

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－中国（MOST） 研究交流）

1. 研究課題名：「青海・チベット・モンゴル高原における草原生態系の炭素動態と気候変動に関する統合的評価と予測」
2. 研究期間：平成 22 年 2 月～平成 25 年 3 月
3. 支援額： 総額 21,676 千円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	唐 艶鴻	独立行政法人国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター	主任研究員
研究者	廣田 充	筑波大学生命環境系	准教授
研究者	大塚 俊之	岐阜大学・流域環境圏科学研究 センター	教授
研究者	浅沼 順	筑波大学アイソトープ環境動態 研究センター	教授
研究者	杜 明遠	独立行政法人農業環境技術研究 所大気環境研究領域	上席研究官
研究者	小熊 宏之	独立行政法人国立環境研究所環 境計測研究センター	主任研究員
参加研究者 のべ 13 名			

相手側（研究代表者を含め 6 名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	FANG Jingyun (方精雲)	北京大学都市と環境学院生態 学系	教授
研究者	HE Jinsheng (賀金生)	北京大学都市と環境学院生態 学系	教授
研究者	PIAO Shilong (朴世龍)	北京大学都市と環境学院生態 学系	教授
研究者	ZHAO Xinquan (趙新全)	中国科学院西北高原生物研究 所生態学研究センター	教授
研究者	GU Song (古松)	南開大学生命科学部	教授
研究者	GUO Dali (郭大力)	北京大学都市と環境学院生態 学系	助教授
参加研究者 のべ 13 名			

5. 研究・交流の目的

- 東アジアの代表的な草原である青海・チベット草原とモンゴル草原において、炭素蓄積量の地域分布特性と炭素収支の時間変化を示す。
- 上記の空間分布特性と時間変化に及ぼす気候変化（例えば、気温や降水量の変化）・人為的影響（例えば、放牧量など）を明らかにする。
- 将来の気候変化を想定し、草原炭素の空間分布と時間変化を予測する。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

炭素動態(炭素吸収、放出、貯蔵など)の空間的变化に関する研究

東アジア草原は面積が広く、自然環境や人為活動の影響も多様であり、地域や場所によって炭素動態が大きく異なることが予想される。当該草原全体の炭素動態と気候変化を把握するため、これらの要素の空間的变化をまず明らかにする必要がある。

本研究では、とりわけ、標高に伴う炭素動態と環境要因に関する研究を大きく推進した。従来の研究では、陸域炭素動態を評価する場合、データ不足のため標高要因の影響はほとんど無視されてきた。青海・チベット草原は、標高変化が大きく炭素動態に及ぼす標高の影響も大きいことが容易に予想される。そこで、我々は、青海草原の海北とチベット草原の当雄において、それぞれ 3200m-4200m、4300m-5500m の標高差の斜面に、約 100m の標高ごとに、気象条件、炭素蓄積と植生変化などの長期観測を行い、炭素動態とその影響要因の標高変化を明らかにした。本研究で実施した高い標高での広い標高幅における長期観測と調査は、世界的に見ても例のないものである。その結果の一部として、山斜面の中腹部で炭素蓄積量が多いことや、植物の生産力、現存量と土壌呼吸ポテンシャルが高いことが分かった。また、これらの変化に及ぼす気温、土壌温度と水分要因の影響も明らかにした。

一方、経度・緯度の変化に伴う炭素動態の空間的变化特性を把握するため、野外調査と衛星データの解析を進めた。とりわけ、東アジア草原のメタン (CH₄、主な温室効果ガス) に関する情報不足の現状を踏まえ、本プロジェクト以前に得た観測結果を解析し、チベット草原のメタン放出は空間的変動が大きく、湿地草原のメタン放出量が一般草原の 100 倍も高いことがわかった。これは、当該草原の温室効果ガスの統合的な評価においても重要な一歩である。

上記の炭素動態の空間変化（特に標高の変化）に関する本研究の成果は、当該草原だけでなく、陸域全体の炭素動態の把握においても、重要な新知見である。この広大な草原から得た知見は、陸域全体の炭素収支の不確実性の縮小も期待される。

草原植生の季節相に関する研究

草原植生の季節相（植生の展葉、開花、結実と落葉の時期など）から、炭素動態の推定もできる。衛星データから草原の季節相を比較的容易にかつ広範囲に把握できる。そこで、本研究は、広範囲の草原生態系の炭素動態を予測するため、東アジア草原、特にチベット草原の季節相について、一連の研究を進めた。これらの研究より、東アジア草原の季節相の時間的・空間的变化を明らかにし、その影響要因の評価も行った。例えば、草原植生の展葉日前の 6 週間の気温から展葉日を予測することも可能であることが分かった。また、乾燥地域では気温より展葉日に及ぼす降水量の影響が大きい。さらに、生育季節の長さや炭素蓄積量の関係も明らかにし、一部の草原では季節相から炭素動態の推定も可能であることが示唆された。一方、2012 年度の研究では、草原の展葉日は地域によって気温の変化に対する感受性が大きく異なり、暖かいところでは感受性が高いという、従来の仮説と異なる

結果も示された。

東アジア草原の純一次生産力 (NPP) の空間的時期的変動：

東アジア草原の気候変化の影響を予測するため、過去と現在において、この地域の NPP に及ぼす気候と人為的な影響を評価する必要がある (図 1)。そこで、青海、チベット、内

モンゴルとモンゴルの4つの草原からの衛星データ、気象、家畜量と人口などのデータを解析した。その結果、1982年から2008年の間に、青海、チベット草原はNPPが持続的に増加したが、その年変動は予想と異なり、家畜の頭数や人口の変化と明瞭な関係を示さなかった。また、この二つの草原では、NPPが年平均気温と高い相関を示した。しかし、モンゴル、内モン

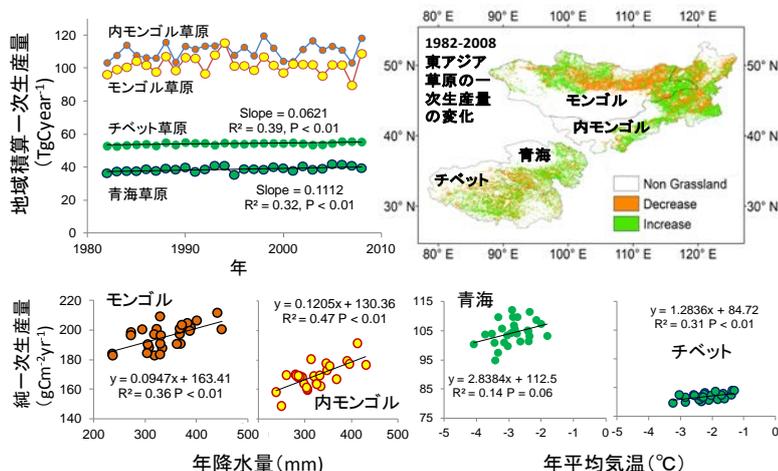


図 1. 東アジア 4 つの代表的な草原における NPP の時期的空間的变化及びそれらに及ぼす年降水量と年平均気温の影響

ゴル草原では、NPP の年変動と降水量の相関が高かった。これらの結果から、温暖化に伴い、青海、チベット草原の NPP はさらに増加することも示唆された。また、青海・チベット草原では、NPP に及ぼす人為的な影響は、従来の考えと異なり、気候変化の影響より小さい可能性も示唆された。

6-2 人的交流の成果

本研究は、さまざまな形で日本と中国、日本とモンゴルの間で研究交流を行なった。

1) 大学生、大学院生、ポスドクの交流

本研究プロジェクトでは、日本側では、筑波大学、早稲田大学と岐阜大学の大学院生学位論文の研究、または学部生の卒業論文の研究を支援し、現地の合同調査や研究交流を行なった。この間、ポスドク 1 名、博士課程の院生 2 名、修士課程の院生 3 名と大学 4 年生 1 名が参加した。一方、中国側も、北京大学を中心に、ポスドク 1 名、修士課程の院生 5 名、博士課程の院生 4 名がプロジェクト研究に参加した。

2) 日中両国の研究者の継続交流

本研究交流の一つの特徴は、日中研究者間の交流の継続と強化である。中国側の参加者と協力者には、日本での留学やポスドク経験者が多く、博士学位を取得した研究者だけでも 3 名いる。今回の共同プロジェクトにより、その継続だけではなく、研究交流の強化もできた。これらの交流によって、日中研究者の間では今後の継続交流を拡大する意向もある。

3) 日本側の研究者とモンゴル国の研究者との交流

本研究プロジェクトでは、研究対象地域は日中両国以外にモンゴル共和国も含めている。本研究を進めるため、2010 年に日本側から 7 名 (内 2 名大学院生) と中国から 1 名がモンゴル草原での共同調査やモンゴル気象/水文研究所や植物研究所との研究交流を実施した。また、モンゴルからも 2 名 1 回、1 名 1 回の訪問があった。

4) シンポジウム・ワークショップ・セミナー

本研究では、研究交流をプロジェクト以外に拡大するため、多数の共同研究セミナーなどを開催した。下記はその主な内容である。

中国陸域生態系の炭素収支に関する特別公開セミナーの開催：東アジア陸域炭素収支に関する研究を交流するため2010年4月に国立環境研究所温暖化棟交流会議室で開催した。本プロジェクト中国側の課題代表者により「中国陸域生態系の炭素収支の総合評価」の講演が行われた。



写真1. 国際シンポジウム会場の風景
(2012年3月大津、滋賀県)

「東アジア草原の気候変化と放牧の影響に関するワークショップ」の開催：2011年3月、国立環境研究所にて上記のワークショップを開催した。参加者は約20名。今回のワークショップを含めた研究交流のため、中国から3名の研究者、モンゴルから2名の研究者を招聘した。

東アジア生態学サミットでの国際シンポジウムの開催：2012年3月に大津（滋賀県）で開催されたEAFES、東アジア生態学サミットで、JST-MOSTプロジェクト計画の一環として、Effect of physical environment and grazing intensity on

productivity and biodiversity in East Asian grasslands 【Organizers: HIROTA Mitsuru (Univ. of Tsukuba), HE Jingsheng (Peking Univ.), TANG Yanhong (NIES, Japan)】の国際シンポジウムを実施し、大きな注目を集めた（写真1）。

5) 共同調査

野外の共同作業は研究者同士の交流を深めるよい機会となる。本研究では下記の共同野外調査を行った。

土壌炭素と植物分布上限調査：チベット高原広域の炭素収支を明らかにするための一環として、2011年の夏に国立環境研究所、農業環境技術研究所と中国科学院、南開大学の共同で、異なる植生の土壌炭素蓄積のサンプリング、異なる地域における草原植生の分布上限の調査などである。

植物成長と植物多様性の調査：青海草原の温室効果ガスと気候変動の関係を解明するため、2011年7月に青海草原海北地域で、温暖化実験についての日中合同野外調査を行った。調査では、異なる標高における植物の成長、炭素蓄積、植物種多様性の変化及び移植実験の温度上昇による生態系の物質循環への影響に関する現地データを獲得した。

土壌炭素の標高分布調査：2012年夏に筑波大学、岐阜大学、神戸大学と中国の南開大学で共同調査チームを組み、標高による土壌炭素の分布パターンと植物多様性の関係に関する調査を行った。

以上のように、本研究プロジェクトにおいては、日本の国立環境研究所、筑波大学、岐阜大学、神戸大学と農業環境技術研究所、中国の北京大学、西北高原生物研究所、南開大学及び中国科学院植物研究所との間の研究交流は、現在継続している内容もあれば、将来新しい展開を目指した協議中のものもある。また、本研究プロジェクトは、第三の国、モンゴル共和国も研究対象地域に加えているため、日本の研究者は、モンゴル共和国の研究者との交流も行なってきた。その結果は、日本とモンゴルの研究者間での今後の新しい研

究展開の基礎ともなった。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	Kato, T., M. Hirota, Y. Tang, and E. Wada. 2011. Spatial variability of CH ₄ and N ₂ O fluxes in alpine ecosystems on the Qinghai-Tibetan Plateau. <i>Atmospheric Environment</i> . 45:5632-5639.	
論文	Piao, S., M. Cui, A. Chen, X. Wang, P. Ciais, J. Liu, and Y. Tang. 2011. Altitude and temperature dependence of change in the spring vegetation green-up date from 1982 to 2006 in the Qinghai-Xizang Plateau. <i>Agricultural and forest meteorology</i> .151:1599-1608.	○
論文	Han, D., G. Cao, X. Guo, F. Zhang, Y. Li, L. Lin, J. Li, Y. Tang, and S. Gu. 2012. The potential of carbon sink in alpine meadow ecosystem on the Qinghai Tibetan Plateau (in Chinese with English abstract). <i>Acta Ecologica Sinica</i> 31:7408-7417.	○
論文	Shen, M., Y. Tang, J. Chen, and W. Yang. 2012. Specification of thermal growing season in temperate China from 1960 to 2009. <i>Climatic Change</i> . 1-16.	○
論文	Moriyama A., S. Yonemura, S. Kawashima, M. Du and Y. Tang.2013. Environmental indicators for estimating the potential soil respiration rate in alpine zone. <i>Ecological Indicator</i> . 32:245-252	

○は、日中双方の共著論文