

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3日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510017

研究課題名（和文） 半乾燥草原における二酸化炭素フラックスの多地点移動観測

研究課題名（英文） Measurements of CO₂ flux at multipoint in semiarid grassland

研究代表者

中野 智子（NAKANO TOMOKO）

中央大学・経済学部・教授

研究者番号：70295468

研究成果の概要（和文）：モンゴル国の半乾燥草原における大気－生態系間の CO₂ 交換の空間分布を明らかにすることを目的として、北緯 46 度～48 度、東経 105 度～110 度の地域内の複数地点において、密閉式チャンバー法を用いた光合成速度・生態系呼吸速度、ならびに環境要素の測定を実施した。観測の結果、光合成速度および生態系呼吸速度の値は地点によって大きく異なり、その分布は主に植物の地上部バイオマスによって規定されていることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）： The objective of this study is to assess the spatial variability of the ecosystem CO₂ exchange in semiarid grasslands. The measurements of plant photosynthesis, ecosystem respiration, and environmental parameters were conducted in the semiarid region of central Mongolia (46.0° to 48.0°N, 105.0° to 110.0°E). The results indicated that the rates of gross primary production and ecosystem respiration were greatly different among the sites and the spatial variability of CO₂ fluxes was controlled by plant aboveground biomass.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：光合成速度、生態系呼吸速度、半乾燥地、草原生態系、移動観測、モンゴル国

1. 研究開始当初の背景

陸上生態系は、光合成によって大気中の CO₂ を吸収し、一方で呼吸（植物の呼吸＋土壌呼吸＝生態系呼吸）によって CO₂ を大気へと放出している。光合成速度（Gross Primary Production: GPP）・生態系呼吸速度（Ecosystem Respiration: Reco）はともに温

度や水分条件といった様々な環境要素の影響を受けるため、大気－生態系間の CO₂ 収支は時間的にも空間的にも大きく変動していると考えられる。研究代表者は、2004 年から 2006 年にかけて、モンゴル国のステップ草原に位置する観測サイトで、密閉式チャンバー法を用いた GPP 及び Reco と気象や土壌

要素の現地観測を実施し、草原生態系によるCO₂交換が温度や水分条件などの環境変化にどのように応答するのかを調べた。その結果、GPPは地上部バイオマス、光合成有効放射量（Photosynthetic Active Radiation: PAR）、気温、飽差、土壌水分によって、また Recoは地上部バイオマス・地温・土壌水分によってコントロールされていることが示され、それぞれの要素とGPP、Recoとの関係を定量的な関数で表すことができた(Nakano et al., *Agricultural and Forest Meteorology*, vol.148, 2008)。しかしながら、Nakano et al. (2008)で報告した関係は1地点における時間変化を対象としたものであり、この関係が広大なステップ草原のどの程度の範囲まで成り立つものなのかさらに検討する必要があると考えた。

2. 研究の目的

研究代表者が最終的に目指しているのは、アジアの半乾燥草原におけるCO₂収支の時間的・空間的変動を明らかにし、大気中CO₂濃度の変動に、半乾燥草原生態系がどの程度寄与しているのか評価することである。そのためのステップとして、本研究課題では以下の2点を具体的な目的とした。

- 1) モンゴル国の半乾燥草原において、密閉式チャンバー法を用いた光合成速度(GPP)・生態系呼吸速度(Reco)及び制御要因となる環境要素の多地点移動観測を実施し、それらの広域にわたる空間分布を明らかにする。
- 2) 観測結果を解析し、GPP・Recoの時間・空間変動を引き起こす環境要因を明らかにし、それぞれの間の定量的な関係を導出する。

3. 研究の方法

3-1. 研究対象地点

本研究では、モンゴル国中央部の半乾燥草原(北緯46~48度、東経105~110度、図1)を対象とする。Site BUには観測拠点があり、そこでの年平均気温は0.3℃、年降水量は155.8mmである(1995年~2010年の平均値)。優先する植生は、イネ科草本(*Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*, *Stipa krylovii*)、双子葉植物(*Artemisia* spp., *Chenopodium* spp.)である。2010・2011・2012年の8月に、それぞれ10日間程度、車で複数地点を移動しながらCO₂フラックスと環境要素を測定する現地観測を実施した。

3-2. 測定の項目と方法

①密閉式チャンバー法を用いたCO₂フラックスの測定

密閉式チャンバー法は底の開いた箱(チャ

ンバー)を地表面にかぶせて密閉し、箱内のCO₂濃度の時間変化を測定することで、大気-地表面間のCO₂交換速度を測定する方法である。日中、透明なチャンバーを用いると、内部では光合成と呼吸が同時に起り、正味のCO₂交換速度(Net Ecosystem Exchange: NEE)が測定される。一方、その直後にチャンバーを遮光して測定を行うと、内部では呼吸のみが起るため、生態系呼吸速度(Reco)が測定される。NEEと生態系呼吸速度の差し引きをすることにより、総光合成速度(GPP)を計算することができる。それぞれの測定サイトには3~4点のカラー(チャンバーをおくための基台)を設置し、1地点には2日間滞在し、日中は2時間毎に、夜間は4時間毎に繰り返し測定を行った。

②気象要素の測定

各測定サイトに移動した後、自動気象測定装置(AWS)を設置し、CO₂フラックスの測定と併せて、気温・相対湿度・風向・風速・光合成有効放射量(PAR)といった気象要素の測定を行った。

③土壌要素の測定

移動観測の各測定点において、CO₂フラックス測定箇所の近傍の土壌に穴を掘り、5cmおよび10cmの深さに温度センサーと土壌水分センサーを設置して、地温および土壌体積含水率の測定を行った。また土壌サンプルを持ち帰り、土壌の有機炭素含有量、粘土含有量も測定した。

④植物の地上部バイオマスの測定

移動観測の各測定点において、CO₂フラックスの測定が終了した後に、カラー内の植物を刈り取り、実験室に持ち帰って乾燥させ重量測定を行った。

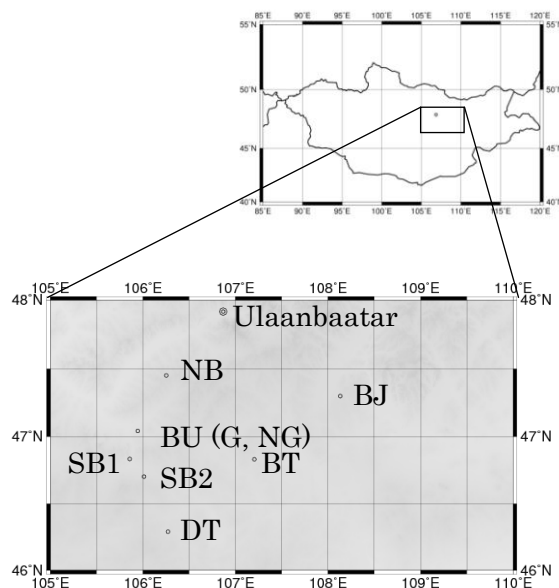


図1 モンゴル国半乾燥草原の研究対象地点

4. 研究成果

一般に、GPP は光 (PAR) の影響を最も強く受けることが知られている。本研究の観測結果においても、GPP の変動は PAR の直角双曲線関数で非常によく近似することができた (図 2a)。光の影響を除いて地点間の比較を行うため、光に対してはほぼ飽和となる $\text{PAR} > 800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ のデータ ($\text{GPP}_{>800}$) を抽出し地点ごとの平均値を求めた (図 3)。 $\text{GPP}_{>800}$ は $5.5 \sim 21.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の値をとり、地点によって大きく異なっていたことが分かる。

Reco は地温との相関が高いため、測定プロットごとに Reco を地温の指数関数で近似し (図 2b)、 20°C に規格化した値 (R_{20}) を算出し、地点間の比較を行った (図 4)。GPP 同様に R_{20} も地点による違いが見られ、 $1.7 \sim 6.9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の値をとった。地点平均した GPP と Reco の値には正の相関があり、GPP の大きい地点では、Reco の値も大きくなっていった。

次に、GPP および Reco の空間分布を決める環境要因を明らかにするために、 $\text{GPP} \cdot \text{Reco}$ と環境要素との関係について検討した。制御要因として、植物の地上部バイオマス (AGB)、気温 (AT)、飽差 (VPD)、土壌体積含水率 (VWC)、土壌の有機炭素含有量 (OCC)、粘土含有量 (CC) を考える。

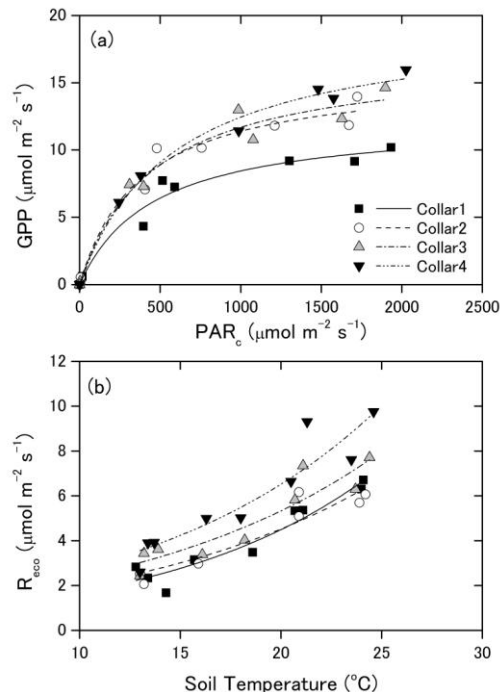


図 2 Site NB における測定結果. (a) GPP と PAR、(b) Reco と地温との関係

それぞれ地点平均値を用いて順位相関をとったところ、GPP、 R_{20} ともに有意な相関係数を示したのは AGB のみであり、そのほかの要素とは有意な相関が得られなかった (表 1)。そこで、GPP については AGB で除することで単位バイオマス重量あたりの値を算出して、そのほかの要素との関係を見たところ、VPD との間に有意な負の相関があり (表 2)、大気の乾燥した地点で光合成が抑制されていた可能性が示唆された。また、 R_{20} については、AGB で直線回帰し、その残差とそのほかの要素との関係を調べたところ、VWC との間に正の相関がみられ (表 2)、土壌の湿潤な地点ほど呼吸速度は大きくなっていった。

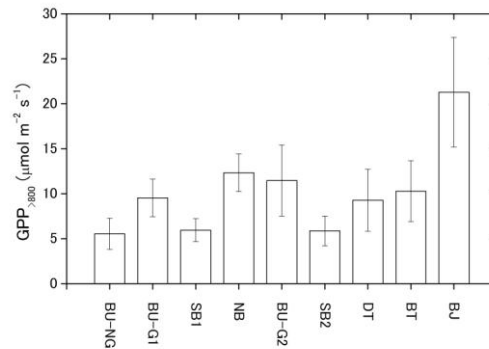


図 3 $\text{PAR} > 800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ のデータを抽出して算出した地点ごとの GPP の平均値。

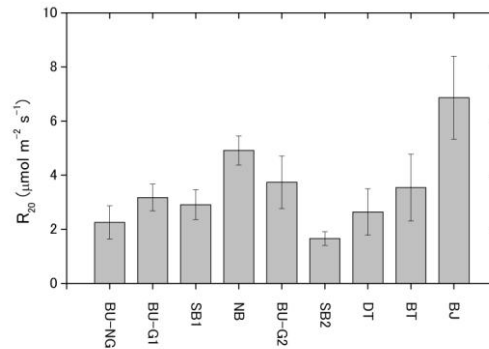


図 4 20°C に規格化した生態系呼吸速度 (R_{20}) の各測定地点の平均値。

表 1 $\text{GPP}_{>800}$ および R_{20} と環境要素との順位相関係数 (NS は有意ではないことを表す)

	AGB	AT	VPD	VWC	OCC	CC
GPP	0.88	NS	NS	NS	NS	NS
R_{20}	0.86	NS	NS	NS	NS	NS

表 2 GPP/AGB および R_{20} 残差と環境要素との順位相関 (NS は有意ではないことを表す)

	AT	VPD	VWC	OCC	CC
GPP/AGB	NS	-0.82	NS	NS	NS
R_{20} 残差	NS	NS	0.83	NS	NS

以上の結果から、本研究の成果として下記の結論が得られた。

- ①モンゴル国のステップ草原においては、単一の植生区分に分類される地域内においても、地点によって総光合成速度と生態系呼吸速度の大きさは異なり、光合成速度はおよそ $5\sim 20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、生態系呼吸速度はおよそ $2\sim 7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の間の値をとった。光合成速度の大きい地点ほど呼吸速度が大きくなっていた。
- ②総光合成速度・生態系呼吸速度の空間分布はどちらも、植物の地上部バイオマスの影響を最も強く受けていた。次いで、光合成速度は飽差、呼吸速度は土壌水分との相関が高くなっており、大気、土壌の湿潤度(乾燥度)が大気-生態系間の CO_2 交換をコントロールしていることが示唆された。

今後は、これらの知見から、ステップ草原における CO_2 交換の時間的・空間的変動を推定する数値モデルを作成し、気候変動が半乾燥草原生態系の年々の CO_2 収支にどの様に影響するのか明らかにする予定である。

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5件)

- ① Nakano, T., Bavuudorj, G., Urianhai N.G., and Shinoda, M., Monitoring aboveground biomass in semiarid grasslands using MODIS images. *Journal of Agricultural Meteorology*, 査読有, **69**, 2013, 23-29.
- ② Nakano, T. and Shinoda, M., Response of ecosystem respiration to soil water and plant biomass in a semiarid grassland, *Soil Science and Plant Nutrition*, 査読有, 2010, **56**, 773-781.

[学会発表] (計5件)

- ① 中野智子・篠田雅人, 衛星マイクロ波土壌水分量プロダクトを用いた半乾燥草原の土壌水分量推定, 日本地理学会 2012 年春季学術大会, 2012 年 3 月 28 日, 八王子市.
- ② 中野智子・篠田雅人, 半乾燥草原における CO_2 フラックスの多点観測, 日本農業気象学会 2012 年全国大会, 2012 年 3 月 15 日, 堺市.
- ③ 中野智子・G. Bavuudorj・篠田雅人, 半乾燥地における植物地上部バイオマスの広域推定, 日本農業気象学会関東支部例会,

2011 年 12 月 9 日, つくば市.

[図書] (計1件)

- ① Nakano, T. and Shinoda, M., Modeling of the interannual variation in ecosystem respiration in a semiarid grassland ecosystem, In: *Principles, Application and Assessment in Soil Science* (ISBN 979-953-307-275-2) edited by E. Burcu Özkaraova Güngör, 2011, 167-178.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 智子 (NAKANO TOMOKO)
中央大学・経済学部・教授
研究者番号: 70295468

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: