

塩分を含む土壌で栽培できるアイスプラントの教材化

岡 正明*・内海菜央子**

Characteristics of Ice Plant (*Mesembryanthemum crystallinum*) as Teaching Materials that can be cultivated on Soil Containing Salinity of Tsunami

Masaaki OKA, Naoko UTSUMI

要約：東日本大震災の津波被害で、多くの学校の花壇・圃場の土壌が塩分を含む状況となった。多量の塩分を含む土壌では、これまで小中学校の教材として用いられてきた多くの植物は栽培することができない。その中で、アイスプラントが耐塩性極強の植物として注目された。最近では独特な食感を持つ葉菜類としても市販されている。本研究では、アイスプラントの生理的・形態的特徴に関する基礎的な調査を行い、栽培教育における教材植物としての有用性を検証した。

キーワード：栽培教育、東日本大震災、津波被害、教材植物、耐塩性

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、校庭の土壌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。当時、塩分を含んだ土壌でも生育可能な植物についての問い合わせが私たちの研究室に複数寄せられた。

植物の耐塩性（土壌に含まれる、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、植物生理学や植物育種学・作物学・園芸学の分野で、多くの研究成果が報告されており、今回の津波被害以降はいくつかの農学系学会のWebページでも情報が発信されたほか、関連書籍・学術論文も注目された（たとえば、日本土壌肥料学会編「塩類集積土壌と農業」（2000）、イネの耐塩性については遠藤ら（2013）など報告多数）。私たちの研究室では、評価がほとんど行われていなかった草花を中心とする小学校教材植物の耐塩性評価を行い、教材植物の間には耐塩性の大きな違いがあること、マツバボタンの様に比較的耐塩性が高い植物もあるが、海水と同じ濃度の塩水をかけた場合には一般的な教材植物は生育できないことを示した（岡2014）。

その中で、耐塩性が非常に高い植物としてアイスプラントが注目されるようになった。「アイスプラントは、ツルナ科マツバギク属の植物で、学名は *Mesembryanthemum crystallinum* の一年生草木、英名は Common ice plant と言い、原産地は南アメリカのナミブ砂漠などの乾燥地域である」（社会開発研究センター2011）。図1に、本葉2枚が展開した苗と、生育の進んだ植物体の形状を示す。アイスプラントは、「ツブリナ」の商品名で販売されており、シャキシャキした特徴的な食感を有する。「ミネラルを含み、ストレスを加えるとイノシトール類、βカロテン、ビタミンKなどの機能性成分が高くなることがわかってきている」（社会開発研究センター2011）など、高い栄養価でも知られる。水耕栽培の栽培条件（光や培養液組成）を工夫することにより、食味や機能性成分の含量を増加させる研究も行われている（早川ら2011）。

本研究では、津波被害により学校花壇・圃場の土壌に塩分が多量に含まれた条件における、アイスプラントの栽培・教材化を想定し、アイスプラントの耐塩性、花器や葉の形態的特徴、低温下での生育状況、などを

* 教育学部技術教育講座, ** 元・教育学部技術教育専攻

調査するとともに、水耕栽培や栄養繁殖（さし芽）についても試行した。さらに土壌中の塩分と葉の食味の関係についても調べた。

2. アイスプラントの特徴評価

(1) 塩水処理による耐塩性評価（実験1）

アイスプラント（タキイ種苗㈱から種子を購入）、ケール（地中海沿岸原産のキャベツの原種に近い植物）、リーフレタス（品種：サマーグリーン）、つるなしインゲン（品種：さつきみどり2号）を供試した。2011年5月6日に各作物を播種し、5月27日に野菜栽培用培養土を入れた5つのプランター（72cm×40cm×深さ26cm、底に漏水防止のビニールを敷く）にそれぞれの作物を1個体ずつ定植した（1プランターに4作物各1個体）。以降、サンプリングした6月29日まで、各プランターに、5段階の塩NaCl濃度（3.4%：海水濃度を想定、0.5%、0.3%、0.1%、0.0%）の水を灌水した。

図2に、5段階の塩濃度の水を灌水したアイスプラント（図2上）とインゲン（図2下）の植物体を示す。インゲンは、0.3%区から塩水の影響が認められ、0.5%区では生育が極端に悪くなり、3.4%区では枯死した。一方、アイスプラントは0.5%区でも0.0%（塩を含まない水）と同様の生育を示し、3.4%でも生育可能であった。

図3に各塩濃度区における4作物の地上部相対乾物重（0.0%で生育した植物体乾物重を100とした場合の相対乾物重）を示す。4作物の中ではインゲンが最も塩水の影響が顕著に現れ、0.3%区の乾物重は0.0%区の半分であった。レタスは0.5%以上で乾物重が大きく減少し、一般的な作物の中では耐塩性が強いとされるケールも3.4%区では生育できなかった。それに対し、アイスプラントは0.1～0.5%区の乾物重が0.0%区とほぼ同程度であり、海水濃度の3.4%でも乾物重が半分に減少したものの、他の3作物と比較し、明らかに耐塩性が高いことが示された。

(2) 塩水処理による耐塩性評価（実験2）

2011年5月27日に、パーミキュライトを入れたプランター4個（52cm×35cm×深さ26cm）にアイス



図1 アイスプラントの苗

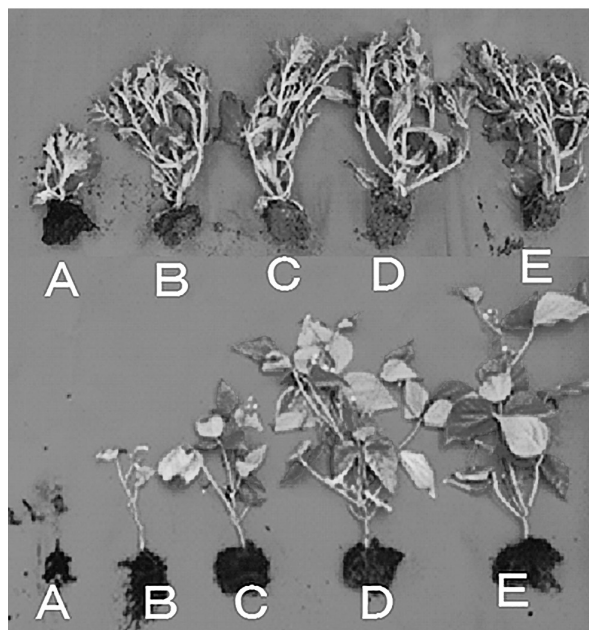


図2 塩水を灌水したアイスプラント（上）とインゲン（下）
塩濃度 A：3.4% B：0.5% C：0.3% D：0.1% E：0.0%

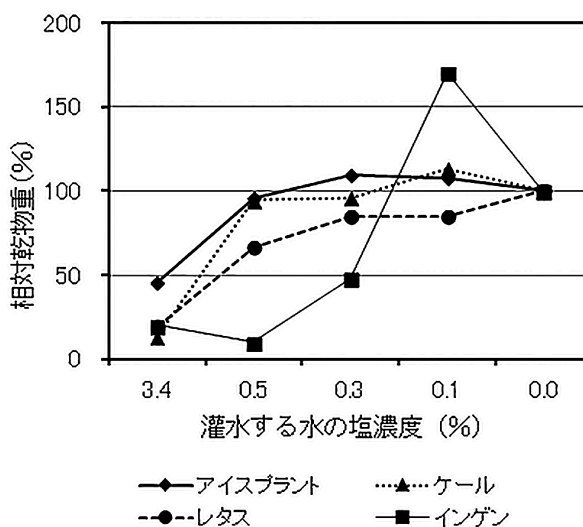


図3 塩水を灌水した4作物の地上部相対乾物重
（0.0%塩濃度の乾物重を100%とした相対値）

プラント苗を3個体ずつ定植し、2つのプランターには塩濃度3.4%、他の2つには塩分を含まない水を灌水し、約1ヶ月間観察を続けた。実験1と同様、プランターの底には漏水防止のビニールを敷いた。パーミキュライトは鉱物が原料であり（ひる石を加熱・破碎したもの）、塩水灌水前の土壌が含有している塩分の影響を除去できること、また土壌吸着による与えた塩分効果を抑制する影響が出ないこと、から、実験材料として供試した。

6月25日にプランターから植物体を抜き取り、地上部新鮮重を計測したところ、3.4%区6個体の平均が102.4g、0.0%区6個体の平均が82.4gと、塩水を灌水した区の方が高い平均値を示した。個体によるばらつきが大きかったため、統計的には有意な差ではなかったが、塩水を与えた区の方がやや生育が良好であったといえる。

両試験区で特徴的であったのは、アイスプラントの葉の形状と、吸水量の違いであった。

塩水を灌水した区のアイスプラントは、葉の裏に白い小さな粒状の構造が認められた（図4）。塩の含まれていない試験区の葉では確認されないこの構造は、プラッター細胞と呼ばれるものであり、植物体内に侵入した塩類を隔離するための役割を持っている。

また、塩水灌水区では、処理開始約2週間後から、吸水量が低下する現象が発生した。実験開始当初は、3.4%・0.0%区ともに土壌表面が乾き始めたのを確認して灌水を行っており、両区の灌水量はほぼ等量であった。しかし、約2週間後から3.4%区の土壌が乾きにくくなり、0.0%のプランターと比べ、必要な

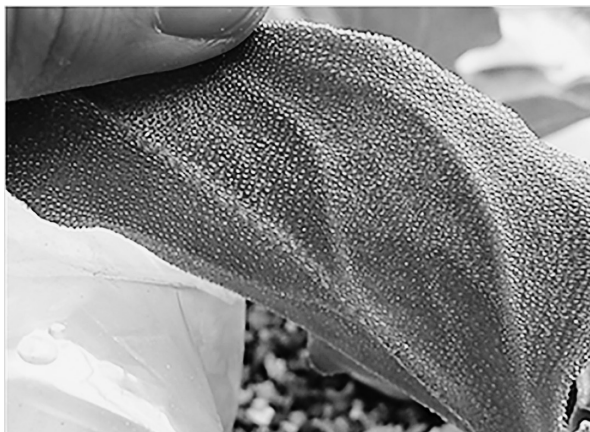


図4 葉裏面のプラッター細胞

灌水量が明らかに低下した。アイスプラントは通常はC₃型光合成を行っているが、土壌塩濃度が高まるとCAM型光合成になることが知られており、吸水量減少はこの特性に関係すると考えられた。

(3) 水耕栽培の試行

小中学校で栽培体験学習を行う際、各学校で使用可能な施設を活用して、教材植物を育てる。花壇や畑に限られる学校では、プランターやペットボトルなどの小型容器、また水耕装置などを用いて、植物栽培が行われている。本実験では、市販の家庭用水耕装置（ホームハイポニカ303型）を用いて、アイスプラントの水耕栽培を試行した。

本葉6枚程度の小さな苗2個体を、水耕装置に植え付けた。苗の設置台（苗の地上部を固定し、根を培養液中に浸す器具）を用いて、約60cmの距離をあけて2個体を配置した。培養液は、水耕専用液肥であるハイポニカA液・B液の500倍希釈水溶液とした。

水耕装置に植え付け後、アイスプラント苗は旺盛に分枝・生育し、幅50cm程度の大きな植物体になった（図5左）。また、根の伸長も旺盛であり、培養液中に伸びた大量の白い根が観察された（図5右）。実験回数は限られるが、プランター栽培と比較して、水耕栽培の方が良好な生育であった。



図5 水耕栽培したアイスプラントの地上部（左）と根部（右）

(4) 花器の特徴と開花習性

アイスプラントの花を、図6に示す。花卉の細い特徴的な形状である。昼間は開花しているが、夜になると花卉が閉じる。開花行動を連続して撮影した長期微速度撮影の映像から、昼に開花・夜に閉じる運動は、開花開始から1週間以上継続するようである。

開花後、直径5mm程度の球形の果実を形成し、果

実が完熟・乾燥した後に収穫すると、種子を得ることができた（図7）。

アイスプラントのような葉・茎を食す作物は、収穫までの期間、花を咲かせないように管理しなければならない。一般的な作物は、日長条件（短日植物・長日植物など）や温度条件（バーナリゼーションなど）の環境要因が花芽形成の時期を決定するが、アイスプラントについて調査したところ、花芽形成時期に関する環境条件を明記した論文は見つからなかった。私自身の経験から、またアイスプラント栽培を行っている他の研究者の聞き取りから判断すると、播種した個体が旺盛な生育を続けた場合、播種後100日程度経過した後に開花が開始されると思われる。気温などの環境条件や個体の生育状態の良否にも関係すると考えられるが、花芽形成開始は、主として基本栄養生長期間によって決定される可能性がある。



図6 アイスプラントの花



図7 アイスプラントの果実と種子

開花時期になると、個体のわき芽の先端につぼみが形成され、同時に多くの花が開花する（図8）。その後、しばらくの間は前述した開花・閉花を繰り返し、やがて球状の果実を付ける。果実の成熟とともに、植物体全体の葉や茎が褐変し、種子の形成とともにその個体は完全に枯死する（図9）。開花するまで生育させた3個体が全て同じ経緯を辿ったことから、開花・果実の成熟と個体の枯死は一連の生育パターンであると考えられる。

（5）栄養繁殖（さし芽）の試行

小中学校理科や中学校技術科では、栄養繁殖（無性生殖による増殖）を学習する。技術科生物育成分野の教科書では、秋ギクを題材として、さし芽の手法を体験する。アイスプラントでもさし芽が可能か否かを検証する実験を行った。

良好に生育したアイスプラントの苗では、本葉8枚



図8 個体内の一斉開花

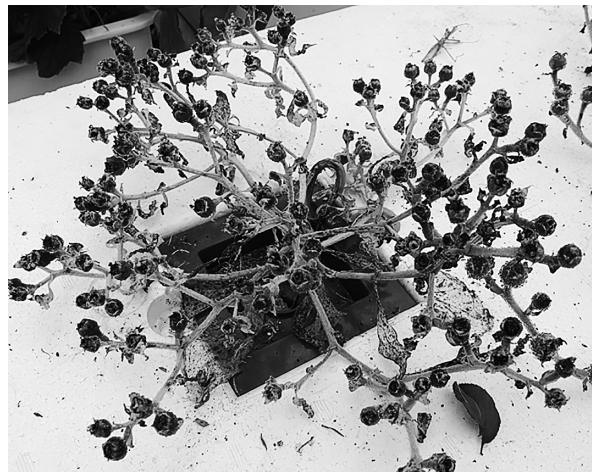


図9 開花・結実後の枯死



図 10 アイスプラントさし穂の発根

程度になるとわき芽が伸長し始めるので、そのわき芽を長さ 10cm 程度で切り取り、さし穂とした。パーミキュライトを入れた小型プランターに、20 本程度のさし穂を植え付けた。さし芽操作が容易な秋ギクの場合、2～3 週間で半分以上のさし穂が発根する。今回の実験では、3 週間では発根がなく、約 1 ヶ月経過後に 10% 程度のさし穂が発根した（図 9）。

アイスプラントの種子は小さく、初期生育が遅いため、播種から収穫できる状態の植物体になるまでに、長い時間を要す。効率的なさし芽の方法が確立すれば、作物栽培の意味から有用な栽培法となるであろうし、学校教育の教材としても栄養繁殖の植物として用いることができる。本実験では、アイスプラントのさし芽が可能であることを実証することができた。今後は、さし穂の発根割合を向上させるための、さし穂の採取条件、苗床の用土、作業に適する気象条件、などを検討する必要がある。

(6) 低温条件下での生育

東北地方の小中学校での教材化を想定した場合、低温でも生育できる植物であれば、秋からの授業でも栽培体験が可能となる。本研究では年間を通してアイスプラントの播種・栽培を行ってきた。夜間 0℃ 程度となる冬期の無加温温室にポット苗を置いたところ、生育速度は緩慢となったが、葉は緑色を保ち、枯死せずに生育を続けた。アイスプラントは、ある程度の低温でも生育可能であることが認められた。

(7) 葉の食味官能試験

野菜育苗用培養土（スーパーミックス A）を入れたビニールポットに、アイスプラント苗を定植し、定植後 10 日間は通常の灌水を行った。12 個のポットを 6

個ずつの処理区に分け、10 日後から、一方の区には塩水（3.4% 塩濃度）を、もう一方には塩分を含まない水を灌水した。処理開始 1 週間後に、各処理区の個体から十分に展開した葉をサンプリングし、食味官能試験に供した。学部 3 年・4 年の学生 5 名に参加してもらった。

処理期間が 1 週間であったので、植物体の大きさ・色に明確な違いは認められず、食味試験用の葉も肉眼では差がなかった。2 処理区の食味の違いを官能評価した結果、テスター 5 名とも塩水を灌水した区の葉の方が、“塩辛さ”を強く感じるとの結果となった。また、塩分を含まない水を灌水した個体の葉についても、全員が僅かな“塩辛さ”を感じ取っていた。今回の試験に供した培養土（スーパーミックス A）は、植物苗の初期生育に必要な栄養素を十分に含んでおり、アイスプラント個体が土壌中の低濃度の塩類を積極的に吸収し、体内に蓄積した結果、通常灌水の個体の葉でも塩味を感じる結果になったと推察された。

3. 考察

本研究により、アイスプラントは耐塩性が非常に高いことが確認できた。一般的な教材植物と比較しても、またこれまで耐塩性が高いとされてきたケールと比較しても、耐塩性の高さは明らかであり、津波被害地域の学校花壇・圃場でも土壌改良することなく栽培可能であることが確認できた。葉や茎を食べた際の、シャキシャキとした独特の食感と、塩水を灌水した場合の適度な塩味で、生徒が好む食味であろうと思われる。また、水耕栽培が容易なこと、さし芽も可能であること、低温下でも生育できることなど、教材植物としての利点も有している。さらに、アイスプラントは、土壌環境（塩分濃度）への植物の反応（プラッター細胞への塩類の輸送と体内からの排除）を理解するための植物教材としても優れている。

一方、津波被害直後に、土壌中の塩類を吸収させ除去するためのファイトレメディエーションのための植物候補として、アイスプラントが挙げられたことがあった。植物体重量あたりの塩分吸収効率は高いと思われるアイスプラントであるが、大型植物と比較すると植物体自体が小さく、土壌塩類除去のための植物と

しては利用が難しいであろう。実験（２）で認められた塩水灌水後の植物体の変化（吸水量が減り，生育速度がやや緩慢になる）も，塩類除去の効率低下の一因となる。

東日本大震災の津波被害を受けた小中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時間を要し，直接の支援に繋げる活動はできなかった。その間，津波被害に遭った学校の統廃合が計画され，校舎を維持する学校では客土などの土壌改良が進んだ。アイズプラントは，津波被害地域の小中学校にいち早く緑を取り戻すための植物として，また塩類と植物の関係を理解するための教材として，有用である。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，小中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体制の評価 日作東北支部報 56:39-40.
- 早川 真・岡本陽介・辻 昭久・山本将嗣 2011 ツブリナ（アイズプラント）のコンテナ式植物栽培の量産技術 日本生物環境工学会 2011 年札幌大会講演要旨集：242-243.
- 日本土壌肥料学会編 2000 塩集積土壌と農業 博友社.
- 岡 正明 2014 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 宮城教育大学教育復興支援センター紀要 2：31-36.
- 社会開発研究センター編 2011 図解よくわかる農業技術イノベーション pp64-67.

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。