

原著

福岡県内河川から瀬戸内海に流入する流達負荷量の変遷

志水信弘・柏原学・石橋融子

福岡県内河川から瀬戸内海への栄養塩等の流達負荷量を検討するため、タンクモデルによる平均年間流量と公共用水域測定結果を用いて試算を行った。その結果、平均年間流達負荷量は周防灘でBODが1,328 t/y、CODが2,836 t/y、T-Nが923 t/y、T-Pが62 t/yであり、響灘でBODが259 t/y、CODが517 t/y、T-Nが270 t/y、T-Pが11 t/yであった。これらの経年変化についてMann-Kendall傾向検定を行った結果、響灘流入河川のBOD、T-N及び北九州市内河川のBODの年間流達負荷量が有意な減少傾向を示した。この要因を発生源数の推移から考察した結果、北九州市では1900年代後半以降の行政人口と従業者数の減少に関連した生活系及び事業系発生負荷量の減少が要因の一つと考えられた。

[キーワード：瀬戸内海、福岡県、流達負荷量、Mann-Kendall傾向検定]

1 はじめに

閉鎖性水域である瀬戸内海では、環境基準達成のため水質汚濁防止法及び瀬戸内海環境保全特別措置法に基づき、CODは昭和55年から、窒素及びリンは平成14年から水質総量規制が実施されている。これにより瀬戸内海全域の発生負荷量は、昭和54年当時と比較して平成16年度にはCODで55%、窒素で67%およびリンで46%に低下したり。そのため瀬戸内海の水質は改善されたが²⁾、瀬戸内海の貧栄養化も問題となっており³⁾、最適な栄養塩負荷量については不明な部分が多い。これらの議論の前提として、瀬戸内海の栄養塩等の負荷量把握は重要な課題であるが、福岡県域からの流達負荷量やその変遷についての議論は少ない。

そこで、福岡県域からの河川を通じた瀬戸内海への流達負荷量について、公共用水域測定結果を用いてその量や変遷を明らかにするとともに、統計データから流達負荷量の変動要因について考察した。

2 負荷量の計算

2・1 対象河川、測定点及び地域

本研究では、瀬戸内海のうち周防灘及び響灘（図1）に流入する福岡県の河川で、2017年以前に20年以上水質測定が行われている河川（図1に黒実線で示す。）を対象とした。具体的には、豊前地域16河川（以降、豊前海流入河川とする。）及び北九州市内14河川（北九州市内河川とする。）を対象とした。対象測定点（図1に○で示す。）は、支川等の合流点より上流で対象河川の最下流の環境基準点又は補助点とした。

2・2 負荷量計算方法



図1 対象の河川及び測定点

水質データは、福岡県の公共用水域測定結果管理システム⁴⁾に登録されているBOD、COD、T-N、T-Pの値とした。データの登録期間は、豊前海流入河川（16河川）が1984-2017年、北九州市内河川が1988-2017年（ただし、貫川及び竹馬川は1990-2017年、相割川は1998-2017年）であった。データ数は、BODが11,311個、CODが7,826個、T-Nが2,744個、T-Pが2,743個であった。各項目値が報告下限値未満の場合には、報告下限値として取り扱い、測定地点ごとに年平均値を計算した。

流量は、過去の福岡県の調査^{5), 6), 7)}において各河川で構築したタンクモデル⁸⁾により、基準年の降水量データを用いて算出された対象測定点における平均流量（m³/s）を使用した。各対象年の補正平均流量は、下記の式により基準

年の平均流量を対象年の降水量で補正した。

対象年の補正平均流量(m³/s) =

$$\frac{\text{基準年の平均流量(m}^3\text{/s)} \times \text{対象年の年間降水量(mm)}}{\text{基準年の年間降水量(mm)}}$$

基準年は、北九州市内河川は1992年、豊前海流入河川のうち北部(音無川、祓川、今川、江尻川、長峡川及び小波瀬川)は1997年、南部(黒川、友枝川、佐井川、岩岳川、中川、角田川、上ノ河内川、城井川、真如寺川及び岩丸川)は2002年であった。降水量データは、アメダスデータ⁹⁾のうち北九州市内河川について八幡観測所の、豊前海流入河川について行橋観測所のものを使用した。

流達負荷量は、河川別に各年の補正平均流量を年間流量に変換し、水質データの年平均値を乗じて年間流達負荷量(t/y)を計算した。また、海域(周防灘流入河川、響灘流入河川)又は地域(北九州市内河川、豊前海流入河川)ごとに流達負荷量を合計した。

2.3 その他のデータ

福岡県統計情報アーカイブ¹⁰⁾からデータを取得し、行政人口は住民基本台帳月報の毎年4月の市町村別人口を使用し、従業者数は工業統計調査の市町村別総括表の従業者数を使用した。市町村の面積、耕作地面積、宅地面積及び森林面積、公共下水道普及率及び汚水処理区域内人口は、福岡県市町村要覧¹¹⁾(平成3、11、14、16、25、27、29年版)の値を使用した。家畜頭数は、農林水産省の作物統計調査¹²⁾の畜産累年統計の値を使用した。

3 結果と考察

3.1 各河川の平均年間流達負荷量

各河川の年間流達負荷量の平均及び海域別の合計値を表1に示す。海域別の上位3つの平均流量及び流達負荷量には下線を付した。周防灘流入河川の平均年間流達負荷量は、BODが1,328 t/y、CODが2,836 t/y、T-Nが923 t/y、T-Pが62 t/yであった。響灘流入河川では、BODが259 t/y、CODが517 t/y、T-Nが270 t/y、T-Pが11 t/yであり、響灘流入河川に比して周防灘流入河川の流達負荷量が3.4~5.6倍大きかった。これらを合計した福岡県域河川からの平均年間流達負荷量は、BODが1,588 t/y、CODが3,353 t/y、T-Nが1,193 t/y、T-Pが73 t/yであった。神菌ら¹³⁾は、周防灘西部海域への河川からの栄養塩負荷量(山国川を除く)をT-Nで1,009 t/y、T-Pで56 t/yと報告しており、本研究の値とほぼ一致した。

周防灘流入河川の流達負荷量は、平均流量が0.168~4.48 m³/sの幅を持つ大小20の河川から供給されていた。また、平均流量の上位3河川(祓川、今川、長峡川)が、各平均年間流達負荷量の上位3河川であった。これらの河川の流達負荷量の寄与は、BODで52.6%、CODで51.1%、T-Nで

表1 各河川の平均年間流達負荷量

海域別	河川	区分	平均流量 (m ³ /s)	平均流達負荷量(t/y)			
				BOD	COD	T-N	T-P
周防灘流入河川	黒川	I	0.401	26.0	58.5	17.4	1.37
	友枝川	I	1.41	52.2	119	42.9	2.35
	佐井川	I	0.939	41.9	81.1	29.6	1.07
	岩岳川	I	1.77	82.0	169	73.0	3.94
	中川	I	0.498	22.5	60.2	13.3	0.92
	角田川	I	0.465	19.7	51.5	12.4	1.37
	上ノ河内川	I	0.168	6.9	17.8	4.3	0.32
	城井川	I	2.14	60.3	134	52.8	1.72
	真如寺川	I	0.373	23.0	52.9	13.3	1.13
	岩丸川	I	0.904	42.0	113	32.3	2.38
	音無川	I	0.276	14.4	38.7	15.8	0.86
	祓川	I	<u>4.48</u>	<u>194</u>	<u>496</u>	<u>159</u>	<u>10.7</u>
	今川	I	<u>4.44</u>	<u>261</u>	<u>503</u>	<u>119</u>	<u>7.61</u>
	江尻川	I	0.681	53.6	113	38.9	3.91
	長峡川	I	<u>2.97</u>	<u>244</u>	<u>450</u>	<u>153</u>	<u>13.6</u>
	小波瀬川	I	1.20	78.5	159	56.3	4.82
	貫川	II	0.557	30.3	50.2	18.0	0.74
竹馬川	II	1.35	56.9	112	49.3	2.11	
相割川	II	0.326	8.9	28.5	8.0	0.41	
奥畑川	II	0.371	10.8	28.3	15.2	0.55	
	小計		1328	2836	923	62	
響灘流入河川	清滝川	II	0.025	0.6	2.2	1.3	0.06
	大川	II	0.260	11.8	23.3	17.1	0.49
	撥川	II	0.144	8.3	14.3	11.2	0.34
	村中川	II	0.085	3.8	7.6	5.2	0.19
	紫川	II	<u>4.01</u>	<u>120</u>	<u>258</u>	<u>104</u>	<u>4.60</u>
	板櫃川	II	<u>0.524</u>	17.5	34.6	15.1	0.81
	割子川	II	0.165	13.5	28.0	27.5	0.93
	新々堀川	II	0.385	<u>22.0</u>	<u>52.4</u>	<u>37.2</u>	<u>1.64</u>
	江川	II	<u>0.541</u>	<u>53.0</u>	<u>82.6</u>	<u>42.9</u>	<u>2.01</u>
	金手川	II	0.108	8.3	14.2	9.0	0.38
	小計		259	517	270	11	
	合計		1588	3353	1193	73	

区分 (I: 豊前海流入河川、II: 北九州市内河川)

46.6%、T-Pで51.6%と約半分であった。

一方、響灘流入河川では、紫川の平均流量が他河川に比し約7~160倍大きかった。紫川の流達負荷量の寄与率は、BODで46.4%、CODで49.8%、T-Nで38.3%、T-Pで40.3%と響灘流入河川の合計値の約4~5割を占め、紫川単独の寄与が大きかった。板櫃川は、平均流量では第3位であるが、流達負荷量では新々堀川が第3位であり流量よりも水質汚濁による流達負荷量への寄与が大きな河川が見られた。

3.2 流達負荷量の経年変化

BOD、COD、T-N及びT-Pの年間流達負荷量の経年変化について、周防灘流入河川と豊前海流入河川のグラフを図2左段に、響灘流入河川と北九州市内河川を図2右段に示す。

周防灘流入河川と豊前海流入河川の年間流達負荷量は同程度であるため、長期データのある豊前海流入河川について検討した。BOD(図2左上段)では1980~1990年代に1,100 t/y前後であったが、1990年代末から2000年代前半に1,400 t/y前後に上昇し、2000年代末に1,200 t/y前後に低下した後、2010年代に再度1,400 t/y前後に増加していた。一方、COD(図2左上から2段目)は、一部を除き1980~2010年代

を通じ2,800 t/y前後で推移していた。T-N（図2左下から2段目）は、1980及び1990年代に700 t/y前後で推移した後、2000年代前半に1,000 t/y前後に増加し、後半以降800 t/y前後で推移した。T-P（図2左下段）もT-Nと同様な挙動を示し、1980及び1990年代に50 t/y前後を推移し、2000年代前半に70 t/y前後に増加し、後半以降60 t/y前後で推移した。

響灘流入河川と北九州市内河川の年間流達負荷量も同程度であるため、長期データのある響灘流入河川について検討した。BOD（図2右上段）は、1980～1990年代の300 t/y前後から2000年代前半に一過性に400 t/y弱まで上昇し、2000年代後半から急速に減少し、200 t/y弱となっており、期間全体をみると1990年代後半から顕著な減少傾向が見られた。COD（図2右上から2段目）は、1980～2010年代を通じ500 t/y前後で推移した。T-N（図2右下から2段目）は、1980年代後半から1990年代の350 t/y前後から2000年代前半に250 t/y前後に減少し、さらに2010年代では200 t/y前後に減少しておりBODと同様な減少傾向を示した。T-P（図2右下段）は、1980年代後半及び1990年代の13 t/y前後から

2000年代以降10 t/y前後に減少し、期間全体をみるとやや減少傾向が見られた。

次に、各年間流達負荷量の経年変化について、有意な傾向の有無を検定した。年間流達負荷量の変動分布が不明であるため、ノンパラメトリック検定法の1つであるMann-Kendall傾向検定を年間流達負荷量の時系列データに対して行い、 τ （Kendallの順位相関係数）及びp値を得た。計算は、統計ソフトR¹⁴⁾にKendallパッケージ¹⁵⁾を適用し使用した。 τ は、時系列データの変化傾向における相関の強さを示し、-1～1の値をとる。また、 $\tau > 0$ の場合には時系列データに増加傾向が、 $\tau < 0$ の場合には減少傾向があることを示し、p値がその有意水準を示す。本研究では、有意水準が5%以下かつ τ が0.4以上又は-0.4以下であった場合に、有意な増加傾向又は減少傾向を有すると判断した。表2にその結果を示す。響灘流入河川ではBODとT-N、北九州市内河川ではBODの合計流達負荷量に有意な減少傾向があり、統計的な有意性が示された。また、その他の項目には、統計的な有意性は示されなかった。

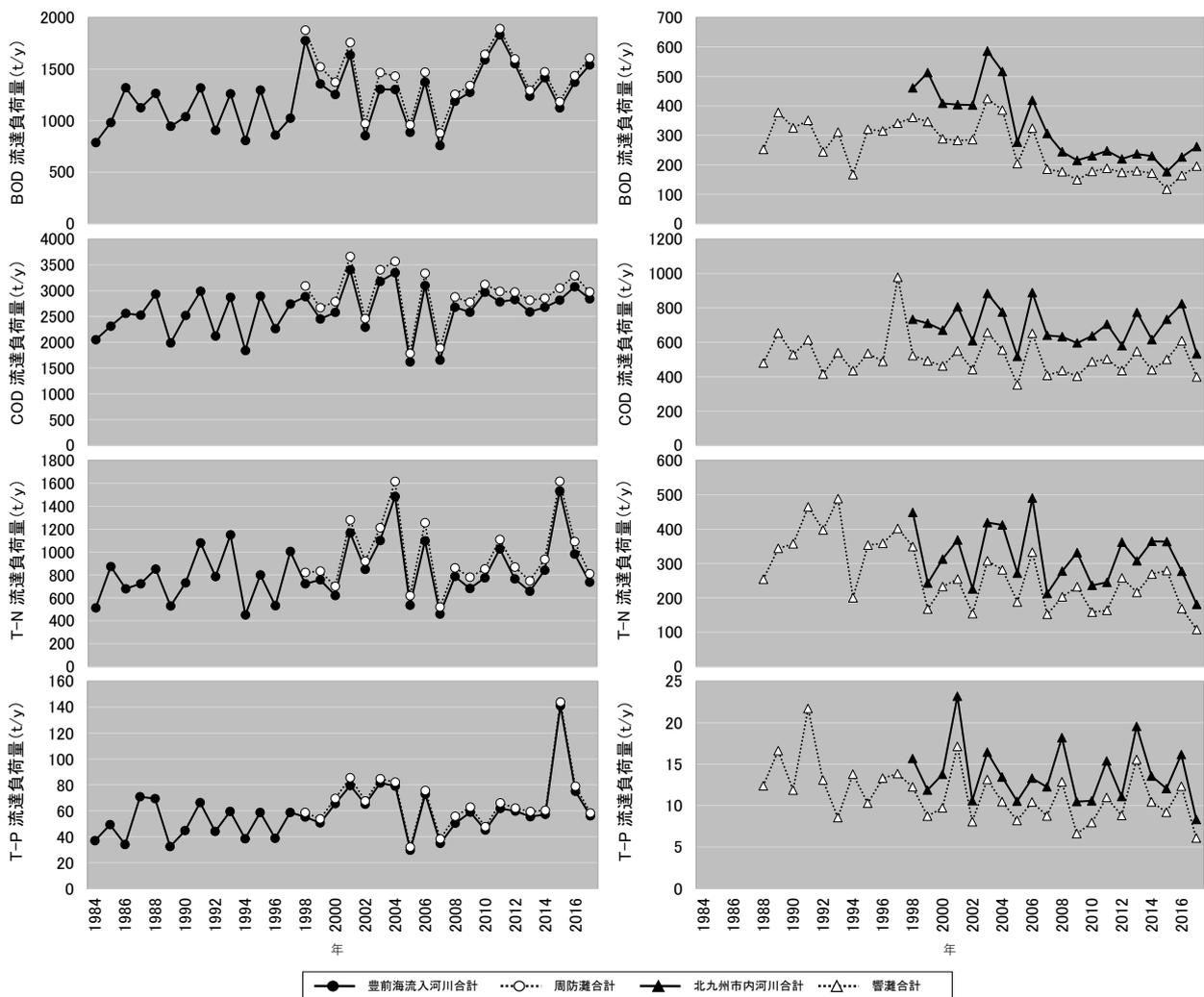


図2 年間流達負荷量の経年変化

表2 年間流達負荷量のMann-Kendall傾向検定の結果

河川又は海域	τ			
	BOD	COD	T-N	T-P
豊前海流入河川	0.27 *	0.22	0.14	0.21
周防灘	-0.032	0.032	0.074	-0.021
北九州市内河川	-0.60 **	-0.15	-0.15	-0.13
響灘	-0.44 **	-0.16	-0.40 *	-0.29 *

*:p<0.05, **:p<0.01

3・3 流達負荷量変化の要因

前段の年間流達負荷量の経年変化について、その変動要因を探るため、発生源別に対象期間（1984～2017年）の統計値の推移を考察した。対象地域は、対象河川流域市町村（図1の北九州市及び豊前地域2市5町）とした。ただし、筑豊地域に属す今川（図1）の上流域は、その全人口が豊前地域全人口の約6.5%と少なく、また対象流域が市町村域の一部であるため人口等の統計値が豊前地域の数%と極めて少なくなるため無視した。発生源は、生活系として行政人口及び污水处理区域内人口を対象とした。污水处理区域内人口の値が無い場合には、行政人口に公共下水道普及率を乗じた値を用いた。事業系発生源は従業者数を、農業系発生源は家畜頭数（牛、豚）を、面源は耕地、宅地及び森林面積を対象とした。各統計値の経年変化を図3に示し、面源について図4に示す。

まず、響灘のBOD、T-N及び北九州市内河川のBOD年間流達負荷量の変遷について、BOD年間流達負荷量の顕著な減少が見られた1995～2017年の北九州市統計値を考察した。北九州市の污水处理区域内人口（図3上段）は、1991年にすでに100%に達し、負荷量減少要因として可能性が低かった。一方、行政人口（図3上から2段目）は、約101万人から約96万人へ5万人減少した。この人口減少による発生負荷量減少量は、表3の原単位を用いるとBODで1,100 t/y、CODで500 t/y、T-Nで260 t/y、T-Pで26 t/yと試算された。流域別下水道整備総合計画調査指針と解説¹⁶⁾によると従業員一人当たり排水量原単位は、1970～2010年代ではほぼ一定である。このことから、事業場排水量は従業者数に依存し、排出負荷量が排水量に依存して変化すると仮定した。この時に北九州市の従業者数（図3中段）は、約7.4万人から4.7万人へと1995年比の6割に減少し、事業場排水量や発生負荷量も大きく減少したと推定された。家畜頭数は、確認出来るデータから豚（図3下から2段目）が約300頭、牛（図3下段）が約450頭減少しており、表3の原単位を乗じるとBODで130 t/y、CODで100 t/y、T-Nで52 t/y、T-Pで11 t/yの発生負荷量が減少するが、生活系と事業系を合わせた発生負荷量減少量に比しその寄与が小さかったと推定された。また、図4の北九州市の面源に大きな変動はなく、耕

地の減少と宅地の増加が見られた。この時に耕地を水田、宅地を市街地と見なすとBOD以外の各発生負荷量原単位（表4）は同程度であり、同規模の耕作地減少と宅地増加

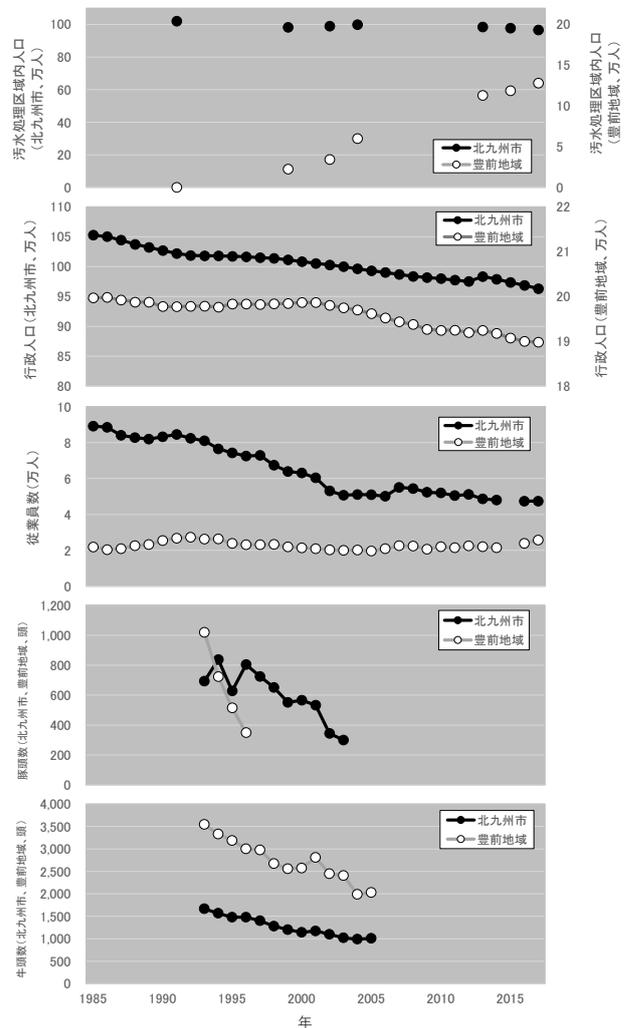


図3 污水处理区域内人口、行政人口、従業者数、豚及び牛頭数の経年変化

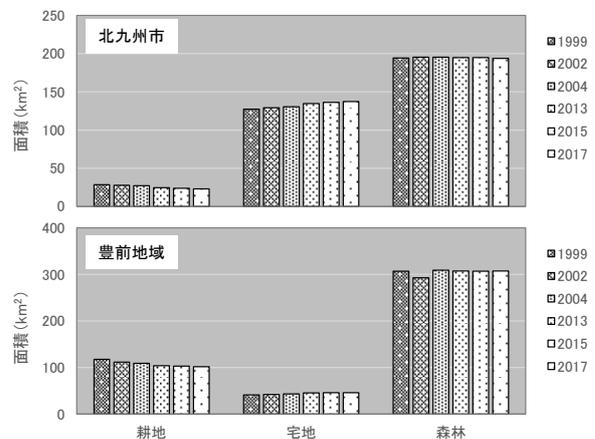


図4 面源の変化

表3 発生負荷量原単位¹⁵⁾

負荷発生源	発生負荷量原単位 (g/人/日又はg/頭/日)			
	BOD	COD	T-N	T-P
人(人)	58	28	14	1.4
牛(頭)	640	530	290	50
豚(頭)	200	130	40	25
雑排水(人)	40	18	4	0.5
合併処理浄化槽(人)	10.9	7.7	6.5	0.75

表4 面源の発生負荷量原単位¹⁵⁾

面源	発生負荷量原単位 (kg/ha/年)		
	COD	T-N	T-P
水田	48.4	10.6	1.41
市街地	53.1	11.9	0.83

では発生負荷量の変化が少ないため、有機物指標であるBODもCOD同様に発生負荷量の変化が少なかったと考えられた。これらを総合すると、1900年代後半から2000年代の北九州市での行政人口と従業者数の減少により、生活系及び事業系発生負荷量が減少した影響が大きく、これらが響灘及び北九州市内河川のBODやT-Nの年間流達負荷量の減少傾向へ影響した可能性があった。

次に周防灘及び豊前海流入河川の年間流達負荷量の変遷について、その流域の豊前地域の1985～2017年の発生源の統計値を検討した。豊前地域の污水处理区域内人口は、1991年から2017年に0人から13万人へ増加していた。当該地域では、污水处理区域内人口に合併処理浄化槽人口が多く含まれている。そこで、雑排水人口が合併処理浄化槽人口に転換したと仮定すると、表3の発生負荷量原単位の比較からBODやCODの発生負荷量は低下するが、T-N及びT-Pはほぼ変化しないことが分かる。このことから豊前地域の污水处理区域内人口増加は、主にBOD及びCODの発生負荷量減少に寄与したと推定された。行政人口は、20万人から19万人へ1万人減少し、表3の原単位を用いると発生負荷量の減少量は、BODで210 t/y、CODで100 t/y、T-Nで51 t/y、T-Pで5.1 t/yであった。従業者数は、2.2万人前後で推移し、大きな変化は無かった。家畜頭数は、確認出来るデータからは牛が約780頭、豚が約650頭減少し、表3の原単位を用いると発生負荷量がBODで230 t/y、CODで180 t/y、T-Nで92 t/y、T-Pで20 t/y減少したと推定された。また、図4の豊前地域の面源は、北九州市と同様に耕地減少と宅地増加が見られたが、先に議論したようにこれらによる発生負荷量の変化は小さいと推定された。污水处理区域内人口の増加によりBODやCODの発生負荷量減少割合はT-NやT-Pより大きかったと考えられるが、試算が困難であるため今回は無視し、行政人口と家畜頭数の発生負荷量の減少量を試算すると、BODで440 t/y、CODで280 t/y、T-Nで

表5 平均年間流達負荷量に対する発生負荷量減少量の割合の比較

地域	発生負荷量減少量 (t/y)			
	BOD	COD	T-N	T-P
豊前地域(A)	440	280	140	25
北九州市(B)	1200	610	310	37
海域	平均年間流達負荷量 (t/y)			
	BOD	COD	T-N	T-P
周防灘(C)	1328	2836	923	62
響灘(D)	259	517	270	11
A/C	0.33	0.10	0.15	0.40
B/D	4.6	1.2	1.1	3.4
(A/C)/(B/D)	0.07	0.08	0.13	0.12

140 t/y、T-Pで25 t/yであった。ここで豊前地域の発生負荷量減少量が周防灘流入河川及び豊前海流入河川の年間流達負荷量へ与えた影響の大きさを比較するため、その大きさを海域別の流入河川の平均年間流達負荷量に対する発生負荷量減少量の割合で表し、比較した。その結果を表5に示す。豊前地域の影響の大きさ(表5、A/C)は、北九州市のもの(表5、B/D)と比して0.07～0.13(表5、(A/C)/(B/D))と小さかった。このように影響の大きさの違いが要因の一つとなり、北九州市内河川や響灘流入河川と異なり、豊前海流入河川や周防灘流入河川の流達負荷量の経年変化が有意な傾向を示さなかったと考えられた。

ところで、北九州市では発生負荷量の減少が推定されるが、響灘流入河川や北九州市内河川のBODやT-Nと異なり、CODの年間流達負荷量は経年変化に変動がなく、ほぼ一定である。この要因は不明であるが、発生負荷量の削減にも関わらず瀬戸内海のCOD環境基準達成率が改善されない¹⁷⁾ことに関連してそのメカニズムは興味深く、さらなる検討が必要であった。

4 まとめ

福岡県内河川からの瀬戸内海への年間流達負荷量及びその変遷について、公共用水域測定結果を用いて検討した。その結果、平均年間負荷量は周防灘ではBODが1,328 t/y、CODが2,836 t/y、T-Nが923 t/y、T-Pが62 t/yであった。響灘流入河川では、BODが259 t/y、CODが517 t/y、T-Nが270 t/y、T-Pが11 t/yであった。

次に、年間流達負荷量の経年変化についてMan-Kendall傾向検定を行い、響灘流入河川のBOD、T-N及び北九州市内河川のBODの年間流達負荷量の経年変化は有意な減少傾向を有した。これらの年間流達負荷量の経年変化について、発生源数の推移からその要因を検討した。その結果、北九州市では、1900年代後半以降の行政人口と従業者数の減少に関連した生活系及び事業系負荷量の減少があった

と考えられ、これがBODやT-Nの流達負荷量減少に影響を与えた要因の一つと示唆された。また、豊前地域では行政人口及び家畜頭数の減少や汚水処理区域内人口の増加に伴い、発生負荷量は減少したと考えられた。しかし、豊前地域の発生負荷量減少量は流達負荷量に与える影響が小さく、年間流達負荷量の経年変化が有意な傾向を示さなかったと示唆された。また、響灘流入河川や北九州市内河川のCODの年間流達負荷量には経年変化が見られず、BODのような発生負荷量減少の影響が見られない要因については不明であり、さらに検討が必要であった。

文献

- 1) 瀬戸内海の実情情報 (https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/setouchi/Net/seto/kankyojoho/kan-kyohozen/kanho-2-4.htm) (2020/9/18アクセス) .
- 2) 阿保勝之ら：瀬戸内海における栄養塩濃度等の水質変化とその要因，沿岸海洋研究，55，101-111，2018.
- 3) 山本民次：瀬戸内海西部海域における貧栄養化，沿岸海洋研究，52，49-58，2014.
- 4) 福岡県環境部：公共用水域測定結果管理システム，(2020/3/19アクセス) .
- 5) 福岡県保健環境研究所：水質環境基準類型見直し調査業務報告書 北九州市内河川編，平成9年11月.
- 6) 福岡県保健環境研究所：水質環境基準類型見直し調査業務報告書 豊前海流入河川編，平成11年3月.
- 7) 福岡県保健環境研究所：水質環境基準類型見直し調査業務報告書 豊前海流入河川(南部)編，平成16年3月.
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局：国土交通省河川砂防技術基準調査編 第3章第2節，20-23，平成26年4月
- 9) 気象庁：過去の気象データダウンロード (<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>) (2020/12/1アクセス) .
- 10) 福岡県：情報統計アーカイブ (<https://www.pref.fukuoka.lg.jp/dataweb/>) (2020/12/1アクセス) .
- 11) 公益財団法人福岡県市町村振興協会：福岡県市町村要覧.
- 12) 農林水産省：市町村別データ長期累年 (https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sityo_tyouki/index.html#a15) (2020/12/1アクセス) .
- 13) 神菌真人，池内仁，寺田和夫：周防灘西部海域への流入河川からの栄養塩負荷量，福岡県豊前水試研報，1，131-135，1988.
- 14) Ross Ihaka & Robert Gentleman :A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<https://www.R-project.org/>), 2019.
- 15) A. I. McLeod :Kendall, Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test, R package version 2.2.(<https://CRAN.R-project.org/package=Kendall>), 2011.
- 16) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部：流域別下水道整備総合計画調査指針と解説，平成27年1月.
- 17) 中央環境審議会：第6次総量規制のあり方について(答申)，平成17年5月.

(英文要旨)

Long-term variation in run-off loads from rivers in Fukuoka Prefecture to Seto Inland Sea

Nobuhiro SHIMIZU, Manabu KASHIWABARA and Yuko ISHIBASHI

Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences,

Mukaizano 39, Dazaifu, Fukuoka 818-0135, Japan

We studied the run-off loads from rivers in Fukuoka Prefecture to the Seto Inland Sea, using water quality data for public waters and average annual flow rates estimated using a tank model. The annual mean run-off loads were 1,328 t/y for biochemical oxygen demand (BOD), 2,836 t/y for chemical oxygen demand (COD), 923 t/y for total nitrogen (T-N), and 62 t/y for total phosphorus (T-P) in the Suo-nada; and 259 t/y for BOD, 517 t/y for COD, 270 t/y for T-N, and 11 t/y for T-P in the Hibiki-nada. Analyses of the changes over time using the Mann-Kendall trend test revealed a significant decreasing trend in the annual run-off loads of BOD and T-N in the Hibiki-nada, and of BOD in rivers in Kitakyushu City. We considered the effects of various factors on these changes. As a result, it was suggested that the decrease in the population and the number of employees in Kitakyushu City in the late 1900s reduced domestic and industrial emission loads, leading to the decreasing trend in the run-off loads.

[Key words ; Seto Inland Sea, Fukuoka Prefecture, run-off load, Mann-Kendall trend test]