

第5章 生態系

モンゴル北東部における草原土壌の特性

はじめに

モンゴル国の放牧地は半乾燥ステップ地域に存在し、半乾燥地域で最も特徴的な土壌生成作用が、表層から下層土への炭酸塩（CaCO₃）の移動集積作用であり、様々な深度に炭酸塩集積層（Bk層）が形成される。Bk層の形成される深度および塩類組成は、土壌水の挙動や年降水量と関係が認められており、土壌水分条件を反映していると考えられる。本研究では、特にBk層に着目し、植生帯ごとにモンゴル北東部のステップ地域に分布する土壌特性を明らかにした。

方法

5 地点の土壌を対象として土壌断面形態観察、土壌の理化学性の測定を行った。調査地点はモンゴル国ヘルレン川流域のBaganuur (BGN)、Jargalthaan (JGH)、Kherlenbayan-Ulaan (KBU)、Underhaan (UDH)、Darhan (DH)であり、BGNは森林ステップ、JGH、KBU、UDHおよびDHはステップ地域に位置する。

植物種組成と土壌特性

各地点の植物種組成から、BGN、JGHは調査地点の中では湿潤、DHおよびUDHは乾燥、KBUはその中間的な水分条件であることが示された⁽¹⁾。土壌断面形態は、Bk層の存在で特徴付けられ（図1）、Bk層が出現する土壌深度は、乾燥した地点ほど浅いことが認められた。化学性分析の結果より、Bk層の土壌無機炭素含量、pH、EC、水溶性イオンに顕著な違いが認められ、



図1 JGHにおける土壌断面写真を一例として示した。白い層位がBk層。

Bk層に存在する水溶性イオン量は、乾燥した地点ほど増加する傾向を示した⁽¹⁾。各調査地点における降水量、可能蒸発散量、および地下水特性を反映し、土壌の化学性に差異が生じていることが明らかとなった。

土壌特性と土壌荒廃

図2に各地点の優占植物種名、土壌断面形態および土壌の理化学性を概略図として示した。乾燥した地点ほど、少ない植物量・降水量、土壌が緻密であることなどにより、放牧による土壌荒廃が進行しやすいことが報告されている。本研究の結果において、

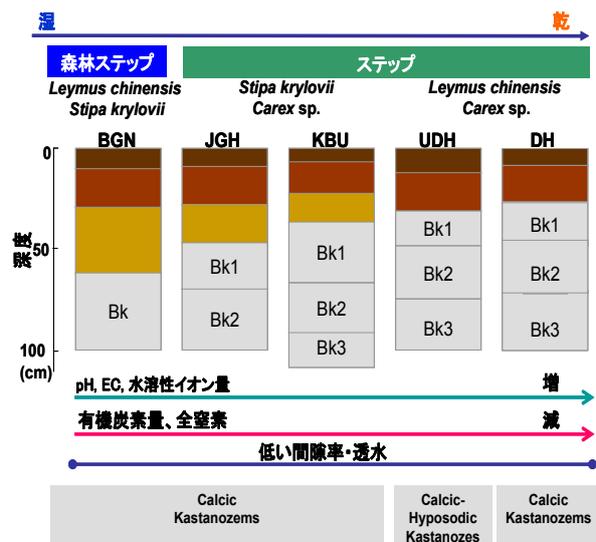


図2 各調査地点における土壌断面形態および土壌理化学性の概略図。乾燥に従い、土壌pH、EC、水溶性イオン量は増加し有機炭素・全窒素量は減少していく傾向が認められた。

各調査地の土壌は、同じ Kastanozems に分類されたにもかかわらず、地点によって A 層の厚さ、高いアルカリ性・塩類濃度を示す Bk 層が形成される深度が異なることから、同程度の土壌荒廃が生じたとしても、BGN、JGH、KBU よりも UDH、DH では草原生態系へのダメージが大きく、その回復には長い時間が必要であると考えられた。

参考文献：

- (1) Asano et al., 2007: J. Hydrol., 333 100-108.



図1 ヘルレンバヤンウランの草原景観

中央モンゴルにおける草原の種組成

はじめに

過放牧状態になっている草原の質的情報を把握するため、モンゴル国中央部ヘルレンバヤンウランにおいて植物群落の種組成について調査を行った（図1）。

方法

2002年に調査を行った。1m²の調査枠を用い、出現した全ての植物種について被度・植物高を36地点で測定した。また被度・植物高・頻度を用いて積算相対優占度（SDR₃）を算出した。

種組成と現存量

2002年の調査では28種の出現が認められた（表1）。種の出現頻度順位とSDR₃のスコアとの間には指数関数的な関係を示されていた。また、*Artemisia adamsii* と *A. frigida* の2種が調査地を優占していることを明らかにした。

以上のことから、モンゴル国 Kherlen Bayan-Ulaan における過放牧環境下の草原では *Artemisia* 属が優占種となり、生育初期段階の降水量は現存量に影響すると結論付けた。

参考文献：

- (1) 川田ほか., 2007: 沙漠研究(17)

表1 2002年夏季の植生調査における平均被度 (C: %), 平均植物高 (H: cm), 頻度 (F: %) および SDR₃

Species	C	H	F	SDR ₃
<i>Artemisia adamsii</i>	1.33	15.0	27.0	77.1
<i>Artemisia frigida</i>	1.15	15.7	26.0	72.2
<i>Heteropappus altaicus</i>	0.21	10.0	32.0	48.9
<i>Stipa krylovii</i>	0.23	9.3	32.0	48.7
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	0.28	8.0	31.0	47.6
<i>Caragana stenophylla</i>	0.28	19.4	15.0	42.8
<i>Carex</i> sp.	0.06	7.6	30.0	40.7
<i>Kochia scoparia</i>	0.09	6.0	30.0	39.9
<i>Linum stelleroides</i>	0.20	32.0	1.0	39.4
<i>Astragalus galactites</i>	0.05	4.0	25.0	31.4
<i>Potentilla bifurca</i>	0.11	4.6	21.0	29.4
<i>Convolvulus ammannii</i>	0.10	5.3	16.0	24.7
<i>Haplophyllum dauricum</i>	0.04	7.1	14.0	23.0
<i>Chenopodium acuminatum</i>	0.08	13.8	4.0	20.5
<i>Stellaria</i> sp.	0.12	8.8	8.0	20.5
<i>Caragana microphylla</i>	0.20	13.0	1.0	19.6
<i>Potentilla acaulis</i>	0.34	2.9	7.0	18.9
<i>Chenopodium aristatum</i>	0.04	13.0	4.0	18.7
<i>Leymus chinensis</i>	0.04	13.0	4.0	18.7
<i>Salsola collina</i>	0.04	15.0	2.0	18.7
<i>Bupleurum scorzonnerifolium</i>	0.04	6.5	10.0	18.2
<i>Ephedra sinica</i>	0.20	8.0	1.0	14.4
<i>Allium tenuissimum</i>	0.04	10.0	2.0	13.5
<i>Cymbaria dahurica</i>	0.04	7.0	4.0	12.5
<i>Agropyron cristatum</i>	0.09	6.7	3.0	12.4
<i>Potentilla tanacetifolia</i>	0.04	3.9	7.0	12.3
<i>Serratula centauroides</i>	0.04	7.0	1.0	9.3
<i>Koeleria cristata</i>	0.04	4.5	2.0	7.8

道路跡における植生の再生

はじめに

モンゴルにおける陸域生態系の 3/4 が、様々な程度の砂漠化の影響下にある。自動車道路は砂漠化の主要な要因であるが、2001 年にはモンゴル全土の総道路長は 11100km で、その 75.6%は未舗装である。未舗装道路は、同じ場所で車走行が繰り返されることで圧密されて形成される。1997 年現在、モンゴル内の約 8000-10000 km²の砂漠化地域に道路が延長されている。本研究では、中央モンゴルの草原地域における道路跡の植生と土壌表面変化の調査を行い、1) 道路跡に最初に進入する植物と 2) 植生の再生に伴う土壌表面の変化について記述する。

方法

研究対象地域はモンゴル Hentiy 県 Kherlenbayan-Ulaan (KBU : 47°12.838'N, 108°44.240'E) である⁽¹⁾。

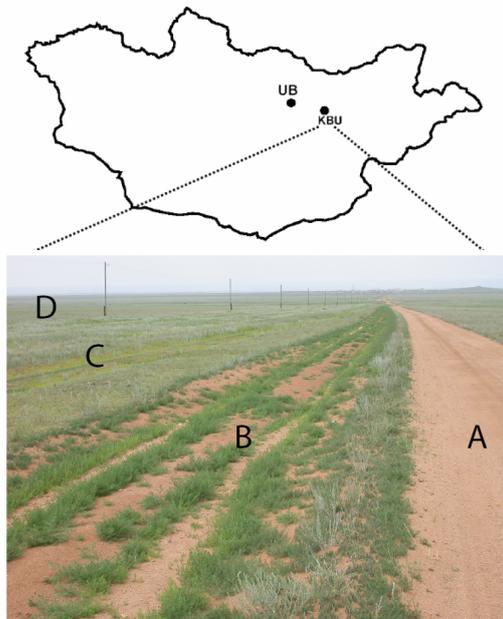


図 1 研究対象地域

KBU のステップには、複数の未舗装の轍があり、これらは自動車が繰り返し走路を

変えて走行することで形成された。地表面が自動車走行に適さなくなるとその道は放置され、放置された道路跡では植物の再生長により植生が復活する。KBU のステップ草原にて、現在の道路 (図 1 での A) に平行して隣接した 2 つの道路跡 (B と C) を対象として、植物再生について調査した。これらの道路跡は長さ 500m、幅 2-3m である。また、道路跡 C 近辺の草原 D を参照として用いる。

植生の再生

道路跡に最初に進出するパイオニア種は、圧密された地面で発芽、定着し、生育が可能なもので、*Salsola collina* はその一例である (図 1 の B)。植物の再生長により土壌表面の硬度は減少する (図 2)。土壌の微細構造が改良されて他の植物のコロニー形成が始まり、これに伴い種の多様性が増大する。

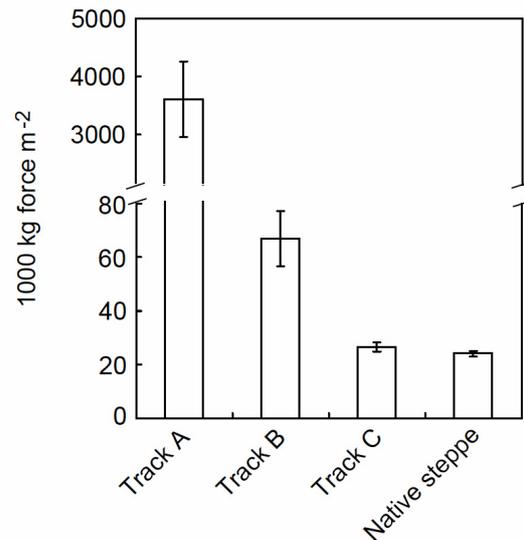


図 2 道路跡の植物再生長にともなう土壌硬度の変化

参考文献:

- (1) Li S.-G. et al., 2006: J. Biosciences, 31, 101-111.

モンゴルの植生と家畜の放牧

はじめに

モンゴルに見られる植生の大部分はステップと呼ばれる草原である。ステップはユーラシア大陸中央部の東西をベルト状に伸びる世界有数の温帯草原である（面積は約2億5千万 ha, 年降水量は250–500 mm）。近年、モンゴルでは過放牧の問題が報告されている⁽¹⁾。ここでは、モンゴルの首都 Ulaanbaatar の南東 250 km にある Kherlenbayan-Ulaan (KBU) で行った植生調査の結果をもとに、モンゴルのステップ草原のフロラの特徴と放牧の影響について報告する。

モンゴルステップ草原のフロラ

KBUのステップ草原を構成する植物の種類と優占度（最大で100）を表1に示す。種類数は28種類で、上位3種はいずれもキク科の広葉草本（*A. adamsii*, *A. frigida*, *Stipa krylovii*, *H. altaicus*）であった。同じ温帯草原の北米プレーリーでは禾本科草本が優占しているため、これとは対照的である。また、乾燥に強い光合成機能をもつC4植物は *C. squarrosa*, *K. scoparia*, *S. collina* の3種含まれていた。KBUの年降水量260 mmから考えると全種数に対するC4植物の割合は大変低い。これは高温に適応したC4植物にとって年平均気温が大変低い（約2°C）ためと考えられた。また、C4植物3種のうち、イネ科は1種のみで、2種はアカザ科であった。プレーリーではイネ科C4植物が多いのと対照的である。しかし、アカザ科C4植物が多いのはステップとアフリカのサバンナに共通した性質で、Afro-Asian or Saharo-Gobian desert flora と呼ばれている⁽²⁾。

放牧の影響

KBUのステップ草原では、2002年に保護柵を周囲に設置し、禁牧区を設けた。その1年後の2003年に植生調査をした結果が表2である。植被率はわずかに増加、種数は1

m²当たり0.8種減少、現存量は13 g dw m⁻²増加した。一方、土壌を肥沃にするリター（表層土壌に堆積する植物遺体）の量は大幅に増加した（放牧区63.2 g dw m⁻², 禁牧区101.3 g dw m⁻²）。これより、KBUの草原は強い放牧圧を受けていることは明らかである。炭素循環モデルによる試算では、羊換算で0.7頭/haが適正とされる⁽³⁾。

表1 フロラと積算優占度

Species	SDR
<i>Artemisia adamsii</i>	77.1
<i>Artemisia frigida</i>	72.2
<i>Heteropappus altaicus</i>	48.9
<i>Stipa krylovii</i>	48.7
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	47.6
<i>Caragana stenophylla</i>	42.8
<i>Carex korshinskyi</i>	40.7
<i>Kochia scoparia</i>	39.9
<i>Linum stelleroides</i>	39.4
<i>Astragalus galactites</i>	31.4
<i>Potentilla bifurca</i>	29.4
<i>Convolvulus ammannii</i>	24.7
<i>Haplophyllum dauricum</i>	23.0
<i>Chenopodium acuminatum</i>	20.5
<i>Stellaria sp.</i>	20.5
<i>Caragana microphylla</i>	19.6
<i>Potentilla acaulis</i>	18.9
<i>Chenopodium aristatum</i>	18.7
<i>Leymus chinensis</i>	18.7
<i>Salsola collina</i>	18.7
<i>Bupleurum scorzoniferifolium</i>	18.2
<i>Ephedra sinica</i>	14.4
<i>Allium tenuissimum</i>	13.5
<i>Cymbaria dahurica</i>	12.5
<i>Agropyron cristatum</i>	12.4
<i>Potentilla tanacetifolia</i>	12.3
<i>Serratula centauroides</i>	9.3
<i>Koeleria cristata</i>	7.8

表2 植生に対する放牧の影響

	植被率 (%)	種数 (m ⁻²)	現存量 (g dw m ⁻²)
放牧区	52.1	8.8	85.1
禁牧区	54.2	8.0	97.9

参考文献：

- (1) Jigmed, 2006: 新潟大学農学部研究報告.
- (2) Pyankov et al., 2000: Oecologia.
- (3) Chen et al., 2006: Plant Ecology.

モンゴル国における放牧が草原の熱・水収支に与える影響

はじめに

モンゴル国の気候は乾燥・半乾燥帯にあたるため、その植物生産量は乏しく、さらに植物の変遷帯に位置するため、外部条件の変化を敏感に受けやすいところである。また、モンゴルは近年、市場経済導を導入し、社会体制が急激に変化している。そのため、放牧などによる草原生態系へのインパクトが問題となっており、国土面積の約97.4%を占める草原のうち約70%が過放牧であると報告もされている⁽¹⁾。そこで、本研究では、モンゴル国の草原において2003年から3年間のデータを用いて、放牧が草原に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

方法

研究対象地域は首都ウランバートルから南東へ250 km、モンゴル Kherlen 川流域上流部に位置するヘルレンバイヤンウランである。通年で放牧が行われている。放牧の影響を評価するため、2002年の8月に保護区(200 m×170 m)を設置した。保護区と保護区から約200 m離れた位置(放牧区)に2つの水文気象観測ステーションを設置し、2003年3月から観測を開始した。また、地上部 biomass (乾重量) と草丈を年に1~4回測定した。

結果

(1) 植生

Green (生きている) biomass は常に保護区の方が大きくなり、草原を放牧から保護

することで、植物はより成長しやすくなるということが示唆された。しかし、3年目の Green biomass は降水量が少ないために2つの区共に減少し、特に保枠内の減少量が大きくなった。これは、3年目の保護区では立ち枯れたり、下に堆積している Dead vegetation が多くなり、それが植物の成長を妨げていることが原因と考えられる。このように2つの区の間では明らかな Biomass の違いが表れた。

(2) エネルギー・水収支

地表面の被覆状態(植生)の違いの影響は、まずアルベド(反射率)に表れ、保護区のアルベドが放牧区よりも小さくなった。よって保護区では、短波放射(太陽放射)をより吸収するようになり、正味放射(R_n)が大きくなった。これにより、保護区では地中熱流量(G , 地中を加熱するエネルギー)と顕熱フラックス(H , 地表面から大気を加熱するエネルギー)が大きくなった。ここで、潜熱フラックス(IE , 蒸発に使われるエネルギー)や蒸発散量 E にも同様の傾向が予想される。しかし、 E は3年目でも2つの区の間で差が生じず、すなわち放牧の E への影響は確認できなかった。しかし、絶対値が少なすぎるため、有意な差が生じないという可能性もある。より長期的な調査が必要である。

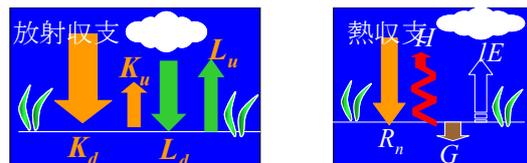


図1 放射収支と熱収支のイメージ。K, L はそれぞれ短波放射, L は長波放射で、添え字の u, d はそれぞれ上向きと下向きを表している。R_n は正味放射 ($R_n = K_d - K_u + L_d - L_u$), G は地中熱流量, H, IE はそれぞれ顕熱・潜熱フラックスを表している (熱収支式: $R_n = H + IE + G$)。

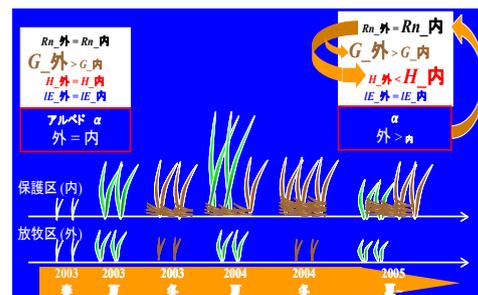


図2 植生と熱収支の年変化⁽²⁾。

参考文献：

- (1) National Agency for Meteorology, Hydrology and Environment Monitoring (2001): Mongolia's Initial National Communication, Ulaanbaatar.
- (2) Kato (2007): MS Thesis, Univ. of Tsukuba

モンゴル中央部草原の生産力

はじめに

モンゴル国土の 80% を占める草原は過去数世紀にわたって放牧地として利用されてきた。草原の生産力の評価と、その生態学研究での利用は重要である。本研究ではモンゴル中央部草原の生産性について幾つかの知見を提示する。

方法

生態系総生産 (gross ecosystem productivity: GEP) は植物の光合成により同化されたバイオマス総量であり、地上と地下バイオマスを含む。地上バイオマスは通年で家畜に捕食される。地上バイオマスの測定は家畜による捕食可能量を評価するのに有用である。植物の独立栄養呼吸により GEP の一部が失われるため、GEP の直接測定は不可能である。通常、GEP は渦相関法などの間接的方法により推定される。渦相関法は、生態系純生産 (net ecosystem productivity: NEP) の測定に一般的に利用されている。渦相関法による夜間 NEP は生態系呼吸 (R) の推定に利用される。NEP と R の和が GEP となる。そこで、渦相関法を用いて、NEP を測定し、GEP を推定した。さらに、放牧地と禁牧地にて、刈り取り法により地上 standing バイオマスを測定した。これらの測定は 2003 年に Hentiy 県 Kherlenbayan-Ulaan (KBU : 47°12.838'N, 108°44.240'E) にて実施された⁽¹⁾。

モンゴル草原におけるバイオマス分配

GEP, NEP, R の年積算値を図 1 に示す。

対象草原が 1 年間に同化するバイオマスは $473 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ (炭素換算で $179 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$)、呼吸によって損失するバイオマスは $337 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ($138 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$) となる。よって、家畜が捕食可能なバイオマスは約 $100 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ($41 \text{ g C m}^{-2} \text{ y}^{-1}$) である⁽¹⁾。

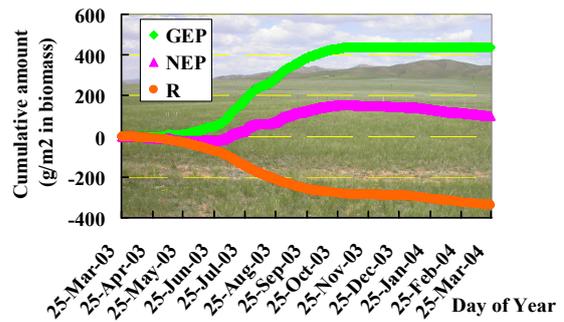


図 1 生態系総生産 (GEP), 生態系純生産 (NEP), 生態系呼吸 (R) の積算値。2003/3/25–2004/3/24 の期間にモンゴル中央部草原にて渦相関法により観測されたデータ。

植物成長期 (6 月中旬から 10 月上旬) に捕食により減少した地上バイオマスは約 36 g m^{-2} である。10 月上旬の地上バイオマスは約 40 g m^{-2} で、これらは非成長期に家畜によって捕食される (図なし)。渦相関法と刈り取り法のそれぞれの誤差により、捕食可能なバイオマス量は異なる結果となった (100 g m^{-2} , 76 g m^{-2})。

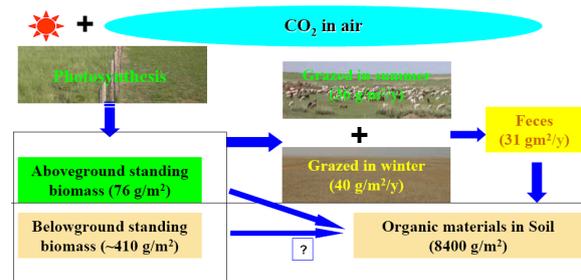


図 2 モンゴル中央部草原におけるバイオマス分配

参考文献：

- (1) Li S.-G. et al., 2005: Global Change Biol., 11: 1941–1955.