

## 環境教育の教材開発：河川の浄化作用

著者	大山 寛, 澤 僚久, 佐藤 成哉
雑誌名	熊本大学教育学部紀要 自然科学
巻	51
ページ	9-18
発行年	2002-11-25
その他の言語のタイトル	Development of Teaching Materials for Environmental Education : Clarification Power of Rivers
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2298/2415">http://hdl.handle.net/2298/2415</a>

## 環境教育の教材開発

— 河川の浄化作用 —

大山 寛・澤 僚久\*・佐藤成哉

## Development of Teaching Materials for Environmental Education

— Clarification Power of Rivers —

Hiroshi OHYAMA, Tomohisa SAWA\* and Shigeya SATO

(Received September 2, 2002)

As one of the teaching materials for environmental education, both developments of simple determination methods for environmental pollution matters and several kinds of interesting clarification powers in nature have been widely investigated and applied to teachings in compulsory education.

It was found that there are several kinds of clarification powers, such as adsorption and biodegradation in riverbeds (stone, sand, mud, charcoal, concrete, and trash). These examinations using COD measurement is very effective for comprehensive study and optional science.

**Key words :** Environmental Education, Clarification, Riverbed, COD

### 1. 緒 言

現代社会の豊かな生活の代償として、地球的規模での環境汚染（破壊）が深刻な社会問題となっている。そのため、各地方自治体や環境保護団体は身近な環境（河川や海・干潟など）の保護・保全のために様々な取り組みを行っており、河川への木炭や竹炭の設置や家庭排水へのEM菌混入等はその一例である。

平成14年度から完全実施となった新学習指導要領においても、学校現場における環境教育の重要性が叫ばれ、総合的な学習の時間や選択理科等での取り扱い・指導法が検討されている。

そこで今回、河川の働き（自然環境の浄化や生き物への貢献・恩恵）をより詳細に調べ、総合的な学習の時間や選択理科における環境教育の授業でも活用できる教材を開発することを目的として<sup>1)~5)</sup>、河川水以外の構成要素（川床の石、砂、泥など）や人為的要素（木炭・竹炭、コンクリート壁等の環境への影響）との関連についてCOD測定法を活用し、調査・研究を行うこととした。

その結果、河川は、我々の日常生活から排出される汚染物質（生活雑排水）に対して、河川水だけでなくさまざまな手段を駆使して自然環境の保護・保全を行っていることや炭やコンクリート壁の影響についての興味ある成果を得ることができ、これからの総合的な学習や選択理科の教材として十分活用できるものと思われるので、ここに報告する。

---

\* 熊本県立熊本盲学校

## 2. 実 験

### 2. 1 装 置

- 吸光光度計 (UVTEC-660 (10mm 石英セル))
- 攪拌機 (タレンスターター F6-A)
- pH 測定機 (HORIBA D-25)

### 2. 2 試 薬

#### < COD 法 >

- 硫酸 [12N] : 原液 (和光純薬) を 1/3 に希釈.
- ショウ酸標準溶液を希釈 [N/80] : 市販のシュウ酸標準溶液 (和光純薬) を希釈して調製.
- 過マンガン酸標準溶液 [N/40] : N/10 標準溶液 (和光純薬) を 1/4 に希釈して調製.
- モール塩溶液 [N/40] : モール塩 [0.984g] を硫酸 [0.1N, 100ml] に溶解して調製.
- チオシアン酸アンモニウム溶液 [5%] : チオシアン酸アンモニウム (和光純薬) [5.0g] を水 [100ml] に溶解して調製.

#### < その他 >

- 全ての溶液の調製にはイオン交換水を用いた.

### 2. 3 標準操作法

#### (1) 試料の前処理

- ① 保存溶液 (お茶) : 茶葉 [1g] + イオン交換水 [100ml] + 沸加熱 (5分) → ろ過 (ろ紙1号)
- ② 試料溶液 : 保存溶液 [20ml] + イオン交換水 [80ml]
- ③ 河川水 : 水は採取後直ちにろ過 (ろ紙1号) し, 実験に用いた.
- ④ 砂・泥 : 採取したものをふるいにかけて粒径を統一し, 実験に用いた.
- ⑤ 河川放置した活性炭や竹炭は表面を水洗いし, 実験に用いた.
- ⑥ PET 容器 (細工1) : PET (500ml) の図1の点線を引いた所をカッターで切断する.

残った円柱の部分を実験に用いた.

※今回用いたペットボトルは全て 500ml を用いた.

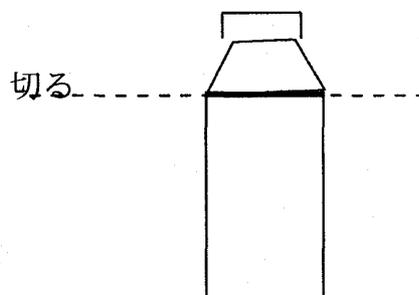


図1 PET 容器 (細工1)

## (2) 定量法

## 《COD法》

試験管 10ml

- 試料液 [5.0ml]
- 12N - 硫酸 [0.5ml]
- N/40 -  $\text{KMnO}_4$  [0.5ml]

加熱 (60°C 30分)

冷却 (5分)

- N/40 - モール塩 [1.0ml]
- 5%チオシアン酸アンモニウム [0.5ml]
- 水で全量 [10ml]

吸光度測定 (457nm 対照: 水)

## 3. 結果および考察

## 3.1 河川水中の木炭・竹炭の働き

炭は多孔質な構造で表面積がとても大きいので、物質を吸着する能力に優れている。その炭の特性を利用して、河川や海をきれいにしようという試みが小・中学校でもよく行われており、実際に児童・生徒たちが炭を河川に設置している姿が報道されている。本研究室においても木炭の環境教育の教材化（有害物質の吸着除去）の研究を行っているが<sup>5)</sup>、今回は炭と微生物について以下のような検討を行った。

## (1) 木炭による有機物の吸着

## 《炭の種類と吸着》

炭にはいろいろな物質を吸着する能力がある。そこで、各種炭がそれぞれどの程度、有機物に対する吸着力をもっているのかをお茶を試料溶液として調べてみた。その結果どの炭も有機物を吸着することが確認でき、さらには『活性炭>竹炭>木炭』の順で吸着能が高いことがわかった。特に活性炭が群を抜いて吸着能が高かった。これは活性炭が木炭を特別な条件下でさらに酸化させることによって得られる非常に多孔質な炭であるため、表面積は木炭に比べ3~4倍しか大きくないにもかかわらず、非常に高い吸着能を持っていると考えられる (表1参照)。

表1. 炭の種類と吸着能

放置(日)	炭なし	活性炭	竹炭	木炭
0	450	450	450	450
2	444	179	426	433
4	417	99	275	365
減少量(4日)	33	351	175	85

炭[10g] (単位: ppm)

## 【操作1】

ポリ袋 (8 × 15cm) に各種炭 (活性炭・竹炭・木炭) [10g] と試料溶液 [100ml] を入れた後、それをPET容器 (細工1) に入れる。一定期間室温放置後、得られた上澄み溶液のCODを測定する。

## (2) 微生物の着生

## 《炭の河川放置》

炭が吸着能を持っているとしても吸着量には限界があり、河川に入れて置いてもいつかは意味(河川浄化)をなさなくなる。ところが炭の多孔質は微生物の住処になるということも知られている。そこで、炭(活性炭、竹炭)を河川放置したときに河川水中の微生物がどれくらいで着生(日数)するのか、どの程度浄化能力が上がるのかについて詳しく調べてみた。

その結果、竹炭の場合、吸着だけでは COD = 175 (4日放置)であったものが、河川放置した竹炭では 200 (河川1日) から 360 (河川7日) となり、明らかに有機物の分解量が増加していることを確認できた。同様な現象は活性炭においても認められ、河川水中の微生物は炭に入り込み、積極的に有機物を分解していることが分かった(証明することができた)。また、微生物の炭への入り込みは7日間程度で上限となり、竹炭の方が微生物が住み込みやすいのではないかと思われる。微生物の住み込みを授業(実験)等で取り扱う場合には、河川放置前と放置後の浄化能に顕著な差が出る竹炭を用いた方がより効果的ではないかと考えられる(表2参照)。

表2. 河川放置と浄化能(活性炭・竹炭)

放置 (日)	河川放置(日)									
	竹炭					活性炭				
	0	1	3	7	14	0	1	3	7	14
0	450	450	450	448	450	450	446	456	457	455
1		296					51	216	216	
2		426	218	108			179	150	106	79
4		275	250	227	88	108	99	127	52	55
減少量(4日)		175	200	223	360	342	351	319	404	406

(単位: ppm)

## 【操作2】

活性炭 [10g] を水切り袋 (18cm × 25cm) に入れ、口を閉じ、河川に一定期間放置する。その後 PET 容器に放置した炭と試料溶液 [100ml] を入れ、一定期間室温放置後、得られた上澄み液の COD を測定する。

## 《設置方法と微生物着生》

設置方法が、炭の微生物着生にどのような影響を与えるのかについて、2種類の設置法(沈める方法と埋める方法)で検討を行った。その結果、設置の影響に関しては顕著な違いは認められなかった(表3参照)。

表3. 河川放置と浄化能(活性炭)

放置 (日)	河川放置(日)							
	1		3		7		14	
設置方法	A	B	A	B	A	B	A	B
0	446	446	456	456	457	457	455	455
1			201	156	166	135	186	163
2	150		106	85	79	55	93	103
4	127	125	72	61	55	41	49	45
減少量(4日)	319	321	384	395	402	416	406	411

※ A: 沈める B: 埋める

(単位: ppm)

## 【操作3】

(活性炭・竹炭) [10g] を水切り袋に入れ、口を閉じ、河川に一定期間放置する。ポリ袋 (8cm × 15cm) に放置した炭と試料溶液 [100ml] を入れ、一定期間室温放置後、得られた上澄み液の COD を測定する。

### 3. 2 川床の浄化作用について

河川水には微生物による分解・浄化能があり、それは河川の浄化に大きな役割を担っている。また、前述の実験より、炭の設置（投げ込み）も河川の浄化に一役買っていることもわかった。炭を入れる浄化法は最近行われるようになった方法で、しかも河川の汚染が顕著となり問題視されてからのことである。それまで（河川の汚染がそれほど問題視されてなかった時代）は炭を使わなくてもきれいな河川が存在していたことから、自然の河川には、河川水以外にも微生物の住処があったのではないだろうかと考え、河川の川床に転がっている石や砂や泥などに着目し、石・砂・泥などの持っている働き、さらにはゴミやコンクリートの影響についても詳細に調べることにした。

#### (1) 石の働き

##### 《採取場所と石の浄化能》

河川の石を触ってみるとヌルヌルとした付着物が付いている事に気づく。このような石は中流域に多く見受けられ、上流域や下流域に比べると付着物の量が多く、色も茶色がかかり汚かった。このように場所によって石の表面の様子が異なっていることから、このヌルヌルした石の付着物にも前述の炭と同様な浄化作用（吸着・微生物の住処）があるのではないかと考え、上流域（COD：0.9）と中流域（2.1）と下流域（0.7）の3箇所から石を採取し、石の浄化作用についての実験を行ってみた。その結果、試料溶液（お茶）に入れて放置したところ、どの石を使っても顕著なCOD値の減少が確認でき、河床にある石にも浄化する働きがあることが分かった。また、その中でも中流域（住宅地）の石の方が浄化能が高いという結果から、場所によって浄化能が異なることもわかった（表4参照）。

##### 《石の処理と浄化能》

そこで、採取してきた石を前処理（水洗い+熱乾燥）した後、浄化作用の実験を行ってみたところ、未処理のときよりも明らかに浄化能の減少が認められた（表5参照）。この付着物が石の浄化作用に起因しているものと思われる。

##### 《付着物の浄化能》

次に、付着物が浄化作用を示すのか調べてみた。その結果、付着物を入れた方のCOD値が顕著に減少していったことから、付着物には有機物を浄化する能力があることがわかった（表6参照）。そこで、この付着物の浄化作用が吸着に起因するものか、分解に起因するものかについて調べることにした。

表4. 石の浄化能

場所		上流(0.9)	中流(2.1)	下流(0.7)
放置(日)	石なし			
0	445	445	445	445
1		380	300	396
3	400	250	175	262
減少量(3日)	45	195	270	183
	( ): COD	石: [300g]		(単位: ppm)

表6. 付着物の浄化能

放置(日)	付着物	
	なし	あり
0	450	450
4	380	105
8	305	50
	付着物[5g] (単位: ppm)	

#### 【操作4】

PET容器（細工1）に石 [300g] と試料溶液 [200ml] を入れ、一定期間室温放置後、得られた上澄み液のCODを測定する。

表 5. 石の処理と浄化能

場所 放置 (日)	石なし	上流(0.9) 処理		中流(2.1) 処理		下流(0.7) 処理	
		無	有	無	有	無	有
0	460	460	480	453	462	458	480
3	420	240	383	146	354	262	360
減少量(3日)	40	220	97	307	108	196	120

石：握りこぶし程度[250g] (単位：ppm)  
処理：(水洗い+熱乾燥(100℃ 5時間))

## 【操作 5】

PET 容器に石 [250g] と試料溶液 [200ml] を入れて一定期間室温放置後、得られた上澄み液の COD を測定する。なお、石は前処理 (未処理, 水洗い+熱乾燥 (100℃ 5時間)) をして実験に用いた。

## 【操作 6】

PET 容器に付着物 [5g] と試料溶液 [100ml] を入れ、一定期間室温 (25℃) 放置後、得られた上澄み液の COD を測定する。

## 《付着物の浄化作用》

## ＜分解作用＞

石の表面についている付着物の浄化作用 (吸着, 分解, または吸着と分解の両方) について追求していくことにした。そこで、分解能の有無を調べるためには、吸着という条件を取り除く必要がある。可能な限りろ過で固形物を取り除き (操作参照), 得られたろ液の浄化作用について調べてみた。その結果、ろ液だけでも顕著な COD 値の減少が確認できたので、付着物には微生物による分解作用があるのではないかと推察できる (表 7 参照)。

## ＜吸着作用＞

次に吸着作用を調べるために、付着物を熱乾燥させて微生物の働きを抑え、実験を行ってみた (操作 8 参照)。その結果、熱乾燥させた付着物を入れた方は COD 値が減少していった。このことから付着物には吸着作用があるのではないかと推察できる (表 8 参照)。

このように、石の付着物には吸着と分解のどちらの作用もあるように考えられ、河川水中の有機物を付着物の固形部分が吸着させ、さらにそこに微生物たちが住み着き、分解するという炭の場合と同様な現象が起こっているのではないかと推察できる。このように考えると付着物がかなり高い浄化能を持つことに納得がいく。また、この仕組みを持った付着物が住宅地のような汚染のひどい所に多くみられることから、自然が汚れをきれいにしようという意思を持っているのかのように感じることができ、改めて自然の凄さ・素晴らしさを実感できる (表 7, 8 参照)。

表 7. 付着物のろ液の分解能

放置 (日)	交換水	使用した石の個数	
		1 個分	5 個分
0	474	470	424
3	423	380	202
減少量	051	90	222

(単位: ppm)

表 8. 付着物の吸着力

放置 (日)	付着物	
	なし	あり
0	477	477
2	464	432
6	462	422
減少量(6日)	15	55

(単位: ppm)

付着物：石5個分(乾燥重量：0.3g)

【操作 7】

PET 容器 (350ml) に石の表面の付着物とイオン交換水 [100ml] を入れてよく振り混ぜる。得られた液をろ過し、ろ液 [80ml] と保存溶液 [20ml] を PET 容器に入れる。一定期間室温 (25℃) 放置後、得られた上澄み液の COD を測定する。

【操作 8】

PET 容器に、石の表面の付着物を熱乾燥 (120℃, 5 時間) したものと試料溶液 [100ml] をいれ、一定期間室温 (25℃) 放置後、得られた上澄み液の COD を測定する。

<温度の影響>

藻器堀川のような流量の少ない川では、気温の変動を受けやすく、夏 (16~22℃) と冬 (7~9℃) ではかなりの水温差が見受けられる。そこで、温度差が付着物の浄化作用に与える影響について調べてみた。その結果、20℃付近で浄化作用が一番高く、それ以外では浄化作用は低かった (表 9 参照)。このことから、付着物の浄化作用には微生物による分解が一因であることが裏付けられる。

表 9. 温度と付着物の浄化能

放置 (日)	放置温度(℃)		
	5	25	50
0	450	450	450
4	263	105	283
8	157	50	177

付着物[5g] (単位: ppm)

【操作 9】

PET 容器に石の表面の付着物 [5g] と試料溶液 [100ml] を入れ、一定期間各温度 (① 5℃, ② 25℃, ③ 50℃) で放置後、得られた上澄み液の COD を測定する。

(2) 砂 (泥) の働き

《採取場所と砂 (泥) の浄化能》

河川の中には石の他に砂や泥がある。この砂や泥にも石と同様に浄化作用があるのではないかと考え、藻器堀川 (上流・中流・下流) の 3 地点から試料を採取して調べてみた。その結果、どちらにも浄化作用があることおよび中流域の砂 (泥) が高い浄化作用を示すことがわかった (表 10, 11 参照)。そこで、場所の違いによる浄化作用の差について調べるために、加熱沸騰した砂 (泥) を用いて吸着力の違いを調べてみた。その結果、吸着作用は認められるものの場所による顕著な違いは認められなかった。したがって、場所による浄化作用の差は微生物に起因するため一住宅地の砂 (泥) の方が浄化能力が高いのは、たくさん微生物が付着しているから一と考えることができる。

表 10. 砂の実験

場所 放置 (日)	上流(0.9) 処理(沸騰)	中流(2.1) 処理(沸騰)		下流(0.7) 処理(沸騰)			
		砂なし	無	有	無	有	
0	420	420	420	420	420	420	
2	414	331	353	300	344	325	350
4	382	247	331	183	322	256	327
減少量(4日)	38	173	89	237	98	164	93

砂[10g] (単位: ppm)

## 【操作 10】

PET 容器に前処理（未処理，沸騰加熱）をした砂 [10g] と試料溶液 [100ml] を入れ，一定期間室温放置後，得られた上澄み液の COD を測定する。

表 11. 泥の浄化能

場所 放置 (日)	泥なし	上流(0.9) 処理(沸騰)		中流(2.1) 処理(沸騰)		下流(0.7) 処理(沸騰)	
		無	有	無	有	無	有
0	430	420	425	438	447	418	426
2	405	288	342	150	243	302	350
4		176	250	99	205	185	247
6	330	88	140	50	167	96	152
減少量(6日)	100	332	285	388	280	322	274

砂[10g] (単位: ppm)

## 【操作 11】

PET 容器に前処理した泥（未処理，沸騰加熱）[10g] と試料溶液 [100ml] を入れ，一定期間室温放置後，得られた上澄み液の COD を測定する。

## (3) ゴミの働き

河床には自然物（石・砂・泥）だけでなく，人間が捨てたゴミなども見受けられる。そういったものが，どのような働きをしているのか，まず，吸着力について調べてみた。その結果，どのゴミも有機物を吸着することが認められたが，吸着する量は少なく，3日の時点で吸着に限界がきていることが分かる（表 12 参照）。このことから河川に捨てられたゴミは放置期間が長くなると吸着力に限界がくると思われる。炭には微生物が着生したので，ゴミに微生物が着生するかを実験することにした。

## 【操作 12】

ポリ袋に試料溶液 [100ml] と各種ゴミ（4×5cm）を入れ，それを PET 容器（細工 1）に入れる。一定期間室温放置後，得られた上澄み溶液の COD を測定する。

## 〈ゴミと微生物の着生〉

ゴミには石や砂や泥と同様に吸着力があることが分かったので，炭と同様に微生物も着生するかもしれないと思い，EM 菌を用いて実験を行った。その結果，ゴミの浄化能が飛躍的に高くなっていることが認められた。このことからゴミにも微生物（EM 菌）が着生すること，ゴミの材質によって着生のしやすさが変わることが分かった。

ゴミは環境教育的に河川の負の構成要因（河川を汚く見せるという点などで）の一つであるが，今回の実験から微生物が着生すると水質浄化に対して正の働きもすることが分かった。石や砂や泥だけでなく，人間の捨てるゴミにまでも着生しようとする微生物たちの適応力に驚く結果となった（表 13 参照）。

表 12. ゴミの吸着作用（単位: ppm）

放置(日)	A	B	C	D
0	474	475	470	472
1	438	429	434	436
3	395	366	344	351
7	232	205	186	186
減少量(7日)	242	270	284	286

A: ゴミなし B: アルミ缶  
C: 発泡スチロール D: マグカップ(陶器)

表 13. ゴミの種類と微生物の着生

放置(日)	A	B	C	D
0	410	411	410	409
2	400	331	178	308
減少量(2日)	10	80	232	101

ゴミ: (5×4cm) (単位: ppm)  
A: ゴミなし B: アルミ缶  
C: 発泡スチロール D: マグカップ

【操作 13】

EM 液の中にゴミを入れ、一日放置後、取り出し水洗い（流水 2 分）する。ポリ袋の中に試料溶液とゴミ（水洗後）を入れ、一定期間室温放置後、得られた上澄み液の COD を測定する。

(4) コンクリートの働き

河川の護岸工事などで川床をコンクリートで固めているが、これはわれわれの生活の安全を守るため（治水）におこなわれている。一方、護岸工事による河川汚染の誘発や自然の生態系の破壊も叫ばれているのが現状である。そこで、コンクリート壁が与える河川への影響について調べてみることにした。その結果、試料 A（コンクリート抽出液無し）を用いた場合、微生物による生分解は認められたが、試料 B（コンクリート抽出液有り）では生分解は認められなかった。この結果より、コンクリート水は河川水の自浄作用（生分解）に顕著な影響を与えることがわかった。原因としては、コンクリートの水への溶解による水質のアルカリ化（pH7→11）が微生物の活動を抑えるためと考えることができる。一方、試料 C（コンクリート（塊）を入れたもの）でも COD 値の減少が観察された。コンクリートは水質を弱アルカリ性（pH11）にするので、この現象は微生物による生分解ではなく、コンクリートそのものへの吸着作用のためと考えられる。そこでコンクリート塊の吸着力を調べたところ、前実験と同程度の浄化量がみられた。このことから明らかに試料 C での現象はコンクリート塊の吸着作用によるものであるということが分かった。また、コンクリートを入れた河川水からは異臭が発生し、蚊が死んで浮かんでいた。この観察結果を見ても、コンクリートは生物に対して顕著な負の影響を与えることがわかった。

上記の実験結果から、コンクリートには水質をアルカリ化して微生物の活動を抑える働き（河川浄化に対して負の影響）と有機物を吸着する働き（河川浄化に対して正の影響）があることがわかった。河川水中の石は吸着だけならばすぐに限界がくるので、微生物の分解という助けを借り常に浄化能を持っているが、コンクリートは微生物の助けを借りることはできないため、すぐに吸着が限界に達すると思われる。水質のアルカリ化によって河川の微生物分解・浄化に悪影響をもたらすことも考えられる（表 14, 15 参照）。

表 14. コンクリートの影響

放置 (日)	イオン交換水	試料		
		A	B	C
0	576	550	580	560
7	474	340	450	188
減少量(7日)	102	210	130	372

(単位: ppm)

イオン交換水: イオン交換水 [80ml] + 保存溶液 [20ml]

試料 A: 試料液① [80ml] + 保存溶液 [20ml]

B: 試料液② [80ml] + 保存溶液 [20ml]

C: 試料液① [80ml] + 保存溶液 [20ml] + コンクリート塊 [20g]

表 15. コンクリート塊の吸着力

放置(日)	—	コンクリート塊
0	580	580
1		350
2	540	250
3	488	250

(単位: ppm)

【操作 14】

《コンクリート抽出液の作り方》

PET 容器（細工 1）

- コンクリート [20g]
- イオン交換水 [100ml]

1 日放置

ろ過

コンクリート抽出液

《試料液の調製》

PET 容器

- ①イオン交換水②コンクリート抽出液 [100ml]
- 付着物 [5g]

振り混ぜる

ろ過

試料液①②

### 《実験操作》

#### PET 容器

- 試料液①② [80ml]
- 保存液 [20ml]

放置 (25℃)

COD 測定

#### PET 容器

- 試料液① [80ml]
- 保存液 [20ml]
- コンクリート塊 [20g]

放置 (25℃)

COD 測定

### 【操作 15】

PET 容器に試料溶液とコンクリート塊を入れ、一定期間室温放置後、COD 測定を行う。

## 4. 結 語

我々の身近な環境汚染の一つとして生活雑排水による河川の汚染がある。この汚染に対して河川（自然）はさまざまな手段を通して自然環境の保護・保全を行っている。

研究成果より、河川水中の微生物による分解・浄化だけではなく、川の底にある石、砂、泥、生き物も河川を浄化していることが分かり、河川全体で汚染を防ごうとしていることが分かった。また、人為的な河川の浄化活動（EM 菌の放流や木炭の設置）が行われている一方で、人間の活動（河川の護岸工事等）などにより河川の浄化能を低下させていることも分かり、これからどのように人間は自然と関わっていかなければならないかを改めて考えさせられた。

今回の研究により自然の巧妙な浄化の仕組みを垣間見ることができ、改めて、自然の偉大さを感じることができた。これは十分選択理科や総合的な学習の時間の教材として十分に有効利用できるかと確信している。

## 参 考 文 献

- 1) 佐藤成哉, 青井弘毅, 井上二夫: 熊本大学教育学部紀要, 42, 13 - 18 (1993)
- 2) 佐藤成哉, 青井弘毅, 中川正義: 熊本大学教育学部紀要, 43, 7 - 14 (1994)
- 3) 佐藤成哉, 古閑美保子, 中川正義: 熊本大学教育学部紀要, 44, 33 - 40 (1995)
- 4) 佐藤成哉, 中川正義, 立石真理子: 熊本大学教育学部紀要, 45, 1 - 9 (1996)
- 5) 相浦 哲, 河野慎也, 大久保道太, : 熊本大学教育学部紀要, 49, 123 - 130 (2000)