

「水の循環系モデリングと利用システム」

平成14年度採択研究代表者

太田 岳史

(名古屋大学大学院生命農学研究科 教授)

「北方林地帯における水循環特性と植物生態生理のパラメータ化」

1. 研究実施の概要

【研究のねらい】本研究チームは、高緯度森林帯における水循環に対する森林の影響を解析しその時空間的分布特性を明らかにすることにより、高緯度帯での水収支特性の現状の理解と数10年から50年スケールでの環境変動による水循環、水収支特性の変動を予測することを目的としている。そのために、現地観測、既存データセットの活用、衛星による広域情報の獲得、モデリングなどの解析・研究手法を用い、水循環特性の解析を行っている。

【研究の概要】平成15年度は実質的な研究の開始年度であった。そのため、現地観測サイトの立ち上げと得られたデータの予備解析、既取得データの解析、既存データセットの収集と予備解析、衛星データのアーカイブ開始、陸面過程モデルの改良などを主な研究課題とした。

【研究の成果】主な成果の概要は、以下の通りである。1) 現地観測の開始：ロシア・ヤクーツクではカラマツsiteにおける観測が、北海道・母子里においてカンバsite、混交林siteの観測が開始された。愛知・瀬戸siteでは既に観測が開始されており継続した。2) 既取得および新規データの解析：各観測siteで得られたデータを用いて群落レベルでの水循環に係わる植物生理特性パラメータ、森林群落構造を含めた群落空気力学的特性パラメータに関する予備解析を行った。また、ロシア・ヤクーツクとカムチャッカを対象として同樹種での個葉レベルでの生理特性の比較検討を行った。また、既取得データにより冬期の降雪遮断特性に関する解析を開始した。衛星による広域情報の獲得：MODISアーカイブ (LAI/FPAR, Vegetation Index, Albedo) の収集を行い、GISデータベース (15秒グリッド) の構築と収集データの自動GISデータ化システムの開発を行った。デジタルカメラと魚眼レンズによる、LAIリファレンスデータ取得に関する機種依存性の問題点について検討した。また、針葉樹林を対象として、IKONOS衛星データによる林分構造 (樹種分類・本数推定) の推定可能性について検討を行った。4) 既存データセットの収集と予備解析：公開されているデータベースの収集を行い中～高緯度帯の森林における植物生理特性パラメータと気候値の関係を検討した。5) 陸面過程モデルの改良：降雪遮断過程の整備を行い、通年計算を可能にした。計算の結果、シベリアにおいては冬期間ほとんど着雪

が継続するが、厳冬期は気温が極めて低いため、昇華蒸発はゼロに近く、顕熱と貯熱が足りあうことが示された。3月には昇華が増加し、それによって着雪は消滅する。また、Jarvis型気孔抵抗パラメータに対応できるようにモデルを改造した。

【今後の見通し】現地観測をH16年度以降も継続することにより、高緯度森林帯における水循環特性の季節変動のみでなく年々変動の解析も可能となる。また、基礎データとなる個葉レベルでの解析も観測site間での測定条件の統一化が図られることにより、相互比較解析は可能となる。また、森林構造の解析と微気象観測をとおして水循環により有効な構造表現のパラメータ化が期待される。これらの現地観測に基づく解析に既存データセット解析を加えることで、植物生態生理パラメータの時空間分布特性に関する暫定的なマッピングをH16年度に行う予定である。同時にアジア地域に存在しないMODISデータのリファレンスを行い、森林構造の空間分布のアルゴリズムを開発する。これらの結果を陸面過程モデルに反映し、北方林地帯での水循環、水収支解析をH16年度より開始する。

2. 研究実施内容

【研究目的】北方林地帯における水循環特性を明らかにするために、本年度は現地観測により群落スケール、個葉スケールでの植物生理パラメータ特性の理解、森林構造と空気力学的特性の関係の把握、衛星より得られる森林情報の自動GIS化、陸面過程モデルの改良などを中心課題として研究を進めた。以下に、各研究グループごとに本年度の主な研究実施内容の概要を報告する。

①陸面水循環解析グループ

(1) 群落スケールでの植物生態生理特性パラメータ特性の検討

シベリア・カラマツsite、北海道・カンバ、混交林site、愛知・瀬戸siteの観測タワーから得られる気象要素、各種フラックスデータを用いて、生理パラメータの環境応答特性、森林構造と空気力学的特性の関係を検討した。

図1に4タワーsiteにおける植物生理パラメータの解析結果を示す。飽差、日射に対する応答特性は母子里において樹種が異なるにもかかわらず、その応答は類似したものとなっている。また、高緯度帯になるほど低温条件下で植物生理活性が高くなる傾向にある。今後はデータの蓄積を計りシベリア・アカマツsiteでのデータを加え気候帯ごとの環境応答特性を明らかにする。図-2には、北海道・カンバサイトにおけるPAIと空気力学的パラメータ（ゼロ面修正量、粗度長）の季節変動を示す。これによれば、フェノロジーによりPAIは大きく変動するが、空気力学的パラメータの変動は小さい。これは一般の陸面過程モデルで用いられる仮定とは大きく異なる。同様の結果は、シベリア・カラマツsite、愛知・瀬戸siteにおいても得られている。今後は、森林における空気力学特性を支配する森林構造のパラメータ化を進めて行く。

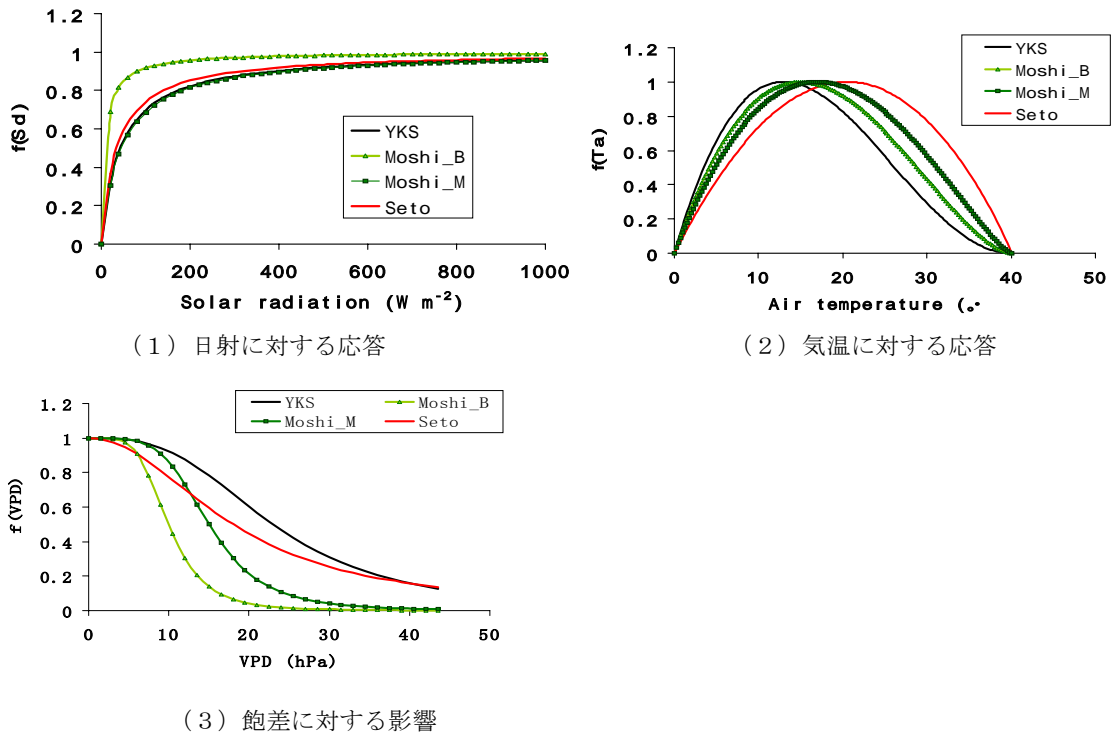


図-1 生理パラメータの環境応答特性

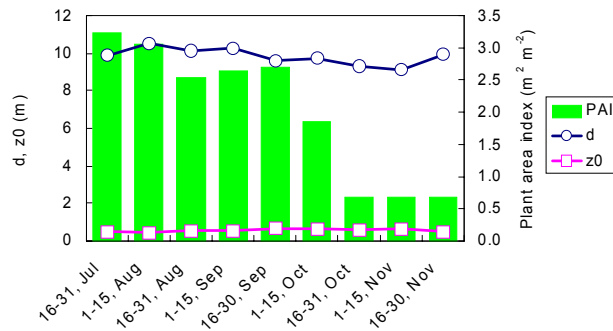


図-2 PAIと空気力学的パラメータの季節変動
(PAIは北大・低温研戸田氏より提供)

(2) 下層植生と群落蒸発散特性

シベリア・カラマツ林で下層植生とカラマツの蒸散の日変動を個葉単位で予備的観測を行った。その結果、日変動に大きな相違が見られ、環境応答特性が異なることが示唆された。H16年度に現地でもより詳細な観測・解析を実施する。

(3) 冬期遮断特性

新庄雪氷防災研究所・人工気象室において、人工降雪実験を実施した。結果は現在解析中である。H16年度は現地での観測を計画中である。また、既観測データを用いて冬期樹冠上エネルギー収支特性と冠雪状態、気象状態、冠雪状態と降雪遮断量に関する解析を実施した。

(4) 植物生理特性パラメータと気候条件

上記(1)の現地データと既存公開データベースを用いて、植物生理パラメータと気候値の関係を検討した。その結果、各パラメータは気候帯によって変動し、各森林が成立する環境条件の影響を強く受けていることが示唆された。今後データをより収集するとともに、現地観測データとあわせて生理パラメータの空間分布特性を検討して行く。

②森林動態解析グループ

(1) 個葉スケールでの植物生理パラメータ

カムチャッカにおけるカンバとカラマツ、ヤクーツクのカンバとカムチャッカのカンバの個葉レベルでの植物生理特性が観測・解析された。その結果、カンバとカラマツを比較するとほぼ同じ気候条件下ではカンバの方がカラマツより気孔コンダクタンスが大きい(蒸散が大きい)傾向を示した。これは定性的には、BOREASで得られている結果と一致する。また、いずれも土壌水分の影響は認められなかった。今後は、サンプル葉の

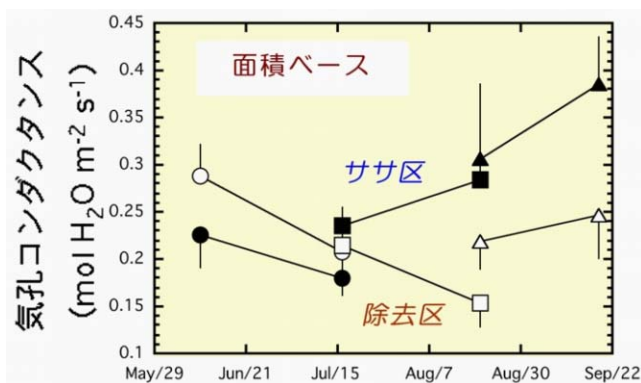


図-3 下層植生の有無による気孔コンダクタンスの相違

部位、葉齢、水ストレスなどを統一した条件下での計測が必要であることが指摘された。

(2) 下層植生が森林構造、植物生理特性に与える影響

北海道・カンバsiteにおいて下層植生(ササ)を除去したプロット(除去区)としなかったプロット(ササ区)での生理特性、個体構造、群落構造の変動を解析した。図-3は両区の気孔コンダクタンスの比較

を示しており、個葉レベルでのガス交換能はササ区で高くなる。また、個体レベルで見た枝長、葉面積、葉数などの構造(図-4)や樹冠の重なりなどにも強く影響を与えていた。これらのことは下層植生の有無は生理特性のみでなく、空気力学特性にも影響を与える事を示唆している。

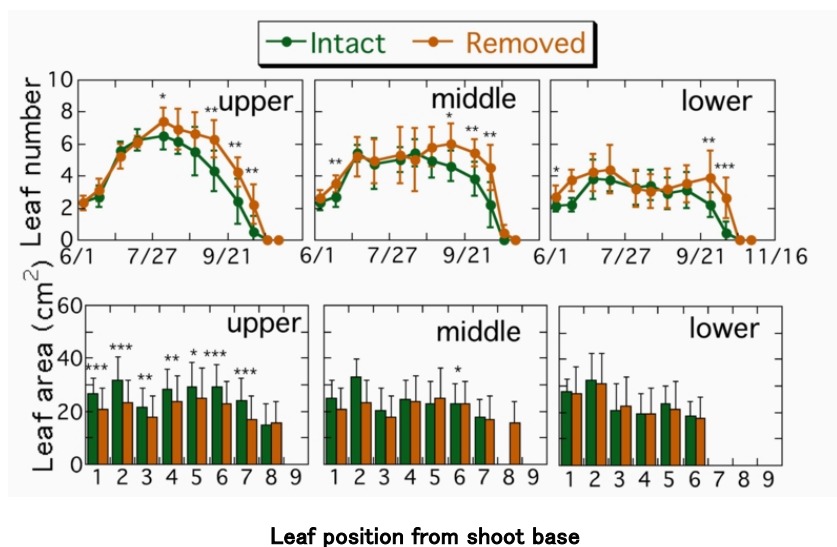


図-4 下層植生の有無による個体構造の変動の1例

(3) 衛星データによる森林構造解析

MODIS/LAI・NDVI・Albedoのデータアーカイブを開始した。今後はCRESTの各タワーsiteにおいて時間的変動を解析できるreference dataを獲得するとともに、国内、シベリアにおいてフィッシュアイ・デジタル写真、GPSを併用した広域観測により、対象地域の森林構造解析アルゴリズムを開発する。また、

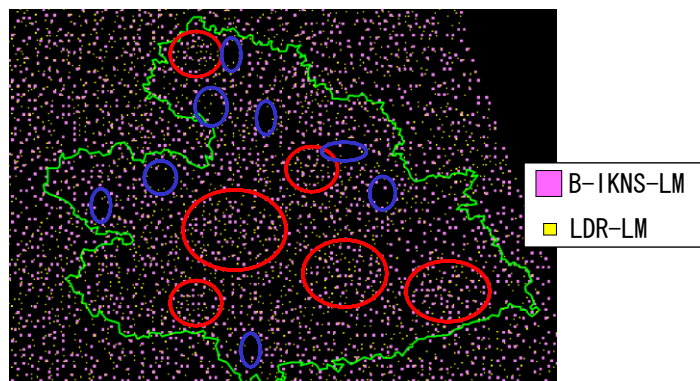


図-5 IKONOSとLAIDERによる樹冠位置の比較

IKONOSデータを用いることにより針葉樹を対象とした場合、立木位置、立木密度などが計測可能であることが示された(図-5)。

③水循環-森林動態モデリンググループ

(1) 陸面過程モデル(2LM)の改良

通年での計算を可能とするため、降雪遮断過程の整備を行い、以下のような結果を得た。シベリアにおいては、冬期間ほとんど着雪が継続する。しかし、厳冬期は気温が極めて低いため、昇華蒸発はゼロに近く、顕熱と貯熱がつりあう形となった。3月に入ると昇華によって着雪は消滅していく。また、Jarvis型気孔抵抗パラメータにも対応できるようにモデルを改造した。その結果、晩夏に計算蒸発散量が過大となった(図-6)。植物の生理活性のモデル化が必要であることが指摘された。また、モデルパラメータ中 g_{smax} と D_{50} の影響が大きいことが指摘された。今後、陸面水循環解析グループによって得られる群落コンダクタンス、森林動態解析グループによる個葉レベルのコンダクタンスパラメータとの比較検討が可能となる

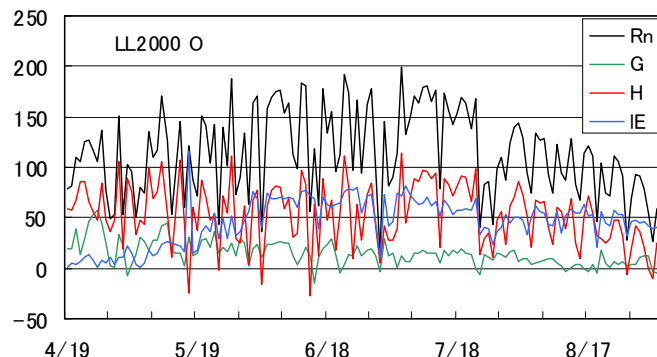


図-6 Jarvis型モデルを組み込んだ2LMの出力例
(ヤクーツク・カラマツsite)

また、モデルパラメータ中 g_{smax} と D_{50} の影響が大きいことが指摘された。今後、陸面水循環解析グループによって得られる群落コンダクタンス、森林動態解析グループによる個葉レベルのコンダクタンスパラメータとの比較検討が可能となる

(2) MINoSGIの適用

オリジナルの常緑針葉樹版を落葉樹版に適用する作業を進めた。フェノロジーを陽に入れることが重要であることがわかった。H16年度は落葉樹版が完成し次第、母子里のカンバ林へ適用する予定である。

3. 研究実施体制

①陸面水循環解析グループ

研究グループ代表者：太田岳史（名古屋大学大学院生命農学研究科，教授）

研究実施項目：1) 水・エネルギー・CO₂フラックスの現地観測

2) 各観測siteにおける群落スケールでの植物生理パラメータとその環境応答特性の解析

3) 各観測siteにおける森林構造と空気力学的特性の解析

4) 既存データセットを利用した各種気候帯に存在する森林での群落コンダクタンスモデルパラメータの最適化

5) データベースセンターの設置

②森林動態解析グループ

研究グループ代表者：隅田明洋（北海道大学低温科学研究所，助教授）

研究実施項目：1) 各観測siteにおける優占樹種の光合成・蒸散特性の個葉単位での観測および植物生理モデルパラメータの獲得。

2) 各観測siteにおける森林構造解析と空気力学的特性の解析

3) 各種衛星データセットの利用による森林構造推定アルゴリズムの開発と森林構造の空間平均値地上検証データ獲得法の開発

③水循環－森林動態モデリンググループ

研究グループ代表者：山崎 剛（地球観測フロンティア研究システム，サブリーダー）

研究実施項目：1) 水・エネルギー・炭素循環に関する2LMモデルの改良

2) 環境変動による北方林森林動態予測に関するMINoSGIモデルの改良

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文発表

○ TANAKA Takafumi, PARK Hotaek, HATTORI Shigeaki, Distinguishing foliage from branches in the non-destructive measurement of the three-dimensional structure of mountain forest canopies. The Forestry Chronicle 79 (2), 313-317. 2003.

○ SUZUKI Kazuyoshi, NAKAI Yuichiro, OHTA Takeshi, NAKAMURA Tsutomu, OHATA Testuo. Effect of snow interception on the energy balance above deciduous and coniferous forests during a snowy winter. IAHS Publication no. 280. 2003.

○ MATSUI Ken'ichiro, OHTA Takeshi. Estimation the snow distribution in a subalpine region using a distributed snowmelt model. IAHS Publication no. 280. 2003.

○ 三木直子・Bardel Al-Balushi・山口康人・吉川 賢. オマーン湾沿岸に分布するヒ

ルギダマシ (*Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.) 林の林分構造. 日本緑化工学会誌29(1), 125-130. 2003.

- SUZUKI Kazuyoshi, OHTA Takeshi. Effect of Larch Forest Density on Snow Surface Energy Balance. *Journal of Hydrometeorology*, VOLUME4, 1181-1193. 2003.
- 牧野太紀・服部重昭・佐野方昴. 土壌呼吸連続計測装置の開発と土壌呼吸量の季節変化. *中部森林研究*51, 281-284. 2003.
- MIKI Naoko, OTSUKI Kosei, SAKAMOTO Keiji, NISHIMOTO Takashi, YOSHIKAWA Ken. Leaf water relations in *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. on different soil moisture conditions. *Journal of Forest Research* 8 : 153-161. 2003.
- MATSUMOTO Kazuho, OHTA Takeshi, IRASAWA Michiya, NAKAMURA Tsutomu. Climate change and extension of the *Ginkgo biloba* L. growing season in Japan. *GLOBAL CHANGE BIOLOGY* 9, 1634-1642. 2003.
- 中井太郎・浦野慎一・佐藤隆光・平野高司. 草高が異なる群落間の顕熱移流の評価. *農業気象* 59(2) 155-164. 2003.
- HAMADA Shuko, OHTA Takeshi, HIYAMA Tetsuya, KUWADA Takashi, TAKAHASHI Atsuhiko, MAXIMOV TrofimC. Hydrometeorological behavior of pine and larch forests in eastern Siberia. *HYDROLOGICAL PROCESSES* 18, 23-39. 2004.

(2) 特許出願

H15年度特許出願件数 : 0 件 (CREST研究期間累積件数 : 0 件)