

# 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

研究代表者  
鈴木 雅一

# 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

東京大学大学院農学生命科学研究科 鈴木雅一

## 1. 研究の背景・全体構想

熱帯モンスーンアジアでは、1990年代後半に GEWEX/GAME プロジェクトなどの実施に伴い水循環の理解が急速に深まり、以前考えられた以上に、水環境に関わる様々な要因の変動が大きい場所であることが判明した。降水量の年々変動には、ENSO など地球規模の気候システムの影響が大きいものの、大規模な森林伐採／土地利用変化との関連も指摘されており、自然や人為による気候変動の実態の解明が急務である。また、降水量変動に伴って生じる水循環の変動と深く結びついた陸上生態系の動態や水資源賦存量の変動の実態が、熱帯アジア域においては未だ明らかではなく、降水変動がもたらす影響を総合的に解明する必要がある。本研究は、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、物質循環モデルの構築する研究を構想した(図1)。

## 2. 研究手法・体制

本研究では、降水現象の季節性、年々変動機構の解明、森林流域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といてよく、研究の主体は現地調査における観測記録の収集・解析とした。

気候・気象学的視点から東南アジアのモンスーン気候下における降水の様々な時間スケールでの変動を明らかにする研究として、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、現地機関の協力のもと、インドシナ半島の北緯 18 度付近(ミャンマー、タイ、ラオス)、観測データの乏しいカンボジア、豪雨被害が近年頻発している中部ベトナムに自記雨量計観測網を構築、一部ではリアルタイムでのデータ転送により現地での降雨監視を進めた。インドシナ半島ではこれまで 3 時間間隔で取られた現地機関による降水量データの解析しかなされておらず、展開した雨量計網による情報により、より詳細な日変化の地域差の解析した。

タイの山岳域に展開した雨量観測網(約 4000km<sup>2</sup>に 19 台の雨量計)とボルネオ島に海岸からの距離を変えて展開した雨量観測は、降水量日周変化、降雨量標高依存性など従来明らかでなかった地域スケールでの降水特性の解明を目指して進めた。

ついで熱帯地域で卓越する季節内変動については、衛星データおよび GAME および本研究で収集した現地観測による降水量・レーダーデータを解析し、インドシナ半島の地形の影響によって、各地での季節内変動の解明を目指した。また、東南アジアモンスーンのオンセット前後の降水分布、降雨特性、鉛直循環、熱的低気圧の発達状況などを、GAME-T 特別観測データやゾンデや地上気象データ、客観解析データ、衛星データを用いて明

らかにすること。GPS による水蒸気観測データの取得・解析を行い、モンスーンの季節変化に伴う水蒸気の変化を明らかにすることを研究テーマとした。

森林研究は、雨季と乾季をもつタイにおいて常緑林と落葉林の熱帯季節林に調査地を設定するとともに、マレーシア・ボルネオ島の熱帯雨林に調査地を設定し、それぞれ水文プロセスの観測、水質調査、クレーン、タワーを用いた観測によるエネルギー収支、



図1 研究の枠組み

水蒸気フラックス、二酸化炭素フラックス、土壌中有機物分解の観測の継続観測を行った。これらの観測記録を元に、水、物質循環の特性を比較可能なモデル構築を目指した。

### 3. 主な研究成果

#### 3.1 降水現象の季節性と年々変動

##### 1) 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、現地機関の協力のもと、図2に示すインドシナ半島の北緯18度付近、観測データの乏しいカンボジア、豪雨被害が近年頻発している中部ベトナムに自記雨量計観測網を構築した。一部ではリアルタイムでのデータ転送により現地での降雨監視にも貢献し、CREST ホームページでも公開している。各地の日変化特性が地形の影響を受けて大きく変化すること、特に初冬季のベトナムでは年による日変化の違いが大きいことがわかった。ラオスのビエンチャンでは2007年雨期よりドップラーレーダーが稼働を開始しており、現地機関とJICAの協力を得て昨年と今年の雨期のレーダーデータを手入することができ、予備的な解析でこれまで詳しい解析のなされたタイ北部と全く違った降水システムの日変化とその季節変化となっているという新たな知見を得た。

熱帯地域で卓越する季節内変動については、衛星データおよびGAMEおよび本研究で収集した現地観測による降水量・レーダーデータより、インドシナ半島の地形の影響によって、各地での季節内変動が大きく変化することが明らかとなった。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が、地形に起因する非常に鮮明なメソスケールの地域性を示すことが世界で初めて本研究によって示された(図3)。このように地点データやレーダーを利用した詳細な解明はほかに例がなく、本研究での高い独創性を示す。

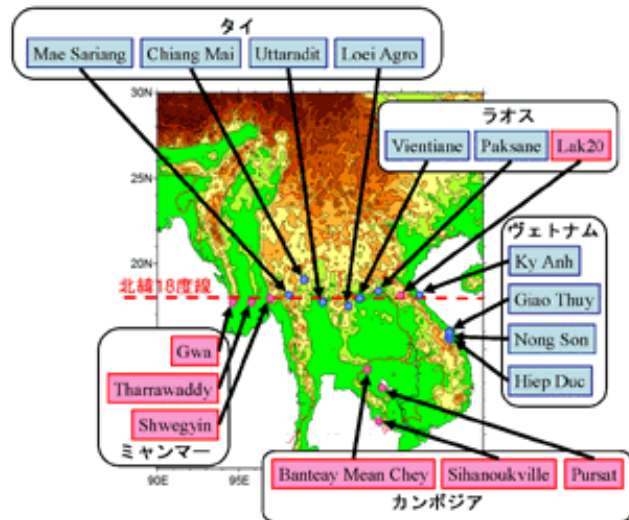


図2 本研究で展開した自記雨量計観測網

##### 2) タイ山岳域の降水特性・ボルネオ島海岸域の降水特性

水資源の観点からは、山岳地帯の降水量は平地の降水量よりも顕著に多く、山岳地帯の降水の年々変動による

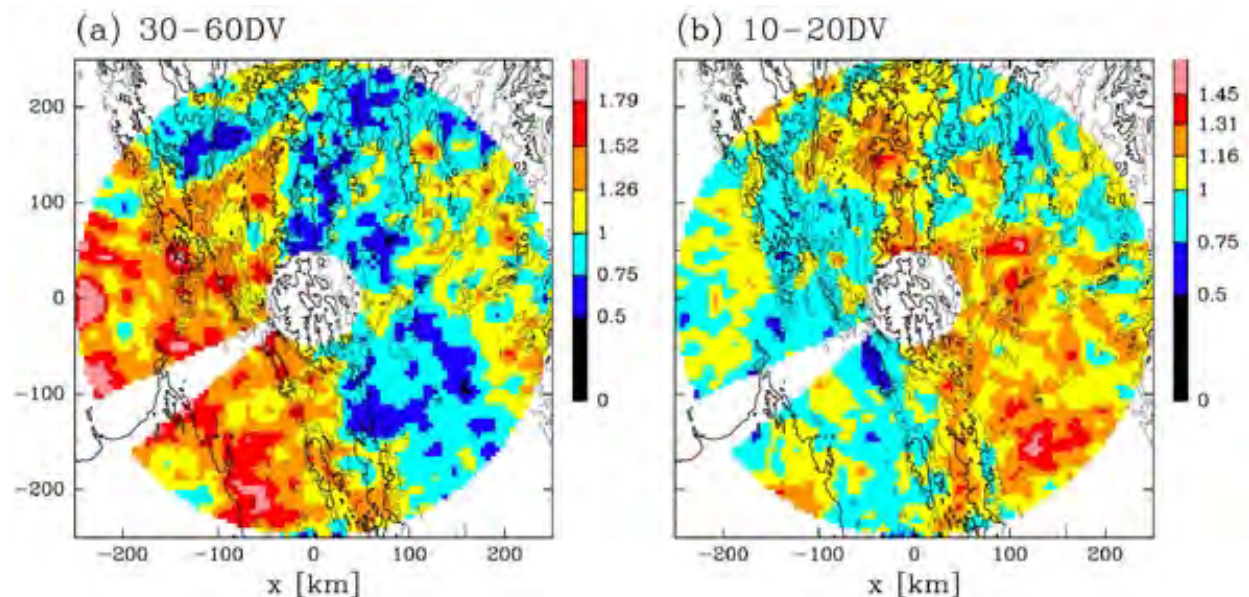


図3 タイ北部レーダーエコーの季節内変動成分振幅分布。観測期間は1998-2000年。

(a) 30-60日周期変動、(b) 10-20日周期変動。



多寡が、下流の水需要を満たせるのか、それとも需要を満たせず水不足を招くのかを決める重要な要因である。タイ北部山岳域では、標高約 400mから 2500mで、年降水量が約3倍になる強い降水量の標高依存性がある。どの年でも標高が高くなるにつれて降水量、年降水時間が増加する傾向がみられるが、年平均降水強度は標高によらず一定であるという特性が明らかにされた。

ボルネオ島海岸域では、地域により降水の多い時間帯が異なる。海岸から内陸約 10km までに展開した雨量観測によって、内陸に向かうに従って午後のピークが明瞭になっていき、この地域の降水量の日周変動パターンを決めている一つの重要な要因は海岸からの距離であることがわかった(図4)。

### 3) GPS 可降水量

タイ北部のチェンマイ郊外に位置するコグマ試験地管理事務所の屋上、タイ北西部のコンケン大学工学部農業工学科棟屋上、マレーシア・サラワク州ランビル国立公園第2タワーにおいて可降水量の時間的変化を調べるために GPS 観測を行った。

特に、コグマについては、水平距離がわずか 8.4km で標高差が 1000m以上あるチェンマイの GPS データとともに解析した。2 地点の可降水量の差は標高 314m から 1364mの下層に位置する水蒸気量の総量を示し、コグマの値は 1364mより上層の水蒸気量の総量を示すと考えられる。乾季の可降水量は上層、下層とも 5~15mm を示しているのに対し、雨季には上層は 40mm 強、下層は 20mm 弱で大きな差を示すという、新たな知見を得た。また、GPS 可降水量からオンセット、オフセットの時期を決める方法が検討された。

### 4) アジアモンスーンの降水現象の変動機構

現地観測、気候モデルを用いてアジアモンスーンの変動機構、またそれらを規定する熱帯太平洋における ENSO の物理プロセスの解明を行った。モンスーンオンセット、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について、PCMDI が提供する 18 の全球モデルによる温暖化数値実験である。

また、観測結果では正位相(エルニーニョ)から負位相(ラニーニャ)への遷移は急速に進むのに対し、その逆の遷移は多くのイベントで停滞する傾向があることが知られている。大気大循環モデルに逆位相の海面水温偏差を与えた数値実験により、強いエルニーニョの年の次にはラニーニャが来るが、強いラニーニャの次の年には再度ラニーニャが来るというメカニズムが、大気海洋結合システムに元々内在しているメカニズムであるということが明らかにした。

### 5) 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

熱帯林変動と気候変インドシナ半島(ICP)および海洋大陸地域(MTC)を対象としたアジア域の熱帯林の減少が、地域的な水循環および炭素循環に及ぼす影響に関して、森林がFAOによる最近の統計に基づき、年平均約1.3%減少することを想定(C<sub>4</sub>草原化)したモデル積分を100年間行った。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が明らかとなった。アマゾン領域を対象とした数多くの研究があるが、アジア域熱帯林に関する植生変動と気候変動との関係についての研究は少ない。本研究成果により、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が得られた。

## 3.2 森林生態系の水循環、物質循環

### 1) 森林3サイトにおける気象観測

熱帯雨林気候下のマレーシア、サラワク州にあるランビル国立公園の低地熱帯雨林(以下、ランビル)では高さ90mの林冠クレーンを用いて、熱帯モンスーン気候下のタイ北部チェンマイ近郊にあるコグマ試験地内の丘陵性常緑林(以下、コグマ)では高さ50mの気象観測タワーを用いて、複数年にわたる長期気象観測を実施した。また、

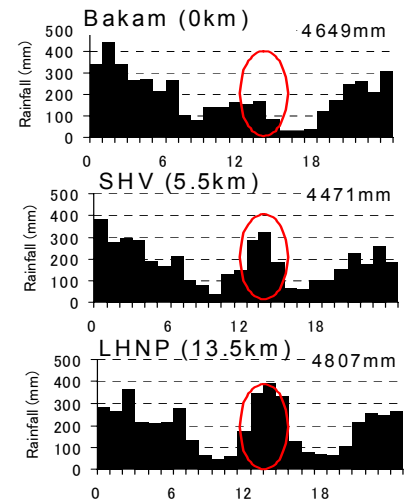


図4 ボルネオ島ミリ周辺で、海岸から内陸に向かって3地点で観測された降水量の日周変動パターン

タイ北部のメーモ試験地の落葉林であるチーク林に高さ40mの気象観測タワーを用いた観測がなされた。

このプロジェクトの前段として、CREST—地球変動／熱帯林冠や GAME があり、それらから計測を引き継ぎ続けてきた。そのため、ランビルにおいては8年以上、コグマにおいては11年以上にわたる微気象要素(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(図5)。熱帯雨林気候といわれるランビルにおいて、微気象要素の季節性が不明瞭だと思われていたランビルにおいても、風速と大気飽差には一年を単位とした明瞭な季節変化検出された。

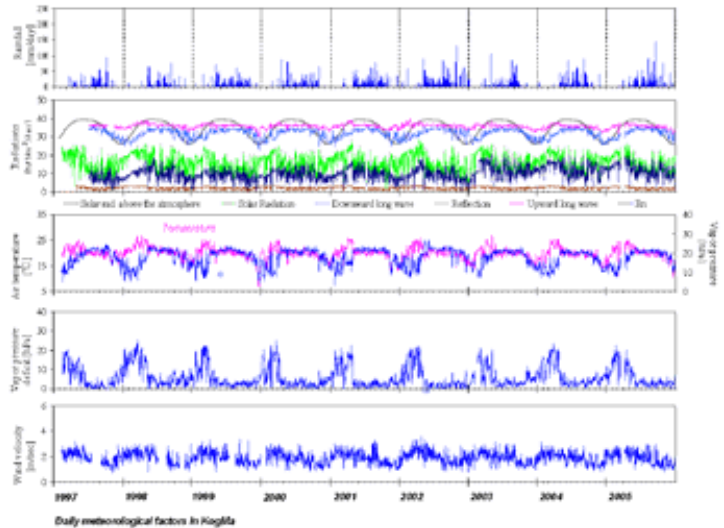


図5 各試験地で継続された森林微気象観測結果。季節変化、年々変動解析の基礎となっている。(タイ北部チェンマイ近郊にあるコグマ試験地の記録)

## 2) タイ熱帯常緑林の水収支・炭素収支

タイにおける農地をはじめとする一般の土地利用・植生からの蒸発散量が、乾季后半に土壤水分低下のために著しく少なくなるのに対し、タイ北部チェンマイ近郊の常緑熱帯季節林では年間で最も活発な蒸発散がなされることが明らかとなっている。この活発な蒸発散をもたらす水分の供給源が、土壤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による蒸発散解析により検討され、植物の根が存在する土壤深さが4～5mのときに、雨季に貯留された土壤水分が乾季后半の蒸発散をもたらすことが示された(図6)。このプロセスの傍証として、乾季后半に林内の下層木で根が未だ浅い個体では、上層の樹木より強い水ストレスを受けることが樹木生理学的な計測からも得られた(図7)。

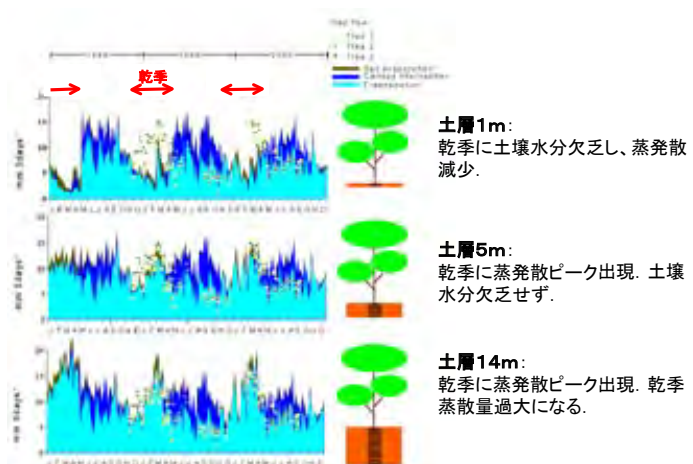


図6 SPACモデルで計算した、吸水深度を変化させた時の蒸発散季節変化の変化

## 3) 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。チーク林はプレモンスーンの降雨に対応した展葉時期と雨季の終了後

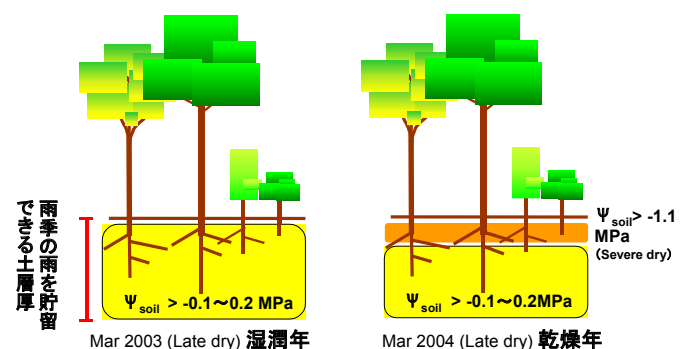


図7 高木、低木における乾季后半の水ストレスの受け方の違いの模式図

の落葉時期を持つが、降雨の年々変動でこれらの時期が前後し、3年間の観測で着葉期間に60日以上の差異が生じた。落葉期間には蒸散が生じないので、水収支、エネルギー収支に大きい年々変動がもたらされる。降水の変動が植生の影響を含む地表面プロセスへの影響を通して、水循環に影響を与える典型的な事例の一つであるといえる(図8)。

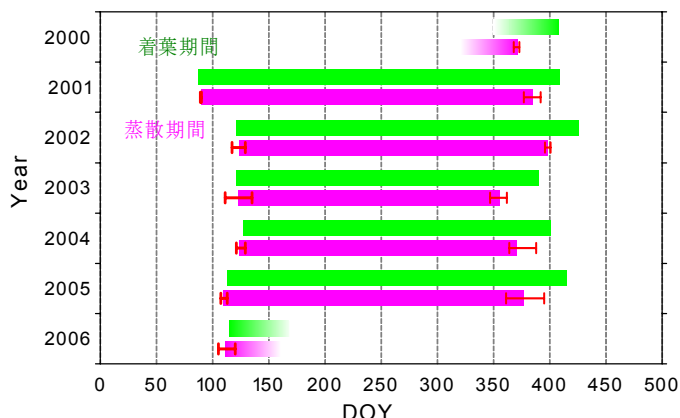


図8 チーク人工林の着葉期間・蒸散期間の年々変動

4) サラワク熱帯雨林の水収支・炭素収支  
マレーシア・サラワク州ランビル国立公園の低地熱帯雨林は、樹高50mを超える世界で有数のバイオマスを持つ森林で、林冠

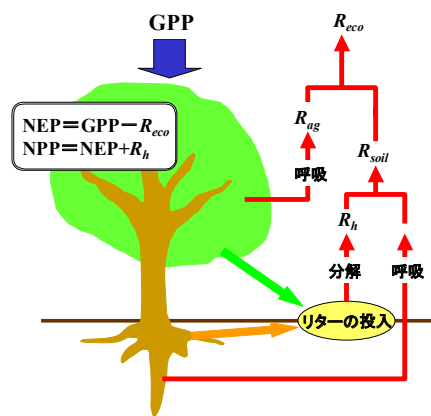
クレーンなどを用いたフラックス観測、微気象観測、土壌水分観測などが進められた。アマゾン河流域の熱帯林に比べて報告例がわずかであった東南アジア熱帯雨林の年蒸発散量、年樹冠遮断量、年蒸散量、炭素収支などが見積もられ、報告された(図9)。これらの結果は、国際的な関心もたれ熱帯水文研究者に受け取られており、既に幾つかの論文に引用されている。降雨後に上層の林冠と下層植生の葉が乾く時間差の解析や、それを検証に用いる多層モデルの開発などにより、複雑な林冠の森林の水循環、炭素循環素過程が解明された。

5) タイとサラワクにおける水収支各項目の詳細観測

水収支項目は、降水、蒸発散、流出からなるが、森林において蒸発散は、蒸散、樹冠遮断蒸発量、土壌面蒸発量から構成される。このため、各サイトにおいて樹冠遮断量の計測がなされた。特に、サラワクの熱帯雨林では巨大高木が存在し、樹冠の平面的な負均一性が大きく、正確な計測が困難であるが、3年にわたり620地点の林内雨計測を行い、4haの平均値としての樹冠遮断量が求められた。また、落葉季節林における測定も、その集中的観測によって、従来諸説が存在した樹冠遮断量に回答をあたえる観測がなされた。

また、山地に位置するコグマ試験地では、山岳性の霧がしばしば発生し、その評価が水収支や水質形成に影響を与えるが、フォッグ・ゲージなどの機器を用いた観測によって、その実態を明らかにした。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。

$$NEP = \sum NEE$$



見積もられた年間炭素フラックス ( $tC\ ha^{-1}\ year^{-1}$ )  $R_{ag}$ : 地上部バイオマス呼吸、 $R_{soil}$ : 土壌呼吸、 $R_h$ : 従風栄養呼吸、 $R_{eco}$ : 生態系呼吸量、NEP: 純生態系生産力、NPP: 純1次生産力、GPP: 総1次生産力、NDはデータ無し

項目	方法	2000/2001*	2001/2002†
(1) $R_{ag}$	モデルによる見積	ND	7.22
(2) $R_{soil}$	チャンバー計測	ND	17.38
(3) $R_h$	アマゾン熱帯林の既往の成果を利用	3.36	4.69
(4) $R_{eco}$	乱流変動法の計測値とモデルによる見積	ND	26.31
(5) $R_{eco}$	(1)+(2)	ND	24.60
(6) NEP	乱流変動法の計測値とモデルによる見積	ND	4.83
(7) NEP	毎木調査	4.85	2.80
(8) NPP	(6)+(3)	ND	9.52
(9) NPP	毎木調査	8.21	7.50
(10) GPP	(6)+(4)	ND	31.14
(11) GPP	(7)+(4)	ND	29.11

\*2000年9月から2001年8月の値  
†2001年9月から2002年8月の値

図9.マレーシア熱帯雨林サイト(ランビル国立公園)における年間炭素貯留量。



6) タイとサラワクにおける土壌中有機物分解（土壌呼吸）

熱帯季節林および熱帯雨林は、それぞれ特徴のある土壌水分季節変化をもつので、土壌動物や土壌微生物の活性の季節変化も異なる。そのため、森林の炭素循環の一要素である土壌中有機物分解（土壌呼吸）も大きく異なることが、明らかにされた。

特に熱帯季節林では、乾季の土壌乾燥により土壌中有機物分解が著しく低下し、土壌中有機物分解の季節性が森林の二酸化炭素吸収量の季節性に影響を与えている。また、熱帯雨林では、土壌動物の間断的な活動のシグナルが大きく、大きい二酸化炭素放出があるホットスポットの存在が発見された。

7) 熱帯林における森林流域の水質

熱帯雨林のランビル流域において、渓流水が硫酸酸性であるという驚異の事実が、今回の観測・分析によって初めて明らかになった(表1)。今後、ランビル国立公園近傍の熱帯雨林が伐採され、それをきっかけにして地下深くに散在するパイライトを含む土壌や基盤岩が地表に露出した場合には、パイライトの急激な酸化により大量の硫酸が生成され、流出する可能性がある。

表 1. 2005 年 8 月から 2008 年 1 月の降雨 (P)、林内雨 (TF)、渓流水 2 流域 (SW CL; SW TL) の算術平均濃度. ただし SW TL は 2006 年 2 月から 2008 年 1 月.

	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>
P	17.5	10.7	23.3	4.7	23.9	26.2	14.0	21.7	45.2
TF	46.1	26.0	23.1	5.6	31.1	46.7	63.3	59.5	36.6
SW CL	44.7	2.5	144.2	39.0	52.4	5.1	22.8	70.0	16.6
SW TL	39.6	3.5	485.4	59.9	56.1	7.2	22.6	239.3	75.8

ランビル国立公園と同じボルネオ島に位置する東カリマンタンでは、干拓や土木工事などにより地表に露出したパイライトの酸化で大量の硫酸が生成され、深刻な酸性硫酸塩土壌問題が生じている。本研究成果は、硫酸酸性の渓流水が流出するような土地でも天然の熱帯雨林が成立しうることを示しており、酸性硫酸塩土壌問題がすでに起きている場所で森林再生を行う際に役に立つ基礎的知見を提示できると期待される。

8) 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について、これを反映するモデルを構築し、1km 分解能、月単位で蒸発散量、水資源賦存量を求め、この結果を現地観測データ、既往モデルの値と対比した (図 10)。

水収支に対する常緑林と落葉林の差異を表現する蒸発散量推定は、本研究による知見として大きい成果である。

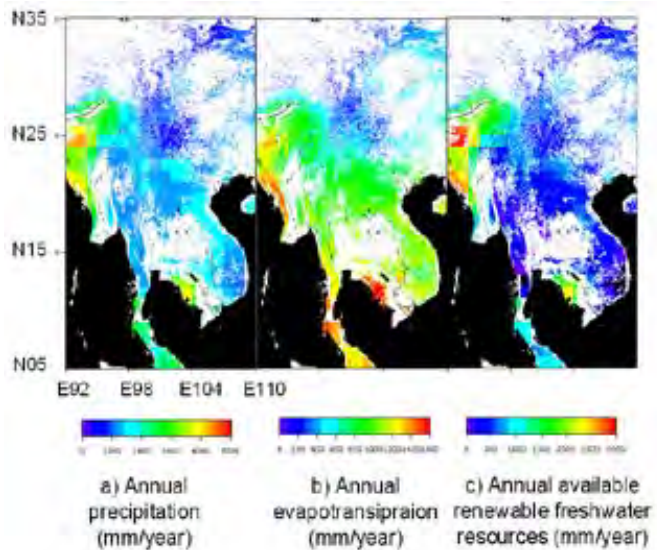


図 10 常緑林、落葉林を区分して求める蒸発散モデルによる年水収支。(1km グリッド)

4. まとめ・今後の課題

本研究は、アジアモンスーン域の降雨特性と熱帯林の水循環、炭素循環について、研究開始時に想定した以上の多くの新知見を得ることができ、海外からも注目される熱帯研究グループとして認知されるようになった。

1) 降水現象の季節性と年々変動

インドシナ半島の降水現象について本プロジェクトにおいて新たに見いだされた著しい地域性・季節性・年による違いは、熱帯モンスーンアジアにおけるマルチスケールでの降水変動理解に対して重要な示唆を与えるものである。自記転倒雨量計網によって得られたデータの詳細な解析および関連する気象データの解析、さらにこれら観測結果を検証データとする領域気候モデルによる数値実験は、既に多くの新知見をもたらしたが、上記現象の発生機構を解明すること、および降水量の年々変動との関係を解明していく点に、今後の課題がある。本研究では、一部ではリアルタイムでのデータ取得に

成功しており、現地機関での降雨現況監視、洪水予測への利用可能性を示すことができ、能力開発にも貢献することができた。また、中部ベトナムでの豪雨発生機構の解明は、現地での豪雨予測手法に新たな指針を与えるもので、現地からも高い評価を受けている。得られた成果は、熱帯アジア域降水の季節予報の精度向上のみならず、地球温暖化を含めた長期的な機構変動の予測に資することが期待される。

## 2) 森林生態系の水循環、物質循環

東南アジア熱帯林におけるエネルギー循環・水循環・炭素循環の季節変化と年々変動を、熱帯雨林、常緑林と落葉林の熱帯季節林を対比して明らかにした。また、それぞれの森林の季節変化と年々変動に、降水の変動が反映していることが、様々な視点から明らかにされた。乾季後半に蒸散が活発である常緑熱帯季節林で、この蒸散を支える水分が深い土層に貯留されている水分であることが、詳細な表層土層厚調査と植物生理学的な計測により、モデル上の仮説から実際に生じている現象として理解できるように変わったことなど、集中的かつ継続的な現地観測が成果をあげたといえる。また、熱帯雨林のランビル国立公園で、樹高 70m にも達する生物多様性の高い原生熱帯雨林が成立している場所の渓流水が硫酸酸性であるという事実は、今回の観測・分析によって初めて明らかになった。研究計画では予期していなかった知見もまた多く発見された。

近年、森林による二酸化炭素吸収を期待して、大規模植林の計画が各地で模索されているが、本研究が明らかにしてきたように、炭素循環は水循環の影響を受け、その影響は熱帯季節林において特に大きい。未だ、多くの大規模植林の計画に水循環のアセスメントは十分に取り入れられておらず、水収支に対する常緑林と落葉林の差異を表現する蒸発散量推定をはじめ、本研究による知見はこの点に対して大きく貢献するものである。

熱帯雨林の観測で、当初の狙いと異なったことが一つある。それは、本研究の研究期間に強いエルニーニョ現象の発生がなかったことである。強いエルニーニョ現象は、サラワクの熱帯雨林においても樹木に強度の水ストレスがかかる乾燥状態をもたらすと想定し、この現象が水循環・炭素循環の計測にかかるよう準備をしていたのである。この状態が生じなかったために、待ち望んだ一連のデータは、取得されずに終わった。この点からも今後、観測継続の必要がある。当面、独自の予算獲得は困難であるが、生態系研究に関わる長期モニタリング研究と連携した、観測の継続を考えている。CREST 研究期間で蓄積された平年における年々変動と季節性のデータは、今後さらに役に立つことになる。

なお、本研究を特色付けるものとして、サラワクの林冠クレーン(高さ90m)、タイの観測タワー(高さ50mと40m)の利用があげられる。サラワクの林冠クレーンは、CREST「地球変動のメカニズム」の「熱帯林の林冠における生態圏-気圏相互作用のメカニズム解明」平成 10 年採択(中静透代表)で建設されたものであり、本研究においても継続して用いられ、2代の CREST プロジェクトによって有効に活用された。今後、林冠クレーンは、JST の所属を離れるが、生態系長期観測計画の中で有効活用が見込まれる。



## 5. 主要な成果報告など(論文、口頭報告、等)

(1) 論文発表 (国内(和文)誌 22 件、国際(欧文)誌 60 件)

国内誌 (2006 年以降)

1. 蔵治光一郎・市栄智明(2006) 北ボルネオにおける一般気象の季節変動.水文・水資源学会誌、19(2):95-107
2. 五名美江・蔵治光一郎(2006) マレーシア・サラワク州における降雨季節変動の空間分布特性.水文・水資源学会誌、19(2):128-138
3. 井上知栄・松本淳(2006) 近年の東アジア夏季季節進行にみられる数十年規模変動.月刊「海洋」/号外、44:169-175
4. 植田宏昭・堀正岳(2006) アジアモンスーン変動に内在する大気・海洋・陸面相互作用-日本の暑夏の直接的・間接的要因-.月刊「海洋」、38(5):120-132
5. 松本淳(2006) 東アジアのモンスーンと屋久島の気候.世界遺産屋久島(共著),朝倉書店、P1-4
6. 田中延亮・久米朋宣・吉藤奈津子・田中克典・瀧澤英紀・白木克繁・小坂泉・Tantasirin C・Tangtham N・鈴木雅一(2007) タイ北部の熱帯季節林における現地観測をベースにした水文気象研究-既往研究の整理と今後の課題-.水文・水資源学会誌、20(4):347-361
7. 馬淵和雄(2007) 物理気候モデルへの陸域生態システムの導入とそれによる圏間相互作用研究.物性研究、88(4):507-512
8. 松本淳・山本奈美(2007) 世界における最近の降水現象の特徴.天気、54:612-616
9. 松本淳(2007) 世界の気象災害.世界の地域問題(共著),ナカニシヤ出版、P10-11
10. 林泰一・松本淳(2008) ベンガル湾のサイクロン Nargis.科学、78(7):698-700

国際誌 (2006 年以降)

1. Kume T,Kuraji K,Yoshifuji N,Morooka T,Sawano S,Chong L,Suzuki M (2006) Estimation of canopy drying time after rainfall using sap flow measurements in an emergent tree in a lowland tropical rain forest, Sarawak, Malaysia, Hydrological Processes, 20:565-578
2. Inoue T,Ueda H,Inoue T (2006) Cloud properties over the Bay of Bengal derived from NOAA-9 split window data and the TRMM PR product,Science Online Letter of Atmosphere,2:41-44
3. Hori M E,Ueda H(2006) Impact of global warming on the East Asian winter monsoon as revealed by nine coupled atmosphere-ocean GCMs,Geographical Research Letter,33,L03713,doi:10.1029/2005GL024961
- 4.Ueda H,Iwai A,Kuwako K,Hori M E(2006) Impact of anthropogenic forcing on the Asian summer monsoon as revealed by simulated 8 GCMs,Geographical Research Letter,33,L06703,doi:10.1029/2005GL025336
5. Kawamura R,Ogasawara T(2006) On the role of typhoons in generating PJ teleconnection patterns over the western North Pacific in late summer,SOLA (Scientific Online Letters on the Atmosphere), Meteorological Society of Japan,2:37-40
6. Ishizaki N,Ueda H(2006) Seasonal heating processes over the Indochina Peninsula and the Bay of Bengal prior to the monsoon onset,Journal of the Meteorological Society of Japan,84(2):375-387
7. Kumagai T,Ichie T,Yoshimura M,Yamashita M,Kenzo T,Saitoh T M,Ohashi M,Suzuki M,Koike T,Komatsu H (2006) Modeling CO2 exchange over a Bornean tropical rainforest using measured vertical and horizontal variations in leaf-level physiological parameters and leaf area densities,Journal of Geophysical Research -Atmospheres, Vol.111, D10107,doi:10.1029/2005JD006676
8. Yoshifuji N,Kumagai T,Tanaka K,Tanaka N,Komatsu H,Suzuki M,Tantasirin C(2006) Inter-annual variation in growing season length of a tropical seasonal forest in northern Thailand,Forest Ecology and Management, 229: 333-339
9. Mabuchi K,Kida H(2006) On-line climate model simulation of the global carbon cycle and verification using the in situ observation data,International Environmental Modelling and Software Society,Burlington,USA,CD-ROM
10. Yokoi S,Satomura T(2006) Mechanisms of the northward movement of submonthly scale vortices over the Bay of Bengal during the boreal summer, Monthly Weather Review,134(8):2251-2265
11. Sakai S,Harrison R D,Momose K,Kuraji K,Nagamasu H,Yasunari T,Chong L,Nakashizuka T (2006) Irregular

- droughts trigger mass flowering in aseasonal tropical forests in Asia, *American Journal of Botany*, 93(8):1134–1139
12. Manfroi O J, Kuraji K, Suzuki M, Tanaka N, Kume T, Nakagawa M, Kumagai T, Nakashizuka T (2006) Comparison of 3-year observed rainfall interception loss in a 100-m<sup>2</sup> subplot with that observed-estimated for a 4-ha plot in a Bornean lowland tropical rainforest, *Journal of Hydrology*, 329(1–2): 329–349
  13. Ohba M, Ueda H (2006) A role of Zonal Gradient of SST between the Indian Ocean and the Western Pacific in Localized Convection around the Philippines, *SOLA (Scientific Online Letters on the Atmosphere)*, Meteorological Society of Japan, 2:176–179
  14. Kume T, Takizawa H, Yoshifuji N, Tanaka K, Tanaka N, Tantasirin C, Suzuki M (2007) Impact of soil drought due to seasonal and inter-annual variability of rainfall on sap flow and water status of evergreen trees in a tropical monsoon forest in northern Thailand, *Forest Ecology and Management*, 238:220–230
  15. He J H, Sun C H, Liu Y Y, Matsumoto J, Li W J (2007) Seasonal Transition Features of Large-Scale Moisture Transport in the Asian–Australian Monsoon Region, *Advances in Atmospheric Sciences*, 24:1–14
  16. Ogasawara T, Kawamura R (2007) Combined effects of teleconnection patterns on anomalous summer weather in Japan, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 85(1):11–24
  17. Ohashi M, Kume T, Yamane S, Suzuki M (2007) Hot Spots of soil respiration in an Asian tropical rainforest, *Geophysical Research Letters*, Vol.34, L08705, doi:10.1029/2007GL029587
  18. Sawano S, Hotta N, Komatsu H, Suzuki M, Yayama T (2007) Evaluating of Evapotranspiration in Forested Areas in the Mekong Basin Using GIS Data Analysis, *Forest Environments in the Mekong River Basin*, 36–44
  19. Kume T, Takizawa H, Yoshifuji N, Tanaka K, Tanaka N, Tantasirin C, Suzuki M (2007) Severe drought Resulting from Seasonal and interannual Variability in Rainfall and Its Impact on Transpiration in a Hill Evergreen Forest in Northern Thailand, *Forest Environments in the Mekong River Basin*, 45–55
  20. Yoshifuji N, Tanaka N, Tantasirin C, Suzuki M (2007) Factors Affecting Interannual Variability in Transpiration in a Tropical Seasonal Forest in Northern Thailand: Growing Season Length and Soil Drought, *Forest Environments in the Mekong River Basin*, 56–66
  21. Kuraji K, Punyatrong K, Sirisaiyard I, Tantasirin C, Tanaka N (2007) Scale Dependency of Hydrological Characteristics in the Upper Ping River Basin, Northern Thailand, *Forest Environments in the Mekong River Basin*, 67–74
  21. Ohba M, Ueda H (2007) An impact of SST anomalies in the Indian Ocean in Acceleration of the El Niño to La Niña Transition, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 85(3):335–348
  22. Yamada K, Kawamura R (2007) Dynamical link between typhoon activity and the PJ teleconnection pattern from early summer to autumn as revealed by the JRA–25 reanalysis, *SOLA (Scientific Online Letters on the Atmosphere)*, Meteorological Society of Japan, 3:65–68
  23. Hashimoto S, Tanaka N, Kume T, Yoshifuji N, Hotta N, Tanaka K, Suzuki M (2007) Seasonality of vertically partitioned soil Co<sub>2</sub> production in temperate and tropical forest, *Journal of Forest Research*, 12(3):209–221
  24. Wu P, Hara M, Fudeyasu H, Yamanaka M D, Matsumoto J, Syamsudin F, Sulistyowati R, Djajadihardja Y S (2007) The Impact of Trans-equatorial Monsoon Flow on the Formation of Repeated Torrential Rains over Java Island, *SOLA (Scientific Online Letters on the Atmosphere)*, Meteorological Society of Japan, 3:93–96
  25. Inoue T, Matsumoto J (2007) Abrupt climate changes observed in late August over central Japan between 1983 and 1984, *Journal of Climate*, DOI:10.1175/JCLI4217.1
  26. Yokoi S, Satomura T, Matsumoto J (2007) Climatological Characteristics of the Intraseasonal Variation of Precipitation over the Indochina Peninsula, *Journal of Climate*, 20(21):5301–5315: DOI:10.1175/2007JCLI1357.1
  27. Tanaka N, Kume T, Yoshifuji N, Tanaka K, Takizawa H, Shiraki K, Tantasirin C, Tangtham N, Suzuki M (2008) A review of evapotranspiration estimates from tropical forests in Thailand and adjacent regions, *Agricultural and Forest Meteorology*, 148:807–819
  28. Kamoi T, Tanaka K, Kuraji K, Momose K (2008) Abortion of reproductive organs as an adaptation to fluctuating daily carbohydrate production, *Oecologia*, 154:663–677
  29. Kume T, Manfroi O J, Kuraji K, Tanaka N, Horiuchi T, Suzuki M, Kumagai T (2008) Estimation of canopy water

storage capacity from sap flow measurements in a Bornean tropical rainforest, *Journal of Hydrology*, 352(3-4): 288-295

30. Kume T, Komatsu H, Kuraji K, Suzuki M (2008) Less than 20-minute time lag between transpiration and sap flow in emergent trees in a Bornean tropical rainforest, *Agricultural and Forest Meteorology*, 148:1181-1189

31. Kume T, Manfroi O J, Suzuki M, Tanaka K, Kuraji K, Nakagawa M, Komatsu H, Kumagai T (2008) Estimation of vertical profiles of leaf drying times after daytime rainfall within a Bornean tropical rainforest, *Hydrological Processes*, 22:3689-3696

32. Yokoi S, Matsumoto J (2008) Collaborative effects of cold surge and tropical depression-type disturbance on heavy rainfall in central Vietnam, *Monthly Weather Review*, 136(9):3275-3287

33. Yokoi S, Satomura T (2008) Geographical distribution of variance of intraseasonal variations in western Indochina as revealed from radar reflectivity data, *Journal of Climate*, DOI:10.1175/2008JCLI2153.1

34. Ohba M, Ueda H (2008) Role of Nonlinear Atmospheric Response to SST on the Asymmetric Transition Process of ENSO, *Journal of Climate*, (in press)

35. Ohba M, Ueda H, Seasonally Different Response of the Indian Ocean to the El Niño-Related Walker Circulation, *Geophysical Research Letters* (in press)

## (2) 学会発表

招待講演 (国内会議 1 件、国際会議 5 件)

口頭発表 (国内会議 43 件、国際会議 96 件)

ポスター発表 (国内会議 48 件、国際会議 31 件)

## (3) その他

受賞 久米朋宣 (九州大学農学研究院)

賞: European Geophysical Union 2007 General Meeting, Young Scientists' Outstanding Poster Paper Award

研究課題: Impact of soil drought on transpiration in a hill evergreen forest, northern Thailand

受賞日: 2007年5月25日

新聞報道

Borneo Post: 2006.7.23

『Field biology students to report findings』 蔵治光一郎

NHK教育テレビ: 『サイエンスZERO』 平成17年6月4日 19:00~19:44 放送

標題: 『森林の力を解き明かせ』 鈴木雅一