

## 事例 微生物の産業への応用を実感

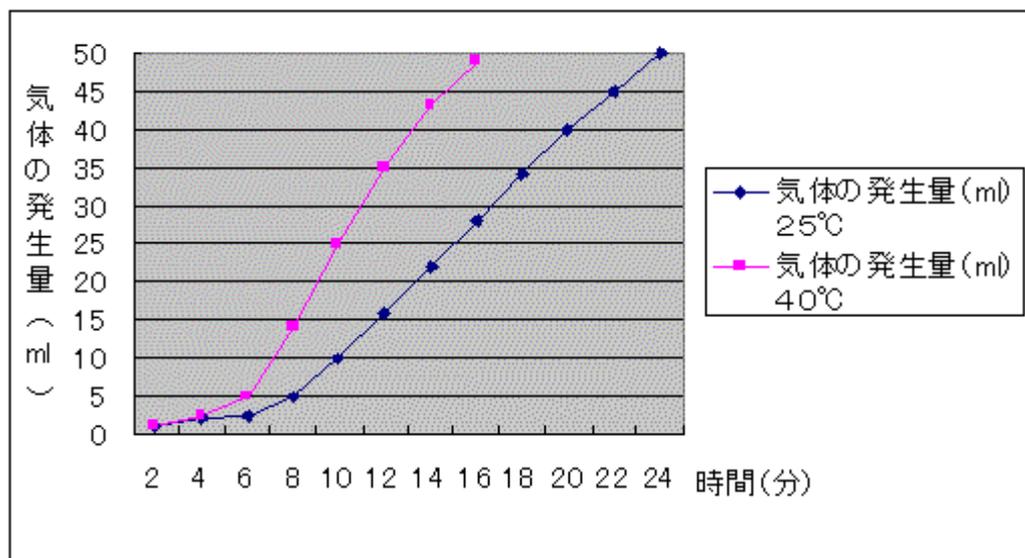
### 指導の手引き

酒類、チーズ、納豆等の食品から調味料、栄養補助食品、医薬品、化粧品、洗剤の酵素に至るまで、発酵の作用を広く利用して多くの製品が作られている。これら微生物の代謝の学習としては、まず酵母菌のアルコール発酵について学び、古典的な「キューネ発酵管を用いた実験」を取り入れることが多い。この方法で行った実験結果を下に示す。

\* 乾燥酵母1.5g + 10%ショ糖水溶液20mL

	時間(分)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
気体の発生量(ml)	2 5	1.0	2.0	2.5	5.0	10	16	22	28	34	40	45	50
生量(ml)	4 0	1.0	2.5	5.0	14	25	35	43	49	*	*	*	*

\* 超過により測定不能



#### 【生徒の感想】

- ・温度によって反応の速さがすごく違って驚いた。
- ・予想していたよりも二酸化炭素が短時間で多く発生していた。40の方では目盛りがなくなって最後は計測できなかった。
- ・酵母液が臭かったけれど、発酵してくれてよかった。
- ・親指が吸い付けられてびっくりした。二酸化炭素が発生していることがわかった。

上記の実験は、アルコール発酵において定性・定量の両面を調べることができる優れたものである。しかし、この実験設定のままでは菌と生成物の分離が容易ではなく、生成物(アルコール)の製品化という産業面への応用を考えると、コストがかかって難しい。そこで、微生物の発酵産業への利用法を考察させる実験として、バイオリアクターの作製を体験させたい。この実験を紹介する本事例の目標は、次の2点である。

- (1) 微生物のはたらきの利用方法を考え、産業面でのコスト感覚を生徒に意識させる。
- (2) 固定化酵素や固定化細菌を用いたバイオリアクターが、身近な食品や化粧品等の製造に利用されていることを知り、関心を高めさせる。

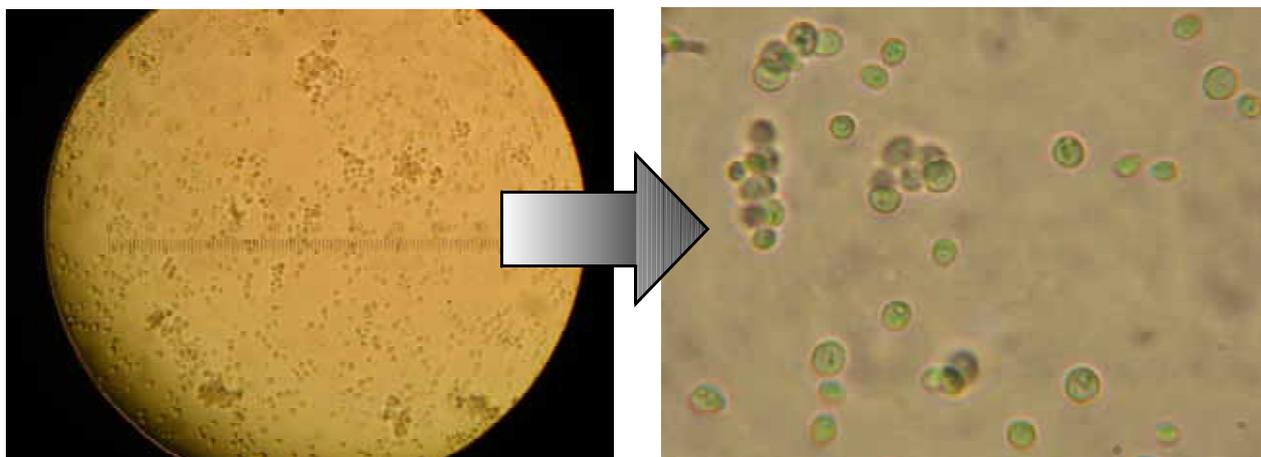
(1)については、微生物や酵素を人工イクラと同じ作り方のビーズで固定化するメリットとして、次の2点を生徒に考えさせる機会を持ちたい。

- 生成物（商品）を容易に分離回収できる。
- 微生物に繰り返し生化学反応をさせることで、連続的に生成物を得られる。

(2)については、実験後に具体的な商品、企業、研究機関の例を紹介をする授業展開を図りたい。（P.28参照）

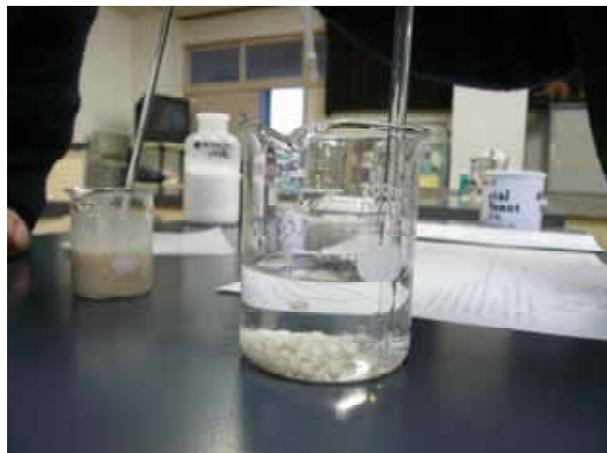
また、実験中には酵母菌を顕微鏡で観察し、酵母菌が存在すること（実際はアルコール発酵の酵素が存在すること）でアルコール発酵が起こることを視覚的にも理解させたい。この実験では、乾燥酵母によるアルコール発酵を行う。生酵母でも同様の結果が期待できるが、乾燥酵母は入手や保存がやすく安価なため、手軽に扱える。

下の写真は、乾燥酵母の水溶液を600倍で検鏡した様子である。生酵母も乾燥酵母も見た目では区別がつかない。



#### 【生徒の感想】

- ・ビーズができておもしろかった。すごい臭いがして、パンを作っている感じだった。
- ・酵母菌が見られたときは感動した。それとビーズをつくったときも感動した！
- ・酵母菌は顕微鏡で観察すると、丸いのがばあーっと並んでいて鳥肌がたった。
- ・理化部の活動でやったことのある人工イクラに、こんな使い道があるなんてびっくりしました。気泡がたくさんついていてすごかったです。



## 目 的

アルコール発酵等、微生物を利用した食品の製造業では、近年になり装置の小型化、工程の連続化、省力化、コストの削減を目的として、固定化酵素や固定化細菌を用いたバイオリアクターの開発が活発に行われている。バイオリアクターを用いてアルコール発酵を行い、酵母菌の嫌気呼吸について理解を深め、産業への応用について考える。

## 準 備

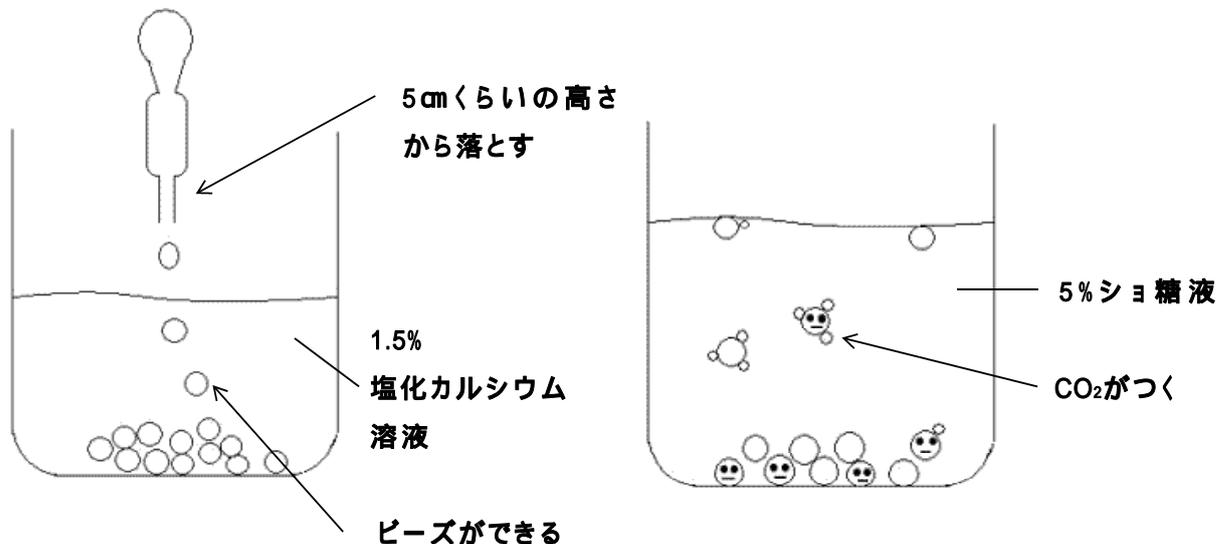
【試料】酵母菌（ドライイースト）

【器具】100mL・200mL ビーカー、2 mL 駒込ピペット（またはスポイト）

【薬品】アルギン酸ナトリウム、塩化カルシウム、5%シヨ糖溶液

## 方 法

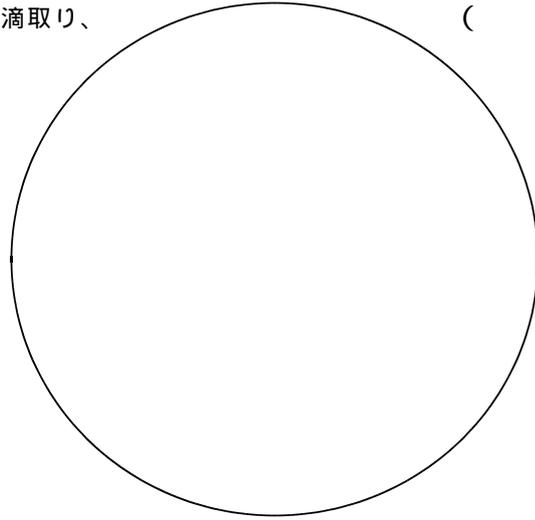
- (1)アルギン酸ナトリウム 1 g を80 くらいの水60mL に溶かす。
- (2)ドライイースト 3 g を水60mL に溶かす。
- (3)(1)の液を38 以下に冷ましてから(2)の液に入れ、よく混ぜる。
- (4)100mL ビーカーに1.5%塩化カルシウム水溶液を50mL 入れる。
- (5)(3)を2mL の駒込ピペット（またはスポイト）に取り、5 cm くらいの高さから(4)に1 滴ずつ落とすと、アルコール発酵用のイーストのビーズ（アルギン酸カルシウムのゲル状カプセル）ができる。
- (6)できたビーズをガーゼを使って濾過し、水で2~3回洗浄する。
- (7)200mL ビーカーに5%シヨ糖液を100mL 加え、洗浄したビーズをその中に入れる。
- (8)ビーズの様子、シヨ糖液の状態を観察し、結果に記入する。



## 酵母菌の観察

ドライイーストの懸濁液をスライドガラスに1滴取り、  
カバーガラスをかけて検鏡し、スケッチする。

( × )



実験結果 (五感を使って確認し、記述する。)

・ビーズの様子

[ ]

・シヨ糖液の変化の様子

[ ]

## 考 察

(1)この実験で起きた反応を化学反応式で表せ。

[ ]

(2)酵母菌と糖の混合液での反応よりバイオリクターによる反応のほうが、産業として成り立つ理由を挙げよ

[ ]

## 実験の感想

[ ]

## < 産業への応用を意識させる授業展開 >

### 進路研究・キャリア教育の視点を取り入れた生物教育

実験・観察後に、学習内容に関連する商品、産業、先端研究の内容を教員が紹介すると、生徒はその学習内容に現実味や有用性を感じ、教科の学習意欲が高まることがある。また、生徒は関心をもった商品、産業、研究の情報を集めるうちに、その職業への道を知り、必要な資格取得や進路選択を自主的に考えるようになる。授業者によるこういった進路研究のきっかけ作りは、時に学級担任以上の影響力を持つこともある。教員自身の専門科目に関連した進路を生徒が目指すようになるのは、授業者としての醍醐味の一つではないだろうか。

商品、産業、先端研究の内容を紹介するにあたり、それらに関連する企業・研究機関等が東京近郊や政令指定都市に多いため、生徒の志望する進路は都会に向きがちになる。しかし、栃木県は自然環境や首都圏に位置する地理的優位性があり、それらを生かした製造業・研究機関が県内にたくさんある。これらを授業中に紹介することで、地元を見直すことにつながり、進路選択の幅を広げることにもなるのではないだろうか。（栃木県高等学校教育研究会理科部会の平成20年度理科研究集録に、県内企業・研究機関の事例紹介（担当；滝田）がある。）

いくつかの企業・研究機関では事業見学ルートが設置されていたり、学校現場への講師派遣等の体制が整っていたりする。生物の授業のほかに、総合的な学習の時間や校内での特別授業、長期休業中の校外研修活動等、キャリア教育としての活用が考えられるので、企画段階で各企業・研究機関と相談してほしい。

また、実際の活用事例の情報を教員間で共有できれば、企画段階での負担も軽減し、各校の教育活動が効率よく行われることにもなる。今後、こういった教育資源の情報を広く活用できるようにデータベース化していきたいと考えている。様々な情報をお寄せいただきたい。

#### < 問合せ・連絡先 >

栃木県総合教育センター 研究調査部

〒320-0002 宇都宮市瓦谷町1070

TEL：028（665）7204

FAX：028（665）7303

e-mail：takita-h01@tochigi-edu.ed.jp

生物科担当 滝田博之