

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20248016

研究課題名（和文）

東アジアにおける森林の水・エネルギー・炭素循環特性の普遍性と多様性

研究課題名（英文）

The universality and the diversity on Water/Energy/Carbon exchanges of forests in East Asia

研究代表者

太田 岳史 (OHTA Takeshi)

名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：20152142

研究成果の概要（和文）：熱帯林，温帯林，北方林と連続して広がる東アジアの森林を対象として，水・エネルギー・炭素(W/E/C)循環特性の解析を行った。まず，環境条件は北に行くほど冬季の条件が厳しくなった。そして，樹木個体レベルでは，南北の環境条件の違いにより応答が異なっていた。しかし，群落レベルになるとそれぞれある関係式で森林と環境条件の違いが整理された。複数のモデルで W/E/C 循環の基本的特性を表すことが可能であった。しかし，熱帯林の乾季については，土壌深部からの水分供給に対応するモデル表現が必要となった。

研究成果の概要（英文）：The water, energy and carbon (W/E/C) exchanges from tropical to boreal forests through temperate forests in the Eastern Asia are examined from the tree levels to the forest levels with the observations and modelings. The forests environments, especially in winter, are severer in the high latitudes than in the low latitudes. And the responses of individual trees in the tropic, the temperate and the boreal zones are different each others, but those of stands scales are equal to several potential lines between the environment conditions and the conductance of the forests. The several models can be possible to represent the W/E/C cycles basically, but the soil water supply in the deeper parts of the soil layers is needed to add in the tropical forests.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	14,800,000	4,440,000	19,240,000
2009年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2010年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2011年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
総計	36,300,000	10,890,000	47,190,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：熱帯林・温帯林・北方林，水・エネルギー・炭素循環，普遍性，多様性

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は，東アジアの多様な条件下に存在する多様な形態の森林における水・エネルギー・炭素（以下，W/E/C）循環特性の定量的な理解を得ようとするものである。すなわち，これまでシベリアの北方林，日本の温帯林，タイの熱帯季節風林，マレーシアの熱帯雨林で，W/E/C 循環特性に関する現地観測・研究

を進めてきた研究者が共同して，

① 異なる気候帯でのW/E/C 循環に関わる森林の環境への応答特性（以下，「環境応答特性」という）は，どのような普遍性を持ち，その中でどの様な多様性を有しているのか？

② これらの森林は，環境要因の変動に対してどの様に応答するのか？すなわち，温暖化，降水量と降水特性の変化などの変動に対して，

各地の森林が異なる応答を示すのか？同じ応答を示すのか？

を明らかにするものである。その具体的方法論は、次の2つの手法である。

1) 複数の陸面モデルを用いた、異なる気候帯に成立する森林の環境応答特性の現況評価と外力の変動（短期的変動、長期的変動）による森林の応答の変動の定量的評価

2) 異なる気候帯での長期観測を通じた環境変動と森林の応答の実態把握とその特性の抽出

## 2. 研究の目的

各5つの分野でそれぞれ以下の目的を挙げた。

### (1)環境条件の変動性の研究目的

データの総合的な比較検討によって、各地域の森林のもつ普遍的な性質と異なる性質の抽出が初めて可能となるが、こうした相互比較は南北アジア域で未だ十分議論なされていない。(1)の目的は、森林観測サイトの過去に得られた環境要因の変動特性の抽出と比較である。ここでは、熱帯林から北方林にいたる森林9サイトについて、環境状態量と熱・水蒸気・二酸化炭素ガス交換の目的・季節的变化および変動の特徴を考察した。

### (2)植物体の環境応答特性の研究目的

(2)の研究研究では、北方林のシベリアと熱帯林のボルネオ島の2つを、植物体の環境応答特性の調査値として取りあげた。

東シベリアのヤクーツク周辺では、2004年以降の異常な降雨により、永久凍土表層の融解が進行して、活動層内が急激に湿潤化した。この現象に伴い、カラマツを主力とする北方林では、過湿土壌の影響を受けて、枯死する個体が現れ始めた。その減少について考察した。

一方、ボルネオ熱帯雨林は、湿潤な生物圏である。この生態系は、突発的な強度の土壌乾燥があるにも関わらず、その生理的影響は分かっていない。このような水利用様式は“Anisohydric”と呼ばれ、植物体内の通水阻害を防ぐために気孔制御を積極的に行う“Isohydric”と対になっている。本研究では、通水阻害の危険性がほとんど無い湿潤な環境では“Anisohydric”は“Isohydric”よりも有利な条件になること考察した。

### (3)森林群落の応答特性の研究目的

(3)の目的は、熱帯林から北方林の森林群落でのW/E/C特性を知ることである。熱帯林から北方林までの17林分で、環境要素(光合成有効放射量、気温、飽差、土壌水分量)と気孔コンダクタンス、空気力学的コンダクタンスを調べ、モデルでの推定値との比較を行った。

### (4)森林構造と乱流輸送特性の研究目的

森林構造が乱流輸送特性に与える影響と

しては、樹冠や樹体内部の空気力学的乱流特性の影響と樹木生理に伴うスカラー量の放出・吸収源の時間変動特性への影響が考えられる。(4)の目的としては、北方林から熱帯林の7林分で、森林構造の変化と森林-大気間におけるW/E/C交換の乱流輸送特性の変化の関係を明らかにすることである。

### (5)陸面モデルの高度化の研究目的

(5)の研究目的としては、陸面モデルの各気候帯への適用の拡張を図り、適用性の確認あるいは適用上の問題点を抽出し、モデルの一般性を高める事である。各モデルのパラメータの解釈とその相互比較により、W/E/C循環特性の“普遍性”と“多様性”を定量的に明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1)環境状態量の変動の解析方法

本研究では、9箇所の森林観測サイト（寒帯常緑性アカマツ林と落葉性カラマツ林、冷温帯落葉性カンバ林と常緑・落葉混交林、温帯性常緑林、熱帯常緑性季節林、熱帯落葉林、熱帯雨林2林分）の、2001年～2008年に取得された、日射量、気温、飽差、降水量、および熱・水蒸気・二酸化炭素ガス交換データを用いた。日射量、気温、飽差、降水量の気象データについては、各月の時刻ごとに、欠測以外のデータについて平均値と標準偏差を求めた。一方、多くの欠測に加え、降雨およびその他が原因となって現れる異常データを含む熱・水蒸気・二酸化炭素ガス交換データについては、中央値とパーセンタイルを求め、25～75パーセンタイルの間にあるデータについてのみ解析の対象とした。こうして得られる各環境要因の目的変化、季節的变化についてサイト間で違いを比較した。

### (2)植物体の環境応答特性の解析方法

北方林のカラマツ林と熱帯雨林のボルネオ島でGranier法により蒸散量が計測された。

Granier法は、「温度センサーにヒーターを組み込んだプローブに一定の熱を与えることで、温度センサー周りの樹液流速が速いほど樹液流による熱の拡散が増え、プローブの温度が低くなる」という原理に基づいて、樹幹の上部（ヒーター付）と下部（ヒーター無）に設置した温度センサー間の温度差から樹液流速を推定する測定法である。Granier法によって計測される樹液流速は、プローブ全体の周りで流れる樹液流の空間的平均であり、プローブに接する木部の中を樹液流が均質に流れていれば、通道構造に関係なくかなり正確に樹液流速が得られる。したがって、プローブが接する辺材の樹幹断面積を樹液流速に単純に掛ければ樹液流量が得られることになる。

この手法を、北方林、熱帯林ともに用いて、単木単位の樹液流速を出した。

### (3)森林群落の応答特性の解析方法

算定する気象条件、乱流フラックス条件は、降雨中ならびに降雨直後の10時間を除外した、無効日の値である。

気孔コンダクタンス ( $G_s$ ) と環境条件の関係は、次に示される Jarvis 式によった。

$$G_s = G_{s\text{MAX}} \cdot f_1(Q) \cdot f_2(D) \cdot f_3(T) \cdot f_4(\theta)$$

ここで、 $G_s$  は気孔コンダクタンス、 $G_{s\text{MAX}}$  は最大気孔コンダクタンス、 $Q$  は光合成有効放射量 ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )、 $D$  は飽差 (kPa)、 $T$  は気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )、 $\theta$  は土壌水分量 (%) である。また、各関数の  $f$  の値は、0~1 を取る。

空気力学的コンダクタンスは、以下の式によった。

$$\frac{1}{G_a} = \left( \ln \frac{z-d}{z_0} \right)^2 \left( \frac{1}{k^2 U_z} \right)$$

そして、Nakai モデルによれば、 $d$  と  $z_0$  は立木密度 ( $\rho_s$ ) と葉面積指数 (LAI) の関数 (省略) である。

気孔コンダクタンス、空気力学的コンダクタンスの算定に用いるパラメータの値は、Matsumoto et al, (2008), Nakai et al, (2008) に等しくしてある。

### (4)森林構造と乱流輸送特性の解析方法

各サイトで測定されたスカラー量と30分の乱流輸送特性パラメータを算出した。

これらのパラメータを用いて、接地層乱流相似則と異なるスカラー量の乱流輸送特性の相似則についての解析を行う。接地層乱流相似則は定常性と空間一様性が保たれる条件下での乱流輸送を前提としているが、樹木形状の違いによる空気力学的特性や、常緑・落葉の違いによる生理生態特性の違いがあるために、森林群落上では相似則の前提条件から乖離すると予想される。また吸収・発生源の時間空間変動が同じであるなら、各スカラーは共変動して相関が大きくなるが、群落構造や生理生態特性が季節変化する森林群落上では、スカラー間の関係も時間変化すると考えられる。本研究では、①接地層乱流相似則の適用可否と乱流相似則からの乖離の発生条件、②相関係数を指標としたスカラー間の変動相似性とスカラー輸送効率について、サイト間での特徴を比較することで共通点と相違点を抽出し、その原因を考察する。

### (5)陸面モデルの高度化の解析方法

特定地域のデータをもとに開発されてきた陸面モデルを、他の地域にも適用し、W/E/C フラックスの季節変化・日変化をシミュレーションする。具体的には北方林を中心に適用してきた Yamazaki et al. (2004) をタイ熱帯常緑林に、熱帯林中心であった Tanaka et al. (2003) と Kumagai et al. (2006) をシベリア北方林に適用する。また、展葉から葉面積ピークまでの期間について、観測データをもとにパラメータ化を目指す。

## 4. 研究成果

### (1)環境状態量の変動の研究成果

①日射量：北方林から温帯林にかけて、夏季6、7月にピークをもつ凸型の季節変化がみられた。熱帯雨林は季節変化が少なく、1年中同じ日変化を示す対し、乾季雨季の伴う熱帯季節風林では雨季に雲の遮断による低下が見られた。6、7月では北方林は日長が最長になることにより、熱帯林より多くなった。

②気温：北方林では冬季の平均 $-40^{\circ}\text{C}$ から夏季の平均最高20度と、季節変化が最も著しく、日較差も日射が極端に少ない冬季を除き、最大であった。緯度が低下するのにもない季節的变化が乏しくなり、熱帯雨林では季節変化が極めて小さく日較差も比較的小さかった。熱帯季節風林では雨季と比較して乾季に温度が高くなり、日較差も大きくなった。

③飽差：北方林から温帯林にかけて、日射量の季節的变化と類似の傾向があった。北方林では6、7月において日較差・最大値とも熱帯季節風林最も大きかった。熱帯季節風林は季節風の影響を受けるため、雨季に低下し、乾季に最大になって日較差も大きくなった。

④雨量：北方林では冬季の積雪量が不明確で季節性が確認できないものの降水量が最も少なかった。冷温帯林は8月に降水のピークが見られるが、冬季の積雪量も多かった。暖温帯林、熱帯季節風林ではモンスーン期に降雨強度が大きくなる季節性を持った。熱帯雨林は降水強度が1年中降雨強度が高かった。

⑤熱・水蒸気・二酸化炭素ガス交換：北方林での熱交換は日射量の日変化、季節変化と類似した傾向があり、他のサイトと比べ高緯度帯であるに対し夏季の熱交換量は大きく、水蒸気交換量は少ない傾向があった。冷温帯林も、熱交換は日射量の日変化、季節変化と類似している一方、水蒸気交換量は北方林より活発だった。冷温帯林では常緑性は落葉性より早い5月に水蒸気放出と二酸化炭素ガス吸収が活発になったが、その後は同程度の放出・吸収を示した。常緑の暖温帯林と常緑の熱帯季節風林では、熱放出と二酸化炭素ガス吸収は6-8月にそれぞれ放出低下と吸収のピークがある凹型の季節変化になっており、緯度にかかわらず類似した。一方、落葉の熱帯季節風林では乾季・落葉期の2-4月の水蒸気放出と二酸化炭素ガス吸収は少なかったが展葉開始とともに多くなった。熱帯雨林は熱・水・二酸化炭素ガス交換とも季節変化に乏しく、1年中類似した日変化が見られた。

⑥まとめ：大気側の環境要因の季節性と落葉性・常緑性の森林の生物季節の違いによって、環境状態量の変動と熱・水蒸気・二酸化炭素ガスの交換の季節性を生み出していた。

### (2)植物体の環境応答特性の研究成果

①北方林における植物体の環境応答特性

2004年以降の湿潤化・地温上昇がもたらす活動層厚の深層化は微地形による空間的差異が大きい。凍土面で谷にあたる部分では、2009年の活動層厚が150cmを超えた。そして、この谷となる場所で土壤水分が滞留し、生育するカラマツは枯死する傾向があった。

Granier法による2006年と2009年のカラマツの樹液流測定から、2009年で約12%の流速の低下が確認された。飽差で規格化した気孔コンダクタンスを比較したところ、2009年に大きく低下する個体が現れた。これらの個体は葉面積が低下したことが主因と考えられる。気孔コンダクタンスの低下した個体で樹高15m以上の成木は、活動層が深層化した位置に多く成立しており、過湿土壌の影響を強く受けていると考えられる。

渦相関法で測定された観測サイトの群落上と林床での蒸発散量から、2006年以降の群落の蒸発散量が減少していた。一方、林床の蒸発散量には差は認められないことから、カラマツ林からの蒸散の減少が、群落の蒸発散量減少に寄与していると推察できる。

#### ②熱帯林における植物体の環境応答特性

現地観測でパラメタライズされた土壤水分と炭素同化ダイナミクスの確率過程モデルを利用して、水文気象要因の関数として“Anisohydric”と“Isohydric”の長所を調べた。その結果、湿潤な環境下では、どちらも同じレベルで乾燥枯死に至る可能性を持ちながら、“Anisohydric”は“Isohydric”よりも高い生産性を持つ傾向があった。降水量が減少するにつれて、“Anisohydric”の枯死率は急速に増加するが、“Isohydric”の枯死率は低値で一定であり、“Isohydric”は生産性においても“Anisohydric”を凌駕した。

#### (3)森林群落の応答特性の研究成果

##### ①気孔コンダクタンスの再現性

気孔コンダクタンスの実測値と推定値の関係は、気孔コンダクタンスモデルより再現されている。推定値が実測値よりも極端に高い2点と極端に低い2地点を除くと、その関係は

$$G_{s_{cal}} = 0.98 \cdot G_{s_{obs}} \quad R^2 = 0.74$$

となり、熱帯林から北方林までをある関係式で表すことができる。また、上記の4点は $\theta$ が10%以下あるいは40%以上となる点であるが、モデル上の土壤水分量のパラメータ化がより必要である。また、気孔コンダクタンスに関する $Q, D, T, \theta$ の影響度を調べたところ、 $D > \theta > Q > T$ となり、飽差が他の環境要素よりも気孔コンダクタンスに強く影響していることが分かった。

##### ②空気力学的コンダクタンスの再現性

空気力学的コンダクタンスの実測値と推定値の関係は、空気力学的コンダクタンスモデルによってほぼ再現されている。この関係を近似すると

$$Ga_{cal} = 0.91 \cdot Ga_{obs} + 0.41 \quad R^2 = 0.70$$

となった。空気力学的コンダクタンスに関しても、熱帯林から北方林まである関係で表すことができる。また、空気力学的コンダクタンスと $\rho_s$ およびLAIの関係を調べたところ、LAIの方が影響度が強くなった。空気力学的コンダクタンスは、立木密度よりもLAIの方が影響度が強いことが示された。

##### ③まとめ

気孔コンダクタンス、空気力学的コンダクタンスともに環境要素と最大コンダクタンスのポテンシャル線でその傾向を表すことにより、実際に近い値が示されることが分かった。

#### (4)森林構造と乱流輸送特性の研究成果

##### ①接地層乱流相似則の適用可否と相似則からの乖離条件

スカラーは接地層乱流相似則におおむね従ったが、植物活動が不活発な期間の水蒸気・CO<sub>2</sub>密度変動には、相似則から予想される値から離れるデータが頻発した。落葉期の冷温帯林での温度変動、着葉期の北方林でのCO<sub>2</sub>密度変動でも乖離が顕著にみられた。

相似則から推定値と実測値の乖離率は、フラックスの絶対値に依存し、フラックス絶対値が小さいほど乖離率が大きくなった。温度とCO<sub>2</sub>密度の場合は各サイトで共通の関係で表わされたが、水蒸気密度の場合はフラックス絶対値との関係は不明瞭であった。

鉛直風速とスカラー変動の象限解析から得られた30分以内での逆輸送フラックス寄与を表す指標と上記の乖離率の間には、サイト間で異なる関係がみられた。

##### ②異なるスカラーの共変動性と輸送効率

温度、水蒸気、CO<sub>2</sub>密度変動の相関係数は、全サイトにおいて着葉期に大きく、落葉期には低下する季節変化がみられた。温度と水蒸気の相関は、北方林では着葉期においても他のサイトに比べて相関が小さかった。

輸送効率は落葉林と混交林では温度>水蒸気>CO<sub>2</sub>密度の順に大きくなり、常緑林ではスカラーによる違いが小さかった。温度と水蒸気の輸送効率比は、サイト間で違いが小さいが、水蒸気とCO<sub>2</sub>密度の輸送効率比は、常緑熱帯、熱帯・温帯落葉林、寒帯林に分かれた。

##### ③まとめ

乱流輸送特性のうち運動量輸送特性(空気力学的特性)はサイトや季節によらず共通であった。しかし、スカラー輸送特性はスカラー種類、サイト、季節により、共通点と相違点がみられた。

#### (5)陸面モデルの高度化の研究成果

##### ①熱帯林へのモデル適用

タイ熱帯常緑林に陸面過程モデル(Yamazaki et al., 2004)を適用し、水・エネルギー収支の季節変化をシミュレーションした。蒸散を規定する気孔パラメータについて、北

方林および温帯林で決めた共通のパラメータセットを用いたところ、熱帯林に関してもエネルギー収支の季節変化を再現できた。

しかし、熱帯林の乾季については、モデルでは蒸散に強い抑制がかかり、観測で見られる乾季の大きな蒸発散を再現できなかった。これは従来のモデルが土壌表層付近の水分によって蒸散を調整しているためである。現実の乾季の蒸散は土壌深部の水を利用しており、土壌水分の抑制項を改良すれば熱帯林の熱・水収支を表現し得ることがわかった。

#### ②北方林へのモデル適用

Yamazaki et al. (2004)による計算では、北方林のエネルギー収支は土壌水分の初期値に敏感であり、計算上の土壌水分が不足すると蒸散の抑制がかかり蒸散が過小と評価してしまうことが明らかになった。深部で十分に根が発達しない北方林の場合、モデルの蒸散スキームと土壌水分の初期値の与え方に、大きな問題があることがわかった。

シベリア北方林に Kumagai et al. (2006)の多層モデルを適用した結果、蒸発散量の日変化を再現できた。また、モデルにより W/E/C フラックスの環境因子、森林の構造、生理パラメータ依存性を調べた。蒸発散量、炭素フラックス、水利用効率は樹冠層と林床で振る舞いが異なることがわかった。LAI はフラックスの総量ではなく樹冠層と林床での分配のみに影響することが明らかになった。

#### ③フェノロジー

熱帯落葉林では展葉の始まりから葉面積ピークまでの期間の長さは、年毎に違っていた。葉の成長速度は、土壌水分の低下とともに制限された。また、土壌水分低下の影響を考えない場合、展葉の始まりが早いほど、葉面積ピークまでの期間が長くなる傾向があった。

シベリア北方林については、1998年から2000年の観測から、「深さ10cmの土壌温度が5℃以上」かつ「日平均気温が0℃を超えてからの積算日平均気温が100℃以上」となる日に開葉するとのパラメータ化が行われていた。この関係は2003年以降にも適用可能であることが示された。

#### ④まとめ

熱帯林、北方林ともに、違う地点で開発されたモデルにより、基本的な収支は再現できた。また、再現できなかったところは、今後、モデルを走らせることにより、改良を加える。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計10件)

1. Khatun R, Ohta T, Kotani A, Asanuma J, Gamo M, Han S, Hirano T, Nakai Y, Saigusa N, Takagi K, Wang H, Yoshifuji N. Spatial

variations in evapotranspiration over East Asian forest sites. II. Surface conductance and aerodynamic conductance. *Hydrological Research Letters*. 有. 5. 2011. 88-92.

2. Iijima Y, Fedorov AN, Park N, Suzuki K, Yabuki H, Maximov TC, Ohta T. Abrupt increase in soil temperature under conditions of increased precipitation in a permafrost region, the central Lena River basin. *Permafrost and Periglacial Processes*. 有. 21. 2010. 30-41

3. Komatsu H, Hashimoto H, Kume T, Tanaka N, Yoshifuji N, Otsuki K, Suzuki M, Kumagai T. Modeling seasonal changes in the temperature lapse rate in a northern Thailand mountainous area. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 有. 49. 2010. 1233-1246.

4. Nakai T, Sumida A, Kodama Y, Hara T, Ohta T. A comparison between various definitions of forest stand height and aerodynamic canopy height. *Agricultural and Forest Meteorology*. 有. 150. 2010. 1225-123.

5. Yoshida M, Ohta T, Kotani A, Maximov TC. Environmental factors controlling forest evapotranspiration and surface conductance on a multi-temporal scale in growing seasons of a Siberian larch forest. *Journal of Hydrology*. 有. 395. 2010. 180-189.

6. Suzuki K, Kodama Y, Yamazaki T, Kosugi K, Nakai Y. Snow accumulation on evergreen needle-leaf and deciduous broad-leaved trees. *Boreal Environment Research*. 有. 13. 2008. 403-416.

7. Kumagai T, Yoshifuji N, Tanaka N, Suzuki M, Kume T. Comparison of soil moisture dynamics between a tropical rainforest and a tropical seasonal forest in Southeast Asia: impact of seasonal and year-to-year variations in rainfall. *Water Resources Research*. 有. 45. 2008. doi:10.1029/2008WR007307

8. Park H, Yamazaki T, Yamamoto K, Ohta T. Tempo-spatial characteristics of energy budget and evapotranspiration in the Eastern Siberia. *Agricultural and Forest Meteorology*. 有. 148. 2008. 1990-2005

9. Matsumoto K, Ohta T (以下10名). Energy consumption and evapotranspiration at several boreal and temperate forests in the Far East. *Agricultural and Forest Meteorology*. 有. 148. 2008. 1978-1989

10. Ohta T, Maximov TC, Dolman AD (以下18名). Interannual variation of water balance and summer evapotranspiration in an eastern Siberian larch forest over a 7-year period (1998-2006). *Agricultural and Forest Meteorology*. 有. 148. 2008. 1941-1953.

[学会発表] (計5件)

1. 小谷 亜由美・太田岳史・マキシモフ TC 東シベリア南部のカラマツ林における群落蒸発散.. 宇都宮. 2012.

2. 飯島慈裕・小谷亜由美・太田岳史・Maximov TC 東シベリアにおける永久凍土活動層厚の湿潤化とカラマツの水利用変化. 札幌. 2011.

3. 小谷 亜由美・太田岳史・Maximov TC・Kononov AV 立地条件の異なる東シベリア北方林の水・炭素フラックスの比較. 静岡. 2011

4. 太田岳史・小谷亜由美・中井太郎・Maximov TC. 長期の過湿状態による東シベリア・タイガ林への影響. 第120回日本森林学会大会. 京都. 2009.

5. 山崎 剛・吉田龍平・伊藤珠樹・中井太郎・松本一穂・朴昊澤・太田岳史 北方林におけるサイトでベルでの水・エネルギー収支・陸面モデルと潜在的応答特性による考察. 日本地球惑星科学連合2008年大会. 幕張. 2008.

[図書] (計7件)

1. Park H, Yamazaki T, Ohta T. Responses of Energy Budget and Evapotranspiration to Climate Change in Eastern Siberia, Evapotranspiration. InTech. 2011

2. Tanaka K, Wakahara T, Shiraki K, Yoshifuji N, Suzuki M. Interannual Variation in Transpiration Peak of a Hill Evergreen Forest in Northern Thailand in the Late Dry Season: Simulation of Evapo-transpiration with a Soil-Plant-Air Continuum Model, Evapotranspiration - From Measurements to Agricultural and Environmental Applications, Giacomo Gerosa (Ed.). InTech. 2011. 410.

3. Kumagai, T. Transpiration in forest ecosystems. (In: Forest Hydrology and Biogeochemistry: Synthesis of Past Research and Future Directions. Ecological Studies Series No. 216). Springer. 2011. 740.

4. Ohat T. Hydorological Aspects in Siberian Larch Forest (in Permafrost Ecosystem: Siberian Larch Forest). Springer. 2010. 502.

5. 兒玉裕二. 雪氷観測ガイドブック2010(スノーサーベイ. 朝倉書店.

6. 飯島慈祐, 極圏・雪氷圏と地球環境. 二宮書店. 2010. 254.

7. 熊谷朝臣(日本生態学会編, 矢原徹一編). 森と水の関係(『エコロジー講座 森の不思議を解き明かす』), 文一総合出版, 2008, 85.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

無し

○取得状況 (計0件)

無し

[その他]

無し

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

太田 岳史 (OHTA Takeshi)  
名古屋大学・生命農学研究科・教授  
研究者番号: 20152142

### (2) 研究分担者

鈴木 雅一 (SUZUKI Masakazu)  
東京大学・農学生命科学研究科・教授  
研究者番号: 10144346

山崎 剛 (YAMAZAKI Takeshi)  
東北大学・理学研究科・准教授

研究者番号: 80220317

熊谷 朝臣 (KUMAGAI Tomo'omi)

名古屋大学・地球水循環センター・准教授  
研究者番号: 50304770

兒玉 裕二 (KODAMA Yuuji)

国立極地研究所・准教授

研究者番号: 70186708

小谷 亜由美 (KOTANI Ayumi)

名古屋大学・生命農学研究科・助教

研究者番号: 80447242

飯島 慈裕 (IIJIMA Yoshihiro)

独立行政法人海洋研究機構・地球環境観測  
研究センター・研究員

研究者番号: 80392934

田中 克典 (TANAKA Katsunori)

独立行政法人海洋研究機構・地球環境観測  
研究センター・研究員

研究者番号: 80344274

### (3) 連携研究者

田中 延明 (TANAKA Nobuaki)

東京大学・農学生命科学研究科・助教

研究者番号: 10323479

小松 光 (KOMATSU Hikaru)

九州大学・農学研究科・助教

研究者番号: 70432953

鈴木 和良 (SUZUKI Kazuyoshi)

独立行政法人海洋研究機構・地球環境観測  
研究センター・研究員

研究者番号: 90344308