

地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野 「気候変動の適応又は緩和に資する研究」領域)

気候変動に対する水分野の適応策立案・実施支援システムの構築

(タイ王国)

平成22年度実施報告書

代表者: 沖 大幹

東京大学生産技術研究所・教授

<平成 20 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

本研究は、タイ国カセサート大学らと連携して、水災害リスク評価並びに気候変動や土地利用変化に伴う水循環変動の継続的監視のための水文気象観測網を強化し、水災害予測や統合的水資源管理支援のための水循環・水資源モデルを設計開発し、これら観測とモデルを統合して、効果的な水資源管理・水災害管理・水環境管理にも役立つ水循環情報統合システムをタイ国に構築し、水分野における気候変動への適応策立案・実施支援システムを確立することが目的である。

本スキームで国際共同研究プロジェクトを行うのは日本側およびタイ側研究者のみならず JST および JICA にとっても初めてのことであり、これまで本プロジェクトに関する相互理解を深めることに努め、タイ国における本プロジェクトの効果的な進め方を協議してきた。しかし、残念ながらタイ側プロジェクト運営側と十分な相互理解を深めるまでに至れなかった。また、タイ側研究者からもタイ側プロジェクト運営体制の恣意的なプロジェクト運営に不満の声が募ったことを受け止め、タイ側のプロジェクト責任者であるカセサート大学工学部長と話し合いを行った。その結果、これまでの経緯を理解いただき、工学部長がタイ側プロジェクト運営体制に加わり、本プロジェクトを強力に推進頂くことになった。

具体的には、11 月に開催した JCC にて新プロジェクト運営体制にタイ側、日本側より合意を得た。そして、総勢 49 名のタイ側研究者とともに 21 チームの日タイ合同研究チームを確立し、具体的な成果目標および研究計画をチーム毎に共同設計した。まさにこれから本格的な共同研究活動を開始するところである。

「気候変動に伴う水循環変動の長期モニタリング」に関しては、タイ気象局およびタイ王立灌漑局とともに観測空白域の選定を行い、選定域への投入機材の準備を整えているところである。今後は、順次観測機器を投入し、現地現業機関による長期モニタリングを強化していく予定である。

「観測データと水循環・水資源モデルの統合」に関しては、水循環情報統合システムに関する仕様検討を行い、カセサート大学に水循環・水資源モデルの統合を担うデータ統合システムを、タイ気象局およびタイ王立灌漑局に観測データの統合を担うデータ集積システムを構築することを決定した。今後は、順次システムを投入し、本プロジェクトで行う観測や既存の観測データと水循環・水資源モデルの統合を行う予定である。

2. 研究グループ別の実施内容

(1) サブテーマ1:「気候変動を考慮した地球観測の実施」

①研究のねらい

サブテーマ1では、サブテーマ2の水循環・水資源モデルに用いるデータの取得、そして気候変動に関する長期観測データの取得を行う。前者では、Hind cast (過去の再現)、Now cast (現況の推定)、Forecast (将来予測)を行うため、衛星観測による面的雨量推定、地上レーダー観測と雨量計網による面的雨量推定、そしてメソ気象モデルによる面的雨量推定を研究全期間で行う。後者は、水災害リスク評価のための準リアルタイムモニタリングと気候変動に伴う水循環変動に関する情報収集を行う。具体的には、1) 気候変動・土地利用変化が水循環変動に与える影響評価、2) 気候変動による水循環変動が作物生産へ与える影響評価、3) 気候変動下の季節進行の変動に関する研究が挙げられる。これらの観測のベースとなる装置一式を開始2年で整える。初期における体制作りとその後の観測体制の維持には、カセサート大学を中心とするタイ研究機関・現業機関と協働して強力に推進する。このサブテーマ1による結果を用いて、サブテーマ2の水循環・水資源モデルの検証とサブテーマ3の水循環情報統合システムへの入力が行われる。

②研究実施方法

本年度は、テレメトリスシステムを設計開発し準リアルタイムモニタリングシステムを検証する。そして、観測装置一式を準備し観測体制を整え、準リアルタイムモニタリングシステムを展開する。さらに、山地源流域およびその周辺において地上観測された長期の降水データを整備し、衛星、レーダー等リモートセンシングで観測されたデータや陸域水循環モデルのアウトプットデータの精度検証を、タイ側カウンターパートとの共同研究として行うための準備を整える。また、当該流域での境界層内乱流観測や農耕地での乱流観測の観測準備を進める。面的雨量推定に関しては、気候変動状況を調査するための基礎資料として、雨量計を含む地上気象観測資料と地上レーダー観測資料を収集し、データセットを作成する。さらに、作成したデータセットを基に、面的雨量推定システムプロトタイプ開発に着手する。また、タイ側にこれら地球観測資料を利用するための実習を実施し、現地研究期間への知識移転に着手する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

準リアルタイムモニタリングシステムの展開においては、通信環境が整っていない山間部でのリアルタイムモニタリングやフラックスなどの大容量データの転送を実現するために、現地携帯電話を利用した、GPRS (General Packet Radio Service) 方式のテレメトリスシステムの仕様の検討を行った。また、タイ気象局およびタイ王立灌漑局とともに観測空白域の選定を終え、選定域への投入機材の準備を整えているところである。今後は、順次観測機器を投入し、現地現業機関による長期モニタリングを強化していく予定である。また、これまで現地政府機関の観測網でカバーされていなかった山地源流域において、日本側研究者で観測が継続されてきた地上雨量計網による高精度・高分解能観測データを過去 10 年間について整備を進めた。2010 年 11 月に現地調査を行い、山地流域の降水量に関する観測データを収集した。そして、現地調査で取得したデータの解析を進め、以下の結果を得た。

1. 北タイ山岳地域の降水量はこれまで、標高に対して単調な増加傾向にあると考えられていたが、2000-08 年の 9 年間、8 地点のデータから、標高 1000m 以下では増加傾向になく、ほぼ一定であり、増加傾向は標高 1000m 以上であることがわかった。また、この傾向を雨季前半と後半で比較したところ、両者の間に有意な差はなかった。また、これまで降水量、降水時間には標高依存性が認められていたのに対して、降水強度にはそのような傾向がないと考えられていたが、2000-08 年の 9 年間、8 地点のデータから、降水時間、降水強度ともに、標高 1000m 以下では増加傾向になく、ほぼ一定であるが、標高 1000m 以上では増加傾向が認められた。
2. 降水量の年々変動を解析するため、1地点のデータを解析したところ、プレモンスーン期および雨季開始直後(4/11~5/25)の雨量が近年顕著に増加している(28 年間で約 2.8 倍)ことを見出した。このような傾向は降水時間、降水強度ともに見出された。

以上のような新しい発見が、どのような気候学的メカニズムによるものなのか、どの程度の空間スケールの広がりを持つ現象であるのかを知ることが、山岳地域の気候変動と降水パターンの将来予測に寄与すると考えられる。

当該流域での境界層内乱流観測および農耕地での乱流観測に関しては、気候変動が陸上生態系の物質循環に及ぼす影響を解明するためには高い精度でのフラックス測定を実現する必要があり、これまでの観測データを用い測定されたフラックス値に含まれる不確実性の評価を行った。観測準備に関しては、タイ側研究者と天水田およびサトウキビ畑での観測地点の選定を行っているところであり、また投入

機材の準備を整えているところである。

面的雨量推定に関しては、今年度はタイ気象局から面的雨量推定システムのプロトタイプ開発に使用する5地点のレーダーサイトのデータおよびレーダー観測範囲内の地上雨量計データの提供を受けることができた。提供を受けた地点及び期間は以下の通り。現在、これらのサンプルデータの読み取りと内容確認を行っている。数値モデル実験については、今年度は水平解像度 6 km で同じ事例について計算を実行し、ベストトラックでの台風移動中心とほぼ同じ動きを再現することができた。

地点	レーダー波長帯	観測半径	期間
Lamphun	C	240 km	2009.06.05, 2009.07.05
Phitsanulok	C	240 km	2009.06.05
Sakonnakorn	C	240 km	2009.06.16
Chumphon	C	240 km	2009.06.02, 2009.07.11 2009.10.01, 2009.11.03
Phuket	C	400 km	2009.06.02, 2009.10.01 2009.11.03

人工衛星による降水観測(GSMaP)においては、研修等を通して、タイ側研究者に技術移転を行った。また、これまでの日本側の取り組みをまとめた内容が Journal of Research in Engineering Technology 誌に掲載された。こうした活動により、タイ側研究者の GSMaP に対する理解が深まり、GSMaP の具体的な利用方法が提案された。来年度以降、タイ側が開発している FY-2C/E を利用した降水量推定と GSMaP の比較、GSMaP を利用した人工降雨実験の検証および干害予測モデルへの応用に向けた研究に取り掛かる予定である。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

2010年6月に KALYANEE SUWANPRASERT 氏を迎え、「タイ全土における衛星データを利用した面的雨量推定」に関する短期研修を行った。

2010年11月にタイ気象局で気象学的な早期警戒システム作成を念頭に置いた導入的な研修講演を行い、レーダーデータの利用と領域気象モデルを用いたシミュレーションに関する解説と、レーダーデータを研究のために現地研究機関自らが加工・利用するための基礎ソフトウェアおよびその利用例についての解説を行った。また、日本側でタイ気象局所有レーダーを読み取る際の基礎情報である、レーダーのタイプ、所在地、制御ソフト等の情報提供を受けた。

2011年3月にカセサート大学にてタイ全土における衛星データを利用した面的雨量推定に関して特別講義を行い、タイ側が開発している FY-2C/E を利用した降水量推定と GSMaP の比較、GSMaP を利用した人工降雨実験の検証および干害予測モデルへの応用に向けた研究議論を行った。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

タイ側研究者からもタイ側プロジェクト運営体制の恣意的なプロジェクト運営に不満の声が募ったことを真摯に受け止め、プロジェクトの中止も視野に入れた話し合いをタイ側のプロジェクト責任者であるカセサート大学工学部長と行った。その結果、これまでの経緯を理解いただき、工学部長がタイ側プロジェクト運営体制に加わり、新しい運営体制で本プロジェクトを強力に推進頂くことになった。新しい運営体制では、現地現業機関による長期モニタリングを強化していくことが明確に打ち出され、現地現業機関(タイ気象局、タイ王立灌漑局)主導で観測空白域が選定され、また現地現業機関の既存の観測モニタリン

グシステムを強化すべく、現地現業機関にデータアーカイブシステムを開発設置することとなった。

タイ気象局では複数のレーダーを新規に運用開始しており、制御ソフトもこれまでとは違ったものを使用していた。幸いこちらで対応可能な書式で保存されていたので、問題は発生していない。

最後に、カウンターパートの一人が 2010 年 8 月 17 日にヘリコプター墜落事故で死亡した。現在新しいカウンターパートを選定するための交渉を行い、決まりつつある状況である。

(2) サブテーマ2:「人間活動も考慮した水循環・水資源モデル」

①研究のねらい

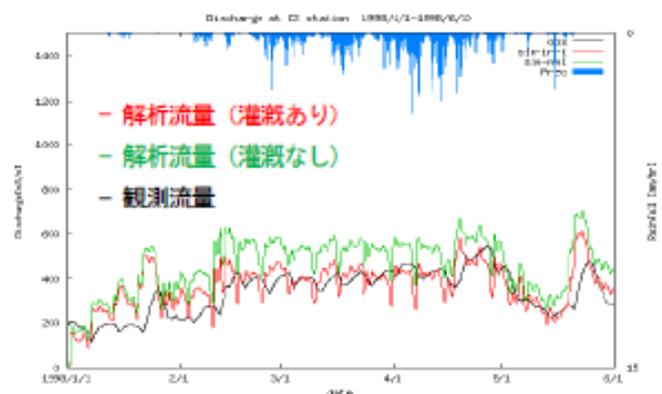
サブテーマ2では、ダム・貯水池操作モデルの開発と水循環・水資源モデルの構築の2つを行う。これらの2つの研究を開始4年目には終了し、「21世紀気候変動予測革新プログラム」や気象研究所によるGCMの出力結果を利用し、観測データとの検証を行い、モデル改良を進める。これらの結果を用いて、サブテーマ1のデータを用いた解析を行い、サブテーマ3の水循環情報統合システムへの入力・予測を行う。

②研究実施方法

本年度は、人間活動も考慮した水循環・水資源モデルを構築するために、気象グリッドデータ、地理グリッドデータおよび農業・水利用・ダム操作に関する現地データの収集およびデジタル化を進め、水田モデルやダム操作モデルを組み込むなど水文過程の改良を行う。そして、全球規模で整備されている標高や土壌、植生分布等の地理情報を活用して、チャオプラヤ川全流域を対象とした水循環モデルの大枠を構成する。基本となる水文モデルに関しては特に雨季初期(土壌が乾いた状態)と雨季末期(土壌が湿った状態)における流出生成の違いに関してモデル改良を進める。2大ダム(ブミポン、シリキット)に関して、タイ国灌漑局から提供された貯水量、流入量、放流量データを分析し、雨季および乾季における日々のダム放流量決定モデルを構築する。水文データのみならず、灌漑需要や発電需要に関する情報も収集する。これらは過去の放流実績に関してそれを再現し、今後も同様なダム操作が行われる場合の放流量を決定するモデルとなる。さらに、タイ国灌漑局や現地研究者の協力のもと、2大ダム以外の中規模ダムに関して、その位置や貯水容量に関する情報を、大規模な灌漑水路に関してはその受水面積や水路の疎通能に関するデータを収集し、可能な限り現実的な水循環モデルを構成することを目指す。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

複数の作物種を対象とした灌漑排水過程を組み込んだ陸面過程モデル、河川からの取水・還元過程を組み込んだ分布型流出モデルを結合し、水循環・水資源モデルを開発した。衛星データ解析により、作物の生育状態を推定し、農事暦情報(Crop Calendar)を作成することにより、現実的な灌漑必要水量を再現した。陸面モデルパラメータの大部分は全球規模で整備されているデータベースから設定し、Agro-SEAD(東南アジア研)により、単作水田、二期作水田、天水田などの面積比を県単位で



補正した。衛星観測正規化植生指標 (NDVI) の時系列解析により、生育期間、生育段階をピクセル単位で判定し、モデル計算格子 (約 20km) で集約化した。そして、2大ダムの集水域で水収支の検証を行った (右図)。その結果、灌漑取・排水の効果を考慮することで、C2 地点 (Narkorn Sawan) の流量の再現性が大幅に改善された。今後、キャリブレーション期間の長さや相関関係を採用する地点数、何ヶ月のリードタイムを確保すべきかなど、様々検討することで、予測精度を高めていきたい。

ダム・貯水池操作モデルに関しては、現在、入力・検証データの整備およびサブモデルの追加・改良に取り組んでいる。水循環情報統合システムの開発においては、モデル実行サーバ構築のため、各モデルの開発者・利用者へ必要要件のインタビューを行い、仕様の検討と策定を進めている。

④カウンターパートへの技術移転の状況 (日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

始めに、人間活動を考慮した水循環・水資源モデルの構築にあたり、水循環・水資源モデルの英文マニュアルを作成した。今後、この資料を元に水循環・水資源モデルに資する技術移転が飛躍的に進むことを期待する。

2010 年 6 月に BUTSAWAN BIDORN 氏、DUSIT THANAPATAY 博士、CHAIWAT EKKAWATPANIT 博士、SUPHAWUT MALAIKRISANACHALE 博士を迎え、「気候変動・土地利用変化が水循環変動に与える影響評価」、「人間活動も考慮した水循環・水資源モデルの構築」に関する短期研修を行った。

2010 年 12 月にカセサート大学にて人間活動を考慮した水循環・水資源モデルの構築に関して特別講義を行い、The Engineering Institute of Thailand (EIT) Conference への論文投稿へ向けた研究議論を行った。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況 (あれば)

想定されていなかったこととして、現地調査ができなかったことがあり、水循環モデルの構成における人間活動の取り込みがあまり進んでいない。

(3) サブテーマ3:「水循環情報統合システム」

①研究のねらい

サブテーマ3では、サブテーマ1の地球観測データとサブテーマ2の水循環・水資源モデルとからの入力と、動水勾配データおよび災害事例に基づく土壌災害ポテンシャル推定情報、河川流出情報に基づく洪水・濁水ポテンシャル推定情報からの入力、チャオプラヤ川による土砂供給の変化も考慮した海岸浸食推定情報など、水循環に関する情報を統合的に取り扱う。これまで研究代表者のグループはいくつかのデータセンターなどの管理システムを構築・運営しており、日本側研究者がカセサート大学と協働して設置に対応する予定で、準備はすでに万端である。3つの各災害ポテンシャル推定は、5年目に可能とする。

②研究実施方法

本年度は、降雨量分布データの作成を行う。そして、現地の土砂崩壊過程の現地調査を行い崩壊過程のデータベースを作成する。また、水循環情報統合システムに関しては、タイ側研究者と協議しつつ前年度に購入したテストサーバーにユーザーインターフェイスおよび必要なツール群の実装し設計開

発を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

水資源アセスメント手法の開発に関しては、これまでの研究のレビューを実施した。また、アセスメントに必要な自然データだけでなく、水需要の推定に必要な社会データの必要となる要素の検討について、議論を数回にわたって行った。

土壌災害ポテンシャル推定に関しては、幾つかの関連機関と京都とタイ国でのワークショップまたは個別訪問による打ち合わせによって、災害実績データと解析手法について意見交換を行い、今後の研究方針を話あった。雨量データや災害実績データの一部を試行解析に利用し、1つの地質種における斜面崩壊ハザードを求めた。当初計画された斜面リスク推定モデルはβ版が作成されており、次年度のデータの蓄積によって完成度の高いものになる予定である。

洪水・渇水ポテンシャル推定に関しては、ポテンシャル推定にあたり将来気候変動予測結果の妥当性を検討する必要があり、関連機関と検討手法および検討に必要な観測データについて打ち合わせ、今後の研究方針を話あった。現在は、予測結果と検討比較をするための観測データの収集に取り掛かっており、検討の準備を整えているところである。

海岸浸食推定に関しては、具体的な成果目標および研究計画を設計した。まさにこれから本格的な共同研究活動を開始するところである。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

GISを用いた斜面ハザードモデルの説明を行った。タイ側から斜面災害実績データと雨量データの提供をうけ、タイ国の降雨極値分布データを作成し、タイ側に提供した。2011年2月に SOMPRATANA RITPHRING 博士を迎え、「気候変動が海岸浸食に与える影響評価」に関する短期研修を行った。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし。

3. 成果発表等

(1) 原著論文発表

① 本年度発表総数(国内 1 件、国際 3 件)

② 本プロジェクト期間累積件数(国内 2 件、海外 6 件)

③ 論文詳細情報

(昨年度まで)

- 1) P. Polsan, D. Komori, S. Patamatamkul, M. Aoki, W. Kim. 2009: Practical Estimation of Evapotranspiration in Rice Cultivation in Thailand. *Hydrological Research Letters* 3: 41-44.
- 2) Ito, M. and T. Satomura, 2009: The interannual variation of intraseasonal oscillation linked with the Indian Ocean Dipole Mode. *SOLA*, 5, 69-72.
- 3) Wonsik Kim, Daisuke Komori, and Jaeil Cho. 2009: The characteristic of relative error in eddy covariance measurements and its application to data quality control in rainfed paddy field. *Journal of Agricultural Meteorology*, 65, 201-207.

- 4) 横尾善之, 沖大幹, 2010: 流域の気候・地形・土壌・地質・土地利用が河川の流況に与える影響. 土木学会水工学論文集, pp.469-474.

(今年度:掲載済)

- 5) Nobuaki Tanaka, Koichiro Kuraji, Chatchai Tantasirin, Hideki Takizawa, Nipon Tangtham and Masakazu Suzuki, 2011: Relationships between rainfall, fog and throughfall at a hill evergreen forest site in northern Thailand. *Hydrological Processes*, 25(3), 384-391.

(今年度:受理済)

- 6) Watanabe, S., D. Komori, M. Aoki, W. Kim, S. Boonyawat, P. Tongdeenok, S. Prakarnrat, and S. Baimoung, 2011: Estimation of daily solar radiation from sunshine duration in Thailand. *J. Meteor. Soc. Japan*, 89(1A), 233-242. (in press)
- 7) 小野桂介, 風間聡, 2011: 東南アジア熱帯地域における降雨極値の空間解析, 水工学論文集, 第 55 巻. (in press)
- 8) Satoru Yokoi, Yu Nakayama, Yasushi Agata, Takehiko Satomura, Koichiro Kuraji, and Jun Matsumoto, 2011: Relationship between observation interval and errors in radar rainfall estimation over the Indochina Peninsula. *Hydrological Processes*. (accepted)

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳 (国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数 (国内 0 件、海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1) 「気候変動を考慮した地球観測の実施」

① 研究者グループリーダー名: 里村 雄彦 (京都大学・教授)

② 研究項目

- 気候変動・土地利用変化に伴う水循環変動の長期モニタリングの強化
- 観測データと水循環・水資源モデルの統合
- 面的雨量推定および季節進行変動の解明
- タイ全土における衛星データを利用した面的雨量推定
- 熱帯山地の面的雨量推定手法開発
- 気候変動・土地利用変化が水循環変動に与える影響評価

(2) 「人間活動も考慮した水循環・水資源モデル」

① 研究者グループリーダー名: 田中 賢治 (京都大学防災研究所・准教授)

② 研究項目

- 人間活動を考慮した水循環・水資源モデルの開発
- 人間活動を考慮したダム・貯水池操作モデルの開発
- 気候変動が水循環変動に与える影響評価

(3)「水循環情報統合システム」

①研究者グループリーダー名： 沖 大幹（東京大学生産技術研究所・教授）

②研究項目

- 適応策立案・実地支援システム構築
- 水循環情報統合システムの構築
- 斜面災害評価
- 熱帯豪雨下での人間活動を考慮した水循環・水資源モデルの構築
- 海岸侵食評価
- 気候変動が水循環変動に与える影響評価

以上