

## 被災地に緑を！

～私達の田舎「地元・富士宮」の製紙廃棄物を活用した「究極のエコ資材」

静岡県立富岳館高等学校  
総合学科 キノコ研究班

3年 杉山 絵里香（スギヤマ エリカ）

堀口 朋香（ホリグチ トモカ）

深澤 志統（フカサワ ユキノリ）

2年 酒井 唯奈（サカイ ユイナ）

伊東 俊輔（イトウ シュンスケ）

大石 大輝（オオイシ ダイキ）

児玉 正吾（コダマ ショウゴ）

成島 和奈（ナルシマ カズナ）

1年 清水 大世（シミズ タイセイ）

電話番号：0544-27-3205

## 【はじめに】

平成23年3月11日、東日本大震災が発生した。東北地方沿岸には津波が到達し、沿岸全域は壊滅的な惨状となった(第1図)。現在、宮城県鳴瀬川周辺の堤防では法面緑化が行われているが、堤防で見られる「塩・乾燥ストレス」が法面のシバの生育を抑制、整備の課題となっている。また、沿岸の水田地帯では塩害により、イネの減収が見られる。私達は富士山麓の朝霧高原の牧草地でフェアリーリング(シバが輪状に周囲より色濃くなり、繁茂する。その後、キノコ(シバフタケ、コムラサキシメジ等が発生)を確認した。定説ではシバの病気が原因とされていたが、近年「キノコが特異的な植物成長調節物質(AHX(2-Azahypoxanthine、アザヒポキサンチン))を生産し、その影響でシバが繁茂、その物質は一部の植物に特定の環境ストレス耐性を与える」ことが発表された(静岡大学農学部・河岸洋和 教授)。私達はその物質が植物(シバ・イネ)に塩・乾燥ストレスに強い効果を与えることができるのであれば「宮城県鳴瀬川の堤防の法面緑化」、「塩害水田の回復」を実現できると考えた。

## 【方法・結果・考察】

私達は朝霧高原でサンプリングした「シバフタケ(フェアリーリングを引き起こすキノコ)」から得たAHX、AHXの代謝産物「AOH(2-aza-8-oxohypoxanthine)」「ICA(imidazole-4-carboxamide)」:フェアリーリングのリング上のシバを枯らす物質(その後キノコが発生)」の存在を知るとともに、朝霧高原で採取したシバフタケから「AOH」の抽出に挑戦・成功した(第2・3図)。さらに、塩・乾燥ストレス下での植物への影響を検証した。

### 1 塩ストレス条件下におけるシバの成長 (平成 26・27 年度)

私達は塩ストレス条件下におけるシバの成長を観察した(5処理区の培地:無処理区、NaCl:25mM 区、NaCl:50mM 区、NaCl:100mM 区、NaCl:200mM 区)。その結果、塩分濃度が高まる程、成長が抑制されることを確認した(特に、海水の塩分濃度に近い NaCl:100mM 区、塩類集積に近い NaCl:200mM 区で成長が悪い、第4図)。

### 2 塩ストレス条件下における植物成長調節物質の影響 (シバ・イネ、平成 26・27 年度)

塩ストレス下でのシバの成長を検証した(4処理区の培地:無処理区、AHX 区、AOH 区、ICA 区、100mMNaCl 条件下で 6 週間培養)。その結果、無処理区は塩ストレスの影響を受け成長が抑制されたのに対し植物成長調節物質を与えた区では AOH 区・AHX 区・ICA 区の順に塩ストレスの影響を受けずにシバが成長、低濃度の ICA も一定の成長効果があった(第5・6図)。イネについて塩ストレス下(100mMNaCl)で3週間、生育させたところ、AOH 区は苗が最も生育(AHX 区・ICA 区:一定の成長効果)、塩害水田への導入の可能性を見出した(4処理区の培地:無処理区、AHX 区、AOH 区、ICA 区、第7図)。

### 3 乾燥ストレス条件下における植物成長調節物質の影響 (シバ・イネ、平成 26・27 年度)

乾燥ストレス条件下におけるシバの成長を検証した(4 処理区の培養土:無処理区、AHX 区、AOH 区、ICA 区、乾燥条件(少量の灌水(10mL/週)を段階的に与える)で 6 週間培養)。その結果、無処理区は乾燥ストレスの影響を受け成長が抑制されたのに対し植物成長調節物質を与えた区(AOH 区・AHX 区の順に成長、ICA 区も一定の成長効果)ではストレスの影響を受けずにシバが成長した(第8図)。特に AOH は AHX の植物体内の代謝産物そのものであるため、植物への影響が効果的に現れたと考えられる(第9図)。

### 4 私達のアイデア「AOH チップ」の開発 (平成 27・28 年度)

私達の田舎「地元・富士宮」は「製紙業の町」である。私達は製紙業の廃棄物を活用した土山麓は製紙業の町、私達は AOH を含む媒体を製紙の廃材「炭化ペーパースラッジ」とした。私達は AHX チップに加え、成長効果が高い AOH チップ(1粒あたりの大きさ:1cm、質量:1g、炭化ペーパースラッジに AOH を混合)を考案・開発した。製造は炭化ペーパースラッジ(900°Cで焼成→安全性確認・重金属類基準以下に分解)に 0.1mM の AOH 水溶液を浸漬し(炭化ペーパースラッジ:AOH 水溶液=5:4)、その後、乾燥処理する。AOX チップの機能性を考えた。チップ 1g の AOH 供給量は 20 μg(すり潰した AOH チップからの AOH の抽出量を測定)、保水性(チップの空隙率 86%)を示す。したがって、AOH チップは AOH を徐々に放出する「先進性に富んだエコ資材」として安定したシバの成長を可能にすることを認めた(AOH チップの土壤への混合割合:10% が最適であることを検証、すり潰した AOH チップと固形の AOH チップからの AOH の抽出量の測定値の差から判断、第10図)。

## 5 宮城県鳴瀬川の河口の堤防・護岸の法面緑化（平成 26・27・28 年度）

平成 27 年 6 月から平成 28 年 7 月にかけ、国土交通省やシバ生産者、県外の高校生に働きかけ、鳴瀬川の堤防の法面緑化にAOHチップを導入することにした。授業（「農業と環境」）の中で、生態系に配慮した緑化活動・地域貢献が重要であることを知った。私達は宮城県の自生ノシバ（宮城県の金華山のシバ（金華シバ））を活用し、緑化活動を行うことにした。具体的には、自生ノシバ（宮城県・無人島「金華山」訪問）の種を採取し、生育・養生・植え付け苗とした。AOHチップを導入した結果、AOHチップによる成長効果（シバの被覆向上率（2週間：無処理区 4.1%、AOHチップ区 14.3%））を確認した（第 11・12 図）。

平成27年11月には、より塩分濃度が高い津波堆積土でのAOHチップの効果を新たに模索することにした。現地の試験区に塩化マグネシウムおよび海水を散布し、土壤塩類化を行うとともに土壤調査を行った（MgCl<sub>2</sub>散布の条件：顆粒状MgCl<sub>2</sub>、25kg 袋×5 袋散布 ／ 法長12m×幅15m（幅19.2m の内）、海水散布：海水20L ／ 法長12m、幅5m、（幅19.2m の内）、土の深さ10cm まで浸透、分析項目：含水比 pH（乾土：水=1:2.5）、EC（乾土：水=1:5）、水抽出のNa、Ca、Mg、CL（EC 測定時の水））。

現在、成長効果を観察しており、平成28年7月にその効果を確認・測定した（順調に生育）。

## 6 宮城県女川町山道の法面緑化（平成 27・28 年度）

平成 27 年 11 月、津波被害で大きな被害を受けた宮城県女川町の林道の法面緑化を行い、AOHチップによる緑化技術の実証試験（乾燥ストレス）を実施した（第 13 図）。具体的には切土で岩が露出し、表土がない条件での緑化を行った。鹿による食害がひどいため、乾燥ストレスの影響を軽減し、早期に苗を生育させる必要がある（金網などのネットを張る物理的な対策で効果はあるが、その持続性に課題あり）。また、ノシバは日陰で被圧されて枯れてしまうが、食害を受けて緑化植物が衰退する条件では、ノシバが生き残る可能性が高い。苗の植え付け時にAOHチップを施し、竹串で固定した（竹串を突き出しておくと鹿が嫌う、ピンを打ち込んで斜面に固定し鹿の引きちぎりや踏みつけにも耐えさせる）。サンプルは、対照区（コントロール）、金華山ノシバ区 2 セット/m<sup>2</sup>（苗数 12 個）、金華山ノシバ区 2 セット/m<sup>2</sup>+AOHチップ（苗数 12 個）、金華山ノシバ区 4 セット/m<sup>2</sup>（苗数 26 個）とした。現在、成長効果を観察しており、平成 28 年 7 月にその効果を検証した（順調に生育）。

## 7 青森県種差海岸の緑化活動（平成 27・28 年度）

平成27年7月、宮城県の緑化活動が原点となり、青森県の自生ノシバの種採り（生物多様性の学びを生かした研究）を行った（第14図）。現地の種子から苗を生産すれば、外来種の混入やノシバ以外の種子混入を避けられることに留意した（種採方法：種子をつけた穂が10cm程度の長さで穂を摘みとる。穂を1 本ずつしごいて種子を選抜する。標高が高い方から低いところ、海岸から内陸に向かって採種しバラエティに富んだ種子を確保した。）

平成27年11月、採取した種子からポット苗（3か月）を作り、種差海岸の緑化（環境省や八戸市、種差観光協会、京都府立桂高校と協力、対象地：環境省種差海岸インフォメーションセンターの法面（約700m<sup>2</sup>）・種差海岸芝地（約70m<sup>2</sup>））にAOHチップを活用した。積雪がなくなる平成28年度にすべてを施工する。

## 8 東北地方の塩害水田へのチップ活用に向けた栽培レベルでの初検討（平成 27 年度）

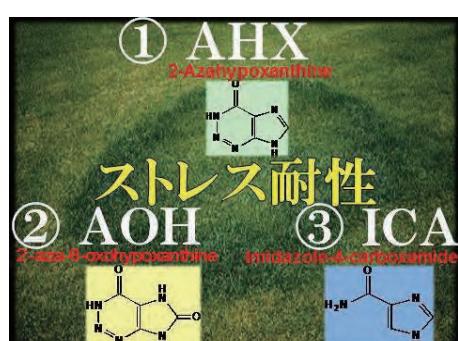
平成 27 年 6 月から平成 27 年 11 月にかけ、稲作（塩害条件）について、新たにワグネルポットを活用し、栽培レベルでの検証を初めて行い、環境保全機能の確保に努めた（「農業と環境」）。その結果、チップを施すことでイネの収量が回復し、塩害水田への導入の可能性を見出した。



第1図:津波を受けた被災地



第2図:AHXとAOH等の関係



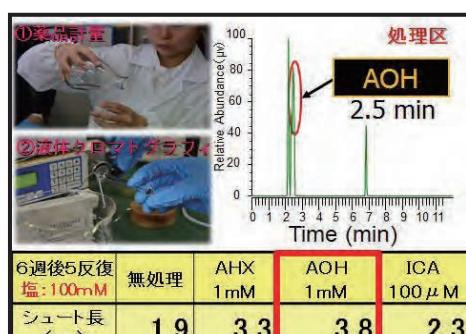
第3図:3つの植物成長調節物質



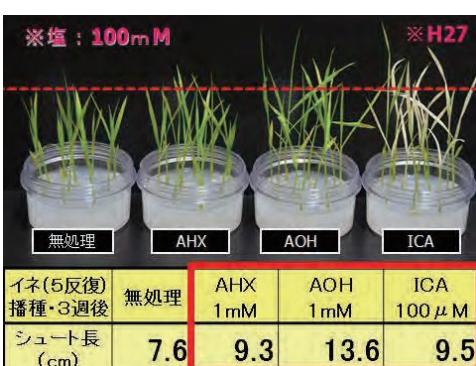
第4図:塩ストレスがシバ生育に及ぼす影響



第5図:AHX・AOH・ICAがシバの塩ストレス耐性に及ぼす影響



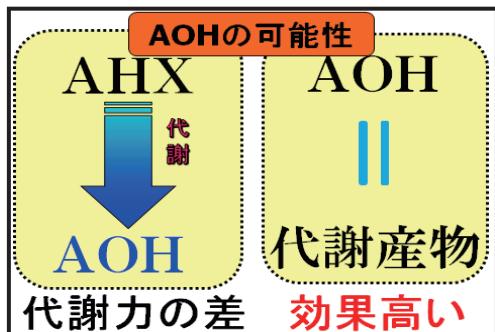
第6図:AOH区のシバのシートからのAOHの検出



第7図:AHX・AOH・ICAがイネの塩ストレス耐性に及ぼす影響



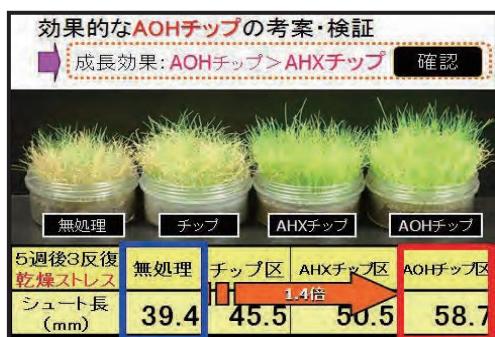
第8図:AHX・AOH・ICAがシバの乾燥ストレス耐性に及ぼす影響



第9図: AOH の可能性



第10図: チップの最適混合割合の検証



第11図: AOH チップによるシバの乾燥ストレス耐性の検証



第12図: 被災地の現地試験



第13図: 宮城県女川町山道の法面緑化試験



第14図: 青森県種差海岸の緑化活動

## 【普及活動】

私達は普及活動にも力を注ぎ、環境省シンポジウムや市民講座(富士宮市民カレッジ)、JA、小学校等でチップを活用した出前授業を行うとともに富士宮市長や静岡県知事と意見交換、復興エコチームを結成し、環境保護を啓発している(活動新聞を発行)。その結果、私達の輪は東北に広がり、被災地のNPOと連携して、宮城県石巻市の子供達(幼稚園児)にチップを活用したエコ授業を実施することができた。さらに、鳴瀬川沿岸で津波被害にあったサクラの塩害対策(宮城県東松島市)にチップを導入し、樹勢回復に取り組むことができた。現在、宮城県の緑化活動が原点となり、他県の高校生と青森県の自生ノシバの種採りを行うとともに、種差海岸の法面緑化や宮城県女川地区の法面緑化にAOHチップを活用している(青森県)。

## 【私達の独自性・AOHチップの特長】

- ・私達のアイデアでAOHとペーパースラッジの組合せ「AOHチップ」を開発、被災地と連携し宮城県鳴瀬川の堤防等の緑化活動にAOHチップを試験導入した(私達:AOHチップのアイデアの創出・開発・活動の中心・取りまとめ・実働、静岡大学農学部:AOHの提供・実験の助言、製紙業者:ペーパースラッジの提供)。
- ・AOHチップはAOHと「ペーパースラッジ」(今まででは不要物)を組み合わせた新規性・先進性に富んだエコ資材(土に還るリサイクル資源)である。
- ・AOHチップはAOHを徐々に放出する「緩効性のエコ資材」(今までにない地球環境保護に対応した土壤改良資材)として、安定したシバ・イネの生産を可能にする。

想定している利用者を以下に示す(将来の可能性)。

### 【国内】

- 1 東日本大震災で津波被害にあった「東北沿岸の堤防の法面緑化を行っている国土交通省や地方自治体」。
- 2 東日本大震災で津波被害にあった「東北沿岸の堤防の法面緑化を行っている土木業者(ゼネコン等)・シバ生産者」。
- 3 潮風被害にあつていて「海岸沿岸の緑化事業を行っている国土交通省や地方自治体」。
- 4 潮風被害にあつていて「海岸沿岸の緑化事業を行っている土木業者(ゼネコン等)」。
- 5 東日本大震災や潮風被害にあつた「樹木(サクラは塩に弱い)の回復を行う造園業者・樹木医」。
- 6 東日本大震災で津波被害にあつた「塩害水田で稲作を営む種苗業者・農家」。

### 【海外】

「AOHチップ」を海外の塩害対策(地球温暖化による気候変動で巨大台風が増加→高波で塩害)、乾燥地の緑化・農業(地球温暖化による気候変動→乾燥地の砂漠化の進行)に導入する。具体的には、高波の塩害対策や乾燥地の緑化・農業を行っている海外の国や地方の機関、土木業者、農家が対象である。

## 【価格の検証と生産上の課題】

価格の検証。事業化した場合、AOHの価格は25gで9,250円。この価格は他の植物成長調節物質と比較しても大差はない(例:既に市販されているオーキシン:3,000円/25g、サイトカイニン:8,000円/25g、ジベレリン:150,000円/25g)。また、ペーパースラッジ自体は無料で、炭化処理の費用は30Lで700円。以上のことから、AOHチップの価格は30L・850円(AOH:150円分)、早期復興を目指す中、利用しやすい価格であることが分かる(導入者にアンケート済み)。なお、AHXの価格は25gで9,000円、AHXチップ価格は30L・840円である。

## 【結 論】

- ①「AOH」による塩・乾燥・高温ストレス耐性を明らかにした。
  - ②私達のアイデアで「AOH」と炭化ペーパースラッジの組み合せ「AOH チップ」(最も効果的にストレス耐性を与える)を考案・開発した。
  - ③AOH チップを被災地の堤防の法面緑化や海岸保全(塩害対策)に活用・検証した(宮城県・青森県)。
  - ④東南アジアで私達の活動を紹介、気候変動に悩むアジアの塩害・乾燥地へ「チップ」の導入を依頼された(その後、チップを現地に提供)。
- ※平成 28 年6月、台湾高校生へのエコ授業(チップと紙ポットを活用した緑化活動)を実施した。平成 28 年7 月には私達はモンゴル国を訪問し、現地の高校生にチップを活用した緑化活動を紹介、チップを提供するとともに、今後、乾燥地での緑化活動を連携して検討する。

## 【現在の取組・課題】

- ①最も効果的に機能する「AOH チップ」の現場での検証を継続、塩害水田に導入する。
- ②「AOH チップ」を量産化し、法面緑化等の土木業等への導入の拡大を図る。
- ③「AOH チップ」を海外の塩害対策(地球温暖化による気候変動で巨大台風が増加→高波で塩害)、乾燥地の緑化・農業(地球温暖化による気候変動→乾燥地の砂漠化の進行)に導入する。  
私達の取組は津波被害地域から生物多様性に配慮した緑地帯を誕生させる。今後も東北地方復興プロジェクトを充実させていきたい。

## 【参考文献】

「植調」第45巻第7号(財団法人・日本植物調節剤研究協会編)