

マイクロカプセル・複合微粒子 公開実験

青い人工イクラを作ってみよう

—マイクロカプセルの化学—

新潟大学 工学部 化学システム工学科

教授 田中真人, 助教 田口佳成*, 技官 斎藤夏風

Web page: <http://capsule.eng.niigata-u.ac.jp/>

*Tel. & Fax.: 025-262-6784

*E-mail: puchi@eng.niigata-u.ac.jp

1997/06/25 1st Ed
2009/08/18 9th Ed

マイクロカプセル・複合微粒子公開実験
青い人工イクラを作ってみよう！
-マイクロカプセルの化学-

新潟大学工学部化学システム工学科
複合微粒子研究室(田中研究室)
田口佳成(助教)
Tel.&Fax.: 025-262-6784
E-mail: puchi@eng.niigata-u.ac.jp

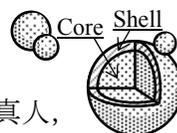
目次

当日の実験の流れ.....	1
1. はじめに.....	1
1.1 マイクロカプセルとは.....	1
1.2 カプセルの形状および構造.....	1
1.3 カプセルが持つ機能.....	2
2. 身近なカプセル.....	3
2.1 初めて商品化されたカプセル.....	3
2.2 各分野での利用例.....	3
3. 研究例.....	5
4. マイクロカプセルの調製方法.....	7
4.1 マイクロカプセルの調製方法.....	7
4.2 界面重縮合実験(演示実験).....	7
4. 人工イクラとカプセル化.....	9
4.1 人工イクラの構造とカプセル化.....	9
4.2 アルギン酸のゲル化.....	9
5. 基礎実験.....	11
5.1 ゲル化実験(全員で実験).....	11
5.1.1 保護用具.....	11
5.1.2 実験器具.....	11
5.1.3 材料.....	11
5.1.4 ゲル化実験方法.....	11
5.2 実験ノート(基礎実験).....	12
6.1 二重ノズルの作成.....	14
6.1.1 材料.....	14
6.1.2 作成方法.....	14
6.2 人工イクラの調製実験(個人で実験).....	14

2009 夢化学 21

6.2.1 実験器具.....	14
6.2.2 溶液の調製.....	14
6.2.3 人工イクラの調製方法.....	15
6.3 実験ノート(人工イクラ調製実験)	16
7. 光学顕微鏡による観察	19
参考文献	19
Appendix	20
用語説明	20
メモ	23

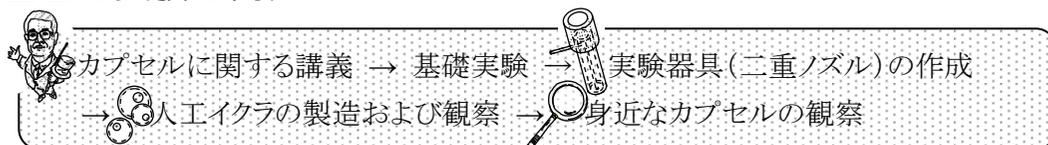
青い人工イクラを作ってみよう



工学部化学システム工学科 田中真人,

田口佳成, 齋藤夏風

当日の実験の流れ



1. はじめに

1.1 マイクロカプセルとは

マイクロカプセルとは、大きさ(直径)が数 μm から数百 μm ($1 \mu\text{m} = 1,000$ 分の 1 mm) の範囲にある微小容器の総称です。容器ですからマイクロカプセルの内部には、何かを入れることができる空間があります。いわば、ピンポン玉を 1 mm 以下の大きさに縮めたようなものと考えればよいでしょう。この容器の部分のカプセル壁、そして中に入れるものを芯物質といいます(図 1)。この芯物質として、気体、液体、固体など様々な状態の物質を閉じ込めることができます。また、最近よく聞くナノカプセルとは大きさがさらに小さく、数 nm から数百 nm ($1 \text{ nm} = 1,000,000$ 分の 1 mm) の範囲にあるものをいいます。

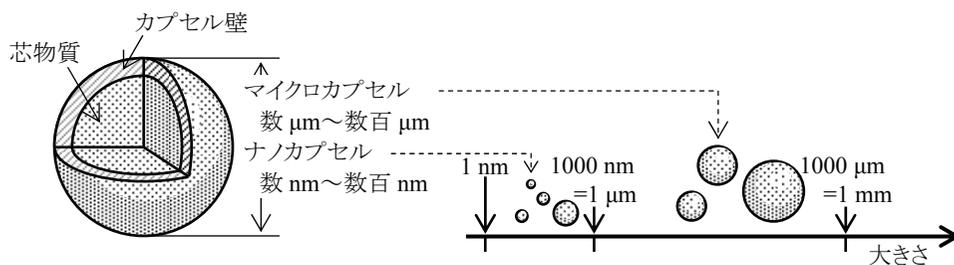


図 1 カプセルの大きさと構造

1.2 カプセルの形状および構造

カプセルは図 1 に示したような典型的なカプセル構造および形状だけでなく、必要に応じて様々な形状および構造に制御されて調製されます。この形状や構造は、使用する物質の物理化学的性質、調製方法などによって決まります(例: 界面張力, 粘度, 剪断力など)。どのような形状や構造がよいかは用途により異なります。形状および構造の代表的な例を図 2 に示します。

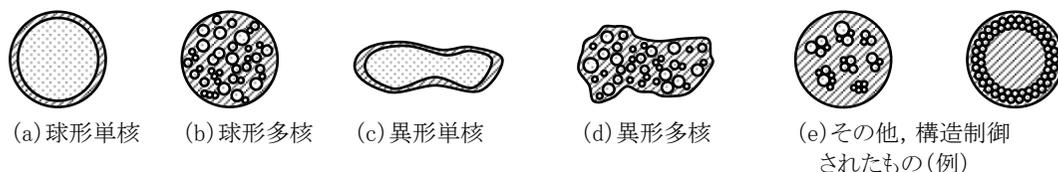


図2 カプセルの形状および構造

1.3 カプセルが持つ機能

マイクロカプセルはカプセル壁および芯物質などの素材, カプセルの形状と構造, 大きさによって様々な機能を発現することができます。このカプセルの代表的な機能として,

- 1) 芯物質を長い時間にわたり保護・隔離すること
- 2) 芯物質を長い時間をかけて徐々に放出すること
- 3) 芯物質を必要なときに瞬時に放出すること
- 4) 芯物質が液体でも見かけ上, 固体として扱うことができること

などがあります。この他にも, 色の隠蔽, 刺激応答性の付与, 比重の調整, 表面改質など, 非常に多くの機能があります。このような機能を利用して, カプセルは広い分野で利用されています。

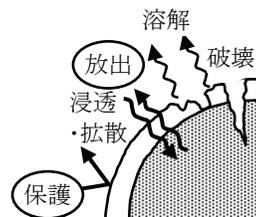


図3. 機能発現機構

2. 身近なカプセル

2.1 初めて商品化されたカプセル

初めて商品化されたマイクロカプセルはNCR (National Cash Resister) の感圧複写紙(ノーカーボン紙)です。複写紙としてノーカーボン紙が出るまではカーボン紙が使用

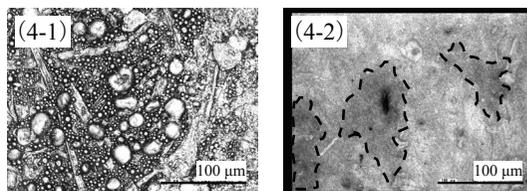


図4 ノーカーボン紙
(4-1: 裏面, 4-2: 表面)

されていました。カーボン紙は、名前のとおりカーボンなどの有色色素を裏面に塗布してあります。一方、ノーカーボン紙はカーボン等をまったく使わない複写紙であり、見かけ上、ほとんど普通の紙と変わりません。図4-1はノーカーボン紙裏面のレーザー顕微鏡写真です。マイクロカプセルが裏面に密に付着していることが分かります。このマイクロカプセルの中には発色剤溶液が入っています。ノーカーボン紙はこの裏面にマイクロカプセルが塗布された紙と、表面に顔色剤が塗布された紙(図4-2)とからなります(図5)。ノーカーボン紙表面から鉛筆等で圧力が加えられると、裏面のマイクロカプセルが破壊され、マイクロカプセル中の発色剤が放出されます。このとき、この紙と重ね合わせてあるもう一枚の紙表面の顔色剤と反応することで発色(図4-2 写真の点線内(実際は青色))する仕組みになっています。

ノーカーボン紙への利用から始まったカプセルは、現在、その優れた機能から、医薬・農薬分野、情報記録材料分野(図6)、化粧品分野、衣料品分野、文房具、建築・土木材料分野など広い分野で利用されています。

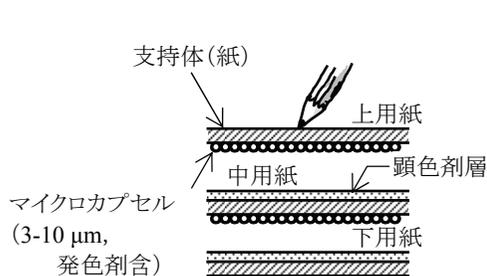


図5 ノーカーボン紙の構造

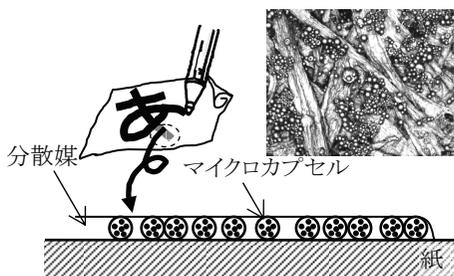


図6 消せるボールペンで書いた紙の表面

2.2 各分野での利用例

マイクロカプセルは芯物質と壁物質の組み合わせ(図7)、さらに構造や形状により、非常に広い分野で利用されています。各分野での利用例を以下に示します。

- 1) 化粧品 紫外線を吸収する物質, 吸水性物質, 空気などをマイクロカプセル化して利用。
- 2) 食品 フレーバーや抗酸化物質, ビタミン類などをマイクロカプセル化して利用。コピー食品(人工イクラ, キャビヤ)の製造, 味のマスクング。
- 3) 情報記録材料 発色剤と顕色剤をそれぞれマイクロカプセル化して, ノーカーボン紙として利用。顔料や染料をマイクロカプセル化してインクジェットプリンタ用インクや重合トナーに利用。
- 4) 医薬品 各種医薬品を芯物質としたマイクロカプセルを利用して, 薬品の必要量を, 必要な場所(患部)へ, 必要な時間をかけ, 医薬品を供給(DDS: Drug Delivery System)。
- 5) 農薬・肥料 農薬, 肥料, 害虫駆除のフェロモンなどをマイクロカプセル化して, 長期間(植苗から収穫まで)にわたり放出して利用。
- 6) 文房具 色材(各種染料や顔料)をマイクロカプセル化して消せるボールペンのインクとして利用。
- 7) 繊維 芳香剤, 保温剤, 抗菌剤, 液晶, 吸湿剤などをマイクロカプセル化し繊維と複合化して利用。
- 8) 建築・土木材 接着剤, 吸湿剤, 凍結防止剤, 特殊染料などをマイクロカプセル化して利用。

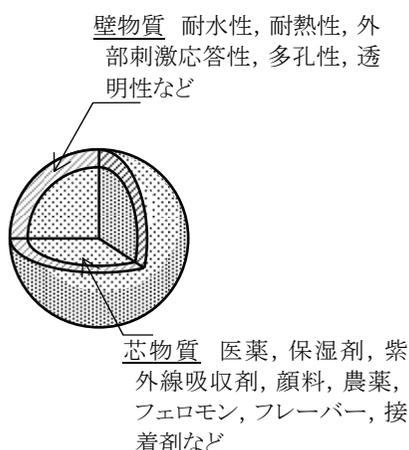


図7 カプセルモデル図

3. 研究例

マイクロカプセルはその優れた特性から、非常に広い分野で利用され、また新たな特性を持つマイクロカプセルの調製技術やその応用方法が多くの研究者によって活発に研究されています。本研究室(複合微粒子研究室)で行っているカプセル関連の研究テーマと調製したカプセルの例(図 8)を紹介します。

博士後期過程 (Doctor) / 研究テーマ

- ・懸濁重合法による複合体微粒子の調製と用途開発
- ・油性成分の界面重縮合反応によるマイクロカプセル化
- ・溶媒抽出法による複合体微粒子の調製技術の開発
- ・廃プラスチックを素材とした各種複合微粒子の調製技術の開発
- ・液液分散系を利用したマイクロカプセルの調製
- ・環境浄化成分のマイクロカプセル化に関する研究
- ・液状物質のマイクロカプセル化に関する研究

博士前期過程 (Master) / 研究テーマ

- ・多孔性微粒子の調製と塗料への応用
- ・ヘム鉄のマイクロカプセル化に関する研究
- ・逆相エマルション系における滴間合一による油性ビタミン類のマイクロカプセル化に関する研究
- ・ミニエマルション重合による複合ナノパーティクルの調製に関する研究
- ・熱分解物質のマイクロカプセル化に関する研究
- ・逆相分散系を利用した pH 応答性染料のマイクロカプセル化に関する研究
- ・各種水溶液のマイクロカプセル化に関する研究
- ・転相乳化法による複合体微粒子の調製
- ・複合ナノ粒子の調製と化粧品素材への応用
- ・潜熱蓄熱材のカプセル化に関する研究
- ・スプレードライ法による食品添加用マイクロカプセルの調製
- ・ナノエマルションフレーバーの開発に関する研究

学士過程(4年生) (Bachelor) / 研究テーマ

- ・pH 応答性染料のマイクロカプセル化と食品素材への応用

- ・光応答物質のマイクロカプセル化
- ・各種刺激応答性マイクロカプセルの調製
- ・ナノ液膜カプセルの調製と特性評価
- ・染料水溶液のマイクロカプセル化
- ・ミニエマルジョン重合による複合ナノスフェアの調製
- ・各種栄養素水溶液のカプセル化
- ・複合マイクロカプセルの調製

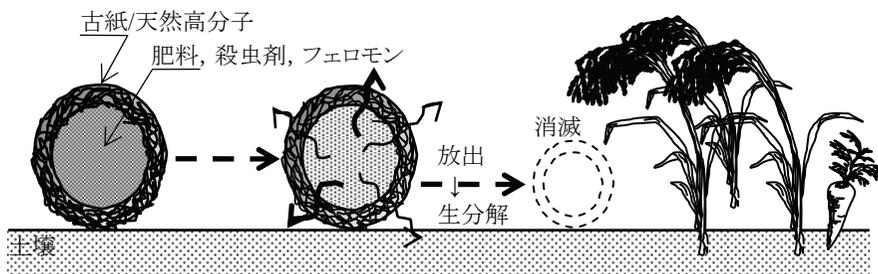
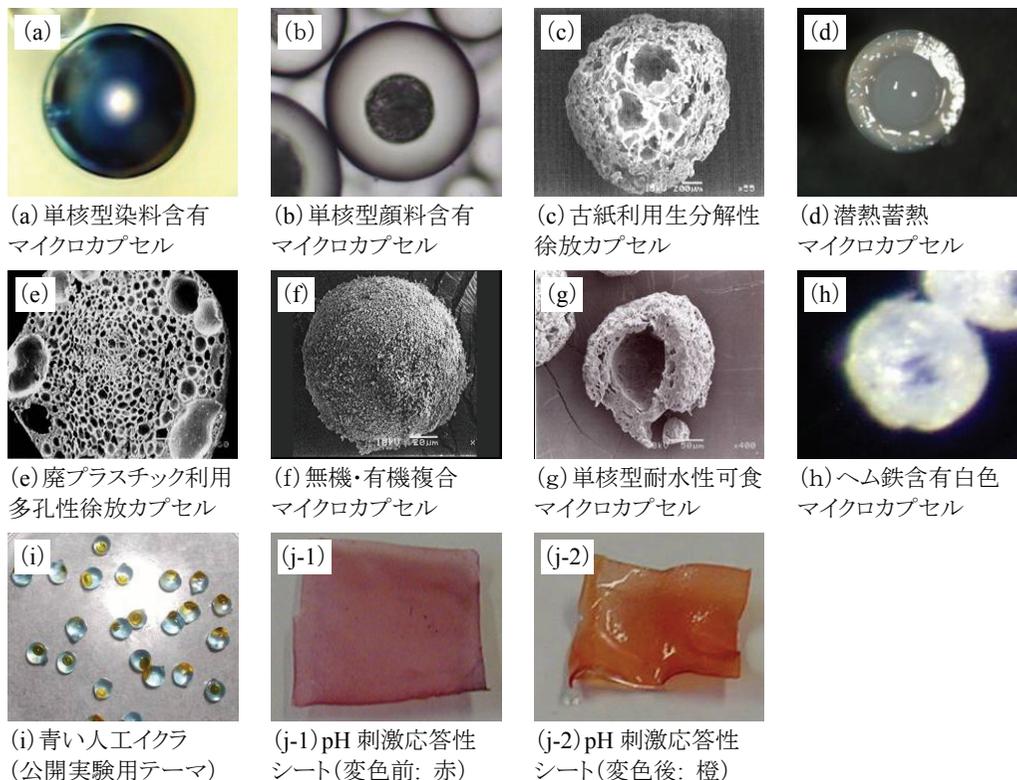


図 8 マイクロカプセルの研究例と利用例

4. マイクロカプセルの調製方法

4.1 マイクロカプセルの調製方法

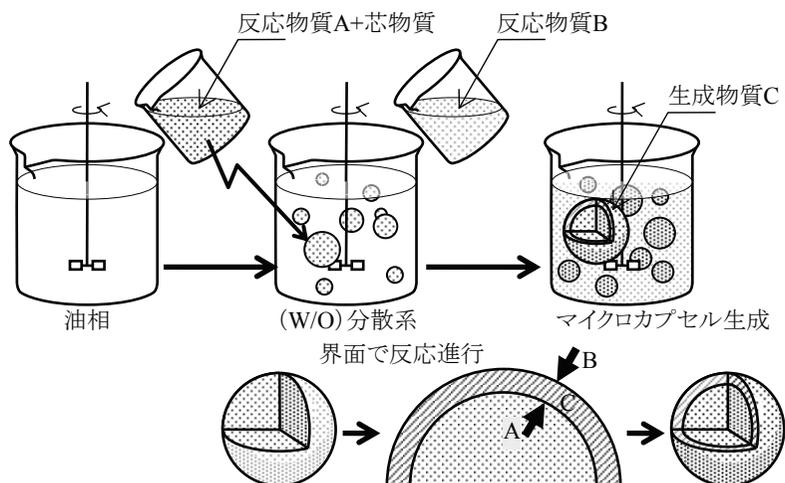
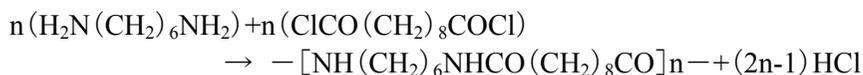
マイクロカプセルの調製方法は、カプセル壁(容器)を作る方法によって、

- 1) 化学的方法(界面重合法, in-situ 重合法など) (図 9)
- 2) 物理化学的方法(液中乾燥法, コアセルベーション法など) (図 10)
- 3) 機械的方法(乾式混合法, 噴霧乾燥法など) (図 11)

に大別されます。高校の化学で学ぶ付加重合反応, 界面重縮合反応は多くのカプセル化で利用されており, 化学的方法に属します。ここでは二重ノズルを利用した化学的方法によって人工イクラを調製します。

4.2 界面重縮合実験(演示実験)

化学的方法に属する界面重縮合(図 9)を実際に行ってみます。例として、ヘキサメチレンジアミンと二塩化セバコイルとの反応からアミド結合を形成することで、6, 10-ナイロンを界面に生成させます。次式にしたがって反応が起こります。



反応物質 A(水溶性): アミン, グルコールなど
 反応物質 B(油溶性): イソシアネート, セバコイルクロライドなど
 生成物 C(固体壁): ポリウレタン, ポリウレア, ナイロンなど

図 9 化学的方法に属する界面重合法例

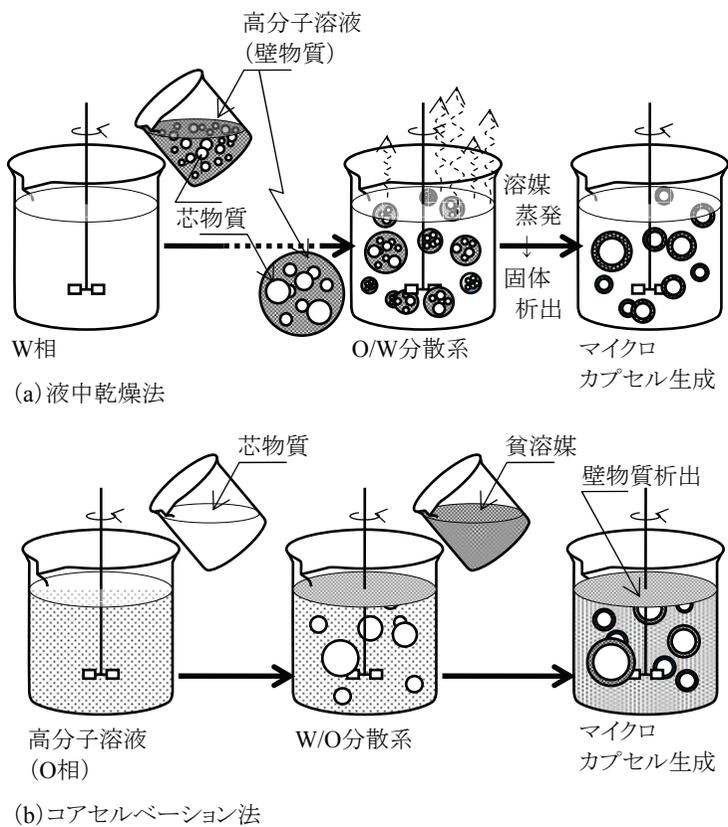


図 10 物理化学的方法に属する界面重合法例

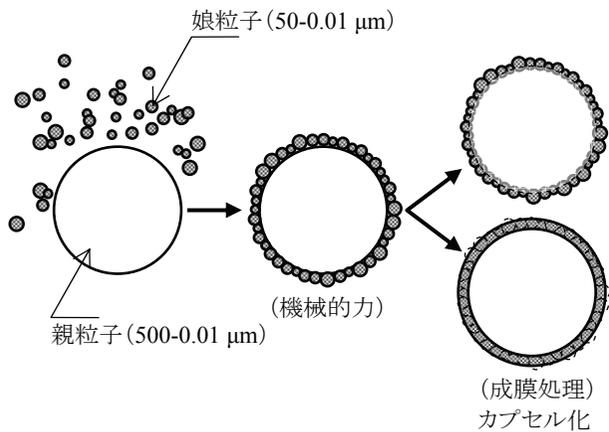


図 11 機械的方法に属する乾式混合法例

4. 人工イクラとカプセル化

4.1 人工イクラの構造とカプセル化

人工イクラは図 12 に示したような三重の構造をしています。外側から順に、

- ・カプセル壁(ゲル): アルギン酸が架橋したゲル
- ・内容液(ゾル): カラギーナン, ゼラチン, ペクチン等の混合物の水溶液
- ・芯物質: サラダ油

で構成されています。この人工イクラの調製方法はいくつかありますが、そのうちの一つの方法に図 13 に示した三重のノズルを使用して調製する方法があります。この三重ノズルには人工イクラの構造と対応させて、外側から順に、

- ・一番外側の管: アルギン酸ナトリウム水溶液(a)
- ・二番目の管: 人工イクラの内容液(b)
- ・中心の管: 人工イクラの芯物質(c)

を流します。この三重ノズルから滴下される液滴はノズルと同じ三重の構造を保って形成されます。この液滴を塩化カルシウムなどのゲル化剤水溶液中に滴下することで、表面に存在しているアルギン酸がゲル化されカプセル壁が形成されます。この実験では比較的作成が容易な二重ノズルを用いて人工イクラの調製(実験用)を試みます。この二重ノズルでは、

- ・外側の管: アルギン酸ナトリウム水溶液
- ・中心の管: 人工イクラの芯物質

を流します。これにより二重の液滴が形成され、表面付近のアルギン酸をゲル化することでイクラと同様の構造をした人工イクラが調製されます。

4.2 アルギン酸のゲル化

上述したアルギン酸のゲル化は、アルギン酸とカルシウムの架橋反応により行われます。この反応を利用して人工イクラの最外壁であるカプセル壁を形成し人工イクラを調製します。

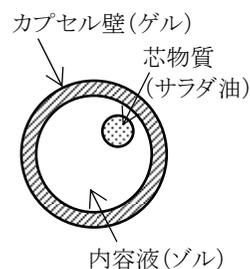


図 12 人工イクラの構造

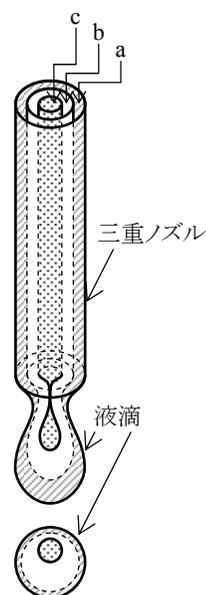


図 13 三重ノズル

このアルギン酸は水溶性の食物繊維でかつ藻類の細胞壁中にカルシウム塩、マグネシウム塩の形で存在しています。ワカメでは、約 60 wt% (乾燥基準) がアルギン酸塩です。アルギン酸は図 14 に示されるようにマンヌロン酸とグルロン酸が鎖状につながった構造をしています。このうち、マンヌロン酸がつながった部分は比較的平坦な構造をしているのに対し、グルロン酸がつながった部分は折れ曲がった構造をしています。

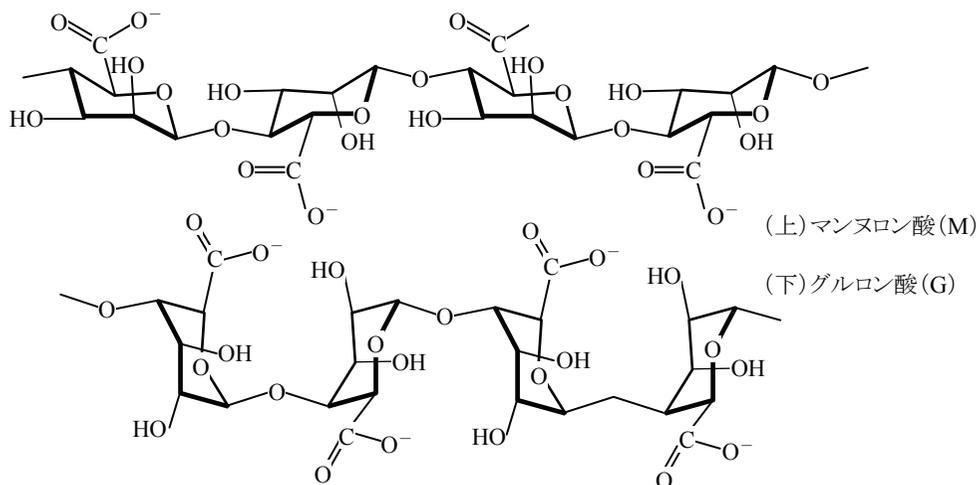


図 14 アルギン酸の構造

アルギン酸はこのままでは水に溶けませんが、ナトリウムと塩を形成すると水に溶解し粘調な溶液となります。このアルギン酸ナトリウムの水溶液にカルシウムイオンを加えると、水に不溶のゲルが生成します。これは、アルギン酸ナトリウム中のナトリウムとカルシウムが交換され、カルボキシル基同士がカルシウムによって架橋されるためです。特に、グルロン酸の折れ曲がった部分にカルシウムイオンが侵入し強い架橋点が形成され、アルギン酸のグルロン酸部が次々と配列することで強度の高いゲルが生成するものと考えられています(エッグボックス構造, 図 15)。このため、アルギン酸中のマンヌロン酸とグルロン酸の比(M/G 比)およびこれらの配列によって架橋点の形成およびアルギン酸の配列が異なるため、生成するゲルの機械的強度等が異なってきます。

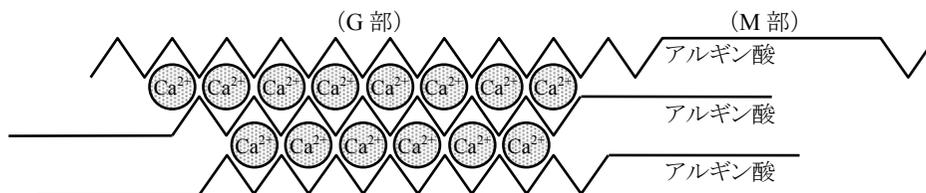


図 15 アルギン酸のゲル化 (架橋) (共同的結合)

5. 基礎実験

5.1 ゲル化実験(全員で実験)

このアルギン酸はカルシウムのみならず他の金属イオンでも架橋が行われゲルが形成されることが知られています。上述したように、ゲルの強度は M/G 比やその配列に依存しますが、この他にもゲル化に及ぼす因子として、金属イオン種および濃度、アルギン酸ナトリウム濃度、架橋時間などが考えられます。そこで人工イクラ調製実験に先立ち、この基礎実験では、金属イオン種およびアルギン酸ナトリウム濃度を適宜変化させ、調製されるゲルの特性に及ぼす影響、および最適な調製条件について検討します。

なお、金属イオンは種類によって体に害を及ぼすものもあります。各溶液およびゲルは決して口に入れないで下さい。また、保護メガネを必ず着用し、ゲルを触る必要がある場合は実験用手袋を着用して下さい。使用した金属イオン水溶液の廃液は指定されたタンクに廃棄して下さい。

5.1.1 保護用具

- ・保護メガネ
- ・実験用手袋

5.1.2 実験器具

- | | | | |
|--------------------|------|-------|------|
| ・葉さじ | 10 本 | ・シャーレ | 10 個 |
| ・250 mL メスフラスコ | 数個 | ・スポイト | 10 本 |
| ・100 mL ビーカー(ディスポ) | 10 個 | ・剃刀 | 5 枚 |
| ・薬包紙 | 適宜 | | |

5.1.3 材料

- ・各種 金属塩
(塩化リチウム, (塩化ナトリウム), 塩化カリウム, 塩化マグネシウム, 塩化カルシウム, 塩化ストロンチウム, 塩化アルミニウム)
- ・アルギン酸ナトリウム水溶液(1 wt%) 100 cm³ ・食用色素(必要に応じて)
- ・純水

5.1.4 ゲル化実験方法

- 1) 0.1 mol/dm³ の金属イオン水溶液を各班共同して調製する。
- 2) アルギン酸水溶液を適宜希釈し、濃度の異なるアルギン酸水溶液を数サンプル調製する。
- 3) スポイトでアルギン酸を所定量採取し、金属イオン溶液に滴下し、形成されるゲルを観察、評価する。

5.2 実験ノート(基礎実験)

実験題目: _____

実験年月日: _____ 気温: _____

(予習部分: 省略,)

目的, 原理, 注意事項など

実験操作	気付いたこと

結果と考察(まとめ)

6. 人工イクラ調製実験

食品添加物として認められており、比較的入手が容易である塩化カルシウムを架橋剤として採用し人工イクラの調製実験を行ないます。

6.1 二重ノズルの作成

6.1.1 材料

- ・アクリル棒 (ϕ 20 mm)
- ・アクリルパイプ (外径= ϕ 8 mm, 内径= ϕ 6mm)
- ・ガラス管 (外径= ϕ 1.7 mm, 内径= ϕ 0.9 mm)

6.1.2 作成方法

- 1) アクリル棒を長さ約 30 mm, アクリルパイプ (2 本) を約 25 mm に切断します。
- 2) ボール盤を用いて、アクリル棒の一端に 1.7 mm の穴を、他端および側面に 8 mm の穴を開ける。
- 2) ガラス管の両端をアルコールランプで加熱し丸める。
- 3) 切断したアクリルパイプおよびガラス管を図 16 のように組み、中心位置を調節しながら接着・固定します。

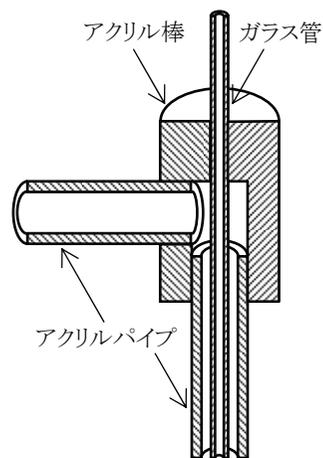


図 16 二重ノズル

6.2 人工イクラの調製実験(個人で実験)

6.2.1 実験器具

・スタンド	1 台	・ムッフ	2 個
・カットリング	1 個	・クランプ	1 個
・マグネチックスターラー	1 台	・500 mL ビーカー (ガラス)	1 個
・二重ノズル (自作)	1 個	・シリンジ	1 本
・ゴム管大, 小	1 個	・ロート	1 個
・ピンチコック	1 個	・攪拌子	1 個
・100 mL ビーカー	1 個	・50 mL ビーカー	1 個
・薬さじ	1 本	・薬包紙	適宜
・つまようじ	数本	・お玉	1 本
・500 mL ビーカー (PP)	1 個	・シャーレ	1 個
・剃刀	1 枚	・サンプル管	適宜
・ジップロック	1 枚	・アルコールランプ	1 個 (共通)

6.2.2 溶液の調製

- ・壁材溶液
 - アルギン酸ナトリウム水溶液(1 wt%) 約 100 cm³
 - 食用色素(赤, 青, 緑, 黄) 適量
- ・芯物質溶液
 - コーン油 約 50 cm³
 - βカロチン(橙) 適量
- ・ゲル化剤水溶液
 - 塩化カルシウム 約 4 g
 - 純水 約 400 cm³

6.2.3 人工イクラの調製方法

- 1) 各溶液を調製します。
- 2) 図 17 を参考に装置を組み立てます。
- 3) 装置下に設置したビーカー内にゲル化剤水溶液を入れます。
- 4) コックを閉じた後、ロートおよびシリンジに壁材溶液、芯物質溶液をそれぞれ入れます。(実験途中で抜けないように、シリンジ先端の油を拭きとってから装置にはめること。さらに、シリンジから二重ノズル先端までの空気を 5) の操作に入る前に押し出して抜いておくこと。)
- 5) ピンチコックを少しずつ開けて、滴下速度を調節しながら、壁材溶液をビーカー内に滴下します。ピンチコックは液滴がビーカー内に「ポタッ、ポタッ」とゆっくりと滴下するように調節します。
- 6) ゲル化剤水溶液中に芯物質のないゲル粒子ができていることを確認します。
- 7) 続いて、シリンジを軽く一定の強さで押し続け、ノズル先端に形成されている液滴内に芯物質を含有させます。滴下に合わせてシリンジを押し出したり離したりする必要はありません。
- 8) 芯物質の入った人工イクラができます。
- 9) ゲル化剤水溶液中に滴下後すぐに取り出したものと、ある程度ゲル化剤水溶液中に放置していたものとの内部構造を比較してみます。

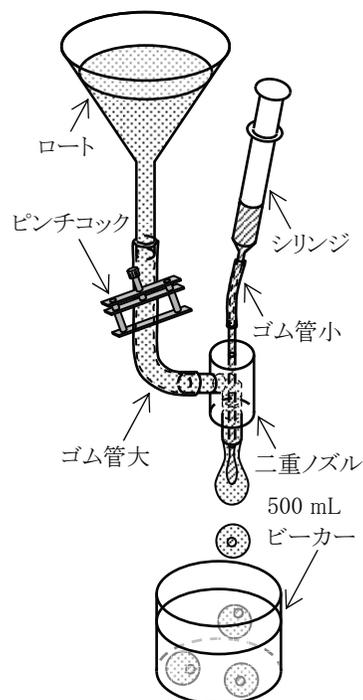


図 17 カプセル化装置

6.3 実験ノート(人工イクラ調製実験)

実験題目: _____

実験年月日: _____ 気温: _____

(予習部分: 省略,)

目的, 原理, 注意事項など

実験操作	気付いたこと

結果と考察(まとめ)

この他に比較的簡単な人工イクラの調製方法(実験用)として、単一ノズルを用いた方法があります。これはまず、アルギン酸水溶液にコーン油を加え攪拌することで、O/W 分散系(水中に油滴が分散している系)を調整します。この分散系をロートなどを利用して単一ノズルから塩化カルシウム水溶液中に滴下することで内部に油滴を複数包含した人工イクラを調製できます。内部の油滴の大きさや数は、アルギン酸ナトリウムとコーン油の粘度、界面張力、攪拌による剪断力などに強く依存します。詳しくは

田中研究室 http://capsule.eng.niigata-u.ac.jp/howto/ht_ikura/index.html
を参照して下さい。

7. 光学顕微鏡による観察

光学顕微鏡により、調製した人工イクラと市販されているカプセルを利用した製品の観察を行います。

参考文献

- 1) Denis J. M.; FAO Fisheries Technical Paper, 288 (1987)
- 2) Horn S. J.; Doctoral Thesis, Norwegian University of Science and Technology (2000)
- 3) Liners F. et al.; Plant Physiol., 91, 1419-1989 (1989)
- 4) Thu B. et al.; Biomaterials, 17(11), 1069-1071 (1996)
- 5) 北原文雄: 界面・コロイド化学の基礎, 講談社(1994)
- 6) 小石真純, 近藤保: マイクロカプセル, 三共出版(1977)
- 7) 小石真純 他, 造る+使うマイクロカプセル, 工業調査会(2005)
- 8) 小石真純 他, マイクロ/ナノ系カプセル・微粒子の応用展開, シーエムシー出版(2009)
- 9) 近藤保, 鈴木四朗: 生活の界面科学, 三共出版(1976)
- 10) 佐藤貴哉 他: 繊維学会誌, 52(1), 20-26(1996)
- 11) 鈴木四郎, 近藤保, 入門コロイドと界面の科学, 三共出版(2004)
- 12) 鈴木洋, 界面と界面活性物質, 産業図書(2001)
- 13) 田中研究室 WEB Page: <http://capsule.eng.niigata-u.ac.jp/>
- 14) 戸島直樹: 理解しやすい化学 IB・II, 文英堂, 1999

Appendix

用語説明

•in-situ 重合法

マイクロカプセルやその他複合微粒子の調製方法の一つで化学的方法に属します。

in-situ は、「本来の場所で」とか、「もともとの場所で」という意味があります。この方法にも何種類かに方法があるのですが、最も簡単な方法について説明します。界面重合法とちがいで、まず一種類の反応物質だけを芯物質溶液の中に溶解させます。この反応物質として、モノマー(スチレンやメタクリル酸など)とよばれる物質が多く利用されている。このモノマー同志が、多数結合して分子量の大きいポリマーを生成し、カプセル壁を形成し、マイクロカプセルが生成されます。

•M/G 比

分子中でのマンヌロン酸/グルロン酸の比のこと。多価金属イオンによるアルギン酸のゲル化において、M/G 比が低い、すなわち、グルロン酸の比が高いほどより強いゲルが形成されます。

•nm (ナノメートル)

長さの単位です。1 nm = 10^{-3} μm (マイクロメートル) = 10^{-9} m

•O/W 分散系, W/O 分散系

水相中に油相が液滴の状態分散している状態 O/W 分散系といいます。O= Oil, W= Water を表しています。逆に油相中に水相が液滴の状態分散している系を W/O 分散系といいます。固体が分散している場合は”S”を、気体は”g”を用いて表します(solid, gas)。

• μm (マイクロメートル)

長さの単位です。1 μm = 10^{-6} m

•Å (オングストローム)

長さの単位です。1 Å = 0.1 nm (ナノメートル) = 10^{-10} m

•液中乾燥法

マイクロカプセルやその他複合微粒子の調製方法の一つで物理化学的方法に属します。例えば、ポリマーをカプセル壁として利用する場合は、まずポリマーを溶媒で溶解した液を水中に分散させます。この系を加熱することで溶媒を除去し、ポリマー微粒子を調製します。この状態は、海水を煮詰めていくと塩分が析出してくるのと同様で、この塩分がカプセル壁を構成していくということになります。予め、ポリマー溶液もしくは水中に複合化したい物質を添加することでマイクロカプセルを調製できます。ポリマー以外のカプセル壁材でも同様の方法でマイクロカプセルを調製できます。それぞれの物質の沸点の関係が重要となります。

•界面重合法

マイクロカプセルやその他複合微粒子の調製方法の一つで化学的方法に属します。



のような反応を界面で行うことでマイクロカプセルを生成する方法です。

例えば、水溶性モノマーと芯物質を混合した溶液を油相中に分散させ、そこへ油溶性モノマーを添加することで上記の反応を行わせます。これによって界面で反応が起こり、マイクロカプセルが生成します。ヘキサメチレンジアミン(水溶性モノマー)+二塩化セバコイル(油溶性モノマー)などではカプセル壁として6, 10-ナイロンのカプセル壁が形成されます。水相と油相の順序を入れ換えても同じ方法でマイクロカプセルを作ることができます。この際には、芯物質は油溶性であったり、あるいは、油相に分散した状態になります。

•乾式混合法

マイクロカプセルやその他複合微粒子の調製方法の一つで機械的方法に属します。例えば、芯物質(これを親粒子よぶ)と、この芯物質の1/10くらいの大きさの粒子状のカプセル壁物質(これを娘粒子とよぶ)を混合しながら機械的な力を加えていきます。そうすると、カプセル壁物質が圧縮されて、芯物質粒子の表面を被うようにカプセル壁が形成されます。このようにしてマイクロカプセルが生成されます。これは、あたかも、“おむすび”のまわりに“ゴマ”をつけるようなものです。このような方法を繰り返せば、性質が異なる物質で二重三重のカプセル壁を形成することができるためまったく新しい機能を持ったマイクロカプセルを生成できます。

•コアセルベーション法

マイクロカプセルやその他複合微粒子の調製方法の一つで物理化学的方法に属します。例えば、カプセル壁を形成する物質をまず油相に溶解しておきます。ここに芯物質となる水相を、攪拌によって微小滴とし分散させておきます。このようなW/O分散系の油相にカプセル壁物質をよく溶かすことのできない液体(これを貧溶媒という)を注入していきます。すると壁物質の溶解度が低下するために、壁物質が微小滴をとり囲むように析出してきます。あるいは、W/O分散系の温度を下げてもカプセル壁物質の溶解度が低下するので、同様にカプセル壁が形成されます。pHで制御することもしばしばあります。

•ゾル, ゲル

コロイド粒子が液体に分散して流動性を持ったコロイド溶液をゾルといいます。一方、流動性を失った半固体状のコロイド溶液をゲルといいます。

•表面, 界面

界面とは、ある物質の相とそれと接しているもう一方の物質の相との境界面のことをいいます。表面とは、片方の物質が空気であるときの境界面を表面といいます。

•表面張力, 界面張力

界面張力とは、ある界面を単位面積だけ作るのに要するエネルギーのことをいいます。物質中の分子は互いに引き合っていますが、界面に存在する分子は界面側から同じ分子からの引力を受けないため

内部へと引っ張られ、界面を収縮しようとします。この収縮しようとする力が界面張力の強さとなります。片方の物質が空気であるときの界面張力を表面張力といいます。

• 噴霧乾燥法

スプレードライ法といいます。マイクロカプセルやその他の複合微粒子の調製方法の一つで機械的方法に属します。例えば、芯物質(微粒子の固体や液体)を、カプセル壁となる物質を溶かした液体に投入する。これを噴霧状にして、熱風中に吹き出します。すると、カプセル壁物質を溶かしている液体が蒸発するためにカプセル壁物質が残り、マイクロカプセルが生成されます。

×毛