

第6章 水循環と生態系

気象要素の年々変動がモンゴルの植生活動度に与える影響

はじめに

この研究において、気象要素の年々変動がモンゴルの植生活動度に及ぼす影響について明らかにするとともに、植生活動度の1ヶ月前予測の可能性についても議論をする。用いたデータは、1993-2000年までの97地点の10日間平均した降水量・気温・積雪深のデータとNOAA AVRHHデータから作製されたNDVIデータである。

気温と降水量の影響

地点によって植生活動度の季節進行に差があるため、地点毎に発達期（主に、6-7月）と成熟期（主に、7-8月）を定義し、2つの植生発達期について解析を行った。

発達期と成熟期における降水量と植生活動度には、それぞれ29%と42%の地点に有意な正の相関（有意水準99%）が認められ、二つの成長期とも、6-7月の降水量が植生活動度に重要であった（図略）。

成熟期の植生活動度に対する気温の影響は、季節によって大きく異なっていた。成熟期の植生活動度と夏の気温には多くの領域で負の相関が見られる。しかし、西モンゴルにおいては、初冬の気温と負の相関があり、一方、モンゴル北西部においては真冬の気温と正の相関が認められた（図略）。

また、Khenty山脈の西～南側の盆地に位置する地点では、成長期の植生活動と積雪深に強い正の相関（ $r \sim 0.9$ ）を示す地点があ

った（図略）。

植生活動度の予測可能性

多くの地点では、1ヶ月前以上の気温・降水と植生活動度との間に有意な相関が見られ、このことは気象データのみから植生活動度の予測が可能であることを示唆している。そこで、重回帰分析の手法（ステップワイズ法）を用いて、1ヶ月前までの気温・降水データから発達期・成熟期の植生活動の予測式を各地点毎に求めた。

図1は、予測式で求めた植生活動度と観測された植生活動度との相関係数の分布図である。発達期と成熟期について、73%

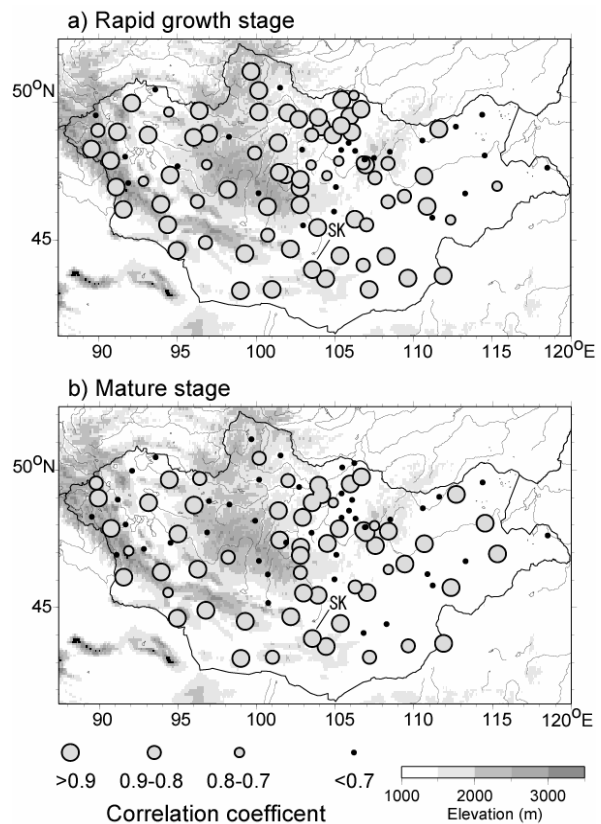


図1 成長期 (a) と成熟期 (b) についての予測式で求めた植生活動度と観測された植生活動度との相関係数の分布図。

と 58% の地点の相関係数が 0.7 を越え、65% と 53% の地点の相関係数が 0.8 を越えている。これらの地点について、植生活動の予測式が有効であると考えられる。更に、沙漠ステップや沙漠における相関係数が高いことから、乾燥域においてより有効であろうと期待される。

参考文献：

- (1) Iwasaki, H., 2006a: Impact of interannual variability of meteorological parameters on vegetation activity over Mongolia, J. Meteor. Soc. Japan, 84,745-762.
- (2) Iwasaki, H., 2006b: Study on Influence of Rainfall Distribution on NDVI Anomaly over the Arid Regions in Mongolia Using an Operational Weather Radar, SOLA, 2, 168-171.

植生指数時系列の高精度化

はじめに

草原と森林における植物の時空間変化の分析は、砂漠化の現状の理解及び将来の変化と生物資源の持続性を予測するために重要である。地球観測衛星が受けた植生の信号は、植生面積にほぼ比例する正規化植生指数(NDVI)に変換される。地球観測衛星のうち極軌道は地球を 100 分程度で 1 周するために、1 日に 1 回以上の同じ領域を観測する。したがって、雲に邪魔されない限り NDVI の日変化を得られる。しかし、NDVI の値には衛星の位置に由来する誤りがあることが分かっている、特に植生量が急変するモンゴルではこの誤差を取り除くことが重要になる。私たちはこれを克服するために、二方向反射率を用いた NDVI の推定法を開発する研究を行った。

野外観測

私たちは 2003 年にモンゴル国ヘンティ県で、草原と森林における地表面反射率の

地上(図 1)と、航空機(図 2)による野外観測を行った。これらの観測は二方向反射率に関するデータを得ることが目的であり、これに基づいて衛星データの補正を行う。



図 1 ヘンティ県の草原における野外観測の様子。

衛星データへの適用

本研究では地球観測衛星の MODIS によるデータを用いた。図 3 はヘンティ県の草原に位置するヘルレン・バヤンウラン(KBU)における NDVI の日変化である。夏季では、NDVI の未補正值は大きく変動しているが、二方向反射率によって補正されるとこの変動が減衰している。この補正によって NDVI と土壌水分との相関関係を明らかにした⁽¹⁾。

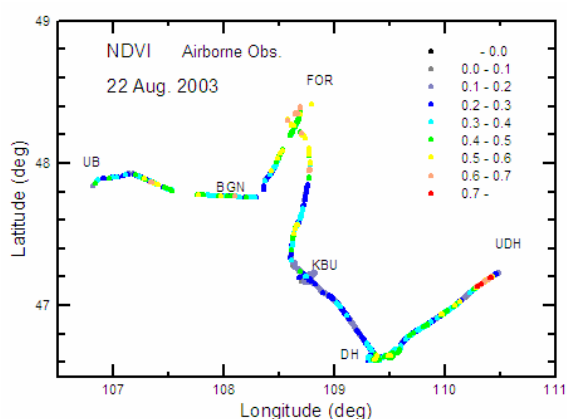


図 2 2003 年 8 月 22 日における航空機観測による NDVI 値。航路はウンドルハーン(UDH) からウランバートル(UB) まで。

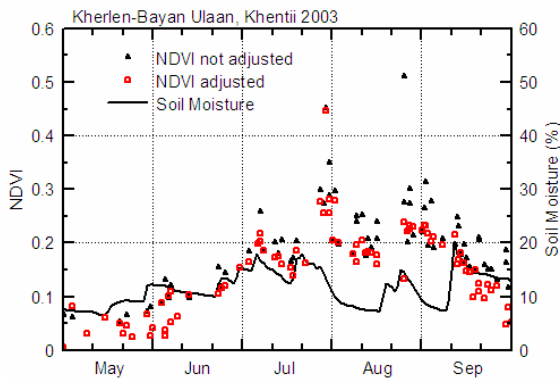


図3 2003年夏季におけるヘルレン・バヤンウランにおけるNDVIと土壌水分(Soil Moisture)の日変化。

参考文献：

- (1) Matsushima et al., 2005: Proc.1st Int'l. Symp.Terre. Clim. Change in Mongolia, 137-140.

水不足時のカラマツによる深層土壌水の利用

はじめに

Kherlen川はKhentii・Khyangan山脈に源流を持つ。上流域(山地集水域)にはカラマツ(*Larix sibirica* Ledeb.)のタイガが分布して、流域全体の水循環に重要な役割を持っている。RAISEプロジェクトの一部として、本研究では同位体解析によりカラマツ林の水文学的役割を調査した。カラマツの水利用特性を明らかにするために、植物体内水(葉と枝)、土壌水、降水の同位体測定を2003年の成長期に実施した。

方法

研究対象地はモンゴルTov県Mongonmorit(48°21.112'N, 108°39.260'E)である⁽¹⁻²⁾。Khentii山地の緩傾斜の南西斜面にあるカラマツ林(*Larix sibirica* Ledeb.)に渦相関法によるフラックス観測タワーが2003年3月に設置された。タワーから150m

以内の10本のカラマツ(日向5本, 日陰5本)を植物体内水(葉と枝)の採取のために2003年6月に選定した。タワーに近接して1m×1m×1mの縦穴を掘り、異なる深度での土壌水を採取した。降水はMongonmorit気象ステーションにて、1年を通して定期的に採取された。

結果

南シベリアタイガからアジアステップ草原への遷移域にあたるモンゴル北部の山地カラマツ林(*Larix sibirica* Ledeb.)にて2003年成長期に水の酸素同位体測定を実施した。葉の酸素安定同位体比とその日変化は大気の蒸発要求量に敏感であった。成長期の大半においてカラマツに利用される水源は、降水が多いときは30cmより浅層で、降水が少なく表層土壌水が制限される時はそれより深層となった(図1)。キーリングプロット法によると、森林は成長期のピーク(8月)には、主に蒸散を介して土壌水を大気へ戻していることが示唆された(図2)。

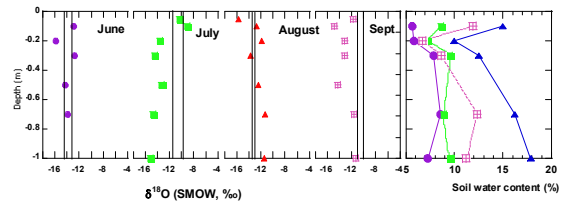


図1 土壌水の $\delta^{18}\text{O}$ 鉛直プロファイル。縦線はカラマツ樹液の $\delta^{18}\text{O}$ で、2本の線の幅は標準偏差を表す。

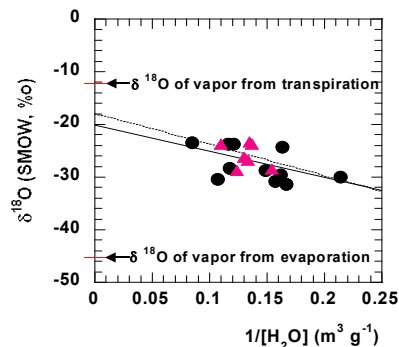


図2 キーリングプロットの一例。日中の大気中水蒸気の $\delta^{18}\text{O}$ と水蒸気密度の逆数との関係を高度別に表す(丸: キヤノピー上, 三角: キヤノピー内) 2003年8月21-23日のデータ。破線はキヤノピー上, 実線はキヤノピー内の線形回帰曲線。

参考文献：

- (1) Li S.-G. et al., 2006a: J. Hydrology (in press).
- (2) Li S.-G. et al., 2006b: Trees-Structure & Function 20, 122–130.

草原のはたらきと水

はじめに

モンゴルなどの半乾燥地帯では、一般に草原生態系が成立する。草原生態系は、陸域の 1/2 を占める生態系であり⁽¹⁾、地球の CO₂ の収支に大きな影響を与える。

これまでの研究から、草原生態系で CO₂ の収支の量を決定する大きな要因として、土壌水分の影響が大きいことが知られている。本研究では、降雨の前後で草原の CO₂ の収支（フラックス）の増減を調べるために、生態系における CO₂ の出入り（純生態系生産：NEP）、植物による CO₂ の取り込み（生態系総生産：GPP）、生態系からの CO₂ の放出（生態系呼吸：Re）を測定した。

測定法

CO₂ フラックスの測定には、ダイナミッククローズドチャンバー（図 1）を用いた。この方法では、草原の植生に透明なチャンバーをかぶせて密閉し、中の CO₂ 濃度の変化を測定することで、NEP を求める。次に、チャンバーに遮光箱をかぶせて Re を測定する。そして、NEP に Re を加えた値として、GPP を求めた。

CO₂ の収支に与える降雨の影響

CO₂ フラックスに対する降雨の影響は、7 月と 8 月の降雨イベント前後で測定された結果をもとに比較検討された。図 2 に、降雨の前後での CO₂ フラックスの変化を示す。この結果から、降雨が CO₂ フラックスに与えた影響が 7 月と 8 月では大きく異なることが分かる。



図 1 測定システム

チャンバートップはアクリル製、カラーは PV 製。チャンバー内に温度と光子測定用センサーを取り付けている。チャンバーはランダムに 10 箇所設置した。

7 月の降雨前にみられた特徴は土壌水分が少ないことであった。7/11 から 7/16 日までは極端に乾燥して GPP、Re 共に減少し、NEP も減少した。その後 7/17 日までに 18mm の降雨があり、土壌水分は 15% まで増加した。降雨後の 7/17 の CO₂ フラックスは、GPP、Re 共に増加したが、Re の増加率の方が大きいため NEP はマイナスになった。

一方で、8 月は降雨前の土壌水分は 9% と高かった。CO₂ フラックスは、8/20 に 22mm の降雨があつたにも関わらず、降雨の前と後で GPP、Re 共に大きな変動はなかった。これは、7 月と比べて降雨前の土壌水分が高かったため、草原生態系に強い乾燥ストレスがなかったためであると考えられる。これより、土壌水分が 5% 近くまで乾燥したときに CO₂ フラックスは大きな影響を受けると考えられた。

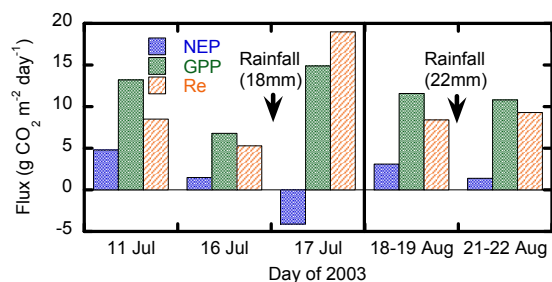


図 2 降雨前後での CO₂ フラックス量の変動。

参考文献：

- (1) Chapin, F.S., 1995: Rangelands in a changing climate, in Climate Change. Springer.

モンゴル草原の土壌侵食量はどれくらい？

研究の背景

近年、モンゴル草原では、放牧家畜数の増加にともなって、土壌侵食量の増加が指摘されている。しかしながら、モンゴルの土壌侵食について調査した研究がほとんど無いため、草原の土壌侵食の実態は明らかになっていない。そこで本研究は、放牧の状況が異なる地域において、土壌侵食量を推定し比較した。

研究対象地域の概要

モンゴル北東部を流れるヘルレン川流域の、放牧の状況が異なる二つの地域にそれぞれ試験流域を設けた。ひとつはヘルレンバヤンウラン (KBU ; 6.9 ha) で、放牧家畜の越冬地として古くから放牧圧が高い地域である。もうひとつはバガノール (BGN ; 7.6 ha) で、ここ数十年に放牧家畜の頭数が増加している地域である。

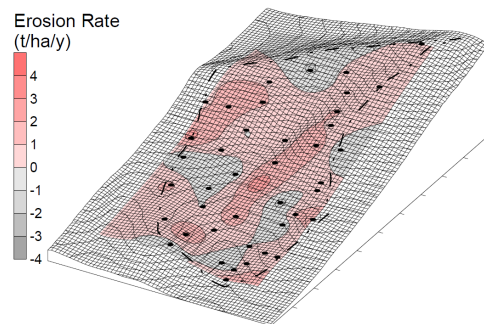
土壌侵食量の推定方法

セシウム-137 は、1950~1960 年代に行われた大気圏原水爆実験によって環境中に放出された、半減期が 30.2 年の人工放射性核種である。主に降雨などによって大気中から地表に降下すると、土壌粒子に強く吸着される。単位面積あたりの土壌中のセシウム-137 存在量は、その地域の降下量と等しい量が存在しているが、土壌侵食や土砂堆積などの土壌の移動を反映して増減する。土壌中のセシウム-137 の存在量を、大気中からの降下量と比較することによって、その増減率からその地点の侵食・堆積量を推定することができる。

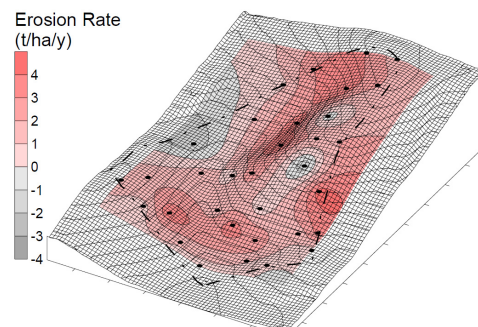
試験流域内のセシウム-137 存在量の空間分布を調べるために、採土器を用いて 30cm 深の土壌を採取し、ゲルマニウム γ 線検出器を用いてセシウム-137 濃度を測定した。

モンゴル草原の土壌侵食量

図1は、土壌中のセシウム-137から推定した、試験流域の土壌侵食量の分布を示している。赤色が濃い地点ほど土壌侵食量が多く、灰色は堆積域である。BGN流域では、中腹部の斜面で土壌侵食量が多く、そのすぐ下部に土砂堆積域が分布していた。一方、KBU流域は、流域の大部分で激しい土壌侵食が発生していることが分かった。図2に試験流域における土砂収支を示した。放牧圧が高いKBU流域 (1.6 t/ha/y) では、BGN流域 (0.5 t/ha/y) の約3倍の土壌侵食が発生していることがわかった。また、KBU流域では土砂輸送率が97%と高く、侵食された土砂が流域外に流亡しやすいことが分かった。



a. BGN 流域



b. KBU 流域

図 1 土壌中のセシウム-137 の分析から得られた試験流域における土壌侵食の分布. 黒塗の円は土壌コアサンプルの採取地点を示す. また、図中の破線は、試験流域の流域界である。

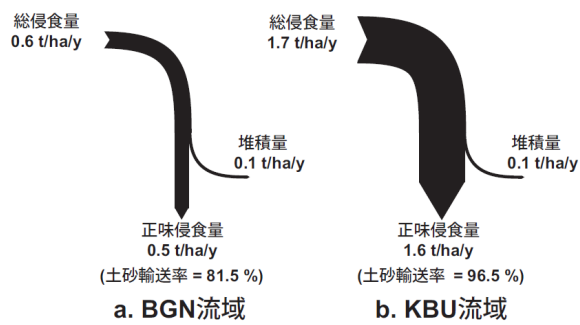


図2 試験流域の土砂収支. 試験流域からの土壌流出量は, 総侵食量から流域内の堆積量を差し引いた正味侵食量で表される. 土砂輸送率は, 総侵食量に対する正味侵食量の割合である.

参考文献:

- (1) 西川ほか, 砂防学会誌, Vol.58, No.3, 4-14
- (2) Onda et al., Journal of Hydrology, doi:10.1016/j.jhydrol.2006.07.030.