

ノート

田原川の水質汚濁原因等に関する調査

吉 留 雅 仁 瀬 戸 加 奈 子 田 島 義 徳
池之平 剛

要 旨

大隅半島東部に位置し志布志湾に流入する田原川は、県内唯一の環境基準C類型河川であり、近年はBODが低下傾向にあるなど水質改善の兆候は見られるが、依然として汚濁が進行した状態にある。2009年度に行った社会背景調査の結果から、田原川におけるBOD負荷の9割以上は内水面における鰻の養殖から排出されていることが明らかになった。田原川における流達率から将来の水質予測を行った結果、3割程度BOD負荷を削減することで、B類型の環境基準を達成できる見込みであることが明らかになった。

キーワード：田原川，汚濁負荷量，BOD，流達率

1 はじめに

大隅半島東部に位置する田原川は、1973年12月に環境基準の類型指定が、また、1975年10月には流域内の特定施設のうち排出水量30m³/日以上以上の施設について上乗せ排水基準が設定され、水質監視調査が継続的に行われてきているが、2010年度現在、鹿児島県内唯一のC類型河川であり水質の改善が望まれている。

本調査では、「平成21年度身近なふるさとの川総合調査事業」における背景調査をもとに汚濁負荷の現状について把握するとともに、将来水質についての試算を行うことで、現状の施策の効果と問題点を検証し、田原川における環境保全対策に資することを目的とした。

2 調査方法

2.1 背景調査

「平成21年度身近なふるさとの川総合調査事業」¹⁾ (以下、クリーンリバー2010という。)のデータを使用した。

2.2 対象年度

現況を2008年度とし、将来を下水道の整備計画が完了する予定の2024年度とした。

2.3 水質データ

1980年度から2009年度の「鹿児島県公共用水域及び地下水の水質測定結果」及び2008年度から2009年度に追加で調査した田原橋、小能橋、高井田橋、横瀬橋における



図1 流域地図

値を用いた。図1に水質調査地点を示す。

2. 4 河川流量

2000年から2004年の河川課の観測値を用いた。図1に流量観測地点を示す。

2. 5 負荷量原単位

クリーンリバー2010による原単位を用いた。表1から表5に使用した原単位を示す。

クリーンリバー2010における原単位の出典は以下の

表1 し尿処理区分別排出汚濁負荷原単位

(BOD: g/人・日)

収集処理		単独浄化槽処理		合併浄化槽 処理	移動人口	
し尿	雑排水	し尿	雑排水		宿泊	日帰り
0	40	4.3	40	10.9	9.3	2.6

表2 ふん尿処理区分別排出汚濁負荷原単位

畜種等	子牛	成牛	豚	
処理区分	耕地還元	耕地還元	耕地還元	汚水処理
BOD (g/頭・日)	1.28	6.4	12	6.3

表3 内水圏養殖に係る汚濁負荷原単位

魚種	鰻
BOD (kg/t・日)	3.8*

*年間生産量1tあたりの排出汚濁負荷原単位

表4 業種・施設別汚濁負荷原単位

業種・施設	BOD (mg/L)
畜産食料品製造業	8.5
野菜果実原料保存食料品製造業	9.4
水産食料品製造業	16.5
動物系飼料・有機質肥料製造業	20.2
豆腐又は煮豆の製造業の用に供する施設	8.0
木材薬品処理業の用に供する施設	3.0
共同調理場に設置される厨房施設	5.8
洗たく業の用に供する施設	10.5
写真現像業	20.8
と畜業・死亡獣畜取扱業	9.5
自動式車両洗浄施設	8.9
科学技術研究等又は専門教育施設	13.2

表5 自然系に係る汚濁負荷原単位

BOD (kg/km ² ・日)	0.842
-----------------------------	-------

とおりである。畜産系における、ふん尿処理区分別排出率は鹿児島湾水質環境管理計画²⁾及び今回の調査結果を、養鰻における原単位は池田湖水質環境管理計画³⁾の値をそれぞれ用いた。また、事業場排水の原単位については、クリーンリバー2010の調査結果を用いた。それ以外の原単位については「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」⁴⁾を基にした。なお、移動人口に係る原単位は合併浄化槽処理を基準としている。

下水道及び一部の規制事業所については原単位を用いず、今回の背景調査の結果(2008年度の平均値)もしくは排出基準監視結果の最近5年の平均値を用いた。

3 河川概況

3. 1 流域の概況

田原川は大隅半島東部に位置し、その源を志布志市有明町野神仮屋ヶ谷に発し、大崎町に入り持留川と合流して志布志湾に注ぐ、田原川の延長15.8km、支川を含めた総流域面積66.5km²の二級河川である⁵⁾。

表6に観測所における2000年から2004年の低水流量の5年平均値及び観測所より上流の流域面積⁵⁾を示す。綿打橋観測所における低水流量と流域面積の比から田原川と持留川の低水流量を推定し、その和として環境基準点における低水流量を求めた(表7)。

表6 観測所における低水流量の5年平均及び流域面積

観測所	低水流量 (m ³ /s)	流域面積 (km ²)
高井田橋	0.46	19.9
綿打橋	1.27	37.0

表7 環境基準点における低水流量の推定値及び流域面積

河川等	低水流量 (m ³ /s)	流域面積 (km ²)
田原川	1.29	37.6
持留川	0.99	28.9
環境基準点	2.28	66.5

3. 2 水質の状況

図2に田原川の環境基準点(河口から300mの地点)におけるBODの75%値及び年平均値の経年変化を示す。田原川は環境基準Cタイプの河川であり、BODの環境基準値は5mg/Lとなる。1980年度から1994年度の15年間は75%値が概ね4mg/Lから8mg/Lで推移し、環境基準未達成の年度が11回あった。また、年平均値についてもほとんどの年度で4.5mg/L以上と高い濃度で推移しており、水質汚濁が進行した状況にあった。

これに対し、1995年度から2009年度のBODの75%値

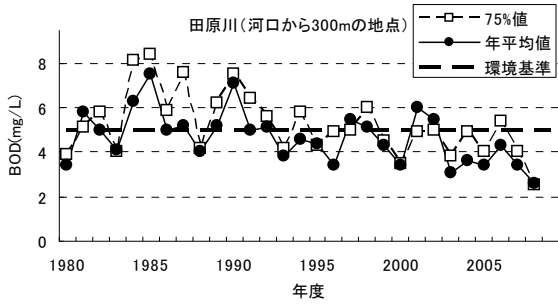


図2 環境基準点におけるBODの75%値及び年平均値

は概ね5mg/L以下で推移しており、環境基準の未達成は1998年度と2006年度の2回のみにとどまった。また、年平均値についても低下しており、特に最近5年は3.5mg/L前後で推移するなど、水質の改善が見られた。一方で環境基準B類型に相当する3mg/Lと比較すると2008、2009年度以外の全ての年度で未達成となった。

図3に環境基準点におけるpH、DO、SS、大腸菌群数の年平均値の推移を示す。pHとDOの縦のバーは最大・最小値の幅である。pH、DOともに、年平均値はほぼ一定で推移していた。DOの年間の最小値は、2002年度までは環境基準値である5mg/Lを下回る年度が度々あったが、それ以降は環境基準値より高い濃度で推移した。SSの年平均値は、1990年度頃まで減少傾向を示し、その後は時折高い年度があるものの、ほぼ一定で推移していた。大腸菌群数については年度間の変動が大きく、明確な傾向は得られなかった。

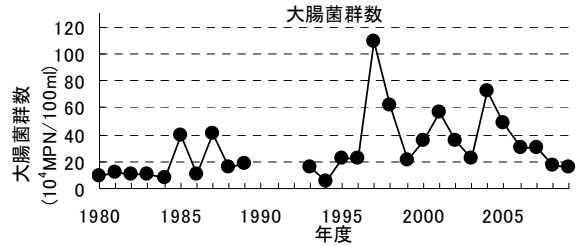
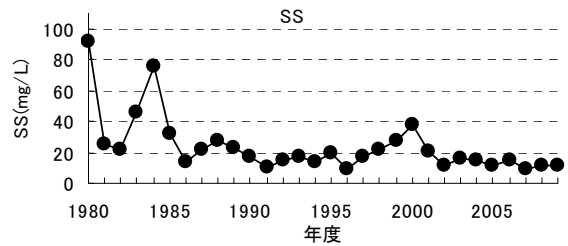
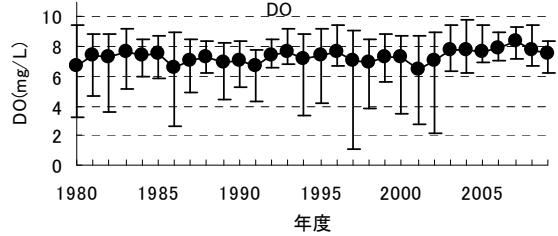
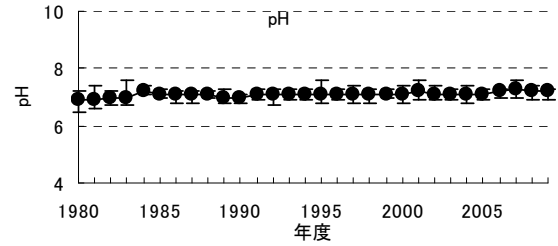


図3 環境基準点におけるpH、DO、SS、大腸菌群数の年平均値

4 汚濁負荷量

表8 2008年度フレームデータ

		生活系						畜産系				水産系	事業場系		流域面積 (km ²)	
		流域人口				移動人口		牛		豚		鰻 (t)	規制 (数)	未規制 (数)		
		下水道等 (人)	合併浄化槽 (人)	単独浄化槽 (人)	し尿処理収集 (人)	宿泊客 (人)	日帰り客 (人)	成牛 (頭)	子牛 (頭)	耕地還元 (頭)	処理後放流 (頭)					
田原川	大崎町	5238	3129	640	590	879	2569	62907	2489	1056	5745	0	444.4	3	7	15.8
	志布志市	2520	0	396	1224	900	6113	64529	2323	1021	4162	20552	889.0	0	3	21.8
持留川	大崎町	4589	0	1393	1283	1913	5140	125817	3317	2007	7661	0	1512.8	4	6	28.9
全 域		12347	3129	2429	3097	3692	13822	253253	8129	4534	17568	20552	2846.2	7	16	66.5

表9 2024年度フレームデータ

		生活系						畜産系				水産系	事業場系		流域面積 (km ²)	
		流域人口				移動人口		牛		豚		鰻 (t)	規制 (数)	未規制 (数)		
		下水道等 (人)	合併浄化槽 (人)	単独浄化槽 (人)	し尿処理収集 (人)	宿泊客 (人)	日帰り客 (人)	成牛 (頭)	子牛 (頭)	耕地還元 (頭)	処理後放流 (頭)					
田原川	大崎町	5238	4141	333	307	457	2569	62907	2489	1056	5745	0	444.4	3	7	15.8
	志布志市	2520	0	396	1224	900	6113	64529	2323	1021	4162	20552	889.0	0	3	21.8
持留川	大崎町	4589	2202	725	667	995	5140	125817	3317	2007	7661	0	1512.8	4	6	28.9
全 域		12347	6343	1454	2198	2352	13822	253253	8129	4534	17568	20552	2846.2	7	16	66.5

4. 1 フレームデータ

2008年度におけるフレームデータを表8に示す。

また、表9に2024年度におけるフレームデータの推定値を示す。大崎町では下水道の整備計画が進んでおり、計画では2024年までに8900人が下水道化する予定である。そこで、今後下水道化が計画されている5771人を、大崎町全域における現在の浄化槽・し尿処理人口を基にして割り振り、将来予測を行った。なお、近年の鹿児島県における畜産系⁶⁾・水産系⁷⁾の生産量及び事業所数⁸⁾の推移からみて、生活系以外の変動はないものとして推定した。

事業場についての詳細なフレームデータを表10に示す。括弧書きで示す排水水質は、表4による原単位である。

4. 2 汚濁負荷量

前節で示したフレームデータを基に、汚濁負荷量を算

表10 事業場別排水量

区分	業種	排水量 (m ³ /日)	排水水質* (mg/L)	市町	排出先
規制事業場	畜産食料品製造業	1700	8.4	大崎	田原川
	野菜果実原料保存食料品製造業	160	(9.4)	"	"
	共同調理場設置ちゅう房施設	30	(5.8)	"	"
	野菜果実原料保存食料品製造業	280	133.8	"	持留川
	動物系飼料有機質肥料製造業	40	(20.2)	"	"
	でん粉製造業	2250	18.8	"	"
未規制事業場	でん粉製造業	252	1.0	"	"
	畜産食料品製造業	0	(8.5)	大崎	田原川
	水産食料品製造業	10	(16.5)	"	"
	豆腐煮豆製造業	5	(8.0)	"	"
	木材薬品処理業	0.08	(3.0)	"	"
	と畜業・死亡畜獣取扱業	0	(9.5)	"	"
	自動式車両洗浄施設	3.5	(8.9)	"	"
	科学技術等専門教育施設	1.1	(13.2)	"	"
	豆腐煮豆製造業	5	(8.0)	志布志	"
	豆腐煮豆製造業	0	(8.0)	"	"
	洗たく業	1.5	(10.5)	"	"
	洗たく業	15	(10.5)	大崎	持留川
	洗たく業	0.5	(10.5)	"	"
	写真現像業	2	(20.8)	"	"
と畜業・死亡畜獣取扱業	0	(9.5)	"	"	
自動式車両洗浄施設	4.5	(8.9)	"	"	
科学術研究等	0	(13.2)	"	"	

*括弧書きは原単位

表11 下水処理場排水水質及び排水量

	排水水質 (BOD:mg/L)	目標水質 (BOD:mg/L)	平均排水量 (m ³ /日)	最大排水量 (m ³ /日)
2008年度	2.2	15	650	6800
2024年度	2.9	20	670	7000

出した。その際に使用した下水処理場からの排水の水質を表11に示す。2008年度の排水水質は背景調査によるBODの年平均値を使用した。一方、2024年度の排水水質及び日平均排水量は、大崎町の計画による目標水質及び時間最大排水量から推定した。なお、下水処理場が綿打橋と持留川の合流点との間にあることから、下水処理に係る汚濁負荷は、全て田原川に排出されるものとした。また、し尿処理場は菱田川流域にあることから、収集処理については全て系外排出として負荷0と見なした。

2008年度における汚濁負荷量を表12に示す。田原川、持留川ともに水産系の負荷量が大きくなっており、いずれの河川でも総負荷量の9割以上を占めていた。また、事業場による汚濁負荷の8割以上が持留川に集中しているなど、流域面積に比して持留川への負荷の割合が高くなっていった。

表12 2008年度BOD負荷量

	田原川				持留川	合計
	田原川			持留川		
	大崎町	志布志市	小計	大崎町		
生活系	70.2	95.0	165.3	149.5	314.7	
畜産系	86.8	195.6	282.4	115.7	398.1	
水産系	1688.7	3378.2	5066.9	5748.7	10815.5	
規制事業場	16.0	0.0	16.0	80.8	96.8	
未規制事業場	0.3	0.0	0.3	0.2	0.5	
自然系	13.3	18.4	31.7	24.3	56.0	
合計	1875.2	3687.2	5562.4	6119.3	11681.7	

表13 2024年度BOD負荷量推定値

	田原川				持留川	合計
	田原川			持留川		
	大崎町	志布志市	小計	大崎町		
生活系	38.0	95.0	133.0	78.3	211.3	
畜産系	86.8	195.6	282.4	115.7	398.1	
水産系	1688.7	3378.2	5066.9	5748.7	10815.5	
規制事業場	16.0	0.0	16.0	80.8	96.8	
未規制事業場	0.3	0.0	0.3	0.2	0.5	
自然系	13.3	18.4	31.7	24.3	56.0	
合計	1843.0	3687.2	5530.2	6048.1	11578.3	

2024年度においては、下水道の整備により生活系の負荷は3割強の削減がなされる見込みとなったが、一方で、それ以外に削減の見込みがないことから、負荷量全体では1%弱の削減しか見込めなかった。

4. 3 負荷量分布

水質への影響を調べるために、負荷量の9割以上を占める養鰻場と、特に排水量が多い規制事業場の分布について調べた。結果を図4に示す。図中の円はBODの負荷量を面積比で表している。

この分布図から、田原川の本川においては、小能橋よりも上流に養鰻場が集中しており、特に高井田橋より上流で本川全体の7割近い負荷が排出されていた。

一方、支川の持留川においては養鰻場、規制事業場の双方が中流から下流にかけての地区に集中し、持留川流域における9割以上のBOD負荷がこの地区から排出されていた。

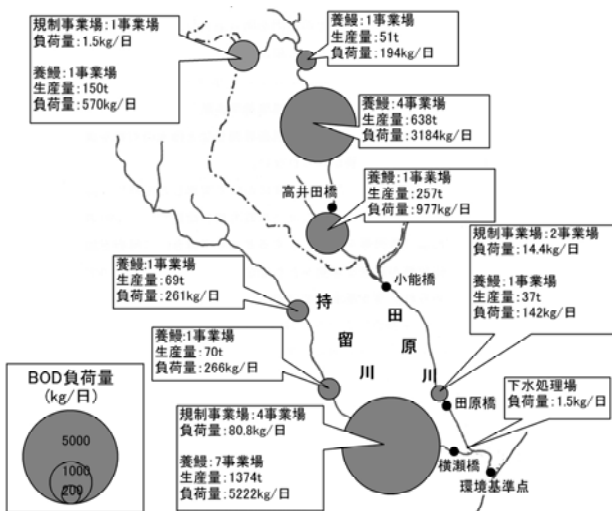


図4 水産及び規制事業場によるBOD負荷量分布図

5 考察

5. 1 現況水質

5. 1. 1 田原川本川

各水質調査地点における2005年度から2009年度におけるBODの経月変化を図5に示す。

最も上流の調査地点である高井田橋においては、6mg/L前後で推移しており、明確な季節変動などは示さなかった。支川の荷返川との合流地点の下流に位置する小能橋においては、春季は1.5から2.0mg/L程度であるのに対して、夏季から冬季にかけて最大9mg/L程度まで濃度が上昇するなど、季節変動を示した。持留川との合流

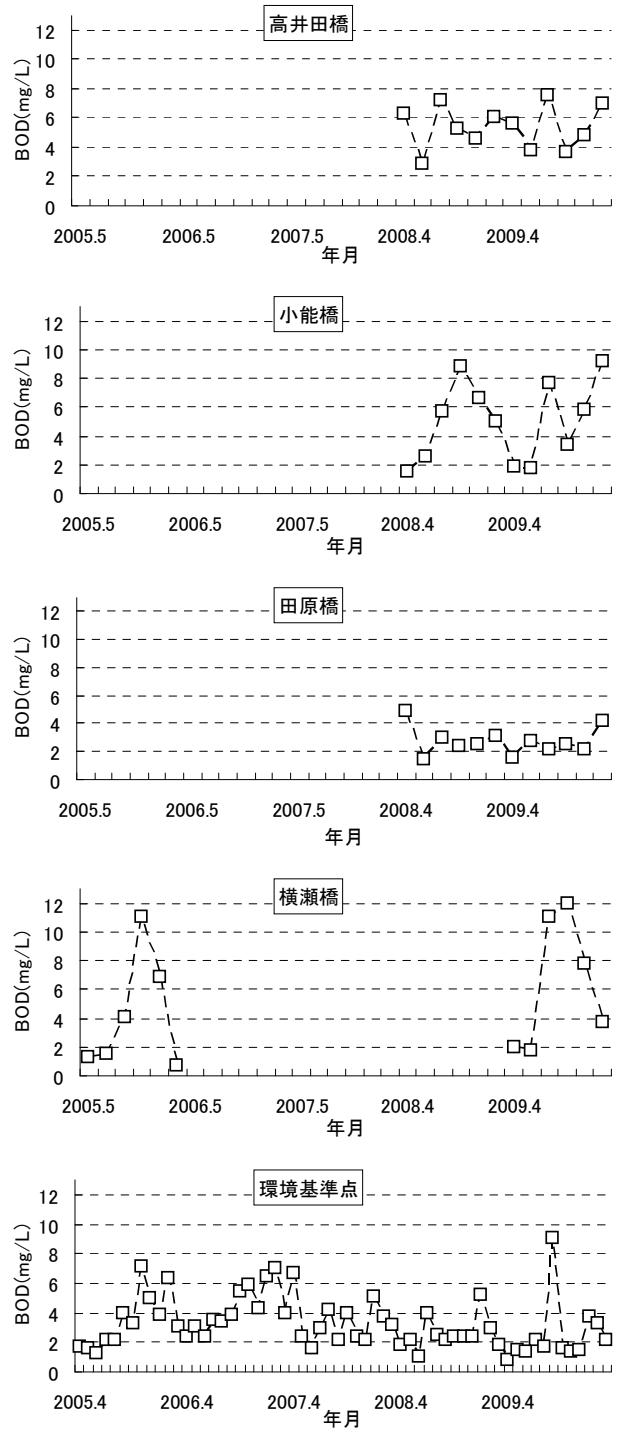


図5 水質調査点におけるBODの経月変化

直前の調査地点である田原橋においては、約2~3mg/Lの間で推移していた。

田原川本川においては、図4で示すとおり、養鰻場の多くが上流に集中しており、このため上流ではBODが高くなったと考えられる。一方、小能橋より下流においては大きな排出源はなく、また、下流に位置することにより水量が多くなることから比較的低い濃度になったと

考えられる。なお、小能橋における季節変動の要因は定かではないが、調査地点が荷返川との合流地点に非常に近いことから、荷返川の影響などが考えられる。

5. 1. 2 持留川

持留川下流の横瀬橋においては、春季に1.5mg/L程度なのに対して、秋季から冬季にかけては10mg/L以上に濃度が上昇する季節変動を示した。調査地点上流のでん粉工場では秋季から冬季にかけて季節操業を行っており、このことが季節変動の大きな要因と考えられる。

5. 1. 3 環境基準点

環境基準点においては、年度によって変動幅に差はあるものの、概ね1.5mg/Lから6mg/Lの間で秋季から冬季にかけて濃度上昇する季節変動を示した。合流直前の水質からすると、このような季節変動を示しているのは持留川の横瀬橋である。また表7で示すように支川の持留川においても、その水量は本川の75%程度と比較的多いことから、環境基準点における水質には持留川の影響も大きいものと考えられる。

5. 2 将来水質予測

5. 2. 1 現状施策による将来水質予測

田原川流域の市町のうち、大崎町では下水道の整備計画が進行中であり、4.2節で述べたとおり若干の負荷量の削減が見込まれている。そこで、流域で発生した汚濁負荷のうち何割が環境基準点の水質に影響を与えるかという指標のひとつである流達率を現況水質から算出し、そこから2024年度のBOD75%値の予測を行った。

現況水質として2004年度から2008年度の5年間におけるBODの75%値の平均値を用い、低水流量、排出負荷量から、田原川におけるBODの流達率を算出した。流達率は次式によって算出した。

$$(\text{流達率}) = (\text{流達負荷量}) / (\text{排出負荷量})$$

$$(\text{流達負荷量}) = (\text{BOD75\%値}) \times (\text{低水流量})$$

結果、田原川における流達率は0.071となった。一般に、農村部における流達率は0.0~0.20程度と考えられており⁴⁾、今回の結果とも一致する。

表14 流達率及び現状施策によるBOD75%値の予測

BOD75%値 5年平均 (mg/L)	低水流量 (m ³ /日)	排出 負荷量 (kg/日)	流達率	2024年度の BOD75%値 (mg/L)
4.2	1.97×10 ⁵	11681.7	0.071	4.1

低水流量は現状と変わらないと仮定し、求められた流達率から2024年度のBOD75%値の将来予測を試算すると、4.1mg/Lとなった。このことから、現在計画されている下水道の整備のみでは水質の大きな改善は見られなると予測される。

5. 2. 2 B類型達成のための削減量の試算

これまでも述べてきたように、田原川は県内唯一の環境基準C類型河川であり、今後の水質改善策による当面の目標水質としては、B類型の環境基準であるBOD3mg/L以下が挙げられる。しかし、現在の施策のみでは目標の達成は困難と予測される。

そこで、流達率からBODが3mg/L以下になるための負荷量を求め、現在の施策による2024年度の負荷量から何割程度を削減する必要があるかを試算した。結果を表15に示す。流域全体で現状から3割程度削減する必要があるという結果となった。

実際の排出負荷量のうち9割以上を占めている鰻の養殖に係る原単位を、現在の値から3割削減した2.6kg/日・tとして2024年度の水質を試算すると、BODは2.9mg/LとなりB類型の環境基準を満たす値となった。

表15 環境基準B類型達成可能な負荷量及び現在の施策からの削減率

負荷量 (kg/日)	削減率 (%)
8323.9	28.1

6 まとめ

クリーンリバー2010による背景調査の結果から、田原川における負荷量の状況が把握され、その9割以上は鰻の内水面養殖から排出されていることが明らかになった。また、実測の水質測定結果から、持留川ではでん粉工場の影響を強く受けており、本川と合流後の基準点の水質に対しても影響を与えていると考えられる。

大崎町では下水道の整備計画が進行中であることから、生活系の汚濁負荷量に関しては2024年度までに3割以上の削減が見込まれている。しかし、現状では未規制事業場である養鰻場からの負荷が大きいため、生活系、畜産系、事業場系において負荷量の削減を行っても水質改善への効果は小さいものと推測される。

今後、環境基準B類型を達成するためには、養鰻場からの汚濁負荷量を現在の7割程度に抑えるなどの水質改善策が必要になると考えられる。

参考文献

- 1) 鹿児島県；平成21年度身近なふるさとの川総合調査事業報告書
- 2) 鹿児島県；第4期鹿児島湾水質環境管理計画資料編, 2005年3月
- 3) 鹿児島県；池田湖水質環境管理計画, 1983年3月
- 4) 社団法人日本下水道協会；流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説, 2008年
- 5) 鹿児島県；河川水質環境管理基礎調査結果 No. 6, 1988年1月
- 6) 鹿児島県；畜種別の統計情報；[http://www. pref. kagoshima. jp/sangyo-rodo/nogyo/tikusan/tokei/index.html](http://www.pref.kagoshima.jp/sangyo-rodo/nogyo/tikusan/tokei/index.html)
- 7) 鹿児島県；平成19年度 鹿児島県水産要覧；[http://www. pref. kagoshima. jp/sangyo-rodo/rinsui/tokei/suisangyo/tokei5.html](http://www.pref.kagoshima.jp/sangyo-rodo/rinsui/tokei/suisangyo/tokei5.html)
- 8) 鹿児島県；平成20年鹿児島島の工業

Research on Origin of Water Pollution in Tabaru River

Masahito YOSHIDOME, Kanako SETO, Yoshinori TASHIMA
Takeshi IKENOHIRA

(Kagoshima Prefectural Institute for Environmental Research and Public Health)
18, Jonan-cho, Kagoshima-shi, 892-0835, JAPAN

Abstract

Tabaru River, located in eastern parts of the Osumi peninsula, has been classified into class C with environmental quality standard. Although improving the water quality in recent year, Tabaru River is only one river classified into class C in Kagoshima prefecture. The result of background investigation in FY2009 indicates that more than 90% of pollution load was emitted from eel farms. Our estimation of BOD concentration in FY2024 indicates that 30% reduction of pollution load amount is demanded in order to satisfying environmental quality standard of class B.

Key Words : Tabaru River, pollution load amount, BOD, Ratio of concentration