

津波被害地域の小学校支援を想定した代表的教材植物の耐塩性評価

岡 正明*

Evaluation of Salinity Tolerance in Plants as Teaching Materials for Elementary School at Tsunami Disaster Area

Masaaki OKA

要約：津波被害を受けた小学校栽培教育への支援を目的に、研究情報が少なかった11種の代表的教材植物の耐塩性を評価する実験を行った。0.0%,0.1%,0.3%,0.5%,3.4%（海水濃度）となるよう食塩を溶かした水溶液を、約2ヶ月間に亘り、植物ポットに灌水した。各塩濃度区の地上部乾物重を調査した結果、耐塩性が強い植物としてマツバボタンが、やや強としてケイトウとヒヤクニチソウが見出された。一方、茎が長く伸びるアサガオとヘチマは、低濃度であっても塩ストレスの影響が顕著に現れる植物であった。

キーワード：栽培教育、教材植物、耐塩性、津波被害、学校支援

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災による津波被害を受けた学校では、校庭の土壤に高濃度の塩分が含まれ、植物栽培が難しい場所が多々存在した。図1は、当研究室の卒業生である内海菜央さんが避難生活を送った石巻市立渡波小学校の校庭花壇を撮影した津波1ヶ月後の風景である。地面の雑草もほとんど枯れ、背の低い常緑樹木も葉が茶色に変色している。

当時、塩分を含んだ土壤でも生育可能な植物についての問い合わせが研究室に複数寄せられた。特に小学校生活科や理科で用いられる花卉や野菜などの教材植物について、耐塩性程度の情報がほしいとの声が多かった。

植物の耐塩性（土壤に含まれる、塩化ナトリウムを中心とする塩類に対する抵抗性）については、植物生理学や作物学・園芸学の分野で、多くの研究成果が報告されている。世界的に見ると、植物が育ちにくい塩類集積土壌は広範囲に分布しており、それらの地域での農業生産を可能とするために、耐塩性の生理的機構や、各作物の耐塩性強弱、一作物内での耐塩性の品種

間差、耐塩性の強い品種の育種研究、などが進められている。また、日本においても、園芸用ハウス土壌における塩集積（この場合は塩化ナトリウムではなく肥料由来の塩類）や、海水飛沫が吹きつける地域での潮風害など、局所的な事例が発生しており、塩害を回避するための研究が行われている。これらの成果は、引用文献に掲載した日本土壤肥料学会編「塩集積土壌と農業」（2000）にまとめられている。

津波被害に遭った学校からの情報を求める声に対し、当研究室では文献やインターネットで検索された情報を提供すべく、調査を始めた。国内の農学系学会はいち早く、作物の耐塩性に関する植物体内生理機構や土壌内動態などの情報をホームページ上に掲載した（引用文献の日本土壤肥料学会と日本作物学会のURLを参照）。植物の耐塩性の強弱については、既存の書籍やホームページに記載があった。膨大な研究報告があるが、例えばイネについては山内ら（1987）が国内外のイネ20品種の耐塩性の差異を報告している。また、東日本大震災後の実験としては、遠藤ら（2013）が宮城県の水稲奨励品種（ひとめぼれ、まなむすめ、ササ

* 宮城教育大学教育学部 技術教育講座



図1 津波被害後の石巻市立渡波小学校の花壇

ニシキ、など)の塩害耐性を調査している。他の作物についても多くの調査があり、前述の書籍「塩集積土壌と農業」には、穀類・イネ科牧草・野菜など37作物の耐塩性が極強～極弱の5段階に分類されている。また、佐賀県庁ホームページ(引用文献のURL参照)にも、野菜や果樹など55作物の耐塩性ランクが掲載されている。

以上の様に、多くの農作物の耐塩性データは既存の情報として見つけることができたが、小学校の代表的教材植物であるアサガオ・ヒマワリ・ホウセンカなどの花卉類、またヘチマなどの果菜類については、一覧表となったデータを見つけることができなかった。このような状況を踏まえ、当研究室では、小学校の代表的教材植物をリストアップし、それらの耐塩性を独自に調査することとした。

耐塩性の評価方法には様々なものがあり、発芽時の耐塩性を調べる方法、小さな苗に短期の塩ストレスを与える方法、生育時期を通して長期に亘り塩ストレスを与えて生育量を調べる方法などが、実験目的に合わせて選択されている。本研究の場合、海水由来の塩分を含んだ学校花壇・菜園での栽培を想定していることから、ある程度の大きさの苗から実験をスタートさせ(育苗箱などで育てた苗を花壇・菜園に定植することを想定)、長期に亘って塩ストレスを与える(塩化ナトリウム水溶液を灌水する)方法を採用した。

2011年3月の地震直後はしばらくの間、宮城教育大学でも断水が発生し、萩朋会館前のプールから水を汲んでキャンパス奥にある教材植物育成用温室の多年生植物に灌水する日々が続いた。耐塩性の実験が始め

られたのも6月になってからであり、2011年には植物種を限定した予備実験、2012年にやっとこの論文で紹介する本実験を実施することができた。予備実験では、4作物の耐塩性比較実験を行い(内海・岡2011)、耐塩性が極強であったアイスプラントについては、形態的・生理的特徴を詳細に調査した(岡・内海2012)。

2年間の実験を行っている間、被害の比較的小さかった学校では、花壇の客土や除塩作業(大量の水で塩分を洗い流す方法が一般的)が進んだ。一方、大量の海水が押し寄せた地域の学校は統廃合が検討されている。これらの理由から、本実験の結果は、2011年の東日本大震災における津波被害を受けた学校への支援には、直接役立つことはなかった。しかし、今後、同様な災害が日本のどこかで発生する可能性があり、その際の学校支援には有用な情報であると考え、研究成果を報告することとした。

2. 材料及び方法

表1に示す11の教材植物を供試した。これらは小学校の生活科・理科の教科書で扱われている代表的な教材植物(花卉類・果菜類)である。2012年5月17日にパーミキュライトを入れた3号ビニールポットに播種(3～4粒/ポット)した。ただし、種子と初期の苗が比較的小さなヒャクニチソウ・コスモス・ホウセンカ・ケイトウ・サルビア・マリーゴールドとマツバボタンについては、5月5日に播種床に播種しておき、本葉展開後に、苗を3号ビニールポットに鉢上げした。以降、通常の実験を行いながら、間引きにより1個体/ポットとした。肥料は、ハイポニカA・B(協和)500倍希釈液を、10日に1回程度与えた。

耐塩性実験を行う場合、土壌中でイオン化した塩類が有機物などに吸着されると、与えた塩類効果の発現が不安定になる。そのため本実験では、有機物を含まない土壌として、ヒル石を焼却膨張させ細かく砕いたパーミキュライトを用いた。また、肥料としてポットに与えたハイポニカA・Bは水耕用液肥であり、必須微量元素を含む植物生育に必要な全ての栄養素を含んでおり、パーミキュライトのような有機物を含まない土壌への肥料として適している。

表1 供試した教材植物

	植物名	品種
1	ヒマワリ	テディーベア
2	アサガオ	大輪咲混合
3	ヒャクニチソウ	ダリア咲き混合
4	コスモス	センセーション混合
5	ホウセンカ	カメリア咲き混合
6	ケイトウ	久留米緋紅色
7	サルビア	スカーレットジルバ
8	マリーゴールド	アフリカンマリーゴールド
9	ヘチマ	太ヘチマ
10	オクラ	東京五角
11	マツバボタン	終日咲混合

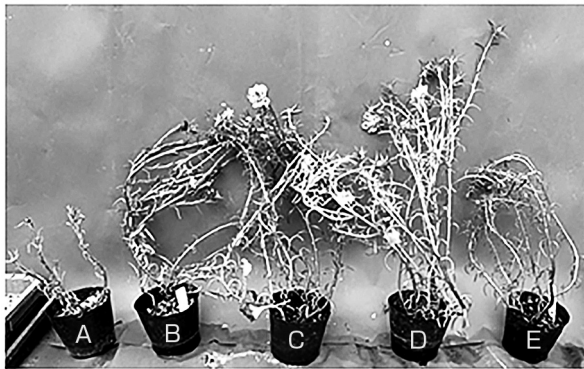


図2 各塩濃度における植物体 (1)

上: マツバボタン

下: ケイトウ

記号 (A ~ E) は図3を参照

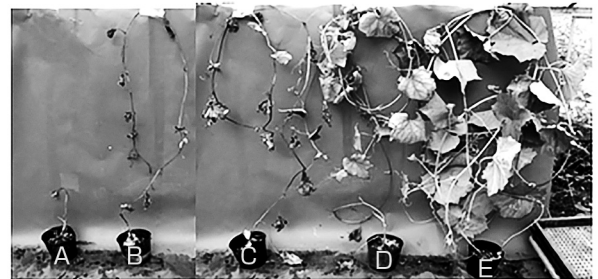


図3 各塩濃度における植物体 (2)

上から ヒャクニチソウ・ヒマワリ・アサガオ・ヘチマ

A : 3.4%区 B : 0.5%区 C : 0.3%区

D : 0.1%区 E : 0.0%区

6月23日から塩ストレス処理を開始した。無加温温室に置いたプラスチックバット（内径52cm×26cm×高さ13cm）の中に各教材植物の苗を植え付けたポット（底面に直径1.5cmの穴）を並べた。塩化ナトリウム（市販の食塩）の0.0%（塩類を含まない水）、0.1%、0.3%、0.5%、3.4%（海水濃度）水溶液を調整し、バットの中にポットが2cm程度浸かるよう、注入した。また、水溶液には、肥料として、500倍希釈となるよう園芸用液肥ハイポネックス（レイシオ6-10-5）を加えた。この塩水溶液を10日ごとに注入し、その間の期間は、約2cmの水位を保つよう水道水を注水した。各処理区における各植物は、3～4個体（1個体/ポット）である。処理開始から約2ヶ月後の8月20日に、地上部をサンプリングし、新鮮重・乾物重を測定した。

3. 結果

塩ストレスを与えた期間は、6月・7月の梅雨から8月の高温期までであり、実験前半は日平均気温が20℃程度、後半は30℃近くと高温になった。注入する水溶液中の塩濃度が低い実験区の植物は旺盛に生育し、つる性のアサガオやヘチマは誘引用のワイヤーに沿って、茎を長く伸ばした。一方、塩濃度が高い実験区では、成長が著しく劣り、特に3.4%区では多くの個体が枯死した。

供試植物のうちの6種類について、図2と図3に、サンプリング時における各濃度区の植物体を示した（各区3～4個体のうちの標準的な1個体）。図2のマツバボタンは、0.5%濃度区でも0.0%、0.1%濃度区の植物体とほとんど変わらない生育量であり、3.4%でも葉の緑色を保ち、枯死していなかった。ケイトウは0.3%濃度区までは生育量の低下は認められず、0.5%濃度区以上で塩ストレスの影響が現れた（図2）。ヒマワリ（図3）は、0.1%濃度区から生育量がやや低下し、0.5%以上の濃度ではその傾向が顕著であった。茎が長く伸びるアサガオ、ヘチマについては（図3）、0.1%の低い塩濃度区から塩ストレスの影響が明瞭に認められた。

8月20日に、枯死した個体も含め、ポットから地上部をサンプリングし、新鮮重を計測した後、通風乾

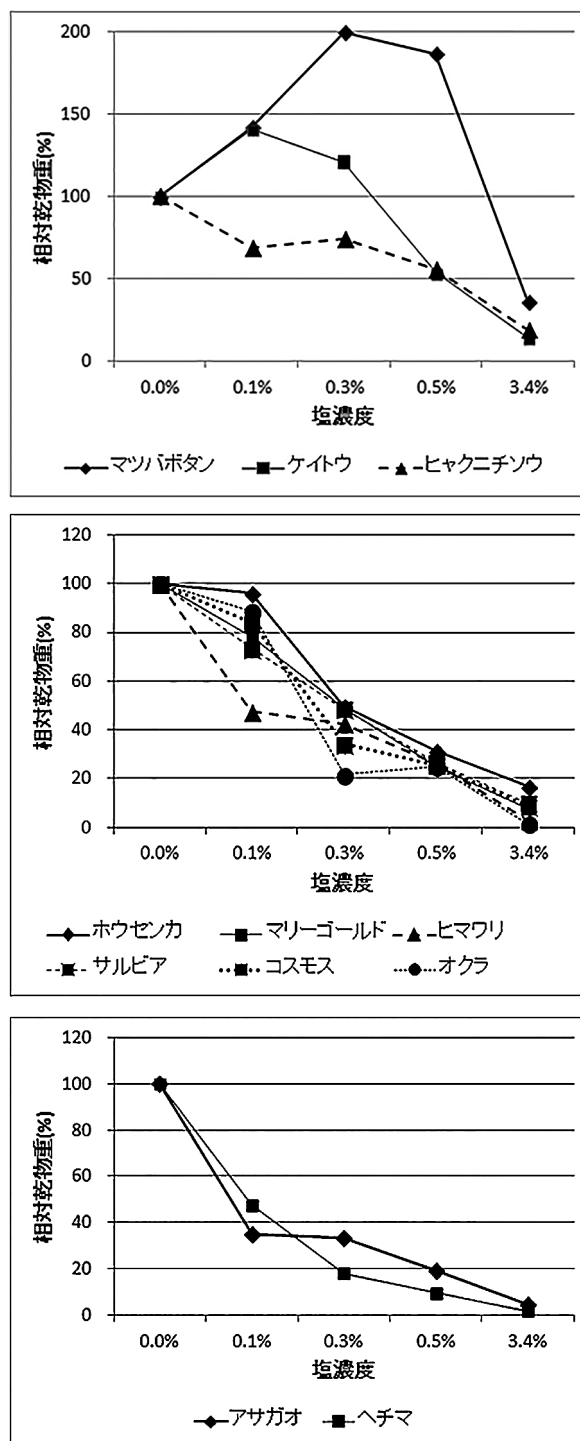


図4 塩濃度と相対乾物重との関係

(0.0%の乾物重を100として表示)

燥機で試料の水分を除いた。全ての植物を同じ条件で乾燥させたが、マツバボタンだけは植物体内の水分蒸発に時間がかかり、他の植物の2倍以上の時間を要した。

図4は、5段階の塩濃度区における11作物の相対乾物重を示したものである。それぞれの植物は体の大きさが異なり、乾物重の差も大きいため、全植物の比較を容易にするために、0.0%濃度区の1個体乾物重の平均値（3～4個体の平均）を100として換算した相対値でグラフを描いた。また、11作物を塩濃度と乾物重との関係により3つのグループに分類して示している。

図4・上図に示したマツバボタンは、0.0%区よりも塩水溶液（0.1%～0.5%）を灌水した区が高い乾物重となり、海水濃度を想定した3.4%区でも0.0%区の1/3程度の乾物重であった。同じ図のケイトウ、ヒャクニチソウも塩ストレスが加わった区における乾物重低下が小さかった。

図4・中図に示した6つの植物は似通った乾物重の変化を示し、0.1%区から影響が出始め、0.3%以上では塩濃度が高まるにつれ急激に乾物重が減少した。

図4・下図のアサガオとヘチマも塩濃度の上昇とともに乾物重が減少したが、中図の6植物と比べ、0.1%の低い塩濃度からその影響が顕著であった。

4. 考察

本研究では、小学校の代表的教材植物について、文献やWeb上の情報が少ない耐塩性程度の調査を行った。その結果、教材植物の耐塩性には大きな種間差が認められた。具体的には、耐塩性が強い植物として、マツバボタンが見出された。マツバボタンは生活科の教科書に登場する植物であるが、葉が厚く、サボテンなどと同じCAM型光合成機構を有しており、この特性が耐塩性強の特性と関係していると考えられる。その他、供試植物の中では、ケイトウとヒャクニチソウが、比較的耐塩性が強いことが認められた。一方、茎を長く伸ばすアサガオとヘチマについては、低い塩濃度でも生育低下が顕著であり、耐塩性は弱いと判断された。長い茎の上に個葉面積の大きな葉を多数広げており、蒸散量に見合う大量の吸水が必要であることが、根からの吸水を妨げる塩ストレスに弱いことと関連していると推察された。

津波被害の直後、土壌中の塩分を除くのにヒマワリ栽培が効率的である（いわゆるファイトレメディエー

ション）との話が広まったことがある。また、前出の内海菜央子さんの話では、津波発生の2週間後、まだ海水の残る地域にて、「復興のシンボル」としてヒマワリの種子を配布した団体がいたそうである。本実験の結果、ヒマワリは耐塩性の強い植物では無く、むしろ0.1%の低い塩濃度でも影響（生育低下）が出始める植物であることが示された（図4・中図）。通常とは異なる栽培条件を目の前にして、噂や思い込みを信用して植物栽培を試みることも少なくないと想像されるが、本実験を含む過去の研究成果をもとに、栽培学習のための植物教材選びをしていただきたいと思う。

前述したように、耐塩性評価実験では、植物の生育段階、気温などの気象条件、塩ストレスを与える期間などによって、結果が大きく異なる。本研究は、植物の生理的特性解明を目指したわけではなく、海水被害を受けた小学校への支援に有用な情報を得ることを目的とし、学校現場での植物栽培に近づけることを念頭に、2ヶ月の長期に亘り教材植物に塩水溶液を灌水する実験系を行った。葉からの蒸散量を介して耐塩性実験の結果に大きな影響を与える気温と日射量については、2012年の夏は著しい高温年・低温年ということではなかった。しかしながら、植物の環境ストレス実験は、気象条件により多少の影響を受けるのは常であり、今後も同様の実験を積み重ねる必要がある。

東日本大震災の津波被害を受けた小学校支援を目的に始めた本研究であったが、信頼できる結果を得るのに2年間を要し、直接の支援に繋げる活動はできなかった。日本は地震大国であり、今後も津波を伴う自然災害が発生する可能性が高いと指摘されている。2011年3月11日のような災害が起きないことを祈るとともに、もしもの時に備えて、小学校栽培教育への支援に役立つ研究を積み重ねていかねばならない。

引用文献

- 遠藤貴司・佐藤雅志・阿部知子・佐伯研一・佐藤浩子・酒井珠絵 2013 宮城県水稻奨励品種における塩害耐性の評価 日作東北支部報 56:39～40.
- 日本土壌肥料学会編 2000 塩集積土壌と農業 博友社 p149.
- 岡 正明・内海菜央子 2012 教材植物としてのアイス

プラントの生理的・形態的特徴に関する調査 日本産業技術教育学会第55回全国大会講演要旨集:166.
内海菜央子・岡 正明 2011 津波被害を受けた学校支援のための教材植物の耐塩性調査 第29回日本産業技術教育学会東北支部大会講演論文集:9-10.
山内益夫・前田吉広・長井武雄 1987 耐塩性の品種間差異とナトリウムの吸収・移行特性との関係(1) イネ 日本土壤肥科学雑誌 58(5):591-594.
<http://jssspn.jp/info/nuclear/post-23.html> 日本土壤肥料学会ホームページ 津波による農地の塩害WG (2014年1月30日最終閲覧)

<http://www.cropsociety.jp/earthquake/kondo.html> 日本作物学会ホームページ (2014年1月30日最終閲覧)
http://www.pref.saga.lg.jp/web/shigoto/_1075/_32933/ns-nousisetu/boujocenter/_10660/kisyougai/enngai/enngaiyasai.html 佐賀県庁ホームページ (2014年1月30日最終閲覧)

謝辞

本研究は、科学研究費補助金(基盤研究(C) No.24501088)および宮城教育大学学長裁量経費(2011年度)の支援を受け、遂行いたしました。