

諏訪湖流入河川汚濁負荷実態調査*

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***

キーワード ①諏訪湖 ②水質保全計画 ③流出水対策地区 ④非特定污染源 ⑤負荷量

要 旨

第5期諏訪湖水質保全計画(2007年度から11年度)では下水道整備や工場・事業場排水対策等,これまでの具体的施策の継続に加え,諏訪湖流域で面的な汚濁負荷量の大きい地域を「流出水対策地区」に指定し,重点的に取り組むこととした。この「流出水対策地区」を指定するに当たり諏訪湖流域を主要河川により3ブロックに分け,検討を行った。

原単位法から求めた上川・宮川流域の排出負荷量は,諏訪湖流域全体の7~8割を占めていた。また,その排出負荷の8割近くは山林・原野,市街地,農地等からの非特定污染源によるものであった。諏訪湖流域で排出負荷量のもっとも大きい上川・宮川流域の実態調査を行った結果,降雨時には宮川,上川ともCOD,全窒素,全りん(全リン)の負荷量が大きく増加していた。CODは住宅地や農地の混在した地域で,全窒素は主に農業地域の支流河川で負荷量の増加がみられた。諏訪湖への流入負荷を削減するためには上川・宮川流域を「流出水対策地区」に指定し,各種対策を講じていくことが必要とされた。

1. はじめに

諏訪湖は湖沼法の指定湖沼として,これまで4期20年間にわたり水質保全計画を定め,水質浄化に向けた各種対策が進められてきた。この結果,諏訪湖の水質は全りんが環境基準を達成し,全窒素は第4期の水質目標値(0.65mg/l)を達成するなど,改善のきざしが見えてきた。しかし,CODと全窒素は改善傾向にあるものの,環境基準の達成に至っていない¹⁾。全国的に見ても,湖沼の環境基準の達成状況は,河川に比べて低く,湖沼の水質改善が依然として芳しくない。このため,2005年1月の中央環境審議会の答申「湖沼環境保全制度の在り方について」²⁾を踏まえ,湖沼の水

質のさらなる保全を図るため,湖沼水質保全特別措置法が改正された³⁾。これにより,指定地域における農地,市街地等からの汚濁負荷削減対策を推進する流出水対策地区制度,水質浄化機能を有する湖辺の植生の適正な保護のための湖辺環境保護地区制度等の新たな措置がなされた。これを踏まえて,第5期諏訪湖水質保全計画⁴⁾においては,一層の浄化を進めるために,下水道整備,工場・事業場の排水対策等,これまでの施策の継続に加え,諏訪湖流域で汚濁負荷の大きい流域を新たに「流出水対策地区」に指定し,重点的に取り組むこととした。この「流出水対策地区」を指定するに当たって,諏訪湖流域を主要河川別に3ブロッ

*Investigation of Pollutant Loads in the Rivers Flowing into the Lake Suwa

**Fumio YOSHIDA, Shingo YANAGIMACHI, Junichi HORI, Tetsuko WATANABE, Kazutoshi SASAKI (長野県環境保全研究所) Nagano Environmental Conservation Research Institute

***Yukio IIDA (現在:長野県環境部環境政策課) Nagano Prefectural Government

クに分け(図1), 排出負荷量を原単位法により算出した。その結果, 上川・宮川流域からの排出負荷量をもっとも大きく, 諏訪湖流域全体の8割を占めていた。これを受けて第5期諏訪湖水質保全計画ではこの地域を「流出水対策地区」に指定し, 対策を講じることとした。ここでは, 上川・宮川流域を「流出水対策地区」に指定するに至った汚濁負荷の実態調査結果(委託業務, 環境省)⁵⁾について報告する。

2. 諏訪湖流域からの排出負荷量

諏訪湖の全流域面積は531.8km²(図2)で湖面積13.3km²の約40倍に相当し, 他湖沼に比べ湖面積に対する流域面積の割合が大きい。流域全体の

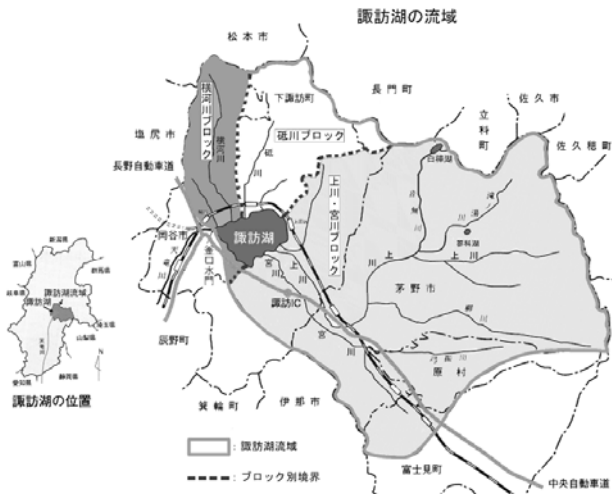


図1 諏訪湖の位置と流域

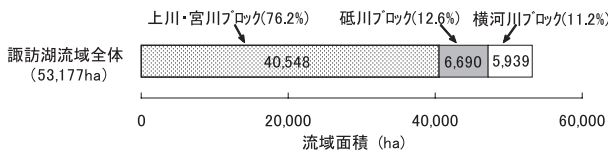


図2 ブロック別流域面積

78.5%を山林・原野が占め, 市街地は11.4%, 農地は10.1%である(図3)。諏訪湖流域の排出負荷量を検討するために, 主要流入河川の流域ごとに上川・宮川ブロック, 横河川ブロックおよび砥川ブロックの3ブロックに分けた(図1)。上川・宮川流域については, 上流では上川から取水された灌漑用水が宮川に流出し, 下流では宮川から上川に分水され諏訪湖に流入しており, 両流域を明確に区分できないため, 一つの流域とした。

各ブロックの流域面積は上川・宮川ブロックが全体の76.2%を占め, 砥川, 横河川ブロックはそれぞれ12.6%, 11.2%である(図2)。

また, 各ブロックの土地利用状況は, 上川・宮川ブロック内では他の流域に比べて水田, 畑が多く12.4%を占めている。これは諏訪湖流域全体の農地の93.4%に当たる。横河川ブロック内では市街地が比較的多く, 15.2%を占める。砥川ブロックは山林が90.9%を占めている(図3)。

原単位法により算出した各ブロックごとの排出源別負荷量を表1に, ブロック別排出負荷量(特定・非特定汚染源別比率)を図4に示す。COD, 全窒素, 全りんのうち, すべてのブロックで非特定汚染源からの排出負荷が大きい。非特定汚染源の中では山林・原野がもっとも大きく, 市街

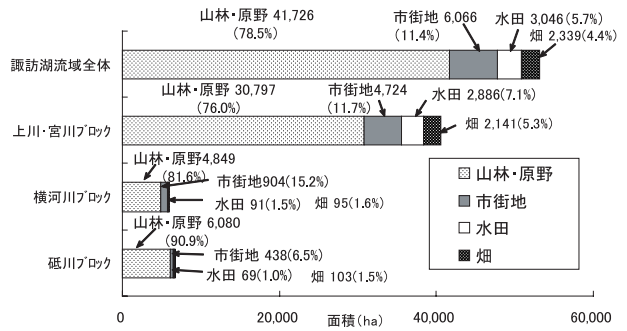


図3 ブロック別土地利用面積(比率)

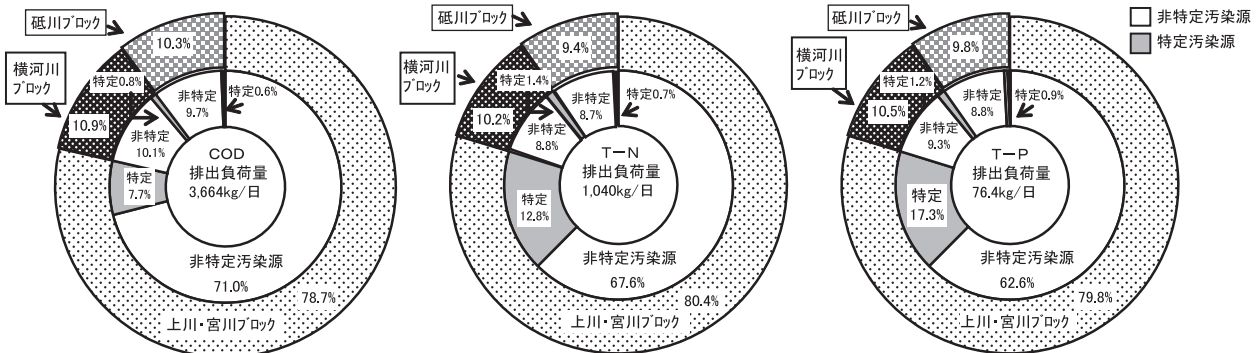


図4 ブロック別排出負荷量(比率)

表1 ブロック別排出負荷量

流域名		上川 宮川	砥川	横河川	合計	
COD 負荷量 (kg/日)	特 定	生活系	108	10	19	137
		産業系	175	12	11	198
		小計	283	22	30	335
	非 特 定	水田	372	9	12	393
		畑	143	7	6	156
		山林・原野	1397	277	220	1895
		市街地	690	64	132	886
	小計		2602	357	370	3329
	合計		2885	379	400	3664
	T-N 負荷量 (kg/日)	特 定	生活系	79	4	5
産業系			54	4	10	68
小計			133	8	15	156
非 特 定		水田	72	2	2	76
		畑	146	7	7	159
		山林・原野	342	69	55	465
		市街地	144	13	28	184
小計		703	91	91	884	
合計		836	98	106	1040	
T-P 負荷量 (kg/日)		特 定	生活系	7.1	0.31	0.61
	産業系		6.1	0.40	0.26	6.7
	小計		13.2	0.7	0.9	14.8
	非 特 定	水田	5.4	0.13	0.17	5.7
		畑	2.1	0.10	0.09	2.3
		山林・原野	26.2	5.2	4.1	35.6
		市街地	14.1	1.3	2.7	18.1
	小計		47.8	6.7	7.1	61.6
	合計		61.0	7.5	8.0	76.4

注) 湖への直接負荷(水産(養殖), ガス井戸, 湖面降雨)はブロックに分割できないので除く。この為, 3つのブロックの合計は諏訪湖流域全体の排出負荷量と一致しない。

地または農地の順であり, これらの地域からの排出負荷の削減が課題である。さらに, 上川・宮川ブロックからの排出負荷量が諏訪湖流域全体の約8割を占め上川・宮川ブロックの対策が重要であるといえる。そこで, 上川・宮川ブロックを対象に汚濁負荷を把握するため水質調査を行った。

3. 水質調査

3.1 調査方法

2006年度~07年度に上川流域を, 07年度には宮川流域について汚濁負荷の実態を把握するため, 平常時および降雨時における本流と各支流の水質

表2 上川流域調査地点

番号	本・支 流区分	地点名	主な土地利用状況
K1	本流	上川(上川橋)	—
K2	支流	川久保川下流	農地, 住宅地
K3	支流	柳川下流	農地, 住宅地
K4	支流	柳川上流	山林, 別荘地, ゴルフ場
K5	支流	日影田川下流	農地, 住宅地
K6	支流	下菅沢合流点1	農地, 住宅地
K7	支流	下菅沢合流点2	農地, 住宅地
K8	支流	下菅沢2上流	山林, 農地, 別荘地
K9	支流	横河川・檜沢川下流	山林, 住宅地, 農地
K10	本流	下大橋(上川)	山林, 農地, 住宅地等
K11	支流	音無川下流	住宅地, 農地, 山林
K12	支流	滝ノ湯川下流	山林, 旅館, ゴルフ場
K13	本流	洪川下流	山林, 住宅地, 別荘地
K14	支流	角名川下流	山林, 農地

表3 宮川流域調査地点

番号	本・支 流区分	地点名	主な土地利用状況
1	本流	宮川(大宮橋)	—
2	本流	宮川(安国寺橋)	—
3	支流	田沢々川	市街地, 農地
4	支流	弓振川	農地, 住宅地
5	支流	前沢川	農地
6	支流	小早川	農地, 住宅地
7	支流	大早川	農地, 住宅地
8	支流	阿久川	農地, (住宅地)
9	本流	宮川(万年橋)	山林, 農地, 住宅地
10	支流	矢ノ口川	農地, (住宅地)
11	支流	道祖神川	農地, 住宅地
12	支流	金山沢川	農地, 住宅地
13	支流	稗田川	農地
14	支流	芳原川	農地
15	支流	長尾堰	農地
16	本流	宮川(上流)	山林, 農地, 住宅地

調査地点17~28は各支流の上流調査地点
主な土地利用状況

- 17 田沢々川上流: 山林, 農地, 住宅地
- 18~26の調査地点: 山林, 一部別荘地
- 27 長尾堰上流: 山林, 農地
- 28 柳川取水堰: 山林, 農地, 住宅地

注: 調査地点3~15(9を除く)の土地利用状況は上流調査地点と下流調査地点間を示す。

調査を実施した。図5に調査地点等を示す。上川流域については, 本流と主な支流の14地点(表2)を対象とし, 四季ごとに平常時と降雨時を対象に年8回調査を行った。支流調査地点は本流と合流する直前の地点とした。宮川流域についても

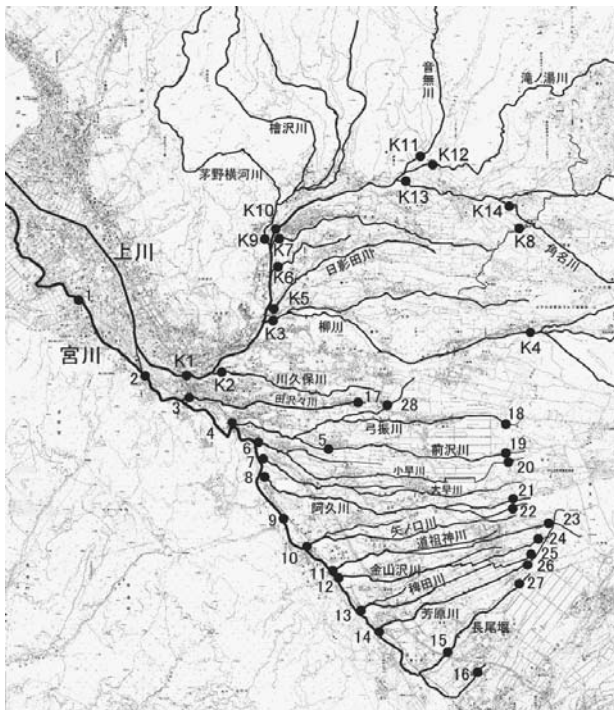


図5 調査地点

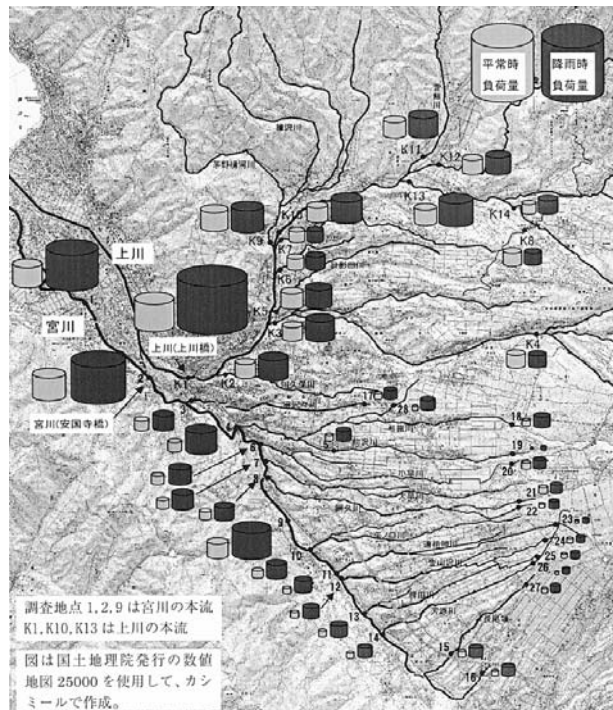


図6 COD 負荷量

上川同様、本流と主な支流について調査を行い、平常時と降雨時の年8回、28調査地点(表3)で水質調査を行った。なお、宮川流域の支流については下流調査地点と上流調査地点を設定し、宮川本流に合流する直前の地点を各支流の下流調査地点とし、上流調査地点は山麓の裾野に広がる山林と農耕地との境界付近とした。両者の差からそれぞれの支流ごとに流域の負荷量を算出した。調査項目はCOD、全窒素、全りん、溶存態成分等である。なお、溶存態成分は試料をろ紙(Whatman GF/F)でろ過し、試料とした。

3.2 結果と考察

河川の水質濃度と流量から負荷量を求め、さらに比負荷量(流域からの排出負荷量を流域面積で割った単位面積当たりの負荷量)を求めた。これらの結果と各調査流域における土地利用状況をあわせて検討を行った。平常時と降雨時のCOD、全窒素の負荷量(年平均値)を円柱の体積として、地図上に示した(図6~7)。また、支流ごとのCOD、全窒素、全りんの比負荷量を図8~10に示した。なお、上川は、流下の途中で発電用水や農業用水として取水もしくは放流されているため、水収支が正確に把握できない一部の流域については除外した。

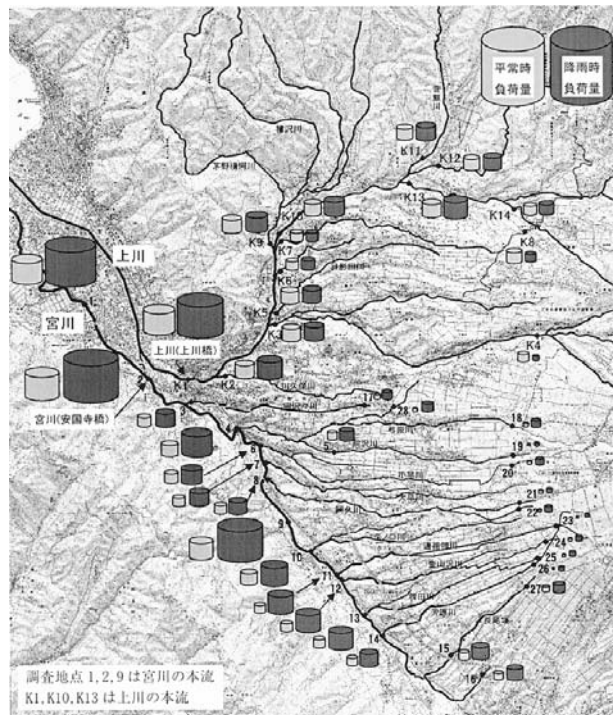


図7 T-N 負荷量

3.2.1 上川流域

(1) 水質

平常時における支流河川のCOD、全窒素、全りん濃度は、主に下菅沢合流点2(K7)より下流の流入河川で高い傾向が見られた。これらの河川

のうち、川久保川は下流で市街地を流下し、上川下流部に合流する市街地河川で、その他の河川は農地や住宅地を流下している。降雨時にはほとんどの調査地点で平常時と比べて濃度が増加した。

COD, 全窒素, 全りん中の溶存態成分の全期間中の平均割合は、平常時がそれぞれ54%, 81%, 45%で、降雨時は47%, 88%, 55%であった。また、全窒素と全りんの溶存態成分は大部分が硝酸態窒素(NO₃-N)とりん酸態りん(PO₄-P)であり、平常時はそれぞれ90%, 86%, 降雨時は93%, 87%を占めていた。

(2) 負 荷 量

図6, 7で調査地点K1, K10, K13は上川本流の調査地点であるため、近傍の支流河川より大きい負荷量を示している。支流河川について見ると、COD, 全窒素の負荷量は、いずれも平常時には横河川・檜沢川(K9)で比較的高い負荷量が見られた。降雨時にはほとんどの河川でCOD, 全窒素, 全りんの負荷量が増加し、とくに、市街地河川である川久保川(K2)では、平常時と比べて2~3倍程度増大した。

(3) 比 負 荷 量

支流ごとにCOD, 全窒素, 全りんの比負荷量を比較すると、いずれも平常時は市街地や住宅地を流下する河川(川久保川(K2), 下菅沢合流点1(K6)等)で高い傾向が見られた。また、降雨時にはこれらの河川の他に、柳川下流(K3)や上流側の日影田川(K5)等でも増加が見られた。

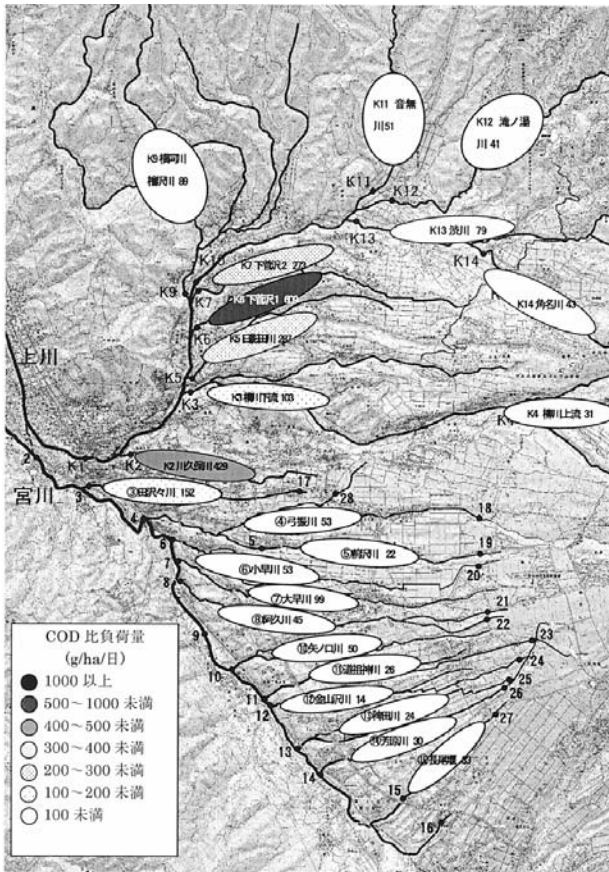
周辺の土地利用状況から勘案すると、下流域の流入河川は市街地からの汚濁の影響、中流付近で流入する河川からは住宅地や農地の影響に加えて、さらに山林等、上流域からの汚濁による影響も受けていると考えられる。

3.2.2 宮 川 流 域

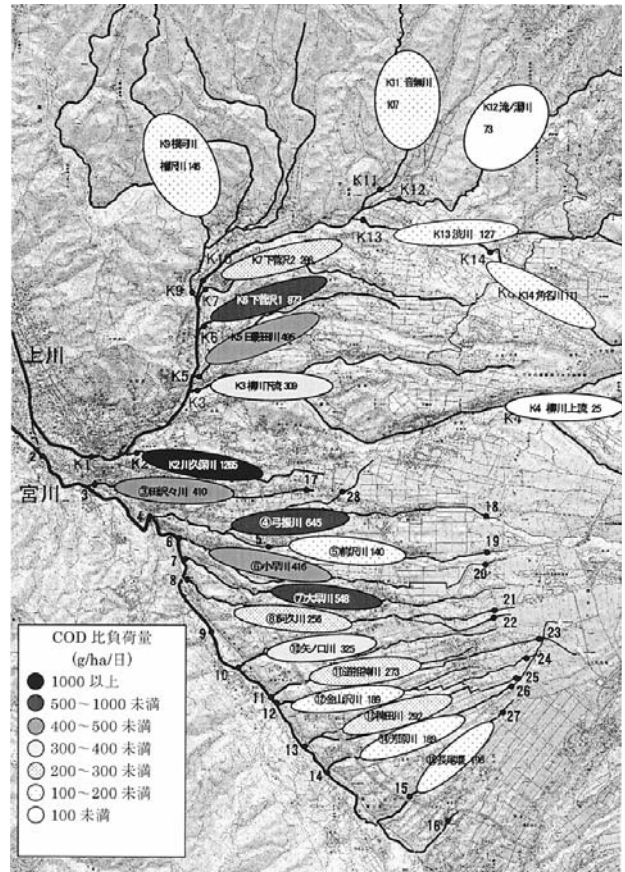
(1) 水 質

降雨時には平常時と比べて多くの地点でCOD, SS, 全りん等の濃度が増加した。

COD, 全窒素, 全りん中の溶存態成分の全期間中の平均割合は、平常時がそれぞれ77%, 93%, 67%で、降雨時は68%, 91%, 50%であった。降雨時には懸濁態の比率が増加する傾向が見られた。また、全窒素と全りん中の溶存態成分は、上

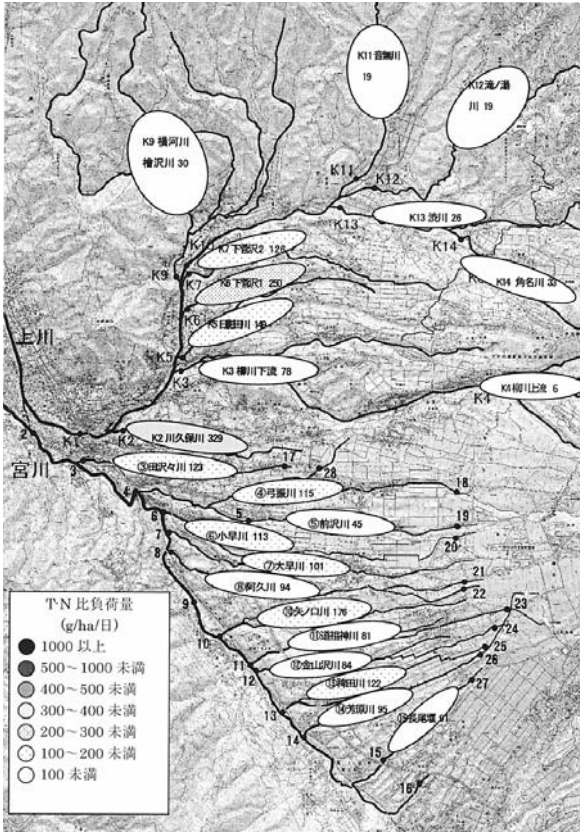


平常時

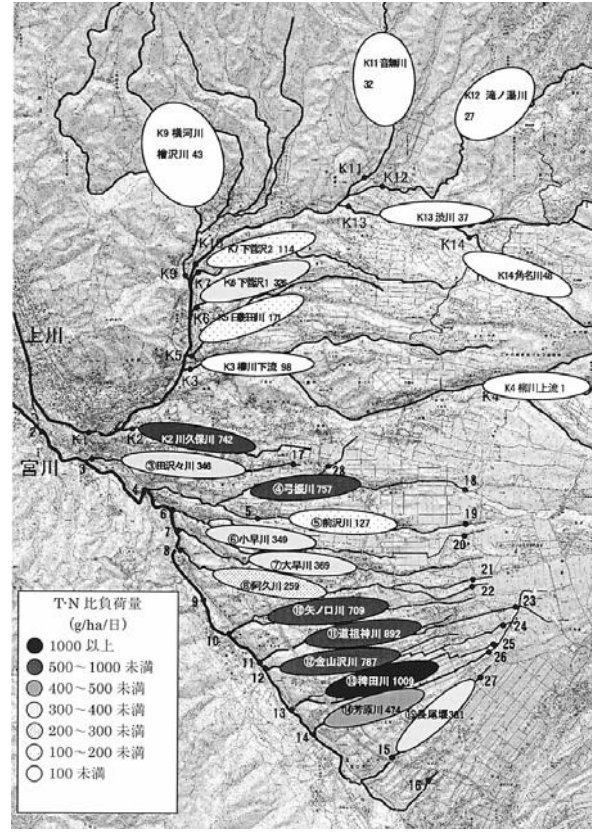


降雨時

図8 COD比負荷量

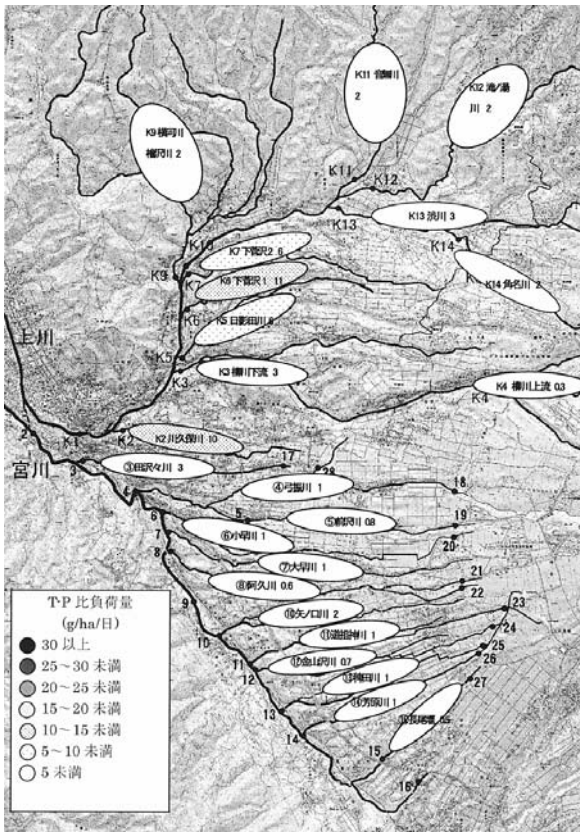


平常時

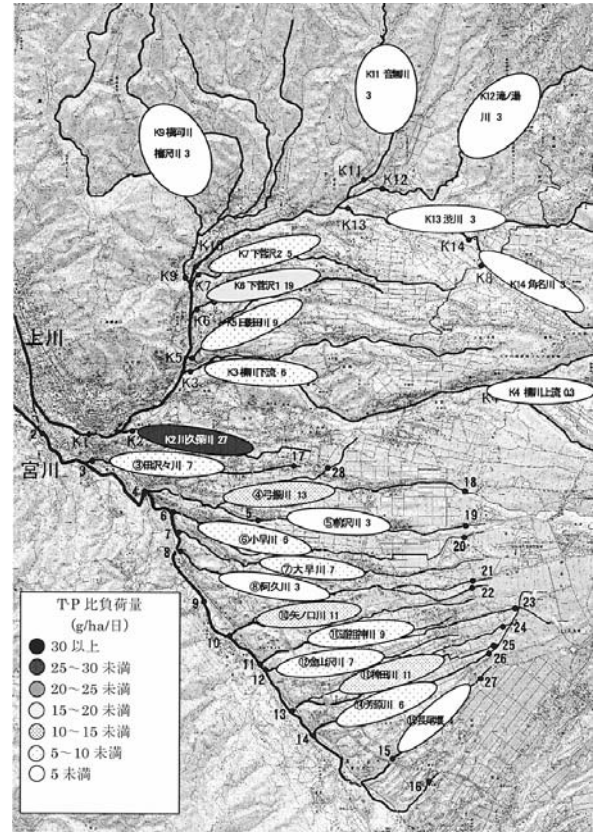


降雨時

図9 T-N比負荷量



平常時



降雨時

図10 T-P比負荷量

川と同様に大部分が硝酸態窒素(NO₃-N)とりん酸態りん(PO₄-P)で、平常時はそれぞれ95%，89%，降雨時は93%，85%であった。

(2) 負荷量

図6, 7で調査地点1, 2, 9は宮川本流の調査地点であるため、近傍の支流河川より大きい負荷量を示している。農地と住宅地が混在する流域を流下する弓振川(4)では、降雨時に平常時と比べてCODと全窒素負荷量の増加が大きかった。一方、主に農業地域を流下する河川(矢ノ口川(10), 道祖神川(11)等)では、降雨時に全窒素の負荷量が大きく増加した。CODも全窒素負荷量のいずれも、降雨量の多かった秋期の調査時に高い傾向が見られた。降雨時に全りんの負荷量が増加した支流河川は、弓振川(4), 矢ノ口川(10)等であった。

(3) 比負荷量

農地と住宅地の混在する流域を流下する河川(弓振川(4), 大早川(7), 小早川(6)等)と市街地を流下する田沢々川(3)では、降雨時にCOD比負荷量が高い傾向であった。また、降雨時には畑地等の農地が多い流域を流下する河川(稗田川(13), 道祖神川(11), 金山沢川(12)等)で、全窒素の比負荷量が増大した。全りんの比負荷量は、おおむね降雨時に全窒素の比負荷量が増大した河川(弓振川(4), 矢ノ口川(10), 稗田川(13), 道祖神川(11)等)で増加傾向が見られた。

これらの結果から、降雨時には、市街地を流下する河川や住宅地と農地等の混在した流域を流下する河川でCODの比負荷量が増加し、農業地域を流下する河川では、全窒素と全りんの比負荷量の増加が大きい傾向が見られた。

(4) 降雨時の流出形態と人為的負荷による寄与

宮川流域で降雨時に全窒素の比負荷量の大きい4河川について求めたCOD, 全窒素, 全りんの溶存態と懸濁態成分ごとの割合を図11に示す。図は降雨時の負荷量(4河川の平均値)を100とし、平常時の負荷量と降雨時の増加分を形態別の割合で示した。全窒素は平常時、降雨時とも大部分が溶存態であったのに対し、CODと全りんは降雨時に懸濁態で存在する割合が増大した。これらの河川の流域は高原野菜等の産地であり、降雨時には畑地等から土壌が流出しやすい。りんやCODを構成する有機質等は土壌粒子に吸着しやすいことから、りん等の降雨時における懸濁態の割合の増加は、このような土壌流出による影響と考えら

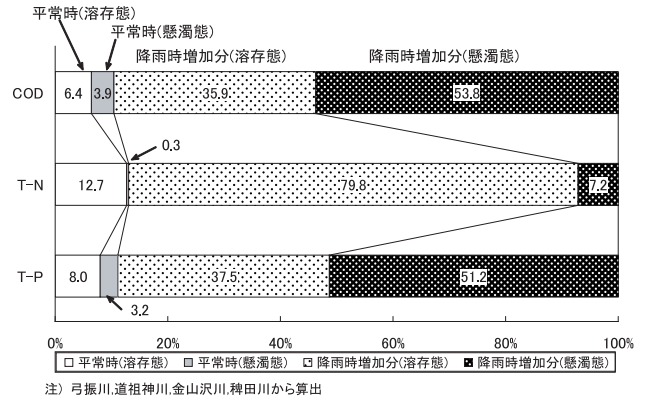


図11 溶存態と懸濁態の割合

表4 自然系負荷と人為的負荷

単位: kg/日

	COD		T-N		T-P	
	平常時	降雨時	平常時	降雨時	平常時	降雨時
自然系負荷	16	78	3.0	21	0.2	0.6
	26%	13%	2%	2%	12%	4%
人為的負荷	47	528	128	989	1.3	13
	74%	87%	98%	98%	88%	96%

注) 弓振川, 道祖神川, 金山沢川, 稗田川から算出。
割合は自然系負荷と人為的負荷を100としたときのそれぞれの割合を示す。

れる。

宮川流域の支流河川では、農地や住宅地等の人為的な活動地域の上流側と下流側で調査を行った。上流測定地点より上流側の自然地域からの流出を自然系負荷量、下流地点と上流地点との負荷量の差を主に農業等に伴う人為的負荷と仮定して両者の比較を試みた。図11と同様に4河川について年平均値から算出した自然系負荷と人為的負荷の排出負荷量とその割合を表4に示す。降雨時には自然系負荷量および人為的負荷量のいずれも大きく増加した。また、支流流域全体の負荷量に対する人為的負荷の占める割合は平常時、降雨時とも7割以上を占めていた。項目別に見ると、CODと全りんは平常時と比べて、降雨時に人為的負荷の増加傾向が見られた。全窒素は平常時も降雨時も人為的負荷の排出割合が98%を占めており、人為的負荷の寄与が大きかった。上流側と下流側の負荷量の差をすべて人為的寄与とすることは過大評価の面もあるが、それを考慮しても降雨時には人為的寄与がかなり大きいといえる。これら河川の上流測定地点より上流側は主に山林等の

表5 上川と宮川の負荷量

単位：kg/日

調査河川名	調査時	COD	T-N	T-P
上川(上川橋・茅野市)	平常時	884	426	21.8
	降雨時	4,726	1,347	101
宮川(安国寺橋・茅野市)	平常時	548	551	7.9
	降雨時	2,214	2,188	49.6

表6 上川と宮川の比負荷量

単位：g/ha/日

調査河川名	調査時	COD	T-N	T-P
上川(上川橋・茅野市)	平常時	41	20	1.0
	降雨時	221	63	4.7
宮川(安国寺橋・茅野市)	平常時	61	62	0.9
	降雨時	247	245	5.5

自然地域で、別荘地等が一部ある。下流側の流域は水田と広大な畑地が広がり、その中に住宅地が点在している。降雨時には、とくに畑地等の農地からの流出影響が大きいと考えられるため、これらからの流出汚濁を含めた対策が重要である。

3.2.3 上川と宮川の負荷量の比較

上川(上川橋)および宮川(安国寺橋)本流下流部における負荷量を表5に、比負荷量を表6に示す。両地点の負荷量を比較すると、平常時と比べて降雨時には両河川ともCOD、全窒素、全りんが3～6倍程度増加していた。また、平常時と降雨時のいずれもCODと全りんの負荷量は上川が若干高く、全窒素は宮川が高かった。

比負荷量で見ると平常時には、CODと全窒素が宮川で若干高いが、全りんは同程度であった。降雨時にはCODと全りんはほぼ同程度であったが、宮川全窒素の比負荷量が上川と比べて3.9倍と大きく増大していた。上川流域および宮川流域ともに流出負荷は大きく、両流域とも流出水対策を講じて、諏訪湖への流入負荷を削減していくことが諏訪湖浄化に必要と考えられる。

4. ま と め

第5期諏訪湖水質保全計画策定において「流出水対策地区」の指定を視野に、諏訪湖流域を主要河川により3ブロックに分けて排出負荷量を検討した。この結果、上川・宮川ブロックのCOD、全窒素、全りんの排出負荷量はいずれも3ブロッ

クの中でもっとも大きく、諏訪湖流域全体の負荷量の8割を占めていた。このため上川・宮川流域の汚濁負荷の実態を調査したところ、降雨時には上川、宮川への流入河川で汚濁負荷が大きく増加した。とくに、市街地を流下する河川や住宅地と農地等の混在した流域の河川ではCODの比負荷量が増加し、農業地域では全窒素の比負荷量の増加が見られた。

これらの調査結果を踏まえて、第5期諏訪湖水質保全計画では上川・宮川流域を「流出水対策地区」として指定し、重点的に対策を講じることとした。本計画では、これまで行われてきた下水道整備、工場・事業場の排水対策等に加えて、市街地における道路清掃、側溝の堆積物の除去等の市街地対策、農地対策としてエコファーマーの認定促進等、環境に配慮した「環境にやさしい農業」の施策の普及等、また、自然地域からの汚濁負荷削減のための治山砂防対策や間伐、植栽による森林整備、同様にゴルフ場等からの汚濁負荷の流出防止対策等、調査研究として水田の水質浄化機能と地下水かんよう機能の調査等を地域住民と関係機関が連携して協力することにより流出水対策を推進し、長期的にも、人と生き物が共存する諏訪湖をめざすこととしている。

謝 辞

本報告に係る宮川流域の調査は2007年度委託業務(環境省)「流出水対策推進モデル計画策定調査」として実施された。環境省水・大気環境局水環境課に深く感謝を表します。また、上川の降雨時の採水等については、諏訪保健所検査課にご協力をいただいた。なお、本報告中の主に宮川流域の調査結果については「第35回環境保全・公害防止研究発表会」にて発表した。

—参考文献—

- 1) 長野県：水質測定結果
- 2) 環境省：中央環境審議会、「湖沼環境保全制度の在り方について(答申)」,平成17年1月
- 3) 湖沼水質保全特別措置法：昭和59年7月27日法律第61号,最終改正：平成17年6月22日法律第69号
- 4) 長野県：「第5期諏訪湖水質保全計画」
- 5) 長野県：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」,平成20年3月
- 6) 長野県：平成13年度環境省委託業務結果報告書「湖沼非特定汚染源負荷削減計画策定調査」,平成14年3月