

# 水質調査班

*The group of investigation into water*

会 長	高 2	佐々木	亘亮
副会長	高 2	佐藤	大樹
班 長	高 1	河合	智之
副班長	高 1	高橋	講平
班 員	中 2	中澤	謙太
"	中 2	林	和也
"	中 2	福森	久友

## 1. はじめに

水質調査班は、その班名からも明らかですが、「水」を調べることを活動の中心にしています。「水」は、生命の源と言われるように、神秘的な一面を持つ一方で、人間の暮らしと非常に密接な関係にあります。その「水」を調べることは、人間の暮らしそのものの分析にもつながってきます。

さて、「水」と一口に言っても、様々な種類に分けられます。例えば、その「水」がある場所で分けると、水道水・河川水・海水・雨水など、汚れ具合で分ければ、上水・下水などがあります。そして、それぞれの「水」には特徴があります。水道水には消毒のために塩素が含まれていますし、海水には塩分（塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  や塩化マグネシウム  $\text{MgCl}_2$  などの総称）が多く含まれています。また、その特徴は人間の暮らしにも左右されます。工場の近くの川や地下水には、有害な物質が含まれていることがあり、時には公害を引き起こします。また、各家庭から出る生活排水が川や海を汚すことが問題になっています。しかし、「水」の特徴、すなわち水質は、何も人間の暮らしにだけ影響されるわけではありません。水質は天候や季節によっても少しづつ異なってきます。

我々水質調査班では、このように多種多様な「水」のうち、多摩川の水と学校の水道水の調査を毎年行っています。今年は、その10年以上にもわたる調査の結果をまとめました。

なお、わかりやすいパンフレットを目指すため、去年までここに載せていた全データや詳しい分析法は省略しました。インターネット上の化学部ホームページで公開していますので、興味のある方は下記のアドレスにアクセスしてください。

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/mjkawai/water/>

## 2. 水はどのようにして汚れるのか

1. でふれたように、人間は水質に大きな影響を及ぼします。そして近年では、人間が水を汚すことが問題になっています。では、水はどのようにして汚れていくのでしょうか。ここからは、河川水の汚れ方を例に説明していきます。

河川水の成分は、大きく2つに分けられます。1つは、自然の状態でもある程度多く含まれている主要成分です。もう1つは、有機汚濁や富栄養化に関する成分で、普通、これが汚染の原因となります。そして、これは人間の活動に影響を大変受けやすく、人間がどれだけ河川を汚染したかを表わす指標になります。

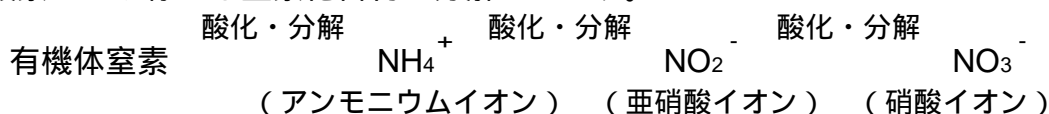
通常、自然界には緩衝能力（状態を一定に保とうとする力）があります。多少水が汚染されても、この力がはたらい、汚れをうまく分解してくれます。しかし、私達人間は、自然界の緩衝能力に期待して、生活排水などの汚水を川に流してしまいます。そして、流した汚水が自然の緩衝能力の限界をこえると、汚れを分解できなくなります。こうして河川は汚染されていくのです。

さて、ここで、水質汚濁の結果起こる富栄養化についてもふれておきましょう。富栄養化とは、排水中に含まれる窒素やリンなどが栄養となって藻類やバクテリアなどが大量に発生することです。これらの微生物は、死んで腐敗するときに溶存酸素（水にとけている酸素）を消費するので、水中の酸素が不足し、魚や小動物が死ぬなどの被害が生じます。カキなどの養殖場で赤潮（大量発生したプランクトンによって水が赤く見える現象）が発生したことがニュースになるのはこのためです。

本題に戻ります。私達の流す排水には、有機体窒素、有機体リン、有機物、ナトリウムやカルシウムなどの金属イオン、塩化物イオンなどが含まれています。このうち、有機体窒素、有機体リン、有機物は、特に水質汚濁の程度を知る上で特に重要です。それぞれについて説明します。

### (1) 有機体窒素の場合

川に流された有機体窒素（私達の尿や魚などの屍骸に含まれる）は溶存酸素により様々な窒素化合物に分解されます。



## (2) 有機体リンの場合

リン化合物は、洗剤や肥料などに含まれており、また生物体の分解によっても供給されます。水中ではリン酸イオン ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) や有機リンとして存在しています。琵琶湖の富栄養化問題では、家庭から出る有機リン系の洗剤が原因の一つとされています。

## (3) 有機物の場合

有機物は、有機体窒素と同様に溶存酸素で分解されます。

# 3. 測定項目について

ここからは、私達水質調査班が測定した項目について、順に説明していきます。どれも河川の汚染状況を知る上で重要なものばかりです。

## (1) pH

測定の対象 河川水・水道水

定義

pH は酸性度を表わす指標です。 $\text{H}^+$  (水素イオン) がどれだけ電離しているかを元に計算します。

$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-X}$  (mol/l) だけ電離しているとき、X の値を pH と呼びます。よって、

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log [\text{H}^+]$$

pH < 7 なら酸性、pH = 7 なら中性、pH > 7 ならアルカリ性です。

水道水の場合、酸性が強いと管の腐食の原因ともなります。

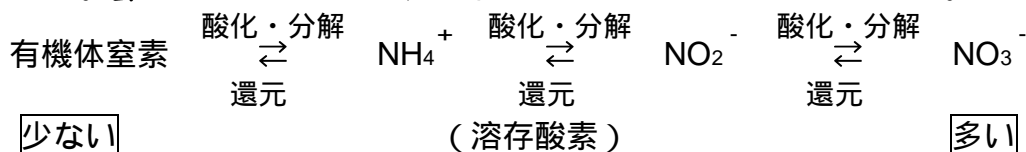
水道法 (旧厚生省令 56 号) の基準 5.8 ~ 8.6 の間であること

## (2) 窒素化合物

測定の対象 河川水・水道水

定義

窒素化合物 (有機体窒素) は、有機汚濁や富栄養化に関する成分のひとつです。**2.** にも書きましたが、窒素化合物はおもに 3 種類あります。



アンモニウムイオン  $\text{NH}_4^+$  は、亜硝酸イオンの還元や有機物の分解のときに生じ、溶存酸素の少ない汚れた水に多く存在します。

亜硝酸イオン  $\text{NO}_2^-$  は、アンモニウムイオンの酸化か硝酸イオンの還元によって生じ、アンモニウムイオンと同様、汚れた水に多く存在します。

硝酸イオン  $\text{NO}_3^-$  は、亜硝酸イオンかアンモニウムイオンの酸化によって生じ、溶存酸素の多い水中に安定して存在しています。

#### 汚染の目安

##### アンモニウムイオン

河川上流の水 わき水	0.05mg/l	雨水	0.1 ~ 0.5mg/l
河川下流の水	0.5 ~ 5mg/l	下水	5mg/l

##### 亜硝酸イオン

きれいな水	0	河川上流の水	0.006 ~ 0.1mg/l
少し汚染がある	0.02 ~ 0.1mg/l		
汚染がある	0.1 ~ 0.2mg/l	河川下流の水	0.3mg/l ~
汚染がひどい	0.2 ~ 0.5mg/l		

##### 硝酸イオン

雨水	1 ~ 2mg/l	河川下流の 汚染された水	10 ~ 30mg/l
河川上流の きれいな水	1 ~ 5mg/l	わき水 地下水(東京)	10 ~ 50mg/l

水道法の基準 亜硝酸イオン+硝酸イオン...10.0mg/l 以下であること

### (3) リン酸イオン

測定の対象 河川水・水道水

#### 定義

リンは窒素と同様に水を富栄養化させます。水中ではリン酸イオン  $\text{PO}_4^{3-}$  や有機体リンとして存在しています。

#### 汚染の目安

雨水 河川上流の水	0.15mg/l 以下	河川下流の水	0.3 ~ 3mg/l
--------------	-------------	--------	-------------

### (4) 塩化物イオン

測定の対象 河川水

#### 定義

塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  はイオンの状態で安定しているので、人間が排出した分だけ検出されます。このため、汚れの目安となります。

ただし、海水が逆流しているような河川の下流部では計測に意味がありません。

#### 汚染の目安

雨水	1～2mg/l	河川下流の 汚染された水	10～50mg/l
河川上流の きれいな水	2～4mg/l	海水	～18000mg/l

### (5) COD（化学的酸素消費量）

測定の対象 河川水・水道水

#### 定義

COD は、これから消費される溶存酸素の見込み量を表わすものです。

2. で述べたように、水中の有機物は分解される際に溶存酸素を消費して酸化されます。この有機物を酸化剤によって強制的に酸化し、分解にかかった薬品の量から見込みの消費量を算出します。

#### 汚染の目安

きれいな水	0mg/l	ヤマメ・イワナが 住める	1mg/l 以下
雨 水	2mg/l 以下	サケ・アユが 住める	3mg/l 以下
少し汚染された水	2～5mg/l		
河川の下流の水	2～10mg/l	コイ・フナが 住める	5mg/l 以下
下水・汚水	10mg/l 以上		

水道法の基準 4ppm 以下であること

### (6) DO（溶存酸素）

測定の対象 河川水

#### 定義

DO は水中に溶けている酸素の量のことです。

きれいな水ではほぼ飽和していますが、汚れた水では汚れを分解するために酸素が使われるので DO は減ります。また、気体は温度が低いほうがよく溶けるので、暑いと DO の絶対量は減ります。

2mg/l 以下になると悪臭を発生し、魚が住めなくなるらしいのですが、そのような水は見たことがありません。

なお、DO の値は、飽和溶存酸素量に対して実際にどれだけ溶けているか（飽和度）を％で表わしました。

### (7) 残留塩素

測定の対象 水道水

## 定義

水道水には、浄水場で消毒剤として塩素が加えられています。これは水道水中の雑菌の感染力をなくすためですが、この残留塩素が多くなると「カルキ臭く」なり、水道水がまずくなったりトリハロメタンが生成したりします。

水道法の基準 0.4mg/l 以上であること

## (8) 鉄

測定の対象 水道水

定義 水道管の腐食が進むと水に溶け出してきます。

水道法の基準 0.3mg/l 以下であること

## (9) 硬度

測定の対象 河川水・水道水

### 定義

硬度とは、水中のカルシウムイオン  $\text{Ca}^{2+}$  とマグネシウムイオン  $\text{Mg}^{2+}$  の合計量で、ミネラルとも密接に関係します。

水道法の基準 全硬度...300mg/l 以下であること

## (10) 電気伝導率

測定の対象 河川水・水道水

### 定義

電気伝導率は水がどれだけ電気を通すかを表わしたもので、水中の無機イオンの総量がわかるため、水質の汚染状況を示す指標になります。単位は  $\mu\text{S}/\text{cm}$  です。

### 汚染の目安

雨水	10 ~ 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$
河川上流のきれいな水	50 ~ 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$
河川下流の汚染された水	200 ~ 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$

# 4. 分析法について

私達水質調査班が行っている分析は、5 つにわけることができます。基本的には、分析したい物質を発色させて、その色で濃度を判定します。ここからは、5 つの分析法について順に説明していきます。

### (1) 計器を用いる分析

対象 気温・水温・電気伝導率

方法

最も簡単な分析法と言えます。気温・水温は温度計を、電気伝導率は電気伝導率計を試料水中に入れ、数値が安定したらそれを読むだけです。

### (2) パックテスト

対象 pH・ $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{NO}_2^-$ ・ $\text{NO}_3^-$ ・ $\text{PO}_4^{3-}$ ・COD・残留塩素・鉄・硬度

方法

市販されている「パックテスト」を用います。

1回分の試薬が入ったチューブにピンで穴をあけ、試料水を半分以上吸い込みます。そして、定められた時間の後に、その呈色を標準色と比較して値を求めます。

携帯に便利なので、現地でおおよその値を求めるために使いました。

### (3) 比色管

対象 pH・残留塩素・鉄

方法

pH=6.8・7.0・7.2のように、あらかじめ値のわかった標準溶液を試験管に入れておきます。そして、それぞれを試薬で発色させると、値によって異なる色になります。これを比色管と言います。

ここで、試料水に対しても同様の操作を行い、その色と比色管を比較して値を求めます。

### (4) 吸光光度法

対象  $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{NO}_2^-$ ・ $\text{PO}_4^{3-}$

方法

吸光度が溶液の濃度に比例することを利用します。つまり、分析したい物質が多く含まれるほど、発色させた後の色が濃くなります。

具体的には、あらかじめ濃度のわかった溶液を数段階作り、試薬を加えて発色させ、その吸光度を測定します。すると、吸光度と濃度の関係を表わす正比例のグラフ（検量線）ができます。次に試料水にも同様の操作をして、測定した吸光度を検量線に当てはめて濃度を求めます。

吸光度を求める装置（分光光度計）は高いので、簡易比色計（ユニメーター）で代用しました。

### (5) 滴定分析法

対象  $\text{Cl}^-$ ・COD・DO

## 方法

あらかじめ濃度のわかっている試薬で滴定（試薬を少しずつ加えていくこと）し、反応終了までに要した試薬の量から目的成分の量を求めます。反応終了は色の変化（無色 薄紅色など）で見分けることができます。

## 5. 多摩川の水質調査

多摩川では毎年5か所を測定しています。上流から順に書いておきます。

奥多摩...JR 青梅線奥多摩駅近く（徒歩5分）の、日原川との合流地点（氷川溪谷）。<東京都西多摩郡奥多摩町氷川>

羽村...JR 青梅線羽村駅から徒歩20分の羽村取水堰（玉川上水分岐点下）。<東京都羽村市羽東>

聖蹟桜ヶ丘...京王本線聖蹟桜ヶ丘駅から徒歩10分の川原（関戸橋上）。<東京都多摩市関戸>

登戸...JR 南武線・小田急本線登戸駅から徒歩10分の川原（小田急線鉄橋上）。<神奈川県川崎市多摩区登戸>

田園調布...東急東横・目黒・多摩川線多摩川駅から徒歩5分の川原（東京都水質汚濁常時監視室上）。<東京都大田区田園調布>



では、この5か所での水質の違いを見てみましょう。

	奥多摩	羽村	聖蹟桜ヶ丘	登戸	田園調布
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0.13	0.17	0.3	0.8	1
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	0.14	0.26	0.9	1.1	1.1
COD (mg/l)	0	2	12.6	6	6
DO (%)	104	106	107	100	94



奥多摩と羽村は10月8日、聖蹟桜ヶ丘と登戸と田園調布は11月4日に測定しました。日が違うので単純に比べることはできませんが、やはり下流にいくほど汚染がひどくなっています。 $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{PO}_4^{3-}$ ・CODは下流の方が値が大きいですし、それに伴って溶存酸素が消費されるため、DOの値は下流の方が値が小さくなっています。この結果は、下流に住宅地や工場が多いことを考えると、当たり前のことです。

次に、季節による水質の違いを見てみましょう。

	羽 村		奥 多 摩	
	10月8日	12月18日	10月8日	12月18日
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0.17	0.4	0.13	0.44
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	0.02	0.02	0.02	0
$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	2	1	1	1
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	0.26	0.1	0.14	0.1
$\text{Cl}^-$ (mg/l)	7.0	6.0	5.0	7.0
COD (mg/l)	2	1.3	0	0
DO (%)	106	122	104	107

2か月しか間があいていないのですが、一応秋と冬という季節の違いはあります。 $\text{NH}_4^+$ は増えていますが、それ以外の項目は減っていて（DOは多い方がよいので例外）全体として水質は改善したと言えるでしょう。やはり、冬は人間の暮らしも若干活気を失い、新たに汚染物質を流すことが少なくなるのでしょうか。また、生物の活動がにぶるため、 $\text{NH}_4^+$ の分解が遅れるのかもしれませんが。

それでは、最後に、ここ10年あまりの水質の変化にふれておきます。

年.月.日	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{Cl}^-$	COD	DO
90.11.03	0.8	0.8	--	--	0.1	5	--
91.03.19	10	1.0	--	--	--	5	--
91.11.16	0.5	0.4	--	--	--	5	--
92.03.15	1.5	1.0	--	--	--	5	--
92.10.04	2.0	1.0	--	--	--	20	--
93.10.10	0.5	0.3	--	--	--	4	--

94.09.24	0.5	0.04	--	--	--	4	--
94.11.05	0.5	0.02	--	--	--	5	--
95.04.01	0.5	0.2	--	--	--	(50)	--
95.11.19	0.4	0.8	--	1.4	--	30	--
96.03.24	2.6	1.0	20	1.8	--	9.3	--
96.04.05	1.4	1.0	25	1.8	--	8.1	--
97.04.20	0.5	0.2	20	2	--	5	--
97.12.14	0	0.02	10	1	--	5	--
98.04.05	0.19	0.47	10	0.72	--	4.8	--
98.09.20	--	0.11	5	0.2	12	4	99.2
98.11.22	--	0.20	10	1.6	38	8.3	102
99.02.14	0.5	1	--	2	39	10	99.9
99.04.04	0.7	1.2	10	1.8	33	20	113
99.09.12	0.1	0.1	5	1.6	31	8	96
99.12.14	0.1	0.1	10	1.6	28	25	96
00.03.26	1.3	0.2	5	1.9	42	7.9	99
00.11.12	0.14	0.2	5	0.85	36	2	107
01.04.01	0.8	0.2	5	1.5	23	4.6	--
01.04.17	--	0.23	10	1.2	35	2.1	100
01.11.04	0.3	0.23	5	0.9	17.0	12.6	107

これは、聖蹟桜ヶ丘での測定結果です。単位は DO が%、それ以外は mg/l です。実に 90 年から 01 年まで、全部で 26 回分あります。

これを見ると、聖蹟桜ヶ丘の水質が若干ですが改善してきているように思えます。窒素化合物やリン酸イオンは、以前に比べれば減っているようです。また、COD も低めの値が多くなり、それにつれて DO の値は 100% を超えるようになってきました。塩化物イオンには目立った変化は見られませんが、全体としては「改善」と言うことができるでしょう。

ここ 10 年間で、環境に対する意識が高まり、同時に工場などの排水処理設備も整えられてきたということではないでしょうか。

このように、多摩川の水質は、測定地点や季節によっても異なり、さらには長い年月の中でも変化しています。そして、最近では水質が徐々に改善しつつあると言えます。さらに 10 年後、20 年後、多摩川はどんなになっていくのでしょうか。私達水質調査班としては、多摩川がさらに「きれい」な川となることを願わずにはいられません。来年以降も調査を続け、この川を見守っていきたいと思います。

## 6. 学校の水道水の調査

私達は学校の水道水の調査も行っています。今年は、時間の関係で11か所しかできませんでしたが、初めて過去のデータとの比較も行いました。

### 今年測定した場所

理科棟 4階	化学小実験室	芸術棟 2階	美術室前トイレ
事務棟 4階	大会議室前トイレ	芸術棟 1階	技術室前トイレ
事務棟 3階	数学教室前トイレ	芸術棟 B 1階	書道室前トイレ
事務棟 2階	保健室前トイレ	芸術棟 B 1階	書道室外
事務棟 1階	事務室前トイレ	教員室棟 2階	教員室
芸術棟 3階	音楽室前トイレ		

なお、どの地点でも、1分ほど水を流してから採取しています。

学校の水道水は、多摩川と違って測定地点による変化があまり見られなかったので、「芸術棟 B 1階 書道室外」だけを抜き出しておきます。

2002年4月13日	16:00	天気	晴れ	気温	17.5	水温	13.0
pH	7.2	$\text{NH}_4^+$	0.2	$\text{NO}_2^-$	0.02	$\text{NO}_3^-$	1
$\text{PO}_4^{3-}$	0.1	COD	0.2	鉄	0.2		
残留塩素(遊離)	0.05	(結合)	0.05	(総量)	0.05		
硬度	20	電気伝導率	235 $\mu\text{S}/\text{cm}$	(pH以外で省略してある単位はmg/l)			

特徴と言えるものはほとんどありません。さすが水道水です。ただ、ここでは残留塩素が少ないのが気になります。

これを、同じ場所の1年前のデータと比べてみましょう。

2001年3月20日	12:50	天気	晴れ	気温	20.0	水温	9.2
pH	7.4	$\text{NH}_4^+$	0.08	$\text{NO}_2^-$	0.04	$\text{NO}_3^-$	--
$\text{PO}_4^{3-}$	0.25	COD	2.11	鉄	1.0		
残留塩素(遊離)	2.0	(結合)	--	(総量)	--		
硬度	50	電気伝導率	285 $\mu\text{S}/\text{cm}$	(pH以外で省略してある単位はmg/l)			

なぜか、鉄の値が改善しています。他には、 $\text{NH}_4^+$ が増えて $\text{NO}_2^-$ が減り、同時にCODも減っています。これは、溶存酸素が足りていないことを表わしています。 $\text{NO}_3^-$ の値もわかっていれば、もっとはっきりした比較ができるので、残念です。しかし、全体的に見れば、川の水ほどの変化はありません。水道水が人間によって管理されていることが原因のようです。

## 7. あとがき

一年間班を休班(?)していました。

∴ 班長は河合くんです。

来年度以降もがんばってね。 また 佐々木 (全員じゃない)

P.S. 今年は阪神優勝だ〜!!

今年は今までで一番実験しませんでした。

なので、3行しか書きません。みんな、ありがとう。

来年度以降もがんばってください。 から 佐藤

佐々木さん、佐藤さん お疲れさまでした。

廃液処理班の方にも書いたのび、こ、ちはこの辺でおしまい。

高1 河合

行った回数が増えなかったです。

高1 平橋 <sup>シロガハ</sup>

バックテスト勉強。今度はまた比色管をやりたいです。

中2 中澤

ユニメーターは待つ時間とかが長くて大変でした。

来年度は水の採取に奥多摩まで行ってみたいです。

中2 林

水も周も楽しかったし 高分子もつくねよかったです。

中2 福敷