

第1節 自然科学的立場からのモニタリング

4. マクロ視点より一琵琶湖集水域一

4.5 水文環境が異なる地域における河川の水質形成の特徴

山田佳裕¹⁾、三戸勇吾²⁾、中島沙知²⁾

1) 香川大学農学部、2) 愛媛大学大学院連合農学研究科

1. はじめに

河川の水質は集水域の土地利用を反映して形成される。集水域の生活廃水や、農業排水、工業排水は河川水質に大きな影響を及ぼしている¹⁾。一般的に集水域のうち、水田面積の占める割合は市街地面積よりも大きく、水田は集水域の主要な構成要素となっている。現在、生活廃水は下水処理場の普及及び下水処理能力の向上により、工業排水は窒素・リンの総量規制により一定の規制がされている^{2,3)}。しかしながら、農業排水による河川への生元素の負荷に関しては規制が困難なこともあり、具体的な措置はあまりない。また、水稻耕作は多くの水を必要とすることから、集水域の水文環境にも大きな影響を及ぼすことが考えられる。

琵琶湖集水域では、降水量が全国平均値(1617mm)よりも多く(2667mm:柳ヶ瀬⁴⁾、さらに、琵琶湖からの逆水灌漑によって十分な農業用水の確保が可能となり、代掻き期における農業用水の供給は安定している。その反面、豊富な水供給と兼業農家の増加により、水田の水管理が粗放化してきており、代掻き時における強制落水が河川に大きな影響を及ぼすと懸念されている⁵⁾。

瀬戸内地方に位置する讃岐平野では、降水量が少なく(1124mm)⁴⁾、このことは讃岐平野における河川の水質形成に大きな影響を与えることが考えられる。また、讃岐平野の河川は流程が短く、河川水が短期間で海へと流れるため、河川の随所

に堰を設けることによって水を河川内に貯水している。

本研究では、平野面積あたりの人口密度や水田面積が同程度で(表1)、上記のように水文的環境やそれに基づく水利用の形態が異なる琵琶湖集水域と讃岐平野において調査を行い、それぞれの集水域における河川の水質形成について解析を行った。

2. 方法

琵琶湖集水域の12河川に38地点、讃岐平野の8河川に37地点を設けた(図1,2)。琵琶湖集水域は2005年2月、5月、10月に、讃岐平野は2005年2月、6月、11月に調査を行った。

現場において溶存酸素(DO)を多項目水質計(堀場製作所W-22XD)で測定した。河川表層水をバケツで採水し、Whatman社製GF/Fガラスフィルターでろ過したろ液についてNO₃⁻-N、NO₂⁻-N、NH₄⁺-N、PO₄³⁻-Pを分析し、孔径150μmのプランクトンネットでリターなどをとりのぞいた試料について全窒素(Total-N)、全リン(Total-P)、SSを測定した。NO₃⁻-N、NO₂⁻-Nはイオンクロマトグラフ法(日本分光 870-UV)、NH₄⁺-Nはインドフェノール青法⁶⁾、PO₄³⁻-Pはモリブデン青法⁷⁾で測定した。また、Total-Nはアルカリ性ペルオキシ二硫酸カリウムで分解後⁸⁾、分光光度計で、Total-Pはペルオキシ二硫酸カリウム分解法⁹⁾で測定した。SSはあらかじめ450℃で強熱処理し、

表1 琵琶湖集水域及び讃岐平野の河川集水域における土地利用と森林における降水量の比較

	人口密度 (人/km ²)	水田面積 (km ²)	森林面積 (km ²)	森林における降水量** (mm)
琵琶湖集水域	727	197	988	2000~3000
讃岐平野	974	188	386	1100~1300

* : 平野面積(集水域面積-森林面積)あたり

** : 気象庁 2005

秤量したWhatman社製GF/Fガラスフィルターで試水をろ過後、乾燥、秤量し、その差をSSとして求めた。

また、各河川において、土地利用と生元素の分布との関係について解析を行うため、各河川の集水域をArc View 9.0 (ESRI, USA) を用いて作成した(滋賀県等高線データ 数値地図 50mメッシュ標高; 香川県河川砂防課 河川改修現況図 鴨部川、新川、詰田川、御坊川、香東川、綾川、財田川; 国土交通省四国地方整備局 土器川管内図)。そして、各河川における土地利用(水田、森林)面積の割合と人口密度を算出した(国土数値情報土地利用メッシュ 平成9年 滋賀県土地利用メッシュデータ、香川県土地利用メッシュデータ; 滋賀県水政課 滋賀県土地利用メッシュデータ 平成7年; ESRIジャパン 全国市町村界データ; 統計情報研究センター 平成12年国勢調査 町丁・字等別地図境界データ 滋賀県、香川県)。尚、各地点における土地利用面積と人口、集水面積は源流域からの積算値とした。

3. 結果

3.1 各集水域の土地利用

3.1.1 琵琶湖集水域

琵琶湖集水域の土地利用を表2に示す。各地点における人口密度は $0\sim 31.0\times 10^2$ 人/ km^2 だった。各河川の最下流地点においては、 $0.1\sim 14.4\times 10^2$ 人/ km^2 で分布し、安食川、法竜川、境川、柳川で $6.8\sim 14.4\times 10^2$ 人/ km^2 と高かった。集水域に占める水田面積の割合は、 $0\sim 77\%$ で分布しており、各河川の最上流地点では $0\sim 1\%$ 、最下流地点では $3\sim 77\%$ であった。丁野木川、安食川、宇曾川、法竜川、境川は $52\sim 77\%$ と高い割合だった。集水域に占める森林面積の割合は、 $0\sim 100\%$ だった。各河川の最上流地点では $95\sim 100\%$ であり、最下流地点では $0\sim 93\%$ だった。丁野木川、安食川、宇曾川、法竜川、境川は少なく、 $0\sim 21\%$ であった。

3.1.2 讃岐平野の河川集水域

讃岐平野の河川集水域の土地利用を表3に示す。各地点における人口密度は $0.0\sim 33.0\times 10^2$ 人/ km^2

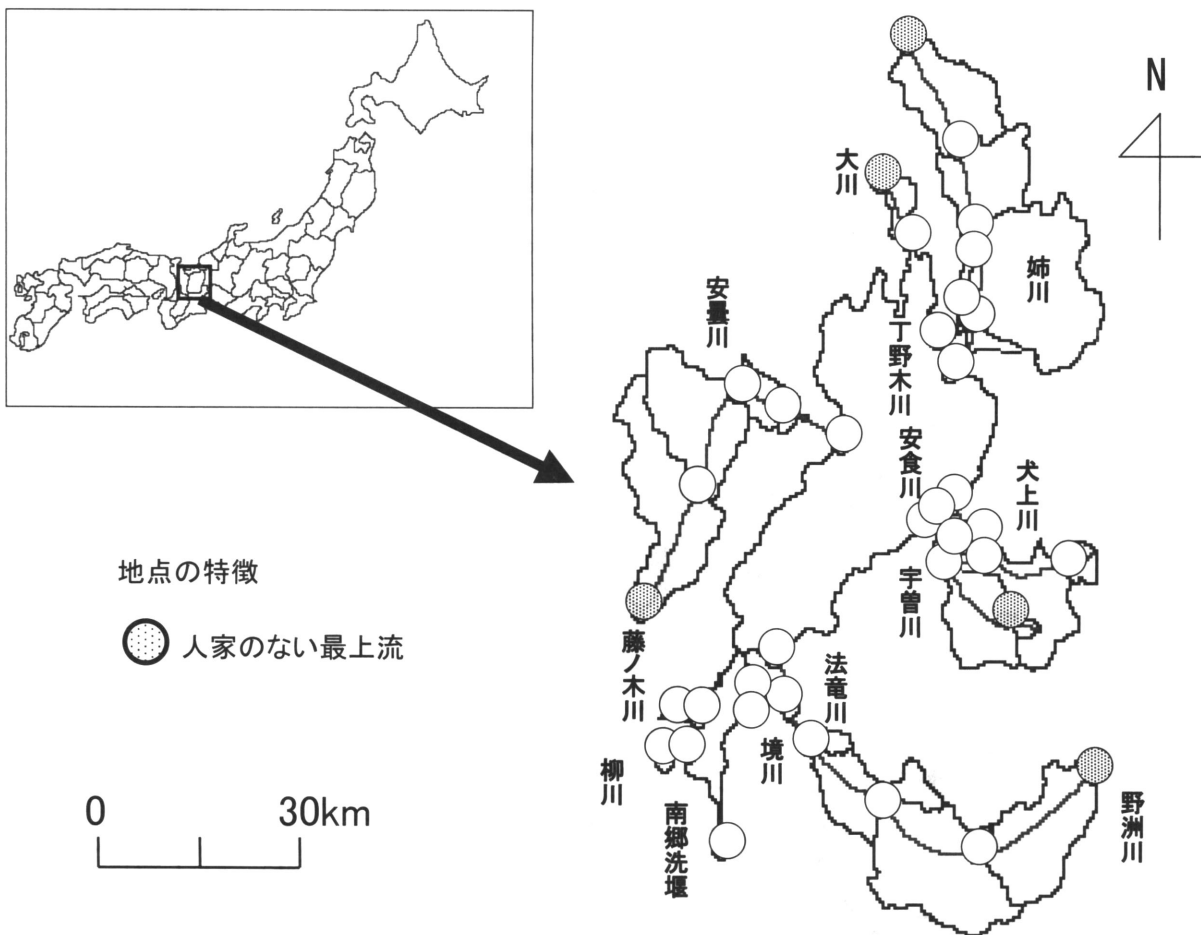


図1 琵琶湖集水域調査地点概要図

だった。各河川の最下流地点においては、 $2.1 \sim 33.0 \times 10^2$ 人/km²で、新川、詰田川、御坊川で $6.9 \sim 33.0 \times 10^2$ 人/km²と高かった。集水域に占める水田面積の割合は、0～63%で、各河川の最上流地点では0%、最下流地点では12～63%であった。鴨部川、新川、詰田川、御坊川は33～63%と高い割合だった。集水域に占める森林面積の割合は、0～100%だった。各河川の最上流地点では93～100%であり、最下流地点では0～77%だった。新川、詰田川、御坊川は少なく、0～32%であった。

3.2 各集水域の河川の水質

3.2.1 琵琶湖集水域における河川の水質

観測期間中のDOは7.6～15mg/l、酸素飽和度は73～125%であった(図3)。

窒素濃度は、全観測日を通して、NO₃⁻-N濃度が0.08～3.26mg/l(図4)、NO₂⁻-N濃度が0.06mg/l以下、NH₄⁺-N濃度が0.30mg/l以下(図5)、Total-N濃度が0.25～3.85mg/l(図6)であった。NO₃⁻-N濃度、NH₄⁺-N濃度、Total-N濃度はおおむね上流から下流にいくに従って濃度が高くなった(図

4-6)。Total-N濃度は各河川の最上流地点で0.26～3.46mg/lで、観測期間中の濃度の大きな変化はみられなかった。最下流地点では0.43～2.09mg/lで、10月の境川で2.09mg/lの高い値を示した(図6)。観測期間中のリン濃度はPO₄³⁻-P濃度が0.28mg/l以下(図7)、Total-P濃度が0.67mg/l以下(図8)で、ともに最上流地点で低く、下流にいくに従って高くなる傾向を示した。各々の最上流地点のPO₄³⁻-P濃度、Total-P濃度は観測期間中を通して濃度の大きな変動はみられなかった。各最下流地点のPO₄³⁻-P濃度、Total-P濃度は5月に高い値を示し、それぞれ、0.01～0.19mg/l、0.02～0.26mg/lであった(図7, 8, 表4)。

また、観測期間中のSS濃度は0.03～116mg/lであった(図9)。SS濃度も最上流地点で低く、下流にいくに従って高くなる傾向がみられた。SS濃度は5月に高くなる傾向がみられ、丁野木川、安食川、宇曾川、藤ノ木川、境川の最下流でそれぞれ49、27、54、23、42mg/lと高い値がみられた。境川は観測期間中を通してSS濃度は高く、15～42mg/lであった。

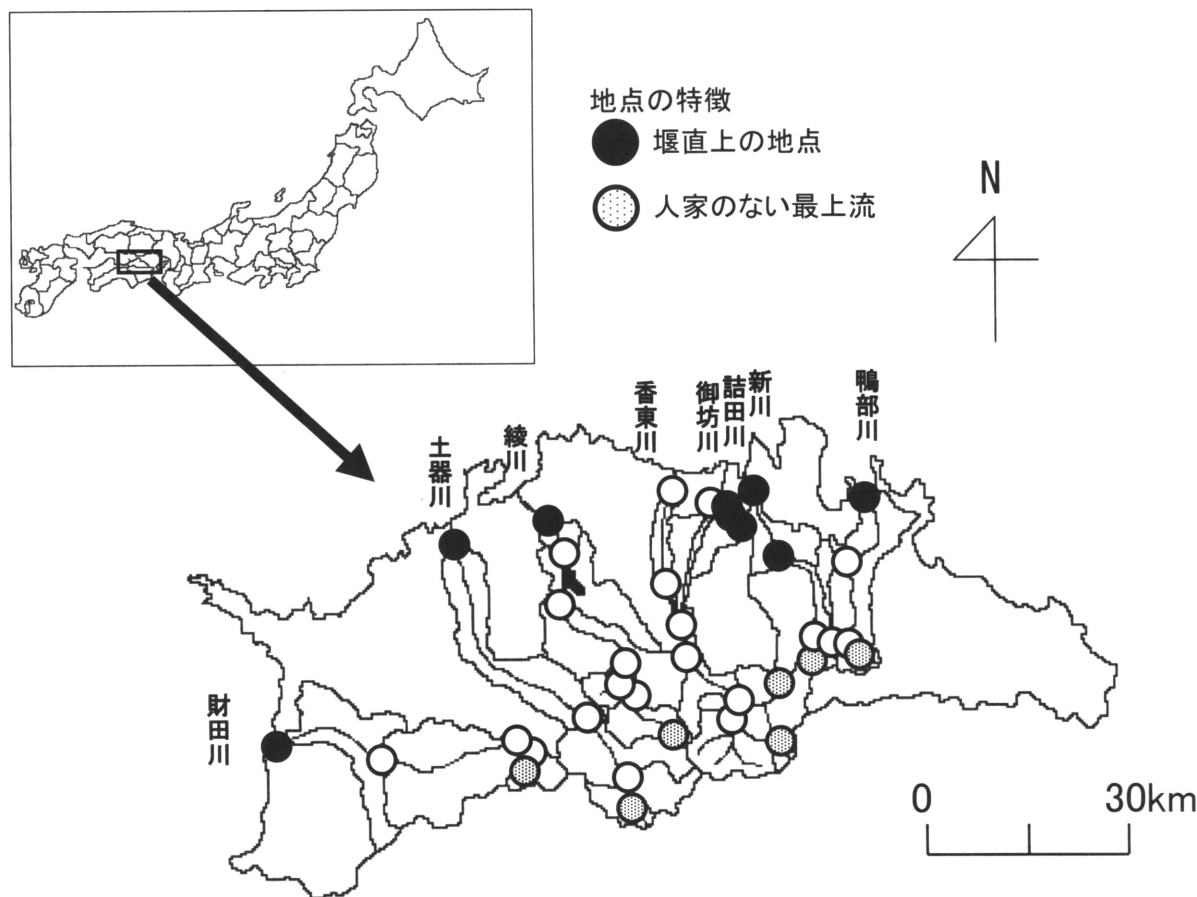


図2 讃岐平野調査概要図

3.2.2 讃岐平野における河川の水質

観測期間中のDOは2.1~19mg/l、酸素飽和度は25~185%だった(図10)。最下流地点において、2005年2月の新川、綾川、6月の香東川以外の河川、11月の新川、香東川、土器川は120~185%と高かった。一方で、2月の詰田川、土器川、財田川、6月の香東川は25~64%で、特に6月の香東川で25%の最低値を示した。

観測期間中の窒素濃度は、 NO_3^- -N濃度が0.07~3.25mg/l(図11)、 NO_2^- -N濃度が0.34mg/l以下、 NH_4^+ -N濃度が3.21mg/l以下(図12)、Total-N濃度が0.15~9.30mg/l(図13)であった。 NO_3^- -N濃

度は最上流地点では、0.15~2.15mg/l、最下流地点では0.07~3.25mg/lであった。最下流地点では、特に堰が設けられている地点で高くなる傾向にあり、2.10~3.25mg/lであった(図11)。 NH_4^+ -N濃度は最上流地点では0.01mg/l以下と低かったが、下流へいくに従い濃度は高くなった(図12)。Total-N濃度は最上流地点で0.15~2.30mg/l、最下流地点で0.43~7.45mg/lであった(図13)。各態の窒素は全体的には2月に最も高くなった。リン濃度は PO_4^{3-} -P濃度が1.34mg/l以下(図14)、Total-P濃度が1.57mg/l以下(図15)で、ともに最上流地点で低く、下流にいくに従って高くなる傾

表2 観測地点の集水域における土地利用(琵琶湖集水域)

地点	集水域 (km ²)	人口 (×10 ² 人)	水田 (km ²)	森林 (km ²)	人口密度 (×10 ² 人/km ²)	水田 (%)	森林 (%)
大川	1	3.0	0	2.9	0	1	95
	2	20.2	2	17.9	0.1	8	89
丁野木川	1	0.0					
	2	10.6	42	7.2	0.5	3.9	68
	3	10.8	42	7.3	0.5	4.0	68
姉川	1	0	0	0	0	0	100
	2	100.7	3	0.7	98.9	0	1
	3	185.0	26	2.7	179.3	0.1	1
	4	393.7	299	33.2	343.3	0.8	8
	5	404.6	370	38.7	343.6	0.9	10
安曇川	1	1.9	1	0.0	1.8	0.4	1
	2	146.3	16	1.4	141.3	0.1	1
	3	270.9	41	4.6	258.2	0.2	2
	4	295.0	83	6.7	278.0	0.3	2
	5	306.0	277	8.5	284.5	0.9	3
犬上川	1	17.0	0	0	16.5	0	0
	2	99.1	96	6.8	85.7	1.0	7
	3	101.6	122	7.2	86.0	1.2	7
安食川	1	2.0	62	1.4	0.0	31.0	72
	2	6.9	91	5.2	0.1	13.3	76
	3	14.3	206	9.8	0.2	14.4	69
宇曾川	1	6.0	0	0.0	6.0	0	0
	2	10.0	26	0.4	9.1	2.6	4
	3	82.3	285	43.6	16.7	3.5	53
	4	84.7	292	44.2	17.6	3.4	52
野洲川	1	0.9	0	0	0.1	0	0
	2	123.2	100	7.6	105.4	0.8	6
	3	292.6	637	55.5	188.7	2.2	19
	4	368.3	1041	70.2	226.8	2.8	19
	5	382.4	1169	71.5	232.3	3.1	19
法竜川	1	1.0	12	0.1	0.0	11.8	12
	2	8.0	108	4.4	0.0	13.5	55
堺川	1.7	19	0.6	0.0	10.9	77	0
藤ノ木川	11	2.1	2	0.0	1.7	0.9	0
	2	2.9	4	0.1	1.8	1.6	3
柳川	1	1.0	1	0.0	0.5	1.0	0
	2	3.6	25	0.2	2.1	6.8	5

*1を集水域の最上流地点とし、面積は源流からの積算値とする

向を示した。PO₄³⁻-P濃度は最上流地点で低く、0.02mg/l以下であり、最下流地点では0.04～0.76mg/lで変動した。Total-P濃度は最上流地点で0.03mg/l以下、最下流地点では0.04～0.81mg/lであった。リンに関しては、全体的に6月に高くなる傾向にあった(表4)。

観測期間中のSS濃度は0.03～48mg/lで分布した(図16)。最下流地点においては6月の新川、詰田川、御坊川、土器川、財田川で24～48mg/lと高濃度であった。

4. 考察

4.1 琵琶湖集水域

先に述べたように、各観測日における全地点におけるTotal-N濃度、Total-P濃度の平均値はTotal-N濃度は大きく変化しなかったが、Total-P濃度は5月が著しく高かった(表4)。琵琶湖集水域最下流地点ではTotal-N濃度、Total-P濃度の平均値は代掻き期の5月にTotal-N濃度で1.2倍、Total-P濃度で2.3倍となっていた(表5)。代掻き時の水田の排水路で窒素、リン濃度は高いことが知られている(Total-N 5～7mg/l、Total-P 0.6～0.8mg/l)⁵⁾。表6に各地点における集水域の水田面積の割合と

表3 観測地点の集水域における土地利用(讃岐平野)

地点No	集水域(km ²)	人口(×10 ² 人)	水田(km ²)	森林(km ²)	人口密度(×10 ² 人/km ²)	水田(%)	森林(%)
鴨部川	1	0	0	1.4	0.0	0	100
	2	3	0.6	8.3	0.3	7	93
	3	3	0.6	9.0	0.3	7	93
	4	101	15.5	9.5	3.5	54	33
新川	5	230	21.9	33.5	3.5	33	51
	1	0	0	0.6	0.0	0	93
	2	1	0.4	1.3	0.7	25	73
	3	276	21.7	18.0	5.6	44	36
	4	506	32.5	23.6	6.9	44	32
詰田川	1						
	2	433	8.5	0	31.9	63	0
	3	462	8.7	0	33.0	62	0
御坊川	1						
	2	568	10.3	0.8	28.4	51	4
香東川	1	0	0.1	0.5	0.3	17	80
	2	0	0	1.2	0.0	0	95
	3	7	0.4	27.8	0.2	1	90
	4	26	3.7	67.0	0.3	5	89
	5	38	5.8	82.3	0.4	6	88
	6	75	7.9	73.6	0.8	8	75
	7	263	13.3	84.7	2.4	12	77
綾川	1	0	0	1.5	0.0	0	95
	2	9	0.9	20.1	0.4	4	92
	3	4	0.9	6.6	0.6	11	86
	4	16	2.2	30.4	0.5	6	89
	5	111	20.4	62.9	1.2	22	69
	6	280	35.0	72.6	2.2	27	56
	7	312	36.9	74.7	2.3	27	54
土器川	1	0	0	3.6	0.0	0	94
	2	6	1.5	27.2	0.2	5	86
	3	20	2.8	64.0	0.3	4	90
	4	491	31.1	85.0	3.6	23	62
財田川	1	0	0	0.4	0.0	0	100
	2	1	0.1	11.9	0.1	1	99
	3	1	0.2	13.2	0.1	1	97
	4	87	14.5	66.7	0.9	15	69
	5	309	33.2	83.4	2.1	22	56

*1を集水域の最上流地点とし、面積は源流からの積算値とする

DO (%)

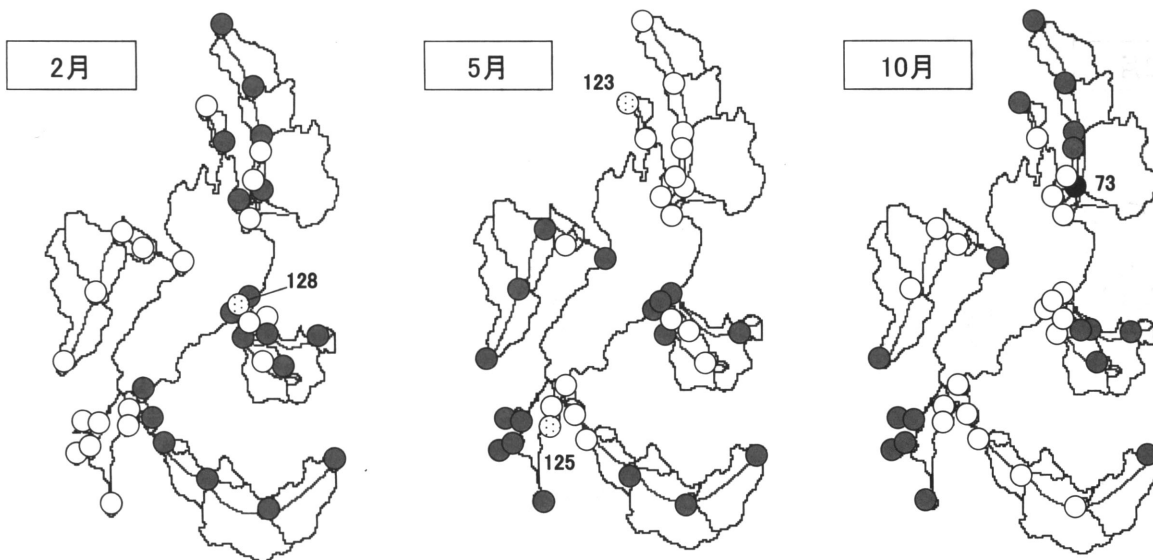
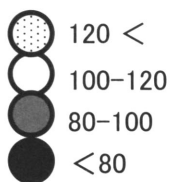


図3 琵琶湖集水域における溶存酸素飽和度の分布

NO_3^- -N (mg/l)

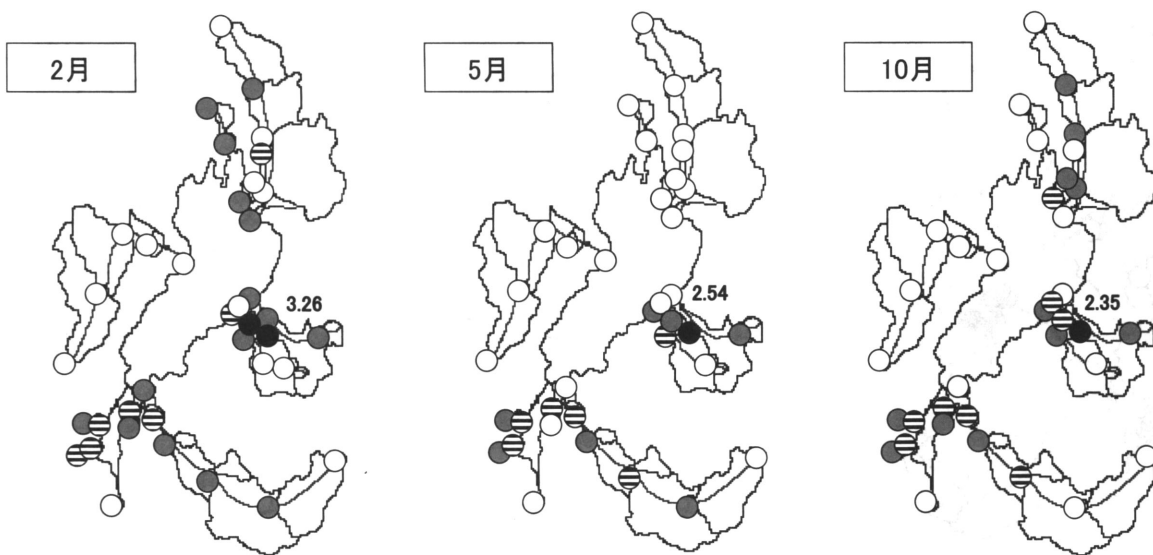
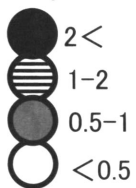


図4 琵琶湖集水域における NO_3^- -Nの分布

NH₄⁺-N (mg/l)

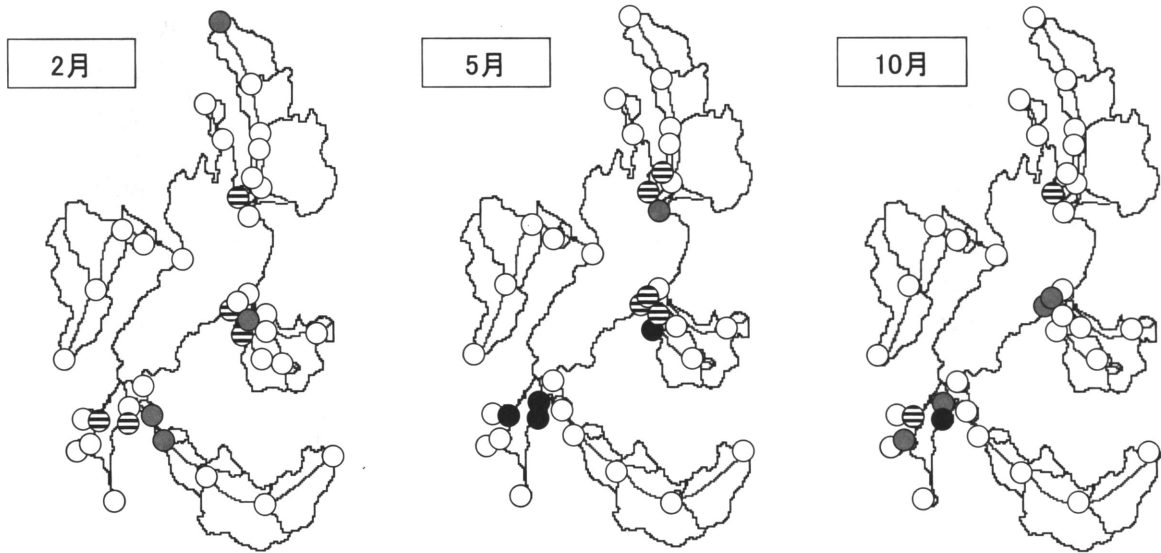
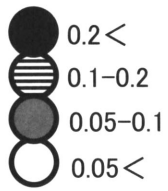


図5 琵琶湖集水域におけるNH₄⁺-Nの分布

Total-N (mg/l)

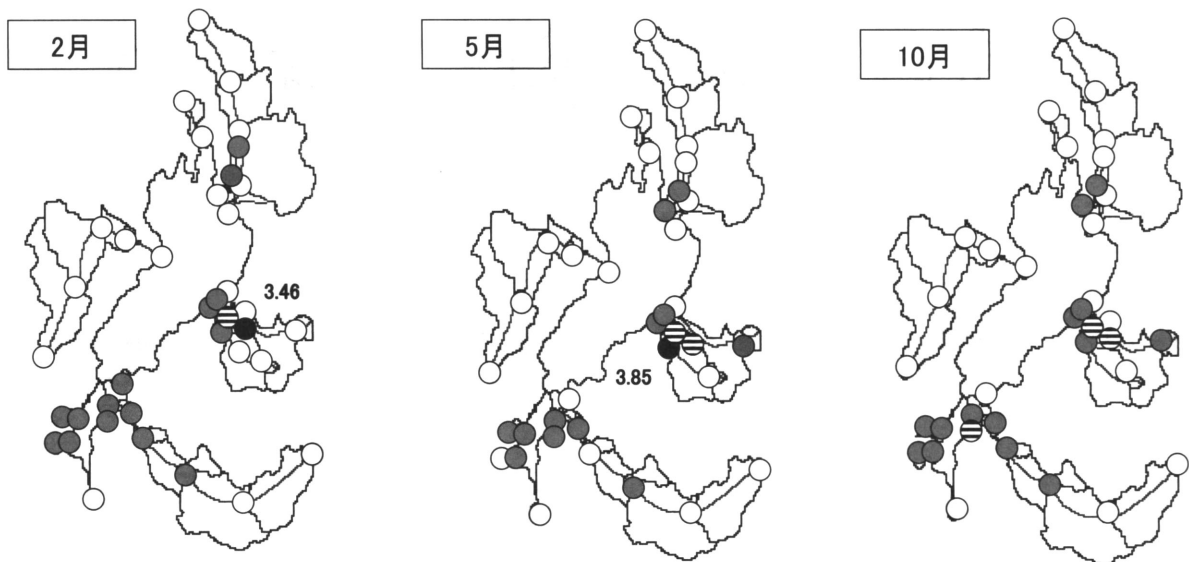
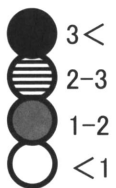


図6 琵琶湖集水域におけるTotal-Nの分布

PO₄³⁻-P (mg/l)

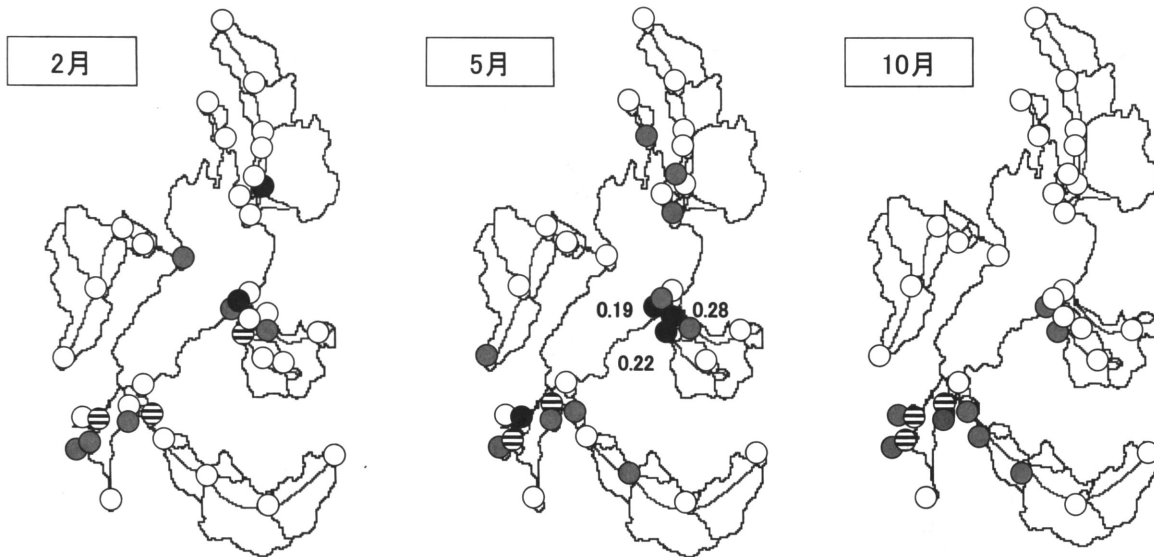
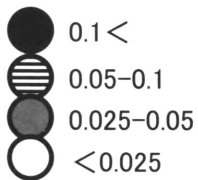


図7 琵琶湖集水域におけるPO₄³⁻-P濃度の分布

Total-P (mg/l)

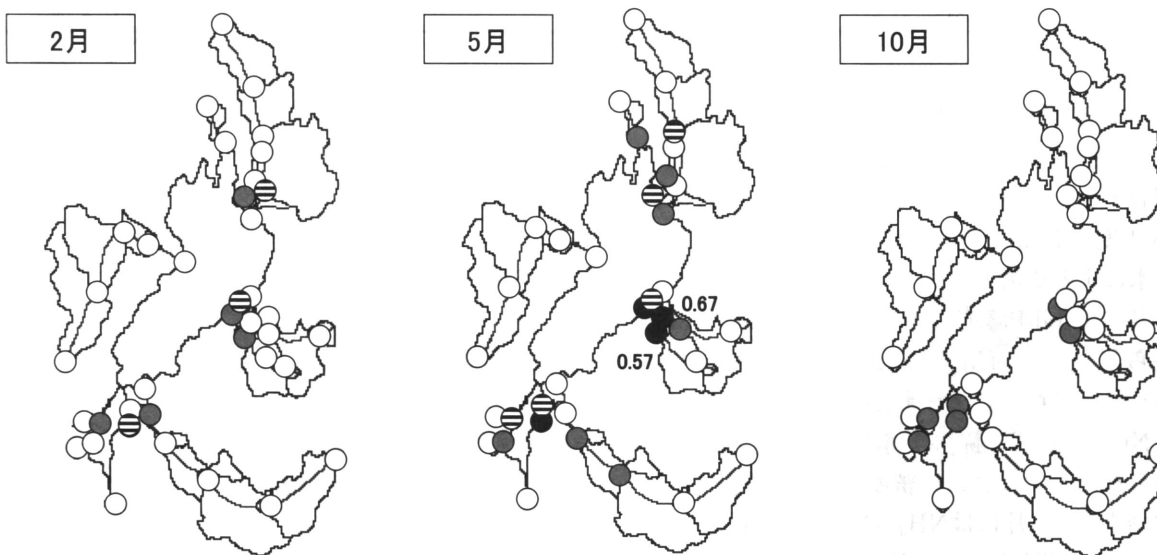
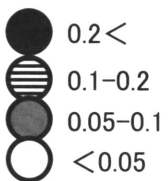


図8 琵琶湖集水域におけるTotal-P濃度の分布

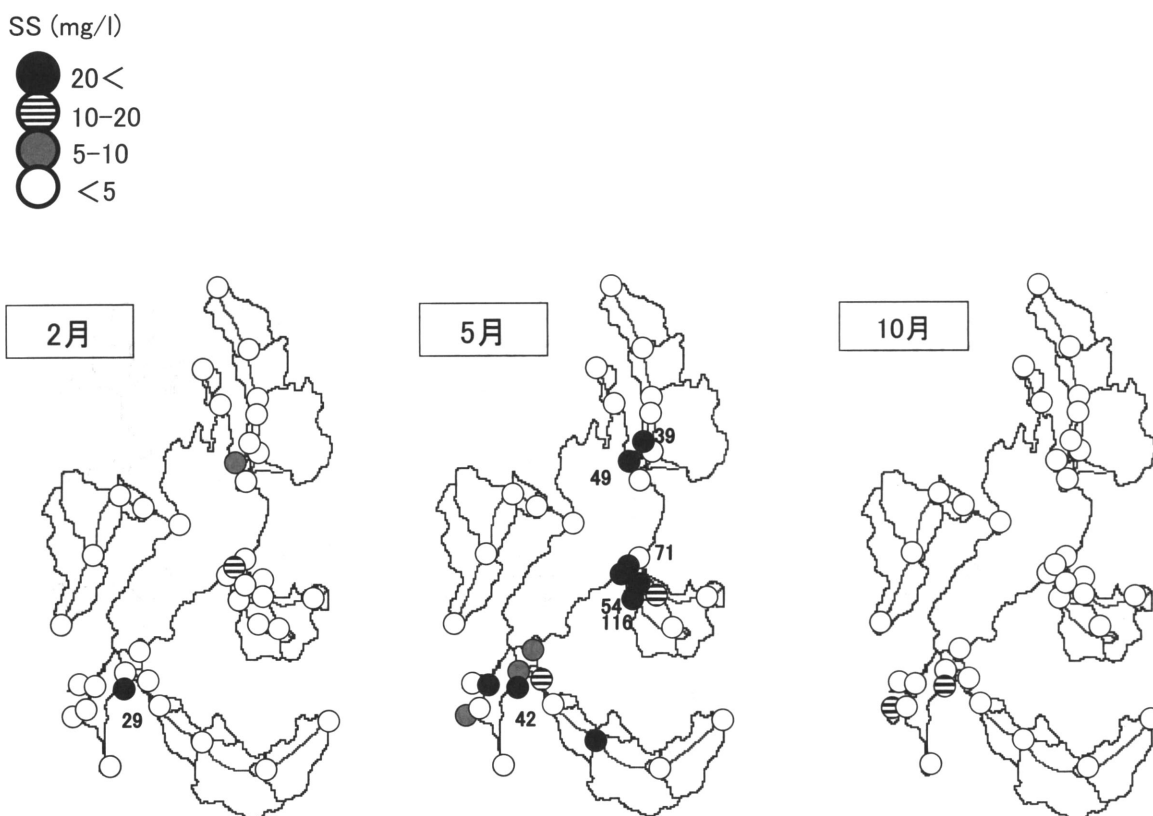


図9 琵琶湖集水域におけるSS濃度の分布

表4 全地点における各化学種の平均値

物質	琵琶湖集水域			讃岐平野		
	2月	5月	10月	2月	6月	11月
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	0.78	0.63	0.75	1.26	0.74	1.05
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	0.04	0.06	0.04	0.35	0.18	0.15
Total-N (mg/l)	1.02	0.96	1.25	2.16	1.45	1.64
PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	0.03	0.03	0.02	0.08	0.15	0.04
Total-P (mg/l)	0.04	0.11	0.03	0.11	0.20	0.09
SS (mg/l)	3.31	15.59	2.24	—	9.86	4.74

各態の窒素濃度、リン濃度、SS濃度との関係を示した。5月のTotal-N濃度、Total-P濃度は水田面積の割合と良い相関があることから、この時期、Total-N濃度、Total-P濃度が高くなっていたのは、水田排水による影響が大きいと考えられる。この時期の特にTotal-P濃度は濃度も著しく高くなることから（表4）、河川のTotal-Pは水田排水の影響を強く受けていることがわかる。溶存態に関しては、NO₃⁻-N濃度を除いて水田面積との間に相関がみられた。次に、人口密度と河川水質との関係は代掻き期の5月にはNH₄⁺-N、PO₄³⁻-P濃度を除いて有為な相関はみられず、農閑期の10月には全ての項目で良い相関がみられた（表6）。このこ

とから、琵琶湖集水域の河川下流域では、代掻き期には水田排水の影響を強く受けた水質になり、農閑期には水田からの排水の影響が少なくなることから、生活廃水の影響を強く受けた水質になったと考えられる。

4.2 讃岐平野の河川

先に述べたように、各観測日における全地点における各態の窒素濃度は2月に高くなる傾向にあった。Total-P濃度は6月が高かった（表4）。讃岐平野の河川最上流では、すべての期間において、Total-N濃度が多くの地点で1mg/lを超えていた（図13）。讃岐平野では年平均降水量が全国平均値

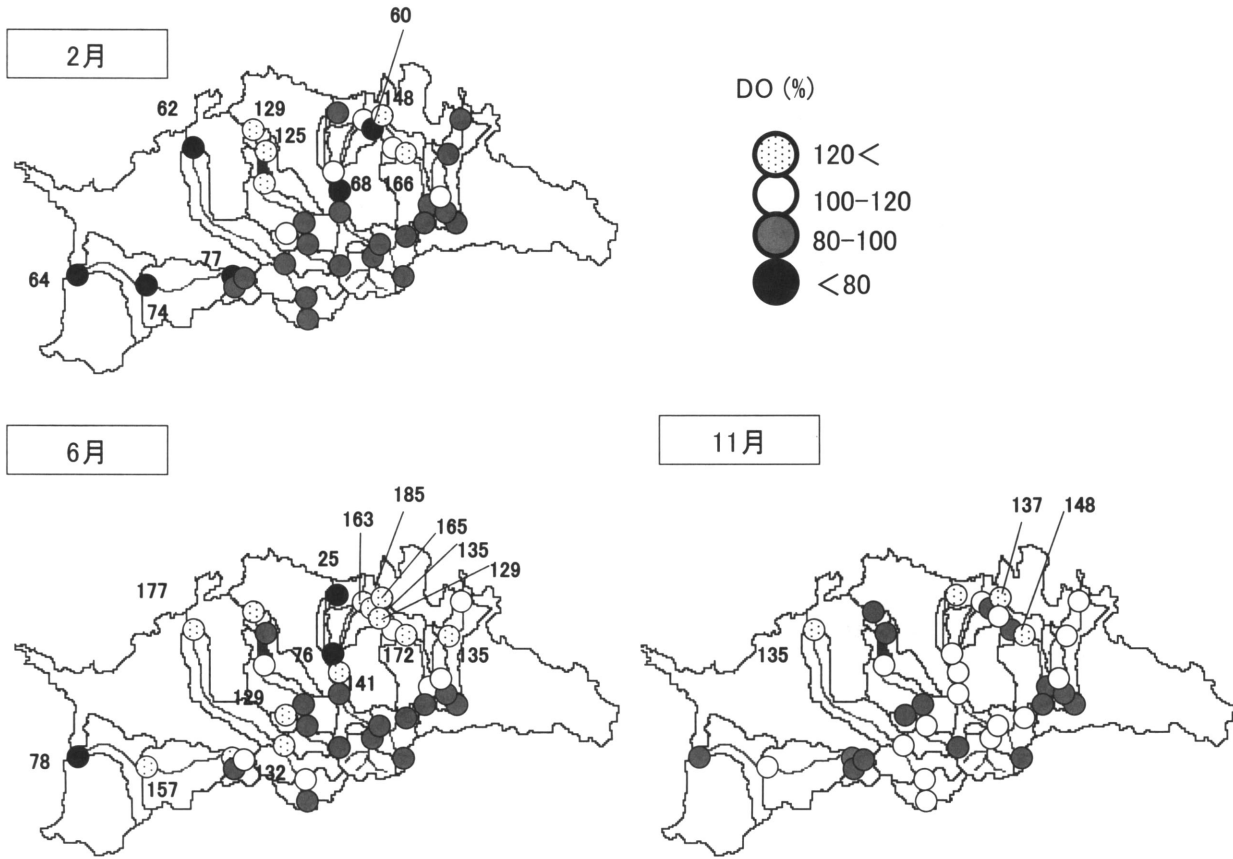


図10 讃岐平野における酸素飽和度の分布

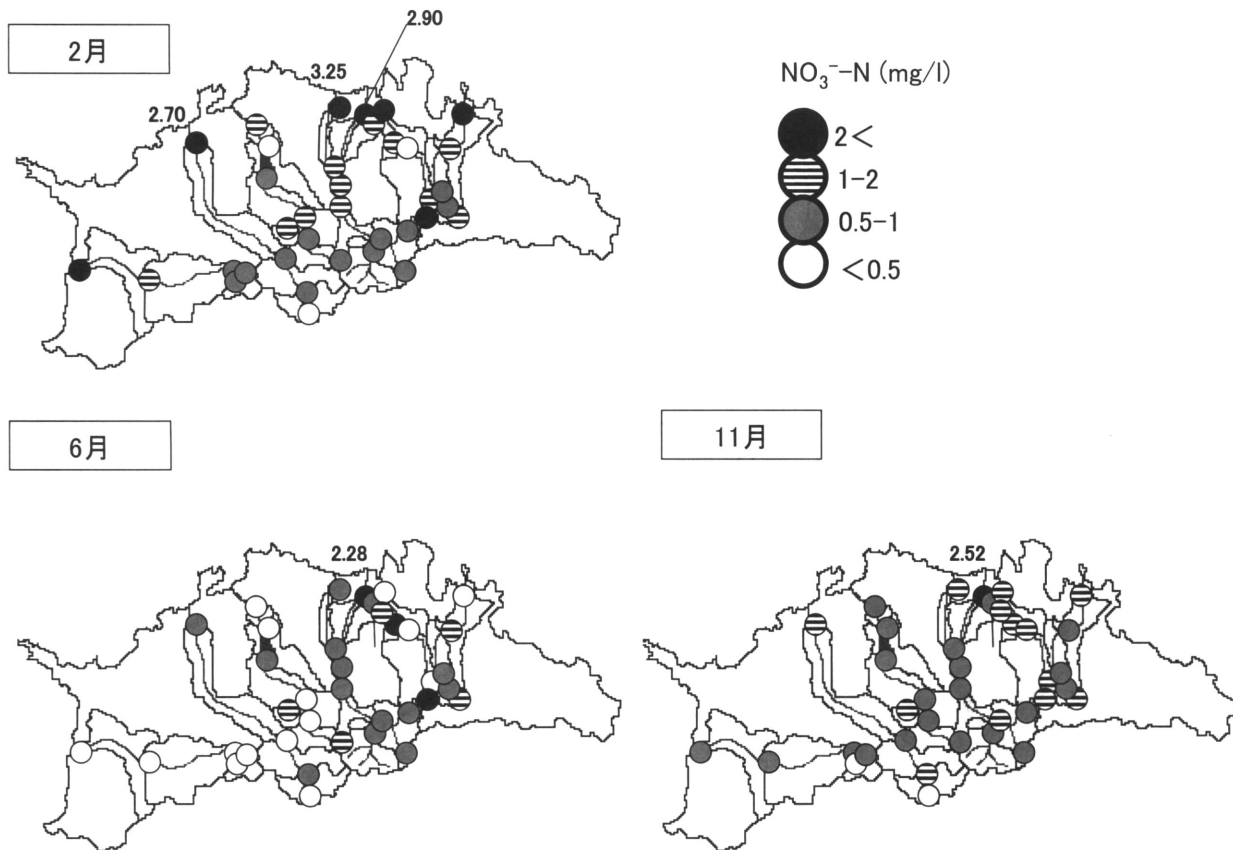


図11 讃岐平野における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の分布

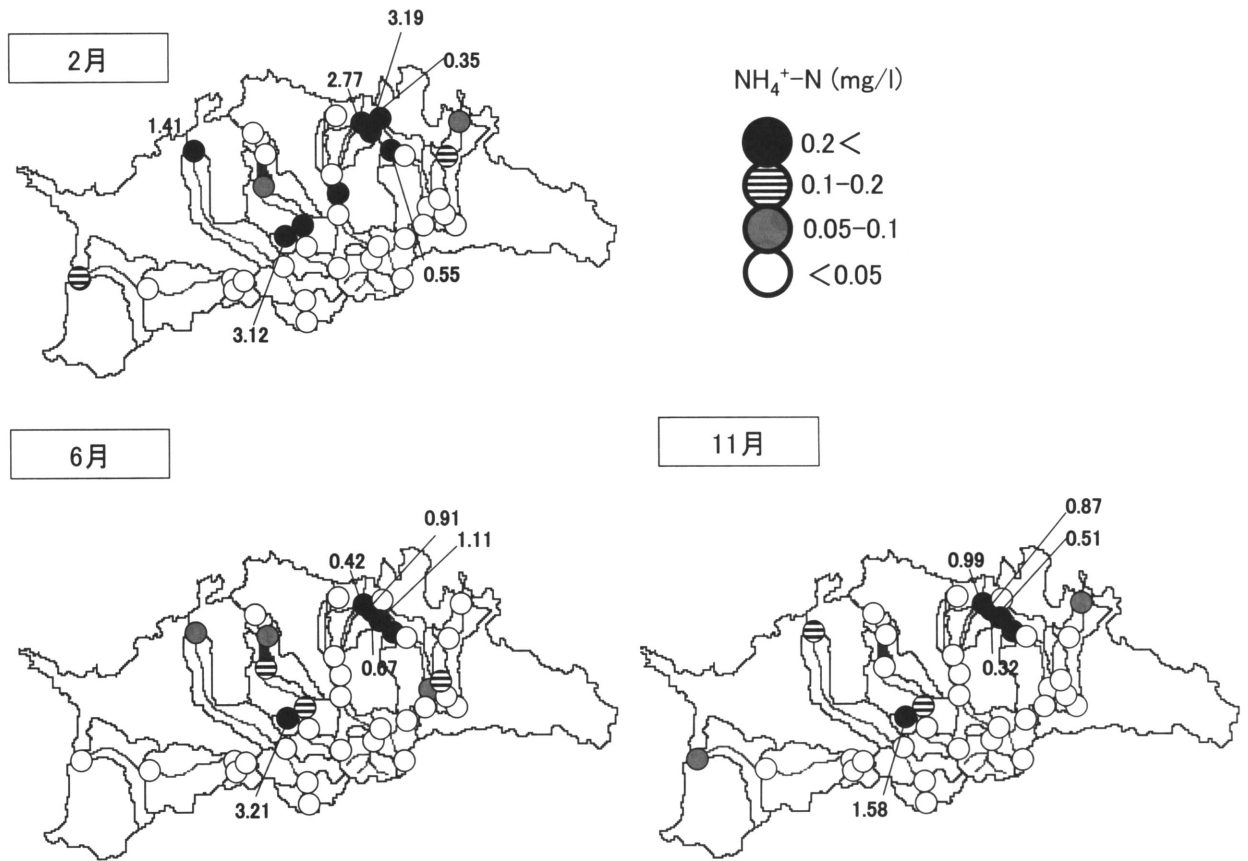


図12 讃岐平野における $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度の分布

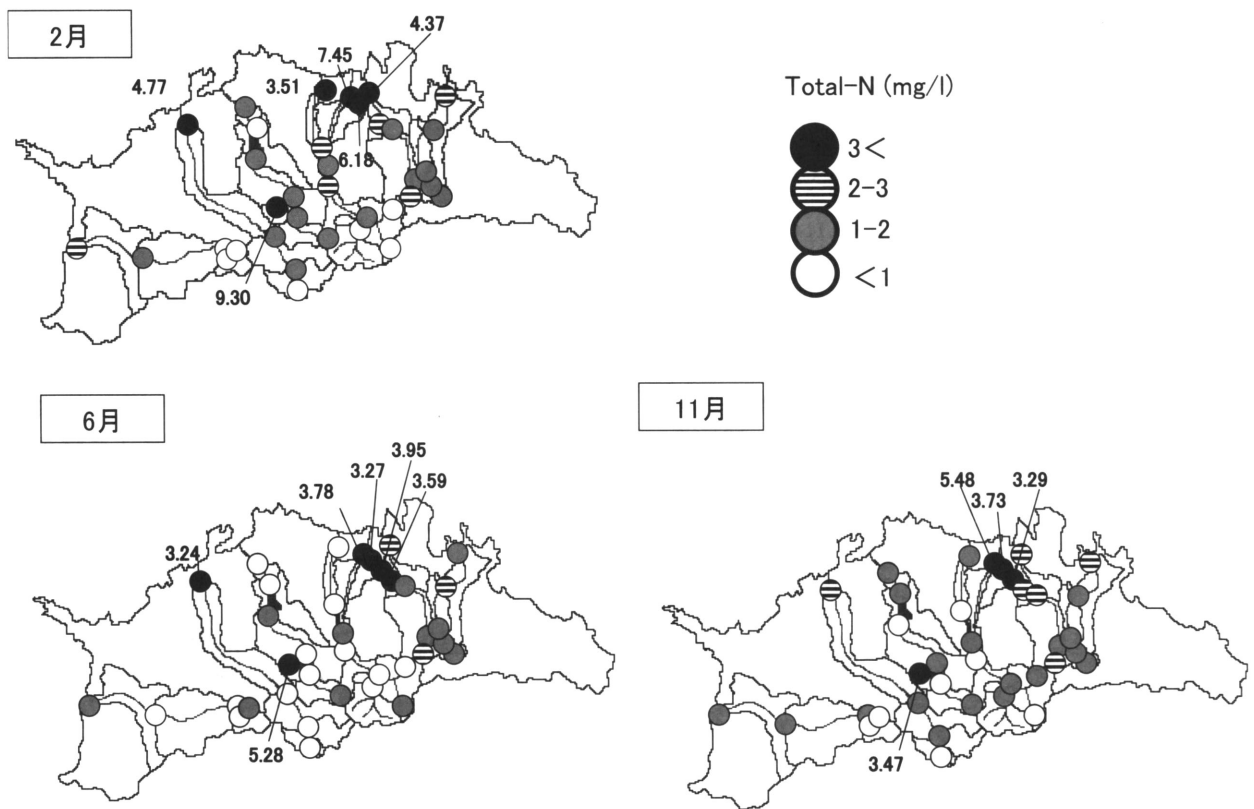


図13 讃岐平野におけるTotal-N濃度の分布

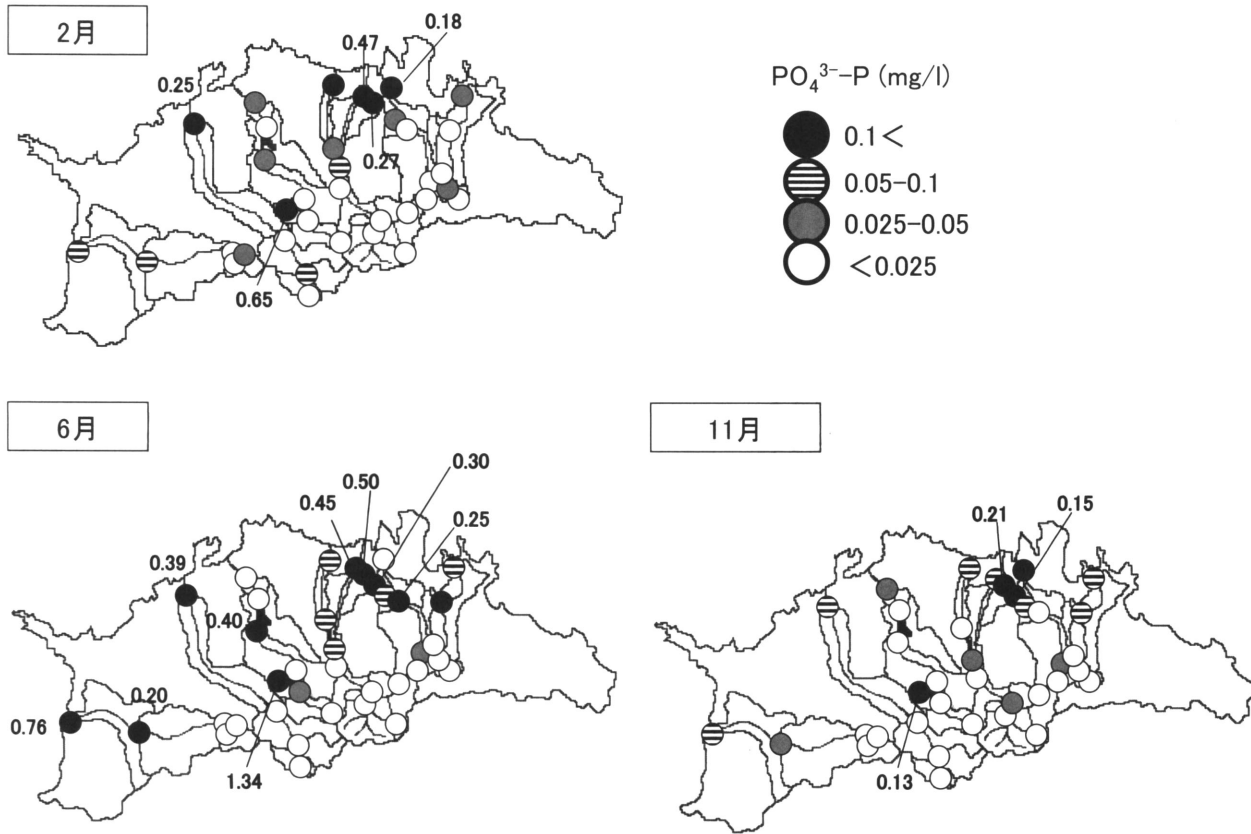


図14 讃岐平野におけるPO₄³⁻-P濃度の分布

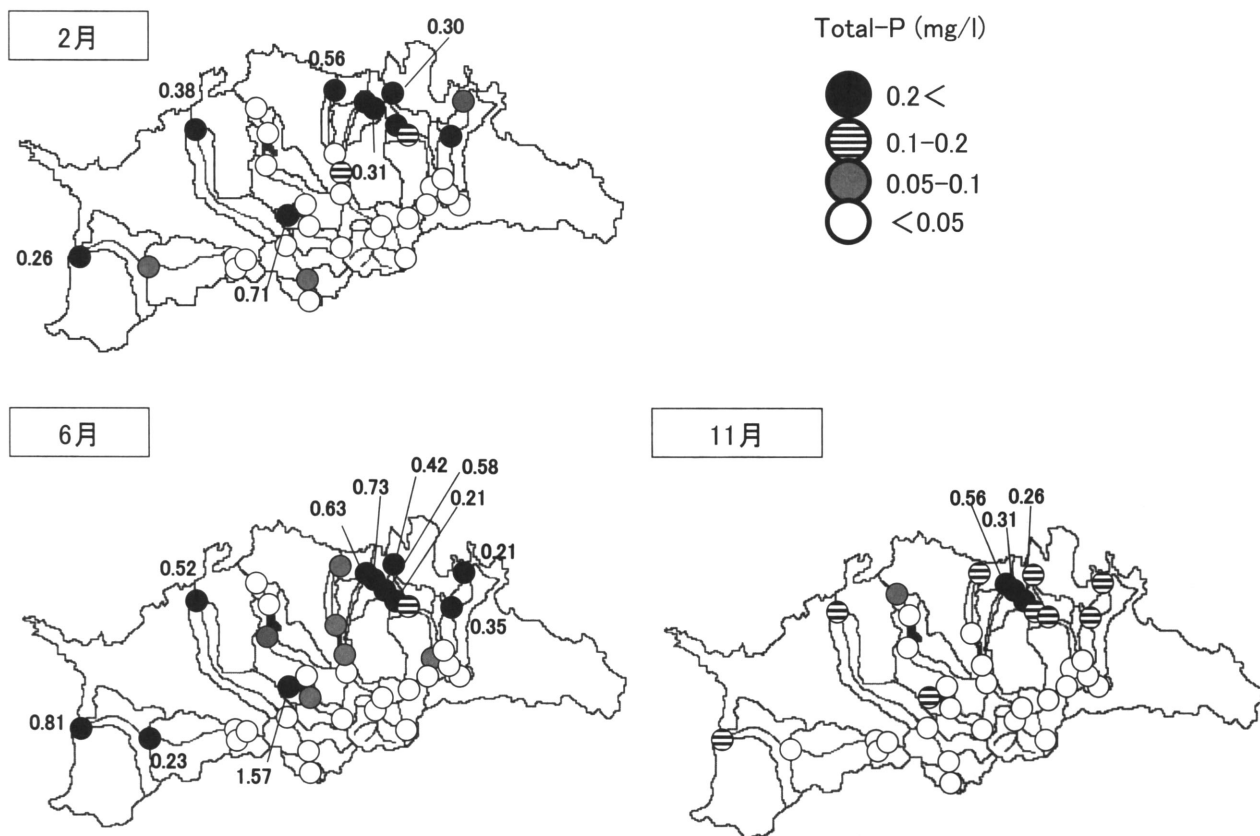


図15 讃岐平野におけるTotal-P濃度の分布

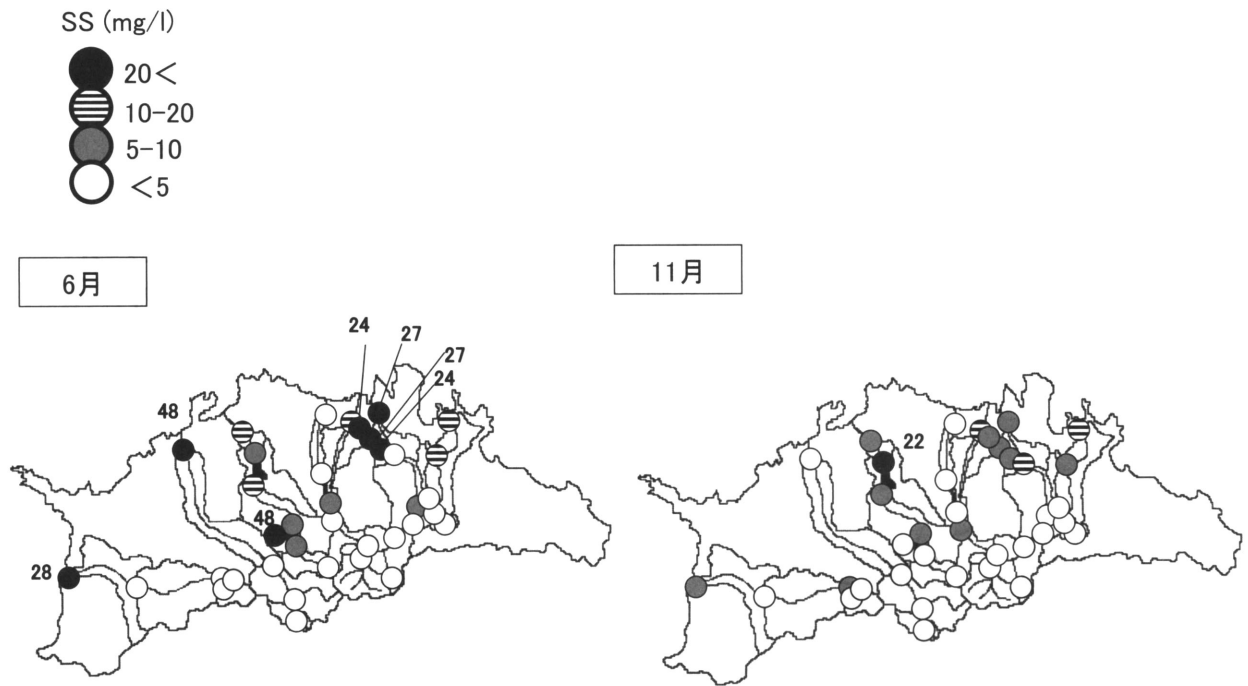


図16 讃岐平野におけるSS濃度の分布

表5 琵琶湖集水域と讃岐平野における生元素濃度の比較

	地点	琵琶湖集水域			讃岐平野		
		2月	5月	10月	2月	6月	11月
Total-N濃度 (mg/l)	最上流	0.56	0.42	0.36	1.16	1.17	0.99
	最下流	1.07	1.24	1.10	3.24	1.48	1.62
Total-P濃度 (mg/l)	最上流	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
	最下流	0.04	0.09	0.04	0.22	0.35	0.12

表6 琵琶湖集水域における土地利用と生元素濃度との相関 (r) (下線は $p < 0.001$)

物質	2月			5月			10月		
	水田 (%)	人口密度 (人/km ²)	森林 (%)	水田 (%)	人口密度 (人/km ²)	森林 (%)	水田 (%)	人口密度 (人/km ²)	森林 (%)
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	<u>0.546</u>	0.336	-0.582	0.460	0.461	-0.521	<u>0.768</u>	0.586	-0.657
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	<u>0.559</u>	0.211	-0.470	<u>0.644</u>	0.624	-0.582	<u>0.579</u>	0.516	-0.462
Total-N (mg/l)	<u>0.660</u>	0.361	-0.674	<u>0.677</u>	0.490	-0.636	<u>0.787</u>	0.573	-0.787
PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	0.391	0.062	-0.489	<u>0.521</u>	<u>0.636</u>	-0.506	<u>0.277</u>	<u>0.687</u>	-0.463
Total-P (mg/l)	<u>0.526</u>	0.060	-0.559	<u>0.665</u>	0.335	-0.628	0.485	<u>0.671</u>	-0.587
SS (mg/l)	<u>0.575</u>	0.110	-0.534	<u>0.616</u>	0.278	-0.617	0.238	<u>0.616</u>	-0.347

表7 讃岐平野における土地利用と生元素濃度との相関係数 (r) (下線は $p < 0.001$)

物質	2月			6月			11月		
	水田 (%)	人口密度 (人/km ²)	森林 (%)	水田 (%)	人口密度 (人/km ²)	森林 (%)	水田 (%)	人口密度 (人/km ²)	森林 (%)
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	<u>0.286</u>	0.277	-0.345	0.201	0.425	-0.217	0.453	0.410	-0.482
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	<u>0.528</u>	0.755	-0.564	0.242	0.326	-0.224	0.446	<u>0.572</u>	-0.467
Total-N (mg/l)	<u>0.521</u>	0.619	-0.556	0.545	0.621	-0.545	0.731	0.780	-0.765
PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	0.417	<u>0.538</u>	-0.451	0.350	0.323	-0.363	<u>0.729</u>	0.744	-0.735
Total-P (mg/l)	<u>0.530</u>	0.548	-0.561	0.489	0.462	-0.500	<u>0.819</u>	0.830	-0.861
SS (mg/l)	-	-	-	<u>0.589</u>	0.416	-0.574	<u>0.655</u>	0.393	-0.644

の2/3程度であり、河川源流域の森林内において、水が蒸発する割合が相対的に高くなることから、窒素が濃縮され、最上流域における窒素濃度が高くなっていることが指摘されている¹⁰⁾。これが、讃岐平野の河川最上流域で高濃度の窒素がみられた原因と考えられる。表7に各河川集水域の水田面積の割合と各態の窒素濃度、各態のリン濃度、SS濃度との関係を示した。代掻き期の6月のTotal-P濃度と水田面積とは琵琶湖集水域でみられたような良い相関はみられなかった。しかしながら、河川最下流域のTotal-P濃度は6月にその他の月の1.5~2倍と高かった(表5)。讃岐平野においては、代掻き期には窒素、リン濃度の低い吉野川の水(Total-N 0.3mg/l程度、Total-P 0.01mg/l以下)を用水として導水している。一方で、窒素、リン濃度の高いため池の水(Total-N 1.7mg/l(平均値)、Total-P 0.25mg/l(平均値)¹¹⁾)も灌漑用水として利用している。以上のことから、代掻き期の讃岐平野の河川の水質形成機構が複雑であるため、6月にリン濃度と水田面積とに良い相関がみられなかったと考えられる。次に、人口密度と各態の窒素、リン濃度、SS濃度との関係は代掻き期である6月にTotal-N濃度を除く全ての項目について相関がみられなかった。Total-N濃度も他の時期に比べて相関は低下していた。これは、上記のように、河川の水質形成機構が複雑であること、琵琶湖集水域と同様にその他の月と比較して農業用水の寄与が大きくなるため、相対的に生活排水の影響が少なくなることが考えられる。一方で、農閑期である2月または11月においては、Total-N、Total-Pと人口密度とに良い相関がみられた(表7)。窒素が集水域の土地利用との相関が良くなるのは水中に蓄積しやすい性質によるものと考えられる。

4.3 琵琶湖集水域と讃岐平野の河川の水質形成機構の特徴

琵琶湖集水域の河川の水質は、讃岐平野と比較すると窒素、リン濃度は低く、5月以外は河川下流域においても濃度は低かった(表5)。しかし、5月においてはTotal-P濃度がその他の月の2倍以上であり(表4)、集水域に占める水田面積の割合と良い相関があった(表6)。琵琶湖集水域では代掻き期の水田からは高濃度のリンを含む水が排水されていること分かっている¹²⁾。水田からの排水が河川下流域の水質形成に大きな影響を及ぼして

いることが琵琶湖集水域の河川の水質形成の特徴として挙げられる。

讃岐平野における河川の水質は、前述のように窒素濃度において、降水量が少ないため、河川最上流域で高い。また、最下流域においては特に2月に高くなる傾向を示す(表5)。図17に集水域の人口密度と農業排水の影響の少ない2月と11月のTotal-N濃度との関係を示した。このように、集水域の人口密度が同じでも、2月の方が傾きが大きく、Total-N濃度が高いことがわかる。讃岐平野における冬期(12、1、2月)の月平均降水量は40mm程度であり、これは多雨期を除く月平均降水量(約80mm)の1/2である。このように、讃岐平野の河川においては、降水量が減少することで、河川において水が滞留しやすくなり、Total-N濃度が高くなっていると考えられる。また、農閑期(2月、11月)の水質は人口密度と良い相関がみられたが、6月にはみられなかった。讃岐平野の農繁期においては、農業用水をため池や吉野川からの灌漑用水等、様々なところから河川に導水していることが、複雑な水質形成の要因として挙げられ、土地利用との関連を低くしている要因として挙げられる。このように、讃岐平野の河川の水質形成には降水量や灌漑用水などの水文的要因が大きな影響を与えていることが示唆された。特に、降水量が少ないことは、高い窒素濃度のみられるように、水質汚濁を促進する要因であると

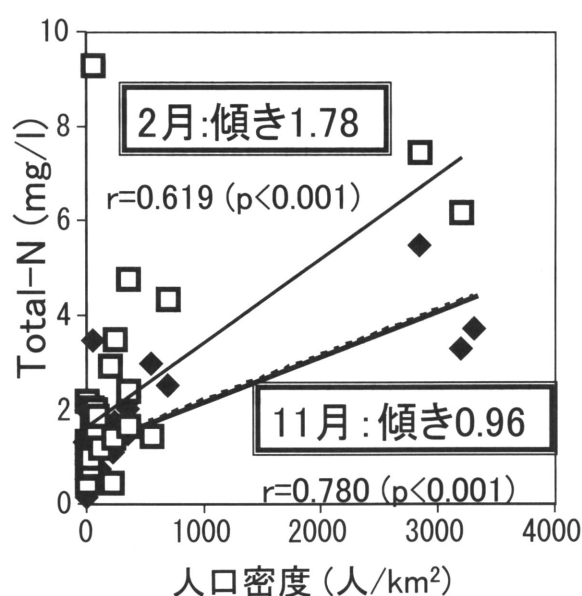


図17 讃岐平野の調査地点における集水域の人口密度とTotal-N濃度との関係

考えられる。

以上より、琵琶湖集水域と讃岐平野における水文環境の違いや水利用への反映が、河川の水質形成に大きな影響を与えていることがわかった。琵琶湖集水域においては農業排水が河川への窒素、リンの負荷に影響をあたえていることから、今後、農業用水の水管理の仕方を改善していくことで河川の水質を良好に保つことができると考えられる。一方、讃岐平野においては、集水域の土地利用に加えて、降雨が少ないことが、河川の水質を悪化させている要因と考えられた。しかしながら、農業用水が河川に流入する6月においては、2月や11月と比較して窒素濃度が減少した(表4)。これらのことから、讃岐平野においては、今後、集水域からの窒素、リンの負荷を低減させることに加え、讃岐平野へ導水している用水の活用など、水利用を考えていくことで、河川の水質を良好にすることができると思われる。

引用文献

- 1) 松井優実・松沢克典・矢野伸一・樋口澄男・中沢雄平「家庭雑排水の汚濁負荷原単位」『用水と廃水』(1987) 29 (21) 144-149
- 2) 中村栄一「琵琶湖の水質改善と下水道」『用水と廃水』(1996) 38 : 36-40
- 3) 平山公明・平山けい子・今岡正美・金子栄廣「下水道の普及に伴う小河川での水質変化に関する検討」『下水道協会誌』(2002) 39 : 151-166
- 4) 気象庁『気象年報』(2005)
- 5) 近藤正・三沢真一・豊田勝「代掻き田植時期のN, P成分の流出特性について」『農業土木学会論文集』(1993) 164 : 147-155
- 6) Scheiner, D., Determination of Ammonia and kjeldahl nitrogen by indophenol method. *Wat. Res.* (1976) 10 : 31-36
- 7) Murphy, J. and Riley, J. P., A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anl. Chim. Acta.* (1962) 27 : 31-36
- 8) D'Elia C. F., Stendler P. A. and Corwin N., Determination of total nitrogen in aqueous samples using persulfate digestion. *Limnology and oceanography.* (1977) 22 : 760-764
- 9) Menzel, D. W. and Corwin, N., The measurement of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limnol. Oceanogr.* (1965) 10 : 280-282
- 10) Nakashima, S. and Yamada, Y., Temporal-spatial distributions of high nitrogen concentrations in headwater areas of regions with low precipitation. *Limnology.* (2005) 6 : 53-60
- 11) 香川県水道局『水質試験年報』(2004)
- 12) 山田佳裕・井桁明文・中島沙知・三戸勇吾・小笠原貴子・和田彩香・大野智彦・上田篤史・兵藤不二夫・今田美穂・谷内茂雄・陀安一郎・福原昭一・田中拓弥・和田英太郎「しるかき期の強制落水による懸濁物、窒素とリンの流出圃場における流出実験」『陸水学雑誌』(2006) 67 (2) : 105-112

GIS作成用文献

- 1) ESRIジャパン：全国市町村界データ
- 2) 香川県河川砂防課：河川改修現況図 鴨部川、新川、詰田川、御坊川、香東川、綾川、財田川
- 3) 国土交通省：国土数値情報 土地利用メッシュ 平成9年 滋賀県土地利用メッシュデータ、香川県土地利用メッシュデータ
- 4) 国土交通省：等高線データ 数値地図 50mメッシュ標高
- 5) 国土交通省四国地方整備局：土器川管内図
- 6) 財団法人 統計情報研究開発センター：平成12年国勢調査(町丁・字等別地図境界データ 滋賀県、香川県)
- 7) 滋賀県水政課：滋賀県土地利用メッシュデータ平成7年