

大間々扇状地における水文・水質解析

前橋工科大学工学部 学生員 ○大橋成一郎
前橋工科大学工学部 正会員 土屋十園

1. はじめに

大間々扇状地は、群馬県南東部に位置し、渡良瀬川によって形成された扇状地である。石田川流域はこの大間々扇状地に位置し、流域内には数多くの湧水が存在するが、近年、農地における肥料の大量使用や工場排水の影響により土壌地下水汚染が進行している。本研究では、扇状地河川である石田川と、その源頭水源である矢太神湧水地の L-Q 式を求めることにより、流出負荷量を算定することとした。また、河川の基底流出の負荷量と湧水地の汚染状況を明らかにすることとした。

2. 対象流域¹⁾

対象となる石田川流域は、南北約 16km、扇端幅約 12km、流域面積 125.6km²、標高約 30m～130m の大間々扇状地内に存在する。流域内の土地利用区分は、農地 45%、山林 10%、宅地 25%、その他 20%である。地質特性は、表層に約 1～2m の厚さで関東ローム層があり、その下に透水性の良い砂礫層が厚く堆積している。標高 55m～66m 付近には、約 30 箇所の湧水が見られるが、特に矢太神湧水地は湧水量が安定している。石田川は、重殿湧水地を水源とする大川と合流し、利根川へ流入する全長約 13.6km の一級河川である。図-1 に対象流域を示す。



図-1.対象流域

3. 流出負荷量の算定

3.1 採水方法・測定項目

流出負荷量の算出にあたって、矢太神湧水地では 2004 年の台風 6 号の降雨(総降雨量 10.8mm)に伴う水質結果(採水期間 6 月 21 日 17 時より、6 月 22 日 15 時までの 2 時間毎)と 2003 年の台風 10 号(総降雨量 76.9mm)の降雨に伴う水質結果(採水期間 2003 年 8 月 9 日 3 時から同 8 月 10 日 2 時まで 1 時間毎)を用いた。また、河川においては、2004 年の台風 6 号の他、2003 年 11 月 29 日 12 時から 12 月 1 日 10 時までの降雨(総降雨量 48.9mm)の 2 時間毎の水質結果を用いた。測定項目は T-N、T-P、COD とし、採水は ASIGMA 社製リキッドサンプラー(シグマ 900)を矢太神湧水地と石田川銅橋地点に設置しサンプリングを行った。

3.2 L-Q 式算出結果

一般に、水質測定時の流量と負荷量には、比較的高い相関がある²⁾ことが知られている。そこで、縦軸に負荷量 L、横軸に流量 Q をとり、3.1 で得られた各地点の水質データをプロットし、L-Q 回帰式を求めた。回帰式は、(1)式で示される。

$$L = aQ^b \quad (1)$$

a, b は定数であり、最小二乗法により求めた。L-Q 式とその相関係数は表-1 に示すとおりである。

表-1 L-Q 式と相関係数

矢太神	T-N	T-P	COD
L-Q 式	$L=13.7E+3Q^{0.8665}$	$L=3E+7Q^{4.8184}$	$L=2E+9Q^{5.0257}$
相関係数	0.9942	0.8957	0.9284
銅橋	T-N	T-P	COD
L-Q 式	$L=8.250Q^{1.269}$	$L=0.213Q^{1.2213}$	$L=4.71Q^{1.0729}$
相関係数	0.9261	0.8845	0.9233

L-Q 回帰式の相関は、矢太神湧水地、銅橋地点の全ての測定項目で比較的高い結果が得られた。これは、降雨強度の低い場合と高い場合の水質データを使用したためであり、流出負荷量と流量に密接な関係があることを顕著に表す結果となった。また、T-P については、流量変動の数時間後に濃度変化のピークが生じることが昨年度までの研究³⁾で分かっている。そのため T-N と COD と比べて相関が低いと考えられるが、回帰式としては妥当なものと判断し、流出負荷量の算出に用いることとした。

3.3 流出負荷量

表-2 流出負荷量結果

	T-N 負荷量(t/year)	T-P 負荷量(t/year)	COD 負荷量(t/year)
2002 年度矢太神	17.52	0.07	2.54
2003 年度矢太神	17.54	0.04	1.18
2003 年度銅橋	154.56	3.98	88.33

矢太神湧水地では、2002 年度と 2003 年度の年間流出負荷量を、3.2 で得られた L-Q 式から求めた。この際、湧水流量 Q は群馬県から提供されたものを使用した。石田川の流量は、銅橋地点に設置した圧力式水位計とデータロガーにより得られた毎

キーワード：地質特性、土壌地下水汚染、流出負荷量、流況曲線、75%値

連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 TEL027-265-7355 FAX027-265-7355

時の水位を、水位流量曲線の回帰式 H-Q 式⁴⁾に代入することで求め、これと 3.2 の L-Q 式から負荷量を算出した。表-2 に年間流出負荷量を示す。石田川は 2003 年度のみ結果である。

矢太神湧水地では、T-N の負荷量は 2002 年度、および 2003 年度でそれほど違いは生じなかった。T-P、COD については、2003 年度の流出負荷量のほうが少なかった。これは、流域内年間降水量が 2003 年度は 969mm、2002 年度は 991mm であり、降水量の多少によると考えられる。そのため土中に吸着された T-P、COD が流出しにくかったと考えられる。

3.4 基底流出負荷量

石田川の汚濁負荷に対する地下水の影響を明らかにするために、基底流出に対する負荷量を算出した。ここでは年間の流出を対象としているため、基底流量は低水流量以下の流量とした。低水流量は図-2 に示す流況曲線により 0.39m³/s を得た。基底流量とそれに対する年間負荷量は表-3 のとおりである。

表-2、表-3 より石田川銅橋地点での基底流出による負荷量の割合は、T-N が約 48.3%、T-P が約 50.8%、COD が約 58.5% となり、扇状地河川である石田川の汚染は、地下水の影響が半数以上を占める結果となった。また石田川銅橋地点において、基底流出のうち、矢太神湧水地から流入する負荷量の割合を求めると、T-N が約 23.5%、T-P が約 3.0%、COD が約 6.1% となり、T-N の割合が他の汚濁物質に比べて高いことが分かった。

3.5 湧水地汚染状況

矢太神湧水地の汚染状況を把握するために、矢太神湧水地における全窒素濃度の 75% 値を求めた。75% 値とは、低水流量における水質であり環境基準への適合を判断する指標である。矢太神湧水地の低水流量における負荷量は T-N 負荷量曲線 図-3 を求め、75% 値は(2)式により求めた。

$$C_{T-N75} = \alpha \frac{L}{Q} \tag{2}$$

ここで、C_{T-N75}:T-N75% 値(mg/l)、L:低水時 T-N 負荷量(kg/day)、Q:矢太神低水流量(m³/s)、α:単位換算係数である。

表-4 に各数値および全窒素濃度の 75% 値(以下 T-N₇₅ と表す。)を示す。これによると、2002 年度、2003 年度の両者において矢太神湧水地の T-N₇₅ は 23mg/l を超える値となった。これは、地下水の環境基準である 10mg/l を大きく上回るものであった。過去 2 年間のデータのみではあるが、流量、負荷量共に大きな違いはなく、平常時から汚染が進行していると推察される。この原因として、農地からの排水、生活排水、工業排水の他に、畜産排水による影響が非常に大きいものと考えられる。

4. まとめ

流出負荷量を得るための L-Q 回帰式は、矢太神湧水地、石田川銅橋地点の両者とも相関の高い関係式を得ることができた。また、石田川銅橋地点において基底流出による負荷量の割合は、3 種の汚濁物質で 50% を超えるかもしくはそれに近い値となり、地下水流出が河川の汚染に大きく寄与していることが分かった。さらに、矢太神湧水地における T-N の 75% 値は、2002 年度で 23.16mg/l、2003 年度で 23.13mg/l となり、地下水の環境基準である 10mg/l を 2 倍以上上回る結果となった。

【参考文献】

- 1) 八千代エンジニアリング:II.石田川流域 地下水位および湧水量観測,pp1-1,2-2,2-3,2-6,2002
- 2) 武田育郎:水と水質環境の基礎知識,オーム社,pp158-160,2001
- 3) 4) 阿佐美忠正:大間々扇状地における地下水の水質特性,pp38,pp12,2004

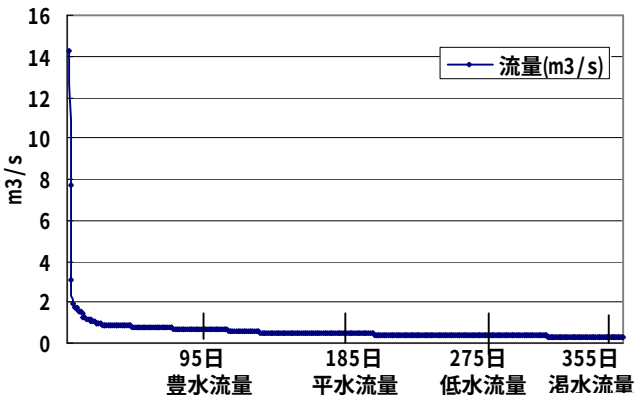


図-2 2003 年度石田川流況曲線

表-3 基底流量および負荷量

基底流量(m ³ /s)	T-N 負荷量(t/year)	T-P 負荷量(t/year)	COD 負荷量(t/year)
0.39	74.67	2.02	51.64

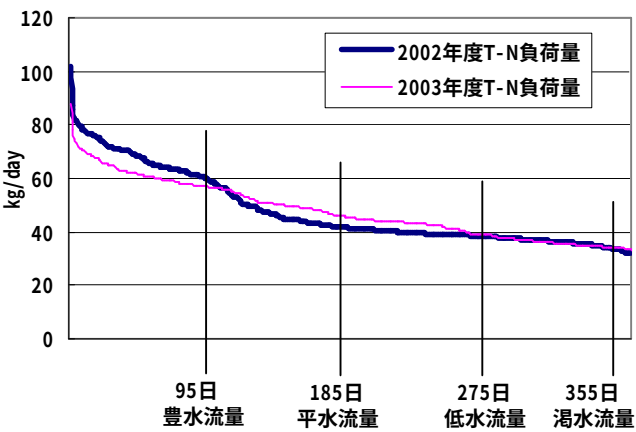


図-3 矢太神 T-N 負荷量曲線

表-4 低水流量、負荷量および全窒素 75% 値

	Q(m ³ /s)	L(kg/day)	C _{T-N75} (mg/l)
2002 年度	0.02	38.21	23.16
2003 年度	0.02	38.59	23.13