

牡蠣殻を用いた水質浄化の最適化

Purification of Water Using Oyster Shells

Abstract

In this study, we compared the purifying ability of commercially available oyster shells for water quality control and non-processed shells with different shapes. As a result, it was found that pH of the unprocessed powdery shells increased rapidly and there were combined with phosphoric acid. Duckweed that was added into purified water did not wither. Thus, it was clarified that plants can live when adding oyster shells to purify the water with phosphoric acid.

1. はじめに

世界中で環境破壊が行われている現在、自然保護を基盤とする持続可能な社会を目指す SDGs（持続可能な開発目標）が注目されている。私たちは、その中でも特に「6. 安全な水とトイレを世界中に」の達成に貢献するために水の浄化について取り上げることにした。また、生活排水などに含まれるリン酸を、牡蠣殻を用いることで浄化できることを知り、牡蠣殻を用いた水質浄化についての研究を開始した。さらに、牡蠣殻は大量廃棄が問題となっており、そういった大量廃棄にかかる費用や資源を有効活用するためにも、この実験に牡蠣殻を利用することとした。研究では水質浄化の対象を生活排水などに含まれるリン酸とし、牡蠣殻の形状とその浄化能力を比較することで、最適な牡蠣殻の形状を見つけ、実際の河川でリン酸を浄化できるようにすることを目標とした。

リン酸 (H_3PO_4) を牡蠣殻の主成分である炭酸カルシウム ($CaCO_3$) が吸着し、リン酸カルシウム ($Ca_3(PO_4)_2$) になる ($3CaCO_3 + 2H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3CO_2 + 3H_2O$) というのが、牡蠣殻がリン酸を浄化する原理である。この反応により、水溶液の pH の値が上がり、pH が 7.0 に近づくことで中性になるという浄化作用がある（本研究では中性になることを浄化とする）。またこの反応によりできたリン酸カルシウム ($Ca_3(PO_4)_2$) は水溶性が低いため生成物の回収も容易であると考えられる。そこで、仮説として、牡蠣殻の表面積が大きくなればなるほど、リン酸を短時間で浄化できると考えた。

2. 研究方法

仮説・方法（1）反応によって生じる固体の特定

牡蠣殻（炭酸カルシウム）とリン酸を反応させると、水面に固体が結晶化した。この固体が本当に前述の化学式にあるリン酸カルシウムであるかどうかを確かめるために、リン酸カルシウムの性質（表 1）を用いて、実験を行った。

仮説・方法（2）リン酸を浄化するのに最も効率的な牡蠣殻の形状

牡蠣殻の表面積が大きくなるほど、短時間で急速に浄化されるという仮説を立て、実験を行った。また、市販されている金魚などの水質浄化用の粒状の牡蠣殻では、どのような反応が起こるのかも同

時に検証した。当実験では、粉碎してチップ状にした牡蠣殻と、そのままの形状のもの、また前述の市販の牡蠣殻を比較した。市販のモノは1cm³ほどのチップ状のもので、牡蠣殻の他にミネラルが含まれている。また、対照実験として何も入れていないリン酸水溶液を用意した。リン酸の濃度は0.001mol/Lと、体積は800mlとした。

仮説・方法（3）浄化後の水溶液で植物は生存できるのか

牡蠣殻とリン酸水溶液の反応後の水溶液が中性になっていることは確認できた。ではこの水溶液に生物を入れても生存することができるのかどうかを確かめるためウキクサを用いて、実験を行った。

3. 実験結果

結果（1）

水に固体を加えた場合も、炭酸水に固体を加えた場合も、反応しなかったから固体はリン酸カルシウムであると考えられた(表1)。

図1 炭酸水と固体を反応させたもの

可溶性	リン酸カルシウム Ca ₃ (PO ₄) ₂	リン酸H ₃ PO ₄	炭酸カルシウム CaCO ₃	結晶化した固体
水	×	○	△	×
エタノール	×	○		
アセトン	×			
エーテル		○		
炭酸水			○	×

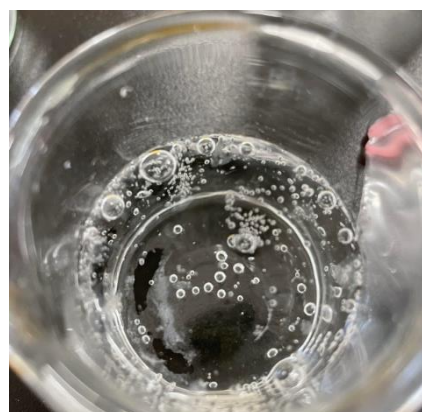


表1 それぞれの物質の液体に対する可溶性

結果（2）

牡蠣殻を入れたものはすべて、pHを7近くまで上げることができた。その中でも特にチップ状のものは水溶液に入れた直後から激しく泡が発生し、急速に反応が進んだ。一方、市販のモノはpHの上昇は緩やかで、金魚などが棲んでいる環境では急激な水槽の水の性質変化を起こさないためだと考えられる。その理由としては、市販のモノにミネラルが含まれているからと考えられるが、ミネラルが水に与える影響に関しては、本研究とは関係ないと判断し、それ以降の調査は行っていない。表2は牡蠣殻の形状と、時間に伴うリン酸のpH値の変化についてのグラフと表である。

	0	0.1	1/3h	2/3h	1h	4/3h	5/3h	1d	6d	7d	12d	14d	18d	21d	25d	26d
市販 1	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2.1	5.6		6.1		6.2		6.6		
市販 2											6.3		6.6		6.7	
粉末 1		3.9							6							6.5
粉末 2	1.6	3	3.9	4	4.6	4.5		5.6		6.1		6.2		6.3		
固形 1		1.9							5.9							6.5
固形 2	1.7	1.7	1.9	2.2	2.4			5.1		6.1		6.3		6.5		
対照実験	1.5		1.6		1.7	1.7		1.5		1.7						

表2 時間に伴うリン酸のpHの値の変化

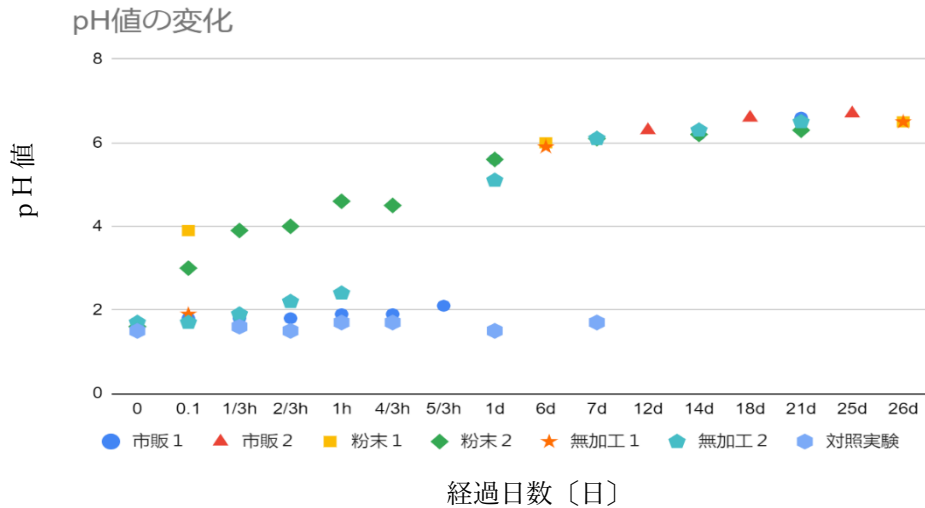


図2 それぞれの牡蠣殻をリン酸に入れた時の時間経過に伴う pH 値の変化

この実験より、最も浄化に適した形状は無加工のものをチップ状にしたものだった。また、その理由は、仮説通り、表面積が大きくなったことにより、リン酸と反応しやすくなったと考えられる。

結果（3）

対照実験として浄化前の 0.001mol/L、800ml のリン酸水溶液にもウキクサを入れたが、こちらのウキクサは 30 分経過してから徐々に色素がなくなり最後は葉がすべて透明になって全滅した(図3)。全滅した理由としてはリン酸水溶液が強酸性であったためだと考えられる。一方、浄化後の水溶液に入れたウキクサは大半が死滅することなく生き残っており、むしろその数は増えた(図3)。図の水溶液が減っている理由としては浄化時に発生した二酸化炭素でウキクサが酸素不足で死ぬことを避けるためビーカーに被せたラップに隙間を設けていたために、水分が蒸発したからである。この実験により牡蠣殻を使ってリン酸を浄化した後の水溶液では生物が生存できることが確認できた。

図3 リン酸に水草を入れた直後（左図）とリン酸に水草を入れてから 30 分後



図4 リン酸を浄化した後の水溶液に水草を入れて一週間程度放置したもの

4. 考察

本研究により水質浄化が最も急速に行われるのは加工を施さず粉砕したものであることがわかった。その理由は、リン酸に触れる表面積が増えるためだと考えられる。また、リン酸と牡蠣殻の反応によって生じるリン酸カルシウムは固体化して、水面に浮くことから浄化後の回収が楽であり、実際に浄化した水溶液に入れたときに植物が生育できる環境になったことから、実際の河川の浄化などにも応用できるのではないかと考えられる。

5. 今後の課題

河川などの多くのものが混合している水溶液には多くの水質汚染の原因となる物質が含まれる。そういった水溶液中でリン酸よりも牡蠣殻に吸着しやすい物質があると、リン酸の浄化はできない。実際の河川からくみ取った水溶液で実際に試してみることが必要になる。また、リン自体は植物の生育に必要な栄養であるので、リン酸を河川から完全に浄化することは環境にとって悪影響を及ぼしかねない。よって完全に浄化できずとも環境に悪影響を与えないラインまでリン酸の浄化を下げるができる牡蠣殻の適当な量を見つける必要がある。さらに牡蠣殻はほかに浄化できる汚染物質がないのか調査する必要がある。

6. 謝辞

本研究の遂行にあたり、大阪教育大学の仲矢史雄先生より本研究をより良いものにするために意見をくださったこと、深謝いたします。

7. 参考文献・URL

- ・土木学会西部支部研究発表会(2012. 3)
- ・農業土木学会論文集 No. 200 p. 69-77(1999. 4)