

底泥の堆積過程に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生員○渡辺亮一 九州大学工学部 正 員 楠田哲也
九州大学工学部 正 員 山西博幸

1. 緒言

有明海のほぼ最奥部に河口を有する六角川は、潮汐差が最大5mにも達する強混合型の感潮河川である。このような河川では、潮汐にともなって河川縦断方向に移動する水塊に高濃度の懸濁物質が含まれていることが知られている。水塊にともなって移動する高濃度の懸濁物質は、上流から流下してきたり、あるいは海域から遡上してきた微細なプランクトン・シルト・粘土質からなる懸濁粒子によって構成されている。この懸濁粒子は、河川水と海水との混合により凝集が促進され、フロックを形成しながら底面上へ沈積する。このとき、フロックは水中の有機物や栄養塩類、重金属等の水質環境に大きな影響を及ぼす物質を吸着しつつ底面上へ沈積して、底泥層を形成して行く。通常、底泥中には、微細粒子の他に、微生物、その死がい、他の有機物質等を含んでいるため、その性質は極めて複雑である。このため、輸送現象をみてもほぼ解明されている非凝集性粒子(砂)とは異なり、凝集性粒子である底泥については明らかにされなければならない点が多々ある。さらに、水質環境への影響を見ても同様である。

この様にして河道に堆積する底泥は、水質環境問題のみならず、河道断面積の減少による流下能力の低下を引き起こし、大雨時の洪水の原因ともなる。これらの問題を解決するためには、河道断面のどこかの辺りにどの程度の底泥が堆積するのか等の定量的な予測手法を確立する必要性が生じている。しかしながら、感潮河川部における懸濁物質の沈積特性および底泥層の形成過程は非常に複雑な経路が重なり合った現象であるために、その現象を定式化し、定量化していくことは非常に困難である。そこで、まず本研究では、感潮河川部における底泥の堆積過程を解明していくことに主眼点をおき、底泥の堆積に関する室内実験を行った結果、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験装置・実験に用いた試料・実験方法について

図1に、水面昇降型実験に用いた実験水槽の概略図を示している。実験水槽は厚さ10mmの亚克力板製で、高さ0.7m、幅0.8m、厚さ0.25mである。水槽内には、長さ0.5mの底面板を底板から0.1mの高さに設けている。実験時、この底面板上に懸濁物質が堆積し底泥層が形成される。試料注入用パイプおよび試料排水用ポンプの周囲には、整流板を設け、底面板上に堆積した底泥を乱さないようにしている。また、試料調整用タンクには、タンク内での懸濁物質の沈積を防ぐために攪拌機を取り付け、試料懸濁液を常時攪拌した。

実験に用いた試料は、有明海に位置する熊本港において採取した底泥である。その物性値を以下に示す。試料の粒度組成は、粘土分47%、シルト分48%、残りの5%が砂であり、三角座標分類では粘土質シルトに属している。中央粒径 d_{50} 、比重および強熱減量(有機物含有率)は、それぞれ $6\mu m$ 、2.65および12.2%である。この底泥を塩水(水道水に食塩を加えて、密度を $1025kg/m^3$ に調整したもの)に混合し、よく攪拌して均一濃度としたものを試料懸濁液としている。

試料調整用タンクで所定の懸濁物質濃度に調整した試料を、注入用ポンプにより一定流量で実験水槽内に注入し、所定の水深(底面板上約50cm)まで試料を注入した段階で実験を開始した。この状態で一定時間(1.5時間(加速試験)または6時間(通常試験))静置した後、実験水槽内の懸濁液を再び試料調整用タンクに排水用ポンプを用いて一定流量で戻す。以後、この注入および排水過程を繰り返すことによって、擬似的に感潮河川と同じ状態を作り出した。実験開始後、水槽内底面上に懸濁物質が堆積することで、時間の経過にともなって試料懸濁液の濃度が低下するために、不足分を適宜試料調整用タンクに補給し懸濁物質濃度を一定に保った。また、適切な時間間隔で実験水槽前面からビデオカメラによって底泥の堆積状況を観察し、モニタ上で底泥面高さを測定した。実験終了後、装置内に堆積した底泥を直径約3cmのコアを用いて採取し、底泥層内の含水比の空間分布を求めた。実験は底泥面が干潮時に空気中に露出している場合と、底泥面が常時水面下にある場合の二つのケースについて行っている。実験条件の一覧を表1に示している。

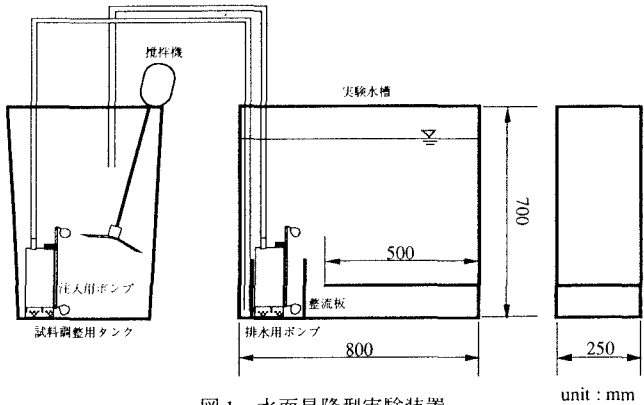


図1 水面昇降型実験装置

表1 実験条件

RUN No.	装置内懸濁物質濃度 ($kg \cdot m^{-3}$)	水面低下速度 ($cm \cdot min^{-1}$)	水面上昇速度 ($cm \cdot min^{-1}$)	潮汐周期 (hr)	底泥面の状態 (干出・水没)
1	26	20	20	3	干出
2	38	6.0	6	3	干出
3	45	2.3	20	3	干出
4	59	2.8	20	3	水没
5	46	2.8	20	12	水没
6	53	2.8	20	12	干出

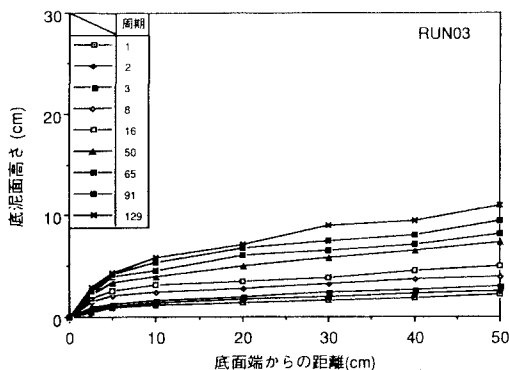


図2 底泥面形状の経時変化(RUN3)

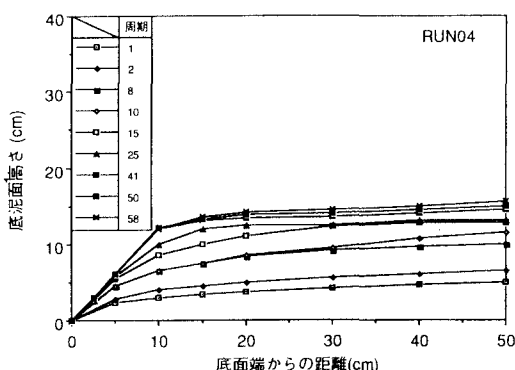


図3 底泥面形状の経時変化(RUN4)

3. 実験結果および考察

1) 底泥層の形成過程について

各実験ごとに一定潮汐周期毎に底泥面高さを測定した、図2と図3は、RUN3とRUN4における底泥面形状の経時変化を示している。この図より、底泥面の成長速度は各地点毎にそれぞれ異なっている様子がわかる。特に、下流端から10cm以下の地点においては他の地点と較べて底泥面の成長速度が極端に遅く、この地点より上側では上流端に向かって徐々に大きくなっている。これは、満潮時に底面板上に堆積した底泥が水面低下に伴って上流から下流方向へ輸送されていく過程において、下流へ向かうほど堆積した底泥の輸送量が多くなるためである。また、下流端部分に堆積した底泥の表面勾配がある勾配（堆積に関しての限界勾配）以上になった場合には、それ以上底泥が堆積しなくなることがわかる。これに対して、下流端から20cm以上の地点における底泥面の成長速度は、ほぼ一定速度で推移しているが、その地点における底泥面の勾配が堆積に関しての限界勾配以上となった場合には下流部分と同様にそれ以上堆積しないと考えられる。また、底泥面が常時水面下にあるRUN4の場合、干潮時に底泥面が露出するRUN3に較べると底泥面の成長速度は初期段階においては速くなっているが、底泥面が水面付近に達した後は急速に成長速度が遅くなっている。

底泥の堆積に関する限界勾配の観測結果を表2に示している。この表から、底泥面の限界勾配は約50°程度であると考えられるが、実験条件の違いによりその大きさに若干の差違が認められる。すなわち、底泥面が干出する場合には潮汐継続回数が多いほど底泥面の表面勾配が大きくなる傾向にあり、水没している場合には潮汐継続回数よりも潮汐周期が長いほどつまり圧密時間が長いほど表面勾配が大きくなっている。以上のことから推察すれば、底泥の堆積に関しての限界勾配は、底泥層が形成されていく際の周囲の諸条件（潮汐継続回数・潮汐周期等）によって変化することが分かった。

2) 底泥の堆積速度について

図4はRUN3とRUN6における底泥の堆積高さの経時変化を、図5は、RUN4とRUN5における底泥の堆積高さの経時変化を表している（40cm地点）。これら図から、一潮汐当たりの周期が長いほど、すなわち圧密時間が長いほど堆積初期の段階（図中の直線部分）における底泥の堆積速度が大きいことが分かる、干出している場合、RUN3では約0.36cm/回に対してRUN6では約0.60cm/回、水没している場合、RUN4では約0.63cm/回に対してRUN5では約2.4cm/回となっている。

これらの結果から判断すれば、六角川等の強混合型の感潮河川においては、干潮時に底泥面が干出する断面において、一潮汐間に数mm程度の底泥の堆積があり得ることが明らかとなった。今後、更にいろいろな角度から底泥の堆積過程について検討を加え、現象をモデル化し、解析を行っていく予定である。

表2 実験終了時の底泥の表面勾配

RUN.No	潮汐周期 (hr)	潮汐継続回数 (一)	底泥面の状態 (干出・水没)	底泥の表面勾配 (°)
1	3	249	干出	57
2	3	192	干出	50
3	3	121	干出	48
4	3	58	水没	48
5	12	12	水没	54
6	12	20	干出	49

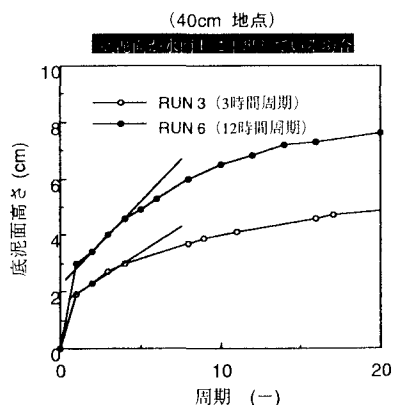


図4 底泥の堆積速度の比較(干出)

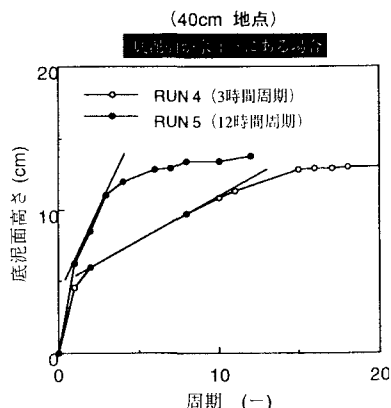


図5 底泥の堆積速度の比較(水没)