

モンゴル半乾燥草原における草本—大気間の CO₂ 交換

中野 智子 (首都大・都市環境) ・根本 学 (都立大院・理) ・篠田雅人 (鳥取大・乾地研)

1. はじめに

陸域生態系は光合成によって大気中二酸化炭素 (CO₂) を固定し、一方、呼吸 (植物の呼吸+土壌呼吸) によって CO₂ を大気へと放出している。渦相関法などの微気象法で CO₂ フラックスを測定した場合、日中においては光合成速度と呼吸速度の収支である純光合成速度 (Net Ecosystem Exchange: NEE) が測定され、この NEE が温度や水分といった環境要素の変化にどの様に応答するのかを探る研究が数多くなされている (例えば、Fu, 2006)。しかしながら、光合成と呼吸は別個のプロセスであり、環境要素に対する応答も異なっているため、より正確な CO₂ 収支の推定を行うためには、それらを分けて考えていく必要がある。そこで本研究では、モンゴル中央部の半乾燥草原において、透光性ならびに遮光性の密閉式チャンバーを用いた CO₂ フラックスの測定を行い、光合成速度・生態系呼吸速度を別々に求めた上で、その各々の環境応答性について検討した。

2. 観測方法

モンゴル国ウランバートルの南西 130 km に位置するバヤンウンジュル村近郊の草原 (lat 47° 02.6' N, long 105° 57.1' E, 1200 m asl) において、遊牧家畜による採食を防ぐための柵 (300 m×300 m) を設置し、その中で CO₂ フラックスの測定を行った。観測地は半乾燥地域に位置し、年平均気温は 0.0°C、年降水量は 166.1 mm (いずれも 1995~2005 年の平均値) である。土壌は粗粒質であり、カスタノゼムに分類される。草原を構成する植生はイネ科草本 (*Agropyron cristatum*, *Cleistogenes squarrosa*, *Stipa krylovii*)、低灌木 (*Caragana spp.*) などである。この草原において、2004 年 7 月下旬・2005 年 5

月中旬・7 月下旬・9 月中旬および 2006 年 6 月下旬の 5 回にわたり観測を実施した。各観測期間は約 1 週間である。

CO₂ フラックスの測定に用いたチャンバーは透明なアクリル製の一辺 40cm の立方体であり、内部には温湿度センサー、光量子センサー、空気を攪拌するためのファンが取り付けられている。このため、チャンバー内では風速 0.2~0.6 m s⁻¹ 相当の空気の動きが生じている。同じ地点で繰り返し測定を行うこと、また観測点の攪乱を最小限にすることを目的として、各観測期間の初日に、イネ科草本を含む 8 地点および裸地 4 地点の計 12 地点にステンレス製の台座を設置した。台座にはゴムパッキングを敷いた溝があり、測定時にはそこにチャンバーを置くことで密閉した。チャンバー内の空気は、ポリエチレンチューブを通して約 1 dm³ min⁻¹ の流量で赤外線 CO₂/H₂O 濃度分析器 (LI-7000, LI-COR Inc.) へ吸引され、連続的に濃度測定を行い、再びチャンバーへと戻されている。測定時間 (チャンバー密閉時間) は 3 分間であり、その間のチャンバー内の CO₂ 濃度変化からフラックスを算出した。透明なチャンバーで正味の CO₂ フラックス (NEE) を測定した後に、アルミ製の遮光カバーをかぶせた状態で生態系呼吸速度 (Ecosystem Respiration: R_{eco}) の測定を行い、NEE と R_{eco} の差として総光合成速度 (Gross Primary Production: GPP) を算出した。フラックスの測定は現地時間の 2:00~4:00、8:00~10:00、14:00~16:00、20:00~22:00 に行い、このサイクルを各期間中に 2~3 回実施した。

CO₂ フラックスの測定と併せて、チャンバー内外の気温・相対湿度・光合成有効放射量 (PAR)、並びに降水量、地温、土壌の体積含水率 (VWC) の測定を行った。また各観測期間の終了時に、台

座の中に生育していた植物を刈り取り、地上部バイオマス（乾燥重量）の測定も行った。なお、以降の議論で用いる気温・飽差・PARのデータはチャンバーの中で測定された値である。

3. 結果と考察

図1は、各観測期間に測定された単位地表面積あたりのGPPとPARとの関係である。概ね光—光合成曲線にのるものの、2004年7月のGPPは他の期間より有意に大きく、観測時期によってPARに対する応答が異なっていることが分かる。過去の研究で、GPPは地上部の植物量と関係があることが報告されているため（Suyker and Verma, 2001など）、地上部バイオマス（Aboveground Biomass: AGB）とGPPとの関係を見たところ（図2）、高い線形相関があることが示された。そこでGPPをAGBで割って規格化すると、GPPとPARとの関係には

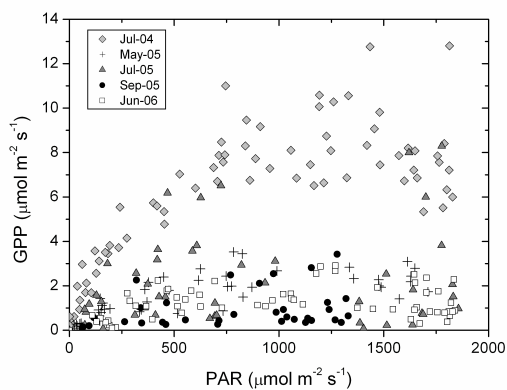


図1 単位地表面積あたりのGPPとPARとの関係。

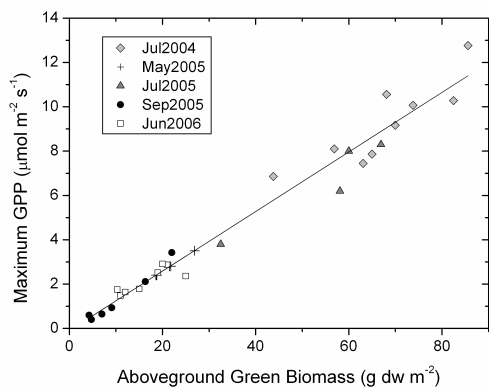


図2 各観測期間・各測定点におけるGPPの最大値と地上部バイオマス（AGB）との関係。

観測時期による有意な違いは見られなくなり、PARに対するGPPの応答は植物の成長段階の違いには依存しないことが示された（図3）。

次に、気温などの環境要素がGPPに及ぼす影響について検討した。図3では土壌水分が高い場合（黒）と低い場合（グレー）について、図4では気温および飽差が極端に高い場合（グレー）について、GPPとPARとの関係を図示した。3cm深の土壌水分が6.0%以上となるのは降雨の後に相当するが、この時にはGPPに顕著な変化は見られない。一方、しばらく無降水の期間が続くと、WVCは3.0%未満まで低下したが、この時にはGPPも低下していたことが図からわかる。図4からは大気が高温で乾燥している場合にも、GPPが低下し

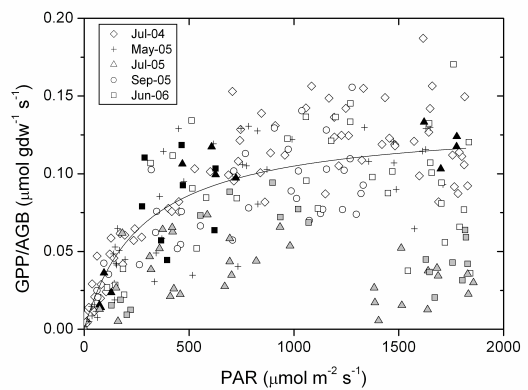


図3 AGBで規格化したGPPとPARとの関係。曲線は直角双曲線関数による近似曲線である。黒点は3cm深のWVCが6.0%以上、灰色の点は同3.0%未満の場合に測定されたデータ。

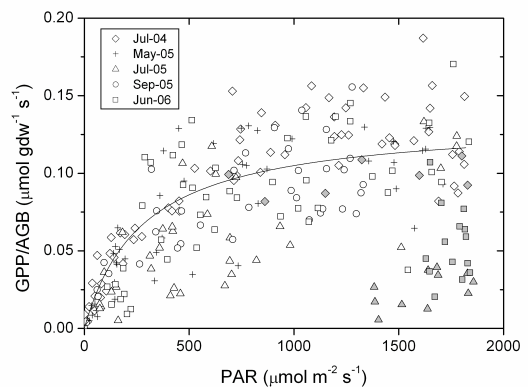


図4 図3に同じ。ただし、灰色の点は気温が30℃以上かつ飽差が3.5 kPa以上の場合に測定されたデータ。

ている様子が読み取れるが、特に土壌・大気の間が乾燥している場合に低下量が大きくなる傾向がうかがえる。

R_{eco} については草本植物が生育している地点と裸地地点の両方で測定を行った (図 5)。植生地点で測定された R_{eco} は裸地地点の値よりも 2~4 倍程度大きくなっていた。これは、土壌呼吸に加えて、植物の呼吸があるためと考えられ、妥当な結果といえる。一般に、 R_{eco} は地温の指数関数で近似できることが知られているが、本研究においても地温の上昇とともに R_{eco} が増大する傾向が観測できた。また植生地点、裸地地点ともに、 R_{eco} の大きさ及び温度感度は、土壌水分の違いに応答して異なっているという結果が得られた。降雨の後に土壌が湿潤になると、土壌呼吸は著しく増大し、温度感度も大きくなっていた。土壌が湿潤になった場合、GPP には顕著な変化が見られなかつ

たことをあわせて考えると、降雨後の土壌の湿潤化は大気への CO_2 の付加を促進する因子であると考えることができる。

キーワード：光合成速度、呼吸速度、 CO_2 フラックス、密閉式チャンバー法

参考文献

Fu, Y., Yu, G., Sun, X., Li, Y., Wen, X., Zhang, L., Li, Z., Zhao, L., and Hao, Y. (2006): *Agric. For. Meteorol.*, 137, pp. 234-244.
 Suyker, A. E. and Verma, S. B. (2001): *Global Change Biology*, 9, pp. 255-265.

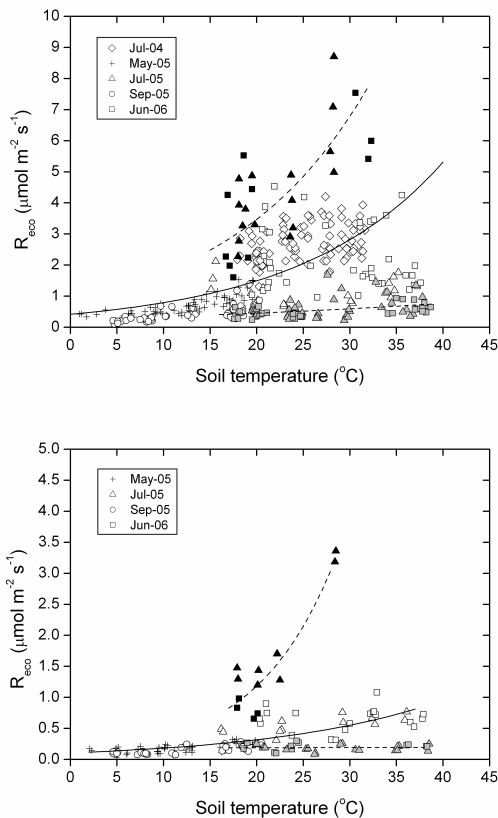


図 5 R_{eco} と 5cm 深さの地温との関係。(上) 植生を含む地点、(下) 裸地地点。黒点は 3cm 深の VWC が 6.0%以上、灰色の点は同 3.0%未満の場合に測定されたデータである。