

食用廃油の資源化 ～タンパク質危機の解決に向けて～

宮城学院中学校・高等学校 自然科学班
安井莉彩 永塘香帆 林風里 Miia Mikaela Poll

目的

この研究は、東日本大震災を経験した先輩たちが仙台の高校生として、エネルギーと環境問題をテーマに取り組んだ課題研究を受け継いだものである。これらの問題は、仙台だけでなく世界に共通するものであり、帰国子女である私たちの経験を活かし研究を行ってきた。

現在、食用廃油は多くの場所で回収されており、バイオディーゼル燃料として主に活用されている。しかしコスト面や法規制などの問題から回収されたまま使い切れずにいるのが現状である。また、自動車を動かすエネルギーは、電気や水素に置き換えられてしまうことが予測されている。そこで私たちは行き場をなくした食用廃油の資源化としてこの研究を進めていくことにした。

次に私たちは食用廃油の資源化として「石油タンパク」の技術に注目した。これは石油精製過程で出るノルマルパラフィンをコウボに食べさせタンパク質を作るものであり、60年代に世界中で研究されて一部実用化された技術である。しかし、石油を用いるために発がん性等の安全性の問題で消えてしまった。そこで私たちは石油の代わりにもともと食用であった食用廃油を用いることで代用できると考えた。この技術を用いることによる最大の利点は、プラント技術がすでに確立されていて実用化が可能であるという点である。また、この研究は食用廃油の資源化だけではなく『タンパク質危機』の解決にもつながるものである。『タンパク質危機』とはタンパク質の需要と供給が遅くとも2030年には逆転するという予測のことである。その主な原因として人口増加による需要の増加・乾燥地域での農業開発がもたらす地下水の枯渇による生産量の低下などが挙げられている。これにより、世界の食料市場は大打撃を受け、食料自給率が低く米国からの輸入に頼っている日本ではより大きな影響を受けるだろう。また、発展途上国における食料問題を更に悪化させると考えられる。

この研究はSDGs（持続可能な開発目標）の1番『NO POVERTY（貧困をなくそう）』、2番『ZERO HUNGER（飢餓をゼロに）』に当てはまる活動である。

実験の概要

1. 独自のスクリーニング法の考案
2. コウボの同定法の考案
3. コウボの食用油の分解能力検定
4. コウボの回収
5. コウボの食用廃油の分解能力検定
6. 窒素固定の発見



(<https://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/>)

1. 独自のスクリーニング法の考案

私たちは油を分解するコウボを見つけ出すためにスクリーニング方法の考案をおこなった。水と混じり合わない油を含む培地は作る事が難しいとされておりコストもかかってしまう。図 1 に示したように独自に考案した培地によるスクリーニング法を導入した。

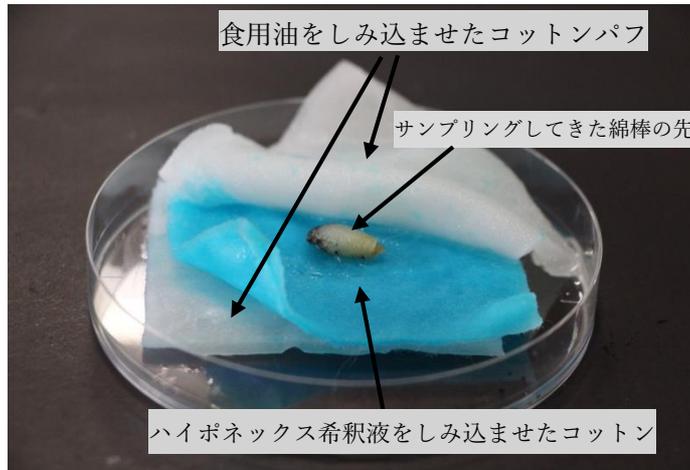


図1 スクリーニング

サンプリングは油が確認されそうなどころなど様々なところから行った。

また、このサンドイッチの状況によって油を分解する生物のみが生存できる状況を作り出すことができ、30°Cでの培養を行った。

上記のスクリーニングの結果、油を染み込ませたコットンパフを覆うように菌体の増殖が確認できた。

2. コウボの同定法の考案

スクリーニングの結果から菌体の増殖が確認できたが、これにはコウボ以外の微生物も生存している可能性があるため抗生物質による除細菌とコウボの簡易同定をおこなった。

操作1 クロラムフェニクロールを含む寒天培地で培養をおこないバクテリアを除いた。

操作2 食用検査用の3M ペトロフィルムを用いて、コウボの同定を試みた。3M ペトロフィルム「カビ・酵母迅速測定用プレート」はカビとコウボを迅速に判定できるようにつくられたキットである。これを用いてカビとコウボの区別を行った結果、図2 から分かる通り青いシャープな輪郭のコロニーが確認できたことから、スクリーニングした菌は、コウボである可能性が高いと考えられる。

これらの結果とあわせて図3に示すように顕微鏡で菌体を確認し、大きさ、形態からコウボであると判断した。

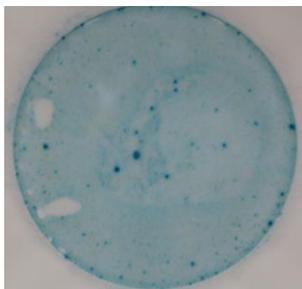


図2 3M ペトロフィルムの結果

青いシャープな輪郭のコロニーが確認できた。

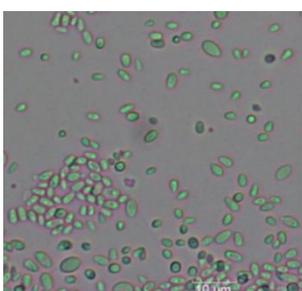


図3 スクリーニング結果

ZAO(宮城学院所有)の顕微鏡写真

3~8 μ mの球体であり、核構造が見られることからコウボであると考えられる。

3. コウボの食用油の分解能力検定

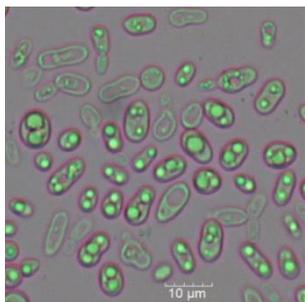


図 4 ST3411(福島大学特許コウボ)

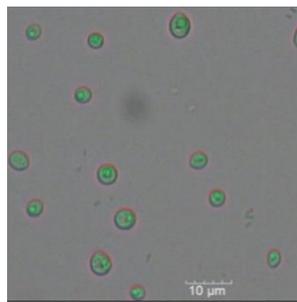


図 5 ST3412(福島大学特許コウボ)

福島大学特許コウボは今回の実験において ZAO との比較を行うためにお借りしたコウボである。

3-1 福島大学特許コウボと ZAO との分解能力の比較

<実施条件>

125 時間, 30 °C, 振とう培養(65 rpm), ハイポネックス希釈液(×200)20 ml, サラダ油 100 mg

福島大学特許コウボ (ST3411+ST3412) と ZAO(宮城学院所有)との分解能力の比較実験を上記の条件で行った結果、ZAO において培養液に浮遊していた油が目視で確認できなくなった。福島大学特許コウボにおいては少量の未分解油が見られた。このことから ZAO は福島大学特許コウボより優れた分解能力を有する可能性を確認することができた。

3-2 ZAO の分解能力検定

<実施条件>

100 時間, 30 °C, 振とう培養(65 rpm), ハイポネックス希釈液 (×200) 100 mL サラダ油 1.0g

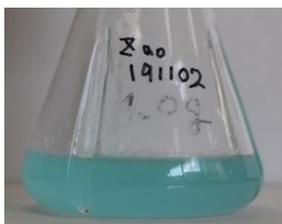


図 6 実験前の様子

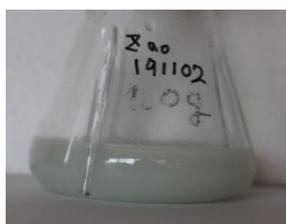


図 7 実験後の様子



図 8 沈殿した菌体

上記の条件で実験を行った結果、ZAO の優れた油分分解能力を確認できた。また、図 8 からわかる通り沈殿した菌体を確認することができた。

4. コウボの回収

ろ紙を用いた菌体の回収を行った。実験結果は以下の通りである。

実験に使用した油 : 1,00g

回収した菌体 : 0,92g

上記の結果からほぼ油と同量の菌体を回収できる可能性を確認できた。



図 9 菌体回収実験

5. コウボの食用廃油の分解能力検定

ZAO の食用廃油の分解実験を実施した。

<実施条件>

250 時間, 30 °C, 振とう培養(60 rpm), ハイポネックス希釈液(×200) 100 mL, 食用廃油 2.0g



図 10 実験前の様子

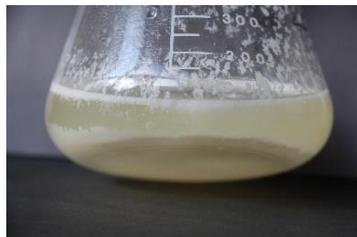
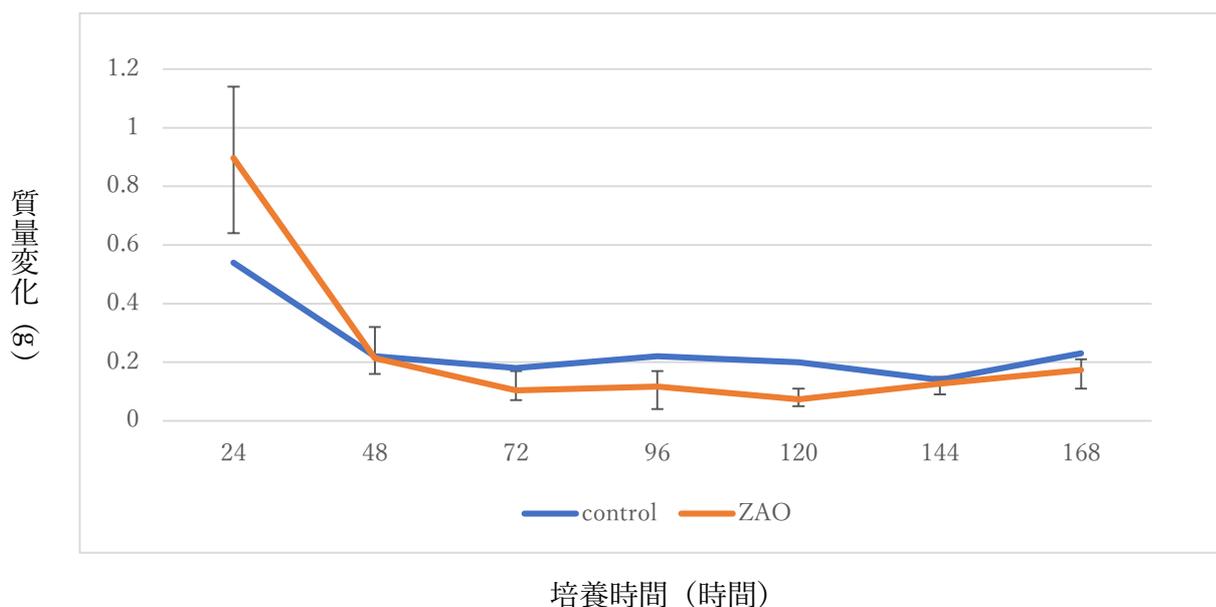


図 11 実験後の様子

未使用の食用油において優れた分解能力と菌体生産能力を示したコウボ、ZAO（宮城学院所有）で実際に生徒の家庭から持ってきた食用廃油を用いて分解能力検定を行った。その結果、食用廃油においても同様の結果を示した。

6. 窒素固定の発見

宮城生協より提供された食用廃油を用いて試験を行った。



グラフ 1 宮城生協より提供された食用廃油の分解実験結果

グラフ 1 が示すように control に比べてコウボ ZAO を入れた場合の方が質量の減りが小さくなっていた。操作ミスを考慮して複数回再現実験を行ったが同じ結果であった。また 144 時間以降、差が無くなるのは、培養液中の栄養分が使い尽くされた結果だと考える。このことからコウボ ZAO は窒素固定をおこなっていると考えた。窒素固定によって生まれる窒素化合物はコウボのタンパク質としての食料化に大いに有利になると考える。また、培養時間において、約 120 時間までが、効率の良い時間と考えらる。

まとめ

今回の実験結果を用いて、2018年度に宮城生協で回収された食用廃油 23,702L をもとにタンパク質生産量を試算した(Table.1)

Table.1 2018年度宮城生協回収食用廃油をもとにしたタンパク質生産量の試算

タンパク質重量含有量は、日本醸造協会誌 第59号 第12号参照。大豆たんぱく質含量は、食品成分表国産大豆参照。

みやぎ生協 2018年 回収量	回収量重量換算 (比重 0.92)	生産コウボ 乾燥重量	タンパク質重量 含有量 40%換算	大豆重量換算 含量 33.8%換算
23,702 L	21.81 t	21.81 t	8.72 t	25.79 t

試算時に用いたコウボのタンパク質含有量は、石油を用いてコウボを培養した時のもので、私たちがスクリーニングしたコウボ (ZAO) による結果は今後の実験で明らかにしていきたい。また、タンパク質含有量 40%は、かなり低く見積もった場合である。昆虫食ほどの話題性はないかもしれないが、地道だが長く続けられる廃棄物からのタンパク質生産技術になると考えている。

以下に、本研究でわかった事をまとめる。

- ① 独自に開発したスクリーニング方法で食用油の分解能力に優れたコウボを見つけ出すことができた。
- ② 福島大学理工学群共生システム理工学類杉森研究室より譲渡されたコウボ (低温での分解能力が高い) に劣らないコウボであることを確認できた。 ※低温での実験は未実施
- ③ 独自にスクリーニングしたコウボによる食用油及び食用廃油の分解と菌体産生ができた。
- ④ 窒素固定の確認ができた。
- ⑤ 宮城生協の食用廃油において、分解、コウボの産生が確認できた。

今後の実験計画

今後の実験計画としては、さらに分解能力に優れたコウボのスクリーニングを続けると共に、回収されたコウボの使用評価、遺伝子分解を行う事、実用化を目指し共同で実験を行ってくれる企業等を探す事だ。

参考文献

- 1) 大武由之 飼料酵母の生産培地への骨脂の利用 日本畜産学会報 第53巻第4号
- 2) サザエさんをさがして 石油タンパク 朝日新聞 2015年12月5日 朝刊 3ページ
- 3) Sugimori, D., 2009, Appl Microbiol Biotechnol (2009) 82:351-357

※この実験は2019年度「杜の都の市民環境教育・学習推進会議『[環境社会実験]未来プロジェクト in 仙台』の委託事業として実施した。

※公益財団法人 中谷医工計測技術振興財団 科学教育振興 (個人) 助成

※公益財団法人 武田科学振興財団 2020年度「高等学校理科教育振興助成」