

乾燥地に自生する耐塩性植物を用いた塩類集積土壌の改善に関する研究

岩間 憲次
生物資源管理学科

1. 乾燥地における塩類集積問題について

乾燥地における環境問題の一つに、土壌の塩類集積が挙げられる。風化により土壌や岩石には塩類が低濃度ではあるが元々含まれおり、土壌中の水分はそれらを溶解しながら移動する。一方、特に乾燥地は可能蒸発散量が降水量を上回るため、土壌全体の水分は常に地表面へ上向きに移動する。このため、土壌の水分に溶解した塩類も上昇し、地面や植物からの蒸発散に伴って地表面に累積する。降水量が蒸発散量を上回る日本では問題にならない母岩由来の土壌中の塩類も、乾燥地では土壌中の塩類濃度が上昇するため、植物の生長を阻害する。

一方、日射量が高く植物に必要な無機成分も多く含まれる乾燥地は、農業に適した土地とも言える。しかし、例えば不適切な水管理により過剰に灌漑した場合や、塩類を含んだ農業排水を灌漑に再利用する場合などは、活発な地表面蒸発により塩類は集積しやすくなり、農地の生産性は低下して最後に人間が生活できない状況に至る。これは、メソポタミアの文明が崩壊した要因でもあり、現代においても中央アジア平原のアラル海の枯渇に関連して周辺農地の放棄など、様々な地域で見られる状況でもある。1991年に国連環境計画（UNEP）が発表した「砂漠化の現状及び砂漠化防止行動計画の実施状況について」よれば、乾燥地は地球の陸地の約40%におよび、塩類集積の危険性にさらされていると言える。

このように失われた農地を再生する取り組みはいろいろと考えられている。例えば、塩類が集積した地表面の土壌を物理的に除去する方法や、逆に灌漑水を与えて塩類を洗脱する方法（リーチング）、石膏、リン酸カルシウムなどの土壌改良材を散布して塩類に含まれるNaイオンをCaイオンなどに置換し、pHも下げる方法などである。しかし、施工コストや排水や廃土処理、周辺地域も含む自然環境への負担など、多大な問題を含んでいる。このため、これらの手法を代替し、コストや生態環境に負担をかけない新たな土壌再生手法が必要である。

2. 耐塩性植物を用いた塩類集積土壌の改善

このような塩類集積地において、耐塩性を発揮して自生する植物が存在する。これらは耐塩性植物と呼ばれ、マングローブやアツケシソウ、最近では日本でも食用として栽培されることも多いアイスプラ

ントなどが知られている。さらに、これらの耐塩性植物の中には塩類を吸収して細胞内の液胞や塩類腺へと排出する種類もあり、この吸塩性を利用することで土壌中の塩類を除去する手法が考えられる。つまり、耕作放棄された塩類集積地に吸塩性を持つ植物を移植し土壌の塩分濃度を低下させようというものであり、定期的に植物を伐採することで、耕作地から塩類を除去することが可能となる。特に周辺環境に自生する植物が利用できるのであれば、現在の生態環境を脅かすこともなく、低コストで塩類土壌を改善する可能性が出てくる。ただし、この技術を実用化するためには、土壌を疲弊させずにいかに効率よく塩類を除去する仕組みを構築するかが重要であり、そこに研究の余地が残されていると言える。

さて、中国の内蒙古自治区に位置する黄河中流域において、長年の農耕作により塩類集積地が広がっておりその対策が急務となっている。そこで、この乾燥地に自生するタマリクス（御柳）の吸塩性を利用して塩類土壌の改善を行う研究が、2002年より矢部勝彦滋賀県立大学名誉教授により始められた。その研究に先立ち、鳥取大学乾燥地研究センターと共同で2002年に現地調査を実施した。砂漠緑化のために1990年頃に植栽された平坦な人工群落地における土壌調査では、様々な塩類が地表面に集積しており（図1）、塩の結晶が地表面に析出する状況も容易に目視できた。このような劣悪な土壌条件下においてタマリクスの生長は抑制され10年経過しても背丈は高々1.5mであり（図2）、寿命の短い新条が発生・死亡を繰り返しながら生育する様子が生態調査から読み取れた。一方、砂漠特有の起伏を有する自然群落地では、土壌水分量は低いが地表面の塩類

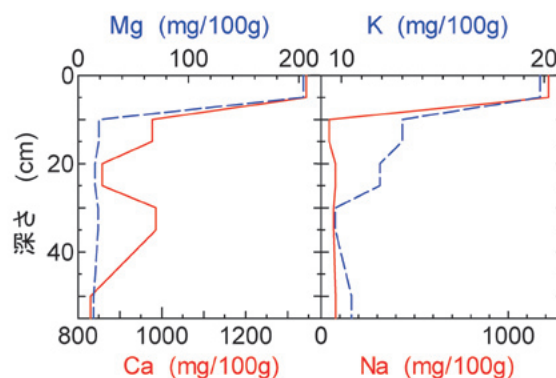


図-1 人工群落地における土壌に含まれる主な陽イオン (中国内蒙古自治区磴口県)

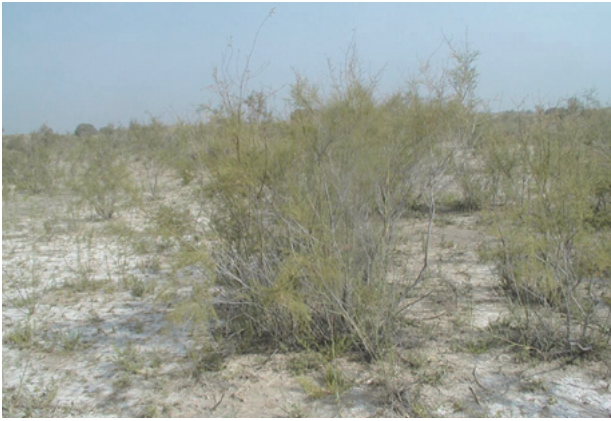


図-2 人工群落地におけるタマリクス状況 (樹高 1.3m)



図-4 ガラス室内での栽培試験の様子



図-3 自然群落地における掘り取り調査の様子

濃度が低い丘陵上の個体が底部の個体より大きく生長した (図3)。つまり、土壌中の水分より塩分がタマリクスの生長に大きく影響する結果であった。

3. タマリクスの耐塩性および塩類除去試験

現地の環境条件を踏まえ、土壌の塩類濃度とタマリクスの生育の関係を明らかにし、どのように管理すれば土壌中の塩類吸収量を最大化して除去できるかが大きな研究テーマと言える。これまで、本学圃場実験施設のガラス室内で40Lのゴミバケツ用ポットに砂質土壌を詰めた上でタマリクスを移植し、塩類 (主に NaCl) 濃度以外の生長阻害因子 (肥料、水分量) を極力加えない条件下で様々な栽培試験を実施した (図4)。

図5は、地下から NaCl 水溶液を所定の濃度で与えて幼苗から栽培した結果の一例である。1%までは問題なく生長しており、現地の地下水の塩類濃度 (0.6%前後、ちなみに海水の平均濃度は3%弱) なら問題なく生長する状況であることが読み取れた。新条長 (あるいは背丈) も0%と大差なく、タマリクスの成長力に大きな可能性を感じられる結果となった。

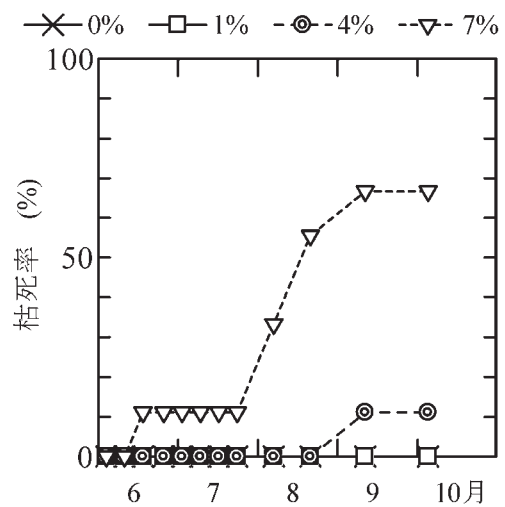


図-5 塩水灌漑条件下におけるタマリクスの枯死率

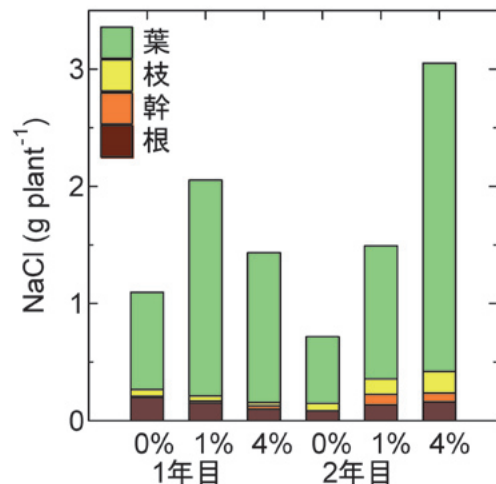


図-6 塩類土壌条件下におけるタマリクスの塩類吸収量

図6は、土壌中の水分の NaCl 濃度を所定の値に設定した場合のタマリクスの部位別吸収量である。栽培-伐採試験を2年間実施したが、塩類の90%前後が葉および新条 (あるいは枝) に蓄積しており、

定期的に枝葉を伐採すれば吸収量の大半を除去できる可能性が示された。ただし、2年目は施肥しなかったため、0%、1%の生長量が低下しており、吸収量も抑制された。逆に4%は根茎の発達とともに2年目に大幅に吸収量を増大させており、栽培管理を適切に実施することで効率よく土壤中の塩類を除去することを示唆したとも言える。なお、2年間にわたる栽培試験の結果、1%の塩類条件下での、土壤中の塩分の吸収率は9.6%、4%では2.9%であった。

また、これまでの研究では、タマリクス乾燥重量あたりの塩類の含有量は大きく変わらない結果も得られている。以上より、いかにタマリクスを大きく生長させるかが、土壤中の塩類除去量を増やすために重要であることがわかった。そこで現在、塩類集積を再現した土壤条件下にて、タマリクスを大きく生長させる条件を見極めていくところである。

4. 植物を用いた土壤中の有害物質の除去のあり方について

これまで紹介した内容は、植物を用いて土壤中に含まれる塩類をいかに除去するかに焦点を当てたものである。しかし、重金属など土壤中に流出したあるいは元々含まれている有害物質を植物で除去する試みなどは様々な方面でなされており、これらの技術はファイトレメディエーションと呼ばれている。その研究は適切な植物種の探索から遺伝子組み換えによる有毒性に対する耐性強化、吸収量増加など植物に対して様々な働きかけを実施して実用化を目指したものが中心と言える。ただし、現場に適用する場合、これまでそこには存在しない品種を適用する可能性もあるため、周辺環境に及ぼす影響も配慮する必要がある。そういった意味で、現地の植物をファイトレメディエーションに用いる意義は大きいと考えられる。

最近、2011年3月11に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所にて飛散したセシウムなどの放射性物質の土壤汚染に関する質問を受けることがある。どのように放射性物質に対処したらよいか、ファイトレメディエーションによりセシウムを除去できないかなど様々である。セシウム(Cs)はカリウムやナトリウムと同様、1価のアルカリ金属として振る舞い、負に帯電する土壤中でも特に粘土の層状構造内に強固に吸着される傾向がある。ニュースなどでひまわりによるセシウム除去試験が報告されているが、植物への移行係数が低いため成果はないようである。また、土壤から粘土を除去すればセシウムの影響を大幅に軽減することが可能との研究結果もあるが、現実的な話ではない。逆

に吸着されたセシウムは流出する可能性が低いいため、天地返しなども含め汚染土壤を地表面から除去すれば長期にわたり人体が受ける放射線量を大幅に軽減可能であり、現在最も有効な対策と私は考える。

土壤中に含まれる有害物質の除去において、物質そのものの挙動を明確にした上で適切な手法を選択する必要がある。その選択肢の中でファイトレメディエーションが有力な技術となるためには、土壤-有害物質-植物間の相互関係を把握する必要がある。今後とも様々な関連研究が必要とされ、進められると期待される。

参考文献

- 岩間憲治、小林功二、金木亮一、古川政行、小谷廣通：塩類集積土壤条件下における地下水の塩分濃度が御柳 (*Tamarix austromongolica*) の生長量に及ぼす影響、農業農村工学会論文集 265, 55-59 (2010)
- (社)日本土壤肥料学会：原発事故・津波関連情報 (2011)、<http://jssspn.jp/info/nuclear/index.html>