

第 20 回 底泥からの栄養塩の溶出

1 霞ヶ浦における温度成層

温帯の湖沼では、春から夏に向けて太陽の熱と光を受け、湖水が温まっていきます。湖水は表層から温まりますが、水には温まるほど密度が小さくなる(軽くなる)性質があるので、温かい水は上部に、冷たい水は下部に移動して簡単には混ざりません。このため、湖水の水温は表層で高く、深層で低い状態になります。湖水が上部の暖かい層と下部の冷たい層に分かれる現象を温度成層といいます。

水深が浅い霞ヶ浦は、風によって水底まで攪拌されるため、温度成層がほとんど発達しません。しかし、風の弱い晴天日には、水面近くが暖められるため、小さな温度成層が現れることがあります。この成層を日成層と呼んでいます。日成層が見られる場合でも、水面近くと底層の温度差は、2～3度以内で、この差も夜には表面から冷やされて消えるのが一般的ですが、ときには数日、持続することがあります。このとき底層では、有機物分解による酸素消費が表層からの酸素供給を上回るため、貧酸素状態になる場合があります。

2 底泥の性状

(1) 底泥の成り立ち

水の中に入っている物質には、溶存態の物質と懸濁態の物質があります。懸濁態物質には、河川から流入する砂や粘土分、さらに有機物や栄養塩類を含む固形物などがあります。

河川から流入した懸濁態物質のほか、内部で生産された植物プランクトンも湖底に推積するといわれています。このとき、植物プランクトンの体内に取り込まれた窒素やリンなどの栄養塩も沈殿していきます。また、動物プランクトンは、大部分は魚類に捕食されますが、一部は死骸として湖底に堆積していきます。このように、湖底に堆積した有機物は、底泥中の底生動物や細菌などが食べて消費する働きによって、長い時間を経て減少していきます。

(2) 底泥の堆積

霞ヶ浦の沖合部には、過去数万年にわたる流入土砂等が堆積しています。これらの沖積土と呼ばれる地層が、30～40m以上の厚さで存在し、その上、湖底から0.5～0.8mの深さのところには、約200年前の浅間噴火による火山灰の層が全域に分布しています。さらにその上に、最近沈殿したCOD、全窒素、全リンの有機物濃度の高い物質が堆積しています。

一般に、湖沼の堆積速度は1～数mm/年程度であると報告されていますが、霞ヶ浦における湖底土の堆積速度は、年に数mmから10mmの割合であると推定されています。なお、底泥内では圧密のため、時間が経過すると水分含量が下がり、年堆積厚は深度が増えると減少します。

(3) 底泥の成分

湖底の堆積物の成分については、湖の物質循環に関係の深い炭素、窒素、リンなどを中心に、多くの報告例があります。

国立環境研究所の霞ヶ浦での調査結果によれば、底泥の成分は、季節変化は小さいものの、採取地点による変化が大きく、流入河川の影響を受けやすい河口付近では、河川から流入するリンが沈降しやすいため、リン濃度が高く、比較的流入河川の影響を受けにくい中央部では、アオコなどのプランクトンの沈降物の割合が多いため、炭素や窒素の濃度が高くなる傾向があるといわれています。

3 底泥からの溶出

底泥は、湖内に流入してくる汚濁物質が堆積する一方で、季節によっては湖内への負荷供給源としても作用します。湖沼の底泥には、窒素やリンが含まれているため、これらが再び湖水中に溶出し、植物プランクトンの栄養源となります。

富栄養化した湖では、湖外に排出しきれない底泥中の栄養塩類が湖内で循環使用されるため、流入量が減少しても、水質改善が進みにくい大きな要因となっています。

国立環境研究所による霞ヶ浦の高浜入りでの調査結果では、底泥直上部の水中の溶存酸素濃度が 1.5mg/L 以下の場合には、アンモニア態窒素ならびにリン酸態リンの溶出が増加することが報告されています。

嫌気条件下で溶出する底泥中のリンは、Fe-P の化合物であることが知られています。このため、鉄イオンは湖水中でのリン酸塩の動向に大きな影響を及ぼしています。湖水中のリンイオンは、鉄が十分に存在する場合には、 FePO_4 のような化合物となって沈殿していきま。溶存酸素濃度が高い場合には、底泥の表面に水酸化鉄などの薄い酸化層が形成されているため、底泥からのリンの溶出を阻害するとともに、湖水中のリンを吸着する役割も果たしています。しかし、溶存酸素が少なくなり嫌気条件になると、鉄が還元され($\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$)、水に溶けやすくなります。このため、底泥内の FePO_4 からリン酸塩が溶出してきます。霞ヶ浦で夏などのように日成層が持続すると、底層では貧酸素状態になるため、底泥内では嫌氣的になり、堆積したリンが水中に溶出すると考えられています。このため、水質浄化対策により流入河川の全リン濃度を低下させても、底泥からリンが溶出することにより、霞ヶ浦の全リン濃度に水質浄化効果が表れにくい要因の 1 つとなっています。

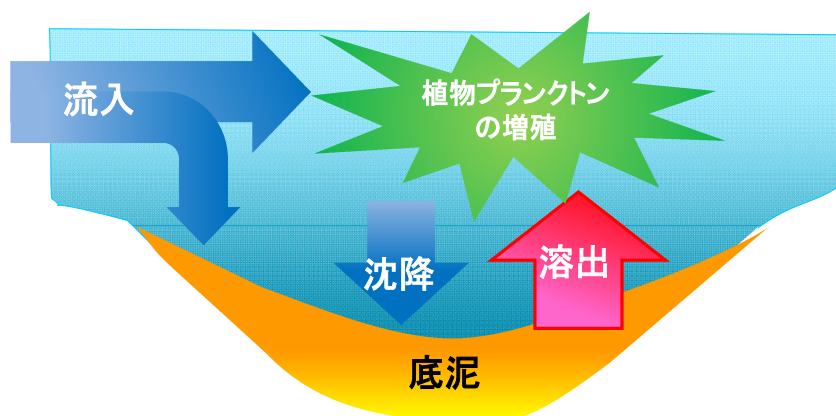


図 底泥からの溶出

出典 令和 3 (2021) 年度霞ヶ浦学講座 第 10 講「霞ヶ浦の水質と水循環」