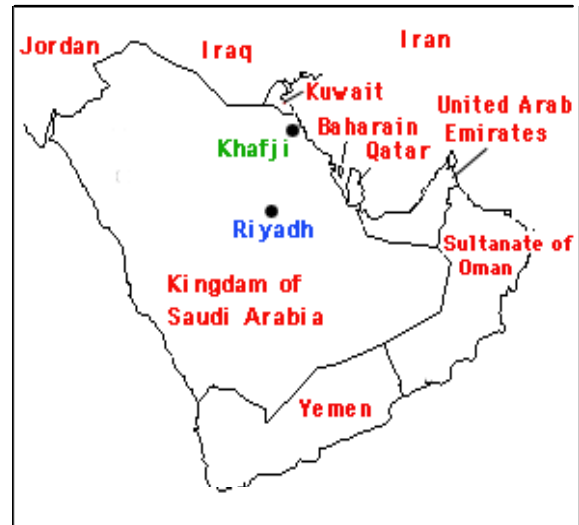


# サウジアラビア便り

## 第1回：大規模緑化比較実証事業について

このシリーズでは、昨年1月末から当社が関与することとなった財団法人石油産業活性化センター（PEC）の産油国石油精製技術等対策事業費補助金による大規模緑化比較実証事業について報告していく。

本事業は、日本と産油国との連携強化の一環として実施しているものである。当初は右図中のカフジ（緑字）のみで実証事業だけが行われる事になっていたが、その後サウジ側の要望もあり、研究も含めることとなった。カウンターパートは、King Abdulaziz City for Science and Technology（KACST）と言い、リヤドを本拠地としており、日本での科学技術庁に相当する。設立されてから今年で23年が経つが、現在の名称になってからは14年が経過している。（サウジではヘジラ暦＜閏月の無い太陰暦＞なので若干のズレはあるかも知れない。）研究機関として、KACSTは7つの研究所を擁しており、ちなみに本事業での直接の相手は Natural Resources and Environment Research Institute（NRERI）である。この組織は生態学（植物、動物）、水理学、農学（栽培、灌漑）、水産学（内水面漁業）、リモートセンシング等の分野に分かれており、本事業のほぼ全てのテーマをカバー出来る唯一の研究機関である。研究は主にリヤド（青字）のKACST本部及びリヤド近傍のKACST ムザヒミヤ研究圃場で、実証は前述のカフジで行われることとなった。本事業は、下の表に示すようにの6つの大きなテーマで構成されている。各テーマ毎に Primary Investigator（主任研究員）と Co-Investigator（副主任研究員）が各1名配置され、日本人常駐研究員3人、KACST側研究員5人が共同して実証及び研究に当たっている。



アラビア半島



KACST本部

テーマ	内容
水処理技術開発 （リヤド KACST 本部）	<ul style="list-style-type: none"> <li>排水の有効利用に関する膜技術および水処理技術開発</li> <li>高濃度アンモニア態窒素分除去のための水循環システムの開発</li> </ul>
節水かんがい技術 （ムザヒミヤ研究圃場）	<ul style="list-style-type: none"> <li>多孔質チューブによる節水かんがい技術</li> <li>ポリマー溶液による難透水層の形成技術</li> <li>保水剤による節水かんがい技術</li> <li>節水を可能とするかんがいシステム用および上下水道用機器の選定</li> </ul>
緑化技術開発 （ムザヒミヤ研究圃場）	<ul style="list-style-type: none"> <li>共生微生物利用による緑化技術の開発</li> <li>植物成長促進剤による緑化促進技術</li> <li>緑化促進のための異なる組成の土壌と有機物の混合比率の決定と評価</li> <li>サウジアラビアにおける耐塩、耐乾性植物のスクリーニング</li> <li>自動播種発芽装置を用いた緑化花壇苗の育成技術</li> </ul>
環境、エネルギー技術 （リヤド KACST 本部）	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電利用技術</li> <li>リモートセンシング技術および GIS 利用による土地有効利用および植生活性度データベースの構築</li> </ul>
廃水処理技術 （カフジ実証地）	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃水処理技術</li> </ul>
耐塩、耐乾、耐暑性 植物栽培技術（カフジ実証地）	<ul style="list-style-type: none"> <li>芝草の栽培技術の検討</li> <li>ナツメヤシ、樹木の栽培技術の検討</li> </ul>

## 第2回：PECの大規模緑化比較実証事業について

今回は前回述べた本事業のテーマのうち(1)水処理技術開発(リヤド)と(2)廃水処理技術(カフジ)について報告する。サウジアラビア企画省によると、同国の年間水消費量は推定で約180億トン、うち海水淡水化施設によるものは7億トン、残りほとんどの水需要を地下水に依存しているのが現状である。しかしながら、その地下水も人口の増大、産業の発展に伴い、水脈の枯渇・塩分濃度の上昇が大きな問題となってきた。一方、海淡施設による造水コストはトン当たり3ドルを要し、年間200億ドルもの巨費を投じながら総水需要の4%を支えるに過ぎない。かつ海淡施設から内陸部への輸送費用も負担となっている。このため近年、水の再生利用が有効手段の一つとして注目されている。また、人口増に比例して増大する都市排水を処理することにより、その処理水を再び水資源として有効利用できれば、新規に水資源を開発するのと同じ効果をあげることが出来る。都市排水処理プロセスには一次処理と呼ばれるSS(浮遊物質)・固形物の沈殿除去(固液分離)と、微生物による消化反応を利用した有機性物質の分解除去を行う二次処理があり、さらに、これらの処理では十分除去できない窒素やリン等の除去を、凝集沈殿法や急速ろ過、膜分離によって行う高度処理がある。

リヤドでは、一次処理でエアレーション、スクリーンによる汚物の除去、凝集沈殿による重力沈降処理を経た処理水(10~12t/d)を、二次処理では活性汚泥処理、Micro Filtration(MF)膜を利用してSSの除去を行い、さらに食品製造プロセス等で実績のあるNano Filtration(NF)膜及びRO(低圧・超低圧逆浸透)膜を用いて、高度処理を行う試験プラントを建設する。これにより、排水処理という目的に適した膜選定、得られる水質、施設運転条件等の検討を行う(現在建設中)。

一方、カフジでは、カフジ市の下水処理場でラグーンで処理された一次処理水(現在は海へ放流)を原水として(3,000t/d)、バイオモジュール接触沈殿技術および生物接触ろ過技術を組み合わせた微生物利用の二次処理を行う(写真1)。さらに高度処理として処理水中の塩分(カフジ下水処理場からの処理水塩分濃度は高い)を海淡に利用されている、省エネタイプの低圧RO膜(写真2)により除去し、その処理水(300t/d)を灌漑用水として緑化実証試験圃場(芝、耐塩性・耐乾性植物圃場)へ供給する。リヤドでは各種の膜技術について最適な運転技術を検討し、処理水の衛生的評価及び経済性評価等といった研究開発を受け持つ。カフジでは微生物利用型の二次処理技術による都市排水の処理水をサウジの灌漑用水水質基準にまで向上させること、RO膜の耐久性、洗浄方法、原水のTDS(Total Dissolved Salt)及び負荷変動(受入れ水量)に対するシステム対応策、微生物処理設備排出液及びRO濃縮廃液の処理方法の確立等、実証技術確立を受け持っている。

下水処理水について、回教徒の不浄の概念がどう関わるか、昨年12月に、クウェートのKISR(Kuwait Institute for Scientific Research)で行われた、PECの湾岸諸国緑化セミナーでちょっとした話題となった。結果から先に言えば、塩素注入による殺菌も実施し衛生的にみて「Clean」であれば宗教上何ら問題ではないという判断が紹介された。しかし、UAEの事例ではミスト状散水は市民が嫌がるとのことで、科学的には問題が無くとも、心理的な問題は残っていると云わざるを得ない。



写真-1 (微生物を利用した二次処理技術)



写真-2 (省エネタイプの低圧RO膜)



### 第3回：PECの大規模緑化比較実証事業について（2）

水処理技術開発—高濃度アンモニア態窒素分解除去のための水循環システムの開発（リヤド地区）

これは、近年サウジ国内で求められている漁業振興の潮流の中から出てきたものである。淡水から汽水（1万ppm）



まで生育可能なティラピア（和名：チカダイ、イズミダイ）を内陸部でタンク養殖を行う際、濾過槽と好気性バイオ処理槽を設け、養殖水からアンモニア態窒素分解除去することにより、水の再利用を行う節水型淡水養殖技術を開発・実証することを目的とする。最終目標は、高密度養殖技術、さらには水耕栽培を組み入れた節水型農漁生産システムの確立にある。

#### 節水灌漑技術

##### 多孔質チューブによる節水灌漑技術（リヤド地区）

これは多孔質チューブ（製品名：リーキーパイプ、下図参照）を地中に埋設し地下灌漑を行うことで、従来の地上灌漑方法（スプリンクラーや点滴灌漑等）では避けられない

灌漑水の表面蒸発、地表での塩類集積の可能性の極めて少ないこの灌漑技術をスポーツ用芝地の栽培に用いるなど、サウジアラビアで実証する事を目的とする。

#### ポリマー溶液による難透水層の形成技術（リヤド地区）

これは地表からポリマー水溶液を土壤に浸透させ、土壤中の多価カチオンとの化学反応により根鉢型（半球状）の難透水層を任意の深さに形成させることで根圏からの灌漑水の地下浸透による急速な流失、塩類集積を抑制する効果を実証、確認するものである。

#### 保水剤による節水かんがい技術（リヤド地区）

乾燥地の砂質土壌は、保水性が乏しくかつ厳しい乾燥条件にさらされているため微生物も有機物も乏しく、植物が生育しにくい環境にある。このような環境で緑化を実施する場合、植物が利用できる土壌水分とは灌漑により土壤に保持される水に他ならない。その土壌の保水力を繊維物に保水材を織り込んだ保水資材及び高分子保水材等の工業資材とピ-トモス等有機物からなる天然保水資材を使用することで増大させようとするものである。これらの資材の土壤への適正混合条件を植物の種類に応じて確立する事を目的とする。



#### 節水を可能とするかんがいシステム用および上下水道用機器の選定手法の開発研究（KACST本部）

乾燥地域における水資源の運用管理には節水技術が不可欠である。ここではそういった技術のひとつとして各種節水機器選定手法の開発を行う。各種節水機器のデータベース（それらの水理特性データも含め）を構築し、活用することで、サウジ国内での効率的な水管理を行うための上下水道用機器の選定が容易となることを目指す。

#### サウジアラビアにおける水資源維持を目的とする灌漑の計画手法とリハビリテーション手法の開発（KACST本部）

同国では地下水利用量の80～90%が農業用水で占められており、そのうちの極めて大量の水が非効率的利用など様々なかたちで無駄に消費されている。ここでは、(a)灌漑計画における管理システムと調査システムの開発、(b)灌漑水理システム、地下水資源、計画策定の3分野での総合的解析モデルの開発、(c)現地調査、(d)現行灌漑計画のリハビリテーションの提案、を行う。これにより同国に於ける有効利用水量を増大させ、国家的水資源維持を強化することを目指すものである。現時点では各研究とも施設が整い始めたところで、本格的調査研究が動き出したところという良い状況である。折りもあり、2000年2月で時間切れとなるアラビア石油のカフジ油田での石油採掘権が新聞を賑わせていた本稿作成中（1999年12月）大規模緑化プロジェクトの実質的延長要請がサウジアラビアからなされた。（項目は、AAINews25号で欠落していたため訂正し、追加します）

## 第4回：PECの大規模比較実証事業について（3）

今回は3番目のテーマ「緑化技術開発」で実施されている諸研究を報告する。

1. 共生微生物利用による緑化のための技術開発：ここでは乾燥地である現地の在来植物に共生し空中窒素を固定する根粒菌や、リン、ミネラル、水分などの吸収を助けるVA菌根菌微生物を分離培養し、増殖固定し、種子とともに播種し、根粒もしくは菌根を形成した健全苗を育成する技術の開発を目指す。同時に、根の一部を水耕して養水分を供給し（部分水耕法）、節水を図る技術の確立も目指し、上述した微生物を利用した苗木との組み合わせ等現地の環境を考慮した植栽法を検討する。

2. 生長促進剤を用いた緑化の促進：日本国内のポット試験で低濃度の5-Aminolevulinic Acid (5-ALA) で茎葉処理または根を処理することで、数種の植物の耐塩性が高まると同時に、根の発達が促進されることが確かめられている。また、ここで用いる5-ALAは微生物による醗酵産物であるため、環境への安全性が科学合成によるものより高い。5-ALAをサウジアラビアで施用することにより、緑化に要する時間の短縮と、塩害が問題となる地域での緑化や栽培に資することが期待される。本研究ではモデル植物として綿をはじめ緑化に用いられている植物にも施用し、栽培試験により被験植物の光合成活性の他、栄養分析を行い、5-ALAの最適施用濃度を決定するためのデータを得ることを目指す。

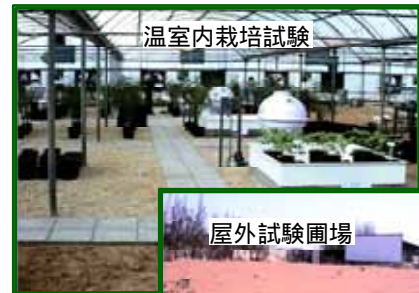
3. 緑化促進のための異なる組成の土壌と有機物の混合比率の決定と評価：乾燥・半乾燥地帯の土壌の多くは砂質で水分保持能力が低く、有機物含量が少なく、さらに高い蒸発量、塩類集積といった悪条件のもとにある。これらの悪条件を改良すべく、砂質の土壌に対して、現地で利用可能な有機物（ナツメヤシの葉、排水汚泥、生活糞尿、鶏糞尿）を混合し、現地での緑化用植物の初期生育に適した混合比率の培土の開発を目指す。

4. サウジにおける耐塩性・耐乾性の植物の選抜（スクリーニング）：乾燥地に於ける灌漑は、灌漑水と土壌中の塩類集積に関連した多くの問題をかかえてきた。サウジでは十分な真水を供給できる水源が存在しないため、90%以上の用水は、塩類を含む地下水に頼っている。また同国では一部の植物の栽培で、真水を保全し塩類を含む水を使用することが求められている。本研究では異なる牧草用植物の耐塩性を試験し、塩水灌漑が及ぼす植物の成育と土壌への影響を検討し、塩水灌漑で栽培された牧草類のバイオマスを評価し、砂漠の植物の耐乾性を評価検討し、耐塩性・耐乾性の観点から緑地用植物の経済性を評価する事を目指すものである。

5. 自動播種・発芽装置を用いた緑化・花壇苗の育苗技術：サウジ国内では、公園、道路沿線、ビル周辺には花壇や修景緑化がよく見られ、それに必要な苗の生産も各地で行われている。我が国や欧米では良質で丈夫な規格化された苗を大量生産するために成型苗（プラグ苗、セル苗）を作り、次にこのプラグ苗を使用してポリポット苗を生産する方法が普及している。本研究の目的はサウジ国内にある素材を用いた培養土を選定し、プラグシステム（自動播種・発芽装置）を用いたプラグ苗、ポリポット苗生産技術を確立し、節水型プランター（植物と培土の入った容器の底に不織布をたらしめたものと水の入った容器から構成）を用いての公園、道路沿線、ビル周辺緑化への利用可能性を検討することを目指す。



共生微生物の利用



生長促進剤の利用



有機物資材比較試験区



耐塩性・耐乾性選抜試験捕縄



ポリポット苗生産状況



自動播種・発芽装置



## 第5回：PECの大規模比較実証事業について（4）

今回は4番目のテーマ「環境・エネルギー技術」及び最後のテーマ「耐塩、耐乾、耐暑性植物栽培技術」に於て実施されている諸研究を紹介する。

### 環境・エネルギー技術

#### 1. 太陽光発電技術の実証：

太陽光発電は欧米（米、伊、独、瑞、西等）を中心に技術開発が進んでいるが、サウジアラビアはこれらの国々に次ぐ発電規模を誇っており、かつ砂漠地帯ならではの日射量等太陽光発電に適した条件に恵まれている。ここでは、太陽光発電の独立電源としての市場性の把握、砂漠の苛烈な気候での物理的・電氣的耐久性・信頼性の確立、運用方法の最適化（砂埃、シルトの付着・堆積の影響とその対策）シースルーアモルファス等新しいタイプの太陽電池の信頼性の確認、ビジネス化を前提としたシステムの実用性確立を目指す。プロジェクトでは、養液栽培施設の電源としての実証試験等主としてアプリケーション例の提言を行う。

#### 2. リモートセンシング及びGIS（Geographic Information System）を利用した土地有効利用計画技術の確立：

AAI News では過去リモートセンシング技術をシリーズで取り上げたが、ここでは国土の広大なサウジアラビアで緑被率等砂漠環境の経時変化や植生状況の把握、農業生産量等の解析に利用できるリモートセンシング技術の確立、また都市計画の立案などに有効なGISの技術の実証とその普及を目指す。目標はLandsat、SPOT、JERS-1等の人工衛星からのデータを処理し、植生の季節変化、その面積、農産物の生育状況などを判読する技術を確立することと、カフジ及び北東部地域などの数カ所を対象として、植生、土壌、地質、地形、及び道路、建物、下水道等の地理情報をデータベース化し、都市計画、土地利用計画作成におけるGISの有用性を実証することにある。

### 耐塩、耐乾、耐暑性植物栽培技術

#### 1. 芝草の栽培：

ここではサウジに於ける芝草の利用状況と分布状況の調査、日本で選抜されたバミュダグラスやゾイシアグラス（耐塩性の品種、エコタイプ）の現地での生育状況調査と評価、葉色・密度・被度・病害虫発生程度等の調査、選抜された芝草の耐塩性・耐乾性の調査、サウジならびに他国の利用可能な遺伝子資源の収集及びそれらの芝草としての利用可能性の検討、及び大規模実証圃場（カフジ）への苗供給を行う。最終的にはサウジでの栽培に適した草種や品種を選抜した後に、大規模実証圃場で適切な栽培方法の検討を行う。先に報告した節水技術等とあわせて、用水量を低減するような芝草管理技術を総合的に検討する。

#### 2. ナツメヤシと樹木の栽培：

ナツメヤシはサウジのみならず湾岸一帯から北アフリカに及ぶ広大な地域の景観を形作る代表的樹木である。また代表的農産物の一つにもなっている。五千を超える品種があると言われており、サウジでは約450品種が栽培されている。分類は主として果実の品質に頼っているのが現状である。一方、カフジはサブハ（塩性湿地）と呼ばれる高塩分環境である。そのため緑化にあたっては耐塩性の高い樹木を選定することが必要である。ここでは組織培養によるマイクロプロパゲーション（幼木の増殖）・遺伝子解析・光合成研究等に用いるナツメヤシの品種・系統の収集、組織培養による優良ナツメヤシ苗木の生産、ナツメヤシの品種同定を行うための遺伝子解析技術の確立、内外からの耐塩性・耐乾性の高い緑化用樹木の収集、ナツメヤシと緑化用樹木の塩害の影響を受けやすい土地に於ける生育状況の検討、光合成との関連から見た耐塩性と耐暑性の機構の検討、そして、大規模実証圃場に供する樹木苗木の生産、以上を目的とする。



太陽光発電用温室（建設中）



リモートセンシングラボ  
（土地利用・バイオマスタ）



芝草の栽培



ナツメヤシ及び樹木の栽培



組織培養ラボ  
（ナツメヤシ及び樹木の栽培）

## 最終回：PECの大規模比較実証事業について（5）

### - 今までの大規模比較実証事業の流れと裏舞台

第25号から始めた本シリーズも早1年。その間大規模比較実証事業をとりまく環境もドラスティックに変わった。1996年の当初計画ではサウジ側カウンターパートが環境省、都市村落省、企画省、大学等候補が決まらず、事業も100%カフジで日本側提案の実証事業のみが行われるもので、基本計画によれば計画緑化面積は45haであった。97年も押し迫ってから King Abdulaziz City for Science and Technology (KACST) がカウンターパートとなり、日本側の提案のみによる基本計画の修正が行われた。そして、予算規模を変えずにKACST提案の研究のために予算をリシャッフルする事となり、1997年12月には大規模緑化比較実証事業協定覚書が調印された。これらの経緯で、事業開始が実質的に1年8ヶ月遅れる事となり、カフジで実施する予定だった日本側提案の研究もKACSTのあるリヤド及びムザヒミヤ研究施設へ98年4月に移ることとなった。カフジとリヤドの2地区に事業が分割されたことで、基本計画の内、カフジでの緑化関連予算は全体の7割となり、そこから捻出した3割がリヤド地区のKACST提案の研究に回されることとなった。この予算配分決定交渉にも時間を要したことに加え、カフジの大規模緑化比較実証事業用地買収が完了したのは、98年も夏が終わってからのことであり、カフジでの工事の公式の着工は98年12月になってからであった。一方リヤド地区では、KACSTが持っていた研究圃場（ムザヒミヤ研究施設）を本事業に一部使用出来ることになったが、その使用のために必要な工事着工も約半年遅れ、そして業務委託先であるアラビア緑化の現地法人登録も大幅に遅れた。このことは人員の雇用の遅れ、工事資機材調達の遅れにつながった。これらの他、全体進捗の遅れの原因としては、カフジの水処理施設計画において、下水処理場との取水地点をめぐる交渉が長引いたこと（98年暮れ～99年秋）、電力を自家発電にするか電力供給会社からの電力にするか（KACSTの意向もあり電力供給会社からの電力になった）でも交渉が長引いたこと（99年1月～6月）等があげられる。この間2回（97年度98年度）の単年度予算交渉の結果、カフジの予算規模は、リヤド地区の研究へのリアロケーションもあり、当初の6割まで減少した。99年11月にはサウジ側から本事業の3年間の延長願いが公式に出されたが、日本側がこれに対する公式な返答をせぬまま、唯一の外国石油開発会社であるアラビア石油とサウジとの採掘権交渉が暗礁に乗り上げた（99年11月～12月）、そして明るる2000年の2月には、通産大臣の訪サによる石油大臣との最後の直接交渉が行われたが、鉄道建設を石油採掘権の見返りに要求するサウジ側との交渉は決裂。カフジに於ける同会社の長年の採掘権が遂に失われるに至った。本稿執筆時（2000年3月）では同会社の日本人社員の大量早期退職や会社存亡云々についてマスコミでも取り上げられたのは記憶に新しいところである。カフジ実証圃場の緑化面積は最終的には1haにとどまるものと見られており、ミニマムオペレーションで幕を閉じることになる予定である。2000年3月現在、カフジの水処理施設はまだ完成しておらず、一方リヤド地区（ムザヒミヤ研究施設）での実証研究は着実に進められているところである。共生微生物については土壌から分離が行われ、出光産の研究員が日本へ持ち帰った微生物を、目下増殖培養しているところである。しかし全体として実質的には99年後半から稼働しはじめたわけであり、発表できる結果及び成果については今後のデータの蓄積を待たねばならないであろう。

本事業に関し、サウジ側で広い視野から事業を見ていた人物がいる。カウンターパートであるKACSTの自然資源・環境研究所所長であるアルサリ博士である。同博士が切々と訴えておられたことは、一言でいうなら「サウジの若手研究者・人材の育成」であった。だいぶ前から「国造りは人づくりから」とは何度も言われてきたことである。サウジアラビアのみならず、湾岸産油国はペドウィンの世界から数世紀を飛び越えて近代国家の様相を整えてきた。事の是非はともかく、それらの国々は、近代国家運営のために外国人労働者に頼らざるを得ないのが現実である。KACSTと言えば欧米で博士号を取ってきた優秀な人材が溢れている、と誰しも思う事であろう。しかしその実体はサウジ人研究者達が現場経験に乏しく、実験機材の操作にも支障をきたしているという厳しい現実であった。サウジアラビアに関する情報はややもすれば石油関連の情報やその厳しい宗教戒律などに関心が偏っているように思う。我々も含めてその歴史や人々や環境といったもっと一歩懐に飛び込まねば知り得ない情報に接する機会が限られているとも言えるし、飛び込もうとさえしていないから知ることも出来ないのかもしれない。彼らが本当は何を望んでいるのかを示唆する言葉をアルサリ博士から叱責される形でメールで受け取った。いつまでも頭の中で響き続けるその言葉で本シリーズを終えたい。「おまえだけは、未長くこの地においてくれると信じていた。しかし、おまえまでもが。」

