

筑後川感潮河道における 1950 年代以降の底質変化と河床変動の関係

横山勝英¹

筑後川感潮河道の底質が過去から現在にかけて泥化した過程を各種文献から調査した。河床変動履歴を調べたところ、1953 年から 1983 年にかけて平均で 1 m の低下がみられ、その要因は 1960～70 年代に実施された河川工事と砂利採取であると考えられた。河床材料は 1960 年代前半まで砂であったが、河床低下に対応するように泥化が進み、1978 年までに現在の環境に変貌した。したがって、河床低下により流水断面積の増大と塩水遡上距離の延伸が生じ、高濁度水塊による SS 輸送と堆積が活発化して、筑後大堰が建設された 1980～1985 年よりも前に泥化が進行したと推察された。

1. 研究目的と方法

沖積河川の感潮域では、昔は砂浜が広がっていたと地元で伝えられている場所でも現在はシルト粘土が多く見られる河川が多い（利根川、多摩川、筑後川など）。この原因として河口堰の存在が取り上げられやすいが、底質材料の変化に関するデータが乏しいため事実に基づいた立証が行われていない状況にある。

そこで本研究では、筑後川の感潮河道を対象として過去から現在に至る底質の変化状況を調べた。70 歳以上（2005 年時点）の老人数名に聞いたところ、1945 年～1955 年頃には感潮河道には砂浜が広がっていて干潮時には対岸に歩いて渡れたと証言しているため、1950 年代以降を調査対象とした。発掘収集したデータは 1953 年以降の河床測量資料と 1956 年以降の河床材料資料であり、さらに 2002 年には 2 m の底質柱状コアが採取された。これらのデータを用いて、感潮河道における長期的な底質細粒化のメカニズムについて考察した。

筑後川には河口から 23 km の地点に河口堰（筑後大堰）が設置されている。もともと 23 km 地点には固定堰（床固）が設置されていたが、洪水疎通能力の増大、塩害の防除、各種用水の取水のために、固定堰を撤去して大規模可動堰を建設する計画が立てられた。経済企画庁による調査が 1965 年から始められ、その後各種調査を経て 1974 年に筑後大堰建設事業が「筑後川水系における水資源開発基本計画」の一部として追加され、1980 年から本体着工に入り、1985 年に運用を開始した。

2. 河床地形の変化

(1) 河床変動履歴

筑後川では 1953 年から 2003 年までの 50 年間に 13 回の横断測量が 0.2 km ないし 1 km ごとに実施されている。その代表的なものとして、図-1 に 1953 年、1975 年、

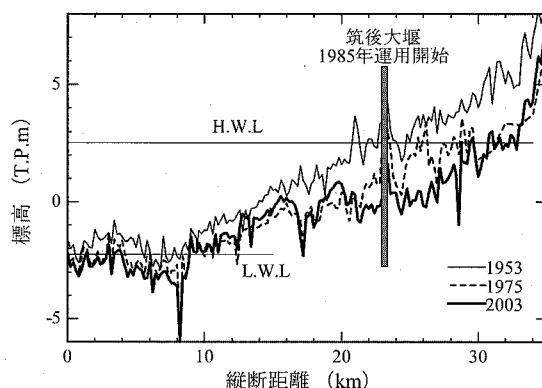


図-1 筑後川感潮河道の平均河床縦断面図

2003 年の平均河床高を示す。平均河床高の計算には河川工事による低水路の拡幅を考慮するために堤防間の地盤高を用いており、通常の低水路平均河床高よりも若干高めである。河床勾配の傾向は河口 0 km から 3 km までが水平、4～8 km の区間で逆勾配であり 8.2 km で最も深く、それよりも上流で順勾配になっている。1953 年は全区間で最も河床が高く、年を追うごとに河床が低下し、河床勾配も緩やかになっている。

河床の低下状況を時系列的に見るために、河床低下量を区間別に平均すると図-2 が得られた。河口から 3 km までは初期河床高が T.P. -1.8 m であったが 1969 年には 0.6 m 低下して T.P. -2.4 m になり、その後の変動はわずかである。8 km までの区間では河口付近とはほぼ同じであるが、1988 年以降も低下が見られ最終的には 1 m 下がった。17 km までの区間では初期河床が T.P. -0.5 m であったが、少しずつ低下が進行し 1998 年には 1.3 m 低下し、その後 0.5 m の回復が見られる。

河床低下が顕著なのは 17 km よりも上流であり、23 km までの区間では 1964 年から 1975 年にかけて 1.8 m 低下し、1983 年までにさらに 0.4 m 低下して安定化している。32 km までの区間では初期河床が T.P. 3.8 m であったが 1986 年には T.P. 1.1 m となっており 2.7 m 低

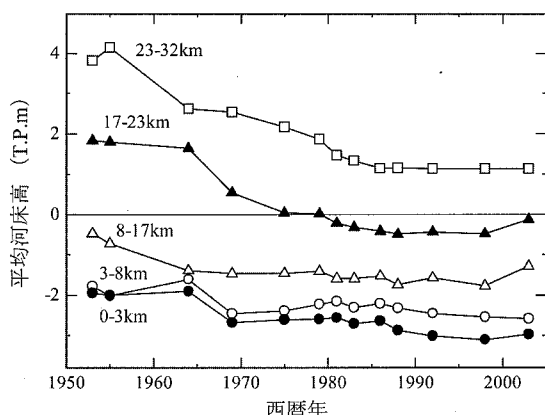


図-2 区間別河床変動量の経年変化

下した。

以上より、感潮域の河床低下は1964年から1969年にかけて最も顕著であり、1983年頃までに概ね現在の地形が作られたことが分かる。この時代の河床低下の原因は、河川改修による掘削、干拓用の土砂採取、建設骨材用の砂利採取であると考えられる（筑後川工事事務所、1976；横山、2005）。1953年から1969年までの感潮区間23 kmにおける河床掘削量は、河川改修が146万 m^3 、干拓用が161万 m^3 であり、川幅を400 mとしたときの区間平均掘削高は0.33 mである。一方、同時期の区間平均低下量は1.00 mであり、1969年時点で上流のダム群は未完成（建設中）であったため、残りの0.67 mは砂利採取によるところが大きいと推測される。

(2) 河床変動による塩水遡上への影響

河口潮位はT.P.-2.5 mから+3 mの範囲で変動するため、この範囲で生ずる河床低下は塩水遡上に影響を及ぼすと考えられる。そこで、感潮域上流端の移動を調べるために、平均河床（図-1）の移動平均線が朔望平均満潮位（T.P.2.55 m、2002年）と交差する地点をプロットすると図-3が得られた。1964年までは感潮区間は約22 kmであったが、1969年に約28 kmまで内陸側に前進し、1981年には31 kmまで前進して現在に至っている。なお、1985年には河口堰が完成しており、以後、塩水は23 kmで堰き止められている。

次に、塩水が遡上可能な領域として河口の朔望平均満潮位よりも下部の流水断面積を計算した（図-4）。図の上部は1953年の断面積であり、これを基準と考える。下部は1953年からの変動量であり、棒グラフ頂上と折れ線の間の距離が各年の流水断面積である。7～8 kmは河道が分流しているが、データの都合上、片側の断面積しか計算していないので断面積が半減している。

0～10 kmでは基準断面積に比べて後年の増分は小さい。10 kmよりも上流で流水断面積の増加が見られ、

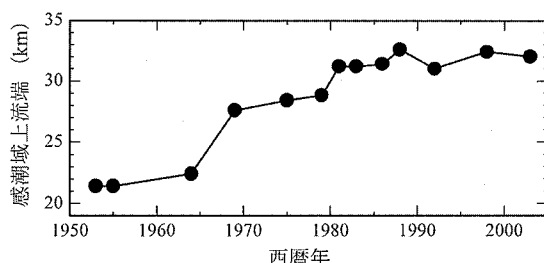


図-3 感潮域上流端の延伸状況

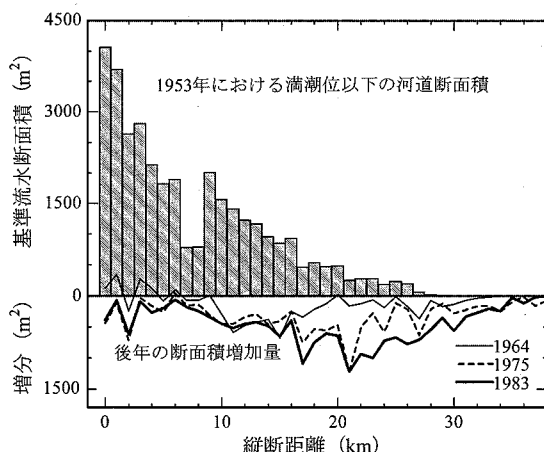


図-4 満潮位以下の流水断面積（1953年）と変動量

1953年から1964年までの間に10～20 kmにおいて断面積が45 %増大した。その後、1975年までの間に16～25 kmにおいて130 %の増大が見られ、塩水が遡上可能な断面が2倍以上に広がった。また、25 kmよりも上流では新たに感潮区間が出現した。

以上より、河床低下によって朔望平均満潮位以下の河道断面積が大幅に拡大し、塩水遡上が上流側に延びていったと推測される。また、河床低下や感潮区間の延伸は河口堰（筑後大堰）が1985年に完成する以前に顕著であった。

3. 河床材料の変化

河床材料データの存在を表-1に示す。感潮域では1966～77年の12年間のデータが抜けており、河口堰の上流域では1970～82年の13年間のデータが未取得となっている。特に、河床変動が顕著であったおり1970～77年は全区間でデータが存在しない。このように河床材料データは経年的に縦断連続的に得られていないため、断片的な情報を整理結合して分析を進める。

図-5に1961年と1994年の河床材料粒径の縦断分布を示す。古い分としては1956年と1959年に調査が実施

表-1 河床材料データの一覧

調査年	感潮域	上流域	機関
1956~65	0~22 km を 2 k ごと	24~62 km を 2 k ごと	国交省
1966~69	×	24~62 km を 2 k ごと	国交省
1970~77	×	×	
1978~82	0.4 k, 6.6 k, 14.6 k, 22.0 k	×	水機構
1983~2005	0.4 k, 6.6 k, 14.6 k 22.0 k, 22.7 k	23.3 k, 25.5 k	水機構
1994	0~22 km を 2 k ごと	24~62 km を 2 k ごと	国交省

(注1) 各測線において左岸, 中央, 右岸で採取
 (注2) 国交省・・・国土交通省筑後川河川事務所
 (注3) 水機構・・・水資源機構筑後大堰管理所

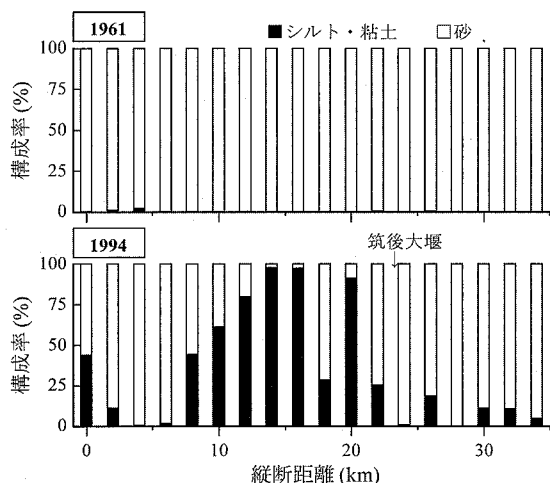


図-5 河床材料粒径の縦断分布の新旧比較

されているが, これらは採取距離標や測線内の採取地点が不揃いであり, 1961 年から採取ルールが統一されたため, 1961 年を縦断分布の比較に用いた. また, 横断方向に 2 ないし 3 点で採取された粒度分布を平均して用いた.

1961 年の河床材料はほとんど 0.075 mm 以上の砂で構成されており, 0.075 mm 以下のシルト・粘土の含有率は感潮河道の全区間にわたって 5 % 未満であった. 一方, 1994 年には河口 0 km と 8~20 km においてシルト・粘土の割合が 40~98 % に達しており, 泥河床に変貌したことが分かる. 0 km, 8 km, 10 km では左岸と右岸は泥質であり, 中央が砂質である.

図-6 に主要地点における河床材料粒径の経年変化を示す. 経年的にデータが揃っている地点は, 感潮河道では 0~0.4 km, 6~6.6 km, 14~14.6 km, 22 km であり, 上流域では 25.5 km~26 km である. 事務所ごとに調査距離標が若干異なり最大で 600 m ずれているが, 図-5 によればいずれの地点も 600 m の範囲内では河床材料の大きな変化は無いので, 同列に扱った. また, 1969 年以前の粒径データは下限が 0.15 mm であって 0.075 mm 以下のシルト・粘土の値が得られていない場合が多い. 逆に 1978 年以降のデータは粘土, シルト,

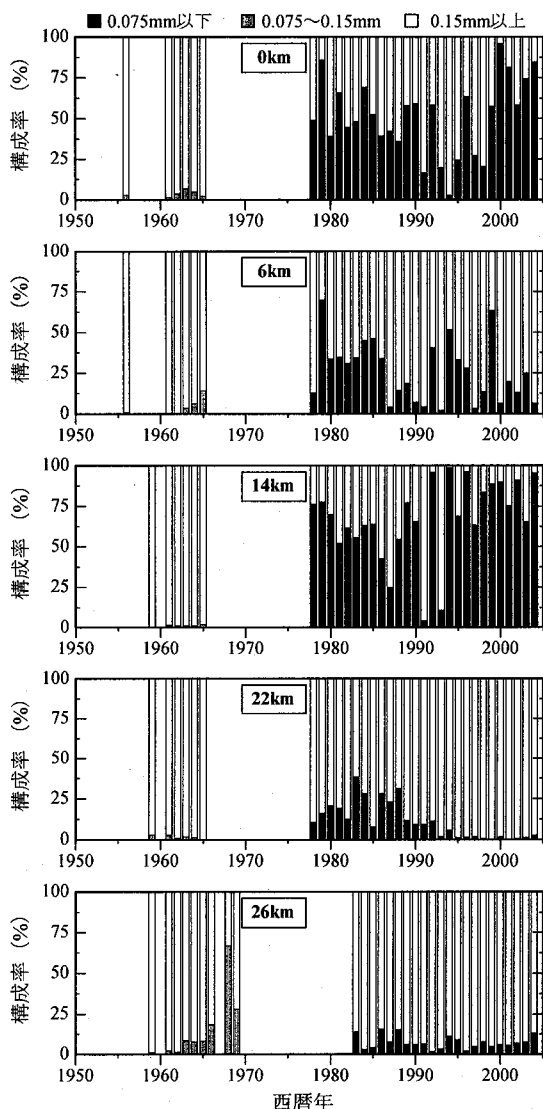


図-6 河床材料粒径の経年変化

砂の土質区分で表記されており, 0.15 mm の割合は不明である.

河口 0 km では 1965 年までは 0.15 mm の割合が 7 % 以下であったが, 1978 年からはシルト・粘土が 50 % 程度に増大し, それ以降は経年的傾向が読み取れない. 6 km でも同様の状況であるが, 1978 年以降のシルト・粘土の割合が 20 % 前後であり, 河口よりも砂質分が多い.

14 km において変化は最も顕著であり, 1965 年までシルト・粘土は 1 % 未満であったが 1978 年からは 80 % 前後にまで急増しており, 13 年間で河床材料が砂からシルト・粘土にほぼ入れ替わったことが分かる.

河口堰直下の 22 km では 1978 年から 1992 年にかけてシルト・粘土が 10~20 % 存在したが, それ以外の期

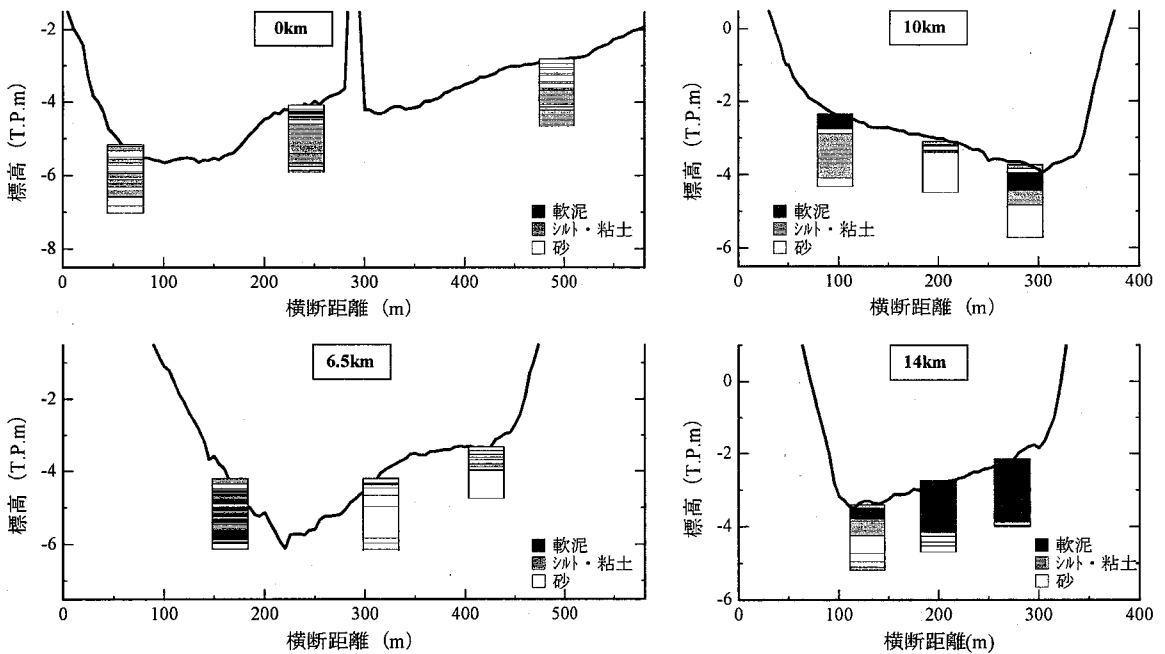


図-7 河床堆積物のコア柱状図

間は砂質河床である。河口堰上流の 26 km では 1965 年から 1969 年にかけて 0.15 mm 以下の割合が増加傾向にあることが特徴的であり、堰建設後は砂質のまま推移している。河口堰の湛水池内でシルト・粘土が増加していないのは、洪水時に堰が全開になるためであると考えられる。

以上の経年的傾向を整理すると、1956 年から 1965 年までは全区間においてシルト・粘土はほとんど見られず砂河床であったが、1966 年から 1969 年にかけて 26 km 地点で 0.15 mm 以下の細粒分が 30 % 程度まで増大した。1970 年から 1977 年までの変化は不明であり、1978 年以降は 0 km, 6 km, 14 km においてシルト・粘土の割合が増大し、特に 14 km では泥質に完全に置き換わった。したがって、感潮河道における底質の泥化は 1960 年代後半から 1970 年代前半にかけて生じたと考えられる。

4. 底質の堆積状況

(1) 河床堆積物の鉛直構造

感潮河道では 2002 年 3 月に 6 地点において左岸・中央・右岸の 3 箇所まで長さ 2 m の河床コアが採取された(筑後川河川事務所, 2002)。採取地点は 0 km, 4 km, 6.5 km, 10.0 km, 14.0 km と支川早津江川の 4.0 km である。これらは採取後に切断され、目視ならびに触感で軟泥、粘土、シルト、細砂、砂泥、砂、粗砂として記録された。

図-7 に 4 地点のコア柱状図を示す。なお河床図は 2002 年 10 月の測量であり、土質区分は軟泥、シルト粘土、砂の 3 つに統合した。軟泥は含水比が 200 % を超えるものであり比較的新しい堆積物と考え、シルト・粘土は締め固まった古い堆積物と考えた。

0 km は中央部に導流堤(デレーク堤)があり、左岸側が主流となっている。左岸流心部では砂と粘土の互層となっている。右岸は粘土層の上に砂層が乗っているが、砂層も 10 cm ごとに貝殻混じり層や泥混じり層となっており、複雑な構造である。6.5 km は中央と右岸が砂層であるが、右岸斜面は細砂と軟泥が 2~5 cm ごとに互層を成している。これらの互層の存在は侵食と堆積が頻繁に生じていることを表している。

10 km は中央が完全に砂質である。左右岸には軟泥が 0.4~0.7 m 堆積しており、その下部は粘土層、最下層は砂層となっている。14 km は軟泥の堆積層が最も厚く、右岸は 1.7 m である。軟泥層の下部は粘土層もしくは砂層となっており、3 地点の砂面を結ぶとほぼ水平になる。下部に砂層が存在し表面に軟泥が堆積していることから、シルト・粘土が長期的に圧密を受ける環境ではなく、一時的な堆積環境にあると考えられる。

以上より、0~6.5 km では砂とシルト・粘土の交換が頻繁に生じていることが分かるが、古い時代からの変化(図-6)との対応関係は不明である。一方、10 km~14 km においては基盤層が砂質であり、その上に軟泥が堆

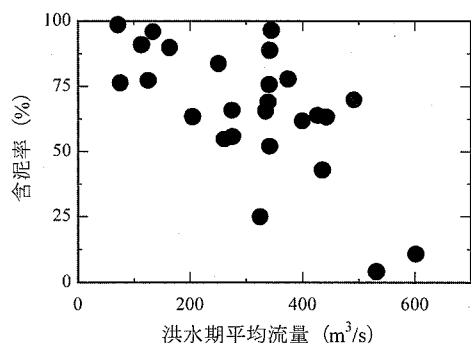


図-8 含泥率と河川流量の相関

積していることから、ある時代から河床が泥質に変化したことを示している。これまでの解析によれば、泥質化は30年以上前に生じているものの堆積物が締め固まっていなかったため、シルト・粘土が経年的に降り積もって堆積層を形成しているのではなく、堆積と侵食を繰り返していると推察される。

(2) 底質の変動要因

この仮説を確かめるために、14 kmにおける底質変動の状況を図-6から調べる。14 kmの底質はシルト・粘土成分の経年変動が大きい。例えば1991年は4%、1992年は95.8%、1993年は10.7%となっており、砂とシルト・粘土が交互に現れている。そこで、各年の含泥率と河川流量の関係をプロットしたところ図-8が得られた。14 kmにおける河床材料調査は毎年8月に実施されているため、調査前の流量として6月10日から7月31日までの約50日間の平均流量を用いた。この時期は筑後川の洪水期（梅雨）に相当する。

図から洪水期の平均流量が増大するほど含泥率が低下する傾向が読み取れる。平均流量が200 m³/s以下の場合には洪水が発生しない渇水年であるが、このときは河床の含泥率は80~100%と高い。500 m³/sを超えるのは10年確率程度の比較的大きい洪水が発生した場合であるが、このときは含泥率が10%を下回って砂質河床となる。

以上の関係と柱状コアで示された層理構造は整合している。すなわち、14 km地点では砂質層の上に軟泥が乗っているが、軟泥は洪水の規模に応じてフラッシュされ、流量が多く完全に軟泥層が取り除かれると砂層が出現する。洪水後にはシルト粘土が再堆積するが、毎年のようにフラッシュされるため軟泥以上に圧密されないと考えられる。

5. 底質細粒化のメカニズム

筑後川感潮域の河床変動履歴を調べたところ、感潮区

間23 kmの河床は1953年から1983年までの間に平均で1 m、最大で5 m低下し、17 kmよりも上流において河床低下が顕著であった。その結果、感潮域上流端が8 km延伸して31 km地点に移動した。また、朔望平均満潮位以下の河道容積も45~130%増大し、塩水の遡上を助長したと考えられる。

次に、感潮河道の河床材料は1960年代前半までは砂質であったが、1970年代からシルト・粘土の堆積が進行し、1978年にはほぼ現在の底質状況に変化したことが分かった。河口堰（筑後大堰）の建設は1980年に始まり1985年に完成しているため、底質環境の大きな変化は河口堰建設の前に起きていたことになる。

シルト・粘土の堆積は8~20 kmの区間で著しく、砂質基盤の上にシルト粘土が堆積し、1~2 mの軟泥層を形成していることが分かった。軟泥層は1970年代後半から2002年までの間に徐々に堆積したのではなく、洪水によるフラッシュと再堆積を毎年のように繰り返していると推察された。

以上の結果から、底質細粒化のシナリオは次のように想定される。一般に、強混合型の感潮河川では塩水遡上の先端付近に高濁度水塊が形成され、SSが上流に輸送されることが知られている（宇野ら、2002）。筑後川では1960年代から70年代にかけて感潮河道が大きく河床低下し、塩水遡上距離が上流側に伸びた。

これによって、高濁度水塊の運動が活発化し、SS輸送が上流側に及んでいったと推察される。また、河道の容積が大幅に増加したことにより掃流力が低下し、ウォッシュロード成分の沈殿を促進し、河床にシルト・粘土が堆積するようになったと考えられる。

今後は高濁度水塊によるSS輸送の仮説について検証を行う必要がある。

謝辞：本研究で使用した全ての資料は国土交通省筑後川河川事務所と水資源機構筑後大堰管理所から提供していただいたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 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，pp. 561-565.
- 筑後川河川事務所(2002)：有明海ガタ土と河口に関する調査検討委員会，第二回委員会資料
- 筑後川工事事務所(1976)：筑後川五十年史，pp. 460-472.
- 横山勝英(2005)：河川の土砂動態が有明海沿岸に及ぼす影響について - 白川と筑後川の事例 -，応用生態工学8(1)，pp. 61-72.