

1. はじめに

我が国では、高潮や津波による海水の突発的な浸水による土壌の塩性化の問題を抱えている。2011年に起きた東北地方太平洋沖地震による巨大津波の影響により発生した塩性土壌の除塩は、3年たった今も完了していない地域があるのが現状だ。このような問題を抱えているにもかかわらず、未だに経時的で土壌環境も改良できる除塩対策は、研究段階で明確に定まっていない。そのため現在まで真水によるリーチングや、灌漑施設の建設等の費用のかかる除塩対策が行われてきた。また世界でも塩性土壌は、人口増加に伴う食糧危機や水資源の枯渇にも関わる深刻な環境問題として取り上げられている。よって本研究では、従来の除塩対策に勝る除塩対策の考案を目的として、近年注目されているファイトレメデーションやバイオレメデーションを用いた除塩対策を用い、それぞれの除塩対策に対し評価を行った。実験では $EC_{1.5}$ (電気伝導度)を採用し、国の基準値 $EC_{1.5}$ 0.3(mS/cm)まで下がったところで実験終了としている。高塩土壌 $EC_{1.5}$ 6(mS/cm)と低塩土壌 $EC_{1.5}$ 3(mS/cm)とに結果を分け、それぞれを pH、除塩速度、難易度、費用に着目し評価を行った。

2. 実験方法

本研究の実験手順を以下に示す。

(1)塩性土壌を作成する。

塩性土壌は、試料(畑の土)に人工海水を3日間冠水させた後、自然排水させ作成する。

(2)塩性土壌を用い除塩対策ケース①～⑩を作成する。

除塩対策ケースを表-2に示す。

(3)定期的に各ケースの EC・pH を測定する。

(4)EC 値が 0.3(mS/cm)以下になったところで実験終了とする。

3. 実験結果および考察

表-1より、用いた試料は EC・pHともに国の基準値や土壌環境に良い値を満たしており、塩性土壌ではないと言える。

次に高塩土壌に対する除塩対策ケースの実験結果を図-1に示す。

図-1より、最も早く EC が基準値以下に下がったのは、ケース②であった。ケース②は毎日水を 100ml 自然排水させるもので、従来の除塩対策で用いられているリーチングをモデル化したものだが、図-1の pH の図を見ると、実験終了後には高いアルカリ性を示した。よって、ケース②では EC は基準値に下げることができるが、植物にとって良い土壌環境にはならないということが推察される。これは毎日水をやり続けることにより、塩分に多く含まれる Cl は水に流されて排除できたが Na^+ は土壌に多く残ってしまったことが原因として考えられる。一方 2 番目の早さで EC を基準値に下

表-1 試料の物理化学的性質

W.C (%)	22.7
LOI (%)	4.3
E.C. (μ S/cm)	0.23
pH	6.35
ORP (mV)	214

表-2 除塩対策ケース

除塩対策ケース	
高塩性土壌	低塩性土壌
①対策なし	⑥ひまわり 2
②真水によるリーチング	⑦パンジー
③ひまわり	⑧クリサンセマム
④有機肥料	⑨腐葉土
⑤腐葉土	⑩EM

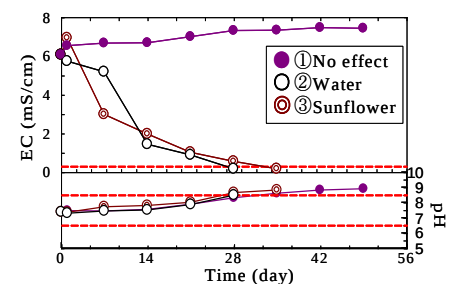


図-1 高塩土壌における従来の除塩対策とファイトレメデーションの EC と pH の推移

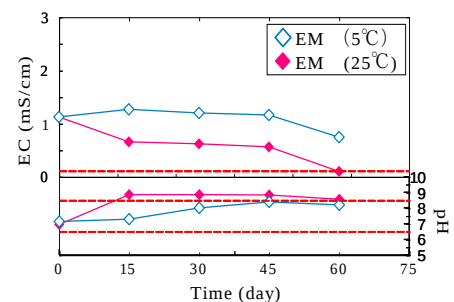


図-2 バイオレメデーションの温度による EC と pH の推移

げたケース③は実験途中で枯死してしまった。高塩土壌には耐塩性植物であるひまわりを使ったファイトレメデーションも不向きであると考察される。ここで、バイオレメデーションを行うにあたり菌が活発に活動する温度を調べるために EM 菌を用い、5℃と25℃での除塩効果を図-2 に示した。図-2 より、5℃より 25℃の時の方がより高い除塩効果が得られるとがわかった。これは、EM 菌に含まれる好塩菌が 25℃の時に活発に動いているためだと考えられる。用いた EM 菌に含まれる好塩菌が塩分を吸着し土壌外に放出する効果があるため、菌の行動が活発になるほど除塩効果が高まると考えられる。

図-3 のケース④・⑤の有機肥料と腐葉土を用いたケースは、ケース②・③よりも除塩速度は遅いが、pH は 6.5~8.5 を保ち、植物の生育に適した pH となった。有機肥料は安価で容易に手に入れることができ、水やりの回数も週 1 回と他のケースより少ないため、ケース④・⑤はケース②・③よりも安価で容易に除塩を行える。

低塩土壌に対する除塩対策ケースを図-4 に示す。図-4 よりケース⑥~⑧の中で一番早く基準値の EC になったのは、ケース⑥のひまわり 2 である。ひまわり 2 は約 2 週間で $EC_{1.5}$ が基準値まで減少した。2 週間という早さで $EC_{1.5}$ が減少した理由として、ひまわりは耐塩性植物で除塩能力が高い植物であるためと、 $EC_{1.5}$ 3(mS/cm)はひまわりにとって耐えられる $EC_{1.5}$ だったためだと考えられる。ここで、植物が塩性土壌で枯れてしまう原因は、植物が生育に必要な水を土壌中から吸い上げるときに、その土壌中に多く塩分が含まれていると、植物の浸透圧が高くなり、生育に必要な量の水を吸い上げられなくなるためである。ケース⑦・⑧の冬の植物は約 1 ヶ月半で EC 値が基準値以下に減少した。しかし、実験開始から実験終了までの間に植物が弱り、実験終了 1 週間後には枯死した。そのため、本実験以上の $EC_{1.5}$ 値の土壌になるとケース③のようにすぐ枯死する恐れがあり有効な除塩対策は望めないことがわかった。Case⑥のひまわり 2 は実験開始から実験終了までに葉が少し黄色くなるなどしたが、実験が終了してもなお生育できたため、 $EC_{1.5}$ 3(mS/cm)より高い EC 値の土壌でも除塩ができると考えられる。pH はケース⑥~⑧の全てがアルカリ土壌になってしまった。よって、ケース⑥~⑧の土壌は土壌環境や植物に良い土壌とは言えないことがわかった。また、低塩土壌に対するバイオレメデーションはケース⑥と比較し除塩速度は劣っていたが、ケース⑨の pH は適切な値を保った。

4. まとめ

$EC_{1.5}$ が基準値以下になったケースのうち、植物に良い pH、除塩が安価で容易にできるケースはケース⑤とケース⑨の腐葉土を使ったバイオレメデーションであった。腐葉土は、除塩速度は他に劣るが、従来の除塩対策に比べ水で洗浄する回数が少なく、安価で容易である。また、腐葉土を用いたものは植物に良い pH を保つことができたため、除塩速度の早かったものと混合させるとさらに良い除塩効果が期待できると考えられる。

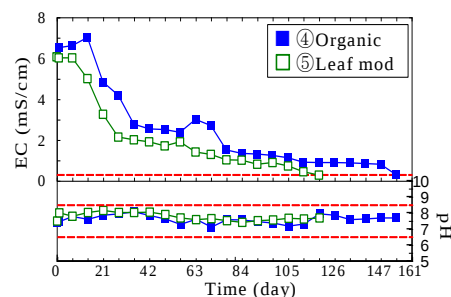


図-3 高塩土壌におけるバイオレメデーションの EC と pH の推移

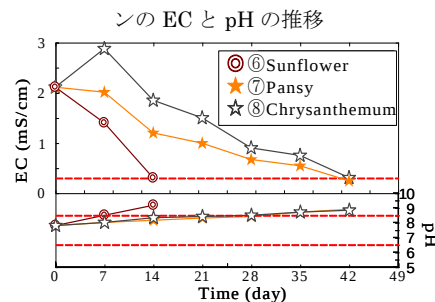


図-4 低塩土壌におけるファイトレメデーションの EC と pH の推移

<参考文献>(1) The Texas A&M University System Tony Provin Managing Soil Salinity,

<http://soiltesting.tamu.edu/publications/E-60.pdf>

(2) A Pacific North Extension publication Oregon State University, Managing Salt-Affected Soils for Crop Production, pp 1-21, 2007