

水質に関する学生実験の結果について

廣田道夫, 宮川香織*, 石神優紀子*, 渡部徳子*

*: 元家政学科

〔キーワード〕 河川水, 飲料水, 水質, 水の硬度, 学生実験

はじめに

本学家政学科では, 身近な身の回りの環境について理解を深めることを目的として, 1年前期の「生活実験実習」で, 河川水や飲料水の水質に関する実験を2回に分けて実施していた。2012年4月から, 家政学科を含む5学科を統合して現代教養学科が発足したのに伴い, この学生実験は2011年度で終了したが, 過去6年分(2006～2011年度)については結果の詳細が磁気媒体に残されているので, 取りまとめて報告する。

1. 実験

前半に「河川水の水質」に関する実験を, 後半に「飲料水の水質」に関する実験を行った。各実験の操作手順を付録に示す。河川水に関する実験方法は, 基本的には「水の分析」¹⁾の4, 6, 7章に拠っているが, 実際にはより簡便なpH試験紙法及び「パックテスト」法^{2,3)}により実施した。飲料水に関する実験方法は「水の分析」¹⁾の5章に拠っている。各年度当初に河川水を採水し, ミネラルウォーターは市販のものを購入した。

実験は, 2人1班で各回15～16班で行い, 家政学科全体ではこれを6グループで行った(2人×15班×6グループ=180人)(2008年度は5グループ)。測定は1人ずつ行い, 2人の平均値を各班の測定値とした。

1-1 河川水の水質

人は, 様々な形で水を使用して生活しているが, 産業, 農業, 生活などに使用された水は河川, 湖沼, 海域などに排出される。我が国で水質汚濁が社会問題になったのは明治以降であるが, 1958年に初めて水質保全に関する法律(旧工場排水等規制法)が制定され, その後1970年にはこの法律を廃止して「水質汚濁防止法」を制定, 排水基準を定めて工場, 事業場等の排水規制を行っている。また1967年には「公害対策基本法」が制定され, 河川, 湖沼, 海域などの水環境の保全対策として, 1971年に「水質環境基準」が定められた。

水質環境基準には, 27項目の有害物質を対象とした「人の健康の保護に関する基準」と, これとは別の5項目(水素イオン濃度(pH), 生物化学的酸素要求量(BOD)(湖沼と海域では, 化学的酸素要求量(COD)), 浮遊物質(海域では油分), 溶存酸素量, 大腸菌群数)を対象

とした「生活環境の保全に関する環境基準」とがある。また、生活環境保全の基準には、富栄養化防止のための全窒素および全リンに関する環境基準（湖沼と海域）が追加され、さらに水生生物の生息環境保全のための全亜鉛等に関する環境基準が追加されている。

本実験の試料は、世田谷区二子玉川緑地運動場内で、多摩川及び支流の野川から 1L のポリ瓶に採水し冷蔵庫に保管した。採水地点は多摩川の河口から約 20km の地点である。測定項目は pH, COD, 亜硝酸イオン (NO_2^-) 濃度, 硝酸イオン (NO_3^-) 濃度, リン酸イオン (PO_4^{3-}) 濃度である。前述のように、河川の水質に対しては BOD が公定法であるが、BOD の測定には数日を要するので、代わりに COD を測定した^{注)}。 NO_2^- 及び NO_3^- は「人の健康の保護に関する基準」の一項目であるが、全窒素の主要な化学形態でもある。 PO_4^{3-} は、かつて合成洗剤にビルダーとして含まれており、富栄養化の原因物質の 1 つである。

pH はメチルレッド (MR) 及びブロムチモールブルー (BTB) 試験紙で、その他はパケットテスト (株) 共立理化学研究所) によって、標準色表との比較から濃度を求めた。奇数班が多摩川の水を、偶数班が野川の水の測定を行った。

1-2 飲料水の水質

水道水の安全性のために、1898 年に「上水判定標準」が制定されたが、これは主に病原菌対策であった。その後、1958 年に「水道法」に基づき、病原菌、重金属類、致死毒性の強い物質に対して「水質基準」が制定された。数回の改正を経て、現在、基準項目として 51 項目が定められている。水道水は水質基準に適合するものでなければならず、水道事業体等には検査が義務付けられている。さらに管理目標設定項目、要検討項目が定められている。

本実験では、この 50 項目の中から「カルシウム、マグネシウム等 (硬度)」の測定を行った。硬度は、水 1L に含まれる硬度成分 (カルシウム (Ca), マグネシウム (Mg)) を炭酸カルシウム (CaCO_3) に換算した重量 (mg/L) で表示されており、ミネラルウォーターの容器等には品質表示されている。水質基準では、硬度は 300mg/L 以下とされており、別に厚生労働省の定めた「おいしい水」の基準では 50 ~ 100mg/L とされている。硬度が 100mg/L より高い水を硬水、低い水を軟水と云うが、わが国の水は大方軟水であり、お米を炊いたり、お茶を淹れたり、石鹸による洗濯に適している。

試料は、市販の 2L のミネラルウォーター 4 種類 (2006 年度は 5 種類) 及び水道水を使用した。4 班毎に同一試料の測定を行った。1 人 1 回の滴定を行い、2 人の平均値を班の値としたが、2010 年度、2011 年度は 1 人 2 回の滴定を行い、4 回の平均で班の値とした。滴定液には、市販の 0.01M EDTA 標準溶液を使用した。

2. 実験結果及び解析

2-1 河川水の水質

学生実験の測定結果を表 1 (2006 年度分のみ) に示す。また表 2 には各測定項目について、年度毎の平均値と標準偏差 (SD) を示す。ただし MR 試験紙による pH 測定については、後

述の理由により省略した。なお明らかに実験の操作手順を誤ったと思われる結果については平均値等の計算から除外した。

表 1 河川水の水質 (2006 年度)

多摩川の水							野川の水								
グループ	班	pH(MR)	pH(BTB)	COD	亜硝酸	硝酸	リン酸	班	pH(MR)	pH(BTB)	COD	亜硝酸	硝酸	リン酸	
グループⅠ	1	5.9		4	0.17	14	0.7	2	5.5		4	0.17	6.5	0.2	
	3	6.4		4	0.25	7	0.5	4	6.4		3	0.30	8.0	0.3	
	5	5.4		4	0.17	7	0.3	6	6.4		4	0.35	6.5	0.2	
	7	5.5		4	0.17	14	0.6	8	5.7		6	0.20	4.0	0.2	
	9	5.5		5	0.30	7	0.4	10	6.4		5	0.30	7.5	0.2	
	11	5.4		5	0.11	4	0.4	12	5.7		4	0.60	6.0	0.2	
	13	5.4		4	0.25	13	0.4	14	5.4		3	0.13	15.0	0.2	
	15	5.4		4	0.20	10	0.5	16	5.4		5	0.50	20.0	0.2	
グループⅡ	1		6.4	7	0.35	19	0.7	2		6.5	5	0.30	5.0	0.2	
	3		6.2	5	0.20	10	0.5	4		6.4	5	0.50	5.0	1.5	
	5		6.4	7	0.20	10	0.8	6		6.3	5	0.20	5.0	0.2	
	7		6.4	5	0.20	5	1.0	8		6.6	5	0.20	10.0	1.0	
	9		6.2	5	0.10	10	1.0	10		6.4	5	0.20	5.0	1.0	
	11		6.2	3	0.20	10	1.0	12		6.4	5	0.15	5.0	1.0	
	13		6.4	5	0.20	8	1.0	14		6.5	5	0.20	5.0	0.2	
	15		6.4		0.20	10	1.0	16		6.8	5	0.50	5.0	0.5	
グループⅢ	1	5.4		5	0.20	8	0.8	2	6.4		5	0.10	15.0	0.6	
	3	5.4		5	0.35	8	0.5	4	6.2		5	0.09	10.0	0.6	
	5	5.4		3	0.30	9	0.8	6	6.6		6	0.08	8.5	0.4	
	7	5.8		3	0.20	8	0.4	8	5.9		8	0.09	9.5	0.4	
	9	5.4		3	0.35	12	0.7	10	5.8		5	0.07	11.0	0.2	
	11	5.4		5	0.20	10	0.7	12	5.5		5	0.06	10.0	0.4	
	13	5.9		7	0.30	10	0.7	14	6.5		6	0.09	12.0	0.3	
	15	5.4		7	0.20	20	0.6	16	6.5		6	0.10	20.0	0.4	
グループⅣ	1		6.4	8	0.10	9	0.5	2		6.8	10	0.30	13.0	0.4	
	3		6.8	5	0.10	15	1.0	4		7.2	6	0.20	10.0	0.5	
	5		6.5	9	0.30	19	0.5	6		7.5	6	0.20	15.0	0.2	
	7		6.9	6	0.20	9	0.6	8		6.3	8	0.20	13.0	0.4	
	9		6.3	7	0.13	12	0.6	10		7.1	5	0.20	15.0	0.5	
	11		6.4	7	0.10	13	0.5	12		7.0	6	0.10	10.0	0.4	
	13		6.4	10	0.22	15	0.7	14		6.5	7	0.30	15.0	0.2	
	15		6.6	5	0.15	5	0.8	16							
グループⅤ	1	5.4		4	0.07		0.5	2	6.2		5	0.10		0.5	
	3	5.5		5	0.05		0.5	4	5.6		3	0.10		0.4	
	5	5.4		5	0.05		0.5	6	5.5		6	0.10		0.2	
	7	5.4		8	0.04		0.5	8	5.4		5	0.15		0.2	
	9	5.4		6	0.05		0.5	10	5.6		6	0.10		0.5	
	11	5.4		5	0.10		0.5	12	5.5		5	0.10		0.5	
	13	5.4		5	0.05		0.5	14	5.4		5	0.10		0.5	
	15	5.4		5	0.04		0.5	16	6.2		5	0.10		0.2	
グループⅥ	1	5.6		5	0.20		1.0	2	5.6		4	0.08		0.5	
	3	5.5		7	0.13		0.8	4	5.4		4	0.10		0.1	
	5	5.5		3	0.10		0.5	6	6.6		5	0.04		0.5	
	7	5.7		3	0.10		0.8	8	5.5		4	0.08		0.3	
	9	5.5		7	0.30		0.5	10	5.6		7	0.08		0.4	
	11	5.4		8	0.08		0.6	12							
	13	5.4		6	0.20		0.5	14	5.4		5	0.08		0.3	
	15	5.4		5	0.15		0.5	16	6.2		5	0.05		0.5	
平均		5.5	6.4	5	0.17	10	0.6	平均		5.9	6.7	5	0.18	10	0.4
標準偏差		0.2	0.2	2	0.09	4	0.2	標準偏差		0.4	0.4	1	0.13	5	0.3

表 2 河川水の水質 - 年度毎の平均値と標準偏差 (SD)

西暦	pH(BTB)				COD			
	多摩川	SD	野川	SD	多摩川	SD	野川	SD
2006	6.4	0.2	6.7	0.4	5	2	5	1
2007	6.4	0.4	6.5	0.3	7	3	7	3
2008	6.3	0.4	6.5	0.5	6	3	6	2
2009	6.8	0.4	6.8	0.3	6	1	7	3
2010	6.6	0.4	6.7	0.3	6	2	6	2
2011	6.6	0.3	6.7	0.3	5	1	6	1

西暦	NO ₂ ⁻				NO ₃ ⁻				PO ₄ ³⁻			
	多摩川	SD	野川	SD	多摩川	SD	野川	SD	多摩川	SD	野川	SD
2006	0.17	0.09	0.18	0.13	10	4	10	5	0.6	0.2	0.4	0.3
2007	0.22	0.06	0.25	0.15	12	6	10	3	0.6	0.2	0.3	0.1
2008	0.22	0.07	0.25	0.07	11	5	10	5	0.6	0.2	0.3	0.1
2009	0.22	0.14	0.62	0.27	28	13	20	9	1.0	0.3	0.3	0.1
2010	0.22	0.13	0.43	0.31	24	10	32	12	0.9	0.4	0.2	0.1
2011	0.19	0.05	0.66	0.23	25	12	28	11	0.9	0.3	0.1	0.1

pH

MR 試験紙と BTB 試験紙によって測定を行った。2006～2008 年度は、各班どちらか一方で測定を行ったのに対し、2009～2011 年度は各班とも両方で測定を行った。そのせいか、同じ川の試料の pH が、前半では MR 法で pH6 以下となり、両者に大きな差が見られたのに対し、後半では、差は小さくなり、pH6～7 の範囲に収まっていた。

実験期間の前半と後半で結果が比較的安定していた BTB 試験紙による年度毎の測定結果を比較してみると、多摩川より野川の方がやや高めであった。いずれにしても、pH7 以下の値が得られた。東京都環境局⁵⁾は、月 1 回河川水の検査を実施しているが、我々の採水地点に最も近い多摩川の第三京浜多摩川橋で pH7.4～8.1 (2008～11 年度の平均は 7.7) を報告しており、学生実験の結果とはかなり異なっている。試験紙に水滴を付けてから、色が落ち着くまでしばらく時間がかかる等、試験紙法による pH 測定には不確実さが残るように思われる。

COD

年度毎の平均濃度は 5～7 mg/L の範囲にあった (表 2 及び図 1)。東京都環境局⁵⁾によると、2011 年度、多摩川の第三京浜多摩川橋で BOD は 0.5～2.0 mg/L の範囲にあり、COD は 2.7～4.7 mg/L の範囲にあった。本実験の濃度はそれよりやや高いが、標準色表の色は 5 段階 (0, 5, 10, 20, 50, 100mg/L) で、5mg/L の両隣りは 0mg/L と 10mg/L なので、この値はほぼ妥当な結果と思われる。

NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}

NO_2^- 濃度は、野川でより高かったが、特に 2009～2011 年度は両河川に大きな差が見られた。 NO_2^- の標準色表は 6 段階 (0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1mg/L) で、2009～2011 年度の両河川での大きな差は、標準色にして 2 段階程度の差なので有意と考えられる。

NO_3^- 濃度については、多摩川と野川で大きな差は見られなかった。 NO_3^- の標準色表は 6 段階 (1, 2, 5, 10, 20, 45mg/L) で、両者に標準色にして 1 段階以上の差は見られなかった。なお 2009 年度以降、値が倍以上に大きくなっていた。

PO_4^{3-} 濃度は、野川でより低かったが、2009～2011 年度は両河川に大きな差が見られた。 PO_4^{3-} の標準色表は 6 段階 (0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10mg/L) で、2009～2011 年度の両河川での大きな差は、標準色にして 2 段階程度の差なので有意と考えられる。

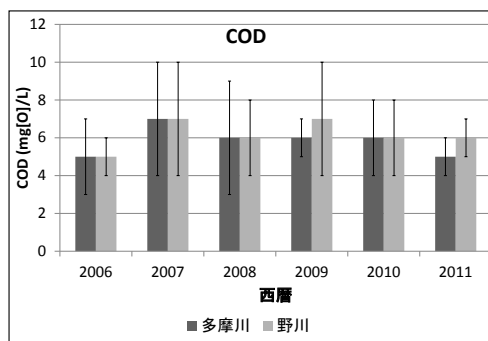


図 1 年度毎の COD の平均値と標準偏差 (SD: 細い縦棒)

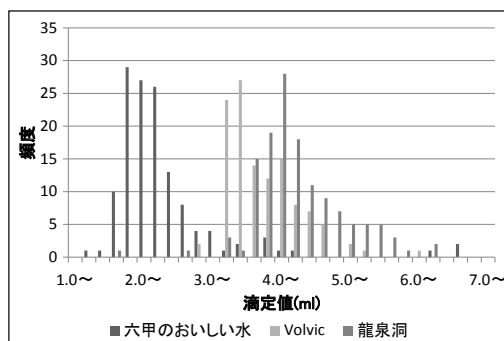


図 2 滴定値の頻度分布 (0.2mL 毎)

測定期間の後半に、 NO_3^- 濃度が両河川でほぼ倍増したこと、 NO_2^- 濃度が野川で倍以上に増加したこと、及び PO_4^{3-} 濃度が多摩川で増加したことについては、年僅か1回の採水であり、傾向を論ずることは控えたい。

2-2 飲料水の硬度

学生実験の測定結果を表3（2006年度分のみ）に示す。またこれとは別に著者らが行った測定結果を参考値として、表示値とともに表4に示す。

この実験はホールピペットやビュレットなどを使用し、「河川水の水質」に関する実験と比較すると、より定量的な実験であるが、これらの器具を初めて使用する学生が大半で、測定結果にバラツキが大きく、硬度の比較的低い「六甲のおいしい水」や「Volvic」の測定値は表示値を大きく上回っていた。ホールピペットや安全ピペッターの操作及びビュレットの目盛の読み方に不慣れであることもバラツキの大きな原因であるが、1番の原因は、多くの学生がビュレットのコックの操作に未熟なため、滴定速度が速すぎて終点を大きく外れていることである。このため滴定値の分布は、より大きい方に長く裾を引いた形になっている（図2）。学生実験の結果は非常にバラツキが大きいため、平均値から1標準偏差（ σ_{n-1} ）以上外れる値を除いて再計算した結果を表5に示す。この結果を表4と比較してみると、やはり「六甲のおいしい水」や「Volvic」の測定値が、表示値に比較してかなり大きい値となっていた。ただ「龍泉洞の水」については、測定値が表示値より低く出ていた。しかし表4の測定結果は表示値よりかなり低い値を示しており、この値と学生実験の結果とを比較すると、他の水と同様の傾向を示していた。

逆に極めて小さい値はpH緩衝溶液の添加が少なすぎたことなどが原因と思われる。

表3 飲料水の水質（2006年度）

	六甲のおいしい水		Volvic		龍泉洞		水道水		VALVERT	
	班	滴定値(ml)	班	滴定値(ml)	班	滴定値(ml)	班	滴定値(ml)	班	滴定値(ml)
グループⅠ	1	2.24	5	4.43	9	3.73	13	3.33		
	2	3.80	6	3.29	10	4.15	14	3.46		
	3	2.31	7	3.49	11	2.62	15	2.78		
	4	1.66	8	3.75	12	1.78	16	3.05		
グループⅡ	1	1.78	5		9	4.07			13	9.94
	2	1.78	6		10	3.65			14	9.92
	3	1.80	7		11	4.09			15	9.45
	4	1.83	8		12	4.03			16	9.93
グループⅢ	13	2.24	5	3.46	1	4.22	9	1.60		
	14	2.34	6	3.23	2	4.13	10	2.40		
	15	2.25	7	4.30	3	4.30	11	2.45		
	16	2.22	8	3.40	4	4.45	12	2.10		
グループⅣ	9	1.75			5	4.00	13	2.58	1	9.76
	10	2.32			6	5.60	14	2.90	2	8.25
	11	2.50			7	4.67	15	3.10	3	10.40
	12	2.00			8		16	2.86	4	9.35
グループⅤ	1	3.04			5	4.03	9	2.66	13	8.10
	2	2.25			6	4.00	10	2.75	14	8.28
	3	2.57			7	5.10	11	3.52	15	9.30
	4	2.13			8	3.97	12	2.78	16	9.20
グループⅥ	13	2.16			5	4.16	9	2.57	1	8.35
	14	2.40			6	4.60	10	2.77	2	7.60
	15	2.09			7	4.35	11	3.73	3	8.90
	16	2.26			8	4.06	12		4	8.60
	平均	2.24		3.67		4.08		2.81		9.08
	標準偏差	0.46		0.46		0.74		0.51		0.81
	硬度(mg/L)	44.8		73.4		81.6		56.3		181.8

3. まとめ

2011年度まで家政学科で行われていた、水質に関する学生実験の6年分の結果を取りまとめた。バラツキの大きな結果が得られたが、これはかなりの学生が、化学実験に不慣れだったことによるものと思われる。それでも河川水の実験については、ほぼ全期間にわたって NO_2^- 濃度が野川でより高く、 PO_4^{3-} 濃度は野川でより低いというような傾向が得られていて、何かしら現実を反映しているように思われる。また飲料水の実験については、図2に見られるように、表4の参考値とほぼ一致するのは最頻値か、その1つ下のランクの値であり、約2割の学生は正しく滴定を行っていたものと思われる。

表4 実験結果参考値

(2006年4月予備実験)

	滴定値 (mL)			硬度 CaCO ₃ mg/L	表示値
	1回目	2回目	平均		
水道水	3.44	3.45	3.45	69.1	
六甲のおいしい水	1.55	1.55	1.55	31.0	31
龍泉洞の水	3.62	3.64	3.63	72.7	97
Volvic	3.13	3.14	3.14	62.9	62
VALVERT	10.28	10.30	10.29	206	177
evian	15.32	15.39	15.36	308	293
屋久島縄文水	0.58	0.52	0.55	11.0	

(2011年6月予備実験)

	滴定値 (mL)			硬度 CaCO ₃ mg/L	表示値
	1回目	2回目	平均		
水道水	2.90			58.6	
六甲のおいしい水	1.80			36.4	
龍泉洞の水	4.05			81.9	
Volvic	3.22			65.1	

(2012年6月予備実験)

	滴定値 (mL)			硬度 CaCO ₃ mg/L	表示値
	1回目	2回目	平均		
水道水	2.48			50.1	
六甲のおいしい水	1.80	1.82	1.81	36.4	32
龍泉洞の水	3.61	3.66	3.64	73.3	97

表5 年度毎の滴定値の平均値と標準偏差 (SD) 及び硬度

年度		六甲のおいしい水	Volvic	龍泉洞の水	水道水	VALVERT
2006	平均(mL)	2.17	3.62	4.17	2.93	9.02
	SD	0.32	0.37	0.23	0.35	0.52
	硬度(mg/L)	43.4	72.4	83.4	58.6	180.6
2007	平均	2.32	3.69	4.32	3.15	
	SD	0.38	0.38	0.41	0.41	
	硬度	46.5	73.8	86.4	63.0	
2008	平均	2.27	3.60	4.09	2.96	
	SD	0.42	0.28	0.27	0.40	
	硬度	45.5	72.0	81.8	59.3	
2009	平均	2.03	3.71	4.02	3.24	
	SD	0.26	0.26	0.26	0.29	
	硬度	40.6	74.3	80.5	64.9	
2010	平均	2.20	3.79	4.25	3.08	
	SD	0.34	0.26	0.30	0.32	
	硬度	44.1	75.9	85.1	61.7	
2011	平均	2.19	3.57	4.34	3.17	
	SD	0.28	0.33	0.35	0.34	
	硬度	43.8	71.5	86.9	63.5	
硬度の全平均とSD		43.9 6.7	73.6 6.2	84.0 6.4	62.0 7.2	

水質に関する実験は環境教育・学習の推進にふさわしいものと考えられており⁶⁾、新学科の「学問入門演習」にも採り上げているが(約15名)、高校における理科教育のカリキュラムが理系と文系で大きく異なることにより、例えば pH の理解の程度に学生間で大きな差があり、実験の前段でより丁寧な解説が必要と思われる。

注) BOD は水中のバクテリアの生物化学的作用により有機物を分解するのに必要とされる酸素量で、採取した水をガラスビンに入れ、光を遮って 20℃ の状態に 5 日間おき、その間に消費された溶存酸素の量で表す。COD は水中の酸化されやすい物質(主に有機物)を酸化剤で分解する際に消費される酸素の量である。BOD に比べて再現性が良い。単位は共に mg/L である⁴⁾。

文献及び参考書

- 1) 日本分析化学会北海道支部編(1981):「水の分析 第3版」, 4章 4.3, 5章 5.4, 6章 6.4 ~ 6.6, 7章 7.2 ~ 7.3, 化学同人.
- 2) 金子恵美子・磯江準一(2002):水質分析キット, ぶんせき, 360-365.
- 3) 共立理化学研究所:「共立 パックテスト使用法」
- 4) 小倉紀雄(1992):「市民環境科学の誕生 きれいな水をとりもどすために」, あすなろ書房.
- 5) 東京都環境局 水環境:
http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/
- 6) 小倉紀雄(2001):市民教育と分析化学ー市民による環境モニタリングの意義と役割ー, ぶんせき, 536-539.

< 付録 > 生活実験実習ー前期(生活環境)

【題目】水質検査

【目的】河川水や飲料水の水質検査を通して身の回りの環境について考える。

実験 A 河川の水質

測定項目: 水素イオン濃度(pH), 化学的酸素要求量(COD), 亜硝酸イオン(NO_2^-), 硝酸イオン(NO_3^-), リン酸イオン(PO_4^{3-})

試料水: 多摩川水系の河川水(多摩川, 野川など)

器具・薬品: パックテスト試薬一式, プラスチック容器(蓋付き), ビーカー, 時計皿, ガラス棒, pH 試験紙

実験方法: pH は試験紙法, その他はパックテスト(共立理化学研究所製)により行う。

(1) pH

pH 試験紙(メチルレッド(MR: pH 範囲 5.4 ~ 7.0), ブロムチモールブルー(BTB: pH 範囲 6.2 ~ 7.8))

試験紙をピンセットではさみ、ガラス棒を検水に浸して試験紙に付ける。直ちに標準変色表とくらべて、pH 値を読みとる。

(2) COD

パックテスト WAK-COD を用いて下図のように行う。



(3) 亜硝酸イオン (NO_2^-) 濃度

パックテスト WAK- NO_2 を用い、上記 (2) と同様に行う。反応時間は2分。

(4) 硝酸イオン (NO_3^-) 濃度

① 上記 (3) で亜硝酸イオンが無かった場合は、直ちに③の操作をする。

② 亜硝酸イオンが存在する場合には次の手順で前処理をする。

1. ビーカー (50mL) に検水 30mL をとり (ビーカーの目安線)、前処理剤 $\text{NO}_3\text{-RA}$ の中身を入れ、時計皿で蓋をする。

2. 直火 (ガスバーナー、三脚、金網使用) で加熱し、沸騰してから2分煮沸、室温まで下げる。

③ パックテスト WAK- NO_3 を用い、上記 (2) と同様に行う。反応時間は3分。

(5) リン酸イオン (PO_4^{3-}) 濃度

プラスチック容器の検水に K-1 試薬 8 滴 (約 0.5 mL) を加え、蓋をしてよく振る。

パックテスト WAK- PO_4 を用い、上記 (2) と同様に行う。反応時間は1分。

パックテスト使用上の注意：

- ① パックに吸い込む時、1 回で検水が半分近くまで入らないときは、穴を上にして空気を追い出し、もう一度やり直す。
- ② 比色するときに、多少試薬が溶解せずに残っていても測定には影響しない。
- ③ 使用前、使用後ともパックの内容物を取り出さないこと。使用後は液がこぼれないように注意して、指定の袋に捨てる。

実験 B 飲料水の水質

測定項目： カルシウム及びマグネシウム（硬度）

試料水： 水道水，ミネラルウォーター

実験方法： 容量分析（EDTA によるキレート滴定）

- (1) 器具： 25mL ビュレット，50mL ホールピペット，駒込ビペット（緩衝溶液用），200mL 三角フラスコ，マグネチック・スターラー
- (2) 試薬：
 1. EBT 指示薬（エリオクロムブラック T のアルコール溶液）
 2. 0.01M EDTA 標準溶液（エチレンジアミン 4 酢酸 2 ナトリウム）
濃度 = $0.01 \times f$ （ファクター）
 3. pH10 緩衝溶液（塩化アンモニウム水溶液 + 濃アンモニア水）
- (3) 定量操作
 - ① 検水 50mL をホールピペットを用いて三角フラスコに取る。
 - ② 緩衝溶液（試薬 3）2mL と EBT 指示薬（試薬 1）1～2 滴を加える。
 - ③ ビュレットに EDTA 標準溶液（試薬 2）を入れ，目盛を読む（始点）。
 - ④ フラスコをスターラー上に置き，振り混ぜながら EDTA 標準溶液を滴下し，赤色が青色となり，赤味がなくなるまで滴定する。
 - ⑤ ビュレットの目盛を読む（終点）。
- (4) 硬度の求め方

$$\text{硬度 (CaCO}_3 \text{ mg/L)} = a \times 1000/V \times 1.001 \times f$$

a = 滴定に要した EDTA 溶液 (mL)

V = 試料水の量 (50mL)

f = EDTA のファクター

注意

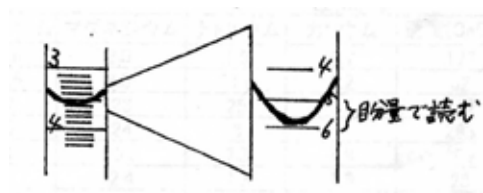
測定値の有効数字に注意すること

ビュレットの目盛りの例

3.5 8

目盛りを読む

目盛り線の間を目分量で読む



On the results of laboratory experiments on water quality

HIROTA Michio , MIYAGAWA Kaori, ISHIGAMI Yukiko, and WATANABE Tokuko

Laboratory experiments on water quality were conducted in the Department of Home Economics at Aoyama Gakuin Women's Junior College. The results were gathered between 2006 and 2011. Because of the novice nature of the students, the data obtained was considerably noisy. Analysis of the quality of river water indicated that concentrations of NO_2^- were higher in the Nogawa River than in the Tamagawa River. Conversely, PO_4^{3-} concentrations were always lower in the Nogawa River than in the Tamagawa River over the entire study period. These findings suggest that trends exist between the identity of the river and the concentration of the species studied. In the experiments on the hardness of drinking water, the results observed by the laboratory staff (Table 4) were in agreement with the highest frequency values obtained (Fig. 2). This implies that around 20% of the students performed the titration correctly.

It has been concluded that the experiments on water quality are suitable for environmental education and study; therefore, they have been adopted as a part of the Introductory Academic Seminar (with 15 students registered). However, because the curriculum in senior high school is very different between literature and science-based courses, a detailed explanation of the experiments is vital for the new students.

Keywords : River water, Drinking water, Water quality, Water hardness, Laboratory experiments
