

家庭科教育における水汚染の教材化

— 教育学部学生を対象に —

入江 和夫*

Water Pollution as Teaching Materials for Home Economic Education

Kazuo IRIE

(Received November 21, 1994)

キーワード：家庭科教育、環境教育、水汚染、教材開発

はじめに

家庭科の目標は家庭生活をよりよくしようとする実践的な態度を育てることであるが、従来、家庭科教育の視点は各家庭内における生活の充実・向上を優先的に考える方向にあった。しかし、今日、地球的規模で環境汚染が進んでおり、家庭生活は環境との相互作用の中で成り立っていることが一般的に認識され、今回の改訂によって家庭科の学習内容は環境保全の視点に立ったものになってきた。

環境教育とは全教科的に行われるものであるが、家庭科としての教科の特徴をもって果たせることは毎日の生活の中で何気なく見過ごしているものを環境と関連づけて意識化させ、日常生活の中で実践的な環境保全ができるようにすることであると考えられる。特に水汚染とごみ問題は衣食住すべての分野にわたる環境問題であることを教師自身が認識し、これらの視点を持って授業を行うことが必要である。

今回は本学教育学部の学生を対象に、家庭生活を水汚染の視点から再考させ、環境問題に対する意識を高めることをねらいとした授業を試みた。具体的には、水汚染の要因の把握を導入とし、BODなどの科学用語の理解をさせ、その上で、山口市の水汚染の実態を示した。次に、調理実習を行い、その際の排水の汚染度を測定する実験を行った。この体験は小・中・高等学校の家庭科で必ず行われる調理実習を指導する際にも有効に活用できるものと考えたからである。この教材の評価は授業後、学生を対象に水に関する意識・行動変化の調査や自由記述の結果から行った。授業内容とこれらの結果を以下に述べる。

I 事前調査

1、 学生による水汚染の理解状況

学生は水汚染に関してどの程度理解しているであろうか。水汚染に関する授業計画を立てる際、事前に学生の理解状況を掴んでいる必要がある。そこで家庭科の第3学年の学生17名を対象に次のように調査を行った。

質問「何が水の汚染に最も寄与しているか」に対して「家庭排水」と回答した者が64% (11名)、「工場・産業系」が18% (3名)、「工場・産業系と家庭排水が同じ割合で」

* 山口大学教育学部家政教育

が18% (3名)であった。家庭排水が正答であり、約6割の学生がこのことを知っていた。次に生活雑排水である「炊事」、「洗たく」、「風呂」の中で何が最も水汚染の原因になるのかたずねた。「炊事」>「風呂」>「洗たく」の順で水を汚染する。正答できたのは41% (7名)の学生であり、残りの59% (10名)の学生は「洗たく」が最も水を汚染すると回答した。この結果から、学生の多くが水汚染と家庭排水との関係を正しく理解しているとは限らないことがわかった。特に、普段の生活の中で何気なく見過ごしている炊事による排水が水汚染の大きな要因であることに気づいていない点は重要で、授業で取り上げる価値は十分あると考えた。以下、授業内容を紹介する。

II 授業内容

1、BODやCODについて

水の汚れを表す指標はいろいろある。この中で、BOD (生物学的酸素要求量) やCOD (化学的酸素要求量) は水道局や下水道局が測定している検査項目である。BODとは水中の有機物が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であり、また、CODとは水中の有機物を酸化剤によって化学的に分解したときに消費される酸素の量である。これらの数値が多ければ、水中の有機物の量は多く、汚れがひどいことを意味している。これらの用語を理解することは、水汚染に関する様々な資料を読みとる上で大切である。

2、BODのイメージ化

環境庁の「暮らしにやさしい工夫」の本¹⁾の中で、「もし、水に流したら魚が住める水質にするために必要な水の量は風呂おけ何杯分？」が書かれている。水の汚れをこのように表す方法は非常にイメージ的で、わかりやすいと考えられる。そこで、学生に何杯分かの算出をさせることで水汚染の実態を数値的につかませ、より明確な理解を促した。以下に計算方法を示す。

1) 計算

例1 米のとぎ汁を捨てた場合

*魚が住める水質→BOD 5mg/l 、 *風呂おけ 1杯は300 リットル
米のとぎ汁 (その汚れはBOD3000mg/l) を2リットルを捨てた場合
この中のBODのmg数を求めると $2 \times 3000 = 6000$ …… (1)

つまり、米とぎ汁2リットルにはBODが6000mg含まれている

そして、これに水を加えた溶液の濃度が
魚の住める濃度に等しくなればいいので

$$(1) \div X = 5 \quad (\text{mg/l}) \quad \dots\dots (2)$$

$$6000 \div X = 5 \quad X = 1200 \text{ l と なる}$$

つまり、水で希釈した溶液が1200リットルあればいいことになる

ここで、加える水の量は最初のとぎ汁の量を引かなくては行けないが
とぎ汁の2リットルは溶液の1200リットルに比べ無視し

結局、これを風呂おけ300リットルの水で考えると

$$1200 \div 300 = 4 \quad (\text{杯}) \quad \text{と回答が求まる。}$$

2) 学生の自由記述

- *”これを流すときと水を汚すだろう”と思っても、具体的にどれほどのものになるのか、わからず漠然としていたので、少しくらいのソースやラーメンの残り汁など流してしまっていた。自分でも簡単に風呂桶何杯分であるかの計算ができるとわかり、最近はなるべく、紙で拭き取ったり、吸わせたりするよう心がけている。
- *私はこの計算を通して、排水に気をつけるようになりました。特に、油のついたお皿は拭き取ってから洗ったり、牛乳パックに入れて生ゴミと一緒に捨てるようにしました。私のちょっとした配慮で水はきれいになるのだと心がけて。

このように、学習前、水の汚れを漠然としかとらえられていなかったが、今回の学習によって汚れの度合いが明確に理解されたようである。この計算は後述する調理実習後の排液の汚れを求めるときに必要となる。

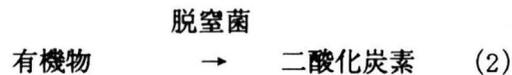
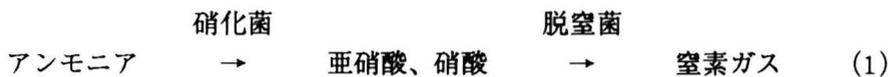
3、山口市の生活排水と水道水

環境教育は、地域的特性を配慮して扱うことが重要である。ここでは山口市の生活排水が浄化処理によってどのくらい浄化されるのか、また、取水される水道水の原水はどのくらいの汚れがあるのか。し尿処理を行う山口県中部環境センター、本下水処理を行う山口市浄水センター、水道局からのデータを基に地域の実態を把握させた。なお、ここで扱う水の汚れの指標はアンモニア性窒素、BODであり、前者はし尿の汚れを示し、有毒ではないが水道の原水から浄水にする過程で使われる塩素処理に大きく関係し、後者は有機物の汚れを意味する。

1) 生活排水

(1) くみ取りによるし尿の浄化

水洗化されていないところのし尿はくみ取りによって山口県中部環境センターへ運ばれる。し尿の主な成分は有機物とアンモニアなどの窒素であり、これらは海域や湖沼の富栄養化の要因になっている。このセンターの浄化システム²⁾を下に示した。



山口県中部環境センターの浄化処理

し尿を浄化するのは硝化菌と脱窒菌である。アンモニアは硝化菌によって酸化され亜硝酸、硝酸に変化する(1式)。水中に酸素があれば、亜硝酸、硝酸の酸素は脱窒菌によって奪われ、窒素ガスとなって大気へ放出される(2式)。そして、酸素を得た脱窒菌によって有機物は酸化され、二酸化炭素となって大気へ放出される。表1に山口県中部環境センターの水質分析³⁾の結果を示した。

表1 し尿処理の水質分析*

	処理前	処理後
アンモニア性窒素(mg/ℓ)	1970	ND
BOD (mg/ℓ)	3038	0.8
COD (mg/ℓ)	1797	10.8

* 山口市中部環境センター1993年4月から1994年3月 (1年間集計、平均値)

くみ取りによって運ばれてくる生し尿のアンモニア性窒素は1970mg/ℓであり、この濃度は処理後、検出されない量 (ND)まで低下している。BODも3038mg/ℓから処理後0.8mg/ℓまで低下し、非常によく浄化されていることがわかる。処理された水は近くの川に放流され、ふしの川へ合流している。

(2) 単独処理浄化槽と合併処理浄化槽

水洗化され、下水道がまだ整備されていないところの生活排水は処理された後、放流されなければならない。これには単独処理浄化槽と合併処理浄化槽という二つの方式⁴⁾があり、いずれも微生物が浄化を行う。単独処理浄化槽はし尿だけを処理し、生活雑排水である炊事、風呂、洗たくの排水を処理しない。一方、合併処理浄化槽はこれらを一緒に処理するため、生活雑排水は浄化される。当然、後者の浄化槽の方が水汚濁の負荷が少ない。浄化槽から放流されるBODは20mg/ℓ以下が基準である。各家庭の排水のBOD数値はわからないが、いずれにしても人家が多ければ、ふしの川の水質検査項目に影響が現れると考えられる。

(3) 本下水

下水道が整備されているところの排水は山口市浄水センター⁵⁾へ運ばれる。下水には分流式と合流式があり、前者は雨水と汚水を別々の管で流し、汚水だけが浄水センターで処理される。後者は同一の管で流す方式であり、大雨が降れば、一度に多量の水が処理センターに流れてくるため、浄化できない量はそのまま放流されることになる。山口は分流式である。この処理センターのアンモニア性窒素とBODのデータ (電話で聞いた) を表2に示した。

表2 下水処理の水質分析*

	処理前	処理後
アンモニア性窒素(mg/ℓ)	17	17
BOD (mg/ℓ)	150	10

* 山口市浄水センター (1年間集計、平均値)

下水処理場に入ってくるアンモニア性窒素濃度は放流されている濃度と変わらず、17mg/ℓである。つまり、アンモニア性窒素が除かれていない。また、BODは150mg/ℓから10mg/ℓのように浄化されているが、中部環境センターに比較すると浄化能力は劣っている。ここからの排水はアンモニア性窒素やBODの数値が高く、ふしの川の水質検査項目に影響が現れるものと考えられる。

2) 水道水

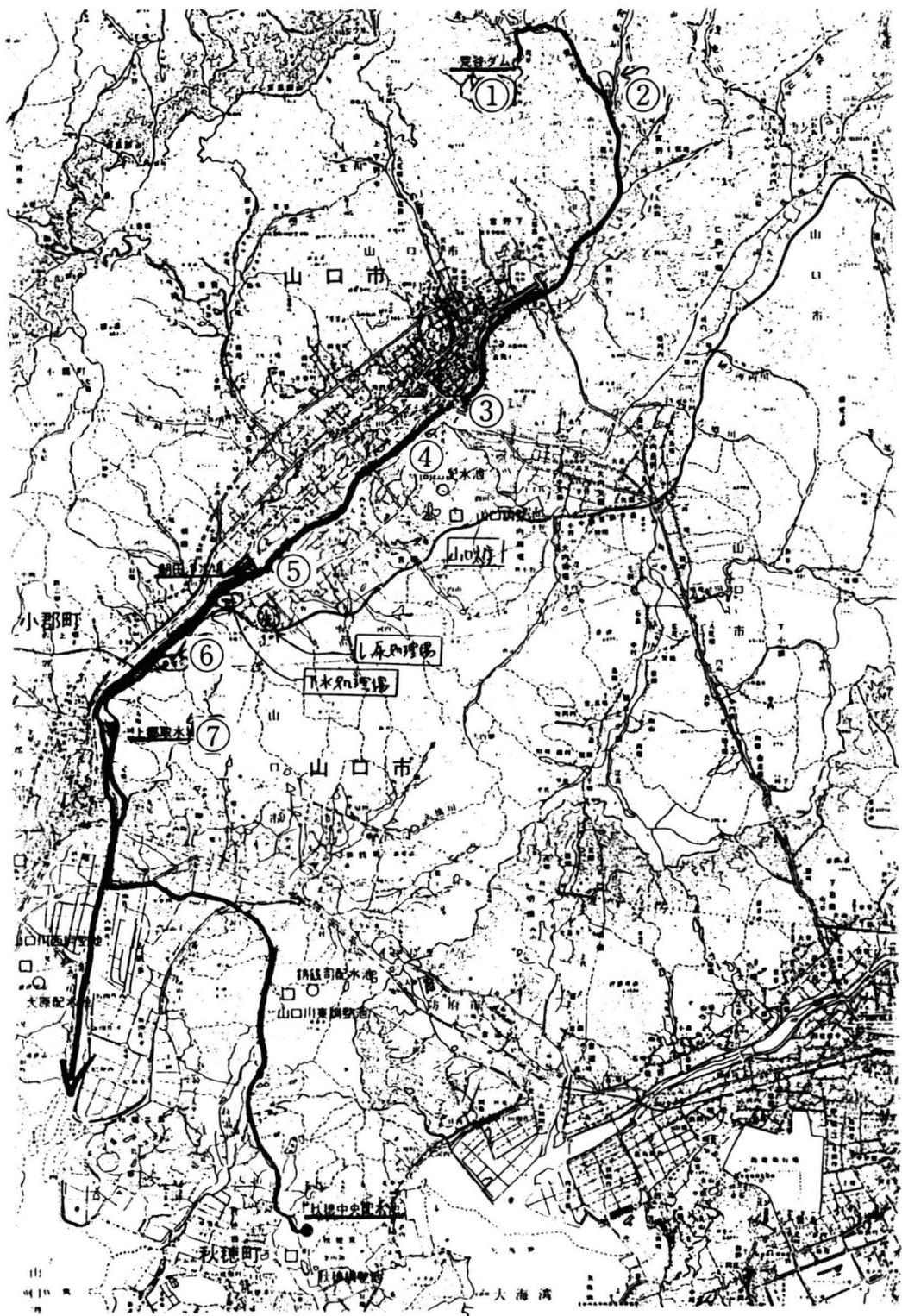


図1 「ふしの川の水質測定地点」

(1) ふしの川の水質変化

山口市広域水道企業団は荒谷ダムを基点とするふしの川の水質検査⁶⁾を行っている。図1に示した番号は水質検査をおこなっている地点である。図2は水質検査項目の中のアンモニア性窒素濃度を、図3はBODや過マンガン酸カリウム消費量の変化を示したものである。ここでは荒谷ダムから取水堰にいたる測量地点の汚染状況を把握する。

①荒谷ダム→②入野までのBODや過マンガン酸カリウム消費量(図3)は減少している。この区間は人家が少なく、おそらく河川の自然浄化の作用(微生物が有機物を消費する)の効果が働いているものと考えられる。②→③鰐石橋の区間のアンモニア性窒素の変化(図2)はないが、BODは1.6

倍、過マンガン酸カリウム消費量は1.4倍に増加している。この区間は人家、工場、学校が川沿いにあり(図1)、ここから出る排水が影響しているものと考えられる。③→④宇野令堰の区間に、山口市内を流れる一の坂川や大内方面から流れる仁保川が注ぎこんでいるが、水質検査項目の濃度にあまり変化がない。④→⑤高田橋の区間は検査項目濃度が若干低下している。地図を見るとふしの川に注ぐ川は見あたらないことが自然浄化作用を大きくしているものと考えられる。⑤→⑥権現堂橋の区間は大きな変化がある。アンモニア性窒素で19倍、BODでやや上昇し、過マンガン酸カリウム消費量は1.4倍に上昇している。この原因は表1と2の結果からすぐ上流に注いでいる下水処理の山口市浄水センターからの排水によるものと考えられる。⑥→⑦取水堰の区間のアンモニア性窒素とBODは高いままであり、この水は水道水の原水の一部として取水される。

水道水をつくるために塩素投入は必要である。残留塩素によって水道水中の殺菌効果は現れる。しかし、原水中のアンモニア性窒素濃度が高ければ、塩素は消費され、塩素の多量の投入が必要となる。これによって、水中の有機物は塩素と反応し、発ガン性のあるトリハロメタンなどの有機塩素化合物を生成することが報告されている。

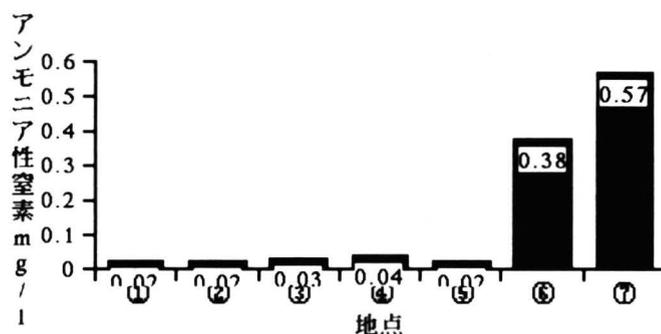


図2 ふしの川のアンモニア性窒素の濃度変化

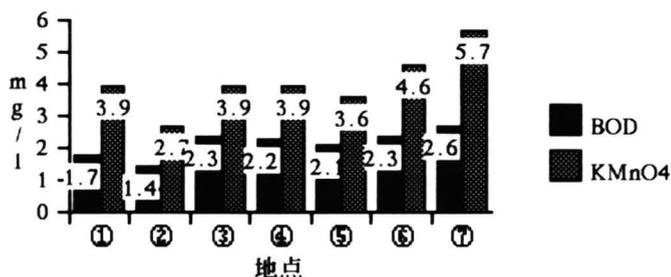


図3 ふしの川のBOD、過マンガン酸カリウム消費量変化

(2) 有機物濃度と全トリハロメタン濃度

前章までにふしの川の上流から下流にいくにしたがって、有機物の量が多く含まれることをみてきた。ここでは河川の有機物濃度とトリハロメタン生成の関係を詳しく学習した。

1974年、大沢らは⁷⁾ 全国250箇所の水道原水から、一定の塩素処理条件で処理した試料中に生成する低沸点有機塩素化合物の量をガスクロマトグラフによって測定し、試料中の各種水質項目との相関性について検討をおこなった。その結果、原水が表流水の場合、水質項目の一つである過マンガン酸カリウム（有機物を酸化する酸化剤）消費量と全トリハロメタンとは高い相関を示し、過マンガン酸カリウム消費量を代入すれば、全トリハロメタン濃度が得られる関係式 (3) を報告している。ここでは、ふしの川の有機物の濃度を (3) 式に代入し、トリハロメタンの生成量を求める学習をおこなった。

<計算>

$$y = 5.0545x + 16.3441 \dots \dots (3)$$

y: 全トリハロメタン濃度 (ppb), x: 過マンガン酸カリウム消費量 (ppm)

平成5年度の山口・小郡地域広域水道企業団による取水場の過マンガン酸カリウム消費量は5.7mg/lである。(図3参照)
これを式 (3) に代入すると

$$y = 5.0545 * 5.7 + 16.3441 \\ \doteq 45.15$$

となり、ふしの川の取水堰の水をそのまま塩素殺菌処理すれば、計算上、生成する全トリハロメタン濃度は0.04515mg/lとなる。しかし、水道水は井戸水とブレンドされているためか、実際の山口市の浄水の全トリハロメタン濃度は0.001mg/l未満であった。⁶⁾ これは水道水として許される水質基準の全トリハロメタン濃度0.1mg/lに比べれば、はるかに低濃度であり、非常にきれいな水である。

中西⁸⁾によれば、塩素処理によって生成する有機塩素化合物はトリハロメタンだけでなく、このほかにまだ同定されていない有機塩素化合物が半分ぐらいあることが報告されている。また、鶴川ら⁹⁾は普段飲んでいる水道水の中に含まれる有機物をいったん活性炭に吸着させ、その活性炭を各種溶媒で抽出したところ、沸点の高い不揮発性物質のフラクションがマウスの半数に肺腫瘍を引き起こすことを報告している。つまり、発ガン性があるのは揮発性のトリハロメタンだけでなく、不揮発性物質にもあることを示し、後者はまだ同定されていない。

有機塩素化合物の生成を抑えるには、水道水の原水中の有機物の量を減らせばいい。このことは日々の生活排水にできるだけ有機物を含まないように努力することで成し遂げられる。

4 実験

生活雑排水中の特に「炊事」による排水は最も汚染されていることをすでに前述した。ここでは実際に調理を行い、炊事による汚れを実験で定量化し、ふしの川の汚れと比較することによって、排水による汚れの意識をより高めるための授業を行った。以下に述べ

る。

1) 調理実習後のCODと希釈に必要な水の量

ここでは、再び家庭生活の調理に目を向けさせ、調理実習後の排水のCODを測定し、ふしの川と同じ水質にするのに必要な水の量を求める。

(1) 方法

①野菜、皿、鍋などを最初に洗う場合の排水、調理中の洗いの排水をカウントしないことにする。

②工夫する点は残飯を残さないこと。油、ソース、しょう油など使いきること。そして、後かたづけの際に鍋、皿、はしなどの汚れを必ずボロ布や古紙などで拭き取ってから洗うこと。

③洗った排水の全量を測る。次にその一部をとってCOD濃度をバックテストにより測定する。

④次に、このCODの値を過マンガン酸カリウム消費量に変換し、ふしの川の取水堰の水質と同じ過マンガン酸カリウム消費量濃度に必要な風呂桶何杯分の水の希釈量をⅡ授業内容2の1)のように求める。

(2) 例 「A班の排水を20ℓとする。」

①この排水20mlの一部をとって、水を加え200mlとする。(10倍希釈)

②これをCODバックテストで測定する(使用説明書を参照)

③例えば、測定の結果、①のCODが50mg/lとすると、実際のCOD濃度は500mg/lとなる。

④ここで、バックテストのCODの値を水道水の水質項目の過マンガン酸カリウム消費量に換算する式¹⁾は

$$\text{過マンガン酸カリウム消費量} = 2.4 \times \text{COD}$$

であるので

A班の排水20ℓの過マンガン酸カリウム消費量は

$$2.4 \times 500 = 1200\text{mg/l}$$

となり、排水20ℓの過マンガン酸カリウムのmgは

$$1200 \times 20 = 24000\text{mg}$$

図4の取水のところでの過マンガン酸カリウム消費量は5.7mg/lなので²⁾

$$24000 \div X = 5.7$$

$$X \doteq 4210(\text{ℓ})$$

ふしの川^⑦と同じにするためには水が約4210ℓ(正確には20ℓを引いておく必要がある)風呂桶は300ℓであるので

$$4210 \div 300 \doteq 14(\text{杯})$$

A班の調理実習後の排水はふしの川と同じにするには風呂桶が約14杯分の水で希釈する必要がある。

Ⅲ 調査

今回の授業によって、学生の意識や行動がどのように変わったか調べた。調査時期はより正確であるを考え、授業直後でなく2カ月後に行い、この教材の有効性を評価することにした。

1. 排水に関する意識・行動調査

授業後、排水に対しての意識・行動の変化があったか否かを調査し、その結果を図4に示した。

15名(88%)の学生はこの授業によって普段の家庭生活からでる排水を具体的な事例をあげて対処していた。残り2名(12%)の学生は具体的に行動の変化はないものの排水に関する意識は変わったと回答し、全く変わらなかった者はいなかった。従って、ほとんどの学生が授業後、排水に対してなんらかの環境保全に向けた行動を各自の実際の家庭生活の中で行うようになった。

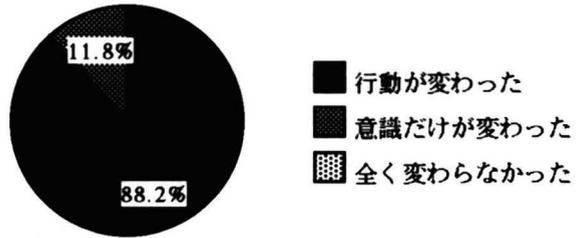


図4 授業後、排水に関する意識・行動の変化

2. 学生の自由記述

学生が具体的にどのような内容で排水に関して行動や意識が変化したかを把握するため、自由記述による調査をおこなった。ここでは紙面の都合上、一部を示す。

- a 家庭からの排水が最も川を汚しているという事実は本当に心に響いた。そのために、水というものについて考えるようになった。前はきれいにするという事は自分の回りをきれいにする、捨ててしまえ、水に流してしまえ、と思っていたが、今では同時に環境のことも考えるようになった。フライパンの残り油も必ず拭き取るようになった。(前は少しの残り油の時はそのまま洗ってしまっていた。)また、洗たく時においても洗剤の量を考えるようになったし、すすぎのときも水を流しっぱなしにしないようになった。行動の変化としては少しかもしれないが、その奥に意識として自分の行動が自分自身と環境につながっていることが常にあることの変化が私にとって重要だと思う。
- b 今まで洗い物をするとき、お皿の汚れを拭き取った方がよいと いうことはなんとなく知っていたが、ついめんどろでしないこ との方が多かった。しかし、実験によって実際に数値でその差をはっきり知ることができたので、自分の小さな努力が環境に関わるということに気づき、お皿の汚れを 拭き取ってから洗い物をするようになった。また、洗剤もなるべく少ない量を使用するようになった。
- c 調理実習をおこなった時、皿についたソースなどを紙で拭き取ったが、家でやるようになった。し尿処理など下水道んびに関してや生活排水など自分の住んでいる市ではどういう状態なのか図書館の資料で調べたりした。環境問題に関するTVなどには全く興味がなかったが自分の知っている言葉、BODやCODが出てきて意味がわかり出したのでたまに見るようになった。家の浄化槽のしくみを「浄化槽の点検表」を見るなどして、どういものか調べてみた。

aの学生は「家庭からの排水が最も川を汚しているという事実は本当に心に響いた。そ

のために、水というものについて考えるようになった。」とあるように、授業で水汚染に関して身近に考えるようになった。そして「意識として自分の行動が自分自身と環境につながっていることが常にあることの変化が私にとって重要だと思う。」とあるように、人間の家庭生活は環境のシステムの中にあるということを理解した。確かに人間の生活は環境とつながっているのであり、独占的に快適さを追求することは環境から必ずしっぺ返しやってくる。家庭生活の行動は環境を意識してこそ未然に環境破壊を防ぐことになる。

bの学生は「・・・汚れを拭き取った方がよいということは何となく知っていたが、・・・実験によって実際に数値でその差をはっきり知ることができた」とあるように、実験による体験、汚れの視覚化、定量化によって水汚染を明確に理解した。また「自分の小さな努力が環境に関わるということに気づき、」とあるように、生活排水をよごさないようにする行動は決して無駄でなく、環境保全に寄与することに気づいた。

cの学生は「し尿処理など下水道んびに関してや生活排水など自分の住んでいる市ではどういう状態なのか図書館の資料で調べたりした。」にあるように、今回の学習を自分の住んでいる地域に当てはめ、意欲を持った。また、「環境問題に関するTVなどには全く興味がなかったが自分の知っている言葉、BODやCODが出てきて意味がわかり出したのでたまに見るようになった。」とあるように、環境問題の情報にも関心を持った。このような意欲や関心の喚起は継続的な環境保全の大きな原動力になるものと考えられ、この学習によって得られた効果は大きいと考えられる。

おわりに

以上のように、この授業を通してほとんどの学生が排水に関する意識や行動に改善の方向で変化を示した。また、自由記述からも排水の汚れを抑えるような主旨の例が多く示され、環境全般にわたる意欲や興味も引き出すことができた。したがって、この教材は家庭科における環境教育の教材の一つとして、有効に役立つものと思われる。今後、この教材を高校生を対象に適用できるようにさらに検討していきたい。

参考文献

- 1) 環境庁「環境にやさしい暮らしの工夫」 p18 平成2年(大蔵省印刷局)
- 2) 山口市中部環境センターパンフレット
- 3) 山口市中部環境センター 1993年4月→1994年3月の水質分析
- 4) 前掲書1) p 26
- 5) 山口市浄水センターパンフレット
- 6) 山口・小郡地域広域水道企業団 水質検査結果(平成5年度)
- 7) 大沢利昭ら 「水道における有機塩素画工物の指標に関する研究」昭和53年度環境保全成果集(Ⅲ) 9-1~9-6. 1978.
- 8) 中西準子 「水の環境戦略」 岩波新書(新赤版) 324 p 85 (1994)
- 9) 鶴川昌弘ら 「水道水の安全性の評価と制御に関する研究」 衛生化学 39 (5) 421-430 (1993)
- 10) バックテスト使用法<COD>パンフレット 共立理化学研究所