

1. 研究目標及び研究成果の概要

課題名：河口湿地の環境形成速度および物質動態に関する基礎的研究
研究機関名：国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室
任期付研究員氏名：横山勝英（現東京都立大学講師）

【研究目標】

沖積河川の河口域では上流から供給される物質（土砂や栄養塩）が堆積して遠浅の地形が形成され、豊かな生態系が育まれており、底生生物による水質浄化機能も高い。一方、人類は古くから遠浅の河口湿地を開拓して農地や都市として利用してきたが、近年ではマングローブ林の伐採や干渉の干拓のような自然環境を復元し得ないほどの大規模な開発が世界各地で行われるようになった。そのため、先進諸国を中心に河口湿地の環境保全が強く求められている。

河口湿地は河川と海域の接合領域であるために、環境保全を考える上では上流から沿岸までの一貫した水系で物質の動態を把握する必要がある。しかし、従来の研究は河川工学、海岸工学、生態学などに分化されているため、境界領域の河口域は扱いにくく総合的な研究は行われていない。また、環境管理においては数年から数十年という中長期的な視点が必要である。

本研究では、過去30年程度の地形測量及び河床材料調査の資料から、地形形成速度について大きな傾向を把握する。次に、1年間に生ずる物質動態の諸過程を現地観測によって把握する。これは、洪水時の上流からの物質供給、洪水直後の河口域での堆積、平水期の波浪や潮流による再移動である。以上をまとめて、河口湿地の環境形成速度と物質動態の関係を明らかにする。

【研究成果】

（1）物質動態観測手法の提案

河川の濁質濃度を光学式濁度計により連続計測することで、浮遊土砂及び栄養塩通過量を高精度でモニタリングできることを示した。感潮区間では塩水週上のために流れの時空間分布が複雑であるが、超音波流速計を河床に設置することにより浮遊土砂の順流及び逆流通過量を正確にモニタリングできることを示した。以上により、物質の通年モニタリングが可能である。

（2）長期地形変動特性

既往最大規模（明治～平成）の洪水が生じると河口の地形上昇は著しいが、それ以下では地形変化と洪水規模の関係は明瞭ではない。平均年最大流量以下の洪水しか生じていない期間でも地形の上下が見られる。浚渫箇所は流量によらず2～3年でかなりの部分が埋まり、安定形状に達する。以上から、平水期にも比較的大きな土砂移動が生じていると推測された。

（3）中期物質動態特性

河口域には洪水時にほぼ1年分の土砂が供給され、さらにその大半が河口周辺の干渉に堆積する。これらは洪水後に、波浪や潮流によって巻き上げられて、塩水週上と共に河口内部へと逆流し、その一部が堆積する。平水期の1年間に河口内部に堆積する土砂量は最大で洪水時の25%に達し、平水期の土砂動態も地形変化に影響を及ぼしていることが明らかになった。

2. 研究実施計画

課題名：河口湿地の環境形成速度および物質動態に関する基礎的研究
研究機関名：国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室
任期付研究員氏名：横山勝英（現東京都立大学講師）

①研究の意義・目的・必要性

(1) 意義

陸域と海域の接合領域である河口湿地や干潟は、地形勾配が緩やかで環境が穏やかであるために底生生物・植物・魚類・鳥類といった生態系の生育環境として最適であり、同時に漁業の場としても重要である。一方で、周辺低平地には人口が集中して、都市や農地・工業地帯が発達するが、河口湿地や干潟は陸域からの栄養過多な人為排水を生物浄化して海域へ放出する機能や、海域の波浪エネルギーを和らげる災害緩衝帯としての機能なども有している。

このように多機能を有する河口湿地だが、全世界的に河口周辺への人口集中によって湿地干潟が開発されており、特に東南アジア等におけるマングローブ林の伐採は深刻である。また将来的には、地球温暖化に伴う海面上昇によって湿地干潟および低平地が水没・喪失することが危惧される。さらに、環境ホルモンやダイオキシンなどの微量有害物質が河川から河口湿地を通じて海洋に輸送されるため、水産物を通じて人体に悪影響を及ぼす危険性がある。

従って、河口域の生態系の保全、新たな環境の造成、海域への栄養塩や有害環境負荷の影響評価のためには、河川上流からの物質供給メカニズムとそれらの河口湿地への堆積メカニズムを解明し、さらに河川・湿地干潟から海域への物質動態を把握する意義は非常に大きい。

(2) 必要性

河口湿地の環境に関する研究は次のような理由で国内外を問わずあまり進んでいない。湿地干潟は陸域（河川）と海域の接合領域あるいは境界領域のために、かえって河川工学、海岸工学、水産学などの専門分化された各分野から取り残された。また、湿地干潟では物理（塩水流動、洪水）・化学（栄養塩、有害物質）・生物的な現象が複雑にリンクして環境を形成しているために、大学等による小規模な体制では観測および研究が困難であった。

最近では、人工干潟の造成技術が提案されつつあるが、これは土砂を定期的に投入し続けて小規模人工ビーチを造成する技術であり、グローバルな沿岸環境の保全には向かない。したがって、全世界的な湿地の保全技術や新たな環境の造成技術を提案するための基礎的段階として、河口域の環境形成や物質循環の全容を明らかにすることが急務である。

(3) 目的

- a. 河口付近の環境形成過程を解明する：洪水時に流域で発生した土砂は河川を流下し、これらが河口周辺の地形形成を促す。平水時には、潮の干満によって堆積底質が巻き上がり、再移動する。また、細粒土砂は多量の栄養塩を含有しているため、これらが堆積し、あるいは海域に放出されると底生生物やプランクトンの活動が活発になる。本研究では、河口域での洪水時と平常時の土砂および物質動態を解明し、数十年程度の地形変化や底質変化を予測しうる物質動態モデルを構築する。
- b. 地形形成速度と湿地干潟の喪失速度との関係を把握する（将来）：河川から供給される土砂の堆積による地形形成速度を明らかにし、現状での開発行為や将来的な海面上昇によるグローバルな湿地喪失速度と比較検討する。このことにより、自然の営力を利用した湿地干潟造成技術の可能性を探る。
- c. 湿地干潟の造成技術の提案（将来）：以上の知見を基礎に、泥～砂を材料とした広域湿地の造成技

術を提案する。

- d. 海洋水産分野への物質供給量の情報提供：沿岸域のプランクトンや底生生物の生産には河川や湿地干潟からの栄養塩供給が大きな役割を果たしており、海洋の物質循環を研究する機関に陸域からの流入条件を提供しうる。

②研究計画・内容（方法も含む）

	12年度	13年度
1.堆積層構造の把握	<ul style="list-style-type: none">・既往地形測量資料の整理・超音波底質探査機の開発・底質探査機による堆積物空間分布の計測	<ul style="list-style-type: none">・堆積物のコアサンプリング・サンプルの分析・堆積層の空間分布の特徴解明
2.物質供給メカニズムの解明	<ul style="list-style-type: none">・現地観測方法の検討・洪水時の供給土砂観測・洪水前後の河床変化調査・平常時の塩水流動と土砂移動の観測	<ul style="list-style-type: none">・洪水時、平常時の観測を継続・洪水時および平常時の土砂動態モデルの作成
3.物質動態モデルの完成		<ul style="list-style-type: none">・地形変化、底質変化モデルの完成

③研究の目標

(1) 堆積層構造の把握

- ・堆積物の空間的分布を短時間に把握しうるリモートセンシング技術を確立する
- ・河口域での堆積構造の特徴を解明する
- ・堆積物の物性（粒径、岩質、生物由来）の特徴を解明する

(2) 土砂供給メカニズムの解明

- ・一連の土砂動態（供給、堆積、再移動）の現地観測技術を確立する
- ・洪水時の土砂供給量と質を明らかにする
- ・平常時の塩水流動による土砂巻き上げ、再配分機構を解明する
- ・一連の土砂動態をモデル化する

(3) 土砂堆積履歴の再現

- ・数十年程度の河床変動・底質変化を精度良く予測しうるモデルを構築する
- ・洪水時と平常時のインパクトの違いを明らかにする

④ポンチ絵（研究概要）

●目的

- ・河口付近では勾配がほぼ水平で、流れが緩やかになる
- ・微細土砂が堆積しやすい

- ・湿地、干潟、低平地を形成する
- ・微細土砂には栄養塩が豊富

筑後川河口の泥



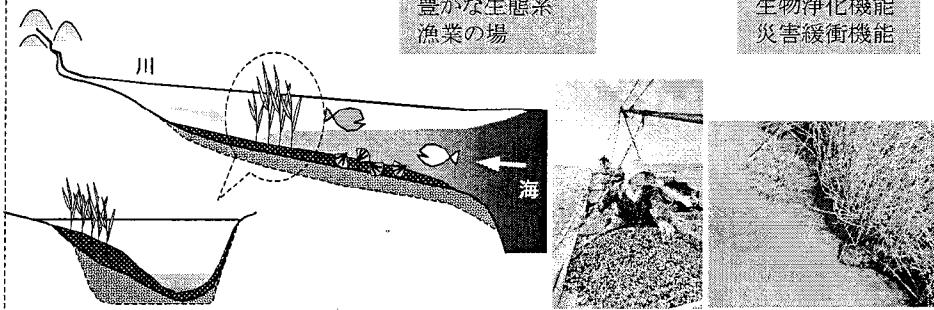
低平地への人口集中
高度利用

豊かな生態系
漁業の場

生物浄化機能
災害緩衝機能

信濃川

港湾



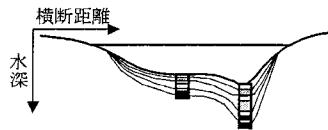
河口湿地の環境形成速度と河川・河口・沿岸の物質循環を解明、モデル化する必要がある

- ・湿地干潟の急速な開発（マングローブ林など）
- ・地球温暖化による海面上昇で水没・喪失の危機

- ・環境ホルモンやダイオキシン等の有害物質が河川から湿地干潟を通じて海洋に拡散する危機

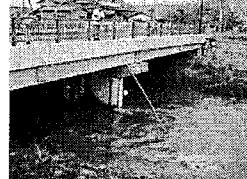
●研究概要

堆積層構造（過去の堆積履歴）の把握

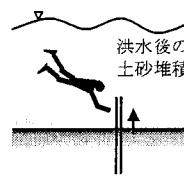


- ・過去の地形測量資料の解析
- ・音響底質探査機による空間分布調査
- ・コアサンプリングおよび物性分析

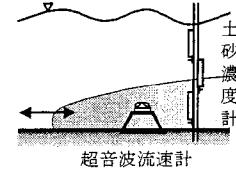
物質供給メカニズム（現在の堆積機構）の把握



・洪水時の供給物質観測



・洪水前後の河床変動調査



・平常時の塩水流動と物質移動の観測

堆積層の空間分布の特徴解明

物質動態モデルの作成

数十年オーダーで地形変化・底質変化を予測しうるモデルの完成

- ・広域湿地干潟の保全・造成技術の提案
- ・海洋研究分野に供給物質の情報を提供

3. 所要経費の推移

課題名：河口湿地の環境形成速度および物質動態に関する基礎的研究
研究機関名：国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室
任期付研究員氏名：横山勝英（現東京都立大学講師）

(単位：百万円)

12年度	13年度	合計
15	14	29

4. 研究成果

課題名：河口湿地の環境形成速度および物質動態に関する基礎的研究
研究機関名：国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室
任期付研究員氏名：横山勝英（現東京都立大学講師）

①研究成果

調査対象地は熊本県白川と東京都多摩川の河口域であり、白川に重点を置いて研究を進めた。得られた結論は以下の通りである。

計測技術の開発に関する成果

- 1) 河川では流量観測地点に濁度計を設置することで、浮遊砂の長期モニタリングが可能である。濁度計は光の散乱強度で水中懸濁物質の濃度を計測しているため、粒径依存性があり、シルト粘土には良く反応するが、粗砂以上になると応答性が非常に悪くなる。しかし、現地ではある地点を通過する土砂の粒径や性状は流域地質や河岸材料などに固有であるため、それが洪水ごとに変化することは少ない。したがって、予め洪水時に採水を行って濁度とSSの相関関係を調べておけば、その地点を浮遊通過する土砂の粒径情報が相関関係に含まれるので、粘土から砂までの広範囲の土砂濃度（SS）を濁度モニタリングから推定することが可能である。
- 2) 上記の方法で河川を流下する浮遊土砂量を1年間にわたってモニタリングしたところ、下流の湖沼に溜まった土砂量と一致した。濁度モニタリングでは河道横断面内の1点で、しかもセンサーのごく近傍の土砂濃度しか計測していないが、浮遊土砂（ウォッシュロード）であれば精度良く移動量を把握できることが示された。
- 3) 河口域では超音波流速計を河床に設置することで、流速と土砂濃度の鉛直分布を計測できるため、時々刻々の土砂移動量を計算できる。超音波流速計は水中の懸濁物質の移動速度を音波のドップラーシフトから計算しているが、それと同時に反射強度も計測している。反射強度は水中の土砂濃度と相関が高いため、両者の関係を定式化すれば、土砂濃度の鉛直分布を推定できる。ここで、式の係数は測定機の個体差や周波数、測定の設定、地点ごとのSS性状の違い、といった様々な影響を受けるため、現段階では個別にキャリブレーションする必要がある。最初にキャリブレーションを行えば、あとは流速と土砂濃度の鉛直分布を1台のセンサーで計測できるため、従来の一点式計測機を複数台設置するよりも効率的に、かつ安全に浮遊土砂移動量を把握することが可能である。

白川上流から河口域に供給される土砂量

- 1) 白川が洪水時に河口域に供給する土砂量を把握するために、濁度モニタリングと採水観測を梅雨時期に実施した。その結果、浮遊土砂の粒径はシルト・粘土であり、これが10.2万m³河口に供給されたことが分かった。このときの流量規模は1/3~1/4確率であった。
- 2) 洪水が河口域の地形や底質の性状に及ぼす影響を把握するために、河口干潟の測量と底質採取を洪水前、洪水後、その2ヶ月後に実施した。その結果、干潟の地形は洪水後に最大で0.3m程度上昇し、その堆積量は総量で42.4万m³、内訳はシルト・粘土質が24.0万m³、砂質が18.4万m³であった。これより、シルト・粘土分は上流域からの供給土砂量が干潟部堆積量の約半分、砂分は洪水中に見られなかつたが干潟には18万m³堆積した、という結果になった。
- 3) 測量の鉛直精度は数センチであるため、干潟全体の堆積量では数万から十万m³程度が誤差と考えられる。一方、洪水観測の精度は浮遊砂に限って言えばかなり高い。したがって、洪水観測の結果を基準に

考えると、干潟に堆積した土砂量は、シルト・粘土分が10万m³程度、砂分が8万m³程度であると見積もられた。

白川河口域の平水期の土砂動態

- 1) 洪水の2ヶ月後には、干潟の地形はわずかに侵食されていた。これは、潮流や波浪の影響と考えられる。そこで、平水期の干潟及び感潮河道での土砂の動きを把握するために、通年の水質及び流動モニタリングを実施し、さらに大潮時に集中観測を実施した。その結果、平水期には潮流や波浪の影響で河口沖合の底質が巻き上げられて、上げ潮時に塩水フロントの前面に集積して高濃度水塊を形成し、河口を通過して河道内部へと遡上している様子が確認された。この際、塩水フロントの前面では浮遊土砂がフロックを形成して沈降速度が増大するために、河口から河道に移流するにつれて土砂が堆積していった。
- 2) 超音波流速計の流速と反射強度データから断面通過土砂量を計算し、平水期の11ヶ月に移動する土砂量を推定した。その結果、SSとして河口を出入りした土砂量は4.8~5.7万m³であり、このうち2.6万m³が河口と河道の間の3km区間に堆積していた。これは数年確率の洪水が供給する土砂量の2~3割に相当し、平水期の土砂移動量が無視し得ないことが明らかとなった。
- 3) 以上の結果より、白川河口域の土砂動態サイクルは次のようになる。出水期に河川上流から土砂（砂、シルト、粘土）が供給され、その大半が干潟に堆積する。平水期には潮汐流や波浪によって干潟に堆積した土砂のうちシルト・粘土が巻き上げられ、上げ潮によって河道内に逆流して河岸に堆積する。河岸に堆積した泥土は翌年の出水でフラッシュされると考えられる。
- 4) つまり、干潟部の地形・底質を形成する主要因は出水期の上流部からの供給土砂であり、副要因は平水時の潮流に伴う微細土砂の移動であると結論づけられる。

多摩川河口域の土砂動態

- 1) 多摩川の河口では昭和40年代に活発に環境浄化浚渫を実施したが、浚渫の数年後には大半が埋め戻っていた。また、平均年最大流量以下の洪水しか生じていない期間でも土砂の堆積・流出が生じていた。年間の変動量は、浚渫が行われていない時期（1990年代）は1年間に数万から10万m³程度であり、また、浚渫量は年平均5万m³（20年間で100万m³）であった。
- 2) 洪水時に供給される浮遊土砂量を、本調査で求めた流量Q(m³/s)、流砂量Q_s(m³/s)によるQ-Q_s関係式から簡易的に推定した。その結果、平均年最大流量の洪水が供給する土砂量は9万m³と計算され、これが全て堆積すると考えれば、浚渫穴がすぐに戻ってしまうという現象も説明が付く。
- 3) 平水期の土砂動態を白川と同様の手法で調査した結果、大潮時に高濃度水塊が逆流する様子が確認され、半年間の遡上量は約1,500m³であった。1年間でみても洪水が供給する土砂量の1割に満たないことが分かり、多摩川の高濃度水塊の挙動は白川に比べれば地形や底質に及ぼす影響が小さいと推測される。
- 4) この原因是、多摩川は潮位変動量が白川の半分程度であるため底質巻き上げの強度が異なる可能性があること、多摩川には河口干潟がほとんど存在しないために浮泥の供給源が少ない可能性があることなどが考えられる。しかし、本研究ではこれらを明らかにするには至っていない

②波及効果、発展方向、改善点等

波及効果および発展方向

本研究では、河口域の土砂動態を解明するために、信頼性の高い現場データを丹念にとり続け、それらのデータを積み上げることで土砂動態の全体像を示した。本研究で示した観測手法は学会でも注目され、河口域の土砂流動計測技術向上に大きく寄与したといえる。発展方向としては以下の通り。

- 1) 土砂動態のミクロな機構の解明：平水期の波浪や潮汐によって再移動する浮遊土砂（高濁度水塊）が地形・底質変化に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。次の段階としては、高濁度水塊の発生や移動に関するメカニズムを解明する必要がある。検討すべき事項は、潮流や波浪による底質の巻き上げ、塩水フロントの通過による底質の巻き上げ、懸濁した土砂のフロック化、移流、沈降、などである。
- 2) 底質の挙動モデルの構築：上記の成果をもって底質の挙動と高濁度水塊の発生・移動の機構をモデル化することが必要である。底質の挙動をモデル化することが出来れば、既往の沿岸潮流モデルや河口内部の塩水週上モデルに底質の挙動モデルを組み込むことで、河口干潟の底質がどのようなタイミングで移動し、どの場所にどの程度溜まるかということについて定量的な予測が可能となる。そのため、沿岸環境の保全管理を行ううえで極めて重要なツールとなる。

改善点等

当初超音波底質探査装置の開発を予定しており、これを試みたがうまく行かなかった。これについては今後開発してゆく予定である。

5. 研究成果公表等の状況

課題名：河口湿地の環境形成速度および物質動態に関する基礎的研究
研究機関名：国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室
任期付研究員氏名：横山勝英（現東京都立大学講師）

1. 研究発表等

(1) 研究発表件数

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	10	12	2	24
国外	0	0	0	0
合計	10	12	2	24

注) 件数は既発表分及び投稿中のものを合計した数を記入

(2) 原著論文による発表の内訳

1) 国内[発表題名、発表者名、発表誌名等(雑誌名、巻、号、頁、年等)]

(計10件)

1. 横山勝英・石川忠晴：濁質生産量の推定方法に関する研究、ダム工学、第10巻4号、2000
2. 横山勝英・藤田光一：多摩川感潮域の土砂動態に関する研究、水工学論文集、第45巻、pp.937-942、2001
3. 横山勝英・宇野誠高：河川感潮域における高濁度水塊の挙動－強混合河川の場合－、海岸工学論文集、第48巻、pp.631-635、2001
4. 鈴木伴征・大作和弘・横山勝英・石川忠晴：利根川河口堰下流部における濁質の浮上とそれに伴う酸素消費、水工学論文集、第46巻、pp.917-922、2002
5. 横山勝英：濁度計の粒径依存特性と現地使用方法に関する考察、土木学会論文集、No.698、II-58, pp.93-98、2002
6. 横山勝英・諏訪義雄・二村貴幸・谷口丞・末次忠司：涸沼川下流域における土砂・栄養塩動態の特性、水工学論文集、第46巻、pp.659-664、2002
7. 末次忠司・藤田光一・諏訪義雄・横山勝英・鈴木隆・西村武幸：流砂捕捉ポンプの開発と性能評価、河川技術に関する論文集、Vol.8、pp.219-224、2002
8. 二村貴幸・諏訪義雄・谷口丞・末次忠司・平館治：細粒土砂動態観測により明らかになった涸沼川流域の細粒土砂供給特性、河川技術に関する論文集、Vol.8、pp.213-218、2002
9. 横山勝英、宇野誠高、森下和志、河野史郎：超音波流速計による浮遊土砂移動量の推定方法、海岸工学論文集、第49巻、2002(投稿中)
10. 宇野誠高、横山勝英、森下和志、高島創太郎、大角武志(2002)：熊本県白川河口域における土砂動態、海岸工学論文集、第49巻、2002(投稿中)

2) 国外[発表題名、発表者名、発表誌名等(雑誌名、巻、号、頁、年等)]

(計 0 件)

(3) 原著論文以外による発表の内訳

1) 国内[発表題名、発表者名、発表誌名等(雑誌名、巻、号、頁、年等)]

(口頭発表を含め計14件のうち主要4件)

1. 横山勝英・藤田光一・諏訪義雄：多摩川感潮域における平常時および出水時の土砂移動量、第55回土

木学会年次学術講演会, 2000

2. 薫木佐衣子・東照雄・末次忠司・平館治・横山勝英・諏訪義雄：涸沼川水系における底質中の重金属の動態, 日本土壤肥料学会講演要旨集, 第 47 集, 2 部門, 日本土壤肥料学会, 2001
3. 横山勝英・宇野誠高・末次忠司：白川河口域における土砂動態の現地観測, 第 56 回土木学会年次学術講演会, 2001
4. 末次忠司・藤田光一・諏訪義雄・横山勝英：沖積河川の河口域における土砂動態と地形・底質変化に関する研究, 国総研資料, 第 32 号, 2002

2) 国外[発表題名、発表者名、発表誌名等（雑誌名、巻、号、頁、年 等）]
(計 0 件)

2. 特許出願等[件名、出願者氏名、出願年月日、特許番号 等]
(計 0 件)

3. 受賞等[件名、受賞者氏名、受賞年月日 等]
(計 0 件)