

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 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究 B

研究期間：2009～2012

課題番号：21403011

研究課題名（和文） 東シベリアタイガ林の生態系機能変動解析

研究課題名（英文） Analysis of ecosystem function of taiga in eastern Siberia

研究代表者

杉本 敦子（SUGIMOTO ATSUKO）

北海道大学・大学院地球環境科学研究院・教授

研究者番号：50235892

研究成果の概要（和文）：

東シベリアタイガ林およびタイガ-ツンドラ境界において水循環、炭素循環、窒素循環に関する野外観測を実施した。カラマツ年輪の幅と炭素同位体比から過去 100 年間のタイガ林の土壌水分を復元し、2006-2007 年の過湿が極端現象であったこと、このような状況では中流域から 1 年を通して流出があったと考えられる。また、タイガ林の窒素動態を調べ、土壌無機態窒素プールが地温の季節変化と連動して大きな季節変化を示すことを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

Field observations were carried out on water, carbon, and nitrogen cycles in taiga and taiga-tundra boundary in eastern Siberia. Soil moisture water equivalent at taiga forest study site was reconstructed for pas 100 years from tree-ring 13C of larch. Our observational results showed that the wet condition in 2006-2007 was extreme event, and runoff from the region to Lena river was generated for a whole year during this period. N dynamics was also observed in larch forest. Soil inorganic N pool size showed large seasonality depending on the soil temperature.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2010 年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2011 年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2012 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：生物地球科学

科研費の分科・細目：数物系科学 A、地球宇宙化学

キーワード：永久凍土、北方林、タイガ、ツンドラ、水循環、炭素循環、シベリア、安定同位体

1. 研究開始当初の背景

北東ユーラシア永久凍土帯に広がるタイガ林は、地球上の水と炭素の循環に大きな影響を及ぼしていると考えられる。炭素の固

定・貯蔵に加え、冬期に北極海に淡水を運ぶレナ川への流出量を支配し、地球規模の水・熱循環に直接・間接的に影響を及ぼしている。高緯度地域は将来の地球温暖化で

最も大きな変化が予想され、この森林の現在と過去の解析は、地球の将来を占う上で極めて重要である。ヨーロッパや北米の高緯度地域ではこれまで比較的多くの観測が行われてきたが、それらはトウヒを中心とした常緑針葉樹の林である。一方、落葉性針葉樹のカラマツが優占する北東ユーラシアは、ロシアの国内事情やアクセスの悪さゆえ観測例は極めて少ない。他地域とは全く異なる重要な生態系であるにも関わらず、観測の空白域となっている。

申請者らは1997年以降、WCRP-GEWEX-GAME/Siberia と IGBP-GCTE-TEMA の協同観測として研究を開始し、これまでに東シベリアヤクーツクのタイガ林を中心に水など様々な物質の安定同位体比の測定などにより、永久凍土帯の水循環過程と植生の応答を明らかにしてきた。通常、中低緯度帯の土壤水分は、季節的に大きな変動があっても、冬期に余った土壤水は地下水や河川に流出するため、年々変動は非常に小さい。一方、永久凍土帯では、土壤水は氷となって土壤中で越冬するため、きわめて大きな年々変動がある。

2. 研究の目的

東シベリアタイガ林生態系は、土壤水分の変動に対する直接的な応答として、光合成活性や生産量の変動を示すことがわかったが、土壤水分の変動は、栄養塩動態、河川への流出量や蒸散量、生態系からの温室効果ガスの放出に対しても変動を誘起すると考えられる。永久凍土帯の低い地温は、土壤有機物の分解を遅らせるため、植物が利用できる窒素は不足していると予想される。温暖化とCO₂濃度上昇で、タイガ林による炭素固定量が将来増加するかどうかは、土壤水分とともに窒素(光合成酵素の材料)が利用できるかどうか極めて重要なファクターである。この生態系がもつ3つの機能(水循環水文学的機能、炭素固定機能、ポテンシャルとしてのメタン放出機能)は、全球の気候システムに対して重要な機能で

あり、土壤水分の変動がもたらす物質循環系これらの機能の年々変動を明らかにすることは、温暖化の影響による変化を評価していくうえで不可欠である。

本研究の目的は、生理生態学的手法と安定同位体比を利用した物質循環プロセス研究を進め、年々大きな変動を示しながら温暖化の影響により変化していると考えられる東シベリアタイガ林生態系において、土壤水分の変動がもたらす3つの機能(水循環水文学的機能、炭素固定機能、ポテンシャルとしてのメタン放出機能)の変動を解明することである。

3. 研究の方法

ロシアサハ共和国ヤクーツク(タイガ)とチョコルダ(タイガ-ツンドラ境界)において、光合成、土壤水分、窒素循環、水・炭素・窒素同位体、年輪幅・同位体、メタン放出速度等の測定・現場観測を行ない、河川流量データ、フラックス観測データ等とあわせた解析を行うことにより、東シベリアタイガ林生態系の水文学的機能、炭素固定機能、ポテンシャルとしてのメタン放出機能について検討を行った。ヤクーツクにおけるタイガ林の観測はすでに長い実績があり、本研究は、窒素循環が炭素固定量に及ぼす影響、年輪幅・同位体と流出量・同位体に関する観測と解析を加えることにより、これまでの研究を生態系機能の変動という視点で発展させるものである。一方、チョコルダでの観測は、これから新たに開始するもので、本研究ではチョコルダにおける観測の立ち上げを行った。

4. 研究成果

水循環水文学的機能

まず、樹木年輪の炭素同位体比から過去100年間の森林の夏後半の土壤水分の年々変動を復元した(Tei et al., 投稿改訂中)。過去100年間にタイガ林のカラマツは何度も厳しい乾燥ストレスを受けてきたことが明らかとなった。一方、2006-2007年の過湿状態で、森林内の比較的湿潤なサイトの

カラマツが枯死したが、このような過湿な状況は過去 100 年間にはない状況であったことが明らかとなった。また、レナ川の河川水の同位体比とレナ川氾濫原上に位置するヤクーツク市内の地下水の同位体比の比較から、通常、氾濫原の地下にはレナ川が涵養する地下水が存在しているが、2006-2007 年の過湿な状況下では、レナ川の河川水とは異なる同位体比の水が氾濫原の地下に存在していることが明らかとなった。これは、2006-2007 年の過湿時には中流域からレナ川に向け 1 年を通して流出があったことを示している。

炭素固定機能

ヤクーツクスパスカヤパッドにおける観測から、タイガ林における窒素動態を明らかにした (Popova et al., in press)。最も重要な発見は、土壌中の無機態窒素プールは極めて大きな季節変化を示していることである。永久凍土帯では夏期に地表面付近の地温は大きな変化を示す。土壌中の無機態窒素プールは、初夏には極めて小さく、夏後半に地温の上昇に伴って急激に増加し、秋には比較的大きなプールサイズとなるが、翌年の初夏には再びプールサイズは小さくなっていることが明らかとなった。また、 ^{13}C および ^{15}N ラベルのアミノ酸を用いた我々のトレーサー実験ではカラマツによるアミノ酸の吸収は観測されなかった。これらのことから、タイガ林カラマツは、最も窒素要求が大きいと考えられる初夏には利用可能な窒素はほとんどなく、光合成や蒸散の活性が終了する晩夏になってようやく利用可能な窒素が存在する状況になっていると考えられる。すなわち、永久凍土帯ではその季節性が利用可能な窒素量を低下させ、樹木にとって極めて厳しい状況を作り出していることが明らかとなった。

ポテンシャルとしてのメタン放出機能

チョクルダにおけるメタン放出速度は、サイトごと (植生ごと) に大きな差が観測された。メタン放出速度は湿地帯で大きく、樹木が生育するマウンド (ハンモック) 上

ではメタンは吸収されていた。植生は土壌水分に異存してゾーニングしており、土壌水分が植生の種類、そしてメタン放出速度を決めている最も重要なパラメータであることがわかった。今後、生成および放出プロセスをモデル化して放出量を決めるプロセスを明らかにしていくとともに、地上での植生観測から航空写真および衛星データを用いたマッピングを進め、メタン放出量の広域評価につなげていくことが必要である。

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 4 件)

① Ueta, A., Sugimoto, A., Iijima, Y., Yabuki, H., Maximov, T., Velivetskaya, T., and Ignatiev, A. Factors controlling diurnal variation in the isotopic composition of atmospheric water vapour observed in the taiga, eastern Siberia, *Hydrological Processes*, in press
10.1002/hyp.9361

② Tei, S., Sugimoto, A., Yonenobu, H., Hoshino, Y., Maximov, T. Reconstruction of summer Palmer Drought Severity Index from $\delta^{13}\text{C}$ of larch tree rings in East Siberia, *Quaternary International*, 290-291, 2013, 275-281
<http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2012.06.040>

③ Popova A., Tokuchi N., Ohte N., Ueda U. M., Osaka K., Maximov T., Sugimoto A. Nitrogen availability in the taiga forest ecosystem of northeastern Siberia, *Soil science and plant nutrition*, 2013, in press
DOI: 10.1080/00380768.2013.772495

④ Ueta, A., Sugimoto, A., Iijima, Y., Yabuki, H., Maximov, T.C. Contribution of transpiration to the atmospheric moisture in Eastern Siberia estimated with isotopic composition of water vapor, *Ecohydrology* (accepted)

[学会発表] (計 17 件)

① Sugimoto, A., Shingubara, R. Bragin I., Iwahana, G., Nakamura, M., Tei, S., Liang, M., Takano, S., Pedrov, R., Maximov T., Vegetation growth and methane emission at taiga-tundra boundary ecosystem in eastern Siberia, Third International Symposium on the Arctic Research (ISAR- 3), 2013年01月16日, 日本未来科学館

②Popova A., Tokuchi N., Ohte N., Maximov T., Sugimoto A., Dynamics and larch uptake of nitrogen in the north eastern Siberia taiga forest Application of stable isotope ratios of C and N to carbon assimilation and nitrogen utilization of larch in arctic ecosystem of Eastern Siberia, Third International Symposium on the Arctic Research (ISAR- 3), 2013年01月16日, 日本科学未来館

③新宮原諒, 鷹野真也, 岩花剛, Maximov, T., 杉本敦子, 東シベリアタイガ-ツンドラ境界域におけるメタンフラックス, 2011年度日本地球化学会第58回年会 2011年9月16日, 北海道大学

④Liang, M., Sugimoto, A., Maximov, T.C., 15N natural abundance and N use by the plants of taiga-tundra boundary ecosystem in Eastern Siberia, 2011年度日本地球化学会第58回年会, 2011年9月16日, 北海道大学

⑤鷹野真也, 岩花剛, 杉本敦子, 東シベリア永久凍土と河川水の水同位体比, 日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月25日 幕張メッセ

⑥Popova, A., Sugimoto, A., Tokuchi, N., Ohte, N., Osaka, K., Maximov, T. C., Nitrogen dynamics in boreal forest ecosystem in Eastern Siberia, Second International Symposium on the Arctic Research (ISAR-2)-Arctic System in a Changing Earth, 2010年12月8日, 一橋記念講堂

⑦鄭峻介, 杉本敦子, 米延仁志, T. C. Maximov, 年輪の炭素同位体比を用いた東シベリアタイガ林の過去の水分環境と炭素循環の解析, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 2010年5月26日, 幕張メッセ

⑧Sugimoto, A., Response of vegetation to soil moisture in Eastern Siberia and related change in material cycling, International Workshop on "C/H₂O/Energy balance and climate over boreal and arctic regions with special emphasis on eastern Eurasia, 2010年11月12日, ワーゲニンゲン大学(オランダ)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :

出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉本 敦子 (SUGIMOTO ATSUKO)
北海道大学・大学院地球環境科学研究院・教授
研究者番号 : 50235892

(2) 研究分担者

入野 智久 (IRINO TOMOHISA)
北海道大学・大学院地球環境科学研究院・助教
研究者番号 : 70332476
大手 信人 (OHOTE NOBUHITO)
東京大学・農学生命科学研究科・准教授
研究者番号:10233199

徳地 直子 (TOKUCHI NAOKO)
京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授
研究者番号:60237071

岩花 剛 (IWAHANA GO)
北海道大学・大学院地球環境科学研究院・特任助教 (平成 21 年~平成 23 年)
研究者番号 : 70431327

兒玉 裕二 (KODAMA YUUJI)
国立極地研究所・北極観測コンソーシアム事務局・特任准教授
研究者番号 : 70186708

山下 洋平 (YAMASHITA YOHEI)
北海道大学・大学院地球環境科学研究院・准教授
研究者番号 : 50432224

石井 吉之 (ISHII YOSHIYUKI)
北海道大学・低温科学研究所・助教
研究者番号 : 40222955

(3) 連携研究者

太田 岳史 (OHOTA TAKESHI)
名古屋大学・生命農学研究科・教授

研究者番号：20152142

鈴木 力英 (SUZUKI RIKIE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境

フロンティア研究センター・サブリーダー

研究者番号：10241788

米延 仁志 (YONENOBU HITOSHI)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・助

教

研究者番号：20274277