

環境教育の資料作成 II : 水質汚染と自浄作用

| | |
|-------------|---|
| 著者 | 佐藤 成哉, 青井 弘毅, 井上 二夫 |
| 雑誌名 | 熊本大学教育学部紀要 自然科学 |
| 巻 | 42 |
| ページ | 13-18 |
| 発行年 | 1993-09-30 |
| その他の言語のタイトル | Teaching Materials for Environmental Education II : Pollution and Clarification of Natural Waters |
| URL | http://hdl.handle.net/2298/2263 |

環境教育の資料作成 II

— 水質汚染と自浄作用 —

佐藤成哉・青井弘毅*・井上二夫**

Teaching Materials for Environmental Education II

Pollution and Clarification of Natural Waters

Shigeya SATO, Koki AOI* and Tsugio INOUE**

(Received May 24, 1993)

As one of the teaching materials for environmental education, the present water pollution in Kumamoto and Yatsushiro City is examined by the determination of COD. The COD values of foods or cleaners that are the main materials of waste water from household have also been measured. It was found that the waste water from household was the cause of water pollution, but was easily decomposed and clarified by the action of microorganisms in rivers.

Key words : Water pollution, COD, Environmental Education, Clarification

1. 緒 言

近年、環境破壊が大きな社会問題として取り上げられ、人類や地球の将来に対する危惧が叫ばれている。自然環境の破壊は、地球の温暖化・オゾン層の破壊・酸性雨等の地球的規模から、飲料水・生活排水・排ガスなどに代表されるような身近な汚染も含まれており、人間生活に起因するこれらの環境破壊はますます複雑かつ深刻化している。このような状況を鑑み、文部省でも「環境教育」を理科教育の主要な命題の1つに位置づけ、新しい指導要録・指導要領（平成元年度）にも環境教育の重要性が記載され、教育現場での研究・実践の必要性を唱えている¹⁾。しかし、新教科書には、一般的な内容の記述しかなく²⁾、副教材（副読本）も乏しいのが現状であり、系統的な研究・実践例の報告が熱望されている。

本研究室では、地域の特性を生かした環境教育の資料集作成の一環として、阿蘇火山灰の成分分析と環境水への汚染の可能性及び植物生育への影響について報告した³⁾。そこで今回は、CODから眺めた環境水の汚染の現状とその原因について詳しく調べてみることにした。その結果、人間生活が環境汚染の主因であることを再確認させられた一方で、自然の浄化作用—水中の微生物による有機物の分解除去—を認識させられる結果が得られたので、ここに報告する。

* 熊本大学大学院教育学研究科

** 大矢野町立大矢野中学校

2. 実 験

2.1 装 置

日本分光 UVIDEC-660 型可視紫外分光光度計，日立-堀場 pH 計 (B-112) 及びタイテック恒温槽 (mini-80) を用いた。

2.2 試 薬

- 硫酸：濃硫酸の市販品を 3 倍に希釈して用いた。
- シュウ酸標準溶液：市販のシュウ酸標準溶液 (和光純薬 0.1N) を 4 倍に希釈して用いた。
- 過マンガン酸カリウム溶液：市販の過マンガン酸カリウム標準溶液 (和光純薬 N/40) をそのまま使用した。
- モール塩溶液：市販のモール塩 (和光純薬；0.984g) を硫酸 [0.1N 100ml] に溶解して用いた。
- チオシアン酸溶液：市販のチオシアン酸アンモニウム (片山化学；5g) を水 [100ml] に溶解して用いた。

2.3 標準操作法－COD 定量－

共栓付試験管 (10ml) に試料 [5ml]，硫酸 [12N 0.5ml] と過マンガン酸カリウム溶液 [N/40 0.5ml] を加えて，加熱 (60°C 30 分) する。放冷後，モール塩溶液 [N/40 1.0ml] とチオシアン酸溶液 [5% 0.5ml] を加え，水で全量を 10ml に希釈し，吸光度を測定する ($\lambda = 457\text{nm}$)。

なお，実試料の前処理は，ろ過 (東洋ろ紙 No. 1) だけを行い，シュウ酸標準溶液 [N/40 0.2ml (4ppm に対応)] の添加により得られた回収率から，実試料中の COD 値を算出した。

3. 結果及び考察

《COD からみた環境汚染》

(1) 河川水

COD (化学的酸素要求量) は，河川または産業排水の汚染度を示すもので，水中の被酸化性物質 (主として有機物) を酸化する際の，酸化剤の消費量を酸素量 (ppm) で表したものであり，BOD (生物的酸素要求量) とともに水質汚染の一般的な指標となっている。そこで，九州圏内の主要河川の COD 値を測定してみたところ，表 1 に示すように，どの河川からも 4ppm 以下 (水道水の基準は 10ppm 以下) の数値しか観測されず，COD に関する限り一般に言われているほど汚れていないことが分かった。

次に，熊本市内 (商業地域として) 及び八代市内 (工業農業地域として) の汚染の現状を把握するために，両市内を流れる小さな川や“どぶ川”と呼ばれる排水路中の COD を測定してみた。得られた結果を表 2 と図 1～2 に示す。

熊本市内では，生活排水が流れてくる新外橋や護藤で高い数値 (11, 12ppm) が得られた。

表 1 河川の COD

| 河 川 | COD (ppm) | |
|-----|-----------|-----|
| | min | max |
| 白 川 | 0.6 | 3.6 |
| 緑 川 | 1.2 | 2.6 |
| 菊池川 | 0.4 | 2.1 |
| 球磨川 | 1.4 | 1.7 |
| 筑後川 | 0.3 | 1.4 |
| 大淀川 | 1.4 | 2.2 |

表2 熊本・八代市内の水質調査

| 熊本市 | pH | | COD | | 八代市 | pH | | COD | |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|------|
| | min | max | min | max | | min | max | min | max |
| 上熊本 | 7.8 | 8.3 | 1.1 | 1.7 | 福 正 | 7.4 | 7.9 | 0.7 | 1.2 |
| 島 崎 | 7.4 | 7.9 | 3.0 | 10.0 | 松 江 | 7.4 | 7.9 | 1.0 | 1.7 |
| 花 園 | 7.2 | 7.9 | 3.7 | 8.1 | 興 国 | 7.2 | 8.3 | 0.7 | 1.6 |
| 坪井6 | 7.7 | 8.0 | 3.2 | 4.7 | 千 丁 | 7.8 | 8.0 | 0.6 | 1.1 |
| 保田窪 | 7.4 | 8.1 | 1.9 | 4.4 | 永 碓 | 7.3 | 8.1 | 0.8 | 4.4 |
| 水前1 | 7.7 | 8.5 | 0.4 | 2.5 | 田 中 | 7.4 | 8.3 | 1.0 | 7.8 |
| 新外橋 | 7.9 | 8.4 | 2.3 | 10.6 | 八千把 | 7.1 | 7.5 | 3.2 | 9.4 |
| 山伏橋 | 8.0 | 8.4 | 2.9 | 4.7 | 排水1 | 7.1 | 7.7 | 27.3 | 32.8 |
| 秋津橋 | 7.6 | 8.1 | 0.0 | 0.8 | 水無中 | 7.7 | 8.3 | 8.1 | 17.5 |
| 護 藤 | 7.5 | 8.4 | 5.5 | 11.6 | 水無下 | 6.5 | 7.3 | 16.2 | 24.4 |

測定回数：熊本市（8回） 八代市（4回） COD（ppm）

八代市では、工場排水が流出してくる場所およびその下流域で異常に高い数値（33, 24ppm）が観測された。また、用水路（八千把・田中町）からも農薬などに起因すると思われる、比較的高い数値（8～10ppm）が測定された。

（2）生活雑排水

生活雑排水が河川の汚染の一因であると言われているので、実際に我々が毎日流している生活雑排水のCOD値を測定してみた。その結果、表3に示すように、日頃何気なく流しに捨てているものの中に数千～数万ppmと非常に高い数値を与える物があり、河川の汚染源である事は明白である。

表3 生活用品のCOD [ppm]

| 試 料 | COD | 測定液 | 試 料 | COD | 測定液 | 試 料 | COD | 測定液 |
|-------|--------|-----|---------|-------|--------|---------|-------|-------|
| 醬 油 | 48,000 | 原液 | コ ー ヒ ー | 5,300 | 7.5g/l | 合 成 洗 剤 | 310 | 10g/l |
| ソ ー ス | 93,000 | 〃 | と ぎ 汁 | 1,000 | 250g/l | 食 器 | 11 | 〃 |
| 牛 乳 | 22,000 | 〃 | 砂 糖 | 3,800 | 10g/l | 浴 槽 洗 剤 | 9 | 〃 |
| コ ー ラ | 38,000 | 〃 | 味 の 素 | 25 | 〃 | 洗 顔 石 鹼 | 66 | 〃 |
| 酒 | 38,000 | 〃 | 茶 | 2,500 | 〃 | 粉 石 鹼 | 1,900 | 〃 |
| ラーメン汁 | 4,400 | 〃 | 鰹 だ し | 40 | 〃 | 手 作 石 鹼 | 120 | 〃 |
| スプライト | 14,000 | 〃 | 昆 布 だ し | 1,000 | 〃 | 入 浴 剤 | 100 | 〃 |

茶：加熱沸騰（5分）後ろ過して使用
だし（鰹・昆布）：水に1晩漬けた後ろ過して使用

《微生物による環境浄化》

（1）微生物の浄化能

水中の微生物の有機物分解能を調べる目的で、水質とCOD変化（試料=お茶）との関連性について調べてみた。表4に示すように、河川水を添加するとCOD値は顕著に減少することがわかり、これは河川水中の微生物の寄与を示唆しているものと思われる。そこで、いろいろな生活雑排水が実際にどの程度微生物によって分解されていくのか、追跡調査してみた。

その結果、表5に示すように、雑排水の種類により数値の落ち方にやや違いはあるものの、ど

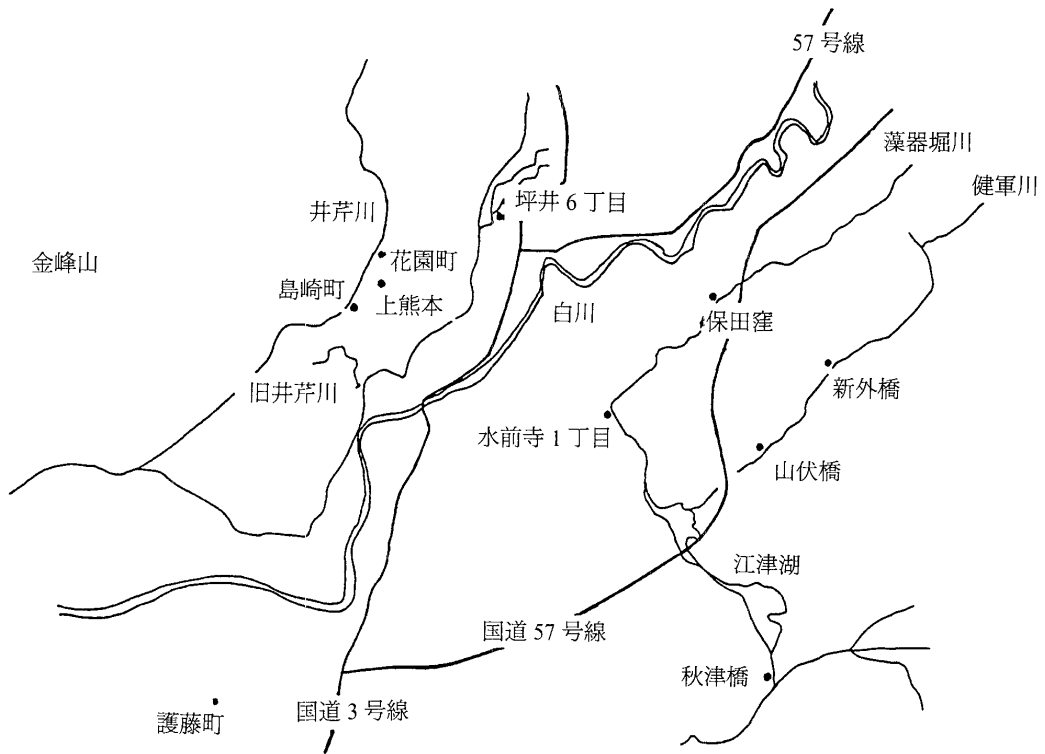


図1 河川水の採水地点一覧 — 熊本市内 —



図2 河川水の採水地点一覧 — 八代市内 —

表4 水質とCOD変化 [ppm]

| 放置 (日) | イオン水 ($< 1\text{ppm}$) | 湧水 | 井芹川 (2ppm) | 排水路 (8ppm) | 工場排水 (30ppm) |
|-----------|-----------------------------|-----|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 0 | 576 | 549 | 552 | 569 | 584 |
| 2 | 555 | 534 | 467 | 476 | 513 |
| 4 | 512 | 482 | 316 | 364 | 425 |
| 7 | 474 | 401 | 139 | 171 | 225 |
| 17 | 346 | 318 | 55 | 68 | 76 |

測定液：{茶 [1g]+イオン水 [100ml]+加熱沸騰} →ろ過+河川水 [400ml] →室温放置

表5 生活雑排水のCOD変化 [ppm]

| 放置 | 茶 | 醤油 | コーヒー | コーラ | ラーメン | とぎ汁 | 入浴剤 |
|----|-----|-----|------|-------|------|-----|-----|
| 0 | 552 | 472 | 560 | 1,100 | 234 | 62 | 50 |
| 2 | 467 | 341 | 465 | 1,060 | 477 | 26 | 48 |
| 8 | 120 | 121 | 174 | 501 | 207 | 18 | 39 |
| 18 | 50 | 80 | 145 | 60 | 136 | 18 | 38 |

測定液：試料 [50ml]+井芹川 [300ml] →室温放置 (日)

表6 洗剤のCOD変化 [ppm]

| 放置 (日) | 合成洗剤・歯磨き | | | 天然油脂・石鹼 | | |
|-----------|----------|------|------|---------|------|------|
| | チャーミーG | アタック | ガードH | 粉石鹼 | 手作り | 植物物語 |
| 0 | 5.5 | 6.6 | 13.5 | 23.8 | 60.5 | 8.5 |
| 3 | 5.4 | 8.2 | 4.4 | 15.8 | 43.2 | 9.6 |
| 8 | 3.9 | 5.9 | 2.7 | 6.4 | 11.0 | 6.1 |
| 16 | 3.0 | 4.8 | 5.7 | 2.7 | 7.3 | 2.4 |

測定液：試料 [0.1g]+藻器堀川 [500ml] →室温放置

の生活雑排水も確実に分解されていくことがわかった。さらに、身近な環境汚染で常に話題となる洗剤や石鹼の微生物分解についても検討を行い、得られた結果を表6に示す。石鹼は最初高いCOD値を与えるが、微生物により分解されて約2週間でほぼ1/10に減少してしまった。一方、合成洗剤のCOD値は、最初から低く、放置しておいても1/3程度しか減少しなかった。汚れを落とす=きれいにするという観点から推察すれば、石鹼は同じ汚れを落とすのに洗剤よりも量を多く必要とする。石鹼は微生物によりすみやかに分解されるので、多量に使用しても自然にやさしいように思われるが、最終的に川を汚す程度で考えると、洗剤も石鹼も同じではないかと思われる。(表6より、石鹼は100%分解されるわけではない)

(2) 微生物の活動条件

自然は水中の微生物を使って“汚れ(有機物)”を分解・浄化していることが分かった。そこで、微生物の分解能を高めて効率よく活動させるための条件について、お茶を試料として調べてみた(表7参照)。なお、試料溶液は、お茶 [1g] をイオン水 [100ml] で加熱沸騰(3分)させて得られたる液に、河川水 [藻器堀川 400ml] を加えて調製した。

表7 COD からみ微生物の活動条件

| 放置 (日) | 放置温度 (°C) | | | | | レモン液の添加濃度 (%) | | | 放置 (日) | 漂白剤濃度 (%) | | |
|-----------|-----------|-----|-----|-----|-----|---------------|----------|----------|-----------|-----------|-----|-----|
| | 5 | 10 | 25 | 30 | 50 | 100 | 50 | 10 | | 10 | 1 | 0.1 |
| 0 | 490 | 490 | 551 | 655 | 655 | 1,309(3.2) | 909(3.8) | 568(6.1) | 0 | 273 | 355 | 362 |
| 2 | | | 464 | 453 | 590 | 1,408(3.2) | 907(3.9) | 346(6.7) | 2 | 265 | 330 | 296 |
| 4 | | | 213 | 255 | 531 | | | | 7 | 223 | 262 | 151 |
| 6 | 426 | 307 | | | | 1,055(3.5) | 432(4.7) | 179(7.0) | 14 | 205 | 191 | 151 |

測定液の調製：お茶 [1g/100ml] + 加熱沸騰 (3分) → ろ過 + 河川水 [藻器堀川 400ml] + レモン液 [10ml] (漂白剤 [50ml]) → 室温放置

- ①温度の影響；COD 値は，室温付近で一番大きく減少し，低温 (10°C) や高温 (50°C) では，あまり減少していかなかった。このことから，季節によって河川の浄化能力に違いが生じることも考えられる。
- ②pH の影響；レモン液を使って，pH の影響について調べた結果，高い酸性度は低い分解能を示し，微生物の働きには液性が顕著な影響を与える事が分かった。このことは，微生物の分解活動にも酸性雨は影響を与える可能性を示唆している。また，分解の進行につれて pH 値が増加する傾向から，酸性雨が河川の pH 減少をもたらしても，微生物は有機物を分解することによって pH 値の減少を緩和する働きも有しているように推論できる。
- ③漂白剤の影響；漂白剤の影響について検討した結果，濃度が高いほど COD 値の減少が少なかった。これは，漂白剤の殺菌作用によるものと思われる。

4. 結 語

環境教育を学校現場で実践する際に最も必要な事は，実に巧妙に仕組みられた自然の循環系をよく理解させ，自然と人間が共存していく方法を生徒と一緒に考えて活動することである。今回，環境教育の副教材の作成の一環として，水質汚染の指標の1つである COD に着目し，我々の身のまわりの環境の汚染の現状やその原因物質について詳しく調査した。その結果，生活排水（炊事や洗濯）や工場排水など，われわれ人間の活動（日常の生活）がいかに自然界の汚染の主因であるかを再確認させられた。しかしながら，人間が行う環境汚染の一方で，自然が行う治癒能力（浄化作用）にも触れる事ができ，あらためて自然の仕組みの素晴らしさ・自然の偉大さに深い感銘を受ける結果となった。

参 考 文 献

- 1) 文部省：中学校指導書理科編，学校図書 (1989)。
- 2) 例えば，中学校理科2分野下 -7.地球と人間- 大日本図書 (1992)。
- 3) 佐藤成哉，正元和盛，吉田和親，河内敏博：熊本大学教育学部紀要，自然科学，**41**，9-16 (1992)。