

バイオテクノロジーのマイクロカプセル技術为例に 「カラフルカプセルを作る」

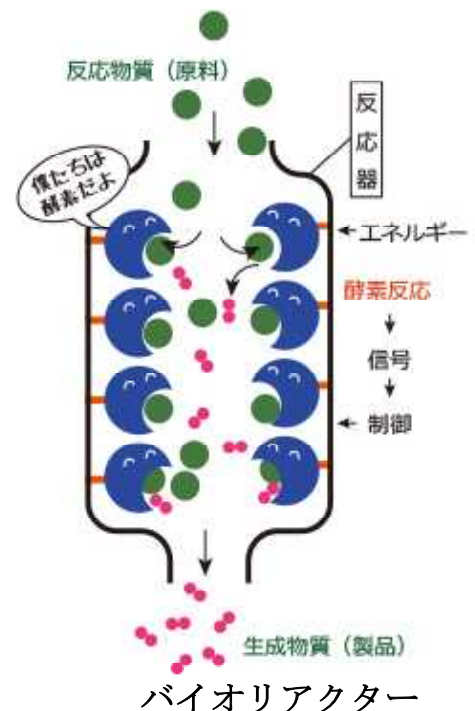
＜バイオテクノロジーと固定化酵素＞

バイオテクノロジーとは、バイオロジー（生物学）とテクノロジー（技術）の合成語です。生物の持っている働きを人々の暮らしに役立てる技術です。

工業的には、「バイオリアクター」とよばれる装置内で微生物、酵素などによる反応を利用して、アミノ酸、調味料、アルコールなどの製造が、工業規模で実用化されています。

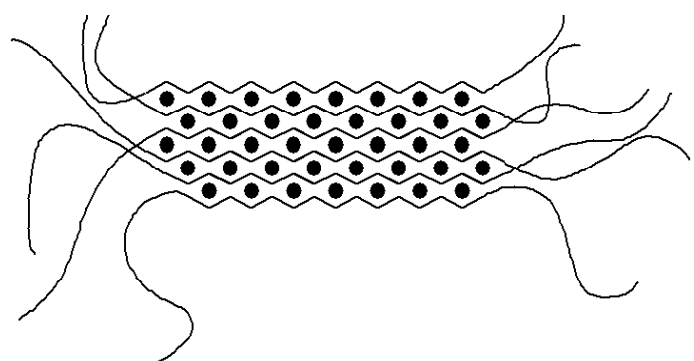
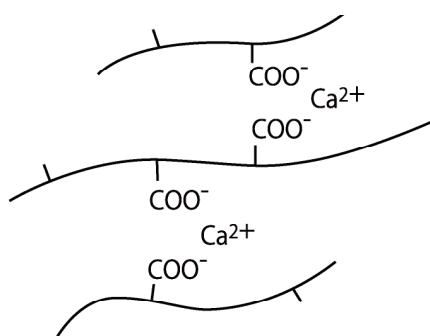
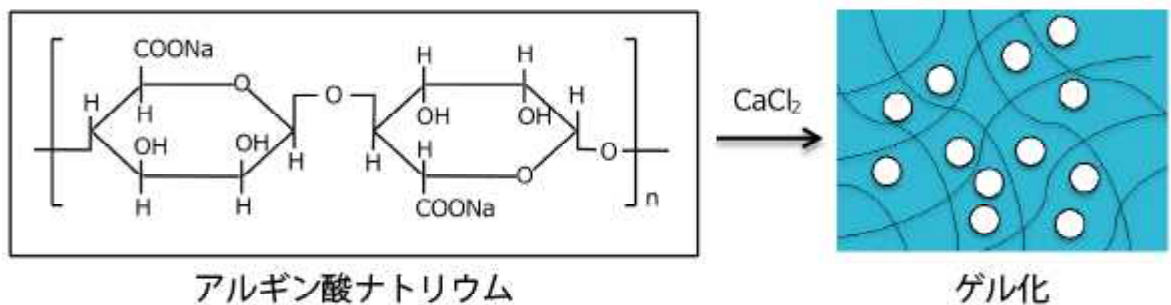
バイオリアクターの中には不溶性の担体に結合させた固定化酵素があり、これによって、触媒となる酵素と生産物を容易に分離することができます。固定化酵素は、研究、医療、分析、産業に広く利用されています。

このうち、酵素を含む溶液の表面に半透性の被膜を形成させ、微小なカプセルを作製し、酵素を固定化する手法をマイクロカプセルによる固定化技術といいます。



＜固定化原理＞

アルギン酸は水に溶けにくいですが、ナトリウム（Na）との塩は水に溶けて粘り気のある溶液になります。このアルギン酸ナトリウム水溶液にカルシウムイオン（ Ca^{2+} ）を加えると、水に不溶なゲルができます。このゲルが膜になって中に溶液を包み込み、酵素を固定化できます。ゲル化するのはアルギン酸ナトリウム中の Na^+ と Ca^{2+} が交換して、アルギン酸の構造中にある $-\text{COO}^-$ の部分で架橋（橋かけ）されるためです。



<実験>

この実験では、アルギン酸ナトリウムと塩化カルシウムを用いて、カプセルを作ります。アルギン酸ナトリウム着色液を、塩化カルシウム水溶液中にポタッと落とすと、小さな美しい色の粒が水面に浮かんできます。この粒の表面は水に溶けない膜で出来ていて、膜の中には小さな液滴が閉じ込められています。それでは、化学反応を用いた小さなカラフルカプセルを作ってみましょう。

手順

◎液滴の飛び跳ねに備え、保護メガネをかけて実験を行いましょう！

- ① 駒込ピペットを用い、着色したアルギン酸ナトリウム水溶液を塩化カルシウム水溶液中に「ポタッ」と落とす。
 - ・駒込ピペットは真っ直ぐ持ち、液面より 5cm ほど上から落とすと粒が丸くなりやすい。

- ② 空ビーカーの上に網をのせ、粒（カラフルカプセル）と塩化カルシウム液を一緒に流し込み、粒を濾し分ける。

- ③ 網の上に残った粒は、適当な容器の上で純水をかけて洗う。出きた粒状のカラフルカプセルについて、洗ったあとに硬さを観察する。また潰してみたりするとよい。

- ④ 網の上にある粒を小さな空ビーカーへ移し、そこへ少量の水を加える。

- ⑤ サンプル瓶や空のペットボトル容器に、④の粒と水を一緒に流し入れる。

この後、サンプル瓶やペットボトル容器に水を溢れる直前まで加えて満たす。気泡等がなるべく少なくなるようにして蓋をしっかりと閉める。

※塩化カルシウムが手に付着したら水道水でよく洗う。

できあがったカラフルカプセルは水を切ってから、燃えるゴミとして処分できます。



<用語解説>

ゲル：

コロイド溶液が網目構造をつくり、流動性を失ってゼリー状となったもの。

例) 寒天、豆腐、こんにゃく、シリカゲルなど。

コロイド溶液：

水の中に粒子の大きな別の物質が溶け混んでいる溶液。粒子が大きいため、水の透過性が失われて不透明になるものが多い。

コロイドの例) 自然現象ではー 雲や霧など。食品ではー 牛乳、チーズやヨーグルトなど。

工業製品ー インク、燃料、化粧品など

準備

アルギン酸ナトリウム
塩化カルシウム
水性絵の具または色素（少量 数色）
ビーカー
ポリ駒込ピペットまたは注射器
網（天ぷらカス揚げ網、茶こしなど）
サンプル瓶または空のペットボトル容器
水（ポリ洗淨びんなどに入れる）

事前準備

1%-アルギン酸ナトリウム水溶液は、一例としてアルギン酸ナトリウム 1g に水 99ml を加えて攪拌調製する（例えば、約 20ml × 5 色）。自然溶解に時間がかかるので、2~3 日前までに準備する。

1.で調製したアルギン酸ナトリウム水溶液に絵の具などを少量ずつ加え、色を確認しながら着色する。

10%塩化カルシウム水溶液は、一例として塩化カルシウム 50g に水 450ml を加えて攪拌調製する（例えば、約 90ml × 5 回分）。

一方、塩化カルシウムは、除湿剤（吸湿剤）、乾燥剤、凝固剤として身の回りで使われ、また融雪剤として冬期の寒冷地道路で凍結防止のために利用されます。

このアルギン酸のナトリウム塩は「水溶性」ですが、カルシウムなどの塩は「不溶性」です。したがってアルギン酸ナトリウムを含む水滴が、塩化カルシウム水溶液に触れると、この触れた部分がゲル化し、液滴の表面にアルギン酸カルシウムの不溶性膜ができます。ゲルとは繊維が絡まり合い、網目状になった状態を言います。人造イクラも、この不溶化反応法を利用して作られています。

不溶性のアルギン酸カルシウム膜には半透性があり、分子の大きさによって膜を物質が通過する速さが異なります。ノンカーボン紙、医薬品、持続性農薬などへの様々な応用が考えられます。

アルギン酸ナトリウム（水溶性）+塩化カルシウム（水溶性）
→ アルギン酸カルシウム（不溶性）+塩化ナトリウム（水溶性）

参考文献

<http://www.edu.kobe-u.ac.jp/ans-bpc/gaiyou2.html>

アルギン酸による金属吸着

https://www.japanprize.jp/simplified/chemistry/1985_katzir.html

JapanPrize 歴代受賞者による社会貢献

生物の酵素を化学工業に応用する固定化酵素を開発 アミノ酸などを効率よく生産

固定化酵素・細胞の利用 戸田 弘 生物学 第 96 巻 第 8 号 (2018)

https://www.ed.tus.ac.jp/~kaken/studies/01/01_thu.pdf

東京理科大学 人工イクラ 2001 年度木曜班

<https://www.jba.or.jp/top/bioschool/index.html>

みんなのバイオ学園 (一般財団法人 バイオインダストリー協会)

https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/171208_02.php

化学反応を使ったカラフルカプセルを作ってみよう!

長岡技術科学大学 工学部