

感潮域における有機性底泥の堆積特性

細井由彦*・上月康則**・村上仁士***
山口隆史****・山地孝樹*****

1. 緒 言

河川に流入してきた粒子態の物質が河口部において堆積し、種々の問題を引き起こしている。水質環境の面からみた場合、生活排水や工場排水由来の有機物を含む底泥が特に問題となる。これらは水中の酸素を消費したり、悪臭を発生して、水環境上好ましからぬ影響を与える。さらに最近では親水性が重んじられるようになり、川岸や海岸に公園や散歩道等が建設されることが多くなってきており、底泥が目についたり、悪臭が感じられることは、美観や快適性が著しく損なわれることになる。

このように底泥の管理は、都市環境の中に占める水辺の重要性が高まるにつれ、重要な課題となってきている。底泥による水質環境の悪化を制御するためには、まず底泥がどのような状態で河床に堆積しているのかを把握した後に、的確な対策をうつことが重要である。従来底泥に関する研究では、水理学的な面からは巻き上がりや流動性特について、水質学的な面からは溶存酸素の消費や栄養塩、重金属等の溶出についての研究が数多く行われてきている。これらの研究は底泥の状態がまず与えられたものとして出発している。しかし自然環境中では、底泥の堆積状態が種々の外部要因の影響を受けることが考えられる。

本研究では底泥の堆積が問題となることが多い河川感潮域において、底泥に関する現地観測を行い、その堆積特性を潮汐や降雨の影響に着目して検討した。

2. 底泥の堆積特性に関する現地観測

(1) 観測点及び方法

a) 調査河川の概要

図-1 に示すような徳島市の中心部を流れる新町川水系の中に観測点を設けた。当水系は2カ所の水門で吉野川に通じており、河口とあわせて3カ所において潮汐作用による水の交換と水位変動の影響を受けている。下水

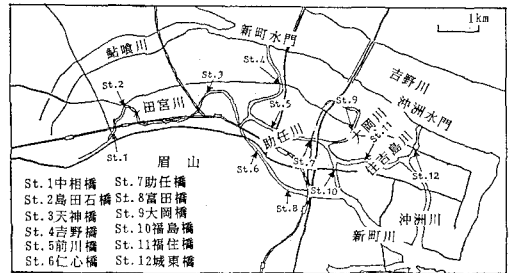


図-1 現地観測点

道普及率は二十数パーセントであり、当水系では南東の区域に敷設されているのみで、排水ポンプ等を通して生活排水が広範囲に流入してくる。とくに St. 1, 2, 3 のある上流の田宮川は周辺からの排水の流入が著しい。(流域人口約 42000 人、流達 SS 量は生活系 1535 kg/日、工場系 777 kg/日、面源 420 kg/日(ただし面源については総流出量を晴天日も含めて平均化)と推定(山地(1992))) また St. 9 のある大岡川はその上流端にポンプ場があり助任地区(人口約 18000 人、流達 SS 負荷量は生活系 588 kg/日、工場系 1276 kg/日と推定(中野ら(1992)))の排水が流入してくる。これら汚染のとくに著しい両河川の水と、新町、沖の洲両水門から流入する清浄な水が混ざり合いながら河口部へと流れていく。感潮河川のため変動があるが、St. 2 付近では川幅は約 15 m、平均水深は約 0.4 m、St. 3 付近では川幅は約 30 m、平均水深は約 2 m となり、それより下流では川幅が 30~50 m、水深は 2~5 m 程度の河川となる。潮汐の影響は St. 2 付近にまで及んでいるが、とくに St. 3 の下流の合流部付近までが顕著である(細井・村上(1983))。

b) 現状調査

調査は1986年10月から1991年9月にかけて図-1 に示す12点において行われた。1カ月に1度くらいの割り、干潮時に橋の上中央からエクマンバージ採泥器により採泥し、その表層部(表面から 0~3 cm)と深層部(表面から 10 cm 付近)の試料を得た。さらに満潮時には水没しているが干潮時には空气中に露出している側端部に降りて行き表層部試料を採取した。

さらに St. 11 の側端部においては満潮から干潮にいた

* 正会員 工博 鳥取大学教授 工学部社会開発システム工学科

** 学生会員 工修 徳島大学大学院生産開発工学専攻

*** 正会員 工博 徳島大学工業短期大学部教授 土木工学科

**** 工修 (株)住友建設

***** 工修 (株)四電技術コンサルタント

る半潮汐の間の表層泥試料を採取した。

本論文ではデータがよく揃っている St. 1, 3, 5, 7, 9, 11 の6点の結果により考察を進める。

c) 経日変化調査

1990年5月より12月にかけて St. 1 及び St. 2 において筒状採泥器を用いて深さ方向 20 cm にわたる深さ別の試料を得た。

(2) 分析項目及び方法

a) COD, 強熱減量

COD は過マンガン酸カリウムを用いたアルカリ性 1 時間煮沸法により測定した。強熱減量は 600°C, 30 分の強熱により前後の重量変化より求めた。これらはいずれも泥に含まれる有機物の指標であるが、各試料についていずれか一方のみ求めている。

b) 酸化還元電位 (ORP)

採泥後すぐに ORP メータ (東亜電波 RM-1 型) を用いて測定した。底泥の酸化還元状態を示し、+ 側に大きいほど酸化状態にあり、- 側に大きいほど還元状態にある。

c) P_{74}

74 μm のふるいを使用して求めた。74 μm 以下の粒子の全体に占める重量割合を示したものである。値が大きいほど 74 μm 以下の細かい粒子が多いことを示す。

3. 結果及び考察

(1) 底泥の堆積に及ぼす潮汐、流れの影響に関する考察

a) 表層部と深層部の底泥の比較

同じ観測点の同じ日の中央表層部と深層部の底泥の特

性の比較を行ったものを図-2 に示す。

最も顕著に傾向が認められるのは酸化還元電位で、表層部の方が深層部より高い値になっており、酸素の供給が行われやすい表層付近でより酸化された状態にあることがわかる。

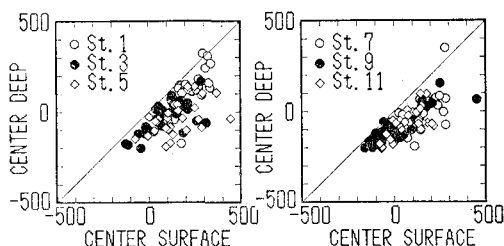
COD, 強熱減量には一定の傾向を見ることはできないが、唯一 St. 9 においてはどちらの指標も表層の方が高くなっている。これはその上流端にある排水ポンプ場よりつねに生活排水が流入し有機物の供給が行われていることを示していると考えられる。

b) 中央部と側端部の底泥の比較

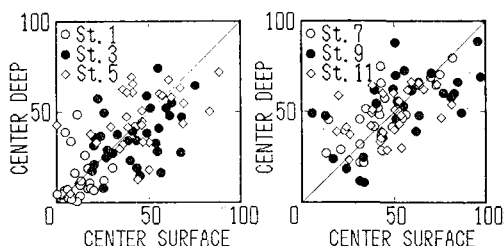
同じ観測点の同じ日の中央部の表層泥と側端部の表層泥の比較を行ったものが図-3 である。

酸化還元電位は側端部における方が高い値を示している。干潮時に空気に触れることにより酸素の住給が促進され、酸化作用がより行われやすくなるものと考えられる。

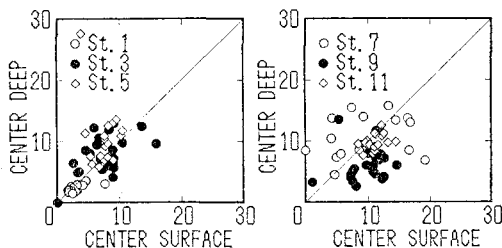
P_{74} および強熱減量は St. 1 では側端部の方が大きい傾向にあるが、St. 3 ではその傾向がやや弱くなり、St. 5, 7, 9, 11 では逆に中央部の方が大きい値をとるようになっている。COD についてもおおむねそのような傾向がみられる。すなわち上流部では側端部の方が細かい粒子が多く有機物も多いのに対し、流下すると中央部の方が細かく有機物が多くなる。上流部の St. 1 では中央部の流速が速く、水深も数十 cm と浅いために、粒径の細かい有機物は流速の小さい側端部でしか沈澱しにくいのにに対し、流れが緩慢になる下流部では、水没したままのために沈澱作用を受ける時間が長くなる中央部に、微粒子が沈澱しやすくなるものと考えられる。



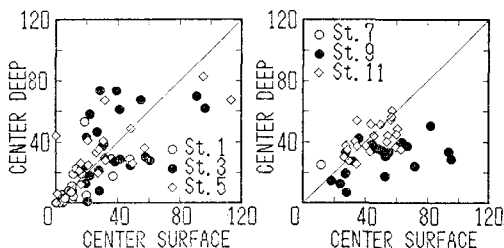
(a) 酸化還元電位



(b) P_{74}



(c) 強熱減量



(d) COD

図-2 中央部表層泥と深層泥の比較

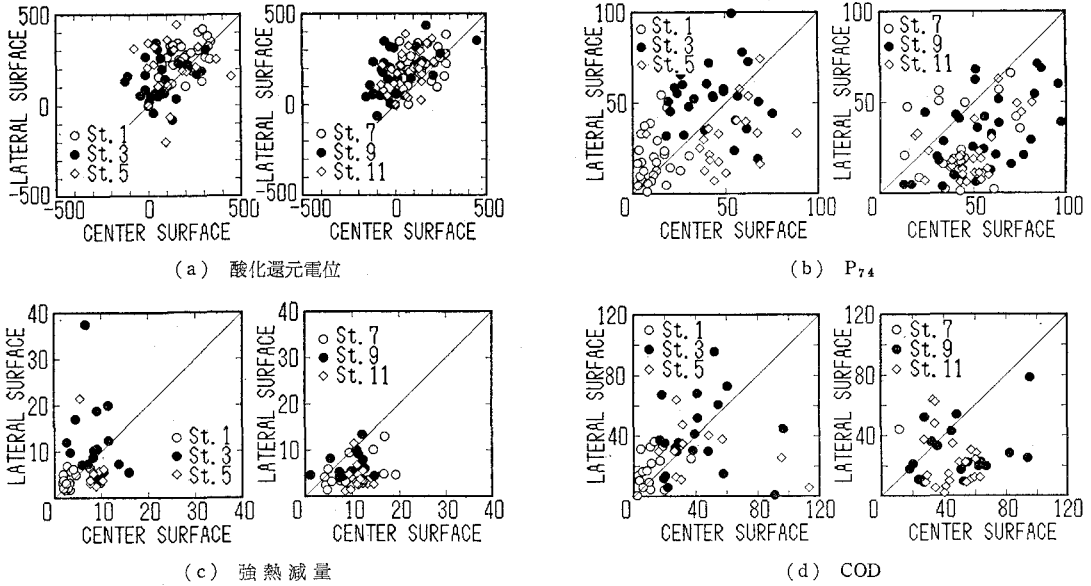


図-3 中央部と側端部の表層泥の比較

c) 側端部の泥の特性の分布

St. 11において川幅方向に側端部の泥をさらに詳しく調べた結果が図-4である。干潮時に最も岸に近い方からA, B, C点とする。Aは空中に露出してから2時間以上たっている点, Bは1時間前に露出した点, Cは水際付近で, 空気に出た直後の点である。

含水率は場所による変化はそれほど認められないが, 表層部の酸化還元電位はA点で最も高く, B, Cになるにつれ低くなっている。すなわち空気に触れる時間が長

いところほど酸化状態にあることがわかる。鉛直方向の分布は深くなるほど電位が低くなっており, 側端部においても図-2で見られた中央部と同じ傾向にある。

表層部のCODはA点がB, C点に比べて低くなっている。これもb)で見られた中央部の方が側端部より, CODが高くなるのと同じ傾向である。

d) まとめ

底泥は深さ方向とともに河川の横断方向についてもその特性が異なることがわかった。

流れが緩慢で潮汐による水位変動を受けるところでは, 常に水没している中央部において沈澱作用がよく起こり, 粒径の細かい有機物を含む底泥がよく堆積している。これに対し側端部では干潮時に空気に触れることにより, 酸素の供給がより効果的に行われ, 中央部に比べて酸化がよく進んでいる。

一方流れが速く水深の浅い上流部では中央部においては沈澱が生じにくく, 流速が小さい側端部における沈澱作用が相対的に大きくなる。

(2) 連続調査による降雨と底泥との関係に関する考察

St. 1, St. 2における連続調査の結果を図-5, 6に示す。

a) 堆積厚さの変化

St. 1の底質には下水由来と考えられる黒い底泥の下層に白い粘土の層が存在した。この層は各分析値などからみて下水由来のものではなく, 有機性の底泥が堆積する以前の河床であると考えられたので, この層を基準にして有機性底泥の堆積厚さについても検討してみる。

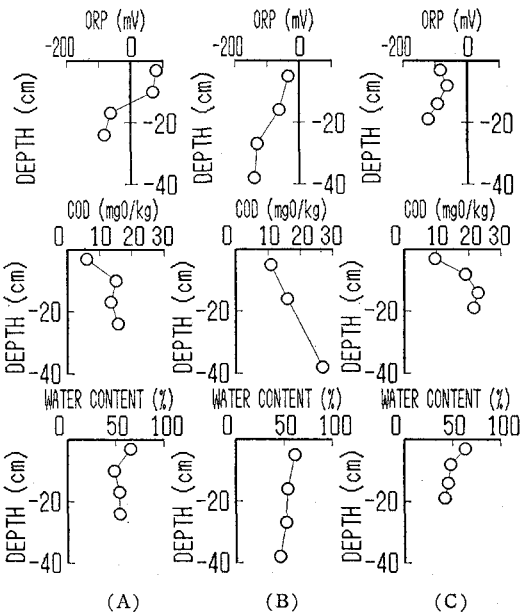


図-4 St. 11 側端部における底泥の特性

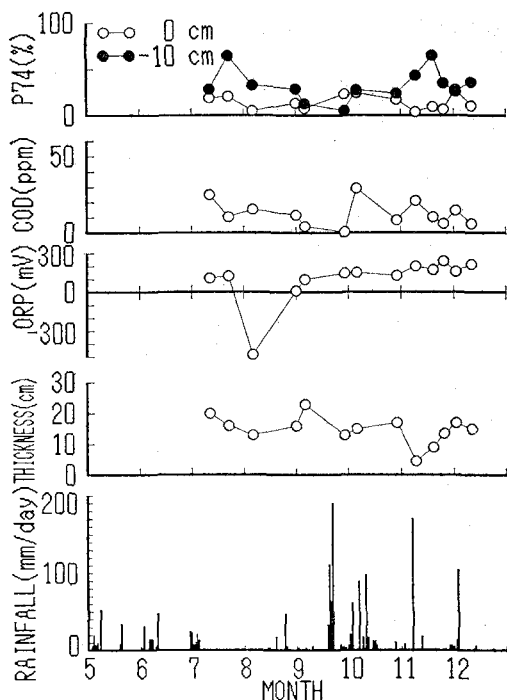


図-5 St. 1 における連続調査結果

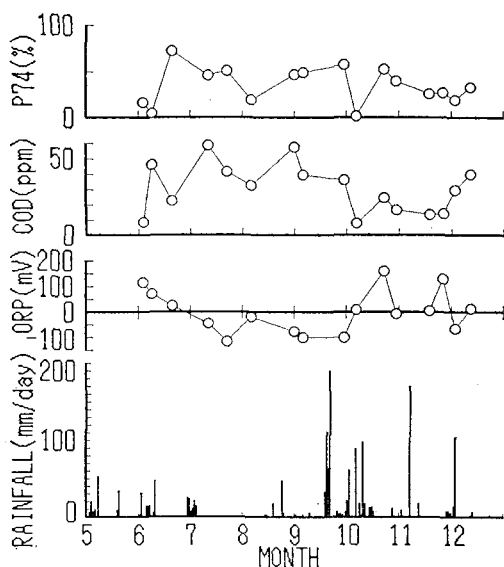


図-6 St. 2 における連続調査結果

7月から1か月にわたる晴天時には堆積泥厚さが減少するとともに表層部の P_{74} が減少している。したがって底泥の表面部が掃流され、とくに粒子の細かいものが流されていっているものと推測される。長い晴天後の8月中旬の降雨によって堆積厚さが増加し、9月後半や11月上旬にみられるような連続した降雨や台風によって厚さは減少することがわかる。すなわち当観測点では小さな

降雨流出によって雨水管等に蓄積していた汚濁物質が流入してきて堆積する一方で、大きな降雨流出時にはそれら汚濁物質の河川への流達効果よりも流量の増加による掃流効果が卓越して底泥は減少するものと考えられる。また9月の最初の底泥厚さと11月中旬ものを比べると、大きな降雨流出による底泥の変動は厚さが20 cmにも及ぶものと考えられる。

b) 粒径の変化

St. 1 の P_{74} については上で述べたが、St. 2 においても同様に8月に粗粒子化し (P_{74} の値が小さくなる)、9、10月の雨の頃に細粒子化している。さらに St. 1 の図に示した深さ方向の値を見ると、深くなるほど P_{74} の値が大きくなっている。これらのことから a) で述べたように晴天が続くと底泥表面部の細粒子が掃流され、表面付近は粗粒子化することがわかる。

c) 化学的特性の変化

St. 2 においては9月後半の100 mm を越える雨が降るまでは、酸化還元電位は低下し COD は30 ppm 以上の値を示している。7月上旬の雨や8月下旬の雨の後 COD は高くなっている。9月後半から10月前半の雨で COD は低下し、酸化還元電位は0付近まで回復した。当河川における底質環境は50 mm 程度の雨では悪化し、100 mm を越えるような雨があると改善されるといえる。St. 1 においては COD にはそれほど顕著な傾向はみられないが、酸化還元電位はやはり8月に低下している。夏期には温度が高く生物酸化がより促進される事が、酸化還元電位が低下する一因であると考えられる。

d) まとめ

観測対象とした田宮川においては晴天時には底泥の掃流が生じており、底泥表面付近から細粒子が運び去られている。50 mm 程度までの降雨流出では、雨水管や側溝等にたまった汚濁物が流入して堆積する。しかし100 mm を越えるような降雨の流出があると、底泥の掃流効果が卓越し、底泥が除去される。

北井ら(1988)は次式で定義される相乗平均雨量 GMR と雨水吐出量との間には正の相関があると報告している。

$$GMR = (R_1 \cdot R_2)^{1/2}$$

ここに R_1, R_2 はそれぞれ1日の総降雨量 (mm)、1日の時間最大降雨量 (mm) である。これは低気圧による長期の降雨や、積乱雲による雷雨のような短期間の強い雨を同じ指標で表そうとするものである。

(1) で述べた5年間の調査において、調査日以前21日間の相乗平均雨量の和 GMR_{21} をその間の降雨による汚濁流出に関連する指標と考えて、 GMR_{21} と中央表層部の底泥の COD との関係を見たものが図-7 である。ただし図-7 には (1) において示したデータ以外に、中央表層部のみ観測した日のデータも加わっている。50

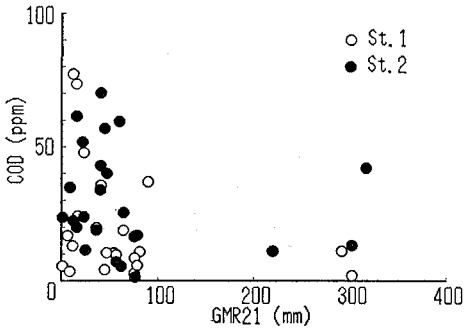


図-7 相乗平均雨量と COD との関係

mm 以下ぐらいの GMR_{21} が存在する場合には COD が高くなるのに対し、それ以上の GMR_{21} の場合には、COD が小さくなる傾向がみられる。したがってこの考察からも上記の底泥に対する降雨の影響の特性がわかる。

新町川水系においては現在浄化ポンプが建設され、吉野川の清浄な水を導入した河川浄化が行われている。さらにこれらのポンプの増設が計画されている。ここで見たように、汚濁物の流入のない状態での流量の増加は、水質だけでなく掃流効果もあり、底質環境の改善にも寄与し得るものと期待される。

4. 結 言

本論文では徳島市内河川における長期的な底泥観測の結果より、河川感潮部における有機物を含んだ底泥の堆

積特性について検討を行った。同一地点においても降雨流出や潮汐の影響を受けて、底泥の性質は時間的にかつ横断、深さ方向に変化をする事が明らかにされた。浄化用水の導入やしゅんせつ等の直接浄化対策を行う場合には、このような変化特性をよく把握しておく事が効果をあげる上で重要であろう。

謝辞 本研究の進捗ととりまとめに当たり、日頃よりご指導、ご支援を賜っている徳島大学工学部三井宏教授、当新町川の環境、底泥について共同研究を進め、種々助言を賜った中野晋講師に深甚なる謝意を表する。さらにご協力をいただいた元徳島大学工学部学生福井哲也（東京建設コンサルタント）、友竹栄治（徳島市水道局）、塩田浩久（岡山県庁）、佐藤秀明（徳島市役所）、山本光弘（日本建設コンサルタント）、横井弘尚（四電技術コンサルタント）、高橋英俊（高知県庁）、川本勝浩（東京設計事務所）、橋 義治（大阪府庁）の諸氏に謝意を表する。

参 考 文 献

- 北井克彦・緒方和夫 (1988): 寝屋川流域下水道の雨水ポンプ群とそのシステム, 月刊下水道, Vol. 11, No. 8, pp. 16-25.
- 中野 晋・小津慶久・河合邦夫 (1992): 徳島市内の水質汚濁負荷量の推計, 土木学会中四国支部平成4年度研究発表会.
- 細井由彦・村上仁士 (1983): 感潮河川の水質におよぼす潮位振動の影響について, 水質汚濁研究, 第6巻, 第1号, pp. 23-30.
- 山地考樹 (1992): 都市河川における懸濁態汚濁物質の挙動に関する研究, 徳島大学修士論文.