

中国内蒙古自治区阿拉善盟における砂漠化防止と緑化の試み

阿部 淳^{1*}・荒木 英樹²・安 萍³・清水 英幸⁴
 李建民⁵・郭 玉海⁵・稲永 忍^{3**}

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科・² 山口大学農学部・³ 鳥取大学乾燥地研究センター
⁴ 国立環境研究所・⁵ 中国農業大学

要 旨：中国内蒙古自治区の阿拉善盟では、砂漠化防止のためにさまざまな政策と技術導入が行われている。植生が荒廃して砂漠化が進行した地域では、過放牧の抑制と人工播種による緑化が試みられている。人工播種は、飛行機を用いて広大な面積に帯状に、籽蒿 (*Artemisia sphaerocephala*)、花棒 (*Hedysarum scoparium*)、沙拐枣 (*Calligonum mongolicum*) の種子を散布する。過放牧の抑制には放牧の代替となる産業の導入が必要であるが、肉苁蓉 (*Cistanche* 属) など、乾燥地特有の薬用植物の栽培化がその一策として期待されている。また、賀蘭山においては、高山特有の生態系を保持するために保護区が設けられている。

キーワード：過放牧、高山の生態系、砂漠先駆植物、飛行機播種による緑化、薬用植物

Combating desertification and rehabilitating degraded arid lands in Alashan, Inner Mongolia, China. : Jun ABE (*The University of Tokyo*), Hideki ARAKI (*Yamaguchi University*), Ping AN (*Tottori University*), Hideyuki SHIMIZU (*National Institute for Environmental Studies, Japan*), Jianmin LI (*China Agricultural University*), Yu-hai GUO (*China Agricultural University*) and Shinobu INANAGA (*Tottori University*)

Abstract: Alashan is an arid area in Inner Mongolia, China, and policies and researches to combat desertification are actively conducted by the local authorities. The airplane is used to broadcast the seeds (i.e., air seeding) of arid plants, *Artemisia sphaerocephala*, *Hedysarum scoparium* and *Calligonum mongolicum*, for the revegetation of wide degraded lands. The control of grazing is an important policy to avoid the degradation of lands. The cultivation of arid medical plants is expected to be an alternative income source. The specific ecosystems in the alpine area of the Helanshan Mountains are protected as natural sanctuary.

Keywords: Ecosystem in highland, Medical plants, Overgrazing, Pioneer plants in desert area, Revegetation by air seeding.

1. はじめに

中国では、経済発展にともない東部沿海地域において進行した人口・産業の過密化の対策として、また、東西の経済発展のバランスをとりつつ、多くの少数民族を抱える地域での国家意識を浸透させる目的も兼ねて、「西部大開発」のスローガンのもと、内陸地域の開発を強力に押し進めている。その基盤となるのはインフラの整備と、科学技術の普及であり、現在既に、タクラマカン砂漠においても、ハイウェイとインターネットケーブルが敷設されているほどである。こうしたインフラ整備の一方で、もともと降水量が少なく砂漠化が問題視されている地域だけに、環境保全も政策上の重要な課題と位置

づけられている。

砂漠化というと、元からある砂漠が周辺に拡がっていくというイメージを持つ人が多いが、多くの場合は人為的要因によるものであり、乾燥地・半乾燥地ながらも、それなりに優良な草地・農耕地だった（あるいは潜在的に生産力が高いはずの）場所が、過放牧や伐採、あるいは地下水など水資源の競合が生じて攪乱され、総バイオマスが減少し、やがて残存する種数も限定されて荒廃地となっていく現象である（徳岡, 2003; 吉川ら, 2004; 赤木, 2005）。自然の遷移では回復不能なレベルまで不可逆的に荒廃が進んでしまった地域も少なくない。西部大開発にともない、道路が拡がり、街周辺では建設ラッ

2005年6月6日受付

* 連絡先 〒113-8657 東京都文京区弥生 東京大学大学院農学生命科学研究科
 Fax: 03-5841-5045 E-mail: JunAbe@agrobio.jp

** 現在 国際農林水産業研究センター (JIRCAS)

シュが進行しているが、これなども、良好な植生を減少させたり、水資源の競争を厳しくしたりするとともに、放牧を限られた地域に集中させたり、より植生の乏しい地域に追いやることになりかねず、砂漠化を助長する危険性がある。一方で、地域住民、とりわけ少数民族の生活・家計を守ることも政策上の重要課題であり、また、実効ある砂漠化防止のためにも、住民の理解と主体的参加を得ることが大切である。過放牧が問題だとしても、単に放牧を禁止するというのではなく、伝統的文化を守るための必要最低限以上の放牧を確保しつつ、代替となる家計収入の方途を提供していく必要がある。

著者らは、2004年12月に、中国内蒙古自治区の阿拉善(アラシャン)地域を訪問し、阿拉善盟(おおむね日本の県に相当する行政単位)ならびに阿拉善左旗(おおむね日本の市に相当する行政単位;人口約15万人)の行政・研究機関の協力を得て、現地で行われている生態系保護や荒廃地の緑化の試みを視察し、情報を交換する機会を得た。内蒙古自治区(面積約110万km², 2001年人口2,320万人;中国地图出版社, 2003)は、モンゴル国と東西に長い国境線(約3,200km)を持ち東はロシアとも接する広大な地域であるが、その中でも、阿拉善盟は西端に位置し、東経97°10′-106°52′(東西約800km)、北緯37°24′-42°47′(南北約400km)の27万km²を占める大きな行政単位である。盟の入口ともいべき阿拉善左旗は、天津市からほぼ西に1,000kmの位置に当たる。標高はおおむね1,000-1,400mで、年間降水量は40-200mmと少ない(オイスカ阿拉善砂漠生態研究プロジェクト;<http://www.geocities.jp/oiscaalashan/>)。寒暑の差も大きく、著者らの訪問期間における阿拉善左旗での最高気温は-9°C、最低気温は-15°Cであった。

阿拉善盟林业(業)局の乔永祥氏ならびに阿拉善盟活沙研究所の田永祯所長によると、現在重要視している事業は、砂漠化地域・荒廃地の人工緑化であり、これは飛行機播種が有効であるが、同時に放牧民の移住・転出が必要とのことである。さらに、砂漠・沙地植物の産業化も重要な課題で、野生の薬用植物採取を禁止し、栽培を普及する試みがなされている。オアシスの回復、道路の砂防、水利用の効率化なども重要な課題であり、気象変動の調査については既に日本との共同研究を実施中とのことであった。今回は、騰格里沙漠(トングリ沙漠, Tengger Desert)と賀蘭山(賀蘭山, Helanshan Mountains)に挟まれた阿拉善左旗を拠点に、主に人工緑化

と放牧民移住のためのプロジェクトの現場を視察し、あわせて薬用植物研究の情報交換を行ったので、根に直接関わる話ばかりではないが、それらの見聞を中心に、文献の紹介も交えて報告する。

2. 飛行機播種による緑化帯

乔永祥氏(阿拉善盟林业局)と赵永文氏(阿拉善左旗林业局)の案内で、头道沙子という地区の飛行機播種による緑化帯を視察した。この緑化帯(第1図A)は、これまで阿拉善盟・阿拉善左旗の林业局が試みたなかで最も成功した事例である。飛行機播種による人工緑化に通常必要とされる年間降水量200mmを下回るにも関わらず、播種する植物種や播種法を工夫することで、緑化を成功させた。中国政府からは、こうした緑化事業に50元/亩(1ha当たり1万円弱)の助成金が支給され、阿拉善盟林业局では約10万亩(6,700ha)分の助成金を申請しているが、これまでに政府の助成金なしで盟独自に緑化を行った実績もある。

头道沙子の標高は約1400m、年間降水量は180mmで、降雨は夏の驟雨が多い。散布時に風に舞わないよう、砂や粘土によるコーティングで重みづけした種子を、2001年6月に長さ100km×幅3-5kmの帯状の領域に0.5kg/亩(7.6kg/ha)の播種量で飛行機により散布した。通常、播種に先立ち発芽試験を行い75-80%以



第1図. 籽蒿(*Artemisia sphaerocephala*)の植生。

A. 头道沙子緑化帯に拡がる人工播種の籽蒿

B. 騰格里沙漠東端の砂丘の底部に点在する籽蒿。

上の種子を用いるが、播種後の出芽率はきわめて低く、この緑地帯の45%近い出芽はきわめて良好といえるという。この緑化帯に播種した植物種は、籽蒿(白沙蒿, *Artemisia sphaerocephala*; キク科ヨモギ属)、花棒(細枝岩黄耆, *Hedysarum scoparium*; マメ科イワオウギ属)、沙拐枣(*Calligonum mongolicum*; タデ科沙拐枣属)であり、まず籽蒿が優占種となり、3年ほどで花棒、沙拐枣に遷移する。著者らの調査時点(2004年12月)では、まだ籽蒿がかなりの比率を占めていた(第1図A)。

籽蒿などの沙蒿類(*Artemisia*)は沙地への適応性が高い先駆植物として知られる。1950年代には、中国科学院林業土壤研究所(現 応用生態研究所)の劉慎諤が、騰格里沙漠南東を通る鉄道包兰線の建設のための研究の一環として、まず沙蒿で流動砂丘を固定し、しかる後に花棒などで造林するという緑化法を提唱している(中国科学院蘭州沙漠研究所編輯『中国沙漠・沙地植物図鑑 木本編』日本語版(2002)の訳者による巻頭の解説を参照)。今回視察した緑化法は、こうした従来の知見に飛行機播種を組み合わせ、また、沙蒿類と花棒などの同時播種を実現することで、より効率的に大規模の緑化を行う方法と位置づけることができよう。飛行機播種自体は、発芽・苗立ちの安定性は劣るが広大な面積の緑化を可能にする技術として、すでに毛烏素沙地などでも実施されている(吉川ら, 2004)。

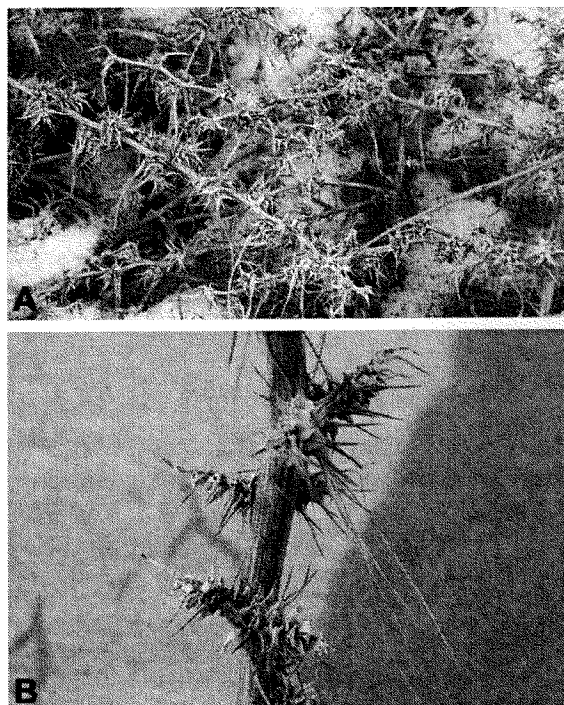
今回視察した緑化法では、夏期に降雨が多いことに配慮し6月に飛行機播種を行う。籽蒿をはじめとする沙漠・沙地植物の発芽特性については既にいくつかの研究があり、温度と土壤水分に加えて、砂による被覆程度が重要な要因となる種も多い(Huang and Gutterman, 2000; Bai et al., 2004)。飛砂による被覆が厚くなると発芽・苗立ち率の低下が懸念されるが(Huang and Gutterman, 2000)、風による砂の飛来は春期に多いことと考え合わせると、6月という播種期は、土壤水分、被覆の両面で的確な時期と推察される。逆に、光が強すぎても沙蒿類の発芽が阻害されることも報告されており(Zheng et al., 2004)、種子が地表に露出したままでの発芽率は低いと予想されるが、種子をコーティングしているため、この問題は回避できていると考えられる。土による種子のコーティングは、砂への直接播種に較べて水分保持など種子周りの環境を良好に保つ効果も期待でき、日本のNGOなどによる人力での播種にも用いられている。

こうした人工緑化の効果がどのくらいの期間維持されるかは、今後、十分な時間をかけて追

跡していく必要がある。マメ科木本植物の花棒などが定着することが望ましいが、緑化は一方で植生による水の消費量を大きく増大させるという問題がある。過去50年間の騰格里沙漠周辺の人工緑化地を調査した研究(Li et al. 2004a)によると、いったんは花棒や錦鸡儿(後述)などのマメ科植物を含む多様な低木類が定着しても、その後は、土壤水分の低下により草本や沙蒿類など限られた種を主体とした植生に戻ってしまった例も多い。

人工播種した3種のほかに、緑化帯内に自生していたのは沙米(*Agriophyllum squarrosum*; アカザ科沙蓬属の草本植物)である(第2図A)。緑化帯のすぐ外縁(植生地帯側)には籽蒿と近縁の油蒿(*Artemisia ordosica*)が多くみられた。人工緑化に油蒿ではなく籽蒿を用いた理由は、籽蒿のほうが植物体が大型であり、種子も油蒿よりは大きくて採種が容易であるためとの説明であった。また、後述の通り、籽蒿は騰格里沙漠内の砂丘中腹にも自生しており(第1図B)、緑化植物としての適性が、油蒿よりもさらに高いと考えられる。

頭道沙子のほか、赵登海氏(贺兰山国家级自然保护区管理局)と乔永祥氏、赵永文氏の案内で贺兰山に近い木仁高勒、沙井子という地区



第2図. 沙米.

- A. 頭道沙子緑化帯に自生の沙米. 地を這うように生育している。
B. 騰格里沙漠東端に自生の沙米.



第3図. 木仁高勒沙井子の緑化予定地から賀蘭山を望む。

手前側の砂と雪だけの一帯は、過放牧により荒廃したため、牧畜を他地域に移転させ、飛行機播種による緑化を予定している。

の2005年飛行機播種予定地(第3図)も視察した。沙井子では、従来、放牧による植生の損傷が著しかった。牧畜の糞も散見されたが、すでに大部分は他の地域へ移動させ、そこで集約的な牧畜を行っているという。飛行機播種による緑化も、人口圧や放牧による淘汰圧の強い場所では効果があがらず、こうした牧畜の移動との組み合わせが必要な場合が多々ある。

3 放牧民定住化の試み

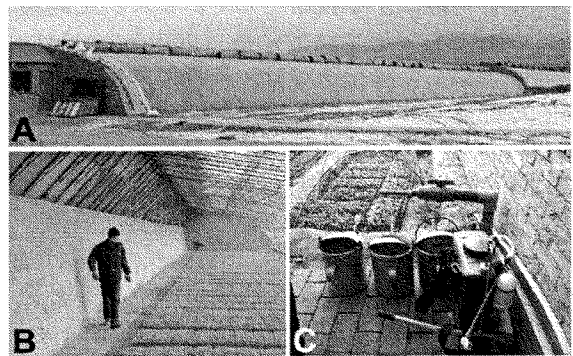
アラ善の砂漠・沙地や高山の緑化・生態保護に携わる技術者・研究者からは、過放牧が植生破壊の大きな要因となっており、放牧民と家畜を他の地域に転出させ、集約的な牧畜に転換させないと、緑化・保護の成功は難しいという話を数度にわたって耳にした。

こうした放牧民の定住促進のために、アラ善左旗郊外において地区の共産党委員会による行政主導で試みられている放牧民定住施設(巴彦浩特移民新区)を視察した。この移民新区は、企業との共同事業で、酪農と蔬菜園芸による住民の定住と経済的自立を目指している。移民300世帯分の住宅が設置され、酪農施設と600棟の大型温棚(ビニールハウス; 第4図)が、既に設けられている。温棚内では、セル育苗による近代的な蔬菜栽培が導入されているが、移民はまだ40数世帯と少なく、著者らが視察した温棚も、運営は移民自身の手によるものではなく、1日20元の日当制で行われていた。

この地域の作物栽培は、日射量・土質などの条件は比較的良好であるが、水不足が制限要因となっている。企業が水を提供して、大型温棚で蔬菜を栽培することで、1棟当たり8,000元/年以上の売り上げを見込んでいる。これは露地畑の玉米(トウモロコシ)栽培に換算すると20畝(1.3ha)の売り上げに相当する。300世帯に600棟の温棚を用意しているので、単純計算では、1世帯16,000元/年の蔬菜販売となる。

これに酪農を組み合わせることで、移住民の経済的自立を目論んでいる。入居後5年間は、5,000元/人の補助金がある。

視察した日本側メンバーの関心は、生産コストを差し引いても移住民にとって十分な収益が得られるかどうかにあった。入居5年目以降、補助金の支給期間が過ぎても、温棚や牛舎などの大型設備は無償提供されるが、種子、肥料、小型器具、水などの経費は移住民の負担となる。水は、企業が提供しているが、いずれは移住民が料金を支払って企業から水を買取るという制度を予定している。乳牛の餌は、移民新区から8km離れた場所で、800畝(53.3ha)の玉米(トウモロコシ)を露地栽培しており、これについても、その生産・運搬コストならびに環境への負荷が懸念される場所である。生産された蔬菜や牛乳などは、企業が買い取って加工・販売する計画であるが、移住民自身が加工・販売まで手がけないと、安価な農産物・原料を企業に納めるだけでは生活に十分な収入が得られず、また、将来、この地域の蔬菜・乳製品の生産量が増えれば、市場価格が低落して当初計画通りの販売額にならないといったリスクが考えられる。



第4図. 移民新区における大型温棚(ビニールハウス)での蔬菜栽培。

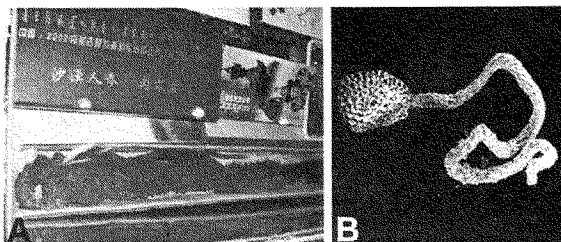
- A. 大型温棚。正面はビニールで、背面は煉瓦。ビニールの上に並んでいるのは、巻き上げた大きな菰(こも)。暑期の遮光や夜間の保温のために、この菰を垂らしてビニールを覆う。こうした構造の温棚は、この移民区に限らず中国の全国各地にみられる。
- B. 温棚の中。蒙古系の移住民が1日20元の日雇い労働で働いている。栽培されているのは、日本と同様のプラスチック容器で栽培されたセル苗の蔬菜。
- C. 水道と農業の噴霧器。水はこの移民新区を運営する企業が供給している。

4. 薬用植物栽培の試み

前節でみたように、植生破壊の原因となる過放牧を止めさせるといっても、それに変わる住民の家計収入を確保するには、現実的な新しい産業の導入が必要である。そこで、農学系の研究者らや現地の行政機関が着目しているのが、薬用植物の産業化である。漢方薬や健康食品に用いる薬用植物の中には、乾燥地や塩類障害土壤に適した種がいくつかある。従来は、野生のものを採取することが多かったが、近年では減少が著しく、また掘り採りなどの採取行為が植生・環境の破壊をもたらす(徳岡, 2003)。採取を禁止して保護するとともに、人工的に栽培して産業化しようという試みである。

今回は、寄生植物で、高級漢方薬原料となる肉苁蓉 (*Cistanche ambigua*, ホンオニク; 第5図A)の栽培を試みている現場を視察した。これらの肉苁蓉類 (*Cistanche* 属) は、寄主植物とともに耐乾性に優れ、好塩性でもあるため、乾燥地や塩類障害土壤での産業化に適している。著者らがアラ善で視察したのは、梭梭 (*Haloxyylon ammodendron*, *Anabasis ammodendron*; アカザ科梭梭属) を寄主植物として栽培し、その根に肉苁蓉を寄生させて育てている現場であった。こうした肉苁蓉類の栽培は、寄主植物となる低木の栽培を伴うため、放牧の代替産業というだけでなく、栽培自体が緑化の面でも有効と考えられる(徳岡, 2003)。ちなみに、宿主である梭梭の根系は、土壤の浅い層で水平に広がる根と土壤深層に深く伸長する根で構成されている。低木ではあるが、根系の乾物重は個体全体の乾物重の35-40%を占めており、深く伸びる根は深さ4-5mに達する(盛ら 2004)。乾燥地に適応して根系を発達させている典型的な植物種と考えられる。

肉苁蓉類には5種有り、著者らの一人郭玉海は、怪柳 (*Tamarix chinensis*, ギョリュウ; ギョ



第5図 肉苁蓉。

- A. 商品化され「沙漠人参」の名で売られる肉苁蓉(下の長細い物体)。高級な漢方薬原料として販売される。
- B. 管花肉苁蓉の種子から伸びる管状器官。低真空走査電子顕微鏡で撮影。馬ら(2005)より複写。

リュウ科ギリョウ属; 怪柳の原字は木偏に聖)を寄主とした管花肉苁蓉 (*Cistanche tubulosa*) の栽培を試み、その生活環や生理学的特性を解明している(盛ら, 2003; 盛ら, 2004; 馬ら, 2005; 楊ら, 2005)。怪柳は、乾燥の厳しい塩性土壤に適応した木本植物である(徳岡, 2003; 阿部ら, 2005)。管花肉苁蓉の種子は、管状の器官を伸ばし怪柳の根毛から侵入して瘤状の構造を形成し、その後、怪柳の根から養分を獲得しつつ茎が地中を上へ伸長して地上に現れる。寄生開始の過程は根粒菌の根への着生過程を連想させるが、その機構や管(第5図B)の形態学的由来など、未だ不明な点多々残されている。薬用原料とするには、茎を暗黒条件で育てる必要があるのでは、繰り返し上に覆土して栽培し長いものは3mを越える。

このほか、内蒙古での今後の栽培化が期待できる薬用植物としては甘草が挙げられる。甘草は、根が甘味や薬用成分を含むマメ科植物であり、甘味料や葛根湯などの原料として日本にも輸出されているほか、飼料としても有用である。内蒙古には甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*, ウラルカンゾウ; マメ科甘草属) が分布しており、近縁の脹果甘草 (*Glycyrrhiza inflata*, チョウカカンゾウ)、光果甘草 (*Glycyrrhiza glabra*, ヨウカンゾウ) などもあわせて、甘肅省や新疆などにみられる。甘草も過剰な採取で減少が著しい植物資源で、日本でも、将来は輸入が困難になることを懸念する声がある。著者らの一人李建民は、甘草の栽培技術を確立し産業化を試みている。主な産品は主根であり50cm~1.5mに達し、太さにより価格が異なる。横に5mほど細長く伸びる根茎も出荷するが、薬効成分が薄く、主根よりも価格は安い。

5. 高山における生態系保護の試み

賀蘭山は、東側を宁夏回族自治区の黄河や银川市などに、西側をアラ善盟南東部の騰格里沙漠などに挟まれた、南北に長い山脈である(第3図)。東西の幅45km、南北の長さ250kmで、頂上の標高は3,556mに達する広大な領域であり、東麓の西夏王陵や山中の岩絵など、西夏時代の遺跡でも知られている。

年間降水量320mmという乾燥に加え、高山であるための低温や、人間の活動に伴う破壊があるので、植生・生態の維持には特別な保護が必要である。西側の自然生態保護をアラ善盟が受け持ち、林业局と警察が協同して保護・管理にあたっている。著者らは、賀蘭山国家級自然保护区管理局の趙登海氏の案内で、賀蘭山北寺保

護区域を視察した。この区域は、元来はラマ教寺院の境内であるが、管理局の管理小屋が設けられ、林业局と警察の職員で構成されるレンジャーらが生態系の保護に努めている。高度に応じて気温・降水量が異なり、植生も上から順に、3,200m～山頂：莎草・苔草などのイネ科草本、3,100～3,200m：山柳（山楊）・鬼剣錦鸡儿などの灌木と草本、2,400～3,100m：青海玄杉と草本、～2,400m：青海玄杉、油松、杜松、灰榆、山楊などの灌木・高木と沙蒿やイネ科などの草本（特に2,200m以下の優占種は灰榆。1,800m以下では高木が多くなる）というように変化し、保護区域は高度・植生に応じて、数段階の区域に分けられ、山の上の方ほど規制が厳しい。動物は、昆虫（チョウ、ガ、ハチの類）のほか、ジャコウジカ、馬鹿（マーロー）、鷲などの大型動物も生息する。

6. 砂漠並びに砂漠周辺部の植物

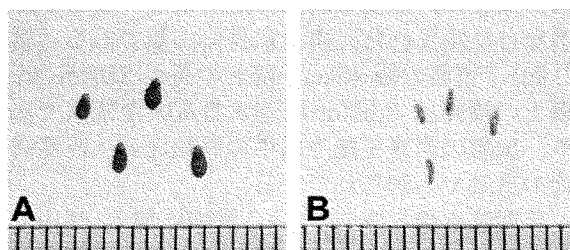
以下、現場において実見した植物種のなかから、数種を紹介したい。視察・調査が12月であったため冬枯れの状態での観察に留まるが、葉が残っているものは、ほとんどが小さく細い、あるいは針状の葉で、乾燥に適応した形態であった。

名称については、「中国砂漠・沙地植物図鑑[木本編]」（中国科学院蘭州沙漠研究所編輯，2002）の日本語版を参考にした。より詳しく、また多くの種について興味をお持ちの方は、同書の訳者による、読み物としても優れた解説書（徳岡，2003）があるので、そちらを参照されたい。

(1) 籽蒿（第1図，第6図）

別名，白沙蒿。モンゴル語名はチャガン-シバガ；*Artemisia sphaerocephala*；キク科ヨモギ属（蒿属）

砂漠・沙地の先駆植物として古くから注目さ



第6図. 籽蒿 (*Artemisia sphaerocephala*) とヨモギ (*Artemisia princeps*) の種子の比較。

A. 籽蒿（アラ善盟にて採取）。

B. ヨモギ（東京にて採取）。

いずれもキク科ヨモギ属。スケールは1目盛が1mm。籽蒿の種子の方が幅が大きく、種皮が硬い。

れており、砂丘の固定などに活用されるとともに、生理・生態についての研究も進んでいる。逆に、砂漠化（荒廃進行）の指標という観点からすると、籽蒿が優占種になることは、かなり劣悪な環境になっていると考えられる。Dong and Zhang (2001)は、毛烏素沙地の植物種の生理生態学的特性を water spender と water saver との2分類で理解できることを提言し、籽蒿を water spender に分類している。

(2) 油蒿

別名，黑沙蒿。モンゴル語名はシバガ；*Artemisia ordosica*；キク科ヨモギ属

籽蒿とよく似ているがやや小型で、籽蒿は茎・枝が白っぽいのに対して油蒿は赤黒いため、黒沙蒿ともよばれる。Chengら（2004）は、植生における *Stipa bungeana*（イネ科針茅属）→油蒿→老瓜头（*Cynanchum komorovii*；ガガイモ科白前属）の3種の遷移を指標に、オルドス高原毛烏素沙地における、ステップ様草地からの砂漠化の進行状況を、5段階に分け、油蒿が優占種である植生を砂漠化の中間段階と分類している。籽蒿同様、油蒿も、発芽特性など、生態・生理がある程度研究されている（Huang and Gutterman, 2000; Zheng et al., 2004）。

沙蒿類の根系については、浅根型という前提で生態を論じた論文が散見されるが（Li et al. 2004a, 2004b）、今後さらに調査が必要であろう。

(3) 沙米（第2図，第7図）

Agriophyllum squarrosum；アカザ科沙蓬属

C4草本植物。砂漠・沙地の先駆植物としてしられ、籽蒿・油蒿とともに、発芽や光合成の特性、水分生理など、生理・生態が多く研究されている砂漠植物である（Liu et al., 2003; Bai et al., 2004; Li et al., 2004b）。根系については、浅根型に分類され、東京情報大学による「Understanding East Asia」というウェブ・サイト（<http://www.frontier.tuis.ac.jp/modis/research/>）の「東アジアの Ground Truth」というコーナーには、横に3-4m伸びて広がる沙米根系の写真が掲載されており（<http://www.frontier.tuis.ac.jp/modis/research/kusama/p41.html>）、地球緑化クラブのウェブサイト（<http://www.ryokukaclub.com/>）にある「砂漠化・緑化資料室-砂漠緑化優良植物図鑑」では、「主根はあまり発達しないが側根は8-10mも伸びる」と紹介されている。一方で、根への乾物分配率は小さいものの、細い根が、草丈に比して長く深く伸長し、土壤水分の多い層まで到達したところで側根を発達させる

という報告がある (Nemoto and Lu 1992).

子実は、特産食品原料としても利用されており、阿拉善左旗では、小麦粉の価格約 1.5 元/500g に対し、沙米粉は約 8 元/500g で売られている。

(4) 小叶锦鸡儿 (小叶锦鷄兒; 第 8 図)

別名、黒棒条、猴猴刺; モンゴル語名 アラタガナ、ウハリ-ハリガナ; *Caragana microphylla*, マメ科锦鸡儿属

1-2m の低木。マメ科で緑肥や放牧飼料としても優れているほか、観賞用にも用いられる。砂地では、砂が風食されて 1m 近くも根が剥き出しになったまま生息している小叶锦鸡儿がみられる (徳岡 2004)。

7. おわりに

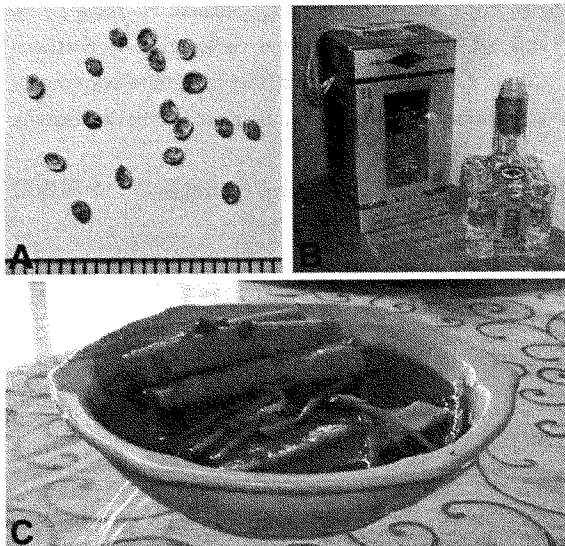
砂漠化の問題には、政策や社会・経済的要因が大きく働くため、われわれ農学系、理学系の研究者がどれだけ寄与できるかは懐疑的になりがちであるが、根本的には、乾燥地での植生保全をどうするかという問題である。緑化植物にしても、薬用植物にしても、地下部での現象を理解し制御していくことが、緑化や産業化の成功へのひとつの鍵となることが予想される (大沼・坂場, 2003)。こうした植物に関しては、発芽特性や茎葉部の形態・生理に関する研究に較べると、根系や根に関する知見はまだ限られて

おり、今後の研究の発展が期待される場所である。

謝 辞

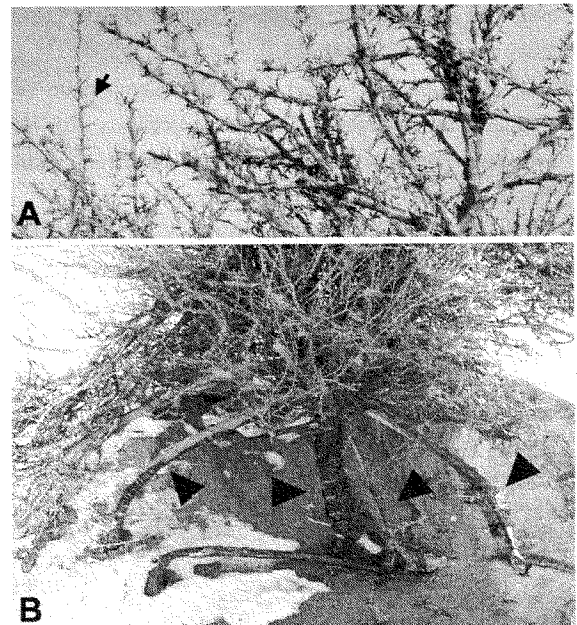
ここで紹介した阿拉善盟での視察・調査は、鳥取大学乾燥地研究センターと水土保持研究所を中心とする日本学術振興会と中国科学院との拠点大学交流事業「中国内陸部の砂漠化防止及び開発利用に関する研究」(<http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/core/>) の第 4 課題の活動として行った。また、薬用植物など本論文で紹介した研究の一部は、李建民、郭玉海が、Studies on Technology and Their Applications to Control Wind Erosion and Desertification of Grassland in Innermongolia (No.2002BA517A02) の一環として行ったものである。

阿拉善盟には、著者らのほかに、国際協力機構 (JICA) の長期専門家派遣で中国における環境保護・林業技術の支援活動をしておられる田口秀実氏、ならびに、乾燥地研究センターの中澤亮二、平野亜津子の両氏に同行して頂いた。現地では、阿拉善盟、阿拉善左旗双方の行政・研究機関に、たいへん好意的に対応して頂いた。この場で御礼申し上げる。とくに、現地視察に同行して案内して下さった阿拉善盟林业局の乔永祥氏、阿拉善左旗林业局の赵永文氏、贺兰山



第 7 図. 沙米の種子とその利用.

- A. 種子 (中国科学院植物研究所の鄭元潤教授の提供により、共同研究の一環として国立環境研究所で保管しているもの)。スケールの 1 目盛は 1mm。
- B. 沙米を原料に用いた酒。
- C. 沙米を原料に用いた料理 (阿拉善のレストランにて)。



第 8 図. 小叶锦鸡儿。木仁高勲 沙井子の緑化予定地域の砂丘底部にて。

- A. 茎葉部。矢印の棘のようにみえる器官は葉。
- B. 風で砂が飛び、根が 30cm ほど剥き出しになっている。矢頭は根を示す。

国家级自然保护区管理局の赵登海氏には、深く謝意を表する次第である。

引用文献

- 阿部 淳・安 萍・荒木英樹・馬七軍・稻永忍 2005. 中国河北省における半乾燥地の緑化・農業改善の研究 — 中国科学院石家荘農業現代化研究所の研究事例から —. 根の研究 14: 9-14.
- 赤木祥彦 2005. 沙漠化とその対策 — 乾燥地帯の環境問題. 東京大学出版会, 東京. 224 p.
- Bai W.M., Bao X.M. and Li L.H. 2004. Effects of *Agriophyllum squarrosum* seed banks on its colonization in a moving sand dune in Hunshandake Sand Land of China. *Journal of Arid Land Environments* 59(1):151-157.
- Cheng X.L., An S.Q., Liu S.R. and Li G.Q. 2004. Micro-scale spatial heterogeneity and the loss of carbon, nitrogen and phosphorus in degraded grassland in Ordos Plateau, northwestern China. *Plant and Soil* 259(1-2): 29-37.
- 中国科学院蘭州沙漠研究所編輯・劉英心 主編・徳岡正三 訳・解説 2002. 中国砂漠・沙地植物図鑑 [木本編]. 東方書店, 東京. 543 p. (原題は『中国沙漠植物志』)
- Dong X.J. and Zhang X.S. 2001. Some observations of the adaptations of sandy shrubs to the arid environment in the Mu Us Sandland: leaf water relations and anatomic features. *Journal of Arid Land Environments* 48(1): 41-48.
- Huang Z.Y. and Gutterman Y. 2000. Comparison of germination strategies of *Artemisia ordosica* with its two congeners from deserts of China and Israel. *Acta Botanica Sinica* 42(1): 71-80.
- Li X.R., Ma F.Y., Xiao H.L., Wang X.P., Kim K.C. 2004a. Long-term effects of revegetation on soil water content of sand dunes in arid region of Northern China. *Journal of Arid Environments* 57(1): 1-16.
- Li Y.L., Cui J. Y., Zhao X.Y., Zhao H.L. 2004b. Floristic composition of vegetation and the soil seed bank in different types of dunes of Kerqin steppe. *Arid Land Research and Management* 18(3): 283-293.
- Liu M.Z., Jiang G.M., Niu Y.G., Li Y.G., Gao L.M, Ding L., Peng Y. 2003. Photosynthetic response to soil water contents of an annual pioneer C-4 grass (*Agriophyllum squarrosum*) in Hunshandak Sandland, China. *Photosynthetica* 41(2): 293-296.
- 马东明, 徐淑连, 翟志席, 郭玉海 2005. 寄生药用植物管花肉苁蓉种子的离体萌发与吸器形成的形态学研究. *植物学通报* 22(1):39-43.
- Nemoto M. and Lu X. 1992. Ecological characteristics of *Agriophyllum squarrosum*, a pioneer annual on sand dunes in eastern Inner Mongolia, China. *Ecological Research* 7:183-186.
- 大沼洋康, 坂場光雄 2003. 砂漠緑化と根系の生育. 森田茂紀編. 根のデザイン — 根が作る食糧と環境 —. 養賢堂, 東京. pp. 186-194.
- 盛晋华, 翟志席, 郭玉海 2003. 肉苁蓉寄生物学特性的研究. *中国农业科技导报* 5(6): 1-6.
- 盛晋华, 乔永祥, 刘宏义, 翟志席, 郭玉海 2004. 梭梭根系的研究. *草地学报* 12(1): 91-94.
- 徳岡正三 2003. 砂漠化と戦う植物たち—がんばる低木—. 研成社, 東京. 241p.
- 杨太新, 王华磊, 王长林, 翟志席, 郭玉海, 王树安 2005. 管花肉苁蓉田间接种技术的研究. *中国中药杂志* 30(7): 8-10.
- 吉川 賢, 山中典和, 大手信人 編著 2004. 乾燥地の自然と緑化 — 砂漠化地域の生態系修復に向けて —. 共立出版, 東京. 248p.
- Zheng Y.R., Xie, Z.X., Gao Y., Shimizu H. Jiang L. H. and Yu Y. 2004. Ecological restoration in northern China: Germination characteristics of nine key species in relation to air seeding. *Belgian Journal of Botany* 136 (2): 129-138.
- 中国地图出版社編 2003. 分省中国地图集. 中国地图出版社, 北京.