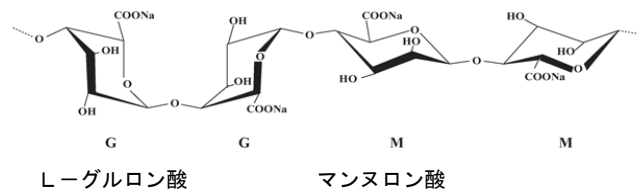


## 人工イクラを科学する

熊本県立熊本北高等学校 化学部 梅木 和哉・内田 隼輔・瀬濱 龍平

## 1 研究の目的

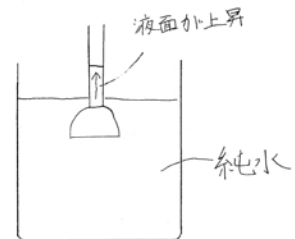
- (1) 動機 アルギン酸ナトリウム水溶液と塩化カルシウム水溶液を混合すると、表面が不溶性の膜でおおわれたマイクロカプセルができる。これが人工イクラである。
- (2) アルギン酸とは 水溶性の食物繊維で、褐藻類（ワカメやコンブなど）の細胞壁中に、カルシウム塩、マグネシウム塩として存在。マンヌロン酸とL-グルロン酸の重合体である高分子化合物。
- (3) 人工イクラ アルギン酸ナトリウム( $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$ )<sub>n</sub> は水に溶け、粘性の強い水溶液になる。これにカルシウムイオン  $\text{Ca}^{2+}$  を加えると、2価の  $\text{Ca}^{2+}$  がアルギン酸イオンに架橋して、水に溶けないアルギン酸カルシウムが生成する。このゲル状の膜で覆われたマイクロカプセルのこと。
- (4) 今回の研究 ① 温度、各溶液の濃度、混合時間、カルシウムイオン以外のイオンの使用など、条件を変えて、人工イクラ作りを試みた。② 簡易浸透圧測定装置の開発に挑戦した。



## 2 研究の方法・内容

## (1) 人工イクラの生成

- ①濃度、温度、反応時間を変えて人工イクラを作る。
- ②人工イクラの密度を測定する。
- ③混合溶液の液性を変えて人工イクラを作る。
- ④カルシウムイオン以外のイオンで人工イクラを作る。



## (2) 簡易浸透圧測定装置の開発

- ①浸透圧測定のしくみ 濃度のわかった水溶液の浸透現象からガラス管に目盛をつけ、濃度のわからない水溶液の浸透圧をガラス管の液面の高さで測定する。
- ②濃度を測定したい溶液を入れる器具をつくる。

## 3 研究の結果

## (1) 人工イクラの生成 ①-1 濃度、温度

| 温度<br>CaCl <sub>2</sub> aqの濃度 | 5℃    | 25℃   | 80℃  |
|-------------------------------|-------|-------|------|
| 1.0%                          | 軟 透明  | 軟 半透明 | 軟 白色 |
| 5.0%                          | ↑ 半透明 | ↑ 半透明 | ↑ 白色 |
| 10 %                          | ↓ 半透明 | ↓ 半透明 | ↓ 白色 |
| 飽和                            | 硬 白色  | 硬 白色  | 硬 白色 |

## ①-2 反応時間

|      |                       |
|------|-----------------------|
| 混合直後 | 固まっているが、軟らかく潰れやすい     |
| 2分後  | 表面は硬くなっているが、中心はまだ軟らかい |
| 20分後 | 2分後より表面は厚い。中心はまだ軟らかい  |
| 1日後  | 二重膜構造がはっきりと見え、中心は硬い   |

①-3 濃度 ( $(\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6)_n$  aqを変化)

| ( $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$ ) <sub>n</sub> aq | 1.0% | 0.50% | 0.10% |
|--------------------------------------------------------|------|-------|-------|
| CaCl <sub>2</sub> aq                                   |      |       |       |
| 1.0%                                                   | できる  | できる   | できない  |
| 0.50%                                                  | できる  | できる   | できない  |

## ② 人工イクラの密度

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 1.0% | 2.0% | 3.0% | 4.0% | 5.0% |
| 浮    | 沈    | 沈    | 沈    | 沈    |

|            |
|------------|
| ↓          |
| 1.5%       |
| 浮いたり沈んだりした |

人工イクラは、製法、大きさに関係なく、塩化ナトリウム1.5%水溶液と同程度の密度を持つことがわかった。

### ③ 混合溶液の液性

| 液性   | 硬さ   |
|------|------|
| 強酸性  | 硬い   |
| 弱酸性  | やや硬い |
| 中性   | 硬い   |
| 弱塩基性 | やや硬い |
| 強塩基性 | 硬い   |

$\text{Cu}^{2+}$  を使った人工イクラ



### ④ カルシウムイオン以外のイオン

| イオン                        | 形状                       |
|----------------------------|--------------------------|
| マグネシウムイオン $\text{Mg}^{2+}$ | できない                     |
| バリウムイオン $\text{Ba}^{2+}$   | $\text{Ca}^{2+}$ よりやや硬い  |
| 銅(Ⅱ)イオン $\text{Cu}^{2+}$   | $\text{Ca}^{2+}$ よりやや硬い  |
| 鉄(Ⅲ)イオン $\text{Fe}^{3+}$   | 表面は薄く、パリパリ<br>していて、潰れやすい |

どの液性の時もほとんど差はない。

### (2) 簡易浸透圧測定装置の開発

①浸透現象による液面上昇 溶液注入時には、膜が完全には張っておらず（少ししぼんだ状態）、浸透した純水がマイクロカプセル内を完全に満たした後（カプセルがパンパンに膨れる）、ガラス管内の液面上昇が始まる。つまり、浸透圧が液面上昇にだけはたらいたのではなく、膜内を膨潤させることにもはたらいた。



②簡易浸透圧測定装置 ○膜は、1.0% ( $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$ )<sub>n</sub> 水溶液と 1.0%  $\text{CaCl}_2$  水溶液から、直径 3 cm 程の人工イクラをつくり、表面の膜をはぎ取って用いた。○ガラス管に直接膜を付け、表面積を小さくし、膜の張りや緩みの影響が出ないようにした。○膜の上部は、ガラス管にパラフィルムで固定し、その上にビニールテープを巻き完全に密閉した。○ガラス管内に NaCl 飽和水溶液を高さ 4 cm まで注入し、先端の膜の部分だけを純水に浸した。



○以上の結果、平均 5 時間程度まで液面上昇が続いた。

## 4 考察

○人工イクラをつくる時の最適条件は、次のとおりである。・反応時間は長いほうがいい。・( $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$ )<sub>n</sub> 水溶液の濃度は、0.05～1.0%。・ $\text{CaCl}_2$  水溶液は、0.50%以上であれば、生成する。・液性は、強酸性、中性、強塩基性で硬めのものが生成する。したがって、中性の  $\text{CaCl}_2$  水溶液だけでよい。○ $\text{Ca}^{2+}$  以外のイオンからも人工イクラが生成したが、Ca と同じ 2 族の  $\text{Mg}^{2+}$  では生成しなかった。イオンが小さく、( $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6$ )<sub>n</sub> どうしを架橋するには、大きさが不十分であるとも考えたが、イオンの半径は、右表のとおりで、水溶性と不溶性の違いが何に由来するかを検証は今後の課題である。○簡易浸透圧測定装置の試作品は完成し、液面上昇は観察された。濃い溶液ほど、液柱は高く上昇することも確認できた。しかし、何れの場合も液面上昇は 1～2 cm 程度に留まっており、未知濃度の決定までには至っておらず、現在継続研究中である。 $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  とのファンデルワールス力などの相互作用、イオンの大きさによる排除体積効果を見逃し、NaCl が完全電離するとし、飽和水溶液の濃度 5.42 mol/L、密度 1.20 g/cm<sup>3</sup>、とすると、浸透圧は、ファンツホッフの式  $P = cRT$  より、 $2.64 \times 10^7$  Pa と求まり、内径 6 mm (表面積  $1.13 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ ) のガラス管中の液柱の高さ  $h$  cm は、(液中の重さによる圧力) = (浸透圧) より  $1.20 \times (4+h) \times 1.13 \times 10^{-3} \times 9.8 \div (1.13 \times 10^{-4}) = 2.64 \times 10^7$  となる。しかし、本操作では、相対的に 2 つの別濃度の溶液の液柱の高さから、比例配分で未知の溶液の濃度を求めるので、ファンツホッフの式の補正等はいらない。開発を進め、装置をより完全なものにしたい。

| イオン              | イオン半径 |   |
|------------------|-------|---|
| $\text{Mg}^{2+}$ | 0.86  | × |
| $\text{Ca}^{2+}$ | 1.14  | ○ |
| $\text{Ba}^{2+}$ | 1.44  | ○ |
| $\text{Cu}^{2+}$ | 0.69  | ○ |
| $\text{Fe}^{3+}$ | 0.87  | ○ |

## 5 参考文献

静岡理工科大学 生命科学研究室 人工イクラをつくろう！

<http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/~elegance/jikkensp10/jinkouikura.html>

新観察・実験大辞典 [化学編] ③生活の科学／物づくり 東京書籍