

# 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21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、まずは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た。そして、次年度からの日タイ共同による水文気象観測および共同研究の準備を整えつつ、東京大学生産技術研究所で開催した第一回国別研修やタイ国カセサート大学で特別講義を行うなどカウンターパートへの技術移転を進めた。そして、京都大学で開催した第二回国別研修では、タイ側研究者らが本プロジェクトを通じて技術を習得しながらやり遂げる具体的な研究実行計画を共同作成した。

具体的には、「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、プロジェクトを効果的に進めるために、初年度からチャオプラヤ川流域を対象とするのではなく、チャオプラヤ川流域内の Mae Waang 流域、Wang Thong 流域、Sakae Krang 流域をパイロット研究として集中的に研究活動を行い、その後チャオプラヤ流域全域に拡張することに修正した。現在、初年度投入予定の機材購入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で行われている既存の観測データと比較検証をするなど、パイロットサイトでの日タイ共同研究を遂行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・水資源モデルや基盤インフラの環境整備および必要なツール群の予備的開発を行い、英文マニュアルおよびチュートリアル作成に取り掛かっている。また、水循環情報統合システムに関する仕様検討および利用者のニーズ把握を行い、次年度以降の実装に備えての論理設計を進めているところである。今後は、本プロジェクトで行う観測や既存の観測データを整備・統合し、また人間活動などの現地調査を行い、パイロットサイトでの日タイ共同研究を行う予定である。

## 2. 研究グループ別の実施内容

### (1) 東大生研グループ

研究題目：

気候変動に伴う水循環変動の長期モニタリングおよび観測データと水循環・水資源モデルの統合

#### ① 研究のねらい

本研究機関では、水災害リスク評価・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観測の整備・強化しつつ、水災害予測・統合的水資源管理支援のための人間活動も考慮した水循環・水資源モデルの開発を行い、観測とモデルを統合した水循環情報統合システムを構築する。そして、国スケールでの実時間水災害リスクの評価や気候変動および人間活動の影響評価を行い、気候変動への適応を考慮した統合的水資源管理の実現を目指す。また、代表研究機関として、国際共同研究を通じて現地政府・機関による気候変動に適応した国スケールでの水防災の政策立案を支援し、現地の研究基盤整備および課題能力の向上を目指す。

## ②研究実施方法

本年度は、「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、来年度以降の準リアルタイムモニタリングシステムの展開に備えテレメトリー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、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など、観測地点の選定を行う。衛星による面的雨量推定に関しては、複数の研究機関で開発されている衛星降水マップを収集し、共通のフォーマットで整備する。とくに山岳域において、衛星降水マップ相互の比較および衛星降水マップと地上観測の比較を行い、推定値の差とその原因について衛星観測の原理をふまえて考察する。また、気候変動・土地利用変化が水循環変動に与える影響評価、および水循環変動が作物生産へ及ぼす影響評価に関しては、共同研究者の山田および金を中心に現地機関と協議しつつ、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。「観測データと水循環・水資源モデルの統合」に関しては、共同研究者である鼎・花崎を中心に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る。また、水循環情報統合システムのユーザーインターフェイスに関する仕様検討と必要なツール群の予備的開発を行い、対象データのフォーマットの調査、利用者のニーズ把握を行い、次年度以降の実装に備えての論理設計を進める。

## ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

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、まずは本プロジェクトに関する相互理解を深めることに努めた。その結果、日本側およびタイ側研究者間で機器投入時期や研究の進め方など一部に見解の相違があったことがわかったため、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た。

具体的には、「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、プロジェクトを効果的に進めるために、初年度からチャオプラヤ川流域を対象とするのではなく、チャオプラヤ川流域内の Mae Waang 流域、Wang Thong 流域、Sakae Krang 流域をパイロット研究として集中的に研究活動を行い、その後チャオプラヤ流域全域に拡張することに修正した。そして、初年度投入予定の機材購入の準備を整えているところである。

「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・水資源モデルや基盤インフラの環境整備および必要なツール群の予備的開発を行い、英文マニュアルおよびチュートリアルを作成に取り掛かっている。また、水循環情報統合システムに関する仕様検討および利用者のニーズ把握を行い、次年度以降の実装に備えての論理設計を進めているところである。

## 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)

2009年10月に DUSIT THANAPATAY 博士を迎え、「水文気象観測およびデータ転送」に関する短期研修を行った。2010年3月に SOMPRATANA RITPHRING 博士、BUTSAWAN BIDORN 博士を迎え、「気候変動が水循環変動に与える影響評価」に関する短期研修を行った。また、2009年11月に東京大学生産技術研究所で13名の日本側研究者と15名のタイ側研究者を迎え、「気候変動に伴う水循環変動の長期モニタリング」および「観測データと水循環・水資源モデルの統合」に関するワークショップを開催した。さらに、2009年11月末から12月上旬においてタイ国カセサート大学にて特別講義を

行い、「タイ全土における衛星データを利用した面的雨量推定」、「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」に関して技術移転を進めた。そして、2010年3月に京都大学で16名の日本側研究者と16名のタイ側研究者を迎え、「気候変動に伴う水循環変動の長期モニタリング」および「観測データと水循環・水資源モデルの統合」に関するワークショップを開催し技術移転を進めるとともに、タイ側研究者らが本プロジェクトを通じて技術を習得しながらやり遂げる具体的な研究実行計画を共同作成した。

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)

2009年6月の実務者合同会議(JCC)にて日本側およびタイ側研究者間で機器投入時期や研究の進め方など一部に見解の相違があったことがわかったことより、初年度からチャオプラヤ川流域を対象とするのではなく、Mae Waang 流域、Wang Thong 流域、Sakae Krang 流域をパイロット研究として集中的に研究活動を行い、その後チャオプラヤ流域全域に拡張することに修正した。

## (2) 京大理グループ

研究題目：

気候変動下における季節進行の変動の解明および熱帯豪雨の再現に関する研究

①研究のねらい

本研究機関では、地上レーダー観測と雨量計網による面的雨量推定について、現地に適したアルゴリズムの構築を推進する。また、メソ数値気象モデルによる水循環予測実験を行って、定量的予測精度の向上へ向けた研究開発を行い、現地機関によるメソ気象モデルを用いた数時間先の水循環予測に基づいた実用的な洪水予警報の実現を支援する。さらに、メソ気象モデルの共同開発など国際共同研究を通じて現地研究基盤の整備を図るとともに、地形性豪雨の発生機構やメソ気象的特性の提示を通じてこれらの現象の発生高確率地域・環境に関する現地研究機関への知識移転を図る。また、気候変動下で起こるであろう季節進行の変動について、その変動機構の解明を目指した研究を推進する。

②研究実施方法

本年度は、地上レーダー観測と雨量計網による面的雨量推定の構築推進を開始するため、現状のデータ取得・保管状況とその書式・可読性などについて現地機関と打ち合わせたのち、サンプルデータを取得し、面的雨量データのプロトタイプ作成を試みる。また、サンプルデータと同事例についてメソ気象モデルを実行し、モデル結果との比較を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

初年度ということもあり、データ状況に関する打合せ及びサンプルデータの取得まで議論ができていないためプロトタイプ作成に取りかかれていないものの、2007年のインドシナ半島に上陸した台風 LEKIMA の事例についてメソ気象モデルの実行準備を行い、データ取得ができた場合のプロトタイプ作成に備えた。

サンプルデータの取得が未だに不可能なので、事例として選んだ LEKIMA が上陸した際の衛星データを用いた全体状況の把握と数値実験とを先行して進めた。LEKIMA は、TRMM 3B42 降水量マップから、タイの内陸部に 100mm 前後の降水量をもたらしたと考えられる台風である。

研究に用いるメソ気象モデルとして米国で開発された統合気象モデル WRF を採用し、格子間隔の粗い実験から順次細かな格子での計算へ進めることとした。まず、30km 格子で 2007 年 9 月 30 日 00UTC から 1 週間積分を行った。初期値と境界値には NCEP FNL を使い、積雲パラメタリゼーションと雲微物理過程を併用している。ベストトラックで上陸日時に近い 2007 年 10 月 3 日 12UTC の降水量分布を図1に示す。TRMM 3B42 の 3 時間降水量マップと比べたところ、大まかな状況は再現されている。また、上陸日時、上陸地域共にベストトラックと概ねあっている。

今後、格子間隔を小さくした高解像度モデルによって計算を行うと共に、衛星観測降水量マップとの比較による検証を行って、レーダー面的降水量マップ作成の準備を行っていきたい。

- 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) 特になし。
- 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) 京大防研グループ

研究題目：

雨季・乾季の明瞭な地域での水循環モデルの開発に関する研究

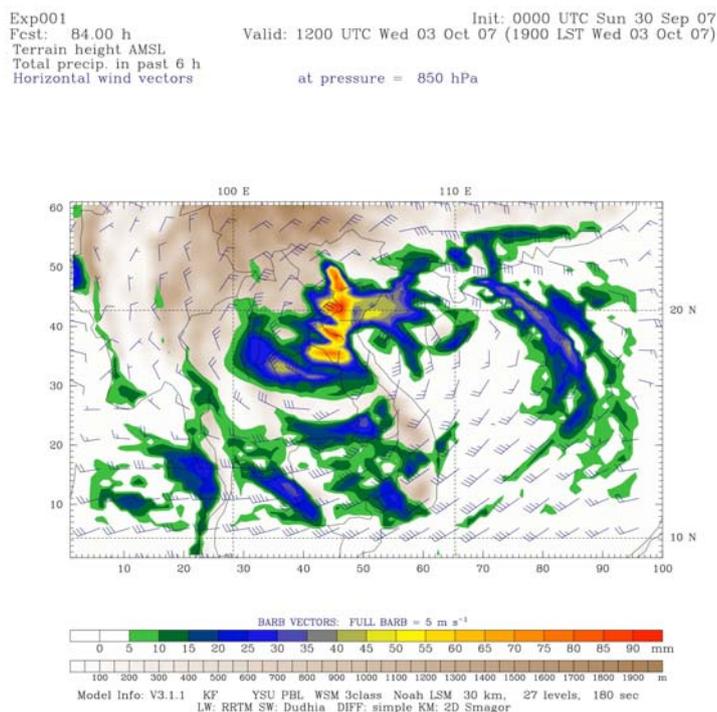


図1. 6時間積算降水量。30km 格子を用いた WRF による計算。850hPa 面の水平風を矢羽根で示す。

## ① 研究のねらい

本研究機関では、チャオプラヤ川全流域を対象とした水循環モデルを設計開発する。そのために、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。そして、プロジェクト期間中に得られる気象データや衛星観測情報を入力して、陸面過程モデルによりチャオプラヤ川流域全体の土壌水分状態をモニターし、算定された土壌水分量を分布型流出モデルの初期値として取り込む方法を研究開発する。さらに、過去の全球降水量グリッドデータ（GPCP等）を解析し、ラグ相関解析により、タイ国の2大ダム（ブミポン、シリキット）への数か月先までの流入量を、過去数ヶ月の世界各地の降水量から予測するモデルを構成する。また、過去およびプロジェクト期間中に得られるレーダーデータによる降水の空間分布を解析し、限られた数の雨量計をいかに効果的に配置できるか、既に展開されている観測網に関して、流出計算の精度向上のためにどのような補正をすべきかについても検討を進める。

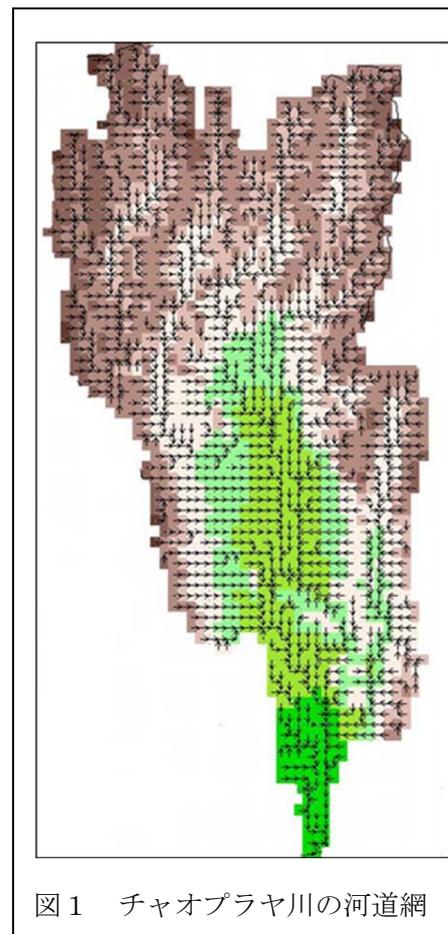


図1 チャオプラヤ川の河道網

## ② 研究実施方法

本年度は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可能な限り収集する。これらは過去の放流実績に関してそれを再現したり、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

全球規模で整備されている地理情報を活用して、水循環モデルの各種パラメータを整備し、チャオプラヤ川全流域を対象とした5分メッシュ（約10km）解像度の水循環モデルの大枠を構成した。植生分類としてUSGSの全球30秒メッシュ土地被覆分類データであるGLCCver2を元に土地利用面積率を作成した。標高データとしてSRTM30を活用し、チャオプラヤ川の河道網（図1）を作成した。その他の土層厚や空隙率等の土壌パラメータはECOCLIMAPを活用した。

過去の全球 1 度解像度月降水量データ（GPCC Monitoring Product）を活用し、ラグ相関解析により、タイ国最大のブミポンダムへの数か月先までの流入量を、過去数ヶ月の世界各地の降水量から予測するモデルを試作した。ここでの相関とは月別の流量時系列（年々変動）と、数ヶ月前の観測値の存在する全グリッドの値との相関（年々変動同士の相関）である。

$R^2$  値が高くなる上位 5 番目までの地点の値との相関関係から、数ヶ月後の流量を予測する。なお、複数地点からの予報値をアンサンブルする際には  $R^2$  値に応じた重みをかける。月により選ばれる地点は異なり、複数地点の値から月別の時系列を合成することになる。1994 年から 2008 年までの 15 年の期間をキャリブレーション期間とし、2009 年 4 月までの降水量を元に 2009 年の月別の流入量の予測を試みた結果が図 2 である。これによると 2009 年は 2008 年とほぼ同程度の流入量が予測されているが、実績放流量データを入手していないので、検証はできていない。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。

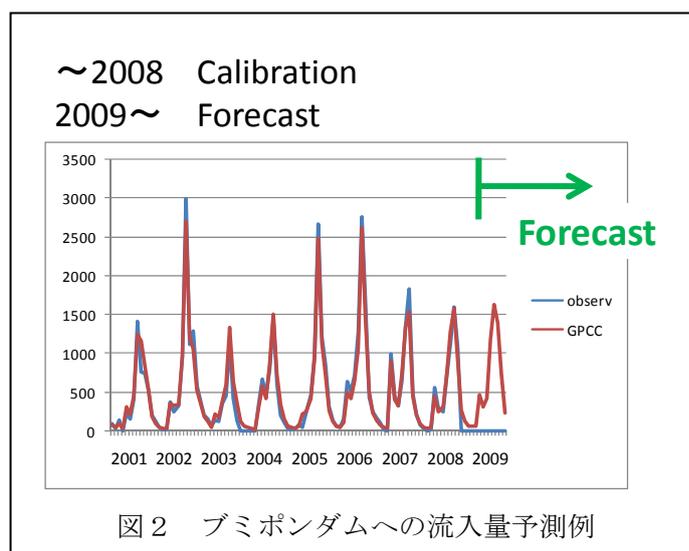


図 2 ブミポンダムへの流入量予測例

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）  
特になし。

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。

#### (4) 東北大グループ

研究題目：

熱帯豪雨下での土砂災害ポテンシャル推定に関する研究

##### ①研究のねらい

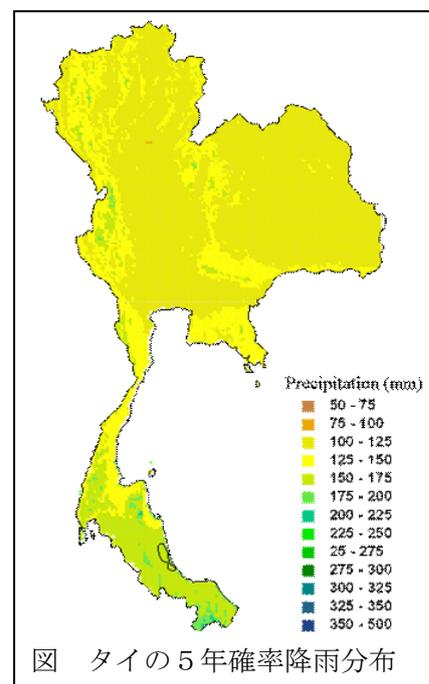
本研究機関では、地質・地形データや浸透解析による動水勾配データを整備し、また災害事例の現地調査を行い、多重ロジスティック回帰分析を利用して発生確率モデルを開発する。さらに、発生確率モデルを将来気候予測モデルに適用し、リスクとして経済被害・土砂生産量を推定し、降水変化を考慮した土砂災害リスクを時空間分布により評価する。そして、国際共同研究を通じて現地研究基盤の整備を計るとともに、対策重要度の高い地域の抽出やリスクの将来予測を通じて現地政府・機関による気候変動に適応した国スケールでの土砂崩壊による被害の軽減政策立案を支援する。

##### ②研究実施方法

本年度は、多重ロジスティック回帰分析を利用した発生確率モデルの研究開発を開始するために、土砂災害ポテンシャル推定に関する現地機関のこれまでの研究および関連データに関して打ち合わせた後、現地斜面災害履歴資料を収集する。そして、地質ごとの災害実績データセットを作成する。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

幾つかの関連機関とメールによって接触して、災害実績データの入手を行った。しかし、当初予定していた現地機関訪問が実現していないため、具体的な打ち合わせや現地調査が実施できていない状況である。そのため斜面災害実績データの十分な収集が実施されていない。一方、タイ全土の降雨データの収集を行い統計処理による全国極値分布データを作成した。これは次年度以降開発される斜面リスク推定モデルの入力データとなるものである。この降雨データに緯度、経度、標高による重回帰分析を行い、タイ全土の降雨分布データと極値分布データの作成を行った。



### 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)

特になし。

### 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。

## (5) 東大農学グループ

研究題目:

水災害リスク評価のための準リアルタイム水循環観測網の展開

### ①研究のねらい

本研究機関では、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行う。また、山地における土地利用変化およびそれに伴う水利用の変化を考慮し、水災害リスク軽減のための、流域の水と土地の統合的管理の可能性に関して検討を行う。国際共同研究を通じて現地組織の研究基盤の整備を計るとともに、現地政府機関による気候変動を考慮した流域の水と土地の統合的管理に関する政策立案を支援し、現地の課題解決能力の向上を目指す。

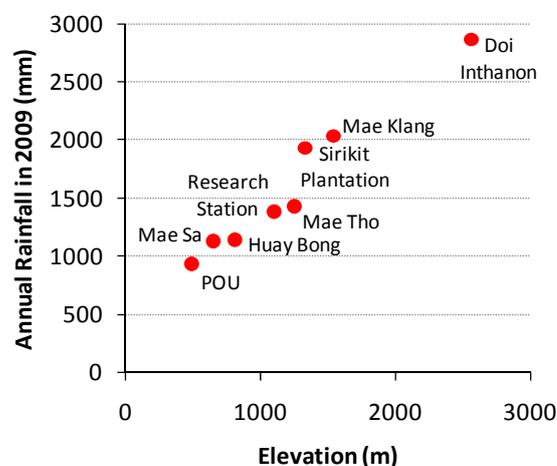
### ②研究実施方法

本年度は、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、衛星や地上レーダーによる面的雨量推定や、メソ気象モデルによる面的雨量推定を行うために必要となる、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 年間について整備する。

### ③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

2009 年 11 月 30 日～12 月 4 日の日程でグループリーダーの蔵治が在外研究員(専門家)として派遣され、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、衛星や地上レーダーによる面的雨量推定や、メソ気象モデルによる面的雨量推定を行うために必要となる、地上雨量計網による高精度・高分解能観測データの 2009 年分を 16 地点中 14 地点について取得することができた。現在、得られたデータの特性を解析中であるが、うち 8 地点については年降水量と標高との間に右図のような明瞭な関係が得られた。



### 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)

2009 年 11 月 30 日～12 月 4 日の日程でグループリーダーの蔵治が在外研究員(専門家)として派遣されたが、そのうち 12 月 1 日～3 日に SOMPRATANA RITPHRING 博士とともに 14 地点の雨量計設置点を巡回し、降水量の長期モニタリングに必要なフィールド観測の技術移転を行った。また 14 地点の高時間分解能雨量データは共同研究目的での使用のため、相手国側と相互に交換された。

### 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)

当初計画では 16 地点の雨量計のデータが取得できることを想定していたが、日程の都合上 14 地点のデータを取得したにとどまった。また 14 地点のうち記録装置の不調や、観測点周辺環境の悪化、乾季の散水が雨量計にかかっており、それを雨として測定しているなどのケースがあり、数地点でデータの信頼性に問題があることがわかった。データ未取得の 2 地点は来年度に取得を目指すことにした。また、信頼性の低い地点のデータは解析対象から除くとともに、今後は対象に含めないことを含め、地点数を再検討することにした。

## 3. 成果発表等

### (1) 原著論文：国際 3 件

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.

Ito, M. and T. Satomura, 2009: The interannual variation of intraseasonal oscillation linked with the Indian Ocean Dipole Mode. *SOLA*, 5, 69-72.

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.

(2) 特許出願：0 件

#### 4. プロジェクト実施体制

(1) 「東大生研」グループ

(気候変動に伴う水循環変動の長期モニタリングおよび観測データと水循環・水資源モデルの統合)

① 研究グループリーダー： 沖 大幹 (東京大学生産技術研究所・教授)

② 研究項目

気候変動を考慮したタイ側の水文気象観測能力の強化

人間活動を考慮した水循環・水資源モデルの開発

気候変動と人間活動を考慮した水関連のリスク評価手法の確立

(2) 「京大理」グループ

(気候変動下における季節進行の変動の解明および熱帯豪雨の再現に関する研究)

① 研究グループリーダー： 里村 雄彦 (京都大学大学院理学研究科・教授)

② 研究項目

気候変動を考慮したタイ側の水文気象観測能力の強化

(3) 「京大防研」グループ

(雨季・乾季の明瞭な地域での水循環モデルの開発に関する研究)

① 研究グループリーダー： 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

(4) 「東北大」グループ (熱帯豪雨下での土砂災害ポテンシャル推定に関する研究)

① 研究グループリーダー： 風間 聡 (東北大学大学院環境科学研究科・准教授)

② 研究項目

気候変動と人間活動を考慮した水関連のリスク評価手法の確立

(5) 「東大農学」グループ (水災害リスク評価のための準リアルタイム水循環観測網の展開)

① 研究グループリーダー： 蔵治 光一郎 (東京大学大学院農学生命科学研究科・講師)

② 研究項目

気候変動を考慮したタイ側の水文気象観測能力の強化

以上