

基礎水理シンポジウム2013
12月2日9:00-16:00, 土木学会講堂

菊池川下流域における流れ・土砂輸送 および自然再生事業について

2013年12月2日

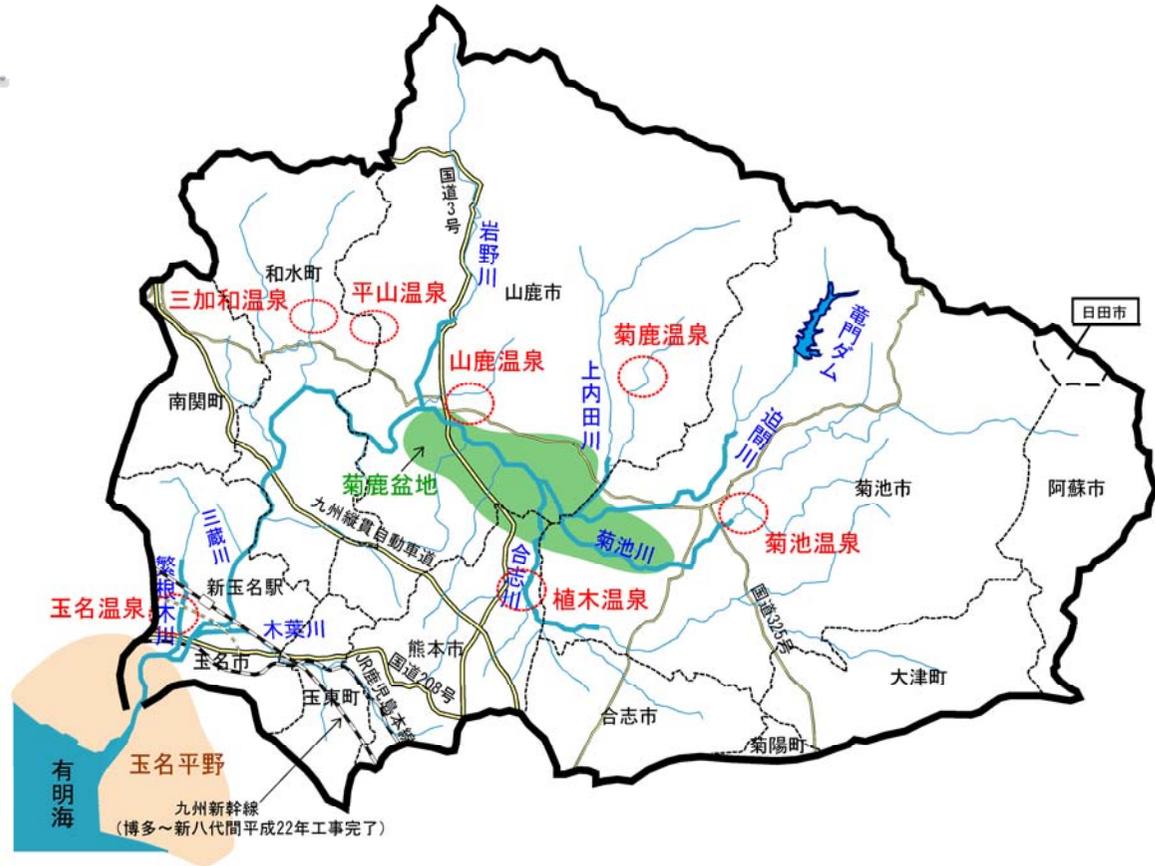
熊本大学工学部社会環境工学科
大本照憲

1. はじめに 背景
2. ガタ土の堆積状況
3. 感潮域の流れ
4. 土砂輸送
5. まとめ

菊池川流域

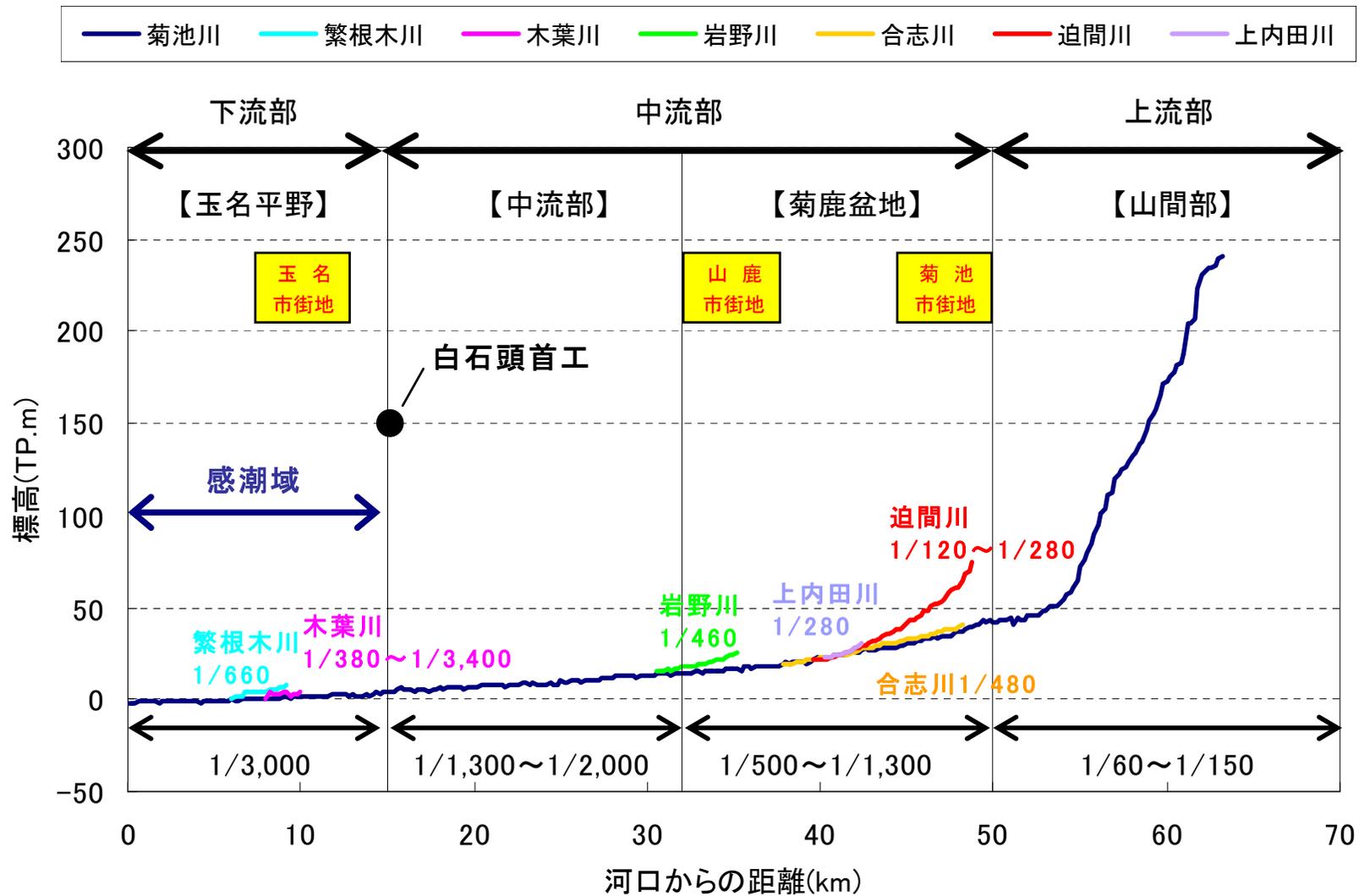


区分	概要	備考
流域面積	996km ²	
幹川流路延長	71km	
流域市町村	7市5町 (H22.3現在)	菊池市、山鹿市、玉名市、阿蘇市、合志市、日田市、 熊本市、南関町、和水町、玉東町、菊陽町、大津町
流域内人口	約21万人※1	玉名市 (71,851人) ※2 山鹿市 (57,726人) ※2 菊池市 (51,862人) ※2

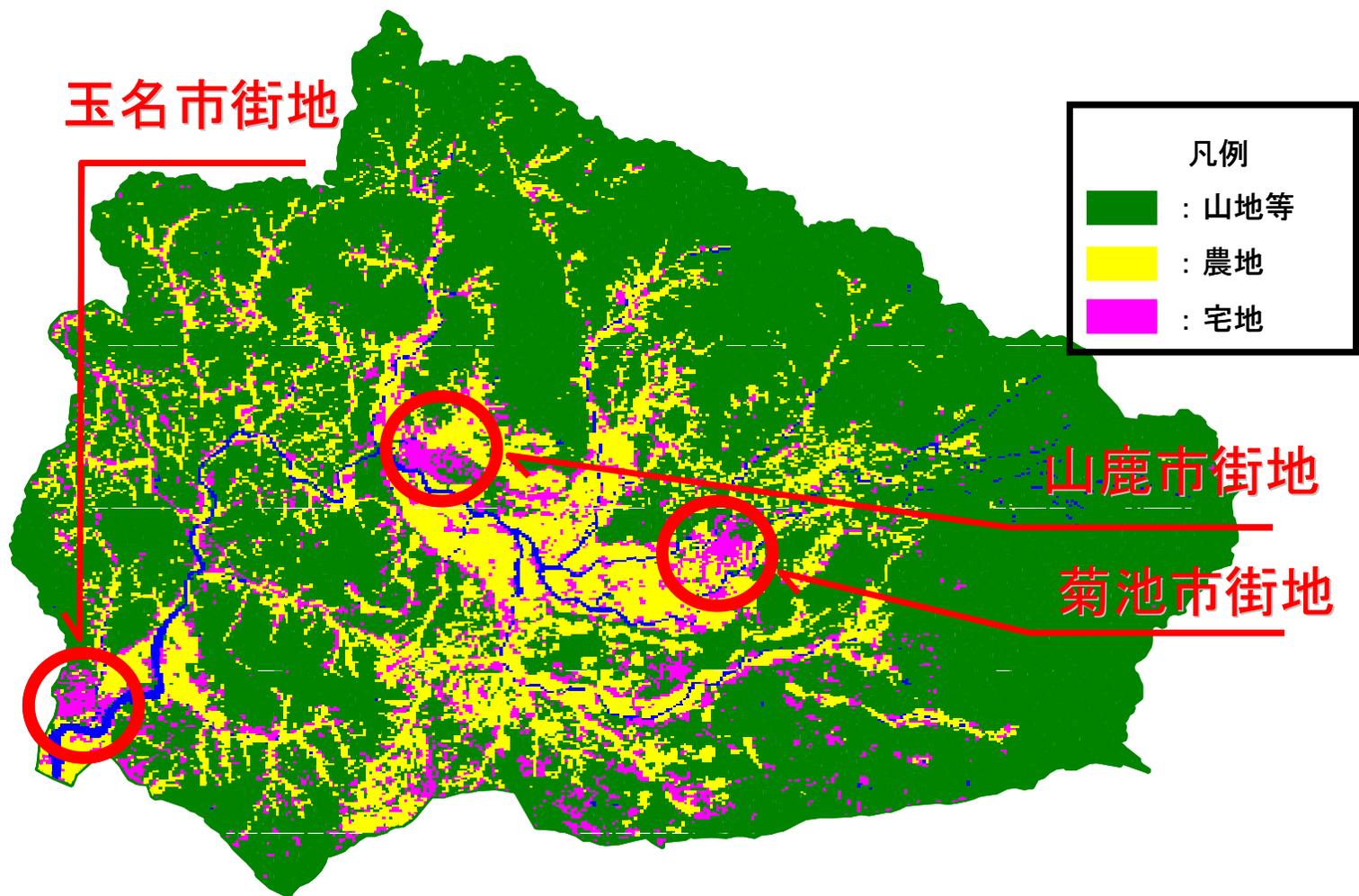


菊池川流域図

菊池川水系縦断図

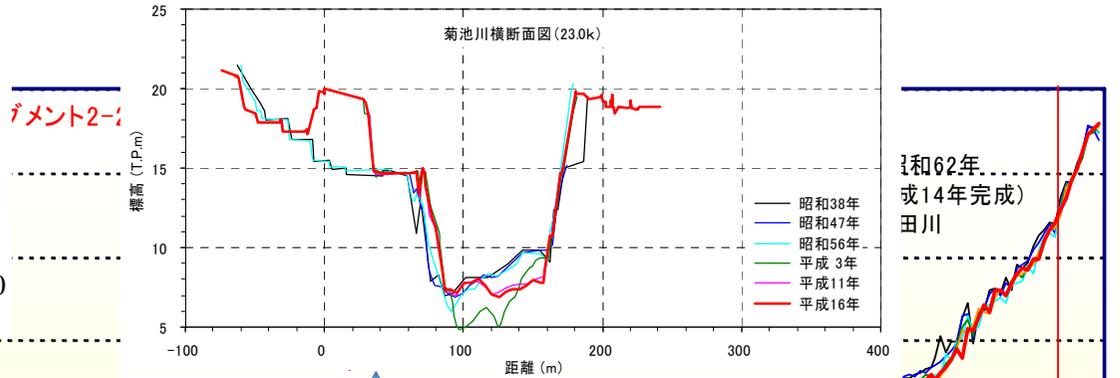
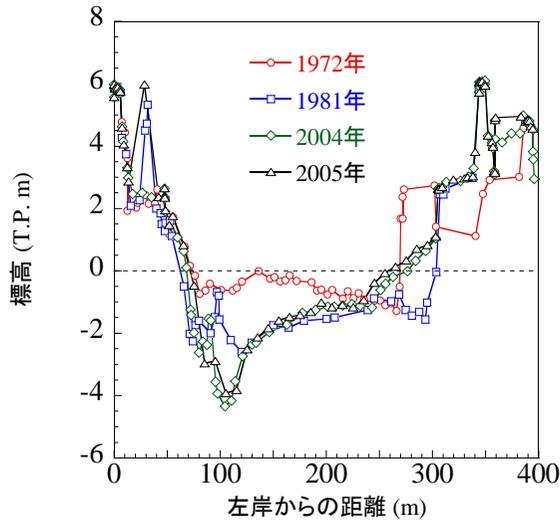


土地利用形態

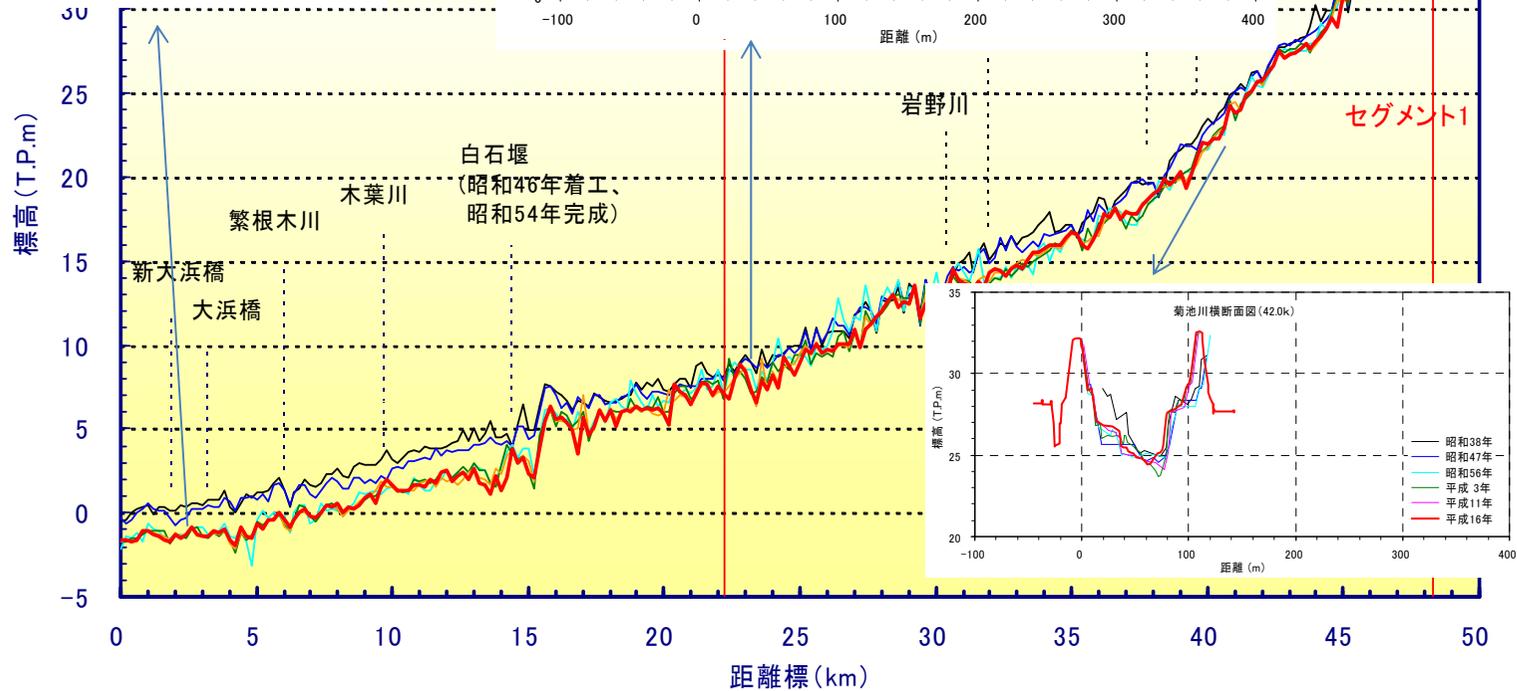


菊池川下流の縦横断図

セグメント	ブロック名	区間	平均河床勾配 (I _b)	代表粒径 (mm) (60%粒径)	河床材料区分
2-2	河口～白石堰	0.0K～14.4K	1/3050	2.7	細礫
	白石堰～和仁川流入点	14.4K～22.4K	1/1910	4.1	細礫
2-1	和仁川流入点～合志川流入点	22.4K～37.8K	1/1240	43.0	粗礫
	合志川流入点～加恵堰下流	37.8K～42.0K	1/530	43.0	
	加恵堰下流～長清堰	42.0K～48.4K	1/530	78.0	
1	長清堰上流	48.4K～49.8K	1/320	98.0	



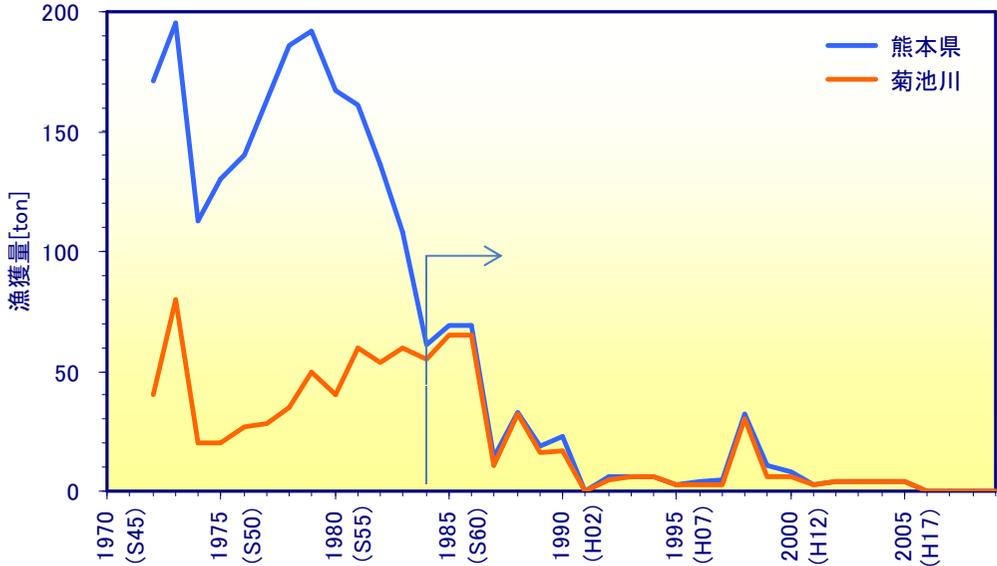
石積水制がある河口から2.4km上流地点における河床横断図の経年変化を示す。1972年から1981年にかけて河床低下が大きく進み、濬筋部で4m、平均河床で約2mの低下が見られた。



河床勾配(平均河床高の縦断分布)

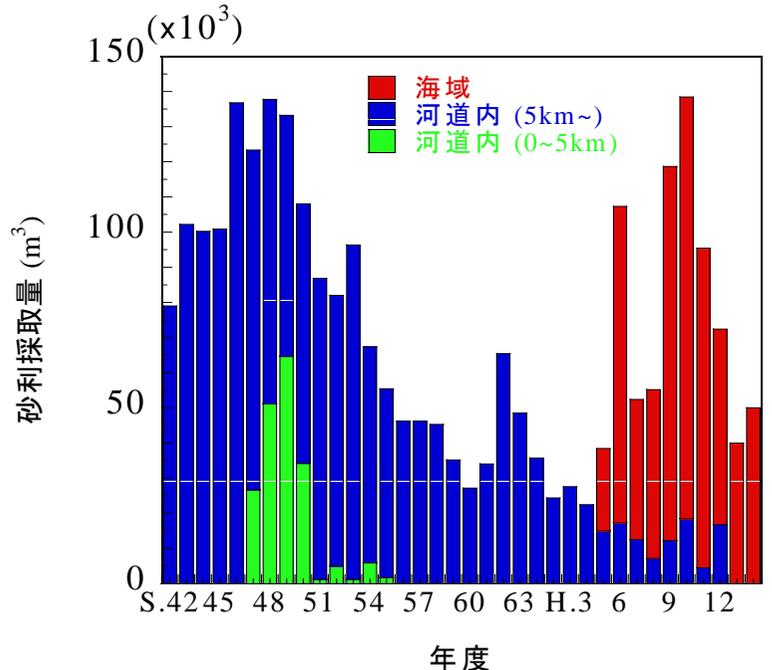
ヤマトシジミの漁獲量と砂利採取量の経年変化

- ・菊池川河口部の汽水域では、かつてヤマトシジミの漁獲が盛んであり、1986年頃までは毎年50t程度の漁獲があり、熊本県における全漁獲量の1/4程度を占めていた。
- ・1984年から菊池川以外の熊本県における漁獲量が激減し、熊本県における漁獲のほとんどを菊池川で占めるようになっていく。
- ・しかし、菊池川においても、1987年以降漁獲量が大幅に減少し、回復の兆しが見えない状況である。



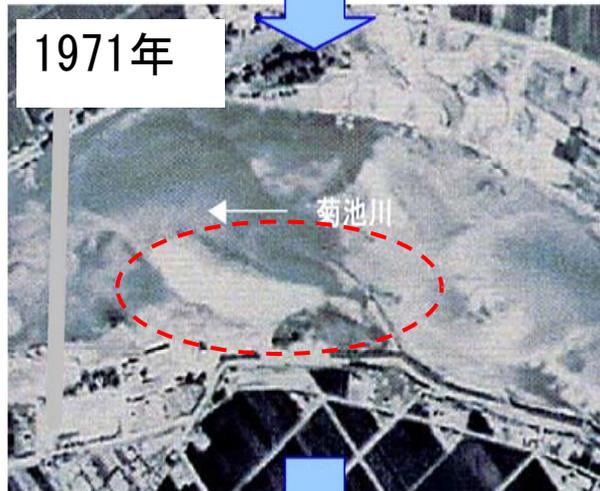
ヤマトシジミ漁獲量の経年変化

- ・河口部周辺での人為的環境インパクトとして想定される最大のもは砂利採取である。
- ・大幅な河床低下が認められる1960年代から1980年頃にかけては、統計が残る分だけでも毎年10万m³程度の砂利採取が記録されている。
- ・1980年以降は河道からの砂利採取は大幅に減少し、1993年以降は2万m³以下になり、2001年以降は河道からの砂利採取はほとんど行われていない。
- ・しかし、1993年以降は、河口沖の海域に存在する干潟からの砂利採取が記録されており、多い年には10万m³以上の採取が認められる。
- ・1960年代にも河口沖の干潟において砂利採取が行われていたと推測される記録が残っているが、採取量は不明である。



砂利採取量の経年変化

潟土堆積の経年変化



菊池川河口域の砂浜変遷

航空写真による河道の変遷 (下流域・2km付近)

国土交通省九州地方整備局



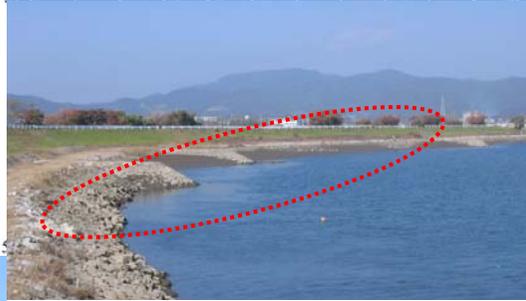
昭和40年9月

昭和59年12月

平成14年3月

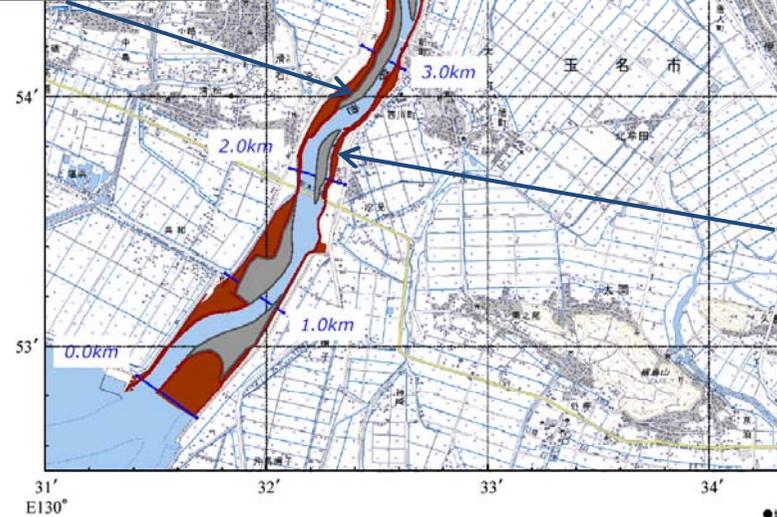
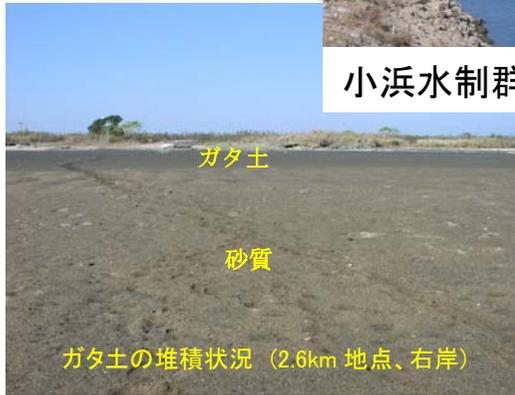
潟(ガタ)土の堆積状況

N32°
57'



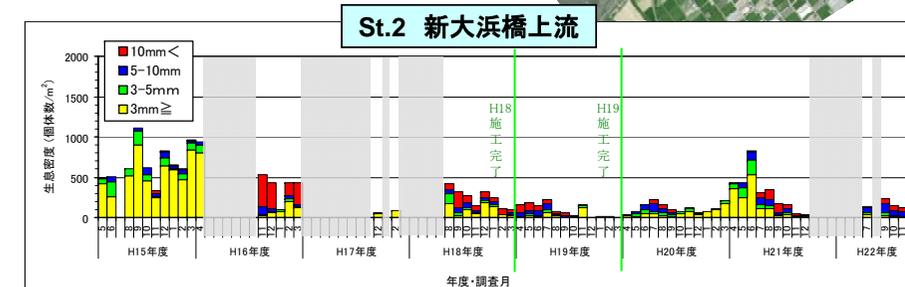
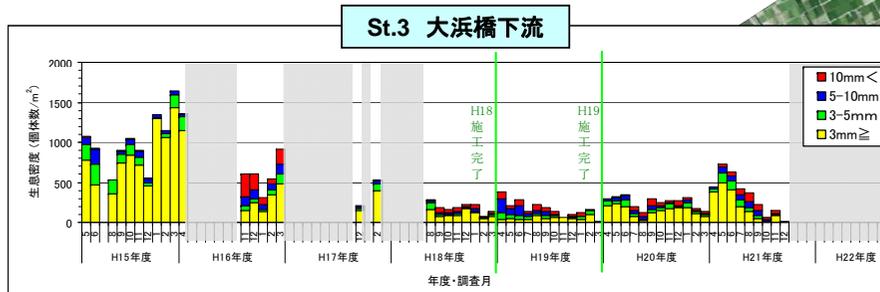
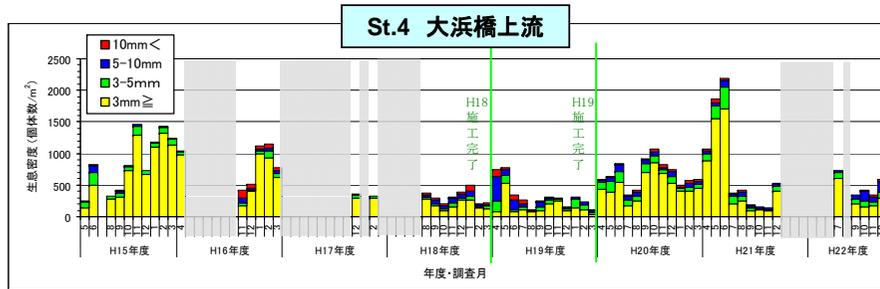
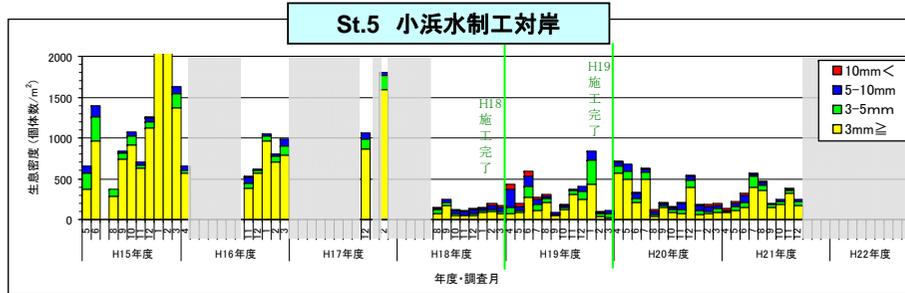
小浜水制群 河口から約4.5km右岸

大浜橋上流(左岸側) 河口から約4.5km

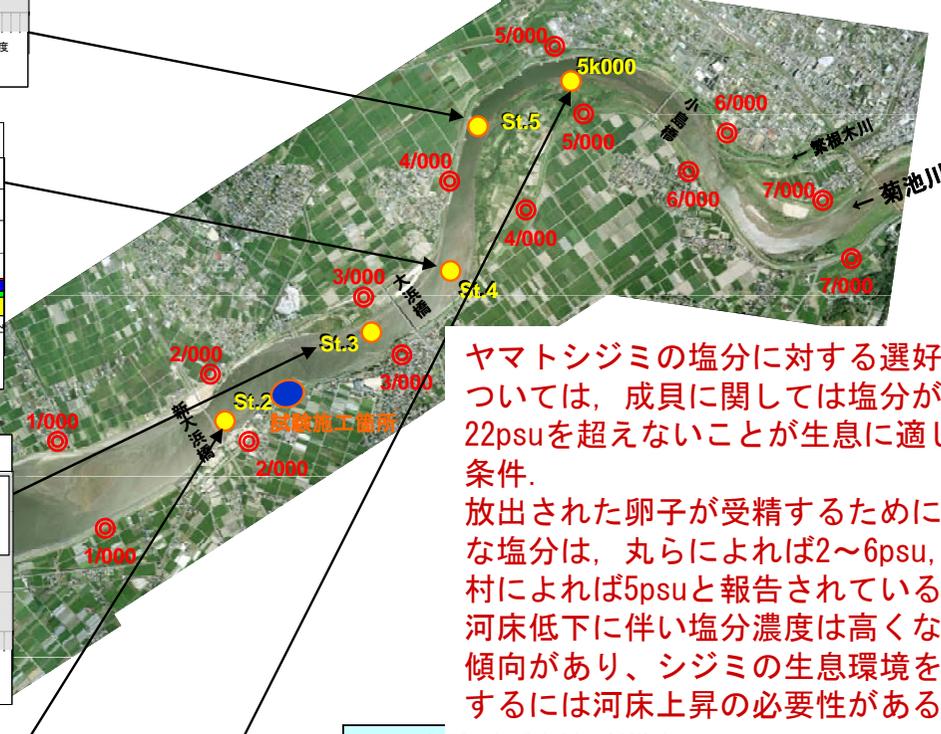


石積水制から下流に見た潟土の堆積状況

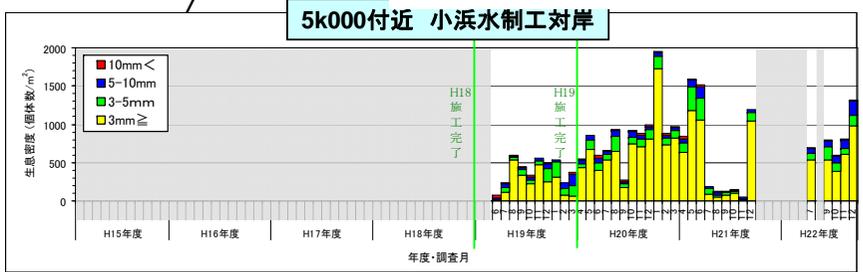
シジミ生息状況調査



- ・個体数が多いのはSt.4、5、5k付近
- ・成員が多いのはSt.2、3
- ・なお、菊池川では漁協組合員による採貝が行われているため、単純な比較は出来ない

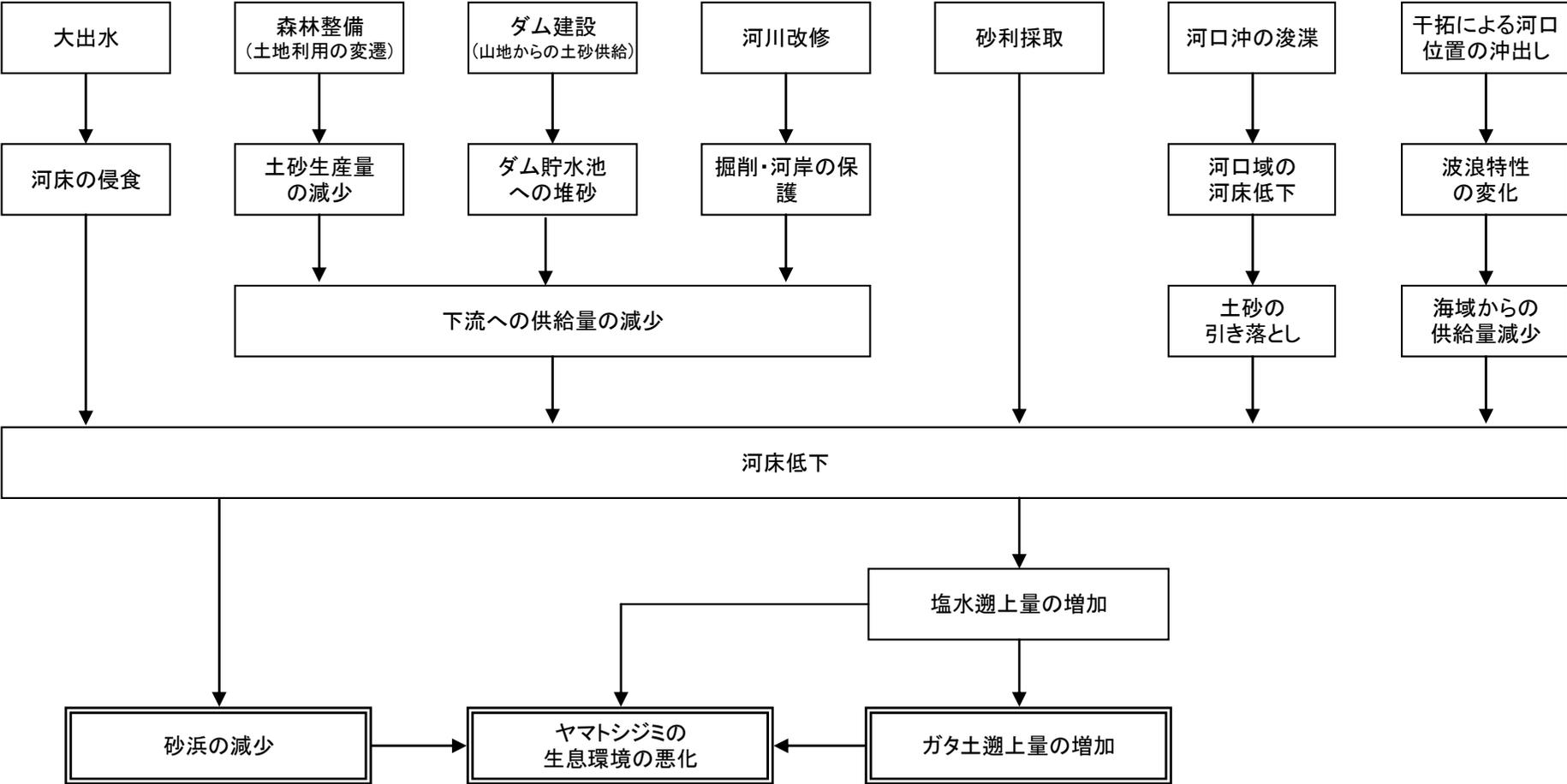


ヤマトシジミの塩分に対する選好性については、成員に関しては塩分が22psuを超えないことが生息に適した条件。
 放出された卵子が受精するために最適な塩分は、丸らによれば2~6psu, 中村によれば5psuと報告されている。
 河床低下に伴い塩分濃度は高くなった傾向があり、シジミの生息環境を維持するには河床上昇の必要性がある。



菊池川下流域における環境悪化の因果関係

(国土交通省菊池川河川事務所報告書より)



計測装置



ワークホースADCP



超音波測深器コントローラ



自動採水器



超音波測深器センサー

観測機器

- ・流れの計測

超音波ドップラー流速計(ADCP)

平成19年観測: Stream-Pro ADCP(2MHz)

層数0.15m, 20層, ブランク10cm

平成20年観測: ラジコンボート搭載型 ADCP(1.2MHz)

層数0.15m, 50層, ブランク20cm

- ・濁度の定点観測

水質チェッカー(WQC-20A)

- ・ガタ土の堆積厚

ハンディジオスライサー



Stream-Pro ADCPによる観測状況



ADCP搭載型ラジコンボートによる観測状況

濁土堆積厚さの流下方向変化



写真-5 菊池川の航空写真（約6kmまで）

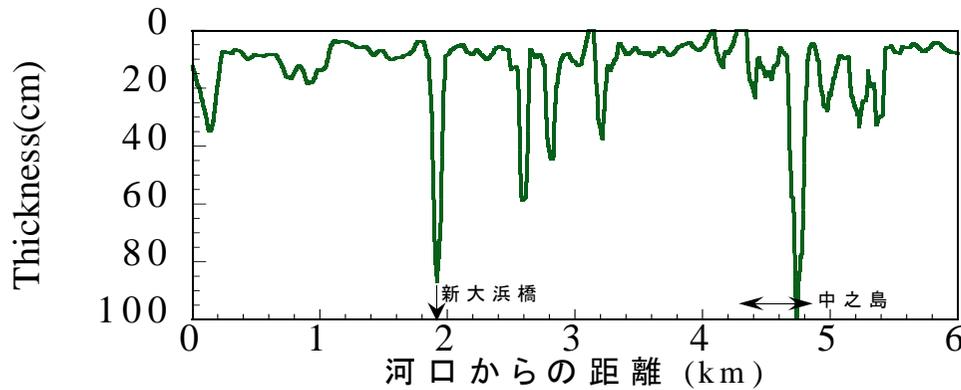


図-6 菊池川河口域の濁土堆積厚（左岸）

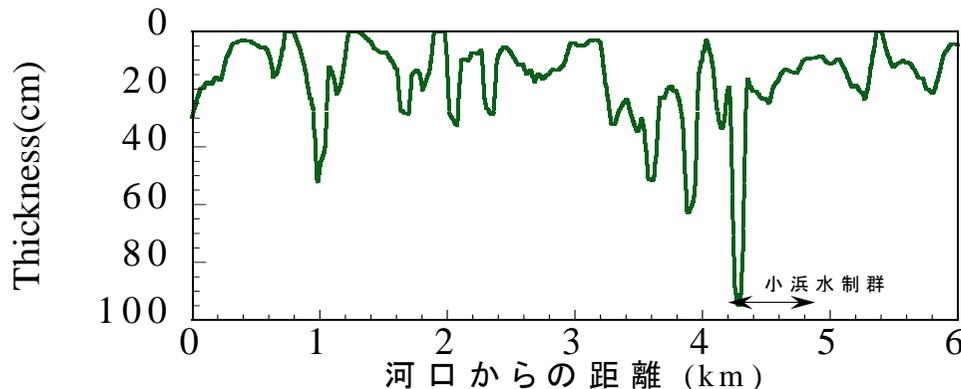


図-7 菊池川河口域の濁土堆積厚（右岸）

- ・菊池川河口域における広域的なガタ土の堆積状況の調査は、2005年12月18日と2006年1月4日の満潮時に実施した。ガタ土堆積厚さは河口0kmから約6km上流までの区間において顕著である。
- ・周波数38KHzと200KHzを有する超音波測深器は、底質層の透過および反射特性を利用して河床高さと同時にガタ土厚さも計測可能である7)。
- ・左岸における濁土堆積厚さの流下方向変化を図6に示す。左岸部においては河口付近で約20～40cmの堆積が見られる。次に2km手前、約5km付近で大きい値を示していることが分かる。2km地点は、河道幅が急縮するところで上げ潮時には加速流となり、かなりの土砂が遡上してくる。5km地点は写真-5からも分かるように川が大きく湾曲している箇所である。このため、流軸の曲がりにより生じた遠心力2次流が濁土を左岸側に堆積させたものと考えられる。
- ・右岸近傍においては、河口より約1km上流においてガタ土堆積厚さが約55cmの値を取ることが分かる。この箇所は、固定砂州が形成している所であり、滞筋が左岸側に大きく湾曲していることから、流軸の曲がりにより生じた遠心力2次流がガタ土を右岸側に堆積させたことが読み取れる。
- ・また3.2km～4.5km地点右岸も相対的にガタ土堆積がみこまれる。これも流軸の曲がりにより堆積厚が大きい。4km過ぎには、小浜水制群がある。そのため、水制間にガタ土が堆積したものと考えられる。
- ・以上の結果からガタ土の堆積は流軸の曲がりによって発生する遠心力2次流の影響を大きく影響を受け、砂州、水制間や河道幅などの境界が大きく変化する箇所でも大きく、極大値は約100cm程度であることが認められた。なお、本結果から濁度最大域(Turbidity Maximum)に関係したガタ土堆積の傾向は捉え切れず、更に詳細な調査が必要と考えている。

潟土堆積厚さの横断方向変化

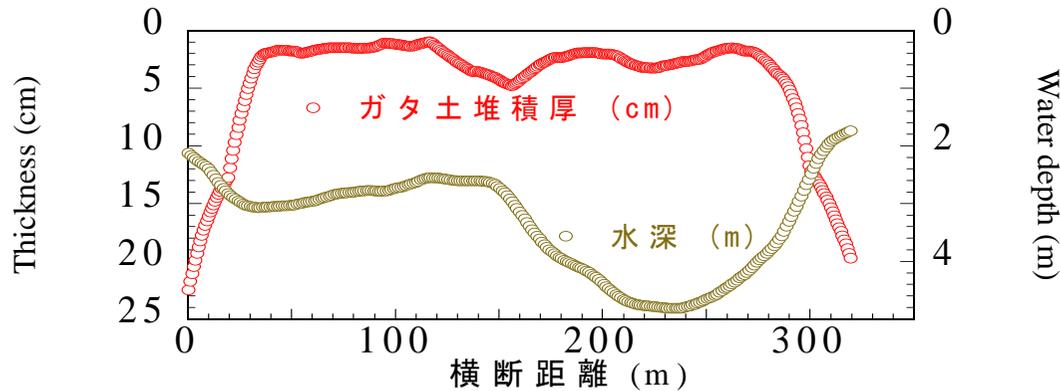


図-8 潟土堆積厚の横断方向変化(河口から1.8km)

- ・ガタ土堆積厚さの横断方向変化を図-8および図-9に示す。
- ・図中の赤丸がガタ土堆積厚であり、茶色の丸が超音波周波数200kHzのデータから得られた河床高である。
- ・河口より1.8km上流についてはガタ土厚さの流下方向から両岸でガタ土が堆積している場所である。図-8に示されているとおりこの横断方向には両岸で約25cm程度 of ガタ土が堆積しており、河道中央部には顕著なガタ土堆積は見られない。

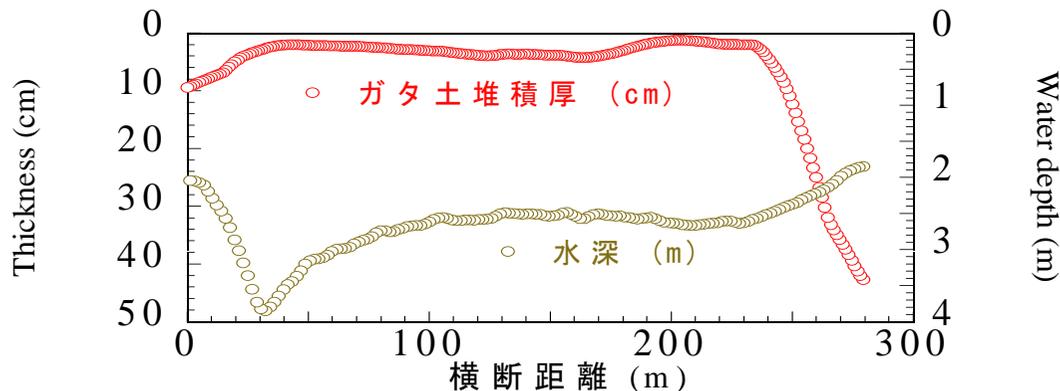


図-9 潟土堆積厚の横断方向変化(河口から2.6km)

- ・河口より2.6km上流においては左岸側に比べて右岸側でガタ土の堆積が大きい。この場所は、図-1からも明らかな様に河道が湾曲し、右岸には遠心力二次流によって固定砂洲が発生している場所でもあり、
- ・内岸側にはガタ土が堆積しやすいことが認められる。また、河道中央部ではほとんどガタ土の堆積は見られず、流速の遅い河岸付近、特に右岸側に堆積しやすい傾向のあることが分かった。

水質の時系列変化

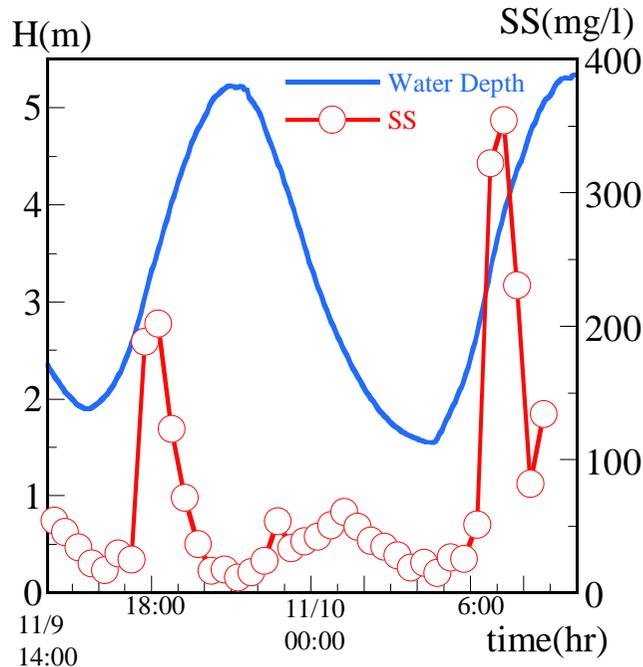


図-9 浮遊物質濃度の経時変化

- 2003年11月9日・10日の大潮時における定点観測によって得られた、浮遊物質濃度の経時変化を示す。自動採水器の吸水部および水位センサの設置位置は、測線L-4近傍の右岸側滞筋部に当たり、河床から約50 cmの高さである。
- 浮遊物質濃度は、上げ潮時において水面勾配の極大値に近い上げ潮最強流時の前後1時間において大きな値を示し、最強流時においてSSは極大値200 mg/l と350 mg/l にまで達していることが分かる。それ以外の時刻では、概ね50 mg/l である。このことから、濁土を含む浮遊物質は上げ潮最強流に載って遡上し、その濃度は下げ潮時においては相対的に低いことが認められた。

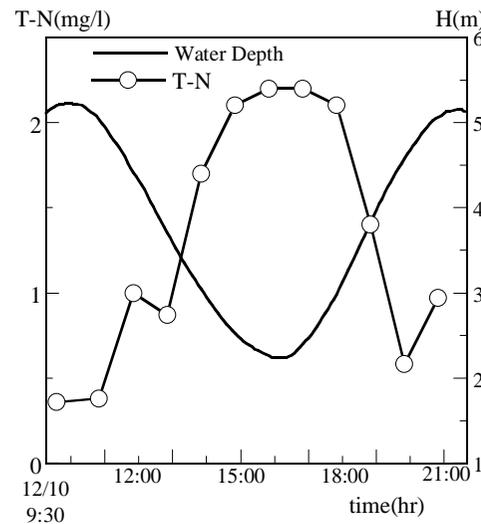


図-10 全窒素の経時変化

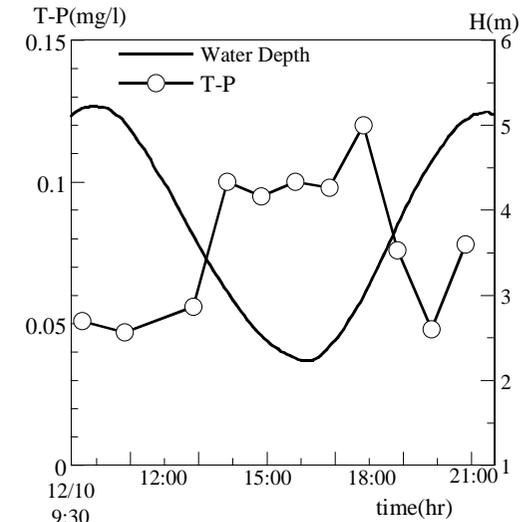


図-11 全リンの経時変化

- 2003年12月10日の定点計測より得られた全窒素、全リンおよび水位の時系列変化を示す。
- 全窒素は、水位の減少に伴って濃度が上昇傾向を示し、干潮時には極大値が2.2 (mg/l)、満潮時には極小値で0.4 (mg/l) である。
- 一方、全リンについても全般的には類似の傾向が見られるが、上げ潮最強流時に極大値の0.12 (mg/l) に達している。
- 平成5年度に設定された旧環境庁による生活環境の保全に関する環境基準によれば、年間を通じて底生生物が生息できる限度（生物生息環境保全）として、全窒素1 (mg/l) 以下、全リン0.09 (mg/l) 以下とある。干満差の大きく、潮流の強い菊池川河口域であっても、干潮時には可成り富栄養化の程度が高いことが分かる。

菊池川河口域における藩政時代の石積水制が
流れおよび土砂動態に与える影響

背景

菊池川の河川感潮域においては消失した砂州も多く、この間に平均河床高は約2m低下したことから、有明海特有の強い潮流が菊池川に流入し易い環境が整い、沿岸域の微細土砂で富栄養化した底質（ガタ土）が河川感潮域の河岸に堆積していることが目視される。

このため、河口域では砂質性の河床が粘土やシルトで構成されたガタ土に覆われ、ヤマトシジミやテナガエビの漁獲量が激減するなど、生物の生育・生息環境が著しく劣化したことが懸念されている

特に河口より2.4km上流の左岸付近では、藩政時代に建設された石積水制の背後にガタ土の堆積が顕著に見られ、石積水制が土砂動態に大きく影響を及ぼしていることが予測される。



写真-1 石積水制から下流に見た潟土の堆積状況
標高(T.P.m)

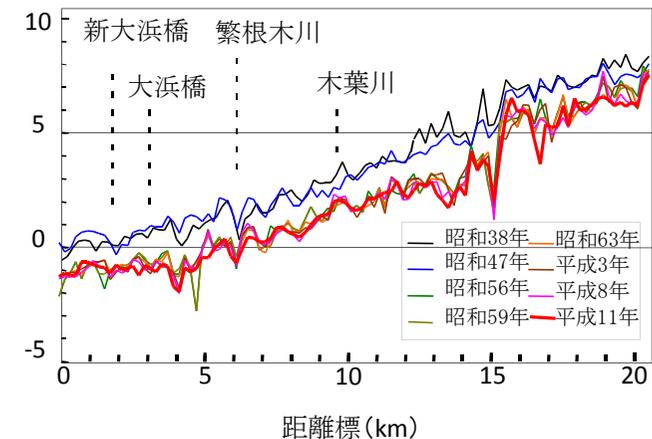


図-1 平均河床高の経年変化

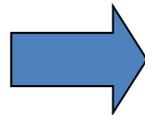
研究の目的

本研究では、藩政時代に感潮域に建設された石積水制が流れと土砂動態に与える影響について検討を行った。

研究の方法

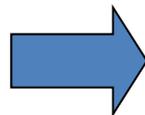
平水時における流れ場、ガタ土の堆積厚、土砂濃度の空間変動特性を把握するために現地観測を行った。

平成19年観測



河岸近傍の水際部における大潮、中潮時での上げ潮および下げ潮最強流時

平成20年観測



滯筋部を含む広域的な石積水制周辺の流れおよび土砂動態

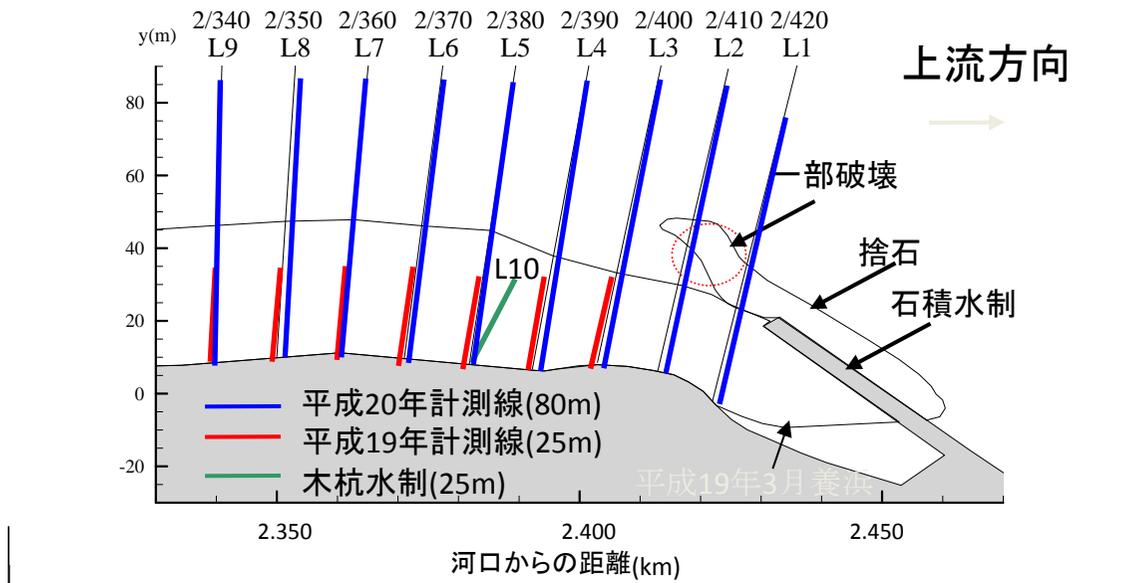
現地観測

観測対象

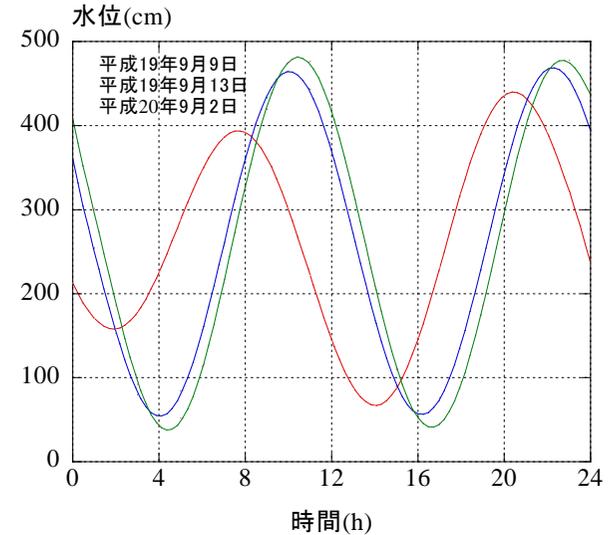
観測実施日は平成19年9月9日(中潮), 9月13日(大潮) および平成20年9月2日(中潮)で行い, 満潮前後約2時間の上げ潮及び下げ潮最強流を対象とした

観測対象地

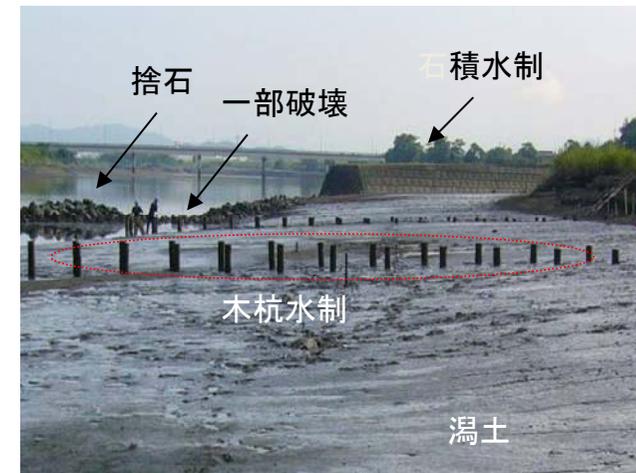
対象地は河口から2.4km付近の石積水制直下流の左岸に設定. 計測線を10m間隔で9測線と木杭水制に1測線を設定.



図一1 研究対象地

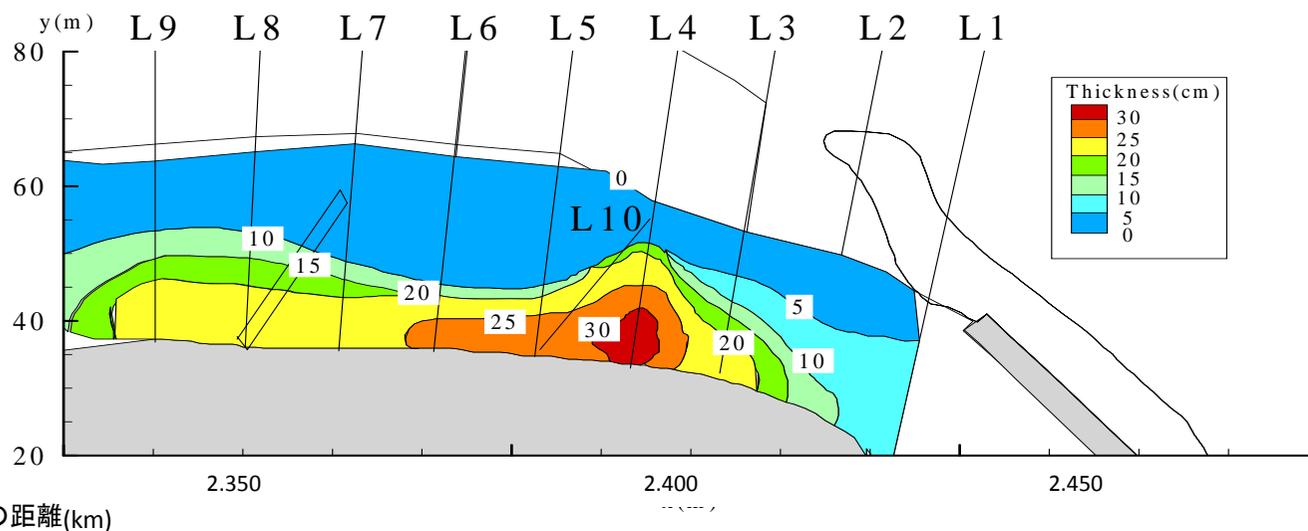


図一2 観測日の水位波形

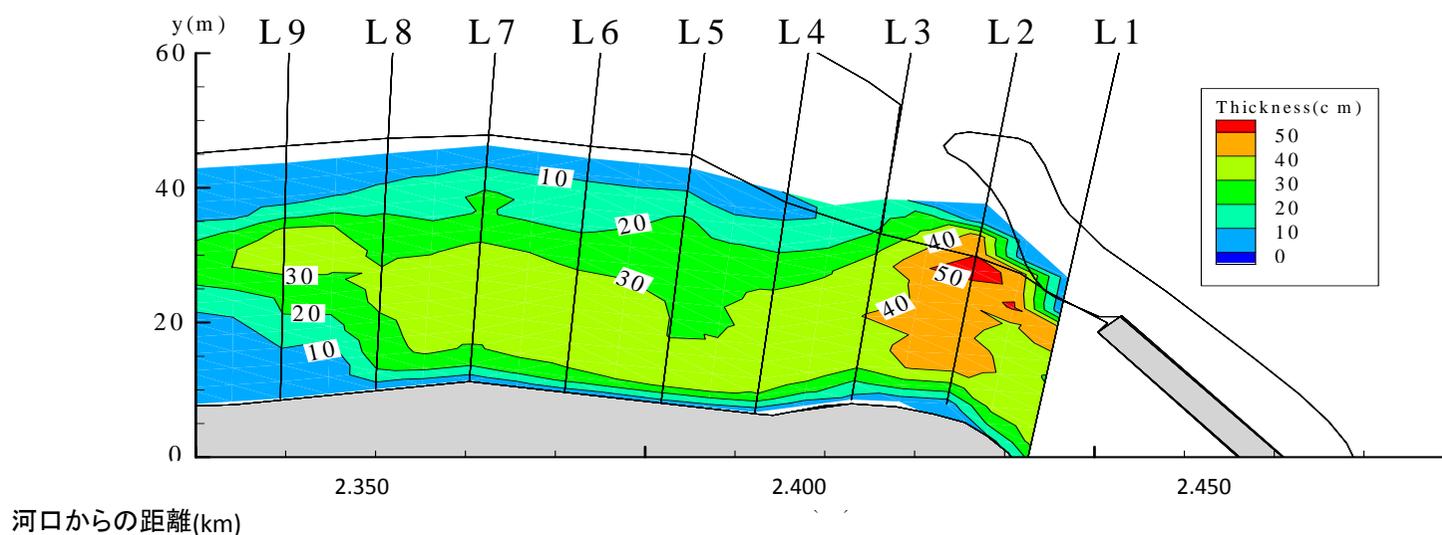


写真一1 木杭水制

ガタ土堆積厚の変化

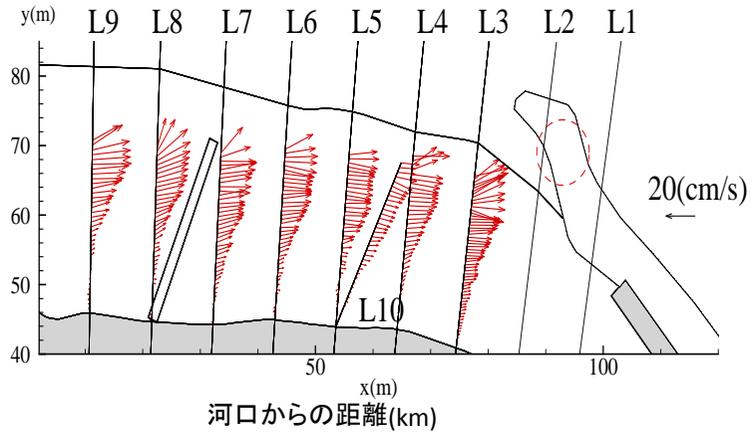


図一3 平成19年9月のガタ土の堆積厚(覆土後6ヶ月経過)

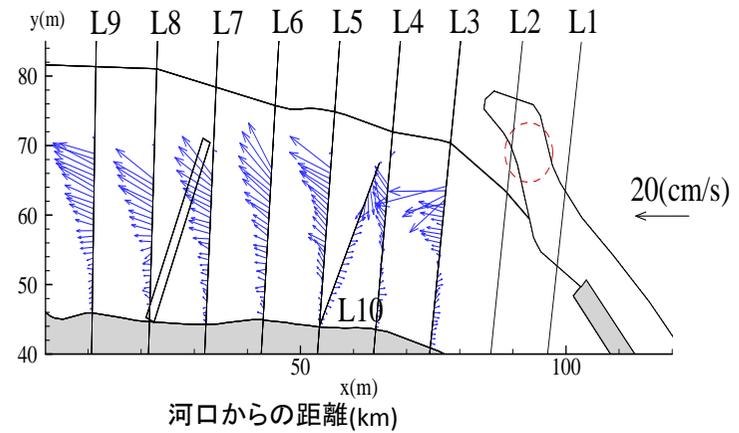


図一4 平成20年9月のガタ土の堆積厚(覆土後20ヶ月経過)

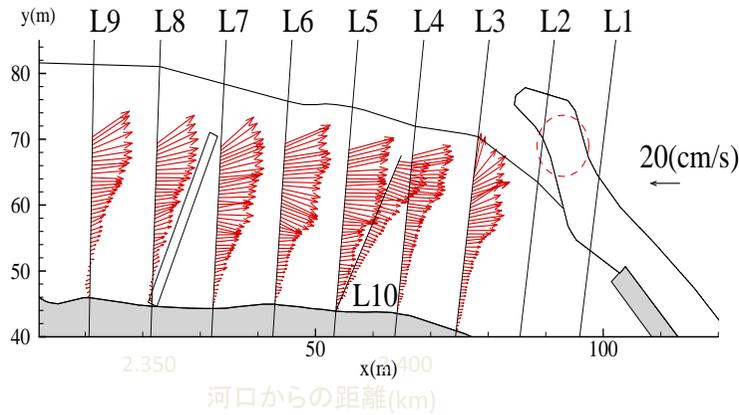
水深平均流速ベクトル(平成19年観測)



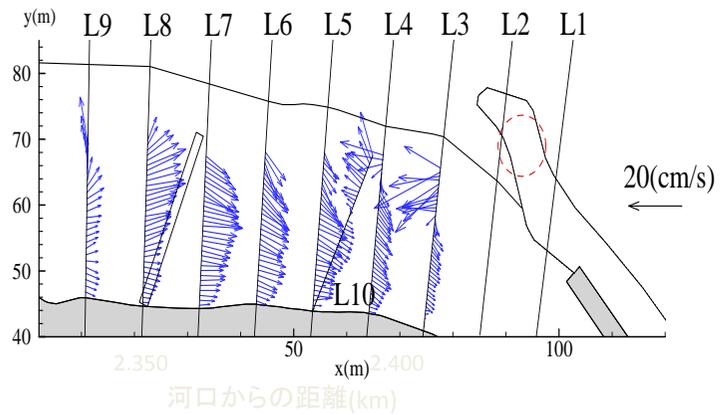
上げ潮(中潮9月9日)



下げ潮(中潮9月9日)



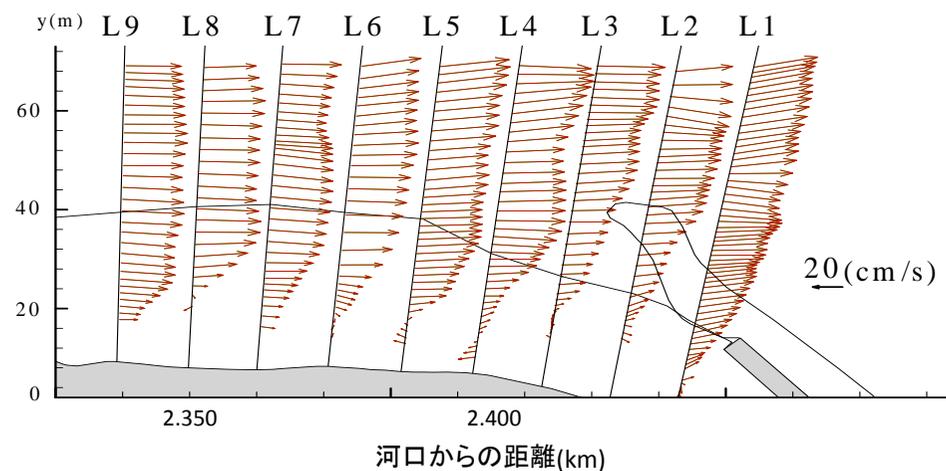
上げ潮(大潮9月13日)



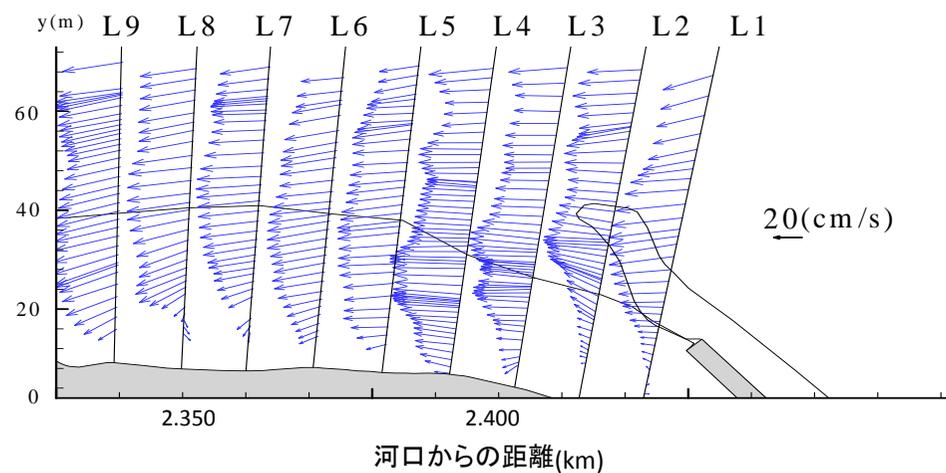
下げ潮(大潮9月13日)

図-6 各計測線における水深平均流速ベクトル(平成19年観測)

水深平均流速ベクトル(平成20年観測)



上げ潮(中潮9月2日)



下げ潮(中潮9月2日)

図一7 各計測線における水深平均流速ベクトル (平成20年観測)

土砂動態(平成19年観測)

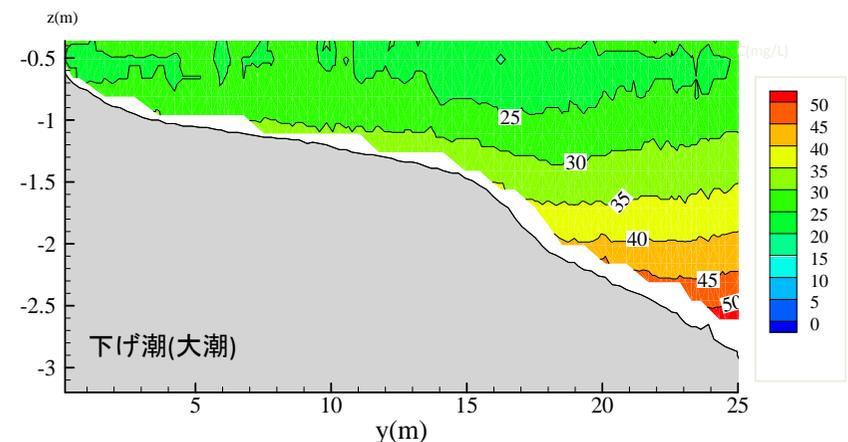
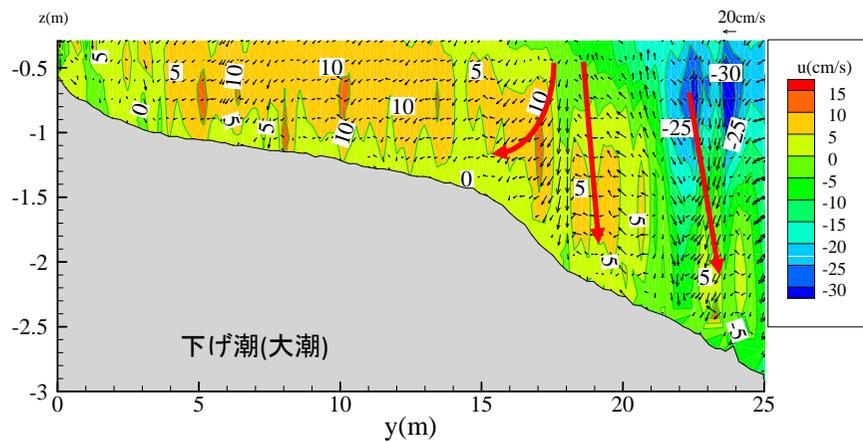
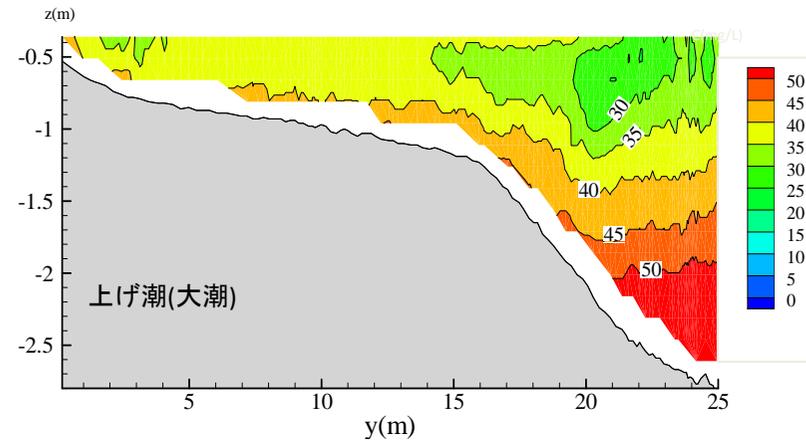
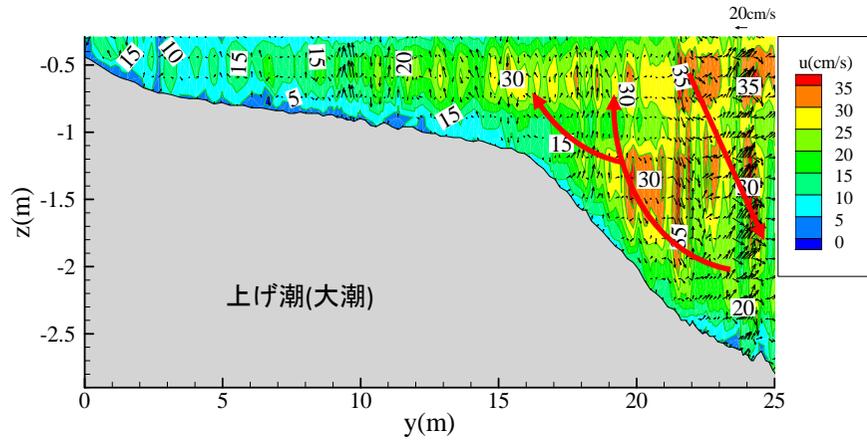
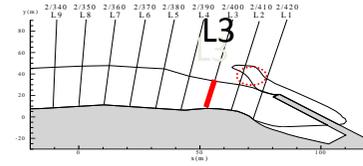
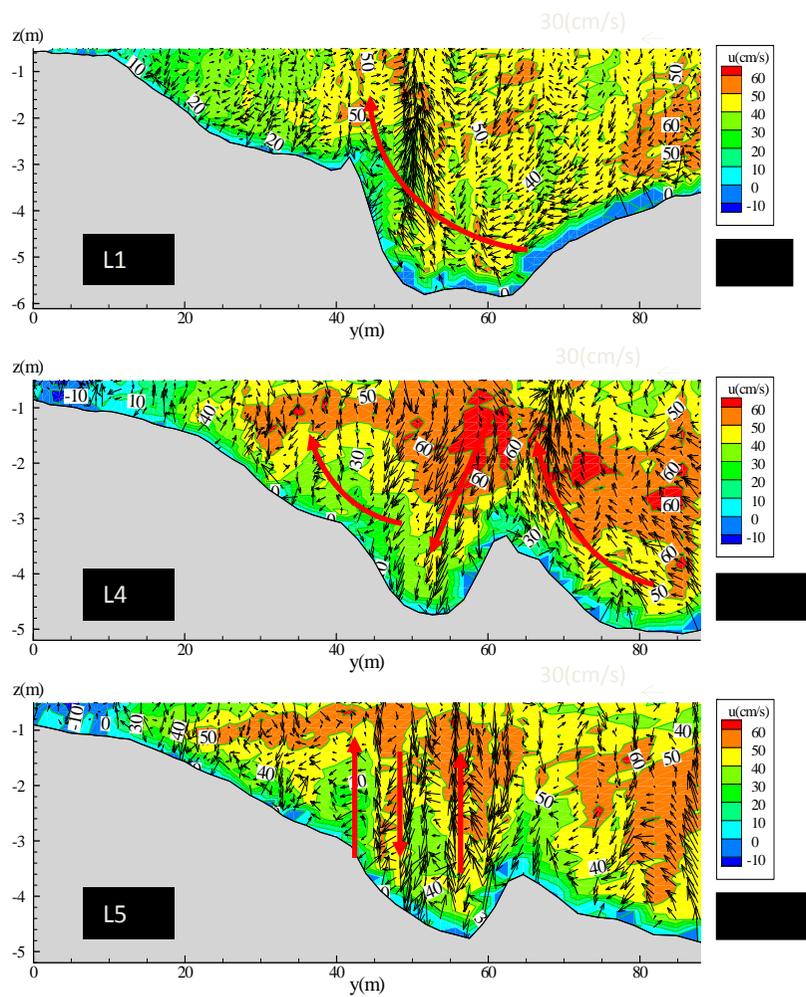
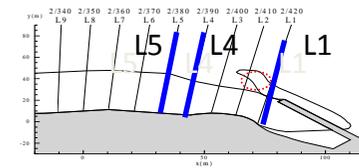


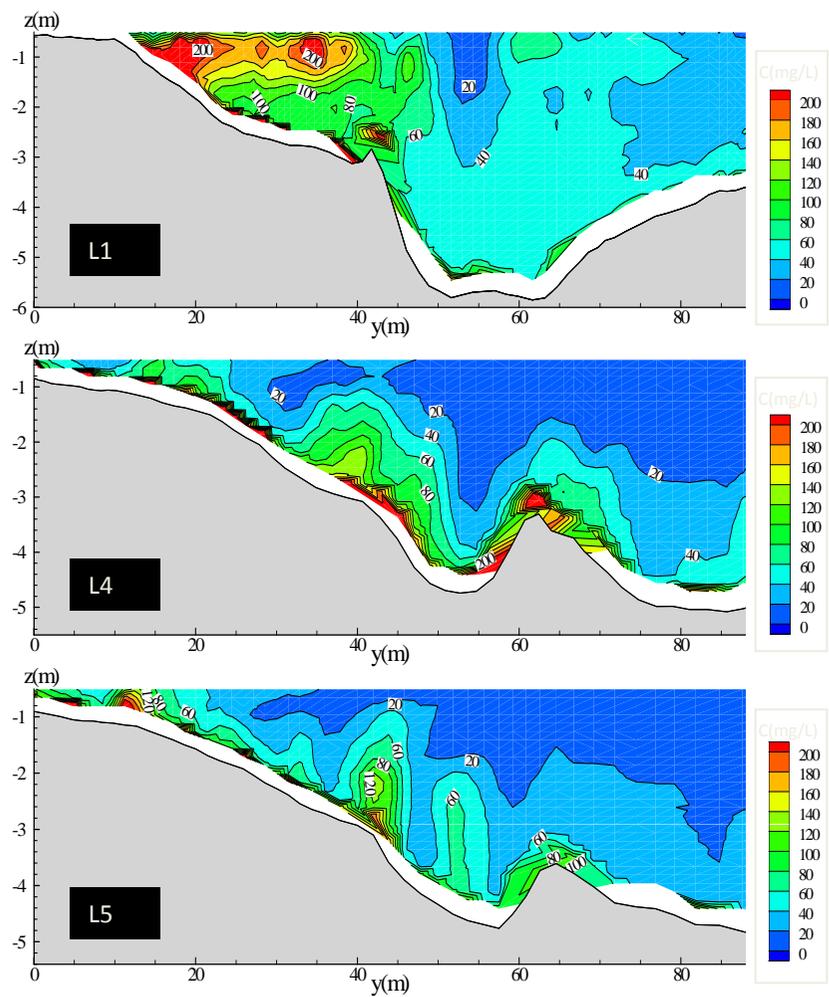
図-8 L3における横断面流速分布

図-9 L3における横断面土砂濃度分布

上げ潮の土砂動態(平成20年観測)

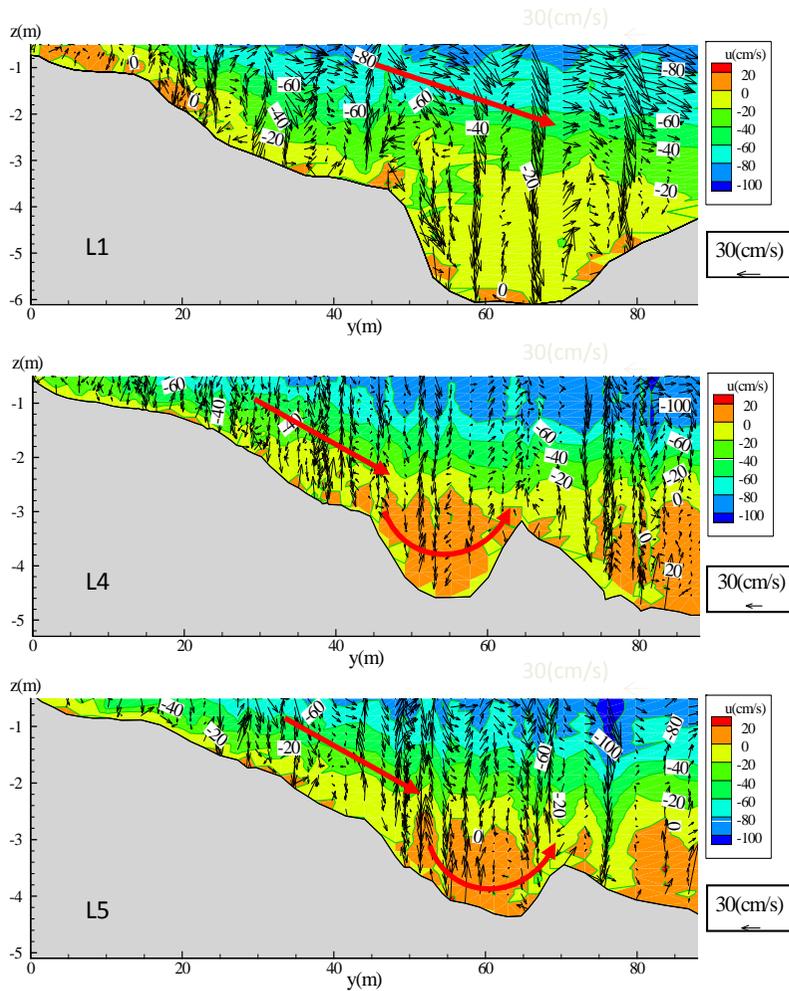
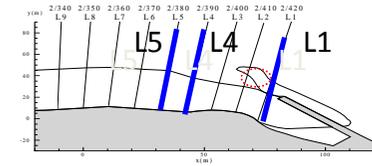


図一10 上げ潮(中潮)の各計測線における
横断面流速分布(平成20年観測)

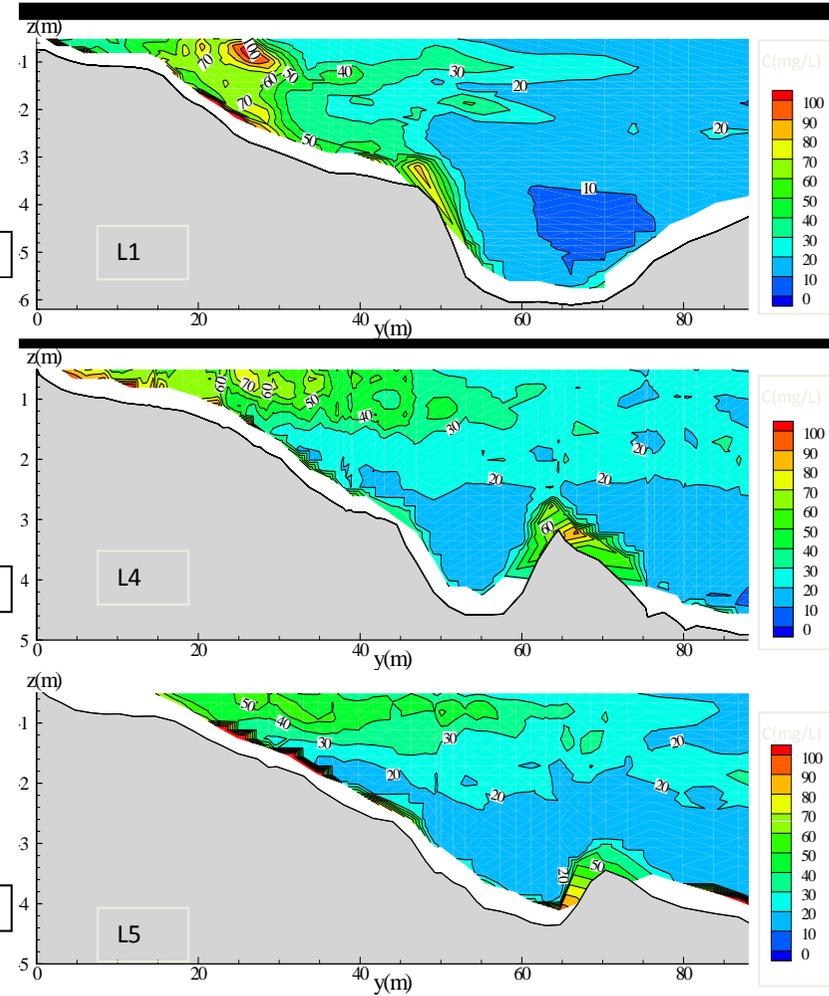


図一11 上げ潮(中潮)の各計測線における
横断面土砂濃度分布(平成20年観測)

下げ潮の土砂動態(平成20年観測)



図一12 下げ潮(中潮)の各計測線における
横断面流速分布(平成20年観測)



図一13 下げ潮の(中潮)各計測線における
横断面土砂濃度分布(平成20年観測)

横断面平均土砂輸送量

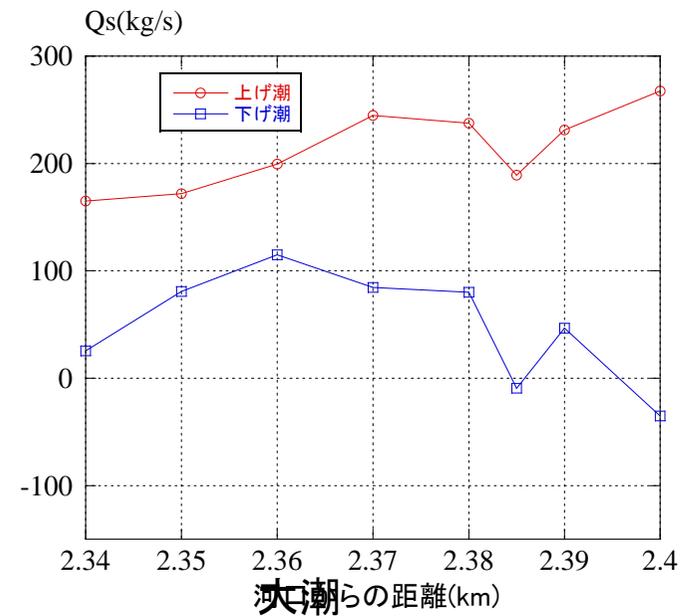
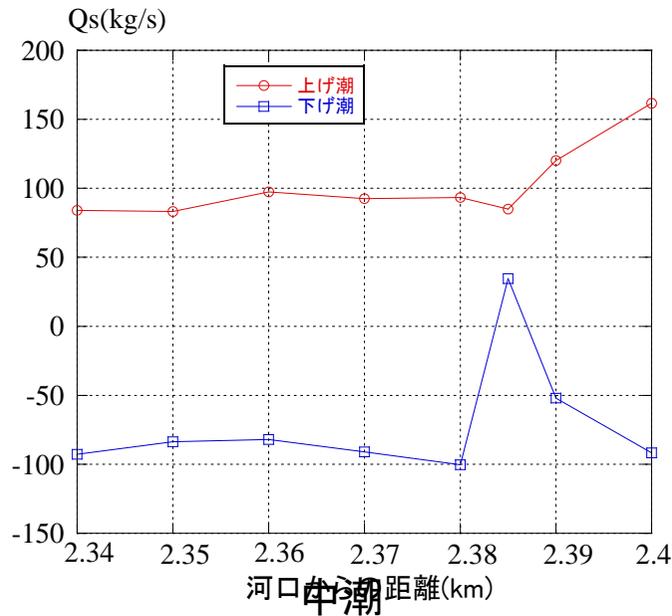


図-14 左岸～25mにおけるQ_sの推移

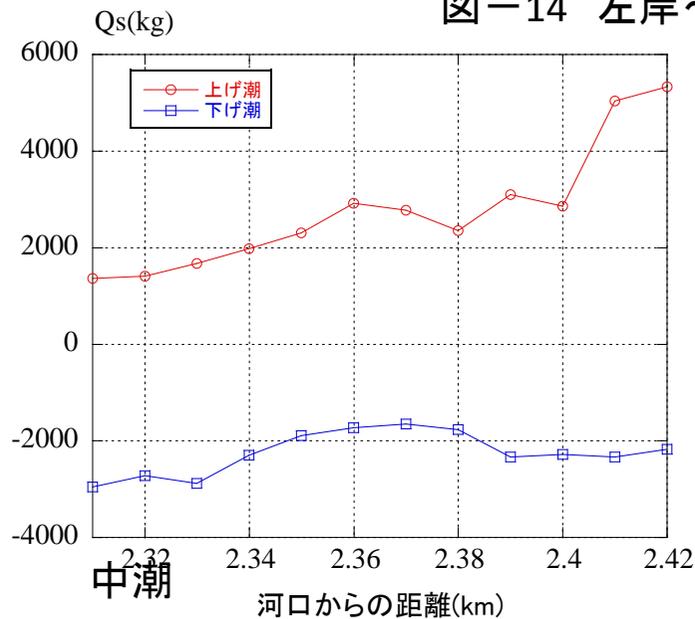


図-15 左岸～80mにおけるQ_sの推移

各側線の単位時間における横断面平均土砂輸送量Q_s(kg/s)を次式で求めた.

$$Q_s = \int \bar{u} \cdot \bar{C} dy \quad \text{----(4)}$$

\bar{u} : 水深平均した主流速

\bar{C} : 水深平均した土砂濃度

結論

本研究では、菊池川河口域の水環境において重要な要素となるガタ土の堆積状況を明らかにするために河口より1.8km～2.4km区間の湾曲部外岸に位置する左岸水際部では平成18年度に養浜事業が実施された砂質性の覆土上の流れおよび土砂動態に与える藩政時代の石積水制の影響を検討した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) 藩政時代の石積水制の下流域に当たる河口より1.8km～2.4km区間の左岸水際部において平成18年度に養浜事業が実施された砂質性の覆土上には、約6ヶ月経過後にほぼ全域に亘ってガタ土が堆積し、その大きさは水際近傍で最も大きく、流心方向に漸減する傾向を示した。
- (2) 覆土上では、上げ潮に加えて下げ潮時においても大潮時には上流向きの流れであることが明らかにされた。
- (3) 藩政時代の石積水制は、出水時には流速低減および水はね効果により土砂流出防止効果があると同時に、平水時の潮流に対しては下げ潮時に水際部で上流向きの流れとなる安定した水平循環流を形成させ、ガタ土の堆積を促進する機能も有することが明らかにされた。