

## 溶存リン量の最適化～綺麗すぎない水質の実現～

化学班:上野 皓、高野 友皓、土山 諒也、頼富 相旺

### 要約

本研究は、富栄養化対策の弊害である水系中の溶存栄養塩の減少による貧栄養化に着目し、水生生物の減少および生育不順を解決すべき問題に定めた。リンを水生生物にとっての適量に調節して水中に残し、それ以外を析出させることでこの環境問題を解決できるのではないかと考えた。実験によりリン酸は $\text{FeCl}_3$ を加えることで疎水コロイドの $\text{FePO}_4$ が生成され、凝析や分液漏斗を用いることで水中から析出させることが可能であることがわかった。また、 $\text{FePO}_4$ が $\text{FePO}_4$ を生成する過程で生まれる $\text{HCl}$ に溶解することを利用し、析出量調整を試みたが $\text{FePO}_4$ の $\text{HCl}$ への溶解度が小さいため期待した結果は得られなかった。しかし、 $\text{FeCl}_3$ を他の物質に置き換え、この方法を用いることで濃度調節ができる可能性があると考えられる。

### 1. はじめに

現在では富栄養化の対策として水中のリンがすべて取り除かれていることを知り、本研究では富栄養化の対策の改善を対象にした。富栄養化により植物プランクトンが急増することで酸素濃度が低下し生態系の破壊の原因となるため、植物プランクトンの栄養源である水中のリン酸の量を安定させることで水生生物の生活を向上させ、不漁を改善できるのではないかと考えた。水中のリンが増加する主な原因は工業廃水であり、規制によりリンの溶存量が不足し、水生生物への影響も確認されている。水中にはある程度のリンが必要なため、それらをすべて取り除くのではなく、過剰量だけを取り除き適量にすることを目標とした。本研究では水生生物の生育にとって最適なリンの溶存量をもち、かつ富栄養化を引き起こさない水質を“綺麗すぎない水質”であるとし、水質浄化に用いられるミズゴケ属の生育にとって最適な水中リン溶存量(0.1~0.2mg/L)を適量であるとし、水中で常にこの量を保つことができるような方法を模索した。

### 2. 実験 I

#### 《背景》

リン酸を水中から取り出すための手法を考察した結果、不溶性の塩として定量で取り出せるのではないかと考えた。

#### 《仮説》

価数の高いイオンによる塩は水に溶けにくいという点と、原価の安さという実用性の観点から、鉄イオンを加えることがリン酸イオンを取り出す手法として適当だと考えた。ClやNaは自然環境に与える影響が比較的低いと考えて選出した。

#### 《手法》

まず、 $\text{FeCl}_{3(aq)}$ (0.100mol/L, 100mL)をビーカーに調整し、そこに個体の $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ (0.0333mol)を加え、攪拌して静置し、その後観察した。

#### 《結果》

液全体が下図のように均一に濁っていた。(図1)

#### 《考察》

$\text{FePO}_4$ が沈殿しない程度の小さな分子塊を形成し、 $\text{NaCl}_{(aq)}$ 中に均一に分散したコロイドだと考えられた。



(図1)実験 I :リン酸鉄IIIコロイド溶液の様子

### 3. 実験Ⅱ

#### 《背景》

実験Ⅰで、リンを不溶性の塩として沈殿させて取り出そうとしたが、リン酸鉄がコロイドとなった。そこで、リン酸鉄コロイドを取り出そうと考え、凝析させようと試みた。

#### 《仮説》

リン酸鉄は疎水コロイドだと予想し、凝析を用いれば分離できるのではないかと考えた。

#### 《手法》

実験Ⅰで作成したコロイド溶液に、 $\text{MgSO}_{4\text{aq}}$ (0.040mol/L, 25mL)を加え、静置した上で分液漏斗を用いて分離した。

#### 《結果》

下図のように $\text{NaCl}_{\text{aq}}$ と $\text{FePO}_4$ の層に分離し、分液漏斗により取り出すことに成功した。(図2)

#### 《考察》

不溶塩として取り出すことは十分可能である。定量的に分離することを目標としているため、ここからは量の調節を主題にする。



(図2)実験Ⅱ：分離後のリン酸鉄Ⅲ塩の様子

### 4. 実験Ⅲ

#### 《背景》

実験の過程で、リン酸鉄が塩酸に溶解すると予想し、この仮説に一致する先行研究を見つけた。溶存リン量の調整を主題とする本研究は、調整における利用可能性を期待し、その溶解度を調べた。

#### 《仮説》

塩酸の濃度とリン酸鉄の溶解度が正の相関を持っていると予想した。

#### 《手法》

試験管で0.10mol/Lのリン酸鉄コロイドを10mL調整し、0.925mol/L塩酸を10 $\mu$ Lずつ加え、攪拌し横からペンライトを当ててチンダル現象の有無を観察した。

#### 《結果》

実用性の観点から、塩化水素の物質量がリン酸鉄の物質量の2倍を上回った時点で実験を終了した。その間、チンダル現象は確認され続けた。

#### 《考察》

リン酸鉄の塩酸に対する溶解度は、極めて小さいか、あるいは塩酸の濃度と相関がないと予想される。いずれにせよ我々の研究に活用することは難しいと考えられる。

### 5. 結論

$\text{MgSO}_{4\text{aq}}$ (電解質溶液)により、 $\text{FePO}_4$ (疎水コロイド)の凝析が確認された。今回の手法は水中のリン酸塩の分離に有効であると言える。調整の手法が確立されれば、あるいは水質に関する環境保護について実用的な考え方を提示できる可能性があると考えられる。リン化合物を根絶するのではなく、自然環境に即した量を敢えて排出するための研究ということで、 $\text{FePO}_4$ のHClに対する溶解度や反応熱による反応速度の変化などの要素から析出量の調整を試みたが、いずれも析出量を調整できるような結果はなかった。

## 6. 参考文献ならびに参考Webページ

・水耕培養液中のリン酸濃度の違いがミズゴケ属植物(Sphagnum)の生育とリン吸収量に及ぼす影響 瀬戸山 央・根本正之・人前田良之 <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2030870096.pdf>

・サイエンスビューー 化学総合資料 四訂版 実教出版編修部