

降雨時の現象を考慮した年間を通じた
流域からの汚濁流出量の評価

流域水管理研究会

野 口 正 人

降雨時の現象を考慮した年間を通じた流域からの汚濁流出量の評価

野口 正人

1. 研究目的

近年、ますます水環境整備の重要性が叫ばれている。ひと口に水環境といっても、水量・水質、水空間、景観、生態系、等々に関連して多岐にわたるが、いずれにしても、水域が汚い状態では話にならない。そのような訳で、理化学的水質指標を用いた水域の類型指定などが行われ、水質の良し悪しがしばしば議論される。

とくに閉鎖性水域ではアオコの発生など、富栄養化に伴う弊害も顕在化しており、水質悪化を防ぐために各種の下水道事業が推進されている。しかし、その多くは家庭や事業所、あるいは工場といった点源からの汚濁対策のためのものである。したがって、主として降雨時に田畑から流出する肥料や農薬、あるいは路面や屋根からの各種の汚濁といった非点源汚濁を削減するための対策はまだ不十分である。

本研究で対象河川として取り上げられた本明川では、上流にダム建設が予定されており、また、下流には諫早湾調整池といった閉鎖性水域を抱えているため、良好な水環境を保っていくには流域からの汚濁負荷流出量の抑制が欠かせない。そのため、本研究では降雨時における非点源汚濁負荷流出機構を明らかにし、健全な水環境を実現していく上での適切な流域水管理を支援しようとするものである。

2. 流域水管理の必要性

健全な水環境を達成するためにも良好な水質を維持することが不可欠である。しかし、現在、水域での水質観測は降雨の影響を被らない条件下で実施することが定められており、降雨時における流域からの汚濁負荷流出の実態は十分には明らかにされていない。

上述されたことから、ダム建設や締め切り堤防の築造による調整池の建設などに際して実施される環境影響評価に係る水質予測に関しても、予測計算に必要な適切な境界条件を用意できていないのが現状である。そのため、精々、各種汚濁量と流量との一価関数を仮定した L - Q 関係式により流域からの汚濁量を推定するに止まっている。このような仕方では、近年その重要性がますます叫ばれている閉鎖性水域での適切な水質制御が行えないことは言うまでもない。

長崎県が諫早湾干拓事業を進める際に流域から調整池に流入する汚濁量が見積もられたが、その結果によれば、諫早湾調整池流域での非点源（面源）汚濁の割合は、化学的酸素要求量（COD）で 37.3%、全窒素（T-N）で 38.7%にも達している。したがって、閉鎖性水域での水質を清澄に保つために、非点源汚濁負荷流出量の動向を正確に把握し、適切な流域水管理が欠かせない。

3. 降雨時における流域からの汚濁負荷流出量

前節までに示されたように、水域での水質変化を正しく把握するためには、降雨時に流域から未処理で水域に運ばれる非点源汚濁負荷流出量を適切に求めなければならない。

本研究では、本明川ダムの建設が計画されている富川地点で降雨時の水質観測を実施し、降雨との関係で汚濁流出量について検討した。

3.1 現地観測と結果

ここでの研究の対象にされた本明川は長崎県唯一の一級河川で、従来は流域面積がわが国で最小の河川であった。しかし、潮受け堤防の建設、ならびに諫早湾湾奥部の干拓が行われ、河川区域の変更に伴い流域面積も 87km^2 から 249km^2 へと拡大した。いずれにしても、流域面積の大きさに関しては、本明川は決して大きな河川とは言えない。しかし、本明川は河床勾配が急な上流部から、ほとんど中流部を持つことなく河床勾配の緩やかな下流部へと遷移するため、治水面で河川管理の難しさを有している。また、諫早湾干拓事業により本明川の下流部が閉ざされたため、諫早湾調整池（いさはや新池）たる閉鎖性水域の水質を良好に保とうとすれば適切な流域水管理が不可欠になっている。

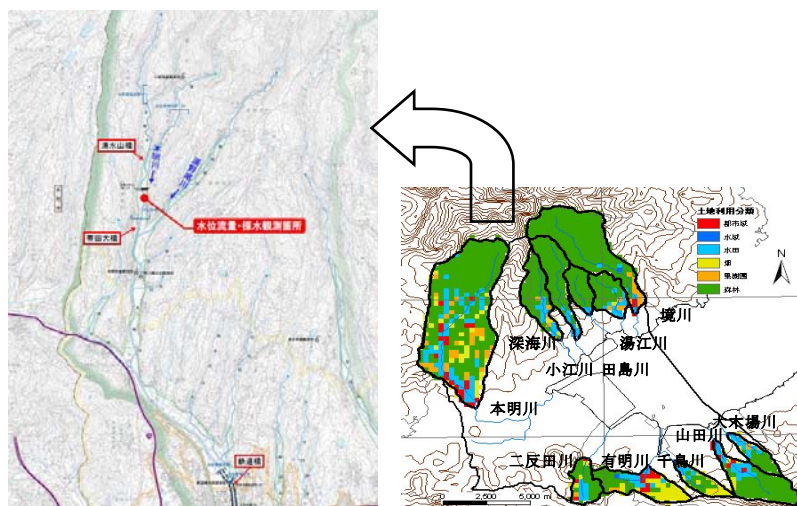


図-1 富川ダムサイトおよび清水山橋の位置

(左図は国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所より提供を受けた)

本明川ダムの建設が予定されている地点は、図-1 に示された富川ダムサイトである。本明川を管理するためにこの付近では、小野および本野の両地点の雨量観測所がある。また、富川（ダムサイト）では水位流量観測が行われており、不定期ながら国土交通省により採水による水質観測が実施されている。

小野の雨量観測データによれば、平成21年(2009)の5～7月には、5月21日、6月23日、6月29日、7月1日、7月24-26日の5回に渡って50mmを越す雨が降っている。とくに、6月29日の雨は総雨量が100mmを越えている。また、7月24日から26日の雨では二山の降雨ピークを有しており、それぞれの降雨量が100mm程度であ

った。なお、小野、本野両雨量観測所は比較的近距离にあるため、降雨分布はほぼ似通ったものになっている。以下の解析では小野の雨量データを用いてなされた。

3.2 観測結果の考察

3.2.1 理化学的水質指標間の関連性

閉鎖性水域での健全な水環境を達成するため、水域に未処理で流入する栄養塩類の汚濁量を適切に制御する必要がある。ここでは、pH、COD_Mn、SS、T-N、T-P の5つの理化学的水質指標を取り上げて検討した。

それぞれの水質指標間の相関性を調べたところ、COD_Mn、SS、T-N、T-P 相互の相関性が非常に高いことがわかった。とくに、6月29日や7月24-25日の降雨では河川の浮遊懸濁物質の濃度が高く、その傾向はより顕著である。そのため、閉鎖性水域の富栄養化に係る制限因子の T-N や T-P を予測するために、まずは降雨時の SS を調べることで、COD_Mn、T-N、T-P と SS との関係が求められた。

図-2 (a)~(c)には、SS をベースにして COD_Mn、T-N、T-P との相関を示した。図中の R² 値は清水山橋のデータのみを対象にして求められたものである。図中の四角印は富川（ダムサイト）での観測値であり、前述された両観測地点の位置関係を考えても十分に予想される範囲内の結果になっている。ただ、SS に対する全窒素の濃度の値が、富川（ダムサイト）地点では清水山橋のものより幾分大きくなっており、両観測地点間の河川に隣接した水田から流出した肥料が河川水質に影響を及ぼしているものと推察された。

ここに、 $SS \geq 5mg/l$ の範囲の水質観測データを用いて、COD_Mn、T-N、T-P と SS との関係に対する近似曲線を求めれば以下ようになる。

$$COD_Mn = 1.151 \cdot SS^{0.6189} \quad (1)$$

$$T-N = 0.240 \cdot SS^{0.4649} \quad (2)$$

$$T-P = 0.0137 \cdot SS^{0.5393} \quad (3)$$

3.2.2 L-Q 関係式

前述された降雨で流出する浮遊懸濁物質を対象にして、所謂 L-Q 曲線を求めるための SS と流量；Q との関係を示せば図-3 のようである。図中の近似曲線はそれぞれの降雨時

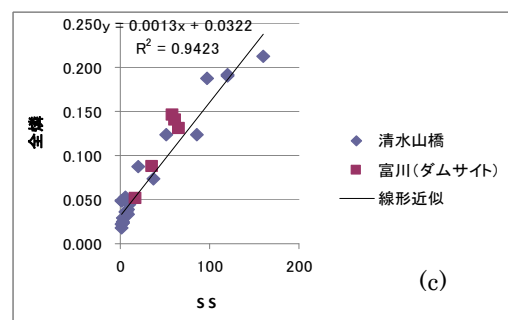
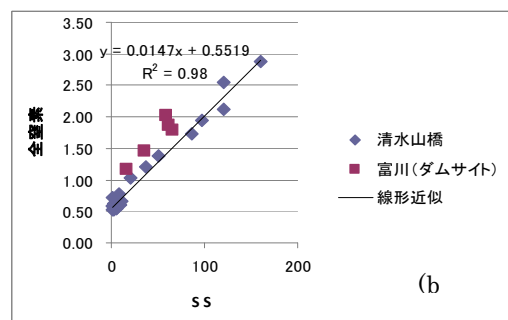
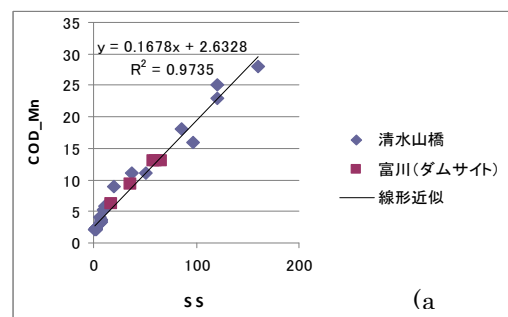


図-2 COD_Mn、全窒素、全磷と SS との関係

に求められた水質観測データを用いて得られた。

図中の近似曲線は、

$$SS = 0.502 \cdot Q^{0.847} \quad (4)$$

と表される。

すなわち、比汚濁負荷量と比流量との関係式に変換すれば次式となる。

$$l_{SS} = 3.07q^{1.847} \quad (5)$$

今回得られた l - q 関係式の中である 1.847 は、本明川水系本明川ダム建設事業に係って環境影響評価された際の富川地点での SS 比負荷量と比流量との関係式の中の平均値に近い。両者の比較をすれば、今回求められた SS 比負荷量の値はいくらか小さい範囲にあるが、これまでの経緯を考慮すればオーダーの比較としては十分であろう。

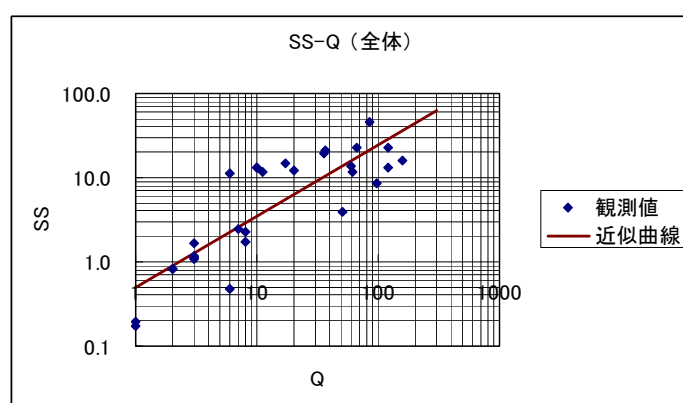


図-3 SS と流量との関係

3.2.3 降雨時における汚濁濃度の時間的变化

前節では、所謂 L - Q 曲線との関連で汚濁量の時間的变化について述べられた。

ここで、少し考えれば容易にわかることであるが、通常用いられる L - Q 曲線には大切な情報が欠落している。すなわち、 L - Q 曲線を求めるために用いられたデータは、先行降雨も違い、また対象とする降雨の大きさも異なっているのにも拘らず、それらの情報は L - Q 曲線には含まれていない。

図-4 には、本研究で取り上げた各降雨時における SS と流量： Q との変化が示されている。7月1日の降雨では、観測データが限られているために詳しい検討はできない。しかし、6月29日、7月24-25日、7月29日の降雨に対しては、観測データを出水の増水期である前半と減水期である後半とに分けて考え、それぞれの図に出水時の前半と後半に対する近似曲線が求められた。このようにして得られた出水時の増水期、減水期ならびに全期間を対象にした近似曲線の中を先行降雨量との関係でまとめれば、表-1 のようになる。

降雨時の水質観測データが非常に限られているため、まずはそのような条件下での観測を実施することが大いに期待される。今回のケースに対して求められた表-1 では、出水初期の中（前半）の値は先行降雨量と強く関係しているものと思われる。これより、降雨に

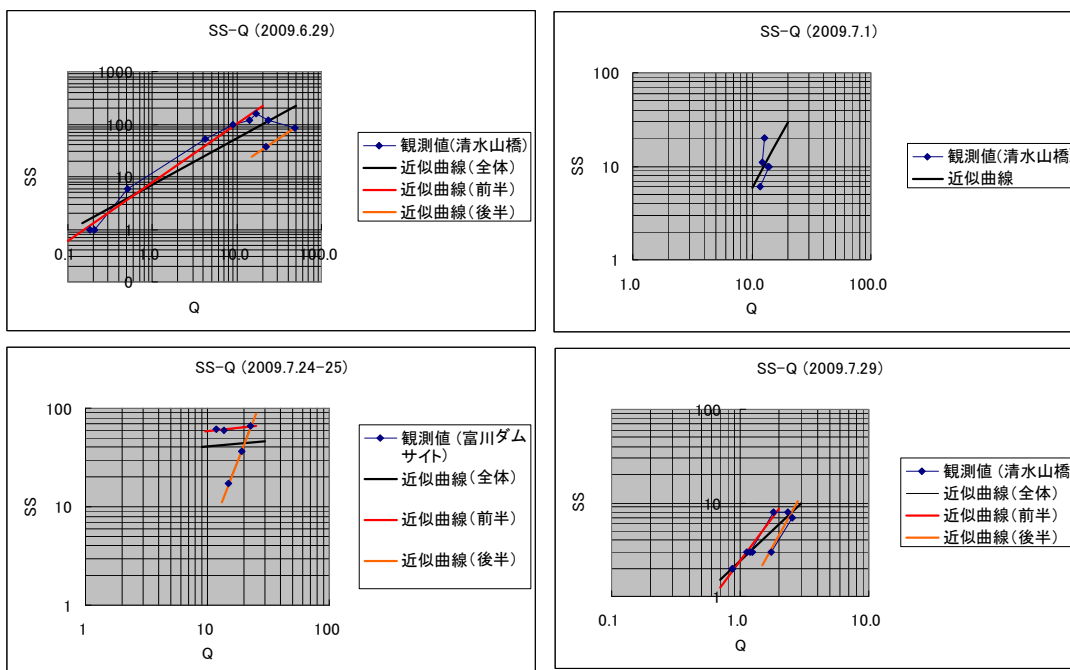


図-4 SS と流量との関係

表-1 L-Q 曲線の流量の中と先行降雨量との関係

観測日	2009/6/29	2009/7/1	2009/7/24	2009/7/29
先行降雨量	17.3	86.2	54.5	10.2
巾(全体)	0.8862		0.1027	1.2835
巾(前半)	1.1139		0.1430	1.8546
巾(後半)	1.0786		3.1851	2.5158

伴う非点源汚濁負荷流出量をしっかりと把握して流域水管理に役立てるためには、近似曲線（前半）として示された出水初期の汚濁流出の様子を詳しく知ることが重要になっている。

4. 今後の課題

研究担当者はこれまで、降雨時の非点源汚濁負荷流出量について鋭意考察を進めてきた。そして、流域に広く分布する非点源汚濁負荷が降雨の際に水域に流出する程度は、流域の状態や対象とする時間に至るまでの降雨・無降雨の状態をしっかりと評価した予測モデルの有用性について述べてきた。

本研究でも、その方向性を同じくしているが、ここでは主として先行降雨量の違いによって汚濁流出量が如何に変化するかを検討してきた。適切な流域水管理を行うためにも降雨時の汚濁流出量について詳しく知る必要があるが、そのためにも降雨時の水質観測をより多く実施し、汚濁流出機構を明らかにしていかなければならない。

上述された降雨時の汚濁負荷流出機構を明らかにするとともに、未処理で水域に流出する汚濁の削減方策をさらに進めていくことが今後の課題である。