資 料

中国寧夏回族自治区における砂漠化地域の森林造成に関する
技術的対策, 仕様及び適応樹種等について金 普 春¹ ・ 黄 勝 澤² ・ 小 澤 普 照^{2,*}Details of technical measures, specifications and adaptable plant species
for afforestation in desertified areas in Ningxia Province of ChinaJin Puchun¹, Huang Shengze², Fusho Ozawa^{2,*}

I 砂漠化防止の技術的対策

中国における砂漠化防止対策, すなわち治砂に関する技術的対策は1950年代から進められた結果, 各種の対策技術が開発され治砂対策が進展した。主な技術的対策を以下に記述する (4), (5)。

I-1 「草方格砂障流砂固定工」技術

砂丘地の表面乾燥砂の移動を止めることは流動砂丘地に植林する前提条件といえる。1950年代から寧夏の中衛県にある「中国沙漠研究所」でその方法が研究され, 後に「草方格砂障」工技術が誕生した。当時はその「草 (乾草)」材料の選択, 埋設深度, 設置形状などについて試行錯誤の末, 麦わらによる“半埋半露 (地中埋め10cm, 地上露出10cm)”の1m×1mの方格状がベストであることにたどりついた。また, 作業の手順として, 砂丘の風上面からはじめ, 先ず恒常風と垂直に「主帯」を設置し終えてから, 主帯と交差する副帯 (地形の起伏が緩やかで, 風が比較的弱い場合, 間隔を2mまで広げてよい) を入れるなどの工程も実証された。この麦わらの草方格の耐久年限は設置面積と大きく相関している。例えば50m幅の帯状の場合, 3～4年でその表砂固定効果が完全に失われるが, 300m幅になると表砂固定効果が完全に失われる (わら自体が風化分解してしまう) まで6年以上かかる。草方格が全国に普及されてから, それぞれの地元で入手しやすい材料 (直立性の雑草, 柔軟な樹枝など) を利用したり, 自然条件に合わせて設置規格を

変えたりするなどいろいろな工夫がなされた。草方格の働きは,

①砂粒子の移動や飛揚 (風食) を抑制することで砂丘表面の常に流動する乾燥砂層を固定させ, 植生の自然発生率や植栽木の活着率を大幅に高める。

②表面乾燥砂層が固定されたことによって, その下部の不飽和帯の含水率 (蒸気態水分, 結合水, 自由水) が高くなる。また, 乾燥砂層の厚さが大幅に減る。

I-2 「五帯一体」流砂固定技術

この技術は1958年に開通した約1,000kmに及ぶ「包蘭 (包頭—蘭州) 鉄道」を砂埋もれから守るために開発された。「包蘭鉄道」は寧夏の中衛県沙坡頭で55kmにわたって騰格里 (テンゲル) 砂漠南端の流動砂丘地を横断している。「五帯一体」とは鉄道両側の流動砂丘を完全に固定させるため, 多種類の工法を組み合わせた総合対策を取り入れた手法である。標準型の“五帯一体”は, 鉄道より外側に向けて,

- a. 砂利舗装帯 (防火・安全隔離, 幅10m強);
- b. 砂丘均し+灌水+高木植栽帯 (防風・風致, 幅60m強);
- c. 全面草方格砂障+灌木植林帯 (砂丘固定・防風, 幅250m位);
- d. 砂丘進入阻止帯 (波型垣根による表砂移動遮断, 幅50m);
- e. 部分草方格砂障+草本育成帯 (砂丘移動と飛砂抑制幅200～1,200m) といった5つの帯状の防砂工事を一体化して仕上げることである。なかでも灌木林がこ

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: fuzawa@ab.mbn.or.jp

1 中国国家林業局国際協力センター (International Forestry Cooperation Center, State Forestry Administration, P.R. China, Beijing)

2 海外林業コンサルタント協会 (Japan Overseas Forestry Consultants Association, Tokyo 113 - 0033.) (注, 11月5日事務所が文京区本郷2丁目に移転します)

の防砂体系の土台となる。また、草本育成区は可能な限り面積を広げることに努め、砂丘地の永久安定を図っていた。

I-3 防風・防砂のための植林帯造成技術

砂漠の拡散の元は流動性をもつ砂で、直接動力は風である。だから、流動する砂を固定することと風を弱めることは砂漠化防止の第一条件となる。その最も効果的な方法は植林である。砂漠及び砂漠化土地では、植物が利用できる水分（浅層地下水）がかなり限られている。ゆえに、天水による緑化の場合、ときには連続した大面積な植林は水分の制約によって、物理的に不可能である。そこで、考案されたのは砂漠の前線地帯や、農地周辺砂地に一定の間隔（数10メートルから数100メートル）を設けて、10数メートルから数10メートル幅の帯状植栽をおこなう方法である。この方式を防風・固砂林帯造成という。

I-4 航空機播種による造林技術

年間降雨量が300mm以上の地域で乾燥、風蝕、砂埋もれに強い樹種を選び、大面積の場合は緑化手法として航空機を用いて播種を行う。ポイントは樹種の選定と播種のタイミングである。寧夏の場合、樹（草）種はコクサコウ（黒沙藁=heishahao=*Artemisia ordosica* Krasch）、サダワン（沙打旺=shadowang=*Astragals assurgent* Pall.）、カボウ（花棒=huabang=*Hedysarum scoparium* Fisch. et Mey.）、ヨウシバ（羊柴=yangchai=*Hedysarum leave* Maxim.）をよく利用する。*種ごとの詳細は後述の「Ⅲ砂漠地森林造成における樹種の選定と適応性」を参照されたい。

播種は雨季前の降雨前日が最も望ましい。発芽後の播種地への家畜の出入りを防止することが肝要である。

I-5 流域治砂技術

農業や畜産業が盛んな地域での総合的な砂漠化土地対策である。ここでは寧夏自治区塩池県の取り組み例により説明する。

当県では1991年に「塩池県砂漠化土地総合整備計画」を策定し、植林と草地保護の試行を始めた。2つの試験区（郷）で5年間の人工造林と封山育林によって、林地面積を2.7万haから6.9万haまで増加させた。また、放牧規制と部分的な人工播種による草地改良面積は6.1万haに上り、地上バイオマスも整備前の2.4倍になった。

1996年からは砂漠化土地総合整備と農業の持続的な発展をテーマに、当県の北部の砂漠化防止と貧困脱出対策を融合させて、地域の環境改善と経済発展（砂地産業）の両立を図った。ここで取り組んだ主な措置は、

a. 農地の整理・整備—生産力の低い農地を林地や草地へ転向、黄河から引水して集中した灌漑農地を整備；

b. 牧草資源と家畜飼養のコントロール—家畜数の調整、放牧制限、農家単位の草地分割請負使用制度導入；

c. 薬草・山菜など換金植物の人工栽培技術の開発と普及—現金収入源の確保、自然植被の保護と再生促進；

d. 植林可能な荒廃地への集中緑化—立地に合わせた高木、低木、草本の並行造成と天然植被回復の促進などであった。

この事業の内、4,000haのモデル区の効果評価調査に関する報道によると、広域の緑化と農地防風林整備による風砂の軽減と灌漑の効率化により、集約経営型農地の作物収穫量が従来の粗放耕作地に比べ最大10倍まで増加した。また、草地の改善と天然植被の回復による家畜出荷量の増加、沙柳などのパルプ原料生産や薬草栽培による副業収入の増加により、一人当たりの収入は2倍になった。

I-6 塩化土地改良技術

砂漠及び砂漠化地域の地質、気候的な特徴により、塩類堆積が起こりやすい。特に灌漑を行うと、一層塩類集積がハイスピードで進む。そのため、水が絶対的に不足している土地であるにも拘らず、排水対策が重要である。物理的な排水以外、樹木や草本による水分バランス調整が有効である。特に塩害地に強い、タマリックスの1種である低木のアラゲギョリュウ（紅柳=Hugli=*Tamari ramosissima*）がよく植栽されている。灌水による緑化植林を行う場合、灌水量と回数のコントロールが重要である。灌水が地表層（地面から数10cm）で頻繁に行われると、1、2年で地表に塩が噴き出して結晶層を成す現象がしばしばみられる。定期的にこれらの結晶体を除去する必要がある。

I-7 封山（封砂）育林育草と保護区建設

「封山（封砂）」とは、一言でいえば植生回復計画地（山地、砂地）への立ち入り禁止である。近代の森林植生破壊の最大の「元凶」は人間であるが、乾燥・半乾燥地の植生自然回復を阻む最大の障害も人間であるといえる。特に家畜の放牧は筆頭の原因である。そのために、如何に植生回復における人為的なかく乱を遮断するかは極めて重要である。また、広範囲の植生回復と林木育成を効果的に実行するために、保護区として管理運営することは砂漠地域においても非常に有効である。

Ⅱ 寧夏の「黄河中流域保全林整備計画」プロジェクトの主な技術仕様

寧夏回族自治区における大規模植林が無償協力プロジェクトとして実施された。

実施期間は、2002年から2004年にわたるもので、本プロジェクトにおける主たる技術仕様を以下に記述する。

① 植栽樹種

高木類：モンゴリカヤナギ（沙柳 = shaliu = *Salix mongolica* Siuzev.），シンキョウポプラ（新疆楊 = Xinjiangyan = *Populus bolleana* Lauche），スナナツメ（沙枣 = shaman = *Elaeagnus angustifolia* L.）。

低木類：アオムレスズメ（寧条 = ningtiao = *Caragana microphylla* (Pall.) Lam.），カボウ，ヨウシバ，ムラサキエンジュ（*Amorpha fruticosa*）。

② 立地区分と樹種の配置

a. 地下水の深さによって、2 m未満は「湿潤タイプ」：高木類，シンキョウポプラなど。2 m以上3 m未満は「半湿潤タイプ」：アオムレスズメ，カボウ，ヨウシバ，ムラサキエンジュなど。3 m以上の「乾燥タイプ」：ヨウシバ等を行間混交植栽で，日裏地（北向き斜面）にはアブラマツ（油松 = *Pinus tabulaeformis*）などを植え，日表地（南向き斜面）にはその他樹種を植えた。

b. 砂丘密度（形態）によって，「高密砂丘地」には，草本類とカボウ，ヨウシバなど，「緩和砂丘地」には，すべて灌木類を，「平坦砂地」には，高木類を植えた。

c. 塩類集積度合いによって，植栽種を選択した。

③ 整地方式

砂丘地のすべてに「草方格砂障」を設置する。

④ 植え付け

基本的春季植栽。すべて裸苗（すべての樹種）を使用した。雨季植栽は試験的に一部の樹種（アオムレスズメ、カボウ）のみで，ポット苗を使用した。高木を植える場合は地下水が滲むまで植え穴を掘り下げる。

⑤ 保育

除草を兼ねた中耕，一部地域でも灌水（靈武市のみ）。

⑥ 管理

専属の請負管理人による常時監視システムを構築して行った。

施工管理ポイントは以下のとおりである。

①可能な限りは植栽前年に草方格を設置した。作業は厳格な検査制度（3重検査）を適用して，すべて設計基準をクリアさせた。

②苗木の検査及び取扱いは厳格にマニュアルどおりに行い，その実行も監督者を配置して行った。

③施工の諸作業の前には作業員に対する技術講習と

訓練を行った。

Ⅲ 砂漠化地域の森林造成における樹種の選定と適応性

日中協力の固砂実証調査が行われた塩池県は，寧夏回族自治区の東端・銀川の東南東170kmに位置し，標高1,295m～1,951mで年間降水量は南部で355mm，北部では296mmで全体的に砂漠化が進行している。塩池での砂固定は，植生による生物的手法と草砂障による物理的手法及び両者の併用による方法も採用される。なお塩池では，雨水が浅いところに表層地下水として存在しているため，直接植樹による方法も成功率が高いので直挿造林も可能で，樺条（*Caragana korshinskii*），カボウなどが適合する。また楊樹（*Populus* 属），柳樹（*Salix* 属），榆樹（*Ulmus* 属），スナナツメ（沙枣 = shaman = *Elaeagnus angustifolia* L.）などは通常の造林が可能である。靈武市治沙林場は銀川の南東に位置し，塩池への道程の中間に位置する。ここでは，1953年林場設置，最初は草本による治砂固定を行い，1960年から造林を実行している。造林樹種は当初可能性を考え22種を選定して実行したがアオムレスズメ，モンゴリカヤナギ，カボウについては成功した。楊樹，ウンリュウヤナギ（旱柳 = hankie = *Salix matsudana* Koidz.）については良い成績は得られていない。全体を通じて，樹種選定は，場所ごとにきめ細かに選定する必要がある。基本的には，耐乾性，耐熱性のあるものということになる。砂の移動が激しいところでは，先ず草本や灌木により，先ず砂の移動を止めることが有効と考えられる。砂の堆積が多く砂丘状態の場所では，砂丘の風上側，風下側，砂丘間の低地ではそれぞれ堆積している砂の厚さ，地表面の砂の固化状態の差を考慮して適切な樹種選択が必要である。砂丘の風上側は，堆積が厚く，固化が進み，また強風が直接吹き付けることが予測されるので，カボウ，タデノキ（*Calligonum* spp.）などの灌木を植栽する。風下側は，堆砂の表面は柔らかく，傾斜が急で崩れやすいので，多年生草本のkokusagouや1年生草本のsamai（砂米 = shami = *Agriophyllum squarrosum* (L.) Mog.）などの種子を播種する。砂丘周辺の丘間の低地は，堆砂が浅いので，モンゴリカヤナギ，アオムレスズメ，スナナツメなどの灌木を基本とし，地下水位が高いところでは，楊樹やウンリュウヤナギなどの高木を混植する。なお，しばしば塩分が析出するなど塩分濃度が高い個所が存在するので植栽を避ける必要が生じることがある。

以下に，砂漠化地域の森林造成プロジェクトの実行に際して，選定された，主要な木本類と草本類及び草

原の形態について概説する。

Ⅲ－１ 木本類 (3), (4)

アオムレスズメ (寧条 = ningtiao = *Caragana microphylla* (Pall.) Lam.) * 樺条も同じ。

低木, ときに小高木, 高さ 1～4 m。老齡枝は黄金色で光沢がある。嫩枝は白色の柔毛で覆われる。長枝につく托葉は硬化して刺針となり, 長さ 3～7 mm, 宿存する。葉軸は長さ 3～5 cm, 脱落する。

半荒漠地帯では固定沙丘の優勢種であり, または油蒿 (*Artemisia ordosica*) と混生する。いくらかは荒漠地帯にも生育する。

内モンゴル (伊克昭盟西北部, 巴彥淖爾盟, 阿拉善盟), 寧夏西部, 甘肅の河西走廊に産する。モンゴルにも存在する。

優良な固砂植物や保土植物であり, 各砂漠地域ですでに広く用いられている。近年来甘肅水土保持局は許家台に樺条試験場を設置し, 本種と中間錦鶏兒 (*C. Intermedia*) を混播して, 荒れ地を緑化し, コストが低く, 速度が速く, 効果があり, 人々は競って押し広めている。枝葉は刈り取り後飼料や緑肥になる。

カボウ (花棒 = huabang = *Hedysarum scoparium* Fisch. et Mey)

低木, 高さ 0.8～2 m。下部の枝は紫紅色または黄褐色, 樹皮は剥落し, 分枝が多い。1 年生枝は伏生する短毛で覆われるかまたは無毛。托葉は卵状披針形, 合生し, 伏生する毛は早く落ちる。葉軸は長さ 10～15 cm。流動砂丘, ゴビの水食溝に生育する。庫布齊砂漠西部, 烏蘭布和砂漠, 騰格里砂漠, 巴丹吉林砂漠, 河西走廊沙地, 新疆北部 (布爾津) に産し, 内モンゴル, 寧夏, 甘肅に分布がある。旧ソ連, モンゴルにも存在する。

本種は半荒漠地帯や荒漠地帯の優良な固砂先駆植物であり, 水平根系は太く頑丈で, 比較的乾燥に耐え, 固砂の能力が高い。ラクダやヒツジが好んでその枝葉を食べる。豆果は炒めて食べることができ, 種子は搾油できる。

サバクタデ (沙拐棗 = shaguazao = *Calligonum mongolicum*)

小低木, 高さ 30～60 cm。短く枝別れ, 「之」字形に湾曲し, 老齡枝は灰白色。同化枝は緑色。葉は細い鱗片状で, 長さ 2～4 mm。花は 2～3 が腋生し, 花被は淡紅色で, 果熟期に横に広がるかまたは反りかえる。そう果 (瘦果) は広楕円形, まっすぐかまたはややねじれ, 長さ 8～12 mm, 両端は鋭尖, 先端はときに延びて長くなり, 稜と溝は明らかでない。

内モンゴル西部, 寧夏, 甘肅西部, 新疆東部に産する。モンゴルにも存する。

本種の分布範囲は比較的広く, 形態的な変異も大きく, 分布区の西部の標本のそう果は細長く, やや捩れ, 刺し毛は明らかではないが 1 列, 密でない。東部の標本のそう果はやや小さく, 短く, 卵形, 刺し毛は常に 3 列で, 密であり, 細く脆い。両端の形状の差異は大きい, 過渡的な形状があり, 区別しにくい。

モンゴリカヤナギ (沙柳 = shaliu = *Salix mongolica* Siuzev.)

低木, 高さ 2～3 (4) m, 当年生枝は帯紫色で無毛。2 年生枝は淡黄色, 光沢がある。老齡枝は灰白色または灰褐色で, 滑らか, 芽は無毛, 長さ約 2 mm, 托葉は線形, 早く落ちる。葉柄は長さ 1～4 mm で, 無毛。葉は線形または線状披針形, 長さ 4～8 cm, 幅 2～4 mm, 表面は淡緑色, 背面は灰白色, 先端は次第に尖り, 基部は楔形, 葉縁はまばらに細かい腺鋸歯があり, 幼葉はわずかに毛があり, 葉の背面の中央脈は突出する。

砂丘間低地に成育する。毛烏素沙地 (内蒙古の烏審旗, 伊金霍洛旗, 陝西の榆林), 庫布齊砂漠 (内蒙古の達拉特旗), 寧夏の河東沙地 (靈武), 騰格里砂漠 (寧夏の中衛), 甘肅の河西走廊沙地 (民勤) に産する。古爾班通古特砂漠 (新疆の精河) に導入植栽されている。

本種は埋砂に耐え, 成長が早く, 草原地帯や半荒漠地帯の優良な固砂植物であり, さし木により繁殖を行う。ラクダ, ウシ, ヒツジが好んで食べる。

スナナツメ (沙棗 = shaman = *Elaeagnus angustifolia* L.)

高木, 高さ 10 m になる。樹皮は褐色, 傷付くと透明褐色の樹脂を流出する。樹冠は横に広がる。幼枝, 葉と葉柄, 花と果実はすべて白色の鱗片で覆われ, 若枝は栗褐色, 堅い刺をもつ。単葉が互生し, 矩円状披針形～線状披針形, 長さ 4～7 cm, 幅 0.5～3 cm, 花枝の葉はやや小さく, 通常楕円形, 先端は鈍または次第に尖り, 基部は楔形, 上面は暗緑色, 背面は灰白色。葉柄は長さ 0.5～2 cm。

本種はよく胡楊 (*Populus euphratica*) と荒漠河岸林を構成し, また砂地, 塩漬化土地, 村や農地の周囲で広く植栽する。

新疆の各河川沿岸, 甘肅の弱水などに産する。遼寧, 河南, 河北, 山西, 陝西, 内蒙古, 甘肅, 青海, 新疆などで植栽がある。旧ソ連, ヨーロッパにも分布する。

根系が発達し, 成長が比較的早く, 乾燥に耐えるとともにある程度の塩・アルカリや埋砂に耐え, 根瘤菌がついて土壤の肥力を高めることができ, 地下水がやや高い地域または灌漑のできる地域の固砂造林の優良樹種である。葉, 枝は家畜の優良な飼料である。果実は食用または酒の醸造用とする。花は蜜源となり, 香

料もとれる。樹皮、果実をつけた枝、葉、花は薬用にできる。木材は堅く、家具、農具などとする。

ウンリュウヤナギ（カンリュウ）（旱柳 = hankie = *Salix matsudana* Koidz.）

高木、高さ15mになる。樹皮は灰黒色、深く裂ける。枝条はやや太く頑丈で、斜上し、幼齢時は帯黄緑色であるが、後に暗褐色に変わり、無毛または短柔毛をもち、樹冠は広卵円形、托葉は披針形、基部は耳状、腺鋸歯があり、早く落ちる。葉柄は少し短く、長さ2～5mm、疏柔毛で覆われる。葉は披針形、長さ5～10cm、幅1～1.5cm、基部は広い楔形またはやや円形、先端は長く次第に尖り、葉縁は鋭腺鋸歯があり、表面は無毛で、暗緑色、背面は帯灰白色、はじめ少し毛がある。

河岸、溝辺に成育する。村や町に植栽があり、固定砂地に導入され、比較的広く行き渡っている。

本種は比較的よい防砂林、農地保護林、護岸林、街路樹、町の緑化樹種である。さし木や埋幹により繁殖する。木材は建築、家具、製紙、火薬などの用途に供し、枝条はかごを編む場合などに用いる。

アラゲギョリュウ（紅柳 = Hugli = *Tamari ramosissima*）

低木または小高木、高さ2～4（6）m。軸と老齢枝は暗灰褐色、2年生枝は紅褐色または深紅色、当年生枝は淡紅色。

2年生枝につく葉は線状披針形を呈し、基部は広くなり、半ば茎を抱き、あらまし沿下する。緑色枝につく葉は広卵形または三角形、半ば茎を抱き、沿下し、先端は鋭尖、内曲する。

荒漠地帯の河川敷、氾濫帯、河岸、湖岸、塩漬化砂土に成育し、よく大面積の群落を形成する。

中国西北の各地に産する。モンゴル、旧ソ連、アフガニスタン、イランにもある。

固砂、保土の優良な植物である。砂地区では建築や小農具の材料に常用する。若枝はかご編み用になり、嫩枝はタンニンを含み、皮なめし材を抽出できる。嫩枝葉は薬用になり、熱を冷まして、はしかを治し、リュウマチなどの苦痛をやわらげる効能がある。

シンキョウポプラ（新疆楊 = Xinjiangyan = *Populus bolleana* Lauche）

特高木、高さ30mになり、樹冠は円柱形または塔形、樹皮は淡灰緑色、滑らかまたは浅く裂ける。枝は円柱形で、滑らかまたはわずかに毛があり、嫩枝は白色の絨毛がある。芽は長さ12～15mmで、長楕円状卵形、白色の絨毛をもつ。葉柄は長さ2～5cmで、側扁形、はじめ白色の絨毛で覆われるが、後滑らか、長枝または萌芽枝の葉は大きく、三角状卵形または広卵形、長さ11～18cm、5～7掌状半裂、葉縁は不規則な荒い

鋸歯または波状鋸歯があり、表面は滑らかまたは一部絨毛で覆われ、背面は白色の絨毛をもつ。短枝の葉はやや小さく、卵形または広卵形で、革質、背面ははじめ白色の絨毛で覆われるが、後無毛、基部は通常切形、葉縁は粗く鈍い歯牙がある。

地下水がやや高い砂壤土または灌漑ができる荒漠縁辺やオアシスに成育し、やや塩・アルカリに耐え、風熱、土埃やスモッグに抗し、その成長の勢いは銀白楊（*P. alba*）より優れている。

西北の各省・自治区の荒漠地帯で導入があり、新疆で最も広く植栽されている。旧ソ連、イランにもある。

本種はさし木で繁殖し、オアシスや荒漠縁辺の優良な防護林樹種であり、町の緑化樹や街路樹である。木材は建築、家具、製紙などの用途があり、樹皮はタンニンを含む。

ヨウシバ（羊柴または楊柴 = yangchai = *Hedysarum leave* Maxim.）

半低木、高さは0.5～1mで、茎は直立し、分枝が多い。嫩枝は伏生する短毛がある。奇数羽状複葉、葉軸は無毛、5～8対の小葉をもち、配列はまばら。外観的にはカボウとよく似ている。

半固定砂地または流動砂丘地に成育する。庫布齊沙漠（銀肯敖包、展旦召）、毛烏素沙地（伊克昭盟の烏審旗、鄂托克旗）、寧夏の河東沙地（靈武）に産する。優良な先駆固砂植物及び飼料植物である。

ショウシマツ（樟子松 = zhangzisong = *Pinus sylvestris* var. *mongolica*）

高木、高さ15～25m、胸高直径80cmになる。老齢木の樹皮は厚く、樹幹下部は灰褐色、深く裂けて不規則な鱗片状となり脱落し、上部と老齢枝は黄色～褐黄色、裂けて薄片となり脱落する。樹冠は卵形～広卵形。1年生枝は淡黄褐色、2、3年生枝は灰褐色を呈する。冬芽は褐色または淡黄褐色で、長卵円形、樹脂がある。針形葉は2本束生で、堅く、わずかにねじれ、長さ4～9cm、まれに12cm、径1.0～1.5（2）mm、葉縁は細かい鋸歯があり、両面に気孔線がある。横断面は半円形で、やや扁平、樹脂道は6～11あり、外位。葉鞘は宿存し、黒褐色または灰黄色。

適応性が強く、耐寒、陽性の樹種であり、その上根系が発達し、土壤水分を厳しく要求せず、耐乾燥性が強く、土壤水分が比較的少ない尾根や日当たり斜面に適応でき、比較的乾燥した砂地、石礫質の土地や、固定・半固定の砂丘上でも成長できる。

原産は大興安嶺と呼倫貝爾沙地で、天然には呼倫貝爾沙地の海拉爾西山と紅花爾基一帯の砂丘上に成長し、砂丘の日陰斜面では本種を主とする帯状の天然砂地松林を形成する。日当たり斜面ではコウアンシラカンバ（白樺 = *Betula platyphylla* var. *platyphylla*）などの高

低木と混生し、混交林を形成する。1955年から、中国科学院林業土壤研究所と遼寧の章古台試験ステーションは科爾沁沙地に本種を導入し、25年来、成長は良好で、砂地人工樟子松林ができています。近年来陝西の榆林治沙研究所、中国科学院蘭州沙漠研究所、伊克昭盟林業科学研究所、新疆林業科学研究所は相前後して毛烏素沙地の榆林、伊克昭盟、騰格里沙漠縁辺の沙坡頭、甘肅の河西走廊沙地の臨澤、新疆の古爾班通古特沙漠縁辺の精河で導入植栽を行っている。

草原地帯の砂地造林の主要樹種とすることができる。ただし砂地の水分がやや少ない場合、高木林が占める面積は過大にすべきでない。病虫害や火災を防止するために、純林を造成するのは薦められない。材質は良好で、建築、家具などの用材に供することができる。樹幹は樹脂をとり、松ヤニとテレピン油を抽出できる。庭園鑑賞樹とすることもできる。球果、花粉、葉は薬用に供する。

コクサコウ（黒沙蒿 = heishahao = *Artemisia ordosica* Krasch）

小灌木、高さ30～100cm。主軸は明らかでなく、基部から分枝が多く、群生し、直立する。老齡枝は黒灰色または暗灰褐色。当年生枝は褐色、黄褐色、紫紅色または黒紫色で、縦に細い稜がある。不稔枝と下部の葉は長さ3～9cm。1～2回羽状全裂し、裂片は2～3対あり、形状線状、長さ1.5～3cm、幅0.3～0.5mm、裂片ごとに1～2の小裂片をもち、上部の葉は3～5全裂するかまたは分裂せず、基部は線形の仮托葉があるかまたはない。

草原と半荒漠地帯の半固定砂地に成育する。

庫布齊沙漠、毛烏素沙地、烏蘭布和沙漠、騰格里沙漠、河西走廊沙地に産する。内モンゴル、陝西、寧夏、甘肅に分布する。

本種は草原地帯西部と沙漠・沙地の優良な固砂植物である。人工固砂区で天然更新ができ、固砂の能力は高い。家畜の冬、春の主要な飼料植物である。

Ⅲ－２ 草本類

Ⅲ－２－１ 草本代表種

サマイ（砂米 = shami = *Agriophyllum squarrosum* (L.) Mog.)

アカザ科。降雨時に発芽して、その後、地下水や結露に依存して生育する。流動砂丘頂上部から中腹部の砂が比較的よく動く場所に侵入してくる先駆種であり、低木草本（1年草）、草丈0.5～0.7m、葉は互生。たくさん刺がある。春4～6月の降雨時に発芽し、9月頃まで生育した後、結実して、根系と地上部が分離し、球状になった地上部が風によって転がり、遠くまで種子が散布される風散植物である。成長のよいものでは

1株あたり8,000～15,000粒の種子をつける。

耐乾・耐暑・耐寒性などに優れた中国北部地域に分布する。主根はあまり発達しないが側根は8～10mも伸びる。多少の流砂では倒れず枯れない。砂の移動さえ抑えることができればかなり高い確率でこの植物は生えてくる。

サダワン（沙打旺 = shadowang = *Astragal assurgent* Pall.）（1）

耐乾・耐暑・耐乾性などに優れた中国三北地区に分布する多年草。奇数羽状複葉の形をとり、葉軸に小葉7～23枚をつけ1枚の葉を形成する。草丈0.5～2m、-30度以下でも生育できる。マメ科の植物で、タンパク質が豊富で干草にすると15～16%にもなる。緑肥としても用いられ、窒素固定の作用も合わせ土壤改良に向く。砂丘内でも播種してから3年ほどで1.5mまで生長する。

流動砂丘を緑化する上で外すことのできない優良植物。流動砂丘の草方格内に直播することができ、雨期であればかなりの発芽率を確保できる。しかし、雨期を外したり、8月以降の播種であると生育は難しくなる。播種してから2年で花をつけ、3年目頃から多くの種をつけるようになる。「羊柴」同様窒素固定や落ち葉の影響で数年で地表（地中）の変化が大きくみられる。ただし、5年目頃から株が小さくなり勢いがなくなる。しかし、その間に実生更新するので緑が減少するわけではない。

Ⅲ－２－２ 草原の形態と草本類（2）

草本類については、乾燥草原に適する種と荒漠草原に適する種に分けて整理する。

なお、乾燥草原と荒漠草原の分界線は300mm/年の等雨量線に一致する。

（1）乾燥草原

乾燥草原は寧夏河套東部あるいはオルドス高原などを含む一帯に分布し、塩池県もこの中に含まれる。県南部は黄土丘陵地区、中部は砂州地帯を含む。

草本群系としては、大針茅群系、百里香、長芒草、沙蘆草及び頼草の5群系があるが、主要な3群系について説明する。

（1－i）大針茅群系

大針茅群系（Form, Step grinds）は中国の草原区の東部に位置し、最も標準的な草原群系である。大針茅は欧亜草原区のアジア中部亜区の特有種である。この群系には32科、83属、132種がある。

（1－ii）頼草群（羊草叢生カホン科植物）系

頼草群系（Form, *Aneurolepidium*）は乾燥原と湿草地草原の中間地帯に分布する。群落被度は50%前後で1m²当り9～17種を有する。

(1 - iii) 長芒草（本氏針茅）群系

長芒草群系（Form, *Stipa bungeana*）は陰山山脈のオルドス高原や黄土高原に分布する。長芒草は温暖乾性叢生カホン科植物の1種であり、暖温帯半乾旱区から半湿潤区に分布し、26科68属83種を有する。

(2) 荒漠草原

荒漠草原は塩池県の北部に位置し、主要植物は短花針茅草群系（Form, *Step bneviflora*）と白刺群系（Form, *Nitraria Tangutorum*）である。前者は草原化荒漠の灌木、カホン科植物草原化荒漠群系に属し、後者は塩化壤質沙壤質灌木群系に属する。

(3) 砂地と植生被覆の交錯地区

この地区は塩池県の北部と中部の広大な砂地上に分布しており、次のような植物の群生がある。

すなわち若王子群系（Form, *Sophora Alopecuroides*）、老爪頭群系（Form, *Cynanchum komarovil*）、黒沙蒿（油蒿）群系（Form, *Artemisia ordosica*）、白沙蒿群系（Form, *Artemisia Blepharalepis*）である。

(4) 湿草地（草甸）草原

湿草地草原の植生被覆面積は大きくはなく、緩傾斜の集水地区や谷の両側などに分布している。塩生植物が多く主なものに芨芨草群生（Form, *Achnatherum Splendens*）と蘆草群系（Form, *Phragmites*）とがある。これらの群系は前述の頼草群系よりさらに湿潤な地帯に分布する。

(5) 荒漠植被

荒漠植被は塩生荒漠地と荒漠地灌木群系の2種の亜系からなる。ともに砂洲地帯性のものでその面積は極めて少ない。

これらは灌木荒漠のうちの塩化壤質沙壤質灌木群系の類型である。

引用文献

- (1) 地球緑化クラブホームページ
<http://www.ryokukaclub.com/>
- (2) 海外林業コンサルタント協会（1990）砂漠化地域森林復旧技術指針策定調査事業中国基礎調査報告書：55～56. 社団法人 海外林業コンサルタント協会.
- (3) 前掲書：57～66.
- (4) 黄 勝澤（2006）砂漠化対策としての緑化と“砂地産業”－寧夏における取り組みを事例に－. 日本緑化工学会誌32（2）：299～303.
- (5) 孫 長春（2004）中国における持続可能な森林経営に関する研究：96～97. 中国寧夏回族自治区林業局

（2009年4月5日受付）

（2011年7月18日受理）