

3.2.10 COD&BOD

【指標の意義】

COD あるいはBODはいずれも環境水質では、有機汚濁を測る指標として用いられており、水質汚濁に係る環境基準では、CODは湖沼・海域、BODは河川の基準項目となっている。国や地方公共団体では、COD やBOD 等の水質環境基準などの水質項目について、各水域で水質調査を実施しており、その調査結果や達成状況を参考にすることができる。

以下に示すように、いずれも実際に測定されているのは有機物そのものではなく、有機物の分解時に消費される酸素の量（CODでは酸化剤から換算した酸素消費量）である。環境水中には、様々な有機物や、他にも酸素を消費する物質が含まれるため、その測定条件を変えると、各測定値が完全には一致しないことに注意が必要である。

・COD（化学的酸素要求量）

水中の有機物を酸化剤で酸化した際に消費される酸素の量。湖沼、海域の有機汚濁を測る代表的な指標であり、この値が大きいほど、水中に有機物等が多く、汚濁負荷（汚濁の度合い）が大きいことを示している。「環境基本法」に基づき水質汚濁に係る環境基準が設定されており、湖沼、海域の利用目的に応じて類型別に定められている。

・BOD（生物化学的酸素要求量）

水中の有機物が好気性微生物の働きによって分解されるときに消費される酸素の量。河川の有機汚濁を測る代表的な指標である。「環境基本法」に基づき水質汚濁に係る環境基準が設定されており、河川の利用目的に応じて類型別に定められている。

以下、COD、BODに分けて解説する。

3.2.10.1 COD

【科学的な背景】

酸化剤である過マンガン酸カリウムや二クロム酸カリウムが被酸化物質（主に有機物、その他亜硝酸塩、鉄（II）塩、硫化物など）によって消費された量を酸素量に換算した値として示され、湖沼および海域の有機物量の指標である。COD は測定条件により大きく影響されるので、公定法では、酸化剤は過マンガン酸カリウム（COD_m）を用い、硫酸酸性下で反応させる酸性法で反応させている。（ノリ養殖の利水点ではアルカリ性法である。）酸性法では硝酸銀溶液（または硫酸銀粉末）を添加し塩化物イオンの除去を行う、100℃の沸騰水浴中で30分間加熱する、水中の被酸化物質に対する酸化剤の量をできるだけ一定にするため、試料量は過マンガン酸カリウム溶液の滴下量10mLに対して、その残留量が4.5～6.5mL となるようにする、ブランク値を0.2mL 以下にする等詳しく条件が定められている。

公定法のCOD 分析は、湖沼や海域を管轄する国や自治体が行っており、公的機関のHP（「関連情報源」参照）で測定値は検索できる。ほとんどの河川ではBOD とCOD の測定がされているので両者の比較ができる。結果の速報値を公表する自治体は少数であり、1～2 年遅れで公表されることが多いので、調査当日のCOD を知りたい場合には自分で測定しなければならない。

BOD に比べて短時間に、難分解性の有機物も含めて測定できる利点をもつが、COD_{Mn} 法で用いられる過マンガン酸カリウムは酸化剤としては酸化力が弱く全有機物量を測定できないことや、有機物以外の被酸化物質による消費量もCOD_{Mn} に含まれることから、COD_{Mn} の有機物指標としての科学的な意味は曖昧である。湖沼と海域においてCOD_{Mn} の環境基準達成率が低く、BOD は減少するがCOD_{Mn} は増加する状況から、指標としてのCOD_{Mn} の妥当性が議論され、全有機炭素（TOC）に代えることも検討されている。なお、水道水質基準の有機物指標は、既に過マンガン酸カリウム消費量からTOC に変更されている。

市販の COD 簡易分析キット（パックテスト・：共立理化学研究所，シンプルパック・：柴田科学など）を用いる簡易測定法がある。試薬を封入したパックに試料水を吸い込み、一定時間放置後に標準色表と比較して COD とする。ただし、これらはいずれも現場で目視による色調の変化で過マンガン酸カリウムの減少量が求められるように常温、アルカリ性、反応時間は 5 分（20℃時）など、公定法とは測定条件が異なるため簡易法の結果であることを記すことが重要である。

一方、このような市販の簡易分析キットを用いた市民・市民団体による調査を全国統一の手法で同一日に実施し、その結果を分かりやすいマップにまとめている、身近な水環境の全国一斉調査が平成 16 年より継続的に実施されており、また、各地の河川流域でもその結果を流域ごとに集計している例も多い。したがって、同一手法での測定結果を比較して解析する、という点であれば、これらの結果同士を比較することも可能である。

【関連知識】

COD で測定される物質：酸化剤を使うため、BOD では測定されない難分解性有機物も測定することができるが、リグニンなどにより難分解性の有機物は分解できない。無機物の被酸化物質（亜硝酸塩，鉄（II）塩，硫化物など）による消費量もCOD に含まれる。

CODとBODの値との関係は、環境基準制定時には1:1 の関係にあるとみなされていたが、近年は両者の結果の乖離が大きくなる傾向にあり、その原因として難分解性有機物との関係が議論されている。



COD 簡易分析キットの測り方の例



COD 簡易分析キットの標準比色列の例

【関連情報源】

- 日本工業標準調査会 JIS K0102 : <http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=56347> (平成25年5月時点)
- 国立環境研究所環境数値データベース : <http://www.nies.go.jp/igreen/index.html> (平成25年5月時点)
- 国土交通省水文水質データベース : <http://www1.river.go.jp/> (平成25年5月時点)

(石井誠治, 古武家善成)

【参考文献など】

- Wikipedia - 化学的酸素要求量 : <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8C%96%E5%AD%A6%E7%9A%84%E9%85%B8%E7%B4%A0%E8%A6%81%E6%B1%82%E9%87%8F> (平成25年5月時点)
- EIC ネット - 化学的酸素要求量 : <http://www.eic.or.jp/ecoterm/index.php?act=view&serial=385> (平成25年5月)

時点)

3) 半谷高久, 小倉紀雄 (1995) 第3版 水質調査法, 丸善, 東京.

4) 国土交通省水管理・国土保全局 HP 内 身近な水環境の全国一斉調査～笑顔でつなぐゆたかな水辺～:

http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kankyo/kankyou/research/index.html (平成25年5月時点)

3.2.10.2 BOD

【科学的な背景】

水中の好氣的微生物が有機物を生分解する時に消費する溶存酸素量を有機物濃度の指標としている。BOD は分解微生物の種類, pH, 温度, 栄養条件等によって異なるため, 公定法では, 分解微生物を下水上澄み液, 河川水, 土壤抽出液等から植種する

ことや希釈水の条件, 測定条件は20°C 5日間暗所密封静置であること, 5日後の酸素消費量が40~70%の範囲に入ること等, 詳しく定められている。

公定法による河川のBOD分析は河川を管轄する国や自治体によって行われているので, 公的機関のHP(「関連情報源」参照)で検索することができる。しかし, 結果は1~2年遅れて公表されるので, 調査当日のBODを指標項目として用いる場合には, 自分で測定することが必要となる。

簡易的な測定法としては以下のような方法がある。試料水を2分割しそれぞれに無機栄養塩を添加した後, ただちに一方の試水の溶存酸素(DO)をDOキットで測定する。もう一方の試水は室温暗所で5日間密封静置し, その後同様にDOを測定して,

その差をBODとする。測定条件が異なるため一般に公定法による結果とは一致しない。簡易法による結果であることを記しておく。

【関連知識】

BODで測定される物質: 微生物の代謝作用(酸化分解)を利用するため, 有機物の中でも代謝の難易によって測定されやすさに違いがある。糖類, 有機酸は概ね全量が測定されるが, 低分子化過程を経て代謝されるデンプン, タンパク質, 脂質等は50%程度の測定率であり, 生分解性の低い工業化学物質, 農薬等や細胞毒性のある有害化学物質は, BODとしてほとんど測定されないか負の誤差を生じさせる。

N-BOD: 下水処理水の比率が高い川では, 有機物を分解する好気性細菌以外に硝化細菌が豊富になるため, アンモニアなどの無機窒素化合物を硝酸に酸化する(硝化)時の酸素消費がBOD測定上無視できなくなる。硝化に伴う酸素消費量をN-BODと言い, 有機物の指標となるC-BODと区別される。C-BODのみを測定するため,

アリルチオ尿素等を添加し硝化作用を抑制してBOD 測定を行う。

【関連情報源】

- ・ 日本工業標準調査会JIS K0102 : <http://www.jisc.go.jp/app/pager?id=56347> (平成25年5月時点)
- ・ 国立環境研究所環境数値データベース : <http://www.nies.go.jp/igreen/index.html> (平成25年5月時点)
- ・ 国土交通省水文水質データベース : <http://www1.river.go.jp/> (平成25年5月時点)

(石井誠治, 古武家善成)

【参考文献など】

- 1) Wikipedia - 生物化学的酸素要求量 : <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E7%89%A9%E5%8C%96%E5%AD%A6%E7%9A%84%E9%85%B8%E7%B4%A0%E8%A6%81%E6%B1%82%E9%87%8F> (平成25年5月時点)
- 2) EIC ネット - 生物化学的酸素要求量 : <http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=1467> (平成25年5月時点)
- 3) 半谷高久, 小倉紀雄 (1995) 第3 版 水質調査法, 丸善, 東京.

3.2.11 衛生指標としての大腸菌数

【指標の意義】

環境省では、従来の生活環境項目である大腸菌群数を大腸菌数に変更する検討を平成25年現在進めている。衛生指標細菌としては、糞便汚染を的確に把握でき、糞便中に比較的多量に存在する腸管常在菌である大腸菌が優れている。しかし、環境基準が設定された当時（昭和46年12月28日）は、大腸菌数を測定できる簡易な試験方法がなかったことから、測定が比較的容易な大腸菌群数が生活環境項目環境基準の衛生指標として採用された経緯がある¹⁾。

【科学的な背景】

生活環境項目の大腸菌群数の測定方法は、糞便由来以外の細菌（水中や土壌中の細菌）も検出するため、大腸菌数に比べて高い値を示す傾向がみられる。特に清澄な水域においては大腸菌群数と大腸菌数の乖離が著しく、大腸菌群数の測定では糞便汚染を的確にとらえていない可能性が高い。一方、大腸菌数については、特定酵素基質培地法による試験方法が確立しており、水道法の水道水質基準では、平成15年にそれまでの大腸菌群から大腸菌に改正されている²⁾。上水試験方法という大腸菌 (*Escherichia coli*) とは、特定酵素基質培地法によってβ-グルクロニード活性を有すると判断された細菌をいう。特定酵素基質培地は、いくつかの種類があり、大腸菌群数と大腸菌数が同時に測定できるものが試薬メーカーから販売されている。

【関連知識】

HGMF 法：孔径 0.45 μm の滅菌済み疎水性格子付メンブランフィルター

(Hydrophobic Grid Membrane Filter) で試料をろ過し、フィルターをペトリ皿上の特定酵素基質培地に密着させ、 $36^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ で 24 時間培養する。クロモアガー ECC 培地³⁾ の場合は、培養後、青色コロニーの区画を数え、確率論的に試料中の大腸菌数を算出する。

メンブランフィルター法：直径 47mm・孔径 0.45 μm の界線入り滅菌済みメンブランフィルターで試料をろ過し、フィルターを小型ペトリ皿上の特定酵素基質培地に密着させ、 $36^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ で 24 時間培養する。クロモアガー ECC 培地の場合は、培養後、青色コロニー数え、菌数を算出する (HGMF 法のような確率論的算出は行わない)。

試料の保存と分析までの時間：上水試験方法 社団法人日本水道協会 微生物試験総則：試料の採取及び保存：試料水は、採取後直ちに試験する。直ちに試験できない場合は、それぞれの方法に従って低温保存する。微生物数は変化しやすいので、長時間 (12 時間以上) の保存は避ける。直ちに試験できない場合は、一時冷蔵庫 (4°C 程度) に保存し、できるだけ速やかに試験する。低温でも試料水中の微生物数は変化しやすいので、12 時間以内に試験する。

糞便性大腸菌群数：水浴場の水質判定基準の衛生指標は、現在、糞便性大腸菌群数である。糞便性大腸菌群数、油膜の有無、COD 又は透明度のいずれかの項目が、「不適」に該当する水浴場を「不適」な水浴場とする (詳細は、下記の関連情報源参照)。

【関連情報源】

糞便性大腸菌群：水浴場の水質判定基準 (平成 9 年 4 月 11 日付環水管第 65 号環境庁水質保全局通知)：

http://www.env.go.jp/jishin/rmp/conf_ba/conf001/ref05.pdf

【参考文献など】

- 1) 環境省 平成 23 年 3 月 24 日 環水大水発 110324001 号 要測定指標の測定の実施について 別添 2
- 2) 水質基準に関する省令 (平成 15 年 5 月 30 日厚生労働省令第 101 号)
厚生科学審議会の答申を踏まえ、旧省令において水質基準として 46 項目が定められていたものを、追加及び除外により 50 項目とした (一部を除き平成 16 年 4 月 1 日に施行)。
- 3) クロモアガー ECC 培地：<http://www.kanto.co.jp/rinsyo/pdf/002.pdf>

【Q&A】

Q1 糞便性大腸菌群数と大腸菌数は何が違うのでしょうか、糞便性大腸菌群数も衛生指標だと思うのですが。糞便性大腸菌群数と大腸菌数とは相関はあるのでしょうか？

A1: 培地法による測定は、糞便性大腸菌群の細菌類そのものを同定する方法ではなく、糞便性大腸菌群用の培地に繁殖した細菌類(コロニー)を糞便性大腸菌群と判定する方法です。同培地には、糞便由来でない細菌類が繁殖する可能性もあります。一方、大腸菌用の培地については、大腸菌の特異的な酵素活性を利用したものですので、大腸菌のみ繁殖するといっていると思います。ただし、大腸菌にもいろいろな種類があり、中にはβ-グルクロニダーゼ活性がなく特定酵素基質培地に反応しないものがあります。

一般に環境水中の菌数の順は、大腸菌群数>糞便性大腸菌群数>大腸菌数で、糞便性大腸菌群数と大腸菌数には相関があると考えられます。しかし、試料中に糞便由来でない細菌類が多い場合に、それらが糞便性大腸菌群用の培地に繁殖すれば、大腸菌数との相関性は低くなります。同様なことは大腸菌群数と大腸菌数の関係についてもいえます。

Q2: 従来の大腸菌群数との関係は、一桁違うという図をみたことがあるのですが、その乖離を示すものはなにかありますか。

A2: 東京都環境科学研究所年報 2010 には、それに関する報告があります。多摩川の河川水では大腸菌数は大腸菌群数の 2~9%程度でしたので、一般的には一桁低いと言っていいでしょう。

表-1 平成 23 年度水質管理指標に係る類型指定調査 分析結果 (海域)

地点名	検出種	鎌倉ふ頭公園	お台場海浜公園	城南島海浜公園	東西臨海公園西なぎさ	甲子園浜海浜公園	大和川河口左岸(岸壁)	かもめ大橋(大和川河口右岸側)	南港集まり公園堤防	二色の浜公園	
		上層	上層	上層	上層	上層	上層	上層	上層	上層	上層
採水日		5月27日	5月27日	5月27日	5月27日	5月26日	5月26日	5月26日	5月26日	5月26日	
大腸菌群数	MPN/100mL	4900	3300	230	700	700	3300	7900	1300	230	3300
大腸菌	個/100mL	350	100	14	42	22	46	2100	50	14	8
腸球菌	個/100mL	4	2	<1	1	<1	<1	72	<1	<1	4
採水日		8月10日	8月10日	8月10日	8月10日	8月12日	8月8日	8月8日	8月8日	8月8日	
大腸菌群数	MPN/100mL	4900	1700	700	460	490	33	540000	34	130	23
大腸菌	個/100mL	400	110	7	18	36	3	3600	5	2	<1
腸球菌	個/100mL	8	2	<1	<1	<1	<1	39	<1	<1	<1
採水日		11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	11月18日	
大腸菌群数	MPN/100mL	790	490	490	13	22	5	7900	7	49	<2
大腸菌	個/100mL	100	59	59	4	3	<1	700	<1	11	<1
腸球菌	個/100mL	32	<1	<1	<1	6	12	1000	<1	1	1

海域では、表-1 (環境省 平成 24 年 3 月 30 日 環水大水発 120330018 号 要測定指標の測定の実施について 別添 2) のように、大腸菌数が大腸菌群数に比べ一桁、二桁低いものが示されています。ただし、表中の 5 月 26 日大和川河口のような例外もあります。

Q3: HGMF 法、メンブランフィルター法がどのようなものか写真などありませんか？

A3: HGMF 法の様子を**写真 1**に、メンブランフィルターを**写真 2**に示します。



写真 1-1 フィルターフォルダー



写真 1-2 四角のフィルターが GMF



写真 1-3 フォルダーのセット



写真 1-4 フィルター上のコロニー
(赤色+青色=大腸菌群、青色=大腸菌)



写真 2-1 フィルターフォルダー

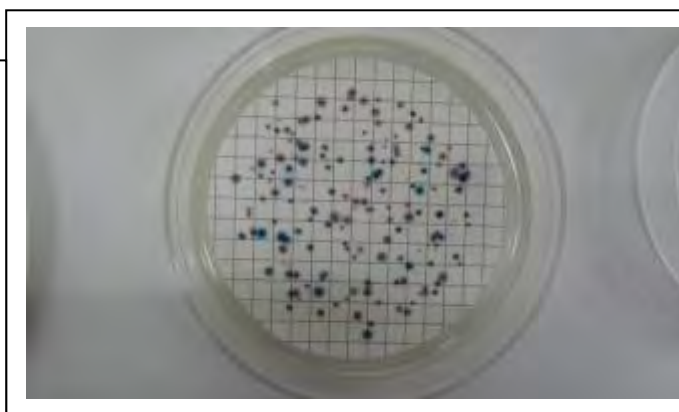


写真 2-2 フィルター上のコロニー
(赤色+青色=大腸菌群、青色=大腸菌)

Q4: サンプルを持ちこむ条件はどのようなのですか？ 容器、採水量など教えてください。

A4: サンプルを持ちこむ条件については、上記の「試料の保存と分析までの時間」の項で示したとおりです。容器については、一般に市販の滅菌ポリ瓶を使用しま

す。1ℓ、500mℓ、200mℓ、100mℓなどの種類があります。下水処理水など塩素消毒されているものは、チオ硫酸ナトリウム（ハイポ）入りの滅菌ポリ瓶を使用します。いろいろな試験法を同時に行う場合や、対象水がきれいな場合は1ℓ以上を採水するとよいでしょう。1種類程度の試験方法でしか測定しない場合や糞便汚染が考えられる環境水を測定する場合は500mℓもあれば十分でしょう。

(和波一夫)

3.2.12 アンモニア

【指標の意義】

人為的な水質汚濁の代表的な項目であり、水道用水としての利用のしやすさ、生物の生息に係る安全性に関する評価項目である。生息する生物への影響を与える基本的な水質項目の中でもアンモニアは簡易測定が可能な人為的汚濁指標の代表である（環境省 H17 水環境健全性指標検討調査報告書 p70）。

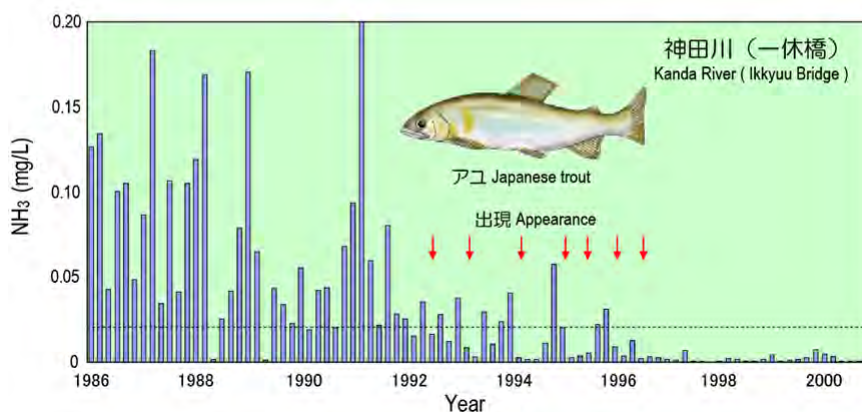
指標の区分(得点) (アンモニア性窒素濃度として)0.1mg/L以下(5), 0.3mg/L以下(4), 1.0mg/L以下(3), 2.0mg/L以下(2), 2.0mg/L以上(1) とする。

【科学的な背景】

アンモニアは水によく溶け、水中ではアンモニウム塩として存在している。本指標では、このアンモニウム塩として存在するアンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) を対象とする。自然界に存在するアンモニア性窒素は、有機物が腐敗・分解する初期の段階で発生し、同時に発生する二酸化炭素(CO_2)と結合し、炭酸アンモニウム [$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$] として存在することが多い。この物質はさらにアンモニウムイオン (NH_4^+)、水酸化アンモニウム (NH_4OH)、アンモニア (NH_3) などの形で表流水中に存在している。尿中の尿素もアンモニアに変化する。アンモニア性窒素の存在は発生原因から見て、比較的近い時点でのし尿汚染の発生を示唆している。主な汚染源は、生活排水、田畑からの肥料・畜産等農業排水、食品・化学等工場排水などである。一般に表流水では、アンモニア性窒素の濃度は 0.1mg/L 以下であるが、季節的あるいは降雨によって濃度変動が大きい。浅井戸や伏流水中

遊離アンモニア濃度とアユの出現

Concentration of free ammonia and appearance of Japanese trout



には、腐植土や肥料・し尿などによるアンモニア性窒素が検出されることもあるが、多くは地下への移行中に微生物によって酸化され、硝酸塩に変化している。深井戸や貯水池の底層付近の水からは、硝酸性窒素の還元によってアンモニア性窒素が高濃度で検出されることもある。

遊離アンモニアの毒性ライン 0.03mg/L を下回って、アユが出現したとの研究成果もある。

【関連知識】

用途：アンモニアは、冷却剤、金属処理剤として、また肥料、飼料、繊維、プラスチック、火薬、紙、ゴム製造業などの合成原料として使われている。アンモニウム塩は、洗浄剤、食品添加物として使われている。

健康影響：急性毒性 実験動物に対して LD50(経口)350～750mg NH₄⁺/kg, 200～500mg NH₄⁺/kg では肺炎，神経機能障害等を発症する。

慢性毒性：ラットでは非脂質骨重量，カルシウム含量，体重の減少例がある。繁殖，発生学上に異常はなく、突然変異，発がん性はない。

水道に関する事項：アンモニア性窒素は、現在のように塩素による消毒が常時行われなかったときには、衛生的な面から重要な汚染指標とされたが、塩素消毒が一般化されてからは、むしろ浄水処理場の管理項目として重視されるようになった。更に原水の汚染の進行、処理水量の増大などにより急速ろ過方式が一般的となったため、アンモニア性窒素除去のために塩素による酸化が行われるようになった。

水道水質基準設定の経過：1866年に公式に設定されて以来、上水水質基準であったが、1978年に健康影響が問題とされるのは亜硝酸性窒素および硝酸性窒素であってアンモニア性窒素自体は問題ないことなどのため基準から削除された。なお、原水については水質管理指標として有効であるため、試験することが望ましいとされた。

WHO 飲料水水質ガイドライン：利便性項目 苦情レベル 1.5mg/L

上水試験法の変遷：古くからネスラー法が用いられた。1978年にインドフェノール法が、1985年にはα-ナフトール法が採用された。1992年に試薬に水銀を含むネスラー法が削除され、2001年にイオンクロマトグラフ法が採用された。

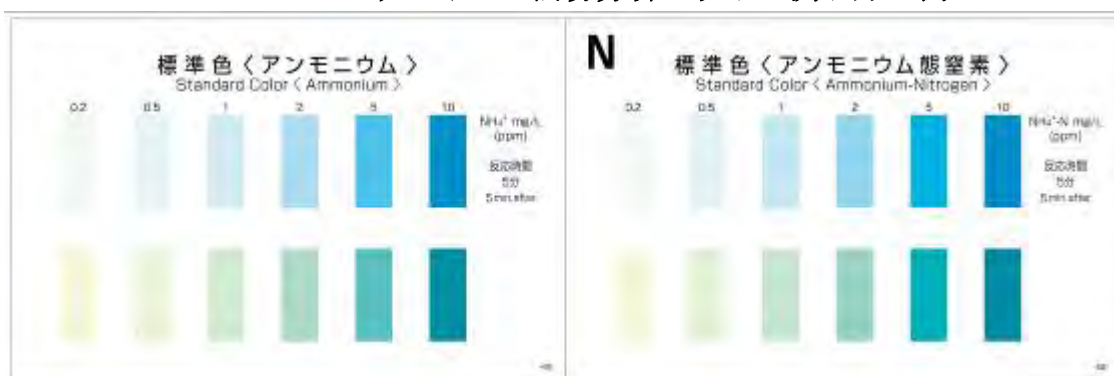
農業用水：水稻の場合，多すぎると倒伏，結実不良，収量減少等が起こる。

水産用水基準：pH8.0における許容濃度は全アンモニア態窒素(N)として0.1mg/L以下。

【簡易分析（パックテスト）】



アンモニウムイオン簡易分析キットの測り方の例



アンモニウムイオン簡易分析キットの標準比色列の例

【関連情報源及び参考文献など】

- ・日本水道協会 水道水質データベース：<http://www.jwwa.or.jp/mizu/>
- ・上水試験方法 資料編 日本水道協会（2011）
- ・水道水質辞典 監修 眞柄泰基 日本水道新聞社（平成14年）
- ・一部自治体（例えば大阪市・北九州市等）の水道局HPの水源・原水水質の項目
- ・半谷高久，小倉紀雄（1995）第3版 水質調査法，丸善

（原口公子、風間真理）

3.2.13 溶存酸素（DO）

1) 溶存酸素の表示方法

溶存酸素の量は、一般に、重量(mgO₂/L)で示されることが多いが、飽和度(%)でも表示される。すなわち、大気と水が十分に混合され大気中の酸素濃度と水中の酸素濃度が平衡状態にある時の水中の溶存酸素量を100%（飽和溶存酸素量）¹⁾とし、それを基準にして表した酸素の割合を、飽和度(%)という。表1に示したように、純水（蒸留水）の溶存酸素飽和量は水温が高くなるほど少なくなる。普通の河川や湖沼の水も、これとほとんど変わらない。冬季よりも夏季のほうが同

じ飽和度でも溶存酸素量が少なくなる。飽和溶存酸素量は水温以外に塩分や気圧の影響も受け、汽水や海水のように塩分が増えると少なくなり、高所にある水域も気圧が低いため、飽和溶存酸素量は少ない。また、水生生物の呼吸は酸素分圧に依存する²⁾から、水生生物の生息は溶存酸素飽和度 (%) との関連がより大きい。

表1 純水中の飽和溶存酸素量(mgO₂/L)と塩化物イオン量による補正
(気圧 760mmHg、酸素 20.9%、水蒸気飽和大気中)

<西條・三田村(1995)¹⁾より引用>

水温 (°C)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	塩化物イオン1g/L ごとに減 ずべき溶 存酸素量
0	14.16	14.12	14.08	14.04	14.00	13.97	13.93	13.89	13.85	13.81	0.153
5	12.37	12.34	12.31	12.28	12.25	12.22	12.18	12.15	12.12	12.09	0.131
10	10.92	10.90	10.87	10.85	10.82	10.80	10.77	10.75	10.72	10.70	0.113
15	9.76	9.74	9.72	9.70	9.68	9.66	9.64	9.62	9.60	9.58	0.099
20	8.84	8.83	8.81	8.79	8.78	8.76	8.75	8.73	8.71	8.70	0.087
25	8.11	8.10	8.09	8.07	8.06	8.05	8.04	8.02	8.01	8.00	0.079
30	7.53	7.52	7.51	7.50	7.48	7.47	7.46	7.45	7.44	7.43	0.075
35	7.04	7.03	7.02	7.01	7.00	6.99	6.98	6.97	6.96	6.95	0.074

2) 溶存酸素濃度と水生生物

水中の生物(好気性の水生生物)は、溶存酸素を吸収し呼吸を行なっているので、溶存酸素濃度は水生生物の生息に影響を与える。種類によって溶存酸素の要求レベルは異なるが、それぞれ生きていくために一定以上の溶存酸素を必要とする。たとえば河川の場合、イワナやヤマメの生息には7.5mg/L以上、コイやフナの生息には5mg/L以上とされており³⁾、水生昆虫も飽和度70~80%以上が必要とされる⁴⁾。そのため、川の溶存酸素を測定することで、その川が生物にとって生息しやすい場所かどうかを評価することができる。ただし、後に述べるように、植物の繁茂している所では昼間は過飽和であっても夜間に溶存酸素濃度が低下し、その低い濃度が生物に影響を与えるので注意が必要である。

3) 溶存酸素濃度は日変動する

溶存酸素濃度は生物の生息に影響する重要な要因であるが、一方で、生物から影響を受け、一日の間でその値が変動する^{4) 5)}。図1にその一例を示す。

水生生物には、細菌、植物(水草、付着藻類など)、動物(魚類、貝類、水生昆虫など)などがあるが、溶存酸素に影響する生物の働きは、植物による光合成と、植物を含めた全ての生物による呼吸である。光合成では二酸化炭素を消費して酸

素を放出し、呼吸では酸素を消費して二酸化炭素を放出する。光合成は植物が光を吸収することにより行なわれるので、光が強いほど活性が高くなり、暗所では光合成が止まる。したがって、光のあたる昼間は酸素が放出され、溶存酸素が増える。一方、呼吸は昼夜とおして行なわれるので、その分の溶存酸素は常に減少している。このうち、時間変動が大きいのは光合成であるため、一日の溶存酸素増減の度合いは植物の量によって異なる。図1の地点Aは植物が非常に多い所であり、地点Bは植物が比較的少ない所である。

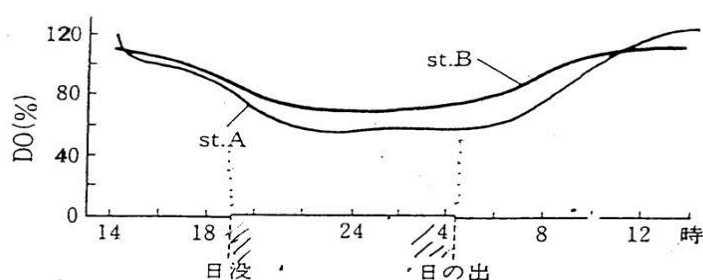


図1 夏季における溶存酸素（飽和度）の日周変動³⁾

さらに、溶存酸素濃度に影響を及ぼす要因には物理的なものもいくつかあるが、主な要因は大気中との酸素の出入り（再バツ気）である⁶⁾。たとえば、瀬とよばれる白波やさざ波の立つような場所では、流れがかく乱されて大気中の酸素が溶け込みやすくなるほか、静かな水中でも酸素が増えすぎると、水中から大気へと酸素が放出される。これらが「再バツ気」である。「再バツ気」よりも、生物による溶存酸素の生成や消費の方が速い場合に、水中の酸素が飽和度100%以上に増えたり、100%以下に減ったりする。生物が少ない場合は100%に近くなり、溶存酸素の日変動幅も小さい。すなわち、溶存酸素の濃度は、主として、光合成と呼吸および再バツ気の3要因のバランスで決まる。

4) 溶存酸素と水質汚濁

溶存酸素は有機物（易分解性）による水質汚濁状況とも関連が深い。有機物が多くなると、BOD（生物化学的酸素要求量）が高くなったり、アンモニアが多くなったりする。そのような水域では、細菌による有機物分解や窒素化合物の酸化がすすみ、水中の酸素が消費され、溶存酸素は減少する。さらに有機汚濁が進むと、水中は貧酸素状態になり、好気性生物（動物・植物など生物の大部分）が生息できない環境が生じる。とくに、川底や湖底近くでは、このような状態が生じる場合がある。このようになると、嫌気性細菌が増え、有機物の分解が遅くなってヘドロが堆積し、硫化水素やアンモニアなどの悪臭を伴った有害ガスが発生する。

（安田郁子）

【参考文献】

- 1) 西條八束・三田村緒佐武 (1995) 新編湖沼調査法、230pp.、講談社サイエンスティフィク、東京.
- 2) 村上典子(1980) オオヤマカワゲラの呼吸運動、陸水生物学報、1, 31-38.
- 3) 水質汚濁に係る環境基準 (昭和 46 年環境庁告示 59 号) .
- 4) 安田郁子・井山洋子(1988) 河川における底生動物群の DO 日最低値と BOD に対する指標性について、水質汚濁研究、11, 6, 30-38.
- 5) 桜井善雄(1973) 千曲川中流水域の富栄養化、下水道協会誌、10, 110, 2-10.
- 6) 海老瀬潜一(1989) 河川の自浄機能、「河川汚濁のモデル解析」(国松孝男・村岡浩爾 編著)、101-108、技報堂、東京.

3.2.14 景色

川らしく気持ちの良い景色 (水辺景観) であるかを表す指標である。

【指標の意義】

上流, 中流, 下流及び河口部等, 河川の流域特性や土地利用によって, 河川周辺の環境も異なるため, 自ずとそれらに調和した河川景観も異なったものとなる。このような河川の特性を考慮した上で水辺景観の評価を行う指標である。

指標の分類 (区分): 「美しい」, 「ふつう」, 「よくない」とする。

(すなわち, 「潤い豊かな風景である」, 「違和感のない風景である」, 「水辺に適さない風景である」といった区分である)

【科学的な背景】

河川の景観構成要素は, 流域特性 (上流, 中流, 下流及び河口部等) に応じた川自体の特性 (川幅, 水量, 水質, 水深等) や緯度, 高度に起因する特性 (植生, 生態系等), 土地利用に起因する周辺の景観, 歴史的背景に起因する構造物 (史跡, 町並み等) など多岐にわたり, それらの相互作用によって景観が評価される。景観やランドスケープの評価については, 比較的多くの検討や研究がなされている。

構成要素自体の数およびその組み合わせ数は極めて多くなることから, 評価にあたって考慮すべき要素について, 観測地点の特性にあわせて抽出し, 提示することが必要になると考えられる。その際, 川を目にすることができる場所・位置によって印象が変わることから, 流れ方向, 川の対岸, 観察位置の高低といったように, 視点の違いに応じて, 景観構成要素を抽出する配慮も必要になる。

【関連知識】

人間が感じたことに対して意味付けをするような情報をどのようにして得ているかについて, 認知心理学の視点から考察したモデルとしてパーソナル・コンストラクト理論 (Personal Construct Theory) ¹⁾ がある。ここでの「コンストラクト」とは人間が感覚器で得た一次情報の集合体を, 意味のあるものとして理解す

る際の認知単位を示す。例えば、「周囲が開けているー開けていない」といった形容詞的な一対の対立概念がこれにあたる。コンストラクト間には、例えば、「周囲が開けているから景観がよい（ように感じる）」といったように、認知に関する因果関係が存在し、これらの因果関係によって構成される認知構造全体をコンストラクト・システムと呼んでいる。川の景観等の好ましさの評価において、このコンストラクト・システムの存在を仮定し、認知構造を示した研究例として、小池ら²⁾、島谷³⁾、三阪ら⁴⁾がある。これらの研究では、川の景観等の好ましさの評価において、景観構成要素→印象→評価という3段階構造を仮定して、認知構造を評価している。本指標では景観構成要素が直接、景観評価に与える影響に着目しているが、既存の研究にみられるように多層的な認知構造を仮定して、評価項目を抽出することも有用であると考えられる。

【関連情報源】

- ・ 武内和彦(2000) ランドスケープエコロジー, 朝倉書店
- ・ 環境省(2010) 感覚環境のまちづくり事例集,
http://www.env.go.jp/air/sensory/jireishu/kk_jirei2009/pdf/KankakakuKankyou20090702.pdf (立大 中島 淳、小沼 晋)

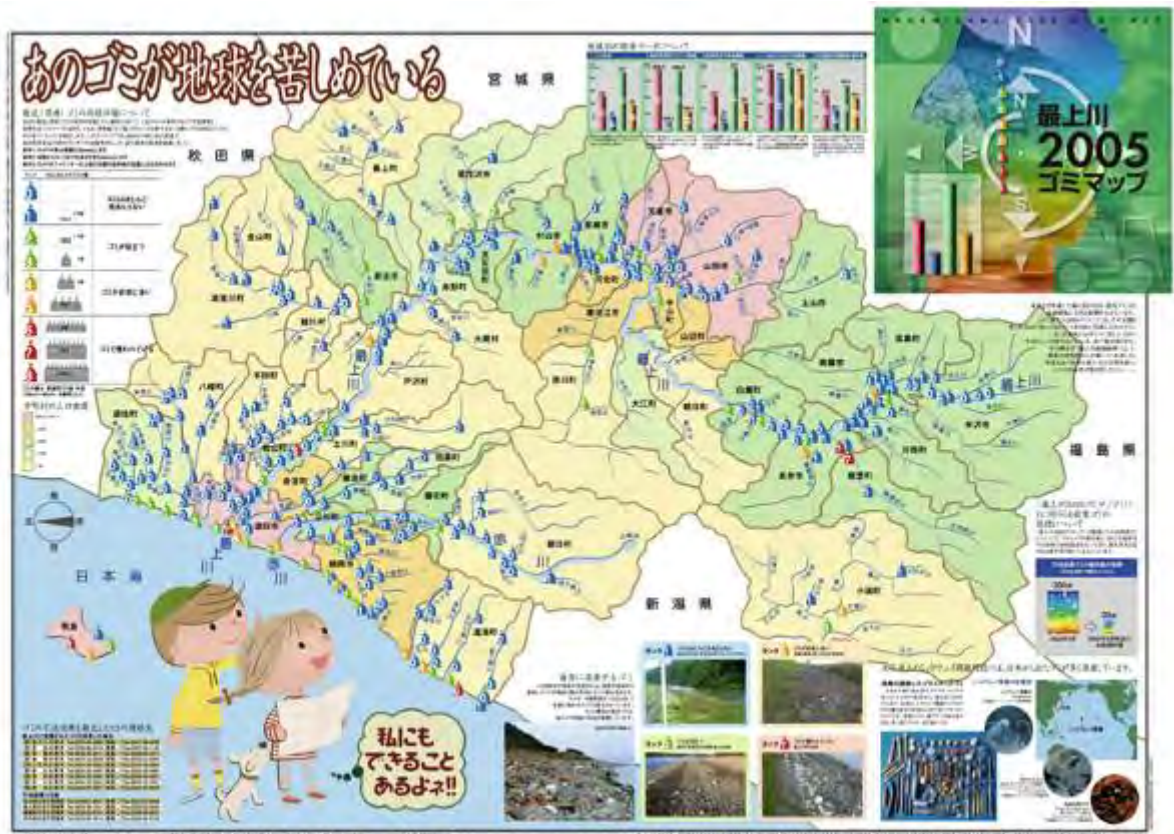
【参考文献など】

- 1) George A. Kelly(1980) Psychology of Personal Constructs:v. 2. WW Norton Co.
- 2) 小池俊雄, 玉井信行, 高橋裕, 泉典洋, 岡村次郎(1988) 都市河川空間の評価構造に関する研究. 土木計画学研究論文集, No. 6, pp. 105-112.
- 3) 島谷幸宏(1998) 景観からみた平常時の河川目標流量の設定に関する研究. 土木学会論文集, Vol. 587, pp. 15-26.
- 4) 三阪和弘, 小池俊雄(2006) 河川環境の評価構造における流域共通性と地域差. 土木学会論文集, Vol. 62, No. 1, pp. 111-121.

3.2.15 ごみ

川に近づいた時、まず目に入るごみ。河川や河川敷内のごみは、景観を失うだけでなく、海に流れ出て地球環境に大きな影響を与えている。そのため、市民が川に対する最も身近な行為として河川清掃、クリーンキャンペーンが各地で幅広い年齢層の人によって行われている。さらに、その実態を多くの人々に知ってもらおうと、最上川などでは「ゴミマップ」が作られている。そこでは、定量的にごみの量を把握する手法が考案され、各地域での比較を可能としている。どんな種類のごみかを調べることにより、発生源を知り、ゴミを出さないための行動や社会づくりを行い、「捨てない・捨てさせない in 最上川」キャンペーンを展開し、成果報告を行うサミットも実施している。

参考：美しい山形川クリーンアップキャンペーン <http://www.mogamigawa.gr.jp/cleanup/>



出典：山形河川国道事務所 HP

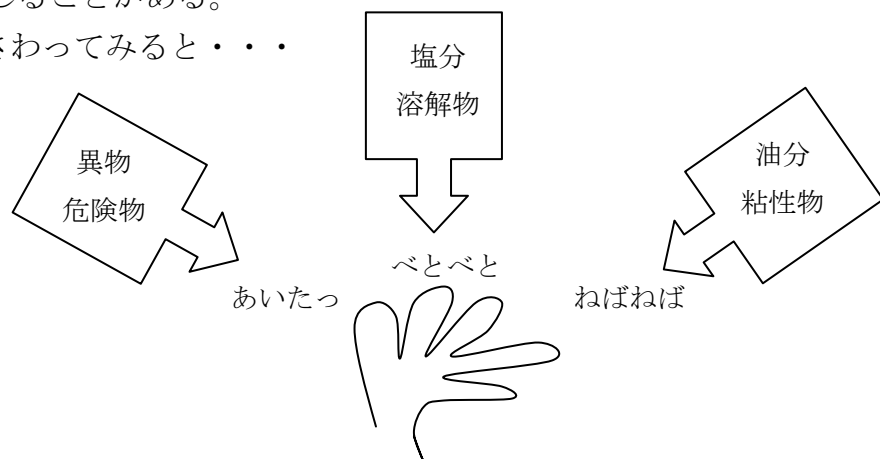
(風間真理)

3.2.16 水とのふれあい、川のかおり、川の音

1) 水とのふれあい

水の感触としては、水中の異物に触れる，粘性が感じられる，油が肌に付いてべとついたりするなど，高いSS濃度，溶存物質濃度，油分濃度などの水の汚れによって，不快に感じることもある。

手で水をさわってみると・・・



また、河床は礫、砂、泥などから構成され、その材質や温度などによって、手足が触れた感触が異なる。柔らかな泥質では足がとられて歩行が困難になるなど、底質の粒径の分布は触覚におおきく影響する。汚れた河川では、河床の石などの表面に微生物が粘性の膜を形成するが、その量が多いとぬるぬるとした感触となり、不快で気持ちが悪く感じる要因になる。浅い河床で栄養塩があると付着珪藻が石の表面などで増殖し、やはりぬるぬるして足を滑らせたりすることがある。



また、水温も触覚には重要な要因である。極端に冷たい水や、なまぬるい水温が不快に感じさせることもある。

2) 川のかおり

アロマテラピーや森林浴などに代表されるように、良い薫りがリラックス効果・ストレス軽減などの効用を持つことが広く知られている。環境中の薫りを対象とする場合、森林でのフィトンチッド（主にテルペノイド）の効用についての研究例は比較的多い。しかし、水辺環境の薫りとその効用についての研究は十分に行われていない。



周辺の自然・風・都市環境・人工物等を含む、河川水を含む周辺環境の薫りが対象であることに注意を要する。