

油汚染土のバイオレメディエーションに関する研究（その5）

クウェートにおける浄化処理土を用いた大規模植栽試験

千野 裕之 松原 隆志
辻 博和

Study on Bioremediation of Oil Contaminated Soil (Part 5)

Large Scale Demonstration Vegetation Experiment Using Bioremediated Soil in Kuwait

Hiroyuki Chino Takashi Matsubara
Hirokazu Tsuji

Abstract

A bioremediation field demonstration experiment was carried out to clean up oil contaminated soil in Kuwait desert caused by the Gulf War. Then, soil treated for 12 months and native desert soil were used for pot experiment to clarify their suitability for desert plants. As a result, about 10 kinds were selected including *Nerium oleander* L., *Eucalyptus camaldulensis*, which showed superior growth. Then, a large scale demonstration yard was constructed using soil treated for 15 months, and plants selected by the above experiment were planted, and their growth was monitored for more than two years. As a result, it became clear that bioremediation-treated soil could be utilized for desert plants. After the project was completed, the soil was utilized as in a nearby park.

概 要

先の湾岸戦争における流出原油による油汚染土のバイオレメディエーションに関する実証試験工事を行ってきた。ここでは、浄化処理土のクウェート国での緑化利用を進めるために、12ヵ月間の浄化処理土および砂漠自然土を用いて、ポット試験による砂漠植物の選抜を行った。その結果、キョウチクトウ、ユーカリなど生育の優れた約10種類の植物を選抜した。これを受けて、現地で15ヵ月浄化処理土を用いた50m×60mの大規模植栽実証試験区を造成し、上記で選抜された植物などを植栽し、2年半にわたり生育をモニタリングした。その結果、バイオレメディエーション処理土を植栽に積極的に適用できることが明らかになった。プロジェクトの終了にあたり、浄化処理土は現場近傍の公園の植栽用土として用いられた。

1. まえがき

先の湾岸戦争における流出原油による油汚染土の修復に関連して、クウェート科学研究所と共同で、クウェート現地において、バイオレメディエーション実証試験を1994年度から実施してきた^{1)~6)}。前報までに4つの方式によるバイオレメディエーションの適用性を明らかにするとともに、浄化処理土を用いた三作にわたる植栽試験によってバイオレメディエーション処理土が十分植物が生育できるまでに修復されたことを証明できた。

バイオレメディエーションによる浄化処理土は砂漠自然土に比べて有機物および栄養塩類が多く含まれており、これをクウェート国が現在進めている国土の緑化に利用するのが有効であると考えられた。そこで、同国で一般的に植栽されている砂漠植物のポット試験を実施

し、砂漠の気候に適応しつつ浄化処理土に旺盛に生育する植物種を選抜した。その結果に基づき、現地でバイオレメディエーション処理土を用いた50m×60mの大規模植栽実証試験区を造成し、上記で選抜された植物などを植栽し、2年半にわたり生育のモニタリングを行った。その結果、多くの砂漠植物が生育し、浄化処理土が有効利用できることが明らかとなったので報告する。

なお、本研究は通産省（現在は経済産業省）の産油国石油産業等産業基盤整備事業のもと（財）石油産業活性化センター（現在は（財）国際石油交流センターに業務を移管）から委託を受け実施したものである。

2. 砂漠植物の選抜ポット試験

2.1 試験概要

2.1.1 供試土と供試植物 浄化処理土として

は、前報^{1) - 6)}までに報告した油汚染土のバイオレメディエーション実証実験におけるランドファーミング(畑耕転)方式で12ヶ月間処理された中汚染土を用い、対照土として砂漠自然土を使用した。浄化処理土のTPHは0.72%、電気伝導度は56 mS/mであった。上記の浄化処理土100%、砂漠自然土100%および両者の混合土(浄化処理土50%+砂漠自然土50%)を調製し供試土とした。選抜対象の砂漠植物としてはTable 1に示す木本類を主体にクウェート国で一般に栽培されている25種類の植物を用いた。

2.1.2 ポット試験 供試土は20cm径、深さ15cmのポットに採取し、ポットの底には砂利を敷いて排水性を確保した。あらかじめ重量、長さ等を測定した植物を、Photo 1に示すように1ポットに対して1株ずつ移植し、各々2連で栽培した。施肥は、所定量を液肥として加えた。試験は7月に開始し、試験開始から約4ヶ月間、植え傷みを考慮し、温度コントロールの出来る温室において維持管理した。その後は遮光ネットの張られた育苗施設で試験を継続し、翌年の夏季には屋外で管理した。

Table 1 供試植物種一覧
Plant Lists for Screening Experiment

<i>Acacia arabica</i>
<i>Acacia tortilis</i>
<i>Casuarina equisetifolia</i>
<i>Conocarpus lancifolia</i>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
<i>Prosopis cineraria</i>
<i>Prosopis juliflora</i>
<i>Tamarix chinensis</i> Lour
<i>Punica granatum</i>
<i>Zizyphus jujuba</i>
<i>Olea</i>
<i>Albizia lebbek</i>
<i>Azadirachta indica</i>
<i>Ficus infectoria</i>
<i>Ficus nitida</i>
<i>Terminaria cattapa</i>
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>
<i>Callistemon lanceolatus</i>
<i>Clerodendron inermis</i>
<i>Dodonia viscosa</i>
<i>Nerium oleander</i> L.
<i>Parkinsonia aculeata</i>
<i>Thevetia peruviana</i>
<i>Rosmarinus officinalis</i>
<i>Pennisetum divisum</i>



Photo 1 砂漠植物の選抜ポット試験 (*Nerium oleander* L.)
A Pot Experiment for the Selection of Desert Plants (*Nerium oleander* L.)

試験は約13ヶ月継続し、植物の生長を観察するとともに、経時的に生長量を測定した。

2.2 試験結果と考察

2.2.1 各種植物の生長量 植物の生長を経時的にモニタリングした結果の一部をFig. 2およびFig. 3に示した。同図は2連の平均値で示している。

代表的な植物についての生育状況を以下に述べる。*Eucalyptus camaldulensis*は試験期間を通じて浄化処理土で砂漠自然土と同等に優れた生育を示し、夏季に野外で管理したことによる暑さの影響は認められなかった。*Carissa grandiflora*は浄化処理土および混合土のポットで砂漠自然土に比べて生育が劣ったが、暑さによる影響は認められなかった。*Parkinsonia aculeata*は浄化処理土で生育が劣り枯死したのに対し、砂漠自然土では暑さによる影響はなく、混合土では両者の中間的な生育を示した。*Callistemon lanceolatus*は浄化処理土において比較的良好に生育したが、暑さによる影響で枯死する傾向が認められた。*Punica granatum*は処理土で生育が劣り早期に枯死したのに対し、砂漠自然土および混合土のポットでは生育したものの低調であった。*Caesalpinia pulcherrima*は浄化処理土および混合土において砂漠自然土に比べて劣るものの生育はしていた。しかしその後の夏季の暑さの中で多くは枯死した。

2.2.2 供試植物の油汚染土への耐性の評価 上述したような生育状況を踏まえて、砂漠自然土に対する浄化処理土の生育の違いを油汚染土への耐性とし3段階で評価するとともに、夏季の暑さへの耐性も同じく3段階で評価し、その両面から供試植物を分類した。その結果をTable 2に示した。Fig. 2およびFig. 3に例示した植物は同表の異なるブロックに分類されている。

同表で暑さに強く、油汚染土にも強い*Eucalyptus*

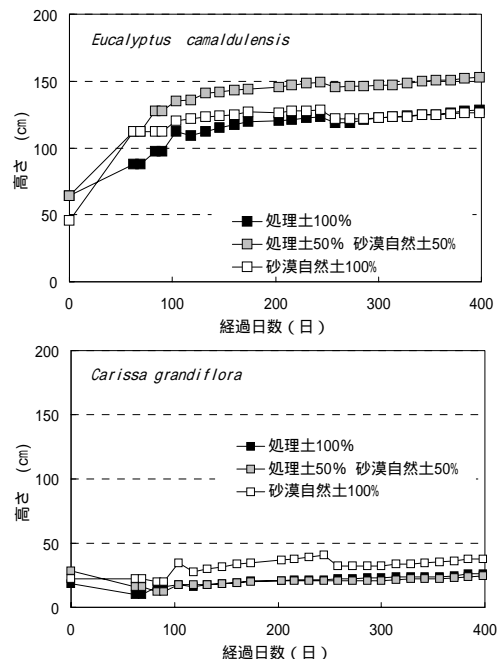


Fig. 2 砂漠植物の生長量測定結果
The Results of the Growth of Desert Plants

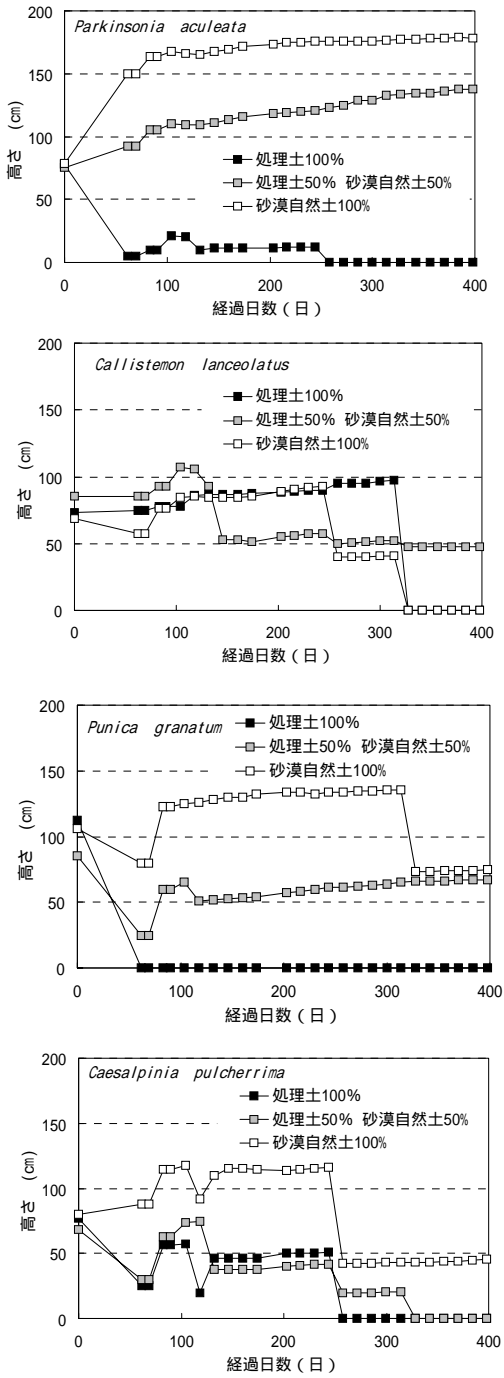


Fig. 3 砂漠植物の生長量測定結果(つづき)
The Results of the Growth of Desert Plants
(Continuation)

camaldulensis, *Zizyphus jujuba*, *Ficus infectoria*, *Clerodendron inerme*, *Nerium oleander L.*, *Prosopis juliflora*, *Pennisetum divisium*は、乾燥地の油汚染処理土を用いた緑化に極めて有望である。*Albizzia lebbek*, *Terminaria cattapa*, *Callistemin lanceolatus*, *Rosmarinus officinalis*は暑さに弱い油汚染土に強く、乾燥地以外で使用する植物として有望である。

3. 大規模植栽実証試験

3.1 試験内容与方法

2章の選抜試験の結果を受けて、本試験では、バイオ

Table 2 試験結果に基づく供試植物の分類
The Classification of the Plants Depends on the Pot Experiments

	油汚染土に強い	油汚染土に弱い	油汚染土に非常に弱い
暑さに強い	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> <i>Zizyphus jujuba</i> <i>Ficus infectoria</i> <i>Clerodendron inerme</i> <i>Nerium oleander L.</i> <i>Prosopis juliflora</i> <i>Pennisetum divisium</i>	<i>Carissa grandiflora</i>	<i>Parkinsonia aculeata</i>
暑さに弱い	<i>Callistemon lanceolatus</i> <i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Albizzia lebbek</i> <i>Terminaria cattapa</i>	<i>Conocarpus lancifolia</i> <i>Acacia arabica</i>	<i>Punica granatum</i> <i>Acacia tortilis</i> <i>Casuarina equisetifolia</i> <i>Thevetia peruviana</i> <i>Tamarix chinensis Lour</i>
暑さに非常に弱い		<i>Dodonia viscosa</i> <i>Caesalpinia pulcherrima</i> <i>Olea</i>	

レメディエーションで処理された土を緑化基盤材に活用できるかについて現地で実際に植栽し、長期的、総合的に評価した。供試土は、ランドファーム方式で15ヵ月間処理した中汚染処理土および軽汚染処理土を混合したものである。Table 2で油汚染土に強く、暑さにも強いと判定された木本類から6種類、それに準ずるもの3種類を用いた。さらにクウェート国の緑化専門家が推奨する木本類8種類を含め、全部で17種類を用いた。グランドカバー類および草本類は木本類の間隙を充填するように造成した。浄化処理土は現地の砂漠自然土の上に30cmの厚さとなるように敷き、試験区の面積は50m×60mとした。試験区の各植物には所定量の肥料を1月に1回の頻度で与え、灌水はスプリンクラーおよびドリップにて行い、2年半の維持管理を続けた。モニタリングは、3カ月に1度の間隔で樹高、根元直径、枝張りを測定した。調査は同一種の中から平均的に生育している5個体を選び、それを継続した。

3.2 試験結果と考察

Photo 2に試験区造成時からの現地の状況を示す。植栽したものが順調に生育していることが写真からも明らかである。Fig. 4には高木の*Zizyphus jujuba*(ツメ)と低木の*Nerium oleander L.*(オリーブ)の生育状況を示す。これらは樹高、根元直径、枝張りに関して順調に生育していることがわかる。図示しないが、高木の*Ficus infectoria*, *Ficus benghalensis*(フナギ), *Zizyphus jujuba*(ツメ), *Callistemon lanceolatus*(ハナキ), *Conocarpus lancifolia*(ホハボクタンウド), *Phoenix dactylifera*(ナツメヤシ), *Eucalyptus camaldulensis*(ユーカリ)は順調に生育した。低木の*Yucca spp.*(ユッカ)は生育が劣ったが、それ以外の,*Atriplex spp.*(ハアガサ), *Hibiscus rosa-sinensis*(ヒカゲアサガサ), *Bougainvillea glabra*(ブーゲンビリア), *Rosmarinus officinalis*(ローズマリー), *Clerodendron inerme*(オリーブ), *Agave americana*(リュウゼツラン), *Aloe spp.*(アロエ)は順調に生育した。Table 2で油汚染土に強く、暑さにも強いと判定された植物種およびこれに準ずる植物種はすべて順調に生育した。なお、グランドカバー類のうち*Lampranthus aurantiacus*は夏季の暑さで枯死するものが多く認められたが、*Alternanthera red*は順調に生育し、*Carissa*

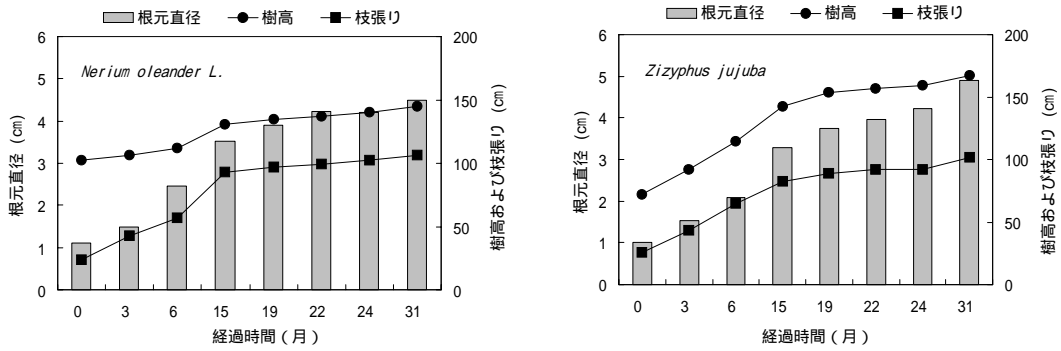


Fig. 4 植物生長量測定結果の例
The Examples of the Monitoring of the Plant Growth



1997年6月 造成時



1997年12月



1999年2月

Photo 2 大規模植栽試験区における生育状況
The Plant Growth at the Large Scale Demonstration Vegetation Area

grandiflora, *Gazania spp.* (ガザニア), *Lantana montevedensis* (ランタナ) もこれに次いで順調に生育した。

4. まとめ

油汚染土のバイオレメディエーションによる浄化処理

土の植栽への適用を進めるために、クウェート国で一般に用いられる砂漠植物 20 数種について浄化処理土のポット試験および現地大規模植栽試験の両方で検討した結果以下のことが明らかとなった。

(1) バイオレメディエーションによる浄化処理土において砂漠自然土と同等に生育し、しかもクウェート国の夏季の暑さにも耐性を持つ植物が約 10 種類ほど選抜された。

(2) 現地大規模植栽試験による長期的な生育のモニタリングの結果、多くの砂漠植物が厳しい気候条件の下で、バイオレメディエーション処理土上で安定に生育することが明らかとなった。本研究で選抜された植物を積極的に利用することで、油汚染土をクウェート国の緑化基盤材として活用することが十分可能である。

5. あとがき

クウェート国においては、一連の実証試験で作られたバイオレメディエーション処理土は、現地近傍にある公園の植栽用に用いられ順調に生育している。本研究を進めるにあたって、東京大学名誉教授（現秋田県立大学農学部）の松本教授、東京大学農学部農学生命科学研究科の小柳津教授、東京大学生物生産工学研究センターの大森教授に多大なる指導を受けた。感謝いたします。

参考文献

- 1) 千野, 喜田, 辻: 大林組技術研究所報, No.52(1996)
- 2) 千野, 辻, 石川, 四本: 大林組技術研究所報, No.54(1997)
- 3) 千野, 辻, 石川, 四本, 松原: 大林組技術研究所報, No.57(1998)
- 4) 千野, 辻, 石川, 松原: 大林組技術研究所報, No.62(2001)
- 5) Chino, Tsuji, Matsubara, Al-Awadhi, Balba, Al-Daher: The Fifth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium, BATTELLE PRESS (1999)
- 6) Chino, Tsuji, Ishikawa, Matsubara, Al-Awadhi, Balba, Al-Daher: The Sixth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium, BATTELLE PRESS(2001)