

## 熱帯荒漠地植林によるバイオマス生産の可能性

田内裕之・河原崎里子・相川真一(森林総研)・宇都木玄(森林総研北海道)・斉藤昌弘(三重大)

要旨：西オーストラリア州においてバイオマス生産を目的とした植林技術の開発を行い、その技術が他の荒漠地に展開できるのかを検討した。亜熱帯・熱帯地域の乾燥地に特有な塩集積土壌で、耐ストレス性が高く、かつ高い成長量を示すのは、*Eucalyptus camaldulensis*であった。この樹種は、耐乾性と耐塩性を持ち、表層土壌の濃い塩集積層を回避する植栽方法によって、地上部の年間成長量が  $5.0 \text{ Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  程度見込めることが解った。これは、より乾燥の強いハードパン型土壌地帯で開発した土木工法による植林地と同等の成長量で、これらの技術が展開できれば熱帯乾燥荒漠地において大量のバイオマス生産が可能になる事を示唆した。

キーワード：塩集積地、ストレス回避、成長量、耐ストレス、半乾燥地

## I はじめに

現在、乾燥・半乾燥地帯を中心に、利用されていない荒漠地が、陸地面積の30%以上を占めている(1)。その多くは過去には森林であったが、過剰な土地利用により植生が貧弱な荒漠地へと変化したものである。このような土地では、一層の乾燥化や土壌表層への塩集積が生じている。その荒漠地に森林を育成できれば、それを炭素の貯留庫として機能させることができるし、バイオマス資源としても利用可能となる。

本研究では、オーストラリアにおいて、乾燥や塩集積という環境下でも成長が見込める樹種を選定して植林技術の開発を行うと共に、バイオマス生産量を算出した。また、土壌タイプによって荒漠地を分類し、開発した植林技術がどれくらいの面積に適用出来るかを推定し、バイオマス生産の可能性について検討した。

## II 調査方法

## 1. 塩集積土壌における植栽方法の検討

塩回避育苗技術の確立のため、深根性の樹種間での成長パターンの比較を行った。一般に塩害が生じる土壌では、表層に植物が生育できない高濃度の塩が集積する。この高濃度層は、通常表面から30-50cm程度の深さまで分布することが解っており(濱野ら、未発表)、これを避けるためには、パイプ状の鉢に苗木を育苗し、鉢と一緒に植栽する手法が有効と考えられている。つまり、早期に鉢の下にまで根を伸ばし、塩濃度の低い水源を利用して成長できる樹種がこのような場所での植栽候補樹種となる。西オーストラリア州西部の年降水量350-550mmの地域で広く植林されている深根性の樹種3種(*Eucalyptus camaldulensis*, *Pinus radiata*, *Casuarina obesa*)を用い、その成長パターンを比較した。直径の異なる3種類のパイプ状鉢(長さ、 $L=100\text{cm}$ ; 直径、 $\phi=10, 5, 2.5\text{cm}$ )

で栽培実験を行った。栽培期間は2006年7月から約4ヶ月間で、灌水は適宜行った。発芽後定期的に数個体を掘り取り、その乾重を測定した。播種後約120日目には根の深度分布を測定するために、根の深さ別(25cm間隔)の乾重を測定した。

## 2. 乾燥荒漠地における生産量の検討

西オーストラリア州内陸部 Leonora 付近の自然植生サイト(降水量  $200 \text{ mmyr}^{-1}$ )及びハードパンが存在しそれを爆破した穴に植栽をしたサイト(灌水を行い降水量換算  $500 \text{ mmyr}^{-1}$ )と、西部の Perth 周辺にある Calingiri の植栽サイト(降水量  $450 \text{ mmyr}^{-1}$ )の3サイトで生産量の比較を行った。これらのサイトは、塩問題が無く、成長に関しては水が律速条件となっている。各サイトでは毎木調査を行い、バイオマス生産量を算出した。また、塩集積サイトの成長量情報から、塩回避苗の植栽を行った場合、どれくらいの生産量が見込めるかを検討した。一方、既存の資料(1)から、オーストラリアで対象となる半乾燥地、乾燥地、疲弊農地等を抽出し、その土壌条件に基づき、タイプ区分を行った。この区分に基づいた場合、本研究で開発されたハードパン型土壌および塩集積土壌における植林技術がどれくらいの面積に適用できるかを算出し、植林によるバイオマス生産の可能性について検討した。

## III 結果と考察

## 1. 塩集積土壌における植栽方法

3樹種間の成長パターンの違いを見ると、どの種も地下部の成長が地上部の成長を上回っていた。播種後約4ヶ月目のバイオマス(乾燥重量)は*E. camaldulensis*では $\phi 10\text{cm}$ のパイプでのそれが $\phi 5\text{cm}$ ,  $2.5\text{cm}$ と比べて有意に大きいことが解った(図-1)。また、全処理間で比較すると、播種後約4ヶ

Hiroyuki TANOUCHI, Satoko KAWARASAKI, Shin-ichi AIKAWA (For. and For. Prod. Res. Inst., 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687), Hajime UTSUGI (Hokkaido Ctr., For. and For. Prod. Res. Inst.), and Masahiro SAITO (Mie Univ.). Potential of biomass production by afforestation in tropical arid lands.

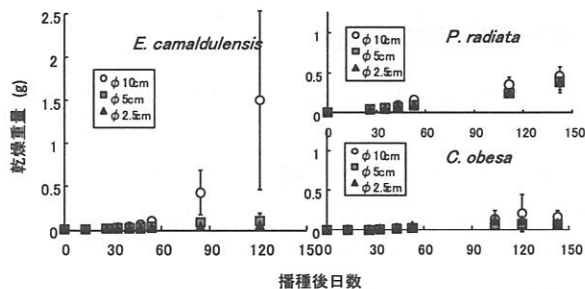


図-1. 異なる径のパイプ状鉢に植栽した3樹種の成長

月目のバイオマスは、 $\phi 10\text{cm}$  のパイプで生育させた *E. camaldulensis* で  $0.60 \pm 0.41\text{g}$  と最も大きく、同じく  $\phi 10\text{cm}$  パイプで生育させた他の2種より有意に大きかった ( $P < 0.05$ , Tukey-Kramer test)。また、 $\phi 5\text{cm}$  と  $2.5\text{cm}$  のパイプでは *P. radiata* の成長量が他の2種より有意に大きかった ( $P < 0.01$ )。この結果から、成長量を最大にするためにはパイプ径  $10\text{cm}$  で *E. camaldulensis* が、より細いパイプを用いた省力的な育苗を求めるのなら *P. radiata* が好適な樹種であることが分かった。ただし、*P. radiata* は耐塩性が低く、耐湛水性 (water logging tolerance) が低い (2) ので、地下水層の塩濃度が高い地域や水位が高く湛水状態になるような立地には不向きであり、適用範囲が狭いであろう。

一方、器官別成長量は、パイプが無い場合でも *E. camaldulensis* のほうが *P. radiata* より地上部、地下部共に有意に大きかった ( $P < 0.01$ )。またパイプ ( $\phi 10\text{cm}$ ) の有無による成長量差を比較したところ、パイプという根系空間を制限するストレス下において、*E. camaldulensis* は地下部だけでなく全体のバイオマスでも差が無く、地下  $1\text{m}$  以上の深い層へ根を伸長させることが解った (図-2)。他の2種ではパイプによって地下部成長が制限されていた。これらより、*E. camaldulensis* は塩集積地においてもパイプ苗植栽であれば有望な植栽樹種であると判定出来た。

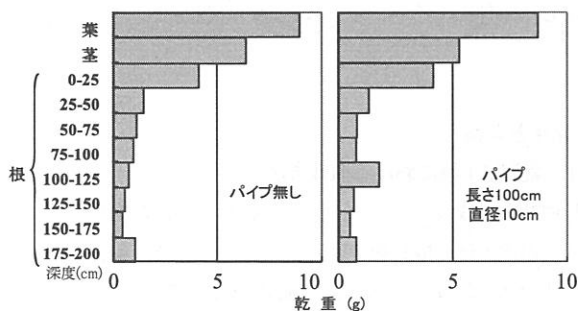


図-2 *E. camaldulensis* の深度別重量 (播種後 120 日目)

## 2. 乾燥荒漠地におけるバイオマス生産の可能性

*E. camaldulensis* は耐乾性が強く成長も旺盛である(2)。3ヶ

所の異なる環境条件に生育する *E. camaldulensis* の生産量 (幹枝のバイオマス増加量) は、Leonora 地区の自然植生サイト (立木密度  $256 \text{本 ha}^{-1}$ ) では  $1 \sim 2 \text{Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  であるのに対し、同地区の植栽地 (植栽密度  $204 \text{本 ha}^{-1}$ , 6年生) での同生産量は  $4.5 \pm 0.32 \text{Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  を見込むことができた。この地域はハードパン型土壌で、上述のような土木的工法による植林技術が確立されている(4)。したがって、この技術の導入によって、乾燥地 (降水量  $200 \text{mm yr}^{-1}$ ) においても  $5.0 \text{Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  程度の生産目標値は不可能でないことが解った。Calingiri の植栽サイト (降水量  $450 \text{mm yr}^{-1}$ ) の同生産量は、 $5.3 \pm 1.19 \text{Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  と Leonora 植栽地での生産可能性とほぼ同等であった。一方、通常の植栽方法では、同じ降水量の塩集積地の場合、サイズ成長が無集積地のそれと比べて  $50\%$  程度であることが解っている(3)。よって、パイプ苗による植栽方法は塩集積地でのバイオマス生産に有効な手法であると考えられた。

オーストラリアにおける乾燥地はおよび塩集積地はそれぞれ  $2,374,000 \text{km}^2$  および  $1,580,000 \text{km}^2$  であり国土の  $51\%$  を占めている(1)。これら全てにこのような植林方法が展開できるとは考えられないが、ポテンシャルとして  $1.98 \text{Tg/yr}$  というバイオマス生産の可能性が有ることが解った。

## IV おわりに

亜熱帯・熱帯地域の乾燥地や塩集積地で、広域展開が可能な適用性の高い樹種は *Eucalyptus camaldulensis* で、この樹種は高い塩耐性や回避特性を持つ事が解った。また、ストレス環境下での成長量も大きく、幹枝生産量の目標値を約  $5.0 \text{Mgha}^{-1}\text{yr}^{-1}$  に設定出来ると考えられた。

この研究は、環境省 (GHG-SSCP Project) および NEDO (バイオマスエネルギー転換要素技術開発) の成果の一部である。

## 引用文献

- (1) FAO (2000) Land Resource Potential and Constraints at Regional and Country Levels, World Soil Resources Reports 90. 122pp.
- (2) MARCAR, N.E. and CRAWFORD, D.F. (2004) Trees for Saline Landscapes, RIRDC Publication, 246pp.
- (3) TANOUCHI, H., AIKAWA, S., KAWARASAKI, S., UTSUGI, H., HAMANO, H., SAITO, M., ADRIANNE, K., KOJIMA, T., YAMADA, K. (in press) Examination of biomass production by afforestation technologies in wastelands. J. Ecotech. Res.
- (4) YAMADA, K., KOJIMA, T., ABE, Y., EGASHIRA, Y., TANOUCHI, H., TAKAHASHI, N., HAMANO, H. and TAHARA, K. (2005) Establishment of a  $\text{CO}_2$  fixation system by afforestation of arid land - Enhancement of carbon fixation by technologies of soil structure modification. Energy and Resources, 26(6): 435-441.