

マイクロバブルを使った塩害土壌の再生研究

青森県立名久井農業高等学校 **TEAM FLORA PHOTONICS**

1 現状と課題

平成23年3月11日に発生した東日本大震災は、津波を伴い各地に大きな被害を及ぼした。岩手県や宮城県に比べ被害が小さかった青森県においても、冠水した農地は80haにも及んでいる。海水をかぶった農地では高い塩分のため、浸透圧によって植物の細胞から水が抜け出してしまい水分不足となって枯れてしまう。しかし海水は直接的に植物に害を与えるだけでなく、土壌にも深刻な被害を及ぼしている。

一般にEC（電気伝導度）が0.3〜0.6mS/cm以上になると植物によっては塩害が発生するといわれている。被災地の調査によれば2〜4mS/cmとかなり高いことが報告されている。農林水産省や試験場、農協では耕起した水田や畑に真水を入れてECが0.3mS/cmになるまで何度も洗い流すよう除塩指導を行っている。しかしこの方法にも問題がある。

1つ目は海水をかぶった土壌は団粒構造が壊されヘドロのような隙間のないべったりとした通気性、排水性の悪い構造になるので、水がしみ込みにくい。それでも何度も洗浄を繰り返すと除塩はできるが、土壌に空気を含んだ隙間のある構造に再生するまでには時間がかかる。また隙間のない土中には酸素が少ないため、植物の根が呼吸できず根腐れをおこしてしまう。さらに酸素が必要な好気性細菌が増殖できないため、有機物やヘドロを分解できず栄養も不足する。今後このような問題が各地で発生する可能性がある。

2つ目は土壌再生の支援である。水田や畑は農地再生のために補助金などが検討されているが、道路沿いの花壇、教育施設や公共施設の花壇、もちろん個人の花壇には除塩のための技術的、経済的支援はない。また草花は一般に野菜より耐塩性が低いともいわれている。私たちは日頃から花を育て、地域を緑化することでみなさんに喜んでもらっている。したがって草花が人々の心を励まし支えてくれる不思議な力を持っていることを誰よりも知っている。しかしこれらの問題により、草花で子供たちや被災地の人々の心を癒したり励ますには時間がかかる可能性が高いと思われる。

2 活動の目的

- (1) 従来の技術より効果的な除塩及び土壌改良の技術を考案する。
- (2) 考案した技術で被災地の花壇再生活動に取り組み花の力で人々の心を支える。

3 具体的な活動内容

(1) 土壌再生技術の開発

①発想のポイント

除塩するには真水を何回も農地にためて洗い流すよう指導されている。しかし塩は流せても海水をかぶったヘドロのような土壌に空気層を作るような物理的改善は簡単にはでき

ないのが現状である。そこで私たちは除塩と同時に土壌改良もできる一石二鳥の技術を考案して、花壇の早期再生に貢献したいと考えた。この新技術のキーテクノロジーはMNB（マイクロ・ナノバブル）である。これはナノサイズの極小気泡が無数にとけ込んだ水である。この気泡はなかなか壊れず長い間水中に浮遊するため水が白く見える特徴がある。最近の研究では溶存酸素が増えることから、魚の養殖や野菜の水耕栽培にも効果的であることがわかってきた。しかし現在はどのようなものにも使えるかさまざま試しながら需要を開拓している段階で、簡単に利用することはできるがまだ生活の身近なところまでは普及していない技術である。

写真1 マイクロナノバブル水



写真2 塩害土壌の分析調査



チームではこのMNBで塩害土壌を洗浄する方法を考えた。土中に染み込んだ気泡は小さな隙間を作り、土壌の通気性や排水性を高め洗浄しやすくなると思われる。さらに土壌の酸素が増えるため根腐れが防がれるとともに好気性細菌が繁殖しやすくなり、ヘドロの分解や肥料分である硝酸態窒素を増やす効果があると考えられる。これは今までにないチームのオリジナルの発想である。そこでアイデアを確かめるためにもMNB発生装置を使った実験を行った。

②実験の方法

- ア 土中に直径11cmで長さ90cmの煙突を地上部30cm、地下部60cmになるように埋める。埋めた煙突の中に地面と同じ高さになるまで土を入れる。これを5本作る。
- イ 全ての煙突に3%の塩水を500ml入れる。2日経ったらまた同じ塩水を500ml入れて完全に染み込ませる。
- ウ さらに7日したら1本目は地表から10cm耕し蒸留水を500ml入れ染み込ませる。2本目は地表から10cm耕しMNBを500ml入れ染み込ませる。3本目は地表から10cm耕し10a当たり100kgの消石灰を散布してさらに500mlの蒸留水を染み込ませる。4本目は地表から10cm耕し3本目と同量の消石灰を散布してさらに500mlのMNBを染み込ませる。5本目は何もしない基準とする。3日後、1本目と3本目には真水500ml、2本目と4本目にはMNB500mlで洗浄する。
- エ 3日たったら煙突を掘り起こし金切りはさみで縦に切り地下10cm、地下30cm、地下50cmの場所から土壌サンプルを2つ採取する。その後、EC、硝酸イオン濃度

を測定してデータとする。また土壌の酸素濃度も測定し効果を確認する。

③実験の結果

調査結果（表1）は次のとおりである。なおECの単位は、 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で表記している。

表1 表層部 土壌分析の結果（EC単位： $\mu\text{mS}/\text{cm}$ 硝酸イオン濃度単位：ppm）

地下10cm	1本目	2本目	3本目	4本目	5本目
処置法	水	MNB	水+消石灰	MNB 消石灰	無処理
EC	60	50	9100	1000	4000
硝酸イオン濃度	72	31	68	15	97

中層部

地下30cm	1本目	2本目	3本目	4本目	5本目
処置法	水	MNB	水+消石灰	MNB 消石灰	無処理
EC	480	300	380	370	3600
硝酸イオン濃度	64	35	65	30	65

深層部

地下50cm	1本目	2本目	3本目	4本目	5本目
処置法	水	MNB	水+消石灰	MNB 消石灰	無処理
EC	1410	1190	4100	1670	3500
硝酸イオン濃度	73	66	77	70	90

写真3 実験の様子



写真4 土壌分析



④実験の考察

■無処理

5本目である無処理のECは表層でも深層でも $3500\sim 4000\ \mu\text{m}/\text{cm}$ ($3.5\sim 4.0\text{mS}/\text{cm}$) と高い数値である。これは津波をかぶった被災地のECの調査データと同じである。したがって被災地と同じ土壌を再現できたものと考えられる。そこで試しにダイズを植えてみた。写真8のように2日でおれ葉が変色して枯死した。これが塩害で、表層から深層までこれだけの塩化物があると栽培できないことがわかる。

■水洗浄とMNB洗浄の比較

次に1本目の水と2本目のMNBの違いである。EC及び硝酸イオン濃度ともMNBの方が良いことがわかる。特に表層部と中層部の硝酸イオン濃度はMNBの方が半減している。硝酸イオンは肥料である硝酸態窒素の量を測定するものだが塩類にも反応する。5本とも同じ土壌を使ったので肥料分は差がないと考え、この数値は塩類と思われる。

■消石灰（カルシウム剤）による洗浄

次は消石灰をかけた3本目と4本目である。土壌のナトリウムはプラスイオンとして土のコロイド（マイナスに電荷）と結びついている。あまりECが高い場合は、水だけでは流れにくいのでカルシウム剤を散布した後、水洗浄するよう指導されている。カルシウムイオンもプラスでナトリウムより土との親和性があるため、染み込んでいくとナトリウムイオンと置き換わってしまう性質がある。したがって土壌からナトリウムが離れやすくなり洗浄しやすくなるのがカルシウム剤散布の理由である。

写真5 土壌断面（左：水+消石灰、右：MNB+消石灰）



今回の実験ではEC、硝酸イオン濃度ともMNB+消石灰の方が小さく、除塩効果が大きいがわかる。なお表層のECがどちらも高い理由は、塩類の他に消石灰もEC（電気伝導度）に反応するからである。消石灰は除塩するが表土に残るため強アルカリ性になりしばらく栽培はできないという欠点がある。土壌の断面（写真5）を見ても水では消石灰が上部に残っているのがわかる。しかしMNBは中まで染み込み、散布した消石灰をよく洗い流していることから、早く栽培が可能になると想像できる。

■土壌酸素濃度

考案したアイデアはECや硝酸イオン濃度から判断しても塩類を水よりも効果的に洗い流していることがわかった。しかしこの技術が本領発揮すると思われるのは土壌に隙間を作り、土中に空気を送り込む効果である。測定した結果、塩害を受けた土壌が19.8%と酸素不足になることを確認できた、さらにMNB1000mlで洗浄すると、従来水よりも土壌の酸素濃度を高めることがわかった。これにより早期花壇再生が可能になると確信できた。

グラフ1 地下 20cm の土壌酸素濃度 (%)

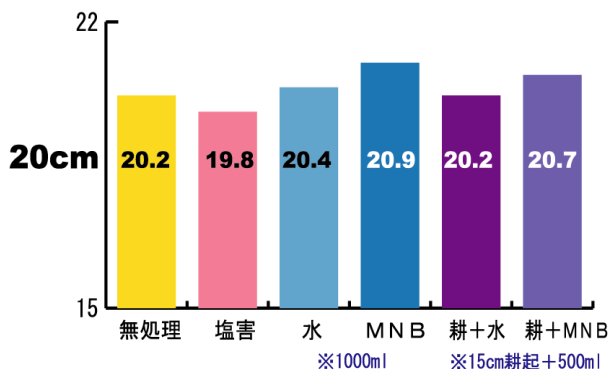


写真6 土壌酸素濃度の測定



(2) 土壌再生活動

本校のある青森県南部町は被災した岩手県山田町と長い間交流している。そのような関係から私たちの出動が決まった。また地元青森県の八戸市の浜市川保育園の花壇も川をさかのぼってきた津波により海の底に沈んだため、土壌再生を行うことになった。これらの活動がきっかけとなり今では岩手県山田高校や保育園の子供たちとの花植え交流に発展している。さらに今年8月、つくば国際会議場で開催された日本土壌肥料学会でこの技術を報告したところ被災地復興のための優れた活動と評価され表彰された。

写真7 岩手県山田町の被災状況



写真8 山田町の花壇再生活動 (5月)



写真9 浜市川保育園の花壇再生活動 (6月)



写真10 地元の山田高校生との交流活動



4 活動のまとめと今後の展望

思いもしない津波の被害によりたくさんの花壇が塩害を受けている。日頃から草花の研究をしている私たちはこの4月、急遽、除塩と土壌改良が同時にできるマイクロナノバブ

ルを活用した新しい土壌再生技術を開発した。極秘に特許取得を勧める方もいたが、この技術は早く被災地に花を咲かせ子供たちの笑顔を取り戻すために開発したものである。私たちは一切隠さず、考案した技術で土壌再生ボランティア活動に取り組んできた。その甲斐あってさまざまな花壇にもう一度花を咲かせることができた。またそれ以上に、たくさんの方々と知り合うことができ、学校をあげた交流へと発展している。今後は技術を公開することで、技術が更によいものになるよう望んでいる。

またこの技術は震災だけでなく、台風による塩害土壌の再生や世界の農地改良にも役立つものである。マイクロナノバブルの新しい用途として近い将来、広く活用されることを期待する。

5 謝辞

本研究にあたってマイクロナノバブル装置を貸与して下さったオーラテック社、除塩活動のご協力くださった多くの関係者の皆様に心から感謝申し上げます。