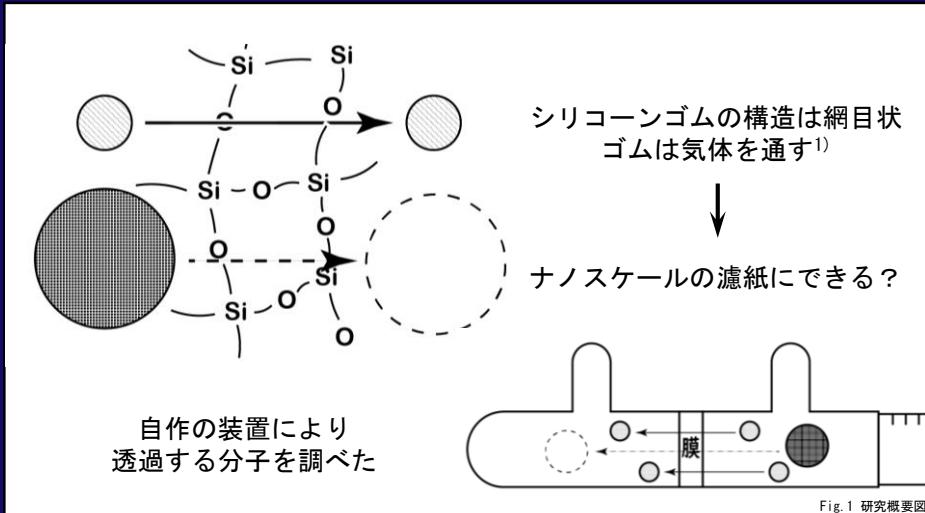




# この溶質が欲しい！を叶える

～シリコーンゴム膜の性質について～

## 【研究概要図】



### I. 新規性

この研究はゴムの網目状の構造から着想を得て、シリコーンゴム膜を水中に対する膜として使えるのではないかと考え開始した。この着想は先行研究がなく、この研究が全く知られていない膜科学の一分野を開拓することになり、さらにこの内容を発展させるとシリコーンゴム膜を膜にかかる圧力に応じて透過性を変えられる膜<sup>※1)</sup>として使うことができようになり、成功すれば**社会に大きな変革をもたらす**可能性がある。

※1 加圧によって変わった網目の大きさと、溶質の大きさにより通っていたものはより通りやすく、通っていなかったものが通るようになる。つまり、イオン透過膜や浸透膜などのように特定の溶質のみ、ではなく幅広い種類の溶質に対応する**選択的分離膜が実現する**のである。

#### 【膜によってできること】



## II. 実験と結果

### A. 装置

実際に溶質を膜に透過させる時に用いる装置は自作のものである。(Fig.5) 現段階で7台が製作された。本研究で用いるシリコーン膜は厚さ50 $\mu$ mのポリジメチルシロキサンであるが、これを用いるのは市販されているゴムの中でも、薄く高強度でありながら入手製が良いためである。



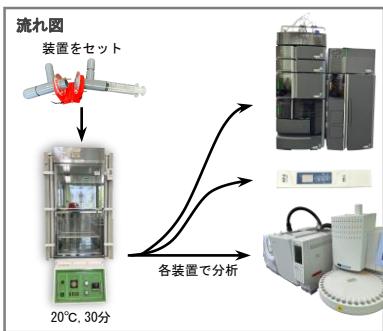
主な素材  
本体：硬質ポリ塩化ビニル管  
加圧部：ポリプロピレン製シリンジ  
蝶番(赤部)：ABS樹脂(積層型3Dプリンタ)  
固定用円盤：アクリル樹脂(レーザーカッター)

### B. 実験項目

- シリコーンゴム膜の...
- 透過する物質
  - 圧力と透過性との関係
  - 時間、温度と透過性の関係
  - 薬品に対する耐性
  - 膜としての性能
- 一現在進んでいる項目

### C. 実験の流れ

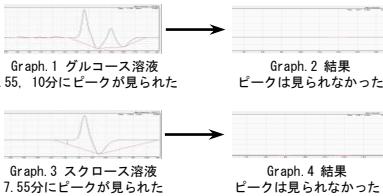
- 装置に膜を張る。
- 装置のシリンジ側に調べたい溶質の溶けた溶液を、もう一方に純水を満たす。
- 速やかに20 $^{\circ}$ Cに設定した人工気象機の中に入れ、30分間放置する。
- 純水の入っていた方の溶液と元の溶液の二つをサンプルとし、各装置で分析する。



### D. 透過する物質についての実験、結果

- Expt.1 グルコース、スクロース  
グルコース、スクロース5%溶液を用いて実験を行い、高速液体クロマトグラフィーで分析した。  
結果：透過性は見られなかった
- Expt.2 KCl, NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>  
各5%溶液を用いて実験を行い、電気伝導度計で分析した。  
結果：透過性が見られた
- Expt.3 トルエン<sup>※2)</sup>  
トルエン(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)5%溶液を用いて実験を行い、ガスクロマトグラフィーで分析した。  
結果：透過性が見られた
- Expt.4 メタノール、エタノール  
メタノール、エタノール10%溶液を用いて実験を行い、高速液体クロマトグラフィーで分析した。  
結果：透過性が見られた

#### Expt. 1のデータ



#### Expt. 2のデータ

Tab.1 各種ごとの透過率

塩	KCl	NaCl	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub>
透過率(%)	1.365	10.00	0.005120	0.3044	15.17

※2 トルエンは無極性分子であり水に対してほとんど溶解性を持たないが、ごく微量溶解したトルエンについて高感度なガスクロマトグラフィーで分析することによってデータを取っている。

使用機器  
高速液体クロマトグラフィー：島津社製SCL-40  
ガスクロマトグラフィー：島津社製GCMS-QP2010Ultra  
電気伝導度計：HORIBA社製B-173 (m範囲)  
HMDIGITAL社製AP-2 ( $\mu$ 範囲)

### E. 圧力と透過性との関係についての実験、結果

- Expt.5 NaCl  
NaCl 0.5%溶液を用い、シリンジから送られる溶液の量をシリンジの0~2メモリの間で0.5メモリ刻みで変えて実験を行い、電気伝導度計で分析した。  
※暫定的な結果：圧力と透過性に相関が見られた

## III. 考察

### A. 分子について

これまでの実験で糖類が透過せずトルエンやメタノール、エタノールが透過することが分かり、なぜ透過する分子に違いがあるのかを考えた。メタノール、エタノールは分子の大きさが小さいので透過したと考えられるが、グルコースとトルエンの模型をそれぞれ組み立ててみると、式量は大きく違うものの立体的な大きさはあまりなかった。このことから、大きさ以外の要素が透過性に関わっていると考えられる。そこでグルコースとトルエンの二つに極性の有無による違いがあることに着目し、分子の極性によって起こる水中の現象。水和を疑った。水和半径の違いによって透過性が変わったとすると今回の結果を合理的に説明できるので、分子については水和半径と透過性は関係していると考えられる。

### B. イオンについて

分子について水和半径と透過性が関係することが考えられるのでExpt. 2の5種類の正塩についても水和半径と透過率に関係があるか調べた。以下その方法を示す。

#### 【方法】

イオン極限モル導電率 $[\lambda_{\infty}]$ 、イオン価の絶対値 $[z]$ <sup>6)</sup>、ファラデー定数 $[F]$ 、アボガドロ定数 $[N]$ 、純水の粘性率 $[\eta_w]$ を用いて、For. 1により溶液中を移動するときのイオン半径(水和半径) $[r_s]$ を求め、(Tab.2)電気伝導度 $[S]$ 、各塩の重さ $[g]$ 、蒸留水の体積 $[mL]$ 、原子量<sup>9)</sup>により各塩の濃度 $[mmol/L]$ 、各塩の透過率を求めた。求めた水和半径と透過率をそれぞれ昇順、降順で表に並べた。(Tab.3) (カッコ内は実際の数値)

Tab. 3は水和半径を昇順、透過率を降順で示しており、大きいものほど通りづらくなるのが予想できるので、相関があれば上下とも同じ並びになるはずである。しかし同じ並びにはならなかったことから、イオンの水和半径と透過率には相関がないと考えられる。

これらの結果からシリコーンゴム膜に対する溶質の透過性については一つの法則では説明することができない可能性が大きいことが分かった。イオンは水和半径と透過性に相関がないので、イオンについてのシリコーンゴム膜による選択的分離膜は実現し得ないのではと考えられるかもしれないが、時間、圧力との相関が見られているので、シリコーンゴム膜はイオンについても選択的分離膜になりうると考える。

今後さらに実験を重ね、シリコーンゴム膜の透過性の原理を明らかにしたい。

## IV. まとめ

シリコーンゴム膜で選択的透過膜を作れるのでは？

→社会に大きな変革をもたらす可能性

膜の性質について一部実験

→5種類の塩、トルエン、エタノール、メタノールについて透過性が見られた

選択的透過膜実現の可能性はあるが  
透過の原理を知るにはまだ時間が必要

## V. 参考文献

- <https://www.packing.co.jp/GOMU/kitaitoukasei1.htm> (パッキンランド「各種ゴムの気体透過率比較」)
- <https://insideclimatenews.org/news/01052023/eleven-chemical-plants-in-china-and-one-in-the-u-s-emit-a-climate-super-pollutant-called-nitrous-oxide-thats-273-times-more-potent-than-carbon-dioxide/>
- <https://www.yuasabatteries.com/>
- <https://pharmacy.ucsf.edu/news/2021/09/kidney-project-successfully-tests-prototype-bioartificial-kidney>
- <https://academist-cf.com/journal/?p=6912> (糖の水和の図)
- <https://research.kek.jp/people/hironori/nakao/lab/ion/fonradii-ele.html> (高エネルギー加速器研究機構データベース Shannon et al., Acta A 32 (1976) 751.)
- <https://info.ouj.ac.jp/~hamada/TextLib/kk/chap9/Text/Cs900901.html> (放送大学「第9章イオンの水溶液」)
- <https://ciaaw.org/> (CIAAW原子量)
- [https://www.jstage.jst.go.jp/article/nikkashi1948/92/9/92\\_9\\_785/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/nikkashi1948/92/9/92_9_785/_pdf) (日本化学雑誌92巻9号「伝導度法による水和分子の計算」)

URLは全て2023/12/15に再確認した。

## VI. 研究資料

本研究のポスターや要旨を下記URLよりご覧いただけます。

<https://uslog.tech/PDMS/>

