

## 中国・内モンゴルにおける草原の沙漠化と緑化をめぐる

星野 仏方<sup>\*1)</sup>・賽西雅拉图<sup>2)</sup>・佐藤 藍<sup>1)</sup>・中村修平<sup>1)</sup>

### Evaluation of Desertification and Afforestation in Inner Mongolia Pastureland

Buho HOSHINO<sup>\*1)</sup>, SAIXIYALATU<sup>2)</sup>, Ai SATO<sup>1)</sup>, Shuhei NAKAMURA<sup>1)</sup>

#### 1. はじめに

地球温暖化のユーラシア内陸に対する影響は気温の上昇が地球平均より高いということだけではなく、降水量にも大きな影響が懸念される。「地球温暖化」モデルが示している全球的降水量増加やアジアモンスーン降水量増加の傾向は、まだ観測からは検出されていない (Yasunari *et al.*, 2007) が、少なくとも過去十数年黄河流域及び内モンゴルでは乾燥化が進行している (安成, 2007)。もし、温暖化時に海面水温がエルニーニョ的に上昇すると、陸-海の温度差によって、夏季アジアモンスーンの力が弱まり、内モンゴルへ運ばれる水蒸気が今までの前線 (モンスーン限界) に届かない可能性がある。温暖化によって内陸の降水量の増減傾向はまだはっきり検出されていないが、少なくとも降水範囲は減少の傾向にある。

内モンゴル全体では1960年から2000年までの40年間で少なくとも毎年平均1.1万km<sup>2</sup>の土地が沙漠化している (Liu *et al.*, 2007)。例えば、シリングル盟・正藍旗の場合、2008年までは72%の草原が沙漠化し、その中、30%の草原が流動的の沙漠になっている。同盟のソニトウ (蘇尼特) 左旗の場合、2008年までは既に77%の草原が沙漠になっている。その影響で、広大な内モンゴル草原が近年黄砂の新たな発生地になった (Hoshino *et al.*, 2008)。

毎年春、中国・内モンゴルから黄砂が吹き荒れる。昔は風物詩のようにもいわれていたが、今や人の命まで脅かすより危険なものとなり、近隣の朝鮮半島・日本列島に影響を及ぼすばかりか、太平洋を越えて遥々アメリカ大陸中部まで飛んで行っている軌跡がTOMSの人工衛星データ (Aerosol Index) から確認できる。人工衛星データに基づく最新の研究では黄砂の発生源が中国-モンゴル国国境沿いの内モンゴルの典型草原 (ステップ) であることが解明されている (星野ほか, 2008)。そこに自然環境の変化ばかりではなく、人間の土地利用・草原のマネジメント政策の失敗なども大きくかかわっていることが我々の現地調査からも明らかになっている。

我々は9年に渡り、黄砂の新たな発生地となった内モ

ンゴル自治区のソニトウ左・右両旗 (県) と、国境を挟んだモンゴル国側の南ゴビ・ドンドオ (中央) ゴビにおいて、土壌水分 (HydroSense: 12cm & 20cm)、蒸発散 (SC-1 リーフポロメーター)、植物の種の多様性 (1m<sup>2</sup> 方形コトラード手法)・バイオマス (DMP) の計測、スペクトル (可視・近赤外分光放射計 FieldSpec HandHeld スペクトロラジオメーター) の測定、土地利用調査、家畜行動圏 (GPS 装着)、農業政策 (文献と聞き取り調査)、収入 (現地住民への聞き取り) 調査などを行い、同じ自然環境変動を背景に、「遊牧」と「定住」がモンゴル高原の退化、沙漠化にどのような影響を及ぼしているかを比較した。

#### 2. 草原の沙漠化と黄砂の発生

黄砂は、昔から中央アジア、あるいは中国北西部のタクラマカン沙漠、黄土高原から乾燥した砂や表土が低気圧と上昇気流によって大気中に巻き上げられて、偏西風に乗って朝鮮半島を越えて、日本までやってくる現象だったが、最近はその発生の場所も北上し、内モンゴルの大草原を中心として、その輸送ルートにも大きな変化が起き、黄砂の被害も太平洋を越え、地球規模の深刻な環境問題になっている。沙漠は今も拡大し続けており、黄砂の被害は自然環境と生態系に止まらず、大気中の汚染物質と反応し、人体への影響がある危険なものへと変化している。その被害も中国にとどまらず、韓国や日本、そして海を渡ってアメリカ本土に及んでいる。

黄砂の発生条件としては：(1) 発生地に多量の乾燥した砂塵 (直径0.1-0.3 mm) と粉塵 (直径0.25-0.0036 mm) が存在すること；(2) 発生地に低気圧による上昇気流が存在すること；(3) 発生地の上空に強い偏西風が存在することが必要である。また、2-4 km の上空まで舞い上げられたものは日本列島を越えているし、4-7 km の上空まで舞い上げられた黄砂はアメリカ本土まで輸送されている (Mukai *et al.*, 2004)。黄砂は1999年から頻繁に発生するようになり、その勢いも年々増している (星野ほか, 2009)。

本研究では、まずNOAA HYSPLIT MODEL と TOMS

(2010年1月19日受付; 2010年5月17日受理)

\* Corresponding Author: aosier@rakuno.ac.jp

〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582番地 Tel & Fax: 011-388-4913  
582, Bunkuyodai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

1) 酪農学園大学 環境システム学部 生命環境学科 環境リモートセンシング研究室 2) 中国 内モンゴル師範大学 地理学院

Department of Biosphere and Environmental Sci., Rakuno Gakuen University

Institute of Geographic, Inner Mongolian Normal University, China

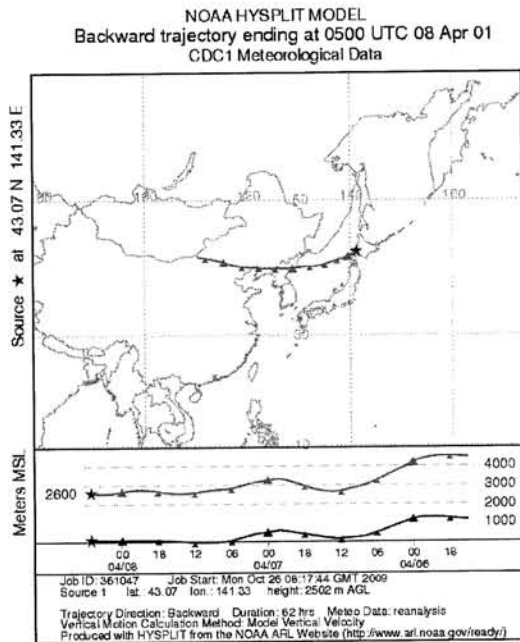


図1. HYSPLIT MODEL の結果. 黄砂発生地はN43.11°; E111.58° 付近.

Earth Probe aerosol index を用いて、札幌で観測された2001年4月8日の黄砂イベントを基に、その発生地域を推定し、現地調査を行った。HYSPLIT MODEL から今回の黄砂イベントは東経 111.58 度、北緯 43.11 度付近から発生したことが分かった (図1)。

現地調査を先に人工衛星の画像を入手し、時系列人工衛星のデータから土地被覆の変化 (change detection) を抽出した (図2)。ここは内モンゴルソノトウ右旗境内であり、草原の退化と沙漠化が深刻な地域である。図2 (b) の右下方からも分かるように、1993年と比べると、1999年の画像で沢山の柵 (1990年代後半の土地の個人分配政策実施後、定住化に伴い出現したもので、採草用柵と冬放牧用柵とさまざまである) が現れ、柵の中の NDVI (Normalized Difference Vegetation Index: 植生の被覆率や光合成活性などを示す指標で、通常正規化植生指数とも呼ぶ) の値が1999年の時点で柵の外より高い値を示したが、2009年の画像では柵の形すら消えてしまい、全部沙漠になっていることが画像解析と現地調査から分かった。

中国政府は20年前から『生産労働責任制度』の政策を導入し、土地を生産労働者である個人に30-40年間貸し出していた (星野ほか, 2008)。そこから内モンゴルの草原地帯では、昔ながらの自然的 (あるいは半野生的) な遊牧が難しくなり、政府の誘導政策によって、このあたりの遊牧民は1990年後半から全面的な定住化が始まった。その後、政府の後押しで定住化がさらに進み、モンゴル国と国境沿いまで広がっていた。定住の直接原因は土地の所有権 (正式いえば使用权) の分配にあった。今まで数千年間も土地の所有や境界があいまいであった遊牧の草原地帯で土地を個人個人に分配することによって、遊牧民の心の中にも境界線が生まれていた。『ここまでは

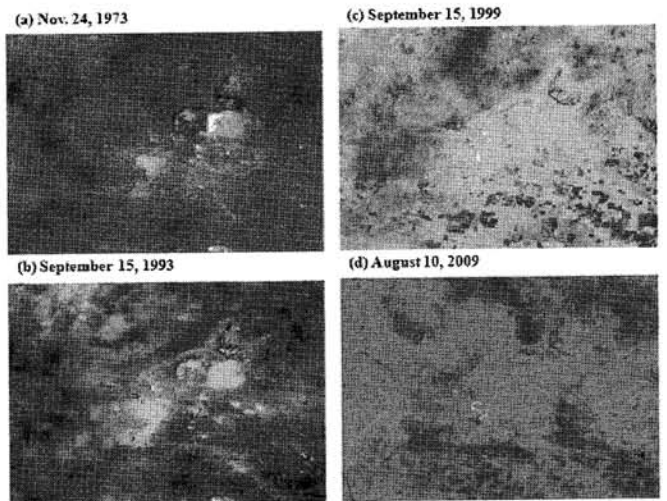


図2. 人工衛星 Landsat TM の時系列データから計算した地表面植生指数 (NDVI) の変化. 過去36年間: 色濃く所は NDVI 値が高い (NDVI: 0.23-0.51) ことを示している.

私の草原』といった概念が生まれ、自分にあつた草原域だけを守れば良いという思いが出始め、自分が所有する土地を柵で守ろうという動きが一気に広がった。地平線しか見えない土地に柵がいっぱい出現し、柵によって草原が分断され、家畜の行動が狭い範囲内に制限され、自由な遊牧生活が不可能な結果になってしまった。柵の役割がさらに発展し、様々な役割の柵が出始めた。『農地を開発し、農作物を守るために、家畜を排除する柵』、『採草地柵』、『越冬用柵』、『荒地柵』等、様々な柵が草原をネットのように囲み、広大な草原が柵の内外にシフトされ、調査地では家畜の行動範囲と移動距離が平均 10 km しかなかった。内モンゴルの草原の土壌水分量は南・北斜面で当然異なり、年によって草の生産力のばらつきが大きい。遊牧の場合、家畜はいつも最も新鮮な草を求め常に移動し成長が悪い草が芽生える時期を得るのである。しかし、柵によって制限された家畜は草の根の層まで掘り起こしてしまい、草原が再生能力を失い、沙漠になっている。図2 (b) で示したように、ランドサット衛星の1999年9月15日の NDVI のマップでは柵の中の NDVI の値 (0.25-0.65) が柵の外の NDVI 値 (0.09-0.21) より高いのだが、図2 (c) の2009年8月10日の NDVI マップでは柵の形も消えてしまい、柵の内外共に非常に低い値 (0.10-0.21) を示した。現地プロット調査のデータを図3に示した。

図3 (a, b, c) で示したように、1999年から2006年の7年間、柵外の草丈が2.7 cm 減少に対して、柵内の草丈が平均1.7 cm 小さくなった。また、群落の被度の場合、柵外が前より0.05%増加に対して、柵内は逆に3%減少した結果になった; 乾物量 (DMP) は両方とも著しく減少し、柵外は82.4 g/m<sup>2</sup>も減少し、柵内は34.2 g/m<sup>2</sup>も減少した。以上から7年間でこの周辺の草原は著しく退化していることが分かった。また聞き取り調査から、柵外は

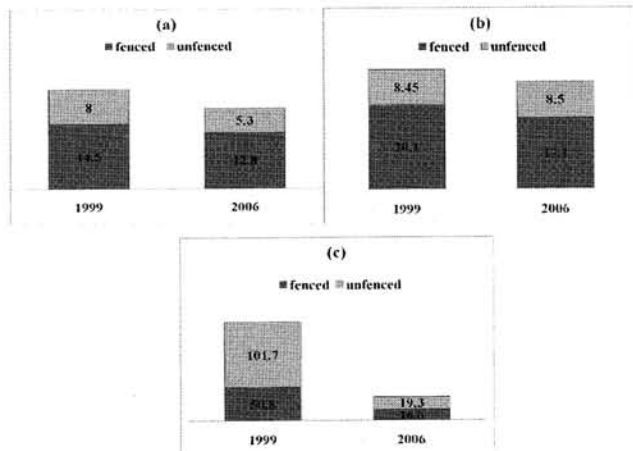


図3. 柵内・外の植物群落の比較. 調査時期: 1999年と2006年の8月下旬; 地表面特徴: 軽度退化草原; プロット場所: N43°36', E113°55'; 3(a) the community height (cm); 3(b) the community cover (%); and 3(c) Dry matter productivity (DMP) (g/m<sup>2</sup>).

一年中使用している草原に対して、柵内は冬だけ使う草地であることが分かった。図2で示したように、1993年から1999年間の6年間は柵の外側の草原が最初に沙漠化し始めたことが分かったが、図3の結果より、柵によって柵の内、外両方と同じく退化している様子が確認された。同時に図3(b)で示したように、植生群落の被度の場合、柵内が柵外よりも減少したことが分かった。種の多様性は: 柵内11種類、柵外は9種類があり、7年間に大きな変化は見られなかった。

大規模の政府誘導の柵が設置する前は『伝統的遊牧』である。遊牧では、家畜(内モンゴルの場合、主にヒツジ、ヤギ、ウシ、ウマ、ラクダである)、草原と遊牧民を一つのシステムとして考えることができる。遊牧システムでは遊牧民は家畜を水場(河川、井戸、水たまりや泉など)周辺に誘導して遊牧するので、その家畜は周辺の最も成長が良い草を求めて、本能的に移動する。遊牧民の知恵と家畜の本能が働く。一年中季節的に移動する生活のスタイルが草原を過放牧から解放し、沙漠化を招くことなく、数千年間モンゴル高原で遊牧型の生産・生活が成り立ってきたと考えられる。酷い旱魃が襲ったら、200 km以上も移動し、場合(連年旱魃が襲った場合)によって故郷と言われている範囲を超えて、“他郷”まで足を運んでいた。我々の調査でもモンゴル国ドンドオゴビ県の遊牧民BY氏が2004年の旱魃で230 kmも移動したことが分かった。図4ではモンゴル国南ゴビにおける家畜(ヤギ)の行動を衛星(GPS)追跡した結果である。図4で示したように、伝統的遊牧システムでは家畜は常に本能的に最も良い草を求めて移動するので、その間、成長が悪いところの草原が回復するタイミングを得る。再び家畜が同じ場所に戻った時、草原は既に回復できおり、土壌の層まで家畜が破壊することなく、脆弱と言われている草原の生態系が長期的持続的利用可能になっている。

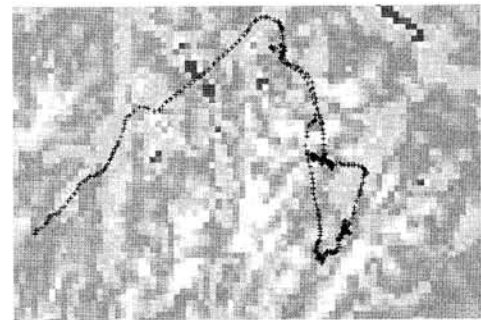


図4. モンゴル国ドンドオゴビにおけるヤギの行動. GPS追跡, 背景はALOS AVNIR-2 NDVI. ここではヤギはいつもNDVI最も高いところを歩いていることが分かる。

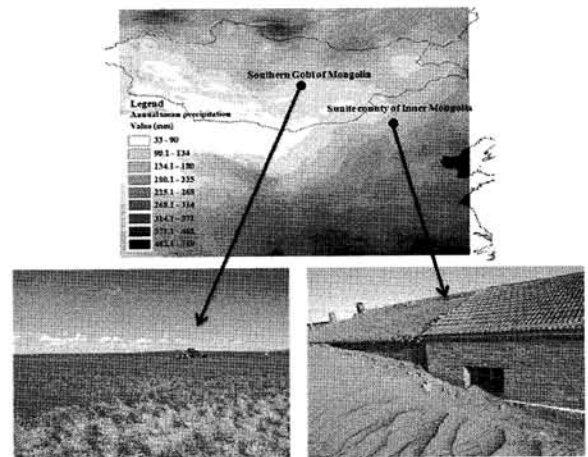


図5. 定住型と遊牧型放牧地域の比較. 左下: モンゴル南ゴビ・遊牧型放牧地域・年平均降水量は90-134 mm; 右下: 蘇尼特右旗・定住型放牧地域・年平均降水量は180-225 mm.

典型的 steppe のモンゴル国と内モンゴルの遊牧地域では10-15 cmの薄い表土に草が入っている。その下には硬いカルシウムの層があり、その下には流動沙漠と同じような砂層がある。定住し、農業を作り、更に固いカルシウムの層まで破壊すると沙漠化を招く。同じ場所を長期的にわたって放牧することによって、薄い土壌の層がなくなり、更に固いカルシウムの層まで破壊されると“レジムシフト”が起って、草原は沙漠になると考えられる。下層の砂が表面に現われ、沙漠化が進み、強い冬型のモンスーン(偏西風)によって沙漠がさらに拡大し、黄砂の発生地が変わっていくと考えられる。現在の内モンゴルでは、定住した元遊牧民は一年中同じ場所を繰り返し利用せざるを得ない。同じ場所を繰り返して長期的に利用することによって草原の過放牧が深刻化し、面積当たりの家畜の密度と土地利用の圧力が大きくなり、放牧の強度(grazing pressure)が草原のキャパシティを超え、脆弱な草原の環境をもっと悪化させていると考えられる。

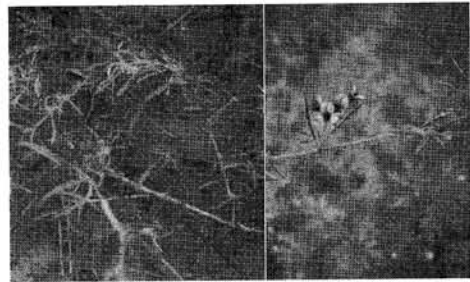
図5は遊牧型放牧を続けているモンゴル国南ゴビと1990年代後半に定住化が進んでいる内モンゴルのソニトウ左旗との比較である。図5からも分かるように、モンゴルの南ゴビ(年平均降水量90-134 cm)に対して、

表 1. *Artemisia halodendron*.

学名	<i>Artemisia halodendron</i>	
中国名	差不嘎蒿、蒿、沙蒿、好草-西巴嘎	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・半低木、高さ50~100cm。</li> <li>・半固定砂地と流動砂丘の下部に生育する。</li> <li>・科爾沁沙地（遼寧省の西部、内蒙古の通遼市、赤峰市の東部）、呼倫貝爾沙地に生育する。</li> <li>・本種は優良な固砂植物であり、苗植栽や挿木でいずれも良好に成長する。</li> </ul>	
場所	緯度	経度
(マンハンソム)	(42° 59' 30.4" )	(121° 23' 46.63" )
高さ (cm)	43~69	
被度 (cm×cm)	60×62、120×210	
土壌水分 (%)	12cm : 6~7 ; 20cm : 7~8	
標高 (m)	299	
沙地傾斜角度 (°)	1.994745	
斜面方位 (°)	16.361393 (北~北北東)	

図 6. *Artemisia halodendron*.表 2. *Pocockia ruthenia* (L.) Boiss.

学名	<i>Pocockia ruthenia</i> (L.) Boiss	
中国名	扁蓿豆	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂丘が低いところでは、大きく成長する。</li> <li>・沙漠固定に良い。</li> </ul>	
場所	緯度	経度
(マンハンソム)	(42° 59' 29.93" )	(121° 23' 46.72" )
	(42° 59' 30.49" )	(121° 23' 46.68" )
	(43° 01' 01.31" )	(121° 21' 03.43" )
高さ (cm)	52、142、49	
被度 (cm×cm)	175×200、87×130	
土壌水分 (%)	20cm : 4~7	
標高 (m)	299・294	
沙地傾斜角度 (°)	1.994745	
	0.591342	
斜面方位 (°)	16.361393 (北~北北東)	
	13.747560 (北~北北東)	

図 7. *Pocockia ruthenia* (L.) Boiss.

年平均降水量が2倍弱の(180-220 cm)の内モンゴルのソントウ左旗では、定住によって過放牧状態に陥って、全体の7割以上の草原で沙漠化が進み、深刻な環境問題を引き起こしている。ソントウ左旗政府の所在地も、町全体が砂に埋もれたため、15 km先の別の場所へ引越し、新たな町を作ったがその場所も現在砂に埋もれる危険性が出たという(図5)。

### 3. 原生植物を生かした内モンゴルの沙漠の緑化

上記のように定住化によって、昔長距離移動しながら放牧する遊牧型放牧システムが崩れ、定住に伴い出現した柵によって制限された家畜は柵の外側の草原を食べ尽くして、土地の退化が起こり、流動砂が柵の中まで移動し、柵の形で新たに草原の退化と沙漠化が深刻になっていることが確認された。言うまでもなく内モンゴルの草原の沙漠化の現状はとて深刻であり、沙漠化した草原から発生する黄砂が地球スケールの環境問題として発展している。それでは、どのようにして草原の沙漠化を防ぎ、沙漠化した草原を元に戻すのだろうか？戻せるのだろうか？これは非常に難しい課題であることに違いない。退化と沙漠化が深刻になっているシリングル盟の典型steppe草原は面積が広く、元々から草本植物しか生育していない草原である。但し、適切な放牧に戻して、長期旱魃が終われば草原は自然に回復する可能性もある。し

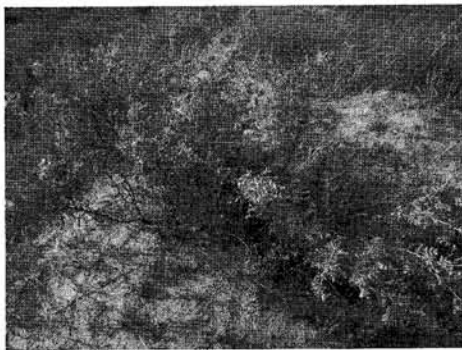
かし、放置し、放牧を完全に禁止すると植物種の多様性が激減し、草原の利用価値を失う危険性も指摘されている(Zhao et al., 2008)。

本研究では、元々草本しか入っていない典型草原steppeと対照的に、元々から様々な灌木と森林が入っていたが、100年前(清の時代)から沙漠のオアシスに農地を作り、その周辺で放牧してきた所謂“半農半牧”を営む内モンゴルの東側に位置するホルチン(科爾沁)沙地のフレイホショー(庫倫旗)を対象地に、沙漠化した地域で植生を再生するプロジェクトを実施し調査を始めている。我々は現地調査を踏まえ、わずかに残され、元々生育していた原生植物を『苗』として育てる新たな沙漠緑化の手法を提案している。所謂『原生植物』とは地域の気候と土壌に適した元々地元で生育しているネイティブな植物のことである。現地調査の内容はGPSによる位置特定、TDR 土壌水分器(HydroSense)による12 cmと20 cm土壌水分含有量、リーフポロメーターによる蒸発散量、フィールドスペクトルによる光合成活性、及び1メートル方形コトラード手法による植生のplot調査と現地住民への聞き取り調査などが含まれている。また、現地測定と人工衛星SRTM(The Shuttle Radar Topography Mission)のデータを基に、原生植物が生育している場所の微地形、斜面方位、傾斜度などを抽出し、生息環境の指標を作成した。

下記の表1~表4、及び図6~図9は今回の調査で確認された23種植生の中から選別した経済と生態の両面から考え、提案したい沙漠化を防止のための原生植物であ

表3. *Caragana korshinskii* Kom.

学名 <i>Caragana korshinskii</i> Kom.		
中国名 柠条锦鸡儿: 柠条, 白柠条, 毛条, 查干-哈日嘎纳		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・低木。ときに小高木。高さ1~4m。</li> <li>・半荒漠地帯では固定砂丘の優勢種であり、または <i>Artemisia ordosica</i> 油蒿と混生する。</li> <li>・内蒙古 (伊克昭盟西北部、巴彦淖爾盟、阿拉善盟)、寧夏西部、甘肅の河西走廊に産し、モンゴルにもあり、優良な固砂植物や保砂植物である。</li> <li>・本種と <i>C. intermedia</i> 中間錦鶏児を混播して、荒地を緑化し、コストが低く、速度が速く、効果があるため、広められている。枝葉は、刈り取り後、飼料や緑肥になる</li> </ul>		
場所	緯度	経度
(マンハンソム)	(42° 59' 29.99")	(121° 23' 46.65")
	(43° 01' 01.58")	(121° 21' 03.93")
高さ (cm)	125, 71	
被度 (cm × cm)	115 × 130, 100 × 155	
土壌水分 (%)	20cm: 5, 7	
標高 (m)	299, 293	
沙地傾斜角度 (°)	1.994745 0.997675	
斜面方位 (°)	16.361393 (北~北北東) 343.638611 (北北西~北)	

図8. *Caragana korshinskii* Kom.

る。『苗』として生育し、多量に植林することで流動沙漠を抑制する機能があると考えられる。

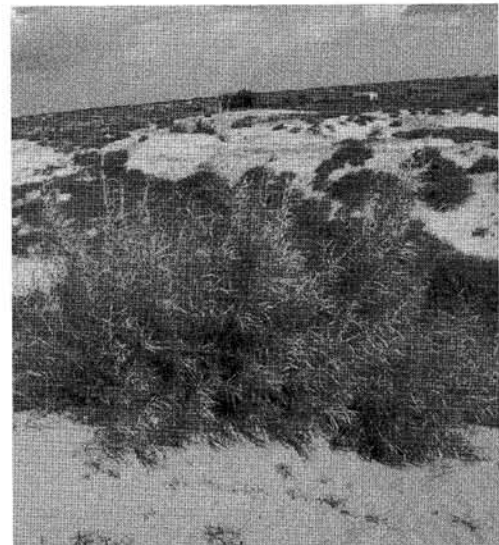
差不嘎蒿や黄柳は、挿し木や苗植栽で植林することができ、檸条錦鶏児は成長が速いとされている。檸条錦鶏児のほかに冷蒿・紫穗槐・小葉錦鶏児・油蒿は、家畜の飼料や緑肥となる。また、薬用成分や芳香油、編み物や製紙に代わるもの、木材など、経済価値のあるものとして紫穗槐・榆・細裂毛蓮蒿・麻黄・黄柳がある。上記四種は流動砂丘の先端にも入っている原植物であり、沙漠固定ばかりではなく、家畜の飼料、燃料としても使われている沙漠固定の生態効果と生活に必要な経済効果がある原植物である。最近、サジ (沙刺: *Hippophae* spp.) など漢方薬の薬剤になる経済的価値が高いものを多量に栽培している地域もあるが、サジは昔この地域にも生育していたという話を聞いたが、今回の調査地域では天然のものは見つからなかった。

#### 4. まとめ

数千年の間も続いてきたアジアの遊牧は様々な危機に直面して存続すら難しくなっている。遊牧している地域

表4. *Salix flavida*.

学名 <i>Salix flavida</i>		
中国名 黄柳: 小黄柳		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・低木。高さ1~3m。</li> <li>・砂丘間低湿地に生育し、埋砂後は流動砂丘上で成長でき、砂丘の固定後は次第に衰弱する。</li> <li>・呼倫貝爾沙地、科爾沁沙地 (遼寧の彰武、内蒙古の哲里盟、昭烏達盟) 及び澤普達克沙地に産する。無かんがい条件下でも変わらず成長が良い。</li> <li>・根系が発達し、成長が早く、埋砂後の成長も旺盛であり、草原地帯や半荒漠地帯の優良な先駆固砂植物である。</li> <li>・さし木により繁殖を行い、砂の溜まる斜面下部から植栽を始めるとうよい。</li> <li>・枝葉は、編み物用や薪炭材となる。</li> </ul>		
場所	緯度	経度
(マンハンソム)	(43° 00' 50.21")	(121° 19' 17.64")
高さ (cm)	182	
被度 (cm × cm)	280 × 360	
土壌水分 (%)	20cm: 7~8	
標高 (m)	330	
沙地傾斜角度 (°)	1.51785	
斜面方位 (°)	247.768112 (西南西)	

図8. *Salix flavida*.

は年々縮小し、遊牧民の数も年々減っている。昔、伝統的遊牧がモンゴル高原では繁栄と持続的発展をもたらしたが、現在、気候の長期的乾燥化、人口増加と家畜頭数増加による過放牧、農業、市場経済などの波におそわれ、その魅力を失いつつある。但し、伝統的遊牧によって脆弱なモンゴル高原の生態と環境が今日までその美しさを維持されてきたことに間違いはないだろう。

#### 謝辞

本調査・研究は日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (S): 『牧畜文化解析によるアフロ・ユーラシア大陸内陸乾燥地文明とその現代的動態の研究』 (Project No. 21221011) と酪農学園大学・学内共同研究助成金の補助で行った成果である。現地調査に協力した内モンゴル・通遼市・庫倫旗マンハン小学校の皆様には深く感謝します。

## 引用文献

- 星野仏方 (2009) : 生態移民. 日本沙漠学会編『沙漠の事典』, 丸善出版, pp.159.
- 星野仏方・小野智郁・佐藤 藍・松中照夫 (2008) : アジア内陸発生黄砂の地球環境への影響のビジュアル化. 「日本可視化情報学会全国講演会論文集」147-149.
- 安成哲三 (2007) : GAME (アジアモンスーンエネルギー・水循環 研究観測計画) - アジア発の WCRP 国際共同研究プロジェクト -, 「日本気象学会創立 125 周年特別号第 2 部気象研究ノート」 215:159-168,
- Hoshino Buho, Masami Kaneko, Teruo Matsunaka, Satomi Ishii, Yoshihito Shimada, Chifumi Ono (2008): A comparative study of pasture degradation of Inner Mongolian fenced and unfenced land based on remotely sensed data. *Journal of the College of Dairying (Natural science)*, **34**(1): 15-22.
- Liu S., Wang T. (2007): Aeolian desertification from the mid-1970s to 2005 in Otindag Sandy Land, Northern China. *Environ Geol*, **51**: 1057-1064. Doi 10.1007/s00254-006-0375-1.
- Mukai M., Nakajima T., Takemura T. (2004): A study of long-term trends in mineral dust aerosol distributions in Asia using a general circulation model. *Journal of Geophysical Research*, **109**, D19204, doi:10.1029/2003JD004270.
- Yasunari T. (2007): Role of Land Atmosphere Interaction on Asian Monsoon Climate. *J. Meteorol. Soc. Japan*, **85**: 55-75.
- Zhao Ha-lin, Okuro T., Li Yu-lin, Zuo Xiao-an, Huang Gang, Zhou Rui-lian (2008): Effects of human activities and climate changes on plant diversity in Horqin sandy grassland, Inner Mongolia. *Acta Prataculturae Sinica*. **17**(5): 1-8 (in Chinese).