

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、私たちの住む青森県にも大きな被害を及ぼした。なかでも八戸市には大津波が押し寄せ海岸沿いの被害は甚大である。八戸市の沿岸12km² 880haは「種差海岸階上岳県立自然公園」に指定されており、貴重な植物が自生する地域として長年保護されてきた。なかでもサクラソウは公園のシンボルで多くの県民に愛されている。サクラソウといえば花壇で栽培されているプリムラ（西洋サクラソウ）を思い浮かべる人も多いが、野生のサクラソウは日本在来種で日本サクラソウとも呼ばれている。種差海岸のサクラソウは海岸のすぐそばにある大変珍しい自生地にある。さらに遺伝子的に見ても固有の貴重な生物資源であることがわかっている。しかし、自生地の開発などが原因で個体数は減少し、現在は環境省の定める準絶滅危惧種に分類されている。青森県ではさらに深刻で県のレッドデータブックでは最も絶滅の危険性があるAランクに分類されている。種差海岸では今年度環境省から環境功労賞を受賞したボランティア団体「名勝種差海岸 鮫町の自然を守る会」が長年巡回して盗掘を防いできた。しかしこの自生地も津波に飲み込まれてしまった。貴重なサクラソウの群落がまさに今、失われる危機に瀕していることから、私たちは被災状況の調査と保護活動を行うべきだと考えた。

写真1 津波で崩壊した種差海岸の家



写真2 種差海岸のサクラソウ（短柱花）



さらに大津波は土壌にも甚大な被害を与えている。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にもなる。海水をかぶった土壌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すことがわかっている。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2つの問題がある。

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、水がしみ込みにくくなることである。それでも何度も洗浄を繰り返すと除塩はできるが、空気を含んだ隙間のある構造に再生するには時間がかかる。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 **TEAM FLORA FOTONICS** は日頃から花の研究と地域の緑化活動に取り組んでいる。したがっていかに草花が人々の心を励ます不思議な力を持っているか誰よりも知っている。しかし残念ながら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支えるのに時間がかかってしまう。今必要なのはスピードである。以上のことから私たちは急遽、被災地のサクラソウを守る活動と新しい土壌改良技術の研究に取り組むことにした。

2 活動の目的

- (1) 津波による種差海岸の被害状況を探る
- (2) 貴重なサクラソウを保護して栽培する
- (3) 今後の新たな保護活動の提案を行う
- (4) 被災地花壇のより効果的な除塩及び土壌改良技術を考案する。
- (5) 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 活動の概要

<サクラソウ保護の研究>

(1) 津波による種差海岸の被害状況を探る

全国的に見ても珍しい海岸沿いの自生地にも津波が襲い、一時的だが完全に水没した。4月に海岸を調査してみると、草が生えているところと津波の引き波で植物がなくなったり塩害で赤茶けて枯死しているところが容易に確認できた。これによると津波は10m以上あったと思われる。

また私たちのチームで震災約1ヶ月後に現地の土壌調査を行った。採取は海水をかぶった海拔約7mのサクラソウの自生地と、かぶらなかった海拔約12mの福寿草の自生地とし、土壌に含まれる塩類の量が推測できるEC（電気伝導度）を測定した。（表1）

表1 種差海岸のサクラソウと福寿草の自生地のEC（電気伝導度）

調査：4月18日	サクラソウ自生地	福寿草自生地	本校農場の畑
単位：mS/cm	4.4	1.1	0.3

写真3 海岸沿いのサクラソウ自生地



写真4 津波による海面上昇の跡（草が生えない）



同じ海岸でも海水をかぶったサクラソウの自生地は、かぶらなかった福寿草の自生地に比較してECは4倍も高い数値となった。本校農場の土と比較すると約1.5倍もの高さである。植物によって多少異なるが一般に0.3-0.6 mS/cm以上になると浸透圧による脱水など生理障害がおきるといわれている。以上のことから希少な生物資源である種差海岸のサクラソウは現在、絶滅の危機に瀕していると考えられる。

(2) 貴重なサクラソウを保護栽培する

ア 保護申請

種差海岸は国の名勝地に指定されている。さらに青森県から県立自然公園の指定も受けている。したがって法的にこの地域の植物を採取することは禁じられている。そこで私たちは4月上旬、公園を管轄する青森県に至急保護するよう依頼した。しかし、今まで種差海岸の植物の採取許可をしていないこと、採種するにしても高校生にはハードルが高いことから最初は申請すら難しいとの対応であった。そこで塩害の状況を説明し、今すぐ対策をとらないと危険であることを何度も訴えたところ、種を採りチームで万が一のために保護栽培するという提案を理解してくださり、申請に協力してくださるとのご意見をいただいた。申請にはたくさんの必要書類があったが、チームで手分けして作成して5月上旬に申請を行った。

- ・ 県知事への申請書
- ・ 保護活動の要項
- ・ 自生地の写真と現地のサクラソウの写真
- ・ 自生地の位置図
- ・ 自生地の詳細な地図
- ・ 自生地の地権者の承諾書
- ・ 八戸市から許可
- ・ 自然保護団体からの協力許可 等

その結果、5月17日に青森県知事から採種の許可通知がチームに届いた。しかしサクラソウの開花期は5月上旬から下旬まで。時間がないのでさっそく自然保護団体の案内で私たちは人工授粉するために種差海岸のサクラソウ自生地に足を踏み入れた。

イ 人工授粉

サクラソウには雌しべが雄しべより短い短柱花と雌しべの方が長い長柱花の2種類がある。そして短柱花と長柱花の間でなければ結実しない仕組みになっている。これは自家受粉を避け多様な遺伝子を持つことで種の全滅を逃れるサクラソウの知恵である。健全な自然状況ではそれぞれが1:1の割合で存在している。しかし塩害により偏りが出ている可能性がある。そこでサクラソウの第一人者である筑波大学の澤先生にご指導を受け、人工授粉を行う前に種差海岸の自生地はどれぐらいの割合で両花が存在しているのか調査を行った(表2)。

表2 種差海岸のサクラソウの個体数

調査：5月19日	自生地全体(株)	長柱花(株)	短柱花(株)
個体数	236	155	81

また津波をかぶった自生地のサクラソウと高台にあって塩害を受けなかった普通のサクラソウの大きさなど生育状況も比較した(表3)。

表3 種差海岸のサクラソウの生育調査

調査：5月19日	草丈 (cm)	葉幅 (cm)	葉身長 (cm)	SPAD(葉緑素含有量)
普通のサクラソウ	26.6	6.1	7.6	40.5
塩害のサクラソウ	15.7	3.6	5.6	28.6

写真5 種差海岸での人工授粉活動



写真6 種差海岸での結実状況調査



調査の結果、種差海岸の自生地のサクラソウはおよそ300株。長柱花と短柱花は2：1の比率で存在し、やや長柱花に偏っていることがわかった。またそこに育つサクラソウは塩害を受けなかった別のサクラソウと比較すると草丈で40%も小型で、葉も小ぶりであることがわかった。さらに葉緑素含有量が少なく葉色がやや黄色であることもわかった。これは塩害によって肥料分を吸収できないためではないかと推測される。そこでピンセットで雄しべをとり、雌しべにつける人工授粉を行った（写真5）。

ウ 播種

人工授粉後、何度も自生地に足を運び、結実状況を調査した（写真6）。すると多くは結実で

写真7 結実したサクラソウ



写真8 さや10個の種子数（左：人工 右：自然）



きずに枯れているものの、人工授粉を行った花は確実に結実していることがわかった（写真7）。そして7月1日、最終確認を行いチームで採種を行った（写真7）。

表4 サクラソウの種子数

調査：7月7日	さやの直径 (mm)	ひとさやの種子数 (個)
自然受粉	4.5	20.5
人工授粉	5.3	41.6

採取後、人工授粉をおこなったものと自然に結実したものと種子数と種子の入っているさやの大きさを測定した（表4）。その結果、人工授粉したものはさやの直径で約18%、種子数では2倍と大きな差となった。これにより人工授粉することで確実に結実し充実した種子を得られることがわかった（写真8）。この結果は、すぐに採種許可を出した青森県及び八戸市、種差海岸の自然を守る会にも報告し、喜びを共有している。

エ 播種

せっかく採種できても種から苗を育てることができなければ保護にはならない。サクラソウには来春まで種子を保護して播く方法と採った種子をすぐに播くとり播き法の2種類がある。私たちのもとには全国から播種法をアドバイスする手紙が届いている。そこで私たちは関東のサクラソウの愛好会の提案するとり播き法を採用し、さっそく播種することにした。手順は次のとおり。

＜サクラソウの播種手順＞

- ① ろ紙を敷いたシャーレに種子を入れる。
- ② 種子が浮き上がらない程度の量のジベレリン100ppm溶液で浸す。
- ③ 乾燥したら時々水を補給しながら発芽を待つ。
- ④ 発芽したら赤玉、鹿沼土、砂を混ぜた用土を入れた鉢にピンセットで移植する。
- ⑤ 覆土せずに直射日光を避けながら育てる。

写真9 シャーレで発芽したサクラソウ



写真10 鉢に移植したサクラソウ



その結果、サクラソウはシャーレで無事発芽し鉢に植えられた。現在は本葉が10mm程度まで育っている。鉢上げにも成功したので、今後は冬越しさせ早いものでは来春、遅くとも2年後には開花させたいと考えている。

（3）今後の新たな保護活動の提案

私たちのチームは今後、市民参加型保護活動に発展させようという計画がある。なぜならチームだけで保護栽培した場合、万が一管理ミスによって枯らしてしまう危険性がある。そこで保護活動に賛同してくださる市民をつのり、一緒に栽培をしてもらい危険分散を図ろうと考えている。お手本は筑波大学のサクラソウ里親制度である。機会があれば大学を訪ねたいと考えている。そして里親が開花する初夏に毎年集まり、地域の自然環境の素晴らしさとサクラソウ保護の意識向上のメッセージを発信する展示会を行いたいと考えている。すでに今年の夏、私たちは地元の中

学生対象にサクラソウの保護活動などを紹介する環境教室を開催しており今後が楽しみである。

<被災地の花壇再生研究>

(1) 発想のポイント

除塩するには真水を何度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。しかし現在はまだ用途開拓の段階で、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11 マイクロナノバブル水



写真12 除塩実験



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除塩方法なので効果を確認するために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日後、地表から10cm耕し蒸留水を500ml入れ染み込ませる水区、地表から10cm耕しMNBを500ml入れ染み込ませるMNB区、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水+消石灰区、地表から10cm耕し3本目と同量の消石灰を散布して500mlのMNBを染み込ませるMNB+消石灰区、さらにまったく洗浄しない塩害区に分ける。また

まったく塩水をかけない無処理区も比較のために作っておく。

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各4個採取し、効果を分析する。

図1 実験の方法



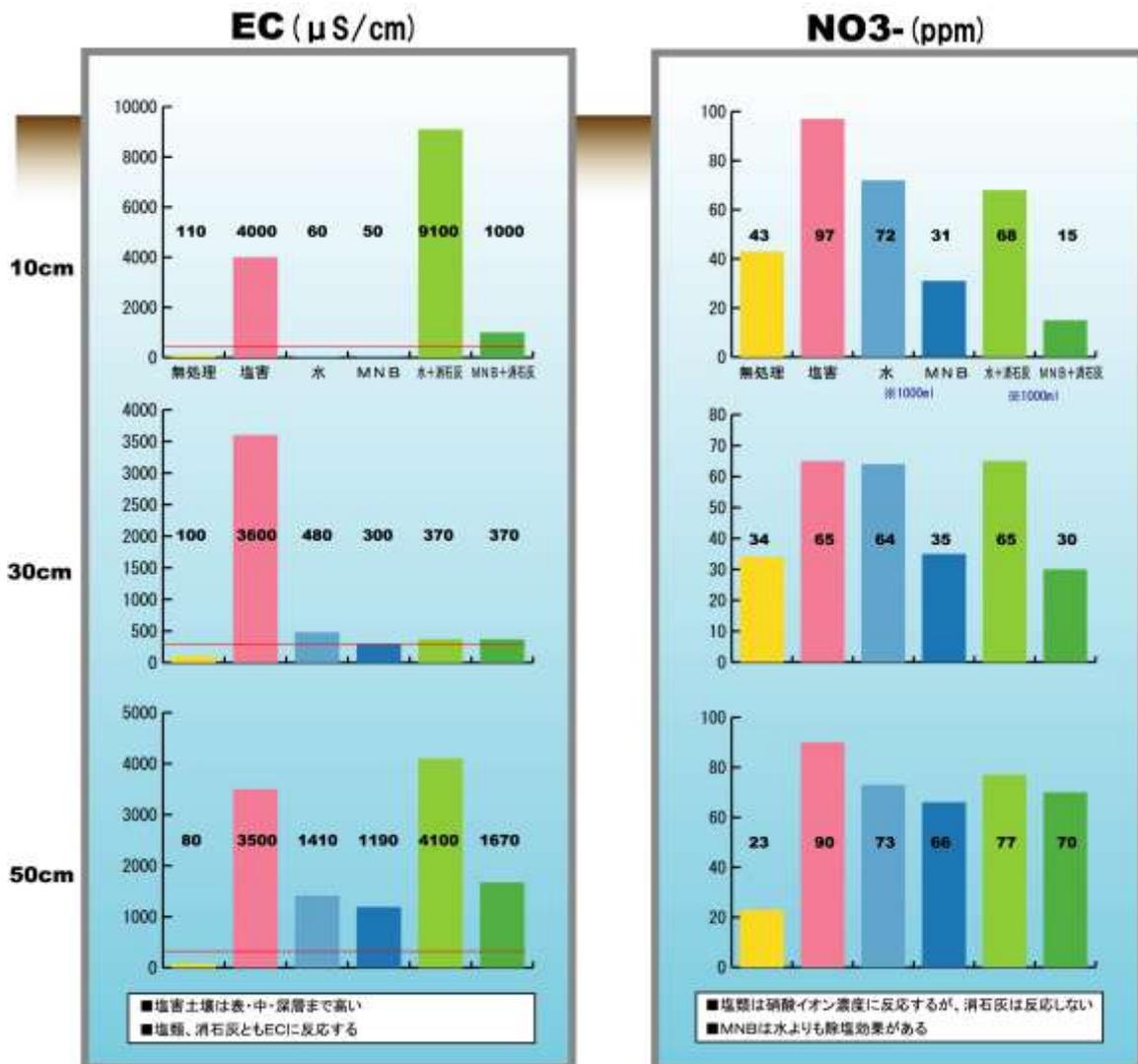
写真13 土壌分析



(3) 実験の結果

除塩実験の結果は次のグラフの通りである。

グラフ1 表層部 土壌分析の結果 (EC単位: $\mu\text{mS}/\text{cm}$ NO₃-硝酸イオン濃度単位: ppm)



(4) 実験の考察

ア 無処理

塩害区のECは表層でも深層でも $3500\sim 4000\ \mu\text{m}/\text{cm}$ ($3.5\sim 4.0\text{mS}/\text{cm}$) と無処理の約 90 倍と高い数値である。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。

イ 水洗浄とMNB洗浄の比較

次に水区とMNB区の違いである。EC及び硝酸イオン濃度ともMNBの方が低いことがわかる。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るとこの数値は塩類と思われ、MNBの高い除塩効果がわかる。

ウ 消石灰（カルシウム剤）による洗浄

水+消石灰区と水+MNB区の比較である。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14 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、除塩効果が大きいことがわかる。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。消石灰は除塩効果はある表土が強アルカリ性になりしばらく栽培はできなくなるという欠点がある。土壌の断面（写真14）を見ても水では消石灰が白く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ことがわかる。

エ 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、しかしMNB1000mlで洗浄すると、20.9%と従来の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2 地下20cmの土壌酸素濃度(%)



写真15 土壌酸素濃度の測定



(5) 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。発電機や農業機械をトラックに積み3時間バスに揺られて被災地着いた町は建物が流された荒れ野となっていた。さっそく土壌を採取し、ECをその場で分析した。やはり0.5mS/cm前後と高かったため、地元の方と協力しながら耕起してMNBで土壌を洗浄した。花植え後、数ヶ月に渡り地元の高校生から花壇の写真を送っていただいているが塩害は発生せず、いち早く被災地に花を取り戻すことに成功している。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高校生発表会でこの技術を公開している。

写真16 岩手県山田町の被災状況



写真17 山田町での花壇再生活動(5月)



4 研究活動のまとめと課題

思いもよらぬ東日本大震災により県民が愛してやまない種差海岸のサクラソウが海の底に沈んだ。私たちは今救わなければならないという思いに突き動かされて、4月から夢中で今まで活動してきた。活動を通してさまざまな人のサクラソウへの想いを知ることができ大変有意義であった。また7月に自生地 of 土壌酸素濃度を測定したところ地下10cmは19.9%と低く、明らかに塩害の痕跡があった。しかし地下40cmは一般的に酸素濃度が減るにもかかわらず逆に20.4%と高かった。分析した結果、自生地は毎年草木が枯れてできた腐葉土の層であり、そのため地下にも十分な酸素が残っていたと考えられる。津波を受けたサクラソウが瀕死の状態でありながら再生してきたのは、種差海岸の豊かな自然によるものであることがわかり、あらためて自然のたくましさを知ることができた。サクラソウの花言葉は「希望」である。今後もたくさんの方の笑顔を取り戻すためにチーム一丸となって保護活動に取り組んでいきたい。また被災地に笑顔を取り戻すために私たちは急遽、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、土壌再生ボランティアにも取り組んできた。再生処理した花壇では今も被災地で元気に咲いている。さらに技術改良に努め、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ようさらに研究していきたい。

以上、今回の研究活動を振り返ってみると、日頃から研究している科学の力で社会貢献ができたことをなにより嬉しく思っている。さらに活動によってたくさんの方々と知り合うことができたことにとっても感激している。今後も社会に活かすという視点で科学研究に取り組んでいきたい。

写真18 種差海岸のサクラソウ



5 参考資料

株式会社オーラテック <http://aura-tec.com/>

NHK 趣味の園芸 サクラソウ (NHK 出版)

色分け花図鑑 桜草 (学習研究社)

花のチカラ

～被災地復興支援プロジェクト～



TEAM FLORA PHOTONICS

青森県立名久井農業高等学校

2年	小町一磨	逸見愛生	佐々木里菜	阿部加奈江
	日沢亜美	砂沢愛依		
3年	荒谷優子	市沢理奈	中山歩美	若本佳南
	赤石譲二	西塚 真	山田大地	