

## 水質分析

### ●野外で測定

- ・水温【直読式総合水質計 (AAQ) または EC メータで測定】
- ・濁度、塩分、溶存酸素 (DO)、クロロフィル蛍光度【直読式総合水質計 (AAQ) で測定】
- ・pH【pH メータで測定】
- ・電気伝導度 (EC)【EC メータで測定】

### ●室内分析

懸濁物質量 (SS)、強熱減量 (VSS)

栄養塩 (NO<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、SiO<sub>2</sub>-Si)【オートアナライザーで分析】

溶存有機炭素 (DOC)【全有機体炭素計で分析】

### 水温 単位 °C

溶存物質の化学的変化や生物活動と密接な関係があり、水質に影響を及ぼす。水温の変化は気温による影響だけでなく、河川流量の増減や温排水の流入、都市排熱等の影響を受ける。

### 濁度 単位 FTU (ホルマジン濃度)

純粋な水は無色透明で濁りもないが、懸濁物があると濁りを生じる。この程度を数値で表したもの。水の濁りの原因は、粘土性物質、有機物、プランクトン、微生物などで、水の汚れの目安となる。

### 塩分

海洋の塩分は約 35。海域で異なる。河川水ではほぼゼロ。電気伝導度から求める塩分量で、実用塩分といい、無次元で単位はない。

### 溶存酸素(DO:Dissolved Oxygen) 単位 mg/L

水中に溶けている酸素ガス。水中に溶存している酸素は大部分の生命活動の基本になる。河川では 90%以上の飽和度を示すことが多いが、停滞水域では非常に低くなることもあり、こういうところには低酸素耐性の高い生物しか住めない。酸素の溶解度は水温が高くなると小さくなる。一般的に、魚介類では 3mg/L 以上、好気性微生物では 2mg/L 以上が必要とされ、それ以下では嫌気性分解が起こりやすい。

試料水の溶存酸素と、その状態での酸素の飽和溶解量との比を酸素飽和度といい、飽和百分率(%)で表す。実習では、両方を測定する。

### クロロフィル蛍光度

植物プランクトンが光合成する際に放出されるクロロフィル蛍光の強度。植物プランクトン現存量の指標となる。現場水をろ過してクロロフィル a を抽出・測定すると、正確なクロロフィル a 濃度がわかる。また、この値と蛍光度の関係を求めれば、蛍光度の値をクロロフィル a 濃度に換算できる。

### pH

水中の水素イオン (H<sup>+</sup>) 濃度の逆数の対数。水の酸性・アルカリ性の度合いを表す指標。pH を決定する要因には、地質、生物的因子 (植物プランクトンの活動など)、人間活動の影響がある。純水 (蒸留水) の pH は、本来なら 25°C で 7 である。しかし、しばらく放置すると、空気中の二酸化炭素を吸収するため、5.6 くらいを示す。したがって、酸性雨の目安は pH 5.6 で、これより低い pH の雨

のことをいう。普通の河川では、中性付近の 6~8 を示すが、温泉水や工業廃水が流入していると強い酸性を示すこともある。

- ・地質の影響：接触する岩石や土壌により影響を受ける。塩基性の岩石や土壌に接した水では高くなり、酸性の岩石や土壌に接した水では低くなる。
- ・生物的因子による影響：夏季の植物プランクトンの活動が活発な湖沼では、表層で高く、底層で低い値を示すことがある。表層では光合成により溶存二酸化炭素が減少するため、また、底層ではプランクトンなどの遺骸がバクテリアに分解され、有機酸や炭酸ガスを生成するためである。泥炭地や湿地などで腐植酸が生成されると低くなる。

### 電気伝導度(EC) 単位 mS/m、 $\mu$ S/cm、S/m

溶液が持つ電気抵抗率の逆数。水中のイオン総量を示す指標。S(ジーメンス)/mという単位は、断面積 1 m<sup>2</sup>、距離 1 mの相対する電極間にある溶液が電気を通す割合を一定の単位で示したものである。水塊の違いを判別したり、塩水と淡水の混合状況、河川の合流状況、湖沼での成層状況、人為汚染の状況をつかむことができる。

### 懸濁物質(SS:Suspended Solid) 単位 mg/L

水中に懸濁している粒径およそ 1 $\mu$ m 以上(分別に用いるろ紙の保留粒子径に依存)の物質のこと。粘土粒子、土壌粒子、微生物、生物由来の有機物などが含まれる。濁りの指標のひとつ。環境基本法により定められている環境基準によると、25mg/L未満で河川 AA 類型に属する。高濃度では魚類の呼吸障害、水中植物の光合成阻害などの影響がある。沈殿物として底質への影響もある。

### 強熱減量(Ignition Loss. SSを用いる際にはVSS:Volatile Suspended Solidともいう) 単位 mg/L

懸濁物質(SS)の分析で得られた蒸発残留物を 600°Cで灰化(燃焼)させたときの重量の減少量。水中の懸濁物に含まれる有機物量の目安となる。工場排水や家庭排水由来のものや、プランクトン、バクテリアなどが含まれる。藻類の発生量を推定する指標としても用いられる。汚濁が進むと懸濁物質中に占める有機物の割合が大きくなる。

### 溶存有機炭素(DOC:Dissolved Organic Carbon) 単位 mg/L

全炭素(TC:Total Carbon)は、水中に存在するすべての炭素を指し、全有機炭素(TOC:Total Organic Carbon)と無機炭素(IC:Inorganic carbon)からなる。全有機炭素はさらに溶存有機炭素(DOC:Dissolved Organic Carbon)と粒子性有機炭素(POC:Particulate Organic Carbon)に分けられる。懸濁物質(SS)は、粒子性有機炭素に分類される。森林からは落葉落枝(リターフォール)やその分解物である POC、土壌有機物由来の DOC、土壌空気中の二酸化炭素が水に溶解して生じる溶存無機炭素(DIC:Dissolved Inorganic Carbon)が水とともに河川へ流出する。

水中の有機物量は汚濁の指標とされる。有機物が分解する際に酸素を消費するため、水中の有機物が多いと酸素が不足し、水質および生物の生息環境の悪化につながる。森林などの土壌から流出するものの他に、工場排水や生活排水、下水処理水から河川に流入するものもある。植物プランクトンの重要な栄養素である鉄などの金属イオンと錯体を形成する画分も含まれる。

### 栄養塩

植物の成長に必要な無機塩類の総称。植物プランクトンの場合は窒素(硝酸態、亜硝酸態、アンモニウム態)とリン(リン酸態)とケイ素(ケイ酸態)が重要。一般に、日本の河川では流速が速く、植物プランクトンが増殖できない。しかし、ダムや堰などにより河川水が停滞すると植物プランクトンが増殖するため、栄養塩は減少する。なお、北大西洋沖で示されたように、栄養

塩が豊富に存在しても、鉄や亜鉛などの微量金属が不足すると植物プランクトンは増殖できない。通常の海域や河川水では窒素カリンが制限要因になることが多い。本実習では下記の3項目を測定する。

### 硝酸態窒素 $\text{NO}_3\text{-N}$ : 単位 mg/L

水中では硝酸イオンとして存在する。陸上および水中の一次生産者に必要な栄養塩のひとつ。土壌中および堆積物中でアンモニア態窒素が酸化されて生成する。窒素は生物にとって不可欠であるが、湖沼やダム湖などの閉鎖性水域では流入量が多いと富栄養化が進み、植物プランクトンの異常増殖を引き起こす。

森林土壌では植物が利用できる窒素（硝酸態窒素やアンモニウム態窒素といった無機態窒素）が少なく、植物成長および一次生産の制限要因となっている。土壌の粘土コロイドは負に帯電しているため、硝酸態窒素は土壌に保持されにくい。森林生態系の硝酸態窒素は大部分が植物に吸収され、系外にはほとんど流出しない。森林が大面積に伐採されると、吸収源である植物がなくなり、植物と微生物間の窒素を巡る競争が緩和されることや地温の上昇により微生物の活動が活発になることで、堆積有機物の分解が促進されて土壌中で硝酸態窒素が多く生成されるため、一時的に河川に硝酸態窒素が流出することが知られている。

### リン酸態リン $\text{PO}_4\text{-P}$ : 単位 mg/L

水中においてリン酸は栄養塩元素のひとつであるが、河川では他の元素に比べて存在量が低いために制限要因となっていることが多い。一方で、このことは過剰に存在すると水域の富栄養化の原因となることを示している。火山灰土壌や風化の進んだ熱帯土壌に成立する森林はリン制限を受けていることが知られている。

### ケイ酸態ケイ素 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ : 単位 mg/L

植物プランクトンに必要な栄養素のひとつ。水中の一次生産者である珪藻（けいそう）の被殻はケイ酸が主成分である。水中で光合成を行う珪藻は、単細胞または群体性の藻類である。珪藻は魚類の餌としても重要であり、アユは川底の石の表面などに付着している珪藻などの底生微細藻を食べる。自然水中のケイ酸の形態は非常に複雑で、イオン、コロイドおよび分子状のものやケイ酸塩または生物体に含まれるものなどがある。

### **レッドフィールド比**

植物プランクトンを構成する主要元素のモル比はほぼ一定であり、 $\text{C} : \text{N} : \text{P} : \text{Si} : \text{Fe} = 106 : 16 : 1 : 16 : 0.005$ となる。植物プランクトンはレッドフィールド比にしたがって栄養塩を取り込む必要がある。したがって、水中の栄養塩からこれらの元素の比を算出すると制限要因が何であるかがわかる。N、P、Siのいずれかが制限要因になりやすい。この比は発見者の名前にちなんでレッドフィールド比と呼ばれている。

### 参考文献

日本分析化学会北海道支部 編 (1997)「水の分析 (第4版)」化学同人。

鉄のレッドフィールド比に関する論文

Tett P., Hydes D., Sanders R. (2003): Influence of nutrient biogeochemistry on the ecology of northwest European shelf seas. Biogeochemistry of Marine Systems (eds. by Black K. D., Shimmield G. B.), Blackwell Publishing, Oxford, p.347.