

# つるぎ町を流れる吉野川水系貞光川の水質

水質班 (徳島水環境研究会)

山本 裕史\*<sup>1</sup> 浜野 龍夫\*<sup>1</sup> 田村 生弥\*<sup>2</sup> 池幡 佳織\*<sup>2</sup> 加藤 潤\*<sup>2</sup> 篤田啓一郎\*<sup>2</sup>  
 安田 侑右\*<sup>3</sup> 行本みなみ\*<sup>3</sup> 米多 佐織\*<sup>3</sup> 中村 友紀\*<sup>4</sup> 一色 圭佑\*<sup>5</sup> 桶川 博教\*<sup>6</sup>  
 山中 亮一\*<sup>7</sup> 上月 康則\*<sup>7</sup>

**要旨：**2010年8月，9月および10月の3回，つるぎ町旧「一字村」および旧「貞光町」を流れる一級河川吉野川水系貞光川の本流とその支流の13地点，ならびに丸笹山山頂付近の夫婦池2地点の計15地点において水質調査と水棲生物調査を実施した。貞光川とその支流では，生物化学的酸素要求量（BOD）がほぼ1 mg/L以下であり，pH，溶存酸素（DO），栄養塩の窒素（T-N）や全リン（T-P）などの結果と合わせて，良好な水質レベルであった。この水質レベルは，美馬市木屋平を流れる穴吹川（2007年調査）と同程度であった。ただ，浄化槽等の普及は十分といえず，豊富な水量のために概ね水質は良好なものの，点在する人家等に伴う生活排水由来の汚濁の痕跡は観察された。よりよい水質を保全していくためには，より徹底した生活排水対策が望まれる。最上流部では水質は良好でやや寒冷な水に生息する放流個体と見られるアマゴやサワガニなどの魚種が，上流・中流部ではアマゴに加えてタカハヤやヨシノボリ，カワニナなどが確認されたが，水力発電用水の取水・放流に伴い，下流では吉野川本川とよく似たカワムツ，ギギ，アユ，モクズガニなどの水棲生物が観察された。一方，夫婦池の雌池で表面に水が確認できたのは8月の調査のみで，9月および10月の調査時には水は確認できなかった。雄池では3回全ての調査時に十分な水量が確認されたが，化学的酸素要求量（COD）が5 mg/Lを超えるなど水質は良好とはいえず，釣り人による放流魚による食害なども懸念された。

**キーワード：**貞光川，生活排水，夫婦池，水力発電所，合併浄化槽

## 1. はじめに

一級河川吉野川水系貞光川は，古くは木綿麻（ゆま）川とも呼ばれており，剣山山系の丸笹山付近を源流とし，美馬郡つるぎ町の旧一字村から貞光町に向けて北流して吉野川本流に合流する幹川流路延長が約25kmの河川である。流域面積は120km<sup>2</sup>を超え，その多くは切り立った四国山地の山林である。源流部での年間降水量は2,600ミリ（気象庁，2011）を超えることから水量は豊富な一方で流域人口は最下流部の旧貞光町中心部を除けば非常に限られていて（旧一字村の人口は1,200人），人間活動に伴う大きな汚濁発生源はほとんどない。また，深い谷を流

れていて一字峡や土釜などの溪流に特徴的な景勝も見られるなど，2007年に調査を実施した四国一の清流とされる東隣の谷を流れる穴吹川（山本ら，2008）と類似している点が多い。

しかしながら，穴吹川と大きく異なる点として，吉良発電所や切越発電所などのダム・水力発電所が複数存在することが挙げられる。これらは電力エネルギーの供給や治水・治水などの目的を果たす一方で，ダム（取水口）および発電所（放流口）付近では水量や水温に大きな影響を及ぼし，ひいては水質や本来の水生態系にも悪影響を及ぼしている可能性も否定できない。

なお，これまでの貞光川の水質調査は，月に1回

\*1 徳島大学大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部 \*2 徳島大学大学院総合科学教育部 \*3 徳島大学大学院人間・自然環境研究科  
 \*4 徳島大学総合科学部 \*5 徳島県民環境部 \*6 徳島大学大学院工学研究科 \*7 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

程度の頻度で最下流部の吉野川本流との合流地点近くの貞光大橋付近で国土交通省四国地方整備局徳島河川国道事務所によって実施されており、徳島県によってその結果が公表されている（徳島県，2006，2007，2008，2009，2010）。過去5年間の結果によると，生物化学的酸素要求量（BOD）は近年改善傾向に向かっている。BODの年間平均値は0.7～1.0 mg/Lで，水質環境基準で最も厳しい河川類型のAAの基準とされる1 mg/Lを超える調査結果は半数以上見られた3～5年前に比べ，年に2～3回程度まで減少してきており，四国一の水質とされる穴吹川には劣るものの，吉野川本流よりはやや良好か同程度である。

徳島県環境白書（徳島県，2010）によると，つるぎ町の人口は11,000人程度だが，旧貞光町の中心部において特定環境保全公共下水道が平成20年度に供用開始されているものの，その普及率は徳島県内平均とほぼ同じ13%に留まっている。合併浄化槽等普及率は平成20年度末で24%，旧半田町における農業集落排水施設の同4%と合わせても，60%近くは単独処理浄化槽もしくはし尿汲み取りで，家庭雑排水や小規模事業場廃水が未処理のまま河川等に放流されている。この状況も，2007年の調査地である美馬市木屋平から穴吹にかけて流れる穴吹川（山本ら，2008）と類似している。

本調査では，降雨の影響を受けにくいと考えられる日時を選び，2010年8月，9月，10月の計3回，貞光川の本流および支流の計13地点において採水し，水質調査を実施した。また，8月の調査では生息する水生生物相の観察も実施した。なお，現地測定した項目は水温，水素イオン濃度（pH），溶存酸素（DO），水深，川幅，流量であった。また，試料を実験室に持ち帰って浮遊性固形物濃度（SS），BOD，全窒素（T-N），全リン（T-P），硬度，鉄を測定した。さらに，有害汚染化学物質としては汚染化学物質排出移動登録（PRTR）で水域への排出量が中性洗剤のアルキルエトキシレートに次いで多い陰イオン界面活性剤直鎖アルキルベンゼンスルホン酸（C<sub>12</sub>-LAS）（エコケミストリー研究会，2007）ならびに除草剤として水質環境基準に含まれるベンチオカーブを測定した。

## 2. 試料採取地点の概観と水試料採取方法

先に述べたように，貞光川の様相は概ね穴吹川に類似しており，上流部の豊富な降水量に伴って，比較的豊富な流量を持っていて，人工的な汚濁負荷発生源も比較的少ない。ただ，流量についてはダムや水力発電所用水の影響を大きく受けている地域も見られた。

本調査では，貞光川の源流部の山地から吉野川本流との合流点に至るまでの地点について，各地点間の距離，人工的汚濁発生源の有無，採水容器や簡易水質測定装置を持って採水可能かどうかなどを基準に，下見を実施して選定をおこなった。その結果，水試料の採取地点は地図（図1）および写真（図2）に示す貞光川の本流10地点，主な支流3地点ならびに丸笹山山頂付近の夫婦池2地点の計15地点とした。以下，選定地点の状況について概説する。

地点①は剣山山系の丸笹山山頂（1,712m）に近い夫婦池のうち雄池とした。ここはわずかなくぼ地になっており，その部分におよそ直径100m程度の小さな池があり，宿泊施設が隣接している。8月の試料採取時には釣り人が居り，ブルーギル，ギンブナ（図3），コイ等が生息していることがわかった。聞き取りによると，これらは釣り目的で放流されたと推測される。このような放流魚によって，昆虫や両生類等が食害されている可能性も考えられる。水際にシカの糞や足跡がたくさん認められ，10月の調査時には実際にシカが観察された。このように，野生生物の利用が多いものと考えられる。

地点②は夫婦池のうち，雄池からおよそ200m離れた別のくぼ地にある雌池とした。この池は，8月は主に雨水によると考えられる水が観察されたが，9月ならびに10月の調査ではぬかるみがある程度で水は確認できなかった。なお，8月の調査では種名は不詳だがオタマジャクシ（図3）やミジンコ等の生息も確認できたように，水がある期間は水棲生物等にとって貴重な生息場になっていることが推測される。

地点③は国道438号線のチェーン装着場がある第一黒松谷橋付近とした。ここは，河川勾配が極めて大きく，砂防ダムが連続する急傾斜地であり，樹冠

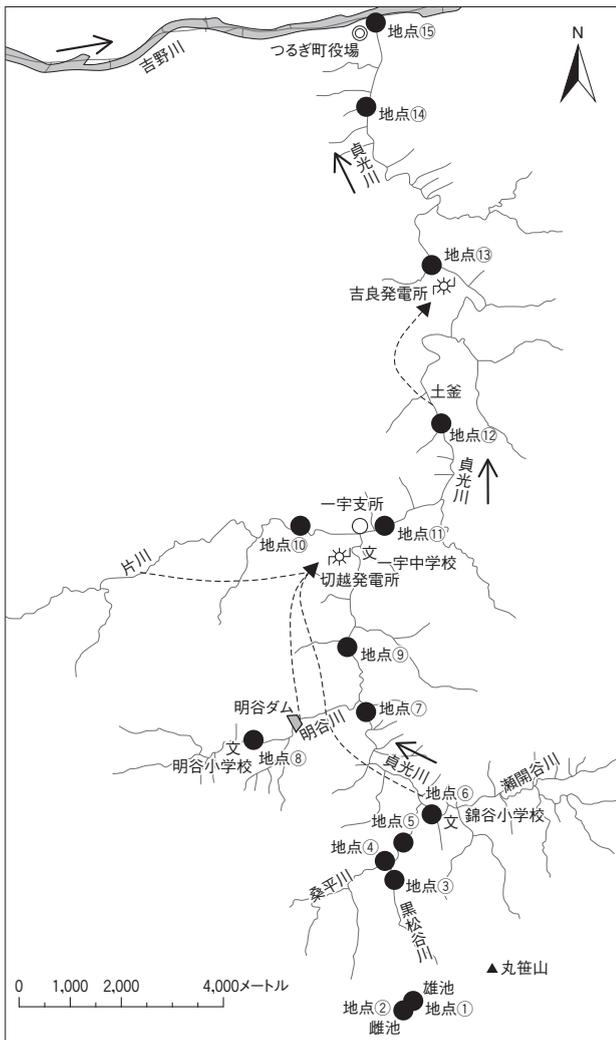


図1 真光川の流路網と採取地点の地図

で覆われ、日照が遮られて薄暗い状態であった。水際にも植物は生えておらず、おそらく放流個体と考えられるアマゴとサワガニが少数生息するだけであった。

地点④は最上流の桑平川が黒松谷川に合流する地点に近い国道438号線に架かる桑平川橋付近とした。この付近は地点③付近ほどではないが、まだ砂防ダムが続き河川勾配が大きい状態である。川面は明るく開け、水際にもさまざまな植物が生えていた。アマゴ(図3)が多く、サワガニも生息していることが確認された。

漆野瀬付近の赤く塗られた橋が架かる地点⑤も、砂防ダムが続き河川勾配が比較的大きい状態である。この付近では川面は明るく開け、川幅も広がっている。砂防堤の下は浅い淵となっていて、護床ブロックの間に非常に多くのアマゴが見られ、全長が

20cmを超える大型個体も多かった。流れの緩やかな瀬が続いており、水際にもさまざまな植物が生えていた。サワガニの生息も確認された。

地点⑥は支流である瀬開谷川を500m程度上流に上った休校中の錦谷小学校がある川又集落付近とした。この付近は川面が明るく開けて平瀬となっており、流れは緩やかである。付近には10軒程度の民家があり、右岸側の斜面に畑作地が広がっており、現在使われているかどうかは不明だが養魚場もあった。ただ、川底の石の間には有機物の堆積や投棄されたタイヤや空き缶が認められ、石の表面には糸状藻類が生えているなど、人畜由来の汚濁の痕跡が観察された。魚種としてはタカハヤ(図3)が多く、アマゴやカワヨシノボリも分布していた。

地点⑦は河内集落の民家や小さい田畑がある下を流れている場所とした。兩岸は木々で覆われており、樹冠も川面に張り出して影をおとしている。巨石の間に小さな淵が連続するが、流れは緩やかである。川底には岩盤が露出する所があるが、場所によっては砂泥が沈積しており、川底に家庭ゴミ等は無かった。カワヨシノボリ(図3)が多く、タカハヤやアマゴやカワニナ(図3)も分布していた。ハクビシンと推測される動物の水死体(図3)が発見された。

地点⑧は支流の明谷川にある明谷ダムの上流の明谷小学校付近とした。ここは左岸側が樹冠で覆われ、日照が遮られてやや薄暗くなっていた。勾配は緩やかで川幅が狭く、大きな転石の間に小砂利がたまり、ところどころ浮泥をかぶっていた。タカハヤが多く、アマゴやカワヨシノボリは少なかった。

地点⑨は国道438号線の一字橋下付近とした。この付近では川面は明るく開け、平瀬に巨石が点在する。小さなゴミやたき火の跡のほか、粗大ゴミが捨てられていた。流れは速く、川底に浮泥はたまっておらず、タカハヤやカワヨシノボリが見られたが、アマゴは非常に少なかった。

地点⑩は旧一字村の中心付近で真光川に合流する支流の片川を1kmほど上った地点とした。ここには石橋が架かっていて、左岸側が岩盤で、上部が樹木に覆われている小さな淵を形成している。右岸側には石や砂利が堆積して川原となっている。カワニナが多く、タカハヤも分布していた。カワヨシノボリ



図2 水試料採取地点周辺の写真

りは少なかった。アマゴは見られなかった。水辺にはヌマガエル(図3)が見られた。

地点⑪はつるぎ町一字支所のやや下流とした。この付近では切越発電所の放流水や片川の合流に伴って流量が多くなっていて、岩盤の間を川が流れ、流路は深い早瀬となり、流れが強く河床は転石になっている。右岸側の岩盤の上は森になっており、左岸

側には民家が建ち並んでいる。河岸付近の流速の緩やかな場所には、カワヨシノボリが多かった。他にはアマゴやカワニナが少数見られる程度であった。

地点⑫は旧一字村と旧貞光町の境の土釜や鳴滝のやや上流の土釜トンネル付近とした。ここも地点⑪と同様に岩盤の間を川が流れ、流路は深い早瀬となり、流れがやや強かった。河床は小砂利だが締まっ

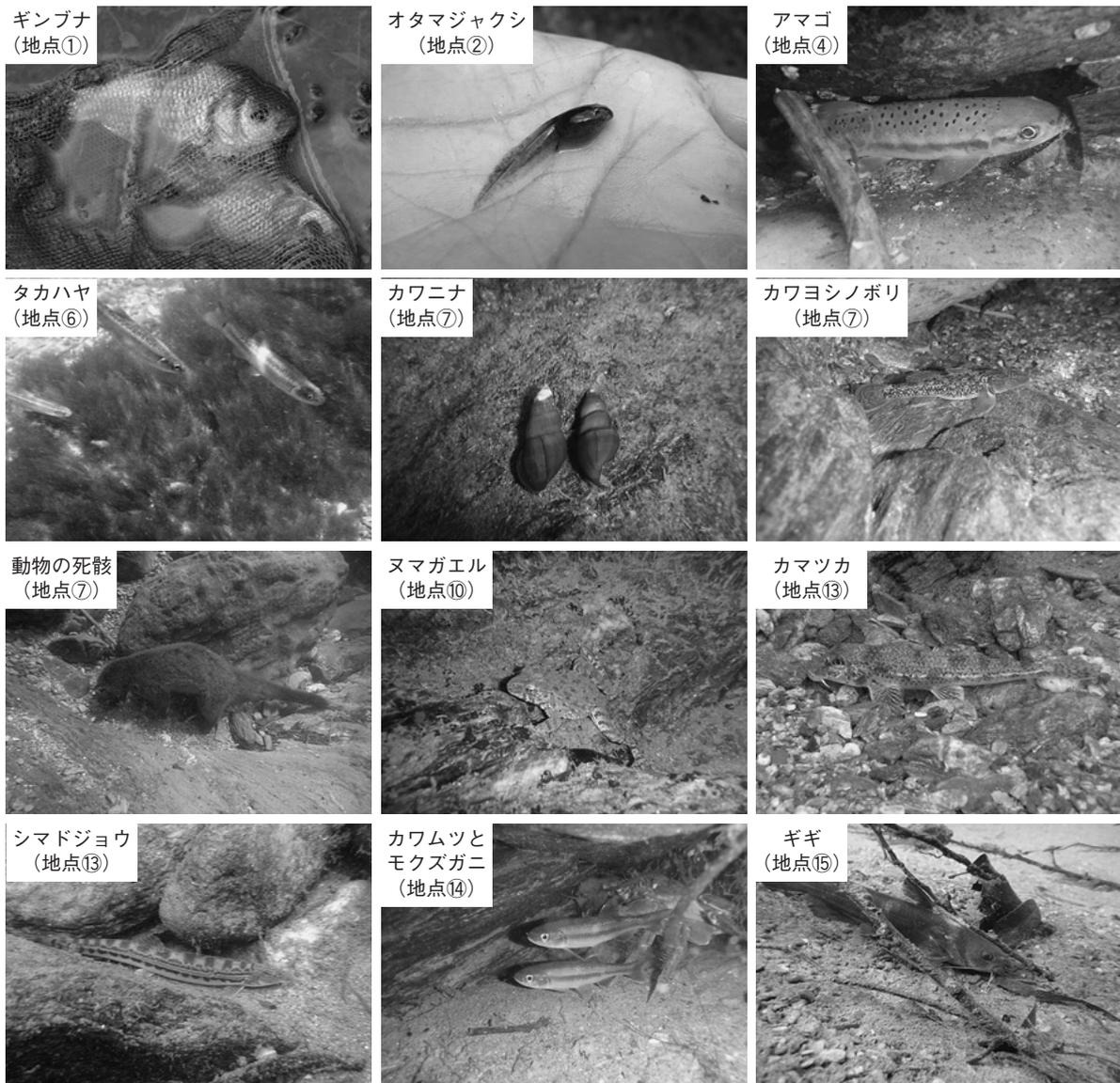


図3 観察された水棲生物の写真

てはいなかった。カワヨシノボリが多く、他にはアマゴやカワナが少数見られる程度で生物は少なかった。

地点⑬は吉良発電所の放流口近くとした。この付近までくると勾配はすっかり緩くなり、川幅はかなり広がっている。右岸側には民家があり、左岸側は森が広がっている。水力発電所の温排水が大量に流れ込んできており、河床は岩の間に小砂利が溜まり、砂地もある。この地点で、貞光川は魚類相が一変し、中下流の様相となっていた。オイカワとアユ(放流)が多く、カワムツ、シマドジョウ(図3)、ギギ、カマツカ(図3)も生息していた。ウグイもいたがやや少なかった。

地点⑭は木綿麻橋のやや下流の旧貞光町の中心市街地の南端の旧貞光町字岡付近とした。この付近では、貞光川に沿って国道438号線が走っていて、道路を挟んだ反対側には8月および9月の測定時は農業用水路が流れていた。この付近も勾配は緩く、川幅はかなり広がっている。左岸側は岩場だが、右岸側には砂礫が堆積した河原が広がり、植物が密生していた。吉野川本流の魚類であるカワムツ(図3)とシマドジョウが多く見られたほか、オイカワやアユも観察できた。左岸側の岩の間には、モクスガニ(図3)の生息も確認できた。

最下流部の地点⑮は吉野川本流に近い国道192号線に架かる貞光大橋のやや下流とした。流れは緩く、

河床には砂泥や植物片が溜まっている場所がある。左岸側には抽水植物も見られるが、右岸側には砂礫が堆積した河原が広がり、植物が密生していた。ウグイが多く、オイカワ、カワムツ、タモロコ、ナマズ、ギギ（図3）、モクズガニも見られた。

なお採取した日は、美馬市穴吹、つるぎ町半田に設置されている気象庁のアメダス雨量計のデータ（気象庁，2010）および、切越および丸笹にある国土交通省の雨量計（国土交通省，2010）を参考に、降雨による初期流出の影響が大きくないと考えられる2010年の8月6日，9月13日および10月21日とした。それぞれの試料は適切な容器に入れて，4℃に保ちながら速やかに実験室に持ち帰った。

### 3. 測定方法

#### 1) 現地での測定項目

先に述べたように、試料採取を行った2010年の8月6日，9月13日および10月21日の3回，現地で水温，pH，DO，電気伝導度，水深，川幅，流量を測定した。水温，pH（8月の測定時はpHおよびDO）はpH-DO計（堀場製作所製D-15）を，DOと電気伝導度は現場測定用電極を装着したポータブル水質測定計（HACH社製HQ40d）を用いて測定した。流量は広井電気式流速計（三映測量製）によって川幅に応じて流速を各地点2ヶ所以上測定し，川幅や水深と合わせて流量に換算した。

#### 2) BOD，CODおよびTOC測定

BODについては，採取後速やかに実験室内に持ち帰った河川水を緩衝液，硫酸マグネシウム溶液，塩化カルシウム溶液，塩化鉄溶液を加えた希釈水で必要に応じて希釈し，101mLふらん瓶3連にわけた。一つは15分後，残りは，5日後にDO計（堀場製作所製D-15）によってDOを測定し，その差をBODとした（日本規格協会，1998）。なお，8月の試料については希釈水の汚染により正確に測定できなかったために表にはデータを示さない。

CODは湖沼の水質環境基準の項目であることから，2ヶ所の池の水についてのみ実施した。水試料をガラス繊維ろ紙（Whatman社製GF-B，孔径1.0  $\mu\text{m}$ ）でろ過し，20mLをとり，硫酸酸性下で過マンガン酸カリウムを用いて30分間90℃で試料を酸化

した後，一定量のシュウ酸を加えて還元し，再び過マンガン酸カリウムで逆滴定した。一方，TOCは採取した検水をガラス繊維ろ紙（Whatman社製GF-B，孔径1.0  $\mu\text{m}$ ）でろ過し，島津製作所社製TOC-5000で測定した。

#### 3) T-N，アンモニア性窒素およびT-P測定

検水をガラス繊維ろ紙でろ過し，水酸化ナトリウムによってアルカリ性にした状態でペルオキシ二硫酸カリウムを入れて，有機物を高圧蒸気滅菌器を用いて120℃，15分間酸化・分解した。その後，T-Nは紫外線吸収法を，T-Pはモリブデンブルー法を用いて測定した（日本分析化学会北海道支部，2005）。アンモニア性窒素（ $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ）については，インドフェノール青法（日本分析化学会北海道支部，2005）を用いて測定した。分光光度計は日立U-1500を使用した。

#### 4) SS測定

あらかじめ洗浄・乾燥したガラス繊維ろ紙を秤量し，検水500mLをろ過し，ろ紙を105℃で乾燥して秤量することによって求めた。

#### 5) 硬度・鉄濃度

検水をガラス繊維ろ紙でろ過し，硬度は全硬度をキレート滴定法（日本分析化学会北海道支部，2005）により測定した。鉄は，1,10-フェナントロリンを用いた分光光度法（日本分析化学会北海道支部，2005）により測定した。硬度と鉄の分析は8月および10月のみ実施した。

#### 6) $\text{C}_{12}$ -LASおよび除草剤（ベンチオカーブ）濃度測定

検水は採取後4℃で保存しながら速やかに実験室内に持ち帰った。ガラス繊維ろ紙でろ過後，Waters社製のSep-Pak Plus C18カートリッジに通水して保持したものをメタノールで溶出し， $\text{C}_{12}$ -LASは蛍光・吸光検出器付高速液体クロマトグラフィ（HPLC：島津製作所製LC-10ADVP）で測定（環境省環境管理局水環境部企画課，2000）した。なお，カラムはShimpak-VPODS（島津製作所製）を，移動相はアセトニトリル・水（60：40）とした。 $\text{C}_{12}$ -LASの検出限界は，0.045  $\mu\text{g/L}$ であった。除草剤のベンチオカーブ（benthiocarb）については，同様のカートリッジからアセトン・n-ヘキサン

(30:70) 混合液で溶出して、ガスクロマトグラフ質量分析器 (GC-MS) (日本電子製, JMS-Q1000GC MK-II) を用いて測定した。カラムは Agilent Technologies (J&W Scientific) 社製の HP-5を用いた。ベンチオカーブの検出限界は0.20  $\mu\text{g/L}$ であった。

#### 4. 測定結果および考察

各水質項目の8月の測定結果を表1に、9月分を表2に、10月分を表3に示す。時間とコストの観点から $\text{C}_{12}$ -LASおよびベンチオカーブについては汚濁が懸念される地点⑦, ⑪, ⑭, ⑮の4地点でのみ測定を実施した。表1において電気伝導度 (EC) の値が欠測なのは、8月6日の時点で電気伝導度計が故障していたことによる。また、先述のように8月6日の際には、BOD用希釈液の汚染によって正確な測定ができず、表1にはBODの値も掲載していない。さらに、鉄・硬度、ならびに $\text{C}_{12}$ -LAS, Benthocarbの測定についても、時間とコスト、濃度変動の代表性を考慮して8月6日と10月21日のみ実施した。

DOならびにBOD (池沼はCOD) の値の推移を9月の結果は図4に、10月の結果は図5に示すとともに、同様にT-NおよびT-Pについても値の推移を9月の結果は図6に、10月の結果は図7に示す。まず、流量や川幅の値は表1~3に示すように地点によって多少のばらつきがあるが、8月6日が最も大きく、ついで10月21日、9月13日という順になった。気象庁 (2010) のアメダス雨量観測データや国土交通省 (2010) の雨量観測計のデータにおいて測定日の直前の降雨を検索してみると、丸笹山頂上付近の丸笹において8月4日に7ミリ、8月5日に19ミリと夏季の山岳地帯特有の局所的な豪雨が起こったことが考えられる。この降雨イベントによって、雨水が溜まって雌池が出現したものと考えられる。それ以外では、3回の測定日ともにその測定日3日前から当日の間に総計4ミリを超える降水量を観測した地点はなかった。貞光川については、他に流量に大きな影響を及ぼす可能性があるものとして、四国電力の吉良および切越の2つの水力発電所のための発電用水が挙げられる (四国電力, 2010)。水力

発電所データベース (電力土木技術協会, 2010) によると、最大使用水量は、吉良発電所が $3.80\text{m}^3/\text{s}$ 、切越発電所が $2.78\text{m}^3/\text{s}$ となっていて、ともに貞光川の流量の大部分を占める。また、水田の灌水期のような農繁期には、先の地点⑭付近を流れる用水路のような農業用水の取水も影響している可能性がある。

現地でのポータブル測定器による水質測定項目については、まず、水温については、最上流部の地点③から⑥が下流に向かうに従って上昇しており、地点③から⑮と比較すると5~6℃低くなっていた。これは上流部の方が標高も高く、気温も冷涼であること、人間活動に伴う生活排水や発電用水の流入によるものと考えられる。なお、夫婦池の水温は、8月や9月は標高が1,400メートル程度と非常に高いにも関わらず最上流部に比べて水温は高い状態であった。地点①および②については電気伝導度が貞光川やその支流の水に比べて低く、ミネラル分が少ない雨水がほぼそのままの形で存在していると考えられる。

DOについては、今回調査したすべての地点において、水質環境基準の生活環境項目の類型AAの最も厳しい基準値 $7.5\text{mgO}_2/\text{L}$  (環境省, 2009) を上回っていた (図4および図5)。飽和溶存酸素濃度は温度が低いほど高く、 $25^\circ\text{C}$ で8.4,  $20^\circ\text{C}$ で9.2,  $15^\circ\text{C}$ で $10.2\text{mgO}_2/\text{L}$  (Sawyerら, 1994) であることが知られている。今回の調査では、極端な過飽和や有機物汚濁に伴うDOの低下は見られず、3年前の穴吹川の調査結果 (山本ら, 2008) とほぼ同様であった。pHについては、雨水の影響が顕著でミネラル分の少ないと考えられる8月の夫婦池の雌池 (地点②) ではpHが6.0になった。これは、降雨後間もない雨水であることを示唆しており、蒸留水などのpHが炭酸ガスの溶解によってやや酸性側になることと同様の原理であって、特に問題はない。ほかの地点については、水質環境基準値内の6.5から8.5の間であり、特に藻類の異常繁茂とそれに伴う過度の炭酸同化によるpH上昇は観察されなかった。電気伝導度についても、9月の地点③を除いて概ね $60\sim 130\ \mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲内であった。地点③については、 $260\ \mu\text{S}/\text{cm}$ については、ほかの地点に比べて高く、近隣に温泉施設や発電所放流口があって何らかのミネ

表1 水質測定結果のまとめ(8月6日測定分)

地点番号・地点名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
水質項目ほか	雄池	雌池	第一黒松谷橋	桑平川橋	漆野瀬	川又	河内	明谷川
時刻	10:15	10:35	11:15	11:55	12:20	12:55	13:30	14:20
水温(℃)	24.4	24.6	16.9	19.0	18.9	18.7	21.1	21.6
pH	6.7	6.0	7.0	7.3	7.4	7.9	7.9	7.7
DO (mgO <sub>2</sub> /L)	7.7	7.7	9.7	9.1	9.2	9.5	9.6	9.3
EC (μS/cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
流量 (m <sup>3</sup> /s)	-	-	0.59	1.58	2.26	0.72	1.38	0.21
川幅 (m)	-	-	5.4	8.8	14.4	14.1	5.8	7.7
水深 (cm)	-	-	25	40	30	25	40	30
SS (mg/L)	3	<1	5	4	5	<1	17	<1
BOD [or COD] (mgO <sub>2</sub> /L)	[6.7]	[4.2]	-	-	-	-	-	-
TOC (mgC/L)	4.3±0.0	3.5±0.6	1.0±0.5	1.8±0.3	1.2±0.1	<0.5	2.4±0.6	1.1±0.0
T-N (mgN/L)	0.25±0.03	0.33±0.05	0.17±0.21	0.27±0.02	0.11±0.04	0.29±0.00	0.18±0.03	<0.061
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mgN/L)	0.14±0.05	0.11±0.02	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
T-P (mgP/L)	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028	0.038±0.018	0.067±0.040	<0.028	<0.028
Fe (mgFe/L)	0.09±0.00	0.08±0.02	<0.05	<0.05	<0.05	0.09±0.00	<0.05	0.08±0.02
全硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	3±1	<2	22±5	45±0	34±1	31±1	40±0	35±1
C <sub>12</sub> -LAS (μg/L)	-	-	-	-	-	-	0.39±0.21	-
Benthocarb (μg/L)	-	-	-	-	-	-	<0.02	-
地点番号・地点名	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	
水質項目ほか	一字橋	片川	一字支所	土釜トンネル	吉良発電所	岡	貞光大橋	
時刻	14:50	15:10	15:40	16:00	16:25	16:50	17:25	
水温(℃)	21.7	23.0	21.3	22.1	22.3	24.3	25.5	
pH	8.0	7.8	8.1	8.1	8.0	8.2	7.1	
DO (mgO <sub>2</sub> /L)	9.7	8.1	9.3	9.4	9.1	8.5	9.4	
EC (μS/cm)	-	-	-	-	-	-	-	
流量 (m <sup>3</sup> /s)	0.39	0.15	2.90	2.60	4.49	4.19	3.68	
川幅 (m)	6.0	7.0	9.3	10.3	20.8	14.6	23.8	
水深 (cm)	35	30	75	65	40	40	48	
SS (mg/L)	2	<1	<1	<1	4	<1	<1	
BOD [or COD] (mgO <sub>2</sub> /L)	-	-	-	-	-	-	-	
TOC (mgC/L)	1.3±0.1	1.8±0.1	0.7±0.4	0.8±0.3	0.9±0.4	3.1±0.1	0.6±0.6	
T-N (mgN/L)	0.31±0.08	0.24±0.13	0.18±0.07	0.16±0.03	0.39±0.01	0.41±0.02	0.32±0.00	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mgN/L)	<0.1	0.19±0.11	0.14±0.05	0.27±0.07	<0.1	0.14±0.05	<0.1	
T-P (mgP/L)	0.040±0.010	<0.028	<0.028	<0.028	0.058±0.046	0.044±0.021	<0.028	
Fe (mgFe/L)	0.07±0.07	0.13±0.02	<0.05	0.12±0.11	<0.05	0.07±0.04	<0.05	
全硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	43±1	49±1	38±0	37±1	42±0	34±0	44±0	
C <sub>12</sub> -LAS (μg/L)	-	-	0.27±0.14	-	-	0.96±0.18	0.52±0.22	
Benthocarb (μg/L)	-	-	<0.02	-	-	<0.02	<0.02	

ラル・塩類等による影響が考えられるが、2009年の阿波市(山本ら, 2010)や2008年の美馬市美馬町(山本ら, 2009)の結果と比べると、それほど極端に高い値ではなかった。

次に、実験室に持ち帰っての測定項目についての結果を見てみると、河川の水質評価において最も一般的なBODの値(図4および図5)については、地点③から⑮の13地点のうち、水質環境基準の類型AAの基準値である1mgO<sub>2</sub>/Lを上回ったのは9月の地点⑦と10月の地点⑭ののべ2地点のみであった。先述した過去5年間の補助測定点である地点⑮における月に1回のBOD測定結果(徳島県, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010)では、平均で1mgO<sub>2</sub>/L

前後でやや改善に向かっていて、近年は0.7mgO<sub>2</sub>/L程度である。本調査の結果も、ほぼ同様の結果であり、有機物による汚濁の観点からは穴吹川とほぼ同様の良好な水質(徳島県, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010; 山本ら, 2008)であるといえる。

夫婦池のCODの値は、地点①の雄池では5mgO<sub>2</sub>/L程度と中程度の水質であった。CODでは人間や野生生物活動由来の汚濁物質だけでなく、天然の腐植物質等も合わせて分析されるために一概には言えないが、先述したように地点①ではシカの糞が見られたほか宿泊施設が隣接して汚濁発生源があり、閉鎖性の水域になっている。特に9月と10月は藻類の繁茂も見られたことから、水質保全のため

表2 水質測定結果のまとめ(9月13日測定分)

地点番号・地点名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
水質項目ほか	雄池	雌池	第一黒松谷橋	桑平川橋	漆野瀬	川又	河内	明谷川
時刻	11:05	-	11:50	12:15	12:30	13:10	13:40	14:05
水温(℃)	22.1	-	16.7	18.3	18.1	19.2	20.1	20.6
pH	8.3	-	7.0	7.4	7.4	7.6	7.4	7.3
DO (mgO <sub>2</sub> /L)	8.2	-	8.8	8.7	8.6	9.3	8.4	8.5
EC (μS/cm)	19	-	62	100	82	93	100	100
流量 (m <sup>3</sup> /s)	-	-	0.31	0.48	0.54	0.79	0.44	0.15
川幅 (m)	-	-	3.2	6.4	4.4	12.6	2.9	7.20
水深 (cm)	-	-	15	23	24	16	23	12
SS (mg/L)	21	-	<2	<2	3	<2	<2	<2
BOD [or COD] (mgO <sub>2</sub> /L)	[5.1]	-	<0.5	0.9	0.6	0.6	1.2	0.7
TOC (mgC/L)	3.7±0.2	-	1.1±0.2	1.5±0.2	1.6±0.2	1.6±0.5	3.4±0.2	1.8±0.0
T-N (mgN/L)	0.31±0.08	-	0.15±0.06	0.20±0.05	0.31±0.10	0.30±0.01	0.40±0.12	0.51±0.11
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mgN/L)	0.10±0.01	-	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.11±0.01	0.12±0.02
T-P (mgP/L)	<0.028	-	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028
Fe (mgFe/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
全硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	-	-	-	-	-	-	-	-
C <sub>12</sub> -LAS (μg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
Benthocarb (μg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-
地点番号・地点名	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	
水質項目ほか	一字橋	片川	一字支所	土釜トンネル	吉良発電所	岡	貞光大橋	
時刻	14:30	14:45	15:20	15:30	15:50	16:10	16:30	
水温(℃)	21.1	21.8	20.9	21.2	22.0	22.6	24.0	
pH	7.7	7.6	7.9	7.8	7.8	7.7	7.7	
DO (mgO <sub>2</sub> /L)	8.7	8.6	8.8	8.8	8.3	8.7	8.9	
EC (μS/cm)	110	120	100	110	260	130	130	
流量 (m <sup>3</sup> /s)	0.58	0.11	1.58	1.71	1.92	1.02	0.31	
川幅 (m)	4.3	6.1	8.3	11.8	18.6	6.9	15.9	
水深 (cm)	32	25	50	43	33	20	31	
SS (mg/L)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
BOD [or COD] (mgO <sub>2</sub> /L)	0.6	0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5	0.6	
TOC (mgC/L)	1.4±0.0	2.1±0.3	3.3±0.1	1.9±0.1	2.3±0.2	2.5±0.0	2.6±0.5	
T-N (mgN/L)	0.41±0.06	0.57±0.05	0.57±0.10	0.56±0.01	0.35±0.04	0.45±0.08	0.40±0.00	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mgN/L)	<0.10	<0.10	0.11±0.01	<0.10	0.13±0.05	<0.10	<0.10	
T-P (mgP/L)	<0.028	<0.028	0.034±0.013	<0.028	<0.028	<0.028	<0.028	
Fe (mgFe/L)	-	-	-	-	-	-	-	
全硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	-	-	-	-	-	-	-	
C <sub>12</sub> -LAS (μg/L)	-	-	-	-	-	-	-	
Benthocarb (μg/L)	-	-	-	-	-	-	-	

には汚濁負荷を生じないように厳密な周辺環境の管理が必要となる。

SSについては、先のCOD同様に浮遊する藻類等の影響もあり、雄池(地点①)で20mg/Lを超えるような濁りが観察された。ほかに8月6日の地点⑦で17mg/Lとなった以外は10mg/L程度の濁りが見られた地点はなく、降雨の影響による底泥の巻き上げなどによる極端な濁質が見られる地点もなかった。

窒素やリンなどの栄養塩(図6, 図7ほか)に目を移すと、T-Nは最大でも0.3~0.6mgN/L程度と汚濁レベルは概ね低かった。特に最上流部では0.1mgN/Lを下回っており、徳島県内河川の水質調査結果(徳島県, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010)で

も最も汚濁レベルの低い穴吹川や宍喰川、海部川などと同程度であった。なお、国土交通省による地点⑮の測定結果では0.4から0.7mgN/Lの範囲(徳島県, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010)であり、本調査の結果の方がやや低いかほぼ同程度であった。前述したようにつぎ町貞光の中心部では、平成20年度から特定環境公共下水道の供用が進んでおり、合併浄化槽等の整備も合わせて水質汚濁負荷が削減されてきていること、過疎化による人口減少なども影響していると考えられる。一方、人畜のし尿由来の汚濁の指標とされるアンモニア性窒素についても、概ね検出限界(0.10mgN/L)に近い値であり、顕著な値は検出されなかった。T-Pについては、十分な

表3 水質測定結果のまとめ (10月21日測定分)

地点番号・地点名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
水質項目ほか	雄池	雌池	第一黒松谷橋	桑平川橋	漆野瀬	川又	河内	明谷川
時刻	10:45	—	11:35	12:05	12:20	12:55	13:15	13:45
水温 (°C)	12.3	—	11.9	12.9	12.8	13.0	13.6	13.7
pH	9.0	—	7.0	7.5	7.6	7.6	7.7	7.7
DO (mgO <sub>2</sub> /L)	9.6	—	9.9	9.8	9.9	10.1	9.9	9.8
EC (μS/cm)	16	—	62	87	79	81	93	94
流量 (m <sup>3</sup> /s)	—	—	0.39	0.79	0.82	0.92	0.52	0.16
川幅 (m)	—	—	5.9	7.6	9.7	15.0	3.3	7.8
水深 (cm)	—	—	16	29	25	17	35	14
SS (mg/L)	27±6	—	<1	<1	<1	<1	<1	<1
BOD [or COD] (mgO <sub>2</sub> /L)	[5.4]	—	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
TOC (mgC/L)	5.3±3.3	—	<0.5	1.0±0.7	<0.5	0.5±0.1	<0.5	<0.5
T-N (mgN/L)	0.32±0.08	—	0.15±0.04	0.23±0.01	0.48±0.01	0.11±0.01	0.24±0.00	0.31±0.04
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mgN/L)	<0.1	—	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
T-P (mgP/L)	<0.006	—	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Fe (mgFe/L)	<0.05	—	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
全硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	<2	—	24±0	37±0	33±4	34±3	38±0	38±3
C <sub>12</sub> -LAS (μg/L)	—	—	—	—	—	—	0.29±0.16	—
Benthocarb (μg/L)	—	—	—	—	—	—	<0.02	—
地点番号・地点名	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	
水質項目ほか	一字橋	片川	一字支所	土釜トンネル	吉良発電所	岡	貞光大橋	
時刻	14:05	14:20	14:50	15:05	15:20	15:35	15:50	
水温 (°C)	14.0	14.8	14.6	14.9	15.1	15.9	16.5	
pH	7.8	7.8	8.0	7.9	8.0	8.3	8.6	
DO (mgO <sub>2</sub> /L)	10.0	10.1	9.9	10.2	9.7	10.2	10.7	
EC (μS/cm)	94	100	95	98	130	110	110	
流量 (m <sup>3</sup> /s)	1.07	0.14	5.90	0.98	2.27	2.80	3.06	
川幅 (m)	5.7	8.4	9.1	10.3	16.9	14.7	16.7	
水深 (cm)	40	30	80	30	37	40	50	
SS (mg/L)	<1	<1	3±0	2±0	3±0	<1	6±2	
BOD [or COD] (mgO <sub>2</sub> /L)	0.9	0.9	0.5	<0.5	0.5	1.1	0.7	
TOC (mgC/L)	<0.5	<0.5	0.8±0.5	0.5±0.1	<0.5	<0.5	<0.5	
T-N (mgN/L)	0.37±0.16	0.32±0.01	0.41±0.12	0.26±0.04	0.31±0.02	0.32±0.05	0.29±0.06	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mgN/L)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
T-P (mgP/L)	<0.006	<0.006	0.010±0.003	0.007±0.001	0.007±0.001	<0.006	0.017±0.001	
Fe (mgFe/L)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
全硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	41±1	46±6	38±3	40±0	47±2	51±6	49±4	
C <sub>12</sub> -LAS (μg/L)	—	—	0.056±0.027	—	—	0.11±0.06	0.27±0.20	
Benthocarb (μg/L)	—	—	<0.02	—	—	<0.02	<0.02	

高圧滅菌装置やガラス器具等の洗浄をおこなったが、公定法の感度が不十分であることから8月および9月の試料の測定時の検出限界は0.028mgP/Lと比較的高かった。10月の試料の測定時はやや改善された(0.006mgP/L)が、⑪、⑫、⑬、⑮の汚濁負荷源の多い地域で0.007~0.017mgP/Lという低濃度で検出されただけであった。いずれにせよ、これらの値は国土交通省による地点⑮の測定結果よりやや低かった。

金属イオンについては、鉄イオンがほとんどの地点で0.10mg/L以下であり、飲料水質基準値0.3mg/L(住友ら, 2007)を下回っていた。全硬度については、雨水に組成が近い夫婦池の地点①、②が

極端に低く、最上流部から下流に向かうに従ってやや上昇していたが、概ね30~50mg CaCO<sub>3</sub>/L程度の軟水で、わが国のほかの水道水源と同様の一般的な硬度の水質であることがわかった。

C<sub>12</sub>-LASについては、2008年の美馬市美馬町(山本ら, 2009)ほどではないが、2009年の阿波市(山本ら, 2010)とほぼ同程度の濃度で検出された。地点⑦の河内集落付近や地点⑭の貞光の中心やや南側の地点、地点⑮の貞光中心部付近では家庭雑排水由来の陰イオン界面活性剤が未処理のまま、かなり排出されていると考えられる。過去の徳島市周辺河川での測定結果との比較では、徳島市の冷田川、田宮川などの汚濁が進む河川の測定値(田村ら, 2007)

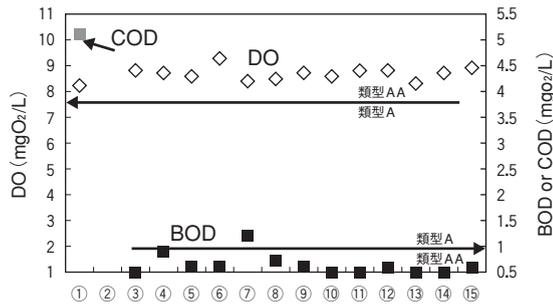


図4 各地点のDOおよびBOD/COD濃度（9月13日）

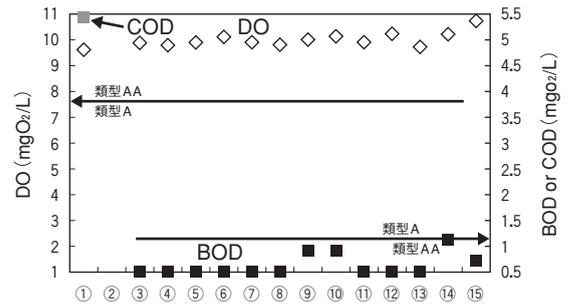


図5 各地点のDOおよびBOD/COD濃度（10月21日）

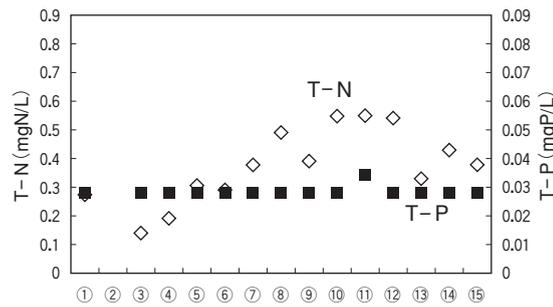


図6 各地点のT-N, T-P濃度（9月13日）

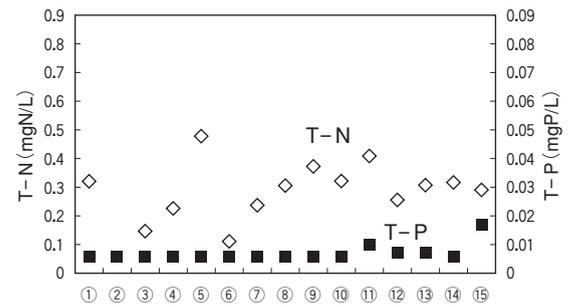


図7 各地点のT-N, T-P濃度（10月21日）

より100~1000倍程度低いレベルであった。なお、地点⑦の10月21日の結果では、C<sub>12</sub>-LASは検出されているもののTOCはTOC計の感度不足のために検出限界未満となっている。TOCは汚染化学物質のほかに天然由来の難分解性物質の影響も含まれるため、整合性がとれなかったものと考えられる。

先に述べたように、つるぎ町の下水道・浄化槽・農業集落排水を合わせた污水处理人口普及率は41%（徳島県，2010）と徳島県全体の44%よりも低い。つまり、それ以外の6割の家庭については生活雑排水や小規模事業場排水が未処理のまま河川など水環境中に排出されている。人口密度が低く流量が多い貞光川については穴吹川同様に、汚濁負荷は存在するもののそれが十分に自然浄化の範囲内であり、希釈されているためにその影響は顕著に見られなかった。しかし、調査地点のほとんどの場所でゴミが落ちているなど人間活動の痕跡が見られた。このような人間活動によって生じる汚濁負荷は自然の浄化能力を超える可能性が常にあるため、合併浄化槽設置や住民への水環境保全への意識づけなど流域の汚濁負荷管理は徹底して実施していくべきである。

一方、丸笹山山頂付近の夫婦池については、水棲生物や付近の野生生物にとって雨水が溜まる重要な水場となっている。しかしながら、閉鎖性水域にな

っているために、汚濁負荷の流入や釣り人による魚の放流などによって水質や水生生態系が悪影響を受けやすく、景観の維持は難しい。実際、藻類の増殖が見られていることから、徹底した汚濁負荷流入を防止し、登山客・釣り人などのマナー向上のための早急な方策が求められる。

ところで、貞光川は穴吹川と同様に、最上流部や下流部を中心に嚴重なコンクリート護岸がみられた。河川法の改正（国土交通省，1997）もあり、河川整備には治山・治水だけでなく、景観や水棲生物等の生態系への配慮が必要となっている。多自然工法の導入や堰やダムでの魚道の整備など流域全体を考えた生態系管理も積極的に検討することが望まれる。

また、穴吹川と大きく異なる点として、古くから電源開発のために吉良および切越の2つの水力発電所とそのための明谷川、片川など支流での取水用の堰・ダムが作られた点が挙げられる。国土交通省では水利権の更新に伴い、四国電力に対して明谷ダム等の下流の減水区間を解消するために「河川維持流量」を放流するようになって（国土交通省，2002）、最低限度の流量は維持され、十分とはいえないまでも生態系保全への試みがなされている。生物多様性が叫ばれる中、人間活動と生態系保全とのバランスを十分に考慮していく必要がある。

なお、本調査では時間とコストが限られており、広大な対象地域の関係上15地点3回（一部の項目は2回）の調査しか実施できなかった。より一般的な水環境について議論するにはより広範で継続的な水辺の水質・生物相の調査・管理をする必要がある。

## 5. おわりに

水質班では8月から10月にかけて3回にわたって貞光川の本流と支流、ならびに丸笹山山頂付近の夫婦池にわたる広い範囲での水質化学調査と生物相の調査を実施した。水質は概ね良好であり、測定結果は2007年の穴吹川の調査結果とほぼ同様であった。また、最上流部ではアマゴやサワガニなど清澄な河川に棲む生物が多く見られた。一方で、夫婦池の雄池では藻類の繁茂や外部からの魚の移入も観察されたほか、下流部では一部に界面活性剤の検出等の生活排水由来の汚濁の痕跡が検出された。流域の汚濁負荷対策はまだ不十分で、豊富な流量と低い人口密度によって希釈や自然浄化により水質が保たれている状態である。日本百名山の一つである剣山の玄関口としてつるぎ町の振興を進めていくためにも、貞光川や夫婦池の水質を維持し、豊かな生態系が維持されることが望まれる。

## 文献

- 電力土木技術協会 (2010) : 水力発電所データベース (<http://www.jepoc.or.jp/cgi-bin/hydrop/index.cgi>) (Last Accessed on Jan. 19, 2011).
- エコケミストリー研究会HP (2007) : 各物質の水域への排出源別排出量, 平成18年度 (<http://www.ecochemi.jp/PRTR2006/prtr-index.html>). (Last Accessed on Jan. 19, 2011).
- 環境省 (2009) : 水質汚濁に係る環境基準について (<http://www.env.go.jp/kijun/mizu.html>) (Last Accessed on Jan. 19, 2011).
- 環境省環境管理局水環境部企画課 (2000) : 要調査項目等調査マニュアル, 172-180. (<http://www.env.go.jp/water/chosa/h12-12/414.pdf>) (Last Accessed on Jan. 19, 2011).
- 気象庁 (2010) : アメダス雨量計データ (<http://www.jma.go.jp/jp/amedas/>). (Last Accessed on Jan. 18, 2011).
- 気象庁 (2011) : 年降水量 (1971~2000年の平年値) ([http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdrr/atlas/precipitation/precipitation\\_13.pdf](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/mdrr/atlas/precipitation/precipitation_13.pdf)). (Last Accessed on Jan. 18, 2011).
- 国土交通省 (1997) : 河川法改正について ([http://www.mlit.go.jp/river/hourei\\_tsutatsu/kasen/gaiyou/houritu/9705.html](http://www.mlit.go.jp/river/hourei_tsutatsu/kasen/gaiyou/houritu/9705.html)), (Last Accessed on Jan. 19, 2011).
- 国土交通省 (2002) : 四国整備局徳島河川国道事務所吉野川資料館, 第11回吉野川講座テキスト (<http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/event/yoshikouza/no11/yoshitext11.htm>) (Last Accessed on Jan. 19, 2011).
- 国土交通省 (2010) : 水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>). (Last Accessed on Jan. 19, 2011).
- 日本分析化学会北海道支部 (2005) : 水の分析, 化学同人.
- 日本規格協会 (1998) : 詳解工場排水試験法改訂3版.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., Parkin, G. F. (1994) : Chemistry for environmental engineers 4<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill Inc., NY, USA, 515-526.
- 四国電力 (2010) : 四国電力の水力発電所 ([http://www.yonden.co.jp/energy/p\\_station/hydro/page\\_04.html](http://www.yonden.co.jp/energy/p_station/hydro/page_04.html)) (Last Accessed on Jan. 19, 2011).
- 新エネルギー・産業技術開発機構 (2005) : 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸およびその塩 (アルキル基の炭素数が10から14までのもの及びその混合物に限る), 化学物質の初期リスク評価書ver. 1.0, 15-24.
- 住友恒, 村上仁士, 伊藤禎彦, 上月康則, 西村文武, 橋本温, 藤原拓, 山崎慎一, 山本裕史 (2007) : 新版環境工学~持続可能な社会とその創造のために.
- 田村生弥, 太田美菜子, 関澤純, 山本裕史 (2007) : 下水道未普及地域における河川生物膜による直鎖アルキルベンゼンスルホン酸浄化作用の評価, 環境工学研究論文集, 44, 127-134.
- 徳島県 (2005) : 平成16年度公共用水域および地下水の水質の状況についての測定結果.
- 徳島県 (2006) : 平成17年度公共用水域および地下水の水質の状況についての測定結果.
- 徳島県 (2007) : 平成18年度公共用水域および地下水の水質の状況についての測定結果.
- 徳島県 (2008) : 平成19年度公共用水域および地下水の水質の状況についての測定結果.
- 徳島県 (2009) : 平成20年度公共用水域および地下水の水質の状況についての測定結果.
- 徳島県 (2010a) : 徳島県環境白書平成21 (2009) 年度 (<http://www5.pref.tokushima.jp/kankyo/category/0000938.html>). (Last Accessed on Jan. 18, 2011).
- 徳島県 (2010b) : 平成21年度公共用水域および地下水の水質の状況についての測定結果.
- 山本裕史, 田村生弥, 中村友紀, 中村雄大, 香月翔太, 藤川弘安, 長塩和也, 平田佳子, 関澤純, 大谷壮介, 山中亮一, 上月康則 (2008) : 美馬市木屋平を流れる一級河川穴吹川の水質, 阿波学会紀要, 54, 13-22.
- 山本裕史, 田村生弥, 香月翔太, 平田佳子, 新田和代, 池幡佳織, 関澤純, 中村友紀, 大谷壮介, 一色圭佑, 山中亮一, 上月康則 (2009) : 美馬市美馬町の河川と池沼の水質, 阿波学会紀要, 55, 13-22.
- 山本裕史, 浜野龍夫, 田村生弥, 平田佳子, 加藤潤, 池幡佳織, 安部香緒里, 駕田啓一郎, 西田昌代, 比恵島彬仁, 中村友紀, 一色圭佑, 山中亮一, 上月康則 (2010) : 美馬市美馬町の河川と池沼の水質, 阿波学会紀要, 56, 13-24.

Water quality of Sadamitsu River of the Yoshino River System in Tsurugi Cho, Tokushima.

YAMAMOTO Hiroshi, HAMANO Tatsuo, TAMURA Ikumi, Ikebata Kaori, KATO Jun, KAGOTA Kei-ichiro, YASUDA Yusuke, YUKIMOTO Minami, YONEDA Saori, NAKAMURA Yuki, ISSHIKI Keisuke, OKEGAWA Hironori, YAMANAKA Ryoichi, KOZUKI Yasunori,

Proceedings of Awagakkai, No. 57 (2011), pp. 11-22.