

松江市内の河川の水質について

水資源・水環境分科会

大掛敏博、四方田穆、西田修三、角谷篤志、篠田秀一

1 はじめに

本研究分科会では、平成 17 年度から平成 19 年度の 3 ヶ年「宍道湖を巡る水環境」をテーマに研究し、平成 19 年度に研究報告を行った。その後 10 年経過した本年度は、新たなデータを加え、改めて宍道湖に注ぐ松江市内の河川の水質について研究することとした。

旧松江市街の河川 11 およびそれ以外の新市内の河川 16 を含む約 40 地点における、BOD、COD 等 9 項目の平成 19 年度から 28 年度まで、各年度 6 回の観測資料を松江市環境保全部環境保全課から提供を受けることができた。今年度はそのうち都市型河川としての^A山居川、上流域が農山村地域で下流域が開発の進んできている^B忌部川及び、内堀的で常時湛水し宍道湖の水位で東流、西流を繰り返す^C京橋川（各河川 3 カ所で観測）を取り上げ、BOD、COD、T-N、T-P 及び DO の 5 項目について水質の解析を行った。

2 ^B忌部川と^A山居川及び^C京橋川

2-1 観測地点

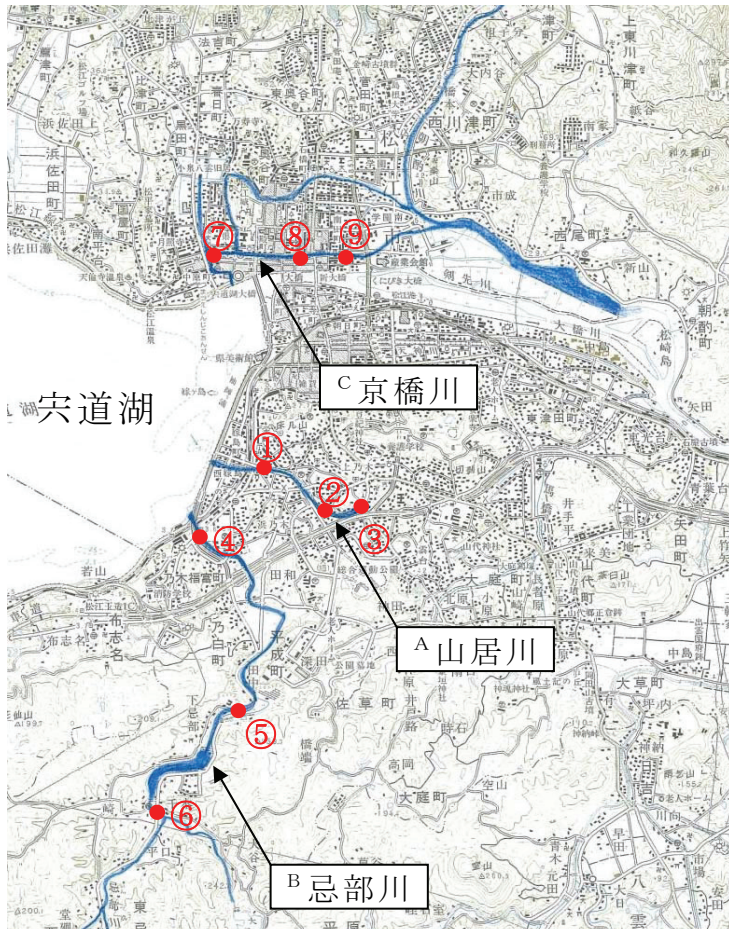


表 - 1 観測地点

河川	観測箇所
A 山居川	①庄司橋
	②大桁橋
	③下沢橋
B 忌部川	④半原橋
	⑤忌部橋
	⑥千本橋
C 京橋川	⑦筋違橋
	⑧新栄橋
	⑨東橋

図 - 1 ^A山居川、^B忌部川、^C京橋川の観測地点

2-2 河川の特徴

表-2 河川の流域概要及び流域写真

河川	A 山居川	B 忌部川	C 京橋川
流域概要	・河川流域が市街地調整区域	・下流域近年農地から宅地化へ	・市街地内河川
	・山林流域はない	・流域の7割が山林	・四十間堀川水門調整で流れ方向変化
	・水量小、流れ緩やか	・松江市の水源(千本ダム・大谷ダム有)	・常時湛水状態、流れ微小
流域状況写真	①庄司橋:透明度がない(緑色) 	④半原橋:透明度(川底が見える) 	⑦筋違橋:湛水状態で透明度は悪い 
	②大桁橋:透明度が良い 	⑤忌部橋:透明度(川底が見える) 	⑧新栄橋:湛水状態で透明度は悪い 
	③下沢橋:透明度が極めて高い 	⑥千本橋:透明度が極めて高い 	⑨東橋:湛水状態で透明度は悪い 

^A山居川は松江市街を流下して宍道湖に流入する河川で、水質観測地点は、下流から①庄司橋（県道 263 号）、②大桁橋（松江道松江中央 I.C 付近）、③下沢橋（県道 246 号付近）である。上流は馬橋川流域に接し、古志原、上乃木、浜乃木などの市街地を流下する。市街地への雨水を集めて流下するので、3 地点の水質には大きな差はないものと予測される。

^B忌部川は旧大東町との境界を出発して同じく宍道湖に流入する河川で、水質観測地点は下流から④半原橋（県道 263 号）、⑤忌部橋（忌部浄水場の下流）および⑥千本橋（大谷川合流点付近）である。④半原橋と⑤忌部橋の間は平成町、乃白町、乃木福富町などの市街地を流下するが、⑤忌部橋から上流は住宅が少なく、山林や農地が多くなる。⑥千本橋から旧大東町境界までは山林、農地が主体となる。従って上流から下流に向かって水質は悪化していることが予測される。

○京橋川は前2河川の流域が明確な単一河川であるのに対して、四十間堀川から分岐して市街地を流れ、下流は朝酌川へ合流する間、米子川、田町川が合流するが、これらの河川を通じて松江城内堀、北堀川、北田川などの流水も流入する可能性がある。水質観測地点は、地形的には一応四十間堀川から分岐する⑦筋違橋が上流で、米子川合流点下流の⑧新栄橋、田町川合流点下流の⑨東橋の3地点である。松江市旧市街橋北部の殆どの部分からの雨水が流入する形ではあるが、宍道湖の湖水が導入されることもあり、河川の流下方向も宍道湖の水位等によって東流（⑦筋違橋から東へ）の場合と⑨東橋から西流の場合がある。内堀的な性格があるから、観測3地点の水質には著しい差異は無いものと推測される。

従って、前2河川が降雨時に流下することに比べて常時湛水状態にある点が大きく異なっている。

2-3 水質解析項目

松江市環境保全課では9項目を年6回観測している。今回は表-3の5項目について水質解析を行う。

表-3 水質解析項目と概要

水質解析項目 (mg/l)	概 要
BOC(生物化学的酸素要求量)	水中の有機物が好気性微生物の働きによって分解される際の消費される酸素量
COD(化学的酸素要求量)	水中の有機物を酸化剤で酸化した際に消費される酸素量
T-N(全窒素)	水中に存在する窒素化合物の含有量
T-P(全リン)	水中に存在するリン化合物の含有量
DO(溶存酸素量)	水中に溶解している酸素の量。一般に最大10mg/l程度。

3 ^A山居川と^B忌部川の水質について

観測地点は、^A山居川の下流から3地点（①庄司橋、②大桁橋、③下沢橋）と^B忌部川の下流から3地点（④半原橋、⑤忌部橋、⑥千本橋）である。上記5項目について、1991～2016年の26年間の水質解析を行う。

3-1 全体的傾向

都市型河川としての^A山居川は、かつて下流上流とも「汚れた河川」の代表格であった。最近は宍道湖河口付近の①庄司橋での水質が最も悪く、上流程より良い値を示している。

一方、豊かな自然豊かな流域を有する^B忌部川は、^A山居川とは相違し昔から「きれいな河川」で知られていた。宍道湖の河口では汚れはあるものの、上流域の⑤忌部橋、⑥千本橋では26年前と水質に大きな変化は見られない。

3-2 水質の経年変化の概要

図-2は、^A山居川と^B忌部川の各3箇所を観測地点ごとの1991～2016年の26年間の水質の変化を示す。

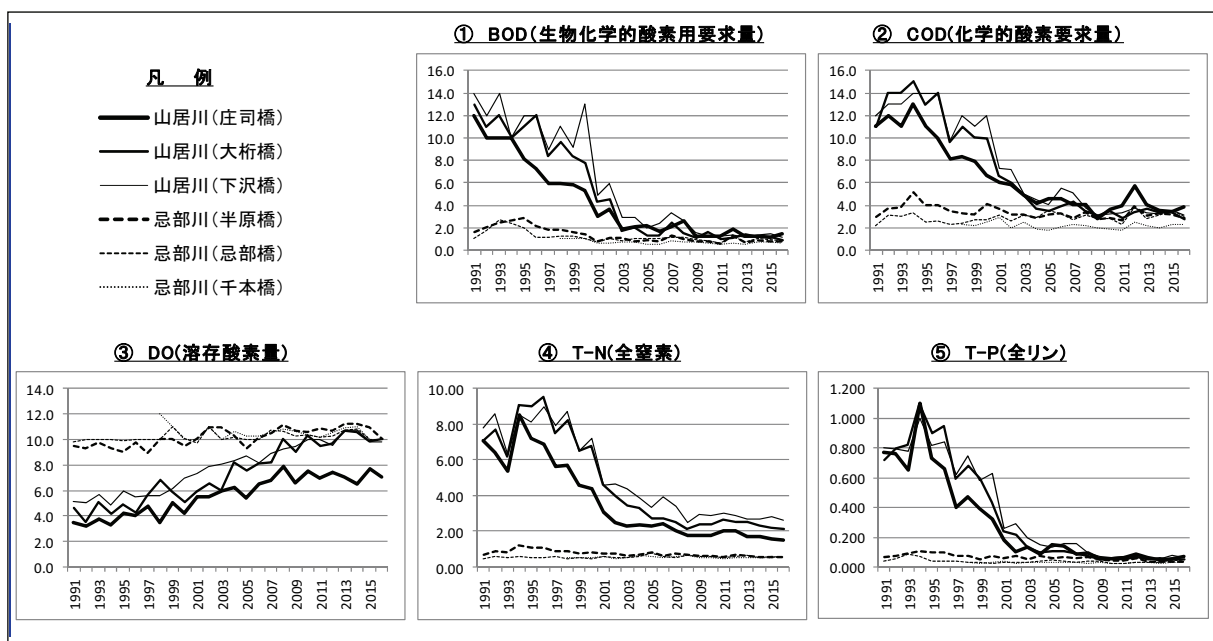


図-2 山居川、忌部川の6観測地点における水質の経年変化

^A山居川において、①庄司橋でのBODは、1991年では12.0mg/lであったが2016年は1.5mg/lと大きく改善している。③下沢橋でのBODも1991年が14.0mg/lに対し2016年は1.1mg/lと改善が著しい。①庄司橋のDOは、1991年で3.5mg/lに対し2016年は7.1mg/lに改善されている。③下沢橋でのDOは、1991年が5.1mg/lに対し2016年では9.8mg/lであった。

^B忌部川については、④半原橋のBODが1991年で1.6mg/lであるのに対し、2016年は0.8mg/lに僅かに改善している。しかし⑤忌部橋のBODは1991年が1.0mg/lに対し2016年は0.8mg/lと大きな変化は見られない。DOは、④半原橋で1991年が9.5mg/l、2016年では10.0mg/lの値であった。⑤忌部橋でのDOは1991年が9.8mg/lに対し2016年が10.0mg/lである。

表-4は、^A山居川流域と^B忌部川流域の下水道整備状況と水質の変化の関係を「環境省生活環境の保全に関する環境基準(河川)」の環境基準に照らして整理したものである。

特に^A山居川の水質が流域の下水道整備に伴っての改善が顕著であることが確認できる。表-4に示す^A山居川の水質は、下水道未整備期間の1991～1995年のBOD、DOが環境基準の類型でE(汚い水)、所謂「ドブ川」で魚が住める状況ではなかった。しかし、1996～2008年の下水道整備推進期間～下水道整備完了期間の13年間では環境基準の類型がB(アユ等が住める)に改善してきている。その後の2009～2016年はA～B(きれいな水)に改善した。

また、^B忌部川の水質は下水道未整備期間の1991～1995年はBOD、DOの環境基準はB(少し汚い水)で状況であった。1996～2003年の下水道整備推進期間の8年間で環境基準はA(きれいな水)に、その後の2004～2016年はAA

表－4 山居川・忌部川の水質の経年変化と下水道整備状況

河川	指標	[単位:mg/l]			
		1991～1995	1996～2003	2004～2008	2009～2016
山居川	BOD	>10	3～5	2～3	1～2
	DO	2～5	5～7.5	5～7.5	5～7.5
	環境基準	E	B	B	A～B
忌部川	BOD	2～3	1～2	0～1	0～1
	DO	>7.5	>7.5	>7.5	>7.5
	環境基準	B	A	AA	AA
山居川・忌部川流域の 下水道整備状況		開発期	環境保全期	総合的環境改善期	
		下水道未整備期間	下水道整備推進期間	下水道整備完了期	

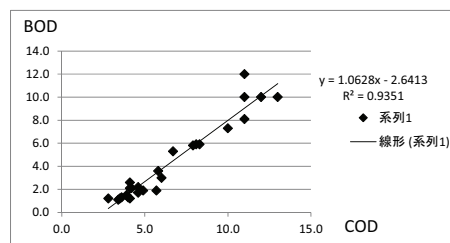
*表内環境基準は、環境省「生活環境の保全に関する環境基準(河川)」の類型を表す。

(特にきれいな水)に改善してきている。

3-3 BODとCOD及びDO

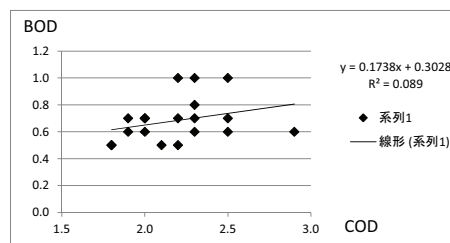
(1) BODとCODの相関

図－3は^A山居川(①庄司橋)でのBODとCODの相関を示す。^A山居川では3観測地点とも(R²)値が0.9以上で、BODが低下すればCODもそれに伴って低下すると言う高い相関性を示している。



図－3 BODとCODの相関
山居川(①庄司橋)

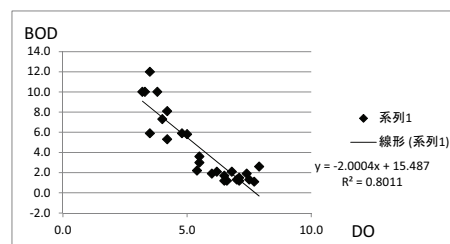
^B忌部川では、下流の④半原橋でも(R²)が0.5で相関性は良い。しかし上流の⑤忌部橋、⑥千本橋では図－4に示すように、(R²)の値がそれぞれ0.0と0.1で、BODとCODには相関性は見受けられない結果となった。



図－4 BODとCODの相関
忌部川(⑥千本橋)

(2) BODとDOの相関

図－5は、^A山居川(①庄司橋)でのBODとDOの相関を示す。^A山居川では3観測地点の(R²)の値が0.7～0.8で、BOD値が低下すればDO値が高くなる逆相関が高いことを示した。^B忌部川では、下流の④半原橋でも(R²)が0.5で高い逆相関性はあるが、図－6に示すように上流の⑤忌部橋、⑥千本橋ではBOD・COD同様に(R²)がそれぞれ0.0、0.1と相関性が確認できない結果となった。



図－5 BODとDOの相関
山居川(①庄司橋)

(3) COD・BOD 値分析（難分解性有機物分析）

【近年の国内の水質の特徴】

河川、湖沼の水質は、環境意識の高まりにより環境基準をクリアしてきている。しかし、近年その数値がほぼ一定で改善傾向にないとの指摘がある。「環境儀 NO.13 JULY 2004(独法人)国立環境研究所」では、

- ①CODのほとんどは溶存態であるので難分解性として蓄積しているのではないか、
- ②この難分解性有機物の蓄積が新たな水質汚濁現象として進行しているのではないか、と指摘している。

1) 難分解性有機物を表す指標

難分解性有機物を表す指標は、難分解性のTOC値又はCOD値が一般的である。しかしその指標値が得られないため、BODが「微生物に分解されやすい有機物」に対し、CODは「全有機物」の指標であるので、ここでは難分解性有機物の量をCOD-BODで、その率を(COD-BOD)/CODとし、分析を試みる。

2) COD-BOD（難分解性有機物量）の経年変化

図-7は^A山居川（^①庄司橋）における難分解性有機物の量の経年変化を示す。回帰直線の傾きが正の値であることから、毎年その絶対量が増加していることを示している。

図-8は、^B忌部川（^④半原橋）における難分解性有機物の量の経年変化を示す。^A山居川（^①庄司橋）より回帰直線の傾きの値が大きいことより、難分解性有機物量の増加傾向が^A山居川（^④半原橋）の地点より大きいことが分かる。いずれにしても難分解性有機物の量は2河川6観測地点とも増加傾向にあった。

3) (COD-BOD)/COD（難分解性有機物率）の経年変化

(COD-BOD)/CODは難分解性有機物がCOD中にどの程度含有しているかを示す。図-9では^A山居川（^①庄司橋）では1991年では10%程度の含有率から近年では60%程度と高い。^B忌部川（^④半原橋）では、1991年では40%程度の含有率から近年は70%程度で推移している。

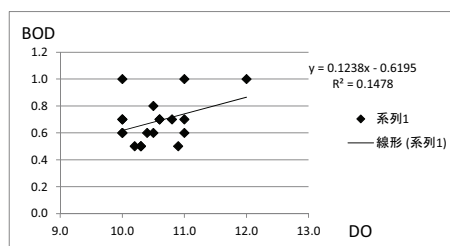


図-6 BODとDOの相関
忌部川（^④千本橋）

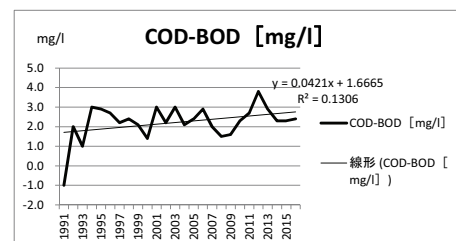


図-7 COD-BODの経年変化
山居川（^①庄司橋）

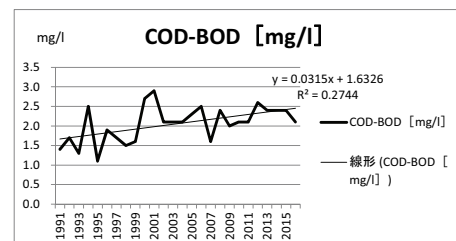


図-8 COD-BODの経年変化
忌部川（^④半原橋）

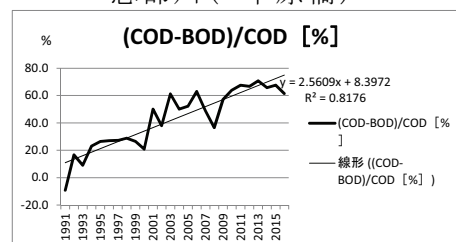


図-9 (COD-BOD)/COD 経年変化
山居川（^①庄司橋）

(4) 考察

表－5は、BODとCOD、BODとDOの相関及び難分解性有機物の量とCOD中の含有率について観測地点ごと整理したものである。

表－5 BODとCOD、BODとDOの相関及び難分解性有機物の量と含有率

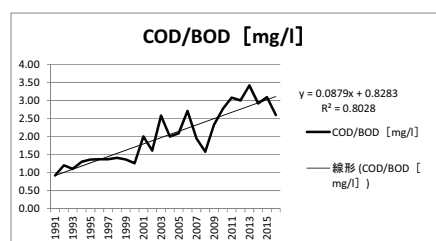
観測地点		BODとCODの相関	BODとDOの相関	難分解性有機物の量と含有率の経年変化	
				COD-BOD	(COD-BOD)/COD
		相関性(R ²)	相関性(R ²)	量について(傾き)	含有率(1991→2016)
山居川	①庄司橋	0.9351	0.8011	0.0421	-0.9→61.5(%)
	②大桁橋	0.9398	0.7551	0.0188	-18.2→67.9(%)
	③下沢橋	0.9414	0.8468	0.0662	-16.7→64.5(%)
忌部川	④半原橋	0.5224	0.4604	0.0315	46.7→72.4(%)
	⑤忌部橋	0.0139	0.0395	0.0612	54.5→73.3(%)
	⑥千本橋	0.0890	0.1478	0.0044	56.5→73.9(%)

1) BODとCODの相関

①BOD値が低下するとCOD値も低下する正の相関性が極めて高い。

②しかし、CODとBODとの値の関係は近年1:1ではない。1991頃の1:1程度から、図-10のように近年は3:1程度となっている。

③BODが高いほどCODとの相関は良い。しかし近年水質が改善する(ほぼ2004年以降)に従い、CODとBODとの値は大きく乖離する傾向にあると言える。



図－10 COD/BOD 経年変化
山居川(①庄司橋)

2) BODとDOの相関

①DOとは水中に溶解している酸素量のことであることため、BODなど水中の有機物質濃度とは逆相関関係にあることがここでも確認できる。

②ただしDOが10mg/l程度(限界値)ある水域では逆相関性は無くなる。

③BOD・DOの間に相関がないとBOD・CODの間にも相関がなくなる。

3) COD・BOD値分析(難分解性有機物分析)

①水質が改善するに従い、COD-BODで表す難分解性有機物の絶対量が近年増加傾向にある。

②水質が改善するに従い、難分解性有機物のCOD中における含有率が高くなる傾向にある。

③6観測地点とも近年の難分解性有機物率は60～70%程度と高い値を示す。この含有率は、近年の河川や湖沼で確認される一般的な値と合致している。

④CODの多くが難分解性として蓄積していると言えるのではないか。

⑤難分解性有機物の蓄積が新たな水質汚濁源として進行していると言えるのではないか。

4 °京橋川の水質について

°京橋川の3地点（⑦筋違橋、⑧新栄橋、⑨東橋）における10年間（1年度6回、計60回）の4項目に関する水質調査（BOD、COD、T-NおよびT-P）結果の概要は以下の通りである。

4-1 全体的傾向

良好な河川水質基準の目安として以下の値を対象とする。BOD(河川水質)については水産2級または水道3級の基準3mg/l、COD(湖沼水質)についても水産2級、水道2-3級の基準3mg/l、またT-Nは水産3種、工業用水、農業用水、環境保全基準値1mg/l、T-Pも同じ基準の0.1mg/lとする。3地点における良好な基準を超える(水質悪化)観測回数は表-6のようになる。

表-6 3観測地点に於ける基準以上の水質の観測回数(全60回中)

観測箇所	⑦筋違橋	⑧新栄橋	⑨東橋
BOD	4回	7回	8回
T-N	4回	2回	2回
T-P	19回	14回	15回

CODに関しては上記範疇に入るのは⑦筋違橋、⑨東橋で各1回、⑧新栄橋で2回に過ぎず、殆どが悪いという結果になっている。各測定値とも時期によって変動が激しいが、全体の傾向としては値が低下傾向にあり、平成26年度以降はほぼ良好な状態に保たれている。

表-7 3観測地点に於ける60回の観測値の平均値

観測箇所	⑦筋違橋	⑧新栄橋	⑨東橋
BOD	1.86	1.85	1.86
COD	5.01	4.85	5.01
T-N	0.58	0.60	0.58
T-P	0.083	0.084	0.084

10年度、60回の観測値平均値は表-7のとおり(単位はいずれもmg/l)で、各項目の平均値は3観測地点について殆ど同じ値を示している。BOD、T-N、T-Pの状況については前記のようであるが、CODの平均値5.0前後は水産3級、工業用水1級、農業用水に適用するもので、環境保全もこれに該当する。

4-2 観測地点による水質変動の概要

°京橋川は常に湛水状態にあり、直接的に降雨を受けて流下しているとは言えない。そこで⑦筋違橋から⑨東橋方向へと、その逆の⑨東橋から⑦筋違橋

方向で、どちらかの方向に水質が良い方に、あるいは悪い方向に変化しているか、それぞれの回数を表－8に示す。

表－8 水質が一定方向に変化する回数

項目	東流方向に浄化	東流方向に悪化	いずれでも無い	合計
BOD	13回	8回	39回	60回
T-N	9回	13回	38回	60回
T-P	18回	13回	29回	60回

(注) 「いずれでも無い」は中間点が最も浄化。または最も汚染度が高いなど

ただし汚濁の方向はBOD、T-N、T-Pについて同じ傾向にあるわけではない。例えばBODは東に向かって浄化傾向なのに、T-Pは逆に悪化の方向にあるなどのケースがある。

このことは当初に指摘したとおり、^c京橋川が内堀的な役割で、常に湛水し、そのときの宍道湖等の水位によって東流、西流を繰り返していることの結果と思われる。

4-3 T-NとT-Pの相関

一般的にはT-Nの値が高いとき(水質悪化)はT-Pの値も高くなっていると考えられる。確かに全般的にはそういう傾向が見られる。図-11に[㊦]筋違橋地点での観測結果を示す。

3地点の図とも回帰式による傾向は右上がりの線を示すが、相関係数は3地点とも0.35前後に過ぎない。従って一方の値だけを観測してもう一方の値を推定することは出来ない。

4-4 BODとCOD

この両者についても上記T-NとT-Pとの関係と同様に考えられる。図-12に同じく[㊦]筋違橋地点での観測結果を示す。

こちらの場合の相関係数は0.6前後を示し、前者の関係よりはまとまっている。

(COD-BOD)/CODの関係について、BODは微生物に分解されやすい有機物、CODは全有機物であることから(COD-BOD)は難分解性有機物の割合を示すものと考えられる。図-13に3地点における60回の観測値による状況を示す。この値は3地点について観測時期により値に大小はあるものの、ほぼ同じ傾向で増減を示していることが分かるが主に0.4~0.7の範囲に位置している。

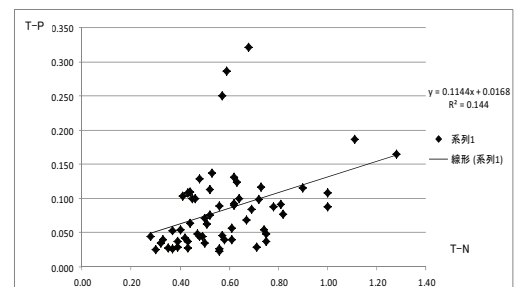


図-11 T-NとT-Pとの関係(㊦筋違橋)

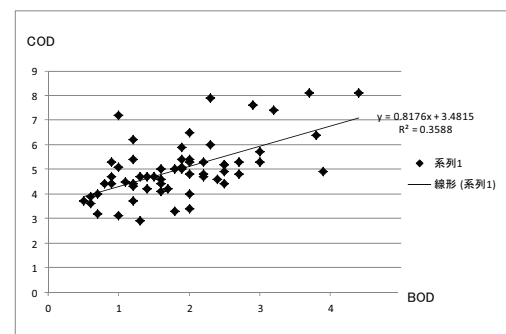


図-12 BODとCODとの関係(㊦筋違橋)

なお、3地点ともこの値の変動は激しいが、比の値には増加または減少の傾向は殆ど見られず、10年間傾向はほぼ一定である。

4-5 考察

- (1) 京橋川は内水面的な性格を有し、観測3地点についてBOD、COD、T-N、T-Pの値は観測時期によって変動は大きいものの、全体的に地点による変化は見られない。
- (2) 各値は10年間で特に浄化の方向に有るとは言えないが、若干値が低下している（浄化方向）傾向が見られる。特に平成26年以降は水質が悪いという数値は発生していない。
- (3) T-Nの値が増加するときにはT-Pの値も増加している。ただし両者の相関係数は0.3~0.4程度に過ぎない。
- (4) BODとCODの相関はT-NとT-Pの関係よりも高い相関係数(0.5~0.7)を示す。(COD-BOD)/CODは各地点とも類似の値と傾向を示し、観測時期による変動は大きい。ただし特に特定の月に高い(または低い)という傾向は見られない。観測期間を通してみれば傾向は各地点とも平行状態である。

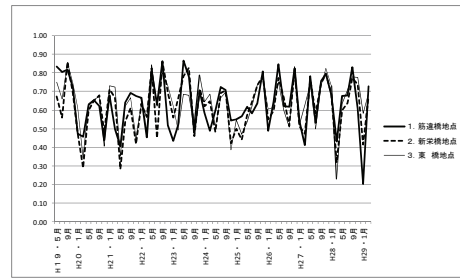


図-13(COD-BOD)/CODの関係

5 おわりに

^A山居川、^B忌部川の水質は近年大きく改善していることが確認できた。しかし最近はその水質改善も限界にきていると見受けられる。今回はその原因として言われている難分解性有機物に着目して分析を試みた。宍道湖を再び「透明度の高い湖」を目指して、さらなる水質改善に向けて今後どのように取り組むかが課題と言える。

^C京橋川については、観測結果の平均値で見れば、BODは水道2級、水産1級以下、CODは水産3級、工業用水、農業用水、T-Nは水産2種、T-Pは水産3種、工業用水、農業用水に適する。したがって特に水質が悪いとは言えないが、透明度は20~30cm程度である。近年藻の繁茂が著しいなど水都の河川(堀)として改善を要す。

来年度は都市河川でない山林や農地を含む河川について、比較しながら解析を行う予定である。

最後に、貴重な水質データの提供を快く受けて下さった松江市環境保全部環境保全課の方々には心からの謝辞を申し上げる。