

## 陸域・海域生態系の保全に関する科学的アプローチ



実施担当者 東京都立科学技術高等学校  
教諭 巻木 大輔

### 1 はじめに

本校は課題研究の授業や部活動等で理科系の探究活動が活発であり、様々な社会課題や科学技術に興味・関心を持っている生徒が多い。一方で、気候変動等の世界規模の課題を自分事として捉えられていなかったり、自らの研究の位置づけが明確でない生徒も多々見受けられる。しかし研究を進めていく中で、例えばアジアのマングローブ林の減少の原因は主にエビの養殖地のための開墾であり、そのエビはほとんどが日本へ輸出されていることなどを知ると、世界の抱える課題と自分の研究課題との間に関連を見出し、次第に自分の研究課題(=世界の課題)を自分事として捉えることができるようになる。

これからの社会を担っていく世代に、目の前の問題を越えた視野を持ち、自分事としてより大きな課題を捉えようとする態度を育むことが、持続可能な社会を形成していくうえでも、またこれからの社会で生徒自身が自らの生き方を模索していく上でも重要な事であると考えている。

今回は活動資金の助成をいただいた、以下の2つの研究テーマについて報告する。

- i) マングローブ樹種の組織培養による苗の大量生産技術を確立するための基礎的研究
- ii) 生物由来のポリマーを用いた土壌保水性改良資材の可能性の検討

これらの技術への知見が深まることで、陸域・海域生態系の保全への取組の一つとして位置づけることができると期待される。

### 2 マングローブ樹種の組織培養による苗の大量生産技術を確立するための基礎的研究

#### 2-1 動機及び目的

近年、二酸化炭素吸収源としての河口の植物バイオマスが注目されており、マングローブ林の炭素を蓄える働きが見直されてきている<sup>(1)</sup>。しかし、世界のマングローブ林の面積は年々減少しており、とくにアジアでの減少量が多い。国立環境研究所によると、東南アジアのマングローブ林が激減した最大の要因は、エビ養殖池への転換である<sup>(2)</sup>。現在、世界で消費されているエビの大部分が東南アジアのマングローブ域で生産されており、20~30年の間にタイでは半分近い面積のマングローブ林がエビの養殖池に姿を変えた。養殖池で生産されたエビは世界中へ輸出されており、このエビの消費国第1位は他でもない日本である。

マングローブ林の減少に対して、干潟にマングローブを植林する活動が環境保護団体等によって活発に行われており、本校でもボルネオ島でのフィールドワークの際にマングローブの植林活動を行ってきた。植林に使われる苗木は現地で採取され栽培されたものが使われるが、台風などの自然災害など

によって苗が流されてしまったりすることもある。そこで私たちは、組織培養の技術を使って効率よく苗を増やす手法を開発することで、マングローブ林の減少という問題に私たちなりに貢献できるのではないかと考えた。カルスを形成させるための培地の適切な植物ホルモンや栄養の量などは目的とする植物によって異なる。技術開発が進んでいる植物では完全なクローンの作成が可能となってきたが、まだ組織培養によってクローンを作成することができていないものも多い。マングローブのカルス誘導に関する報告はあるが、組織培養を用いた大量増殖の方法は未だ確立されていない。そこで、マングローブの組織培養法を確立すべく研究に取り組むことにした。

これまで本校において、マングローブの組織培養に最適な殺菌条件、培地への植物ホルモンの添加量を検討してきたが、マングローブの場合は一般的な植物培養の条件でのカルスの形成率や生存率が非常に低いことがわかった。根本的な培地条件が適切でない可能性が考えられたため、培地に用いる炭素源の違いによるカルス形成への影響を調べることにした。

南沢ら(1973)は桑のカルス培養における糖の種類と濃度の影響について調べ、スクロース、グルコース、フラクトース、ガラクトースを用いて実験を行い、スクロースを炭素源として用いた場合が最もカルスの増殖が顕著だったと報告している<sup>(3)</sup>。従来、植物の組織培養ではスクロースが炭素源として用いられてきているが、培養する植物の部位によって、最適な糖の種類や濃度が異なることが示唆されている<sup>(4)</sup>。

二糖のトレハロースは昆虫などが利用していることで知られていた糖であるが、最近になって高等植物にも極微量含まれていることがわかってきており、乾燥ストレスに対応するためのシグナル物質として使われている可能性が示唆されている<sup>(5)</sup>。

組織培養に用いられる組織片は本来の植物体から切り離され、強い乾燥ストレスにさらされていると考えられる。そのため、培地にトレハロースを添加することでストレスへの対応力が高まり、カルスの形成率、生存率が増すことが考えられる。そこで本研究では、ドラゴンフルーツ種子を用いて、トレハロースを培地に添加することによるカルスの生存率への影響を調べることにした。

## 2-2 結果と考察

まず、トレハロースのみを炭素源として添加した培地ではカルスの形成はほとんど見られなかったため、単純な炭素源としては不適切であることが考えられた。

次に、培地にスクロースのみを添加した場合と、さらにトレハロースを混合した場合とでカルス形成率の推移を比較したところ、スクロースのみの培地では初期のカルス形成率は良好だが、植付70日後には大幅に減少するのに対し、トレハロース添加濃度が大きくなるほど長期間培養後のカルス形成率の減少が抑えられていることがわかった。これにより、培地へのトレハロース添加によって長期培養時のカルスの枯死を抑制できることが示唆された(図1)。

また、各培地でのカルスサイズを5段階で評価し、その分布を比較したところ、トレハロースの添加量が増すほどカルスサイズが小さくなる傾向があることがわかった(図2)。このことから、トレハロースがカルスの生育を抑制している可能性があることが示唆された。

トレハロースを培地に添加することで、トレニア培養植物の培養期間を延長できることが知られている<sup>(6)</sup>。マングローブはカルスの増殖速度が遅く、枯死率も極めて高い<sup>(7)</sup>。従来のスクロース培地にトレハロースを添加することで、植物体の

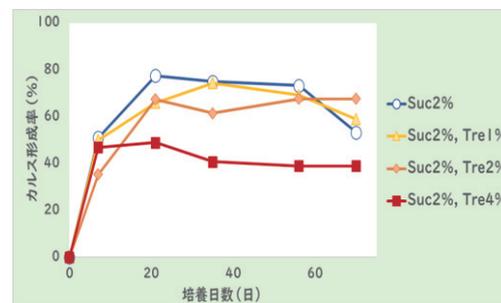


図1 スクロース、トレハロース混合培地

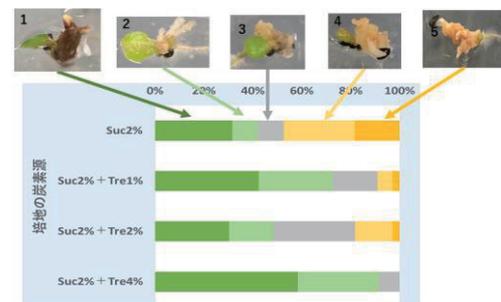


図2 スクロース、トレハロース混合培地におけるカルスサイズの比較

枯死を防ぎ、カサの増殖が遅いマングローブにおいてカサ形成率の向上につながる可能性がある。

### 3 生物由来のポリマーを用いた土壌保水性改良資材の可能性の検討

#### 3-1 動機及び目的

昨今、地球規模の気候変動や過放牧を主な原因とする土地の劣化が世界各地で問題となっている。土地の劣化を防ぐ具体的な方法として植林がある。例えば、2007年からアフリカ連合(AU)がサハラ砂漠の拡大を防ぐため約一億ヘクタールの乾燥地に植林をするプロジェクトが行われている。また国内では、2000年に三宅島で大噴火が起き、その影響で失われた森林を再生させるために毎年NPO等による植林が行われている。このような劣化した土地では、植林時に高吸水性ポリマー(SAP)を土壌に添加し、苗木の活着率や初期成育、土壌の保水性や排水性を改善することが試みられており、一定の効果をあげている。

しかし、植林に使用されるSAPは主に化石燃料が由来の非生分解性の合成系ポリマーであり、環境中で分解されずに残留し、新たな環境問題になる可能性がある。持続可能な取り組みとしていくためには生分解性資材への転換が好ましいと考えられるが、生分解性SAPに関する知見は多くない。また、塩類存在下では合成系SAPの吸水能が著しく低下するという技術的な課題もある<sup>(8)</sup>。そこで私たちは生分解性SAPの土壌改良資材としての有効性について明らかにするために、生分解性SAPの基本的な物性について調査し、生育実験によってその有効性を検討した。

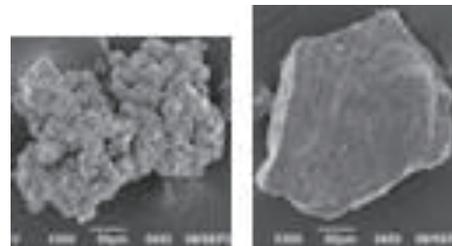


図3 合成系SAP(左)と生分解性SAP(右)の電子顕微鏡写真

#### 3-2 結果と考察

本研究では合成系SAPとしてポリアクリル酸ナトリウムを、生分解性SAPとして柑橘類の食物残渣由来の吸水性ポリマーを用いた。実験に用いたSAPの電子顕微鏡写真を図3に示した。

川砂にそれぞれのSAPを添加した際の圃場用水量を測定し、SAP添加が土壌の保水性に与える影響について定量化し比較した<sup>(9)</sup>。その結果、本研究で用いた生分解性SAPは合成系SAPの1/2~2/3程度の保水性を示すことが分かった(図4)。

また、塩類存在下での吸水量について合成系SAPと生分解性SAPとで比較したところ、合成系SAPが2価の陽イオンによりほぼ給水能力を失ったのに対し、生分解性SAPでは塩類の影響を比較的受けにくいことがわかった。これは今回用いた生分解性SAPが柑橘由来の資材から合成されているため、ペクチン由来の成分が多量に含まれており、2価の陽イオンによって架橋が形成され、ゲル化により水分をより強固に内部に保持する力が働いたのではないかと考えられる。

さらにキャベツを用いた生育実験を行った。その結果、生分解性SAPを添加した実験区でのみ生育の異常が見られた(図6)。

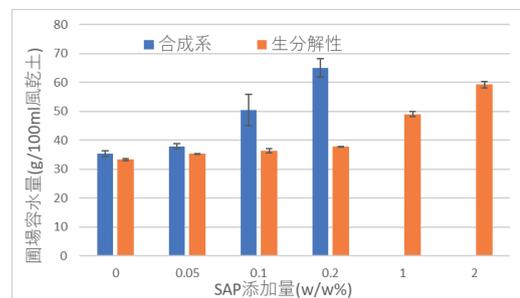


図4 合成系SAPおよび生分解性SAPの川砂への添加量と圃場用水量

以上より生分解性 SAP は植物の生育に悪影響を及ぼすことが考えられたため、吸水させた合成系 SAP、生分解性 SAP 上にキャベツ種子を播種し発芽率を求めることにより、発芽への影響を調べた。その結果、合成系 SAP ではほぼ 100%の発芽率だったのに対し、生分解性 SAP では1つも発芽しなかった。このことから、生分解性 SAP に吸水された水分は種子が利用できていないか、あるいは生分解性 SAP に含まれるなんらかの化学物質により発芽が抑制された可能性が示唆された。このことは新たな課題を投げかけているように思える。つまり、生分解性といえば環境にやさしいというイメージがあるが、実はその分解物や含有している化学物質には植物や生き物の生育を阻害する可能性があるということである。この問題意識はあまりまだ広く社会に知られていないのではないかとと思われる。

#### 4 まとめ

研究活動を通して世界規模の環境問題に対する生徒の関心を高めることができ、その結果としてこの研究に携わった生徒は全員が農学部への進学を希望・決定している。

これらの研究成果は、第 46 回全国高等学校総合文化祭全国大会において東京都代表に選出、首都圏オープン TSEF2022 において「奨励賞」、第 134 回日本森林学会大会高校生発表の部において「特別賞」を受賞した。

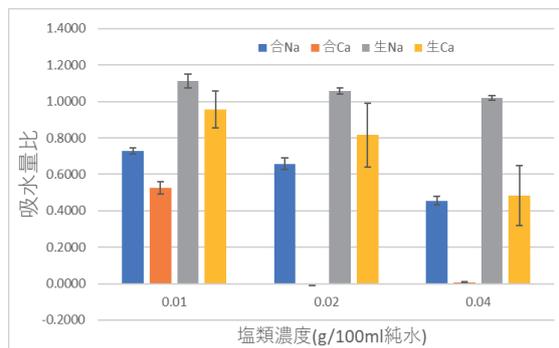


図5 塩類存在下での合成系 SAP および生分解性 SAP の吸水量

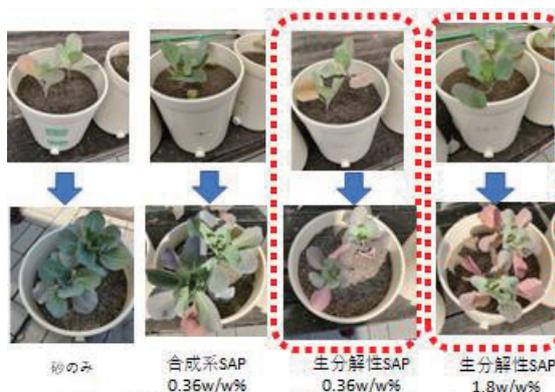


図6 SAP を添加した川砂でのキャベツの生育実験。植え付け直後(上)と34日後(下)の植物

#### 謝辞

公益財団法人中谷医工計測技術振興財団の助成により、本校の教育活動に貴重な資金援助をいただきましたことを心から感謝申し上げます。この助成金により、生徒たちを学校外の研究施設へ連れていくことができ、研究テーマについて自分事として捉えるきっかけとなったと感じております。また、研究者と直接交流することで、現場の雰囲気や乾燥地研究というものについて理解を深めることができました。このような体験を通じて、生徒たちが科学技術への関心を高め、将来の進路選択にもつながることを期待しています。

#### 参考文献

- (1)UNEP, Blue Carbon: The role of healthy oceans in binding carbon,(2009)
- (2)井上智美 国立環境研究所 マングローブと環境問題 26,4 (2007)
- (3)南沢吉三郎、平野久 日蚕雑 43(1) 51~57 (1973)
- (4)中村順行 静岡茶試研報 15:1-5 (1990)
- (5)今井亮三、他 応用糖質化学 第1巻 第2号 147 - 152 (2011)
- (6)Yamaguchi, et al. Plant Biotechnology 28, 263-266 (2011)
- (7) 馬場繁幸、鬼塚隆一 南方資源利用技術研究会 研究発表会・特別講演会(9):3-3 (1992-11-28)
- (8)高橋正通ら.林業・緑化分野における高吸水性高分子樹脂の利用.日林誌.100: 229-236
- (9)浅野陽樹ら.土壌物理性の簡易評価法および排水の異なる培土の調整法の開発.日本産業技術教育学会誌.第39巻.第3号.229-235

以上