

珪藻土による水中のアンモニア除去

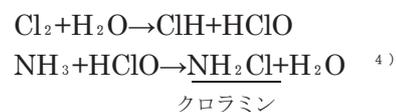
入江夏音, 茅野由奈, 梶下結月, 金川大祐, 米山玲緒
(兵庫県立加古川東高等学校 自然科学部 地学班 珪藻土チーム)

動機・目的

本校のプールでは、水質浄化のために毎日塩素が使用されている。しかしプールの水に含まれる汗の成分であるアンモニアと浄化剤の塩素が化合すると、人間の目などを刺激するクロラミンという有害物質に変化する。そこで、クロラミンによる被害を軽減する方法を考えていたところ、文献調査より珪藻土が空気中でアンモニアガスを吸収することを知った。そこで珪藻土が水中でもアンモニアを吸収すれば、発生源であるアンモニアを除去することでクロラミンによる被害を軽減できるのではないかと考え、珪藻土を用いたアンモニアの除去を目的に研究をはじめた。

キーワード

「珪藻土」珪藻の殻の化石を含む堆積岩で、多孔質である。
「ゼオライト」多孔質であり、沸石ともいう。
「クロラミン」塩化物と水中にあるアンモニアが化合した物質。



水質調査

まず、研究をはじめるときに本校のプールの水質環境を調べた。パックテストを用いてアンモニウム態窒素の濃度を、電子 pH 計を用いて pH の測定をおこなった。

また、プールの測定場所により数値の差が生じる可能性を考慮し、プールを 5 か所に区切って測定をおこなった (図 1)。

その結果、アンモニアの濃度がすべての箇所ですべての箇所約 1ppm と、予想していた値よりも少ない数値となった (表 1)。これは継続的に投入される塩素による浄化で、水質が文部科学省の指定する学校環境衛生基準を満たす値に保たれているためといえる。また、この結果より場所によるアンモニアの濃度の差異はないことがわかった。pH においてもすべての採取場所で約 7.0 に保たれており、偏りはみられなかった。この調査からプールの浄化目的値をアンモニア濃度 1ppm 減と設定した。



図 1 プールの測定場所

表 1 アンモニア濃度 [ppm]

測定場所 測定日	①	②	③	④	⑤
7月19日	1.0	0.5	1.0	1.0	0.5
7月27日	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
7月27日	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0

pH

測定場所	①	②	③	④	⑤
pH	6.96	6.92	6.94	6.94	6.92

水中のアンモニアを吸収するしくみの仮説

珪藻土は多孔質であるため、その珪藻土の孔にアンモニア分子が入り込み、吸着できるのではないかと考えた (図 2)。

孔の大きさ アンモニア分子 0.287nm, 珪藻土 2.0~50nm

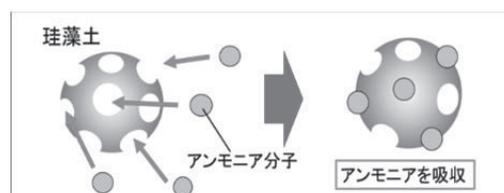


図 2 珪藻土のアンモニア吸収のしくみ

実験材料

珪藻土を水中で使用するにあたり、一般では粉末で販売されている珪藻土を固化する必要がある。しかし、珪藻土はそれ自身では固まらず糊成分が必要であった。私達が糊成分を用いて珪藻土を固め

るとすると珪藻土の孔を塞いでしまいアンモニアを吸収できなくなる恐れがある。そこで、地域の企業である釜谷紙業株式会社に珪藻土を含み、孔を塞がないように加工されている塗装材を提供していただいた。その塗装材には、珪藻土25%、シーラー溶液・土が75%含まれている。そして、その塗装材をストーンペーパーに塗り付け、珪藻土ペーパーを自作した(図3)。



図3 珪藻土ペーパー作成

なお、ストーンペーパーとは石灰石由来の炭酸カルシウムと高密度ポリエチレンからできている水に強く破れにくい紙のことである。

実験1

自作した珪藻土ペーパーが水中でアンモニアを吸収することを確かめる実験をした。比較するものとしては以下の2つである。

【A】珪藻土ペーパー

【B】何も入れていないもの

実験方法は、ビーカーに7.0ppmのアンモニア水溶液100mlを入れ、【A】は各々4cm四方の大きさに切ったものを水溶液の中に入れ、24時間後のビーカー内のアンモニアの濃度をパックテストで測定した。また、水温は測定開始・終了時も約29℃であった。その結果、珪藻土ペーパーは水中でアンモニアを吸収する能力があることがわかった(図4)。

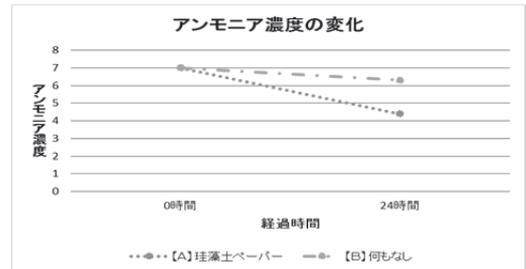


図4 水中でのアンモニア濃度の変化

実験2-1①

実験2-1①では、アンモニアの吸収量を詳細に見るために、測定回数を14時間・10時間ごとに、測定期間を3日間に増やして実験をおこなった。その結果、測定時間によって水温の差が生じ、アンモニアの吸収量も水温の差によって変化しているようにみえた(図5)。また、冬に実験をおこなったため、実際にプールを使用する夏のような高温状態でのアンモニア吸収量と異なる可能性が考えられた。

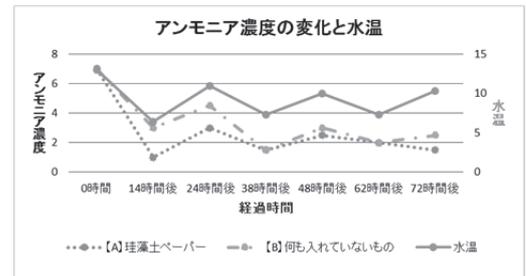


図5 アンモニア濃度の変化と水温

実験2-2①

実験2-1①より、アンモニアの吸収量が水温に影響しているのではないかという仮説を立てた。そこで実験用ホットプレート(図6)を用い、10℃前後だった水温を約27℃に上げて3日間一定に保った。そして、実験2-1と同様の実験方法で実験をおこなった。その結果、温度を一定したことにより、アンモニア吸収量が安定した(図7)。

しかし、温度を全体的に27℃という高温で保つことで、珪藻土ペーパーのアンモニア吸収量が減少した。減少した理由としては、水温が上がったことによりアンモニア分子の熱運動が激しくなり、多孔質から放出されるアンモニア量が



図6 実験用ホットプレート

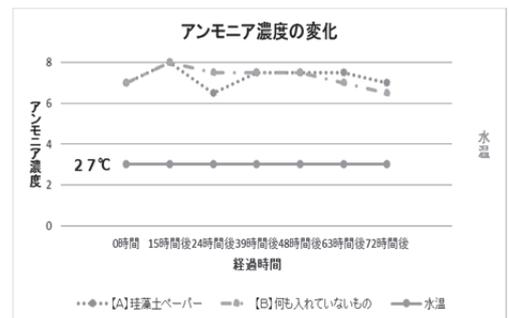


図7 アンモニア濃度の変化と水温

増加したためであると考察する。

新実験材料

珪藻土は水温の変化によりアンモニアの吸収量が影響することから、珪藻土のように多孔質構造をもち、さらにイオン交換作用をもつゼオライトを実験材料に入れることにした。そして、企業より『クリーンライフプロ』という開発中の商品を提供していただき、実験に用いることにした。『クリーンライフプロ』はストーンペーパーの表面に珪藻土 19%、ゼオライト 30%が含まれる塗布材が塗布加工されたもので、消臭、調質機能を利用して壁紙やペットシートなどに用いられる。また、『クリーンライフプロ』は空気中において 45 分間で 95ppm のアンモニアガスを吸収することが企業の実験によって検証済みである。

実験 2-1②

次に、実験 2-1①の比較対象に【C】『クリーンライフプロ』を追加し、同様の方法で水温の変化によるアンモニア濃度変化を計測したところ、珪藻土と比較すると『クリーンライフプロ』は水温の変化にあまり左右されず、安定してアンモニアを吸収していることがわかった (図 8)。

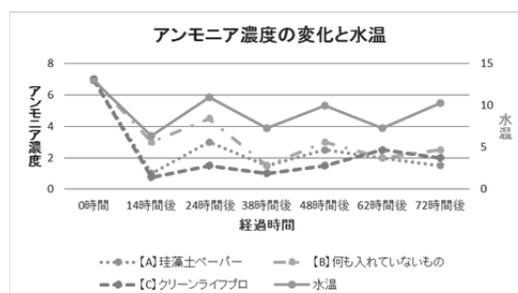


図 8 アンモニア濃度の変化と水温

実験 2-2②

さらに実験 2-2①と同様に温度を一定にし、【C】『クリーンライフプロ』を用いてアンモニア濃度を計測したところ、『クリーンライフプロ』は珪藻土と比較すると、より多くのアンモニアを吸収することがわかった (図 9)。

これは、『クリーンライフプロ』に含まれるゼオライトのイオン交換によるアンモニア吸収効果が高いからだと考えた。また、『クリーンライフプロ』は安定してアンモニアを吸収していることから、水中でアンモニアを吸収するのに一番有用であることがわかった。

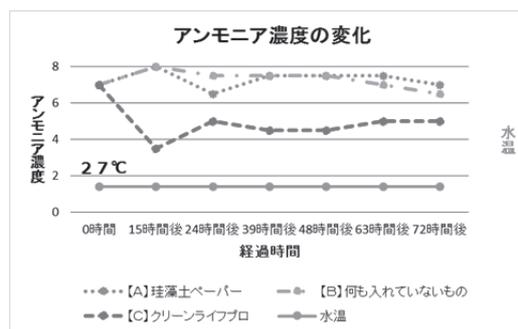


図 9 アンモニア濃度の変化と水温

実用化への提案

次に、実際にプールで使用する際の加工方法を考案した。実験でのビーカー中の水 (100ml) と『クリーンライフプロ』 (4cm×4cm) の比率を体積 531.25 m³ のプールに適用したところ、『クリーンライフプロ』の必要な面積は 8500m² となった。これは非常に大きな値であるため、体積を小さく、表面積を大きくする加工方法が必要である。そこで、紙の性質を利用した加工方法として『クリーンライフプロ』をくす玉型に折ることを提案する (図 10)。

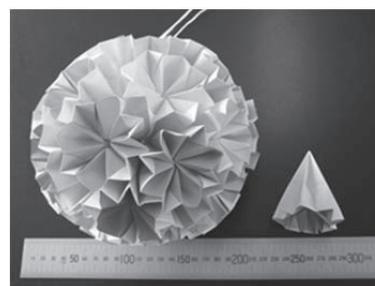


図 10 くす玉 模型

ロープに吊るしたくす玉を、遊泳後のプールに設置することで効率よくアンモニアを吸収できると考えた。しかし、このくす玉を実際にプールで使用すると、7948 個も必要である。また、浄化目標値が 1ppm であることから、『クリーンライフプロ』が 3ppm のアンモニアを吸収できることを考慮するとしても 2650 個となる。そのため、非常に多くのくす玉を作成しなくてはならない。そこで、表面積を大きくする方法だけでなく、『クリーンライフプロ』を改良し、アンモニア吸収効果を高めて、より少ない個数でアンモニア除去が可能に

する必要がある。

まとめ

実験 1 からは、珪藻土は水中でアンモニアを吸収する能力があるとわかった。実験 2 からは、水温がアンモニアの吸収量に影響することが、また、珪藻土とゼオライトを混合した『クリーンライフプロ』のように、珪藻土だけでなくゼオライトを混合した方が有用であることがわかった。

今後の課題

『クリーンライフプロ』自体のアンモニア吸収効果をゼオライトのイオン交換などを利用して、今以上に高めること。『クリーンライフプロ』に持続性をもたせる処理を考えること。アンモニアの濃度の変化が大きい設置時刻から 15 時間後までの濃度変化をより詳細に計測し、『クリーンライフプロ』をプールで使用する際の最も効率的な設置時間を決定すること。ゼオライトのみを含むもので実験をおこなうこと。ペーパーの面積を小さくし、アンモニアの吸収量の限界値をもとめること、である。

謝辞

釜谷紙業株式会社様には、実験で使用した珪藻土塗装剤や『クリーンライフプロ』を提供していただきました。また、大変有益なアドバイスをいただきました。この場を借りて謝意を表します。