

# 牛から絞ったプラスチック ～環境に優しいプラスチックをつくるには～

## (アブストラクト)

キーワード: カゼインプラスチック、食品ロス、SDGs

私達の探究テーマは「カゼインプラスチック」である。これは牛乳からできるプラスチックで、高校給食において廃棄量が多い牛乳の問題と、大量の廃棄量から問題になっているプラスチックの問題を組み合わせ、環境問題の対策につなげたいと考える。カゼインプラスチックの使用用途を模索し、カゼインプラスチックの可能性を広げることがこの探究の目的だ。そのため実際にカゼインプラスチックを自分たちで作ったり、企業訪問を通して環境に配慮した製品についての理解を深めたりした。

## 1. はじめに

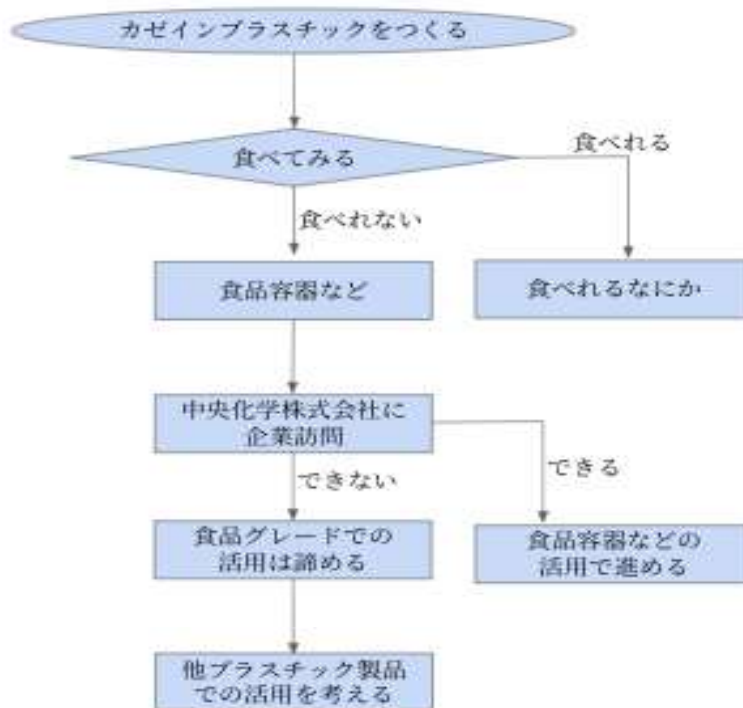
身の回りの問題を考えた際に、小・中学校で給食の牛乳が廃棄されていることが思い浮かんだ。その廃棄牛乳を有効活用する方法はないかと調べていくなかでカゼインプラスチックを見つけた。また、日本のプラスチック排気量は先進国のなかでアメリカについて第2位であり、主要なリサイクルシステムでは二酸化炭素が排出されてしまう。カゼインプラスチックは主にアメリカで研究が進められ、実用化までこぎつけているが、日本ではまだ知名度が低く普及していない。以上のことから、廃棄牛乳をプラスチックとして再利用することはSDGsにもつながる部分があると考えたため、カゼインプラスチックについて探究を進めていくことにした。



(食品科学新聞2023.10.12)

## 2. 研究方法

環境に配慮したカゼインプラスチックを作りたいと考えた。そのために、カゼインプラスチックの有用性を調べるいくつかの実験を行う。まず、カゼインプラスチックが牛乳からできていることに着目して、「食べれるプラスチック」作りの実験を行う。これは、誤飲してしまっても安心なおもちゃを作りたいと考えたからである。また、カゼインプラスチックでスプーンを作り、使ったスプーンをそのまま食べれたら面白いと考えた。実際に作り、うまくできたらその方向で探究を進め、製品化に向けた繰り返しの実験、作ったものをどのように広げていくか考える。もし「食べれるプラスチック」作りがうまくいかなかったら、食べるという視点から離れ、食品容器作りを行う。その際、環境に配慮した食品容器作りを行っている、中央化学株式会社にお話を伺う。そして、御社で使っている素材について、食品容器作りをする上での大切なこと、高校生が商品化することの可能性などについて伺う。そのことを踏まえ、食品容器について前向きな回答がいただけたら食品容器作りに向けて探究を行かない、もし食品容器が厳しいことが分かったら他のプラスチック製品の活用方法について考える。また、カゼインプラスチックを作るにあたって、カゼインプラスチックの分解速度の調査を行う。これはカゼインプラスチックは食品から作られるため、ちゃんと分解されるのか、どのような土壌が適しているのかについて知るためだ。また、修学旅行の際には、カネカ株式会社に伺う。この会社は、自然界に存在する海水、土壌に存在する微生物により分解できる生分解性ポリマーを製造している。環境に配慮した最先端な製品を作っているため、色々なお話が伺えると考えた。最終的にはカゼインプラスチックの認知度を少しでも高めていきたい。



### 3. 探究内容

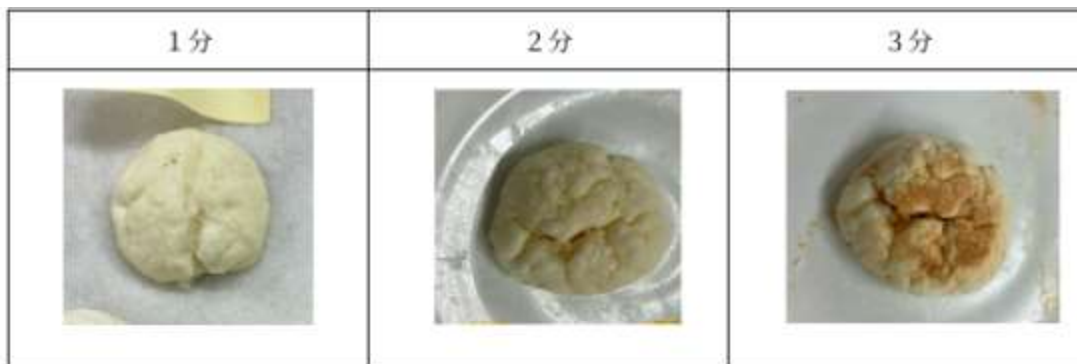
まず、はじめにカゼインプラスチックの特徴を調べるために仕組みを調べ、実際に作成した。カゼインプラスチックとは牛乳に酸を加えてカゼインを沈殿させ、できた沈殿を固めたプラスチックのようなものこと

である。作成してみてわかったこと課題点が4つある。1つ目はもとの牛乳の量から作成することのできるカゼインプラスチックの量が想像より少ないということだ。牛乳に酸を加えて沈殿させた際、上澄みのホエーと呼ばれる部分が大半を占めていた。牛乳500mlからできるカゼインプラスチックはおよそ500円玉3枚分であった。2つ目は整形が難しいということだ。沈殿ができたあと、それを絞って乾燥させるのだが、絞った時点でおからのようにパラパラになってしまい、自分たちが作りたいような形に整えることは難しかった。3つ目はヒビが入ってしまうということだ。沈殿を絞る際に中の空気を完全に抜かなければいけないが、手動ではできる範囲に限界があり、どうしても乾燥させたあとにヒビが入ってしまうものが多かった。4つ目は味や食感に問題があるということだ。私たちは作ってみてカゼインプラスチックがおいしかったらスプーンなどにして食事の最後にそれごと食べることができたら面白いと考えていた。しかし、味は沈殿をつくる際に加えたポッカレモンの酸味が強く、食感はギシギシしており、発泡スチロールに近かった。以上の理由からカゼインプラスチックを食べることは諦め、食品容器として活用していく方向で進めていくことにした。

そこで環境に配慮した食品容器を製作している中央化学株式会社さんにお話を伺った。ここでも4つのがわかった。1つ目は食品容器は安全安心第一そのため、廃棄牛乳を使用することは不可能ということ。2つ目は通常のプラスチックは使用用途に合わせて複数の素材を使い分けているため、カゼインプラスチックのみでの開発は困難だということ。3つ目は食品容器として使うためには耐熱・耐油性が重要であるが、カゼインプラスチックは耐熱性はあるが、耐油性がないため適さないということ。4つ目は食品衛生法などの様々な法律に触れてしまうこと。食品容器に使える素材は、安全性を評価した物質のみと法律により定められており、カゼインプラスチックはそれに該当しない。以上のことからカゼインプラスチックを食品グレードで活用していくことは困難であると考えた。

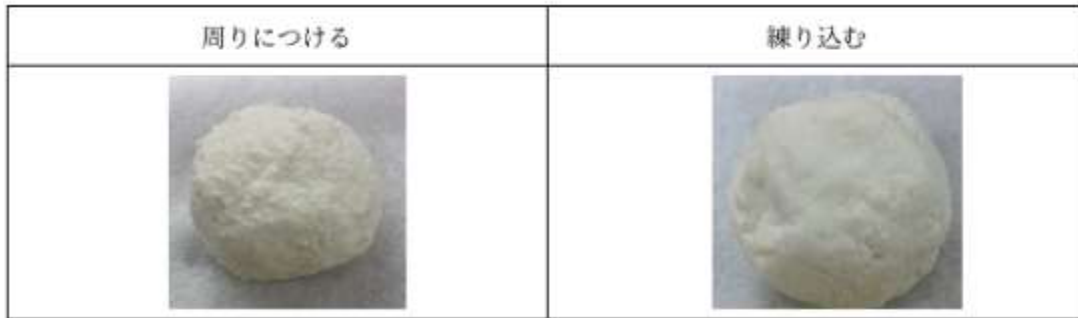
そこで他のプラスチック製品としての活用を考えるために、いくつかの条件のもとで以下の実験を行った。

### I. 温める時間を変える



加熱時間の条件を1分、2分、3分に変えて実験を行った。加熱時間を長くするほど固くなったが、焦げ目がついてしまった。また、沈殿を絞ってからすぐに電子レンジで加熱したため、内部の水が急激に蒸発してしまいヒビが多く入ってしまった。

### II. 片栗粉(3g)によって成形しやすくなるか



片栗粉を周りにつけるものと中に練り込むものに分けて実験を行った。周りにつけた方が表面がなめらかになったが、成形のしやすさは変わらなかった。

### III. 着色できるかどうか



沈殿とホエーを分離する工程で絞った沈殿物に絵の具を練り込んだ。着色はしようと思えば可能だが色にムラができてしまった。

これらの実験を行った後、土壌での分解を調べるために土に埋めた。

また、修学旅行の企業訪問にて、さまざまな種類のプラスチック製品を製作しているカネカ株式会社さんにお話を伺った。主に、外界の状況の条件の違いによる分解への影響について教えて頂いた。プラスチックの分解環境は大きく、コンポスト、土壌環境、水環境に分けられる。コンポストとは人工的に酸素と水を送る分解方式である。

(環境による分解性プラスチックの分解度の違い)

	PHBH	バイオPBS	PLA
コンポスト (高温多湿)	○	○	○
土壌環境	○	○	×
水環境	○	×	×

※○…分解される X…分解されない

PHBH…カネカ生分解性プラスチック バイオPBS…生分解性部分的バイオプラスチック

プラスチックが最も分解されやすいのは、コンポスト環境下であり、次に土壌環境下、水環境下の順番で

あることがわかった。また、私たちが実験で行っていた土壌環境下での分解については一概に土壌環境といっても様々な条件があることがわかった。湿度や土の栄養成分、微生物の生息状況などに応じて分解速度は大きく変わるらしく、私たちは学校の校庭の土を用いて実験を行ったが、畑などの湿度が高く、微生物の多い土を利用すると分解速度も変わるかもしれない。また、最も分解されやすいコンポストとカゼインプラスチック活用の関係について、コンポストは人工的な作業が必要であるため、イベント会場で使用するプラスチック製品など、容易に拾集できる製品をつくるときに有効かもしれないというアドバイスを頂いた。

#### 4. 考察

(班での考察)

上記の対照実験をもとに私達は以下の考察を行った。

熱した時間数に比例してカゼインプラスチックは固くなり、硬さは熱することによって変化させることができるということがわかった。しかし、それに伴って変色してしまうのは食物から作られていることから考えれば言うまでもない。しかしながら、着色の容易さを試す実験では、カゼインプラスチックを手作業で着色することは色ムラが発生しやすく、非常に困難であるということがわかり、焼き目をきれいに隠すということは不可能に近いと言える。それに加え、元々カゼインプラスチックの課題としてあげられていた結合力の弱さ、つまり崩れやすさを片栗粉を加えることで補うことを試す実験において、片栗粉を表面につける、または内部までこねることで全体に行き渡るようにするという2つの方法において、手を加える前のカゼインプラスチックの脆さとあまり変化が生じず、これはカゼインプラスチックの変形のしにくさを表していると言える。つまり、現状の私達がつくることができる製品は、色がその製品にとって重要ではなく、複雑な変形を用いずとも制作することができ、尚且つ、強度がそこまで求められない製品に限られるということが考えられる。

(個人での考察)

私達は、カゼインプラスチックを製品化してその製品を多くの人たちに実際に使用してもらうことでカゼインプラスチックという素材の環境への優しさを知ってもらおうと思っていたが、現状高校生である私達自身が製品をつくるには製品開発段階で数多くの権利や、法律に超えられないものがあるということを企業訪問での貴重な体験やアドバイスによって理解することができ、カゼインプラスチックが日本にまだ全然浸透していないのを改めて知るとともに、開発することの困難さを思い知らされた。

このことから、私達はカゼインプラスチックがもっと製品開発しやすくなるような状況を日本で作り出すことが先決であると考えた。

#### 5. まとめ(終わりに)

考察でも述べられているように、カゼインプラスチックを実際に使って知るということは、困難であるため、カゼインプラスチックを知った後に製品化に繋がられるというのが私達が新たに目指すべき、カゼインプラスチックを用いた環境改善策であると言える。

そのためには、まず多くの人々、特に私達はこれから先の未来で働き手になり、現教育で環境保全について取り扱っている若者世代に知ってもらうことが重要であると考えます。若者世代は、教育で扱われていることや、近年の社会状況からカゼインプラスチックへの抵抗が少なく、また関心を抱いてくれる割合も高いと予想でき、加えて、ソーシャルメディアの利用率も非常に高いため、ソーシャルメディアを駆使した情報拡散も期待できる。そしてその世代が働き手になり、製品開発するときにカゼインプラスチックが彼らの素材の選択肢の1つになったとき、ようやくカゼインプラスチックを使用できる環境が整備され、私達のような高校生でも気軽にカゼインプラスチックを取り扱うことのできる未来が見えてくる。

幸運にも現時点でカゼインプラスチックを知ることができた私達がすべき最初のステップとして最善なのは、カゼインプラスチックという可能性を小学生や、同年代に向けて示唆することであると考えています。また、その一環として後輩へこの探究が引き継がれていけばいいなと思うとともにその時は、全力で私達がわたっていることをすべて伝えられたらなと考える。

#### (謝辞)

最後に、カゼインプラスチックはじめ、製品開発、素材に関して全くと行っていいほど無知だった私達にいつでも親切に丁寧なご指導、寄り添ってくれるような温かいアドバイスをくださった、木村先生、佐々木先生を始め、中央化学株式会社さん、カネカ株式会社さんにはこころから感謝申し上げます。

#### 参考文献

- ・伊藤隆基/荒木敬造/木村照夫 2000年8月 カゼインプラスチックの生分解性と強度 ～添加物の 違いによる比較～ 日本機械学会論文集
- ・生分解性プラスチック研究会 2004年8月30日 トコトン優しい生分解性プラスチックの 本 日刊工業新聞社
- ・生分解性プラスチック研究会 2006年10月10日 入門 生分解性プラスチック技術 株式会社オーム社
- ・白石信夫 2001年 植物由来の生分解性プラスチック材料 京都大学
- ・西向虹大/霜山桂一/表宏樹 2020年11月 酸の選定によるカゼイン生分解性プラスチックの耐久性向上 大阪府立高津高校SSH
- ・島田秀昭/桑田康平 2020年 生分解性プラスチックの合成および分解に関する教材研究 熊本大学教育学部
- ・山本陸王ほか 2021年 カゼインプラスチックの性質の検証 生徒課題研究論文集

(実験の過程)

