

鳴門市の水質と水棲生物

水質班 (徳島水環境研究会)

山本 裕史^{1*} 齋藤 稔² 喜多 郁弥³ 小林 大起³ 篠本 聖大⁴ 浜野 龍夫⁵
 新岡 知熙⁶ 光山 真子⁴ 石丸 優貴⁴ 谷 和音⁴ 田村 生弥⁶ 岩佐 博司⁷
 川上 周司⁸ 山中 亮一⁹ 上月 康則⁹

要旨: 2015年8月～2016年8月の間に鳴門市の河川や水路、沿岸など15地点において3回の水質調査を実施した。また、2015年・2016年ともに8月には合わせて水棲生物調査も実施した。旧吉野川や撫養川、コウノトリ営巣地近くでは生物化学的酸素要求量 (BOD)、pH、溶存酸素 (DO)、栄養塩の窒素 (T-N) や全リン (T-P)、生息する魚類などの調査結果を総合して判断すると水質のレベルは概ね良好であった。一方、市街地からの未処理の生活排水等の流入が多い新池川や都市排水路などではBODやT-N、T-Pが比較的高く、陰イオン界面活性剤LASも新池川で検出された。水棲生物調査の結果、播磨灘流入河川では主に通し回遊種と流れの緩やかな場所を好む純淡水魚、感潮上限より上流の撫養川や旧吉野川、その流入河川の調査地点では、主に氾濫原依存性の種が出現した。鳴門市は下水道・合併浄化槽等を合わせた汚水処理人口普及率は43%と県平均の57%を大きく下回る。現在、鳴門市では旧吉野川流域下水道が整備中だが、今後、流域下水道の継続的整備やさらなる合併浄化槽の整備・点検の徹底による汚濁負荷低減、水棲生物の繁殖や移動を考慮した護岸整備などの工夫が求められる。

キーワード: 旧吉野川、生活排水、下水道、水棲生物、合併浄化槽

1. はじめに

鳴門市は1947年に撫養^{むや}、里浦、鳴門、瀬戸の3町1村が合併して、鳴門海峡の南側にあることから鳴南市^{めいなん}という名称で誕生した。その後、1955・56年にそれぞれ大津村、北灘村を、そして1967年に大麻村を合併して現在の姿となった。面積156km²、人口約5万9千人であり、徳島市、阿南市に次ぐ徳島県内第3の都市となっている (鳴門市, 2016a)。かつての主要な産業は塩業や漁業であったが、近年は生理食塩水の製造などに由来する製薬業や食品関連の工場・研究所が多く立地しているほか、サツマイモやラッキョウ、レンコンなどの農業も盛んである。

鳴門の渦潮で有名な鳴門海峡が、鳴門町などを含む大毛島と対岸の淡路島と間を隔てている。市街地の中心は撫養川から大毛島と四国本島との間の小鳴門海峡にかけて広がっている。南部には徳島平野が広がっている一方で、北西部は阿讃山脈の東端にあたり、その北側の北灘地区は平地が少なく、小河川

が播磨灘に流れ込んでいる。市内最高峰である大麻山 (538m) を水源とする坂東谷川、樋殿谷川、大谷川などの阿讃山脈南側の河川は扇状地を形成しており、扇状地内では水無川になっている。年間降水量は1200～1400mm程度と徳島市よりもやや少なく (気象庁, 2016)、太平洋型ではなく、瀬戸内型の気候に近い。

鳴門市の南部を流れる旧吉野川は、別宮川への流路付け替えが行われた1672年以前の吉野川本川である延長約25kmの河川である。この流路付け替えに伴う旧吉野川の流量減少は河口部に深刻な塩害をもたらし、第十堰の建設による流量調節につながったことがよく知られている。この第十堰のやや上流の左岸に樋門があり、旧吉野川は、吉野川の派川として北側に向けて大きく蛇行し、板野町を横切りながら宮川内谷川などの支流と合流した後も南北に蛇行を繰り返しながら東流している。勝瑞付近で今切川と分かれた後は、河口堰のある松茂町内を横断しながら東流し、紀伊水道に流れ込んでいる。

1 国立環境研究所 2 徳島大学水圏教育研究センター 3 徳島大学大学院総合科学教育部
 4 徳島大学総合科学部 5 徳島大学大学院生物資源産業学研究所 6 岡山大学大学院環境生命科学研究科
 7 徳島県立保健製薬環境センター 8 阿南工業高等専門学校 9 徳島大学大学院理工学研究科
 * 305-8506 茨城県つくば市小野川16-2 国立環境研究所 yamamoto.hiroshi@nies.go.jp

鳴門市中心部に位置する撫養川は、旧吉野川の河口部から分流し、小鳴門海峡に流れ込む全長約4 kmの低地河川である。文化会館や総合運動公園付近で新池川と合流している。支流の新池川は、大代谷川の分流と中山谷川とが合流して東流して撫養川に合流する延長約2 kmの低地河川である。

徳島県で毎年取りまとめている公共用水域の水質調査結果（徳島県，2016a）によると、旧吉野川の環境基準点（大津橋）や補助地点（牛屋島橋）、撫養川の環境基準点（大里橋）や補助地点（城見橋）における生物化学的酸素要求量（BOD）は、0.5～1.0mg/L程度であることが多く、比較的良好な水質であるといえる。一方で、補助地点の1つである新池川の本津神橋は上記水質調査においてBODが県内調査地点のうち最も高い地点の1つであり、水質汚濁の深刻な河川であることが知られている。

鳴門市においても市内の中小河川や排水路の水質調査を20地点で毎年実施・公表されている（鳴門市，2016b）。その結果、播磨灘に流れ込む折野川や粟田川などの小河川や、旧吉野川に流れ込む大谷川ほかの河川のBODは0.5～2mg/Lと比較的良好である一方で、撫養川や小鳴門海峡に流れ込むコンクリート護岸された小河川や都市排水路の水質はBODが5～10mg/L、またはそれ以上の地点も多く、生活排水による水質汚濁が非常に深刻であると考えられる。

平成27年度末における公共下水道人口普及率は旧吉野川流域下水道の普及が徐々に進んでいるもののわずか8.8%、コミュニティプラント（市営矢倉団地）、合併浄化槽等を合わせた污水处理人口普及率も42.5%であり、これは徳島県全体の人口普及率の57.3%、全国平均の89.9%を大きく下回っている（徳島県，2016b）。そのため、6割近い家庭では依然として単独処理浄化槽もしくは尿汲み取りであり、生活雑排水は未処理のまま河川などへ放流されている。

採水地点は、旧吉野川および撫養川、新池川の環境基準点や補助地点の計5地点をまずは選定し、追加して鳴門市による「市内河川の水質調査結果等について」の調査地点のうち、撫養川や小鳴門海峡、紀伊水道、播磨灘に流れ込む小河川を中心に8地点を選定した。さらに、鳴門市瀬戸町の徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課沿岸1地点な

らびにコウノトリ営巣地として有名になった大麻町萩原近隣の1地点の合計15地点を選定した。

調査は、2015年の8月と11月、ならびに2016年の2月および8月の合計4回実施した。溶存酸素（DO）や水素イオン濃度（pH）、電気伝導度（EC）、などの現地での水質測定に加え、有機汚濁の指標である生物化学的酸素要求量（BOD）、栄養塩の全窒素（T-N）、全リン（T-P）などを実験室で測定した。また、2015年および2016年の8月の調査では、生物相の観察も実施した。さらに、有害汚染化学物質として、環境基準に選定されている農薬であるチウラムおよびシマジンを2016年8月の調査時に測定した。また、生活排水中の洗剤に由来する成分として、水生生物保全のための環境基準が2013年に設定された陰イオン界面活性剤の直鎖アルキルベンゼンスルホン酸（C₁₂-LAS）（環境省，2016a）について、2015年11月および2016年8月の調査時に測定を実施した。

2. 調査対象地点の概観

本調査では、上記の通り旧吉野川、撫養川、新池川、小河川、排水路、用水路、沿岸域などの多様な調査対象地点について、徳島県の公共用水域の調査地点、鳴門市の水質調査地点、各地点間の距離、人工的汚濁発生源の有無、安全に採水可能かどうかなどを基準にして、事前に下見を実施して選定した。水試料の採取地点は地図（図1）および写真（図2）に示す旧吉野川の2地点、撫養川の2地点、新池川とその支流である中山谷川の2地点、播磨灘に流れ込む折野川と粟田川の2地点、小鳴門橋沿岸1地点、大鳴門橋に近い大毛島北東部1地点、小鳴門海峡に流れ込む都市河川・排水路4地点、農業用水路1地点の計15地点とした。以下、選定地点の状況を概説する。

地点①は播磨灘に流れ込む河川のうち、折野川を選定した。調査地点は県道41号線を河口から約1 km上流にさかのぼった大勝谷橋付近とした。兩岸はコンクリート護岸されているものの、流路幅に対して河道幅が広く、蛇行が維持されていた。河床は硬貨大から頭大の礫で、一部は浮石状態となっている。やや幅の狭い谷の平地には水田が広がっており、そのために農業用水への利水と排水が行われている。河岸ではツルヨシが繁茂し、梅雨の降雨が少



図1 調査地点の地図 (国土地理院地図・電子国土Webより転載)

なかった2016年の8月には流路内で糸状緑藻が水面の大部分を覆っていた。調査地の^{上流}には多くの通し回遊種の^{遡上}が困難な堰があり、その上流は湛水域となっていた。

地点②は地点①と同様に鳴門市の水質調査地点である北灘町に位置する小河川の1つ、栗田川とした。調査地点は北灘東小学校と国道11号線の間にある堰の下流側とした。周辺の土地利用は水田と斜面には果樹園(なし園)が広がっているほか、住宅も一部見られる。地点①よりは川幅が狭いものの、同様にコンクリート護岸されており、河床の状態も同様である。

地点③は、瀬戸町を流れる明神川の県道42号線に架かる明神橋付近とした。2面がコンクリート護岸されている汽水域であり、河床はやや単調な泥底で、採水地の^{上流}左岸側には幅数mのヨシ群落が存在している。

地点④は瀬戸町堂浦の徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課の小鳴門水道に面した栈橋付近とした。周辺は砂泥底でアマモやウミヒルモが繁茂するアマモ場となっていた。

地点⑤は鳴門町高島の高島大水尾川の^{水門}近くの汽水域とした。付近は昔は塩田であったところが、現在は主に住宅地になっており、鳴門西小学校も立地している。2面護岸されており、河床は頭大の礫

やコンクリート片が散在する泥底で、緑藻のアナオサが繁茂している。

地点⑥は大鳴門橋が目の前に見える網干川の^{河口}の水門付近とした。水門は常時開いており、付近は干満の影響を大きく受ける。上流はラッキョウやサツマイモなどの畑作地になっている。調査地点付近は砂底で、はまり石状態のこぶし大から頭大の転石がまばらにあり、直下は砂浜となっていた。

地点⑦は住宅地が広がる撫養町黒崎のコンクリート三面護岸となっている都市排水路の中水尾川の中水尾

川1号公園の南西側の橋付近とした。この河川も、「水尾(湊)：海水を塩田に引き込むための水路」という地名から、以前は塩田であったことがうかがい知れる。地点⑤～⑦はいずれも鳴門市の水質調査地点(鳴門市, 2016b)となっている。河床には泥が堆積していた。コンクリート護岸の割れ目に草本が生育するものの、水没しているものは少なかった。

地点⑧は徳島県が補助地点として調査を実施している撫養川・城見橋付近とした。付近は鳴門市の中心地であり、鳴門市役所や消防本部、簡易裁判所などが立地している。付近は捨て石護岸になっており、両岸には遊歩道が、下流の左岸(北西)側には東浜第2公園が整備されている。

地点⑨は、鳴門市の水質調査地点で里浦小学校と里浦公民館の間にある五枚水尾川・牛の橋付近とした。北側には住宅地、南側はサツマイモ畑が広がっている。汽水域であり、コンクリート2面護岸となっている。

地点⑩は環境基準点ともなっている里浦町と大津町の間を隔てる撫養川・大里橋とした。旧吉野川の河口近くであり、汽水である。コンクリート2面護岸だが、河岸付近にはヨシ群落も存在する。

地点⑪は地点⑩同様に環境基準点となっている国道28号線の旧吉野川に架かる大津橋付近とした。河口近くであり非常に川幅は広がっており、採水



図2 水試料採取地点付近の写真

は橋の中心付近，生物相調査は主に左岸で行った。地点⑩同様に汽水・コンクリート2面護岸で，河岸付近にはヨシ群落も存在する。

地点⑫は新池川木津神橋付近とした。上述したように，徳島県の調査において最もBODが高い地点の1つとして知られている。付近は住宅地が広がっている。潮止堰上流の湛水域となっており，濁りがひどく，しおどめぎきほぼ流れがなかった。泥底で，はまり石状

態の頭大の礫も存在している。水面付近では，コンクリートブロックや捨て石護岸の隙間に部分的に草木が生育している。

地点⑬は新池川の支流である中山谷川の原地第2橋付近とした。この地点も地点⑨などと同様に鳴門市の調査地点の1つである。地点⑫同様に泥底で濁りがひどく，水面付近ではコンクリートブロックや捨て石護岸の隙間に部分的に草木が生育している。

また、左岸にはヨシ群落が存在している。付近は地点⑫と同様に住宅地であり。上流には鳴門インターチェンジや採石場、果樹園（なし園）などが分布している。

地点⑭は旧吉野川の牛屋島橋付近とした。付近にはコンクリート工場が立地しているほか、水田やハス田、住宅地が混在している。河岸は2面護岸であり、地点⑫・⑬と同様に泥底で、はまり石状態の頭大の礫が存在している。また、左岸にはヨシ群落が存在している。

地点⑮は樋殿谷川もしくは板東谷川での採水を試みたが、下見の際に扇状地内では水無川であったことから、話題となっていた大麻町萩原のコウノトリ営巣地付近の水路を調査対象地点とした。コンクリート2面護岸の水路であり、下流側は素掘り水路で、水没した河岸植物も認められた。

3. 調査および測定方法

1) 採水方法

徳島市地方気象台および香川県東かがわ市引田に設置されているアメダス雨量計データ（気象庁、2016）を参考に、降雨による初期流出の影響が大きいと考えられる2015年の8月5日と11月24日、2016年2月16日、8月1日とした。なお、直近の満潮時刻（小松島港）はそれぞれ9:17、4:46、11:31、4:15また干潮時刻はそれぞれ15:23、10:13、5:07、11:03であった。つまり、8時～13時頃までの調査であることから、2015年8月と2016年2月が満潮時近く、2015年11月と2016年8月が干潮時近くの調査であったと言える。それぞれの試料は橋の中央部（橋が小さい場合などは岸）から採取用のステンレス容器で採取した。採取した水は、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。

2) 現地での水質測定項目

現地において、水温、pH（水素イオン濃度）、DO（溶存酸素）、EC（電気伝導度）を測定した。水温、pHはpH計（堀場製作所製D-51）を、DOは現場測定用電極を装着したポータブルDO測定計（HACH社製HQ40d）を、ECは電気伝導度計（東亜ディーケーケー社製CM31P）を用いて測定した。

3) 生物相調査

各調査地点では、1～3名で手網、^{さであみ}叉手網、投網、

および籠（カニ籠・エビ籠）を用いた採捕、ならびに水面上からの目視観察を実施し、生物の在・不在を記録した。調査範囲は、瀬淵構造が維持されている播磨灘流入河川（地点①及び②）では瀬と淵を2組以上含む区間、2面護岸の小規模河川、および水路（地点③、⑤～⑦、⑨、⑬、⑮）では、流路幅の10倍以上の区間。旧吉野川、撫養川下流などの川幅が20m以上の地点、および海域（地点⑤、⑧、⑩～⑫、⑭）では、基本的に橋周辺の河岸付近のみで調査を行った。本調査時に調査努力量が上記の基準に満たなかった地点については、2016年8月19日～21日、および9月5日～10日の間に1名が追加調査を実施した。なお、今回の調査では、生活史のある段階で純淡水域において生活をするのが一般的な生物のうち、魚類、カメ類、十脚甲殻類、貝類を対象種とした。

4) BOD（生物化学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）およびTOC（全有機炭素）測定

BODの試料については、20℃に調温して、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、101mLふらん瓶3本に曝気しないように注意してわけた。一つは15分後、残りは5日後にDO計（HACH社製HQ30d）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、海域の環境基準はBODではなくCODが使われるため、硫酸銀を加えて塩化物イオンをマスクした後、硫酸酸性下で過マンガン酸カリウムを加え、30分間80℃で酸化させた後、チオ硫酸ナトリウムで還元し、過マンガン酸カリウムで逆滴定した。

なお、2016年8月の測定においては、第一著者の異動に伴い、施設利用の制限があったことから、冷蔵保存してメンブレンフィルターでろ過後、TOC計（島津製作所社製、TOC/V）により分析を行った。

5) T-N（全窒素）およびT-P（全りん）測定

検水をガラス繊維ろ紙（Whatman社製、GF/F、平均孔径0.7μm）でろ過し、水酸化ナトリウムによりアルカリ性にしてペルオキシ二硫酸カリウムを入れ、有機物を高圧蒸気滅菌器によって120℃で15分間酸化・分解した。その後、T-Nは紫外線吸収法、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）。それぞれ、分

光光度計は日立 U-1500 を使用した。

なお、2016 年 8 月の測定については、上記の通り、第一著者の異動に伴う施設利用の制限により、全自動測定装置（ビーエルテック社製）による分析をおこなった。

6) SS（浮遊性固形物）および濁度測定

あらかじめ超純水で洗浄・乾燥したガラス繊維ろ紙を電子天秤で精秤し、検水 500mL をろ過した後ろ紙を 105℃ で乾燥して秤量することによって求めた。BOD と同様に第一著者の異動に伴い、2016 年 8 月には SS の代わりの濁りの指標として、近赤外 LED 交流点灯方式濁度計（笠原理化学工業株式会社製 TR-1 Z）によって濁度を測定した。

7) 硬度濃度測定

検水をガラス繊維ろ紙でろ過し、全硬度をアンモニア緩衝液中で EDTA により滴定するキレート滴定法（日本分析化学会北海道支部，2005）により測定し、炭酸カルシウム当量に換算した。

8) C₁₂-LAS, チウラムおよびシマジン濃度測定

採取後 4℃ で保存して速やかに実験室内に持ち帰った検水を、2015 年 11 月は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 500mL 通水して保持した。これを 10mL のメタノールで溶出し、蛍光・吸光検出器付高速液体クロマトグラフィー（HPLC：島津製作所製 LC-10ADVP）で測定（環境省，2000）した。なお、カラムは WAKOSIL（和光純薬工業製，内径 4.6mm；長さ 150mm；充填剤粒径 5μm）を、移動相はアセトニトリル・水（60：40）とした。一方、2016 年 8 月は C₁₂-LAS に加え、チウラムとシマジンを分析した。分析方法は C₁₂-LAS は昭和 46 年 12 月 28 日環境庁告示 59 号付表 12 に、チウラムは昭和 46 年 12 月 28 日環境庁告示 59 号付表 4 に従って固相抽出による前処理後、高速液体クロマトグラフ・タンデム質量分析計（LC-MS/MS，島津製作所社製 LCMS-8040）により分析した。また、シマジンは、昭和 46 年 12 月 28 日環境庁告示 59 号付表 5 第 1（固相抽出）によって固相抽出による前処理後、ガスクロマトグラフ・質量分析装置（GC-MS：日本電子社製 JMS-Q1000GC MK-II）を用いて測定した。固相抽出法は次の通りである。C₁₂-LAS は Sep-Pak Plus C18 カートリッジ（Waters 社製）に 500mL 通水して保持したものをメタノール 5 mL

で溶出した。また、チウラムとシマジンはともに Sep-Pak Plus PS-2 カートリッジ（Waters 社製）に 200mL 通水して保持したものを、前者はアセトニトリル 3 mL で、後者はアセトン 3 mL で溶出した。なお、時間とコストの観点から汚濁が懸念される地点として、2015 年 11 月は地点③，⑤，⑦，⑪で、2016 年 8 月は⑤，⑦，⑨，⑫の 4 地点でのみ測定を実施した。

4. 結果および考察

1) 水質測定

各水質項目の測定結果の一覧を、表 1～4 に示す。また、DO ならびに BOD（2016 年 8 月は TOC）の各地点での値について、2015 年 8 月，11 月，2016 年 2 月，8 月の結果をプロットしたものを図 3 に示す。同様に栄養塩である T-N および T-P の値についても 2015 年 8 月以外の 3 回について測定したので、その結果をプロットしたものを図 4 に示す。

現地でのポータブル測定器による水質測定の結果から、水温は採取した季節によって異なり、夏季に採取した 2015 年 8 月および 2016 年 8 月がほぼ同レベルで最も高く、次いで秋季の 2015 年 11 月，冬季の 2016 年 2 月という順になっていた。地点間を比較すると、採取時間の違いによる相違もあるが、概ね播磨灘に流れ込む地点①（折野川）や②（粟田川），海域や小河川の河口近くである地点③（明神川），地点⑤（水産研究課前），地点⑥（網干川），地点⑧（城見橋）などで 8 月採水時は比較的低く、逆に湛水している地点⑨，⑫，⑬，⑮などでは比較的高くなっている。秋季，冬季では地点①～③がやや低いものの、湛水している地点などでも大きな差は認められなかった。上流部での水温の傾向は過去の 2013～2014 年の阿南市（山本ら，2015），2011 年の川田川・ほたる川（山本ら，2012）や 2009 年の阿波市の調査（山本ら，2010）などの一定の汚濁発生源が存在する過去の調査とほぼ同様であった。

今回の調査地点では旧吉野川の河口堰より上流（地点⑭）では類型 A（比較的清浄な水質で、水道 2 級：沈殿ろ過等による通常の浄水操作を行うもの，水産 1 級：ヤマメ，イワナ等の水産生物用，やそれ以下の水質利用目的にも適応したもの），河口部（地点⑪）では類型 B（中程度の水質で、水道 3 級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの，水産 2 級：

表1 水質測定結果のまとめ (2015年8月5日調査分)

地点番号・地点名 水質項目はか	① 折野川	② 栗田川	③ 明神川	④ 水産研	⑤ 大水尾川	⑥ 網干川	⑦ 中水尾川	⑧ 城見橋	⑨ 牛の橋	⑩ 大里橋	⑪ 大津橋	⑫ 新池川	⑬ 中山谷川	⑭ 牛屋島橋	⑮ コウノトリ
時刻	7:55	8:25	8:45	8:55	9:20	9:50	10:20	10:45	11:00	11:15	11:30	11:50	12:00	12:25	12:50
水温 (°C)	25.2	26.7	27.9	25.2	28.6	26.1	27.6	27.4	30.3	29.3	29.9	34.4	32.9	29.8	34.7
pH	6.50	6.83	6.86	7.17	8.17	7.46	6.77	7.43	7.14	7.75	7.63	8.38	7.73	7.82	7.76
DO (mgO ₂ /L)	8.87	9.34	5.53	7.29	14.22	8.06	2.59	8.63	6.51	9.11	8.90	11.83	11.75	10.22	9.91
EC (μ S/cm)	273	231	-	-	-	-	12100	-	23900	20600	15600	502	597	119	251
塩分 (%)	-	-	1.96	2.95	2.41	2.80	-	2.35	1.38	1.19	0.88	-	-	-	-
SS (mg/L)	<5	<5	<5	41	44	37	15	<5	19	20	6	23	41	<5	5
全硬度 (mg CaCO ₃ /L)	88	72	3820	5640	4630	5390	1430	4510	2670	2220	1640	92	187	42	104
BOD (mgO ₂ /L)	0.9	1.7	1.2	-	<0.5	1.0	3.1	1.6	0.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

表2 水質測定結果のまとめ (2015年11月24日調査分)

地点番号・地点名 水質項目はか	① 折野川	② 栗田川	③ 明神川	④ 水産研	⑤ 大水尾川	⑥ 網干川	⑦ 中水尾川	⑧ 城見橋	⑨ 牛の橋	⑩ 大里橋	⑪ 大津橋	⑫ 新池川	⑬ 中山谷川	⑭ 牛屋島橋	⑮ コウノトリ
時刻	8:05	8:30	8:55	9:20	9:40	10:10	10:40	11:10	11:20	11:45	12:00	12:15	12:45	13:15	13:45
水温 (°C)	15.4	16.1	17.5	19.7	18.8	19.0	17.7	19.3	18.6	19.3	17.7	16.4	16.9	16.4	17.2
pH	6.69	6.73	6.84	7.69	7.72	7.72	7.91	7.95	7.74	7.98	7.99	8.40	7.93	8.12	7.72
DO (mgO ₂ /L)	9.93	9.74	7.80	9.03	7.19	8.72	6.72	8.88	4.92	8.82	8.95	10.65	7.51	9.35	9.32
EC (μ S/cm)	242	181	27800	47800	46600	9290	1740	46800	18400	44100	20700	434	489	123	348
塩分 (%)	-	-	1.66	2.99	2.93	0.50	-	2.92	1.05	2.74	1.20	-	-	-	-
SS (mg/L)	10	10	33	77	48	17	19	47	16	34	20	340	41	54	35
全硬度 (mg CaCO ₃ /L)	1.0	2.5	1.5	-	1.9	<0.5	<0.5	0.6	1.2	1.2	1.1	<0.5	0.3	0.9	1.5
BOD (mgO ₂ /L)	0.9	1.7	1.2	-	<0.5	1.0	3.1	1.6	0.9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
T - N (mgN/L)	<0.02	2.7	1.1	<0.02	0.30	5.3	5.5	0.80	5.1	1.4	<0.02	19	<0.02	1.3	<0.02
T - P (mgP/L)	<0.026	0.10	<0.026	<0.026	0.030	0.52	0.66	0.050	1.06	<0.026	<0.026	0.060	0.060	<0.026	0.23
C ₁₂ - LAS (μ g/L)	-	-	33	-	11	-	97	-	-	-	2.4	-	-	-	-

表3 水質測定結果のまとめ (2016年2月16日調査分) (BODの行のカッコ内 (地点④) はCOD測定値)

地点番号・地点名 水質項目はか	① 折野川	② 栗田川	③ 明神川	④ 水産研	⑤ 大水尾川	⑥ 網干川	⑦ 中水尾川	⑧ 城見橋	⑨ 牛の橋	⑩ 大里橋	⑪ 大津橋	⑫ 新池川	⑬ 中山谷川	⑭ 牛屋島橋	⑮ コウノトリ
時刻	9:10	9:30	9:45	9:55	10:15	10:40	11:05	11:15	11:25	11:40	11:55	12:10	12:25	12:40	13:00
水温 (°C)	7.5	7.5	6.7	9.5	8.0	10.3	9.7	9.9	7.8	10.5	10.6	9.7	9.4	9.8	10.2
pH	8.26	7.80	7.86	8.15	8.08	8.12	7.40	8.19	7.55	8.08	8.12	8.89	7.99	7.71	7.57
DO (mgO ₂ /L)	12.00	11.95	12.64	11.18	9.73	11.50	5.62	11.09	7.87	11.20	11.26	11.91	11.66	10.97	12.41
EC (μ S/cm)	206	171	1790	49000	45400	1170	4850	41000	6850	40400	27700	95	453	163	311
塩分 (%)	-	-	0.09	3.09	2.83	0.06	0.25	2.54	0.37	2.50	1.64	-	-	-	-
SS (mg/L)	7	10	16	51	27	12	13	31	13	38	30	58	36	25	23
全硬度 (mg CaCO ₃ /L)	120	96	390	11700	11000	380	960	9700	1400	9600	6300	250	60	60	210
BOD or COD (mgO ₂ /L)	0.9	1.8	2.0	(7.0)	1.9	9.1	6.0	1.9	5.2	1.6	1.5	4.9	1.7	1.1	2.2
T - N (mgN/L)	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	1.0	3.1	3.1	<0.02	0.7	<0.02	<0.02	<0.02	3.9	<0.02	2.8
T - P (mgP/L)	<0.026	0.20	<0.026	<0.026	0.10	0.53	1.5	0.19	1.8	0.070	0.080	0.14	<0.026	<0.026	0.23

表4 水質測定結果のまとめ (2016年8月1日調査分)

地点番号・地点名 水質項目ほか	① 折野川	② 粟田川	③ 明神川	④ 水産研	⑤ 大水尾川	⑥ 網干川	⑦ 中水尾川	⑧ 城見橋
時刻	8:55	9:40	10:05	10:20	11:00	11:40	12:15	12:40
水温(°C)	25.5	28.5	30.5	27.5	29.5	32.9	28.6	27.6
pH	8.18	7.81	7.73	7.87	8.03	8.73	7.83	7.98
DO (mgO ₂ /L)	9.39	9.58	8.31	7.84	10.22	11.77	5.37	7.36
EC (μS/cm)	326	231	21000	47400	45500	5850	24400	45200
塩分 (%)	-	-	1.22	2.97	2.82	0.31	1.43	2.80
濁度 (mg/L)	6	11	17	9	6	13	24	19
全硬度 (mg CaCO ₃ /L)	106	71	2600	5900	5600	620	2700	5500
TOC (mgC/L)	2.5	2.7	4.5	2.4	3.8	6.1	3.8	2.7
T-N (mgN/L)	0.4	1.3	0.6	0.5	0.9	1.7	1.1	0.6
T-P (mgP/L)	0.01	0.35	0.04	0.02	0.11	0.13	0.15	0.04
C ₁₂ -LAS (μg/L)	-	-	-	-	<0.6	-	1.3	-
チウラム (μg/L)	-	-	-	-	<0.6	-	<0.6	-
シマジン (μg/L)	-	-	-	-	<0.3	-	<0.3	-

地点番号・地点名 水質項目ほか	⑨ 牛の橋	⑩ 大里橋	⑪ 大津橋	⑫ 新池川	⑬ 中山谷川	⑭ 牛屋島橋	⑮ コウノトリ
時刻	12:55	13:10	13:30	13:45	14:00	14:35	15:35
水温(°C)	34.2	30.4	30.8	34.1	33.0	30.8	33.9
pH	7.78	8.06	7.98	8.64	8.56	8.48	8.28
DO (mgO ₂ /L)	7.78	8.86	8.28	9.87	12.03	8.63	8.37
EC (μS/cm)	31200	30600	10200	652	696	122	289
塩分 (%)	1.87	1.84	0.56	-	-	-	-
濁度 (mg/L)	60	28	34	81	142	34	28
全硬度 (mg CaCO ₃ /L)	3600	3500	1100	106	177	42	97
TOC (mgC/L)	4.1	2.4	2.3	3.8	5.4	2.0	5.8
T-N (mgN/L)	1.9	0.6	0.7	1.0	1.2	1.2	1.5
T-P (mgP/L)	0.89	0.07	0.09	0.22	0.18	0.09	0.92
C ₁₂ -LAS (μg/L)	<0.6	-	-	<0.6	-	-	-
チウラム (μg/L)	<0.6	-	-	<0.6	-	-	-
シマジン (μg/L)	<0.3	-	-	<0.3	-	-	-

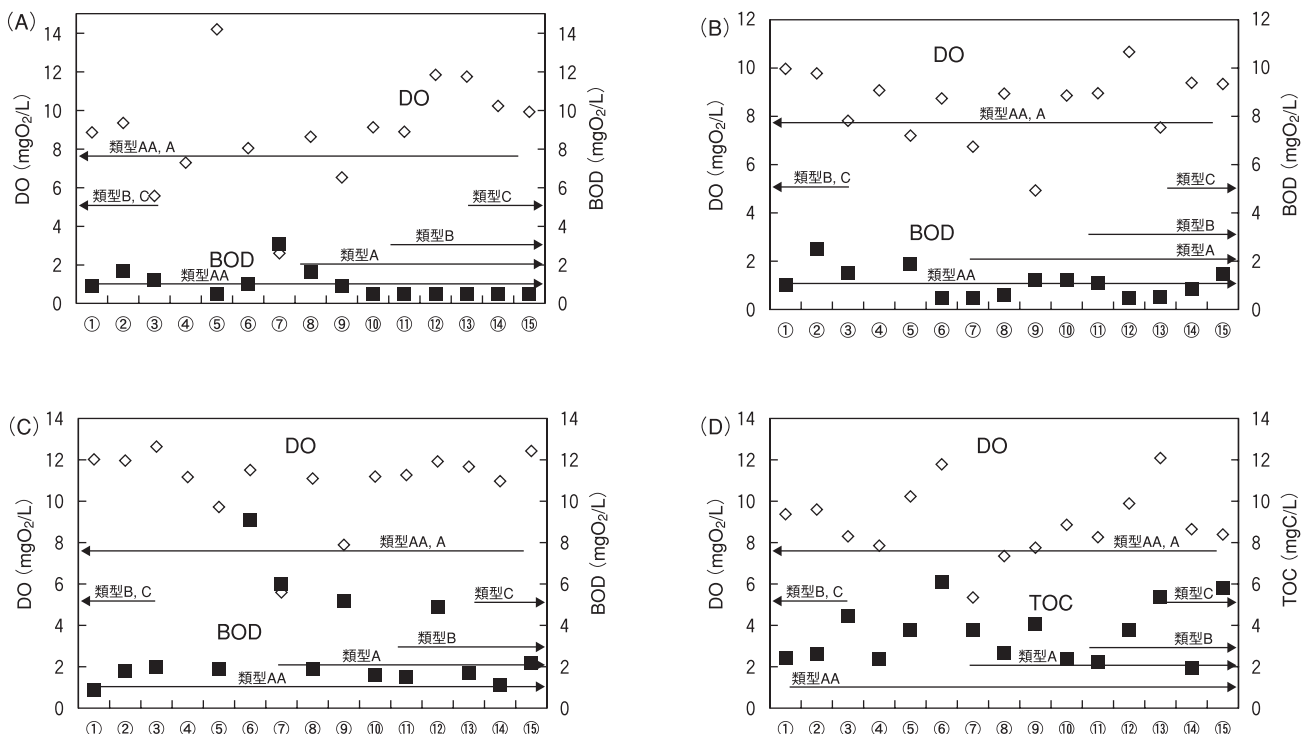


図3 各地点のDOおよびBOD濃度 (A) 2015年8月5日, (B) 2015年11月24日, (C) 2016年2月16日, (D) 2016年8月1日 (BODの代わりにTOCを測定), 類型については, 環境省(2016a)参照

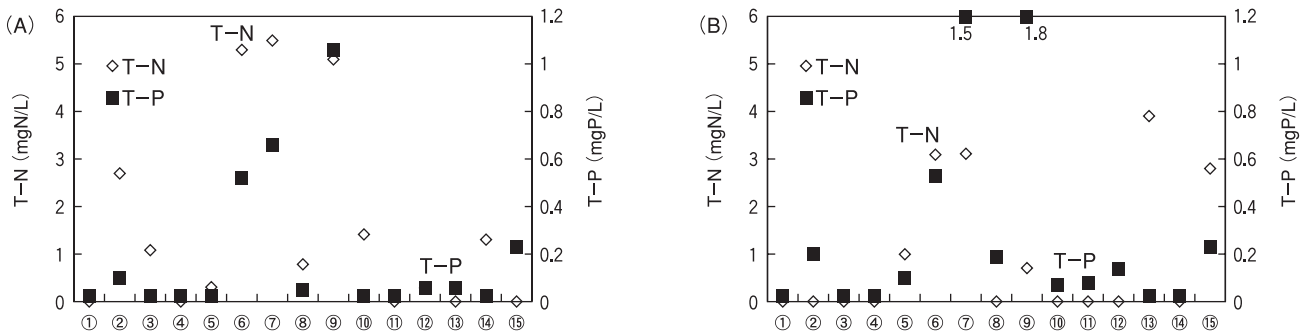


図4 各地点のT-NおよびT-P濃度 (A) 2015年11月24日, (B) 2016年2月16日, 類型については, 環境省 (2016a) 参照

サケ科魚類及びアユ等の水産生物用, やそれ以下の水質利用目的に適応したもの) に指定されている。DOについては, 類型Aの基準値が7.5mgO₂/L以上, 類型BおよびC (やや汚濁の進む水質で, 水産3級: コイ, フナ等の水産生物用, 工業用水1級: 沈殿等による通常の浄水操作を行うもの, やそれ以下の水質利用目的に適応したもの) が5mgO₂/L以上 (基準の値および説明については環境省, 2016a, を参照) となっている。地点⑪および⑭については, 十分に基準値を満たしていた。一方, 7.5mgO₂/Lを下回る傾向がある点として, 地点⑦ (中水尾川), 地点⑨ (牛の橋) のほか, 海水や汽水の一部が夏季でやや低くなっていた。飽和溶存酸素濃度は, 温度が低いほど高く, 共存イオンが存在しない場合, 30℃で7.8, 20℃で9.2, 10℃で11.3mgO₂/L (Sawyerら, 1994) である。一方, 3%程度の塩水が溶け込んでいる場合, 飽和溶存酸素濃度は少し減少し, それぞれ6.2, 7.3, 8.9となる。以上のことから, 徳島県北部沿岸の環境基準の類型指定はAとなっているものの, 夏季は飽和溶存酸素濃度から考えると達成は非常に難しい。

逆に, 地点⑫の新池川・木津神橋や夏季の地点⑤, ⑬などでは飽和濃度を上回る過飽和が観察された。これは, 水の流れが遅い場所において富栄養化に伴い, 特に夏季において藻類や水草が繁茂した際に生じやすい現象である。これまで, 2012年の東みよし町 (山本ら, 2013), 2009年の阿波市 (山本ら, 2010) や2008年の美馬市美馬町 (山本ら, 2009) のため池や, 2013-2014年の阿南市の農業用水路での調査 (山本ら, 2015) の際も同様の傾向が観察されている。これらの過飽和が観察された地点では実際に流れがやや遅く, 水草や藻類が繁茂していることが観察されており, 結果は概ね予測通りであるといえる。

pHについては, 概ね6.5から8.5程度の中性域であり, 河川水や汽水, 海水で観察される範囲内であった。ただ, 湛水している地点⑫などでは富栄養化や藻類・水草の異常増殖に伴って炭酸同化がやや進んでおり, その結果として採取日によってはpHが8.5以上になっていたが, 9は下回っており, 過去の阿波市などのため池の調査結果 (山本ら, 2010) ほどは極端に高くはなく, 2012年の東みよし町の調査 (山本ら, 2013) 並みであった。

本調査では, 汽水や海水の調査が多かったため, 電気伝導度 (EC) の値が高い地点が多かった。観察の結果, 水位については干満差が明らかであったのに対して, ECや塩分濃度は顕著な傾向は認められなかった。明らかな海水は地点④であり, 河口部の地点⑤, ⑥, ⑧, ⑩, ⑪, ⑫などのほか, 地点③や⑦, ⑨なども感潮域であった。感潮域ではない地点①, ②, ⑬~⑮のうち, 常に200μS/cmを下回った地点は旧吉野川の地点⑭のみである。これらの値は淡水域としては比較的高いものの, 個別の発生源や理由については不明である。碎石場や比較的新しいコンクリート護岸からの溶出, し尿などの人的な汚染などの複合的な影響が推察される。

次に実験室内で測定した項目では, 河川の水質評価において最も一般的な有機汚濁の指標であるBOD (地点④はCOD, (D) の2016年8月はTOC) の値 (図3) によると, 地点⑥, ⑦, ⑨, ⑫などの都市河川の影響を大きく受けると考えられる地点で比較的高く5mgO₂/Lを上回っていることもあったが, 逆に値が低く検出加減未満 (0.5mgO₂/L) のこともあるなど, バラつきが大きかった。BODの測定時には, 光合成による過飽和のサンプルの問題や塩分の混入, 公定法であるウィンクラー法ではなく電極法を用いたことなどもデータのバラつきに関連していると考えられる。地点④のCOD

がやや高くなっているが、比較的清澈であったことから硫酸銀によるマスキングが不十分であるなど、測定方法の問題が示唆される。BODについては値の不正確性が指摘されており、TOCなどと組み合わせることが求められる。上記の通り、類型指定されている旧吉野川は河口堰より上流（地点⑭）が類型 A（BOD が $2 \text{ mgO}_2/\text{L}$ 以下）、下流（地点⑪）が類型 B（BOD が $3 \text{ mgO}_2/\text{L}$ 以下）となっているが、いずれもその基準は満たしているなど、旧吉野川や撫養川などの比較的大きい河川の水質は良好であったといえる。上記の通り、環境省（2016a）の記載によると、類型 A は水道 2 級や水産 1 級（ヤマメ、イワナ等の比較的きれいな水の水産生物用水への利用）が想定された、比較的良好な水質の基準であり、類型 B も水道 3 級、水産 2 級（サケ科魚類、アユ等の水産生物用）の利用目的が想定されており、それらの基準を十分に満たしている。2016 年 8 月の TOC については、BOD と異なり、純粋な溶存性の有機物濃度を測定したものであり、難分解性の腐植物質なども併せて測定しているため直接比較できないが、おおよそ同様の結果であった。

SS や濁度に代表される濁りは比較的高い値が認められた地点が多かった。特に、地点⑫の新池川と地点⑬の中山谷川は降水による影響が考えられにくい採水日であったが、明らかに濁っており、類型 AA（非常に清浄な水質で、水道 1 級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの、自然環境保全：自然探勝等の環境保全、それ以下の水質利用目的にも適応したもの）、A、B の基準値である 25 mg/L はもちろんのこと、類型 C の基準値である 50 mg/L や類型 D（かなり汚濁の進む水質で、工業用水 2 級：薬品注入等による高度の浄水操作を行うもの、および農業用水、それ以下の水質利用目的にも適応したもの）の基準値である 100 mg/L を上回っている日もあった。なお、塩水や汽水域でやや高くなっているのは、ろ紙の洗浄が不十分であり、塩分が一部混入したことが考えられる。

窒素やリンなどの栄養塩（図 4）については、T-N、T-P とともに BOD とほぼ同様に地点⑥、⑦、⑨、⑫の 4 地点の濃度が概して高かった。特に T-N は 2015 年 11 月の地点⑫で 19 mgN/L と非常に高濃度であったほか、地点⑥、⑦、⑨でも 2015 年 11 月、2016 年 2 月ともに 3 mgN/L を超えていた。また、T-

P は地点⑨で 2015 年 11 月と 2016 年 2 月に 1 mgP/L を超過していたほか、地点⑦でも 2016 年 2 月に 1 mgP/L を上回っていた。過去の調査でも 3 mgN/L や 1 mgP/L を超えた地点はわずかであり、し尿などの人為汚染物質や肥料等の流出に伴って非常に高い栄養塩が流れ出し、富栄養化を引き起こしている。また、最終的にこれらの栄養塩は紀伊水道などに流れ込み、赤潮などを引き起こしていると考えられる。

なお、地点⑧、⑩、⑪、⑫、⑭における徳島県の最新の平成 26 年度の公共用水域調査結果（1 か月に 1 回の測定）によると、BOD では撫養川の地点⑧と⑩、旧吉野川の地点⑪、⑭いずれもほぼ $2 \text{ mgO}_2/\text{L}$ 以下と良好であり、概ね傾向は一致していた。長年の間、県内の水質測定結果でワーストとなることも多かった地点⑫の新池川では BOD が $3.4 \sim 10 \text{ mgO}_2/\text{L}$ であり、DO が過飽和になっている点、pH がやや高く $8.0 \sim 9.3$ の範囲になっている点、SS が $11 \sim 60 \text{ mg/L}$ と高い点など、ほぼ一致しているといえる。T-N および T-P の測定が実施されている地点⑩、⑪、⑭では $0.48 \sim 2.0 \text{ mgN/L}$ および $0.022 \sim 0.11 \text{ mgP/L}$ とほぼ測定範囲に入っていた。

鳴門市の水質測定結果のある地点①、②、⑤、⑥、⑦、⑨、⑬の 7 地点については、BOD の値が①、②、⑬でやや低く、⑤～⑦、⑨では比較的高い点は類似しており、地点⑦での DO が低く、T-N、T-P が高い点、地点⑬の SS が比較的高い点などもほぼ一致しているものの、調査は 2015 年 11 月 20 日 1 回しか実施しておらず、11 月 24 日の結果以外は直接比較ができない。

全硬度については、カルシウムやマグネシウムなどのミネラルの濃度を指し示すもので、海水の中にも多く含まれるため、汽水域や海水で概して高くなっており、現地測定項目の EC とほぼ同様の傾向を示した。淡水の地点のうち、地点⑭は $34 \sim 60 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ と軟水であり、過去の阿南市（山本ら、2015）ほかの試験結果と同様であった。一方で、播磨灘に流れ込む 2 河川（地点①および②）や地点⑫、⑬では $100 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ 程度の中硬水であった。過去にも 2013-2014 年の阿南市（山本ら、2015）、2011 年のほたる川（山本ら、2012）、2009 年の阿波市（山本ら、2010）などの調査時の一部の小河川な

どで同様の傾向が認められている。

C_{12} -LASは、2015年11月ではいずれの地点でも検出され、特に地点⑦では $97\mu\text{g/L}$ 、地点③が $33\mu\text{g/L}$ と非常に高かった。この値は過去の都市河川での結果、たとえば、阿南市の $25\mu\text{g/L}$ (山本ら, 2015)のほか、2011年の川田川・ほたる川 (山本ら, 2011)、2008年の美馬市美馬町 (山本ら, 2009)の調査の最大値に匹敵している。イワナやサケ・マスの繁殖場の環境基準は $20\mu\text{g/L}$ 、コイ・フナの生息場の基準である $50\mu\text{g/L}$ であり、この値と同レベルか超過している。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、打樋川などの汚濁が進む河川の測定値 (田村ら, 2007)の最大値ほどは高くはなかったものの、十分に高い濃度である。本研究では、主成分の炭素数12のみを測定対象としたため混合物であるLASの総濃度はもう少し高いと考えられることから、継続的な調査が求められる。一方、水温が高く生分解などによって分解が進んでいるとされる2016年8月は地点⑦で C_{12} -LASのみが $1.3\mu\text{g/L}$ で検出され、シマジン、チウラムについては検出下限未満であった。なお、徳島県の調査では、地点⑩、⑪のみで調査が実施され、シマジンとチウラムは同様に検出下限未満、LASは地点⑪で1回、 $2.9\mu\text{g/L}$ で検出されている。

2) 水棲生物調査

本調査で確認した淡水産水棲生物を表5に、写真を図5に示す。また、各地点の水棲生物の様子について以下にまとめる。ボラは周縁性魚類として扱われる場合が多いが、河口付近の淡水域や汽水域の多くの地点で出現したため、本稿では参考として掲載した。全体の傾向として、播磨灘流入河川では主に通し回遊種と流れの緩やかな場所を好む純淡水魚、感潮上限より上流の撫養川や旧吉野川、その流入河川の調査地点では、主に氾濫原依存性の種が出現した。

地点①では、純淡水魚であるカワムツ、ギンブナ、スジエビ (陸封型) を多数採集した。通し回遊種であるヒラテテナガエビ等も採集されたほか、徳島県版レッドリストで絶滅危惧1B類に指定されているナガレホトケドジョウを1個体採集した。

地点②では、カノコガイ、準絶滅危惧に指定されているヒメヌマエビ (図5) をはじめ、通し回遊性の巻貝類、十脚甲殻類を多数採集した。純淡水魚のギンブナ、カワムツ、周縁性のボラも確認した。通

し回遊性ハゼ類の確認個体数は数個体と少なかった。

地点③ではシマイサキ (図5)、⑥ではアシシロハゼなど、積極的に汽水域に進入する周縁性魚類と、主に汽水域に生息する通し回遊種であるカノコガイやテナガエビ (河口域群)などを採集した。また、満潮時にミシシippアカミミガメを1個体確認した。一方、海域の地点④および⑤ではゴンズイ、アカメバル、アシナガスジエビなど、沿岸性の海産種が複数種採集、または確認された。

地点⑦では国外外来種であるカダヤシとアメリカザリガニ、在来種であるミナミメダカ (図5) とスジエビ (陸封型) が採集された。地点⑧~⑪では、ボラ、クロダイをはじめ、周縁性魚類が多数確認された。また、テナガエビ (河口域群) も多くの地点で採集された。特に地点⑧ではアオハタの幼魚 (図5) を採集した。また、地点⑨では、南方系の周縁性魚類であるクロホシマンジュウダイの幼魚やヒロクチカノコ (本土型, 図5) も採集された。

地点⑫~⑮はいずれの地点も水棲生物の生息密度が高かったものの、外来生物も多かった。地点⑬では、琵琶湖原産の国内外来魚であるワタカとゲンゴロウブナ (図5) が、地点⑫、⑬では国外外来魚タイリクバラタナゴとブルーギルが採集された。地点⑮のコウノトリ営巣地近くでは、アメリカザリガニ (図5) が高密度で生息していた。在来種では、ギンブナ、モツゴ、スジエビ (陸封型) などが多くの地点で多数採集された。また、地点⑭では、コイと国外外来種のカムルチーが生息するとの情報提供を流域住民の方から得た。カメ類では、クサガメ (図5) とミシシippアカミミガメが採集された。

3) 全体に関する考察および提言

鳴門市では、旧吉野川やその派川の撫養川が豊富な水量で十分な希釈がされていて比較的水質が良好な一方で、未処理の生活排水が流れ込むと考えられる中水尾川や牛の橋、新池川などでの水質汚濁は顕著であった。また、播磨灘に流れ込む折野川や栗田川も一定程度の汚濁が認められた。また、これまでのわれわれの調査とは異なり、沿岸域や河口域で多くの調査を実施した点が特徴として挙げられる。

鳴門市の中心部は塩田の跡地などの低地が多く、そこに住宅が密集している地域もある。前述したように、鳴門市の下水道・浄化槽を合わせた汚水処理

表5 水質試料採集地点で採集、または確認された淡水産水棲生物

和名	学名	地点番号														
		1	2	3**	4**	5**	6**	7	8**	9**	10**	11**	12	13	14	15
魚類																
カワムツ	<i>Candidia temminckii</i>	○	○													
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>															○
ワタカ	<i>Ischikauia steenackeri</i>													○		
モツゴ†	<i>Pseudorasbora parva</i>											○	○			○
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus esocinus</i>															○
ニゴイ属の1種	<i>Hemibarbus</i> sp.															○
ゲンゴロウブナ	<i>Carassius cuvieri</i>													○		
ギンブナ	<i>Carassius</i> sp.	○	○											○		○
タイリクバラタナゴ‡	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>											○	○			○
カネヒラ	<i>Acheilognathus rhombeus</i>													○	○	
ナガレホトケドジョウ†	<i>Lefua</i> sp.	○														
ボラ*	<i>Mugil cephalus</i>		○	○	○		○		○	○	○	○	○			
ミナミメダカ†	<i>Oryzias latipes</i>			○				○				○	○	○	○	○
カダヤシ‡	<i>Gambusia affinis</i>							○								
ブルーギル‡	<i>Lepomis macrochirus</i>											○	○			
カワアナゴ†	<i>Eleotris oxycephala</i>															○
シマヨシノボリ*	<i>Rhinogobius nagoyae nagoyae</i>	○	○													
シマヒレヨシノボリ†	<i>Rhinogobius</i> sp. BF													○	○	○
ヌマチチブ*	<i>Tridentiger brevispinis</i>		○													
チチブ*	<i>Tridentiger obscurus</i>								○	○						
ミミズハゼ*	<i>Luciogobius guttatus</i>											○				
カメ類																
クサガメ	<i>Chinemys reevesii</i>												○	○	○	○
ミシシippiaアカミミガメ‡	<i>Trachemys scripta elegans</i>			○									○	○	○	○
貝類																
イシマキガイ*	<i>Clithon retropictus</i>		○	○												
カノコガイ*	<i>Clithon sowerbianus</i>		○	○												
スクミリンゴガイ‡	<i>Pomacea canaliculata</i>															○
カワニナ	<i>Semisulcospira libertina</i>	○	○													○
チリメンカワニナ	<i>Semisulcospira reiniana</i>													○	○	
タイワンシジミ‡	<i>Corbicula fluminea</i>			○										○		
十脚甲殻類																
スジエビ(陸封型)	<i>Palaemon paucidens</i>	○							○	○			○	○	○	○
スジエビ*(通し回遊型)	<i>Palaemon paucidens</i>	○														
ミナミテナガエビ*	<i>Macrobrachium formosense</i>		○													
ヒラテナガエビ*	<i>Macrobrachium japonicum</i>	○	○													
テナガエビ*(河口域群)	<i>Macrobrachium nipponense</i>			○				○	○	○		○	○	○	○	
ミゾレヌマエビ*	<i>Caridina leucosticta</i>		○					○								○
ヤマトヌマエビ*†	<i>Caridina multidentata</i>		○													
ヒメヌマエビ*†	<i>Caridina serratirostris</i>		○													
トゲナシヌマエビ*	<i>Caridina typus</i>		○													
ミナミヌマエビ	<i>Neocaridina denticulata</i>	○	○										○	○	○	○
モクズガニ*	<i>Eriocheir japonica</i>	○	○													
アメリカザリガニ‡	<i>Procambarus clarkii</i>								○							○

*：通し回遊性。

**：汽水域、または海域であり、今回用いた調査方法のみでは生物相の把握が困難：汽水性、周縁性、および海産種については別表を参照のこと。

†：徳島県レッドリスト掲載種（絶滅危惧1A～準絶滅危惧）。

‡：国外外来種。

人口普及率は、平成27年度末で42.5%（徳島県、2016b）と徳島県全体の57.3%や全国平均の89.9%よりもかなり低い。旧吉野川流域下水道の整備が少しずつ進んでいるものの、その普及率は8.8%に過ぎず、コミュニティプラント（大津町市営矢倉団地、同0.7%）を合わせても10%に満たない。今後、撫

養町などの中心部には下水道整備が順次進んでいくことが考えられるが、集約的な下水道などの整備には費用と時間を要する。鳴門市では、平成23年に発表された「鳴門市生活排水対策推進計画（鳴門市、2011）」によると、平成32年までに汚水処理普及率を60%まで向上するため、旧吉野川流域下水道へ



図5 観察された水棲生物の写真

の接続や合併浄化槽への変更や設置といったハードの整備を奨励している。また、市内での水質測定の実施や啓発活動の実施といったソフトの対応も併せて奨励されている。合併浄化槽の維持管理の徹底を含め、市内河川のみならず、鳴門海峡や播磨灘、紀伊水道での赤潮発生の抑制効果や景観の維持を考えると一定の生活排水対策を進めていく必要がある。一方で、瀬戸内海などの海域ではノリの色落ちの原因として溶存態窒素などの栄養不足も指摘されている一面もあることから、有害物質や過剰な栄養塩・有機汚濁負荷の削減と、適度な栄養塩類の補給とのバランスも今後の課題である。

また、生物多様性の観点では、新池川や中山谷川などにおいて要注意外来生物であり、侵略的外来種ワースト 100 にも入っているミシシippアカミミガ

メ（通称ミドリガメ）（環境省，2016b）が観察された。また、外来生物であるアメリカザリガニは都市河川や水田地帯でも多く分布し、コウノトリが営巣していた地域でも高密度で確認できた。一方で、徳島県版レッドデータブック記載で絶滅危惧 1B 類のナガレホトケドジョウ、準絶滅危惧種のヒメヌマエビも観察された。外来種の持ち込みや放流、さらには海域から淡水域への堰などの人工構造物、コンクリート護岸などの人間活動が原因で、一見、豊かな水生生態系を大きく変化させる可能性がある。住民がどういった生態系、水辺を求めるのか。下水道や浄化槽などの污水处理施設の整備、洪水や高潮対策、利水目的の護岸や堰の設置などについては、将来世代のことも考え、有識者の力を借りながら住民間の合意形成のもとに慎重に進めていく必要がある。

なお、最後に、前回の阿南市に続き2年にわたる調査であったが、第一著者の2016年4月の異動に伴い、一部の調査項目や測定方法の変更を余儀なくされた。また、時間やコストの関係上、河川や河口域、沿岸など15地点での調査に留まった。大麻町の一部や島田島など、一部の地域に空白があったことが悔やまれる。今後、徳島県や鳴門市での調査が継続して実施されるだろうが、その際の一助になれば幸いである。

5. おわりに

水質班では2015年8月、11月、2016年2月、8月の4回にわたり、鳴門市周辺の旧吉野川、撫養川、都市河川や河口・沿岸など計15地点の水質化学調査と水棲生物調査を実施した。水質は旧吉野川や撫養川などでは概ね良好であった一方で、市街地を流れる都市河川の中水尾川や新池川、牛の橋などではBODやT-N、LASなどが比較的高い濃度で検出された。また、新池川や中山谷川では要注意外来生物のミシシippアカミミガメ（通称ミドリガメ）が観察された一方で、播磨灘に流れ込む折野川で希少生物のナガレホトケドジョウが確認されたほか、粟田川ではヒメヌマエビが観察された。

現在、旧吉野川流域下水道が中心部の撫養町で順次供用開始されているが、依然として汚水処理普及率は県・国の平均を大きく下回っている。下水道への接続や合併浄化槽の効率的整備、点検の徹底など汚濁負荷を一定程度に抑え、豊かな水辺と水生生態系を保全していくことが期待される。

最後に、本研究の実施に当たっては、国立環境研究所地域科学研究センター長の今井章雄博士の好意によりTOCを測定していただいた。この場を借りてお礼申し上げる。

参考文献

- 環境省 (2000) : 環境管理局水環境部企画課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 Sep. 19, 2016)
- 環境省 (2016a) : 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 Sep. 19, 2016)
- 環境省 (2016b) : 日本の外来種対策 (<http://www.env.go.jp/nature/intro/index.html>) (Last Accessed on Sep. 19, 2016)
- 気象庁 (2016) : 過去の気象データ検索, 徳島県徳島・香川県引田 (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>). (Last Accessed on Sep. 19, 2016)
- 鳴門市 (2011) : 鳴門市生活排水対策推進計画, (http://www.city.naruto.tokushima.jp/_files/00049450/gaiyo.pdf) (Last Accessed on Sep. 19, 2016)
- 鳴門市 (2016a) : 鳴門市の紹介. (<http://www.city.naruto.tokushima.jp/shisei/shokai/>) (Last Accessed on Sep. 19, 2016)
- 鳴門市 (2016b) : 市内河川等の水質調査結果について, 平成27年度 市内河川等の水質調査結果について (平成27年度市内水質総合調査より) (<http://www.city.naruto.tokushima.jp/kurashi/kyodo/kankyo/suishitsu/>) (Last Accessed on Sep. 19, 2016)
- 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 4th edition, McGraw-Hill Inc., NY, USA, 515-526.
- 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 (2016a) : 平成26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. (<http://www.pref.tokushima.jp/docs/2014120800059/>) (Last Accessed on Sep. 19, 2016)
- 徳島県 (2014b) : 徳島県汚水処理人口の普及状況 (平成27年度末) (<http://www.pref.tokushima.jp/docs/2014090400143/files/2H27sityousonn.pdf>) (Last Accessed on Sep. 19, 2016)
- 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) : 阿波市の河川と池沼の水質, 阿波学会紀要, 56, 13-24.
- 山本裕史, 田村生弥, 浜野龍夫, 齋藤稔, 米澤孝康, 加藤潤, 駕田啓一郎, 安田佑右, 行本みなみ, 森田隼平, 大比賀裕希, 松重麻耶, 山中亮一, 上月康則 (2012) : 川田川とほたる川の水質, 阿波学会紀要, 58, 13-24.
- 山本裕史, 浜野龍夫, 齋藤稔, 米澤孝康, 田村生弥, 安田佑右, 行本みなみ, 森田隼平, サラマイテ トエスン, 中野太洋, 矢野陽子, 村田大起, 魚谷昂一郎, 山中亮一, 上月康則 (2013) : 東みよし町の河川と池沼の水質, 阿波学会紀要, 59, 11-22.
- 山本裕史, 浜野龍夫, 齋藤稔, 村兼一嘉, 橋本直征, 森田隼平, サラマイテ トエスン, 竹本航平, 西家早紀, 元家章太, 円山萌, 山中亮一, 上月康則 (2015) : 阿南市を流れる河川の水質と水棲生物, 阿波学会紀要, 60, 15-26.

Water Quality and Aquatic Organisms in Naruto City, Tokushima

YAMAMOTO Hiroshi*, SAITO Minoru, KITA Fumiya, KOBAYASHI Daiki, SHINOMOTO Shota, HAMANO Tatsuo, SHIN-OKA Norihiro, MITSUYAMA Mako, ISHIMARU Yuki, TANI Kazune, TAMURA Ikumi, IWASA Hiroshi, KAWAKAMI Shuji, YAMANAKA Ryoichi and KOZUKI Yasunori.

* National Institute for Environmental Studies, 16-2, Onogawa, Ibaraki 305-8506, JAPAN

Proceedings of Awagakkai, No.61 (2017), pp.11-24.