	H15.2～H 15.3
堅田 元喜	京都大学理学研究科	M2	H15.2～H 17.3

福井 哲央	京都大学理学研究科	M2	H15.2～H 17.3
奥 勇一郎	京都大学理学研究科	D2	H15.2～H 17.3
Paulo Chaves	京都大学工学研究科	D3	H15.4～H17.3
Paul James Smith	京都大学工学研究科	D3	H15.4～H18.3
福島 陽介	京都大学工学研究科	M2	H15.12～H 18.3
岡田 裕介	奈良大学文学部	B4	H15.12～H 16.3
米田 次郎	京都大学理学研究科	M2	H15.12～H 17.3
横木 研	京都大学理学研究科	D1	H15.12～H18.3
藤原 崇博	京都大学理学研究科	M3	H1.4～H18.3
木原 直人	京都大学理学研究科	D2	H15.12～18.3
中塚 隼平	京都大学工学研究科	M2	H15.12～H18.3
藤原 洋一	京都大学防災研究所	CREST 研究員	H16.4～H17.3
菊池 祥子	京都大学工学研究科	M2	H16.4～H18.3
十倉 崇行	京都大学理学研究科	M2	H16.4～H19.3
斉藤 雄也	京都大学理学研究科	M2	H17.4～H18.3
大出 真理子	京都大学工学研究科	M2	H17.4～H18.3
小林 孝	京都大学工学研究科	M1	H17.4～H19.3
劉 玉玲	京都大学工学研究科	研究補助員	H17.7～H19.3
竹内 裕希子	京都大学防災研究所	CREST 研究員	H18.4～H19.3
江 申	京都大学防災研究所	CREST 研究員	H17.10～H18.8
Sina Nasouhi	京都大学工学研究科	D3	H18.4～H19.3
山本 真史	京都大学工学研究科	M2	H18.4～H19.3
井本 昂志	京都大学工学研究科	M1	H18.4～H19.3
和田 健太郎	京都大学工学研究科	M1	H18.4～H19.3

③ 国際水連関グループ(国際的水循環・水収支の自然・社会・経済シナリオ分析貢献戦略の研究)

氏名	所属	役職	参加時期
益倉 克成	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H13.12～H14.3
近藤 悟	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H14.4～H15.3
中村 昭	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H15.4～H16.3
猪股 純	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H16.4～H17.7
栗城 稔	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H17.8～H18.3
大平 一典	国土技術政策総合研究所	河川研究部長	H18.4～H19.3
和田 一範	国土技術政策総合研究所	流域管理研究官	H15.4～H18.3
金木 誠	国土技術政策総合研究所	流域管理研究官	H18.4～H19.3
川崎 秀明	国土技術政策総合研究所	ダム研究室長	H14.6～H16.6
安田 成夫	国土技術政策総合研究所	水資源研究室長	H16.4～H19.3
村瀬 勝彦	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H13.12～H16.12
川崎 将生	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H17.7～H18.6
多田 智和	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H18.7～H19.3
服部 敦	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H15.8～H16.3
上野山 智也	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H15.8～H16.3
日下部 隆昭	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H16.4～H17.3
菊森 佳幹	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H16.4～H19.3
石神 孝之	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H17.7～H19.3
佐野 貴之	国土技術政策総合研究所	主任研究官	H17.7～H19.3
中山 幹康	東京大学創成科学研究科	教授	H13.12～H19.3
藤倉 良	法政大学人間環境学部	教授	H13.12～H19.3
毛利 勝彦	国際基督教大学教養学部	準教授	H13.12～H17.3
ジャガト・マナトウング	埼玉大学理工学研究科	助手	H13.12～H18.3
寶 馨	京都大学防災研究所	教授	H13.12～H19.3
宮田 幸子	日本学術振興会	特別研究員	H14.3～H17.3
遠藤 崇浩	総合地球環境学研究所	助手	H15.12～H19.3
山口 裕未	熱帯農業研究高等教育センター (コスタリカ)	M2	H15.12～H18.3
古屋敷 久実	東京大学創成科学研究科	研究員	H17.1～H18.3
杉浦 美紀子	東京大学創成科学研究科	D3	H17.4～H19.3
美留町 奈穂	東京大学創成科学研究科	D2	H16.2～H19.3
武貞 稔彦	東京大学創成科学研究科	D1	H17.1～H19.3
大西 香世	東京大学創成科学研究科	D1	H17.1～H19.3
萩原 良巳	京都大学防災研究所	教授	H17.4～H19.3
畑山 満則	京都大学防災研究所	助教授	H17.4～H19.3
萩原 清子	佛教大学社会学部	教授	H17.4～H19.3
坂本 麻衣子	東北大学東北アジア研究センター	助手	H17.4～H19.3
松島 敏和	京都大学工学部	研究補助員	H18.4～H19.3

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
RATNAYAKE, Udittha Rohana (ペラデニヤ大学 助教授)	メコン川流域の国際 河川の水配分方法 の提案とシナリオの モデル化	東京大学 生産技術研究所	H14.7.1 ～H15.2.28
SEHAR, Walter (ウィーン農科大学 助教授)	共同研究のための ネットワーク構築	京都大学 防災研究所 岡田研究室	H14.9.2 ～H14.9.26
LEVY, Jason K. (ハワイ大学 常 勤講師)	流域の総合的マネ ジメントに関わる方 法論的研究討議	京都大学 防災研究所 岡田研究室	H14.12.17 ～H15.1.12
GOPALAKRISHNAN, Chennat (ハワイ大学 教授)	流域の総合的マネ ジメントに関わる方 法論的研究討議	京都大学 防災研究所 岡田研究室	H14.12.25 ～H15.1.6
SCHUMANN, Andreas (ルール大学ボフム工 教授)	流出モデル、パラメ ータ同定手順、生態 系モデルについて の意見交換	京都大学 防災研究所 小尻研究室	H15.3.17 ～H15.3.20
GAN, Hong (中国水資源研究所 副所長)	地球規模水循環の モデル化に関する 研究討議	京都大学 防災研究所 小尻研究室	H15.3.16 ～H15.3.19
RATNAYAKE, Udittha Rohana (ペラデニヤ大学 研究員)	メコン川の流量変動 分析と水配分の提 案	国連大学	H15.4.15 ～H15.9.23
LEVY, Jason Kevin (ハワイ Leeward 大学・常勤講師)	流域の総合的マネ ジメントに関わる方 法論的研究討議	京都大学 防災研究所 岡田研究室	H15.5.9 ～H16.8.31
JAYAWARDENA, Amithirigala Widhanelage (香港大学 助教授)	メコン流域の水文モ デルと気候モデル のカプリングの方向 性についての研究	国連大学	H15.8.3 ～H15.9.31
RAJEEVAN, Krishnamoorthy (モラツワ大学 リサーチアシスタン ト)	メコン流域の水文モ デルと気候モデル のカプリングの方向 性についての研究	国連大学	H15.9.1 ～H15.9.29
PATHIARANA, Assela (中央大学客員研究員)	水循環モデルおよ び降雨予測・洪水 予報に関する研究	国連大学	H15.10.1 ～H17.3.31
QIAN, Mingkai (中華人民共和国推理部淮河推理 委員会 副局長)	中国淮河の詳細な 水収支解析の推進	京都大学 防災研究所 田中研究室	H16.1.7 ～H16.5.7
Daniela ZLATUNOVA (ソフィア大学助教授)	気象要素の変化と 分布型流出モデル を通しての流域水	京都大学 防災研究所 小尻研究室	H15.12.15 ～H15.12.21

	資源分布の変化について議論		
XIA, Jun (中国科学院地理科学自然资源研究所 教授)	地球規模での水資源動態ダイナミクスの研究	京都大学 防災研究所 小尻研究室	H16.3.7 ～H16.3.11
MUJUMDAR, P. P. (インド科学研究所 助教授)	地球規模での水資源動態ダイナミクスの研究	京都大学 防災研究所 小尻研究室	H16.3.7 ～H16.3.11
GOUTAM, Sagar Raj (水資源省技術担当官)	「アジア湿潤地域の森林と水」に関するワークショップにおいて研究発表および洪水・侵食に関するモデル表間について研究討議を行う	ステラハーバーリ ゾート(コタキナバル)	H16.7.8 ～H16.7.14
SUBAGYONO, Kasdi (土壌・農業研究開発センター 研究員)	〃	〃	H16.7.8 ～H16.7.14
FELISARDO, Jessie C. (公共事業高速道路省 研究官)	〃	〃	H16.7.9 ～H16.7.13
KALLARACKAL, Jose (ケララ森林研究所 持続的天然林・人工林管理部研究管理官)	〃	〃	H16.7.8 ～H16.7.13
KRISHONASWAMY, Jagdish (アショカ生態・環境研究所 研究員)	〃	〃	H16.7.9 ～H16.7.13
NGUYEN, Kim Loi (ノンラム大学講師)	〃	〃	H16.7.9 ～H16.7.13
DAMO, Grecile Christopher Rigodon (公共事業高速道路省 研究官)	〃	〃	H16.7.9 ～H16.7.13
GUNAWARDANA, Elgoda Ranawakage Nimal (ペラデニヤ大学 教授)	〃	〃	H16.7.9 ～H16.7.13
WERELLAGAMA, Induka B. (ペラデニヤ大学上級講師)	APHW2004 において研究発表を行う	サンテック国際会議展示センター (シンガポール)	H16.7.4 ～H16.7.8
Syamsul, Bachri (水管理公団部長)	水災害の監視・予測・軽減に関する国際会議において研究は票および研究討議	京都大学 百周年時計台記念館	H17.1.11 ～H17.1.16
Tawatchai Tingsanchari (アジア工科大学 教授)	〃	〃	H17.1.11 ～H17.1.16
Leonardo Liongson (フィリピン大学国立水力研究所 教授・所長)	〃	〃	H17.1.11 ～H17.1.16

Tabios Guillermo III (フィリピン大学 助教授)	〃	〃	H17.1.11 ～H17.1.16
Dushmanta Dutta (アジア工科大学客員助教授)	国際シンポジウム International Symposium on Role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management に参加 し、研究発表および 研究討議	トーサンコンジニア ムリゾート(ウボンラ チャタニ)	H17.3.9 ～H17.3.12
Ashim Das Gupta (アジア工科大学 教授)	〃	〃	H17.3.9 ～H17.3.12
Uruya (アジア工科大学助教授)	〃	〃	H17.3.9 ～H17.3.12
Assela PATHIRANA (国連大学 Senior Research Fellow)	メコン川の水循環モ デルの構築のため	国際連合大学 「環境と持続可能 な開発」プログラム	H17.4.16 ～H17.4.30
Bijayanand MISRA (School of Planning & Architecture, New Delhi・客員名誉教授)	流域水マネジメント に参加型方式やま ちづくりの考え方を 導入するための諸 条件と課題につい て岡田らと共同研究 を行う	京都大学 防災研究所 岡田研究室	H17. 9.6 ～H17.11.5
Graeme Dandy (アデレード大学土木環境工学部 長・教授 水工学応用モデリングセ ンター長)	社会変化と水循環 を考慮した流域環 境評価に関する研 究集会に出席し、研 究発表・討議ならび に研究打合せを行う	京都大学 防災研究所 小尻研究室	H18.3.25 ～ H18.3.31
Kalanithy Vairavamoorthy (Professor of Sustainable Urban Infrastructure Systems, UNESCO-IHE)	〃	〃	H18.3.25 ～ H18.3.31
Nicolaas Cornelis van de Giesen (デルフト工科大学 土木工学部 教授)	〃	〃	H18.3.26 ～ H18.3.29
Philippe Gourbesville (ニース大学 地理科学部長・教 授)	〃	〃	H18.3.23 ～ H18.3.30

6 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内誌 46 件、国際誌 21件)

平成 14 年

【国内】

1. 児島利治・宝 馨・立川康人: 分布モデルを中心とする洪水流出解析手法の高度化に関する研究, 河川技術論文集, 土木学会, Vol. 8, pp. 437-442, 2002.
2. 立川康人・尾崎雄一郎・Kimaro, T. A.・寶 馨: 野洲川流域における水循環の変遷について, 河川技術論文集, 土木学会, Vol. 8, pp. 551-556, 2002.
3. 手計太一・吉谷純一・Virat Khao-Uppatum・Chanchai Suvanpimol: Chao Phraya 川流域における土地利用の変化が河川流量に与えた影響の実態, 水工学論文集, 土木学会, Vol. 47, pp. 205-210, 2003.
4. Shrestha, R., Tachikawa, Y. and Takara K.: A new method to define flow direction using grid digital elevation models, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE (水工学論文集, 土木学会), Vol. 47, pp. 241-246, 2003.
5. 甲山治・田中賢治・池淵周一: GMS-5 データを用いた毎時間日射量データ推定手法の開発, 水工学論文集, 土木学会, Vol. 47, pp. 43-482, 2003.
6. 佐山敬洋・寶 馨: 斜面侵食を対象とする分布型土砂流出モデル, 土木学会論文集, No. 726/II-62, pp. 1-9, 2003.

【国外】

1. Nakayama, M. and Fujikura, R.: Information Sharing for Public Participation in Water Resources Management: *Water Resources Management- Crosscutting Issues*, (ed.) I. H. O. Unver and R. K. Gupta, pp. 67-80, 2002.
2. Miyata, S.: Household's Risk Attitudes in Rural Indonesia, *Applied Economics*, Vol. 35, March, Routledge Taylor & Francis, pp. 573-583. 2003.

平成 15 年

【国内】

1. 立川康人・太田裕司・寶 馨: 立地均衡モデルを用いた淀川下流域における治水事業評価に関する考察, 河川技術論文集, Vol. 9, pp. 317-322, 2003.
2. 立川康人・小松良光・椎葉充晴・寶 馨: 移流モデルによる予測降雨場の誤差構造のモデル化と降雨場の模擬発生, 土木学会論文集, No. 754/II-66, pp. 9-18, 2004.
3. 手計太一・吉谷純一・Chanchai Suvanpimol: Chao Phraya 川流域における大ダム建設が下流の流況に与えた影響, 水工学論文集, 土木学会, Vol. 48, pp. 481-486, 2004.
4. 立川康人・永谷 言・寶 馨: 飽和不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, 水工学論文集, 土木学会, Vol. 48, pp. 7-12, 2004.
5. 甲山治・田中賢治・池淵周一: 中国淮河流域における農業形態の推定と陸面過程モデルへの適用, 水工学論文集, 土木学会, Vol. 48, pp. 211-216, 2004.
6. Shrestha, R., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Spectral analysis of spatial rainfall field to investigate uncertainty in Hydrological modeling, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE (水工学論文集), JSCE, Vol. 48, pp. 121-126, 2004.
7. Pradhan, N.R., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Scale invariance model for spatial downscaling on topographic index in TOPMODEL, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE (水工学論文集, 土木学会), Vol. 48, pp. 109-114, 2004.

【国外】

1. Fujikura, R., Nakayama, M. and Mori, K.: Applicability Of The WCD Recommendations For Public Financial Institution: A Case For Japanese Yen Loan Assistance, *Hydrological Processes*, 17, pp. 2737-2751, 2003.
2. Nakayama, M.: Innovative resettlement schemes planned for the Numata Dam project, *Hydrological Processes*, 17, pp. 2727-2736, 2003.
3. Kimaro, T. A. Tachikawa, Y. and Takara, K.: Evaluating land-use change effects on flood peaks using a distributed rainfall-runoff model in Yasu River, *Weather Radar Information and Distributed*

- Hydrological Modelling*, (ed.) Y. Tachikawa et al., IAHS, Publication no. 282, pp. 241-248, 2003.
4. Tachikawa, Y., Komatsu, Y., Takara, K. and Shiiba, M.: Stochastic modeling of error structure of real-time predicted rainfall and rainfall field generation, *Weather Radar Information and Distributed Hydrological Modelling*, (ed.) Y. Tachikawa et al., IAHS, Publication no. 282, pp. 66-73, 2003.
 5. Shrestha, R.K., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Model behavior of distributed hydrological modeling with different forcing data resolutions, *Weather Radar Information and Distributed Hydrological Modelling*, (ed.) Y. Tachikawa et al., IAHS, Publication no. 282, pp. 169-176, 2003.
 6. Kojima, T. and Takara, K.: A grid-cell based distributed flood runoff model and its performance, *Weather Radar Information and Distributed Hydrological Modelling*, (ed.) Y. Tachikawa et al., IAHS, Publication no. 282, pp. 234-240, 2003.

平成 16 年

【国内】

1. 寶 馨: 世界の水問題の動向と研究展望, 土木学会論文集, No. 761/II-67, pp. 1-18, 2004.
2. 大石哲・佐山敬洋・中川一・里深好文・武藤裕則・Dian Sisinggih・砂田憲吾: 雨滴粒径分布を考慮した雨滴衝撃エネルギー算出方法の開発と局所的土砂生産量との関係に関する研究, 土木学会水工学論文集, 第 49 巻, pp.1087-1092, 2005.
3. 手計太一, 深見和彦, Chanchai Suvanpimol, 宮本守, 山田正, 大ダム建設の持つ利水・治水効果に関する基礎的検討ータイ王国・Chao Phraya 川上流域を対象としてー, 土木学会水工学論文集, 第 49 巻, pp.457-462, 2005.
4. Pathirana A. and T. Yamada (2004) Idealized simulation of orographic rainfall with a mesoscale atmospheric model," *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 48, pp. 295-300, Japan Society of Civil Engineers.
5. 和田一範・上野山智也: 黄河断流問題とその対策としての水法の改正, 水利科学, No.279, pp. 60-82, 2004.
6. 手計太一, 吉谷純一, Chanchai Suvanpimol: タイ王国・Chao Phraya 川流域とその周辺におけるパン蒸発量の時空間分布に関する研究, 水文・水資源学会誌, Vol.17, No.5, pp.468-481, 2004.
7. 手計太一, 吉谷純一, Chanchai Suvanpimo: 2002 年のタイ王国・Chao Phraya 川流域における洪水, 自然災害科学, Vol.23, No.2, pp.215-228, 2004.
8. 坂本麻衣子・萩原良巳: 水資源計画における社会的コンフリクトのマネジメントに関する研究ーインド・バングラデシュのガンジス河利用に関するコンフリクトを対象としてー, 水文・水資源学会誌 Vol.18, No.1, pp.11-21, 2005.
9. 坂本麻衣子・萩原良巳: 長良川河口堰問題を対象とした開発と環境のコンフリクトに関する分析, 水文・水資源学会誌, Vol.18, No.1, pp.44-54, 2005.

【国外】

1. Mori, K., Fujikura, R. and Nakayama, M.: Japan's ODA and the WCD Recommendations: Applicability of Comprehensive Options Assessment in JICA Development Studies, *Water International*, Vol. 29, No.3, International Water Resources Association, pp. 352-361, 2004.
2. Salewicz, K. A. and Nakayama, M.: Development of a Web-based Decision Support System (DSS) for Managing Large International Rivers, *Global Environmental Change*, 14 (1), 25-38, 2004.
3. Yamaguchi, H., Futamura, H. and Nakayama, M.: Issues concerning a diagnostic study of an action plan for the San Juan river basin, *Hydrological Processes*, 18 (16), 2977-2989, 2004.
4. Pathirana A., S. Herath, and T. Yamada, (2004) Simulating orographic rainfall with a limited-area, non-hydrostatic atmospheric model under idealized forcing, *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 4, European Geosciences Union, pp. 5625-5653, 2004.
5. Pathirana, A., S. Herath, and T. Yamada: Simulating orographic rainfall with a limited-area, nonhydrostatic atmospheric model under idealized forcing. *Atmospheric Chemistry and Physics* 5, 215-226. European Geosciences Union, 2005.
6. Sakamoto, M., Hagihara, Y. and Sugiman, T., 'A Dynamic System Model of Social Conflict that Combines Attitude Change Model and Game Theory', *Asian Journal of Social Psychology*, Vol.7, pp.263-284, 2004.

平成 17 年

【国内】

1. 佐山敬洋・立川康人・寶 馨: 流出モデルの不確実性評価手法とそのモデル選択への適用, 土木

学会論文集 No.789/II-71, pp. 1-13, 2005.

2. Nawahda, A., Kojiri, T. and Kaihotu, I.: Distributed Runoff Model Linking Surface with Groundwater Processes, 水文・水資源学会誌, Vol.18, No.3, pp. 293-305, 2005.
3. 手計太一, 吉谷純一: 大ダム建設が流況に与えた影響ータイ王国・Chao Phraya 川流域を対象としてー, 水文・水資源学会誌, 第 18 卷 3 号, pp.281-292, 2005.
4. 和田一範・日下部隆昭: メコン川における航路開削問題について, 水利科学, No.285(第 49 卷 第 4), pp. 86-105, 2005.
5. 佐山敬洋・立川康人・寶 馨・市川温: 広域分布型流出予測システムの開発とダム群治水効果の評価, 土木学会論文集, No. 803/II-73, pp. 13-27, 2005.11.
6. 佐山敬洋・菅野浩樹・立川康人・寶 馨: ダム群操作過程を考慮する広域分布型流出予測システムを用いた淀川流域の治水安全度評価, 土木学会水工学論文集, vol.50, pp. 601 – 606, 2006.
7. Shen CHIANG, Yasuto TACHIKAWA, Kaoru TAKARA: A pseudo validation algorithm for hydrological model reliability assessment, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE, Vol.50, pp. 103 – 108, 2006.
8. Nawa Raj PRADHAN, Yasuto TACHIKAWA and Kaoru TAKARA: Downscaling methods of flow variables for scale invariant routing model, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE, Vol.50, pp. 109 – 114, 2006.
9. NMNS Bandara Nawarathna, Kazuo Ishino Yasuto Tachikawa and Nobuyuki Tamai: Application of distributed hydrological model to analyze bridge-collapse scenarios in the Asuwa River 2004 flood, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE, Vol.50, pp. 67 – 72, 2006.
10. 牧野育代・寶 馨・立川康人: 流入河川の水質特性と冷水対策が貯水池水質に及ぼす影響, 土木学会水工学論文集, vol.50, pp. 1369 – 1374, 2006.
11. Sunmin KIM, Yasuto TACHIKAWA and Kaoru TAKARA: Ensemble rainfall-runoff prediction with radar image extrapolation and its error structure, *Annual Journal of Hydraulic Engineering*, JSCE, Vol.50, pp. 43 - 48, 2006.
12. 小林健一郎・立川康人・佐山敬洋・寶 馨: 分布型降雨流出モデルによる 2004 年 10 月 台風 23 号由良川洪水の解析, 土木学会水工学論文集, vol.50, pp. 313 – 318, 2006.
13. 甲山治・山田賢治・田中賢治・池淵周一: 衛星起源の植生状態量及び地上気象データを用いた土地被覆と生育作物の判別, 土木学会水工学論文集, 第 49 卷, pp.373-378, 2005.
14. 竹下伸一・三野 徹: 京都盆地における日降雨特性の経年変化, 水文・水資源学会誌, 第 18 卷 2 号, pp.106-115, 2005.
15. 萬和明, 田中賢治, 池淵周一: 全球灌漑要求水量と降水量の相関分析, 土木学会水工学論文集, 第 50 卷, 2006, 6pp. (CD-ROM).
16. 坂本麻衣子・萩原良巳・畑山満則: 水資源開発コンフリクトにおけるプレイヤーの設定に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol.33, pp.415-422, 2005.
17. 坂本麻衣子・萩原良巳: 水資源コンフリクトにおける Third Party の調整効果に関する研究, 地域学研究, Vol.35, No.2, pp.295-308, 2005.

【国外】

1. Taichi Tebakari, Junichi Yoshitani and Chanchai Suvanpimol: Time-Space Trend Analysis in Pan Evaporation over Kingdom of Thailand, *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, Volume 10, Issue 3, pp. 205-215, 2005.
2. Syafruddin Karimi, Mikiyasu Nakayama, Ryo Fujikura, Taro katsurai, Masako Iwata, Takeshi Mori & Koichi Mizutani: Post-project Review on a Resettlement Programme of the Kotapanjang Dam Project in Indonesia, *International Journal of Water Resources Development*, Vol. 21, No. 2, pp. 371-384, June 2005.
3. Roshan Shrestha, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Input data resolution analysis for distributed hydrological modeling, *Journal of Hydrology*, Vol 319(1-4), pp. 36-50, 2006.

平成 18 年

【国内】

1. 和田一範・野仲典理、佐野貴之: ジャカルタの水道事業民営化問題、水利科学、No.290 p.52-76、2006 年
2. 川島健一・多々納裕一・畑山満則: 自律的避難のための水害リスクコミュニケーション支援システムの開発, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, 2006(掲載予定).

3. 手計太一, 吉谷純一, チャンチャイ・スヴァンピモル, 宮本守, 山田正: MIKE11 を利用したタイ王国・Chao Phraya 川流域水循環モデルの構築とその検証, 水文・水資源学会誌, 第 19 巻 3 号, pp.212-220, 2006.
4. 手計太一, 吉谷純一: 社会変動を考慮した河川流量予測モデルの構築, 水文・水資源学会誌, 第 19 巻 3 号, pp.171-182, 2006.
5. 佐山敬洋・菅野浩樹・立川康人・寶 馨: ダム操作過程を導入した広域分布型流出予測システムによる淀川流域の治水安全度評価, 水工学論文集, 第 50 巻, 2006, pp. 601-606, 2006.
6. Sakamoto, M. and Hagihara, Y., 'A Study on Social Conflict Management in a Water Resources Development - A Case of the Conflict between India and Bangladesh over Regulation of the Ganges River-', Journal of Japan Society of Hydrology and Water Resources, Vol.18, No.1, pp.11-21, 2005.
7. 萬和明・田中賢治・池淵周一: NDVI 時系列解析による全球作物分類図の作成, 土木学会水工学論文集, 第 49 巻, pp.379-384, 2005.

【国外】

1. Nakayama, M. and Fujikura, Ryo: Issues in World Commission on Dams Report Development: Inconsistencies Between the Facts Found and the Guidelines, *Hydrological Processes*, 20 (6), pp. 1263-1272, 2006.
2. Sakamoto, M., Hagihara, Y., and Hipel, K.W.; Coordination Process by a Third Party in the Conflict Between Bangladesh and India over Regulation of the Ganges River, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp.1119-1125, 2005.
3. Sakamoto, M. and Hagihara, Y.; Social Stability and Mathematical Stability in Conflict Management, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. -, 2006. (掲載確定)
4. Takahiro SAYAMA, Yasuto TACHIKAWA, Kaoru TAKARA, and Yutaka ICHIKAWA: Distributed rainfall-runoff analysis in a flow regulated basin having multiple multi-purpose dams, IAHS Publication, no. 303, pp. 371-381, 2006.

(2)その他の著作物

<<著書>>

平成 17 年

【国内】

1. 萩原良巳・坂本麻衣子;『コンフリクトマネジメントー水資源の社会リスクー』, 勁草書房, 2006.3.20.
2. 三野 徹:3-4 農山村における環境ストックの蓄積とその利活用, 自然と共生した流域圏・都市の再生(「自然と共生した流域圏・都市の再生」ワークショップ実行委員会編著, 307p.), 187-200, 2005.
3. 三野 徹: I . 21 世紀の国土・農業政策と自然共生, 自然共生プロジェクト成果集農における自然との共生, 「自然共生」プロ研究推進事務局編, 農林水産省農林水産技術会議事務局, 130p., 2005.

【国外】

1. Srikantha Herath, Dushmanta Dutta, Uruya Weesakul and Ashim Das Gupta (Eds.): Proceedings of the International Symposium on Role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management (ISBN 974-8202-94-1), 10-12 March 2005, Ubon Ratchathani, Thailand. (2005 年 6 月出版)

平成 18 年

【国内】

1. 亀田弘行監修・萩原良巳・岡田憲夫・多々納裕一編著:総合防災学への道, 京都大学学術出版会, pp.445-476, 2006.

<<論文>>

平成 16 年

【国内】

1. 児島利治・立川康人・宝 馨:セル分布型降雨流出シミュレーションシステム, 流域水物質循環モデル・ソフトウェア博覧会 2004, 中央大学駿河台記念館, pp. 9-10, 2004.
2. Nawahda, A.・小尻利治: Integrates Hydro-BEAM, 流域水物質循環モデル・ソフトウェア博覧会 2004, 中央大学駿河台記念館, pp. 13-14, 2004.

3. 椎葉充晴・立川康人: 流出系の構造的モデリングシステム OHyMoS, 流域水物質循環モデル・ソフトウェア博覧会 2004, 中央大学駿河台記念館, pp. 27-28, 2004.
4. 寶 馨: 安全・安心と水循環, 河川, 60巻第8号(No.697), pp. 3-6, 2004.
5. 萩原良巳・坂本麻衣子; インド・バングラデシュのガンジス河水利用に関するコンフリクトマネジメント, 京都大学防災研究所年報, 第 47 号 B, pp.43-55, 2004.

【国外】

1. Herath, S., A. Pathirana, and S. B. Weerakoon: *Sustainable Water Resources Management in the Changing Environment of the Monsoon Region*, Volume I and II, 782 pp., Sri Lanka National Water Resources Secretariat, ISBN 955-1142-00-4, 2004
2. Jens HARTMANN, Norio OKADA, Jason LEVY, Assessing the Composite Risk of River Contamination-Perspectives, Problems, Methodology, *Annals of the Disaster Prevention Research Institute Kyoto University*, No.47 C, pp.289-297, 2004.3

平成 17 年

【国内】

1. 寶 馨: 人工の貯水池と緑のダムーそれぞれの効用と限界ー, 京都大学防災研究所公開講座テキスト「防災研究最前線ー災害の予測と減災への取り組みー」, キャンパスプラザ京都, 2005 年 9 月 30 日, pp.45-53.
2. 佐山敬洋・立川康人・市川 温・寶 馨・椎葉充晴: ダム群流況制御の影響を考慮する広域分布型流出予測システム, 流域水物質循環モデル・ソフトウェア博覧会 2005, 中央大学駿河台記念館, pp. 43-44.
3. 児島利治・宝 馨・立川康人・佐山敬洋: セル分布型降水流出シミュレーションシステム, 流域水物質循環モデル・ソフトウェア博覧会 2005, 中央大学駿河台記念館, pp.7-8, 2005 年 12 月 12 日.

平成 18 年

【国内】

1. 萩原良巳・畑山満則・坂本麻衣子・奥村純平; 吉野川第十堰問題におけるプレーヤー抽出とリスク配分に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.851-875, 2005.
2. 坂本麻衣子・萩原良巳; コンフリクトマネジメントと均衡状態に関する考察, 京都大学防災研究所年報, 第 49 号 B, pp. - 2006.
3. 畑山満則・多々納裕一・川島健一・松本卓也: 水害リスクコミュニケーションのための参加者個別ハザードマップ作成システムの開発, 京都大学防災研究所年報, No.49 B, 2006(掲載予定).

(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 0 件、国際会議 2 件)

平成 17 年

1. Mikiyasu Nakayama: Case Study from Indonesia, Stockholm Water Symposium 2005 Technical Session "Perspectives on Water and Energy", 21 August 2005, Stockholm
2. Srikantha Herath: Building consensus for transboundary cooperation through common tools and information, International Symposium on Expanding Transboundary Cooperation for Water and Environment Security in Asia's International Rivers, Dali, Yunnan Province, People's Republic of China, 10 December, 2005.

② 口頭発表 (国内会議 87、国際会議 118 件)

平成 14 年

【国内】

1. 田中賢治・甲山治・池淵周一: 多様な農耕地の影響を考慮した中国淮河流域における水・熱収支推定に関する研究, 第 6 回水資源に関するシンポジウム論文集, pp. 603-608, 2002
2. 甲山治, 田中賢治, 池淵周一: 多様な農耕地の影響を考慮した中国淮河流域における水, 熱収支推定に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 第 45 号 B, pp.745-764, 2002.
3. 甲山治, 田中賢治, 池淵周一: 多様な農耕地の影響を考慮した中国淮河流域における水, 熱収支推定に関する研究, 土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM), II-258, 2002.

4. 甲山治, 田中賢治, 池淵周一 : 陸面過程モデルを用いた中国淮河流域における灌漑用水量の推定, 水文・水資源学会 2002 年研究発表会要旨集, pp.84-85, 2002.

【国外】

1. Takara, K. and Sayama, T.: A physically-based rainfall-sediment-runoff model in a catchment scale -Application to the upper Brantas River basin, Indonesia-, *Proceedings of Third International Conference on Water Resources and Environment Research (ICWRER2002)*, Dresden University of Technology, Dresden, Germany, Vol. 2, 22-25 July 2002, (ed.) G. H. Shumitz, pp. 257-261, 2002.
2. Nobuchika Tamura, Toshiharu Kojiri and Kunio Tomosugi: Water Quantity and turbidity with distributed runoff model in the Yellow River basin, Flood Defence '2002.
3. Okada, N., Hori, T., Zhang, J.Q. and Tatano, H. and Ikebuchi, S.: Micro-zonation-based Flood Risk Assessment in Urbanized Floodplain, *Proceedings of Second Annual IIASA-DPRI Meeting on INTEGRATED DISASTER RISK MANEGEMENT* (CD-ROM): Megacity Vulnerability and Resilience, IIASA, A-2361 Lazenburg, Austria, 29-31 July 2002.
4. Tatano, H. and Okada, N.: A Simulation-Based Optimization Approach for Integrated Flood Risk Management, *JSPS-VCC Seminar on Water Environmental Planning*, International Islamic university, 2002, 2002/7/29-31.
5. Nakayama, M., Manatunge, J. and Yoshida: Equity for benefits by water resources development - Lessons from Saguling and Cirata dam projects -, Stockholm Water Symposium, 12 August 2002, Stockholm.
6. Tamura, N., Kojiri, T. and Tomosugi, K.: Water Quantity and turbidity with distributed runoff model in the Yellow River basin, Flood Defense '2002.
7. Miyata, S. and Sawada, Y.: Investment Under Uncertainty: Lessons from Aquaculture in Indonesia', 8th Convention of East Asian Economic Association, Kuala Lumpur, Malaysia. EAEA Session 4-D, 4-5th November 2002. (東アジア経済学会) (in CD-ROM)
8. Mori, K.: Global Water Governance: from Johannesburg to Kyoto, Osaka, and Shiga Japan Association of International Relations, 2002/11/17.
9. Shrestha, R., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Selection of scale for distributed hydrological modeling in ungauged basin, Kick-off Workshop of the IAHS DECADE ON PREDICTION IN UNGAGED BASINS-Hydrological Sciences on Mission-, Brasilia, Brazil, 20-22 November, 2002.
10. Kojima, T., Takara, K. and Tachikawa, Y.: A distributed runoff model for flood prediction in ungauged basins Kick-off Workshop of the IAHS DECADE ON PREDICTION IN UNGAGED BASINS-Hydrological Sciences on Mission-, Brasilia, Brazil, 20-22 November, 2002.
11. Oku, Y., Ishikawa, H. and Ueda, H.: Estimation of land surface temperature on the Tibetan Plateau using GMS data, The 83rd American Meteorological Society Annual Meeting, Long Beach, Feb. 9-13, 2003, USA
12. Nakayama, M.: Implications of Planning in Resettlement Schemes upon Rehabilitation of Livelihood - Comparative Analysis on Two Dam Construction Projects in Indonesia- *Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003)*, Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 1, pp. 165-168, 2003.
13. Fujikura, R.: A Possible Role of Donors to Improve Environmental, Monitoring of Dam Projects at the Operational Phase - A Case Study in Indonesia -, *Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003)*, Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 1, pp. 154-157, 2003.
14. Mori, K., Fujikura, R. and Nakayama, M.: Japan' s ODA and the WCD Recommendations: Applicability of Comprehensive Options Assessment in JICA Feasibility Studies, *Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003)*, Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 1, pp. 127-132, 2003.
15. Miyata, S.: Decision Factors for Adopting New technology in Poor Populations: Evidence from Aquaculture in Indonesia, *Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003)*, Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 2, pp. 927-932, 2003.
16. Manatunge, Asaeda and Yoshida: Sustaining the benefits of reservoir aquaculture as a resettlement option: a case study of Saguling Reservoir, West Java, *Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003)*, Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 1, pp. 457-461, 2003.
17. Kozan, O., Tanaka, K., and Ikebuchi, S.: The Estimation of Water and Heat Budget in the Huaihe River Basin China - Detail Representation of Various Cropland and Irrigation -, *Proc. of the 1st*

- International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region, Vol.2, pp. 763-768, 2003.
18. Tebakari, T., Yoshitani, J., Khao-Uppatum, V. and Suvanpimol, C.: Trends in decreasing discharge in 1970s-1990s in the Chao Phraya river, Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003), Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 1, pp. 185-190, 2003.
 19. Shrestha, R., Jha, R. and Takara, K.: GIS Assister Water Resources Planning in Mountainous Catchment, Nepal. Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003), Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 2, pp. 939-944, 2003.
 20. Kimaro, T.A., Tachikawa, Y. and Takara, K.: The Potential for Use of ISBA Land Surface Scheme in Hydrological Modeling, Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003), Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 1, pp. 255-260, 2003
 21. Murase, M.: A Review of Water Rights in Japan, Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003), Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 2, pp. 1127-1132, 2003.
 22. Phan, T.A.D., Le, X.T., Takara, K. and Munkage, Y.: Water Resource Management in Estuarine Areas Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003), Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 2, pp. 977-983, 2003
 23. Van de Griend, A.A., Seyhan, E., De Vries, J.J. and Takara, K.: Physically Based Schematization of Subsurface Hydrological Processes on Catchment Scale for Baseflow Simulation, Proceedings of the First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003), Kyoto, March 13-15, 2003, Vol. 2, pp. 667-672, 2003.
 24. Fujikura, R.: A Structural Obstacle to Dam Environmental Management - A Case Study in A Developing Country, (SESSION CODE: DAMS -03), Third World Water Forum, Kyoto, March 20, 2003
 25. Manatunge, J.: Overexploitation of Aquaculture Resources: a Threat to the Sustainability of Saguling Reservoir, (SESSION CODE: DAMS -03), Third World Water Forum, Kyoto, March 20, 2003
 26. Miyata, S.: Aquaculture as a Vocation for Resettled People: Socio-Economic Challenges and Limitations, (SESSION CODE: DAMS -03), Third World Water Forum, Kyoto, March 20, 2003
 27. Mori, K.: Following-Up of the WCD Recommendations: From a Japanese Perspective, (SESSION CODE: DAMS -03), Third World Water Forum, Kyoto, March 20, 2003
 28. Nakayama, M.: Resettlement and Societal Issues in Indonesian Dam Projects, (SESSION CODE: DAMS -03), Third World Water Forum, Kyoto, March 20, 2003.

平成 15 年

【国内】

1. 甲山治・田中賢治・池淵周一：正規化植生指標を用いた中国淮河流域における農耕サイクルの推定，京都大学防災研究所年報，第 46 号 B，pp. 875-884, 2003.
2. Kimaro, T.A, Tachikawa, Y and Takara, K: Spatial Object Approach for Watershed Modeling and Its Application in the Yasu River Basin, 京都大学防災研究所研究発表会、2004 年 2 月.
3. 甲山治, 田中賢治, 池淵周一：正規化植生指標を用いた中国淮河流域における農耕サイクルの推定, 水文・水資源学会 2003 年研究発表会要旨集, pp.80-81, 2003.

【国外】

1. Shrestha, R., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Discharge simulation using downscaled spatial rainfall field by introducing correlation effect in random cascade method, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, 06-11 April 2003, p. 394, 2003.
2. Kimaro, T.A, Tachikawa, Y. and Takara, K.: Assessing the impact of land use changes on flood risks, 3rd International Symposium on Integrates Disaster Risk Management (IDRM-2003), Kyoto International Conference Hall, 2003.
3. Kojiri, T. and Tamura, N.: System Dynamics of Regional Water Resources Considering Distributed Runoff Model, HW04, IUGG2003, Sapporo, 2003.7.9
4. Srikantha, H. A.: Comparison of global DEM data for hydrological analysis of Mekong Basin, International Steering for Committee for Global Mapping, 2003.7.11
5. Nakayama, M.: Implications of Virtual Water concept on management of international water systems - Cases of two Asian international river basins-, International Expert Meeting on Virtual Water

- Trade, Delft, the Netherlands, (ed.) A. Y. Hoekstra, UNESCO-IHE.
6. Mori, K.: Virtual Water Trade in Global Governance, UNESCO-IHE Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, the Netherlands, (ed.) A. Y. Hoekstra, UNESCO-IHE, pp. 119-124, 2003
 7. Nakayama, M. and Yamaguchi, H.: Institutional Aspects of International Water Management -Lessons from Mekong and Other River Basins-, Workshop "Stakeholder Participation in International River Basin Environmental Initiatives", Corvallis, Oregon, 2003
 8. Nakayama, M.: International Water Systems from Virtual Water Viewpoint -Cases of Aral Sea and Mekong River -, The 13th Stockholm Water Symposium, Stockholm, Sweden, pp. 358-361, 2003.
 9. Mori, K.: "Global Water Governance: Johannesburg to Kyoto, Osaka, and Shiga," in XI World Water Congress Proceedings (CD-ROM), IWRA, Madrid, Spain, October 5-9, 2003.
 10. Miyata, S.: Lessons learned for Sound Policies in Water Resource Management from Aquaculture in Indonesia, XI World Water Congress: Water Resources Management In The 21st Century, Madrid, 5-9 October 2003 (in CD-ROM)
 11. Kimaro, T.A., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Land use changes and sustainable river basin management, Managing Water Resources under Climatic Extremes and Natural Disasters, (ed.) K. Takara and T. Kojima, IHP-VI Technical Documents in Hydrology No.2, Regional Steering Committee for Southeast Asia and the Pacific, UNESCO Jakarta Office, pp. 151-162, 2003.
 12. Shrestha, R. K., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Catchments Response of Up-Scaled Forcing Data for Distributed Hydrologic Modeling Input, Managing Water Resources under Climatic Extremes and Natural Disasters, (ed.) K. Takara and T. Kojima, IHP-VI Technical Documents in Hydrology No.2, Regional Steering Committee for Southeast Asia and the Pacific, UNESCO Jakarta Office, pp. 65 – 71, 2003.
 13. Sayama, T., Takara, K. and Tachikawa, Y.: Application of Remotely Sensed Data to Sediment Load Estimation by a Distributed Rainfall-Sediment-Runoff Catchment Model, Monitoring, Prediction and Mitigation of Disasters by Satellite Remote Sensing (MPMD-2004), (ed.) K. Takara et al., pp. 39-45, 2004.
 14. Kimaro, T. A., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Application of Remote Sensing for Describing Spatial-temporal Changes in Flood Characteristics, Monitoring, Prediction and Mitigation of Disasters by Satellite Remote Sensing (MPMD-2004), (ed.) K. Takara et al., pp. 61-69, 2004.
 15. Shrestha, R., Kojima, T., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Analysis of Temporal Vegetation Activity Using MODIS/TERRA Vegetation Indexes in Asian Mountainous Region, Monitoring, Prediction and Mitigation of Disasters by Satellite Remote Sensing (MPMD-2004), (ed.) K. Takara et al., pp. 85-92, 2004.
 16. Takara, K.: Current Situation and Problems in Application of Remote Sensing to Disaster Monitoring, Monitoring, Prediction and Mitigation of Disasters by Satellite Remote Sensing (MPMD-2004), (ed.) K. Takara et al., pp. 185-199, 2004.

平成 16 年

【国内】

1. 佐山敬洋・立川康人・寶 馨: ダム群流況制御を考慮した広域分布型流出予測システムの開発, 京都大学防災研究所年報, 47B, 2004.
2. 立川康人・日和佐真丈・寶 馨: 時空間分布を考慮した計画降雨の生成に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 47B, 2004
3. Jens HARTMANN, Norio OKADA, Jason LEVY, Assessing the Composite Risk of River Contamination-Perspectives, Problems, Methodology, Annuals of the Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, No47 C, pp289-297,2004.3
4. 谷 誠・小杉賢一朗: 土壌・地形条件が流出に及ぼす影響評価を二次元斜面に拡張する手法, 第 115 回日本林学会大会学術講演集, 138, 2004.4.
5. 佐山敬洋・立川康人・寶 馨: 流況制御の効果を考慮する流域水循環モデルの開発, 土木学会関西支部年次講演会, 2004 年 5 月.
6. 手計太一・独立行政法人土木研究所水工研究グループ: タイ王国におけるパン蒸発量の時空間分布, GAME 国内集会, 京都ばるるプラザ, 2004 年 7 月 1 日
7. 手計太一・独立行政法人土木研究所水工研究グループ: タイ王国・Chao Phraya 川流域とその周辺における降水量の長期変動, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会要旨集, pp. 216-217, 2004
8. 佐山敬洋・立川康人・寶 馨: 分布型流出予測システムを用いたダム群治水効果の分析分布型流

出予測システムを用いたダム群治水効果の分析, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会要旨集, pp. 258-259, 2004.

9. 児島利治・立川康人・寶 馨: GUI を用いたセル分布型流出シミュレーションシステムの開発, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会要旨集, pp. 262-263, 2004.
10. 山田賢治・甲山治・田中賢治・池淵周一: 衛星による植生状態量及び地上気象データを用いた土地利用判別手法の構築, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会要旨集, pp. 256-257, 2004.
11. 甲山治・田中賢治・池淵周一: 陸面過程モデルを用いた中国史灌流域における灌漑用水量の検証, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会要旨集, pp. 26-27, 2004.
12. 萬和明, 田中賢治, 池淵周一: 陸面過程モデル SiBUC による灌漑を考慮に入れた全球土壌水分量分布の算定, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会要旨集, pp.82-83, 2004.
13. 佐藤芳洋・椎葉充晴・堀智晴: 流出系の構造的モデリングシステム OHyMoSJ の開発とその応用, 水文・水資源学会 2004 年研究発表会要旨集, pp. 164-165, 2004.
14. 松本卓也・多々納裕一・岡田憲夫・川島健一: 時空間GISを利用した参加型洪水リスクマネジメントのためのシステム設計及び実装, 第 23 回日本自然災害学会年次学術講演会, 2004 年 9 月.
15. 中川一・里深好文・大石哲・武藤裕則・佐山敬洋: インドネシア国ブランタス川の支川レスティ川における降雨・土砂流出特性, 平成 16 年度京都大学防災研究所研究発表講演会, 京都テルサ, 2005 年 2 月 22 日
16. 佐山敬洋・立川康人・寶 馨: ダム群流況制御を考慮した広域分布型流出予測システムの開発, 京都大学防災研究所年報, 47B, pp. 211-226, 2004.
17. 村瀬勝彦: 水の価値評価と効率的な水利用に関する考察, ダム技術, 財団法人ダム技術センター, 2005.
18. 坂本麻衣子・萩原良巳・Keith W. Hipel: インド・バングラデシュのガンジス河水利用コンフリクトにおける Third Party の役割に関する研究, 環境システム研究論文発表会, 東京, 2004
19. 坂本麻衣子・萩原良巳: インド・バングラデシュのガンジス河水利用コンフリクトにおける Third Party の介入と合意形成に関する研究, 地域学会, 東京, 2004.
20. 萩原良巳・畑山満則・坂本麻衣子・奥村純平: 吉野川第十堰問題におけるプレイヤー抽出とリスク配分に関する研究, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 京都, 2005.
21. 佐山敬洋・立川康人・寶 馨: ダム群流況制御を考慮した広域分布型流出予測システムの開発, 土木学会全国大会, 愛知工業大学, 平成 16 年 9 月.
22. 藤倉良: Technical Applicability of the Recommendation of the World Commission on Dams, 水文・水資源学会 2004 年度研究発表会「国際セッション」, 室蘭, 2004 年 8 月 21 日.
23. 山口裕未: Public Participation in the international river basin projects in Central America, 水文・水資源学会 2004 年度研究発表会「国際セッション」, 室蘭, 2004 年 8 月 21 日.
24. 古屋敷久実: Asian International Waters from Real and Virtual Water Viewpoints, 水文・水資源学会 2004 年度研究発表会「国際セッション」, 室蘭, 2004 年 8 月 21 日.
25. Pathirana A., S. Herath, and T. Yamada: Incorporating aerosol radiative forcing effects in torainfall simulations," in *Proceedings of annual conference of Japan Society of Hydrology and Water Resources* (水文・水資源学会 2004 年度研究発表会, 室蘭), pp. 114-115. 2004.
26. 甲山治・山田賢治・田中賢治・池淵周一: 衛星リモートセンシングと陸面過程モデルを用いた中国史灌河流域における水利用の推定, 第 4 回水文過程のリモートセンシングとその応用に関するワークショップ, pp.45-54, 2004.

【国外】

1. Fujikura, R.: Donor's Responsibility for Transboundary Environmental Impact of Aid Projects - Project ownership and environmental consideration -, 「越境環境影響評価」ワークショップ, ワシントンDC, アメリカ合衆国, 2004.
2. Mirumachi, N.: Transboundary Issues of the Lesotho Highlands Water Project: The Impact of Visible Benefits, 「越境環境影響評価」ワークショップ, ワシントンDC, アメリカ合衆国, 2004.
3. Mikiyasu Nakayama: Identifying Prerequisites for Transboundary Impact Assessment and Mitigation, International Workshop "Transboundary Impact Assessment", Environmental Law Institute, Washington, D.C., U.S.A., 6-7, APRIL 2004.
4. Tani, M. and Kosugi, K.: A scaling-up method for evaluating effects of soil and slope properties on rainfall-runoff responses produced from a two-dimensional slope, Geophysical Research Abstract,

- Vol. 6, 02670, 2004 (EGU2004), 2004. 4.
5. Tani, M. and Kosugi, K.: On a Method for Evaluating Effects of Soil-Physical and Slope-Topographic Properties on Storm Runoff Responses in Mountainous Catchments. *Forests and Water in Warm, Humid Asia*, (Sidle et al., eds.), 267-270, 2004.
 6. Gopalakrishnan, C. and Okada, N.: Reflections on Implementation Science, Fourth Annual IIASA-DPRI Meeting in Integrated Disaster Risk Management: Challenges of Implementation CUEBC, Ravello, Italy, July 3-7, 2004, pp. 133-144, 2004.
 7. Murase, M., Nakamura, A., Inomata J, and Kawasaki, H.: Systematic Review of Water Management during Drought in Japan, 2nd International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2004) Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, vol. 2, pp. 881-889, 2004.
 8. Miyata, S.: Living Conditions of Resettled Households in the Birecik Dam Area of South East Turkey: Initial Findings from a Household Survey, 2nd International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2004) Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, vol. 2, pp. 954-962, 2004.
 9. Miyata, S. and Fujii, T.: Socio-Economic Changes in Irrigation Development in Southeast Anatolian Village, Turkey, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, 2004.
 10. Manatunge, J., Nakayama, M and Miyata, S.: Factors Affecting Effective Transfer of Alternative Technologies Designed to Compensate Resettlers of Dam Project, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, pp. 933-940, 2004.
 11. Nakayama, M.: Japanese Experiences in Resettlement for Dam Construction, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, pp. 948-953, 2004.
 12. Fujikura, R.: WCD Recommendations and Their Viability for the Real Dam Construction Projects, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, pp. 963-969, 2004.
 13. Mirumachi, N.: Incentives for Cooperative Water Management in International Rivers: The Case of the Lesotho Highlands Water Project, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, pp. 994-1001, 2004.
 14. Pradhan, N.R., Tachikawa, Y. and Takara, K.: Scale Invariant TOPMODEL for the Solution of DEM Resolution Effects and Parameter Inconsistency in hydrological Modeling, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, vol. 2, pp. 641-648, 2004.
 15. Chiang, S., Tachikawa, Y., Kojima, T. and Takara, K.: A new hydrologic response function physically derived from DEM and remote sensing image, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, vol. 2, pp. 268-275, 2004.
 16. Kozan, O., Tanaka, K., Ikebuchi, S and Qian, M.: Landuse and cropping pattern classification using satellite derived vegetation indices in the Huaihe River Basin, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, vol. 2, pp. 732-740, 2004.
 17. Tebakari, T., Yoshitani, J. and Suvanpimol C.: Effect of Large-scale Reservoir Operation on Flow Regime in the Chao Phraya River Basin, Kingdom of Thailand, Proc. of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW) Conference, July 5-8, 2004, Suntec Singapore International Convention Exhibition Centre, Singapore, vol.1, pp.347-356, 2004.
 18. Tani, M. and Kosugi, K.: On a method for evaluating effects of soil-physical and slope-topographic properties on storm runoff responses in mountainous catchments, *Forests and water in Warm, Humid Asia*, Proceedings of a Workshop of IUFRO Forest Hydrology Working Group (8.03.00), pp. 267-270, 2004.
 19. Mirumachi, N.: "Interlinking Water Management Policies and Politics", Abstract Volume of the 14th Stockholm Water Symposium, August 16-20, 2004, Stockholm, Stockholm International Water

- Institute SIWI, pp. 377-378. 2004.
20. Hori, T., C. Sheng, J. Nakatsuka and T. Hori: Modelling of World Water Dynamics at Continental Scope with World Water Limitations, American Institute of Hydrology 2004 Annual Meeting, Oct. 17-21, 2004.
 21. Takahiro Sayama, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Assessment of dam flood control using a distributed rainfall-runoff prediction system: Proceedings of the International Conference on Monitoring, Prediction and Mitigation of Water-Related Disasters (MPND-2005), 12-15 January 2005, Clock Tower Centennial Hall, Kyoto University, Kyoto, Japan
 22. Herath, S. and A. Pathirana, "Integrated assessment of abc impacts - a gleam case-study," in Proceedings of the International Conference on Sustainable Water Management in the Changing Environment of the Monsoon Region, United Nations University, pp. 141-148, 2004.
 23. Pathirana, A. and S. Herath, "Assessment of atmospheric brown cloud impacts on local climate with a modified mesoscale atmospheric model," in Proceedings of the International Conference on Sustainable Water Management in the Changing Environment of the Monsoon Region, United Nations University, pp. 34-42, 2004.
 24. Pathirana A., S. Herath, and T. Yamada: Investigation of the effects of aerosol radiative forcing on precipitation distributions using a limited-area atmospheric model in an idealized setting," in *Proceedings of second APHW conference, Singapore*, The Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources, pp. 46-52, 2004.
 25. Pathirana A. and T. Yamada: Idealized simulation of orographic rainfall with a mesoscale at-mospheric model," in *Proceedings of the Tenth Asian Congress of Fluid Mechanics, Peradeniya, Sri Lanka*, CDROM, Asian Congress of Fluid Mechanics, 2004.
 26. Swain, D. and S. Herath: "Solar radiation stress assessment in rice production using CERES rice model", Proc. International Conference on Water resources management in changing environment in the monsoon region, Colombo, Sri Lanka, November 17-19, 2004.
 27. Kozan, O., K. Yamada, K. Tanaka, and S. Ikebuchi : Estimation of land use and water usage in the Huaihe river basin from field survey and satellite analysis, Proceedings CD-ROM of the 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, 2004 (CD-ROM).

平成 17 年

【国内】

1. 谷 誠: 森林とその利用が環境保全に及ぼす影響に関する根幹と枝葉, 第 116 回日本森林学会大会, 2005.4
2. 浜口俊雄・川久保愛太・小尻利治・Sina Nasouhi・中北英一: 広大な乾燥地帯を対象とした表面流・地下水流連成解析の問題点と打開策, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.823-832, 2005.
3. 佐山敬洋・菅野浩樹・立川康人・寶 馨: 広域分布型流出予測システムを用いた淀川流域におけるダム群治水効果の分析, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.15-24, 2005.
4. 寶 馨: 水循環変動の影響とその評価, 地球規模水循環変動研究イニシャティブ・シンポジウム「水循環変動研究の最前線と社会への貢献」, 東京大学駒場リサーチキャンパス・先端科学技術研究センター, 2005 年 5 月 23 日.
5. Shen Chiang, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Methodology for hydrologic model quantitative comparison - An example by using SFM and TOPMODEL, 平成 17 年度土木学会関西支部年次学術講演会, II-1, 2005 年 5 月 29 日.
6. 可児良昭・寶 馨・立川康人・佐山敬洋 : 森林の「緑のダム」機能による洪水緩和効果, 平成 17 年度土木学会関西支部年次学術講演会, II-3, 2005 年 5 月 29 日.
7. 菅野浩樹・佐山敬洋・立川康人・寶 馨 : 淀川流域における貯水池ダムが治水に果たす役割の定量評価, 平成 17 年度土木学会関西支部年次学術講演会, II-5, 2005 年 5 月 29 日.
8. 平田智行・佐山敬洋・立川康人・寶 馨 : 淀川流域における広域分布型長期流量予測モデルの開発, 平成 17 年度土木学会関西支部年次学術講演会, II-12, 2005 年 5 月 29 日.
9. 谷 誠・小杉賢一朗: 山腹斜面の土壌・地形特性が雨水貯留機能に及ぼす影響の定量的評価, 水文・水資源学会 2005 年度研究発表会, pp. 38 - 39, (7), 2005 年 8 月 3 日.
10. Shen Chiang, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Hydrologic model quantitative comparison, 水文・水資源学会 2005 年度研究発表会, pp. 34 - 35, (15), 2005 年 8 月 3 日.
11. 手計太一・吉谷純一: 公開用 PUB 研究データベースの構築と水文資料の品質, 水文・水資源学会 2005 年度研究発表会, pp.42-43, (19), 2005 年 8 月 3 日.

12. Nasouhi, S., Kojiri, T. and Hamaguchi, T.: Generalized Piston Flow Approach for Conjunctive Simulation of Surface and Ground Water Inflow, 水文・水資源学会 2005 年度研究発表会, pp. 66-37, 2005 年 8 月 5 日.
13. 中畠 遼・清家桂太・堀野治彦・中桐貴生・荻野芳彦:ため池における底泥を介した窒素動態の推定—岸和田市神於山地区傍池を事例として—, 平成 17 年度農業土木学会大会講演会, 2005 年 8 月
14. 中村公人・谷口麻紀・三野 徹・齋藤禎一・田中千尋・山本 新:排水位管理による転作田からの窒素流出削減効果, 平成 17 年度農業土木学会大会講演要旨集, pp.272-273, 2005 年 8 月
15. 濱 武英・中村公人・三野 徹・折立文子:琵琶湖沿岸低平地水田における濁水負荷軽減対策の評価, 平成 17 年度農業土木学会大会講演要旨集, pp.292-293, 2005 年 8 月
16. 高田知佳・中村公人・三野 徹:琵琶湖沿岸水田域における循環灌漑と浄化型幹線排水路の環境負荷削減効果, 平成 17 年度農業土木学会大会講演要旨集, pp.294-295, 2005 年 8 月
17. 竹下伸一・三野 徹・秋吉康弘:ニューラルネットワークを用いたため池の気候緩和機能量の検討, 平成 17 年度農業土木学会大会講演会, 2005 年 8 月
18. 立川康人・田窪遼一・佐山敬洋・寶 馨:2004 年福井豪雨の洪水流出計算と中小河川流域の治水計画に関する考察, 平成 17 年度土木学会全国大会, 2-022, 2005 年 9 月 7 日.
19. 平田智行・佐山敬洋・立川康人・寶 馨:淀川流域における広域分布型長期流量予測モデルの開発, 平成 17 年度土木学会全国大会, 2-024, 2005 年 9 月 7 日.
20. 手計太一・吉谷純一:土地利用・農業生産・人口の変動と河川流況の関係に関する一考察, 平成 17 年度土木学会全国大会, 2-022, 2005 年 9 月 7 日.
21. 菅野浩樹・佐山敬洋・立川康人・寶 馨:淀川流域におけるダム貯水池が治水に果たす役割の定量評価, 平成 17 年度土木学会全国大会, 2-275, 2005 年 9 月 9 日.
22. 坂本麻衣子・萩原良巳・畑山満則:吉野川第十堰問題におけるプレイヤー設定に関する研究, 平成 17 年度土木学会全国大会, 4-065, 2005 年 9 月 9 日.
23. 亀井真咲・堀野治彦・中桐貴生:ため池を有する流域の洪水緩和評価—大阪府岸和田市神於山地区を事例として—, 農業土木学会京都支部第 62 回研究発表会, 2005 年 10 月
24. 中川朋子・中村公人・三野 徹・竹下伸一:農業用ため池における濁質の挙動, 第 62 回農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, pp.64-65, 2005 年 10 月
25. 濱 武英・中村公人・三野 徹:循環灌漑および浄化型幹線排水路による濁水負荷軽減, 第 62 回農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, pp.66-67, 2005 年 10 月
26. 池谷拓二・中村公人・三野 徹・竹下伸一:夏期晴天日におけるため池の水溫構造特性, 第 62 回農業土木学会京都支部研究発表会講演要旨集, pp.128-129, 2005 年 10 月
27. 竹下伸一・三野 徹:都市域の気温分布に与える農地・ため池の影響, 農業環境工学関連学会合同大会, 2005 年
28. 坂本麻衣子・萩原良巳:プレイヤー設定プロセスを考慮したコンフリクト分析に関する研究, 日本地域学会 第 42 回(2005 年)年次大会, 2005 年 10 月 8 日.
29. 坂本麻衣子・萩原良巳:コンフリクトにおける合意形成と均衡解の安定性に関する考察, 第 32 回土木計画学研究発表会(秋大会), 2005 年 12 月 3 日.
30. Yasuto Tachikawa: Flood prediction in Japan and PUB (Prediction in Ungauged Basins), Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, vol. 50, K-4 (土木学会第50回水工学講演会、特別講演セッション K-4).
31. 寶 馨:気候変動の水災害への影響, ダム工学会 15 周年記念(第 11 回)講習会—ダムに求められること—概要集, 東京・星陵会館, ダム工学会, 2006 年 1 月 20 日.
32. 坂本麻衣子・奥村順平・萩原良巳・畑山満則:吉野川可動堰問題におけるプレイヤー選出とコンフリクト分析, 土木学会関西支部年次学術講演会, IV-32, 2005.
33. 坂本麻衣子・萩原良巳:プレイヤーの態度変化とコンフリクトの展開に関する研究, 第 31 回土木計画学研究発表会(春大会), 2005.
34. 萩原良巳・坂本麻衣子:水資源の社会リスクとコンフリクト, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 2006.
35. 坂本麻衣子・萩原良巳:コンフリクトマネジメントと均衡状態に関する考察, 京都大学防災研究所研究発表講演会, 2006.
36. 手計太一, 吉谷純一:社会変動と水循環の相互作用評価に関する基礎的研究, 第 33 回土木学会

関東支部技術研究発表会講演概要集, II - 17. 2006.

37. Shen Chiang, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Uncertainty Recognition and Quantification of Hydrologic Prediction, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.33-42, 2005.
38. Dayong Shen, Kaoru Takara and Yasuto Tachikawa: 3D Simulation of Overland Flow, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.25-31, 2005.
39. Roshan Shrestha, Takahiro Sayama, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Use of Disaggregated Rainfall Data for Distributed Hydrological Modeling in Yodo River Basin, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.43-51, 2005.

【国外】

1. Shen Chiang, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Hydrologic model evaluation and comparison through uncertainty recognition and quantification, VIIth IAHS Scientific Assembly, Foz do Iguassu, Brazil, S7.2, April 5, 2005.
2. Takahiro Sayama, Yasuto Tachikawa, Kaoru Takara, and Yutaka Ichikawa: Distributed rainfall-runoff analysis in a flow regulated basin having multiple multi-purpose dams, VIIth IAHS Scientific Assembly, Foz do Iguassu, S7.6, Brazil, April 8, 2005.
3. Srikantha Herath: Role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management, Presentation at the Transboundary Training Workshop, AIT, June 6, 2005.
4. Assela Pathirana: Recent Development of Computer-Software related to GCM and Meso-scale Rainfall Simulation, Abstract published in the Conference proceedings, 2005. Asia Science Council special session on software for hydrological cycle, Daiwoo Hotel, Hanoi, Vietnam, May 11, 2005.
5. Herath, S. (2005) Transboundary Cooperation for scientific understanding of Mekong Basin Water Cycle, in "Role of water sciences in transboundary river basin management", RNUS, School of Civil Engineering, ed. Herath et. al, AIT, ISBN 974-8202-94-1, pp 231-238.
6. Pathirana A., S. Herath, T. Yamada, and D. Swain, (2005) Hydrometeorological input for improving flood forecasting in the mekong: Development of a real-time rainfall forecasting system., in "Role of water sciences in transboundary river basin management", RNUS, School of Civil Engineering, ed. Herath et. al, AIT, ISBN 974-8202-94-1,
7. Swain, D. K. S. Herath, A. Pathirana, R. Shibasaki, and R. N. Dash (2005) Simulating the impact of climatic change on rice yield under rainfed lowland situation. In. 35th Biological Systems Simulation Conference, April 19-21, 2005, Phoenix, Arizona, USA
8. Swain, D. K. and S. Herath, A. Pathirana, and B. N. Mittra (2005) Rainfed lowland and flood prone rice: A critical review on ecology and management technology for improving the productivity in Asia, International Symposium on Role of Water Science in Transboundry River Basin Management, AIT, ISBN 974-8202-94-1, pp. 201-211.
9. NMNS Bandara Nawarathna, Kaoru Takara, Yasuto Tachikawa: Fresh water resources distribution of lower Mekong region: distributed hydrological modeling approach, Institutions for Sustainable Watershed Management: Reconciling Physical and Political Ecology in the Asia-Pacific, American Water Resources Association (AWRA) 2005 Summer Specialty Conference, Honolulu, Hawaii, USA, Co-Chaired by K. Takara, J.K. Levy and J. Moncur, June 27-29, 2005.
10. Srikantha Herath and Assela Pathirana: Rainfall Downscaling from Global to Local Scales for the Mekong Basin, Presentation at the Workgroup Meeting on Mekong Research Directions, Bangkok, Thailand, June 7, 2005.
11. Mikiyasu Nakayama: Rent Scheme as Alternative Compensation Method for Resettlers, AOGS 2005 (Asia Oceania Geosciences Society's 2nd Annual Meeting), Session "HS10 Dams and Development", Singapore, June 21, 2005.
12. Ryo Fujikura: A Possible Role of a Donor toward Appropriate Environmental Management of Dam Projects - A Case Study in Indonesia -, AOGS 2005 (Asia Oceania Geosciences Society's 2nd Annual Meeting), Session "HS10 Dams and Development", Singapore, June 21, 2005.
13. Jagath Manatunge: Provision of alternative livelihoods for project-affected communities: examples from dam projects, AOGS 2005 (Asia Oceania Geosciences Society's 2nd Annual Meeting), Session "HS10 Dams and Development", Singapore, June 21, 2005.
14. Werellagama, D.R.I.B., Herath, L., Manatunga, J. and Nakayama, M.: Health & Sanitation Aspects of Communities Displaced by the Mahaweli Multipurpose Development Project - Sri Lanka, AOGS 2005 (Asia Oceania Geosciences Society's 2nd Annual Meeting), Session "HS10 Dams and Development", Singapore, June 21, 2005.
15. Yasuto Tachikawa, Ryoichi Takubo and Kaoru Takara: Heavy Flood Discharge Prediction in Fukui Rainfall Disaster 2004 in Japan and Prediction in Ungauged Basin, Second Annual Meeting of Asia

- Pacific Geoscience Society (AOGS), Session "HS06 Flood Disaster Management", June 20-24, 2005, Singapore.
16. Kaoru Takara: Extreme water-related disasters: How can we cope with?, Second Annual Meeting of Asia Pacific Geoscience Society (AOGS), Session "HS08 Climate Variability and Extreme Events", June 20-24, 2005, Singapore.
 17. Naruhiko Takesada: Long-term Consequences of Resettlement for Dam Construction Project in Japan, AOGS 2005 (Asia Oceania Geosciences Society's 2nd Annual Meeting), Session "HS10 Dams and Development", Singapore, June 21, 2005.
 18. Tebakari, T. and Fukami, K.: Impact of Large Scale Reservoirs Development on Hydrological Regime in Chao Phraya River Basin, Kingdom of Thailand, Second Annual Meeting of Asia Pacific Geoscience Society (AOGS), June 20-24, 2005, Singapore.
 19. Assela Pathirana: Anthropogenic Haze and Climatic Change in Monsoon Asia, Research briefing on CREST activities on Climate Change to the Nepalese delegation, including H.R.H. the Crown Prince of Nepal and H.E. Dr. R. Vaidya, Ambassador of Nepal, United Nations University, Tokyo, Japan, 2005.7.13
 20. Assela Pathirana and Srikantha Herath: Global Resources for Local Hydrology -- the Case of Rainfall, UNU internal workshop briefing on CREST research on atmospheric input for flood warning, July 11, 2005.
 21. Okada, N. and Matsuda, Y.: Participatory Community Diagnosis for Sustainable Disaster Preparedness, A Japanese Case Station, The Association of European Schools of Planning (AESOP) 2005, July 14-16, 2005, Vienna.
 22. Hajime Nakagawa, Yoshifumi Satofuka, Yasunori Muto, Satoru Oishi, Takahiro Sayama and Kaoru Takara: Sediment Runoff in the Brantas River Basin after the Eruption of Mt. Kelude 1990, First International Workshop on Water and Sediment Management in Brantas River Basin, July 28-29, 2005, Batu, East Java, Indonesia.
 23. Masaharu Fujita, Yoshifumi Satofuka and Shinji Egashira: Sediment Runoff in the Brantas River Basin after the Eruption of Mt. Kelude 1990, First International Workshop on Water and Sediment Management in Brantas River Basin, July 28-29, 2005, Batu, East Java, Indonesia.
 24. Kaoru Takara: Application of Remote Sensing and GIS to Flood and Sediment Runoff Prediction, First International Workshop on Water and Sediment Management in Brantas River Basin, July 28-29, 2005, Batu, East Java, Indonesia.
 25. Takahiro SAYAMA: On sediment yield and transport in the Lesti River basin, -Experiences from field observations and remotely sensed data-, First International Workshop on Water and Sediment Management in Brantas River Basin, July 28-29, 2005, Batu, East Java, Indonesia.
 26. Maiko Sakamoto, Yoshimi Hagihara and Michinori Hatayayama: Process of Setting Player for Conflict Analysis in a Water Resources Development, 第19回環太平洋地域学大会機構国際大会, 2005年7月26日.
 27. Sakamoto, M., Hagihara, Y. and Hipel, K. W.: Coordination Process by Third Party in the Conflict Between Bangladesh and India over Regulation of the Ganges River, IEEE International Conferences on Systems, Man and Cybernetics, Waipio, Hawaii, October 10, 2005.
 28. Mikiyasu Nakayama and Kumi Furuyashiki: Renting Land under Water - An Alternative Compensation Scheme, International Workshop "Resettlement Issues by Dam Development", 9 September 2005, Quality Hotel Bandara, Jakarta.
 29. Jagath Manatunge: Compensating resettlers of dam projects for lost livelihoods with alternative options, International Workshop "Resettlement Issues by Dam Development", 9 September 2005, Quality Hotel Bandara, Jakarta.
 30. Srikantha Herath: Catastrophic Floods: Hidden vulnerability of urban centers, IUGG commission on monitoring cities of tomorrow, Tokyo, 17 September 2005.
 31. Naruhiko Takesada: Japanese Experiences of Resettlement for Dam Construction Project - Case of New Village Building, International Workshop "Resettlement Issues by Dam Development", 9 September 2005, Quality Hotel Bandara, Jakarta.
 32. Kojiri, T., Hori, T., Nakatsuka, J. and Chong, T.-S.: World Continental Modeling Considering Water Resources Using System Dynamics, Proc. XXXI IAHR Congress, CD-ROM, 2005.
 33. Tebakari, T. and Fukami, K.: Effect of large-scale human activities on flow regime in river watershed; a case study in Chao Phraya River, Proceedings of XXXI IAHR CONGRESS, pp. 3620-3628, 2005.
 34. Tani, M. and Kosugi, K.: Perspective on effects of soil/topographic properties on rainfall-runoff responses from hillslope using a concept of water storage index, Slope Inter-comparison

- experiment (SLICE), A PUB Workshop by IAHS, 26 September 2005.
35. Nakamura, K., T. Hama, and T. Mitsuno: Assessment of Environmental Loadings from Paddy Field District as Affected by Cyclic Irrigation Management Practice, Proceeding of 2005 International Conference on Paddy and Water Environment, pp.13-20, Nov. 2005
 36. Hama, T., K. Nakamura, and T. Mitsuno: Evaluation of Measures to Reduce Murky Water Load in Riparian Low-lying Paddy Fields around Lake Biwa, Proceeding of 2005 International Conference on Paddy and Water Environment, pp.139-145, Nov. 2005
 37. Nakagawa, H., Satofuka, Y., Muto, Y., Ohishi, S., Sayama, T. and Takara, K.: On sediment yield and transport in the Lesti River basin, a tributary of the Brantas River, Indonesia,-Experiences from field observations and remotely sensed data-, Proc. of the International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, December 1, 2005.
 38. Takahiro Sayama, Kaoru Takara and Yasuto Tachikawa: Application of a distributed rainfall-sediment-runoff model to the Upper Brantas River basin, Indonesia, Proc. of International Symposium on Ecohydrology, Bali, Indonesia, Nov. 2005, IHP-VI, Technical documents in Hydrology, no. 4, pp. 71-76, 2005.
 39. Yasuto Tachikawa: Flood disaster mitigation/prevention and prediction in ungauged basins, PUB, Proc. of International Symposium on Hydrological Environment, International Hydrologic Environmental Society, Daegu, Korea, pp. 107-116, 2005.
 40. Nakayama, M. (2005): Overseas Development Aid from Hydropolitical Viewpoints: Case of Aral Sea, International Workshop "Governance of Transboundary Waters", 6-7 June 2005, Bangkok, Thailand
 41. Yorozu, K., K. Tanaka, and S. Ikebuchi : Estimation of global distribution of required water for irrigation using SiBUC, Proc. of XII World Water Congress, 2005, 17pp. (CD-ROM).
 42. Fujimoto, M., Tani, M., Nhte, N., Kawasaki, M., Mimasu, Y. and Nakamura S.: Effects of Hillslope Topography on Hydrological Responses in a Weathered Granite Mountain, Slope Inter-comparison Experiment (SLICE), A PUB Workshop by IAHS, September 26, 2005.

平成 18 年

【国内】

1. 坂本麻衣子・萩原良巳;コンフリクトにおける階層システムに関する基礎的研究, 第 33 回土木計画学研究発表会(春大会), 2006.
2. Sakamoto, M. and Hagihara, Y.; A Consideration on Hierarchical Conflict System, 4th IIASA-DPRI Forum on Integrated Disaster Risk Management, 2006.
3. Sakamoto, M. and Hagihara, Y.; Social Stability and Mathematical Stability in Conflict Management, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. -, 2006. (発表確定)
4. 川島健一・多々納裕一・畑山満則: 地域コミュニティを対象とした水害リスクコミュニケーション支援システムの開発, 情報処理学会第 68 回全国大会講演論文集, CD-ROM, 2006.
5. 手計太一, 吉谷純一, 平野文昭: 社会変化と水循環の相互作用評価マトリックスの構築に関する基礎的検討, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-73, 2006.
6. 田崎邦明・市川 温・堀 智晴・椎葉充晴: 水災害危険度情報の提供による流域管理政策の費用便益評価に関する研究, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, IV-53, 2006.
7. 沼間雄介・市川 温・堀 智晴・椎葉充晴: 水災害危険度に基づく建設規制政策の費用便益評価に関する研究, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, IV-50, 2006.
8. 増田亜未加・佐山敬洋・立川康人・寶 馨: 地球温暖化に伴う河川流量の変動と洪水管理に関する研究, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-20, 2006.
9. Sunmin KIM, Yasuto TACHIKAWA, Kaoru TAKARA: Probabilistic Flood Forecasting Using Weather Radar and Distributed Hydrologic Model- Case Study of Typhoon Rusa, 2002-, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-11, 2006.
10. 可児良昭・佐山敬洋・立川康人・寶 馨: 広域分布型流出モデルを用いた実時間河川流量予測システムの開発, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-10, 2006.
11. Le minh NHAT, Yasuto TACHIKAWA, Kaoru TAKARA: Establishment of Intensity-Duration-Frequency curves for precipitation in the monsoon area of Vietnam, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-9, 2006.
12. Carlo MONDONEDO, Yasuto TACHIKAWA, Kaoru TAKARA: Poisson Rectangular Pulse Rainfall Modeling for Design Flood, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-8, 2006.

13. Giha LEE, Yasuto TACHIKAWA, Kaoru TAKARA: Parameter Sensitivity Analysis and Automatic Calibration for a Distributed Hydrological Model, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-6, 2006.
14. Yatuto TACHIKAWA, APIP, Takahiro SAYAMA, Kaoru TAKARA: Estimating Watershed Runoff and Sediment Yield Using Physically Based Distributed Hydrological Model (Case Study of the Upper Citarum Watershed-Indonesia), 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-5, 2006.
15. 辰巳恵子・佐山敬洋・立川康人・寶 馨: 分布型降雨流出モデルにおける雨水移動の時空間履歴追跡手法に関する研究, 第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集, II-4, 2006.

【国外】

1. Michinori Hatayama, Kenichi KAWASHIMA and Hirokazu TATANO: A Flood Risk Communication Support System to Promote Safe Autonomous Evacuation, The Sixth DPRI-IIASA Forum on Integrated Disaster Risk Management, 2006.
2. Michinori Hatayama, Hirokazu Tatano and Kenichi Kawashima: Development of flood risk communication support system and its evaluation, The 20th Workshop on Complex Systems Modeling, 2006.
3. Tebakari, T., Yoshitani, J. and Suvanpimol, C., 2006: Assessment on large scale reservoir management in the Chao Phraya River basin, Thailand, Proc. of the 3rd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources Conference, ST1-03-A18-200.
4. Sakamoto, M. and Hagihara, Y.: A Consideration on Hierarchical Conflict System, Proc. of 4th IIASA-DPRI Forum on Integrated Disaster Risk Management, Istanbul, 2006.
5. Sakamoto, M., Fukushima, Y., Sakai, A., Takahashi, K., Md. Tofayel Ahmad and Hagihara, Y.: Some Ideas on Arsenic Disaster Mitigation from a Social Environmental Aspect, Seminar on Rural Development: An International Perspective, Kolkata, India, 2006

③ ポスター発表 (国内会議 5 件、国際会議 1 件)

平成 17 年

【国内】

1. Shen Chiang, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Uncertainty Recognition and Quantification of Hydrologic Prediction, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.33-42, 2005.
2. Dayong Shen, Kaoru Takara and Yasuto Tachikawa: 3D Simulation of Overland Flow, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.25-31, 2005.
3. Roshan Shrestha, Takahiro Sayama, Yasuto Tachikawa and Kaoru Takara: Use of Disaggregated Rainfall Data for Distributed Hydrological Modeling in Yodo River Basin, 京都大学防災研究所年報, 第 48 号 B, pp.43-51, 2005.

【国外】

1. Fujimoto, M., Tani, M., Nhte, N., Kawasaki, M., Mimasu, Y. and Nakamura S.: Effects of Hillslope Topography on Hydrological Responses in a Weathered Granite Mountain, Slope Inter-comparison Experiment (SLICE), A PUB Workshop by IAHS, September 26, 2005.

(4)特許出願

なし

(5)受賞等

①受賞

坂本麻衣子	平成 15 年日本地域学会 学会賞「奨励賞」受賞
Nawa Raj Pradhan	平成 17 年度土木学会 水工学論文奨励賞
Roshan K. Shrestha	平成 17 年度水文・水資源学会 論文奨励賞
佐山敬洋	平成 17 年度土木学会 論文奨励賞

②新聞報道

なし

③その他

なし

(6)その他特記事項

セル分布型モデルが日本気象協会によって試行的に利用されている。

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
平成14年7月15日	平成14年度第1回全体会議	京都大学 防災研究所	17名	平成14年度における各グループ、分担者の研究計画に関する打ち合わせ
平成14年12月26日	平成14年度第2回全体会議	京都大学 防災研究所	20名	平成14年度における研究の進捗報告
平成15年3月13～15日	First International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia and Pacific Region (APHW2003) 第1回アジア太平洋水文水資源国際会議「アジア太平洋地域における水文水資源に関する国際会議」	京都大学 百周年時計台記念館	275名	アジア太平洋地域における水文水資源に関して研究発表・情報交換を行った
平成15年7月7～11日	International Symposium on Weather Radar Information and Distributed Hydrological Modelling 国際水文科学協会 (IAHS)シンポジウムワークショップ「気象レーダー情報と分布型水文モデル」	札幌	約80名	気象レーダー情報と分布型水文モデルについて情報交換および議論した
平成15年7月22日	平成15年度第1回チーム全体会議	京都大学 防災研究所	20名	進捗状況の報告とH15年度計画の打合せ
平成15年8月11～14日	The 13th Stockholm Water Symposium “Role and Governance Implications of Virtual Water Trade” ”ストックホルム水シンポジウムワークショップ「仮想水貿易の役割とガバナンスの意義」(CREST後援)	ストックホルム	100名	水資源の間接貿易の役割とガバナンスについて研究発表・情報交換を行った
平成16年1月6日	平成15年度第2回チーム全体会議	京都大学 防災研究所	18名	進捗状況の報告とH16年度計画の打合せ

平成16年7月 6～7日	第2回アジア太平洋水文水資源国際会議 (APHW2004) 特別セッションJS02「水災害」“Water-Related Disasters session” 特別セッションJS07「ダムの影響」“Impacts of Dams session” JS08「国際水問題」“International Waters session”	サンテック 国際会議展示センター (シンガポール)	140名	水害リスクの予測手法、ダム建設に伴う社会影響とその評価、国際河川における開発がもたらす水循環への影響評価に関する3つの分科会を開催し情報交換を行った。
平成16年7月 10～12日	「アジア湿潤地域の森林と水」ワークショップ “Forests and Waters in Warm, Humid Asia” 湿潤アジアの森林と水に関する諸問題を討議する	ステラハーバーリゾート (マレーシア・コタキナバル)	約90名	アジア各国、欧米からの参加を得て、森林水文学の研究動向に関して議論した。
平成16年11月 17～19日	モンスーン地域の環境変化下における持続可能な水資源管理に関する国際会議	バンダラナキアメモリアル国際会議場 (スリランカ・コロンボ)	約200名	モンスーン地域の水循環を合理的に管理する手法や政策に関する93編の論文を集め、アジア地域の諸問題の相互理解を深めた。
平成17年1月 12～15日	水災害の監視・予測・軽減に関する国際会議	京都大学 百周年時計台記念館	146名	洪水や水資源のリスクを監視・予測・軽減する手法や政策について26か国131論文を集め、アジア地域の諸問題の相互理解を深めるとともに、協力体制の構築を図った。
平成17年3月 10～12日	越境河川流域における水科学の役割に関する国際シンポジウム	トーサンコンジウムリゾート (ウボンラチャタニ)	65名	40編以上の発表があり、メコン川流域における越境水利用に関する開かれた議論を行うための科学者の独立した委員会を構成することが合意された。
平成17年6月 6日	Special session in Transboundary water management in MTERM conference	アジア工科大学(タイ)	20名	国際河川管理に関する特別トレーニングセッションをアジア工科大学との共同で開催し、主に中国におけるメコン川流域の管理についての討論を行った。
平成17年6月 6日～7日	Working group meeting on scientific collaboration in the Mekong Basin	アジア工科大学(タイ)	15名	メコン川流域に関する共同研究のネットワークを設立するためのミーティング。

平成 17 年 6 月 15 日	平成 17 年度第 1 回チーム会議	京都大学 防災研究所	12 名	・平成 16 年度の中間評価について ・平成 17 年度の研究計画について ・各グループからの報告 ・最終年度の取りまとめに向けての議論
平成 17 年 6 月 20 日～22 日	CREST 水循環ワークショップ in Singapore	サンテック国際会議展示センター(シンガポール)	25 名	寶、鈴木、砂田、永田チーム合同での横断的研究討議を行った
平成 17 年 6 月 21 日	Special Session "Dams and Development", Second Annual Meeting of the Asia-Oceania Geosciences Society (AOGS2005),	サンテック国際会議展示センター(シンガポール)	40 名	ダム建設に伴う移転問題を以下に扱うかに関して発表と討論が行われた
平成 17 年 7 月 13 日	Research briefing on CREST activities on Climate Change to the Nepalese delegation, including H.R.H. the Crown Prince of Nepal and H.E. Dr. R. Vaidya	ネパール	18 名	メコン川流域研究の一環で実施している, 人為的影響を考慮した降雨モデリングに関連して, 大気汚染が流域水循環に与える影響の研究討議を行った。
平成 17 年 7 月 22 日	UNU internal workshop briefing on CREST research on atmospheric input for flood warning.	国連大学	18 名	オンライン降雨予測システムと水文予測システムの統合について, 研究討議を行った。
平成 17 年 9 月 9 日	International Workshop "Resettlement Issues by Dam Development"	ジャカルタ	10 名	インドネシア, スリランカ, 日本の水没移転事例から得られる知見と教訓について意見交換が行われた。
平成 17 年 9 月 14 日	平成 17 年度第 2 回チーム会議	京都大学 防災研究所	10 名	各グループからの報告
平成 17 年 12 月 10 日～15 日	International Symposium on Expanding Transboundary Cooperation for Water and Environment Security in Asia's International Rivers	中国大理市	80 名	メコン川流域における水文環境と全ての政党が合意できる水資源開発について意見を交換した。
平成 17 年 1 月 11 日	平成 17 年度第 3 回チーム会議	東京八重洲ビル	9 名	各グループからの報告
平成 18 年 2 月 2 日	愛知県新川流域における地域の避難体制づくりワークショップ	豊和工業株式会社 厚生会館	23 名	愛知県新川流域住民への水害リスクコミュニケーションシステムを用いたワークショップ
平成 18 年 2 月 3 日	愛知県新川流域における地域の避難体制づくりワークショップ	社会福祉協議会「憩いの家」	15 名	愛知県新川流域住民への水害リスクコミュニケーションシステムを用いたワークショップ

平成 18 年 3 月 27 日	愛知県新川流域における地域の避難体制づくりワークショップ	清須市旗本地区コミュニティセンター	23 名	愛知県新川流域住民への水害リスクコミュニケーションシステムを用いたワークショップ
平成 17 年 3 月 14 日	平成 17 年度第 4 回チーム会議	京都大学防災研究所	10 名	平成 17 年度報告と平成 18 年度の計画について
平成 18 年 3 月 27 日	Seminar on River Basin Environment Assessment with Social Change and Water Cycle	京都大学防災研究所水資源研究センター演習室	27 名	下記の課題に関して、発表・討議を行った。 ・地球温暖化の環境への影響評価 ・一般均衡モデルモデルを用いた世界水動態 ・GCM データのダウンスケーリングと水資源分布 ・流域内での化学物質の動態と生態環境 ・AI 手法を用いた短長期流出予測
平成 18 年 3 月 28 日	International Workshop on Integrated River Basin Management under a Changing World	京都大学芝蘭会館	35 名	水資源問題においては、水量、水質、生態、環境、社会活動を考慮することが求められている。そこで、関連する国際学会と世界の異なる地域（アジア、アフリカ、欧州、アメリカ、豪州）に関係する先鋭的な研究者を招聘し、変動する気候、社会環境下での総合流域管理について議論した。
平成 18 年 5 月 9 日	平成 18 年度第 1 回チーム会議	京都大学防災研究所	15 名	最終年度とりまとめについて
平成 18 年 7 月 31 日	平成 18 年度第 2 回チーム会議	京都大学防災研究所	10 名	最終年度とりまとめについて
平成 18 年 10 月 25 日	愛知県新川流域における地域の避難体制づくりワークショップ	清須市旗本地区コミュニティセンター	36 名	愛知県新川流域住民への水害リスクコミュニケーションシステムを用いたワークショップ
平成 18 年 12 月 12 日	「社会変動と水循環の相互作用評価モデルの構築」成果報告シンポジウム	虎ノ門パストラル	33 名	研究成果報告のワークショップ

8 結び

本研究は、多種多様な社会の変動要素を水循環と関連づけて、両者の相互作用を明らかにするとともに、我が国の水に関する政策や国際貢献にいささかなりとも有用な知見や提言を導出しようと試みたものである。その究極的な目標とするところは、

- ・日本及びアジア発の学術的リーダーシップを確立する
- ・長期的視点に立った国際水管理戦略に関する提言を行う
- ・危機に瀕する水問題への日本の貢献の在り方を明らかにする

といったものであった。この研究目標自体は、戦略的創造研究事業（CREST）にふさわしいものであるとの評価を採択時及び中間評価時にいただいたが、難しいチャレンジングな課題であって、5年経過した今なお、掲げた目標に十分到達し得たとは言いにくい状況である。

しかしながら、本報告書に記述してきたように、本チームに所属するメンバーは、それぞれ個々に具体的な成果を得ており、社会変動と水循環の相互作用を十分に意識した有意義な研究展開をなしたと考えている。特に以下の諸点では大きな成果が上がったと考えている。

（１）淀川における山腹斜面表層の効果をも取り込んだ50～250mの空間分解能を持つグリッドセルを基本とする水循環モデル（寶・児島らのセル分布型モデル）やオブジェクト指向型のモデル構築システム（椎葉・市川らのOHyMOS）は、日常的にウェブ上で公開しているものであって、電力会社やコンサルタント会社からの引き合いもあり、今後のモデルの高度化・実用化に向けて極めて有用なモデルプロダクトを生み出せたと自負している。

（２）淀川ではさらに、国土交通省の協力を得て、数十箇所の観測地点における過去数十年間の雨量・水位データ、大雨時の深山レーダー雨量計データを収集、データセット化して水循環解析に利用できるようにしている。また、吉谷・手計らは、チャオプラヤ川において長期に亘る多地点の気象水文観測データを整理した。これらも立派な研究プロダクトであると言える。

（３）本研究で構築した琵琶湖・淀川流域の水循環モデルは、国土交通省の協力による光ファイバーケーブルとリアルタイム水文観測情報を利用したオンライン洪水予測計算システム（立川ら）に組み込まれており、一級河川基準点のみならず、中小河川の洪水予測も可能になったので、今後、大学から詳細な洪水予測情報を提供することが可能となってきた。

（４）中国の淮河流域では、田中を中心として、多数回に亘る現地踏査とデータ収集、現地からの研究者招聘により、中国からの得難いデータを整備した。従来、データの入手が困難な大陸のデータは、米国等の人工衛星データやDEM（数値地形情報）に依存することが多かったが、多数回に亘る現地踏査とヒアリング等に基づく研究の結果、衛星データによる土地利用・土地被覆の精度は必ずしも十分ではなかったことが明らかにでき、それを修正するような地表面状態の時系列データを作成することができた。これも大きな成果であると言えよう。

（５）水循環と社会変動の相互作用は、岡田を中心としたチームにより、水害リ



水災害の監視・予測・軽減に関する国際会議（MPMD-2005）

スクコミュニケーションシステムの開発とそれらを用いた住民とのリスクコミュニケーション技法について検討が行われた。また、小尻を中心とするチームは、水資源と社会の相互関係を軸にしたダイナミクスモデルを開発し新たな知見を得た。水循環と社会変動の相互作用は、新たな環境直接支払制度の中で、新たな展開が始まろうとしている。

(6) 国総研のグループは、アジアモンスーン地域の国々(9ヶ国)を歴訪し、治水・利水対策、技術、法制度などについて系統的に調べ上げた。また、これまで日本が実施してきた治水・利水対策が、適用可能か検討し整理した。従来、国内問題を中心に扱ってきた国土交通省が新たな国際展開を図っており、本研究がその一端を担えたことは大変意義深いことと言えよう。

(7) 中山・萩原らのグループは、コスタリカ、インド、バングラデシュ、インドネシア、スリランカ、トルコなどを対象として、国際河川における堰の設置や取水・洪水予報に関わる国際紛争、ダム事業・広域灌漑事業の地域への影響評価などについて文献調査、関係者からの聞き取り、および現地調査を行い、現地主義に基づく、今後の同種の水循環関連事業を進める上で参考となる有益な知見を得た。

(8) 新しいアプローチとして、「バーチャル・ウォーター」の量的側面のみでなく、政策的観点、国際関係的観点からアフガニスタンへの「バーチャル・ウォーター」への供与がアラル海流域関係国間の係争を防ぐ役割を果たしていることを明らかにした。これも有意義な成果であると言えよう。

(9) 多数の国際会議やシンポジウムを国内外で開催した。これにより、種々の知見や情報を得るとともに、新しい人的ネットワークが形成され、また、拡大された。今後、我が国が、研究面のみならず政策面においても種々の展開を図る上で有形無形の財産が形成されたのではないかと考える。

(10) 本研究実施中に、若手研究者が良い研究成果を上げた。この水循環研究を通じて、学位を取得し、大学や研究機関の専任の研究者としてプロモートされた人材を多数輩出できた。また、論文奨励賞などの学会賞を受けた人が4人も出たことは大きな喜びである。

最後に、科学技術振興機構ならびに水循環事務所の諸氏には、多大なお世話をいただいた。特に、当チームは、多機関の混成チームであり、外国人も混じっている上に、海外からの招聘や派遣の数もひときり多かったと思われる。煩瑣な手続きを快く、時には、工夫を凝らしながら実現していただいたご尽力に敬意と感謝を表したい。