

特集

砂漠緑化システム

砂漠緑化システムのケーススタディ②

中国内蒙古自治区毛烏素砂漠の緑化に関する諸問題

Problems of Revegetation in Mu Su Shamo Desert, Inner Mongolia, China

小橋 澄 治*

Sumiji Kobashi

はじめに

中国内蒙古自治区毛烏素砂漠は黄河の流れに三方を囲まれた、オルドス高原の南半を占め、面積は約400 haに達するといわれる。標高1000—1500mであるが、平均降水量360mmで、かつては草原地帯であったが、開墾、過放牧などの人為的攪乱によって、急速に砂漠化が進行した。近年の最盛期には年間10万haの速度で砂漠化が進行したという。

温度条件からみれば植物の生育期は4月から9月の6カ月あるが、降雨は7—9月に片寄っており、植物に好適な生育期は3カ月しかない。また3月から6月には北西からの強風が多く、古い湖成堆積物起源の大量に存在する砂が移動し、無数のチェーン状の砂丘を形成し、植生の成立を阻害する(図-1)。

ここでは蒙古族が牧畜業を営んでいるが、周期的に訪れる早魃のため、生産が不安定であり、所得水準も低い。生産力の安定と向上のためには果樹園など多角的な経営が必要とされるが、それには飛砂現象の軽減

のための緑化技術の確立が急務である。

毛烏素砂漠の研究はトヨタ財団の助成金により、鳥取大学を始めとする多数の大学研究が参加して行われた、農地開発、灌漑技術等を含めた総合研究であるが、ここでは緑化問題を中心に述べる。

ここで緑化事業を進める上での大きい課題は①流砂現象、②植物の生長と水、③緑化と水資源、の3つであり、これらを中心に紹介する。

1. 飛砂現象と砂防技術

毛烏素砂漠の状況を大まかにいえば図-2の通りであり、無数に存在する大小の砂丘群の間に丘間低地と呼ばれる低地がある。砂丘は裸地状態で季節風で移動する流砂砂丘と、植生で被覆され移動を停止した固定砂丘がある。丘間低地の地下水位は高く、地表下1m以内にあり、草本類を主体とした自然植生が繁茂し、牧畜業の主たる生産場である。



カイト(凧)からの写真。

線状に見えるのは砂丘固定のための防風柵である。

図-1 毛烏素砂漠の砂丘群



図-2 毛烏素砂漠の状況

流砂砂丘は年間1—3m移動するといわれ(高さ約10mの砂丘の実測結果でも1mの移動が見られた)、砂の侵食・堆積は植物の生育を著しく阻害する。特に4月から5月の季節風による流砂現象は、植物の植栽・播種の時期と重なり、緑化事業の大きい障害となる。

風速と流砂量の関係を明らかにすることが、まず必要と考え、実測した結果、

$$Q_s = 1.762 \times 10^{-3} \cdot (V - 1.5)^{5.37} \quad (1)$$

の関係をjている。ここで Q_s : 流砂量 (g/min),

* 京都大学農学部教授

〒606 京都市左京区北白川

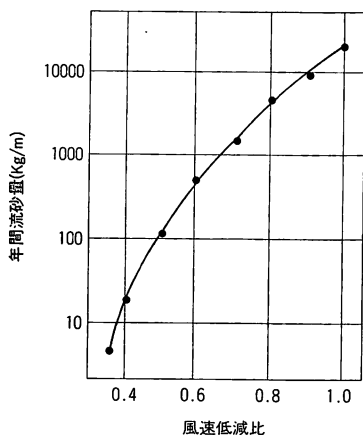


図-3 風速低減による年間流砂量の減少の推定

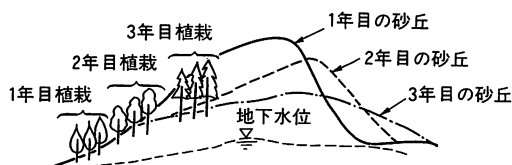


図-4 砂丘の固定法

V: 地表風速 (m/s) である。Vの累乗の項は power といわれるが、著しく大きい値であり、流砂量は風速に極めて敏感に反応することを意味する。当地の気象記録から概算すると、年間単位幅 (1 m) 当り、約19トンの砂が移動することになる。しかし (1) 式からみて、なんらかの方策で風速を少しでも低減できれば流砂量は大きく軽減出来る筈である (図-3)。つまり年間風速を0.7に軽減されると流砂量は約 1/10に、0.5に軽減されると約 1/100になると推定される。

現地では砂丘固定法として、まず砂丘の末端で水分条件のよい所に植栽し、末端部を固定する、上部は風によって侵食され砂丘の高さが減少する、翌年さらに上部に植栽するということを繰返して、砂丘の高さを減少させながら緑化・固定する方法 (図-4) が行われており、時間がかかり、粗放に見えるが、自然の力を利用した合理的な方法ともいえる。

もう少し集約的な方法 (例えば道路を流砂から防護する場合)、現地に自生する低木性のヤナギ (沙柳) の切り枝で高さ約 1 m の防風柵 (わが国でいう粗朶柵) を10m間隔で立て、柵間に植物を植栽する方法が実施されている。わが国でも海岸砂防技術として同様な方法があるが、もっと柵間隔は狭く、集約的である。

いかに激しい流砂現象といっても、地表面の侵食現

象であり、地表面をなんらかの材料で被覆すれば、防止できる。このことは日本から持込んだ侵食防止剤散布試験などで確認されている。しかし日本式の方法では工費を100円/m²以下にすることは難しい (現地での緑化事業の工費は数円/m²である)。

流砂防止には、現地で調達できる安価な被覆材料を大量に入手する必要があるが、砂漠では大変難しい問題である。現地の技術者は高さ 1 m の粗朶柵は長さ 10 m に渡って風速軽減効果があるという。地表面を粗朶で全面被覆すれば侵食はほぼ100%防止できることは彼等も認めている。しかし粗朶柵であれば、全面被覆するより材料は 1/10で済む。仮に柵によって平均的な風速が0.7に低減されるとしたら、流砂量は 1/10まで軽減できることになる。

現地で行われている流砂防止法はわれわれの目からは一見かなり粗放な方法に見えるが、現地の牧畜業を主体とした土地利用状態や社会経済的な背景に応じた技術かも知れない。

先進的な技術を紹介しても、現地の住民の生活・土地利用状況・社会経済条件に応じた技術しか受け入れられないのは明らかであるが、そのような技術を取巻く背景を正確に理解することは大変難しい問題である。

2. 植物の成長と水環境

砂漠の植物の成長は水環境に大きく影響されるのは当然である。毛烏素砂漠の自然植生を調査すると、水分条件で規制された見事な“すみわけ”が観察される (図-5)。地下水位からの距離によって、それぞれの水分状態に適応できる植物が優占している。この図で牛心朴子より低い位置の植物は地下水に依存して生活している植物であり、沙蒿・楊柴・沙米は砂丘の砂に含まれる僅かな水分を頼りに生活できる植物である。

緑化事業に最も多く利用される高木は早柳である。長さ 3 m 程度の切枝を現地に直接挿木することで容易に繁殖するし、乾燥に耐え、成長が早く、葉は飼料として価値が高い。植栽されている早柳の樹高成長を地

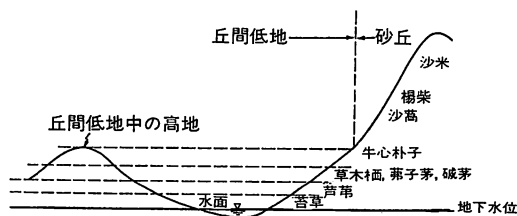


図-5 地下水までの距離による植物種の“すみわけ”

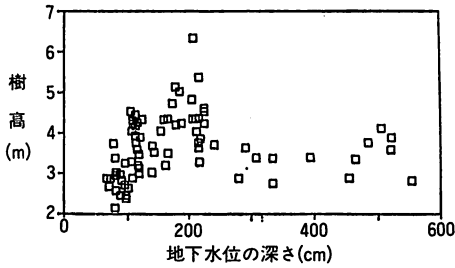


図-6 早柳の樹高と地下水位の深さ（挿木後4年）

地下水との関係が整理したのが図-6である。成長は地下水位の深さが1.5から2mの場合が最もよく、地下水位がそれ以下だと過湿害で成長障害が生じる。地下水位の深さが2m以上になると地下水が利用困難になり、乾燥害によって成長が規制される。しかし早柳は乾燥条件が厳しくても、かなり許容力を持つ植物である。乾燥条件にある早柳は葉の気孔数を少なくし、蒸散量も大幅に制限することが認められている。

早柳が正常に成長する範囲は地下水位深さが1.5—2m、砂丘の下部のみに限定される。大まかな緑化計画を考えると砂丘の下部は低木性の沙柳を混植した早柳主体の高木林の造成を行い、砂丘の上部は沙蒿・楊柴・沙米或いは臭柏（後述）等の砂丘に含まれる水分だけで成長できる植物で緑化すること、丘間低地は自然植生だけに頼らず、生産力の大きい草木栖などを導入していくことであろう（図-7）。このような方式である規模までの砂丘は固定できるであろう。

われわれは緑化事業の目的として、流砂防止のみを考えたが、現地の住民・技術者にしてみれば、緑化事業で用いられる植物が生活に役立つことをも重視している。飼料として価値が高いこと、生産力が大きいこと、高木なら用材として利用可能なこと等が要求される。まず流砂防止を目的とした緑化を行い、流砂現象を軽減した上で、価値の高い植物種を導入して

いく、といった日本式考えはなかなか理解困難なようであり、それだけ現地住民の生活上の要求が厳しいともいえる。

われわれが研究のフィールドとしている場所は研究センターの試験地であり、そこへの家畜の侵入は制限されている。毛烏素砂漠の砂漠化が過放牧等による人為的な攪乱が主因とするなら（事実、放牧地と放牧制限地の植生状態の差は歴然としている）、牧畜業の生産量のコントロールが緑化事業の成否を左右することになる。この問題は現地政府の政策に関わる問題であり、立入った研究はかなり困難である。

3. 緑化事業と水資源問題

流砂防止のための砂防技術や緑化手法は現地の技術者が精力的に研究を進めており、今後事業として進展していくであろう。長期的な視点で、われわれが心配する最も大きい問題は水資源問題である。現在の豊富な地下水は平均360mmの降水で維持されている。これは毛烏素砂漠の周辺が南東部を除いて山で囲まれ盆地状の地形を形成していることも幸いしている。地下水は南東方向にゆっくり流動していると推定されるが、その流出量と降水量及び地被条件で決まる蒸発散量とのバランスで現在の地下水位は維持されている。

ここでの広域の地被状況を現地の研究センター試験地（8400ha）を例にとると、65%の流砂砂丘（裸地）10%の固定砂丘（植生地）、25%の丘間低地（植生地）で構成されており、それぞれの地被条件に応じた蒸発散作用を行い、地下水動態に大きい影響を与えている筈である。

丘間低地で実測している地下水位は植物成長期には5.4mm/dayの速度で低下しており、また日中の盛んな蒸発散作用を裏付ける1日周期の変動が観察されている。植物成長期には地下水位の低下が続き、夏の後半から秋の始めにかけての降雨で地下水位は回復する

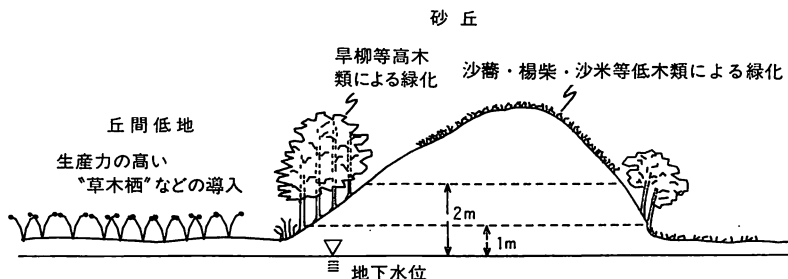


図-7 緑化計画の考え方

表1 毛烏素砂漠の地被条件別エネルギー収支

測定日	地被条件	純放射量	顕熱量	地中貯熱量	潜熱量
6月17日	流砂砂丘(裸地)	8.22	5.81	0.34	2.07
7月4日	楊柴が生育する砂丘	13.12	4.98	0.01	8.48
7月27日	臭柏が生育する砂丘	15.12	10.22	1.17	3.73
6月22日	丘間低地	13.70	0.62	-0.01	13.08

測定日は全て1991年。単位はMJ/day

というサイクルを繰返しているであろう。

蒸発が盛んな7月での水面蒸発速度は10—15mm/dayであり、流砂砂丘の裸地面では1mm/day以下の蒸発量が実測されている。裸地の砂丘の表面の乾燥が続くと「乾砂層」と呼ばれる、ある厚さの非常に乾燥した砂層が発達し、そのマルチング的な効果で、砂丘からの蒸発量は殆どゼロになる。

7月にポロメーターを用いた測定結果からは、砂丘の上部の位置で、砂丘内の水分に頼って生育する沙米の蒸散速度は1.3—3.8mm/day、丘間低地で地下水に頼って生活する草木柄やイネ科植物は4—4.5mm/day程度である(これらは単葉での測定値である)。

また、主たる緑化樹木である早柳は、ポロメーター、ヒートパルスによる樹液流速速度、伐採木の吸水量試験結果を総合して、その蒸散量は土壌水分の関連する立地条件で大きく変化し、樹幹投影面積当り2.7mm/dayから13.0mm/dayまで5倍の幅がある。

最近、超音波風速計を用いた乱流変動法で、エネルギー収支から蒸発散量を測定する方法が発達している。このシステムで①流砂砂丘、②楊柴の生育する砂丘、③臭柏の生育する砂丘、④自然植生の生育する丘間低地でエネルギー収支を測定した結果が表1である。測定日はいずれも快晴で、太陽エネルギー量はほぼ同じである。楊柴(ヤンツアイ)は砂丘の緑化植物として、有望な種である。臭柏はヒノキ科の低木性樹木であり、植生遷移過程からみて固定砂丘のクライマックス植物とされ、保護されている。

潜熱量から計算すると、蒸発散速度は流砂砂丘で0.8mm/day、楊柴の生育する砂丘で3.5mm/day、臭柏の生育する砂丘で1.5mm/day、自然植生の生育する丘間低地で5.3mm/dayとなり、上述の他の方法での測定値と大差ない。

土地面積の65%を占める裸地砂丘の存在は緑化事業の大きい障害となる流砂現象の発生源である。しかし砂丘を形成する砂は透水性がよく、そこに降る雨の大部分は地下水として供給される。また乾砂層が生成されるために蒸発量は最小限に制限され、水資源保全からみれば大きい役割を果していることになる。ここに水資源保全の立場からみた合理的な緑化計画の必要性がある。簡単にいえば、現在の地下水位を維持しながら、緑化面積をどれだけ増やせるかということである。

出来るだけ蒸発量の少ない植物で緑化するということも必要であるが、水分が豊富な場所には水消費量の多い植物が成立するのが自然のようであり、簡単でない。

例えば砂丘のクライマックス植物といわれる臭柏の夏の水消費量は少なく、歓迎すべき植物である。しかし繁殖が難しいし、成長速度も遅い。

現時点では緑化状況と地下水の動態を長期に調査し、注意深く水資源問題を検討していく必要があろう。

引用文献

- 内蒙古砂漠開発研究会(1989): 中国の乾燥地における砂漠化の機構解明と動態解析(トヨタ財団助成研究報告書012)
- 小橋澄治, 奥村武信(1989): 乾燥地における砂漠緑化と農業開発(その5) —その流砂特性と砂防技術—(農業土木学会誌57-2 pp63-67)
- 小橋澄治, 小林達明(1989): 乾燥地における砂漠緑化と農業開発(その6) —自然植生と緑化技術—(農業土木学会誌57-3 pp57-62)
- A. NAKAMURA, S. KOBASHI (1991): Energy budget observation with the eddy correlation method in the MuSu Shamo Desert. (Proc. 1991 Inter. Sym. for Japan and China Joint Research. pp10-14)