

# CSO放流先水域への影響把握に関する調査研究

## 1. はじめに

雨天時における合流式下水道からの未処理下水（CSO）の放流は、放流先水域の水質悪化やオイルボール漂着による砂浜の景観悪化等、さまざまな問題を引き起こしている。一方、CSOが放流先水域の生態系に与える影響については、あまりデータが蓄積されていない状況にある。

本調査研究は、下水道技術開発連絡会議（国土交通省、日本下水道事業団、東京都および政令指定都市）での研究課題として調査したものであり、CSOが放流されている水域を対象に生物相（魚類、底生生物、付着藻類等）、水質および底質等の生息環境を調査することにより、CSOによる放流先水域における生態系への影響を把握するものである。

調査水域は、放流先水域の特性が違う順流河川、感潮河川および海域の3水域を対象としたものである。

## 2. 順流河川

### 2.1 調査の概要

#### (1) 調査水域について

調査水域は、集水区域が143haで年間40回程度の越流がある雨水吐き（自然流下）地先河川である。この雨水吐きの上流には、122haの集水区域に11ヵ所の雨水吐きがあるが、いずれも小規模で

あることから、本雨水吐きを調査対象とした。調査地点は、図-1に示すようにCSOの影響を把握するため、雨水吐きの上流から下流にかけて設定した。調査水域の川幅は2~11m程度であり、また、調査水域の流量は、夏季（9月）で $0.10\text{m}^3/\text{s}$ 程度、秋季（10月、11月）で $0.05\text{m}^3/\text{s}$ 程度となっている。

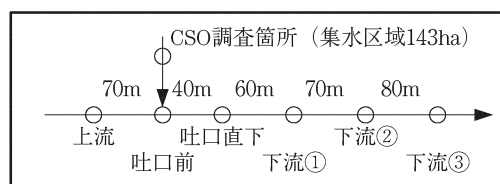


図-1 調査地点概要図

#### (2) 調査内容について

本調査は、平常時（晴天時）調査として9月および11月の2回、越流時（雨天時）調査として総降雨量12mmの降雨時にCSOおよび河川水質を調査し、越流後調査として越流時の2日後に実施した。それぞれの調査内容は、表-1に示すとおりである。

表-1 調査内容および調査実施日

分類	調査内容	調査実施日
平常時	現地計測、生物相、水質、底質	H15.9.9
		H15.11.7
越流時	越流中のCSOおよび河川水質	H15.10.28
越流後	現地計測、生物相、水質、底質	H15.10.30

## 2.2 調査結果

### (1) 水質について

CSO越流時における河川水質は、SS、BOD、COD、亜鉛といった項目が増加しており、特に吐口下流側での増加が顕著であり、CSOの影響が確認された。また、大腸菌群数は、**図-2**に示すように平常時では $10^4$ MPN/100m $\ell$ のオーダーであるのに対し、越流時の吐口上流側では $10^5$ MPN/100m $\ell$ のオーダーであり、平常時より1オーダー高い結果であった。また、越流時の吐口下流側では、大腸菌群数が $10^6$ MPN/100m $\ell$ のオーダーと吐口上流側よりもさらに高い結果となっており、CSOの影響が確認された。

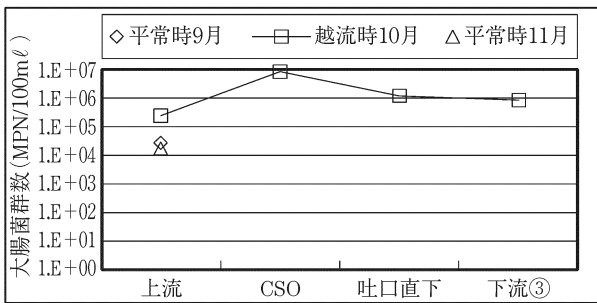


図-2 大腸菌群数 (水質)

### (2) 底質について

底質は、強熱減量、硫化物、COD、T-N、T-P、カドミウム、亜鉛について分析した。この結果、**図-3~6**に示すように硫化物、COD、T-N、亜鉛といった項目が上流よりも下流が高くなっていった。

越流後調査では、硫化物、T-Nが若干高い数値になっていることから、CSOの影響と考えられたが、強熱減量、T-Pについては変化が見られなかった。なお、カドミウムはいずれの場合も定量下限値未満であった。

### (3) 魚類について

魚類は、吐口上下流で同一種が確認されており、大きな違いは見られなかった。また、CSOの越流後には、川幅が広く流れの緩やかな箇所や深場に個体数が多く確認されたものの、CSO越流に伴うDOの低下による死滅等の現象は見られなかった。このため、CSO越流時の河川水質は、吐口より下流で大きく影響を受けるものの、回避行動が可能な魚類にとっては、CSOの直接的な影響は小さいことが考えられる。

### (4) 付着藻類について

付着藻類は、珪藻類がほとんど占めており、吐

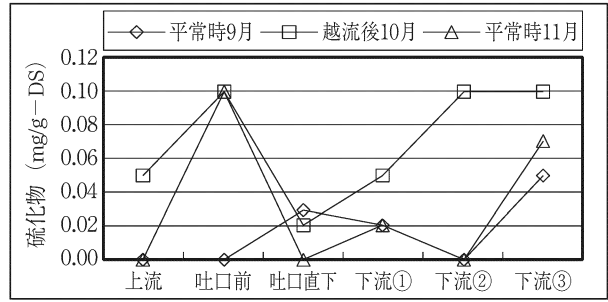


図-3 硫化物 (底質)

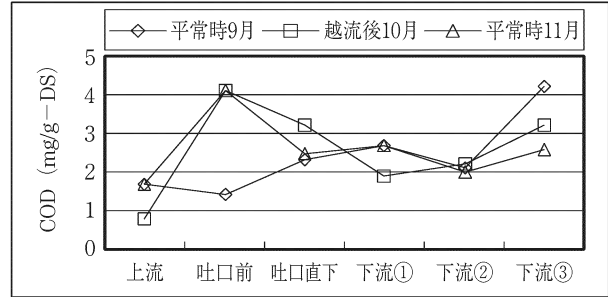


図-4 COD (底質)

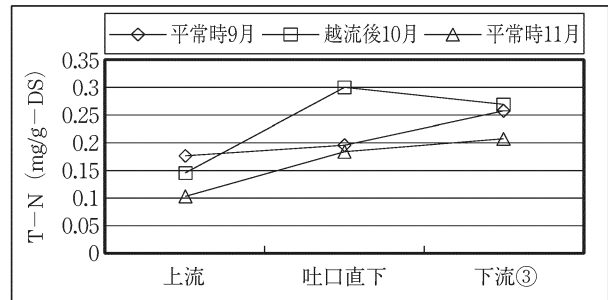


図-5 T-N (底質)

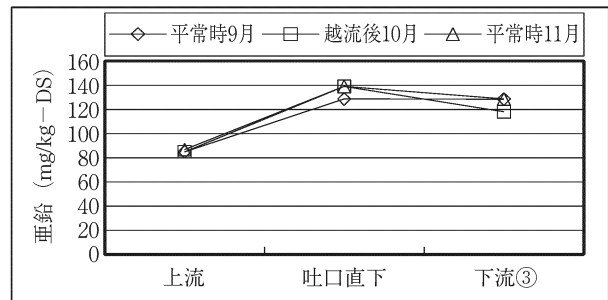


図-6 亜鉛 (底質)

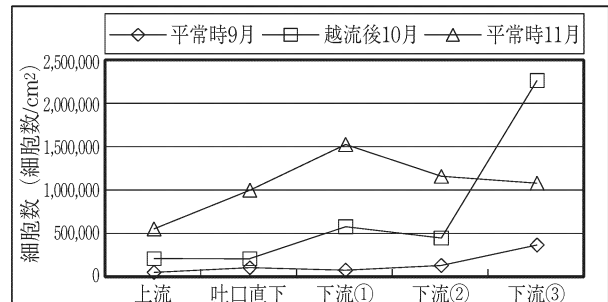


図-7 付着藻類の細胞数

口上下流で出現種に大きな違いが見られなかった。しかし、細胞数は、**図-7**に示すように上流に比べ下流側の方が多い傾向が見られ、CSOによる断続的な栄養塩の供給が原因と考えられた。

(5) 底生動物について

底生動物は、**表-2**に示すように、吐口の上流ではコカゲロウ（汚濁の少ない河川に生息）、シマトビケラ、ヒラタドロムシ（やや汚い水の指標生物）といった種が優占しており、下流ではミズムシ、イトミミズ、ユスリカといった汚濁が進行している場所に生息する種が優占していた。汚濁指数で見ると**図-8**に示すように、吐口の上流ではβ-中腐水性を示すのに対し、下流ではα-中腐水性を示し、吐口の下流では、上流と比較して汚濁が進行していることが認められた。また、底質の硫化物、CODと底生動物の汚濁指数の関係を示すと**図-9**、**10**のようになり、底質の硫化物やCODの増加に伴い底生動物の汚濁指数も増加する傾向が見られた。

このように、年間40回程度の断続的なCSOの越流に伴う有機物の沈殿、蓄積により底質環境が徐々に悪化し、汚濁耐性の強い種の増殖に適した環境になったことが考えられた。

表-2 底生動物の個体数の多い上位3種

調査時期地点	個体数の多い上位3種	
平常時9月	上流	コカゲロウ, シマトビケラ, ヒラタドロムシ
	吐口直下	ミズムシ, イトミミズ, ユスリカ
	下流①	ミズムシ, イトミミズ, ユスリカ
	下流②	ミズムシ, シマトビケラ, イトミミズ
	下流③	ミズムシ, イトミミズ, ユスリカ
越流後10月	上流	シマトビケラ, ユスリカ, イシビル
	吐口直下	シマトビケラ, ミズムシ, ユスリカ
	下流①	ミズムシ, イトミミズ, シマトビケラ
	下流②	ミズムシ, ヒラタドロムシ, シマトビケラ
	下流③	ミズムシ, ダニ, ヒラタドロムシ
平常時11月	上流	シマトビケラ, ヒラタドロムシ, シマイシビル
	吐口直下	シマトビケラ, ミズムシ, ユスリカ
	下流①	ミズムシ, シマトビケラ, イトミミズ
	下流②	シマトビケラ, ミズムシ, ユスリカ
	下流③	イトミミズ, ミズムシ, ユスリカ

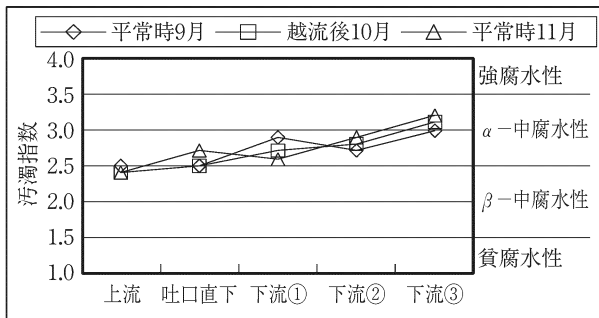


図-8 底生動物の汚濁指数

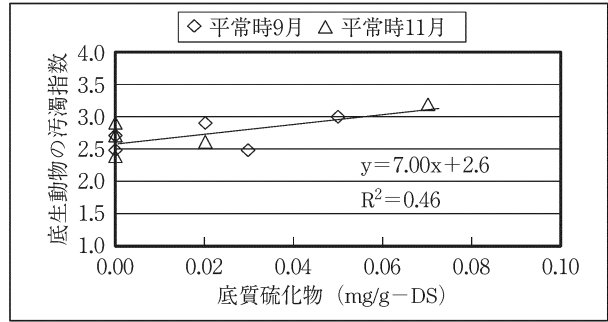


図-9 底質硫化物と底生動物の汚濁指数の関係

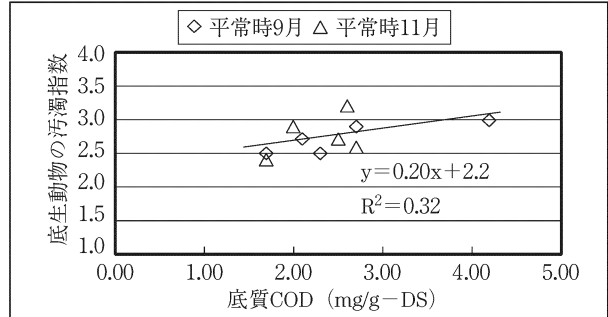


図-10 底質CODと底生動物の汚濁指数の関係

### 3. 感潮河川

#### 3.1 調査の概要

(1) 調査水域について

CSOは、集水面積が153haのポンプ排水区域となっており、塩素消毒後、年間30回程度の放流がある。CSOの雨水吐きは、幅5mの放水路にあり、250m下流で幅120mの本川へ合流している。調査地点は、**図-11**に示すように放水路、本川上流部、放水路と本川の合流部（直下流部）および本川下流部に設定した。なお、本川は、河口から約10kmの淡水と海水の混じる汽水域となっている。

(2) 調査内容について

本調査は、平常時（晴天時）調査として9月に1回、越流時（雨天時）調査として10月および11月の2回調査し、越流後調査として越流時の2日

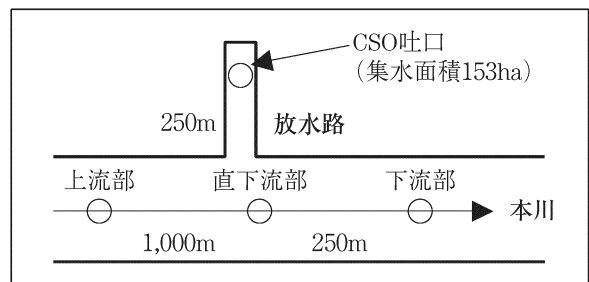


図-11 調査地点概要図

後にそれぞれ実施した。それぞれの調査内容は、**表-3**に示すとおりである。なお、放流量は、10月12日~14日が約38,000m<sup>3</sup>であり、11月16日が約35,000m<sup>3</sup>であった。

### 3.2 調査結果

#### (1) 水質について

CSO越流時には、本川において水質が悪化する傾向であったが、放水路の上下流において顕著な差異は認められなかった。放水路では、越流後にBOD、COD、濁度、SSといった項目が本川よりも若干高い傾向が見られた。また、大腸菌群については、本川において越流における大腸菌群数が平常時と比較して上昇したが、上下流部では大きな差はなかった。越流時の放水路においては、塩素注入の効果により大腸菌群数は顕著に減少し、本川の各地点よりも少なかった。越流後は、残留塩素はいずれの地点においても検出されず、塩素注入の長期的な影響は無いものと考えられた。

#### (2) 底質について

底質の調査結果を**図-12**~**15**に示す。平常時においては、放水路における汚濁が明確であったものの、本川では底質の各項目の濃度が低く地点間の違いは見られなかった。

越流後の11月の調査においては、放水路で硫化物、COD、強熱減量は平常時と比べ濃度が高くなっており、CSOの影響が確認された。また、本川の直下流部や下流部では、上流部では検出されなかった硫化物が検出された。また、COD、強熱減量についても平常時と比べ濃度が高くなっており、加えて上流部と比較しても濃度が高いことからCSOの影響と考えられた。

放水路における越流後の結果を比較すると、10月に比べ11月の方がいずれの項目も高い傾向が得られた。これは、CSOの放流量にほとんど違いがなかったものの、ピーク吐出量が10月の調査時には11月の調査時の2.5倍となっていたことから、掃流力による影響が1つの要因として考えられた。

#### (3) 魚類について

各調査時における魚類等の出現数が少なく、その大部分が調査水域の上流部付近の浅瀬で出現し、それより下流ではほとんど見られなかったことから、CSO越流に伴う放流先水域の魚類相の変化は確認されなかった。

#### (4) 植物プランクトンについて

本川において、平常時には珪藻類が80%以上占

表-3 調査内容および調査実施日

分類	調査内容	調査実施日
平常時	現地計測, 生物相, 水質, 底質	H15.9.4
越流時	越流中のCSOおよび河川水質	H15.10.12 H15.11.6
越流後	現地計測, 生物相, 水質, 底質	H15.10.16 H15.11.8

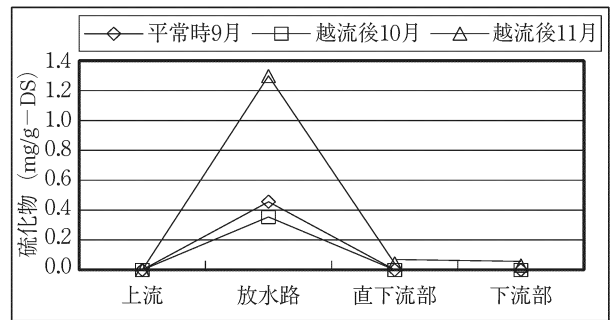


図-12 硫化物 (底質)

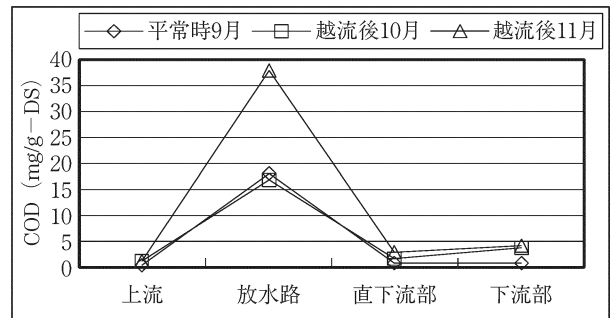


図-13 COD (底質)

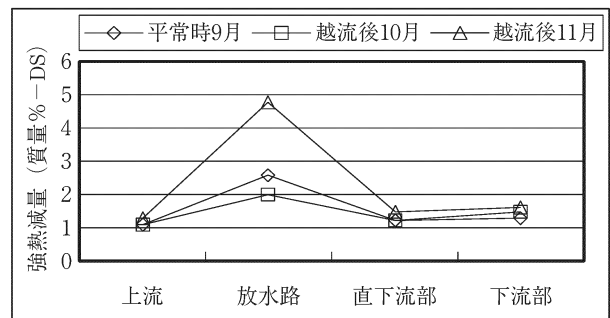


図-14 強熱減量 (底質)

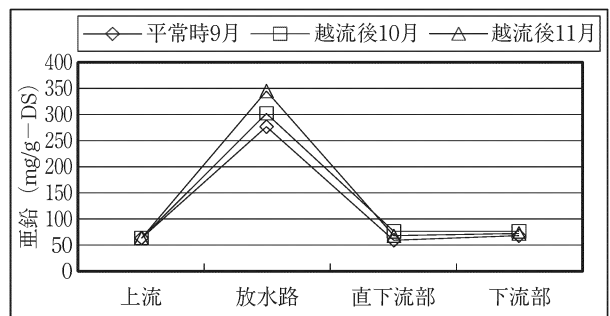


図-15 亜鉛 (底質)

めていたが、越流後には藍藻類が多く出現し、組成比に変化が見られた。しかし、放水路における越流後の出現傾向とは類似性が低く、また各地点の出現内容には一定の傾向が示されなかったことから、明確なCSOの影響は確認されなかった。

(5) 動物プランクトンについて

本川における動物プランクトン相は、平常時と越流後で大きな差はなく、また、いずれの調査時においても、放水路の動物プランクトン相との類似性は低く明確なCSOの影響は確認されなかった。

(6) 底生動物について

本川においては出現種に大きな違いは見られなかったものの、放水路では、本川で確認されなかった種が出現しており、CSOの影響が考えられた。なお、一般に汽水域では出現種数が少なく、本調査においても、すべての地点で種数、個体数は少なかった。

## 4. 海域

### 4.1 調査の概要

(1) 調査水域について

調査水域は、水深10m以浅の浅海域であり、海岸は護岸された典型的な都市部の海域である。CSOは、集水面積が523haのポンプ場から排水されており、平成14年度に26回の放流があった。調査地点は、**図-16**に示すようにCSO吐口周辺を約100m間隔に設定した。

(2) 調査内容について

本調査は、平常時調査として、晴天時継続日数7日となる8月24日に実施し、平成15年8月9日の降雨（総降雨量46mm）を対象に越流翌日となる8月10日に実施し、大腸菌群の分布状況を把握するために越流3日後、5日後の水質を測定した。それぞれの調査内容は、**表-4**に示すとおりである。

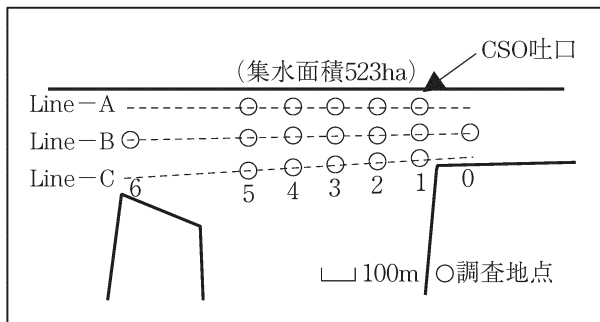


図-16 調査地点概要図

表-4 調査内容および調査実施日

分類	調査内容	調査実施日
平常時	現地計測, 生物相, 水質, 底質	H15.8.24
越流後	現地計測, 生物相, 水質, 底質, 大腸菌群分布	H15.8.10
		H15.8.12
		H15.8.14

### 4.2 調査結果

(1) 水質について

亜鉛（平均）は、平常時の0.003mg/ℓに対して、越流翌日は0.020mg/ℓまで上昇した。しかし、CODやSS, T-N, T-Pについては明確なCSOの影響が認められなかった。汚濁が進行した水域であるため、影響が現れにくかったものと考えられる。

一方、大腸菌群数は、越流翌日に平常時よりも2桁高い10<sup>4</sup>MPN/100mℓのオーダーに増加しており、その範囲は放流口から約950mの調査水域全体に及んだ。越流後3日後で1オーダー程度減少したが、越流5日後でも平常時の濃度には回復しなかった。

(2) 底質について

**図-17~20**に示すように、放流口から岸沿いに約300mまでの範囲は、明らかに周辺よりも硫化物やCOD, 強熱減量が高かった。亜鉛とカドミウムについても同様の傾向があった。平常時と越流翌日の底質分布に大きな違いはなく、CSOによる短期的な影響は認められなかった。しかし、放流口付近での悪化が顕著であることから、CSOによる汚濁物質が経年的に蓄積しているものと考えられる。

(3) 植物プランクトンについて

植物プランクトン相は、平常時と越流翌日では異なったものとなった。その原因は、平常時は赤潮が発生しており特定の種が大発生していたこと、越流翌日は河川から流入した淡水産プランクトンが半数以上を占めていたこと等であり、CSOの影響ではないと判断された。調査水域では夏期の赤潮発生が定常的なものとなっており、CSOに

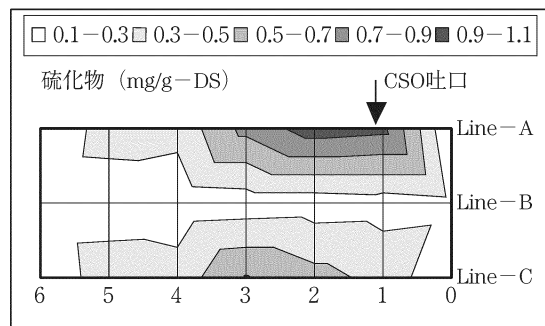


図-17 硫化物の分布（平常時底質）

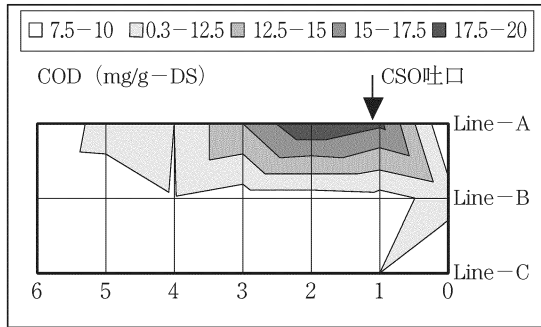


図-18 CODの分布 (平常時底質)

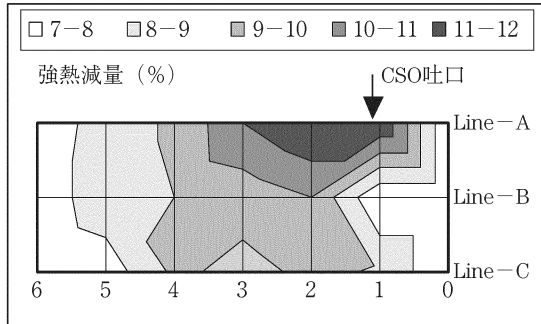


図-19 強熱減量の分布 (平常時底質)

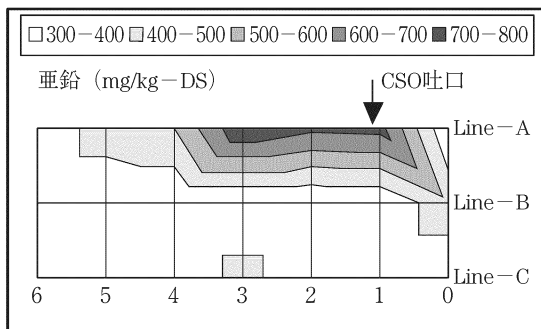


図-20 亜鉛の分布 (平常時底質)

より供給される窒素・りんも富栄養化の一因になっていると考えられる。

(4) 動物プランクトンについて

動物プランクトン相についても、植物プランクトン相の結果と同様であった。なお、成長に伴う形態変化(浮遊幼生→底生動物)による自然減等の影響も考えられた。このように、平常時と越流翌日の相違は、CSOの影響ではないと判断された。

(5) 底生動物について

出現した生物は過栄養域の汚濁指標として一般的なもの(ヨツバネスピオ、シズクガイ、コノハエビ等)が多く、底質の悪化が顕著な放流口近傍では特に生物相が単純であり、CSOの影響が確認された(図-21)。また、放流口近傍では、CSO由来の夾雑物に集まったと考えられる節足動物が確認された。

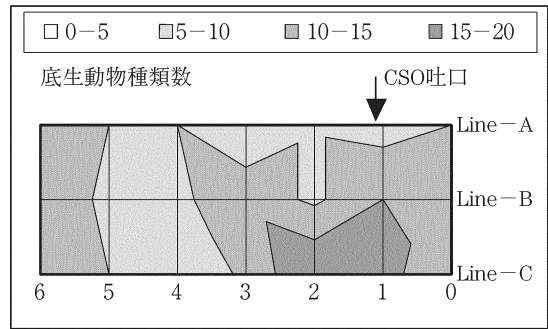


図-21 底生動物種類数の分布 (平常時)

## 5. まとめ

本調査では、平常時と越流後にスポットサンプリングを行い、両者の比較によりCSOが放流先の水質・底質や生態系に与える影響の把握を試みた。その結果、いずれの調査水域でも、吐口近傍ではCSO由来の汚濁物質が堆積したことによる底質の悪化が認められ、そのことが底生動物相に影響を与えていることが示唆された。なお、影響範囲や程度は調査水域により異なった。一方で、魚類や浮遊性プランクトンについては、CSOによる水質悪化が一過性であるか、あるいは、越流負荷に対して他の要因による汚濁負荷が大きい等の理由によりCSOの影響が認められなかった。

平成16年度は、CSOによる放流先水域への影響が明確に把握できた底質および底生動物を主な調査項目として、より多くの水域を対象に調査を行う予定である。

●この研究を行ったのは

研究第一部長	田中 修司
研究第一部長 総括主任研究員	武 亨
研究第一部長 主任研究員	白崎 亮
研究第一部長 研究員	池内 隆司
研究第一部長 研究員	飯田 和輝

●この研究に関するお問い合わせは

研究第一部長	堀江 信之
研究第一部長 総括主任研究員	加畑 雅宏
研究第一部長 主任研究員	吉澤 正宏
研究第一部長 研究員	下関 聡
研究第一部長 研究員	飯田 和輝