諏訪湖へ流入する宮川流域の栄養塩の流出特性

宮澤正徳[1]・田邊皇子[1,2]・北野　聡[1]

諏訪湖の主要流入河川である宮川の支流群について，全窒素・全リン濃度の平常時・降雨時の変化を調査した．支流によって全窒素・全リンの濃度に違いがみられ，流域内の畑地面積の割合が多い支流は全窒素・全リンの濃度が高くなることが明らかとなった．降雨時には畑地や水田を含む農耕地からの全リンの流出が多かった．

キーワード：全窒素，全リン，降雨時，農耕地，土地利用

1　はじめに

湖沼の富栄養化を解消する対策の検討には，流域からの汚濁負荷の流入状況を把握することが重要であり，これまで日本各地の富栄養湖では数多くの流入実態調査が行われてきている[1)~3)]．

諏訪湖は，1960 年代後半からアオコ等の植物プランクトンの大量増殖が問題となっていた[4)]．そのため，長野県では 1987 年度から湖沼水質保全計画を策定し，諏訪湖内の栄養塩等（窒素，リン，COD）の濃度を低下させるための各種対策を講じてきた．さらに，2007 年度に策定した第 5 期湖沼水質保全計画からは，諏訪湖に流入する汚濁負荷量の 7～8 割を占めていると推測されている上川・宮川流域を「流出水対策地区」に指定し，汚濁負荷の発生抑制と諏訪湖への流入抑制を行ってきた[5)]．

一般的に農耕地（畑地）からの肥料成分の流出により河川水質の窒素濃度が高くなることが多い[6)]．河川の水質定期観測データ[7),8)]によると，全窒素濃度の年平均値は 1989 年から 2022 年においては宮川が上川よりも 3 倍程度高い．そこで，本調査では，全窒素濃度の高い宮川の支流群について，水質特性と土地利用の関係について検討を行った．

2　方法

2．1　調査地の概要

宮川は、八ヶ岳連峰南西部に源を持つ矢ノ口川，阿久川，大早川，前沢川，弓張川や，入笠山から流出する大沢川などが合流して，諏訪湖の南岸に流入する流域面積約 100 km^2 の河川である．入笠山側からの河川の水質は人為的な影響は少ないが，多くの支流が八ヶ岳南麓に広がる農耕地を貫流するため，農業排水の影響の大きい河川とされる[9)]．調査をおこなった宮川流域（図 1a）の面積は諏訪湖の流出水対策地区の約 3 割を占める．

データを比較できる 1989 年度から 2022 年度の公共用水域常時監視データ[7),8)]を用いて，諏訪湖に流入する宮川，上川と諏訪湖湖心（表層）の全窒素濃度及び全リン濃度の年平均値の経年変化を示す（図 2）．宮川（図 1 の地点 24）の全窒素濃度は，期間を通じて徐々に低下しているものの，上川や諏訪湖湖心に比べて高い値を示していることから，長期にわたって高濃度の窒素の流出が続いていることが分かる（図 2a）．宮川の全リン濃度は，上川や諏訪湖湖心と大きな差がみられなかった（図 2b）．また，1999 年頃以降は全リン濃度の変化が少ないため，全リンの流出量の変動は少ないと推測できる．

なお，茅野市と諏訪市の境界付近の狭隘部より下流は，上川との合流や派川が入り組んでいて宮川のみの特徴を把握しにくいため，調査対象地域から除外した（図 1a）．

2．2　調査地点

宮川流域全体の水質変動をとらえるため，宮川の本支流に計 23 地点を設定した（表 1）．宮川本流については，調査対象地域の最下流（地点 1）と，上流部（地点 23）の合計 2 地点を選定した．宮川の支流については，国土地理院地図やGIS等で河川流路の記載があり，かつ安全に採水できる支流 21 地点を選定した．各調査地点について，国土交通省国土地理院の基盤地図情報の数値標高モデル[10)]と地形図の等高線データから流域界を定めたうえで，国土交通省の国土数値情報・土地利用細分メッシュデー

1　長野県諏訪湖環境研究センター　〒394-0081　長野県岡谷市長地権現町 4-11-51
2　現：退職

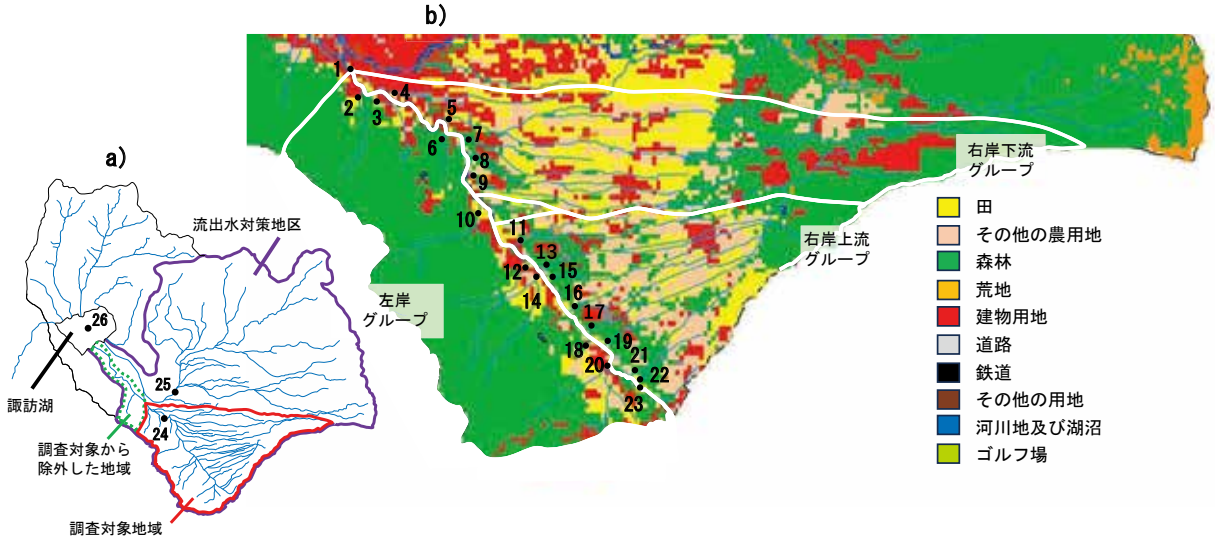


図 1　諏訪湖流域，流出水対策地区，調査対象地域の位置関係（a）および調査対象地域の土地利用（b）

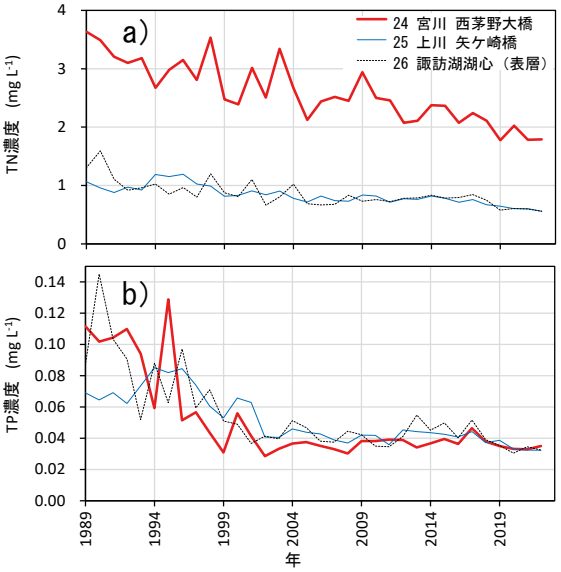


図 2　公共用水域常時監視業務データに基づく諏訪湖内と諏訪湖流入河川の全窒素濃度（a）と全リン濃度（b）の経年変化

タ [11] を利用して，各流域の土地利用種別の面積を求めた（図 1b）．

2．3　調査日

調査は 2017 年 4 月から 2018 年 3 月にかけて，原則として四半期に 1 回，平常時及び降雨時に実施した．「平常時」は河川状況に降雨による増水や濁り等の影響が見られない日を対象とし，「降雨時」は気象庁の観測（諏訪，原村）による連続降雨量が 10 mm 以上となった日を対象とした．降雨時には，降雨終了から 24 時間以内に調査した．「平常時」は 2017 年 5 月 9 日，9 月 20 日，12 月 5 日，2018 年 3 月 13 日の計 4 回，「降雨時」は 2017 年 6 月 22 日，11 月 23 日，12 月 25 日，2018 年 3 月 1 日の計 4 回とした．

2．4　採水ならびに環境計測

現地での採水については，川岸に降りられる場合は，柄杓を用いて採水してフタ付ポリビンに移すか，またはフタ付ポリビンに直接採水した．川岸に安全に降りられない場合は，橋上からひも付きバケツを水面に降ろして採水し，フタ付ポリビンに移した．

流速は，流速計（JIS K0102 8.4）または浮木測定 [12] を用いた．水深と川幅は，川岸に降りられる場合は検尺で測定し，川岸に降りられない場合には橋上から測深錘と巻尺で測定した．

2．5　水質分析

全窒素の測定は，ペルオキソ二硫酸カリウム分解－紫外線吸光光度法（JIS K0102 45.2）を用いた．全リンの測定は，ペルオキソ二硫酸カリウム分解－モリブデン青・アスコルビン酸還元吸光光度法（JIS K0102 46.3.1）を用いた．

2．6　負荷量の推定

採水地点の河川断面が四角形に近い場合は，川幅，水深，流速の積を河川流量とした．採水地点の河川断面が三角形に近い場合は，川幅，水深，流速，1/2 の積を河川流量とした．測定した水質濃度と河川流量の積を負荷量とした．また，全支流と上流部の宮川（地点 23）の負荷量の合計を，対象地域の最下流の宮川（地点 1）における負荷量で除し，各

支流末端における負荷量が宮川本流（下流）における負荷量に占める割合を求めた．

2．7　クラスター分析

各地点における水質は，流域の土地利用に大きな影響を受けると考えられる．そこで既存報告[13]の方法を参考に，各地点の土地利用種別の面積割合に対して，ウォード法によるクラスター分析（グループ化）を行ったうえで，多次元尺度法により二次元空間に配置した．分析と配置には，Microsoft 社製 Excel2021 上で動くフリーソフト「HAD ver 17.10」[14]を使用した．なお，上流部の宮川（地点 23）の流域は宮川支流と同様の規模と地形であるため，上流部の宮川（地点 23）も宮川支流のひとつと位置付けて分析した．

3　結果および考察

3．1　土地利用によるグループ分け

土地利用の種別の面積割合（表 1）によってクラスター分析をしたところ，各地点は 3 個のグループに分類された（図 3）．各グループは地理的に近接した支流群で構成されていたため，以後は宮川本流に対する位置を基に，左岸グループ，右岸下流グループ，右岸上流グループと呼ぶこととする．

左岸グループは森林の割合が高く，右岸下流グループと右岸上流グループは農耕地（水田または「その他の農用地」）の割合が高かった．右岸下流グループと右岸上流グループの違いは，前者では農耕地に占める水田の割合が高かったのに対して，右岸上流グループでは農耕地に占める「その他の農用地」の割合が高かった（図 4）．

現地を確認したところ，「その他の農用地」のほとんどの場所は畑として利用されていたが，右岸下

表 1　採水地点の位置，地点の流域の土地利用，採水時の河川の状況

河川グループ	河川番号	河川名	採水地点の緯度経度		流域面積 ha	土地利用種ごとの面積割合　%								河川の状況（全採水時の平均）		
			緯度　N	経度　E	総計	田	その他の農用地	森林	荒地	建物用地	道路	鉄道	その他の用地	河川地及び湖沼	川幅 m	水深 m	流速 m s^{-1}
本流（下流）	1	宮川（安国寺橋）	35°59′ 26.91″	138°08′ 29.74″											11.40	0.93	0.52
左岸	2	百々川	35°59′ 07.53″	138°08′ 45.84″	133.4	2.3	0.8	96.1		0.8					0.51	0.10	1.01
	3	麻侵川	35°59′ 05.08″	138°08′ 48.95″	361.7	6.9	1.2	80.4		9.5			0.6	1.4	1.68	0.16	0.66
	6	鳴沢川	35°58′ 35.27″	138°10′ 05.97″	256.4	1.2		87.0	0.8	8.9			1.6	0.4	0.99	0.15	0.46
	10	大崩川	35°57′ 41.01″	138°10′ 37.76″	568.2	4.2	0.7	90.1	0.4	3.5			0.6	0.6	0.79	0.12	0.57
	12	金川	35°56′ 56.92″	138°11′ 20.65″	343.1	5.2	3.3	83.3	0.3	7.3			0.6		1.84	0.23	0.51
	14	大沢川	35°56′ 45.92″	138°11′ 36.09″	557.9	6.2	0.4	92.3		0.9				0.2	1.68	0.18	0.55
	18	神沢川	35°55′ 53.63″	138°12′ 25.93″	186.7	13.4	14.5	60.3	0.6	11.2					0.90	0.05	0.54
	20	思沢川	35°55′ 31.69″	138°12′ 44.22″	481.9	12.3	7.4	65.8		7.1		0.6	6.7		1.73	0.14	1.22
右岸下流	4	田沢沢川	35°59′ 06.77″	138°09′ 09.48″	238.7	29.7	7.0	3.1		46.7	7.0	0.4	3.9	2.2	3.18	0.20	0.53
	5	弓振川	35°58′ 46.77″	138°09′ 58.29″	1614.4	23.8	16.3	40.2	0.2	18.2	0.2	0.1	1.0		5.09	0.35	0.62
	7	小早川	35°58′ 32.28″	138°10′ 21.36″	346.1	61.4	15.7	9.6		12.7			0.6		1.44	0.23	0.80
	8	大早川	35°58′ 18.60″	138°10′ 25.87″	251.2	27.4	23.2	31.5	1.7	13.7	0.8		1.7		1.18	0.24	0.60
	9	阿久川	35°58′ 01.14″	138°10′ 33.41″	585.8	13.5	9.8	53.7	0.4	21.4	0.4		0.9		1.38	0.22	0.72
右岸上流	11	矢ノ口川	35°57′ 06.27″	138°11′ 10.71″	313.8	24.6	26.2	40.9		6.6	1.0	0.3		0.3	2.18	0.05	0.80
	13	蟹出川	35°56′ 46.16″	138°11′ 37.03″	422.2	12.8	18.0	55.6		10.6	0.2	0.2	1.7	0.7	1.81	0.04	1.19
	15	金山沢川	35°56′ 42.85″	138°11′ 42.04″	224.2	27.0	37.7	28.8		5.6	0.9				2.63	0.06	0.37
	16	稗田川	35°56′ 13.82″	138°12′ 05.16″	214.8	29.1	41.3	20.4		4.9	2.9		1.5		1.36	0.19	0.31
	17	手洗沢川	35°55′ 56.54″	138°12′ 23.33″	137.6	34.1	36.4	21.2		5.3	2.3		0.8		1.48	0.07	0.58
	19	山沢川	35°55′ 47.50″	138°12′ 39.88″	226.3	7.4	29.0	55.3		3.7	0.5	2.8	1.4		1.54	0.04	0.77
	21	富士見一の沢川	35°55′ 23.10″	138°13′ 04.82″	162.7	17.9	14.1	61.5		4.5	1.3		0.6		0.86	0.07	0.69
	22	富士見二の沢川	35°55′ 18.81″	138°13′ 10.47″	222.1	25.3	40.8	23.5		7.0	1.4		1.9		0.69	0.07	0.40
	23	上流部の宮川	35°55′ 18.70″	138°13′ 10.41″	99.1	37.9	35.8	9.5		15.8			1.1		1.25	0.15	0.48

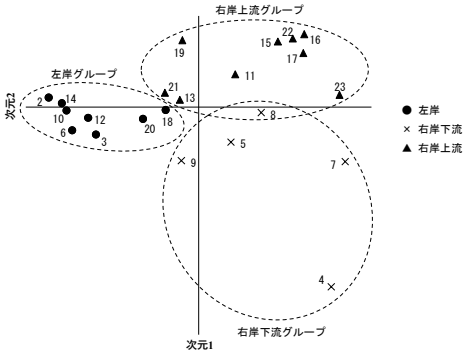


図 3　多次元尺度で分類した各支流の土地利用種別の面積割合

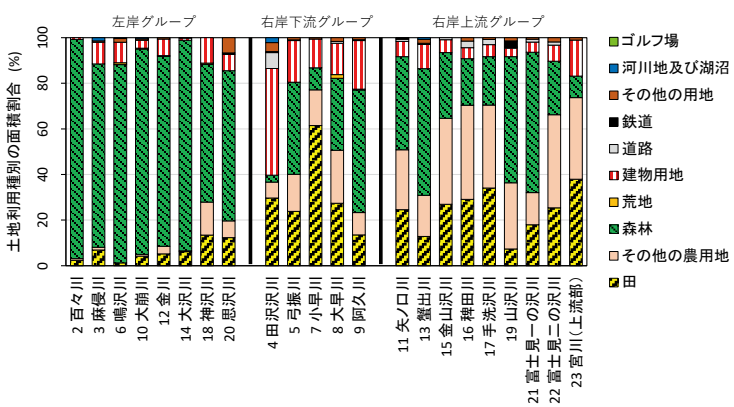


図 4　各支流の土地利用種別の面積割合

流グループの弓振川（地点 5）の上流に存在する「その他の農用地」は畜産地域であった．

3．2　栄養塩濃度の相違

3.2.1　全窒素

全窒素濃度には，地点間で大きな相違が認められた（図 5a）．グループごとに見ると，左岸グループは平均濃度が約 0.6 mg L^{-1} と低濃度であり，平常時と降雨時で濃度変化が少なかった．右岸下流グループは，平常時の平均濃度が約 2.2 mg L^{-1} であり，降雨時には平均濃度がやや低くなった．右岸上流グループは，平常時の平均濃度が約 4.5 mg L^{-1} と高濃度であり，降雨時には平均濃度がやや低くなった．なお，流量の増加とともに降雨時の溶存態窒素の濃度が減少したという事例が報告されている [15)～19)]．また，2007 年度の調査によると宮川流域河川の全窒素濃度に占める溶存態の割合は高く，平常時が約 98%，降雨時が約 93%であったと報告されている [20)]．今回の調査では，降雨時に溶存態窒素の濃度が減少する時点で採水したため，全窒素濃度が減少したと思われる．

グループ間で比較したところ，全窒素濃度には有意な差が認められ，濃度の高い順に，右岸上流グループ，右岸下流グループ，左岸グループとなった（図 6a）．

以上から，宮川流域の全窒素濃度は土地利用で明確に区分できることがわかった．宮川流域はセロリ，キャベツ等の葉茎菜類の栽培が盛んであるため [21)]，畑に対する窒素肥料の施肥が多いと推測される [6)]．また，野菜の窒素，リンの施肥量は水稲の 2 倍程度が目安とされている [22)]．そのため，葉茎菜類の栽培の多い右岸上流グループでは濃度が高く，水田の多い右岸下流グループの濃度が中程度であり，森林の多い左岸グループでは濃度が低かったと推測できる．

3.2.2　全リン

リン濃度には，全窒素濃度ほどはっきりした相違ではないが，地点間で相違が認められた（図 5b）．グループごとにみると，左岸グループは平常時には平均濃度が 0.02 mg L^{-1} 程度であり，降雨時の平均濃度が約 0.04 mg L^{-1} であった．右岸下流グループは，平常時には平均濃度が約 0.04 mg L^{-1} であり，降雨時には平均濃度が約 0.09 mg L^{-1} であった．右岸上流グループは，平常時の平均濃度が約 0.06 mg L^{-1} であり，降雨時の平均濃度は約 0.13 mg L^{-1} であった．なお，リンは土壌中の鉄やアルミニウムに結合しており [23)]，降雨時には土壌粒子の流出と同時にリンも流出するため，平常時よりも降雨時の河川水質が高濃度になっていると思われる [24),25)]．

平常時の全リン濃度については，右岸上流グループがその他のグループに比べわずかに高い値を示した（図 6b）．一方，降雨時は，各グループ間にわずかな有意差が認められ，濃度の高い方から右岸上流グループ，右岸下流グループ，左岸グループとなった．原因としては，全窒素と同じく畑と水田の面積割合によってグループ間の河川水質に差ができたと推測できる．

3．3　負荷量

各グループの負荷量の合計を計算したところ，右岸下流グループと右岸上流グループのいずれも，左岸グループに対して 3.1 倍から 5.9 倍であった（表 2）．各グループの負荷量の合計は,宮川本流（下流）の負荷量の 60～70%と推計された．残りの 30～40%については今回測定していない小さな用水路や地下水由来と推定されるが，把握できたとしてもおおよその傾向は変わらないと思われる．

左岸グループは右岸下流グループと右岸上流グループに比べて負荷量が小さく，季節や降雨等による変動幅も小さかった．左岸グループは，森林の割合が大きいため流出負荷量が少ないと推測される．

3．4　過去の宮川流域における水質調査との比較

2007 年度に，2017 年度の調査と同一地点で水質調査を行っている [16),26)]．そこで，2007 年度の調査結果 [26)] と 2017 年度の調査結果の共通する採水地（右岸下流グループ：地点 4，5，7，8，9（全地点），右岸上流グループ：地点 11，13，15，16，17）について，全窒素と全リンの濃度を比較した（図 7）．

右岸下流グループの全窒素濃度は，2007 年度と 2017 年度との間に有意差はなかった．一方，2017 年度の降雨時における右岸上流グループの全窒素濃度は，2007 年度に比べて有意に低かった．全リンについては，右岸下流グループと右岸上流グループのどちらも，2007 年度と 2017 年度に有意な差は認められなかった．なお，2017 年度の降雨時には冬期の採水に全リン濃度の高い河川が存在したが，土壌粒子の流出によると思われる．

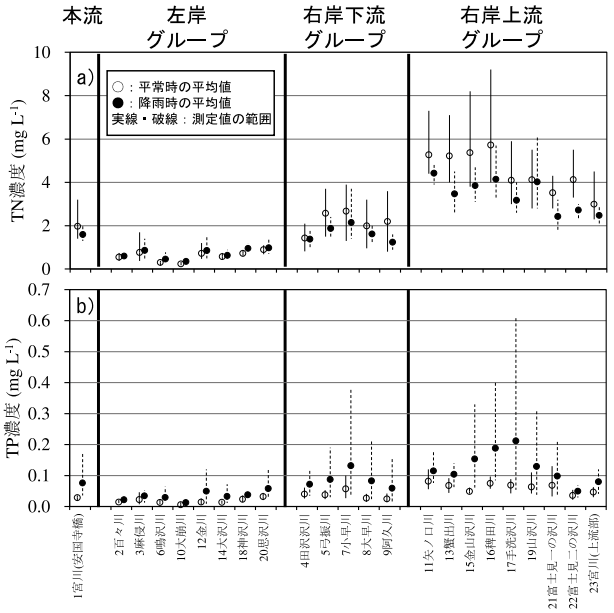


図 5　測定地点における全窒素濃度(a)と全リン濃度(b)

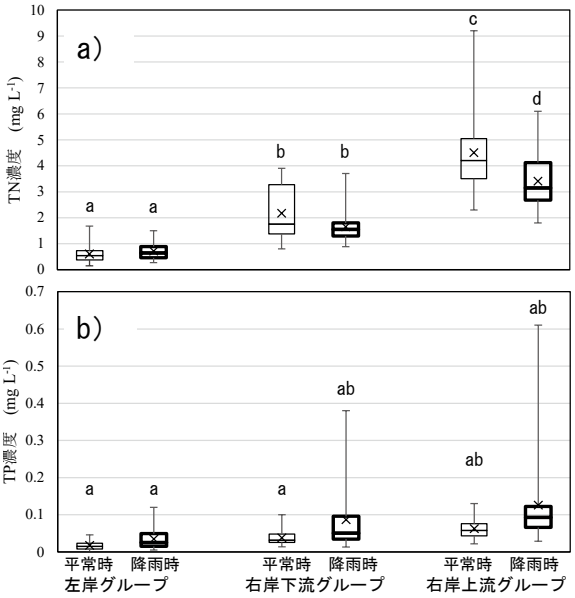


図 6　各グループ間の濃度の比較
（25 パーセンタイル, 75 パーセンタイル, 中央値をボックスで示す. 最大値と最小値を縦棒で示す. 平均値を×で示す. 異なるアルファベット間は統計的に有意差があることを示す（p<0.05 by ANOVA and Bonferroni-Holm correction））.

表 2　各グループの負荷量の割合　（括弧内の値は最下流（地点 1）に占める各支流グループの割合）.

項目	流況	日平均負荷量の総計 kg day^{-1} 左岸グループ総計	右岸下流グループ総計	右岸上流グループ総計	下流での日平均負荷量 kg day^{-1} 宮川本流（下流）1 宮川（安国寺橋）
TN	平常時	51 (5%)	250 (25%)	300 (30%)	999
	降雨時	67 (7%)	371 (39%)	228 (24%)	950
TP	平常時	1.3 (12%)	3.6 (32%)	2.7 (24%)	11.0
	降雨時	3.8 (7%)	22 (40%)	11.9 (21%)	55.4

これらの濃度変化の原因としては，2007 年度から 2017 年度にかけて右岸上流グループの流域において土地利用の変化や窒素の施肥量の減少があったことが推測される．一方，右岸下流では土地利用等に大きな変化がなかったことが想定できる．

4　まとめ

宮川支流の各地点について土地利用種別の面積割合を用いてクラスター分析を行ったところ，3 個のグループに分類できた．同一のグループに属する支流は，近接していた．

河川水質の全窒素・全リン濃度を比較したところ，森林の多い左岸グループでは濃度が低く，水田の多い右岸下流グループの濃度が中程度であり，葉茎菜

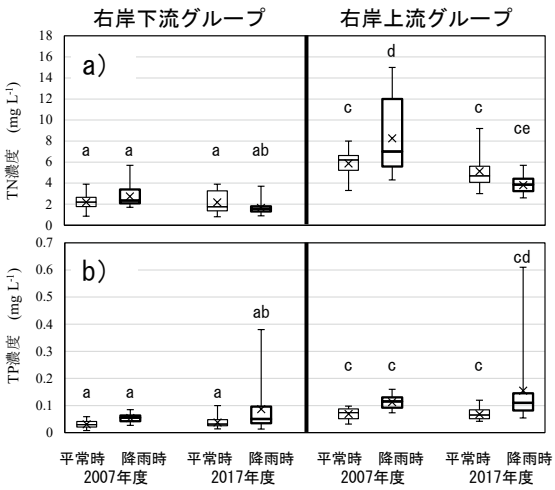


図 7　各流域グループにおける栄養塩濃度の年度間比較
（25 パーセンタイル, 75 パーセンタイル, 中央値をボックスで示す. 最大値と最小値を縦棒で示す. 平均値を×で示す. 異なるアルファベット間は統計的に有意差があることを示す（p<0.05 by ANOVA and Bonferroni-Holm correction））.

類の栽培の多い岸上流グループでは濃度が高かった．各グループの負荷量の総量を計算したところ，右岸下流グループと右岸上流グループのいずれも，左岸グループに対して3.1倍から5.9倍の負荷量であった．

降雨時における右岸上流グループの全窒素濃度は，2007年度と比較して2017年度に減少していた．

謝　辞

調査時前後に長野県環境部水大気環境課に在籍していた酒井文雄氏，保科憲孝氏，環境保全研究所に在籍していた掛川英男氏，吉田富美雄氏，本間健氏，渡辺哲子氏，小澤秀明氏，諏訪地域振興局環境課に在籍していた井出裕丈氏には，計画作成と現地調査に協力いただきました．感謝申し上げます．

文　献

1）菅井隆吉・溝山勇・管原庄吾・清家泰（2016）周辺部河川からの宍道湖への汚濁負荷流入特性．陸水学雑誌，77:117-136.
2）赤松良久・二瓶泰雄・長谷川定・林薫・湯浅岳史・上原浩・小倉久子（2010）印旛沼流入河川における窒素汚染の実態とその要因．河川技術論文集，16:311-316.
3）二瓶泰雄・丸山寛樹・尾関利文・山﨑裕介（2005）夏季手賀沼における外部流入・内部生産負荷に関する検討．水工学論文集，49:1237-1242.
4）赤岡輝（2005）山岳科学叢書3　アオコが消えた諏訪湖－人と生き物のドラマ，沖野外輝夫・花里孝幸（編著），信濃毎日新聞社，長野県，29pp.
5）長野県，諏訪湖に係る第8期湖沼水質保全計画：https://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/suwako.html（p21，2026年2月確認）
6）戸田任重・沖野外輝夫（2005）山岳科学叢書3　アオコが消えた諏訪湖－人と生き物のドラマ，沖野外輝夫・花里孝幸（編著）信濃毎日新聞社，長野県，63pp.
7）長野県(1990～2001）平成元～12年度水質測定結果，長野県生活環境部公害課，長野県.
8）長野県，河川・湖沼等の水質測定結果　水質測定結果（平成13年度～令和4年度）：https://www.pref.nagano.lg.jp/mizutaiki/kurashi/shizen/suishitsu/kasen/index.html（2026年2月確認）
9）沖野外輝夫・細田耕司（1997）諏訪湖の集水域の概要. 諏訪臨湖実験所報告，10:1-6.
10）国土交通省国土地理院，基盤地図情報 数値標高モデル：https://service.gsi.go.jp/kiban/app/map/?search=dem（2026年2月確認）
11）国土交通省，国土数値情報・土地利用細分メッシュデータ：https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b-2021.html（2026年2月確認）
12）環境庁水質保全局（1971）水質調査方法 4（1）カ（注）．昭和46年9月30日環水管第30号，環境庁，東京.
13）小田理人・小寺浩二（2024）多変量解析を用いた河川水質と流域環境特性の把握－多摩川水系浅川を事例として―．陸水学雑誌，85:87-105.
14）清水裕士，Sunny Side up! 統計分析ソフトHAD：https://norimune.net/had（2026年2月確認）
15）岩田杉夫・遠藤忠嗣・井上隆信・横田久里子・大久保陽子（2013）中小河川からの栄養塩負荷の流出特性．水環境学会誌，36:39-47.
16）国立研究開発法人 農研機構(2004) 35.丘陵地野菜畑地帯の河川における窒素、リンの流出，農業環境研究成果情報第21集（平成16年度成果）参考資料.
17）加藤亮・宗村広昭・大澤和敏・黒田久雄(2009)谷津農業集水域における降雨時の硝酸態窒素流出特性．農業農村工学会論文集，261:49-55.
18）志村もと子・田渕俊雄(2003)養豚地域における降雨増水時の流出窒素負荷量の変動．農業土木学会論文集，225:1-8.
19）武田育郎（2015）よくわかる水環境と水質，オーム社，東京，pp. 162-166.
20）吉田富美雄・柳町信吾・堀順一・渡辺哲子・佐々木一敏・飯田幸雄(2009）諏訪湖流入河川汚濁負荷実態調査．全国環境研会誌，34:125-132.
21）JA信州諏訪，信州諏訪の農作物：https://www.ja-suwa.iijan.or.jp/grow（2026年2月確認）
22）環境省水・大気環境局水環境課（2014）非特定汚染源対策の推進に係るガイドライン（第2版），環境省，東京，87pp.

23）伊藤豊彰・木川直人・三枝正彦（2011）黒ボク土におけるリン酸収着と土壌リン酸の可給性. ペドロジスト，55(2):84-88.
24）石坂祐二（2003）諏訪湖流入河川・宮川の水質変動について　平成 14 年度信州大学理学部物質循環学科卒業研究，信州大学，長野県.
25）武田育郎（2015）よくわかる水環境と水質，オーム社，東京，pp.67-68.
26）長野県（2008）平成 19 年度環境省委託業務結果報告書．流出水対策推進モデル計画策定調査，長野県生活環境部，長野県，資料 1-7・資料 1-12.

Spatial and Temporal Variations in Nitrogen and Phosphorus Concentrations and Loads across Miyagawa River Tributaries: A Major Inflow to Lake Suwa

Masanori MIYAZAWA[1], Kimiko TANABE[1,2], Satoshi KITANO[1]

1 Lake Suwa Environmental Research Center, 4-11-51 Osachi Gongen-Cho, Okaya, Nagano 394-0081, Japan
2 Present address: Retirement

Key words：　total nitrogen, total phosphorus, rainfall conditions, agricultural land, land use

Abstract

This study investigated the spatial and temporal variations of total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) concentrations and resultant nutrient loads in the tributaries of the Miyagawa River, a major inflow to Lake Suwa. We compared nutrient levels during clear-sky and rainfall conditions to identify key pollution sources. The results indicated significant spatial heterogeneity; specifically, tributaries dominated by agricultural catchments exhibited higher nutrient concentrations. During rainfall events, a substantial discharge of phosphorus was observed from agricultural lands, including both uplands and paddy fields, suggesting that surface runoff is a major driver of phosphorus loading in this watershed.

附表 1　測定値一覧（全窒素）

類別	河川名	全窒素濃度　mg L^{-1}								全窒素負荷量　kg day^{-1}							
		平常時				降雨時				平常時				降雨時			
	日付	2017/5/9	2017/9/20	2017/12/5	2018/3/13	2017/6/22	2017/11/23	2017/12/25	2018/3/1	2017/5/9	2017/9/20	2017/12/5	2018/3/13	2017/6/22	2017/11/23	2017/12/25	2018/3/1
本流（下流）	1宮川（安国寺橋）	1.9	1.4	1.4	3.2	1.7	1.4	1.3	2.0	492.5	435.5	483.8	2073.6	661.0	1100.7	483.0	1486.1
左岸	2百々川	0.74	0.38	0.37	0.72	0.63	0.65	0.43	0.71	0.6	0.7	0.9	6.0	1.1	4.6	0.7	2.9
	3麻倉川	1.7	0.43	0.37	0.58	1.4	0.62	0.47	0.97	33.8	1.5	2.3	12.0	14.5	11.8	3.7	11.7
	6鳴沢川	0.36	0.32	0.16	0.38	0.35	0.41	0.31	0.78	0.2	1.0	0.7	1.5	1.0	6.0	2.4	7.4
	10大崩川	0.24	0.22	0.18	0.33	0.40	0.34	0.27	0.42	0.1	0.5	0.8	3.1	0.1	7.1	1.3	3.3
	12金川	1.2	0.47	0.50	0.73	1.5	0.54	0.50	0.90	11.4	2.0	4.1	15.1	14.3	12.6	3.3	6.8
	14大沢川	0.74	0.48	0.42	0.66	0.64	0.56	0.47	0.89	8.3	3.4	4.7	8.6	6.6	14.0	3.0	14.6
	18神沢川	0.73	0.71	0.61	0.86	0.86	0.81	1.0	1.2	0.7	0.6	0.9	2.1	0.9	3.5	1.9	5.9
	20思沢川	1.1	0.81	0.69	1.0	1.0	0.81	0.71	1.4	17.1	13.3	11.3	33.7	18.1	30.1	16.6	43.5
右岸下流	4田沢沢川	2.1	0.82	0.91	1.9	1.3	1.5	0.95	1.8	68.9	23.4	18.1	42.7	48.3	48.0	21.3	65.3
	5弓振川	3.5	1.5	1.6	3.7	1.9	1.8	1.4	2.4	29.9	58.3	77.4	351.6	229.8	202.2	102.8	331.8
	7小早川	3.9	1.6	1.3	3.9	1.4	1.7	1.8	3.7	21.2	24.9	8.3	33.4	84.7	88.1	14.9	92.7
	8大早川	2.4	0.96	1.4	3.2	1.8	1.5	1.2	2.0	20.7	9.1	18.1	47.0	23.3	37.6	8.2	53.6
	9阿久川	3.6	0.80	1.6	2.8	1.3	1.2	0.89	1.6	0.9	3.0	4.4	22.3	12.4	11.4	7.0	22.1
右岸上流	11矢ノ口川	4.4	4.7	4.7	7.3	4.9	4.5	4.4	3.9	5.3	12.6	14.6	195.5	20.7	70.0	20.1	47.2
	13蟹出川	5.1	4.0	4.7	7.1	4.5	2.6	2.7	4.1	9.7	29.0	19.9	104.3	33.0	38.2	25.7	42.5
	15金山沢川	5.0	3.8	4.5	8.2	4.7	3.4	3.1	4.2	6.0	17.4	15.6	85.0	21.9	32.3	11.5	39.9
	16稗田川	5.5	4.2	4.0	9.2	5.7	3.8	3.3	3.8	15.2	13.1	13.8	127.2	46.8	18.4	12.3	68.9
	17手洗沢川	4.1	3.0	3.4	5.9	3.4	2.6	2.7	4.0	2.8	15.6	4.7	51.0	13.5	9.7	5.8	48.4
	19山沢川	4.2	4.0	2.8	5.5	4.4	2.8	2.8	6.1	4.7	5.9	8.5	45.1	6.8	13.5	6.0	68.5
	21富士見一の沢川	2.8	4.2	2.8	4.3	2.3	3.2	1.8	2.4	1.0	5.8	4.8	40.9	2.2	7.7	8.1	17.2
	22富士見二の沢川	3.6	na	3.3	5.5	2.3	2.7	3.0	2.9	0.6	na	1.1	27.1	0.4	10.3	6.0	9.5
本流	23上流部の宮川	2.5	2.3	2.7	4.5	2.0	2.9	2.4	2.6	7.8	11.1	8.2	70.0	20.7	22.0	13.1	38.2

附表 2　測定値一覧（全リン）

類別	河川名	全リン濃度 mg L^{-1}								全リン負荷量 kg day^{-1}							
		平常時				降雨時				平常時				降雨時			
		2017/5/9	2017/9/20	2017/12/5	2018/3/13	2017/6/22	2017/11/23	2017/12/25	2018/3/1	2017/5/9	2017/9/20	2017/12/5	2018/3/13	2017/6/22	2017/11/23	2017/12/25	2018/3/1
本流（下流）	1宮川（安国寺橋）	0.035	0.036	0.019	0.025	0.060	0.038	0.036	0.17	9.07	11.20	6.57	16.20	23.33	29.88	13.37	126.32
左岸	2百々川	0.014	0.022	0.011	0.011	0.034	0.020	0.015	0.020	0.01	0.04	0.03	0.09	0.06	0.14	0.02	0.08
	3麻侵川	0.046	0.028	0.008	0.008	0.053	0.034	0.013	0.040	0.91	0.10	0.05	0.17	0.55	0.65	0.10	0.48
	6鳴沢川	0.016	0.023	0.007	0.008	0.024	0.018	0.013	0.064	0.01	0.07	0.03	0.03	0.07	0.26	0.10	0.61
	10大崩川	0.014	0.008	0.003	<0.003	0.015	0.008	0.005	0.024	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.17	0.02	0.19
	12金川	0.026	0.019	0.008	0.006	0.056	0.015	0.009	0.12	0.25	0.08	0.07	0.12	0.53	0.35	0.06	0.91
	14大沢川	0.018	0.019	0.011	0.009	0.033	0.015	0.012	0.072	0.20	0.14	0.12	0.12	0.34	0.38	0.08	1.18
	18神沢川	0.027	0.036	0.018	0.014	0.053	0.024	0.029	0.048	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.10	0.06	0.24
	20思沢川	0.040	0.044	0.025	0.021	0.056	0.030	0.027	0.12	0.62	0.72	0.41	0.71	1.02	1.11	0.63	3.73
右岸下流	4田沢沢川	0.061	0.048	0.026	0.028	0.080	0.054	0.035	0.12	2.00	1.37	0.52	0.63	2.97	1.73	0.79	4.35
	5弓振川	0.048	0.053	0.024	0.029	0.088	0.042	0.030	0.19	0.41	2.06	1.16	2.76	10.64	4.72	2.20	26.27
	7小早川	0.100	0.060	0.027	0.041	0.070	0.043	0.035	0.38	0.54	0.93	0.17	0.35	4.23	2.23	0.29	9.52
	8大早川	0.034	0.041	0.015	0.020	0.065	0.033	0.024	0.21	0.29	0.39	0.19	0.29	0.84	0.83	0.16	5.62
	9阿久川	0.042	0.029	0.014	0.016	0.047	0.018	0.013	0.16	0.01	0.11	0.04	0.13	0.45	0.17	0.10	2.21
右岸上流	11矢ノ口川	0.076	0.12	0.076	0.056	0.12	0.076	0.086	0.18	0.09	0.32	0.24	1.50	0.51	1.18	0.39	2.18
	13蟹出川	0.083	0.092	0.053	0.044	0.14	0.094	0.063	0.12	0.16	0.67	0.22	0.65	1.03	1.38	0.60	1.24
	15金山沢川	0.061	0.046	0.047	0.042	0.13	0.095	0.061	0.33	0.07	0.21	0.16	0.44	0.61	0.90	0.23	3.14
	16稗田川	0.076	0.097	0.069	0.058	0.16	0.11	0.084	0.40	0.21	0.30	0.24	0.80	1.31	0.53	0.31	7.26
	17手洗沢川	0.087	0.089	0.058	0.043	0.11	0.054	0.075	0.61	0.06	0.46	0.08	0.37	0.44	0.20	0.16	7.38
	19山沢川	0.11	0.059	0.042	0.043	0.098	0.073	0.038	0.31	0.12	0.09	0.13	0.35	0.15	0.35	0.08	3.48
	21富士見一の沢川	0.13	0.068	0.033	0.044	0.10	0.038	0.047	0.21	0.04	0.09	0.06	0.42	0.10	0.09	0.21	1.51
	22富士見二の沢川	0.054	na	0.022	0.031	0.069	0.034	0.029	0.067	0.01	na	0.01	0.15	0.01	0.13	0.06	0.22
本流	23上流部の宮川	0.060	0.063	0.030	0.034	0.092	0.068	0.041	0.12	0.19	0.30	0.09	0.53	0.95	0.52	0.22	1.76

附表 3　測定値一覧（全窒素 2007 年度）（長野県（2008））

類別	河川名	河川名（長野県（2008））	全窒素濃度 mg L^{-1}								全窒素負荷量 kg day^{-1}							
			平常時				降雨時				平常時				降雨時			
			2007/6/4	2007/8/6	2007/11/15	2008/1/8	2007/6/23	2007/9/7	2007/10/2	2007/10/28	2007/6/4	2007/8/6	2007/11/15	2008/1/8	2007/6/23	2007/9/7	2007/10/2	2007/10/28
本流	1宮川（安国寺橋）	2宮川（安国寺橋）	2.2	2.0	2.4	1.7	2.4	2.1	4.2	4.8	395.4	667.0	794.2	339.3	920.7	1208.4	2696.2	3993.8
左岸	2百々川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3麻侵川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6鳴沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10大崩川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12金川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14大沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18神沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20思沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
右岸下流	4田沢沢川	3田沢沢川	1.7	1.9	1.4	0.85	2.0	2.3	2.2	3.4	27.9	52.5	30.2	19.8	81.2	81.5	83.6	146.9
	5弓振川	4弓振川	3.9	2.8	3.2	1.8	2.7	2.7	3.8	5.7	60.7	55.6	82.9	59.1	230.9	282.3	374.3	659.9
	7小早川	6小早川	2.3	2.2	2.8	2.4	2.4	1.8	2.4	3.8	27.8	26.6	62.9	35.3	99.5	66.9	105.8	216.7
	8大早川	7大早川	2.4	2.2	2.0	1.3	2.1	1.8	2.3	4.3	27.0	28.5	34.6	19.1	39.9	76.2	79.5	196.9
	9阿久川	8阿久川	2.9	2.6	1.4	1.8	1.9	1.7	2.2	3.4	27.6	38.2	31.4	9.3	37.8	70.5	62.7	135.1
右岸上流	11矢ノ口川	10矢ノ口川	6.4	6.2	8.0	6.4	5.6	4.3	9.6	8.6	38.7	80.4	96.8	38.7	164.5	100.3	389.8	371.5
	13蟹出川	11道祖神川	5.3	6.2	4.1	3.3	5.0	5.5	12	13	9.2	21.4	31.9	14.3	38.9	90.3	342.1	381.9
	15金山沢川	12金山沢川	6.6	6.3	6.7	4.5	5.6	6.7	12	15	22.8	32.7	23.2	11.7	33.9	75.3	269.6	466.6
	16稗田川	13稗田川	7.4	5.8	7.0	5.6	6.0	6.4	12	13	12.8	25.1	42.3	14.5	20.7	82.9	238.5	460.5
	17手洗沢川	14芳原川	5.8	5.0	7.3	3.5	4.9	4.6	7.3	8.0	10.0	17.3	31.5	9.1	16.9	55.6	100.9	172.8
	19山沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21富士見一の沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22富士見二の沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
本流	23上流部の宮川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

附表 4　測定値一覧（全リン 2007 年度）（長野県（2008））

類別	河川名	河川名（長野県（2008））	全リン濃度 mg L^{-1}								全リン負荷量 kg day^{-1}							
			平常時				降雨時				平常時				降雨時			
			2007/6/4	2007/8/6	2007/11/15	2008/1/8	2007/6/23	2007/9/7	2007/10/2	2007/10/28	2007/6/4	2007/8/6	2007/11/15	2008/1/8	2007/6/23	2007/9/7	2007/10/2	2007/10/28
本流	1宮川（安国寺橋）	2宮川（安国寺橋）	0.031	0.031	0.027	0.034	0.076	0.15	0.047	0.061	5.57	10.34	8.93	6.79	29.15	86.31	30.17	50.75
左岸	2百々川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3麻侵川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6鳴沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10大崩川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12金川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14大沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18神沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20思沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
右岸下流	4田沢沢川	3田沢沢川	0.049	0.052	0.024	0.016	0.074	0.063	0.043	0.054	0.80	1.44	0.52	0.37	3.00	2.23	1.63	2.33
	5弓振川	4弓振川	0.053	0.039	0.032	0.021	0.085	0.084	0.057	0.062	0.82	0.78	0.83	0.69	7.27	8.78	5.61	7.18
	7小早川	6小早川	0.027	0.059	0.032	0.021	0.064	0.059	0.040	0.044	0.33	0.71	0.72	0.31	2.65	2.19	1.76	2.51
	8大早川	7大早川	0.049	0.039	0.019	0.008	0.071	0.063	0.036	0.047	0.55	0.51	0.33	0.12	1.35	2.67	1.24	2.15
	9阿久川	8阿久川	0.023	0.033	0.014	0.008	0.043	0.038	0.027	0.036	0.22	0.48	0.31	0.04	0.85	1.58	0.77	1.43
右岸上流	11矢ノ口川	10矢ノ口川	0.085	0.092	0.085	0.090	0.099	0.14	0.11	0.13	0.51	1.19	1.03	0.54	2.91	3.27	4.47	5.62
	13蟹出川	11道祖神川	0.064	0.096	0.044	0.036	0.11	0.16	0.078	0.092	0.11	0.33	0.34	0.16	0.86	2.63	2.22	2.70
	15金山沢川	12金山沢川	0.070	0.087	0.048	0.032	0.12	0.13	0.092	0.12	0.24	0.45	0.17	0.08	0.73	1.46	2.07	3.73
	16稗田川	13稗田川	0.079	0.098	0.054	0.034	0.12	0.16	0.087	0.12	0.14	0.42	0.33	0.09	0.41	2.07	1.73	4.25
	17手洗沢川	14芳原川	0.095	0.076	0.053	0.072	0.093	0.14	0.073	0.082	0.16	0.26	0.23	0.19	0.32	1.69	1.01	1.77
	19山沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	21富士見一の沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	22富士見二の沢川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
本流	23上流部の宮川	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—