

# 乾燥・半乾燥地での森林造成について

## —ケニア共和国を中心に—

吉川 賢

### 1. はじめに

乾燥・半乾燥地での住民の活動は植生の劣化を引き起こしやすく、多くの地域で森林が失われ、土地の生産性が低下して、砂漠化が進み、水資源問題はますます深刻化している。そうした地域で森林造成を行うことは、気候緩和、自然環境保全はもとより、建築材や薪炭材の供給源を確保し、住民の生活基盤を大きく向上させることができる。さらに、長期的には森林植生の回復に伴う土壌改良効果により、雨季の洪水緩和や乾季の渇水防止など地域の水収支バランスの向上が期待できるきわめて重要な環境対策である。

しかしながら、一方では、森林造成が林地からの蒸発散による水の消費量の増大を引き起こし、もともと不足しがちな乾燥・半乾燥地の水資源をさらに減らすことで、日常生活や農業用に利用できる水が不足し、生産基盤を根底から破壊しかねない。また、河川流量の減少が流域の生態系に影響し、生物多様性を低下させる危険も高く、地域住民の生活に不測の悪影響を与えることも懸念されている。

そこで、水環境を保全しながら、森林の回復・保全を進め、ひいては地域の有効水分量を増加させることができるような森林造成技術が求められている。しかし、例えば、木材生産の向上を目指して導入されたユーカリは水消費量が多く、地下水位の低下が憂慮されている。また、砂漠化した土地の修復のために導入されたメスキート (*Prosopis Juliflora*)

はストレス耐性が強すぎ、対象地域以外の農地や水路に繁茂して、農業生産の障害となる場合も起きている。いずれの場合も、植林方法だけでなく、植栽後の管理方法の改善が大きな課題となっている。一方、砂漠化や水不足を引き起こした森林の減少・劣化は長年にわたる過剰な伐採や土地開発などの人為的ストレスによるものであり、森林の回復・保全を進めるためには、地域住民の理解と協力が不可欠である。

そのために、乾燥・半乾燥地で森林の造成・管理を行う際に考慮しなければならないことや、これから開発しなければならない技術などをまとめた。本稿は、林野庁の助成を受けて平成 21 年度から 5 年計画でケニア共和国において実施した「森林・水環境保全のための実証活動支援事業」の成果の一部である。

### 2. 水環境を考慮した森林造成に向けて

#### (1) 正しい知見に基づいた啓蒙活動

ケニアのキツイ地方で実施した住民アンケートによると、住民の大部分は樹木が集水域に対し何らかの影響を有していると理解しているが、その内容は森林造成によって降水量が増加するとか、地下水位が上昇するといった間違っただけが多かった。さらに、7割の農家はアグロフォレストリーとして農地に *Melia volkensii* のような高木樹種を植栽しても、農作物と競合しない、あるいは枝打ちさえしていれば、樹木は農作物の生産に影響を与えないと考えて



図 1 畑地に植栽された *Melia volkensii* (ケニア)



図 2 育苗の講習会 (ケニア)

いた (図1)。このように樹木が環境や作物に与える影響について農民は正確な知識を持たず、楽観的に考えており、そうした情報不足が乾燥・半乾燥地での適切な森林造成・管理を行う上での課題となっている。

森林の造成によって流出量は減少するが、雨水の土壌浸透量が増加し、地表面蒸発量が抑制されて、裸地よりも雨水の利用効率が高くなるといった、樹木や森林が地域の水収支に与える影響について正確な情報を普及させていく必要がある。そのためには現場で活動している者たちが現地で情報を収集・蓄積するとともに、それらの情報を共有していくような体制 (ネットワーク、プラットフォーム) を整備

しなければならない (図2)。

## (2) 森林造成によって利用できる水資源は減少する

森林は「緑のダム」としての貯水効果は高いが、降水量を増やす効果は期待できない<sup>2)</sup>。そればかりか、蒸散に大量の水を消費するので、上流で森林を造成すると、下流で利用できる水の量は必ず減少する。黄土高原の裸地に造林をした場合、その面積が10% 増えると、河川流量は9% 減少すると予想されている<sup>8)</sup>。実際、中国北部で行われた大規模な森林造成のほとんどは地域の水収支を考慮していなかったために、河川への流入量が減少し、黄河断流などの弊害が生じている。特に、植栽当初は小型で、水消費量も少ない樹木も、成長が進むと、徐々に蒸散量が増加する。

緑を造成することは水資源を緑地に奪われることであり、大量の水を緑地の維持に使用しなければならないことを、住民をはじめ、地域の緑化に関わる人々に徹底しておかなければならない。とくに作物の収穫時は最大の水消費時であり、その水源を緑化によって枯渇させてはならない。

## (3) 水源の保全

水は様々な方面で使われ、人々の生活に欠かせない資源である。森林を作ることで貴重な水が使われてしまうから、水が大事に使われるように、あるいは使われた水が有効に機能するように森林を造成しなければならない。

ケニアの山間部では人口増加により、これまであまり利用されてこなかった乾燥地への移住が進んでいる。移住者は入植地の水資源量が元の土地より少ないことを考慮せず、あるいはそうした環境変化に対応する技術的知見を持っていなかったために、それまでと同じように水を大量に消費する樹木を植栽し、乏しい水資源に一層の圧力を加え、農作物の作付けに失敗している事例が多く報告されている<sup>6)</sup>。

蒸発量の大きな乾燥・半乾燥地であるからこそ、土壌への貯水量を増やし、樹冠による雨水の取り込みを増やすような水源涵養機能を促進する森林の造成、管理が求められている。



図3 薪の採集（ケニア）

#### (4) 造成目標に合致した森林

乾燥・半乾燥地で環境が劣化し、砂漠化が進むような状況では、明確な造成目的を持たないまま、単に植生の復元を目指すような森林造成が行われやすい。裸地が緑化され、なにがしかの林産物が供給されるようになれば、砂漠化対策は成ったとされる場合が多い。しかし、防風や遮光、貯水などの環境修復機能が維持されることを求められているのか、さらにその上に木質資源の生産利用が目的となっているのかによって、森林の形態やその取り扱い方が全く違ったものになる。生産物も建築材か薪炭材かによって樹木の種類も森林のサイズも違ってくる。

乾燥・半乾燥地で造成できる森林のサイズはその土地の水資源量によって制約されているので、住民のニーズばかりを優先させることはできないが、住民のニーズのないところに森林の造成もない。住民のニーズと地域の水資源量と植栽可能な樹種の生理生態的特性を総合的に考慮した上で、造成すべき森林の構造やその造成法と管理方法が提案されなければならない（図3）。

#### (5) 立木密度管理

乾燥・半乾燥地で木材生産を目指して高木の森林を育てるには、林冠の閉鎖しない疎林にしなければならない。しかし、乾燥地の降水量に見合った立木密度をどのように算出するのか、またその状態に導くために立木密度をどのように管理していくべきか

はまだ解明されていない。現在はほとんどの場所で植栽密度や間伐の時機、その強度などは経験に頼っている。今後様々な樹種、立地条件の下で研究を重ねて、立木密度管理による水資源保全の方法を確立しなければならない。

一方、乾燥しているからと言って、立木密度が低ければ良いというものではない。低密度の林分では林床に陽が当たることで蒸発量が増加する場合がある。林分内の土壌水分を有効に利用するためには、どのような条件の時に、薪炭用の灌木林によって林床を覆っておく方がいいのか、あるいは林床を裸地化して蒸発を抑制しながら木材を生産する疎林がよいのかを明らかにしていかなければならない。

#### (6) 立地の微環境を考慮した施策

日本の中でも、斜面の上と下、あるいは日本海側と太平洋側で立地条件は大きく異なるので、植栽する樹種やその管理方法も全く違ったものになっている。同じように、乾燥地の中も細かい地形や斜面方位などによって立地条件は異なっている。たとえば、北斜面と南斜面では日当たりが違うために、土壌の乾燥の程度が大きく異なるので、北東アジアの乾燥・半乾燥地帯では北斜面には森林が成立しても、南斜面は草原にしか成らないところがたくさん見られる。平坦な土地ではそこに降る雨しか利用できないが、傾斜がある場合は斜面が水を集めるために、年降水量数100mmの半乾燥地でも斜面下部に部分的に森林が成立する。土壌が砂質な場合は、流砂が植生維持の大敵となるが、粘土質な場合は堅いクラスト（表層土壌の固結、堅い地盤）が植物の生長を阻むので、自ずと対策は異なってくる。

しかし、利用できる水量が大きな制限要因となっている乾燥・半乾燥地では、水以外の立地要因の影響は得てして見過ごされがちである。立地環境の僅かな違いを反映させた様々な植林方法が準備されていない（図4）。

#### (7) 適地適木

ニセアカシアを年降水量600mm以上の土地に植林した場合、植栽木の成長とともに土壌の水分保持能力は増加する。しかし、干ばつが頻発するような



図 4 耕作地，薪炭林等，いろいろな使われ方をしている農地（ケニア）



図 5 大規模な一斉造林（中国内モンゴ）

乾燥地では，植林後の樹木の生長は土壤の乾燥化を引き起こすので，適地の選択は重要である<sup>3)</sup>。

乾燥・半乾燥地は水分の絶対量は不足しているが，様々な形態の水源があり，その水を利用するための様々な戦略を有する乾燥地植物たちが生育している。立地の違いにきめ細かく対応して植栽樹種を選択するには，できるだけ多くの植物の生育特性を明らかにしておくかなければならない。乾燥するほど深くまで根を伸ばす特性<sup>7)</sup>や Hydraulic redistribution (HR)<sup>註)</sup> 能の有無は重要な選択要因である<sup>5)</sup>。しかし，HR 能の定量的な評価が進んでいないため<sup>4)</sup>，HR 能を生かす育林法の開発はまだ始まっていない。

#### (8) 大規模で一様な森林造成は避けなければならない

砂漠化が進む乾燥・半乾燥地では，残存する天然林への利用圧力を軽減する上からも，積極的に植林を展開していく必要がある。しかし，大規模な森林

造成は画一的な植栽となることが多く，微環境の違いに適切に対応することが難しい。また，温室効果ガスの吸収を目的とするような森林造成では，住民生活への配慮が欠けることになりがちで，水源を枯渇させる危険が大きい<sup>1)</sup>。

悪いことに，乾燥・半乾燥地において進められているいくつかの大規模な緑化プロジェクトにおいて，一部の小面積でしかも短期的なものにすぎないが，立派な森林造成に成功しているところがあり，プロジェクトの成果として喧伝されている。そのため，適正な管理が行われれば，乾燥・半乾燥地であっても大規模に荒廃地の緑化が可能であるような印象を与えている。しかし，そうした短期的な結果は乾燥・半乾燥地での大規模で長期的な緑化政策を支持するものではない<sup>1)</sup> (図 5)。

#### (9) 乾燥した厳しい環境に耐える頑健性が求められている

乾燥・半乾燥地は降水量の年変動が大きいので，森林，樹木が長期にわたって維持されるためには，干ばつ時に土壤水分を安定に保ち，限界以下に土壤が乾燥しないようにするための管理が求められている。たとえば，森林のサイズ(=水使用量)を干ばつ時の最低降水量を基準にして管理することも有効な方法である。一方，植物の側から見ると，干ばつ時に生き残れる植生でなければならない。水ストレス下で樹木自身が葉量を調整する(先枯れ)ことの

註) 根を介した土壤水分の移送。たとえば，水平根と垂直根を持っている植物の場合，表層土壤が雨で湿り深層の土壤が乾いていると，蒸散が起らない夜間に，表層土壤から吸水した水が深層の乾いた土壤中に排出される。このようにして，わずかな地表の雨水を地中へ移送することにより，垂直根を徐々に深くまで伸ばすことができる。本誌 90 号「乾燥・半乾燥地で樹木が水を利用するための戦略」を参照。

できる特性を持っている樹種は乾燥・半乾燥地で頑健な森林を造成するために欠かせない。

### 3. まとめ

森林を造成すると利用できる水が減るという正確な情報をもとに、地域の環境保全と住民の生活向上を目指して、森林の造成を行わなければならない。

不案内な環境に対しては、単純化して物事を見やすいために、我々は日本のようにきめ細かい適地適木の造林が乾燥・半乾燥地でも必要であることを理解しにくい。また、現地住民もそうした情報や知見がないために、立地条件の違いを無視して単純な森林造成をしてしまいがちである。

樹種選択において多様なオプションを担保するためには、できるだけ多くの樹種について種特性を明らかにし、育苗、植栽技術の開発を進めなければならない。生育環境条件の厳しい乾燥・半乾燥地においてもまだまだ候補となる樹種は残されている。

乾燥地では水はすべてを司る通貨である。地域の水収支に負荷をかけないようにしながら所期の目的に合致する木質資源の生産を行うためには、適正な密度管理による疎林の造成技術の開発が待たれている。多様な環境条件の下で様々な施業法を試してみようためには、履歴のはっきりした試験林が必要である。試験林の造成には時間かかるし、施業の効果が樹木の生長経過に現れるまでにはさらに長い時間が必要である。適正な森林管理技術の開発のためには

早急に着手しなければならない課題である。

〔引用文献〕 1) Cao, S., Tian, T., Chen, L., Dong, X., Yu, X. and Wang, G. (2010) Damage caused to the environment by reforestation policies in arid and semi-arid areas of China. *AMBIO* 39 : 279-283. 2) 日野幹雄 (2005) 植物の気孔蒸散と流体力学. *ながれ* 24 : 473-481. 3) Jin, T.T., Fu, B.J., Liu, G.H. and Wang, Z. (2011) Hydrologic feasibility of artificial forestation in the semi-arid Loess. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15 : 2519-2530. 4) Meinzer, F.C., Brooks, J.R., Bucci, S., Goldstein, G., Scholz, F.G. and Warren, J.M. (2004) Converging patterns of uptake and hydraulic redistribution of soil water in contrasting woody vegetation types. *Tree physiology* 24 : 919-928. 5) Richards, J.H. and Caldwell, M.M. (1987) Hydraulic lift : Substratal nocturnal water transport between soil layers by *Artemisia tridentata* roots. *Oecologia* 73 : 486-489. 6) Rumley, R., Muthuri, C. and Ong, C. (2006) More trees with less water. World Agroforestry Centre ICRAF, Nairobi, Kenya, 4pp. 7) Wei, J., Liu, G., Shan, L., Zhang, X. and Li, S. (2011) Response of root distribution of *Haloxylon ammodendron* seedlings to different irrigation amount in the hinterland of Taklimakan desert. in *Biomedical Engineering 1* : 49-55. 8) Zhang, X.P., Zhang, L., McVicar, T.R., Van Niel, T.G., Li, L.T., Li, L., Yang, Q.K. and Wei, L. (2008) Modelling the impact of afforestation on average annual streamflow in the Loess Plateau, China. *Hydrological Processes* 22 : 1996-2004.