

流域からの汚濁流出量の評価とその削減方策の検討

野口 正人

1. 研究目的

川や海といった水域をきれいにするためには、家庭からの汚水や事業所・工場からの排水といった点源汚濁を対象として水処理を行っていただけでは不十分である。都市活動に伴い生じる自動車の排気ガスや走行に伴う路面からの剥離生成物など、あるいは、水田・畑からの肥料や殺虫剤等々の空間的に広く分布した非点源汚濁対策にも十分な意が払われなければならない。

丁度この報告書をまとめているときに、東日本大震災が発生した。地震・津波といった自然災害と、それが引き金になって発生した福島原子力発電所の放射能漏れといった人為災害が重なり、その地域はおろか日本全国に政治・経済・社会面等々で重大な影響を及ぼしている。安全・安心な社会を実現するために放射性物質に限らず地域に面的に広く分布している汚染物質が非点源汚濁物質として処理されることなく川や海に流出することを防がねばならない。

本研究は本明川で建設が予定されている本明川ダムの貯水池や、諫早湾調整池（いさはや新池）といった閉鎖性水域の富栄養化を防止するため、昨年度に引き続いて流域水管理を適切に行うための指針を得ようとするものである。

2. 昨年度（平成21年度）の研究成果の概要

ダム建設に伴う貯水池等の閉鎖性水域では、水域を清浄に保つために流域水管理が欠かせない。とりわけ、点源汚濁量の処理が曲がりなりにも進められてきた昨今において、今後、非点源汚濁量の制御が大きな課題になることは疑いようがない。とくに降雨時には、無降雨時の際の汚濁流出量の数百倍になることも稀ではなく、健全な水環境を達成するためにもその種の汚濁量の削減は焦眉の急になっている。

以上のことから、昨年度は本明川ダムの建設が計画されている諫早市富川の清水山橋で降雨時の水質観測を実施した。その結果、流域からの汚濁流出量は流域の特性に関係するだけでなく、先行降雨や当該降雨の状況により変化することが示された。とくに、汚濁流出量（L）と流量（Q）との間の L-Q 関係は、出水時の増水期と減水期とでは異なり、対象降雨の水質観測により、その定量的把握が試みられた。

その結果、降雨時の水質観測が重要と雖も、汚濁流出量（L）と流量（Q）とを経過時間に関係なくまとめて近似曲線を求め、L-Q 式とする方法には少なからず問題があることが指摘された。また、対象とした降雨に対して求められたポリュートグラフやロードグラフでも、当該事象の全体を取り上げて近似曲線を得ることは適切ではない。平常時に対してかなりの出水を伴う降雨時の L-Q 曲線を別個に扱うだけでは、十分な精度で降雨時の汚濁流出量を求めることができない。降雨時の汚濁流出量に対して、時々刻々に変化する汚濁

量をポリュートグラフやロードグラフの形で整理し、流域からの汚濁流出量を詳しく求めることが分布型汚濁流出モデルの精度向上に繋がることが示された。

昨年度の研究では、本明川の清水山橋における降雨時の水質観測データを用いて、pH、COD_Mn、SS、T-N、T-Pの理化学的水質指標相互の相関関係について調べた。また、観測時の降雨を対象にして汚濁流出量(L)と流量(Q)との関係を得て、降雨初期のL-Q式の立ち上がりの程度(勾配)を先行降雨量の多寡と関係づけることが試みられた。

流域からの汚濁流出機構をより詳しく明らかにするため、さらに降雨時の水質観測を実施し、詳細な検討をすることが求められている。また、未処理で水域に放出される非点源汚濁負荷量を少しでも効率よく削減することが重要になっている。

3. 降雨時における流域からの汚濁負荷流出量

前述されたように、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。

本研究では昨年度に引き続いて、本明川ダム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の検討を行った。

3.1 現地観測と結果

本明川は長崎県唯一の一級河川で、以前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87km²から249km²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

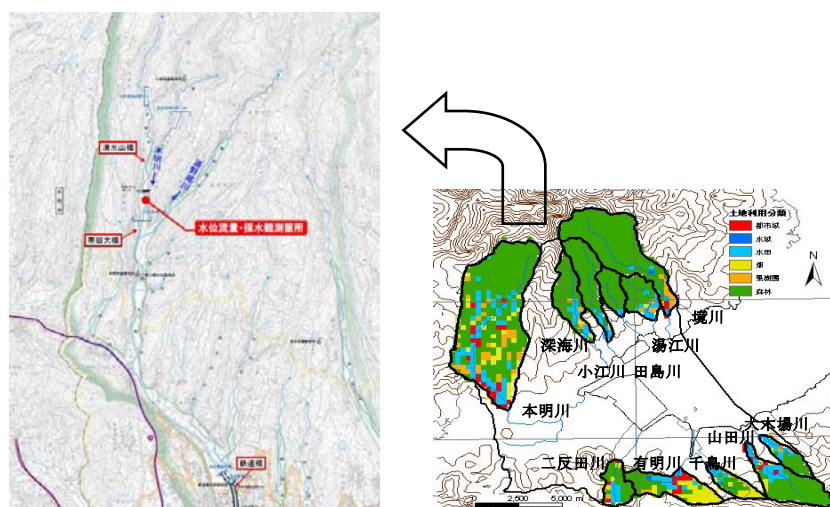


図-1 富川ダムサイトおよび清水山橋の位置

(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)

れば適切な流域水管理が不可欠になっている。

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22年(2010)の5～7月には、5月23日に日雨量が134mm、6月26日に59mm、6月29日に79mm、7月14日に128mm というように50mmを越す雨が数回観測されている。とくに、6月末には数日間に渡って降雨が続いた。また、7月14日の降雨量は5月23日のものより値こそ小さいが、日雨量の殆どが7時～11時の短時間に降ったため、非常に強い雨であった。

水質観測は昨年度と同様、富川ダムサイトから約500m上流に位置する清水山橋で河川水を採水した。清水山橋の流域面積は、富川ダムサイト（流域面積；8.91km²）のものに比べて約0.42km²だけ狭く、8.49km²である。清水山橋では流量観測がされなかったため、富川（ダムサイト）地点のものから流域面積比により清水山橋の流量を求めた。

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

昨年度と同じく観測された5個の理化学的水質指標間の関連性について調べた。前回の報告書でも指摘されたように、COD_Mn、SS、T-N、T-P相互の相関性は非常に高い。とくに、6月25～27日の観測や7月14日の観測のように河川の浮遊懸濁物質の濃度が高いときは、その傾向はより顕著である。また、出水時に水が濁るなどして河川水中の藻類や水生植物の活動が抑制され、pHの値が低下傾向にあることも昨年の観測結果と同様である。

COD_Mn、T-N、T-PとSSとの関係は図-2に示された。富川ダムサイトでの水質観測結果はその数が限られているが、清水山橋での水質観測結果とよく符合している。これらの結果を昨年度のものと比較すれば、図-2のようである。今年度は7月14日の出水を経験したため、SS>10mg/lのデータを対象にして近似曲線が求められている。昨年度の比較でSS>5mg/lに対して整理すればCOD_Mn、T-N、T-PとSSとの関係は以下のようになる。

$$COD_Mn = 0.809 \cdot SS^{0.6607} \quad (R^2=0.95) \quad (1)$$

$$T-N = 0.191 \cdot SS^{0.4663} \quad (R^2=0.9738) \quad (2)$$

$$T-P = 0.0137 \cdot SS^{0.4888} \quad (R^2=0.8484) \quad (3)$$

なお、昨年度の結果を再記すれば以下のようである。

$$COD_Mn = 1.151 \cdot SS^{0.6189} \quad (R^2=0.9716) \quad (4)$$

$$T-N = 0.240 \cdot SS^{0.4649} \quad (R^2=0.9708) \quad (5)$$

$$T-P = 0.0137 \cdot SS^{0.5393} \quad (R^2=0.9427) \quad (6)$$

3.2.2 降雨時における汚濁濃度の時間的変化

通常、L-Q 関係式と言え、汚濁負荷量(g/s)と流量(m³/s)との関係を一価関数として表したものを指している。ここでは、汚濁負荷量元になる汚濁濃度と流量との時間的変化について考察する。

図-3 は6月25 - 27日の降雨に対するSSと流量との関係を示している。図-3の(a)、(b)図は5個の水質指標がすべて計測されたときのSSの値を用いてSS-Qの関係を示したものである。一方、(c)、(d)図は経費節減のためにSSのみが測定された。ともあれ、水質観測の採水頻度が大きくなればL-Q曲線の立ち上がり部分の勾配がより精度良く求められる。

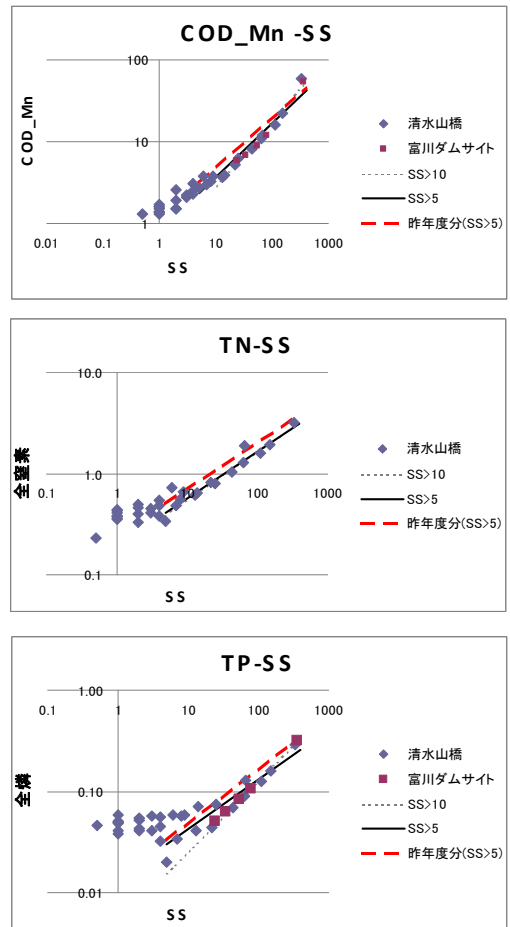


図-2 COD_Mn、T-N、T-P と SS との関係

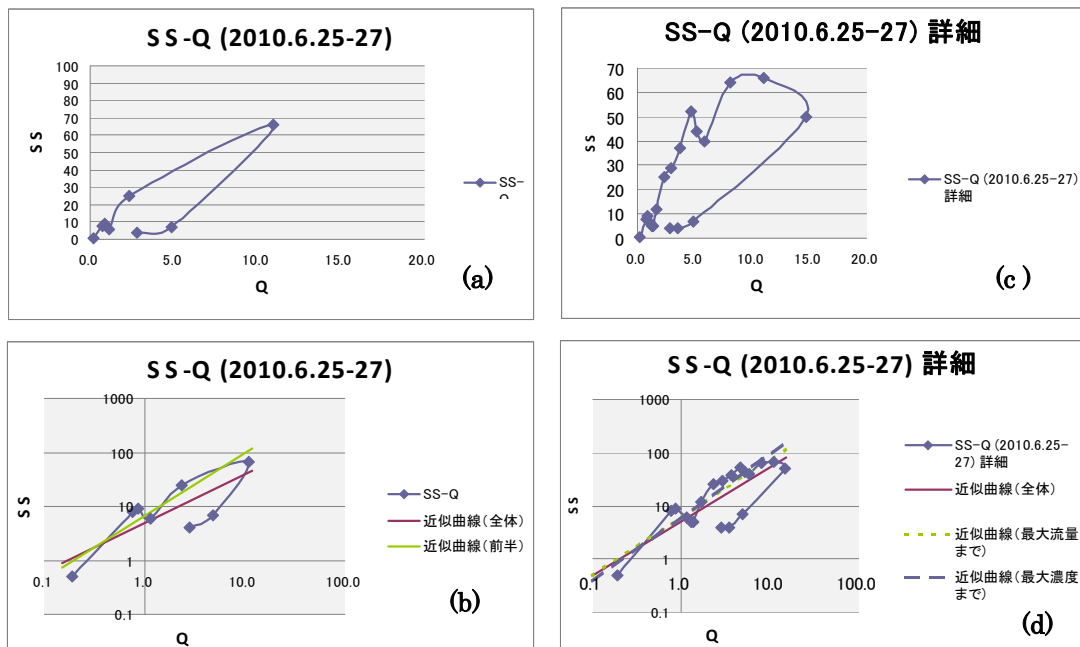


図-3 6月25 - 27日の降雨に対するSSと流量との関係

2010年6月25-27日と7月14日の観測結果に対して昨年度と同様、先行降雨量とSS-Q曲線の中を示せば表-1のとおりである。ここに、先行降雨量は当該日の前3日の降雨量に重みを付けた数値に当日の本格的な降雨があるまでの数値を加えて算出された。非点源汚濁負荷流出量を適切に評価するため、今後さらに降雨時の水質観測を実施し、出水初期の近似曲線における流量：Qの中と先行降雨量との間の関係について検討することが必要であると考えている。

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	2010/6/25	2010/7/14
先行降雨量	17.3	86.2	54.5	10.2	5.0	42.1
巾(全体)	0.8862		0.1027	1.2835	1.0120	(1.7304)
巾(前半)	1.1139		0.1430	1.8546	1.0926	
巾(後半)	1.0786		3.1851	2.5158		1.8396

4. 流出汚濁量の削減と今後の課題

非点源汚濁負荷対策の難しさは、汚濁発生源が平面的に広く分布していることがまず上げられる。水域の富栄養化防止のためにどれだけの経費が投下できるかが問題になるが、いずれにしても水際作戦を取るなりして、汚濁が未処理で水域に流入しないようにすることが欠かせない。

C_{in} , C_{out} を植栽水路への流入, 流出水の汚濁物質濃度(mg/l), HLR を面積負荷速度(m/d)としたとき、以下の式で定義される分解速度定数は汚濁負荷量の削減能力に対する一つの指標と考えられる。

$$k = HLR \times \ln\left(\frac{C_{in}}{C_{out}}\right) \quad (7)$$

ここでは植栽水路を用いた汚濁削減方法の一例として、長崎市西部下水処理場に建設した施設での実験結果を図-4に示す。本実験が実施された2007年の6～9月において、植栽水路で汚濁(T-N)が効率よく削減されていることがわかる。勿論、ヨシ原等の汚濁削減能力は種々の因子により影響を受けるため、その効果を十二分に発揮させるためには、当該施設の管理を適切に行わねばならないことは当然のことである。

「健全な水環境」の実現を目指して、非点源汚濁の流出量について観測を通して検討してきた。昨年度、今年度と2年間、梅雨期に本明川の清水山橋で栄養塩等の水質観測を行ってきた。降雨時の汚濁流出量を定量的にしっかりと把握し、水域に未処理で流出する汚濁量を効果的に削減することが強く期待されている。

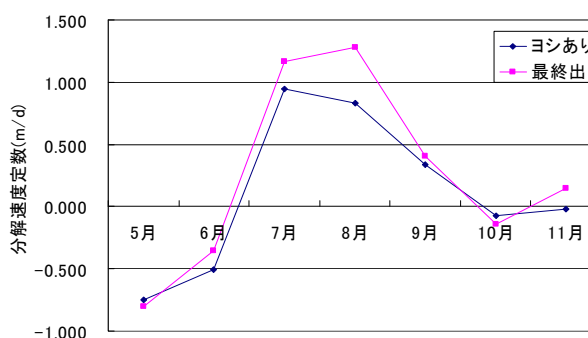


図-4 分解速度定数の経月変化