

# 納豆を用いた水質浄化

## (Water purification using natto.)

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎 2年A組 井上侑紀  
1年C組 高橋かなで 箱崎菜緒美 1年D組 伊藤桃子 横谷怜士

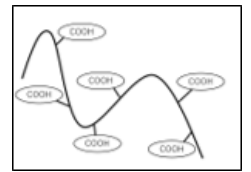
**Abstract:** There are places in the world where clean water cannot be easily obtained.

Therefore, we considered purification of water using the ingredients of natto. From the experiment, we found that the purification principle is different from what we originally considered. Also, since I was able to purify the colloidal solution, I thought that this purification method could purify large bacteria.

**Keywords:** Natto fermented soybeans, Water, Purification, Polyglutamic acid

### 1. 研究背景

海外のインフラが整備されていない地域や被災地などの地域では安全な水の確保が難しく、やむを得ず汚水を飲み、コレラや赤痢などに感染して世界で年間約50万人が死亡している。そこで納豆の主成分であり、凝集作用を持つポリグルタミン酸(右図)を用いた水質浄化が試みられている(日本ポリグル株式会社ホームページより)。本研究グループでも先行研究において汚水にポリグルタミン酸と2価の陽イオンの物質を加えることで目視上浄化できることが分かっていたが、そのメカニズムは不明であった。



### 2. 研究目的・意義

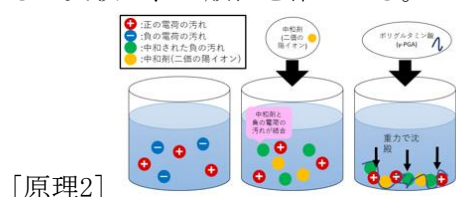
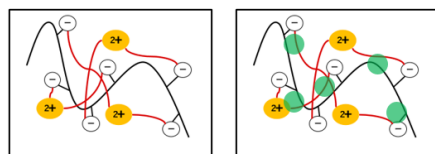
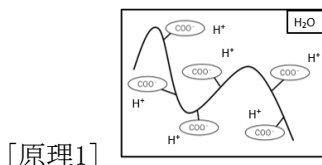
本研究は水の確保が難しい地域で簡単に安全な水を作ることが可能にし、水問題解決に大変役立つだろう。

現在までに仮定した浄化原理には結合する順番の違いから2種類あった。研究を進めると新たな浄化原理が考えられたので、本研究ではポリグルタミン酸を用いた3種類の浄化実験を行い原理を追求した。また、原理を応用して浄化装置の作成に役立てることを目標とした。仮定した浄化原理について以下に示す。

**主な浄化原理:** ポリグルタミン酸(以下、 $\gamma$ -PGA)の側鎖であるカルボキシ基が水素イオンを放出しカルボキシレート基になる。汚水に  $\gamma$ -PGA と 2 価の陽イオンの物質を入れるとカルボキシレート基と 2 価の陽イオンが架橋して網目構造を形成する。網目構造に汚れ物質が絡まり、重力で沈殿することで浄化できる。

主な浄化原理をもとに、結合の順番を考えた。このうち、先に  $\gamma$ -PGA と 2 価の陽イオンが結合し、それを汚水に入れると汚れが網目構造に絡みつき浄化できることを[原理1]とする(下左図)。[原理2]では汚水には正負の汚れがあると仮定し、負の電荷の汚れに着目する。 $\gamma$ -PGAの側鎖は負の電荷をもち、負の電荷の汚れ物質は好ましくないため、加える2価の陽イオンの物質は中和剤の役割を果たす。つまり先に2価の陽イオンと負の電荷の汚れが結合し、 $\gamma$ -PGAを加えて浄化できる。これを[原理2]とした(下右図)。[原理3]では全て同時に入れた。 $\gamma$ -PGAの側鎖は陽イオンの汚れ物質(一価を含む)や2価の陽イオンと結合する。2価の陽イオンは一部架橋を生じる。ここで一部の汚れ物質は結合時に取り込まれ、残りは物理的に絡まって浄化される。理由は1価の陽イオンの汚れ物質によって【実験1】よりも緩い網目構造が生じるからである。

これらの原理が証明できれば、実際に様々な溶液を用いて浄化ができるか実験し、一般性を確かめる。



3. 研究方法 \*以下、2価の陽イオンの物質は酸化カルシウム(以下、CaO)を0.5g、 $\gamma$ -PGAは適量用いている。

(1) 原理の証明実験：砂に水道水を加え5分程置き、その上澄み液200mlと蒸留水100mlを混ぜたものを汚水とする。

【実験1】原理1の証明：ビーカーに蒸留水100ml, CaO,  $\gamma$ -PGAを入れて1時間攪拌する。そこに200mlの上澄み液を加えて混ぜ、時間を置いて観察する。

【実験2】原理2の証明：汚水にCaOを入れ1時間程攪拌する。そこに $\gamma$ -PGA加えて混ぜ、時間を置いて観察する。

【実験3】原理3の証明：汚水に $\gamma$ -PGAを加え、1時間攪拌する。そこにCaOを加えて混ぜ、時間を置いて観察する。(ただし、証明方法は【実験1,2】と全て同時に加えたものとして対照実験を行い、証明する。)

(2) コロイド溶液を用いた実験：最初はNaCl水溶液などのイオンを汚れとしたが、粒子が小さく不適切だと考え、粒子が大きいコロイドを汚れとして実験を行った。コロイド溶液はオレンジジュースとドリップコーヒーとした。

【実験4】オレンジジュースの浄化実験：オレンジジュース50mlと蒸留水250mlを混ぜる。ここにCaO,  $\gamma$ -PGAを同時に加えて攪拌し、沈殿物をシャーレにとり、新たにCaO,  $\gamma$ -PGAを加える(※)。※の操作を10回繰り返す。


【実験5】ドリップコーヒーの浄化実験：ドリップコーヒー50mlを用いて【実験4】と同様に実験する。

4. 結果・考察(\* (1)の結果は表に示す。)

[実験1, 2, 3の結果]

[実験4, 5の結果]

	実験1	実験2	実験3	時間差なし
浄化の結果	×(濁ったままだった)	○(透明になった)	×(濁ったままだった)	○(透明になった)
沈殿物の状態	粉々で、白・茶色の沈殿物が見られた。	塊で、茶色の沈殿物が見られた。	粉々で、茶色の沈殿物が見られた。	塊で、茶色の沈殿物が見られた。



- ①【実験1】【実験3】から、 $\gamma$ -PGAの側鎖が完全に架橋すると網目構造に物理的に汚れが絡まらないことがわかる。
- ②【実験1】【実験3】から、浄化には1価, 2価両方の陽イオンがあり、緩い網目構造を作ることが重要だとわかる。
- ③【実験2】【時間差なし】から、どちらも同じ結果のため中和は関係なく、架橋することが重要だとわかる。
- ④【実験3】は沈殿物が茶色いため一部の汚れは浄化できている。CaOを入れた段階で $\gamma$ -PGAの側鎖がほぼ結合しており、架橋がほぼ生じなかったことが、完全に浄化できなかった原因だと予想できる。
- ⑤ ①②③を踏まえた上で、2価の陽イオンは架橋剤と呼ぶ方がふさわしく、効率的にも全て同時に入れるのがよいと言える。ゆえに、[原理3]が正しい浄化原理だと言える。

【実験4】【実験5】はどちらも沈殿物が生じて、水溶液の色が薄くなった。よって、ろ過よりも浄化の性能は高く、コロイド物質も浄化できたと言える。【実験4】は5回目で最も溶液が透明になり、回数を重ねるごとに白濁した。CaOが過剰になったからだと考えられる。完全に浄化できなかったのはCaOの入れすぎと、汚水に含まれる1価の陽イオンの物質がなくなり【原理1】の状態に近くなったからだと考えられる。泥水もコロイド溶液だが、綺麗な透明になることから、使用したコロイド溶液に含まれる物質のうち色素など粒子の小さいものは浄化できなかったと考えられる。

また、コロイドが浄化できているため、コロイドより大きい菌なども浄化できるのではないかと予想できる。

## 5. 結論及び今後の展望

本研究で、浄化原理が明らかとなった。時間差を設けない浄化方法は時間的に効率的で、また、コロイドよりも粒子の大きい細菌などは浄化できる可能性があることが分かった。しかし、この実験は目視での確認で主観的な結果になるため、浄化度合いを数値化する必要がある。今後は更に実験回数を増やし、安全性を確保する。また、今回明らかとなった原理を用いて浄化装置の作成にも取り組んでいきたい。

## 6. 参考文献・引用文献

日本ポリグル株式会社ホームページ([www.poly-glu.com](http://www.poly-glu.com))

<https://rika-net.com/contents/cp0100a/contents/4610/4610.html>