

「資源循環・エネルギーミニマム型システム技術」  
平成10年度採択研究代表者

山田 興一

(信州大学繊維学部 教授)

## 「乾燥地植林による炭素固定システムの構築」

### 1. 研究実施の概要

未利用乾燥地への大規模植林による持続可能な炭素固定システムの確立を目的とした、水、塩、大気環境、地形、樹種、エネルギーを組み込んだモデルを考案し、全地球的に適用可能な緑化シミュレータの構築を行う。これまでに、対象地域として選定した年間降水量200mm程度の西豪州で、現地研究機関とも連携し、現地特有の土壌物性、水環境、樹木特性、気候条件に関する基礎データの取得及び解析を行い、各構成モデル(土壌、植生、大気)の構築、検証および改良を進めてきた。また実際に植林することにより、提案された緑化手法の実証試験を開始した。今後更にデータを蓄積し、各構成モデルを改良するとともに、各モデル間でのI/Oを明確にし、それらを結合した一つの緑化シミュレータを構築する。そのためには、地形、地下水などを考慮した広域の三次元的な水移動の把握、植生および土壌物性のゾーニングによる植林可能域の推定なども行う必要がある。また、植林された樹木の成長、土壌環境、気候条件を観測し、導入された緑化手法の検証を行うとともに、さらに効果的な新規な緑化手法の提案、実証も行っていく。

### 2. 研究実施内容

平成11年度は、研究体制も整い、全体システム構築グループの下で、土壌システム、植生システム大気システムの各グループが有意義な研究を行うことができた。各グループの成果を下記のようにまとめることができる。また、各研究グループはシミュレータ構築のために相互討議、協力を行う形で進めている。

#### (1) 全体システム構築グループ

全体システム構築を目指し総括を行うとともに現地研究体制の立ち上げ、現地基礎データの収集、実証試験(植林)を実施した。

現地(Leonora, Esperance)の代表的植生地における植生・成長速度・炭素固定量の測定と環境因子との関係調査を以下のように行った。Leonora地区の調査サイトSite 1-7に5サイトを加え、全12サイト(Site 1-12)で行った。新しいサイトを中心にトランゼクト、土壌断面診断、土壌基礎物性測定、水分・塩分センサー(TDR)の設置、栄養塩濃度測定を行った。また、デンドロメータによりこの地域の典型

的な樹木について、成長量調査も継続的に行った。今後、このデータは土壤、植生グループに活用されていくものである。Esperance地区においても、継続的にTDRにより土壤水分、塩分量を測定し、植物成長量の測定を行った。

Leonora地区において20,000分の1と5,000分の1のスケールで航空写真（カラー）の撮影を行い、調査地域全域の標高データ、画像データのデジタル化を行った。次年度以降の生態調査・ゾーニングを多面的に実施する際に活用できるものであり、全地球的に適用できるシミュレータの構築に大いに活用できるものである。

これまでの調査結果をもとに、選定された植林サイト（Site A-D）に土壤改良技術を導入することにより水環境を改変し実際に植林を行う実証試験を開始した。また、次年度の植林候補地（Site E,F）の選定および造成を行った。現地の土壤は浅層に不透水層があるため表土は薄く、従って土壤の貯水容量は小さく保水能力は低いので、土壤の浸透性、保水性を向上させるために、具体的には、ハードパン破壊とバンクの造成を行った。土壤水分センサー（TDR）を設置し土壤水分の測定を継続的に行った。また、植林された樹種の成長速度を把握するために樹高、樹径測定も行った。

乾燥地における炭素の収支を終着点として、水や塩の収支を計算するための全体的なモデルを、その構成要素である植物や土壤、大気などのサブシステムの構成モデルを統合したシミュレータを作成した。このシミュレータはまだ作成途上にあるが、その基本的なコンセプトは確立しつつあり、各サブシステム間の入出力が同時に行え、我々の目指す緑化シミュレータの基本となる。

## (2) 土壤システム研究グループ

土壤中の水移動を予測できるモデルの開発を重点的に行った。現実に近い予測を行うために、実際に現地の土壤物性を測定し、モデルの入力データとして用いた。計算値と実測値との比較によりモデルの評価、および現状における問題点についての検討を行った。

土壤改良効果については、現地では実際にハードパンを破壊するなどの、土壤改良を行っていることを念頭に置き、現状ではまだ定性的ではあるものの、表層土壤の浸透性とハードパン破壊による浸透性の変化について考察した。

本研究グループで開発中である、新規無機保水材ポーキサイトについては、流動層急速昇温焼成による比表面積、細孔容積、細孔径の拡大効果、保水能、保肥能増大効果を検討した。また焼成ポーキサイト内部構造が水の保持・移動に与える影響を、ミクロの観点から理論的に検討した。また、実際に土壤へ混入することによる土壤の透水性、水分特性の変化を検討した。

## (3) 植生システム研究グループ

現存植生量を把握するために、現地踏査、伐木調査、帯状標本地調査を行い、

また航空写真や衛星写真を用いた解析を行った。その結果、現地植生量と樹冠面積、樹冠面積×樹高、被服率との間に相関を確認し、樹冠面積と総断面積にも相関を確認できた。また、衛星写真解析から調査対象地全域の植生分布図の作成を行った。

水、肥料、土壌条件の改良が植生の成長に及ぼす効果を明らかにするために、土壌栄養塩濃度と植物各部位中の栄養塩濃度の相関をとることで、不足元素の傾向と各元素の含有量の部位による相違が明らかにした。また、土壌中の無機栄養イオンのサイトおよび土層深さによる相違も把握できた。次に、栄養塩のマスバランスに着目して、樹液中の各栄養塩元素の濃度と、植物各部位の栄養塩量と固定炭素量の比より炭素固定量あたりの水必要量推定法の提案を行った。また、土壌環境（ハードパンまでの深さ、栄養塩濃度）による植物の生育阻害因子の抽出が行えた。

優先樹種の生理生態的特性の把握として、生理生態学的情報（葉の水ポテンシャル、樹液流量等）の収集、環境要因（気温、湿度等）の変化を計測し、生理生態学的モデルを組立て、光合成能力が高さとその能力を維持するための給水との関係から植林成功の可能性を検討した。また、植物の吸水メカニズムを明らかにすることを目的とし、リーフポテンシャルの応答と樹液流の応答との関係、各時間の樹液流速とリーフポテンシャルの関係から樹木中の溶液の挙動が傾向として示せた。

#### (4) 大気システム研究グループ

植林樹種生態系の組み込みを考え、気象シミュレーションモデルの確立、全体システム研究グループで構築するシミュレータに組み込むことを目指す研究を行った。

本年度は、STURT MEADOWS地域の降水量と植生量の長期にわたる変動の解析やその地域での緑化に伴う気象変化と気候変動の解明と予測を目的とした。地表の状態によって強くコントロールされる中規模領域の現象を予測することができ、地表面の気温、風、降水について、有用なデータが得られる、スペクトルモデルを用いて、局地的な気候変化のシミュレーションを行った。約500 km四方の地域で様々な地表面条件についてのシミュレーションの結果を比較して、ある大気条件のもとでは、降雨量や湿度の増加などの効果が得られることが明らかとなった。植林効果による降雨の変化については、日射による蒸発や地面付近の上昇が大きく関係するので夏、秋、冬の順に降雨の増加が確認された。また、1917年から1998年までの日降雨量のデータを入手し、降水量の長期にわたる変動の解析を行った。約50年前ころを最低として、降雨量は当時の190mmから、現在の236mmまで、年変動は大きいものの徐々に増大していると見ることができる。こ

の降雨増大が、観察された植生増加と関連している可能性は高い。また、植生増加が降雨量の増大にフィードバックされている可能性も否定できない。

### 3 . 主な研究成果の発表（論文発表）

松本剛・小島紀徳（成蹊大学）、若林宏明（流通経済大学）、塩生植物を用いた広域沙漠緑化の最近の動向、沙漠研究(1999)

松本剛・小島紀徳（成蹊大学）、若林宏明（流通経済大学）、塩生バイオマス栽培への適用を目的とした砂層中の横方向飽和浸透流解析・実験、沙漠研究(1999)

K. Yamada(Shinshu Univ.), T. Kojima(Seikei Univ.), Y. Abe(Tsukuba Univ.), A. Williams(Curtin Univ.) and J. Law(MRS), Carbon Sequestration in an Arid Environmental Near Leonora, Western Australia, Journal of Arid Land Studies(1999)