

ホタテの貝殻を活用したい ～資源の代替品を探せ～

【アブストラクト】

本研究は、近年新たに浮上してきた、ホタテの貝殻が産業廃棄物として大量に廃棄されている問題に注目し、貝殻の活用方法を探究したものである。実際に漁港や貝殻肥料の工場を訪問し話を伺うと、宮城県でも貝毒増加の影響で貝殻が大量に排出されており、廃棄サイクルも確立されていないことがわかった。そこから、自分たちでホタテの貝殻から作った肥料を使ってトマトを栽培する実験を行った結果、ホタテ殻肥料を与えたものにはトマトの尻腐れがみられなかったため、貝殻の主成分である炭酸カルシウムの効果が発揮されたのではないかと考えた。修学旅行では、ホタテの貝殻を利用したプラスチック製品を作っている企業を訪問し、プラスチックを取り巻く世界の現状やバイオマスプラスチックの製造過程などだけでなく、新しい商品を作る際には「コストの削減」「宣伝」「付加価値」が大切であるということを学んだ。私たちは実験の考察として、ホタテ殻肥料がトマトの尻腐れを防いだことは付加価値であると考えた。最後に宣伝として、ホタテの貝殻の問題や課題解決のための様々な取り組みについてより多くの人に知ってもらい、関心を持ってもらうためにウェブサイトを作成した。

キーワード: 貝殻肥料 バイオマスプラスチック 産業廃棄物 炭酸カルシウム 廃棄サイクル
付加価値

【本文】

I. はじめに

[1] 探究のテーマが決まるまで

探究活動が始まった当初、班としては従業員として障害を持つ人を雇っているチョークの工場¹⁾について調べていた。障害者の雇用や、社会における立場の確立について探究するためである。しかし、調べている途中でチョークがホタテの貝殻を原料にしていることを知り、同時にホタテの貝殻に関する問題にも触れた。そこから、ホタテの貝殻をテーマにした探究が始まったのである。

[2] ホタテの貝殻に関する問題

ホタテ貝は北方の海に生息する貝であり、日本においては北海道や青森県、宮城県で水揚げされるものが全体のほとんどを占める。近年、貝毒の増加によりホタテ貝を殻付きで販売することが困難となり、漁港ではホタテの貝殻が大量に余るようになった。その結果、ホタテの貝殻は産業廃棄物として全国で1年間当たり約20万トンも廃棄されており、そのほとんどが焼却処分、または埋め立て処分されている。

[3] ホタテの貝殻の利用方法

ホタテの貝殻の廃棄問題に関しては近年新たに浮上してきたものであり、廃棄方法が確立していない。そんな中、全国にはホタテの貝殻を洗剤や消毒液、肥料やプラスチックなどに再利用し、新たな資源として活用しようとする会社もいくつか見受けられた。

[4] 探究内容に関する考え

私の祖父母が北海道に住んでおり、私自身ホタテなどの海産物を味わったり触れる機会が多いと思っていたが、このホタテの貝殻の問題は全く見聞きしたことがなかったため、ぜひこの機会にその問題を深く探究し、少しでもより良い処理方法を見つけたいと考えた。

また、ホタテの貝殻の問題を調べていくうちに私達が住んでいる宮城県にも関わる問題であることがわかったため、探究するのにふさわしいテーマであるとも思った。

写真1 ホタテの貝殻を利用したヘルメットに関する新聞記事のスクラップ

II. 研究方法

[1]企業への質問

先行研究を調べる過程で、ホタテの貝殻を用いたプラスチック製品を作っている会社をいくつか見つけたので、メールなどでホタテの貝殻について質問してみたいと思い、それらの中でも「株式会社 近江」の方にコンタクトを取った。

[2]漁港や企業への訪問

宮城県のホタテの貝殻の処理方法や廃棄の現状を知るために、どこか漁港へ見学に行ってお話を聞きたいと思い、「宮城県東部地方振興事務所」の職員の方に連絡をしたところ、実際に石巻港のカキ殻処理工場や、貝殻肥料を製造している「有限会社 千葉肥料」様の工場などにも訪問させていただくこととなった。

[3]貝殻肥料を用いた栽培実験

ホタテの貝殻を用いた肥料を使って実際に野菜を育ててみたいと思い、貝殻の主成分である炭酸カルシウムの効果があるとされている、トマトと枝豆を育てることにした。対照実験として、何も与えないもの、カキ殻肥料を与えるもの、ホタテ殻肥料を与えるものの3つを同時に育てて比較する。カキ殻は千葉肥料様に頂いたもの、ホタテ殻肥料は貝殻を自分たちで砕いて作ったものを使用した。

[4]修学旅行での企業訪問

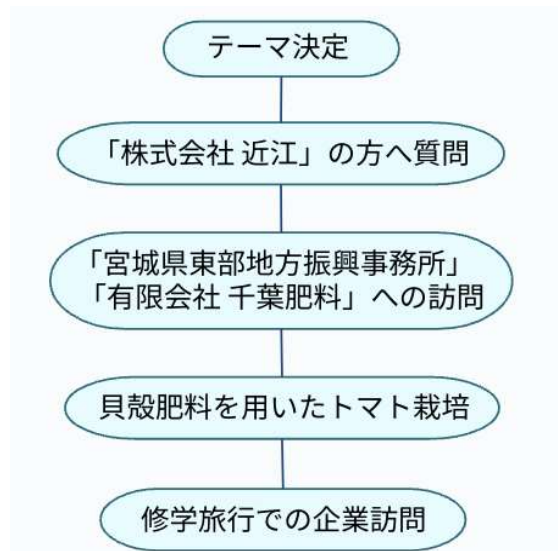
修学旅行の3日目に、探究の活動として大阪に拠点を置く「甲子化学工業株式会社」様を訪問した。甲子化学工業株式会社は、先行研究を調べる段階でホタテの貝殻を用いたプラスチック製のヘルメットを開発・製造している会社として目をつけており、運良く修学旅行が関西方面だったこともあってこの機会に見学させていただくこととなった。また、「I.はじめに」の写真1は甲子化学工業の取り組みについての新聞記事である。

[5]サイトの作成

修学旅行で教えていただいたことをもとに、探究活動の最後は自分たちがやってきたことをサイトという形で残り、ホタテの貝殻の問題や解決に向けた取り組みなどを多くの人に知ってほしいと思い、オリジナルのサイトを作成することにした。

III. 探求内容

[1]企業への質問(2023/02/02)



まずは先行研究を調べるにあたって、ホタテの貝殻を利用した製品を販売している会社を探した。そのうちの1つの「株式会社 近江」は、ホタテの貝殻を利用した消毒液や割り箸、肥料などを製造している会社である。今回は「株式会社 近江」の代表取締役 近江明男様にメールで質問を送り、回答を頂くことができた。

具体的には、次の通りである。

写真2 近江の割り箸と除菌・消臭・洗浄剤
(株式会社近江 ホームページより)

※メールの内容を一部抜粋

Q. ホタテをピンポイントで活用しようと思ったのはなぜですか？

A. ホタテの貝殻は毎年大量に廃棄され、放置されてきました。「使えば原料、捨てればゴミ」と思い、原料をどのように生かすかを考えました。

Q. ホタテの割り箸を作るのにどのくらいのコストがかかりますか？

A. ホタテの割り箸が完成するまでは、開発から完成まで、数億円となります。

Q. エタノール消毒とヘルプウォーターの違いはなんですか？

A. エタノール消毒剤は化学物質で製造されています。ヘルプウォーターは自然のもので製造された物との違いです。

Q. 製品を活かしてどのような社会にしていきたいのか見通しを教えてください。

A. バイオマスプラスチックの開発は、フランスやイギリス等がプラスチックを海洋投棄したことで、フランスがプラスチック製品の使用を禁止すると言い出し、バイオマスプラスチックの開発を急ぐように世界に発信したのが始まりでした。

現在、日本は開発を進めており、その製品が出回り始めています。開発が遅れたイギリスやフランスでは未だに製品ができていないのが事実です。日本の若者はよく世界を見聞きして正しい判断をしてください。

質問に対する回答の最後には、近江様が「若者たちに伝えたいこと」として、「バイオマスプラスチックの開発において食品を使用してはいけない」ということが書かれていた。地球温暖化が進む中、食料品が不足する時代が来るため、とのことだった。

[2]漁港や企業への訪問 (2023/05/25)

宮城県東部地方振興事務所の小野寺 恵一様とのメールでのやり取りを経て、事務所および漁港、カキ殻を用いた肥料を製造している「有限会社 千葉肥料」様の工場へ、見学・取材のために足を運んだ。

1. 「宮城県東部地方振興事務所」の小野寺様のお話

ホタテ貝は北海道、青森県、宮城県が三大産地となっており、令和3年のデータを見ると、北海道と青森県の生産量が約7万~8万トン、宮城県は約7千~8千トンということが読み取れる。宮城県の生産量は、北海道や青森県の約1/10くらいである(農林水産省 海面漁業生産統計より)。(図2)

宮城県のホタテ貝生産海域は南限に位置しており、北海道や青森県に比べ首都圏の市場に近いため、活ホタテとして殻付きでの出荷が主流であった。近年、宮城県沿岸でも貝毒プランクトン²⁾の発生が多くなり、それを摂食したホタテ貝から国の出荷基準値を超える貝毒が検出されることが多くなった。ホタテ貝は貝柱には毒が蓄積しないため、貝柱のみに加工して出荷する形態が増え、水産加工会社から大量のホタテの貝殻が排出される状況となっている。新たな課題となったホタテの貝殻の処分方法について検討を進めている。

一方、カキ殻に関しては、カキはむき身で流通するのが一般的なため、排出されるカキ殻への対応が進んでいる。

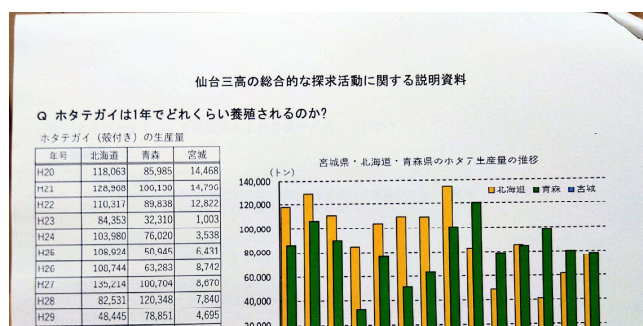


写真3 漁港に放置されているホタテの貝殻

図1 ホタテ貝の三大産地における生産量の推移

2. 「有限会社 千葉肥料」の千葉様のお話

貝殻肥料は、貝殻を1～2年雨ざらしにしてから約900℃で加熱し乾燥させ、粉砕する、といった工程で製造しており、工場にある貝殻は余すことなく100%肥料にしている。

(ホタテの貝殻でカキ殻の代用はできないのか、という質問に対して)

ホタテの貝殻は最近出てきた問題であり、まだわからないのが現状。カキ殻は長年の成果で廃棄サイクルが確立しているが、ホタテの貝殻のサイクルはまだ確立していない。また、ホタテの貝殻よりもカキ殻のほうが肥料に適した成分が多く含まれている。



写真4 工場の外に山積みにした貝殻

[3]貝殻肥料を用いた栽培実験(2023/06/01～)

[2]の訪問の後、頂いたホタテの貝殻とカキ殻肥料を使った野菜の栽培を始めた。

栽培する野菜は、トマトと枝豆に決めた。この理由として、貝殻の主成分である炭酸カルシウムはトマトの尻腐れや枝豆の葉の黄変を防ぐ効果がある、ということが挙げられる。

○実験方法

今回は、何も与えないもの、カキ殻肥料を与えるもの、ホタテ殻肥料を与えるものの3つを同時に育て、対照実験を行う。

1. 3つのプランターを用意し、それぞれにトマトと枝豆を1株ずつ植える。
トマトの方には支柱を立て、教室のベランダに並べる。(図2)
2. 毎朝水やりと必要であれば芽かきをする。(1ヶ月くらい)
この間にホタテの貝殻を金槌で粉砕し、ホタテ殻肥料を作る。(写真5,6)
3. 1ヶ月くらい経った頃に、カキ殻肥料とホタテ殻肥料をそれぞれ15gずつ与える。

4. 実がなったものから収穫し、数、大きさ、重さ、糖度をそれぞれ計測する。(写真7)
5. 試食する。

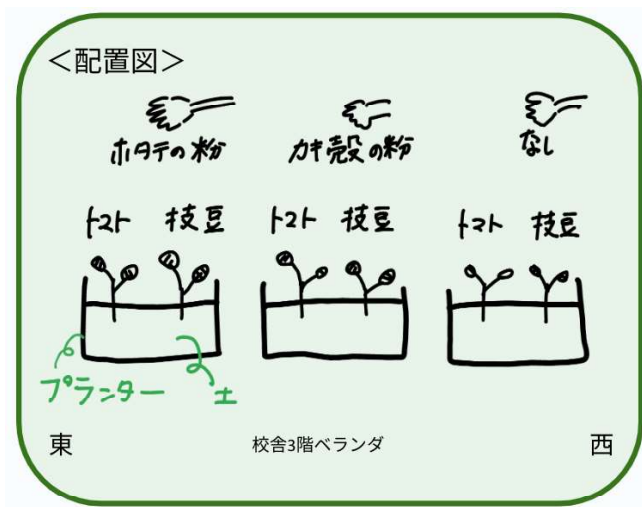


図2 プランターの配置図

写真5 ホタテ殻肥料作りの風景



写真6 カキ殻肥料とホタテ殻肥料

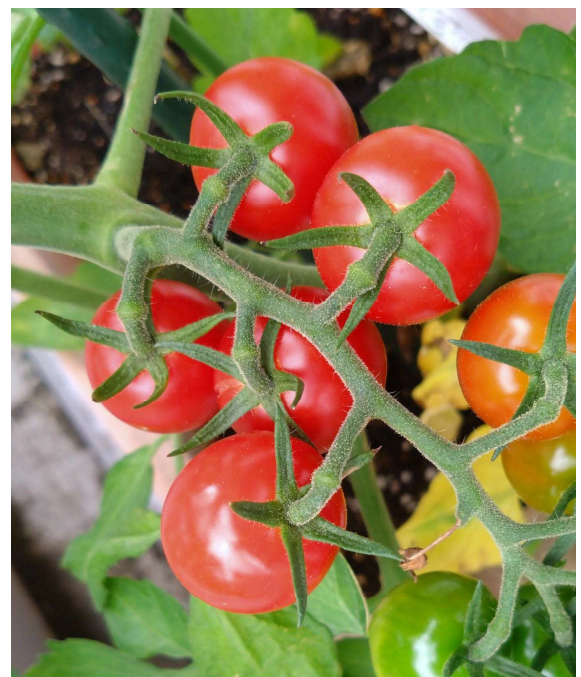


写真7 トマトの実

○実験結果

<枝豆>

枝豆は、栽培開始から数日で葉に斑点模様が現れ始め、最終的には枯れてしまった。かろうじて実がついているものもあったが、すべて小さく、食べられるようなものはなかった。

<トマト>

トマトは順調に育ち、多くの収穫があった。収穫後に計測したデータは、図3の通りである。

	カキ殻	ほたて	なし
数	36	24	23
大きさ (cm/個)	縦 2.49 横 2.38	縦 2.43 横 2.64	縦 2.65 横 2.43
重さ(g/個)	8.73	9.88	8.88
糖度	9.70	10.0	11.0

図3 収穫したトマトの計測データ

【図3からわかること】

- ・収穫したトマトの数は、カキ殻肥料を与えたものが一番多かった。
- ・1個あたりの重さが一番重かったのは、ホタテ殻肥料を与えたものだった。
- ・糖度が一番高かったのは、何も与えていないものだった。
- ・カキ殻肥料のものは、大きさが他のものに比べて小さめだった。

[4]修学旅行での企業訪問(2023/12/14)

修学旅行では、「甲子化学工業株式会社」の工場を訪問し、企画開発部長の南原 徹也様にお話を伺った。「甲子化学工業株式会社」は、プラスチックを中心とする製品の設計・製造・販売を行っている会社であり、ホタテの貝殻を利用したプラスチック「カラスチック」でできたヘルメット「HOTAMET」で有名である。プラスチックを悪者にするのではなく、プラスチックと共存しながら環境に優しい社会を実現することを目標にしている。

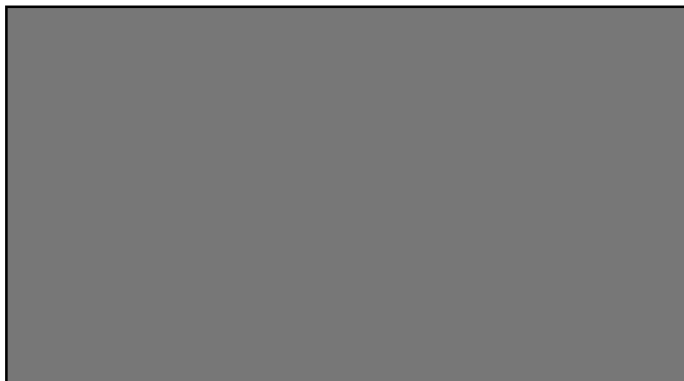


写真8 甲

子化学工業のHOTAMET

1. プラスチックを取り巻く現状

プラスチックが着目される大きな理由は、「環境保護」「温室効果ガスの削減」の2つである。石油由来のプラスチックは自然界に放出されても分解されないため、廃棄されたプラスチックが自然環境および生態系に大きな影響を及ぼしているのと同時に、廃棄されたプラスチックの約69%が焼却処理されており、その際に温室効果ガスであるCO₂が大量に排出されていることが問題になっている。

また、様々なエコプラスチックが開発されてきたが、エコにするために何かを生産する必要があった。世界的に食料が不足するといわれるなか、食料を活用する是非も問われている。

2. HOTAMETについて

「HOTAMET」とは、廃棄プラスチックからできたりサイクルプラスチックと、廃棄されたホタテの貝殻からできるホタテ炭酸カルシウムをそれぞれ約50%ずつ配合して作られた「カラスチック」という素材でできたヘルメットである。廃棄物から製造するため、CO₂の排出を抑制することが可能であり、廃棄物による社会課題と環境課題を同時に解決することも可能になる。(図4)

3. 新しい商品を作るうえで大切なこと

何か新しいものを作ったりするときには、「コストの削減」「宣伝」「付加価値」の3つを大切にすると良い。

コスト面においては、商品のデザインや製造過程、原材料などを工夫することでコストを削減することができる。甲子化学工業では、企画から製造、販売までをひとつの会社で行う6次産業を実践することで、コストを抑えている。

宣伝に関しては、SNSをはじめとした様々なソーシャルメディアを上手く活用することで多くの人の関心を集めることができる。HOTAMETも、X(旧Twitter)で6万いいねを集めたり、国内外のニュースサイトで取り上げられたりと、SNSを活用することで人々からの注目を集めていた。

付加価値とは、新しい商品を開発することで新たに加えられた価値のことであり、最近ではエシカル消費が促進されてきたため、環境に良い素材を使っているという価値をつけたり、商品の機能性を向上させたりすることができれば、それは付加価値となる。HOTAMETやカラスチックも、廃棄物を原材料に使用し課題解決のために取り組んでいるということや、貝殻を使うことでヘルメットとしての強度が向上したということが付加価値となっている。

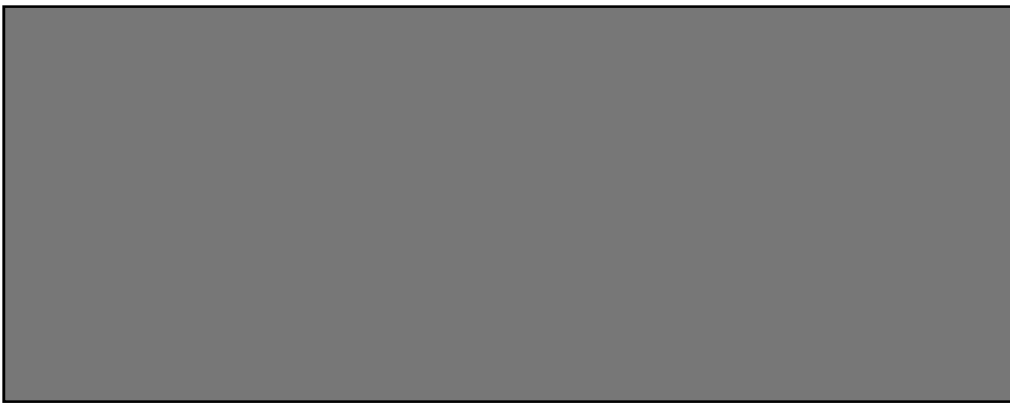


図4 カラスチックの作り方
(甲子化学工業株式会社 カラスチック概要資料より)

[5]サイトの作成(2024/04/15~)

最後に、探究活動のまとめとして探究55班のサイトを作成した。企業訪問で学んだことや、実験の結果、考察などをひとつのサイトにまとめた。そして、今年度の三高探究の日でポスター発表をする際に聞いてくれた人たちにサイトへアクセスしてもらい、この問題について広めることができた。

サイトのリンク→<https://sites.google.com/gs.myswan.ed.jp/hotate?usp=sharing>

[6]探究活動の成果のまとめ

最初にホタテの貝殻を利用した様々な製品を作っている株式会社近江の方にメールで質問を送り、ホタテの貝殻やバイオマスプラスチックなどについて教えてもらうことができた。そして、宮城県東部地方振興事務所と有限会社 千葉肥料の工場を訪問し、宮城県の漁港の現状や貝殻肥料について学んだ。その後自分たちでホタテの貝殻肥料を作り、実際にそれを使ってトマトを育てた。結果として、ホタテ殻肥料を与えたものには、貝殻の主成分である炭酸カルシウムのトマトの尻腐れを防ぐという効果がみられた。修学旅行では、ホタテの貝殻を利用したプラスチック製品を作っている甲子化学工業株式会社を訪問し、プラスチックの現在の課題や「カラスチック」のことだけでなく、新しい商品を作るときに大切なことなどまで教えていただいた。最後には、これまでのまとめとしてサイトを作成し広報活動に取り組んだ。

IV. 考察

[1]近江様への質問について

<自分> ホタテの貝殻を使った割り箸ができるまでのコストについて、バイオマスプラスチックはどうしてもコストが高くなってしまふ印象があったが、実際聞いてみるとやはり巨額の資金が必要になることがわかった。その原因としては、石油由来のプラスチックに比べて大量生産するのに適していない、あるいは出来ないとことが挙げられるのではないかと考えた。確かにホタテの貝殻は大量に排出されているが、それを1か所に集めるためのコストや、製造において貝殻を加工するためのコストが高くなっているのだと思う。

[2]貝殻肥料を用いた栽培実験の結果から

<自分> 枝豆が枯れてしまった原因としては、トマトと枝豆を同じプランターに植えたことでトマトに栄養分や水分を吸収されてしまった、あるいはトマトが大きく成長したことで枝豆を植えていた部分が日陰になってしまい、太陽光が十分に当たっていなかった、などが考えられる。

それぞれのトマトを実食してみた感想としては、ホタテ殻>カキ殻>肥料なしの順で甘みが強いと感じた。測定した糖度のデータを見ると、肥料なしのトマトが1番高かったのだが、今回糖度計として用いたのが屈折計であったため、若干のズレが生じたのかもしれないと考えた。

プランターの配置について、それぞれのプランターを東西に3つ並べて置いたため、夕方は1番西側に置いているプランターにはよく太陽光が当たり、他のプランターの部分は日陰になってしまうというように太陽光の当たり方に差が出てしまったと思った。このことはトマトの育ち方にも影響しており、1番西側の肥料なしのトマトは葉の色が濃いうえに数も多く、茎も太くしっかりしていた。その一方で、1番東側に置いたホタテ殻肥料のトマトは葉の色が薄くて数も少なかった。このことがさらにトマトの実にも影響を及ぼし、肥料なしのトマトは栄養分が葉や茎に吸い取られてしまったために、あまり甘く感じなかったのではないかと考えた。逆にホタテ殻肥料のトマトは葉や茎ではなく実にちゃんと栄養分が吸収されたために、甘く感じられたのではないかと考えた。

<班> 肥料なしとカキ殻肥料のトマトには尻腐れがみられたが、ホタテ殻肥料を与えたトマトには1個もみられなかったことから、ホタテ殻肥料は炭酸カルシウムの効果を十分に発揮したと考えた。このことは、ホタテ殻肥料の付加価値となるのではないかと考えていた。

収穫できた実の数はカキ殻肥料のものが一番多かったことに関しては、カキ殻肥料は商品となっているものを使用したため、安定して実が取れたのではないかと考えた。

[3]南原様のお話を聞いて

<自分> コストを削減する方法について、製品の企画・開発から原材料の調達、製造、販売をひとつの会社で行う6次産業形態でやっているというお話を聞いて、1,2年生のときに先輩方の6次産業に関する探究発表を聞いていたときの記憶と繋がって、やはり生産のコストを抑えるためには6次産業が効果的であるのではないかと改めて考えた。また、HOTAMETの価格を調べてみると1つ4800円であり、バイオマスプラスチックを使用しているのにも関わらずそれほど価格は高くないように感じたため、6次産業の効果がしっかり現れた結果であると考えた。

[4]今後の課題

<自分> 今後はホタテ殻肥料をさらに多くの種類の野菜に使用してみて、どのような効果を発揮するのかを確かめると同時に、きちんと条件の揃った対照実験ができるように実験方法の工夫・改良も重ねていく必要があると考えた。また、その成果をさらに多くの人に知ってもらい、関心を持ってもらうために研究

を発表する機会を増やして活動の範囲を広げていくことも大切であると感じた。私達の探究活動は終わりになるため、後輩に引き継いでもらえたら嬉しい。

<班> 今回の実験では肥料を入れるタイミングが遅めであったために、肥料を入れたものと入れていないものの差がわかりづらかった可能性がある。これを改善するために、肥料を追加するタイミングをずらしてまた比較してみたい。

V. おわりに

探究活動を終えて振り返ってみると、最初は何をすればよいのかもわからなかったし、ほとんど初めての経験だったため試行錯誤の繰り返しであったが、最終的には60回生55班の探究活動として成果をまとめることができたとし、時間が足りなかった部分はあるもののしっかりやりきったと思える探究活動だったなと思った。私自身も、スライドやポスターのデザインを誰もが見やすいように工夫したり、話し方を改善したりしてプレゼンテーションの完成度を上げる方法を学んだり、班ごとのグループ活動だったため、しっかり役割を分担し責任を果たすことの重要性や協調性の大切さを改めて学ぶことができた。大学生や社会人になっても十分活かせるようなスキルを学ぶことができたため、今回の探究活動があつて良かったなと思った。

探究活動の中でご協力いただいた株式会社近江の近江様、宮城県東部地方振興事務所の小野寺様、谷谷様、有限会社 千葉肥料の千葉様、甲子化学工業株式会社の南原様には貴重な時間を割いていただき、様々なことを学ばせていただいたこと、心より感謝申し上げたい。

注

- 1) 1937(昭和12)年設立の日本理化学工業株式会社のこと。現在、神奈川県に川崎工場、北海道に美唄工場と2つの製造拠点をもち、あわせて54人の知的障害者が働いている。
- 2) 植物プランクトンの中でも毒を持った種類のこと。海域で貝毒プランクトンが発生すると、二枚貝は必然的に貝毒プランクトンをたくさん食べることになり、徐々に毒を体内に蓄積することで貝が毒化していく。

参考文献

大山光男 2017 トマトの尻腐れ果発生要因に関する研究 ―果実への Ca 転流と肥大速度が尻腐れ発生に及ぼす影響―

大西優香、森田碧、小林優 2016 4-1-2 遺伝子発現解析によるトマトのカルシウム栄養診断に関する検討
国立研究開発法人産業技術総合研究所:北海道センター ホームページ(2024/06/17)

https://www.aist.go.jp/hokkaido/ja/search/aist_hokkaido_google_search_j.html?cx=004983608496508821980:ncpbafdv8vo&cof=FORID%3A10&ie=UTF-8&q=%E3%83%9B%E3%82%BF%E3%83%86#gsc.tab=0&gsc.q=%E3%83%9B%E3%82%BF%E3%83%86#gsc.page=1

株式会社近江 ホームページ

<http://www.oomi-hpw.com/>

宮城県水産林政部水産業振興課 宮城の水産業 令和5年版

東部地方振興事務所水産漁港部 仙台三高の総合的な探求活動に関する説明資料

農林水産省 海面漁業生産統計調査 (令和6年7月19日)

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhvou/kaimen_gvosei/