

農村地域小河川における水質モニタリング に関する調査事例

坂西研二*・芝野和夫*・大嶋秀雄*

Study on Water Quality Monitoring in Stream of Rural Basin

Kenji BANZAI*, Kazuo SHIBANO* and Hideo OSHIMA*

* National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, 305-8604 Japan

Key words : flow measurement, water sampling device, water quality survey, nitrogen and phosphorus

1. はじめに

流域における河川流量とその水質は、地形、土壌、植生などの自然要因に加え、農業など二次自然要因や人間活動要因を総合的に反映しており、地域的および長期的な環境モニタリングとして最も重要かつ最適な項目である。

小河川の流水を構成する流出は、渇水時では基底流出といって浅層地下水流出、農業排水、家庭雑排水が混合した流水であり、降雨時にはこれに表面流出および中間流出が加わり、水質が大きく変動する要因となる。降雨時に増加が見込まれる物質として、土壌であり、土壌面に散布した化学及び有機物肥料の一部であり、また農林地に過度に投入した畜産ふん尿やその他農業資材や一般のゴミ等の廃棄物の一部である。水系への負荷流出には、上記の何種もの流出が混合した状態になると見られ、この複雑な流出過程と水質負荷量の変動は、流域の土壌物理性や土壌化学性に依拠するものと考えられる。

次に、流域の負荷流出を精度よく測定するには、連続して採水できる装置と常時流量測定が不可欠である。しかしながら、上記装置は高額であり、AC電源の確保、遠距離で交通不便なこと等観測の障害も多い。その観測を軽便にするために試料の持ち帰り分析を前提に簡便な自動連続採水装置を製作し、さらに水位計を一体化させ、価格の低減を図った。本報告は、小河川の流量・水質の簡便で精度良い観測データを得る手法の解説とデータ解析による小流域規模の環境負荷量を推定するものである。

2. 試験研究方法

1) 調査対象地の概要

茨城県真壁郡八郷町H流域を対象とする。およその位置は、筑波山の東麓、八郷町の南西部にあり、標高は19mから253mまで、流域面積は291.7ha(流域A)であり、さらに流域A内の上流部に流域B(74.3ha)を設ける(図-1)。流域の土地利用では、林地が全体の45%を占め、山地はスギの植林が多く、広葉樹は集落の周辺と山地の一部で見られる。農耕地の土地利用は、水田が全体の22%、野菜畑が7.5%、ナシを主体とする果樹園が7.4%、放棄地(一部地域で不熟な家畜糞尿の投入)が6.4%である。宅地・道路・畜舎・事業所・学校他が12.6%である。本地区水田のかんがい用水は、山地からの流出を水源としているが、さらにかんがい期(4月~8月)には霞ヶ浦用水からも供給されている。

2) 流量測定

調査地の中央を流れる農業用小河川(用排兼用)でモニタリングを行うため、採水装置と水位計のセットを2カ所(中流地点B、最下流地点A)に設置し、河川水位を常時測定する。降雨による出水時には採水装置で河川水を採水する。

流出水中における負荷量の測定に言うまでもなく流量の連続測定が必要であり、そのためには水位計を設置する。水位の測定にはフロート式と圧力センサー式を比較検討し、安定した応答が得られるフロート式を採用した。圧力センサー式は、泥に埋没してしまうと感知不能になった。

河川断面形状と流速分布測定値から求めた実測流量と水位の関係を水位・流量曲線にする(図-2)。流速の測定

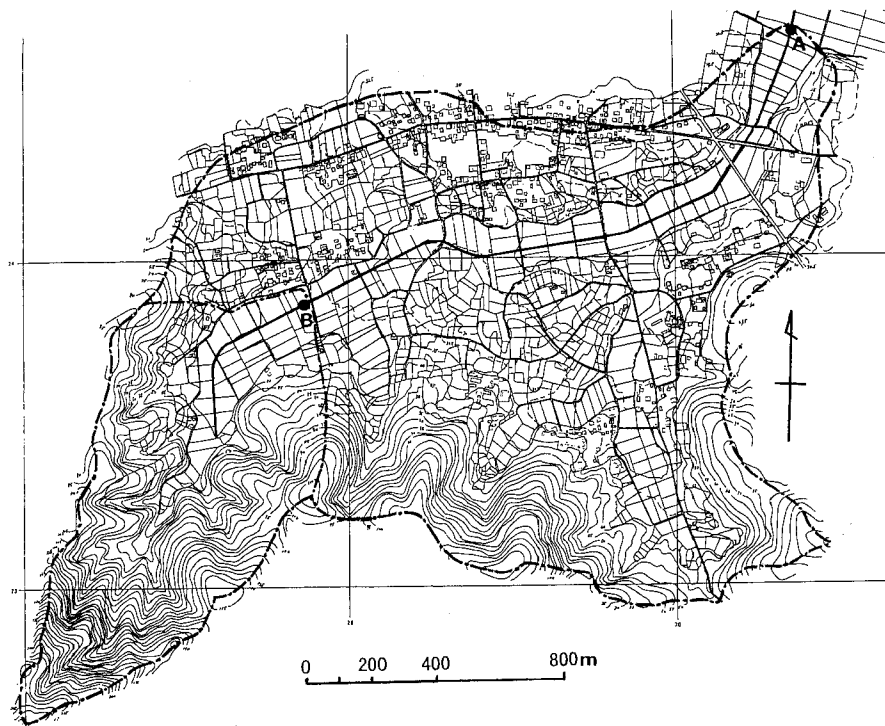


図-1 調査流域

については、多くの実測結果を平均した図-3が参考になる(渋谷, 坂西, 1985)。また、平均流速を示す水深は、水面より $0.6h$ (h =水深)である(野村, 1979)。

本報告では、これらデータに適合する式を求め、水位から流量を計算した。一般に水位・流量曲線による推定誤差は、およそ5~10%になる。

3) 自動連続採水装置

採水は、人力で直接に採水する場合と装置による連続採水とがある。前者が基本であるが人力では限界があり、大雨時に変化する水質を採水するために採水装置は各種製作されているが、農環研で試作された簡便な装置を一例として示す。

図-4のように小河川に隣接して設置し、バッテリー電源で水質変動が著しい洪水時の流水の自動連続採取ができる。採水装置が作動すると、10分~5時間間隔でポンプアップにより250ccのポリ瓶24本に採水するものである。

採水装置のスタートにはポケットベルを用いた遠隔スイッチを考案した。これは、天気予報により雨が降り出しそうなとき、予め装置を作動させることができる。

自動採水装置の採水位置は、水路の岸側30cmの距離、底から3cm(常時水位約10cm)深さで固定した。この位置の採水が、流水を代表するかどうかは、採水装

置での試料値と人力採水による平均値と比較して調べた。流域Aの測定結果は、T-Pで平均値の10%以内の差であった。流水における水質平均濃度は、図-2の数字1.0の平均流速の付近であれば濃度も平均に近いし、岸近辺にも平均流速の位置は見いだせる。

4) 水質分析

本装置により採水した河川水を持ち帰り分析する。水質測定的项目は全窒素(T-N)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と全リン(T-P)である。分析方法は、工業用水試験方法(JIS K 0101)に従った。T-N、T-Pは懸濁態を含む濃度及び負荷量である。年間を通じた流量の観測と降雨時の経時的な水質変化が観測された。

3. 降雨と流出について

1) 時間雨量と流出

流域下流端A地点の時間雨量と流量を図-5に示す。降雨に対する流量の応答もよく取れている。霞ヶ浦用水の流入が始まる4月中旬以降、水田の耕耘、代かき、かんがい水の増減等により流出が降雨に対応しない場合もあった。雨量の少ない8月、また、かんがい用水を使用しない9月では、一日の内に8時~12時まで家庭排水と見られる周期性の流量増加が見られた。本地区流域に降った降雨の河川到達時間は、角屋(1980)の方法を用

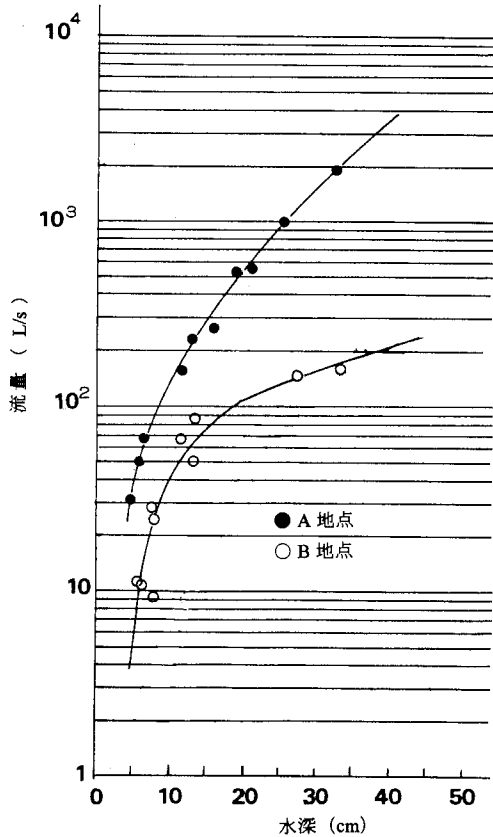


図-2 A, B地点の水位流量曲線

いて計算し、ほぼ1時間と推定された。

2) 月別雨量と流出量

月別雨量と流出量について表-1に示す。流入量の項は、雨量に霞ヶ浦用水を加えた値である。1月～12月までの値を総計して年流入量と年流出量を表し、前者から後者を差し引いた値が蒸発散量と地下浸透量になる。しかし、本流域のように河川周辺の低地部が水田からなる場合、地下浸透水は浅層地下水を補給し、その浸透水の多くは基底流出として徐々に流域河川に出ていき、河川に出ずして流域外に去る量は少ないと考えられた。

流域Aでは、この差し引いた値は300.6mm/yで、流域Bで319.5mm/yであった。流域に近いつくば市館野の1996年の毎日の平均気温を用いてハモン式(中野, 1976)で計算した蒸発散量(A: 496.9mm/y, B: 527mm/y)も併せて示した。水収支から計算した流域A, Bの蒸発散量は、ハモン式に比較してかなり小さい値になった。これは、河川に対し家庭排水、農畜産排水、あるいは他地域からの流入も加わるためと考えられた。

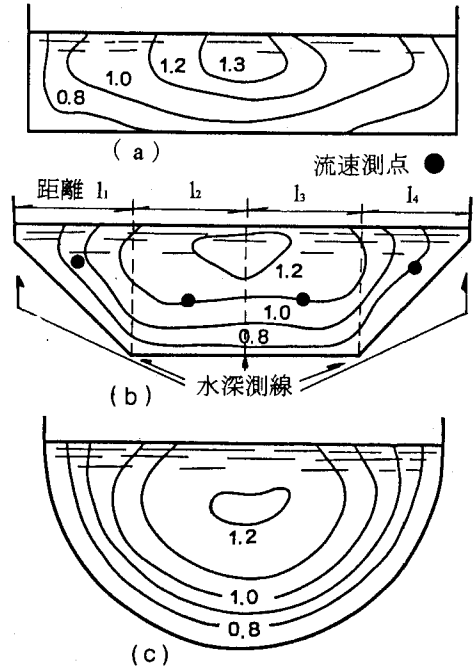


図-3 通水断面内の流速分布(渋谷, 坂西, 1985)
・図中の数字は、平均流速に対する比率

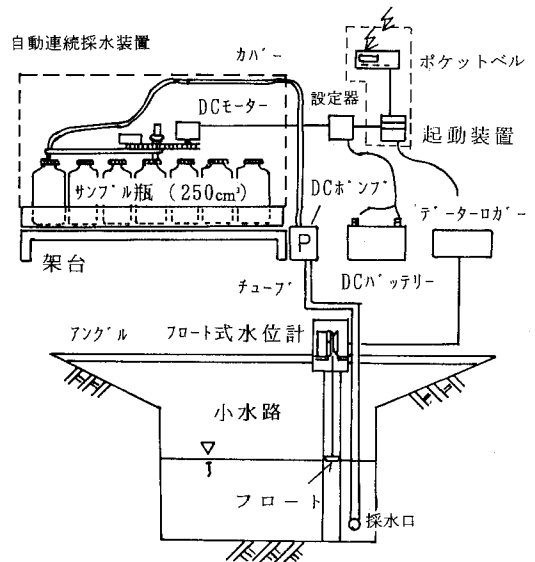


図-4 フロート式水位計と自動連続採水装置

4. サンプリング流出水の窒素・リンの測定結果

1) 降雨時の T-N, T-P 変化

流域Aにおける台風等の豪雨時の流出と濃度の変化

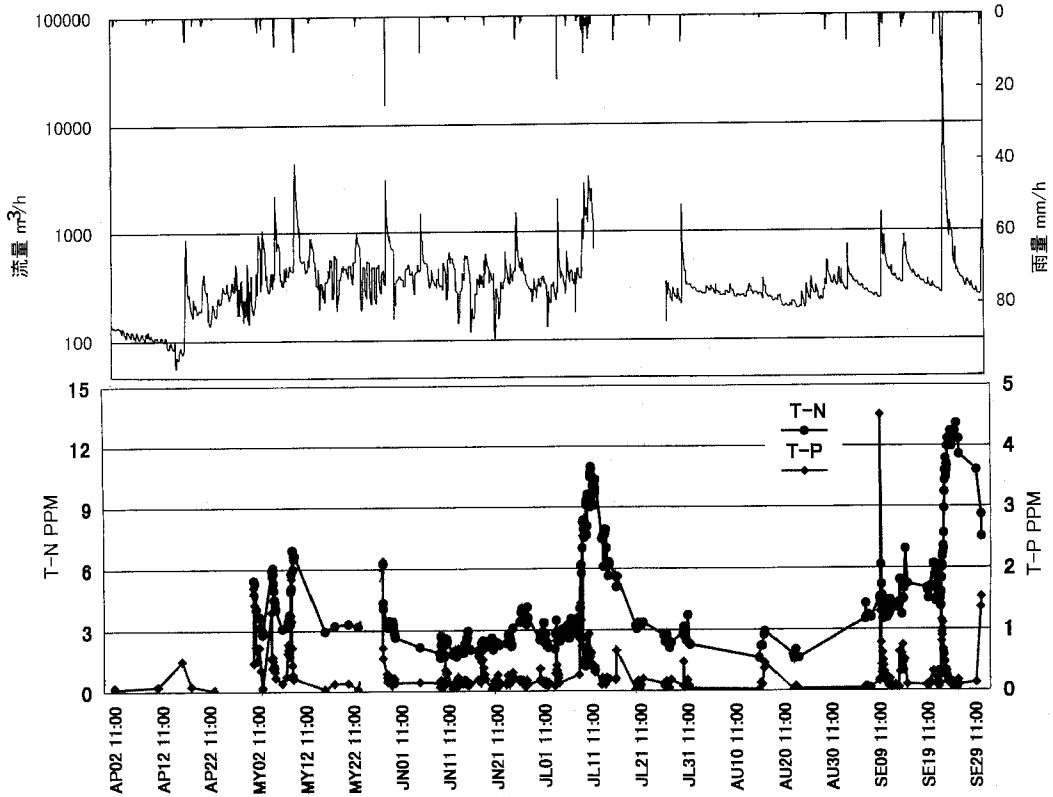


図-5 日川流域 A 地点の降雨-流出, T-N 及び T-P 濃度 (1996 年 4 月~9 月)

表-1 流域 A, B の月別雨量・流出量 (1996 年)

単位: mm

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計	
流域 A	流入量 雨量	16.0	36.0	85.5	64.5	149.0	63.5	175.5	16.0	295.5	98.0	104.0	55.0	1,158.5	
	霞ヶ浦用水				14.6	42.5	22.5	17.5	20.9					118.0	
	流出量	(16.2)	39.3	38.1	43.6	139.7	97.4	(76.8)	68.2	163.6	105.4	111.3	76.5	975.9	
	蒸発散量 (ハモン式)	5.8	15.5	22.9	36.8	60.8	76.0	48.2	107.0	55.3	33.6	18.5	16.5	496.9	
流域 B	流入量 雨量	流域 A と同じ												1,158.5	
	霞ヶ浦用水				11.4	33.3	17.6	13.7	16.4					92.4	
	流出量	(28.1)	66.0	69.7	93.2	125.9	94.5	(109.5)	116.3	140.0	74.6	74.7	76.5	931.4	
	蒸発散量	7月除き流域 A と同じ						78.3							527.0

* () 内の値は欠測あり

* 蒸発散量の 1 月と 7 月は, 流出量の欠測期間を除いた値である

を見ると (図-6), 流出の急上昇に応じて T-N 濃度は穏やかに, T-P は急激に上昇する。降雨時には河床の沈殿物や地表面の堆積物が洗い流されるので, 濃度が高くなると言われているが, この流域はそれに相当する。

流出がピークから低減していく間も, T-N 濃度は上昇し続け, 持続する傾向であり, 他方, T-P 濃度は, 流

出の低減に比例し急激に低下した。

表面流出が終了した後の河川流出は, 土壌の粗間隙を流下する中間流出やそれより小さい細間隙を流下する地下水流出水で占められ, 流出水の濁りは小さく, 窒素は溶存態で流出する割合が大きい。このことに関係して土壌を通過する流出水は, 高強度の雨でも土壌内で貯留さ

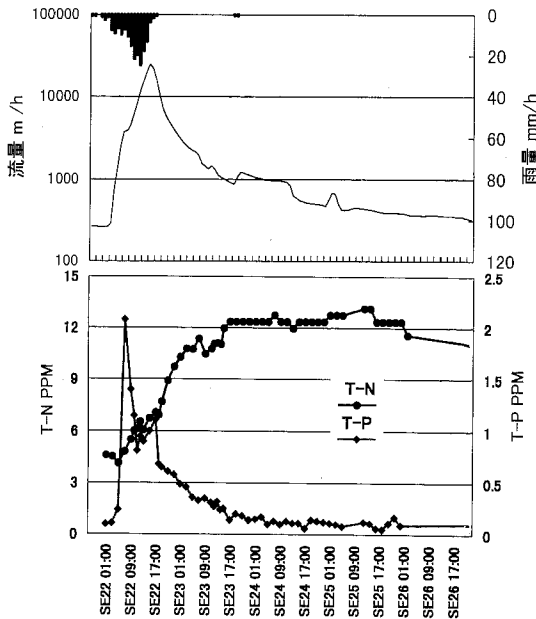


図-6 台風時流域 A 地点の降雨-流出, T-N 及び T-P 濃度 (1996 年 9 月 22 日~26 日)

れると徐々に流出し、平準化が進む。また、雨量の大きさにより流出個々の低減過程の初期値は異なるが、徐々にどの流出も近似した量を示すようになる。この間、土壌内の間隙経路からの溶脱窒素量も、変動の小さい低減が考えられる。

T-P については、リンが土壌に吸着されやすいことが理由となる。土壌の侵食や移動が起こり、その土壌が懸濁態として河川に流入する表面流出時において、リンの流出が最も大きいという結論になる。

2) 負荷量と流量 (L-Q) の関係

流域 A において 1996 年 4~9 月の L-Q 関係を示したのが図-7 である。Q と T-N の相関は、一般に言われているように良い。濃度において Q の増加に対する T-P は、鋭敏な応答を示した。Q と T-P の負荷量関係では変動幅が大きく、相関係数も低い、流量の大小以外にも要因が考えられる。例えば、季節により変化する農林地の植生、作物、耕耘作業が挙げられる。

3) 降雨時の負荷量

平時に比較して、降雨時にどれだけの割合で窒素とリンが流出しているかを流域 A の負荷量で計算した。始めに、1996 年 4 月~9 月の半年間において T-N、NO₃-N と T-P について、負荷量の総量を計算した。次に、この期間における降雨時負荷量の計算は、流出量の増加する期間の T-N、NO₃-N と T-P の負荷量を合計し、その値から基底部分の負荷量 (降雨前の時点と降雨後流出量

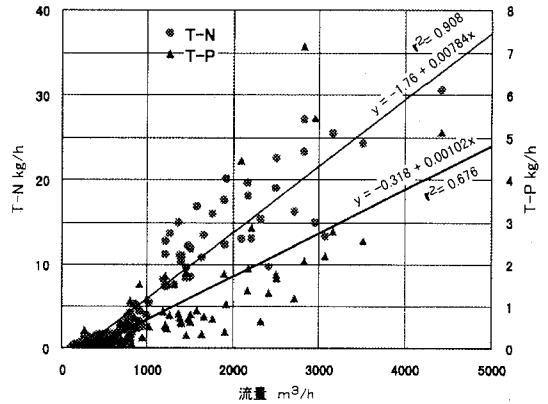


図-7 流域 A の負荷量と流量 (L-Q) の関係

表-2 流域 A の半年間と降水時の T-N、NO₃-N、T-P の総量と割合

	96 年 4 月~9 月	T-N	NO ₃ -N	T-P
総量	kg/ha	28.4	23.1	2.1
降雨時	kg/ha	15.0	12.6	1.5
〃	%	52.8	54.6	69.9

の低下した時点をつなぐ負荷量) を差し引いた。その結果、表-2 に示す通り T-N、NO₃-N と T-P の降雨時の割合は、各々 52.8、54.6 と 69.9% であった。参考に鈴木、田淵 (1984) の霞ヶ浦近辺の純農村小流域における 1 年間の結果は各々 68、55、81% であった。降雨期間の負荷量は平時に比して、期間が短くても大きな割合を示すが、それら割合も流域毎に異なることから、何らかの類型化も考えておく必要があり、今後の検討課題とした。

5. 測定に関する留意点

(1) 農業用排水路等の小河川への水位計や採水装置の設置は、地元土地改良区または河川管理者の許可が必要である。

(2) 測定開始 1 年目は圧力水位センサーを用いたが、水路の泥やゴミの付着による不調、あるいはバッテリー切れによるデータ欠測などが生じた。2 年目はフロート式水位計に改修し、それまでの圧力式センサーに比較して安定していた。

(3) 河川からの採水口は、泥・ゴミにより直ぐに目詰まりするため、サンプリングが終了した時点で必ず点検する。

(4) バッテリーの電圧低下は、水位計及び自動採水装置の作動停止や誤作動を招くので注意が必要である。

引用文献

- 角屋 睦 (1980) : 流出解析手法 (その8), 農土誌, 48 (6) : 39~44
- 中野秀章 (1976) : 森林水文学, 共立出版, 114~115
- 野村勝美 (1979) : 流量計測法, 篁源亮編, 森北出版, 15~55
- 澁谷勤二郎・坂西研二 (1985) : 電磁流速計による河川・排水路流量の自動計測, 国土資源資料 (農環研), 13 : 57~62
- 鈴木誠治・田淵俊雄 (1984) : 農業地域小河川における流出負荷量の季節変動と年間総量について, 農土論集, 114 : 33~38

受稿年月日 : 1998年5月11日

受理年月日 : 1998年9月18日