

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 熱帯モンスーンアジアにおける降水変動が熱帯林の水循環・生態系に与える影響

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点)

研究代表者： 鈴木 雅一 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授)

主たる共同研究者：

里村 雄彦 (京都大学 大学院理学研究科 教授)

松本 淳 (首都大学東京 大学院都市環境科学研究科 教授)

蔵治 光一郎 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 講師)

Samakkee Boonyawat (タイ・カセサート大学 副学長)

里村 幹雄 (静岡大学 理学部 教授/静岡大学 防災総合センター長)

植田 宏昭 (筑波大学 大学院生命環境科学研究科 講師)

馬淵 和雄 (気象研究所 環境・応用気象研究部 主任研究員)

3. 研究内容及び成果：

本研究は、降水現象の季節性、年々変動機構の解明、森林生態系での水循環と物質循環研究のいずれも現地観測の情報の空白地帯になっている熱帯アジアモンスーン地域を対象として、気候・気象学的視点から降水の様々な時間スケールでの変動を明らかにするとともに、降水変動が土壌水分を媒介として陸域水循環や陸上生態系の物質循環に与える影響をタイ、マレーシアにおける現地観測により把握し、これを予測する水循環、物質循環モデルを構築することを目的とした。研究グループは、グループⅠ：降水現象の季節性と年々変動機構の解明、および、グループⅡ：森林生態系での水循環、物質循環研究、の2つに大別し、両者の知見を合わせて「降水変動の影響」の解明をめざした。

以下に、主な研究内容と成果の概要を列記する。

1) 降水現象の季節性と年々変動

・インドシナ半島の雨量計測・解析：短時間スケールでの降水変動の実態を詳細に解明するためにインドシナ半島の北緯18度付近(ミャンマー、タイ、ラオス、カンボジア、ベトナム)に構築した自記雨量計観測網により、各地の降水の日変化特性と季節変化特性への地形の影響を明らかにした。また、熱帯地域で卓越する季節内変動については、衛星データとGAMEおよび本研究で収集した降水量/レーダー観測データにより、インドシナ半島の地形の影響による季節内変動の変化を調べ、数千kmの水平スケールを持つ季節内変動擾乱による降水の地形に起因するメソスケールの地域性を世界で初めて明らかにした。

・タイ山岳域の降水特性・ボルネオ島海岸域の降水特性：タイ北部に展開した雨量計観測網データにより、降水の標高依存性を明らかにした。いっぽう、ボルネオ島で海岸から内陸に向けての距離が約10kmまで展開した雨量観測によって、降水量日周変化や標高依存性などを調べ、降水量日周変動パターンを決めている重要な要因は海岸からの距離であることを明らかにした。

・GPSによる可降水量観測：タイ北部と西北部およびマレーシア・サラワク州に設置されたGPS観測によって可降水量の時間的変化を調べ、雨季と乾季における高層と低層での可降水量の相違などについて新たな知見を得た。また、GPS可降水量からモンスーンのオンセット、オフセットの時期を決める方法が検討された。

・アジアモンスーンの降水現象の変動機構：客観解析データや衛星リモートセンシングデータの解析と気候モデルによる数値実験により、モンスーンオンセットにおける大気・海洋・陸面間のフィードバックプロセス、地球温

暖化に伴う夏季アジアモンスーン域における水循環の変動、熱帯太平洋における ENSO の物理プロセスを調べた。

- ・全球モデルによるアジア域熱帯林における植生変動と水循環変動：植物生態モデルを含む全球モデル (BAIM2)を用いて、インドシナ半島と海洋大陸地域を対象とした数値実験解析から、アジア域熱帯林における植生変動は、地域的な水収支・炭素収支に有意な変動をもたらすことを明らかにし、アジア熱帯地域における森林減少と気候変動との関係に関する新たな科学的な知見を得た。

## 2) 森林生態系における水循環と物質循環

- ・タイとサラワクでの森林サイトにおける気象観測：本プロジェクトの前段の CREST「地球変動メカニズム」や GAME から観測を継続してきたために、熱帯雨林ランビルでは8年以上、熱帯季節林のコグマでは11年以上の微気象要素(降水、短波・長波放射、気温、大気飽差及び風速)が蓄積され、当該地域の水循環、炭素循環を評価するうえで必要不可欠な微気象要素の季節変化と年々変動の実態を明らかにすることができた。
- ・タイ熱帯常緑林の水収支・炭素収支：タイ北部チェンマイ近郊の常緑熱帯季節林では乾季後半に年間で最も活発な蒸発散がなされることという観測事実を、土壌深を変化させて樹木の根による深さ方向の吸水を考慮した多層モデルを用いた蒸発散解析により説明できることを示した。
- ・タイ熱帯落葉林の水収支・炭素収支：タイの熱帯季節林のうち、乾季に落葉するチーク人工林を対象に蒸発散季節変化を求め、大きい年々変動があることを見出した。
- ・サラワク熱帯雨林の水収支・炭素収支：林冠クレーンなどを用いたフラックス観測、微気象観測、土壌水分観測などのデータ解析により、アマゾン川流域の熱帯林に比べて報告例がわずかであった東南アジア熱帯雨林の年蒸発散量、年樹冠遮断量、年蒸散量、炭素収支などが見積もられた。特に、降雨後に上層の林冠と下層植生の葉が乾く時間差の解析や、それを検証に用いる多層モデルの開発などにより、複雑な林冠の森林の水循環、炭素循環素過程が解明された。
- ・タイとサラワクにおける水収支・炭素収支の各項目詳細観測：各サイトにおいて樹冠遮断量の計測がなされ、従来諸説が存在した樹冠遮断量に解答を与える観測成果を得た。タイ・コグマ試験地では、しばしば発生する山岳性の霧から森林樹冠部への水分沈着量をフォッグ・ゲージなどの機器を用いた観測によって明らかにした。これらの観測は、いずれも熱帯林水文研究の最先端に位置するものである。また、土壌中有機物分解(土壌呼吸)や水質形成についても、熱帯季節林と熱帯雨林は、それぞれ特徴のある土壌水分の季節変化の影響を受けることを明らかにした。
- ・インドシナ半島の蒸発散量推定：東南アジア熱帯において落葉林と常緑林が特徴ある蒸発散季節変化をすることを反映するモデルを構築し、1km 分解能、月単位で蒸発散量ならびに水資源賦存量を推定し、この結果を現地観測データや既往モデルの値と比較した。

## 3) 降水変動の影響解明

「降水変動の季節性と年々変動」研究グループと「森林生態系での水循環・物質循環」研究グループそれぞれの研究成果について、降水現象の時間スケール別(日変化、季節変化、年々変動、長期変化など)に整理した2つの表を提示し、降水変動が東南アジア熱帯林のエネルギー・水・炭素循環に与える影響について包括的に考察した。

## 4. 事後評価結果

### 4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

原著論文(国内誌22件、国際誌60件)、学会発表(招待講演：国内1件、国際5件、口頭発表：国内43件、国際96件、ポスター発表：国内48件、国際31件)、等から判断して学会報告は活発に行われたと判断される。特に、

国際誌や国際会議で多くの発表を行い、日本のアジア熱帯林研究の認知度を高めることに努めている。また、研究期限内に完結できなかったデータ解析やモデル開発があり、今後、論文数が増えることが期待される。

以下に、研究全体を通しての評価をまとめる。

- 1) この研究プロジェクトは、“GEWEX アジアモンスーン・エネルギー水循環観測研究(通称 GAME)”における熱帯地域研究を深化・拡大させることを 1 つの目的として企画されたが、「降水現象の季節変動と年々変動」研究の個々の課題については、“アジアモンスーンの降水変動”に係わる新たな知見を得ていると評価できる。
- 2) 「森林生態系の水循環・物質循環」研究については、この分野で研究の空白域となっていたアジア熱帯林において、本プロジェクト前段としての CREST「地球変動メカニズム」や GAME からの継続観測の上に新たな観測を加えて、アマゾン熱帯林観測研究に比肩する貴重なデータを蓄積したこと、特に、炭素循環について観測的な把握ができた点は、高く評価される。
- 3) 観測自体に新規性があるものが多く、その解析やモデル化によって多くの新たな知見を得て、アジア熱帯林の研究に格段の進歩をもたらした。炭素循環のモデル化など、研究期限内に取りまとめできなかった研究課題については、今後の深化・発展を期待する。
- 4) 以上のように、2 つの研究グループがそれぞれのサブテーマについては優れた成果を上げている。しかし、両研究グループの成果を合わせて「降水変動が熱帯林の水循環・物質循環に与える影響」を究明するという当初計画の枠組みからの成果(中間評価でも指摘)はほとんど出ていない。言い換えれば、相互に関連が付けられていない 2 つの個別研究、「降水現象の季節変動と年々変動」と「森林生態系の水循環・物質循環」を単にバインドしたものとなっており、提案されたようなプロジェクト研究になっていないのは残念である。

#### 4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

熱帯林の水・物質循環と生態系に関する研究は、地球環境問題とも直結する課題として注目を浴びているが、欧米の研究者を中心に先行的に行われているアマゾン川流域の例があるのみで、本プロジェクトのようにアジアを対象とした継続的・系統的観測研究は、世界的に極めて重要な位置にある。本研究は、日本がリードしてアジアの熱帯林研究を格段と進歩させ、世界の熱帯林研究の進展に大きく貢献しているといえる。この研究の期間内に強いエルニーニョ現象が発生しなかったことが示すように、この種の観測研究にはさらに長期間の継続が必要である。幸いにも、本研究のタイとマレーシアの拠点における観測はそれぞれ他機関によって継承されることになっているので、引き続き未解明の問題の研究が進められることを期待する。いっぽう、今後は、アマゾン川流域など他の熱帯林、あるいは CREST 水循環研究領域の他のチームで行われた北方林や温帯林などでの研究の成果と照合・比較して、各地域・各種の森林の統合的議論へと発展することが期待される。

課題を残した異分野の融合、これは本プロジェクトに限らず極めて難しい問題であるが、異分野相互で共通の問題意識をまず持つことが必要であり、それには相当の知的交流がなければならない。このことを今後の教訓として活かしたい。

#### 4-3. その他の特記事項(受賞歴など)

受賞

久米朋宣(九州大学農学研究院):ポスター賞(European Geophysical Union 2007 General Meeting, Young Scientists' Outstanding Poster Paper Award)、2007

以上