

G-2 北東アジアにおける砂漠化アセスメント及び早期警戒体制（EWS）構築のためのパイロットスタディ

（3）土壌・植生・水文解析による土地脆弱性の評価

1）フィールド調査による土地脆弱性の評価

独立行政法人農業環境技術研究所土壌環境研究領域	藤原英司
独立行政法人国立環境研究所国際室	清水英幸
国立大学法人筑波大学生命環境科学研究科	杉田倫明

<研究協力者>

国立大学法人筑波大学生命環境科学研究科	恩田裕一・田村憲司 加藤弘亮・浅野眞希 星野亜季・加藤秀和 Byambkhuu I.・李 勝功
林水産技術会議事務局	白戸康人
東京大学大学院農学生命科学研究科	佐々木雄大

平成16～18年度合計予算額	56,865千円
（うち、平成18年度予算額	16,207千円）
「※上記の予算額には、間接経費13,125千円を含む」	

[要旨] 本サブサブテーマでは、多様な立地および放牧圧における、植生・土壌・水文の調査を通して、砂漠化プロセスの解明および基準の設定を行った。家畜の集中する地点の周辺で放牧圧の傾度が存在する地点を選定し、2004年夏に放牧圧傾度にそってそれぞれ3箇所、4箇所に禁牧柵を設置した。2年間の回復試験の後、それぞれの柵内と柵外の植生を、嗜好性の違いに着目し調査した。その結果から、植生機能タイプの変化する放牧圧を砂漠化の基準とすることが妥当であると考えられた。そして広域調査において、様々な立地において、放牧圧の違いによる植生の変動を調査した。その結果、砂漠化プロセスが3つに明瞭に分かれることがわかったそれらを気象、土壌の違いにより整理した。以上の植生調査に合わせ、調査地点の放牧圧をペレットカウント法（家畜糞粒数による推定法）、統計資料から推定し、それぞれの立地における砂漠化基準を超える劣化と放牧圧の関係を明らかにした。さらに、飛砂センサーを用いた詳細な風食量とその要因を解析、流量堰と土砂トラップによる水食量とその要因の解析を行った。これらの詳細な土壌侵食量の測定結果は、サブテーマ(2)および(1)における土壌侵食モデルの検証・調整に用いた。

[キーワード] 砂漠化基準、立地条件、砂漠化プロセス、風食、水食

1. はじめに

砂漠化のプロセスおよび脆弱性は、気象・地形・地質・土壌の複合的な作用で形成される立地条件によって大きく異なる。平坦な堆積面上のステップ草原と、大起伏の砂丘では、同様の植被

率だとしても生態系および牧業生産性の持続性の評価の面では全く異なる。このような立地ごとの持続性を定量的に整理した研究はなく、広域スケールの研究においては、そのような持続性に対する基準という概念と関連付けた研究すら皆無である。

2. 研究目的

そこで本サブテーマは、フィールドにおける砂漠化程度をあらわす植生・土壌・水文に関する指標(Indicator)の観測と、同一地点における放牧圧の定量的把握により、持続的土地利用のための砂漠化指標の基準値(Benchmark)を、気候・地質・地形などによる地理的区分ごとに設定することを目的とする。本研究課題全体に対しては、広域に取得された指標群の値の組み合わせについて、持続性の観点からの意味づけを行うための情報を提供する役割、および予測シミュレーションのための砂漠化プロセスの解明や鍵となる要因の特定を行うといった役割を担っている。本サブテーマは更に2つのテーマに分割される。サブサブテーマ1においては、フィールド調査により、様々な立地の放牧強度の異なる場所において砂漠化に関連する指標を調査し、砂漠化プロセスを総合的に解析し、また不可逆的退行をもたらす基準を設定することを目標とする。一方、フィールド調査では複数の環境要因が並列に変化することが多々あるため、サブサブテーマ2において実験室での発芽・成長実験を通して、様々な環境要因を独立に変化させ、植物間の競争や遷移にかかわる鍵となる要因を突き止める。

以上の目的を達成するために、本研究課題では、ステップ地域の代表としてモンゴル国デルゲルハーン、ゴビステップの代表としてモンゴル国マンダルゴビおよびブルガン、砂質土壌の代表として、中国内蒙古自治区奈曼を対象地に設定した(図1)。なお、奈曼については、これまでの環境省地球環境研究推進費により詳細な放牧試験が行われており、その蓄積を活かす形で研究に盛り込むこととした。

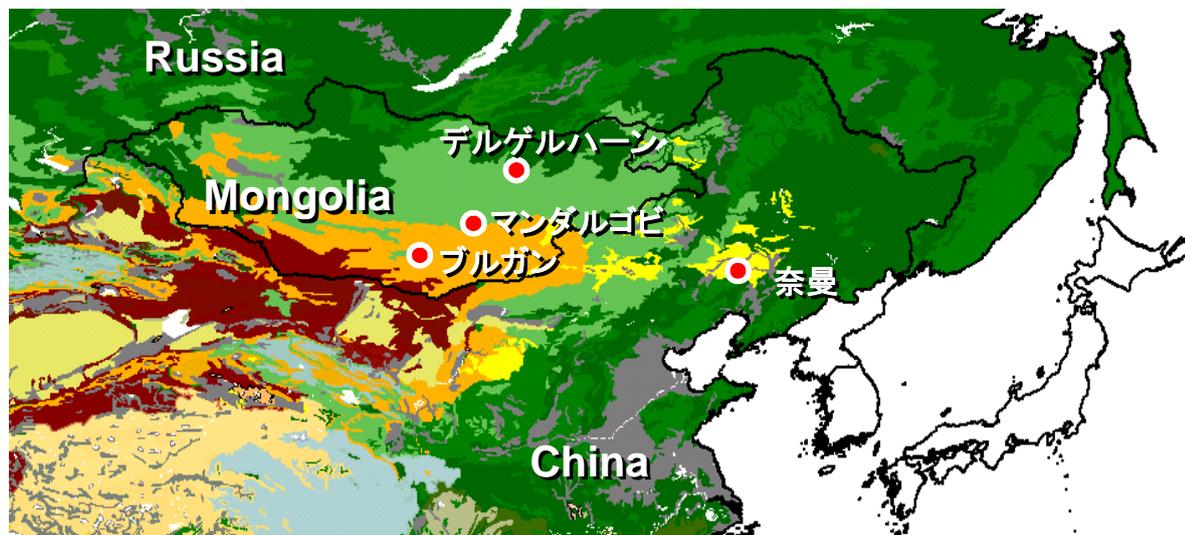


図1 研究対象地

3. 研究方法

本サブサブテーマにおいては、多様な立地および放牧圧における、植生・土壌・水文の調査を通して、砂漠化プロセスの解明および基準の設定を目的とする。ところが、遊牧という土地利用

形態を持つ対象地域において、放牧圧を特定すること自体が困難な課題である。そこで、本サブテーマでは以下の2つの異なる戦略で、多様な立地および放牧圧における砂漠化プロセスを解明する：（1）重点的調査：過去の土地利用履歴が明らかな場所において禁牧柵を設置し、異なる砂漠化段階からの回復プロセスを解析すると共に基準の設定を行う。（2）広域調査：重点的調査の手法は、精度の高い解析が可能である一方、多数の立地で調査を行うことが困難である。そこで間接的な放牧圧推定手法による放牧圧推定と、植生・土壌・水文調査を比較することにより、砂漠化プロセスを解析する。

a. 重点調査区による基準の設定

土地利用履歴の異なる地点については、水場や畜舎等、家畜の移動経路が集中する場所を選定することにより顕著なコントラストをとることができた。予備調査において、放牧圧の傾度が存在し他の自然的要因が均一とみなせることを条件に、灌木ステップとゴビステップそれぞれにおいて、回復過程モニタリング地点を1つずつ選定した。モンゴル国マンダルゴビの灌木ステップでは家畜の越冬地から600m離れた地点までの間において3ヶ所を調査地点に選定した（図2）。モンゴル南ゴビ県ブルガンゴビのゴビステップでは、湧水地付近の放牧圧が高く植生・土壌の荒廃が著しい地点から、植生・土壌の状態が周辺と同程度になると判断された1.5km離れた地点までの間において4ヶ所を調査地点に選定した。このような柵のセットを2004年夏季に設置し、2006年夏季にその回復状態を調査した。またエロージョンピンを各柵について8本ずつ打ち込み、地盤高の変化より風食の活発さを推定した。

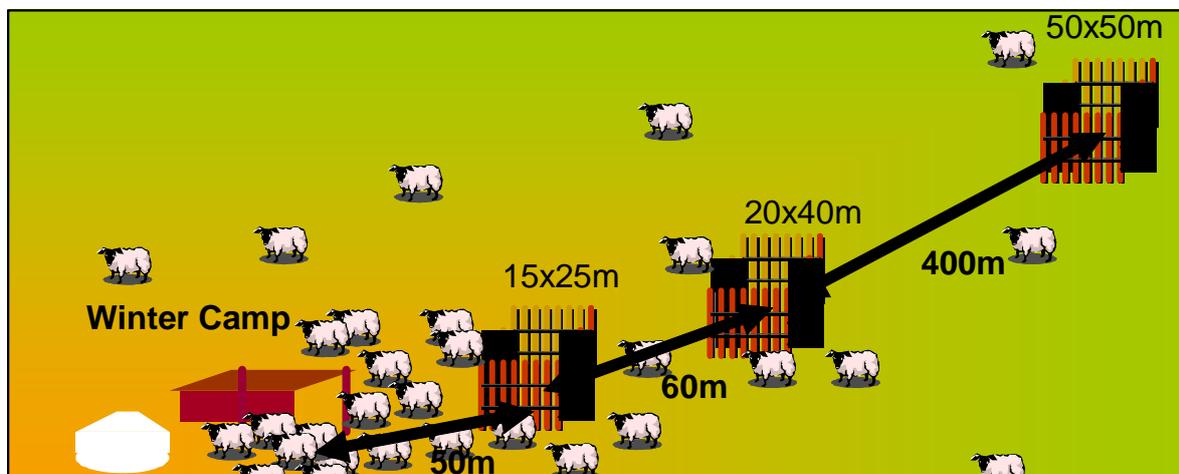


図2 モンゴル国マンダルゴビに設置した異なる砂漠化段階からの回復試験の模式図

b. 広域調査による異なる立地における砂漠化プロセスの把握

広域調査については、それぞれのサイトを地形学的観点からいくつかの立地に分類した。モンゴルヘンティ県デルゲルハーンはケルレン川流域にあり、南部の沖積低地から北部のヘンティ山脈という地形カテナを形成している。中央ゴビ県マンダルゴビ周辺は盆地状になっている。一方盆地の北西側はゆるやかな丘陵地が形成され、北東側には花崗岩に広く覆われた台地上の上位面が形成されている。花崗岩台地は風化の特性により低地部分と切り立った崖で分断されているが、丘陵地はその間にゆるやかな扇状地が形成されている。マンダルゴビ市街は丘陵地、花崗岩台地、

扇状地が接する部分に位置している。一方南ゴビ県ブルガン周辺は南部にゴビアルタイ山脈が走っており、その山麓に広いペディメントが形成されている。その下部にかつてのペディメント面と思われる地形が広がり、更にその下部に低地が広がり、特に東部はペディメントの剝削に由来すると思われる風成砂の堆積が見られる。ブルガン村はペディメントと下位ペディメントの境界に位置している。このそれぞれの地域について、放牧圧が集中する地点から離れるにつれて植生・土壌がどう変化するかを調査解析した。また放牧圧の推定のために、植生・土壌調査と同地点でペレットカウント法（糞粒数の計測）を行った。そして、計測された糞粒数と統計資料を組み合わせ、基準となる放牧圧を推定した。

c. 地表面の状態と土壌浸食量の把握

また、土壌浸食の観測に関してはある程度大規模で均質な環境が必要なため、以下のように行った。まず風食については、マンダルゴビ市街近郊の空港敷地内（23年禁牧）外に1ヶ所ずつ同一構成の観測機器類を設置し、連続観測を実施した。この観測では風食により発生する飛砂を検出するために、粒子の衝突数や運動エネルギーを計測可能なSENSITセンサーを使用した。また飛砂発生に関与すると考えられる諸条件についてデータを収集するため、風向風速計、TDR土壌水分計等の機器を使用した。観測期間中の砂嵐発生時に飛砂トラップ（Leatherman trap）を用いて各観測点における飛砂フラックスを測定し、これにより得られた実測値をもとに、SENSITセンサー出力値から水平方向の飛砂フラックス（単位面積・単位時間当たりの飛砂通過量）への換算式を求めた。

水食については、モンゴル国北東部のヘンティ県のバガヌールおよびヘルレンバヤンウランに、試験区を設定した。両試験サイトの傾斜角が15度の斜面に、50m×25mのプロットを二つ設置し、そのうちひとつを高さ1.5mのフェンスで囲うことによって放牧家畜が侵入できないようにした（図3）。そして流域最下流部に流量堰と土砂トラップを設置して水・土砂流出量を観測した。また、気象ステーションに転倒升式雨量計、風向・風速計、雨滴衝撃センサーを設置した。プロットにおいても流量堰と土砂トラップにより水・土砂流出量を観測した。さらに、試験流域において30cm深までの土壌コアサンプルを採取し、その中に含まれるCs-137量を分析することによって過去40年あまりの土壌侵食量を推定した。

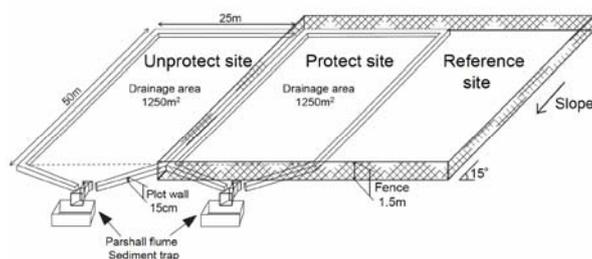


図3 水食試験プロットの概略図

4. 結果・考察

a. 重点調査区による基準の設定

2年間の回復試験の後、それぞれの柵内と柵外の植生を調査した。それぞれに柵の柵内、柵外について、ランダムに10点の1m x 1m のプロットを設置し、植物社会学的調査を行った。そして、各植物を嗜好性によって分類した後、それぞれの量について、被度 x 高さの植物体積を計算した(図4)。まず中央ゴビ県マンダルゴビの結果では、重放牧地点では、植生量が大きく回復しているものの、その量の殆どは嗜好性のない毒草の繁茂によるもので、牧草地としての価値は回復していないことが分かった。一方で軽放牧地では、高嗜好性のイネ科多年草が大きく回復しており、もともとの退行の状態の差異による回復速度の違いが明瞭に見られる結果となった。また南ゴビ県ブルガンについても類似した結果となった。もともとの放牧圧が高かった地点では、高嗜好性の草本は2年の禁牧の後も殆どみられず、ずっと嗜好性のない毒草が繁茂していた。軽放牧地点では高嗜好性草本が柵外も柵内も高いが、これはもともと退行の程度が低かったので、金僕の効果が見えにくくなっていると考えられる。実際、中程度放牧の地点では、高嗜好性の草本の回復が顕著にみられる。このように、放牧圧の増減と共に植生機能タイプが変化すること、その変化する放牧圧と、高嗜好性草本の回復速度が異なる放牧圧に関連が見られることが分かった。そこで、植生機能タイプの変化する放牧圧を砂漠化の基準とすることが妥当であると考えられた。

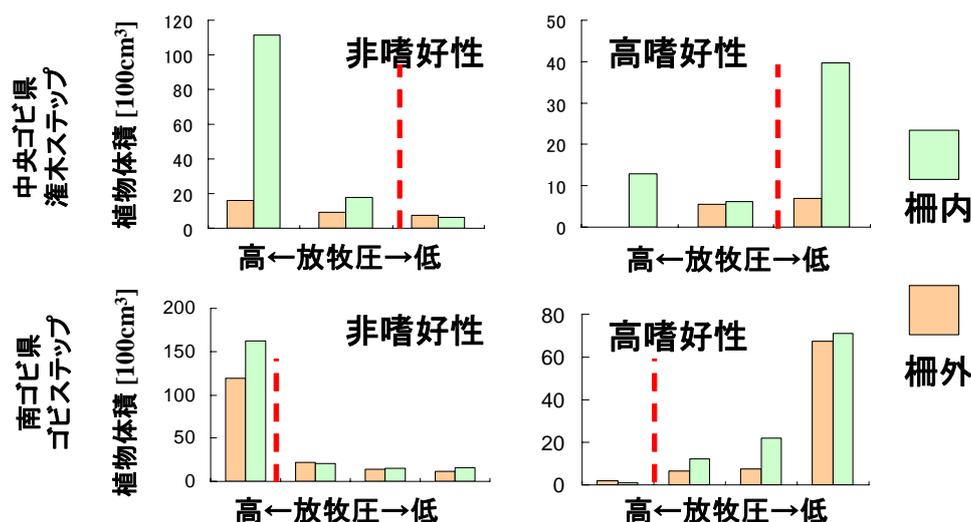


図4 重点調査地における2年間の回復試験による、嗜好性ごとの植物体積

表1 地盤高の変化

試験地	侵食(-)、堆積(+)、深度(cm)		
灌木ステップ (マンダルゴビ)	柵内	灌木マウンド上 (N=5)	+1.6
		マウンド間 (N=5)	+0.3
	柵外	灌木マウンド上 (N=8)	+0.4
		マウンド間 (N=8)	+0.1
ゴビステップ (ブルガン)	柵内 (N=5)	+0.1	
	柵外 (N=8)	-0.1	

* 観測期間: 2004年10月~2005年4月
方法: エロージョンピン

またエロージョンピンにより、両サイトは風食の活発さが明瞭に異なることがわかった。マンダゴビのサイトは灌木が優占する場所で、これは風食に耐性があるためと考えられる。一方ブルガンは草本が優占する草原である。この植生機能タイプと風食、砂漠化プロセスの関連については、次の広域調査によりあきらかにする。

ブルガンのゴビステップにおける近接する5地点では、放牧圧が最も高いと推定される水源地近くの重放牧地点において土壤有機炭素含量が最も高く（図5）、家畜の排泄物による土壤への有機物供給量が大きな要因と考えられた。距離が離れるとともにSOCが低くなり、放牧圧が低く植生の状態が良好な軽放牧地点でSOCが最も低かった。また短期間重放牧の地点では軽放牧地点と大きな差がなかったが、最表層0-2.5cmではSOCが若干高く、短期間でも家畜排泄物の影響でSOCが増加する可能性があると考えられた。一方マンダゴビ北部の灌木ステップにおける近接する3地点では、最も放牧圧の低い地点で有機炭素が最も高かった(図6)。これは植生バイオマス量と一致する結果であった。同様に土壤のpHやECと放牧圧の関係も、マンダゴビの灌木ステップとブルガンのゴビステップでは異なり、土壤特性の変化パターンと放牧圧の関係は、景観タイプにより異なることが明らかになった。

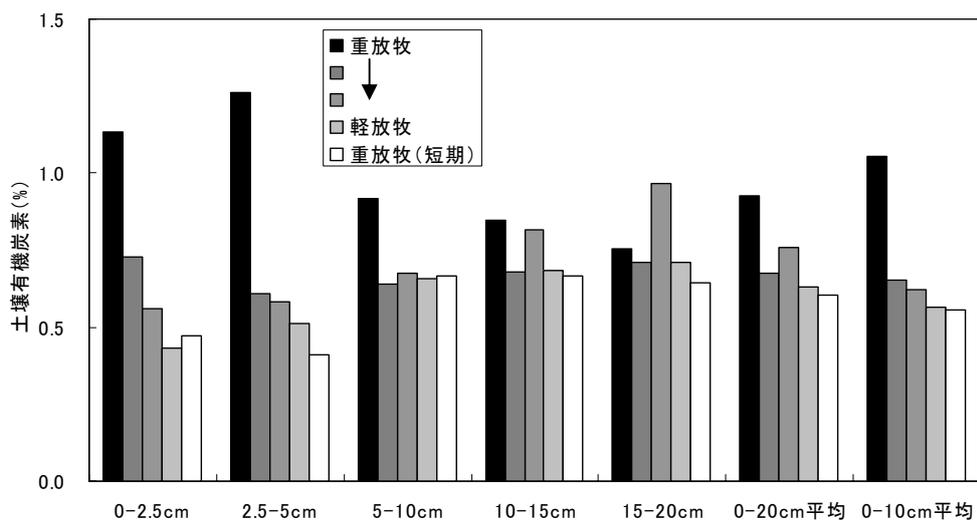


図5 ゴビステップにおける放牧圧傾度と土壤有機炭素含量の関係

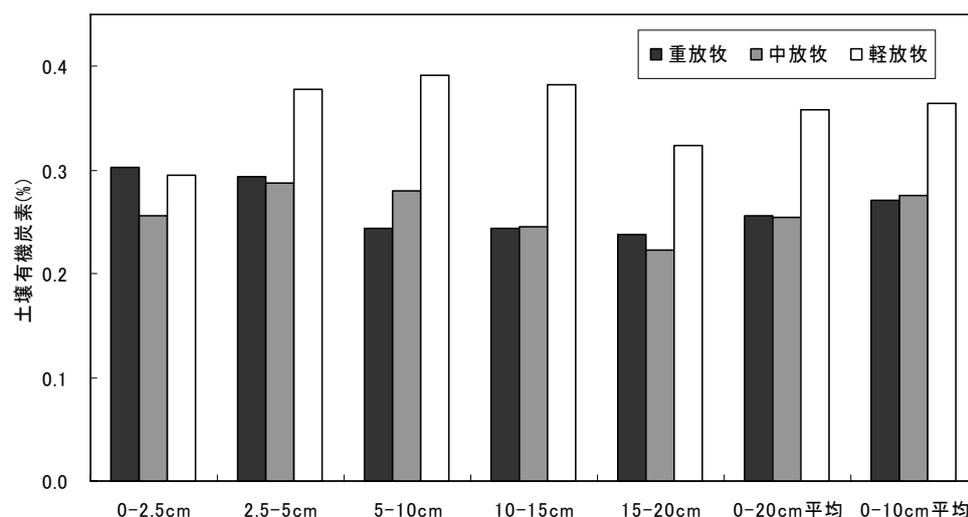


図6 灌木ステップにおける放牧圧傾度と土壤有機炭素含量の関係

以上のことから、家畜が局所的に集中する地点における荒廃の指標としてゴビステップ、灌木ステップともに土壤のECの上昇およびpHの低下が挙げられ、さらにゴビステップのように本来クラストが形成される土壤ではクラストの破壊も荒廃の指標になりうると考えられた。土壤有機炭素含量は植生が量的に減少するような荒廃パターンであればその減少を荒廃の指標とできるが、植生の質的な荒廃とは関連しないと考えられた。また局所的な家畜の集中が無い場合についてはpH、EC、SOCの低下が荒廃の指標になりうると考えられた。

b. 広域調査による異なる立地における砂漠化プロセスの把握

様々な立地において、放牧圧の違いによる植生の変動を調査した。その結果、砂漠化プロセスが3つに明瞭に別れることがわかった(図7)。まずステップ地域においては、どの地点でも軽放牧下で高嗜好性草本が優占し、放牧圧の上昇と共に植生量が減少し、植生機能タイプが変化した。そしてより乾燥した灌木ステップの地域では、軽放牧下で灌木が優占し、放牧圧の上昇とともに植生量が減少した。ゴビステップの地域では、軽放牧下で高嗜好性草本が優占し、放牧圧の上昇とともに植生機能タイプが変化するが、植生量は必ずしも減少しなかった。マンダゴビ、ブルガンの結果について、さらに重点調査地点による風食量、および土壤の理化学性の調査と関連して考察すると、退行プロセスを以下のように説明することが可能である。まず灌木ステップでは、高い受食性が認められ、おそらく風食に適応する形で灌木の優占する不均一な植生が成立している。放牧圧の増加と共に植生量の減少と土壤侵食の増加が相互に増幅し、有機物もそれに伴い減少する。一方ゴビステップは相対的に受食性が低く、多年生イネ科草本均一な植生が成立している。放牧圧の増加により嗜好性の低い植生が優占するが、量的な減少は見られない。家畜糞の集積もあり、有機物はむしろ増加傾向を示す。

このように明瞭に異なる砂漠化プロセスが見られたことで、立地条件を考慮した砂漠化評価の必要性が再確認された。

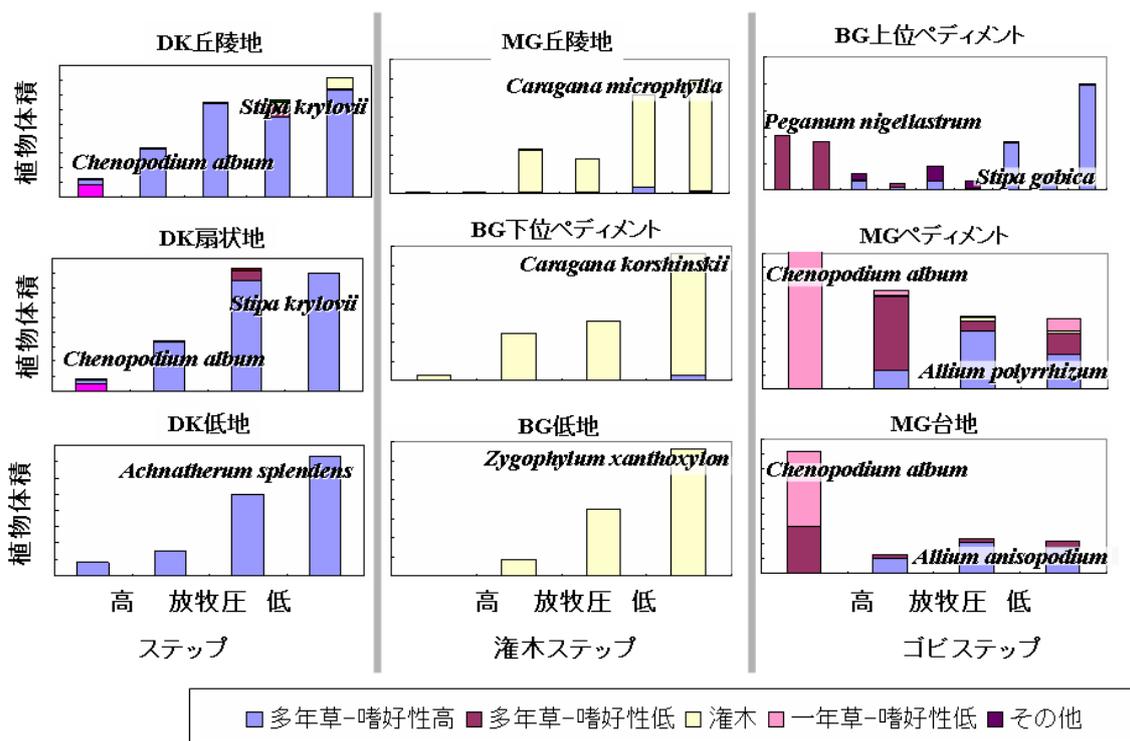


図7 放牧圧に対する植生の変化の立地による差異

基準となる放牧圧については、まず植生のスイッチングもしくは植物の急減が明瞭であること、統計データが入手可能であるという条件から、DK丘陵地、DK扇状地、MG丘陵地、MGペディメントについて推定した。それぞれの調査サイトの中でもっとも軽牧の地点が、その調査サイトを含む行政界内の統計データによる放牧圧と等しいと仮定し、植生のスイッチングもしくは植物の急減が見られる地点と軽牧の地点との比より計算を行った。その結果、現状の放牧圧に対して、それぞれ1.76、2.06、1.21、2.9という値を得た。

c. 地表面の状態と土壌浸食量の把握

i. 風食観測

風食現象を解明するためには、まず地表付近における風速分布を把握する必要がある。地上25cmから2mまでの風速鉛直分布の解析により、地表における乱流の強さを示す摩擦風速 (friction velocity) を求め、飛砂フラックスとの関係を明らかにした (図8)。その結果、きわめて大きな放牧圧を受けていると考えられる放牧地では摩擦風速が約0.3 (地上10m風速で約9m/sに相当)、長期禁牧地では約0.4 (地上10m風速で約11m/sに相当) を超えると飛砂が発生することが示された。摩擦風速がこれらの閾値 (限界摩擦風速) を超えて大きくなると、飛砂フラックスも指数関数的に増大した。また風速および飛砂フラックスの連続観測結果から、ステップにおける風食発生は低気圧通過の際の強風時以外にほとんど認められず、イベント的な現象であることが明らかになった (図9)。

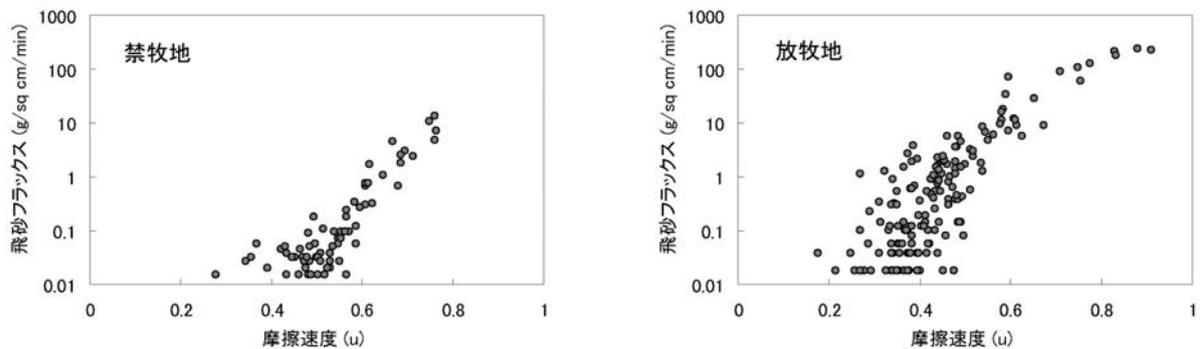


図8 長期禁牧地（左）および放牧地（右）における摩擦速度と飛砂フラックスの関係

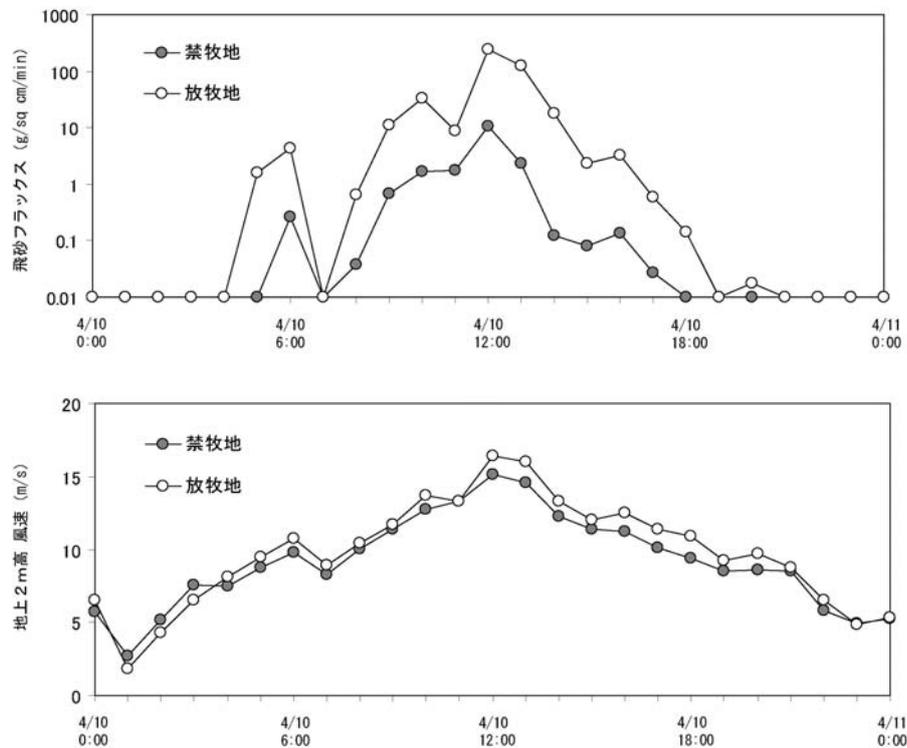


図9 2006年4月の砂嵐発生時における飛砂フラックス（上）および風速（下）の経時変化

ii. 水食観測

フィールドモニタリング結果

試験流域における水・土砂流出量の観測の結果、それぞれの流域について2回の流出が観測された（表2）。BGN流域では降雨強度の大きな降水に対して土砂流出が観測されたが（328.4 kg/ha、52.2 kg/ha）、KBU流域では、BGN流域で土砂流出が確認されたのと同規模の降雨に対して、水の流出は確認されたが土砂はほとんど流出しなかった（2.1 kg/ha、0 kg/ha）。図10、図11に保護・非保護プロットにおける総降水量、最大雨滴衝撃力と土砂流出量の関係を示した。総降水量の増加にたいして土砂流出量が増加する傾向はみられなかったが、最大雨滴衝撃力についてはその増加とともに土砂流出量が多くなる傾向が見られた。このことから、現在はデータ数が少ないため断定的な判断はできないが、雨滴衝撃の大きさが土砂流出量に影響を与えることが示唆された。KBUとBGN流域における水・土砂の流出特性と放牧圧の関係は、現段階ではデータ数が限られて

いるためその違いを明らかにすることは出来なかった。

表2 水・土砂流出観測結果のまとめ

Event	Total Rainfall (mm)	Peak Rainfall (mm/5min)	Peak KE (J/m ² /s)	Peak Flow (L/s/km ²)	Runoff Rate (%)	Sediment Yield (kg/ha)
B-I	13.0	6.8	0.84	743.0*	7.3	328.4*
B-II	15.0	10.2	0.80	723.9	3.7	52.2
K-I	7.4	3.8	1.82	891.1	7.7	2.1
K-II	16.0	10.8	1.37	251.2	1.0	0.0

*minimum value; discharged water overflowed because sediment checked the flow of water

流出土砂の供給源の推定

放射性同位体濃度特性を指標として、試験流域およびプロットから流出した土砂の供給源の深度を推定した。その結果、流出土砂は比較的高いCs-137およびPb-210ex濃度で指標づけられており、KBU、BGN流域ともに10cmよりも浅い層の土壌が流出していると推定された(図1-2～図1-3)。このことは、それぞれの試験流域においてガリーの発達が河道以外にほとんどみられないこととも調和的である。

放射性同位体を用いた土壌侵食履歴の推定

土壌中のCs-137の存在量を指標として土壌侵食量を推定した。図1-4にReference site(侵食も堆積も受けていない地点)におけるCs-137とPb-210exの深度分布とInventory(単位面積あたりの存在量)を示した。このReference siteのInventoryを基準として、土壌コアサンプルの採取地点における土壌侵食量をProfile distribution modelを用いて推定した。その空間分布を図1-5、図1-6に示した。BGN流域では、侵食域のすぐ下方に堆積域が分布していることから、斜面の侵食土砂はそれほど長い距離を移動せず、そのすぐ下方に堆積すると考えられる。一方、KBU流域では、集水域周辺部の土壌侵食が激しく、侵食域の下方に堆積域がほとんどない。このことから、KBU流域の斜面の土壌は、侵食されると一度に長い距離を移動すると考えられる。

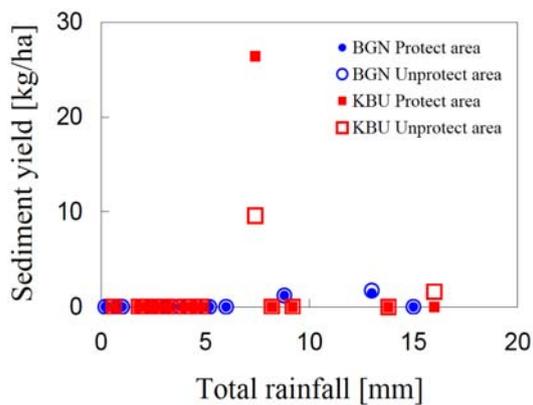


図 1 0 総降水量とプロットからの土砂流出の関係

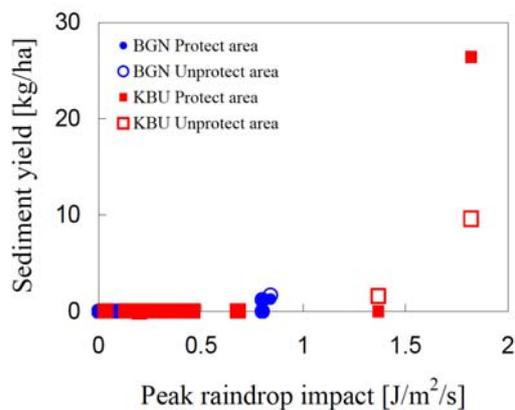


図 1 1 最大雨滴衝撃力とプロットからの土砂流出の関係

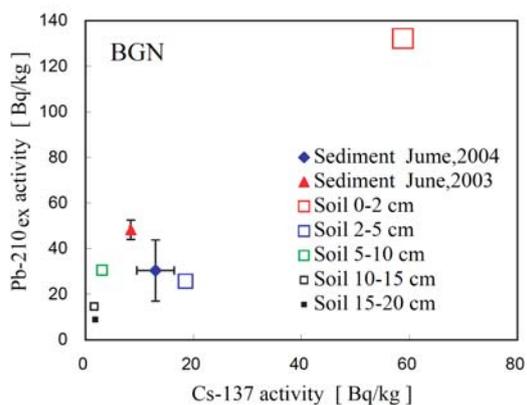


図 1 2 BGN流域から流出した土砂と斜面土壌の放射性同位体濃度特性

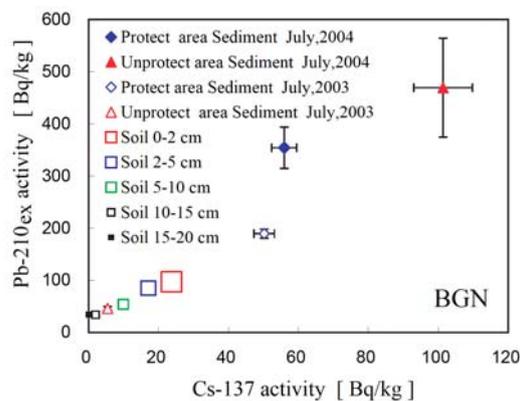


図 1 3 BGN流域のプロットから流出した土砂と斜面土壌の放射性同位体濃度特性

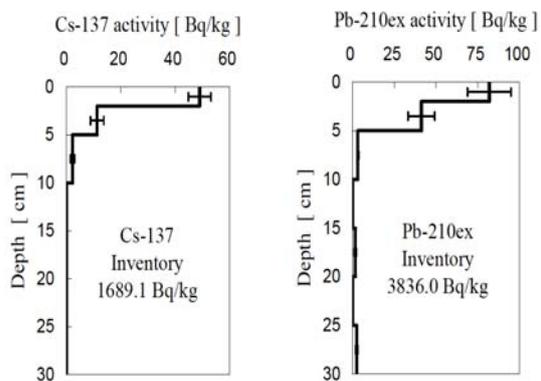


図 1 4 Reference siteにおけるCs-137とPb-210_{ex}の深度分布と存在量

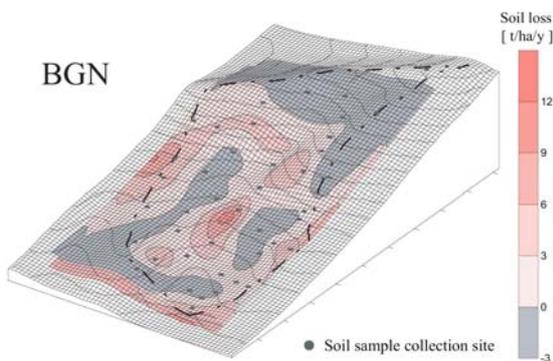


図 1 5 BGN流域における侵食堆積域の空間分布

図17に図15と図16を基に算出した各試験流域の土砂収支を示した。その結果、KBU流域の方がBGN流域よりも土壌侵食量が多いと評価された。この結果は、試験流域における土砂流出量の現地観測の結果と相反しており、これらの違いは、放射性同位体をもちいた土壌侵食量の推定手法が過去40年あまりの土壌侵食履歴の積分値を示すのに対し、土砂流出量の現地観測結果が現在の土壌侵食傾向を表すことに起因すると考えられる。しかしながら、KBU、BGN流域ともに、試験流域の尾根部分が堆積域と評価されており、さらに正確な土壌侵食量の推定のために、斜面土壌の粒度組成や有機物含有量を考慮したキャリブレーションが必要であることが示唆された。

これらの風食と水食の詳細な測定の結果は、それぞれサブテーマ1、2における土壌侵食モデルのパラメタライズに用いられた。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

これまでの砂漠化の調査は、ある特定の立地に偏り、その地域のプロセスは詳細に解明されるものの、乾燥地全域についての砂漠化プロセス、脆弱性について体系的に言及できるものは無かった。本研究はその体系化をはじめて試みたものであり、波及効果は高いと思われる。

(2) 地球環境政策への貢献

フィールドでの局地的な土地の脆弱性を評価する基準・指標の把握により、砂漠化地域における土地劣化程度を診断する手法の確立に貢献できる。現地の牧民は多様な立地を季節や気候変化に合わせて利用するため、こうした多様な立地を前提とした現地で使える基準・指標の開発は、世界的にも求められているものであり、その有用性と実用性は高いものと考えられる。本研究課題による重要な実証事例の一つとして、これまで2005年10月にナイロビで開催されたUNCCD COP7において、砂漠化EWSに対する日本国政府の公式提案として報告されたほか、2006年9月に開催されるCRIC5研究調査室においても、本研究課題の成果がCSTに関連する貢献も含めて報告された。さらに、専門家会合(GoE)を通してCOP8に報告されることが決定している。

6. 引用文献

該当なし

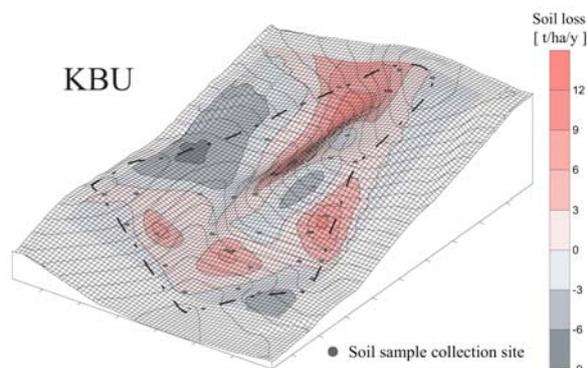


図16 KBU流域における侵食堆積域の空間分布

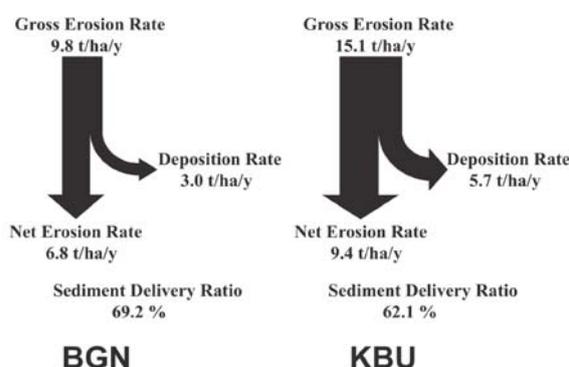


図17 試験流域における土砂収支

7. 国際共同研究等の状況

本サブテーマは、モンゴル国立農業大学およびモンゴル気象水文庁との連携なしでは成しえなかった。調査地の選定、調査機材の設置および管理、現地における継続調査などフィールド活動全般にわたり広い協力を得た。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表<論文(査読あり)>

- 1) Shirato, Y., I.Taniyama and T.Zhang: Soil Science and Plant Nutrition, 50, 537-543(2004)
“Changes in soil properties after afforestation in Horqin Sandy Land, North China”
- 2) Zhang, T. H., H. L. Zhao, S.G. Li, F.R. Li, Y. Shirato, T. Ohkuro and I. Taniyama: Journal of Arid Environments, 58, 202-213 (2004)
“A comparison of different measures for stabilizing moving sand dunes in the Horqin Sandy Land of Inner Mongolia, China”
- 3) Sasaki, T., T. Okayasu, K. Takeuchi, Undarmaa J. and Jadambaa, S.: Grassland Science, 51, 235-242 (2005)
“Pattern of floristic composition under grazing intensity in Bulgan, South-Gobi, Mongolia.”
- 4) Shirato, Y., T. Zhang, T. Ohkuro, H. Fujiwara and I. Taniyama: Soil Science and Plant Nutrition, 51, 61-68(2005)
“Changes in topographical features and soil properties after enclosure combined with sand-fixing measures in Horqin Sandy Land, Northern China”
- 5) 西川知行・恩田裕一・田中幸哉・加藤弘亮・辻村真貴・関李紀・浅野眞希・Gombo DAVAA・Dambaravjaa OYUNBAATAR: 砂防学会誌、58, 4-14 (2005)
“Cs137を用いたモンゴル国における土壌侵食量の推定”
- 6) Li, S., J. Asanuma, A. Kotani, G. Davaa and D. Oyunbaatar: Journal of Hydrology, 333, 133-143, doi:10.1016/j.jhydrol.2006.07.021 (2006)
“Evapotranspiration from a Mongolian steppe under grazing and its environmental constraints.”
- 7) Li, S., M. Tsujimura, A. Sugimoto, G. Davaa, D. Oyunbaatar and M. Sugita: Journal of Biosciences, 31, 85-93 (2006)
“Natural recovery of steppe vegetation on vehicle tracks in central Mongolia.”
- 8) Onda, Y., H. Kato, Y. Tanaka, M. Tsujimura, G. Davaa and D. Oyunbaatar: Journal of Hydrology, Vol. 333, 124-132. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2006.07.030 (2006)
“Analysis of runoff generation and soil erosion processes by using environmental radionuclides in semiarid areas of Mongolia.”
- 9) Sugita, M., J. Asanuma, M. Tsujimura, S. Mariko, M. Lu, F. Kimura1, D. Azzaya, and Ts. Adyasuren: J. Hydrol., doi:10.1016/j.jhydrol.2006.07.032. (2006)
“An Overview of the Rangelands Atmosphere Hydrosphere Biosphere Interaction Study Experiment in Northeastern Asia (RAISE).”
- 10) Kotani, A. and M. Sugita: Journal of Hydrology, doi:10.1016/j.jhydrol.2006.07.029. (2007)

- ”Variance methods to estimate regional heat fluxes with aircraft measurements in the convective boundary layer.”
- 11) Li, S., Romero-Saltos, H. Tsujimura, M. Sugimoto, Sasaki, L., A., Davaa, G., and D. Oyunbaatar: Journal of Hydrology, 333, 109-117, doi:10.1016/j.jhydrol.2006.07.020. (2007)
“Plant water sources in the cold semiarid ecosystem of the upper Kherlen River catchment in Mongolia: A stable isotope approach.”
 - 12) Asano M., K. Tamura, K. Kawada, T. Higashi: Journal of Hydrology, 333, 100–108(2007)
“Morphological and physico-chemical characteristics of soils at the steppe of the Kherlen River basin, Mongolia”
 - 13) Sasaki, T., T. Okayasu, Y. Shirato, U. Jamsran and K. Takeuchi: Grassland Science. (in press)
“Quantifying the resilience of plant communities under different grazing intensities in a degraded shrubland: A case study in Mandalgobi, Mongolia.”
 - 14) Sasaki T, T. Okayasu, Y. Shirato, Undarmaa J, S. Okubo, K. Takeuchi: Plant Ecology. (in press)
“Can edaphic factors demonstrate landscape-scale differences in vegetation responses to grazing?”
 - 15) Asano M, K. Tamura, Y. Maejima, H. Matsuzaki, T. Higashi: Nuclear Instruments & Method in Physics Research, Section B (in press)
“The Δ ^{14}C variations of pedogenic carbonate in steppe soils under vegetation sequence in Mongolia”

<その他誌上発表>

- 1) Asano, M., K. Tamura, Y. Maejima, H. Matsuzaki, T. Higashi: Proceedings of the 3rd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia -Joint Workshop of AMPEX, IORGC and RAISE Projects-, Bull. Terrestrial Environ. Res. Ctr., Univ. Tsukuba, No.5, Suppl., 72-74 (2005)
“The characteristics of soils at the steppe of Kherlen River Basin, Mongolia”
- 2) Hoshino, A., K. Tamura, M. Asano, T. Higashi: Proceedings of the 3rd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia -Joint Workshop of AMPEX, IORGC and RAISE Projects-, Bull. Terrestrial Environ. Res. Ctr., Univ. Tsukuba, No.5, Suppl., 44-45 (2005)
“Comparison of several properties between the soils under the natural grassland and the abandoned field in the Kherlen River basin, Mongolia”
- 3) 浅野眞希・田村憲司・前島勇治・松崎浩之・東 照雄: 第7回AMSシンポジウム, AMS研究会, 47-50 (2005)
“半乾燥地域に分布する土壌の炭酸塩集積速度の推定”
- 4) Davaa, G., D. Oyunbaatar and M. Sugita: in Konagaya Y. ed. “Handbook of Mongolian Environments” 55-68 (2006)
“Surface Water of Mongolia”
- 5) 浅野眞希: ユーラシア研究 35, 58-62 (2006)
“モンゴル国北東部における草原土壌の特性および環境因子との相互作用について”
- 6) ゴンボ=ダバ・ダムバラヤ=オユンバーター・杉田倫明: 小長谷有紀編: 「モンゴル環境ハンドブック」, 42-54 (2006):

“モンゴルの地表水”

- 7) Asano M.: 筑波大学生命環境科学研究科博士論文, 101pp. (2007)
“Dynamics of Pedogenic Carbonate Carbon under Vegetation Sequence in Mongolia”
- 8) 杉田倫明: 地理情報科学の教授法の確立 - 平成17-20年度科学研究費補助金研究成果中間報告書7-20 (2007)
“水文学におけるGIS の利用のための学部レベルでの教授法について”

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) Adyasuren T., I. Byambakhuu, D. Matsushima, T. Ganbaatar, T. Munbat, M. Sugita: , International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2004)
“Some result for spectral reflectance of vegetation-soil associations in Kherlen river basin for under RAISE project”
- 2) Kato H., S. Mariko, T. Urano, M. Sugita: International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2004)
“Influence of grazing on surface fluxes and Net Ecosystem Production over the Mongolian Grassland.”
- 3) Kato, H., M. Sugita and M. Toda: 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME, (2004)
“A Bulk similarity approach in the atmospheric boundary layer to determine regional sensible heat fluxes.”
- 4) Kotani A. and M. Sugita: International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2004)
“Aircraft turbulence measurements to estimate surface heat fluxes from the mixed layer variance methods over semi-arid grassland in Mongolia”
- 5) Kotani, A. and M. Sugita: Proceedings CD-ROM of the 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME (2004)
“Aircraft turbulence measurements to estimate surface heat fluxes from the mixed layer variance methods over semi-arid grassland.”
- 6) Saandar M. and M. Sugita: International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2004)
“Digital Atlas of Mongolian Natural Environments. (1) Vegetation, Soil, Ecosystems and Water.”
- 7) Sato T., G. Lee, M. Lu, P. Lee, Y. Chen, H. Kamimera, F. Kimura, T. Oikawa, M. Sugita: International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2004)
“Modeling approach to the atmosphere-hydrosphere-biosphere interactions in Mongolia”
- 8) Sugita, M.: The 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2004)
“Outline of the RAISE 2003 field campaigns and some initial findings.”
- 9) Sugita, M., J. Asanuma, S. Mariko, M. Tsujimura, F. Kimura, M. Lu, D. Azzaya, T. Adyasuren: International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2004)
“RAISE project: summary for the first three years' activities.”
- 10) 藤原英司・白戸康人・大黒俊哉・木方展治: 第41回理工学における同位元素・放射線研究発表会(2004)

- “中国北部における ^{137}Cs の分布”
- 11) 小島透・杉田倫明・小谷亜由美: 2004年地球惑星科学合同大会 (2004)
“モンゴル・ヘルレン川流域における蒸発散過程を支配する要因の解明”
 - 12) 小谷亜由美・杉田倫明: , 2004年地球惑星科学合同大会 (2004)
“航空機データを用いた広域地表面フラックスの推定”
 - 13) Adyasuren Ts., M. Sugita and M. Erdenetuya: First International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia (2005)
“Assessment of pastureland change using remote sensing data in eastern steppe zone of Mongolia.”
 - 14) Kato, H., S. Mariko, T. Urano and Sugita, M. First International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia (2005)
“Influence of grazing on surface heat balance, vegetation and carbon dioxide flux over the Mongolian grassland.”
 - 15) Kotani, A. and M. Sugita: First International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia, (2005)
“Estimation of surface heat fluxes around Kherlen river basin by aircraft turbulence data.”
 - 16) Sasaki, T., T. Okayasu, U. Jamsran, K. Takeuchi: Proceedings of the First International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia, Held on July 26-28, Ulaanbaatar, Mongolia, 87-90 (2005)
“Relationships between abundance, composition of plant community and grazing intensities in Bulgan, in the South Gobi of Mongolia”
 - 17) Sugita, M., J. Asanuma, S. Mariko, M. Tsujimura, F. Kimura, M. Lu, D. Azzaya and Ts. Adyasuren: First International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia (2005)
“Recent Findings From RAISE Project”
 - 18) 浅野眞希・田村憲司・前島勇治・白戸康人・松崎浩之・木方展治・東 照雄: 日本土壌肥料学会 (2005)
“モンゴル国草原土壌における無機炭素の同位体分布特性”
 - 19) 藤原英司・白戸康人・大黒俊哉・木方展治・城戸寛子: Proceedings of the Sixth Workshop on Environmental Radioactivity (2005)
“大陸草原土壌中 ^{137}Cs の調査”
 - 20) 藤原英司・城戸寛子・波戸真治・田村淳二: 日本保健物理学会第39回研究発表会(2005)
“大陸から飛来する Cs-137 の日本海沿岸における降下量シミュレーション”
 - 21) 佐々木雄大・岡安智生・白戸康人・U. Jamsran・武内和彦: 2005年度日本草地学会大会, 東京大学(2005)
“モンゴルにおける放牧が植生に与える影響および回復実験の概要”
 - 22) 佐々木雄大・岡安智生・Jamsran Undarmaa・武内和彦: 第54回日本生態学会大会 (2007)
“モンゴルの放牧地生態系における放牧傾度に沿った植物群落の閾值的な変化”
 - 23) 白戸康人・藤原英司・岡安智生・佐々木雄大・浅野眞希・Undarmaa Jamsran: 日本土壌肥料学会 (2005)
“モンゴルの放牧草地における放牧強度と土壌特性の関係”

- 24) 佐々木雄大・岡安智生・白戸康人・ジャムスランウンダルマ・武内和彦: 第61回日本草地学会大会 (2006)
“放牧傾度に沿った植物群落の回復力 (resilience) の違い”
- 25) 杉田倫明: 日本気象学会2005年度春季大会 (2005)
“地表面フラックス: 点での観測, 線・面の推定値”
- 26) 杉田倫明・浅沼順: 第2回北ユーラシア水循環シンポジウム (2005)
“Recent findings from RAISE project and future plan.”
- 27) Asano M., K. Tamura, Y. Maejima, Y. Shirato, H. Matsuzaki, J. Undarmaa, T. Higashi: 19th International radiocarbon conference(2006)
“The Carbon Isotopic Composition of Pedogenic CaCO₃ in the Steppe Soils, Mongolia”
- 28) Asano M., K. Tamura, Y. Maejima, H. Matsuzaki, H. Fujiwara, T. Higashi: International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia- Joint Workshop of IORGC, MAVEX, RAISE and Other Projects - (2006)
“Difference of carbon dynamics of soil carbonate under vegetation sequence, Mongolia”
- 29) Byambakhuu, I., M. Sugita, D. Natsushima and Ts. Adyasuren: 2006 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2006)
“Assessment of regional land cover fractions of Mongolian semiarid and arid area based on multi channel radiance data.”
- 30) Kato, H., S. Mariko, T. Urano, M. and Sugita: 2006 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2006)
“Influence of grazing on vegetation, surface energy balance and water balance over the Mongolian steppe.”
- 31) Kato, H., Y. Onda, Y. Tanaka, M. Tsujimura, G. Davaa and D. Oyunbaatar: Mongolia Japanese Geomorphological Union, International Joint Symposium - Environmental Changes and Earth Surface Processes in Semi-arid and Temperate Areas (2006)
“Determining Soil Erosion History and Processes Using Fallout Radionuclides in Semi-arid Grassland.”
- 32) Kotani, A. and M. Sugita: 2006 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2006)
“Parameterization of heat transfer between the land surface and the atmosphere in Mongolian steppe.”
- 33) Li, S., J. Asanuma, A. Kotani, G. Davaa, D. Oyunbaatar and M. Sugita: 2006 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia, Tokyo (2006)
“Soil moisture pulses drive the seasonal variability of steppe productivity in Mongolia.”
- 34) Sasaki, T., T. Okayasu, Y. Shirato, U. Jamsran and K. Takeuchi, K. 2nd EAFES International Congress. Niigata, Japan (2006)
“Patterns and consequences of vegetation responses to grazing among different landscapes in Mongolian rangelands”
- 35) Sasaki, T., T. Okayasu, Y. Shirato, U. Jamsran, K. Takeuchi: 2nd EAFES International Congress, held on March 25-28, Niigata, Japan. (2006)

- “Patterns and consequences of vegetation responses to grazing among different landscapes in Mongolian rangelands”
- 36) Sato, T., M. Tsujimura, T. Yamanaka, F. Kimura, H. Iwasaki and M. Sugita: 2006 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2006)
“Origin of water vapor in arid Asia simulated by regional climate model with simplified isotope process.”
- 37) Sugita, M., J. Asanuma, S. Mariko, M. Tsujimura, F. Kimura, M. Lu, D. Azzaya and Ts. Adyasuren: 2006 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia (2006)
“An Overview of the Rangelands Atmosphere-Hydrosphere-Biosphere Interaction Study Experiment in Northeastern Asia (RAISE).”
- 38) Tamura, K., A. Hoshino, M. Asano, Wuyunna, H. Fujimaki, T. Higashi: International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia- Joint Workshop of IORG, MAVEX, RAISE and Other Projects - (2006)
“Physico-chemical characteristics of soils and their secular changes under different land use in Kherlenbayan-Ulaan”
- 39) 浅野眞希・田村憲司・前島勇治・松崎浩之・木方展治・藤原英司・東 照雄: 日本土壌肥料学会(2006)
“モンゴル国ステップにおける土壌の炭酸塩集積過程の解明ー加速器質量分析計を用いた時間要因解析法の検討ー”
- 40) 加藤弘亮、恩田裕一、田中幸哉: 日本地理学会2007年春季学術大会 (2007)
“モンゴル半乾燥草原におけるセシウム-137と鉛-210を用いた土壌侵食量の推定”

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

- 1) Second International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia, 2004/11/9-10, Tsukuba, Japan.
- 2) First International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia, 2005/7/26-28, Ulaanbaatar, Mongolia.
- 3) 2006 International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia, Tokyo, 2006/11/28-29.

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

最優秀ポスター賞受賞:

- 佐々木雄大・岡安智生・Jamsran Undarmaa・武内和彦: 第54回日本生態学会大会 (2007)
“モンゴルの放牧地生態系における放牧傾度に沿った植物群落の閾值的な変化”