

サウジアラビアの沙漠地域に持続可能な緑化システムを構築するプロジェクト —凍結濃縮法排水処理技術と深根苗移植栽培技術の開発と利用—

サウジアラビア海洋性沙漠開発プロジェクト 緑化・生物生産グループ¹

1. プロジェクトの概要

文部科学省の「人・自然・地球共生プロジェクト」の課題の一つとして、「広域水循環予測及び対策技術の高度化」に関わるプロジェクトが1999年から進められてきた (http://kyousei.aesto.or.jp/~k051open/ptop_j.htm および http://kyousei.aesto.or.jp/~k051open/p0_j.html)。このプロジェクトを実施するために、三菱重工が主管機関となった学際的なプロジェクトチームが編成され、防災科学技術研究所、地球フロンティア研究センター、京都大学防災研究所、鳥取大学乾燥地研究センターおよび上智大学に所属するメンバーが参加した (図1)。プロジェクト全体の目的は、紅海からの海洋性上昇気流および大気下降気流中の湿分が多く、水資源確保の可能性が高いサウジアラビア、ジェッダ近郊に位置する海洋性砂漠に、健全で持続的な水循環システムを構築し、環境を改善するためのマスタープランを作成することであり、その目的を達成するために、目標や手法を異にするいくつかのグループが設置された。そのひとつに、水循環型緑化・居住空間創生・生物生産システム

開発を通してオアシス創生を目指すグループがある (以下、緑化・生物生産グループ)。本稿では、この緑化・生物生産グループが開発した2つの基幹技術を中心に本プロジェクトの概要を紹介する。

2. 緑化・生物生産グループの目的

中東諸国では現在、人口の急増が続いており、それを養うための食糧生産が急務となっている。これらの地域の多くは、蒸発散量に対する降水量の比率が極めて低い乾燥地に属しており、作物を栽培するために膨大な量の水資源が灌漑用水として消費されている。しかも、その水資源の大部分を涵養できない深層地下水 (化石水) に依存しており、その枯渇や地盤沈下が深刻な問題となっている。この問題を解決するには、新たな水資源を開発するとともに、限られた水資源の有効利用を図る必要がある。

そこで、緑化・生物生産グループでは、これまでにほとんど活用されていない生活排水や浅層地下水²の有効利用に基づいた持続可能な緑化システムを構築することを目指した。本グループが開発した主要な技術は、(1)凍結濃縮法排水処理技術と、(2)深根苗移植栽培技術である。本プロジェクトでは、この2つの技術を利用して持続可能な緑化システムを構築することによって砂漠の中にまず点としてのオアシスを作り、次に点と点を結びつけてオアシスネットワークを形成することを計画した。このネットワークによって、健全な水循環に基盤を置いた生態系複合システムを作り出すことができ、乾燥地においても持続可能な農業を確立できると考えたからである。

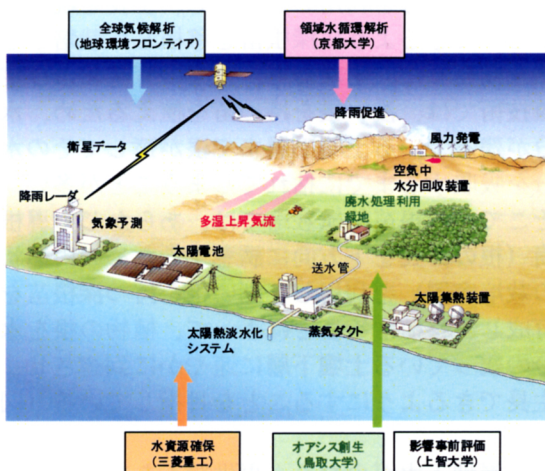


図1 各タスクグループの連携

2007年3月31日受付
* 連絡先 〒690-0001 鳥取県鳥取市浜坂 1390
Fax: 0857-29-6199 E-mail: matsui@lrc.tottori-u.ac.jp

3. 持続可能な緑化システム構築に関わる 基幹技術

1) 凍結濃縮法排水処理技術

有限な深層地下水の使用量を削減する一つの方途として、これまで廃棄されていた生活排水の再利用がある。このプロジェクトでは、対策技術として凍結濃縮法を用いて、生活排水を再利用する技術開発を行った(黒田・井口 2003、手塚ら 1995)。この技術は、「塩類等、種々溶質を含む水溶液が凍結する際、氷結晶中の原子間距離が他の分子と比較すると非常に小さいため、氷結晶は溶質を取り込まずに成長する。すなわち、水溶液中に純粋な氷の結晶と濃縮された水溶液が存在するようになる」という原理に基づいている。生活排水を部分凍結させて生成した氷を分離、回収、溶解して塩分等の不純物の少ない再生水を作るというものである(図2)。

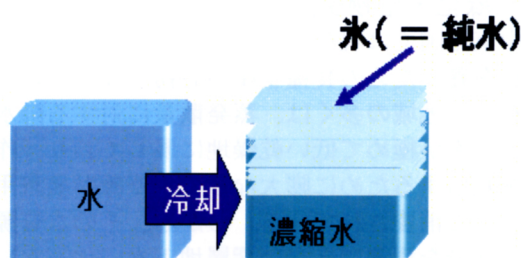


図2

これまで廃棄していた生活排水をこの方法で処理することで、不純物や塩分濃度を低減させ、植物の育成、灌漑用水など、新たな水資源として再利用できるだけでなく、生成された氷を冷熱源としてビル、アパート、グリーン・ハウス、工場等の空調などに利用することもできる(図3)。一年中気温が高い乾燥地では冷熱の需要が年間を通して大きいため、本技術は乾燥地において極めて有効である。また、凍結濃縮法を用いた排水再利用装置は、現在、高度水処理技術の主流となっている逆浸透膜処理と比較して、小規模処理が容易であるため、短時間で現地に展開できる可能性が高い。

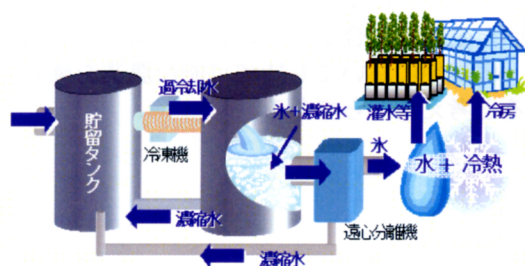


図3

この凍結濃縮法排水処理技術の一つの問題点は、農業用水として使える水質レベルの再生水を製造する場合でさえコストがかなりかかることである。しかし、水そのものにコストをかけざるをえない乾燥地では十分機能すると考えられる。事実、サウジアラビアで実証試験を行った結果、運転コストについては農業用水を入手するためのコストと同レベルか、それ以下に抑える目途を得ている。また、現在使用中のプロトタイプをダウンサイジング(処理装置サイズの最適化)したり、熱効率を向上させることによって、さらにコストを低下させることも可能である。本システムで製造した氷は氷蓄熱型の冷熱源として活用できるため、昼間の電力ピークをカットする効果も期待できる。

2006年には、サウジアラビアの現地で、生活排水を使い、本技術による再生水製造実証試験を行った。その結果、装置の安定運転を確認するとともに、再生水が灌漑用水として十分に使用可能な水質レベルに達していることを確認している(図4)。

原水		前処理 (SS 除去)	凍結濃縮	再利用水	
供給量	1 m ³ /h			コンポスト	濃縮水処理
COD	300 ppm			COD	20 ppm
EC	2 mS/cm			EC	0.6 S/cm
SS	120 ppm			SS	<1 ppm

COD: 化学的酸素要求度, EC: 電気伝導度, SS: 浮遊物質

図4 凍結濃縮法による再利用水の水質

2) 深根苗移植栽培技術

乾燥地では土壌表層の水は容易に蒸発してしまうが、下層には比較的長期間に渡って水分が保持されていることが多い。そこで、植物が下層の土壌水分を利用して活着し、生長を続けることができるように深根苗を移植して栽培する法を開発した。すなわち、従来の育苗および定植技術では、浅い根を持つ苗を植えるため、水分が残っている土壌下層まで根が達してその水分を吸収するまでに枯れてしまうことが多い。そこで、深根苗移植栽培では、あらかじめ導根筒(根の伸長を下方に誘導するための円筒状の栽培容器)を利用して深い根を持つ深根苗を育成し、移植することによって、植物の根を水分が残っている土壌下層に速やかに到達させ、生長できるようにすることを目指している(図5)。

浅層地下水が少なく、再供給もあまり期待できないような場所では、予め導根筒の中に設置した灌漑パイプを利用して苗の根の先端域に直接灌水することによって、蒸散によって失われ

る水量を大幅に軽減できる。本栽培技術による灌漑水量は、表面灌漑や点滴灌漑の30~40%ですむと試算されている(図6)。また、上記の凍結濃縮法排水処理技術によって処理された水を用いれば、特に大都市近郊での排水再利用によって、深層地下水の使用量をさらに低減させることが可能となる。

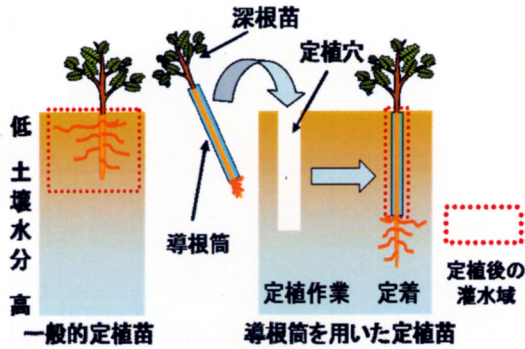


図5 深根苗移植栽培法

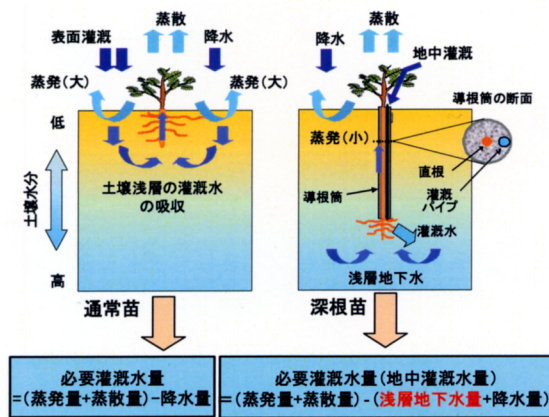


図6 通常苗と深根苗における水収支

深根苗の育苗にあたっては、導根筒を使って根の生育を鉛直方向へ誘導し、長く深く伸びた根系を形成させる。また、本プロジェクトでは導根筒に充填する培地の種類や形状を工夫することによって、根の伸長速度を高め、育苗期間を短縮することに成功した。すなわち、これまでにまず、モデル植物として草本性植物のダイズ、ついで木本性植物のクロマツ、そして乾燥地でニーズが高いナツメヤシを用いて検討を行った。その結果、根の伸長速度をこれまでの約2-4倍まで高めることができ、目的の根の長さを有する苗を効率的に生産できることを実証している。

以上の成果を踏まえて、まず、国内においてナツメヤシ深根苗の栽培試験を行い、約1mの根を持つナツメヤシの深根苗の育成および移植後の活着について実証した。この結果を基に、

サウジアラビアでも実証試験を行い、約1mの根を持つナツメヤシの深根苗を育成することに成功した。また、その苗を定植したところ、深根苗は通常苗と比べて移植時の植え傷みも少なく、良好な活着を見せている。

4. 将来展望

本プロジェクトで開発した導根筒を利用する深根苗移植栽培技術は、サヘルの森や国際耕植株式会社のメンバーが考案した「長根苗栽培」(東海林・阿部 1996、小島ら 1998)からヒントを得たものであり、さらに根の重力屈性や伸長に係る植物生理学的な基礎研究の成果を踏まえ、培地の種類や形状をふくめた改善を行うことによって根の伸長を有意に促進することに成功した。この改良技術が数種の植物に適用できることは、すで実証されている。この技術開発によって比較的短期間に大量の深根苗を生産するシステムを構築できるようになった。サウジアラビアの紅海沿岸地域、あるいはこれに近いところで数十キロ四方の面積を緑化すれば、植物の蒸散によって山岳地域の降雨促進が期待でき、持続的な水循環システムを実現することが可能だというシミュレーション結果が、気候や気象に関するサブグループによって提出されている。このような緑化を実現するためには、効率的な苗生産が必要であるが、本サブグループの実証試験によってその実現可能性が示された。また、本サブグループのもう一つの基幹技術である凍結濃縮法を利用した排水再処理によって、新たな水資源を確保することができることも大きな意味を持っており、両技術を組み合わせることによって、サウジアラビアにおける効率的な水循環と緑化が現実のものとなる。

註

- 1 本グループの構成員は、稲永忍(国際農林水産業研究センター、グループ・リーダー)、森田茂紀(東京大学)、安萍(鳥取大学乾燥地研究センター)、谷本英一(名古屋市立大学)、荒木英樹(山口大学)、上山逸彦(鳥取大学乾燥地研究センター)、小川尚樹(三菱重工)、松井猛彦(三菱重工)であるが、プロジェクトの遂行に当たっては、鳥取大学乾燥地研究センターのCOE研究員である留森寿士、望月秀俊、中澤亮二および辻渉の諸氏から多くの有益なアドバイスを頂いた。
- 2 浅層地下水(土壌深層水)は植物が根によって直接利用できる深さ(数m程度)の土壌水のことです。水循環の視点から数百mの深さにある深層地下水(帯水層の水)と区別される。

引用文献

- 小島通雅・大沼洋康・坂場光雄 (1998) 砂漠緑化
における新しいアプローチ Green Age 1998/
1 : 42-46.
- 黒田尚紀・井口泰男 2003. 流下液膜式凍結濃縮装置/
氷蓄熱装置を利用した廃水減容化、環境浄化技術、
11、vol.2、No.11、p46-50.
- 東海林知夫・阿部昌宏 (1996) 長根栽培による
乾燥地における節水植林法の導入 日本緑化学
会誌 23 (1) : 26-28.
- 手塚正博・白土博康・浅野孝幸・鳥羽篤也・飯田憲
一・小林裕一・石岡充章・田尻耕一・赤間久興・
佐藤定美 1995. 凍結による排液の希薄化处理、
北海道立工業試験場報告、No.295、p81-99.