

ワカメを用いたアルコール発酵

富本 春香 披田 壤 美浦 菜月

### 【概要】

日本とは異なり海外では、あまりワカメなどの藻類は食べられず、藻類の繁殖は深刻な問題であることを知った。また、地球温暖化の進行を止める手段としてバイオエタノールは持ち運びできるエネルギーとして注目されている。これらのことを知り、藻類からエタノールを取り出す方法はないかを考えた。すでに藻類からバイオエタノールを取り出す研究は進められている。しかし、とうもろこしなどのバイオエタノールと比べ、藻類のバイオエタノールは収量効率が悪く、研究段階であった。そこで藻類からより効率よくバイオエタノールを取り出す方法を研究することにした。

実験Ⅰでは反応物を同時に混合し、反応液を 40℃に保ち 30 分放置、実験Ⅱでは反応物を 3 回に分けて混合し、反応液の温度を 40℃、50℃、60℃に変え、放置時間を 70 分にした。なお、今回は気体、アルコール濃度、実験Ⅱでは糖度を測定した。気質は主にワカメ、アラメを用いた。

実験Ⅰではアラメから多くのアルコールが検出され、ワカメからはほとんど検出することが出来なかったが、実験Ⅱではワカメからアラメを上回るアルコールが検出された。また、反応液の温度を上げるとアルコール濃度、気体発生量ともに増加するという関係が見られた。アラメとワカメでは糖度の上昇の仕方に違いがみられた。

このことから、アラメワカメともに反応物の混合の仕方、反応液の温度を適切に保つことでアルコールを生成することが出来る。

Japanese people eat seaweed like wakame. However foreign people don't eat them much. We found that seaweed which washes onto the sea shore is an environmental problem in many countries for example, San Francisco in America. Also, bio ethanol is portable energy. And it helps stop the progression of a global warming. So we wanted to find a way to get ethanol from seaweed. It has already been researched by many people. However, we can only get smaller amount of ethanol from seaweed than that from corn and it is still in the middle of researching. So we decided to research about how to get ethanol from seaweed effectively. In the experiment 1, we mixed all reaction materials at the same time. And we kept the reaction liquid at 40℃ for 30 minutes. In the experiment 2, we separated reaction materials into 3 groups. And we mixed them in turn and kept them either in 40℃, 50℃ or 60℃ for 70 minutes. We measured the amount of CO<sub>2</sub> and alcohol concentration (experiment 1,2) and sugar concentration (experiment 2). We used wakame and arame as substrates mainly. We got a large amount of ethanol from arame but we hardly got ethanol from wakame in the experiment 1. However, we got more amount of ethanol from wakame than that from arame in the experiment 2.

Also, when we raised the temperature of the reaction liquid, an alcohol concentration and amount of CO<sub>2</sub> increased. The rise in sugar concentration of wakame and arame were different. Therefore, we thought it was important to keep reaction liquid optimal temperature and mix reaction materials in turn in order to make ethanol.

#### 【研究動機・目的】

日本ではワカメなどの海藻を食べる習慣があるが、海外ではこの習慣がない。そのために、サンフランシスコなどの港では、貨物船によって運ばれたワカメが増殖し、生物が住めなくなるといった環境問題が深刻になっている。このことを知り、私たちはこの問題を解決する方法はないかと考えた。

現在アオサなどの藻類を用いたバイオエタノール生成の研究は進んでいるが、ワカメを用いて効率よくバイオエタノールを作ることはできない。そこで、ワカメを材料に効率よくバイオエタノール生成ができれば環境問題とエネルギー問題の解決につながるのではないかと考えた。

#### 【実験器具・材料】

- ・キューネ発酵管
- ・こまごめピペット
- ・ガラス棒
- ・温度計
- ・ビーカー(1000mL、200mL)
- ・ろうと
- ・葉さじ
- ・電気ポット

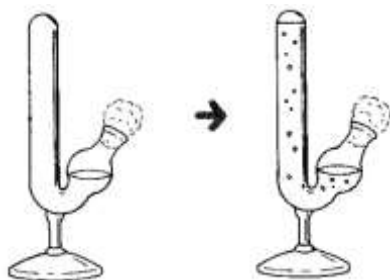


図1・キューネ発酵管

た。

よって、私たちはワカメとアラメを用いて効率よくバイオエタノール生成ができる条件を見つけることを目的とし、研究することにした。

#### 【研究の仮説】

ワカメ、アラメ、米、片栗粉を用いてアルコール発酵を行った。藻類よりも米、片栗粉の方が得られるアルコール量が多くなると考えた。

反応液の温度を 40℃、50℃、60℃の 3 種類に設定し、反応させる時間を 70 分にすると 40℃で反応させたとき最も多く得られると考えた。

- ・ろ紙
- ・葉包紙
- ・パラフィルム
- ・タイマー(スマートフォンのストップウォッチ機能)
- ・電子天秤
- ・屈折式糖度計
- ・アルコールチェッカー
- ・フードプロセッサー



図2・実験器具

- ・米
- ・片栗粉
- ・ワカメ
- ・アラメ
- ・セルラーゼ
- メイセラーゼ (meiji seika ファルマ株式会社)
- ・酵母
- ・ドライイースト (日清フーズ株式会社)

アラメとは  
 褐藻類の海藻でコンブ科  
 海中 (20mくらい) の岩の上に生じる。



図 3・アラメ

ワカメとは  
 褐藻類の海藻でコンブ科



図 4・ワカメ

#### 【実験方法】

基質として米、片栗粉、ワカメ、アラメをフードプロセッサーで粉末にしたものを使用した。

#### <実験1>

この実験は徳島大学生物資源産業学部の中村教授の下行った。

ドライイーストを 40℃の湯に 5%でといた酵母液にメイセラーゼ 1g、基質 3gを加えた。この反応液をキューネ発酵管に入れ、40℃に保ち 30 分間放置した。

キューネ発酵管で気体発生量、反応前後の生成エタノール濃度を液体クロマトグラフィーで測定した。

#### [アルコール発酵]

試料に含まれるセルロースを分解し、グルコースを生成する。そこに酵母を加えてグルコースからエタノールを生成する。



図 5・アルコール発酵の流れ

<実験2>

基質としてワカメ、アラメを用いた。基質 1g に 40℃の湯を 60ml 加え 5 分放置後(①)メイセラーゼ 1g を加え 5 分放置(①、②)。その後ドライイースト 3gを加え、かき混ぜた後キューネ発酵管に入れた(①、②、③)。反応液をそれぞれ 40℃、50℃、60℃に固定し 70 分放置した。気体発生量を 5分、30分、50分、70分 で測定。糖度とアルコール濃度を、基質と湯を混ぜた 5分、メイセラーゼ混合 5分後、実験終了後の 3度測定した。

【実験】	反応液の測定
【実験1】	・反応前後のエタノール濃度を測定した
【実験2】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・①基質(ワカメ、アラメ)の状態に糖度を測定</li> <li>・①基質に②メイセラーゼ粉末を混合5分後に糖度を測定</li> <li>・①基質、②メイセラーゼ、③酵母を混合70分後に糖度とエタノール濃度を測定</li> </ul>

図 8・反応液



図 9・実験風景

【研究結果】

<実験1>

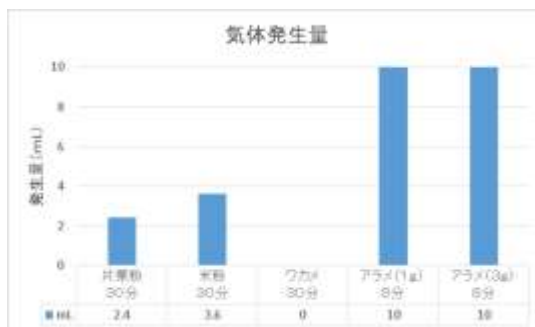


図 6・実験 I の気体発生量

気体発生量においてキューネ発酵管は 10mL までしか気体の測定ができないが、アラメは 8 分で 10mL まで達したので 1g でも実験をおこなった。

アラメは 1g、3g ともに最も多く気体が得られた。ワカメで気体は全く発生しなかった。

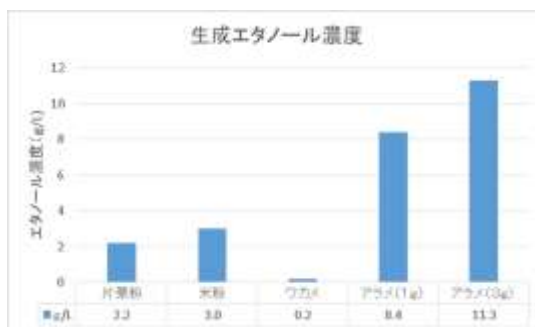


図 7・実験 I の生成エタノール量

生成エタノール濃度は気体発生量とほぼ同じ結果となった。アラメは 1g、3g ともに多くのエタノールが得られた。ワカメからはごくわずかであるが、エタノールがえられた。

<実験2>



図 10・実験Ⅱのアルコール濃度  
生成アルコール濃度はすべての温度においてワカメの方がアラメよりもアルコール濃度が高かった。  
反応液の温度と生成アルコール濃度には、温度が上がるにつれてアルコール濃度も上がるという関係があった。

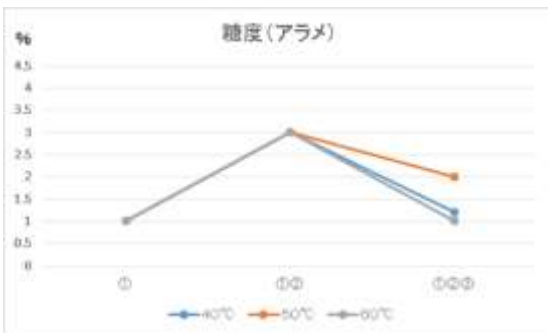


図 11・実験Ⅱの糖度(アラメ)

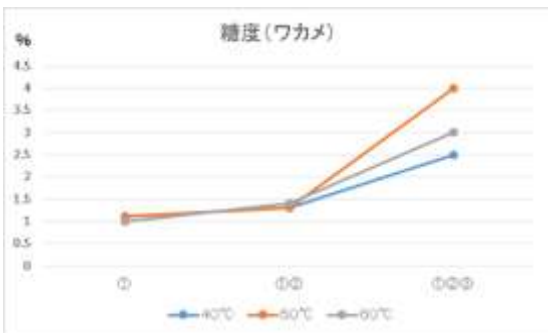


図 12・実験Ⅱの糖度(ワカメ)

糖度においてアラメは酵母混合後糖度が減少しているが、ワカメは上昇していた。



図 13・実験Ⅱの気体発生量(アラメ)

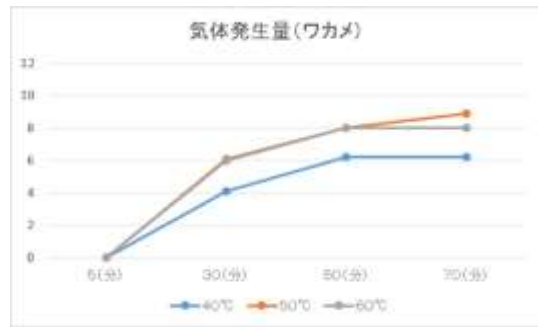


図 14・実験Ⅱの気体発生量(ワカメ)

気体発生量においてアラメでは、30分、ワカメでは50分後に気体発生量がピークに達した。

【考察】

<実験1>

今回の実験では、片栗粉、米のデンプンを分解する酵素を使用しなかったためグルコースが生成しなかった、そのため酵母によるエタノール生成が進まなかったと考えられる。

ワカメとアラメはともに褐藻類に分類され、褐藻類はアルコール発酵に向かないとされている。しかし、アラメからはたくさんのエタノールが得られた。

ワカメでは気体が溜まっているのは確認できなかったが、気泡はいくつも確認できた。ワカメにおいて反応が進まなかったのは、反応時間が短かったためであると考えられる。

<実験2>

糖度の変化より、ワカメとアラメではセルロースの分解量に違いがあると考えられる。アラメは

セルラーゼ混合 5 分後に糖度が大幅に上昇していたが、ワカメはあまり上昇していない。また、アラメは 70 分後糖度が減少しているが、ワカメは上昇している。これらのことから、アラメは 70 分放置している間、セルロースの分解よりグルコースの分解の方が活発であるがワカメはセルロースの分解の方グルコースの分解の方が活発であると考えられる。気体発生量も、アラメとワカメでは違いがありアラメは 5 分後気体が発生していたのに対しワカメは全く発生していない。よってワカメを用いてエタノール生成をする場合、セルラーゼを作用させる時間を十分にとる必要があると考えられる。また、ワカメのアルコール収量が増加したのも、実験Ⅱで反応時間を長くしたためであると考えられる。アラメ、ワカメともに気体発生量では 50℃が最も多く気体が得られ、60℃で最も多くのアルコールが得られた。しかし、酵母は 40℃が最も働く温度であるとされているので、50℃、60℃で気体やアルコールが得られた原因は不明である。

#### 【参考文献】

・海藻中多糖類からのバイオエタノール生成  
2017/5/29 閲覧可

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/scej/2010f/0/2010f\\_0\\_702/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/scej/2010f/0/2010f_0_702/_article/-char/ja/)

・世界大百科事典

下中邦彦 編集兼発行 442,690 ページ  
平凡社, 初版第 10 刷発行 1968 年