

長岡市の合流式下水道からの越流水の水質挙動の解析と 越流負荷削減対策に関する研究

指導教官 藤田昌一 小松俊哉 姫野修司
廃棄物・有害物管理工学研究室 修士2年 丹野 智史

1. 研究背景

現在、合流式下水道を用いている多くの都市で、雨天時における未処理下水の放流 (CSO、Combined Sewer Overflow) が問題となっており、全国で本格的に合流改善が行われている。

CSO はファーストフラッシュと呼ばれる発生開始直後短期間に水質が大きく変化する現象があり、その正確な把握は困難とされている。そのため、CSO の水質挙動は明らかになっていないのが現状であり、イギリスなど世界各地で合流改善が行われている¹⁾。

平成8年度滋賀県大津市の報告によると、CSO は発生量こそ年間の3.6%と少ないものの負荷量にすると年間の50%以上を占め、CSO 発生抑制のための改善対策が必要なことが明らかとなっている²⁾。

2. 研究目的

合流式下水道の改善対策の検討のために

- ・ CSO の挙動の解明
- ・ 対策案の効果の定量的評価 を行う。

3. 連続観測システムの確立

Fig.1 に長岡市の合流区域の概略図を示す。信濃川東岸の着色の区域が合流区域(676ha)であり、そのうちの約150ha が流入する関東町吐き口に流量計、雨量計を設置し、流量、雨量の連続観測を行うこととした。また、ファーストフラッシュの水質を捉えるために、CSO 発生と同時に採水を開始するオートサンプラーを設置した。このオートサンプラーは採水間隔、採水開始及び停止条件などを任意に設定できるようにして、CSO の連続観測システムを確立した。

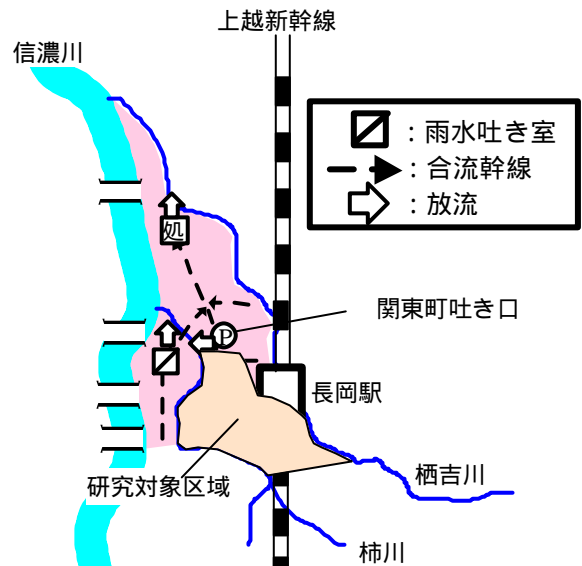


Fig.1 長岡市合流区域

Fig.2 に2004年9月16日～9月30日のCSO連続観測結果を示す。

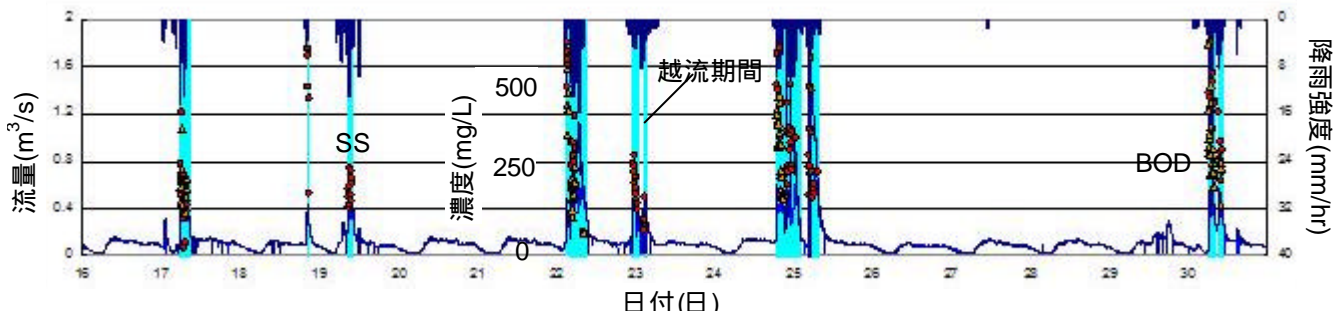


Fig.2 2004年9月16日～9月30日におけるCSO連続観測結果

4.越流水の水質挙動

連続観測システムは2004年6月8日から稼動し、現在に至っている。Fig.2 に示すように観測を継続的に行った結果の中から越流水特有の水質挙動の一例である2004年7月7日のCSOのグラフをFig.3に示す。長岡市中央浄化センターの処理水の平均水質はSS、BOD共に10mg/L以下であるが、これと比較しても高濃度の下水が河川に放流されていることが分かる。越流開始直後に濃度が高く、特にSSは500mg/L以上と極めて高い値となっている。また、その後放流水質は低下している。このように多くの降雨について水質を観測した結果、ファーストフラッシュの挙動と、その後の雨水による希釈効果が確認された。

晴天時汚水の水質はSS、BOD共に50~200mg/Lであることから越流水の濃度が高いことが分かる。

なぜ、CSOは晴天時より濃度が高くなるのかその要因を探るべく、管渠及び道路面の堆積負荷量の寄与率を算出した。算出結果をTable.1及びTable.2に示す。

流出負荷量は実測値を、7月7日、9月30の2日間について算出した。生活排水及び路面堆積による負荷量は設計原単位を用いて算出し、管渠内堆積は流出負荷量から生活排水及び路面堆積を引いて算出した³⁾⁴⁾。

その結果、SSで70%以上、BODで50%以上を堆積物が占めていることが分かり、路面清掃及び管渠内清掃がCSO発生抑制の改善対策に有効であることが分かった。

また、短時間で何回も断続的に越流が起こる場合もある。従来までの研究では、これらのCSOは明らかにされていなかったが、本研究では断続的越流の採水に成功した。2004年10月5、6日におけるCSOグラフを示す。

越流の間隔が3、4時間程度であればSSに堆積物の影響がほとんど見られず、BODの方が高くなる傾向があることが確認された。

また、濃度は全体的に越流を繰り返す度に減少傾向にあり、洗い流しが終わった直後は雨水の希釈効果のみが発揮されることが確認された。

以上のことからオートサンプラーにより、今まで不可能とされていた断続的降雨によるCSOを採水し、分析することが可能となり、CSO把握に大きな貢献が出来た。

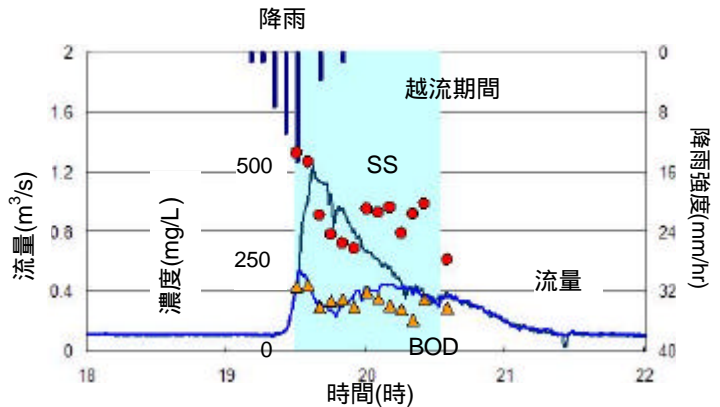


Fig.3 7月7日18:00~20:00におけるCSOグラフ

Table.1 2004年7月7日、9月30日におけるSS負荷量寄与の割合

()内は負荷量の割合	7月7日	9月30日
流出負荷量(kg)	1985(100)	2399(100)
生活排水による汚濁負荷量(kg)	435(22)	435(18)
路面堆積負荷量(kg)	1055(53)	1055(44)
推定管渠内堆積負荷量(kg)	495(25)	909(38)

Table.2 2004年7月7日、9月30日におけるBOD負荷量寄与の割合

()内は負荷量の割合	7月7日	9月30日
流出負荷量(kg)	1351(100)	1709(100)
生活排水による汚濁負荷量(kg)	560(42)	560(33)
路面堆積負荷量(kg)	86(6)	86(5)
推定管渠内堆積負荷量(kg)	705(52)	1063(62)

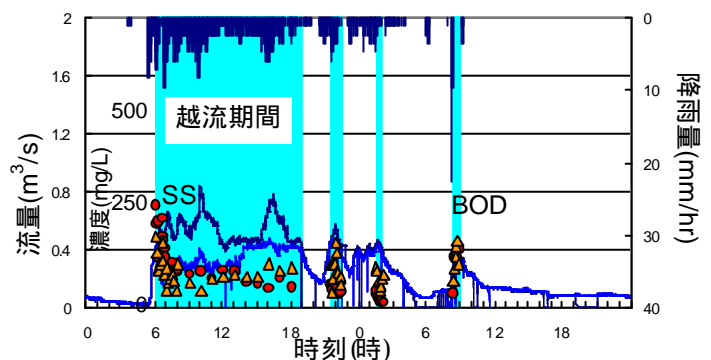


Fig.4 2004年10月5、6日におけるCSOグラフ

ここでCSOが長岡市の合流区域における処理場も含めた年間放流量及び年間放流汚濁負荷量のうちの程度占めるかを概算した。長岡市の関東町吐き口における2004年6月8日から2005年1月31日までの放流越流量及び汚濁負荷量は実測値より合流区域中の150ha分の放流越流量及び負荷量とした。合流区域は676haなのでそれに676/150 4.5を乗じた値をCSO放流越流量及びCSO放流負荷量として算出した。簡易処理及び処理場放流における数値は平成14年度長岡中央浄化センターにおける処理場月報の値を採用した。Table.3に、長岡市の合流区域における放流越流量の割合をFig.5に、SS汚濁負荷量の割合をFig.6に、BOD越流負荷量をFig.7に示す。

以上結果より、CSO放流越流量は年間放流量の7%しか占めないのにも関わらず、CSO放流負荷量はSSで39%、BODで34%を占める結果となり、CSOが放流する汚濁物の割合は多く、長岡市においてもCSO抑制のための改善対策の必要性が示された。

5.貯留規模の定量的評価

CSOによる汚濁物の流出を防止するために貯留による改善対策を講じた場合の効果を算出した。国が掲げる合流改善の目標として、越流回数の半減のほか、4つの段階がある。この目標値とこれに基づく関東町吐き口における越流負荷量及びその目標値をTable.4に示す。これを達成するために必要な貯留の規模を算出した。Table.5に年間越流量及び回数の分布を示す。

これにより年間越流回数を半減させるためには累計比率が50%である500m³貯留すれば可能であることが分かった。

また、Table.4の目標値は越流負荷半減以外は、下水道法施行令などの水質に年間越流量を乗じて算出した。分流並にするには越流水のBODを20mg/L、10年後における改善目標値はSS、BOD共に40mg/L、当面の改善目標値はBODが70mg/Lを基に算出した。

以上の目標を達成するために、Table.6に貯留管設置による越流負荷削減効果を算出したものを、Fig.8に貯留規模と越流負荷量の関係を示す。

Table.6より各目標を達成するには以下のような貯留規模が必要である。

- ・当面の改善目標を達成するには500m³で十分可能であり、越流回数も半減される。
- ・越流負荷量を半減させるには5,000m³貯留で十分である。

Table.3 関東町吐き口における年間越流量及び汚濁負荷量

年間越流量(m ³)	325111
年間SS汚濁負荷量(トン)	32.8
年間BOD汚濁負荷量(トン)	23.9

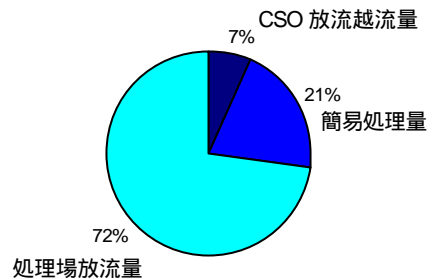


Fig.5 長岡市の合流区域における放流量の割合

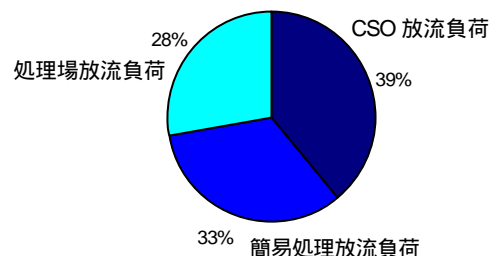


Fig.6 長岡市の合流区域におけるSS汚濁負荷量の割合

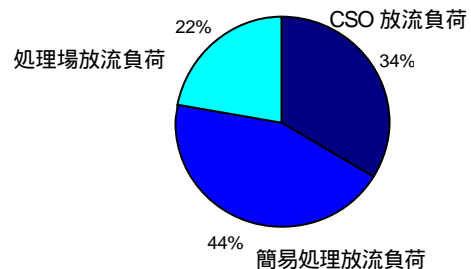


Fig.7 長岡市の合流区域におけるBOD汚濁負荷量の割合

Table.4 関東町吐き口における年間越流負荷量及び目標値

単位はすべて(トン)		SS	BOD
年間越流負荷量		32.8	23.9
分流並の汚濁負荷量		6.5	6.5
目標値(負荷量)	10年後の改善目標	13.0	13.0
	越流負荷量半減	16.4	11.9
	当面の改善目標	?	22.8

・ 10 年後の改善目標を達成するには、BOD は 3,000m³貯留で可能だが、SS は 10,000m³貯留が必要であり、SS の改善対策を別途講じることが必要と思われる。

・ 分流並の負荷量にまで削減するには、10,000m³貯留でも実現されない。また、Fig.8 より貯留規模が大きくなればなるほど削減効果も上がりにくくなることから、貯留+他の改善対策が必要である。

Table.7 に関東町吐き口からの下水が流入する長岡中央浄化センターの概要を示す。

平成 14 年度長岡中央浄化センターにおける合流分の日最大処理能力は 54,400m³/日である。晴天日の高級処理量は夏季を除いて 27,000 ~ 33,000m³/日程度であり、約 20,000m³/日の余裕を有している。CSO の放流負荷量が長岡市の合流区域内において同様であると仮定すると関東町吐き口(約 150ha)分の余裕は、20,000m³/日を 4.5 で除した 4,500m³/日程度あることになる。

そのため、関東町吐き口における最適な貯留量は 5,000m³であり、分流並を達成するには他の改善対策の併用を講じる必要があるといえる。また、夏季においては高級処理量が 40,000m³/日と多いが、晴天日が続くため、貯留下水を数日間に分割して処理場へ送水するシステムを構築する⁵⁾。

6.結論

- ・ CSO の連続観測システムの確立
 - ・ CSO 濃度上昇のうち SS は 70%以上を占め、堆積物除去が有効
 - ・ 分流並の越流負荷量にまで削減するには貯留+他の改善対策が必要
 - ・ 10 年後の改善目標達成には SS、BOD 間の差が大きく、SS を除去する改善対策が別途必要
 - ・ 5,000m³貯留で 越流負荷半減可能
 - ・ 500m³貯留で越流回数半減可能で 当面の改善目標も達成可能
- 負荷量削減及び処理場の処理能力の面から 5,000m³貯留+他の改善対策が最適

<参考文献>

- 1) Christopher J Digman, 「Aesthetic Pollutant Loadings in Small Upstream Combined Sewerage Systems」, NOVATECH2001, pp219 ~ 226
- 2) 大津市下水道課, 「平成 9 年度大津市合流改善調査 調査報告書」, 1998, pp9, 13
- 3) 社団法人 日本下水道協会, 「下水道施設計画・設計指針と解説 前編-2001 年版-」, 2001, pp54
- 4) 和田安彦, 「ノンポイント汚染源のモデル解析」, 1990, pp 29 ~ 32
- 5) 平成 14 年度長岡中央浄化センター水処理運転日報

Table.5 関東町吐き口における越流回数及び累計比率

越流量(m ³)	越流回数(回)	累計比率(%)
100以下	28	18.3
500以下	50	51.0
1000以下	23	66.0
2000以下	21	79.7
3000以下	8	85.0
5000以下	14	94.1
10000以下	4	96.7
10000以上	5	100.0
合計	153	

Table.6 貯留規模と越流負荷量の一覧

貯留量(m ³)	SS負荷量(トン)	BOD負荷量(トン)
500	26.4	19.7
1000	23.4	17.3
2000	20.3	14.5
3000	17.6	12.8
5000	15.1	10.9
10000	12.1	8.6

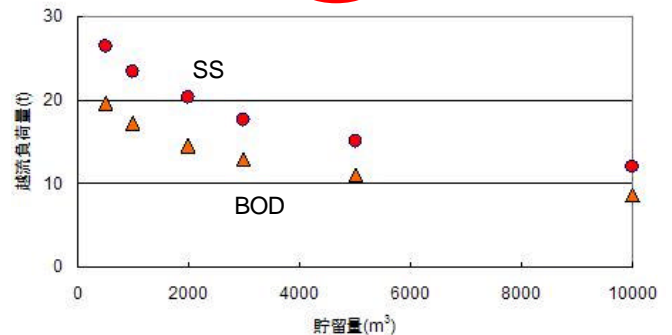


Fig.8 貯留規模と越流負荷量の関係

Table.7 長岡中央浄化センターの概要

処理区域面積 (ha)	3088
処理人口(人)	128600
日最大処理能力(m ³ /日)	90200(うち合流が54400m ³ /日)
処理方式	標準活性汚泥法
放流先	1級河川 栖吉川
H14年間高級処理量(m ³)	16560000
H14年間簡易処理量(m ³)	4710000