

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

(1) 統合モデルを用いた砂漠化EWSの構築

国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科	武内和彦
国立大学法人岡山大学大学院環境学研究科	吉川賢
国立大学法人広島大学大学院国際協力研究科	松岡俊二

<研究協力者>

岡山大学大学院環境学研究科	石井義朗
広島大学大学院国際協力研究科	小松 悟

平成16～18年度合計予算額	98,246千円
(うち、平成18年度予算額	34,474千円)
「※上記の予算額には、間接経費22,673千円を含む」	

〔要旨〕本サブテーマは各サブテーマの結果を統合し、長期トレンドアセスメント、シナリオアセスメントを行った。長期トレンドアセスメントでは、サブテーマ2で得られる指標群とサブテーマ3で得られる砂漠化プロセスと基準、さらに立地条件を加味し、砂漠化評価モデルを構築し、広域スケールの砂漠化段階の評価を行った。広域スケールの砂漠化範囲の推定においては、局所的に砂漠化の可能性が高いところがあるものの、北東アジア乾燥地域全体でみると広域の砂漠化の危険性は比較的低いと判断できた。シナリオアセスメントでは、ステップ、ゴビステップ、砂質土壌それぞれからモデル地域を抽出した。そして、人為圧力が生態系に及ぼす影響を評価する生態系プロセスモデルの構築し、次に各砂漠化対処技術の費用と生態系に与える影響を定量化し、最終的に、数理計画モデルを用いて、各砂漠化対処技術を組み合わせ最適な砂漠化対処を費用対効果を含め提案した。その結果、ステップおよびゴビステップ域では、土地の脆弱性に従い放牧圧を増減させることで、むしろ放牧圧を上昇させ牧民の収入を増加させても持続的な牧草の生産が可能であることが示された。砂質土壌の地域においても、放牧圧を増加させることが可能な脆弱性が低い立地において牧業生産を増やしつつ、荒廃した場所に緑化工を施工し植生の回復を促すことで、安定した牧草生産と増収が両立できることが示された。

〔キーワード〕砂漠化対処、基準と指標、モニタリング、トレンドアセスメント、シナリオアセスメント

1. はじめに

既存の砂漠化研究においては、影響に対する事後対処に重点が置かれてきた。一方で砂漠化の原因を追究し、長期的なリスク管理という視点から砂漠化を未然に防ぐ研究は少ない。長期的砂漠化早期警戒体制は、砂漠化の原因となる駆動力を適切にコントロールすることで、持続的な草地生産を維持するといったコンセプトに基づいている。

同一の土地利用負荷であっても、その負荷に対するインパクトは立地ごとに大きく異なる。よって適切な土地利用計画を立案するためには、その土地の脆弱性を適切に評価する必要がある。そのためには、気候、地形、地質、土壌、植生など様々な要素がからみあった生態系の動態の評価をしなければならないが、一方で砂漠化は広域に顕在化する現象であり、政策決定には広域評価が欠かせない。複雑性と広域性を同時に追究することは困難で、既存の砂漠化研究は取り扱う空間スケールの違いによって分断されてきた。

また、砂漠化を防止するための土地利用計画の決定のためには、ある一つの要素の最大効率化を行うことでは解決できず、地域に賦存する有限な自然資源を有効に活かすため、生活を支える土地利用、土地劣化を起こさない植被の維持、長期的な生態系の保全、など様々な要素のバランスを取り、全体のシステムが破綻しないように最適な妥協的選択肢（すなわち自然資源の持続的利用方法）を追究する必要がある。

2. 研究目的

本サブテーマの目的は各サブテーマの結果を統合し、長期トレンドアセスメント、シナリオアセスメントを行うことである。長期トレンドアセスメントでは、サブテーマ2で得られる指標群とサブテーマ3で得られる砂漠化プロセスと基準、さらに立地条件を加味し、砂漠化評価モデルを構築し、広域スケールの砂漠化段階の評価を行う。シナリオアセスメントについては、(a) 人為圧力が生態系に及ぼす影響を評価する生態系プロセスモデルの構築し、(b) 各砂漠化対処技術の費用と生態系に与える影響を定量化し、(c) 数理計画モデルを用いて、各砂漠化対処技術を組み合わせ最適な砂漠化対処を費用対効果を含め提案する。サブテーマ3の結果により、砂漠化プロセスが立地特性により異なり、単一の基準では評価できないことが明らかになった。そこで、立地により異なる砂漠化評価として、ステップ、ゴビステップ、砂質土壌それぞれからモデル地域を抽出し（それぞれモンゴル国デルゲルハーン（以下DK）、モンゴル国マンダルゴビ（以下MG）、中国内蒙古自治区奈曼（以下NM））を例に取り、それぞれの地域でさらに詳細な立地条件を考慮し面的なシナリオアセスメントを行う。

3. 研究方法

（1）長期トレンドアセスメント

この部分はサブテーマ2と協力し、砂漠化の指標である土壌浸食量を広域・長期スケールで把握する。ここで土壌浸食量は、風によるもの（風食）と降雨によるもの（水食）の両方を取り扱う。土壌浸食量の推定手法についての詳細はサブテーマ2の報告書に記す。

まずその土壌浸食量について、各ピクセルのトレンドを線形回帰により求め、その回帰係数を図化した。次にそのような土壌浸食量がどの程度砂漠化につながりうるかを調べるために、サブテーマ3で得られた砂漠化基準を用いて、基準を超える土壌浸食量が発生した地域を抽出した。後述の生態系モデルにより、それらの放牧圧に対応する土壌浸食量を推定した。その基準値は地域ごとに異なったため、ステップおよびゴビステップ域と、砂質土壌の広がる地域とでそれぞれ比較した。また、土壌浸食量は気象条件により年々変化するため、各年について土壌浸食量と基準値を比較し、ある年に基準値を超えた場所にカウントを1つ加える形で、観測された全期間についてカウントし、そのカウント数を図化した。これにより、値が小さい場所は、乾燥した年のみ

に基準値を超えた地域であり、一方で値が大きいものは、湿潤年でも基準値を超えている地域で、後者の場所では砂漠化の可能性が高い場所といえる。

(2) シナリオアセスメント

先述の通り、以下の3つのステップによりシナリオアセスメントを行う。まず 1) 人為圧力が生態系に及ぼす影響を評価する生態系プロセスモデルの構築し、次に 2) 各砂漠化対処技術の費用と生態系に与える影響を定量化し、最後に 3) 数理計画モデルを用いて、各砂漠化対処技術を組み合わせ最適な砂漠化対処を費用対効果を含め提案する。

1) 生態系モデルの構築

既往の生態系モデルでは植生機能タイプの変化は、主に土壌水分の垂直分布が要因だと説明されている。そこで、そうしたプロセスを再現できる生態系モデルを用いるとともに、サブテーマ3によるフィールド調査により、灌木周辺の風積砂の例から土壌浸食も重要な役割を持つと考えられるので、生態系モデルと土壌浸食モデルをカップリングすることとした。

既往の生態系モデルで、複数の植生機能タイプを扱うものから、適切なものを選定した。風食モデルとカップリングすることから、発展方程式の形 ($dx/dt=f(x)$) で書かれていて、現象の再現に不可欠な要因を特定するために、明示的な要因のみで構成されていることを条件とした。仕様が公開されているものを精査した結果、Mosaic Arid Land Simulator (MALS; Gao and Reynolds, 2003) のみが条件を満たすことがわかったため、本研究ではMALSを用いた。MALSは、様々な環境条件における、植物の各器官のバイオマス変動や異なる種類の繁殖等を明示的に扱う詳細なモデルである。放牧地への応用のために、多種類の植生機能タイプの動態や競争を考慮していることに特徴がある。MALSは非常に詳細なモデルであるため、以下の通り簡略化を行った。まず葉、茎、根、種子ごとのバイオマス配分等のパラメータ設定の困難さから、部位ごとのダイナミクスは排除した。さらに空間変数を除去した。すなわち

$$\frac{\partial W_i}{\partial t} = A_i + d_i W_i - p_i g G - q Q$$

と単純化される。ただし放牧および風食の影響を表す項を追加した。ここで W : 現存量, A : 同化率, d_i : 減少率, i : 植生機能タイプ (1: 高嗜好性草本, 2: 低嗜好性草本, 3: 灌木), p : 嗜好性係数, g : 放牧影響係数, G : 放牧量, q : 風食影響係数, Q : 風食量である。土壌水分については、MALSは簡便な多層バケツモデルを含んでおり、本研究では Gao and Reynolds (2003) および Kemp *et al.* (1997) の枠組みをそのまま用いた。放牧圧の影響は Sparrow *et al.* (1997) に従った。

風食については、Wind Erosion Assessment Model (WEAM; Shao, 2000) を用いた。WEAMについてはサブテーマ2で詳細に説明してい

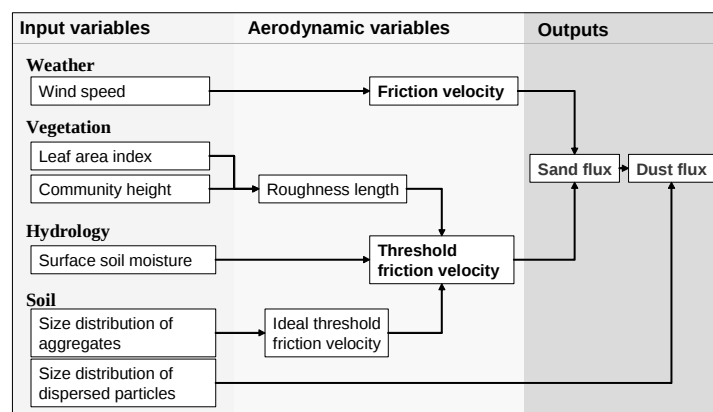


図1 WEAMの構造

るため、ここでは概要のみを示す。図1におおまかなWEAMの構造を示す。WEAMの特徴は（１）物理プロセスモデルであること、（２）サルテーション、サスペンション及び団粒破壊の過程を明示的に扱うことで、比較的正確なダスト放出量を算出できること、（３）様々な土壤浸食に影響を与えるパラメータを包括的に扱うこと、などが挙げられる。WEAMが求める主な入力パラメータは（１）風速、（２）団粒及び完全分散状態の粒径分布、（３）表面粗度長、（４）土壤水分量である。

水食についてはRevised Universal Soil Loss Equationを用いた。これについても、詳細はサブテーマ（２）に記してあるため、概要のみを示す。USLEは、土壤侵食に関する一般的な推定式を開発するために、アメリカの49の地域での20年以上に及ぶ計測から得られた1万以上の土壤侵食量および東部ロッキー山脈における人工降雨実験データを米国農務省とPurdue 大学が共同で整理・解析し、その結果に基づき、開発された土壤侵食量の推定式である。図2に示すように、RUSLEでは、1) 降雨要素（強度、量、エネルギーなど）、2)傾斜度、3)斜面長、4)土壤の性質、5)作物と栽培管理、といったパラメータから、任意の圃場の土壤侵食量を推定することができる。

以上のモデル群に対して、以下のようにパラメータを入力した。気象データはモンゴル気象水文庁およびGlobal Surface Summary of Day データセットから入力した。

植物生理のデータは、サブテーマ（３）サブサブテーマ２）より、葉面積に関連したパラメータと、MALSの同化率モデルのパラメータを回帰より得た。高嗜好性草本は*Agropyron cristatum*、灌木は*Caragana microphylla* で代表した。同じ植物種について一通り揃うデータは存在しなかったため、同じ属で同様の生理生態特性を持つ種のデータで代用した。当該地域の非嗜好性の代表種である*Peganum niggellastrum*には、調査データは類似するものも無かったため、同じように放牧で高嗜好性草本が低嗜好性草本に置き換わる現象からそれぞれの種の成長量を測定したMoretto and Distel (1997) より類推し、生長量が高嗜好性草本の2/3になるよう調整した。

現地の土壤調査で根の鉛直分布を調べた結果、草本の根は地表からほぼ20 cm以内、灌木についてはおよそ10～60cmの範囲で分布していた。そこで、それぞれの範囲に均等に分布すると仮定し、これを再現できる最少の土壤層の構成0-10cm, 10-20cm, 20-60cmを設定した。

受食性は、現地共同研究期間との協力で土性分布および礫の被覆分布図を作成した。風食の植物への影響を定量的に示した文献は見られなかったため、Li *et al.* (2005)の、植被率が2%前後の流動砂丘上では風食量が約36 [mg/m²/s] という結果から、その風食量で植生量が0になるよう試行を繰り返しパラメータを決定した。嗜好性は、高嗜好性草本を1、低嗜好性草本を0とした。放牧影響係数*g*は、放牧圧を上げて（または下げて）変化しなくなるまでの全範囲をカバーするようシミュレーションを試行しながら設定した。

以上のパラメータを設定した後、まずサブテーマ（３）による調査データがある地点をシミュレーションでも再現し、放牧圧の変化に伴う植生の応答と、現存量の整合性を確認した。

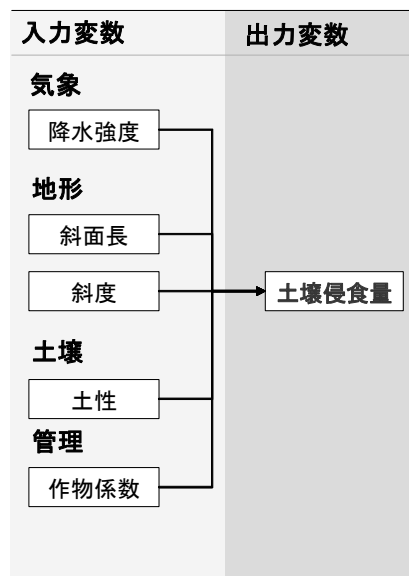


図2 RUSLEの構造

2) 砂漠化対処技術の費用と効果の定量化

放牧地の砂漠化対処技術の基本的な考え方として、その管理にはまず放牧頭数のコントロールが基本となり、より重度の劣化が起きている場合に緑化工を行う必要がある。砂漠化対処の手法を体系的に把握するために、まず包括的なレビューを行った。その結果から、実行可能性と、計算機資源とのバランスを考慮し、オプションを設定することとした。

また、以上のレビューから、土壌浸食を抑えるために灌木をどの程度植栽すべきかについての知見が得られなかったために、中国内蒙古自治区のムウス砂地において、エロージョンピンを用いた地盤高変化の調査を行った。灌木の植被率の異なる複数のトランセクトを設定し、それぞれにエロージョンピンの設置と植生調査を行った。そして、被覆率と地盤高の変化の度合いを比較し、あるべき灌木密度を決定した。

3) 数理計画モデルを用いたシナリオアセスメント

a, bで作成した生態系モデルと、砂漠化対処技術を組み合わせ、さらに現地の共同研究者の協力を得て作成された、受食性の分布図を用いて、シナリオアセスメントを行った。ここでは以下の3ケースを想定した。A: 放牧コントロールのみ、B: 放牧コントロールに加え、干ばつ時に放牧圧を減少させること、灌木が減少した時に灌木を植栽する、C: Bと同じだが、灌木ではなく草方格を設置する。ただしCはNMのみ用いられることとした。仮の初期値依存性を消すために、生態系モデルを全データが揃う期間（DKでは1997～2004年、MGでは1994～2004年、NMは1990～2000年）について4回、現状の同じデータを繰り返し入力した後、次の1回の高嗜好性植物の生産量と費用（もしくは利益）の平均値を算出した。これを全オプションの組み合わせについて網羅的にシミュレーションした。

4. 結果・考察

(1) 長期トレンドアセスメント

風食量はモンゴル高原のゴビステップ分布域で増加しており（図3）、一方水食量はモンゴルハンガイ山脈山麓一帯およびモンゴル高原のステップ地域で帯状に増加していることがわかった（図4）。さらに、サブテーマ（3）によって得られた、様々な立地における砂漠化基準となる放牧圧から、後述の生態系モデルにより、それらの放牧圧に対応する土壌浸食量を推定した。土壌浸食量は気象条件により年々変化するため、各年について土壌浸食量と基準値を比較し、ある年に基準値を超えた場所にカウントを1つ加える形で、観測された全期間についてカウントし、そのカウント数を図化した。値が小さいものは、乾燥した年のみに基準値を超えた地域、一方で値が大きいものは、湿潤年でも基準値を超えている地域で、砂漠化の可能性が高い場所といえる。ステップ域、ゴビステップ域、砂質土壌域の3地域についての砂漠化地図を示す（図5、図6）。

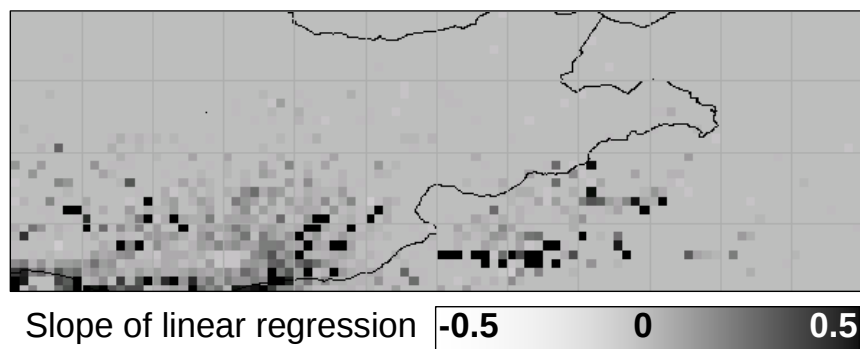


図3 風食量の変化(1988～2002年)

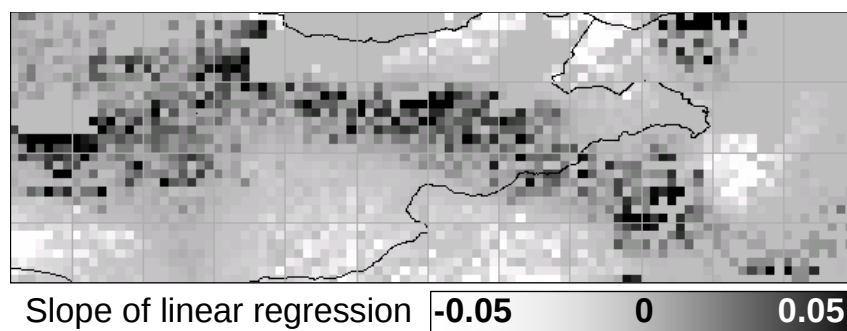


図4 水食量の変化(1988～1999年)

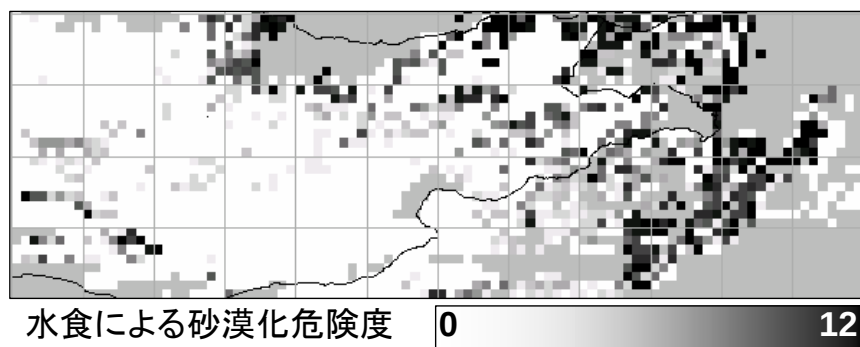


図5 水食による砂漠化の危険度評価（ステップ・ゴビステップ地域）

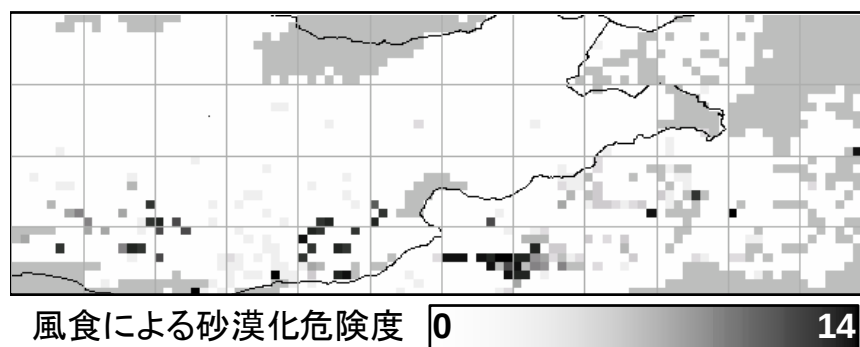


図6 風食による砂漠化の危険度評価

(2) シナリオアセスメント

1) 生態系モデルの構築

まず生態系モデルより得られた結果と、現地のフィールド調査で得られた結果を比較しモデルシミュレーションの精度を検証した。まず図7に、放牧圧と、植物量の相対的変化および植生機能タイプの変化の比較を示す。全体として、高嗜好性草本がほとんどなくなる基準となる放牧圧について、よく再現されていることがわかる。植生機能タイプについては、概ね再現されているものの、マンダルゴビペディメントや奈曼の平砂地では灌木が過大評価されている。植物量の変動については、シミュレーションは実測値に比べ放牧圧に対して非常に敏感に変動する傾向が出ている。また、基準となる放牧圧を超えた部分での植生機能タイプの不一致が散見される。

次に図8に、モンゴル国マンダルゴビおよびブルガンにおける、2006年8月の現存量の測定値と、シミュレーションによる値を示す。マンダルゴビの丘陵地では、現存量は禁牧、放牧条件の双方において高い整合性を見せている。一方で、マンダルゴビのペディメントでは、禁牧条件での整合性はよいものの、放牧条件では過大評価をしている。

最後に、中国奈曼における93年から95年の各年の最大現存量の実測値とシミュレーション値を示す(図9)。図8と同様、シミュレーションの値は放牧圧の変動に対して比較的極端な傾向を示している。実測においては、放牧圧の上昇に対して徐々に現存量が減少するのに対して、シミュレーションは基準となる放牧圧の前後で大きく変動する。このような差異はあるものの、絶対値は概ね近い値を得ることが出来た。

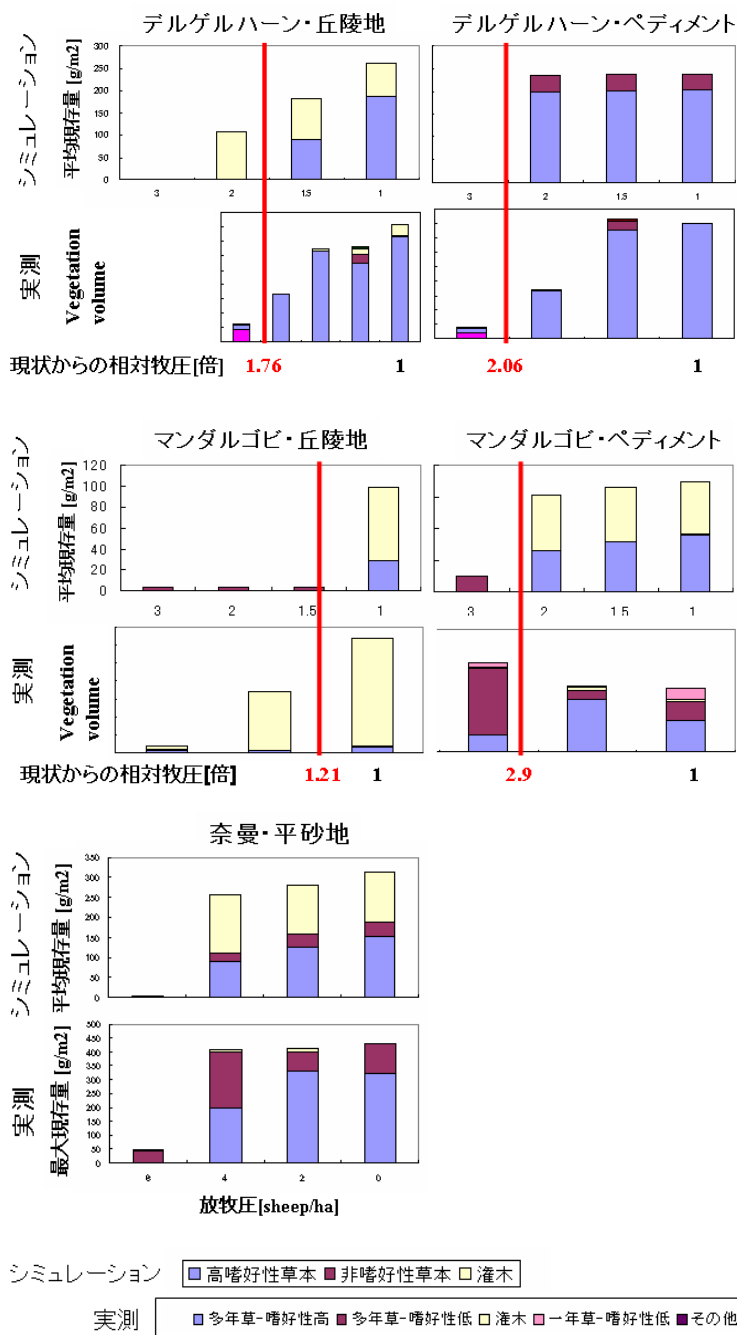


図7 サブテーマ(3)による調査結果とシミュレーションの結果の比較。ただし奈曼の実測地は、大黒(1997)により改変。

2) 砂漠化対処技術の費用と効果の定量化

a. 砂漠化対処技術のレビュー

i. 基本的な考え方

生態学的な修復とは劣化した農地や牧草地を元の自然状態に戻すことである。あるいは、農地や牧草地が本来持っていた生態系の機能を効果的に発現することができるようにすることである。したがって、生態系修復の目的は、生態系に高い弾力をもたらすために種の多様性を増加させ、種組成や個体数密度を調整すること、浸食耐性を高くするために植被率を上げて土壌への水の浸透性を増加させ、表面流を減少させること、牧養力を高くするために植物群落の水収支を安定化させて土地の生産力を高くすることである。

積極的に修復を進める方法としては、火入れや耕耘によって土壌の水分条件や栄養状態を改善することや、生態系の復元の促進に寄与すると思われる植物の種子を播種したり、挿し木による導入を行ったりする。一方、消極的なものとしては、家畜頭数を減らすことで過放牧のような劣化の元々の原因を取り除き、自然な植生遷移が進むようにすることである。

草地の劣化に対しては植生の管理と家畜頭数の制限をする必要がある。劣化が軽度の内は牧草地の管理技術の改善によって生産力の回復が図れるが、中程度まで進むと家畜頭数の制限が不可欠となる。さらに土壌浸食による荒廃が顕著な場合は、緑化工による積極的な植物の回復が必要となる。緑化工は大きく、植物が成長する地盤を固定する緑化基礎工、植物を導入する植生工がある。

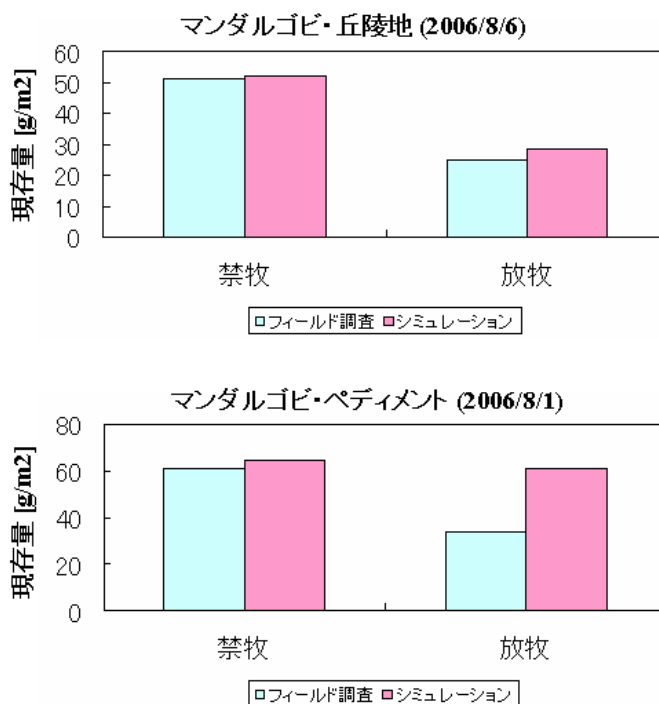


図8 マンダルゴビおよびブルガンにおける、実測値とシミュレーション値による現存量の比較

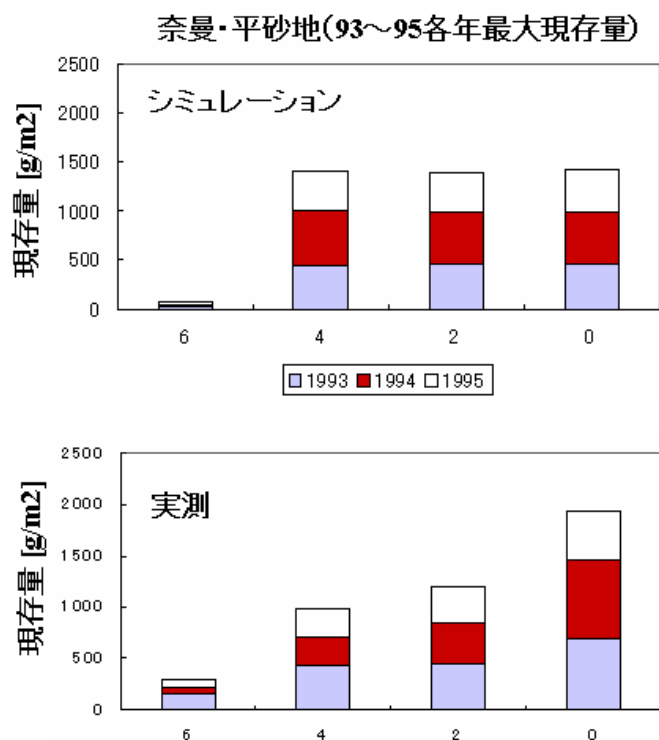


図9 奈曼における、実測値とシミュレーション値による現存量の比較

ii. 土壌固定

砂質土壌上での植生回復は、本質的には2次遷移でなく1次遷移に属する (Gunmaa et al., 1998)。したがって、自然の回復力に依存した緑化では、目標とする生態系の復元に至らないか、あるいは極めて長い時間を要する。そのため、ある程度は人工的な処置が必要である。すなわち、植生工（植栽工、播種工）による植物の導入を実施する前に、植物の生育の基盤を整備する緑化基礎工を実施しなければならない場合が多い。その代表的な方法が防風障壁による堆砂工とマルチングによる被覆工および静砂工である。

最も効果的なものは防風障壁を構築することである。なかでも、1辺1～2mの方形に麦藁や灌木の小枝を埋め込んで作る草方格は最も広く用いられている砂障である。強い風が吹いても、ほとんどの砂（68～72%）は地表面から3cmまでのところを移動している (Yang, 1999) ので、地表粗度を高くして風速を落とすことが有効である。高さ数10cmの草方格の上方0.15-0.2mの位置で表面粗度は砂の面の400-600倍になり、0.5mの高さで風速は20-40%遅くなる (Zhu et al., 1988) (図10)。また草方格によって土壌の有機物含量が20倍以上にもなる。

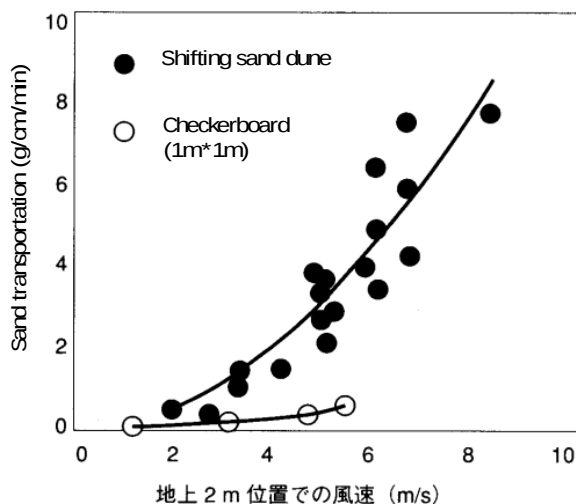


図 4.4 草方格の飛砂防止効果 (Zhu et al., 1988 を改変)

Wind velocity at 2m height (m/s)

図 10 草方格の飛砂防止効果 (Zhu et al. 1988を改変)

草方格は建設から4～5年で砂の移動を阻止する機能は失われるので、草方格が壊れた後も風食を防止し続けるためには、砂丘面が安定した直後から植物の導入を積極的に図る必要がある。ヨモギや柳の植栽の他に、種子散布も効果がある。流動砂丘は風食を受けるので埋土種子は少ない。しかし、丘間低地から風で運ばれてくる種子は、草方格があれば、砂丘上に留められる²⁰⁾。丘間低地から遠い場合には種子を散布して植物の導入を図る。

流動砂丘上に草方格と砂利層（3・5cm厚）を作って効果を比較したところ、どちらも砂の移動は抑えられるが、砂利層の方が作業が簡単でコストがかからないし、播種した種子の発芽やその後の成長は勝っていた (Liu and Zhao, 2001)。ヤナギや樺条などの灌木を1-2mの間隔で列状に植栽しても、植被率が20%を超えると、1×1mの草方格と同じ効果がある (Zha and Gao, 1997; Zhang et

al., 2004)。しかし、部分的に植栽した場合には防砂の効果が低く、草方格は大面積に同時に実施する必要がある。

草方格に利用される植物としては表 1 に示すようなものがあげられる(CCICCD, 1999)。

表 1 草方格に用いる植物材料

Table 3 Marelials of checkerboard sand barriers

細支岩黄蓍 (花棒)	<i>Hedysarum scoparium</i>
山竹岩黄蓍	<i>Hedysarum fruticosum</i>
樟条锦葵 (樟条)	<i>Caragana korshinskii</i>
小叶锦葵	<i>Caragana microphylla</i>
喬木沙拐棗	<i>Calligonum arborescens</i>
頭犬沙拐棗	<i>Calligonum caput-medusae</i>
沙木蓼	<i>Atriplex bracteata</i>
銳枝木蓼	<i>Atriplex pungens</i>
黄柳	<i>Salix flavida</i>
黑沙蒿 (曲蒿)	<i>Artemisia ordosica</i>
白沙蒿 (籽蒿)	<i>Artemisia sphaerocephala</i>

草方格以外の静砂工として様々な材料を使ったマルチング技術が開発されている。たとえば、植栽木の根元の地表面を稲藁で覆ったり、耕地にビニールシートが張り巡らすもの、さらには、小石を用いたストーンマルチというようなものが考案されている(高橋, 2000)。いずれも土壌面を被覆することで砂の移動を抑えるとともに、土壌表面からの蒸発を抑制し、水利用効率を高めるねらいがある。

iii. 植林

一般的な砂質の土地の再生戦略としては防風林の造成、粘土を含んだ河川水による灌漑、草方格などによる砂丘の固定、乾生植物の植栽などである。ただし、流動砂丘に草本植物を植栽しても効果は低く、むしろ灌木や樹木のほうが効果的である。本研究課題の対象とする地域においても土壌固定のための植栽に向く植物やその植栽方法は整理されているものの(図 1 1)、風食量との定量的な関連性についての文献は見られなかった。

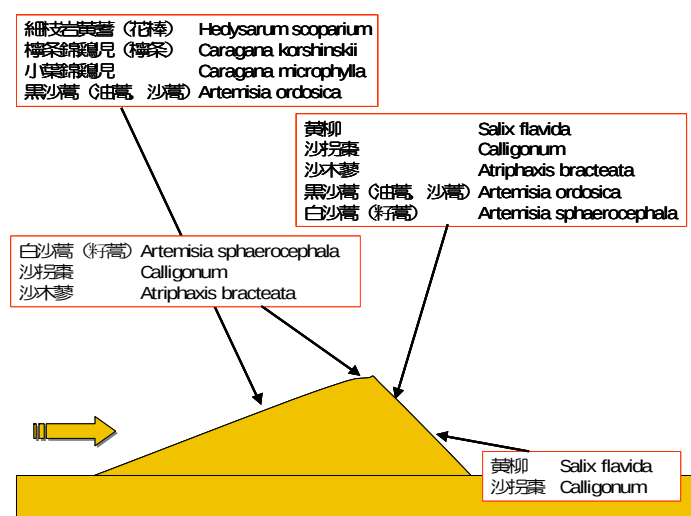


図 1 1 流動砂丘上のそれぞれの位置で緑化に利用出来る植物材料

b. 灌木の被覆と地盤高の変化

図 1 2 に植被率と地盤高の変化の関係を示す。関連は非常に明瞭で、おおよそ植被率が30%を超えると、地盤高はほとんど変化しなくなることがわかった。また、群落の種組成は、その関係にほとんど影響しないことも明らかとなった。

c. オプションの設定

以上の結果から、以下のようにオプションを設定することとした。オプションの一つとして放牧頭数のコントロールを取り上げた。その効果は、生態系モデルにおける放牧圧を変化させることで表し、費用/利益については、変化させた分の家畜を飼育しない（もしくはする）分の機会損失/利益とした。計算機資源の都合上、変化させられる範囲を現状の放牧頭数の0, 0.5, 1.5, 2, 3倍と設定した。次に、緑化工における緑化基礎工の中で、中国で広く用いられる草方格を取り上げた。ただし、枯れ茎を地表に埋め込むという作業の性質上、砂質土壌であるNMのみで施工可能とした。草方格の効果は既往研究で広く実測されており、土壌浸食モデルの表面粗度（地表面の被覆の指標）を変化させるという定量化をした。費用については、既往文献より、材料費および人件費を考慮した。最後に直接植物を導入する植生工として、灌木の植栽を取り上げた。その効果については、b. で明らかになったように、植被率が30%で風食がほとんど起きなくなるよう、パラメータを調整した。費用については、文献より材料費および人件費を調べた。

3) 数理計画モデルを用いたシナリオアセスメント

まず様々なシナリオにおける、高嗜好性草本の生産量を図 1 3 に示す。どの地点でも、放牧コントロールのみの場合よりも、積極的管理を組み合わせた場合のほうが、高い放牧圧でも生産量が比較的維持されており、積極的管理は生産量にとって常にプラスの影響があると考えられる。この図はそれぞれの地点の放牧圧を一様に変化させた例だが、後述する線形計画法では、受食性と行政区分のクロスから、それぞれの地点はおおよそ100の小領域に分かれており、それぞれについて放牧圧を別個に変化させられる。

そして、費用を拘束条件、高嗜好性植物の生産量を最大化するような線形計画法の単体表を作成し、様々な費用段階より、生産量の変動を計算した（図 1 4）。その結果DK、MGでは積極対処によって、利益も生産量も放牧コントロールの場合に比べて低い状態であり、ほとんど積極対処の意味はない結果となった。NMでは、利益は減少するものの、比較的高い生産量をえることができ、積極的対処はある程度の費用が許容できれば生産量の向上につなげることができると示唆された。さらに、砂漠化が起きない範囲での最大放牧圧の

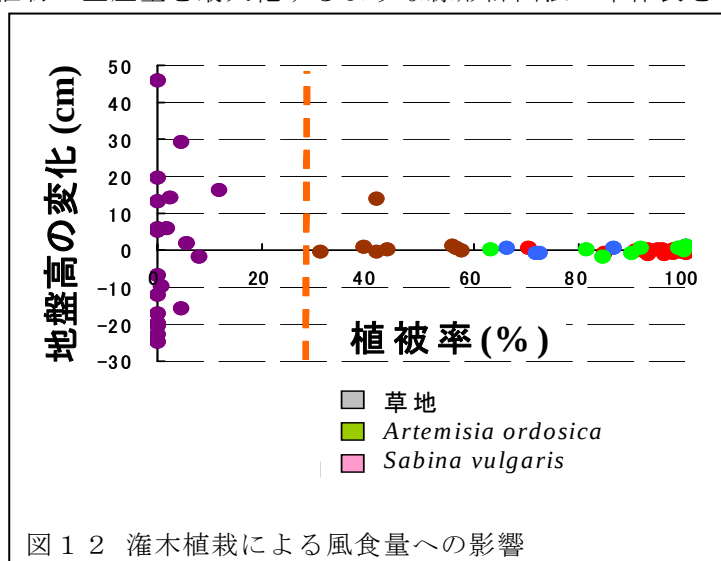


図 1 2 灌木植栽による風食量への影響

最適空間分布をそれぞれの地域について図化した（図 1 5）。積極的砂漠化対処の効果が明瞭でないDK, MGについては放牧コントロールのみのケースを、草方格の組み合わせが最も効果的だったNMについては草方格のケースを、ここではそれぞれ図化している。どの地点でも、放牧圧を現状よりも下げたほうがよい場所と、上げて大丈夫な場所が混在していた。

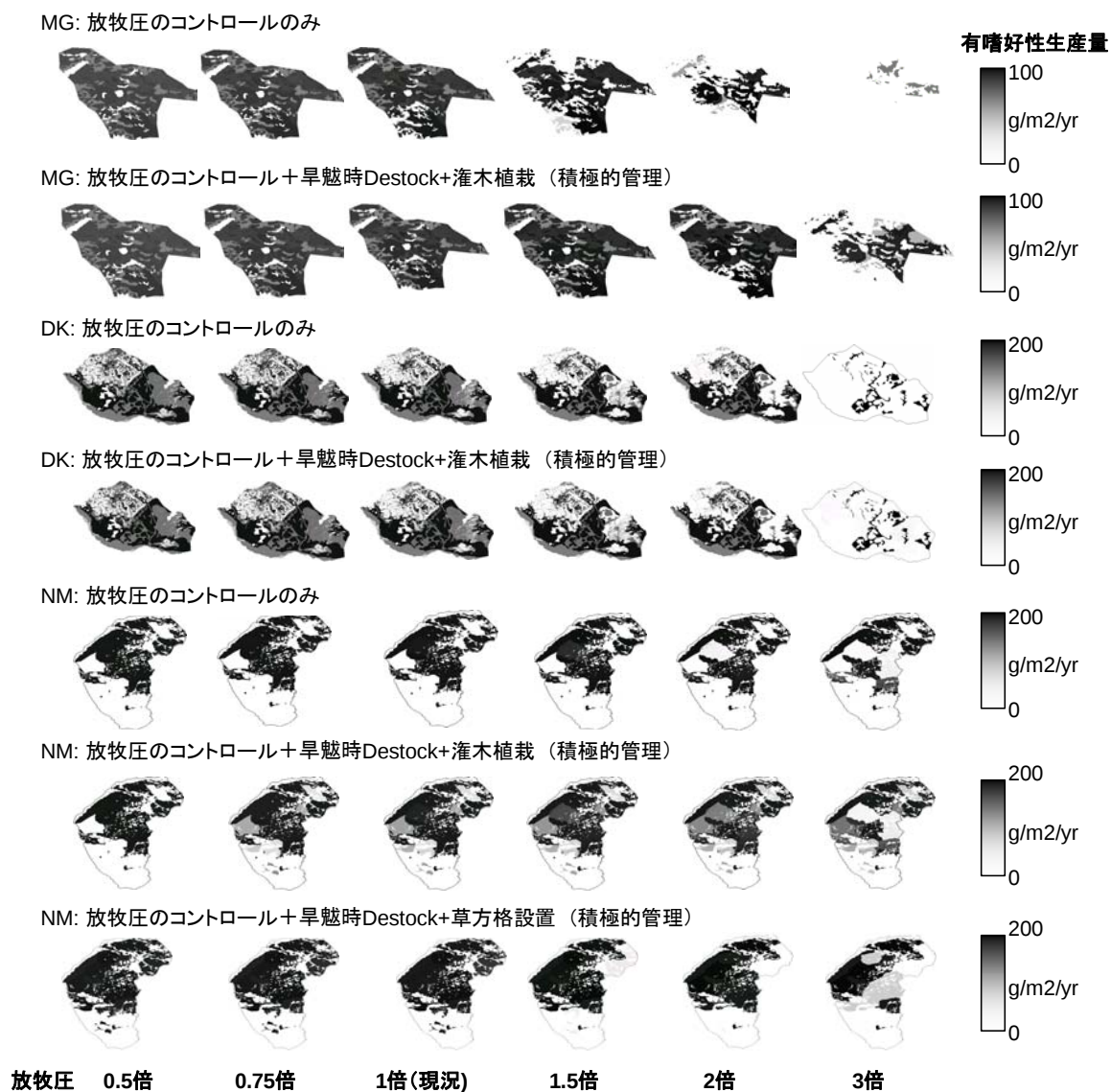


図 1 3 様々な管理オプションと、高嗜好性草本の生産量の関係

d. 考察

広域スケールの砂漠化範囲の推定においては、局所的に砂漠化の可能性が高いところがあるものの、北東アジア乾燥地域全体でみると広域の砂漠化の危険性は比較的低いと判断できる。これは、モンゴル気象水文庁によるモンゴル牧養力推定でも、局所的に放牧圧が牧養力を超えている箇所があるものの、全体としてモンゴルは適正放牧圧状態であるという結論と一致している。中国においても、砂漠化が顕著だった1960～80年代と異なり、90年代からの活発な政府の砂漠化対処施策が功を奏し砂漠化が減少しているという報告があり、本研究課題の結果と整合すると考えられる。しかしながら、モンゴル国は90年初頭の市場経済化から、放牧圧の激増→干ばつによる

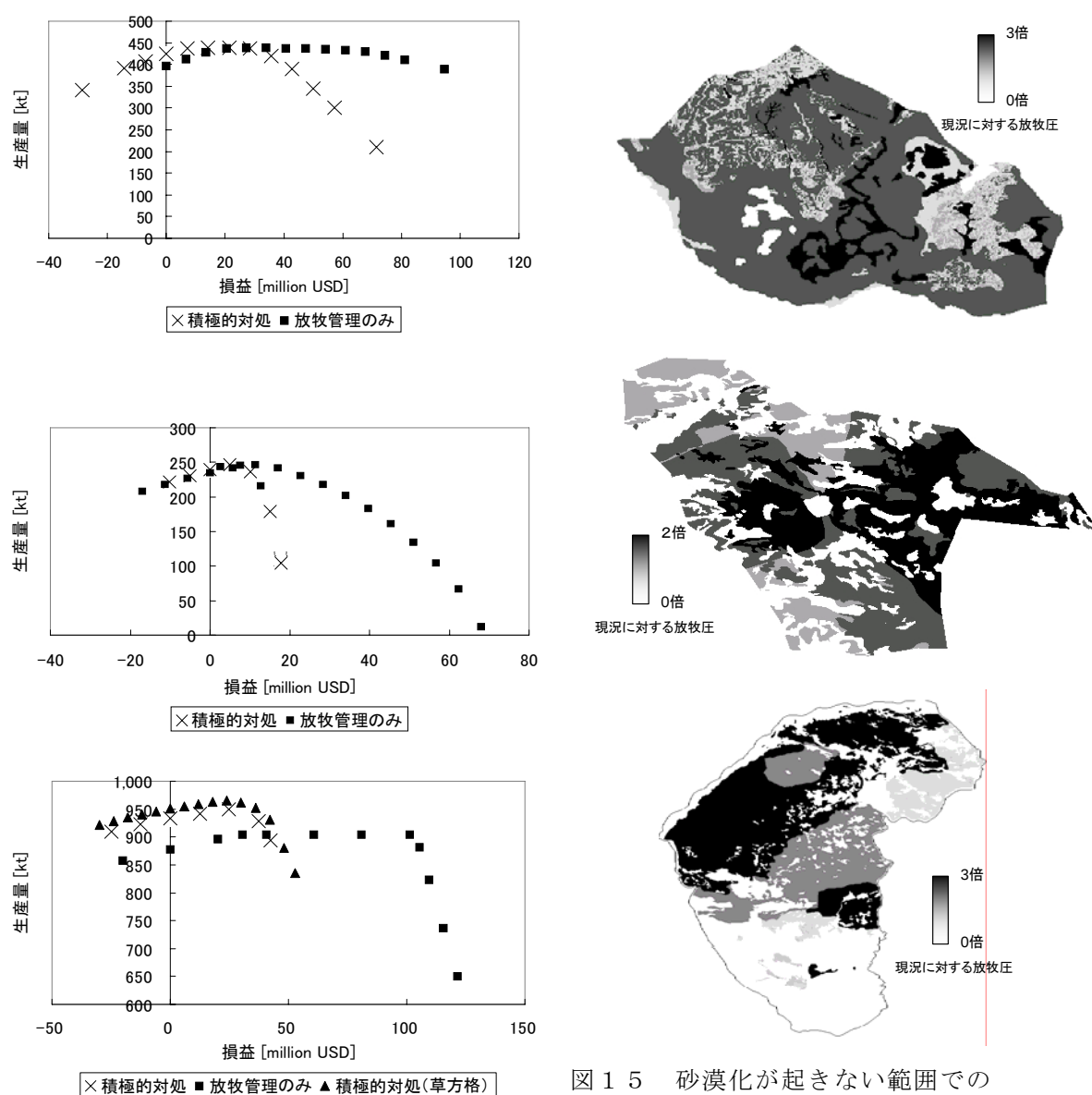


図14 高嗜好性草本の生産量と、損益の相関。上からDK, MG, NM。

図15 砂漠化が起きない範囲での最大放牧圧の分布(=持続性を維持しながら最も牧業収入を高くするための放牧圧)。上からDK, MG, NM。

激減→再度放牧圧の増加、と非常に不安定な牧業が続けられており、そのような不安定な状況が牧民の首都ウランバートルのスラム街への流入を促している。逆に中国では放牧から一斉禁牧および舎飼への強制移行が起きており、適正なバランスを維持し持続的な放牧を行うという状況からはかけ離れている状態である。本研究課題のシナリオアセスメントの結果から、ステップおよびゴビステップ域では、土地の脆弱性に従い放牧圧を増減させることで、むしろ放牧圧を上昇させ牧民の収入を増加させても持続的な牧草の生産が可能であることが示された。一方で砂質土壌の地域においても、放牧圧を増加させることが可能な脆弱性が低い立地において牧業生産を増やしつつ、荒廃した場所に緑化工を施工し植生の回復を促すことで、安定した牧草生産と増収が両立できることが示された。砂質土壌の地域で積極的対処が有効だったのは、現状でも比較的他の地域に比べ荒廃している場所が多かったこと、また土壌の脆弱性が高かったことに由来すると考えられる。

このように、本研究課題が目指した、土地の脆弱性に着目し、砂漠化指標・基準の議論を統合した砂漠化早期警戒体制が、北東アジア乾燥域の持続性に直接寄与する土地管理施策に、具体的な方法と経済性を伴って貢献しうることが示された。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

1. 砂漠化EWSに最も近いシステムは、ドイツのトリアー大学等が地中海地域で開発中のDeMon IIであったが、これは砂漠化指標によるアセスメントの段階にとどまっていた。本研究課題による土地の脆弱性を考慮した砂漠化指標および基準による砂漠化評価は、世界でも最先端の研究成果となる。
2. とくに本研究は、統合モデルを用いて砂漠化防止の対策オプションとその対費用効果を評価できるシステムを構築したものであり、すでに実用化されている干ばつEWSにおいてもまだ採用されておらず、砂漠化分野では高い独創性を有する。

(2) 地球環境政策への貢献

1. 砂漠化EWSにより、北東アジア乾燥地の砂漠化の進行程度、土地の脆弱性分布を広域的に評価した。客観的な砂漠化地図の作成はアジア地域の大きな課題であったため、波及効果も高いと考えられる。
2. 砂漠化EWSにより、さまざまな政策オプションの客観的評価が可能となり、最も妥当で実現可能な土地利用方策の提案と、その対費用効果の定量的な提示を行った。こうした政策オプションの評価が可能な砂漠化EWSは世界でもはじめてのものである。
3. 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。こう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。
4. COP6の科学技術委員会(CST)で、(1)締約国は、EWSのパイロットスタディを実施し、COP7(2005年開催)前に進捗状況を報告すること、(2)締約国及び国際機関は、発展途上国によるEWSのパイロットスタディの実施を支援すること、が決議された(ICCD/COP(6)/L.8)。本研究

課題の成果は、砂漠化EWSに関する日本の北東アジアでの取り組みとして、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、高い評価を得た。また、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C S T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、2007年9/4～7にスペインのマドリードで開催予定のCOP8における公式ドキュメントとして採用され (ICCD/COP(8)/CST/2/Add.6) 、本研究課題代表者自ら発表することが決定している。

5. 2005年1月神戸で開催された国連防災世界会議のために発行された書籍 “Know Risk” (2005; 国連国際防災戦略 UNISDR 監修) に、砂漠化対処2事例のうちの1例として取り上げられた。
6. 本研究課題の実施は、アジア地域のとくにTPN1とTPN5への日本の貢献につながると考えられる。とくに、基準・指標、モニタリング・アセスメント、EWSは、相互に深く関連しあっており、それらを統合するプラットフォームの提供は、TPNsの議論の進展と統合化にも貢献すると考えられる。

6. 引用文献

- CCICCD (1999) Traditional knowledge and practical techniques for combating desertification in China. China Environmental Science Press, 181pp.
- Fan, H., Xiao, H. and Liu, X. (1999). Techniques for Establishing Straw-checkerboards, Sand Barriers and for Revegetating Sand Dunes. in "Traditional knowledge and practical techniques for combating desertification in China" (ed. CCICCD), 116-123
- Gao, Q. and J. Reynolds (2003) Historical shrub-grass transitions in the northern Chihuahuan Desert: modeling the effects of shifting rainfall seasonality and event size over a landscape gradient. *Global Change Biology* 9, 1475-1493.
- Gumaa, Y.T., Haffar, I. and Al-Afifi, M.A. (1998) : Financial appraisal of date-frond mat fence systems for wind erosion control and sand dune stabilization in the arid region of the United Arab Emirates . *Journal of Arid Environments* 39, 549-557
- Kemp P. R., J. F. Reynolds, Y. Pachepsky and J.-L. Chen (1997) A comparative modeling study of soil water dynamics in a desert ecosystem. *Water Resources Research* 33, 73-90.
- Li, F.-R., L.-F. Kang, H. Zhang, L.-Y. Zhao, Y. Shirato and I. Taniyama (2005) Changes in intensity of wind erosion at different stages of degradation development in grasslands of Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environemtns* 62, 567-585.
- Liu, Z.M. and Zhao, W.Z. (2001) : Shifting-sand control in central Tibet . *AMBIO* 30, 376-380
- Moretto, A. S. and R. A. Distel (1997) Competitive interactions between palatable and unpalatable grasses native to a temperate semi-arid grassland of Argentina. *Plant Ecology* 130, 155-161.
- Shao, Y. (2000) *Physics and Modelling of Wind Erosion*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 393pp.
- Sparrow, A. D., M. H. Friedel, D. M. S. Smith (1997) A landscape- model of shrub and herbage dynamics in Central Australia, validated by satellite data. *Ecological Modelling*, Vol. 97, 197-216.

高橋 悟(2000)：「沙漠よ緑に甦れ」、東京農大出版会、123頁

Zha, Y. and Gao, J. (1997) : Characteristics of desertification and its rehabilitation in China . Journal of Arid Environments 37, 419-432

Zhang, T.H., Zhao, H.L., Li, S.G., Li, F.R., Shirato, Y., Ohkuro, T. and Taniyama, I. (2004) : A comparison of different measures for stabilizing moving sand dunes in the Horqin Sandy Land of Inner Mongolia, China . Journal of Arid Environments 58, 203-214

Zhu, Z., Liu, S. and Di, X. (1988): Desertification and rehabilitation in China. The International Center for Education and Reserch on Desertification Control, Lanzhou, pp.222

Yang, Y. (1999) : Traditional knowledge and practical techniques for combating desertification in China. in "Traditional knowledge and practical techniques for combating desertification in China" (ed. CCICCD), 1-59

7. 国際共同研究等の状況

本サブテーマにおいては、モンゴル国ではモンゴル科学院地生態学研究所との共同研究により、中国では中国科学院旱区寒区環境工程研究所により、シナリオアセスメントのための地形分類図、土性図等を作成し、そこから受食性分布図をつくることで、その地域の脆弱性の空間分布を明らかにした。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

＜論文（査読あり）＞

- 1) Yoshikawa, K., N. Ohte, and R. Wang: J. Arid Land Studies 14, 131-133 (2004)
“Effect of drought on the groundwater level in the Mu-Uu desert, Inner-Mongolia, China.”
- 2) 李玉靈・林万里子・三木直子・坂本圭児・吉川 賢：日本緑化工学会, 30(1), 98-103 (2004)
“水ストレスが臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.)とカイズカイブキ(*Juniperus chinensis* var. *kaizuka* Hort.)の蒸散と吸水特性に与える影響”
- 3) 温国勝・張国盛・吉川 賢：林業科学 40, 84-87 (2004)
“干旱胁迫对臭柏水分特性的影响”
- 4) 張国盛・劉海東・李玉靈・王林和・吉川 賢(2004) : 切断匍匐茎对臭柏葉緑素荧光特性的影响 林業科学
- 5) Wen, G. S., K. Yoshikawa, G. S. Zhang, M. R. Zhang and S. Q. Yu: Journal of Inner Mongolia Agricultural University 25, 5-10 (2004)
“Growth of *Sabina vulgaris* ant. Under drought stress.”
- 6) Ishii, Y., K. Sakamoto, L. H. Wang and K. Yoshikawa: J. Arid Land Studies 16, 85-93 (2006)
“Seasonal changes in pigment composition of *Sabina vulgaris* needles in the Mu Us Sandy Land of

northern China.”

- 7) Ishii, Y., K. Sakamoto, N. Yamanaka, L. H. Wang and K. Yoshikawa: Journal of Arid Environments 67, 403-415 (2006)
“Light acclimation of needle pigment composition in *Sabina vulgaris* seedlings under nurse plant canopy.”
- 8) Mori A, T. Okayasu, T. Sasaki, Undarmaa J. and K. Takeuchi: Papers on Environmental Information Science, 20, 351-356 (2006)
“Discussion about the desertification monitoring method using spatial patterns of vegetation index in Mongolian arid and semi-arid region.”
- 9) Okayasu T, T. Sasaki, Undarmaa J, K. Takeuchi: Papers on Environmental Information Science, 20, 59-64 (2006)
“Model study on desertification process varying with different geographical conditions.”
- 10) 田中憲造・小田あゆみ・二宮生夫・王林和・張国盛・坂本圭児・吉川 賢：日本緑化工学会誌 30, 675-661 (2006)
“中国内蒙古自治区に生育する臭柏(*Sabina vulgaris*)稚樹の異形葉性と生育段階に伴う資源分配特性”
- 11) 田中憲造・小田あゆみ・増田寛子・二宮生夫・王林和・吉川 賢：日本緑化工学会誌 31, 436-440 (2006)
“中国内蒙古自治区に生育する臭柏(*Sabina vulgaris*)の個体サイズにともなう光合成能力と葉の特性の変化”
- 12) 吉川 賢・坂本圭児・堀 幸代・三木直子・黄勝澤：日本緑化工学会誌 32, 137-142 (2006)
“中国寧夏回族自治区の砂漠化土地に15年前に造成された防風林の生育経過”
- 13) Okayasu T, Undarmaa J. K. Takeuchi: Journal of Environmental Information Science, 35, 57-64 (2007).
“Monitoring land degradation in mountainous Mongolia by spectral unmixing of satellite imagery.”
- 14) Okayasu T, M. Muto, Undarmaa J, K. Takeuchi: Land Degradation and Development (in press)
“Spatially heterogeneous impacts on rangeland after social system change in Mongolia.”

<その他誌上発表>

- 1) 武内和彦：monthly JICA, 18 (2006)
“砂漠化問題の現状と対策”
- 2) K. Takeuchi, T. Okayasu: In: United Nations eds. Know Risk, 251-253 (2005)
“Integration of benchmarks and indicators, monitoring and assessment, and early warning systems, and their application to pilot studies for desertification EWS in North-East Asia”
- 3) 温国勝・吉川賢・張国盛・張明如(2004)：干旱胁迫条件下臭柏的的生长 内蒙古農業大学学报(自然科学版) 25, 5-10
- 4) Matsuoka, S.: Proceedings of the Third COE International Symposium. November 3, 2004. China. pp. 28 (2004)

“Environmental Partnership and Social Capacity Development in East Asia”

- 5) Komatsu, S.: Discussion Paper Series (COE for Social Capacity Development for Environmental Management and International Cooperation, Hiroshima University), Vol. 9, 23pp. (2007)
“Estimating Willingness to Pay (WTP) for Rural Water Supply Improvements for Pastureland Conservation in Mongolia”

< 書籍 >

- 1) 吉川 賢・山中典和・大手信人（編著）：共立出版、223pp (2004)
“乾燥地の自然と緑化”
- 2) 吉川 賢（日本緑化工学会編）：In: 環境緑化の辞典，朝倉書店， pp.341-346 (2005)
“砂漠化の定義と要因”

< 報告書など >

- 1) 吉川 賢：黄砂対策植生回復実証調査事業平成 16 年度調査報告書，14-40 (2005)
“既往の植生復旧事業”
- 2) 吉川 賢：日中産業科学技術交流シンポジウム報告書 15, 56-59 (2005)
“中国の乾燥地に生育する樹木の特性と砂漠化防止及び黄砂対策としての緑化”
- 3) 吉川 賢：「いのち」をまもる環境学教育平成 18 年度報告書，99 (2006)
“公開シンポジウム「中国乾燥地における緑化技術とその将来」”
- 4) 吉川 賢・坂本圭児・堀幸代：黄砂対策植生回復実証調査事業平成 17 年度調査報告書，64-96 (2006)
“砂漠化土地に造成された防風林の生育経過一寧夏回族自治区銀川の毛烏素沙地で 15 年前に植栽された樹木についての測定結果一”

(2) 口頭発表（学会）

- 1) Ishii, Y., N. Miki, K. Sakamoto, L. Wang, and K. Yoshikawa : .第6回APGC Symposium (2004)
“Leaf phenology of four deciduous plant species in the Mu-Us sandy land, China”
- 2) Ishii, Y., R. Wang, and K. Yoshikawa: International symposium of Evaluation and Monitoring of Desertification (Tsukuba, Japan) (2004)
“Photoprotection ability of *Sabina vulgaris* growing in semi-arid region, Mu-Us desert, China.”
- 3) Miki, N., Y. Urata,, K. Sakamoto, Y. Ishii, and K. Yoshikawa: 第 1 回China. EAFES (東アジア生態学大会)、韓国 (2004)
“Growth and water relations of *Artemisia ordosica* Krasch., psammophytic half-shrub.”
- 4) Takeuchi, K. Third Meeting of the Group of Experts, UNCCD held on 11-15 October in Beijing, China (2004)
“The development of effective methodologies for multi-dimensional desertification monitoring and assessment.”
- 5) Yoshikawa, K., Y. Ishii and L. Wang: 第 1 回China. EAFES (東アジア生態学大会)、韓国 (2004)
“Growth of *Sabina vulgaris* in Mu-Us desert.”

- 6) Yoshikawa, K. N. Ohte, Y. Ishii, Y. Yamaguchi, and R. Wang: International symposium of Evaluation and Monitoring of Desertification (2004)
“Seasonal and long term changes of the groundwater level in the Mu-Uu desert, Inner Mongolia, China.”
- 7) 石井義朗・李玉靈・斯慶図・坂本圭児・王林和・吉川 賢: 第115回日本林学会大会 (2004)
“毛烏素沙地に生育する臭柏 (*Sabina vulgaris*)の光防御能力について”
- 8) 李玉靈・林万里子・三木直子・坂本圭児・吉川 賢: 第35回日本緑化工学会大会 (2004)
“水ストレスが臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.)とカイズカイブキ (*Juniperus chinensis* var. *kaizuka* Hort.)の蒸散と吸水特性に与える影響”
- 9) 三木直子・浦田祐輔・坂本圭児・吉川 賢: 第15回日本砂漠学会大会、駒澤大 (2004)
“油蒿 (*Artemisia ordosica*) の成長と水分生理特性に水ストレスが与える影響”
- 10) 小田あゆみ・田中憲蔵・二宮生夫・李玉靈・吉川 賢: 第115回日本林学会大会 (2004)
“中国内モンゴル自治区に自生する臭柏 (*Sabina vulgaris*)の葉の形態と生理生態”
- 11) 吉川 賢・石井義朗・山口康人・窪田順平: 第115回日本林学会大会 (2004)
“中国内モンゴル自治区における胡楊林の構造について”
- 12) 吉川 賢・大手信人・王林和: 第15回日本砂漠学会 (2004)
“干ばつが地下水位に与える影響－毛烏素沙地での地下水位の変動－”
- 13) Okayasu, T., M. Muto, K. Takeuchi, U. Jamsran: *Proceedings of the First International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia*, Held on July 26-28, Ulaanbaatar, Mongolia, 23-26 (2005)
“Spatially heterogeneous vegetation degradation after change in social system in Mongolia and its natural and anthropogenic causes”
- 14) Okayasu, T., M. Muto, K. Takeuchi, U. Jamsran: The 11th CReS International Symposium on Remote Sensing, held on 13-14 Decemter 2005, Chiba University, Japan (2005)
“Spatially heterogeneous vegetation degradation after change in social system in Mongolia and its natural and anthropogenic causes”
- 15) Takeuchi, K.: Committee on Science and Technology, 7th Conference of the Parties, UNCCD, Nairobi (2005)
“A Pilot Study in North-East Asia for Developing Desertification Assessment and Constructing an Early Warning System.”
- 16) Takeuchi, K., T. Okayasu, T. Sasaki: The Seventh Session of the Conference of the Parties of the United Nations Convention to Combat Desertification held on 17-28 October 2005, Nairobi, Kenya (2005)
“A Pilot Study in North-East Asia for Developing Desertification Assessment and Constructing an Early Warning System”
- 17) Yoshikawa, K. Y. Monda, N. Miki, J. Kubota: 第22回IUFRO World Congress (2005)
“Ecological analysis of *Populus euphratica* forest in the Ejina oasis, Inner-Mongolia, China.”
- 18) Yoshikawa, K., F. Yamamoto: 第22回IUFRO World Congress (2005)
“Structure of diebacked *Juniperus procera* forests in the Asir Mountains, Saudi Arabia.”

- 19) 石井義朗・三木直子・坂本圭児・王林和・吉川 賢: 第116回日本森林学会大会(2005)
“中国毛烏素沙地における油蒿 (*Artemisia ordosica*) 個体群の構造と動態”
- 20) 門田有佳子・三木直子・李佳陶・余偉莅・窪田順平・吉川 賢: 第116回日本森林学会大会 (2005)
“胡楊における異なる形態の葉の生理生態的特性の違いについて”
- 21) 門田有佳子・三木直子・吉川 賢・窪田順平: 第56回日本森林学会関西支部会 (2005)
“中国内蒙古額濟納旗に成立する胡楊林の林分構造について”
- 22) 小田あゆみ・田中憲蔵・二宮生夫・王林和・張国盛・坂本圭児・吉川 賢: 第116回日本森林学会大会 (2005)
“中国半乾燥地に生育する臭柏はなぜ生育段階で針葉と鱗片葉を着け分けるのか?”
- 23) 坂本圭児・山中典和・張国盛・石井義朗・三木直子・二宮生夫・王林和・吉川 賢: 第116回日本森林学会大会 (2005)
“中国内蒙古自治区毛烏素沙地における臭柏初期群落の構造と種間関係”
- 24) 武内和彦: モンゴルの環境は今 - 環境調査の着地点、於駐日モンゴル国大使館 (2005)
“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”
- 25) 吉川 賢: 林木の生長機構研究会 (2005)
“オアシスに生育する胡楊のいろいろ”
- 26) 吉川 賢: 河北農業大学特別講演 (2005)
“砂漠化土地の緑化と乾燥地の植生について”
- 27) 吉川 賢: 日中林業生態研修—南方造林技術に関するシンポジウム— (2005、中国・湖南省・長沙) (2005)
“地球規模で捉えた環境問題としての森林”
- 28) 吉川 賢: 第15回日中産業科学技術交流シンポジウム報告書 (2005)
“中国の乾燥地に生育する樹木の特性と砂漠化防止及び黄砂対策としての緑化”
- 29) 吉川 賢・門田有佳子・三木直子・窪田順平: 第16回日本砂漠学会 (2005)
“中国内蒙古・額濟納オアシスの胡楊林の構造”
- 30) 吉川 賢・門田有佳子・三木直子・藍登明・余偉莅・窪田順平: 第116回日本森林学会大会 (2005)
“中国内蒙古額濟納旗のオアシス植生の構造について”
- 31) Sakamoto, K., N. Yamanaka, G. Zhang, Y. Ishii, N. Miki, I. Ninomiya, L. Wang and K. Yoshikawa: International Conference on Ecological Restoration in East Asia (2006)
“Regeneration process of *Sabina vulgaris* Ant. in the Mu Us Sandland, Inner Mongolia, China”
- 32) Takeuchi K., T. Okayasu, M. Muto, Undarmaa J. : Toward Sustainable Environment and Human Life in Mongolia held at Japan-Mongolia Center in Ulanbator, Mongolia (2006)
“Spatially heterogeneous impacts on rangeland after social system change in Mongolia.”
- 33) Yoshikawa, K., Y. Yamada, H. Takayama and N. Miki: International. Conference on Dryland studies and combating desertification (2006)
“Eco-physiological characteristics of *Caragana microphyllain* Mongolian Gobi-steppe”
- 34) Yoshikawa, K., Y. Yamaguchi, Y. Yamada and N. Miki: International Conference on Ecological Restoration in East Asia (2006)

“Eco-physiological adaptability of *Caragana microphylla*, xerophyte growing in Mongolian Gobi-steppe, to environmental variation”

- 35) 小松 悟・松岡俊二・田中勝也: 国際開発学会第7回春季大会報告論文集, pp.105-108. (2006年6月、山口大学) (2006)
“砂漠化に影響を与える要因の評価: モンゴルの土地利用における実証分析”
- 36) 小松 悟・松岡俊二: 環境経済・政策学会2006年度大会要旨集, pp.80-81. (2006年7月、京都国際会館) (2006)
“砂漠化対処のため政府の能力分析: モンゴル国を事例として”
- 37) 松尾奈緒子・大手信人・木庭啓介・吉川 賢・王林和: 第117回日本森林学会大会 (2006)
“葉の酸素・炭素安定同位対比から見た中国半乾燥地植物の光合成・蒸散特性”
- 38) 吉川 賢・石井義朗・玉井重信: 鳥取大学乾燥地研究センター共同研究発表会 (2006)
“臭柏の生理特性に与える低温ストレスの影響”
- 39) 吉川 賢・坂本圭児・堀 幸代・三木直子・黄勝澤: 第37回日本緑化工学会大会 (2006)
“中国寧夏回族自治区の砂漠化土地に15年前に造成された防風林の生育経過”
- 40) 吉川 賢・坂本圭児・三木直子・黒澤美都子: 第117回日本森林学会大会 (2006)
“水ストレスがヒノキとカイヅカイブキの通水性に与える影響”
- 41) 小松 悟: 際開発学会第8回春季大会 (2007年6月、東洋大学) 発表予定 (2007)
“井戸建設事業を通じた砂漠化対策の便益の推計: モンゴル・ドンドゴビにおけるCVM調査を事例として”
- 42) 小松 悟: 広島大学大学院国際協力研究科第34回COE研究会』 (2007年1月) (2007)
“モンゴルにおける砂漠化対策の経済的評価: 井戸改修のCVM調査を中心に”
- 43) 李玉霊・王俊剛・三木直子・坂本圭児・吉川 賢: 第118回日本森林学会大会 (2007)
“水ストレス条件下での臭柏 (*Sabina vulgaris*) 匍匐枝の光合成特性と水利用効率”
- 44) 李玉霊・王俊剛・三木直子・坂本圭児・吉川 賢: 第38回日本緑化工学会大会 (2007)
“水ストレス条件下での臭柏 (*Sabina vulgaris*) 匍匐枝の蒸散と吸水特性”
- 45) 吉川 賢・門田有佳子・石井義朗・三木直子: 第118回日本森林学会大会 (2007)
“中国額済納旗の胡楊林の更新特性について”

(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) 砂漠化とたたかう - 最前線の取り組みと日本の役割 (2004年6月14日、東京大学弥生講堂、観客150名)
- 2) 日本とモンゴルの将来の学術的交流を探る (2004年6月30日、モンゴル科学技術教育文化省、参加者25名)
- 3) 第8回乾燥地緑化研究部会シンポジウム「中国における緑化活動とその緑化技術」 (平成16年12月11日 武蔵工業大学横浜キャンパス 参加者79名)
- 4) 第5回毛烏素調査報告会 (平成17年1月24日、岡山大学、参加者25名)

- 5) 第9回乾燥地緑化研究部会シンポジウム「中国における緑化活動とその緑化技術」（平成17年12月10日 武蔵工業大学横浜キャンパス 参加者57名）
- 6) 第6回毛烏素調査報告会（平成18年1月14日、岡山大学、参加者30名）
- 7) 第10回乾燥地緑化研究部会シンポジウム「中国における緑化活動とその緑化技術」（平成18年12月3日 コンソーシアム京都 参加者65名）
- 8) 第7回毛烏素調査報告会（平成18年12月16日、岡山大学、参加者35名）
- 9) Capacity Assessment for Sustainable Development Expert Meeting on Capacity Development for Sustainable Mongolia, University of Tokyo, Tokyo（2006年12月）.

（5）マスコミ等への公表・報道等

- 1) 東京新聞サンデー版（2006年1月8日、次頁参照）
- 2) 毎日新聞（2004年6月7日、環境面(25面)）

（6）その他

- 1) 平成17年3月28日 日本森林学会賞（半乾燥地緑化と樹木の耐乾性に関する研究）
- 2) 平成17年3月28日 土井林学奨励賞

東京新聞サンデー版（2006年1月8日）による砂漠化の解説と当研究課題の紹介