

都市中小感潮河川における降雨時汚濁負荷特性

清水建設 正会員

○林 秀彦

高坂 信章

清水建設 フェロー 石塚与志雄

芝浦工大 正会員 守田 優

1. はじめに

日本の都市中小感潮河川は、多くが自然水源に乏しく他河川からの分流や下水処理場の放流水にその水源を頼っている。一方、強降雨時には合流式下水道から未処理下水が流れ込み汚濁負荷となっている。降雨時の汚濁負荷量評価は、坂井ら¹⁾が $L-Q$ 式を用いた方法を報告している。一方、筆者ら²⁾は、洪水相・遷移相・感潮相における各フェーズの特徴を水質項目の挙動により整理している。今回、都市中小感潮河川における降雨時の流量、汚濁負荷量に着目して、洪水相・遷移相の降雨時汚濁負荷特性評価を試みる。

2. 調査方法と調査条件

観測は、図-1 に示す神田川河口より約 4.4km 地点に位置する新隆慶橋の川幅のほぼ中央付近にて、2010 年 9 月 8~10 日に行った。計器は 2 軸電磁流速計(JFE アレック AEM213-D)、多項目水質計(HORIBA W-22XD) を使用し、深さ方向の流向流速計測と水質計測を 1 時間毎に行った。また、表層で採水を行い、BOD、COD、SS などの分析を行った。採水頻度は、降雨時は 1 時間毎、その後は 3 時間毎とした。神田川は、観測地点より上流の一休橋付近まで感潮域である。新隆慶橋付近の河床は、その上流側および下流側の河床より低く、塩水くさびが侵入した後塩水が滞留しやすい凹部地形となっている。

図-2 に練馬、東京(大手町)の降水量、東京湾潮位、隆慶橋の河川水位を示す。東京で 9/8 8:00~17:00 に合計 102.0mm(14:00~15:00 に 67.0mm/h)の降雨が観測された。15:00 には、降雨により約 1m の水位上昇があった。

3. 調査結果

図-3 に a) 流速(表層、底層)・流量、b) 塩分(表層、底層)、c) BOD・COD・SS(表層)の時刻歴を示す(表層:水面より 30cm、底層:河床より 30cm)。降雨に伴い底層の流速が増加し、9/8 14:00 には底層の塩分がフラッシュされると同時に BOD、COD、SS が急激に増加した。その後、流速低下に伴って BOD、COD、SS は減少した。流速がほぼ 0cm/s となる 9/9 0:00 頃には、SS は平常に近い値となり、COD は 10mg/L 程度で平常よりやや高い値、BOD は 10mg/L 程度と平常時の 2~5 倍で推移している。図-3 b) で示す区間 A は、洪水相のうち底層水がフラッシュされた後、流速がほぼ 0cm/s まで低下するまでの期間を指している。区間 A 前(9/8 13:00)は、表層流速に変化があ

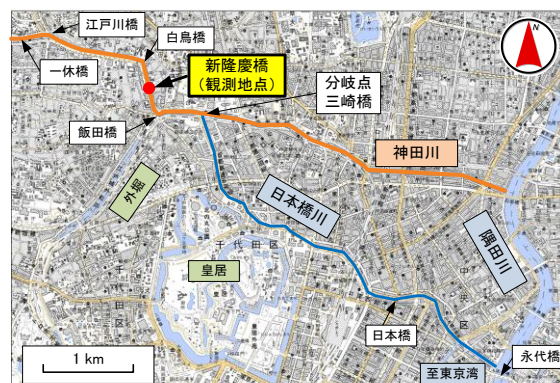
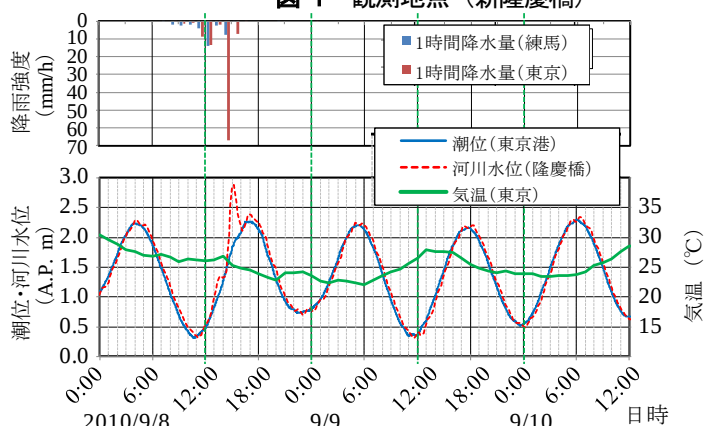
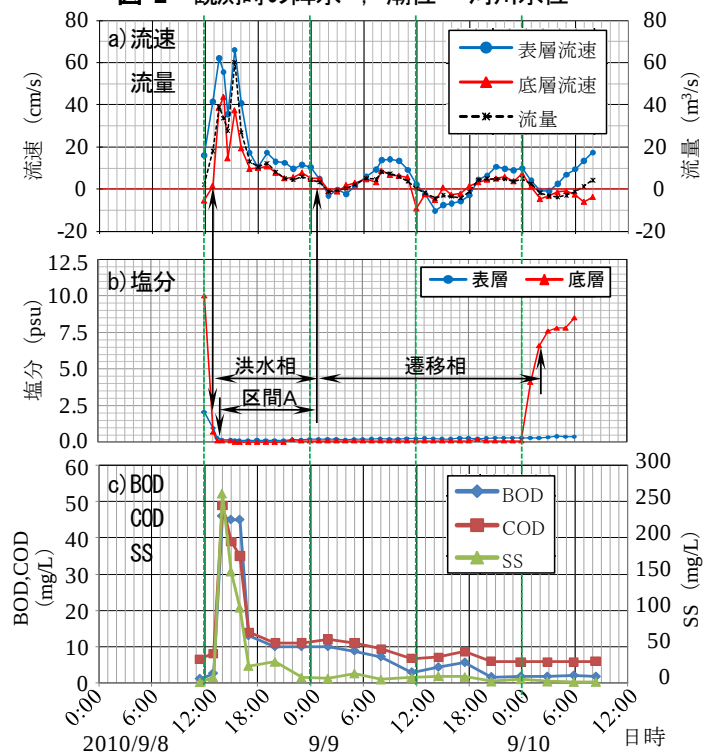


図-1 観測地点(新隆慶橋)

図-2 観測時の降水³⁾、潮位⁴⁾・河川水位⁵⁾図-3 流速・流量、塩分、BOD・COD・SS の時刻歴
(洪水相・遷移相の分類は、文献 2) による。)

キーワード: 神田川, 感潮河川, 降雨, BOD, COD, $L-Q$ 式

連絡先: 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所, TEL03-3820-6972, E-mail:hide.h@shimz.co.jp

り洪水相であるが、底層の塩水はわずかに残り BOD 等の変化も少ない流出初期といえる。区間 A 後 (9/9 2:00 以降) は、洪水相と感潮相をつなぐ遷移相²⁾の期間で、BOD、COD は徐々に平常の状態へと遷移していく。

4. 流量と汚濁負荷量の関係 (L - Q 式の適用)

流量 Q と汚濁負荷量 L の関係を L - Q 式 ($L=aQ^b$, a, b : 係数) を用いて検討する。ここでは、過去に同地点で観測された降雨イベントのデータも用いる。表-1 に検討に用いた降雨イベントの状況を示す。No.1,2 は最大降雨強度がほぼ同程度であるが、先行晴天日数、降雨のピーク時刻に差がある。No.3 は、総降雨量、降雨強度とも他と比較して大きく、先行晴天日数も 26 日と長い。3 イベントの降雨継続時間は 6~9 時間の範囲であり、比較的短時間に明確なピークを持つ降雨である点は類似している。

図-4 に流量と BOD 負荷量の関係を示す。上段、図-4 a) に示す全データをプロットした場合、寄与率 (R^2) は 0.81 と高いが低流量でのばらつきが目立つ。一方、下段、図-4 b) に示す洪水相 (区間 A のみ) のデータ (底層水フラッシュ~流速が 0cm/s) をプロットした場合、 $R^2=0.95$ となり相関関係が改善される。表-2 には、これと同様に全データを用いた場合と洪水相 (区間 A のみ) のデータを用いた場合の、流量と BOD、COD、SS (負荷量) の L - Q 式の係数 a, b と R^2 を示す。各水質項目とも、洪水相 (区間 A のみ) のデータを用いると COD で $R^2=0.96$ 、SS で $R^2=0.94$ となり、非常に高い相関が得られた。これは、区間 A においては全層が順流方向に流れており、上流側の負荷量のみで L - Q 関係が成立し、下流側 (隅田川や東京湾) の影響がないことによるものと考えられる。また、降雨の規模や下水道内の堆積物や雑排水などの負荷量が異なっても、洪水相のうち底層水フラッシュ期以降 (区間 A) では L - Q 式を精度良く適用できる可能性が示された。

ここで、神田川の特徴を検討するために、坂井ら¹⁾による他の河川における COD 負荷量に関する L - Q 式の係数 a, b との比較をする。表-3 に神田川と江戸川、荒川、多摩川、中川の COD 負荷量に関する係数 a, b を示す。神田川の係数 a は、江戸川、多摩川などと比較して大きく、小規模の出水によっても比較的大きな負荷量となることを示している。係数 b は、神田川の 1.54 に対して、江戸川、荒川、多摩川が 1.24~1.35 であり、中川は 1.12 と小さい。これは、神田川では出水規模が大きくなると負荷量の増分が大きくなる可能性を示している。神田川は、流域のほとんどが市街地である典型的な都市河川である。平水時流量が極めて少なく、降雨の大部分が雨水吐から河川に流れ込み高い汚濁負荷となっている。今回の検討結果は、こうした都市河川の特徴を明確に示している。

5. まとめ

都市中小感潮河川である神田川新隆慶橋における降雨時汚濁負荷特性の検討を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) 洪水相のうち底層水のフラッシュから流速が低下するまでの間は、非常に高い相関の L - Q 関係が得られた。
- 2) 得られた L - Q 関係から、小規模の出水によっても高い汚濁負荷となる都市河川の特徴が明確になった。

参考文献

- 1) 坂井文子、二瓶泰雄ら：江戸川・荒川・多摩川・中川における出水時栄養塩・COD 負荷特性，土木学会水工学論文集，第 52 巻，pp.1117-1122，2008。
- 2) 林秀彦ら：都市中小感潮河川における降雨時一平常時の水質特性に関する一考察，土木学会第 65 回年次学術講演会，II-157，pp.313-314，2010。
- 3) 気象庁気象統計情報：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>，2011.3.20 確認
- 4) 東京港湾局潮位記録：http://www2.kouwan2.metro.tokyo.jp/users/tidedata/Tide_Data/2010/09/，2011.3.20 確認
- 5) 文京区水防災監視システム：<http://bousaiweb.city.bunkyo.lg.jp/mizubousai/>，2010.9.8-10 確認

表-1 観測実施時の降雨状況

No.	観測日	降水量(mm) 東京			降雨継続時間 (hour)	先行晴天日数 (day)	降雨のピーク時刻
		合計	最大 1 時間	10 分			
1	2009/6/24	31.5	12.0	3.5	7	0	8:40
2	2010/8/9	24.5	11.0	3.5	6	9	3:10
3	2010/9/8	102.0	68.0	16.5	9	26	14:40

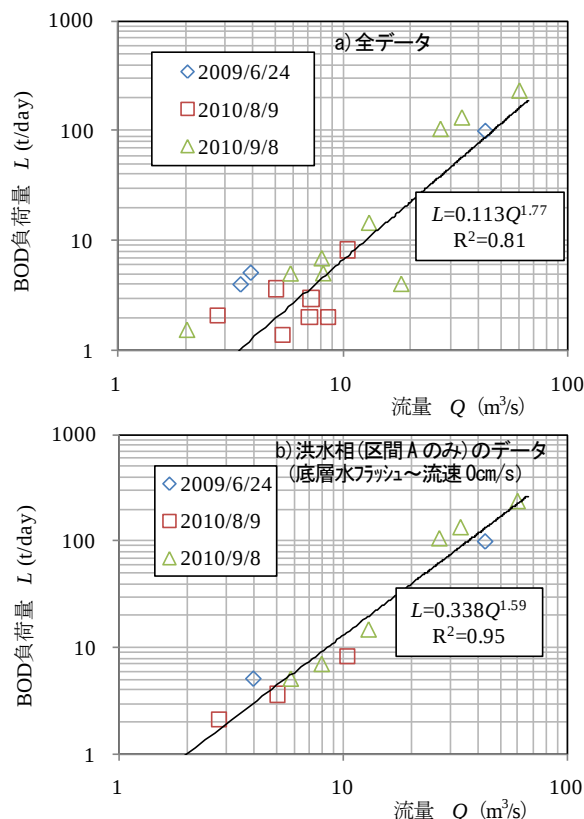


図-4 流量と BOD 負荷量の関係

表-2 L - Q 式の係数 (a, b) と寄与率 (R^2)

水質項目	全データ			区間Aのみのデータ		
	a	b	R^2	a	b	R^2
BOD	0.113	1.77	0.81	0.338	1.59	0.95
COD	0.415	1.36	0.94	0.345	1.54	0.96
SS	0.142	2.00	0.82	0.170	2.10	0.94

表-3 河川毎の L - Q 式の係数 (COD)

河川名	係数a	係数b
神田川	0.345	1.54
江戸川 ¹⁾	0.0663	1.35
荒川 ¹⁾	0.158	1.24
多摩川 ¹⁾	0.0698	1.35
中川 ¹⁾	0.314	1.12