

平成20年度 筑後川下流土砂動態調査

～調査結果について～

平成21年1月14日
筑後川河川事務所

目 次

○調査概要	1
○洪水及び平常時における河川縦断水位の連続調査	7
○洪水前後における河床堆積構造調査	13
○水理解析モデルを用いた土砂移動の推定について	61
○今後の調査予定	65

筑後大堰下流の土砂（砂） の堆積状況の把握

～ 調査概要 ～

主な調査項目

目的：流域内の主に砂の流下量、堆積実態を把握

《筑後大堰下流の洪水時及び平常時の水面形把握のため》

A. 洪水時及び平常時における河川縦断水位の連続調査【水位計】

《筑後大堰下流の土砂（砂）の堆積状況把握のため》

B. 洪水前後における河床堆積構造調査【柱状コアサンプリング】

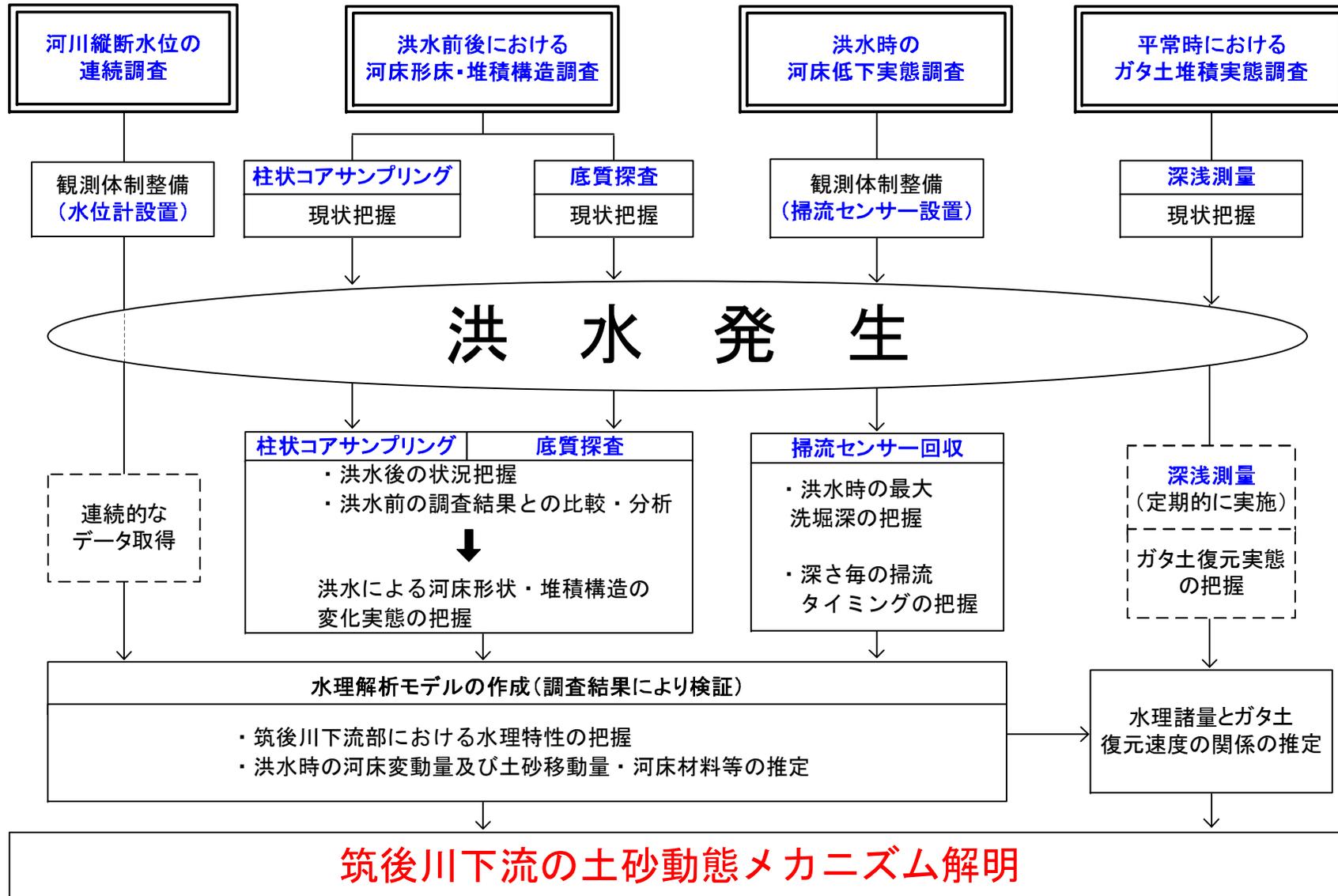
C. 洪水前後における河床堆積構造調査【底質探査】

《筑後大堰下流での土砂動態メカニズム把握のため》

D. 洪水時における河床低下実態調査【土砂掃流センサー】

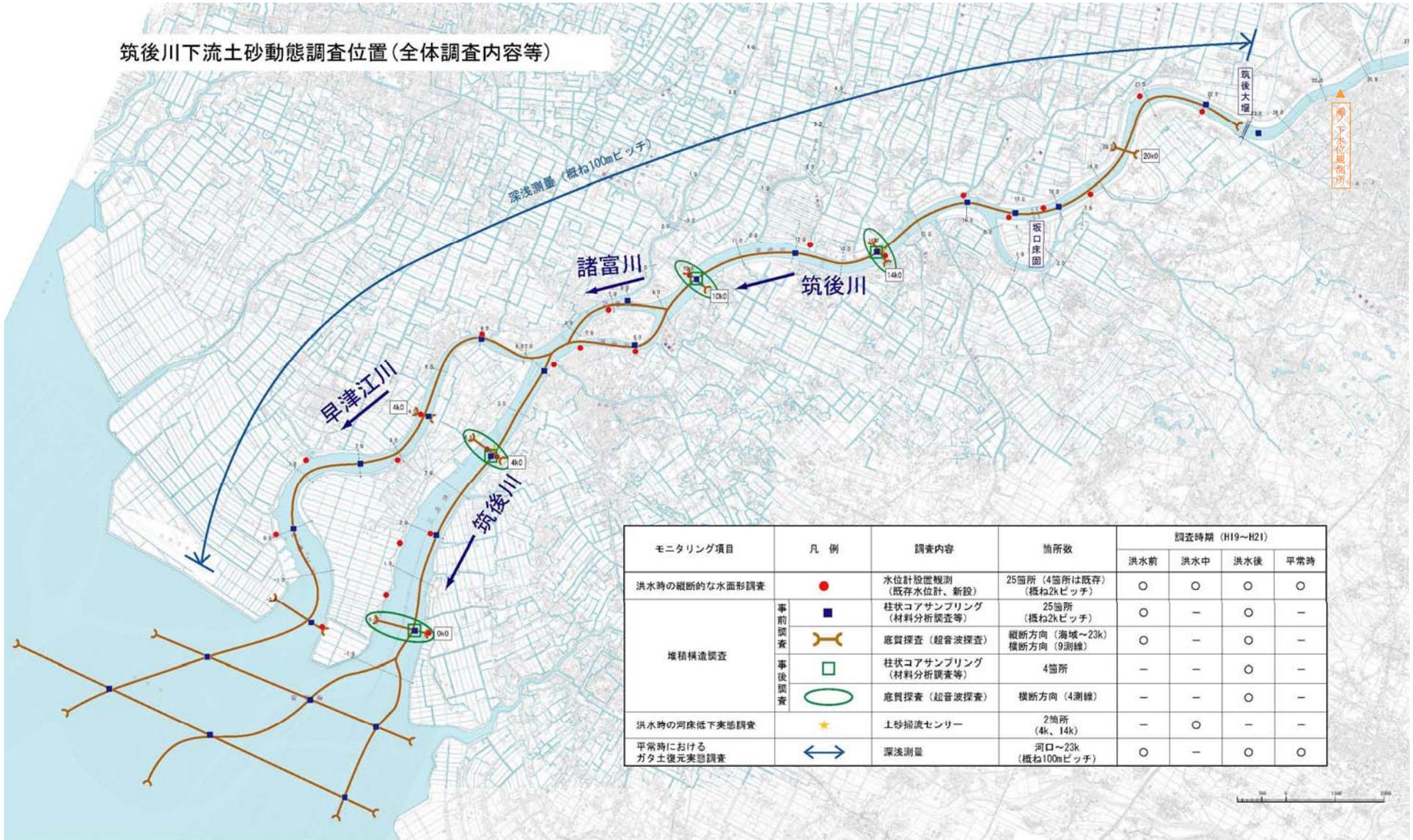
E. 平常時におけるガタ土の復元調査【深浅測量】

調査フロー



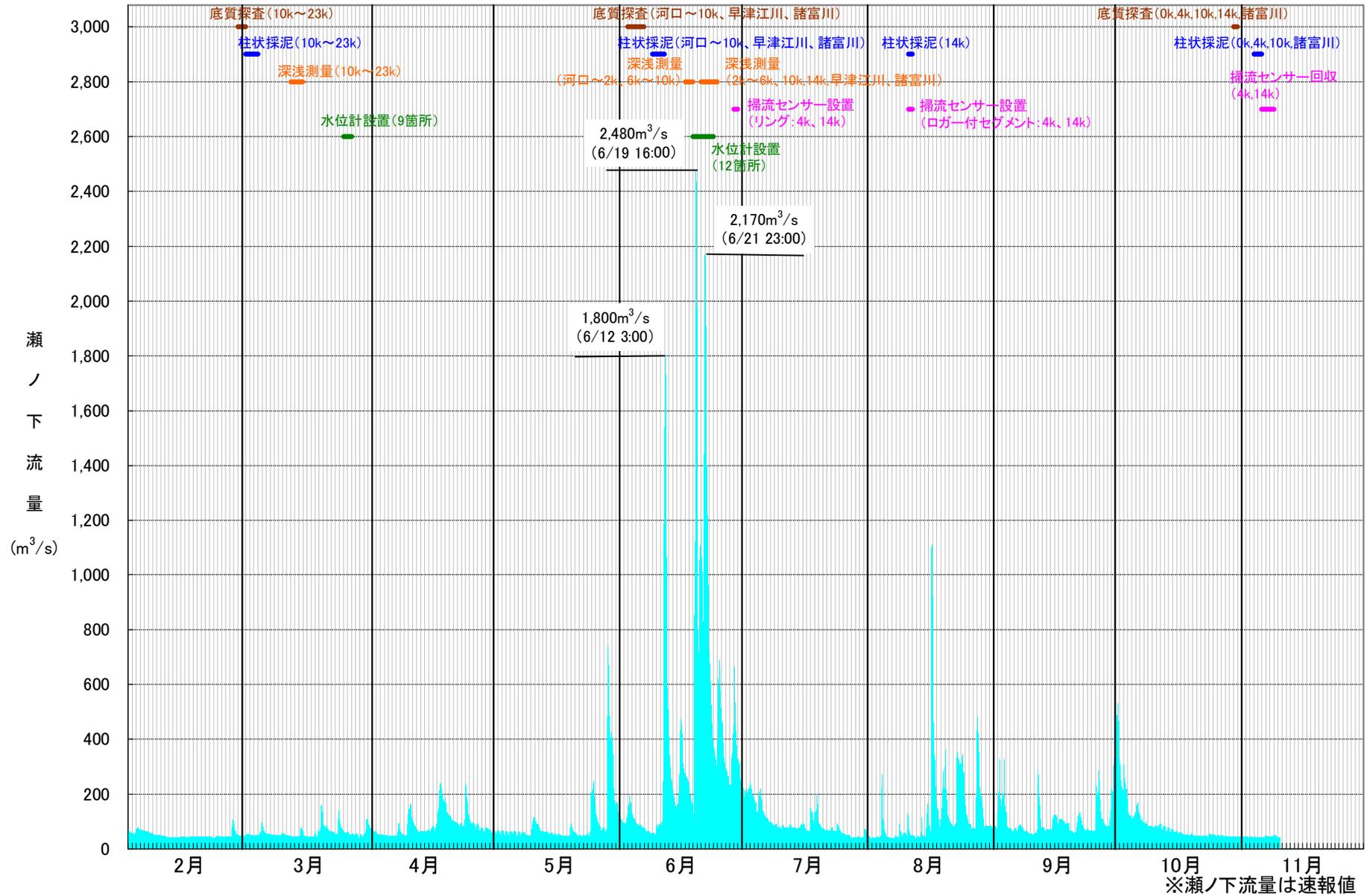
全体調査内容及び調査位置

筑後川下流土砂動態調査位置(全体調査内容等)



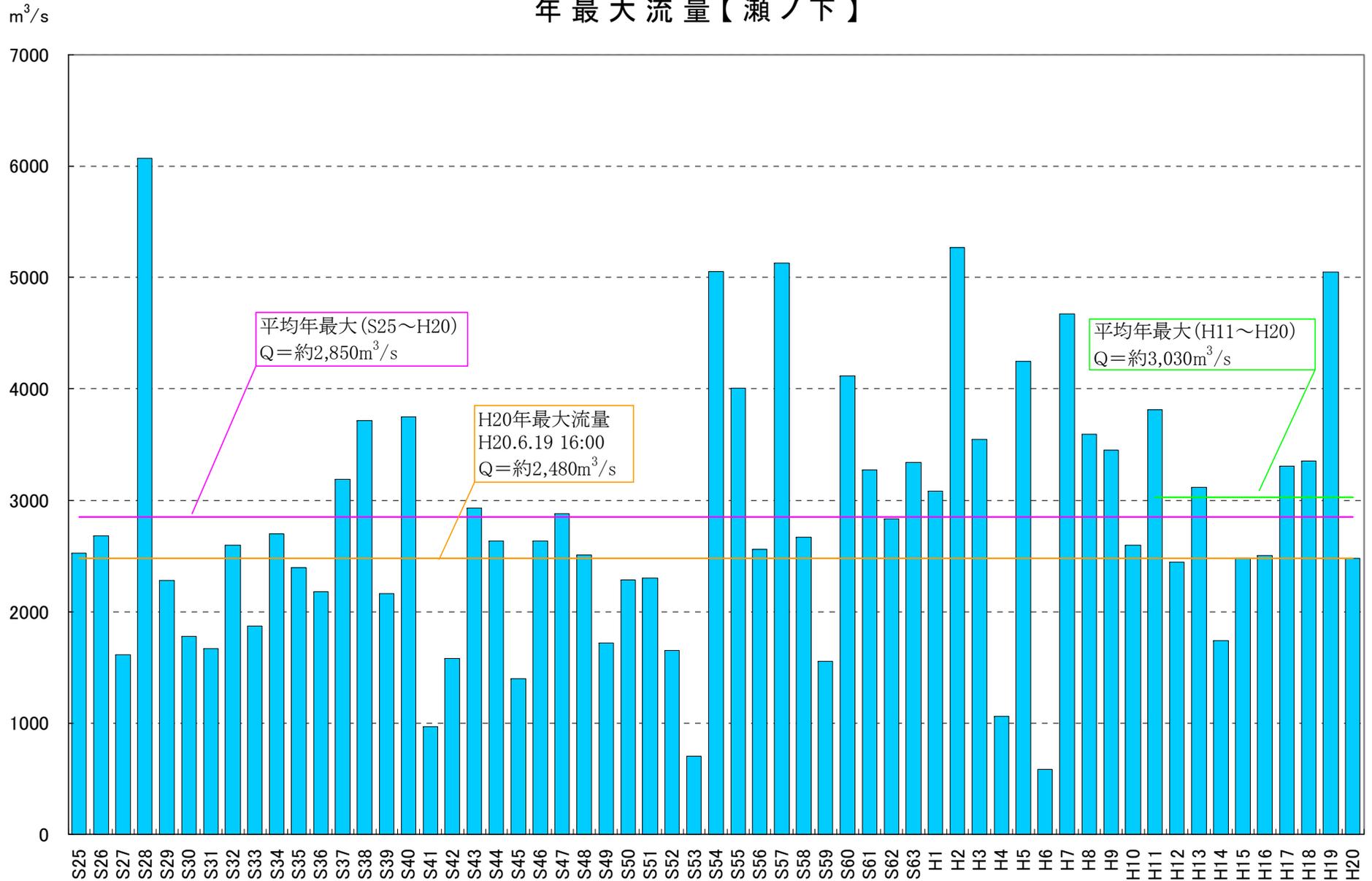
調査時期

2008年：瀬ノ下流量ハイドログラフと調査時期



瀬ノ下年最大流量

年最大流量【瀬ノ下】

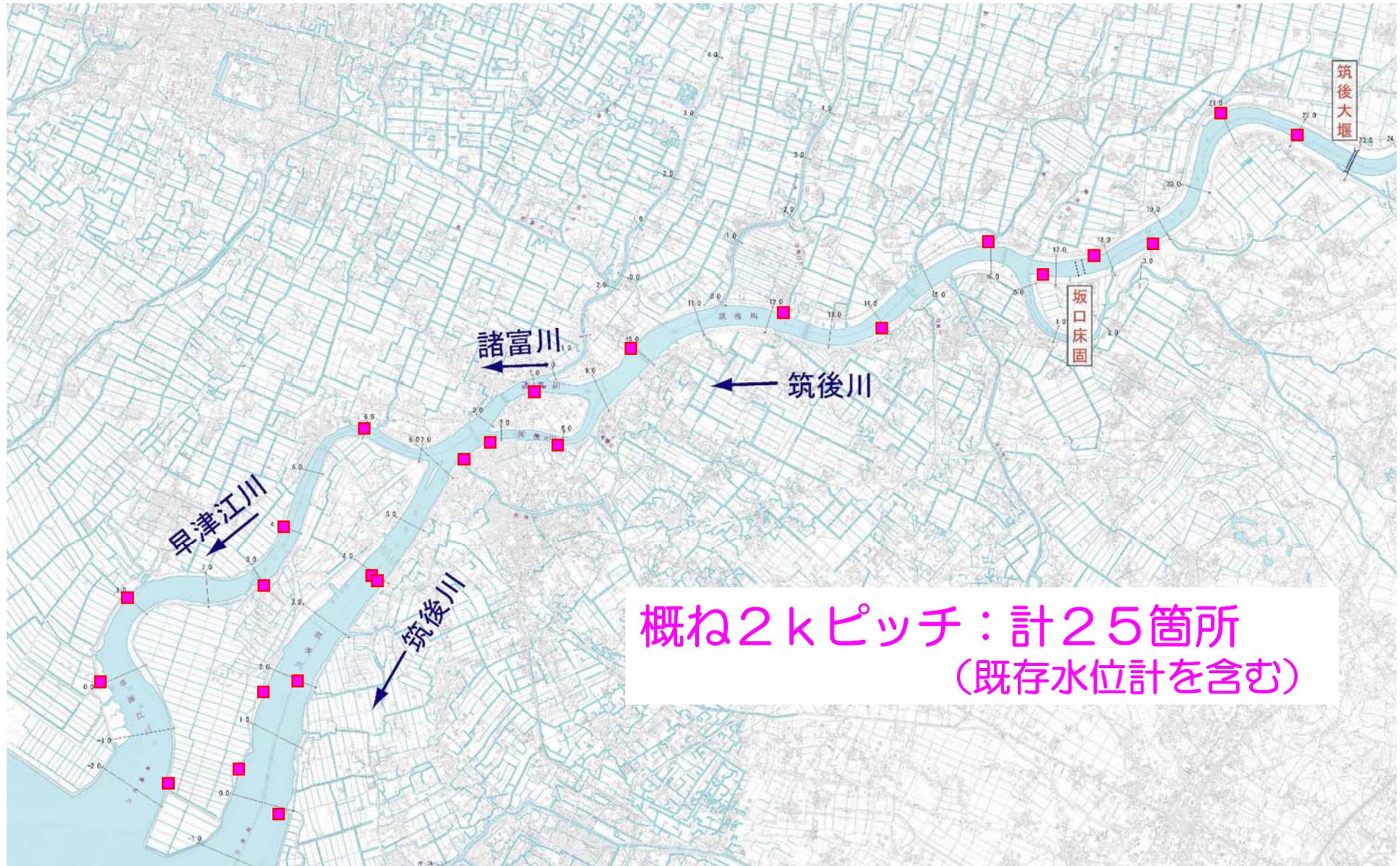


筑後大堰下流の土砂（砂） の堆積状況の把握

洪水時及び平常時における
河川縦断水位の連続調査

A. 水位計の設置

A：水位計設置箇所位置図



A：河川縦断水位連続調査結果の概要

【水位計の設置】

- 水位計の設置は全て完了
- $\Delta t = 5$ 分の縦断方向に連続的なデータを取得
- 洪水時・平常時、干潮時・満潮時の水位縦断分布を把握



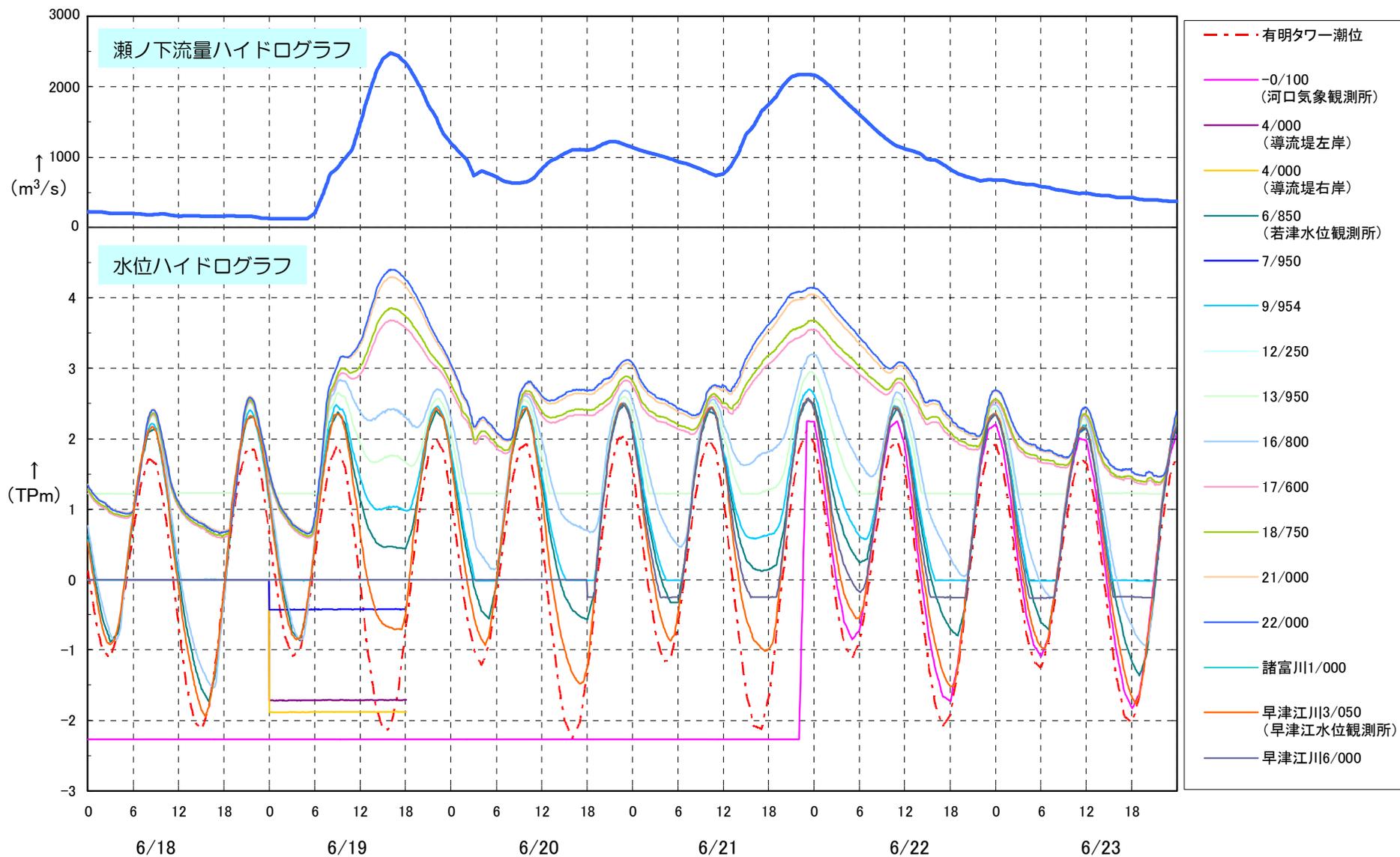
絶対圧式水位計(ロガー・バッテリー内蔵)

【今後の予定】

- 水位ハイドロを再現できる水理解析モデルの作成

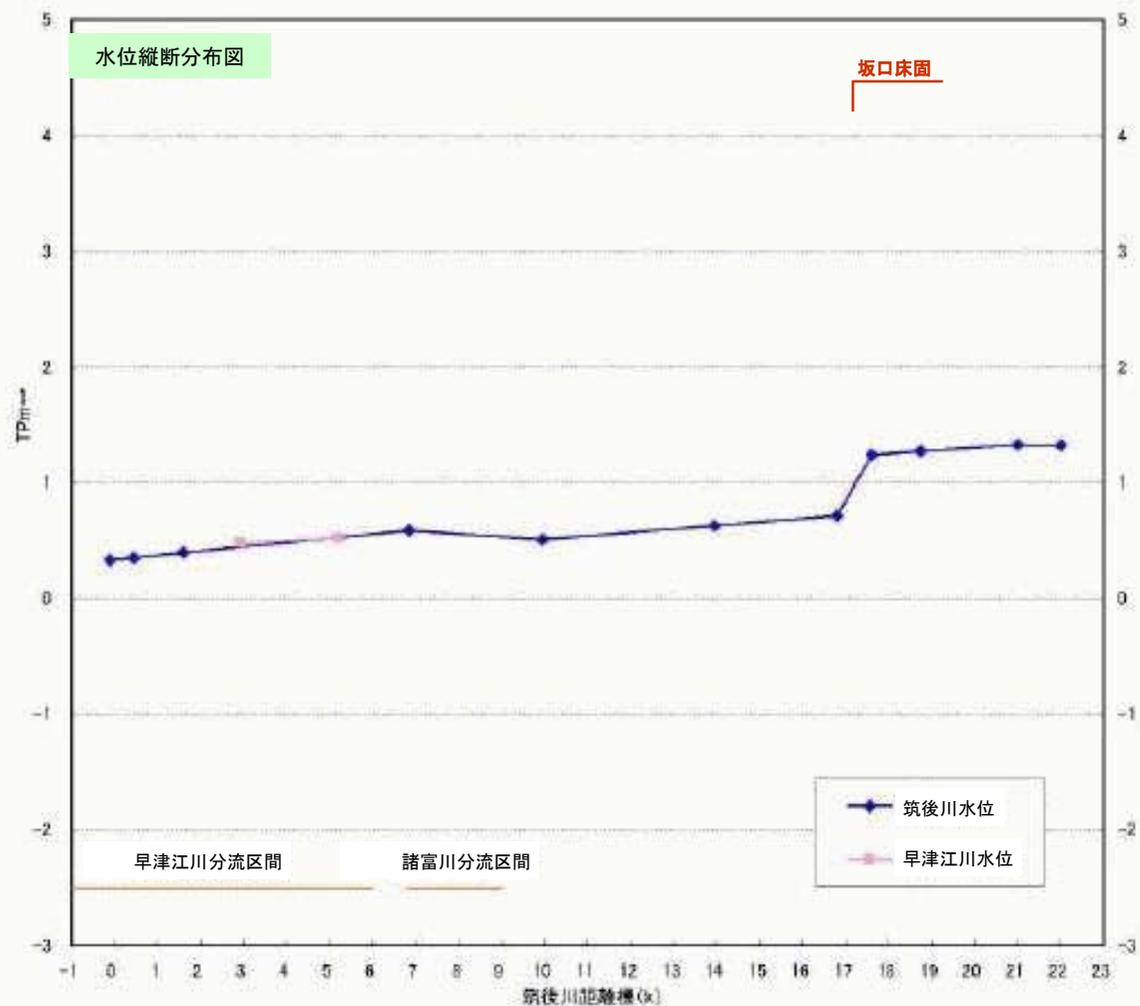
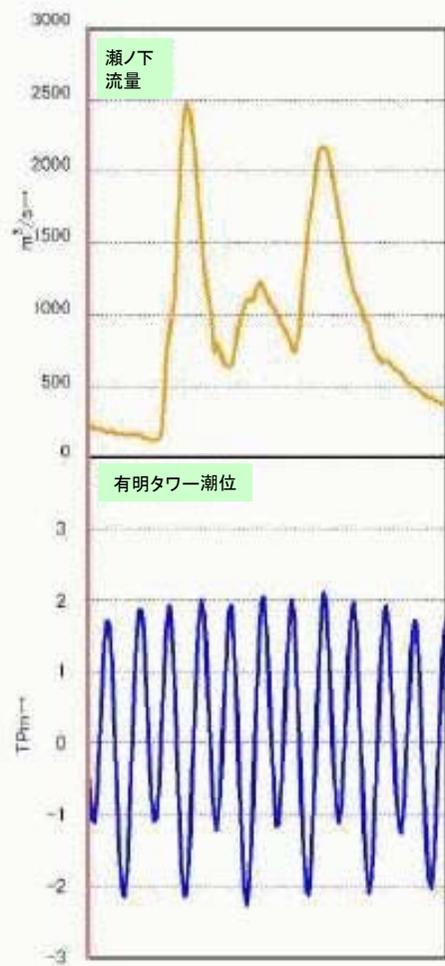
A：水位計による回収データ

2008年6月18日～23日流量・水位ハイドログラフ

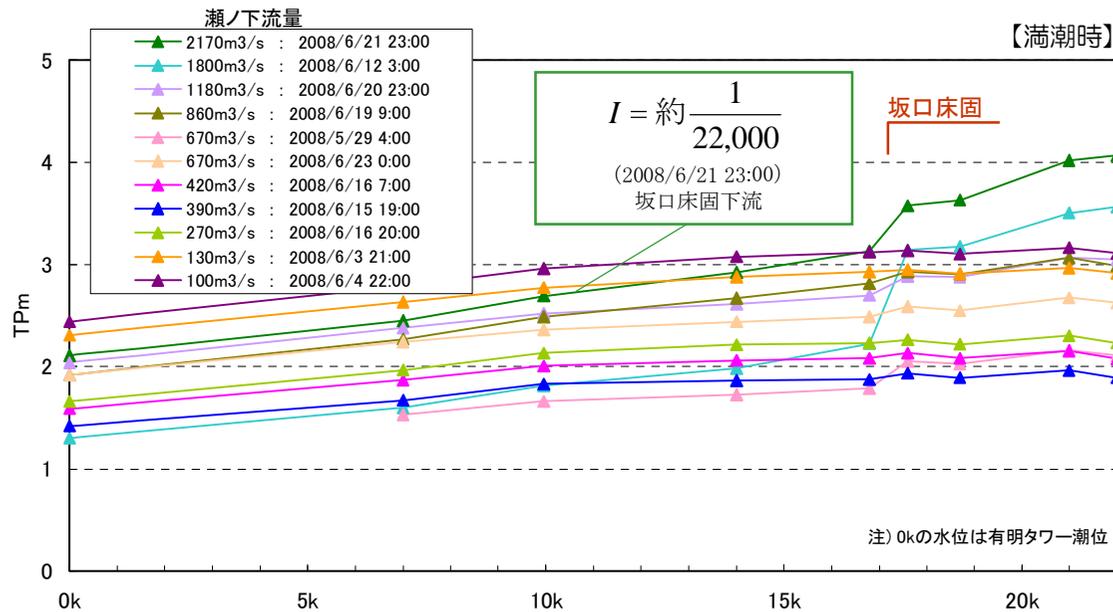
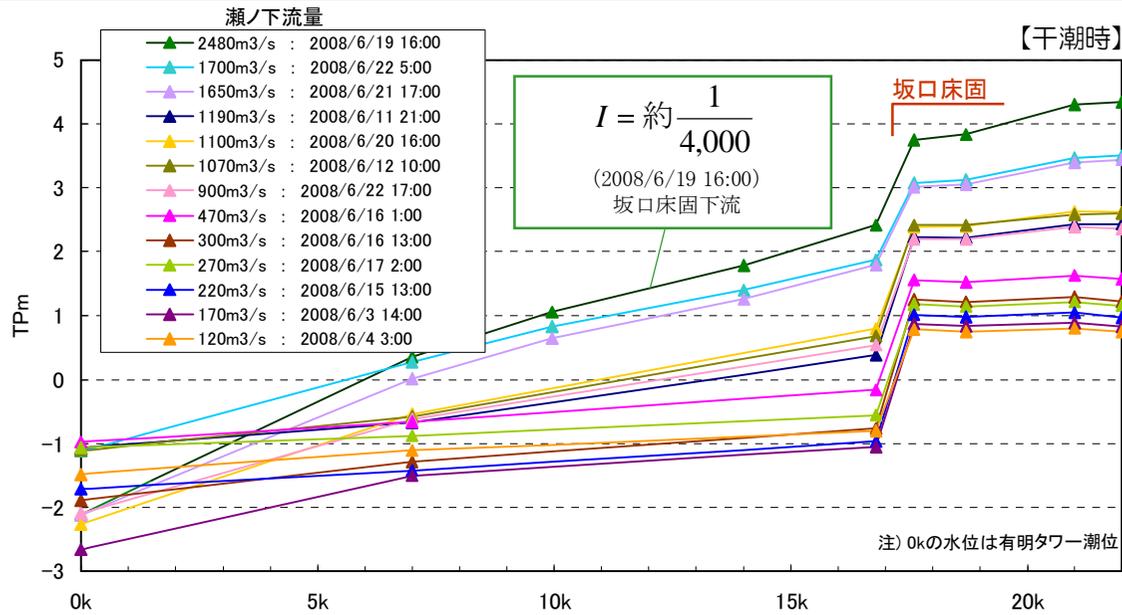


A：水位縦断分布の時間変化

2008年6月18日～23日水位縦断分布の時間変化



A：水位縦断分布



【干潮時】

○流量が500m³/s程度までは潮位の影響が卓越し、水面勾配は流量規模によらずほぼ同じである。

○流量が1000m³/s程度になると、自流の影響が大きくなり、水面勾配は流量規模と潮位に応じて変化する。

【満潮時】

○流量が1000m³/s程度までは、潮位の影響が卓越し、水面勾配は流量規模によらずほぼ同じである。

○流量が2000m³/s程度になると、自流の影響が大きくなり、水面勾配は流量規模と潮位に応じて変化する。

筑後大堰下流の土砂（砂） の堆積状況の把握

洪水前後における河床堆積構造調査

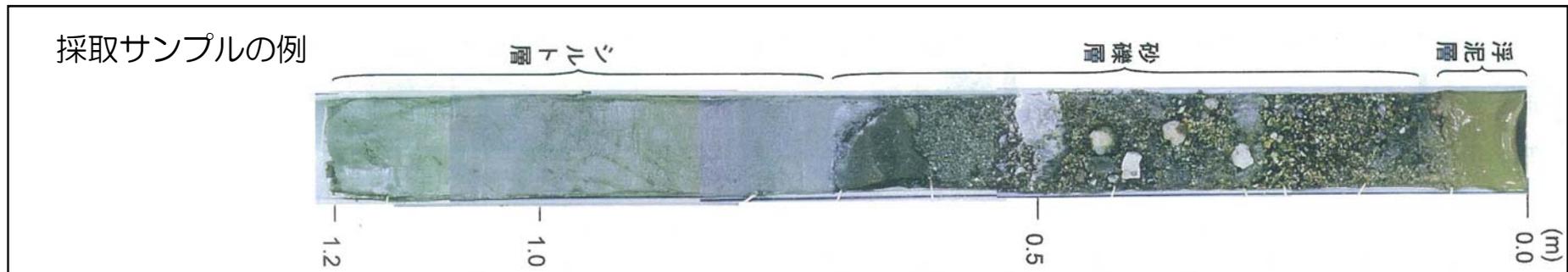
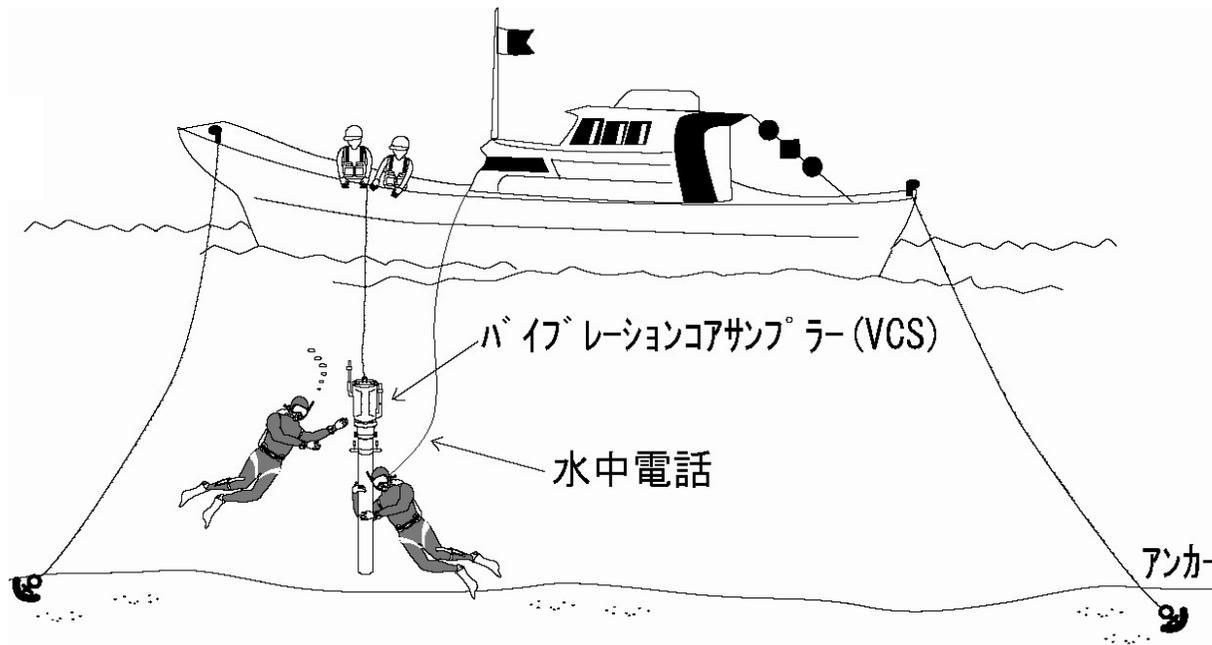
- B. 柱状コアサンプリング
- C. 底質探査

柱状コアサンプリング (B) 及び底質探査 (C) 調査位置図

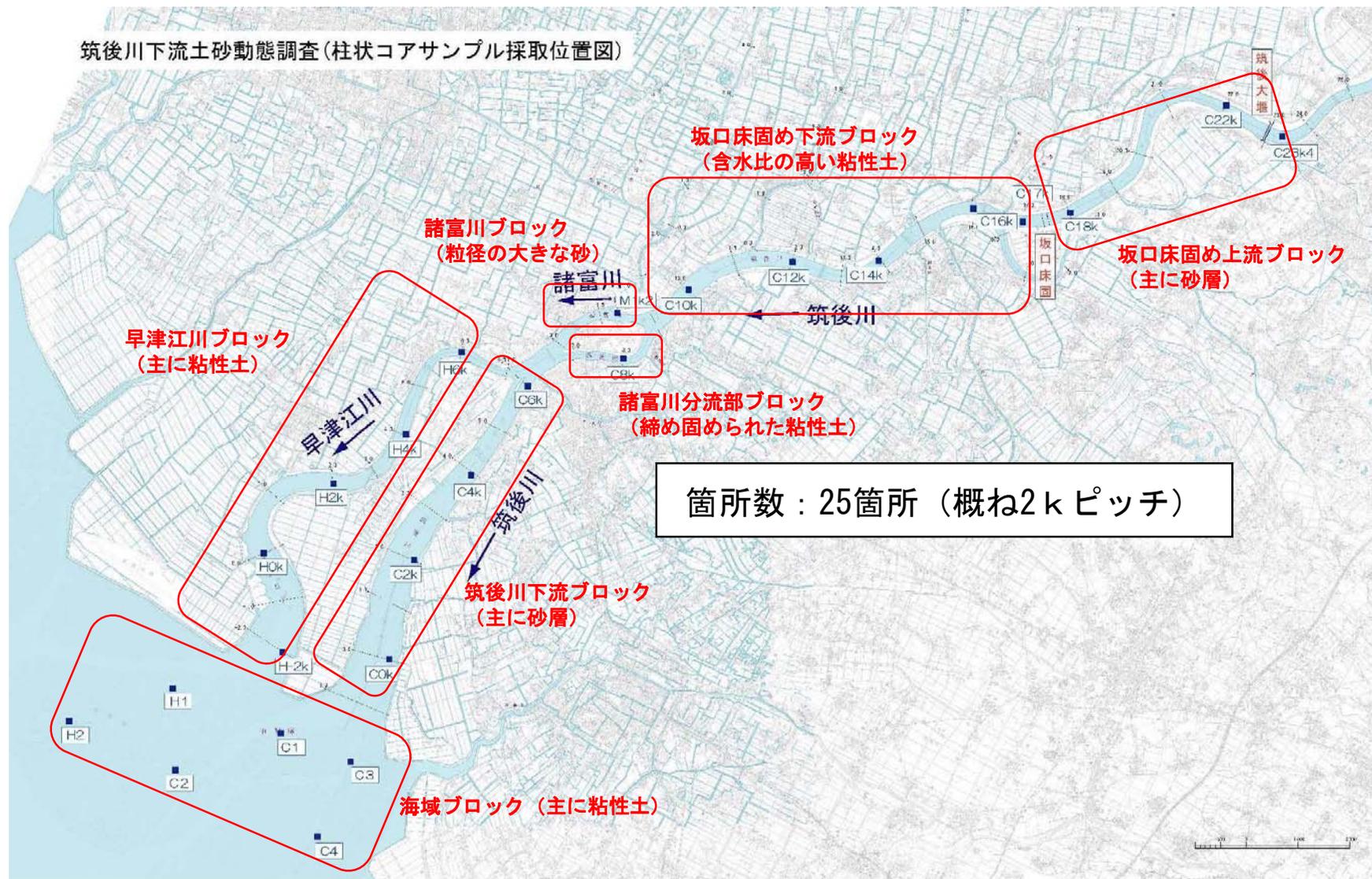


B：柱状コアサンプリング手法

- サンプラーに取り付けたエアバイブレーターの振動により、サンプラーを所定深度まで押し込み、乱れの少ない連続試料を採取する。
- ※ サンプルの土質試験や化学分析等を行うことで、諸情報の取得可能

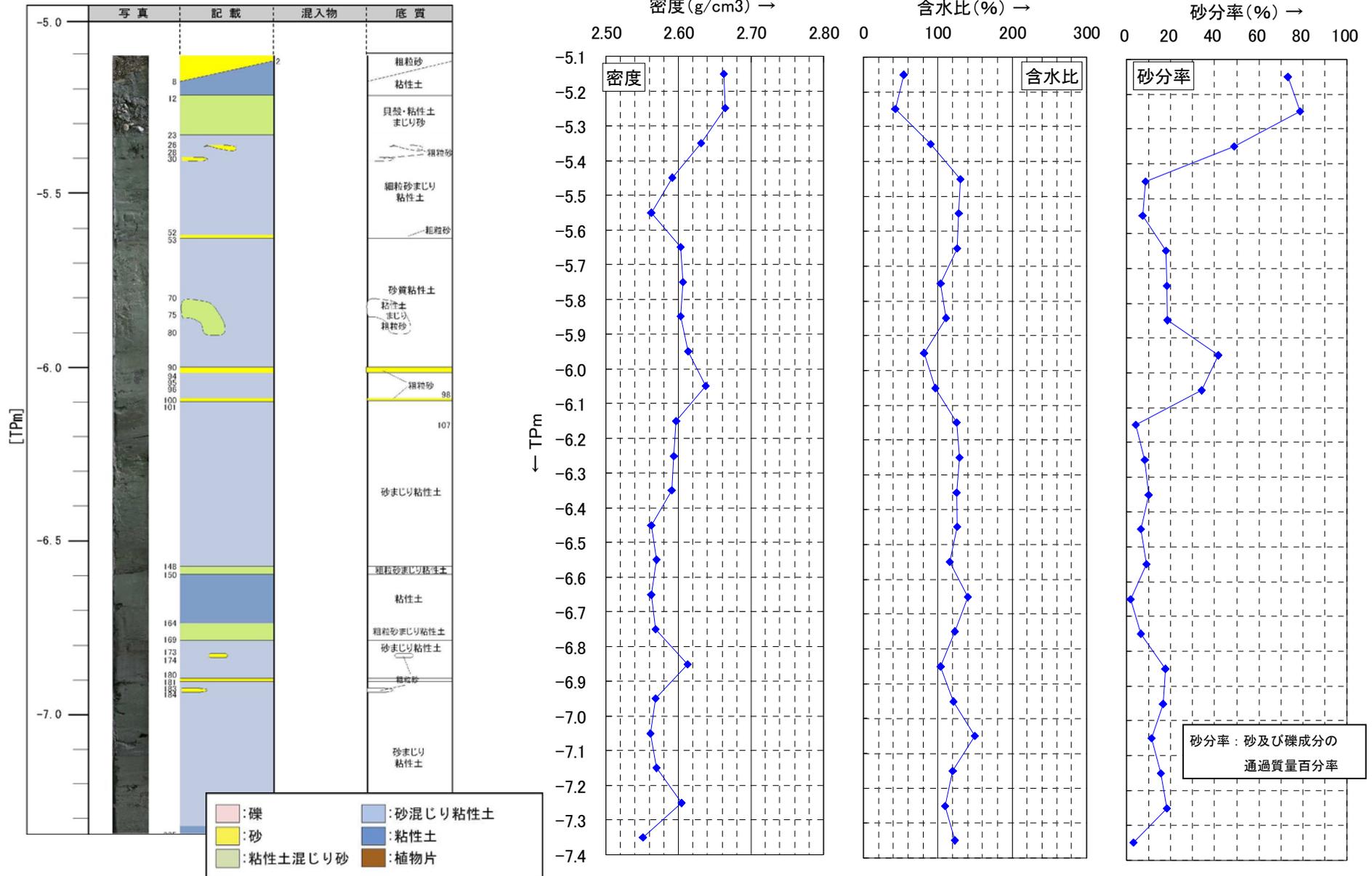


B：柱状コアサンプリング結果（事前調査）の概要

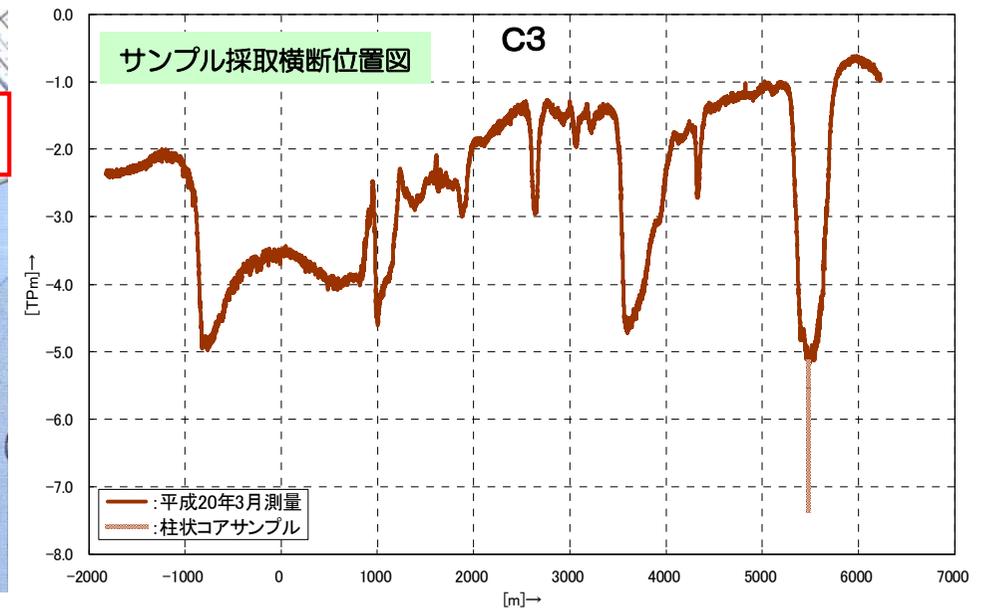
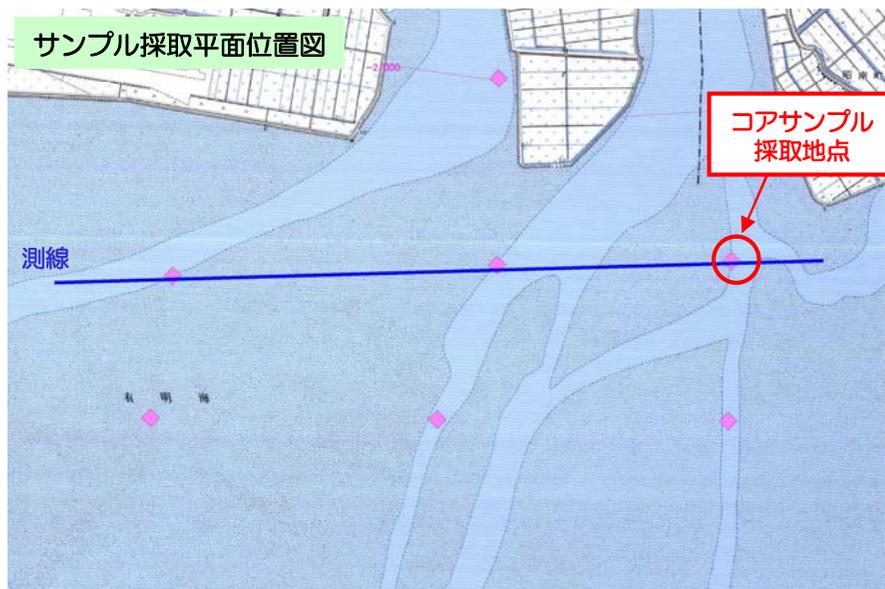
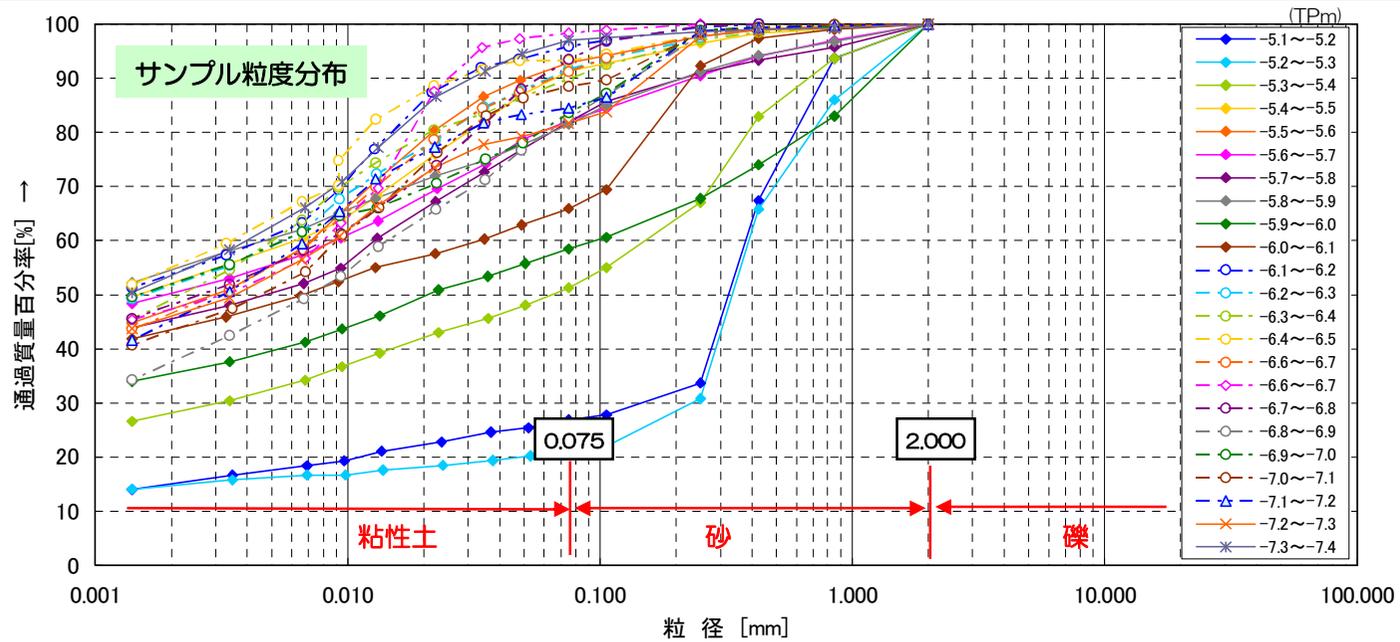


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（C3）

【C3】 H20.6.10採取

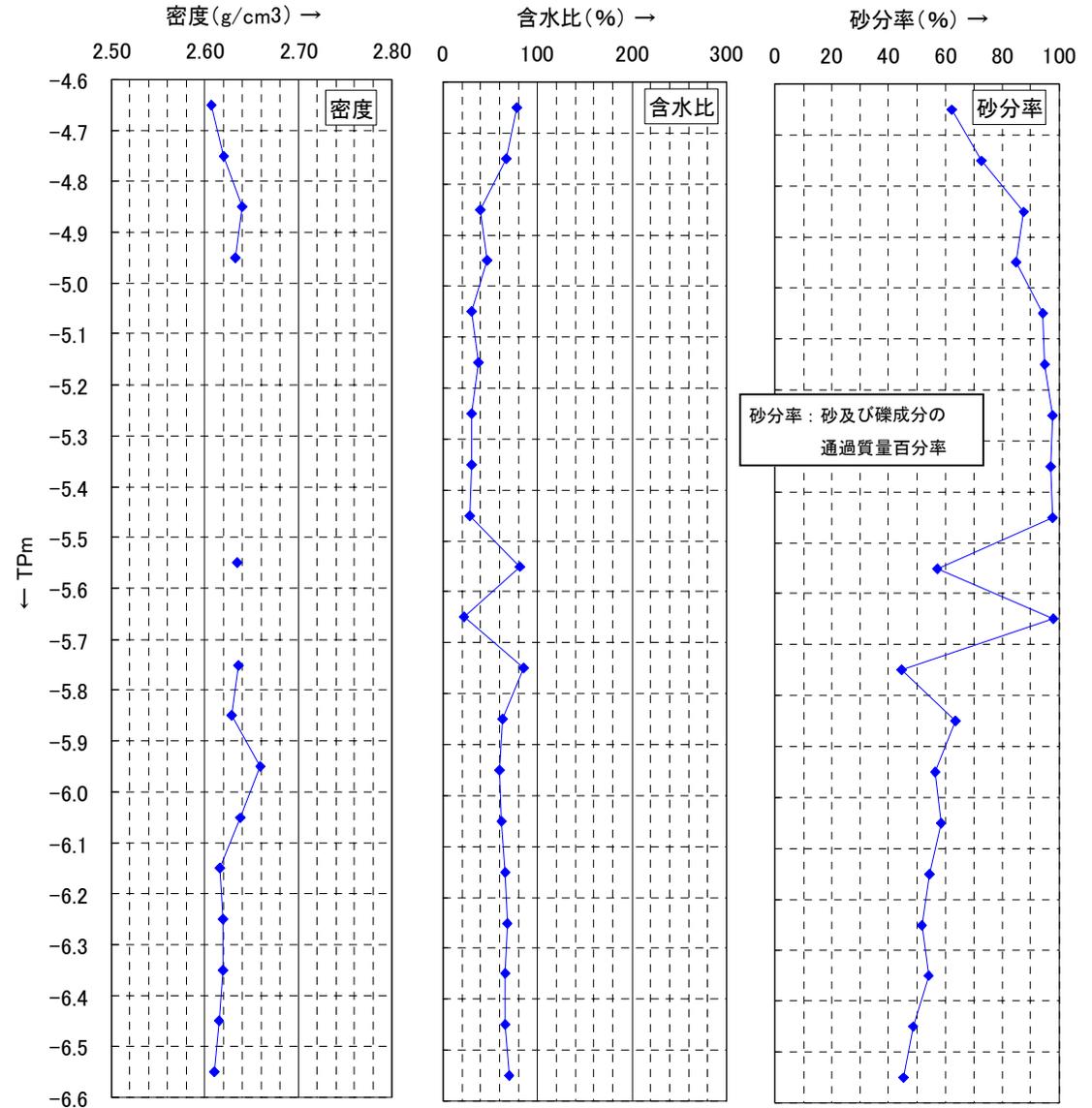
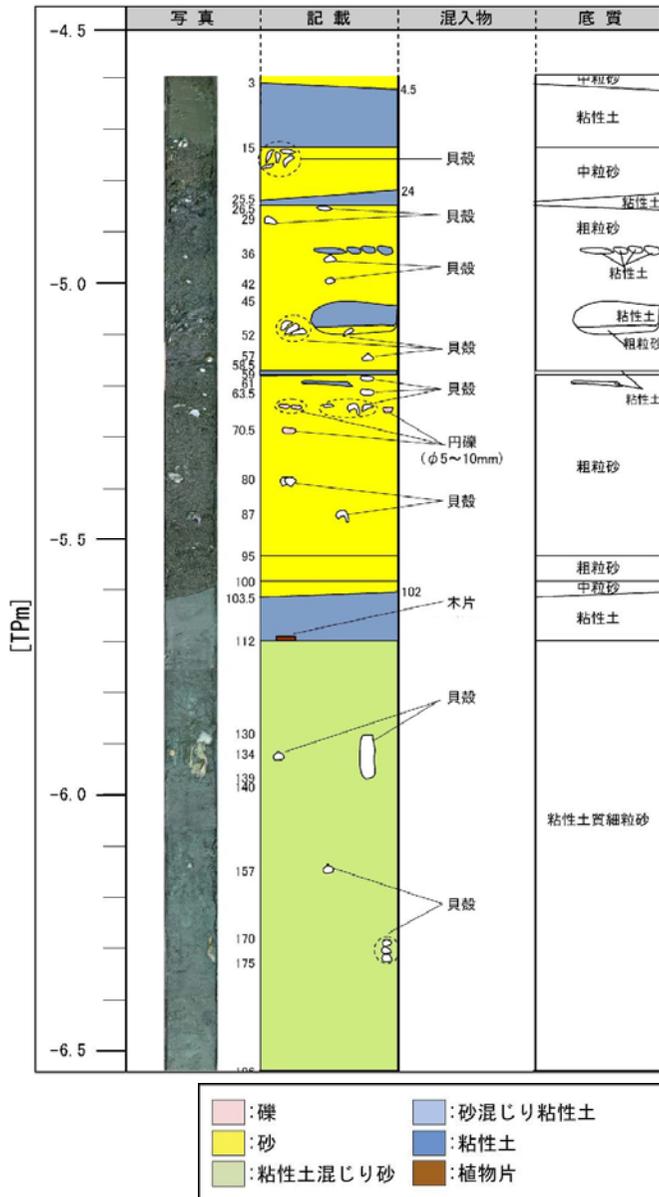


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（C3）

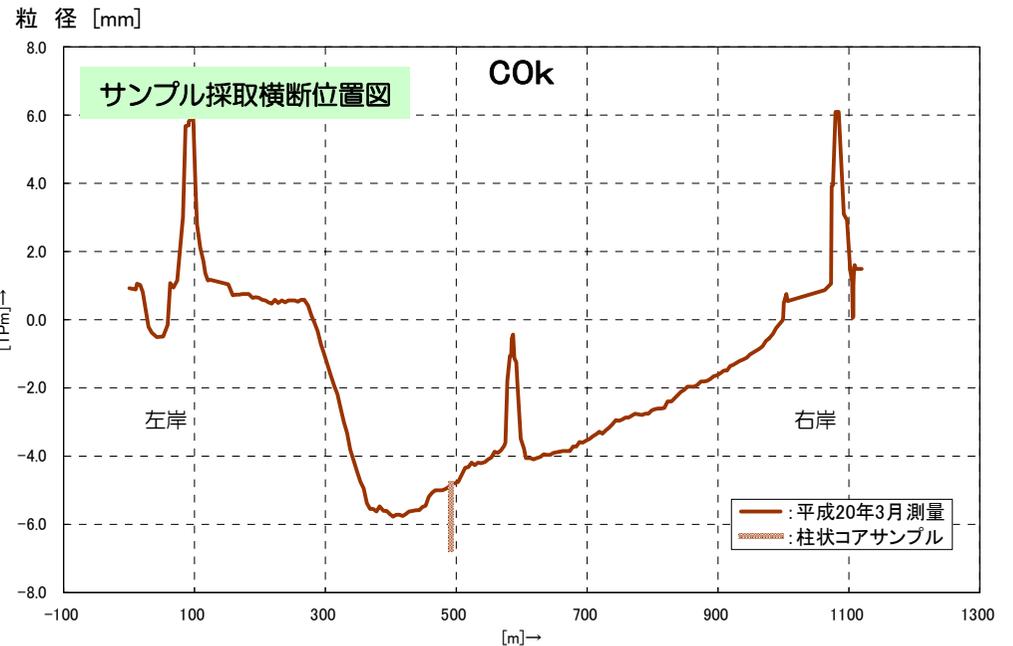
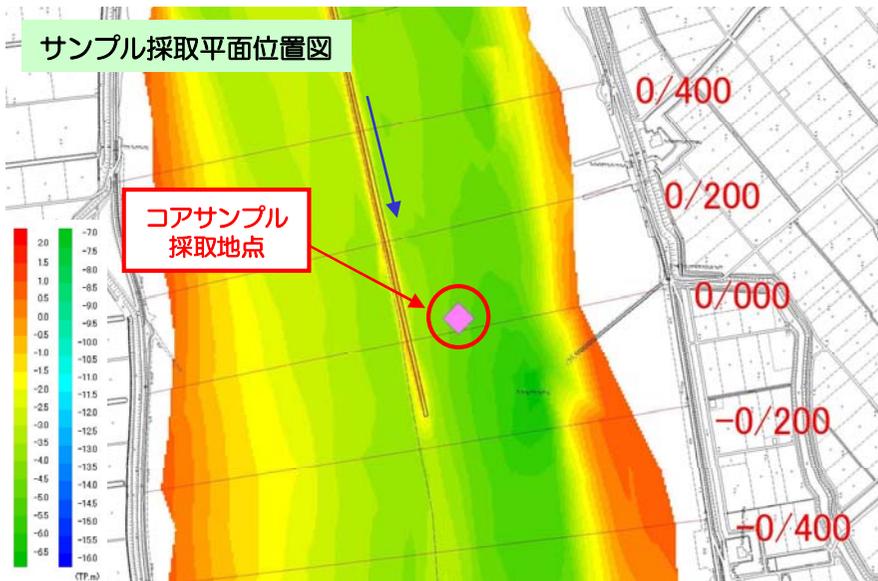
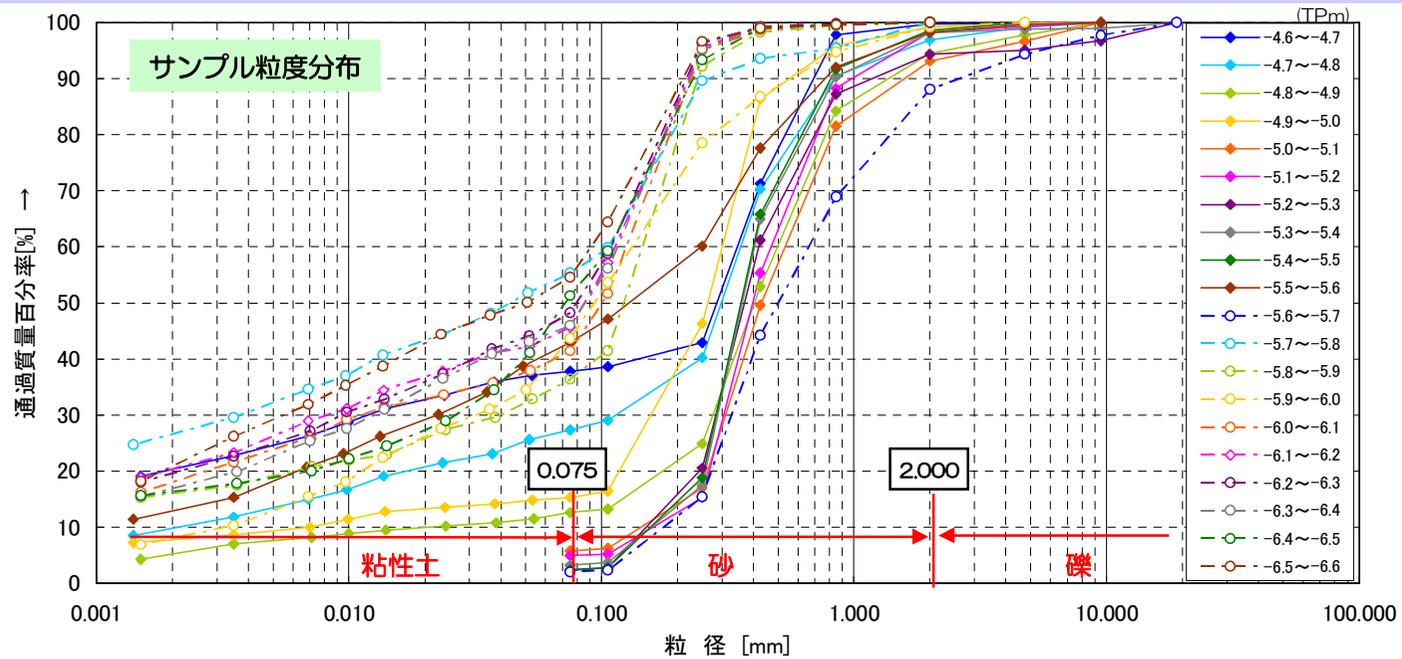


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（COK）

【COK】 H20.6.11採取

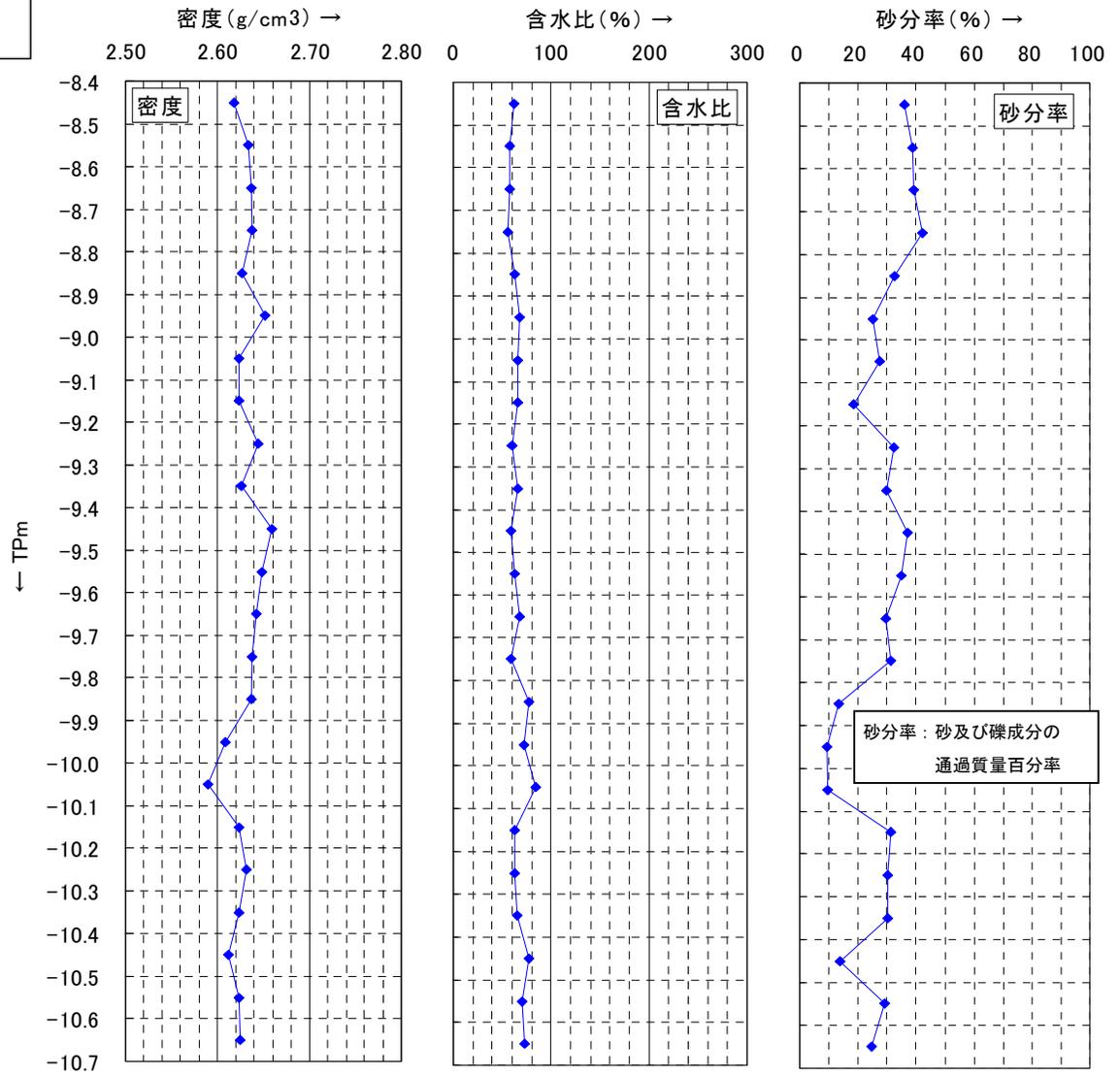
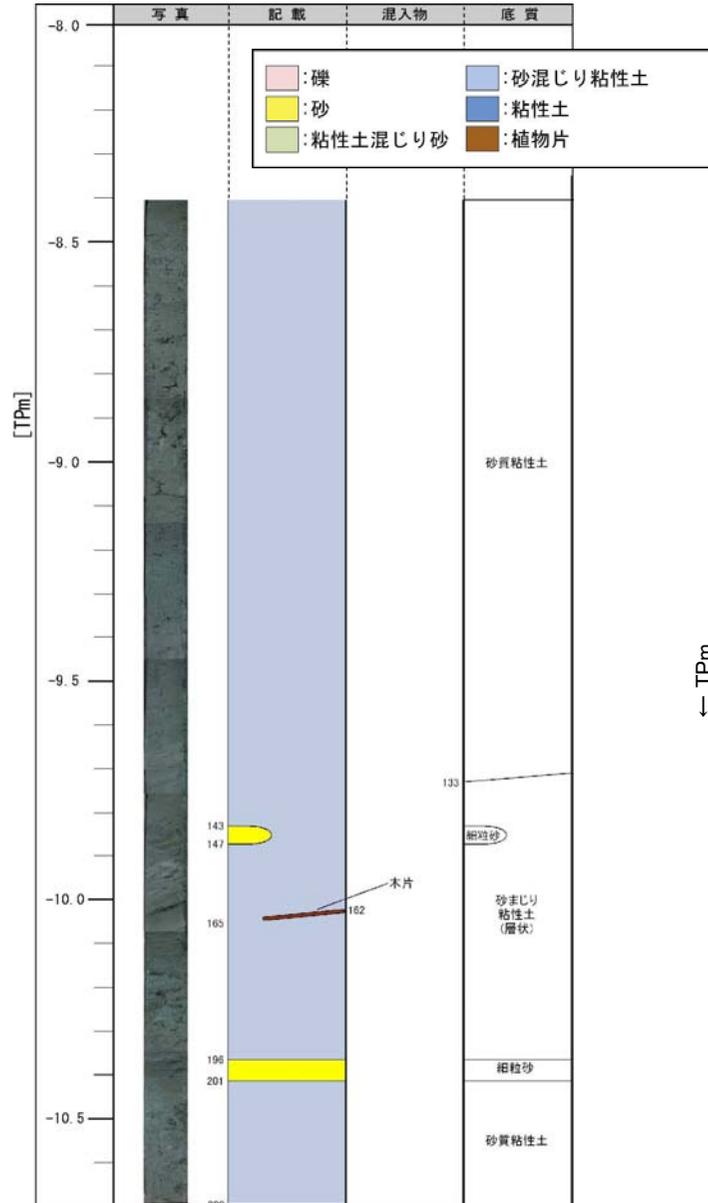


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（COK）

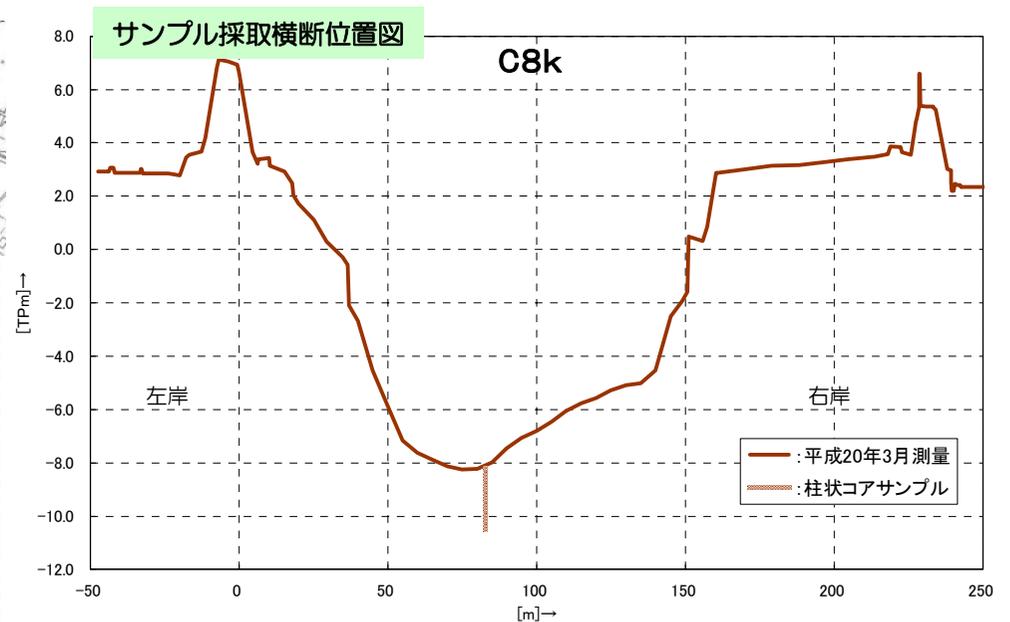
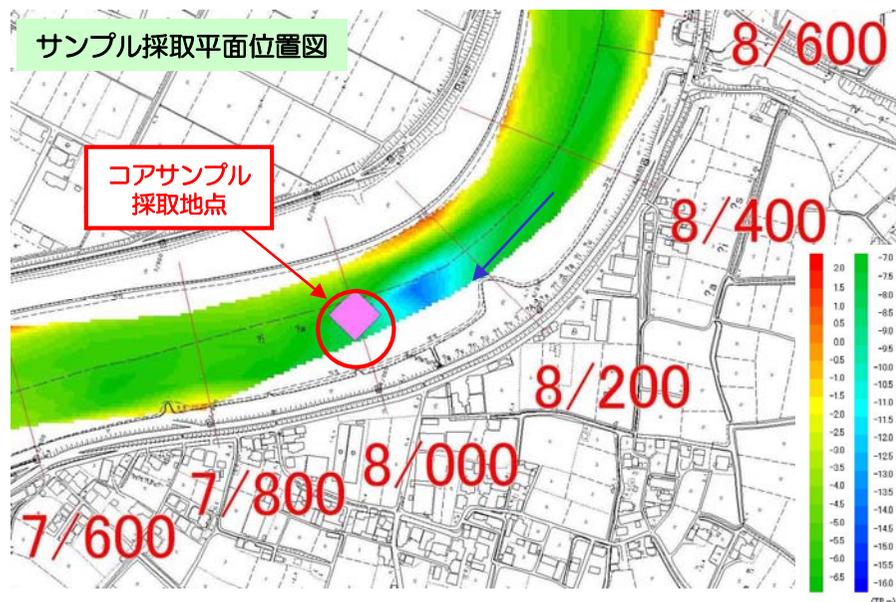
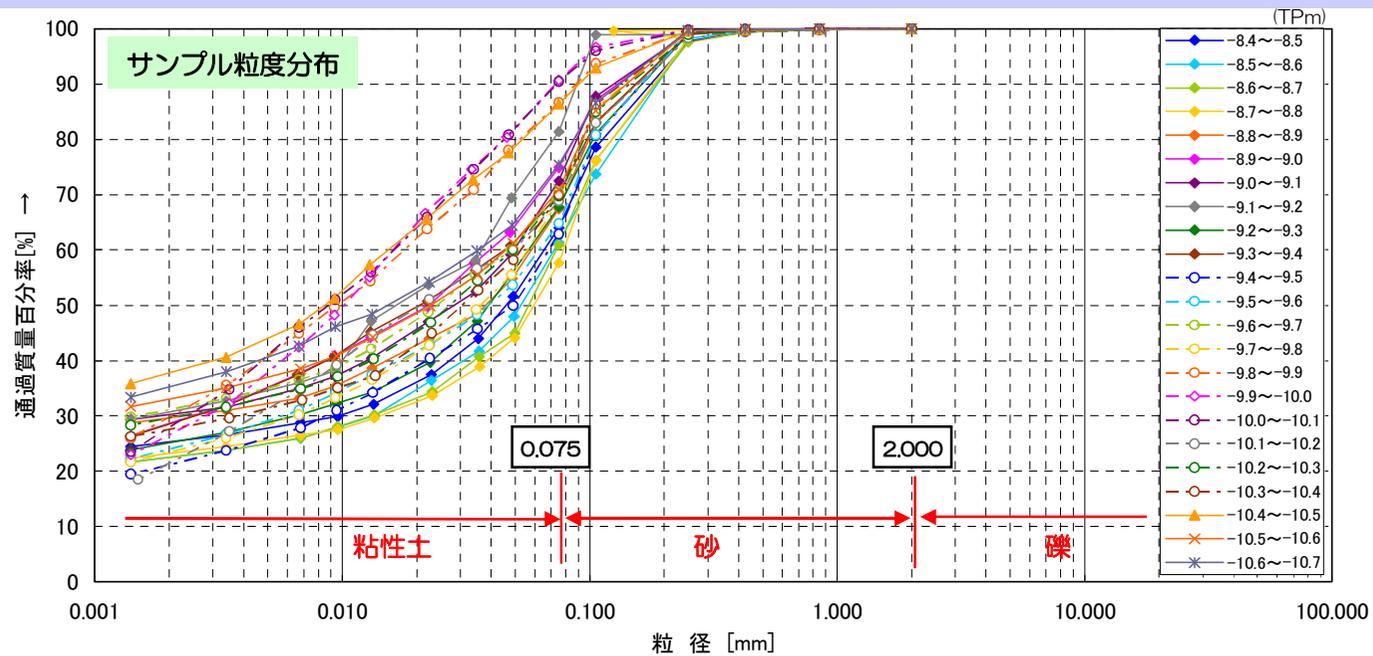


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（C8k）

【C8k】H20.6.9採取

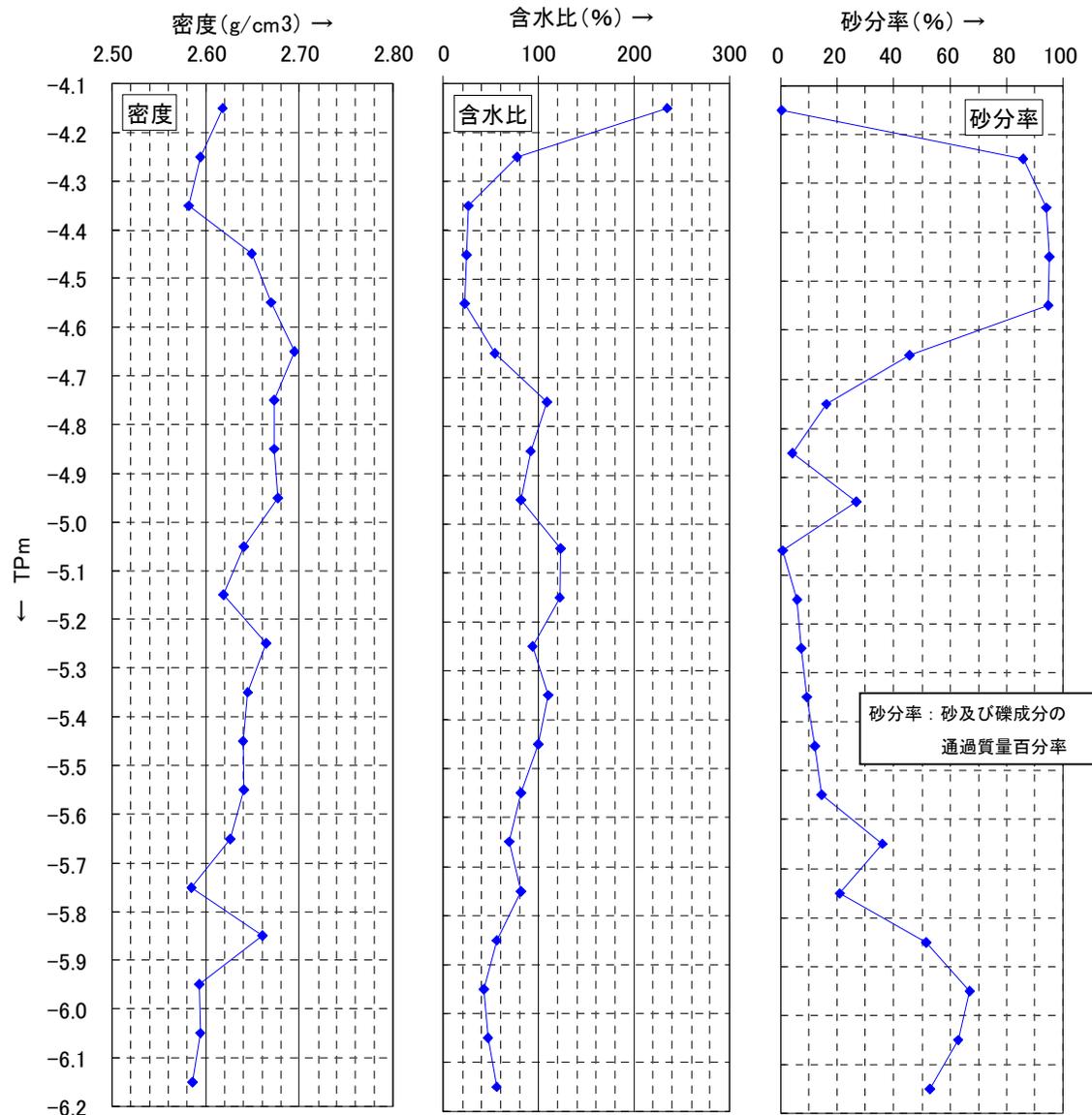
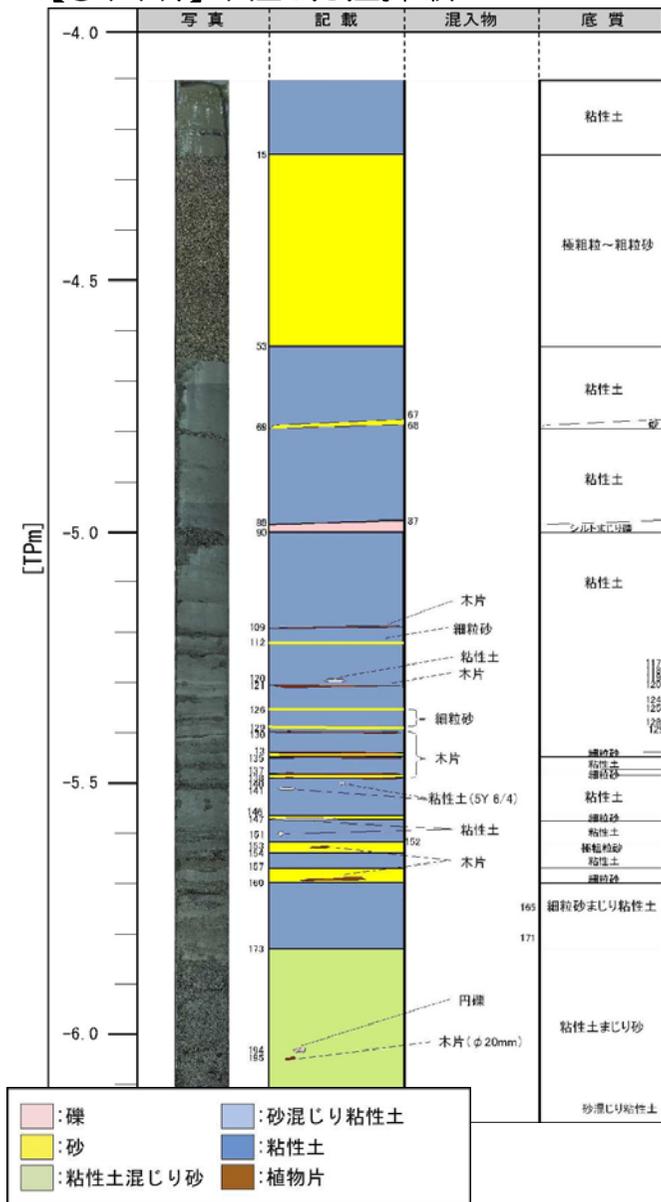


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（C8k）

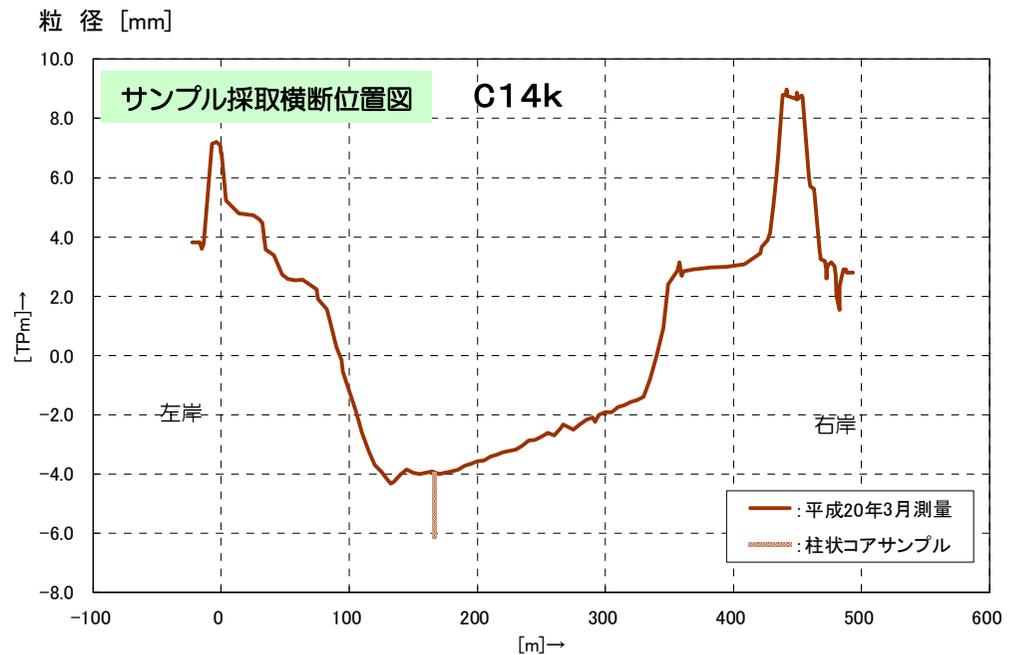
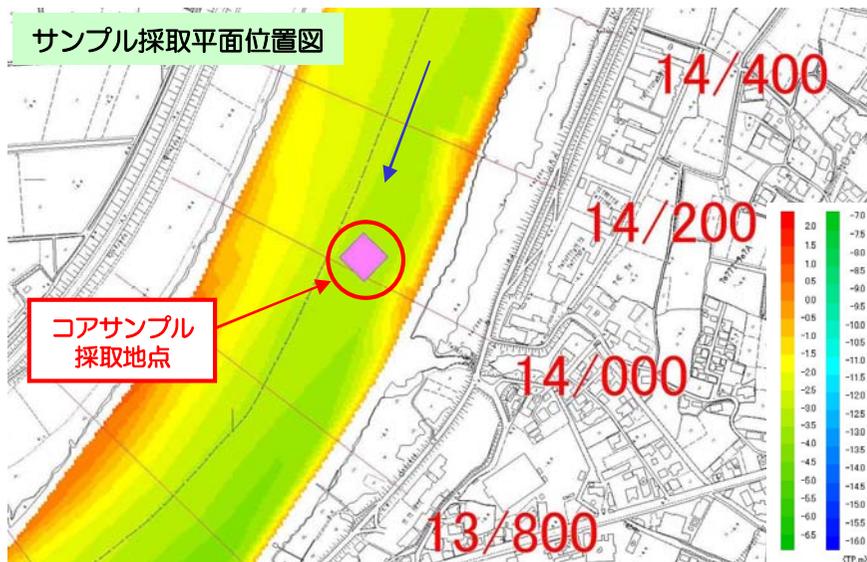
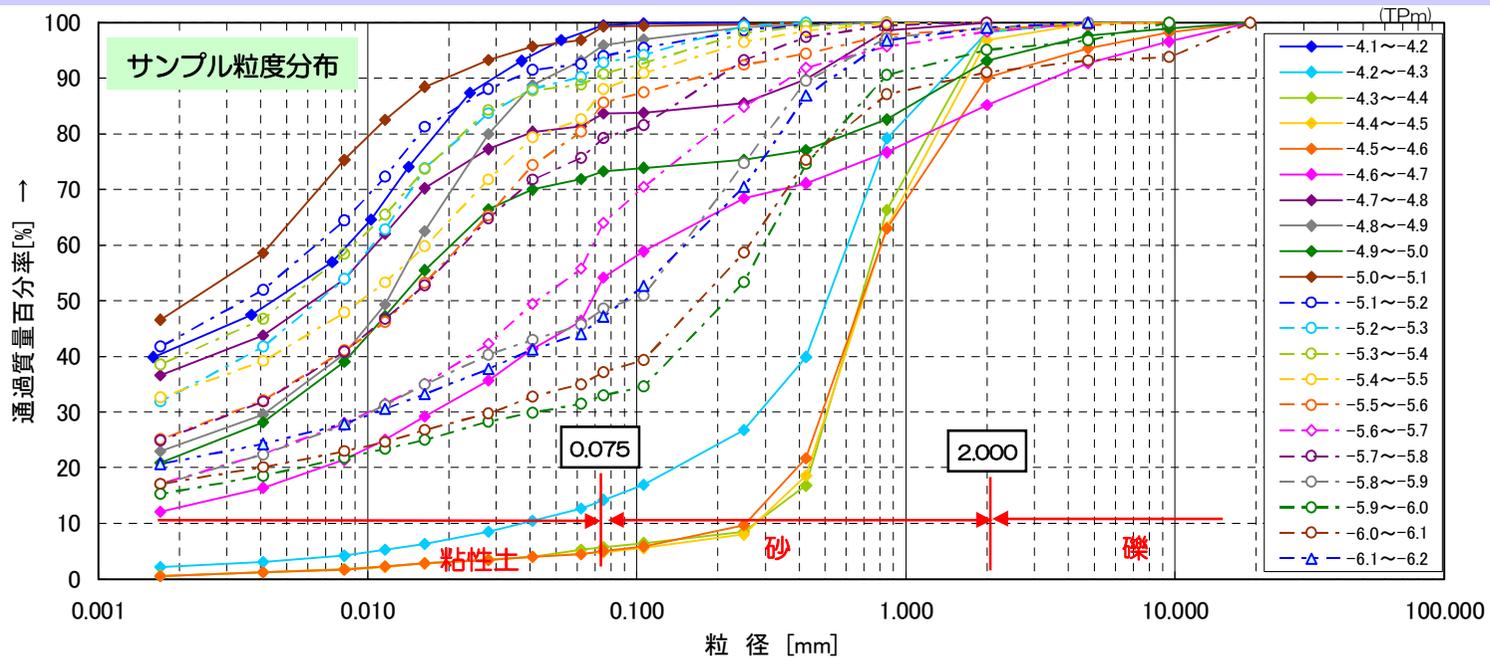


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（C14k）

【C14k】H20.3.2採取

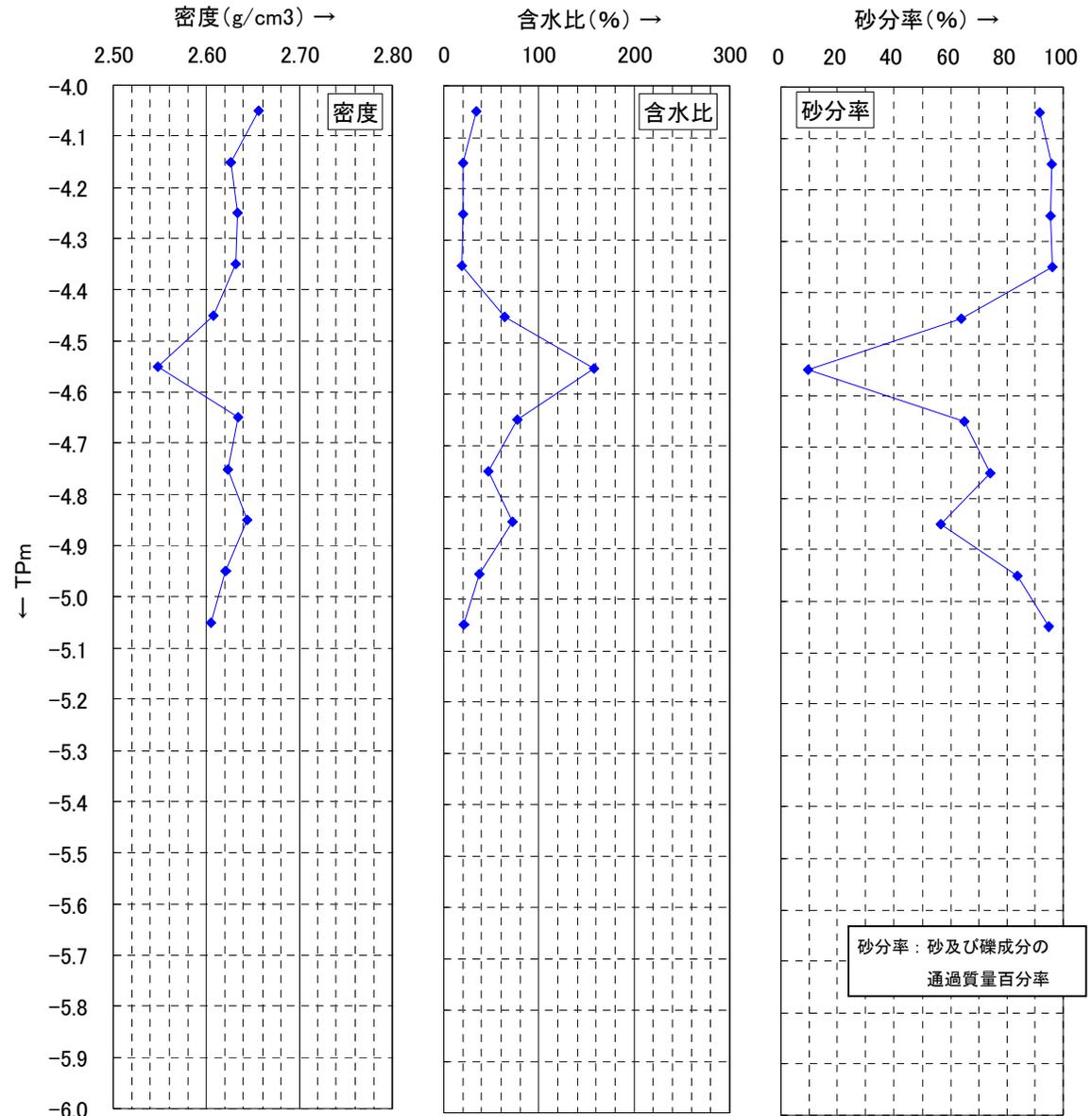
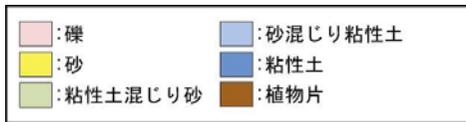
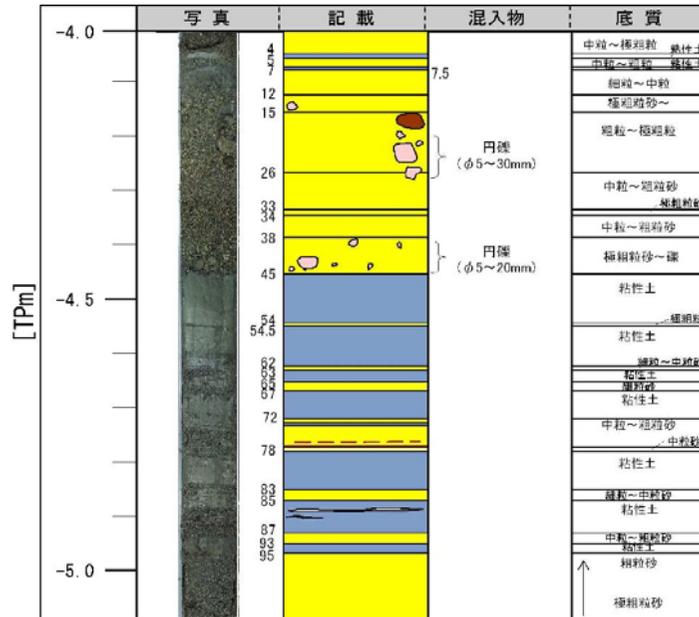


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（C14k）

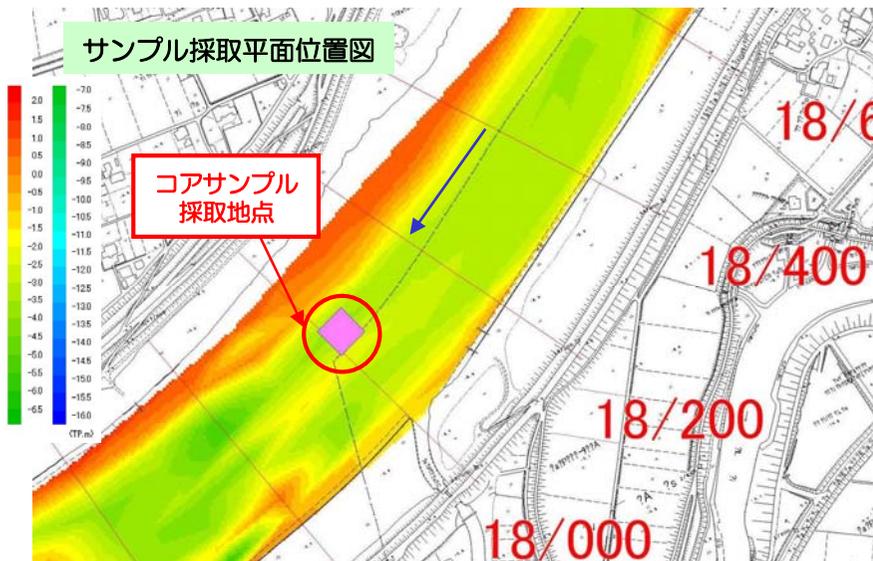
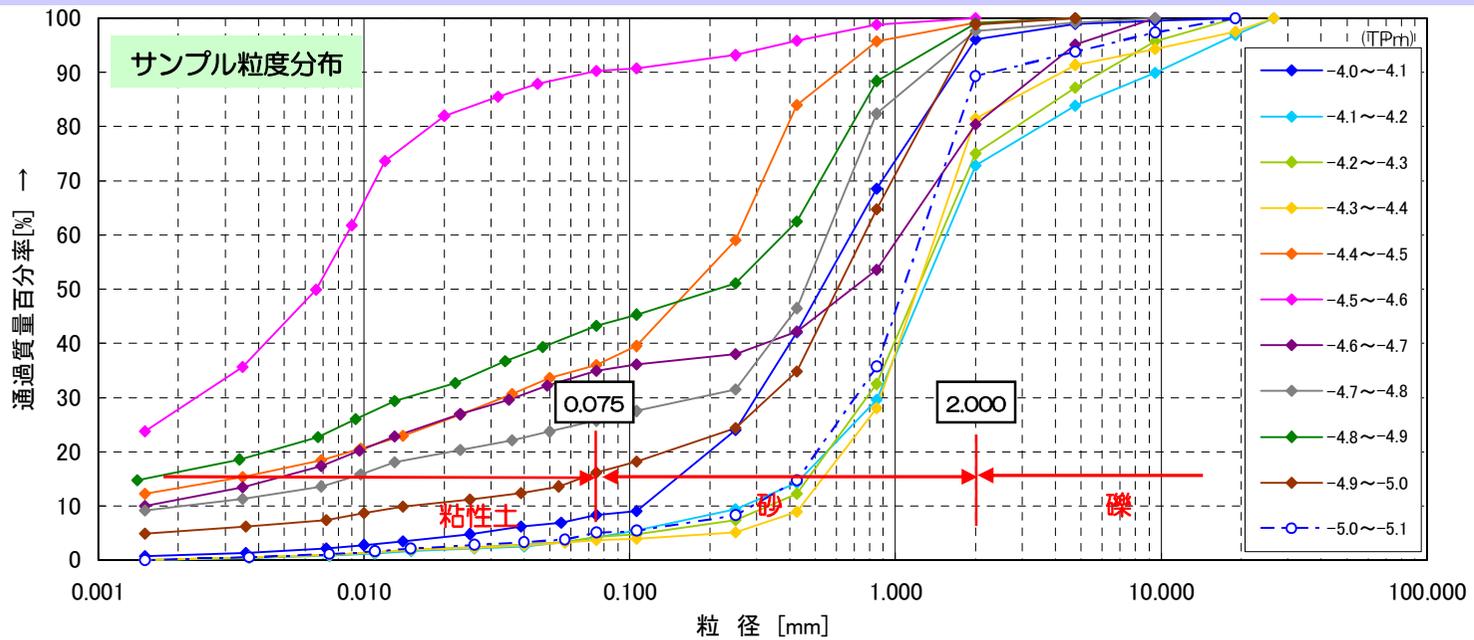


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（C18k）

【C18k】 H20.3.1採取

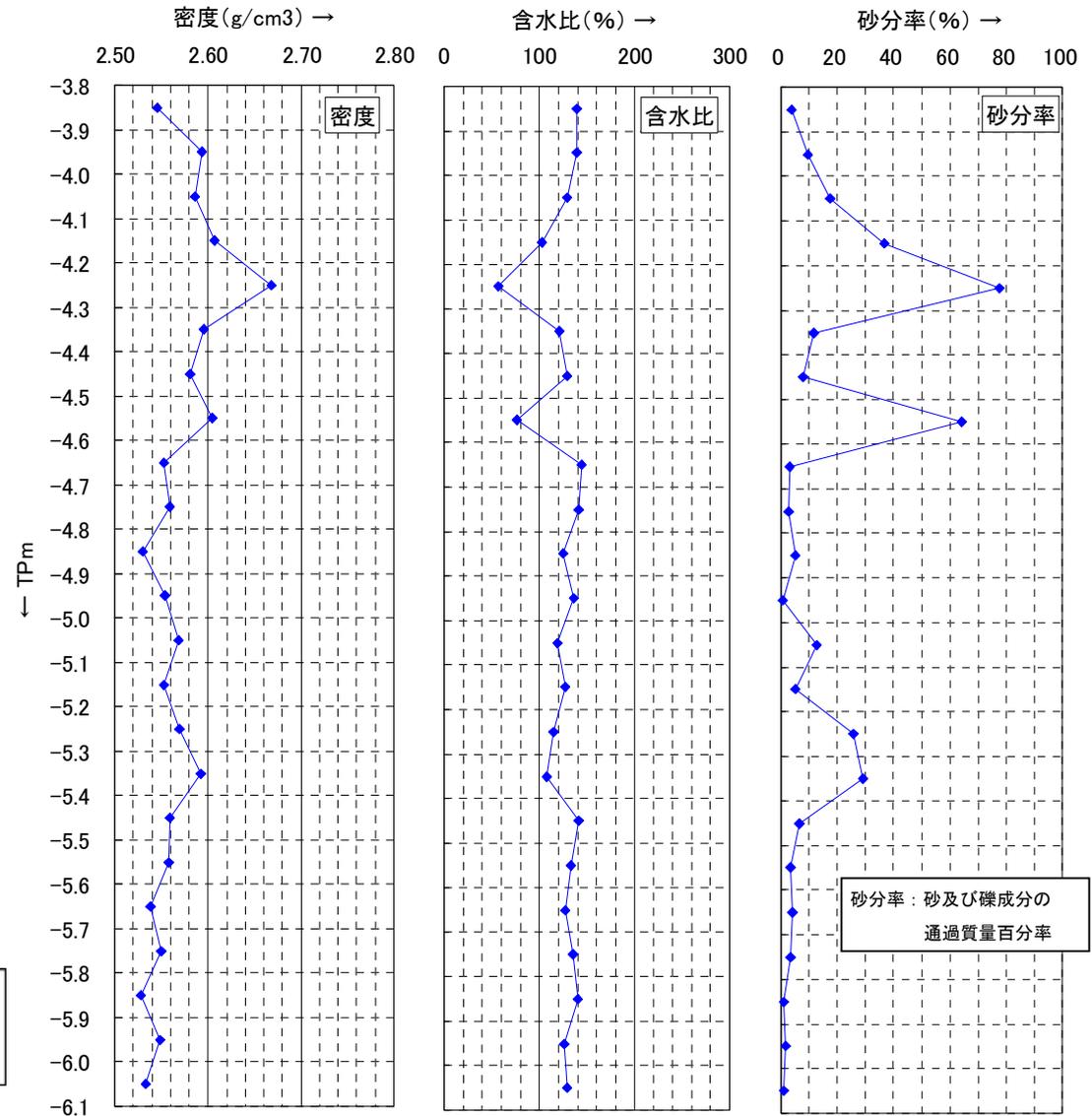
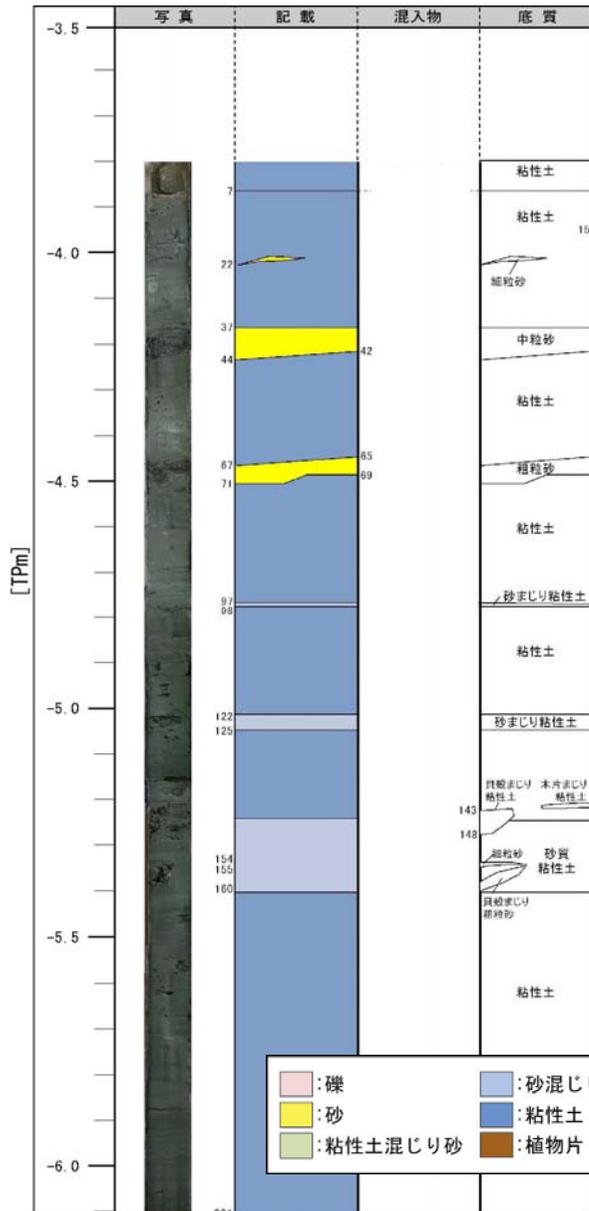


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（C18k）

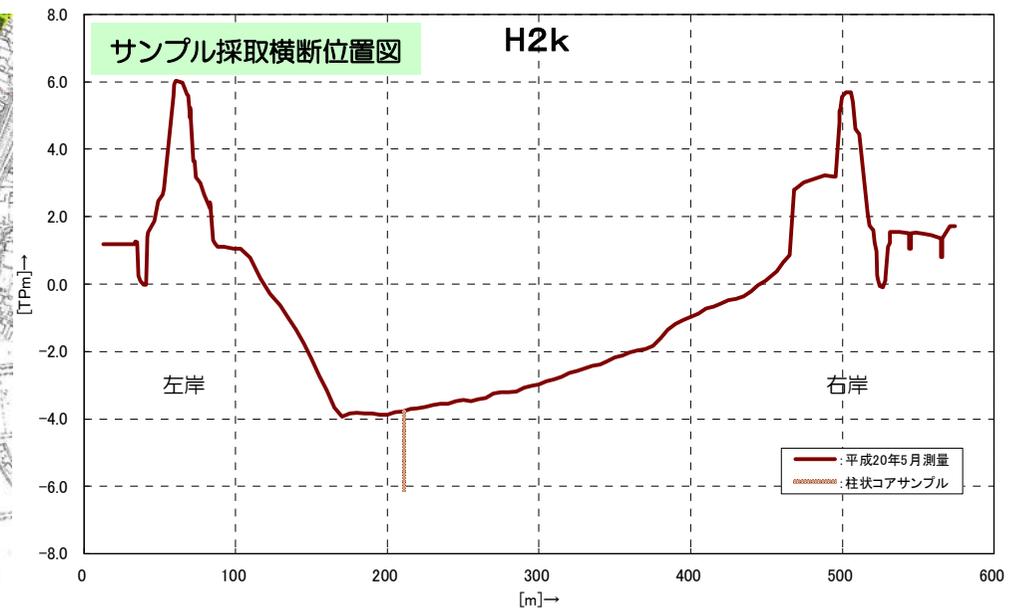
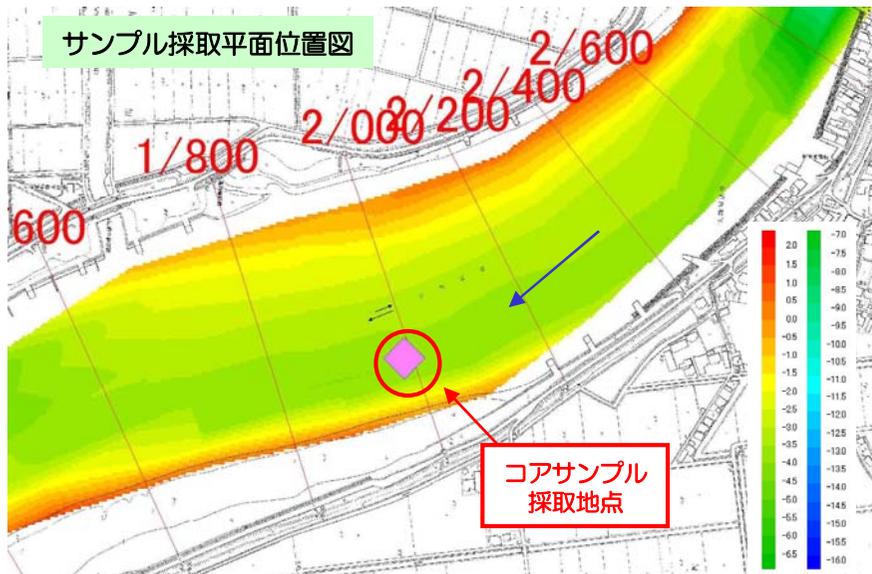
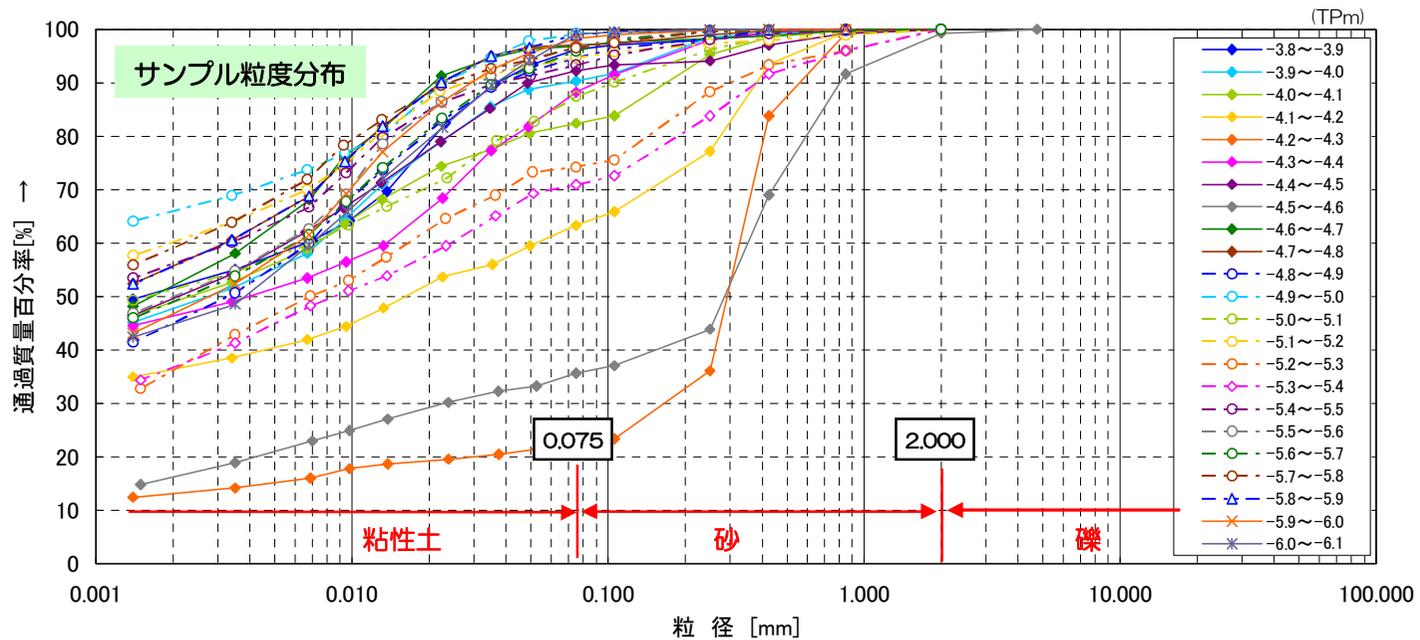


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（H2k）

【H2k】 H20.6.11採取

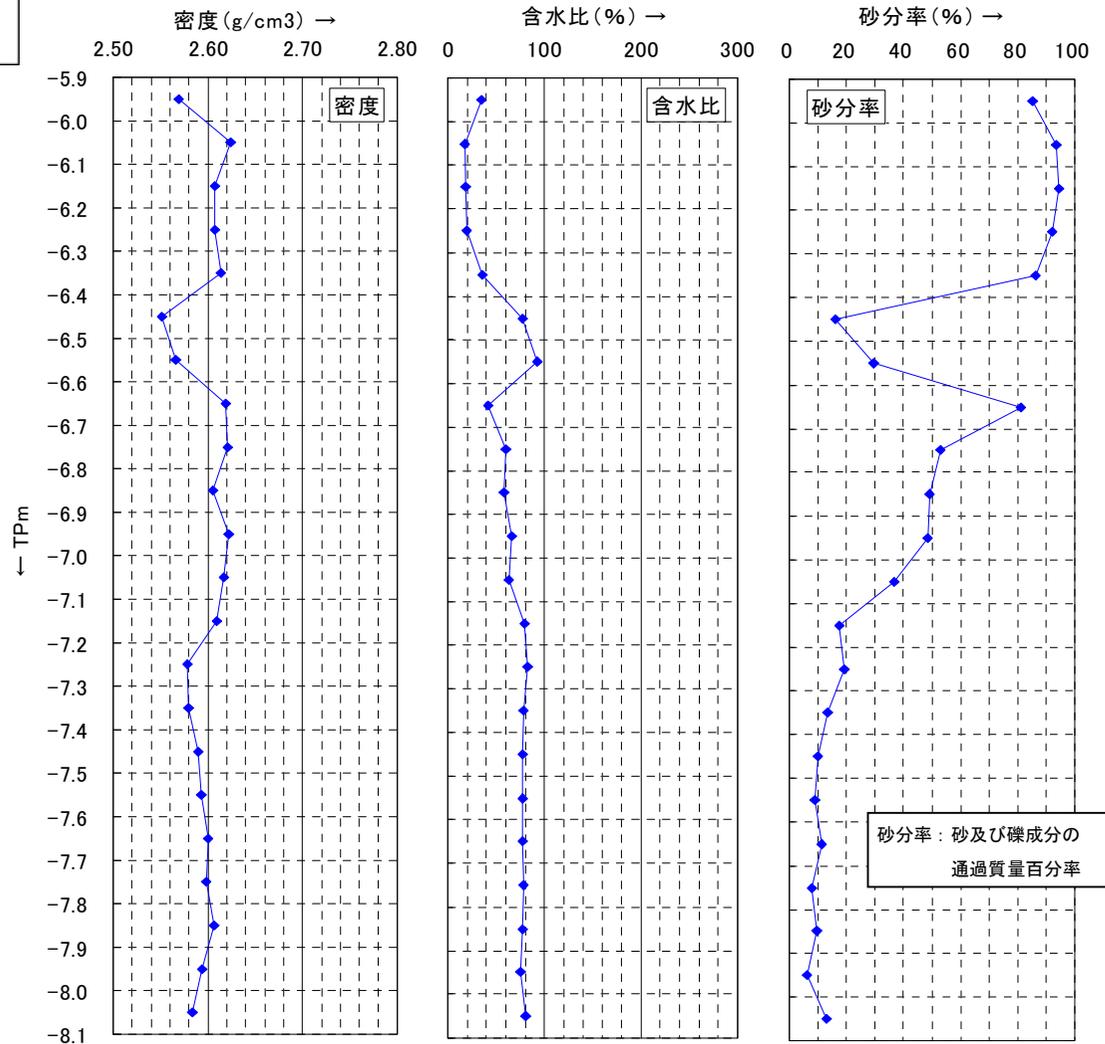
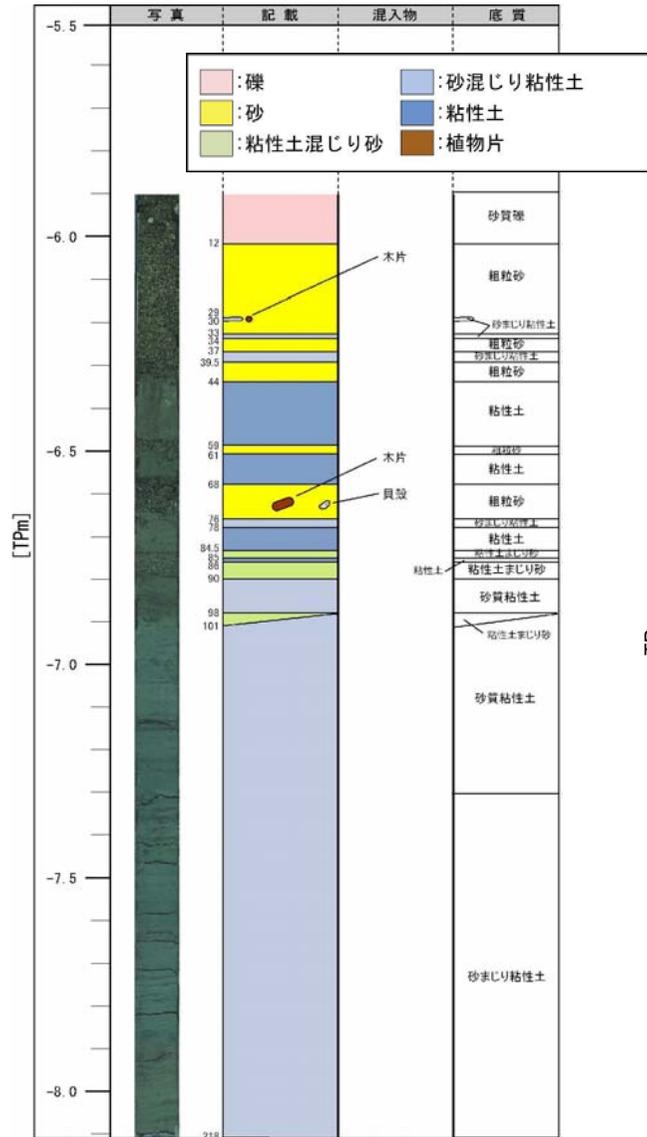


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（H2k）

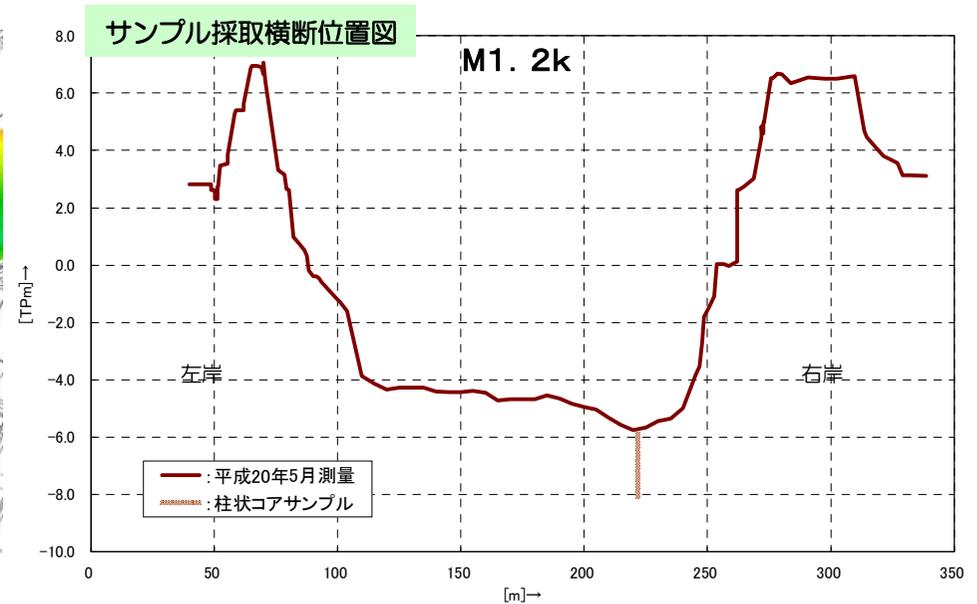
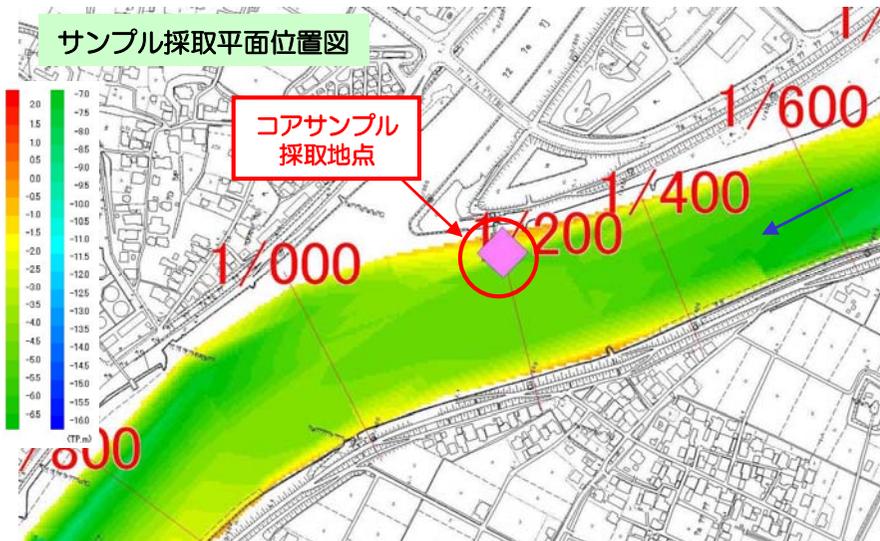
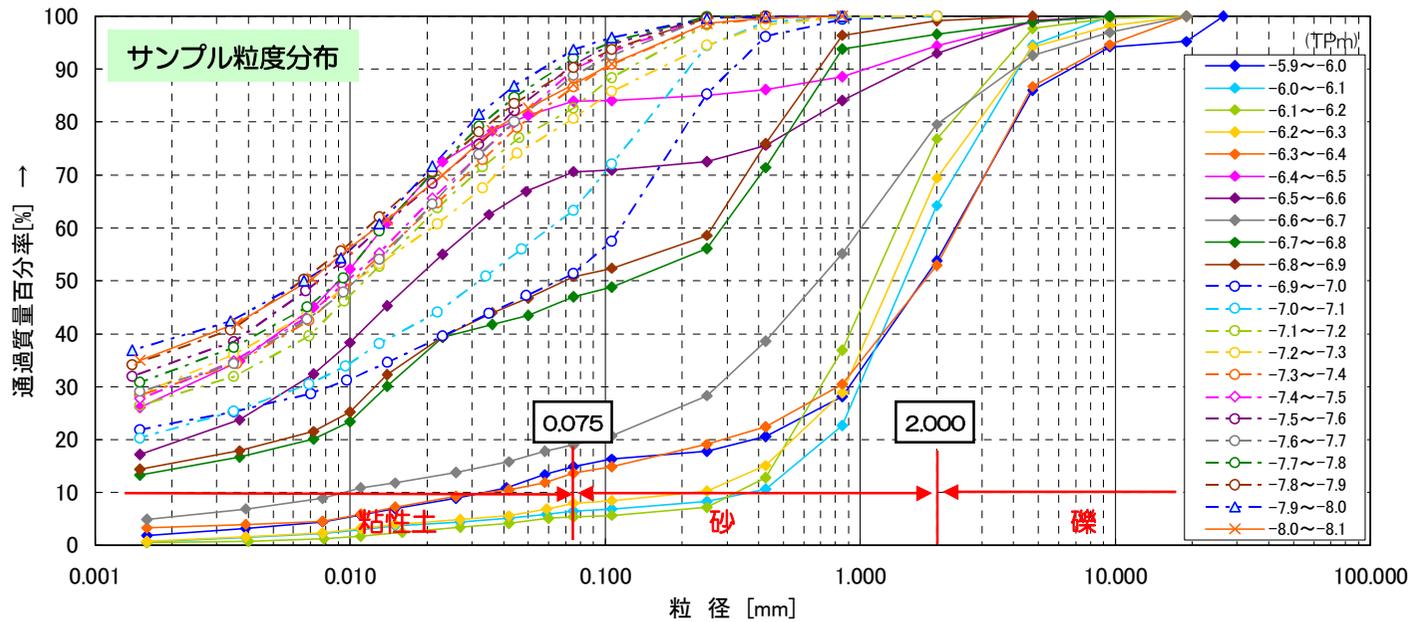


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（M1k2）

【M1k2】 H20.11.5採取

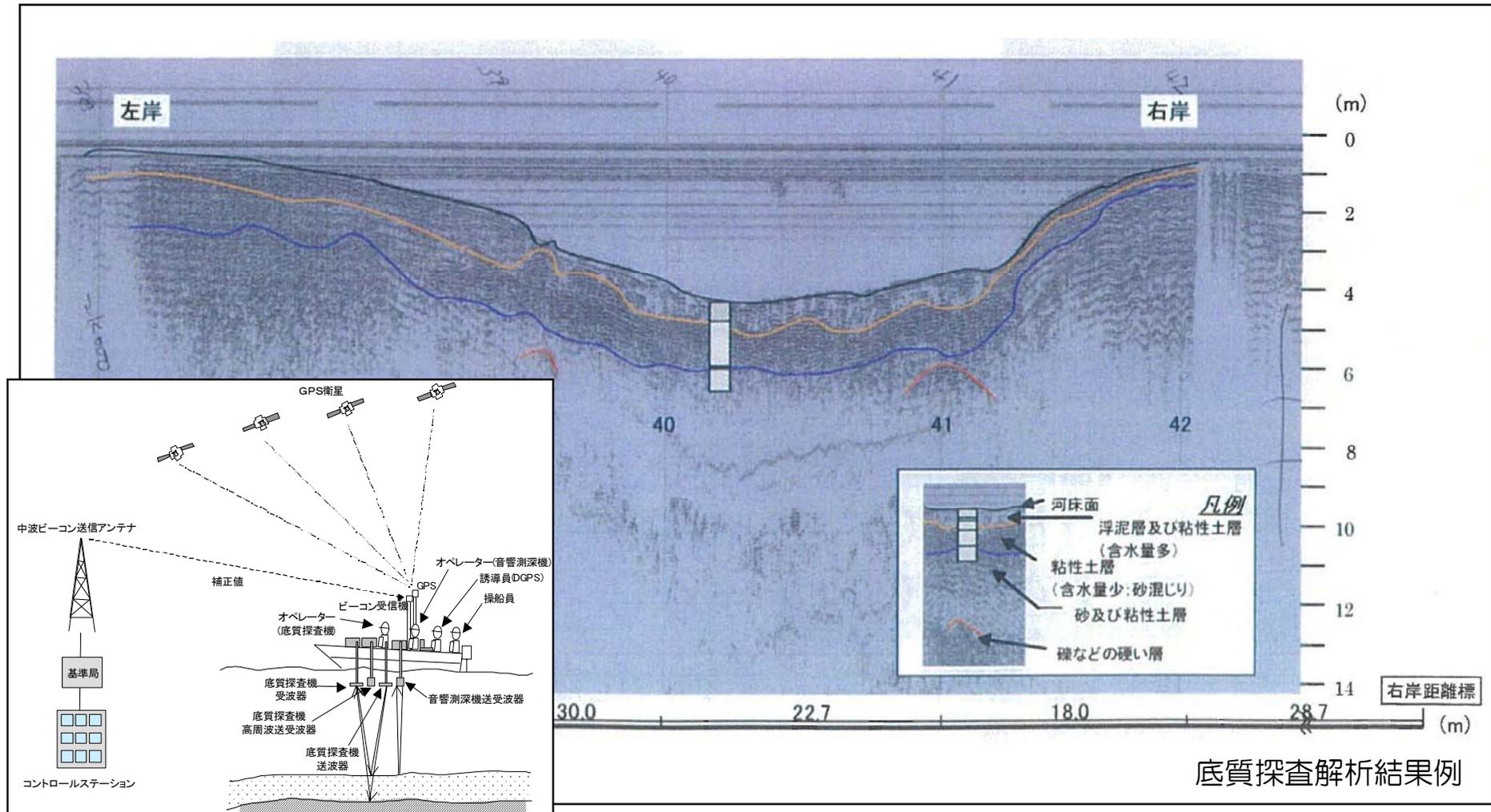


柱状コアサンプル土質分析結果（事前調査）（M1k2）



C：底質探査手法

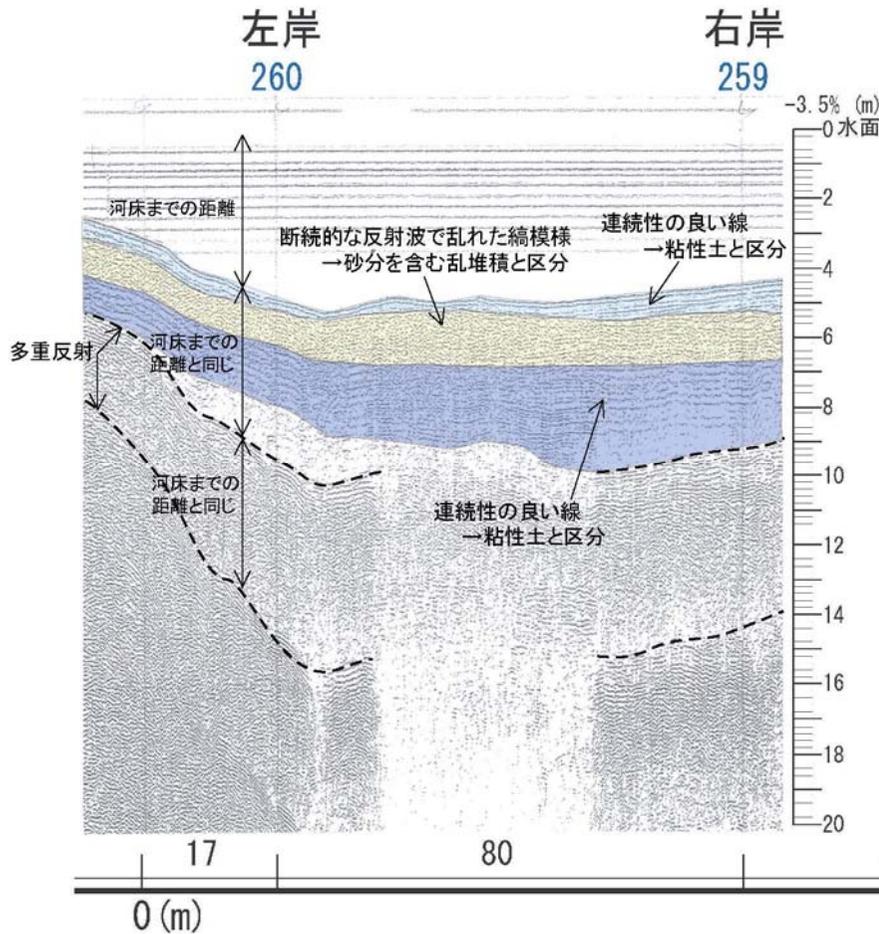
○堆積構造については、各測線上で底質探査装置(超音波測深器；周波数を数KHz～200KHzで変化、通常の深浅測量は200KHz)を用いて、河床深度方向の地質分布を捉える。(今回調査では、200KHz、5KHz、3.5KHzを使用)



C：底質探査結果の解析手法

底質探査により取得した記録から、下表に示す記録パターンと解釈や柱状コアサンプリング調査結果等を参考にしつつ、総合的に解析を行う。

底質探査結果解析例



音波探査記録パターンと解釈

記録パターン	解釈	
連続性の良い反射面	連続した境界面	不整合面、地層面
連続性の良い線の集合	成層状態	粘性土主体の成層互層
断続的な反射波	境界層の側方変化	側方層相変化、指交堆積構造
断続的な反射波で乱れた線模様の集合	内部構造の乱れた堆積状態	クロスラミナ、砂州状堆積、乱堆積、タービダイト
線模様は形成せず点の集合	面的構造がなく均質物性	ある程度厚い均質粘土層、均質砂層
双曲線模様	硬い反射体	断層、貫入岩、埋没谷
双曲線の集合	非常に硬い境界	レキ層の上面、古期岩類との境界、不整合面
線の分岐	境界面の分岐	不整合面、地層の薄化、層相変化、指交堆積構造
白っぽく無反射	均質物性	ある程度厚い均質粘土層、均質砂層、音響基盤
垂直変位をとまなう線の切断	層の垂直的ズレ	断層による垂直的ズレ

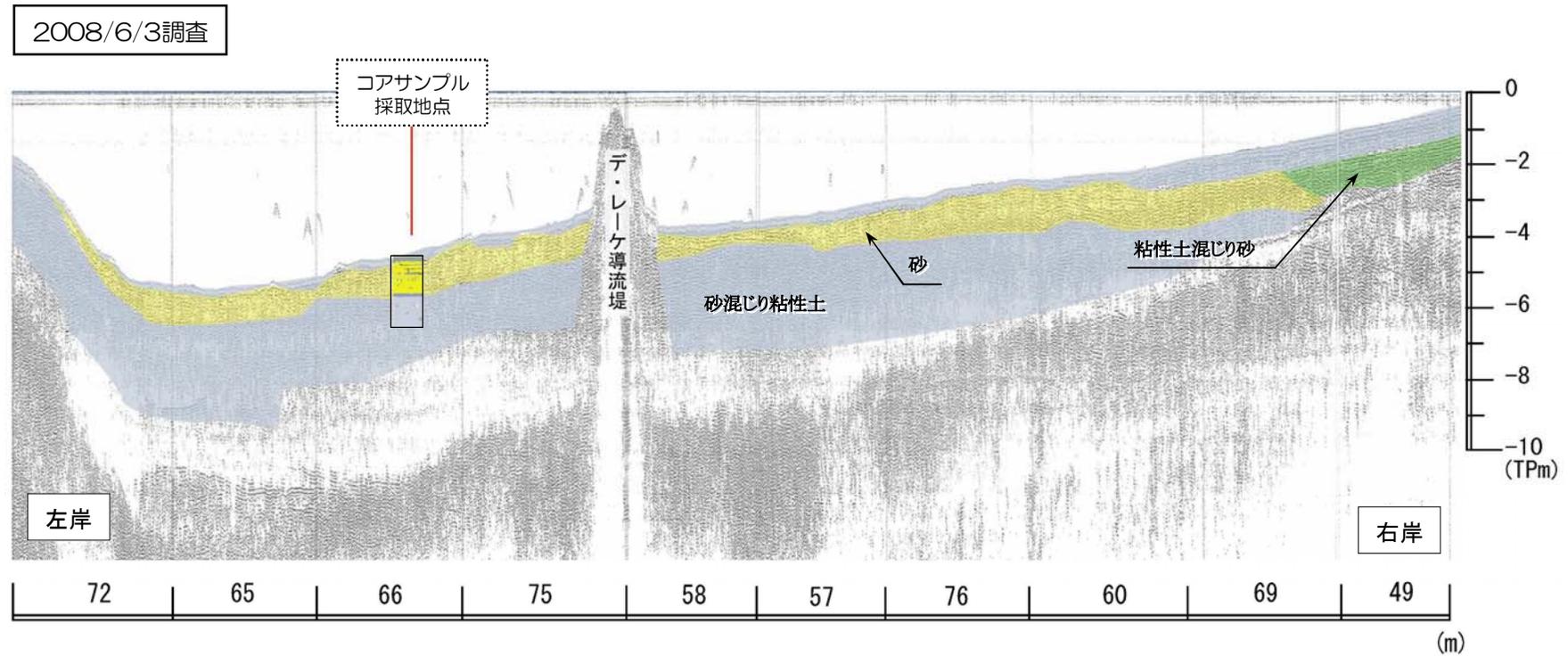
出典：海洋調査技術マニュアル－海洋地質調査編－(社)海洋調査協会

底質探査結果と柱状コアサンプルの重ね合わせ



C：底質探査の解析結果（筑後川Ok地点）

【Ok地点：横断測線】



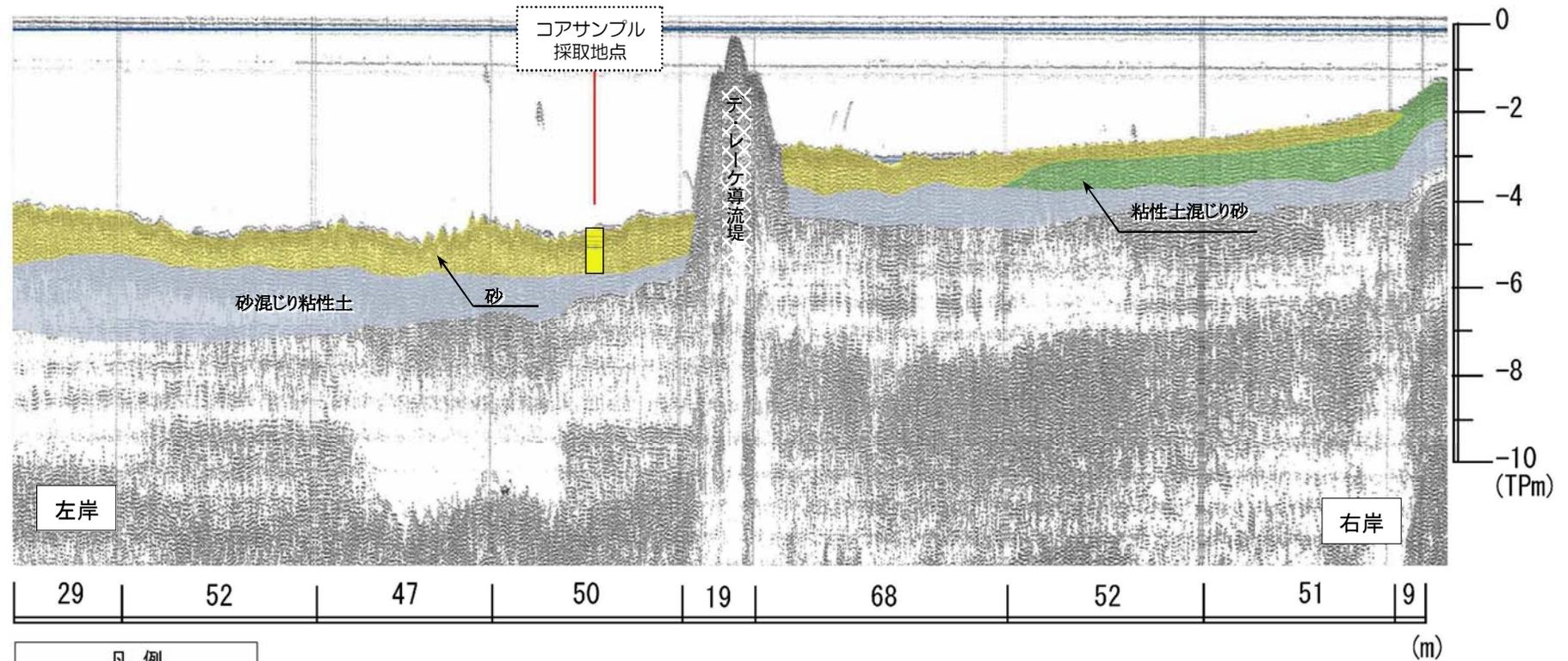
Ok地点は、部分的に表層に薄い粘土層が見られ、その下約1m程度は砂層である。

凡例	
	礫
	砂
	粘性土混じり砂
	砂混じり粘性土
	粘性土
	ガタ土(浮泥を含む粘性土)

C：底質探査の解析結果（筑後川4k地点）

【4k地点：横断測線】

2008/6/3調査



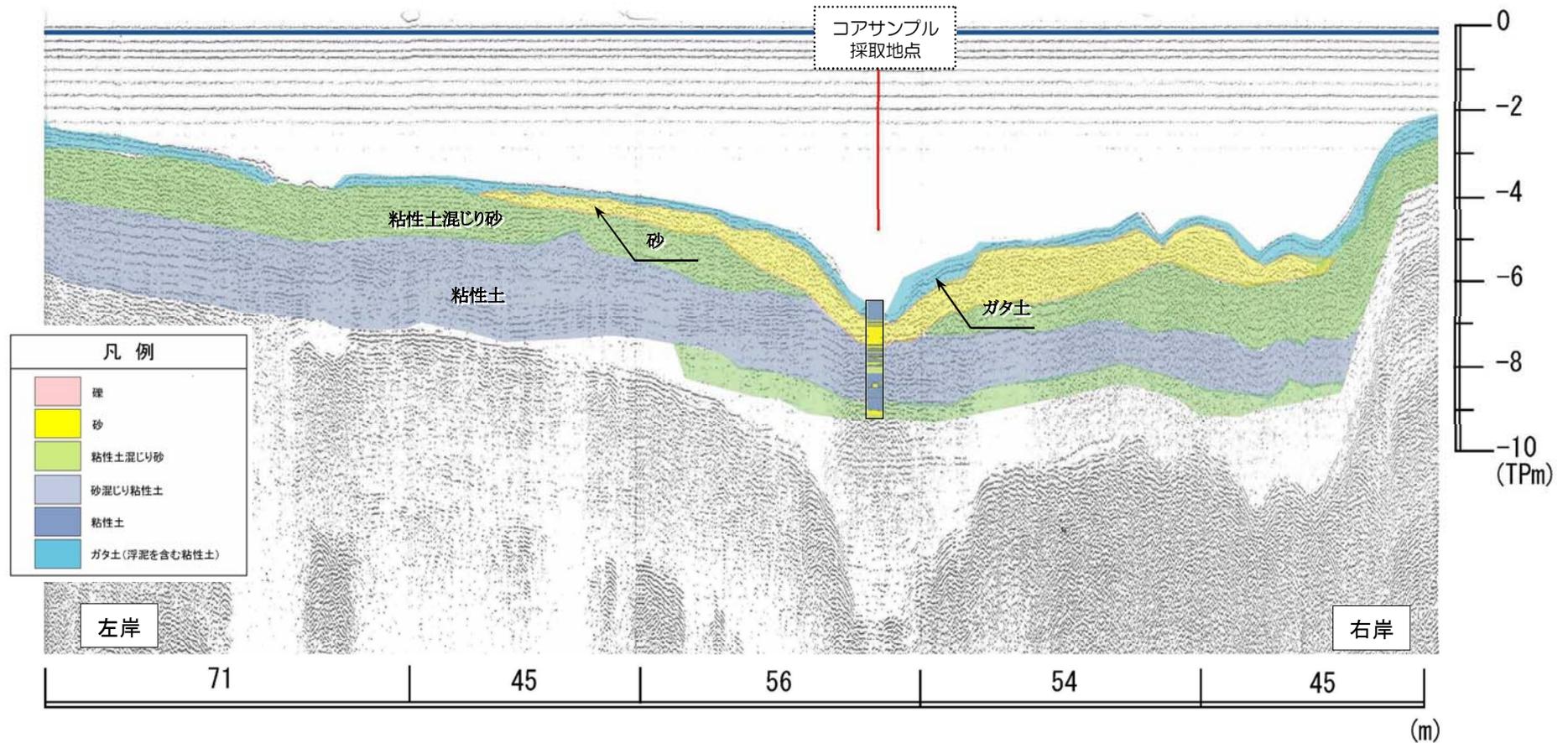
凡例	
	礫
	砂
	粘性土混じり砂
	砂混じり粘性土
	粘性土
	ガタ土(浮泥を含む粘性土)

4k地点は、全体的に約1m程度の砂層があり、その下には粘性土を主体とした砂混じり粘性土が堆積している。

C：底質探査の解析結果（筑後川10k地点）

【10k地点：横断測線】

2008/2/29調査

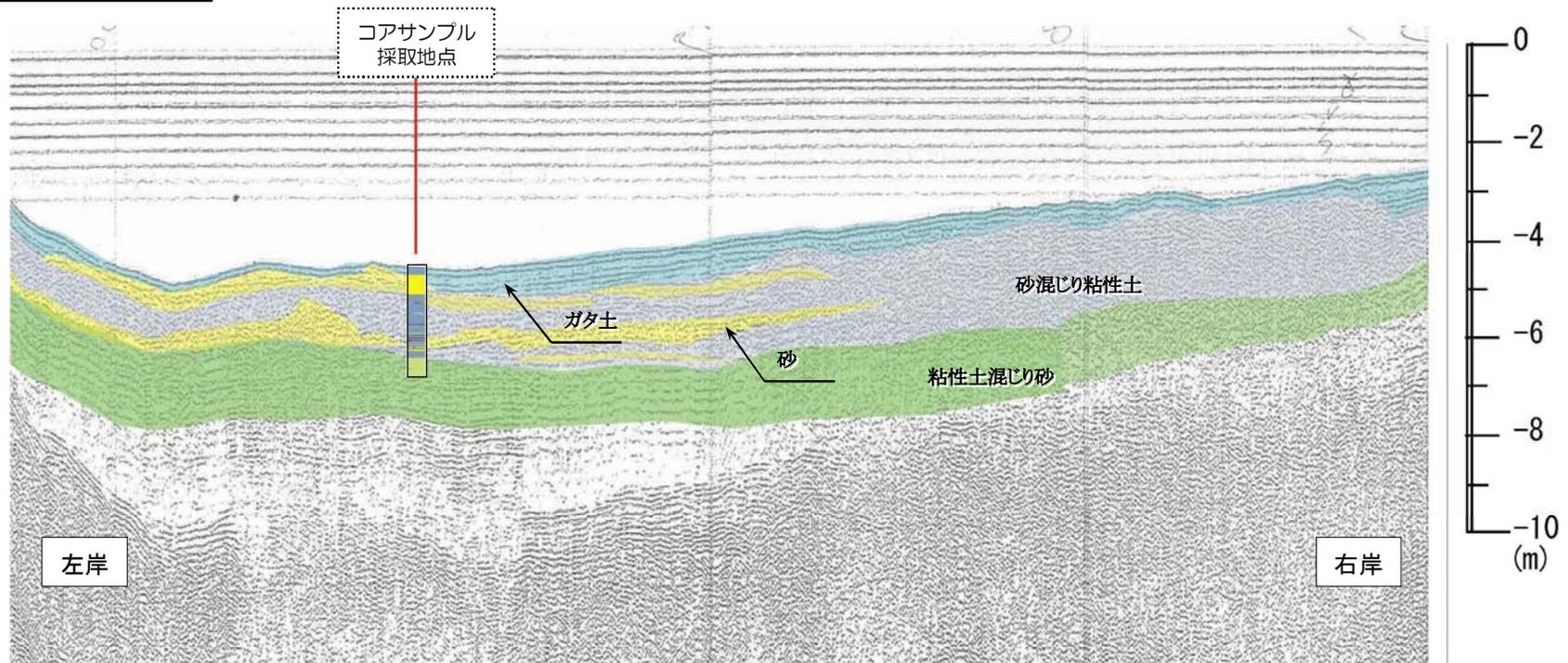


10k・14k地点では表層に含水比の高い粘性土（ガタ土）が堆積しており、その下層は砂層及び砂と粘土の互層、砂と粘土の混じった層となっている。

C：底質探査の解析結果（筑後川14k地点）

【14kO地点：横断測線】

2008/2/29調査



凡例	
	礫
	砂
	粘性土混じり砂
	砂混じり粘性土
	粘性土
	ガタ土(浮泥を含む粘性土)

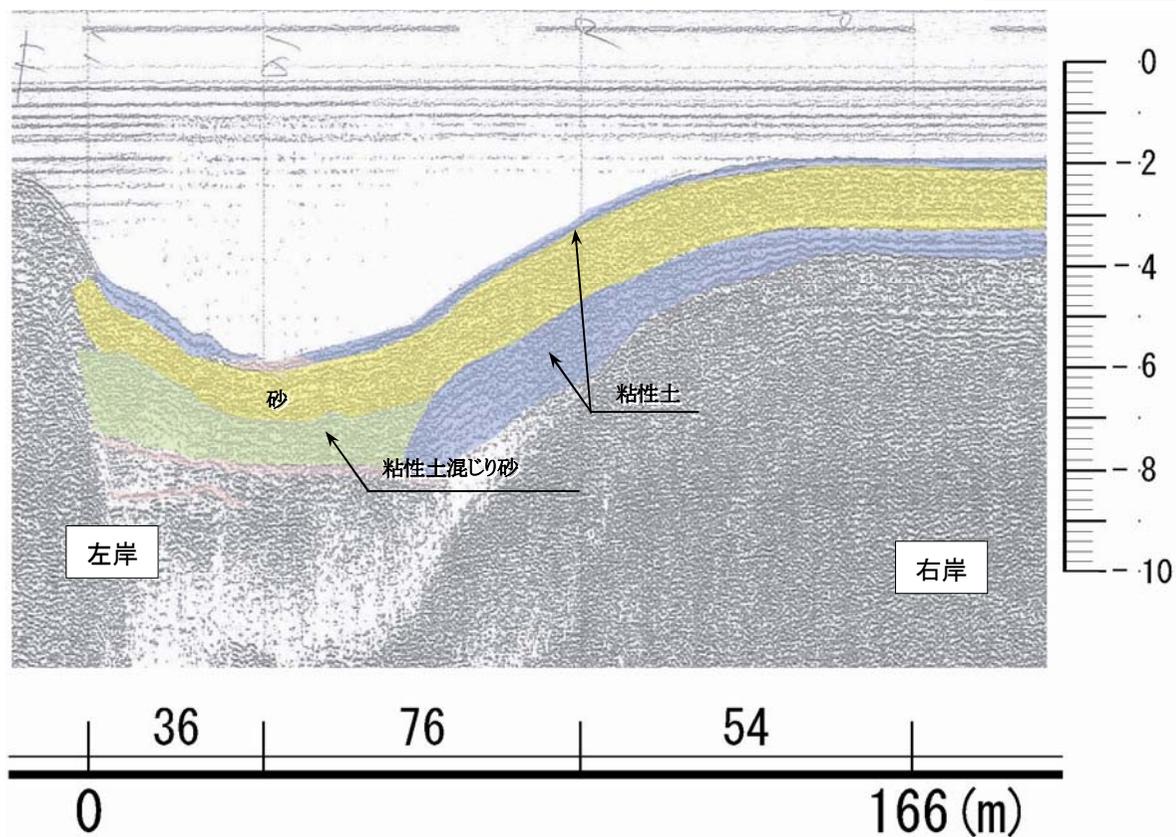
10k・14k地点では表層に含水比の高い粘性土（ガタ土）が堆積しており、その下層は砂層及び砂と粘土の互層、砂と粘土の混じった層となっている。

C：底質探査の解析結果（筑後川20k地点）

【20k地点：横断測線】

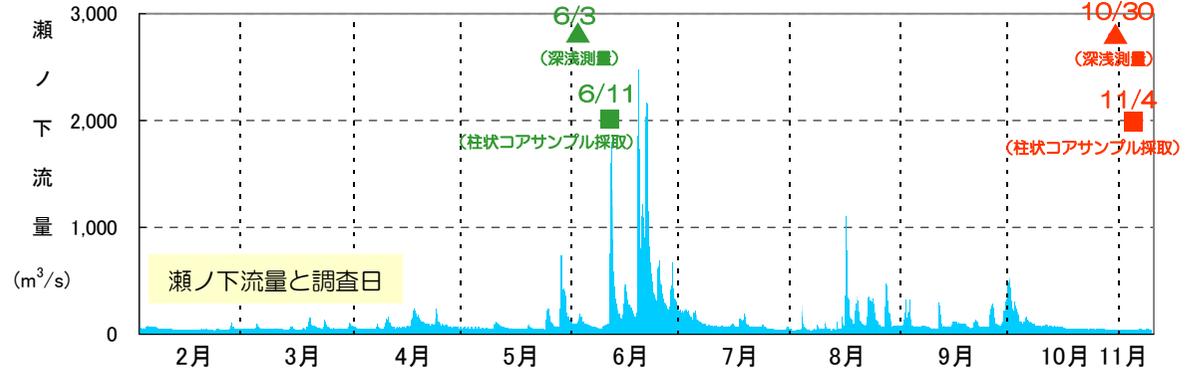
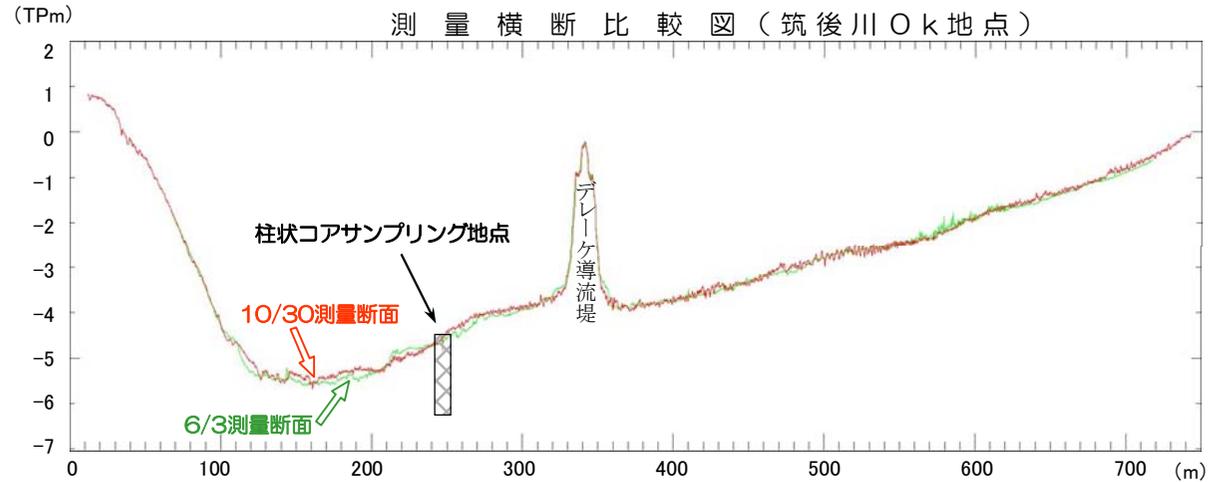
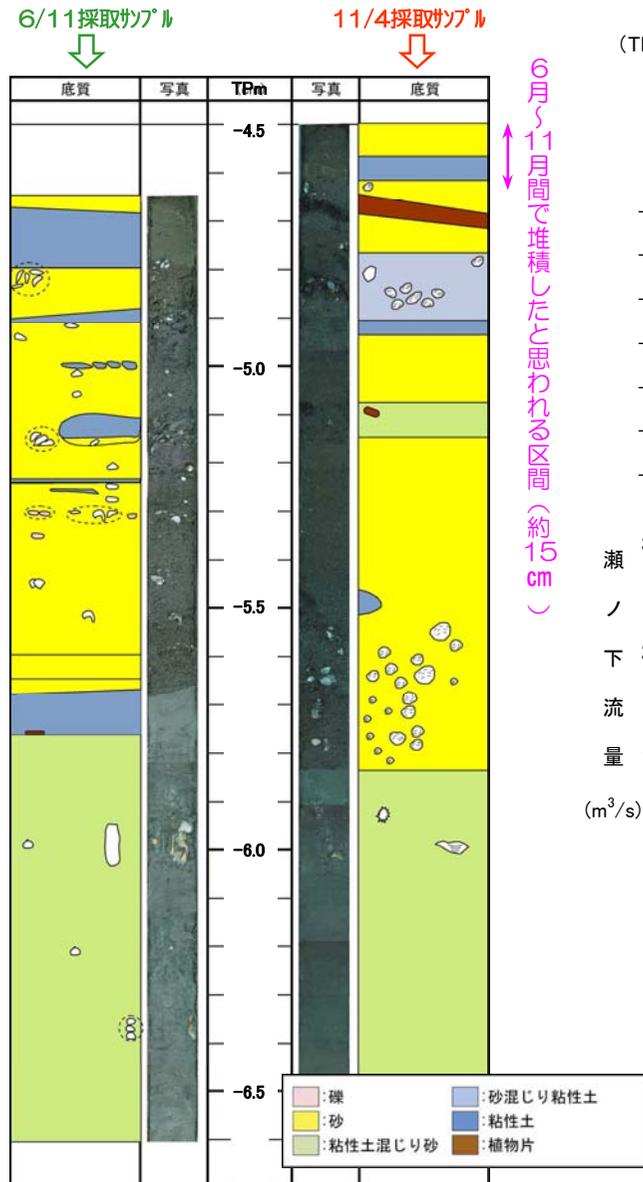
2008/2/28調査

本地点では、表面に礫層が堆積しており、柱状採泥による資料採取ができず、堆積物の直接確認が出来なかった。このため、近接地点の柱状採泥結果と音波探査結果から得られた音響パターンを参考値とし、20k地点の音波解析を行った。



20k地点は表層に薄い粘土層が見られるが、部分的に礫が存在し、その下約1m程度は砂層である。

Ok地点での変化（1）



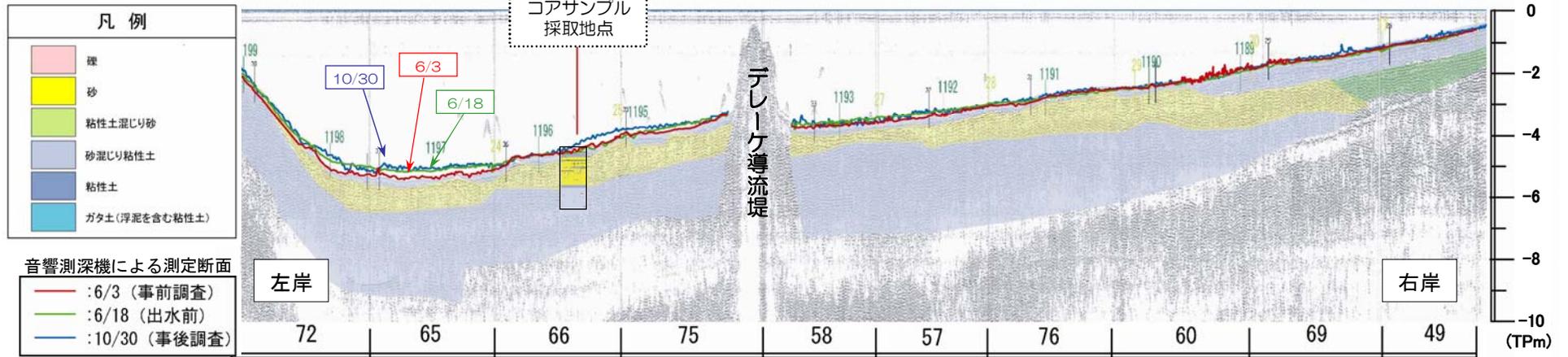
- ・6月～11月間でコアサンプル採取地点では、約10cmの薄い粘性土及び砂が堆積している。
- ・土質分析結果からも洪水による掃流等による堆積構造の大きな変化はないものと推定される。

注)各サンプル採取時の採取地点水深データ及び水位データより、高さを合わせ比較したもの。

Ok地点での変化（2）

底質探査結果による 比較分析

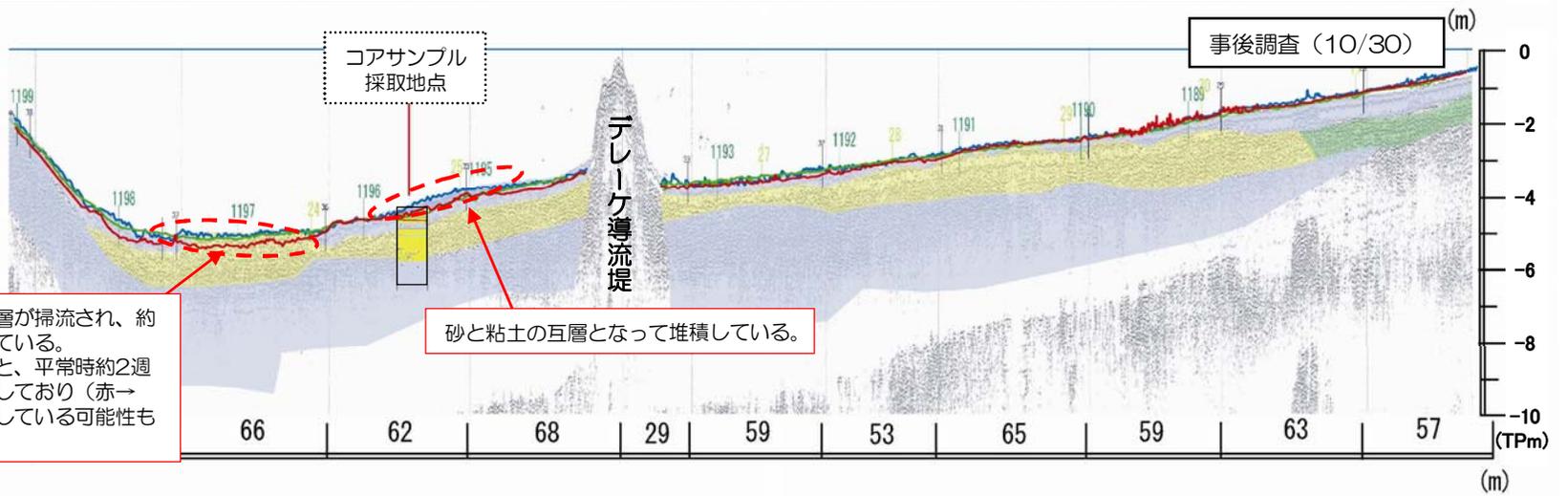
事前調査（6/3）



事後調査（10/30）

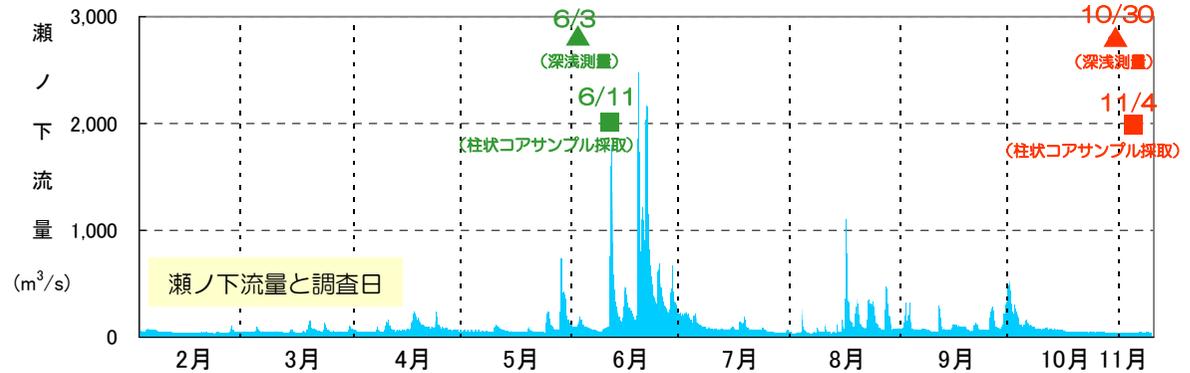
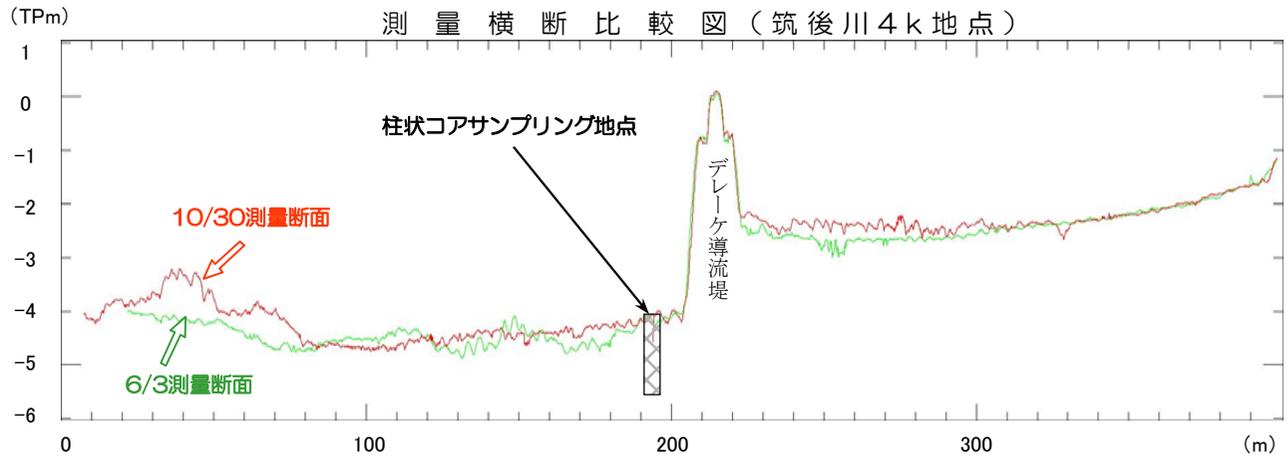
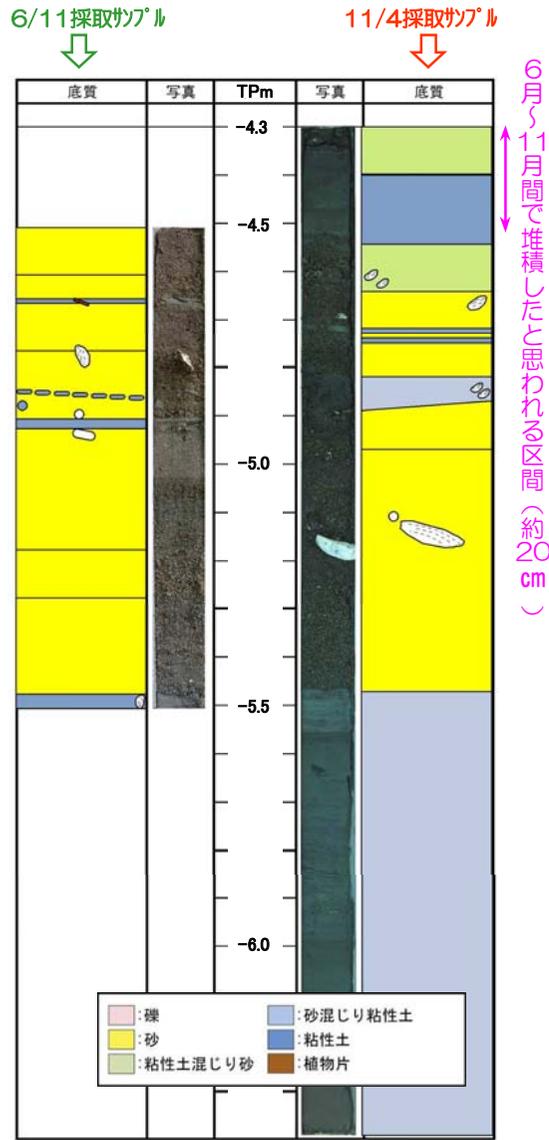
表層の砂と粘土の互層が掃流され、約50cmの砂が堆積している。断面形状を比較すると、平常時約2週間で河床形状が変化しており（赤→緑）、平常時に変動している可能性もある。

砂と粘土の互層となって堆積している。



※横断方向スケールは事前事後同様

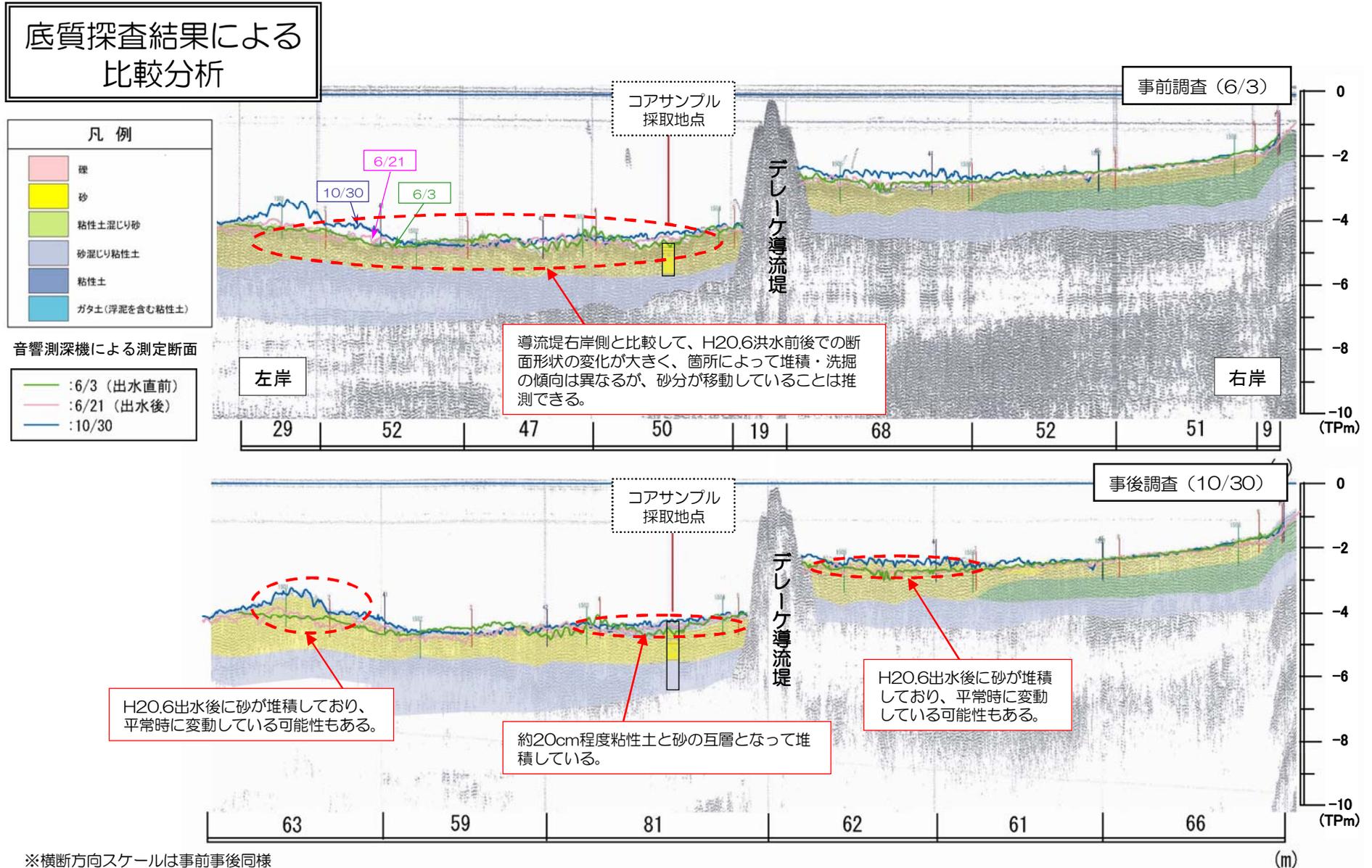
4k地点での変化(1)



- ・6月～11月間でコアサンプル採取地点では、約20cmの粘性土及び粘性土混じり砂が堆積している。
- ・土質分析結果からも洪水による掃流等による堆積構造の大きな変化はないものと推定される。

注) 各サンプル採取時の採取地点水深データ及び水位データより、高さを合わせ比較したもの。

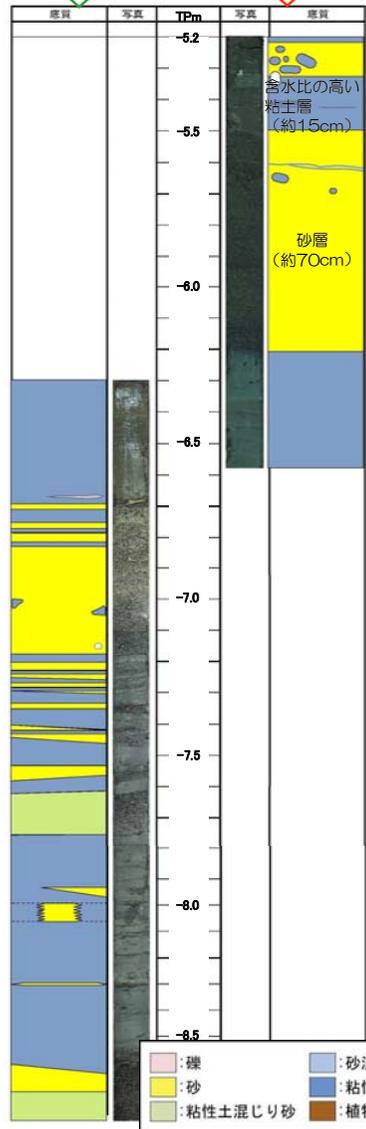
4k地点での変化(2)



※横断方向スケールは事前事後同様

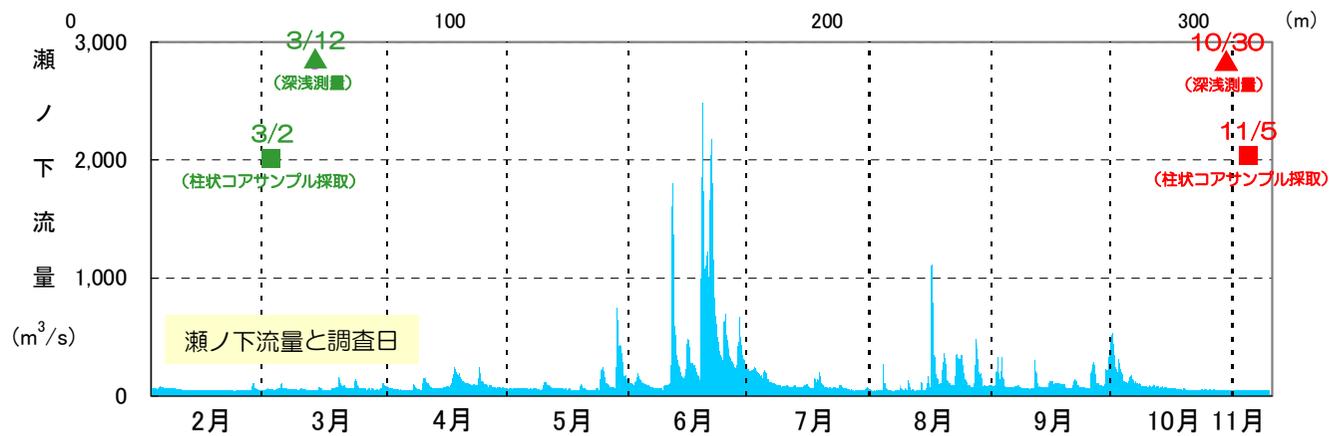
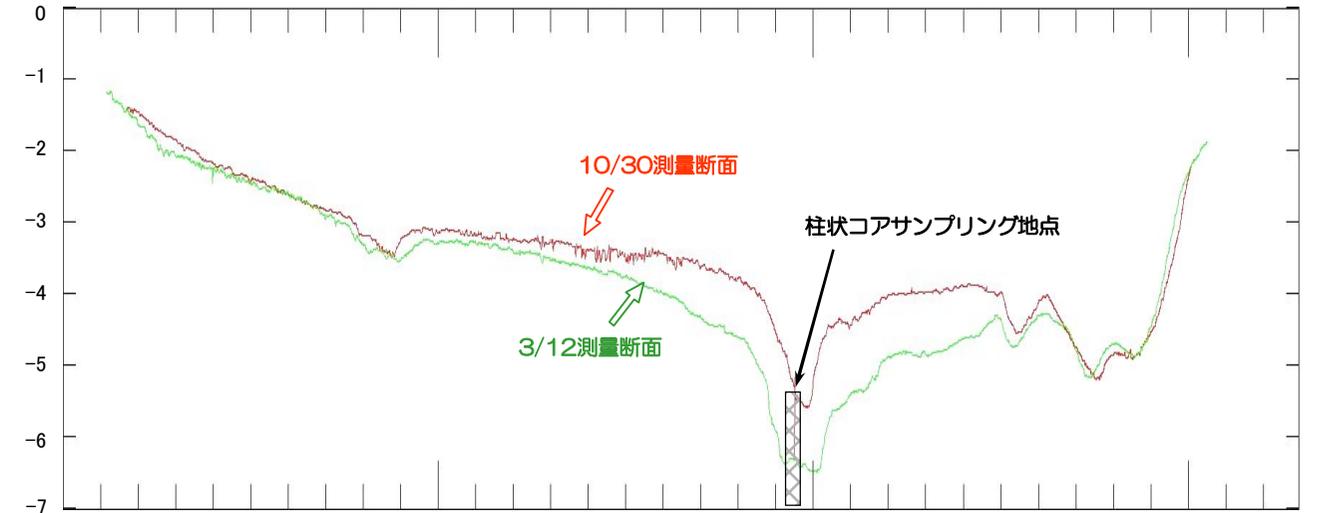
10k地点での変化(1)

3/2採取カプル 11/5採取カプル



注)各サンプル採取時の採取地点水深データ及び水位データより、高さを合わせ比較したもの。

測量横断比較図(筑後川10k地点)



- ・ 3月～11月間でコアサンプル採取地点では、約70cmの砂が堆積しており、平成20年6月洪水によるものではないかと思われる。
- ・ その後、平常時のガタ土の堆積と小洪水による掃流・堆積により、その上層には15cm程度の比較的含水比の高い粘性土と10cm程度の砂が堆積している。

10k地点での変化（2）

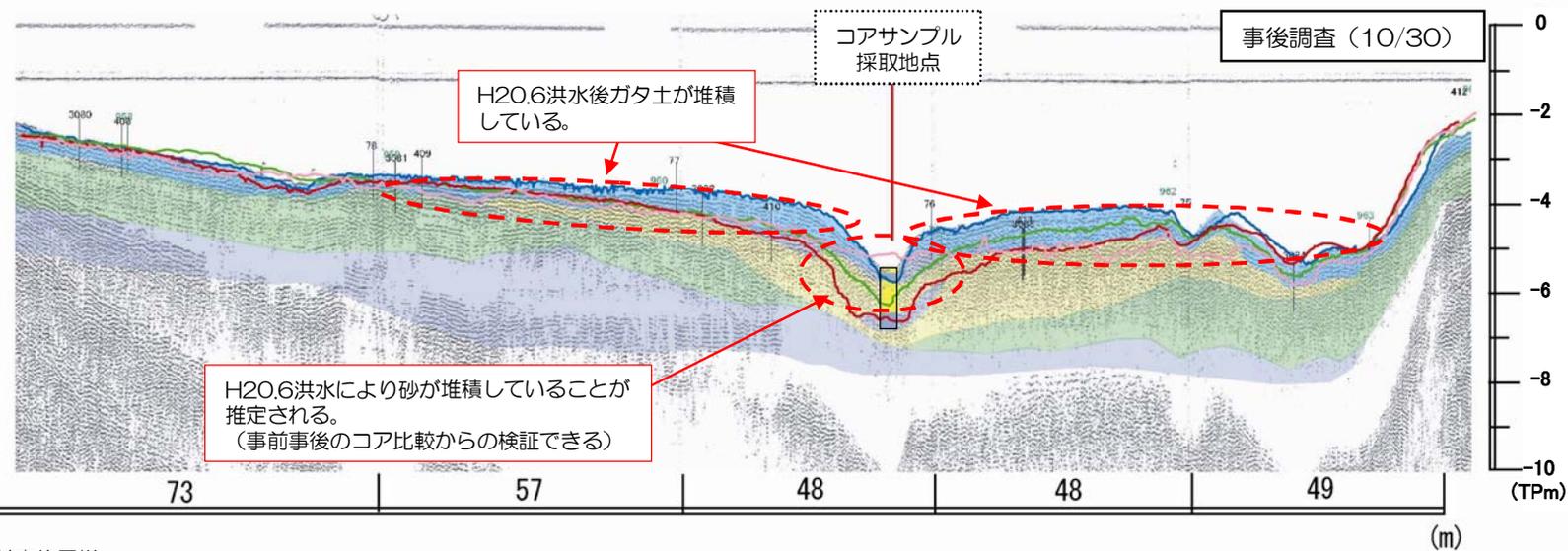
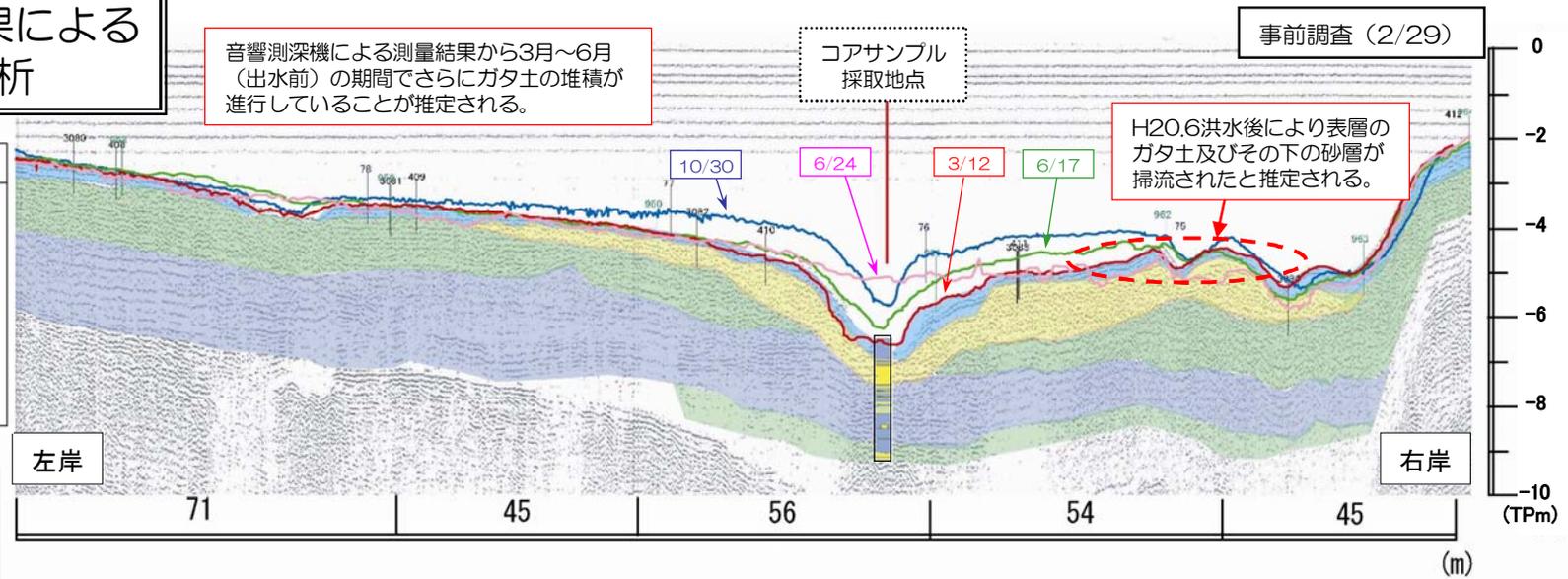
底質探査結果による 比較分析

凡例

- 礫
- 砂
- 粘性土混じり砂
- 砂混じり粘性土
- 粘性土
- ガタ土（浮泥を含む粘性土）

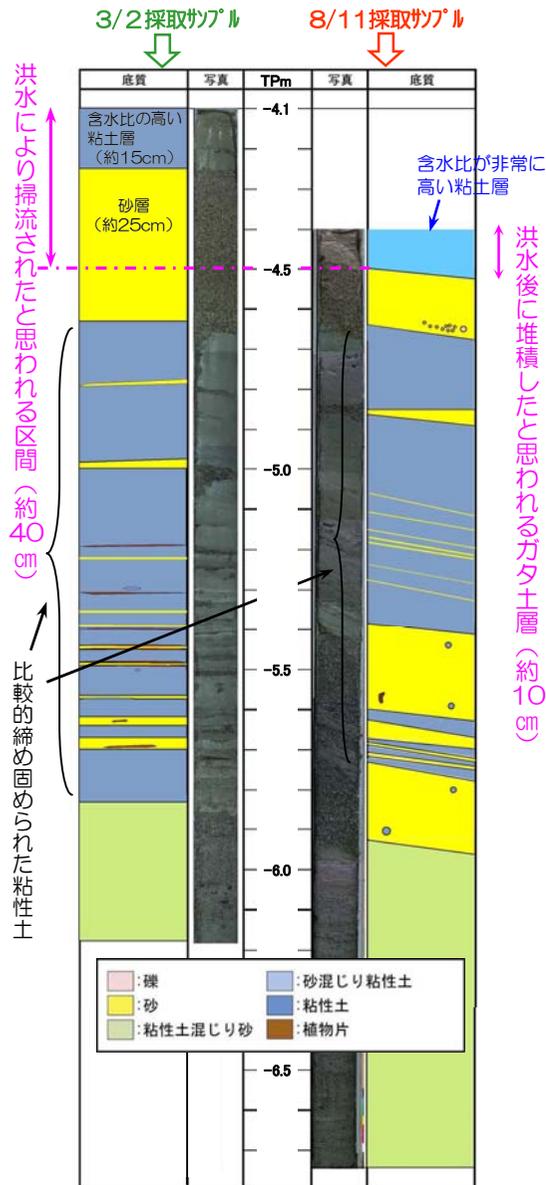
音響測深機による測定断面

- :3/12
- :6/17（出水直前）
- :6/24（出水直後）
- :10/30

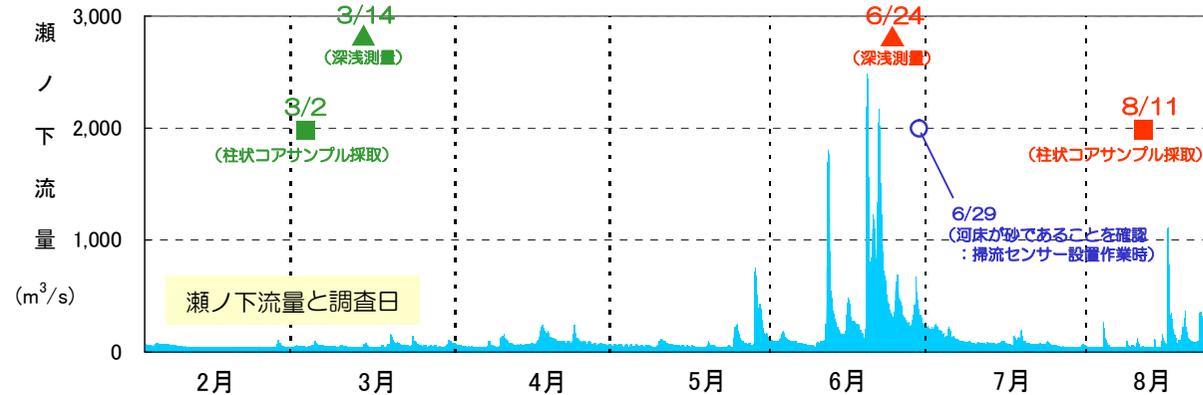
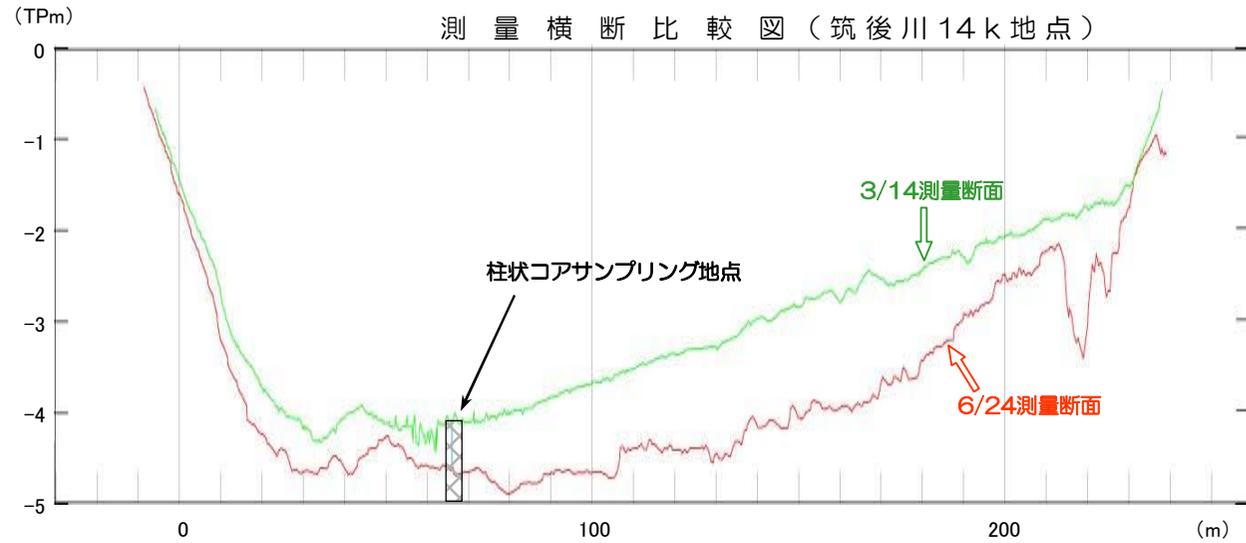


※横断方向スケールは事前事後同様

14k地点での変化(1)

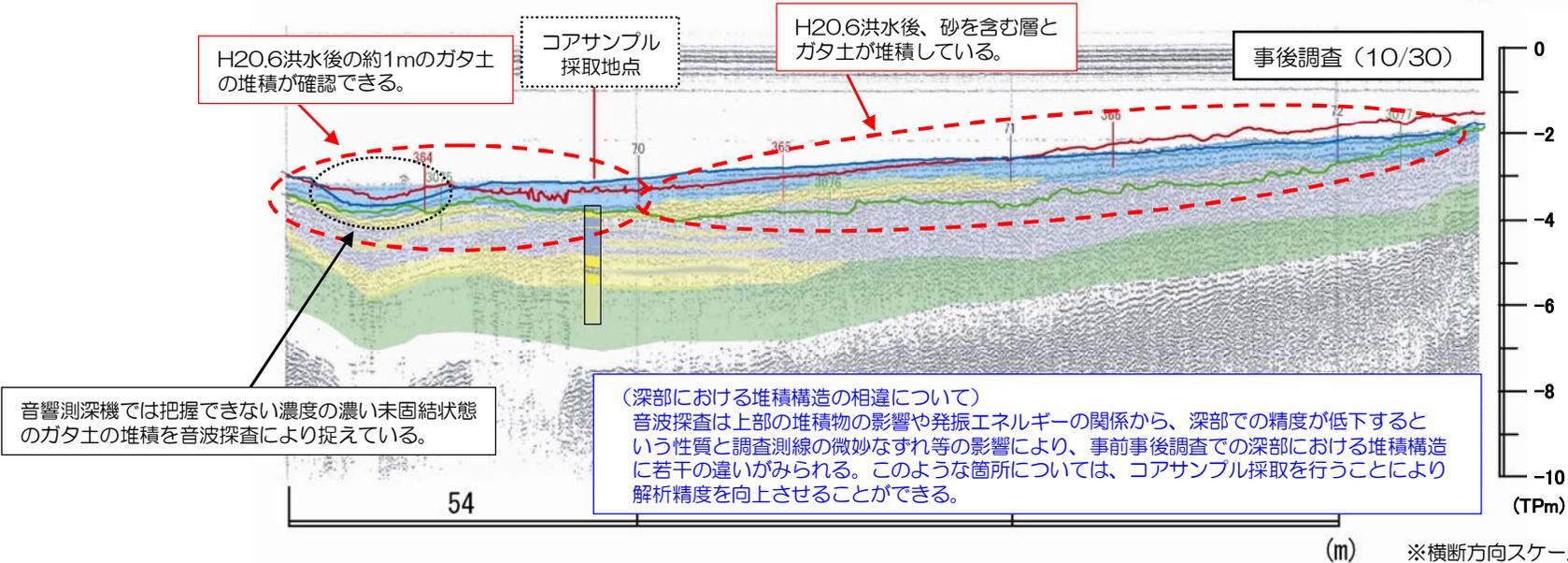
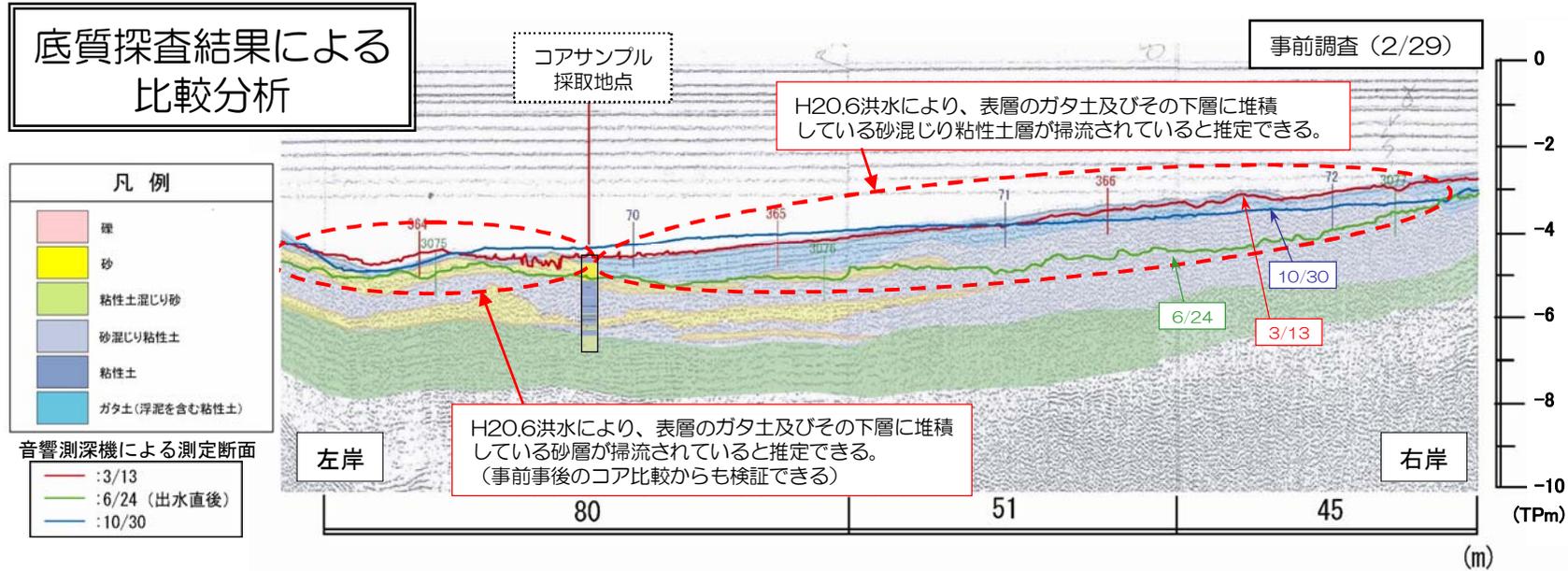


注)各サンプル採取時の採取地点水深データ及び水位データより、高さを合わせ比較したもの。



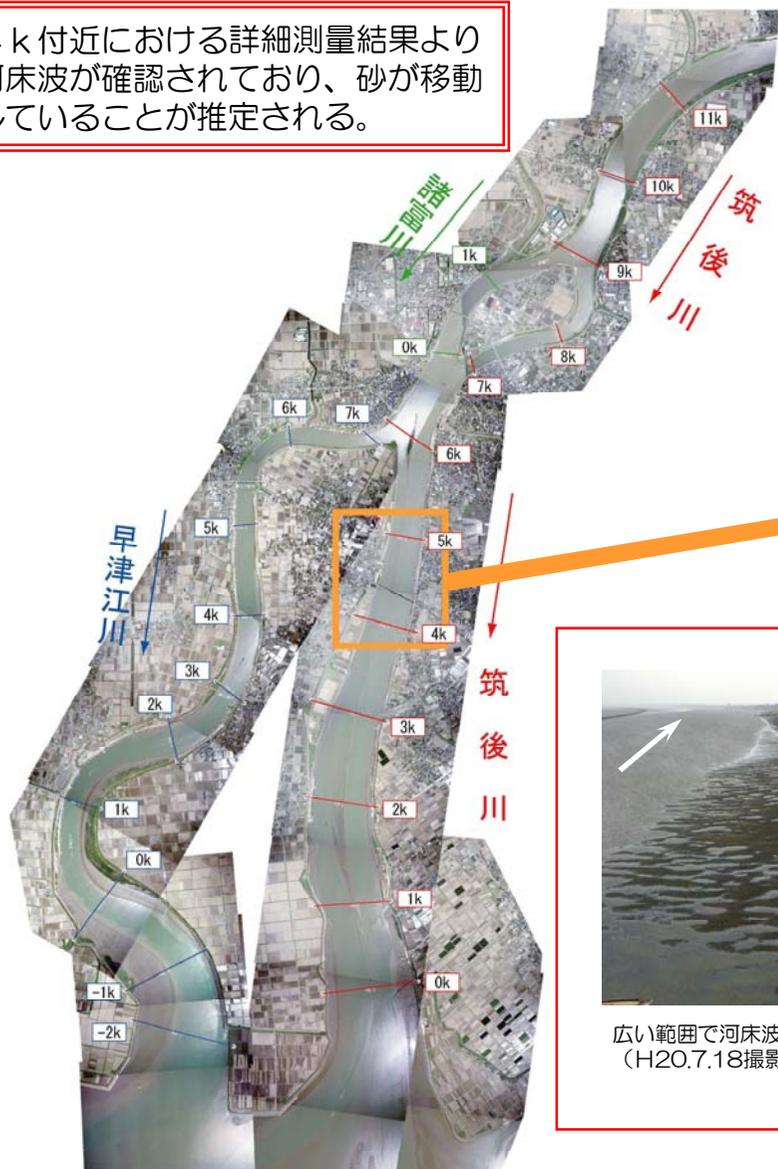
- ・平成20年6月洪水により14k地点では河床が最大約1.5m程度低下している。
- ・柱状コアサンプルを採取している流心部付近では約15cmの粘性土層と約25cmの砂層が掃流されていることが推定される。
- ・6/29(掃流センサー設置の為、潜水作業を実施)時点で河床が砂であることを確認したが、8/11までの約40日間でガタ土が堆積しており、柱状コアサンプリング結果から見るとその厚さは約10cmである。

14k地点での変化(2)



追加調査：4 k 付近における河床波の状況（調査位置図）

4 k 付近における詳細測量結果より河床波が確認されており、砂が移動していることが推定される。



【調査内容】

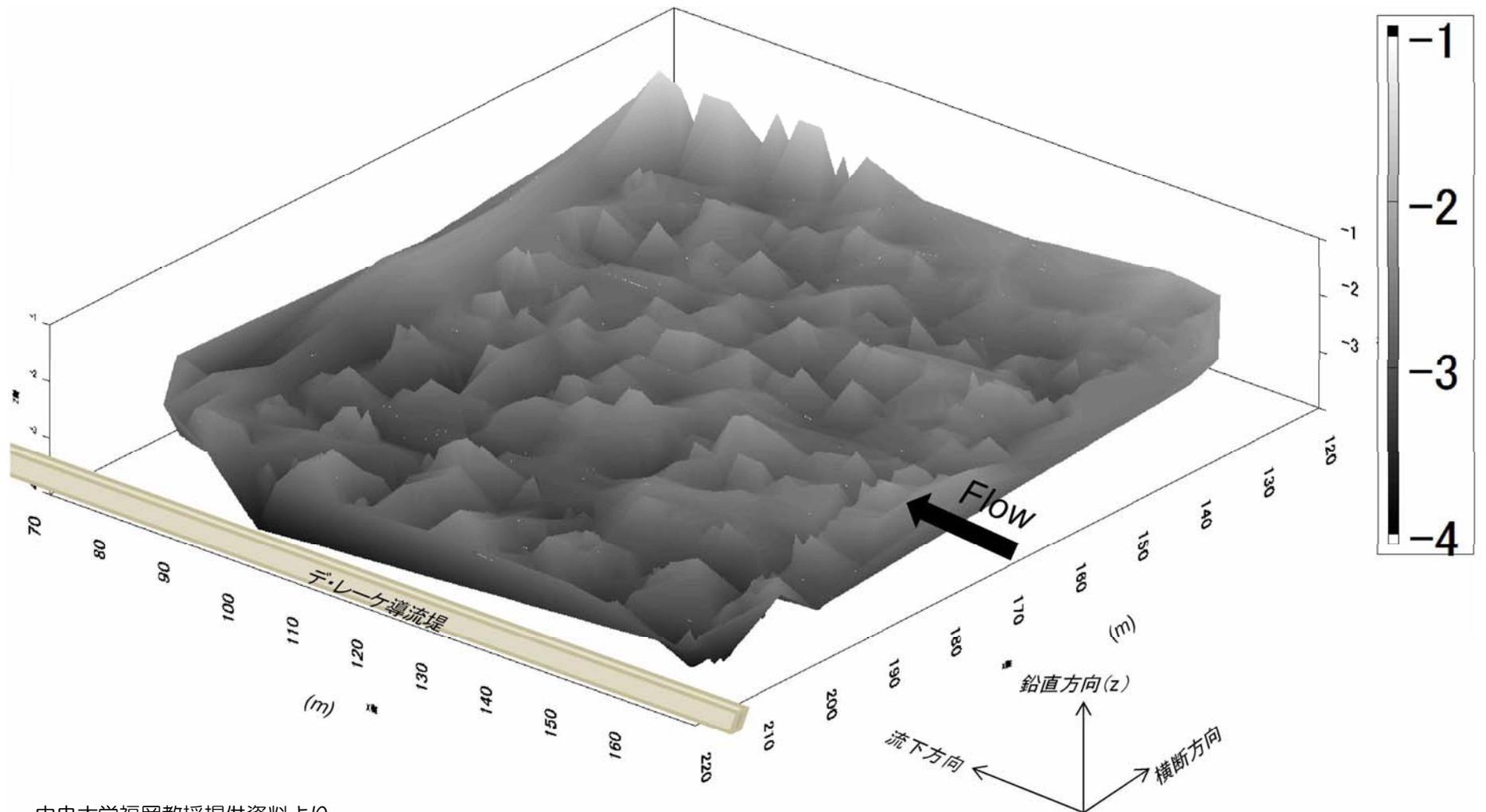
横断方向：5mピッチ、縦断方向：10mピッチで深淺測量を実施。



広い範囲で河床波が見られる
(H20.7.18撮影)

追加調査：4 k 付近における河床波の状況

4.2km-4.4km河床波形状（右岸側導流堤付近）



中央大学福岡教授提供資料より

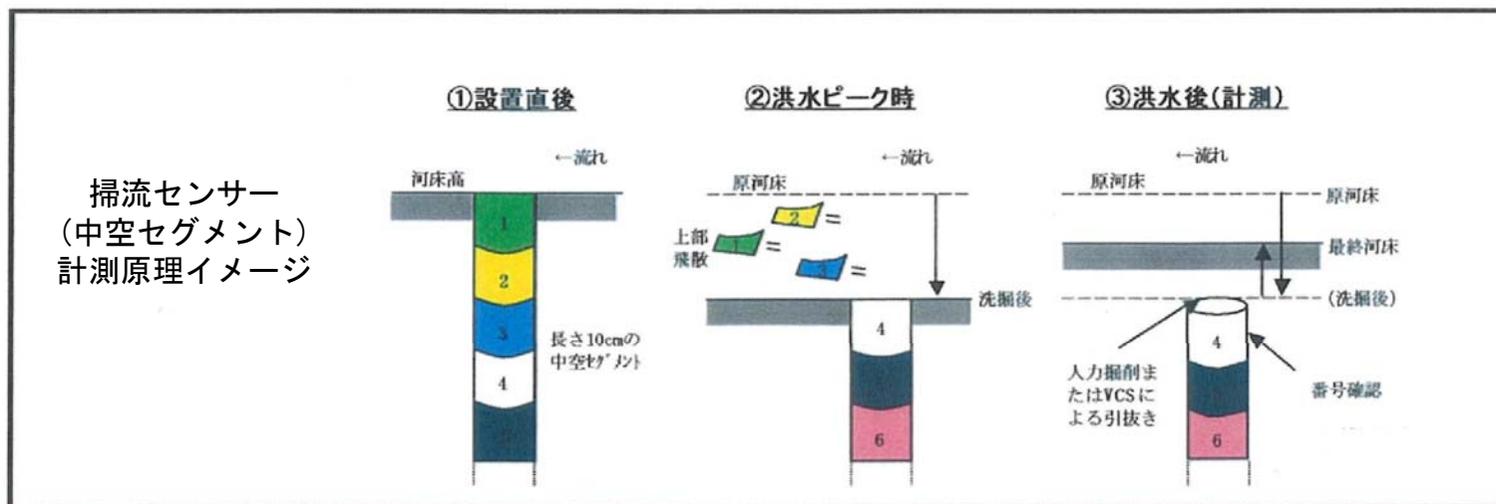
その他今回調査結果を整理したデータについても資料3に記載。

筑後大堰下流の土砂（砂） の堆積状況の把握

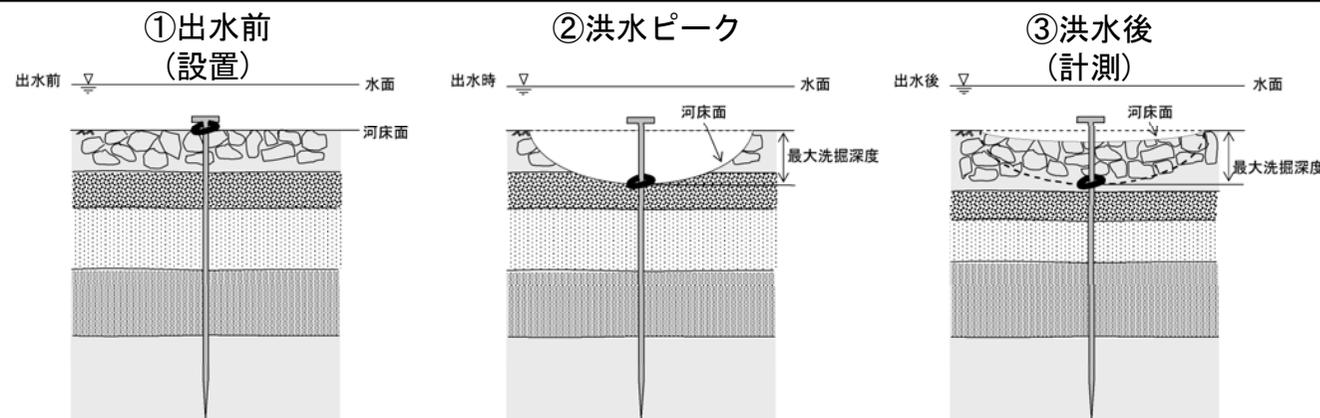
D. 洪水時における河床低下実態調査
～掃流センサー設置状況等～

D：洪水時における河床低下実態の調査【土砂掃流センサー】

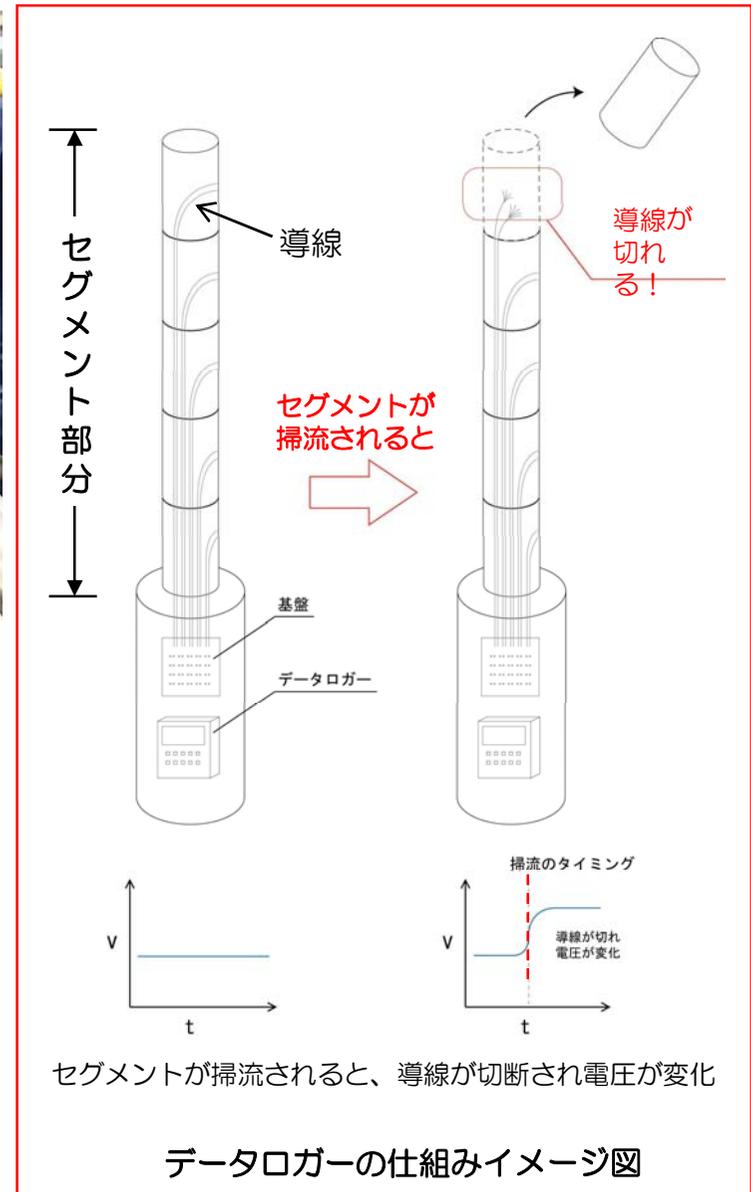
- 代表断面測線上の河床部に、概ね2～2.5mの深度まで、長さ10cmの中空セグメント(掃流センサー)を設置し、洪水時の掃流実態を調査する。
- 掃流センサー(中空セグメント)には掃流されたタイミングを記憶できるロガーを附設し、洪水後に回収するものとする。



また、埋設リングを設置し、最大浸食深を調査する。



D: 掃流センサー（セグメント）設置状況



D：掃流センサー回収状況



回収したリング



作業状況

回収したデータロガー

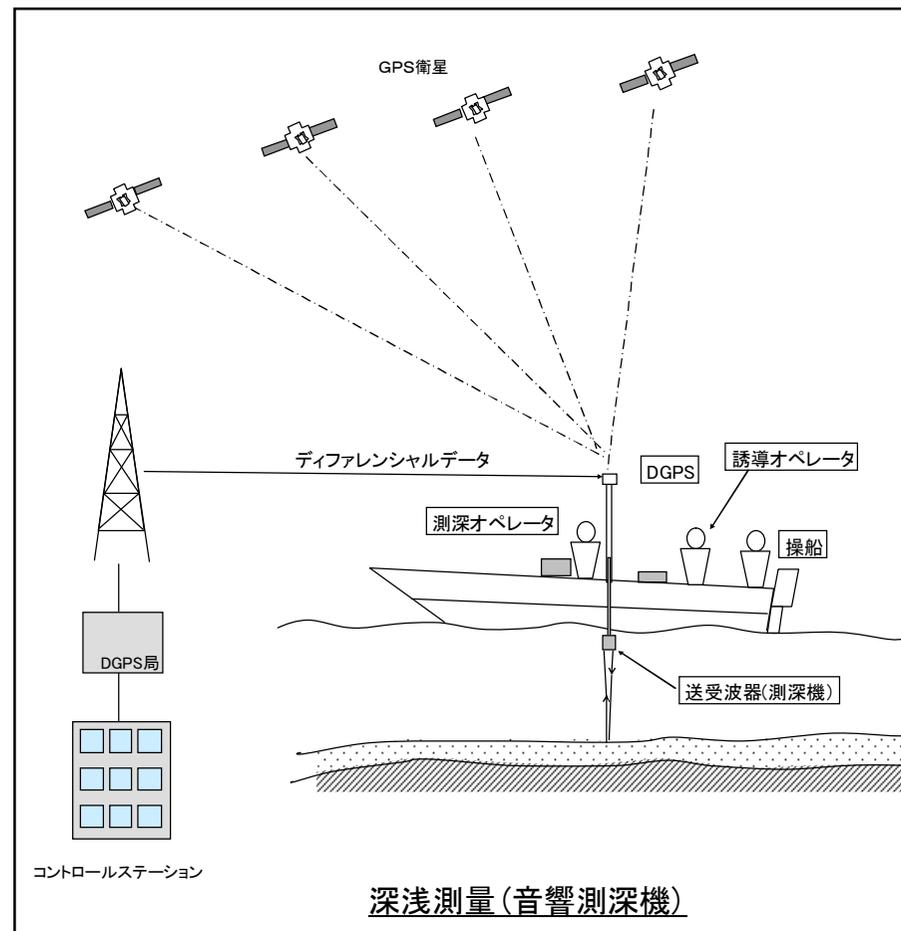


筑後大堰下流の土砂（砂） の堆積状況の把握

E. 平常時におけるガタ土復元実態調査
～深浅測量結果によるコンター図～

E：平常時におけるガタ土の復元実態調査【深浅測量】

- 洪水前後、各調査測量線上で音響測深機（200kHz）を用いて定期的に深浅測量を実施し、河床横断形状（表面形状）の変化のモニタリングを実施する。



E：深浅測量調査結果概要

【調査結果】

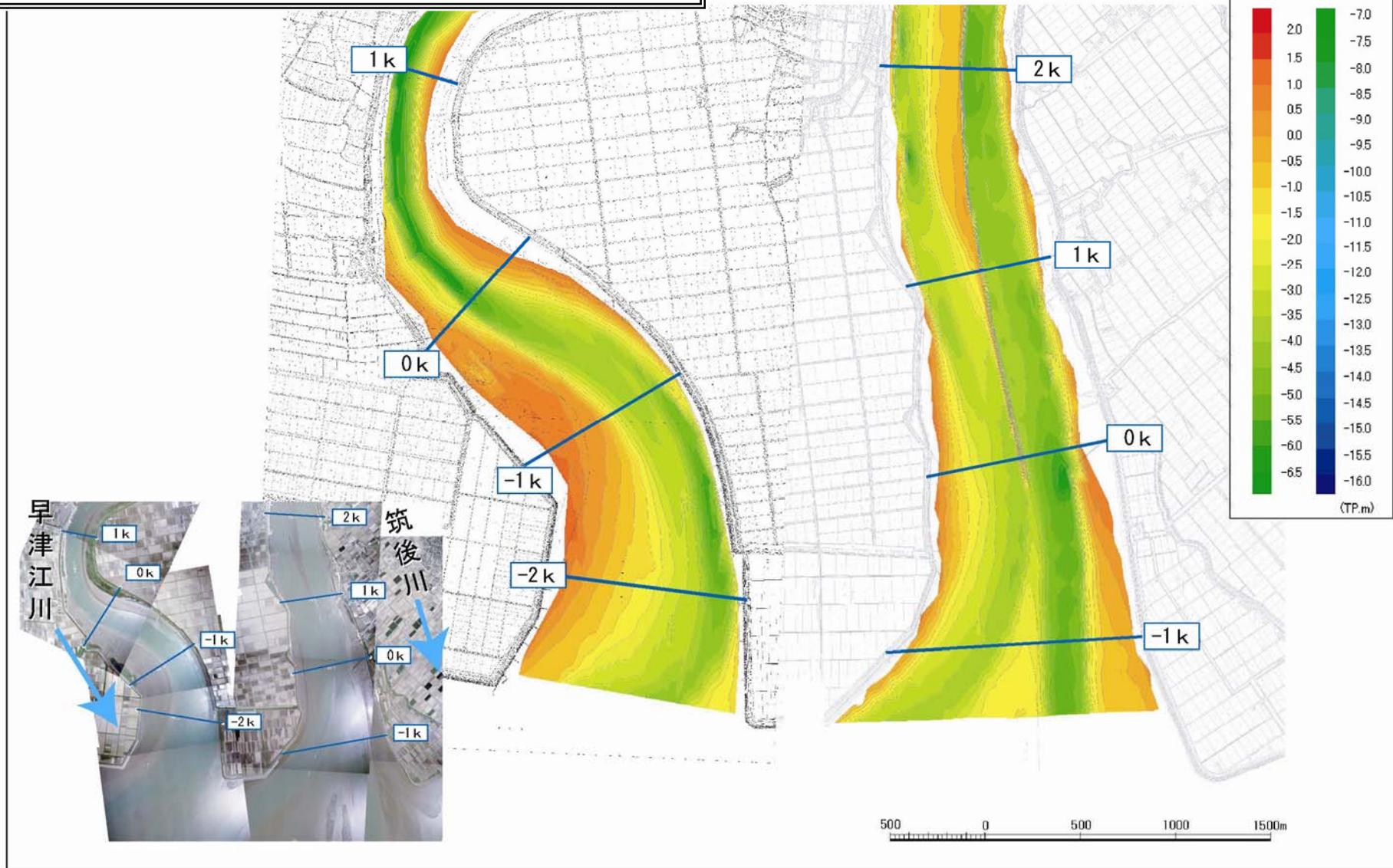
- 横断測線100mピッチで低水路部の深浅測量を実施。
- 調査結果からコンター図を作成。

【今後の予定】

- 定期的に調査を実施し、河床高の変動（ガタ土の堆積状況）を把握する。

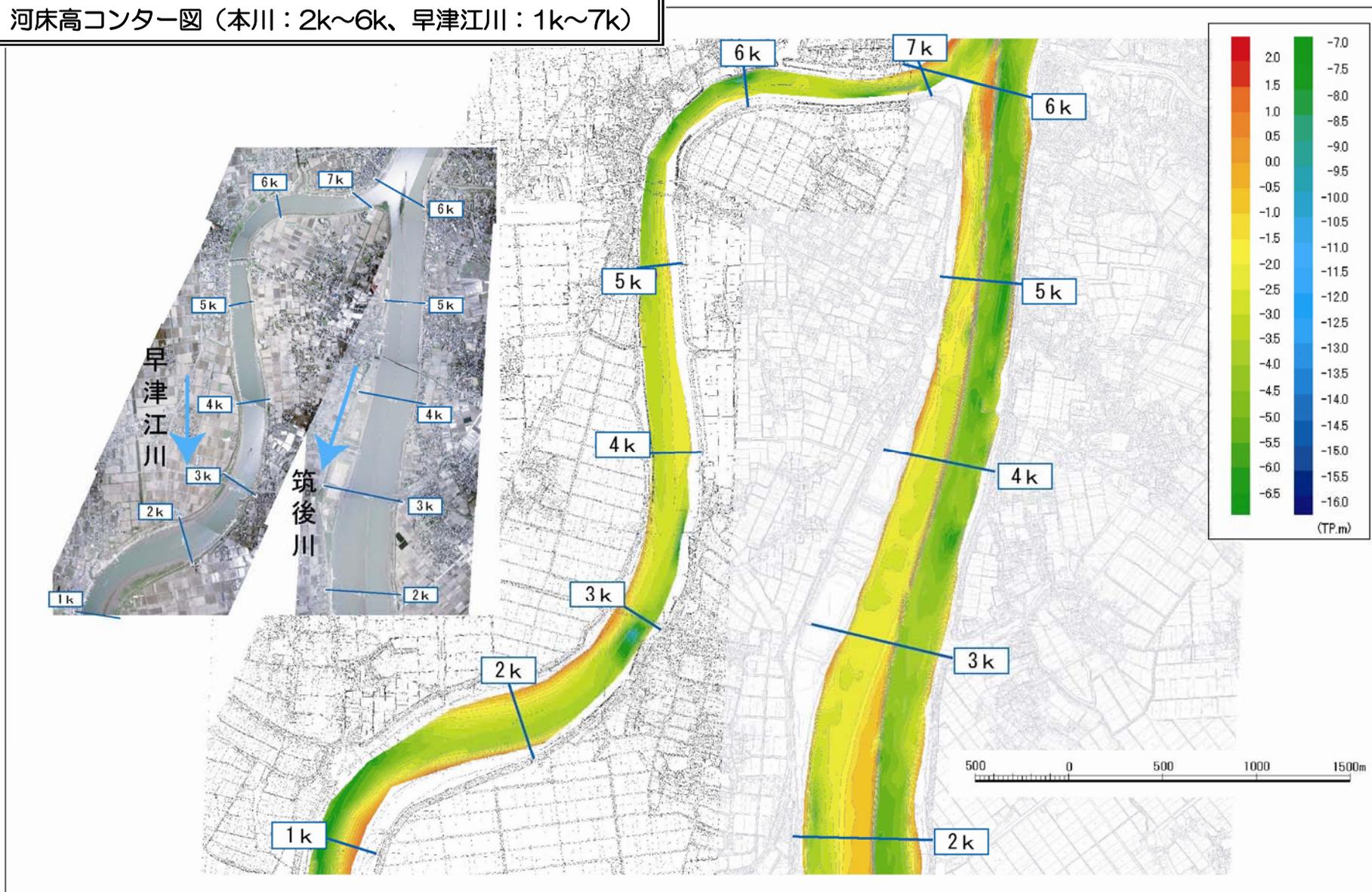
E：深浅測量結果によるコンター図（1）

河床高コンター図（本川：河口～2k、早津江川：河口～1k）



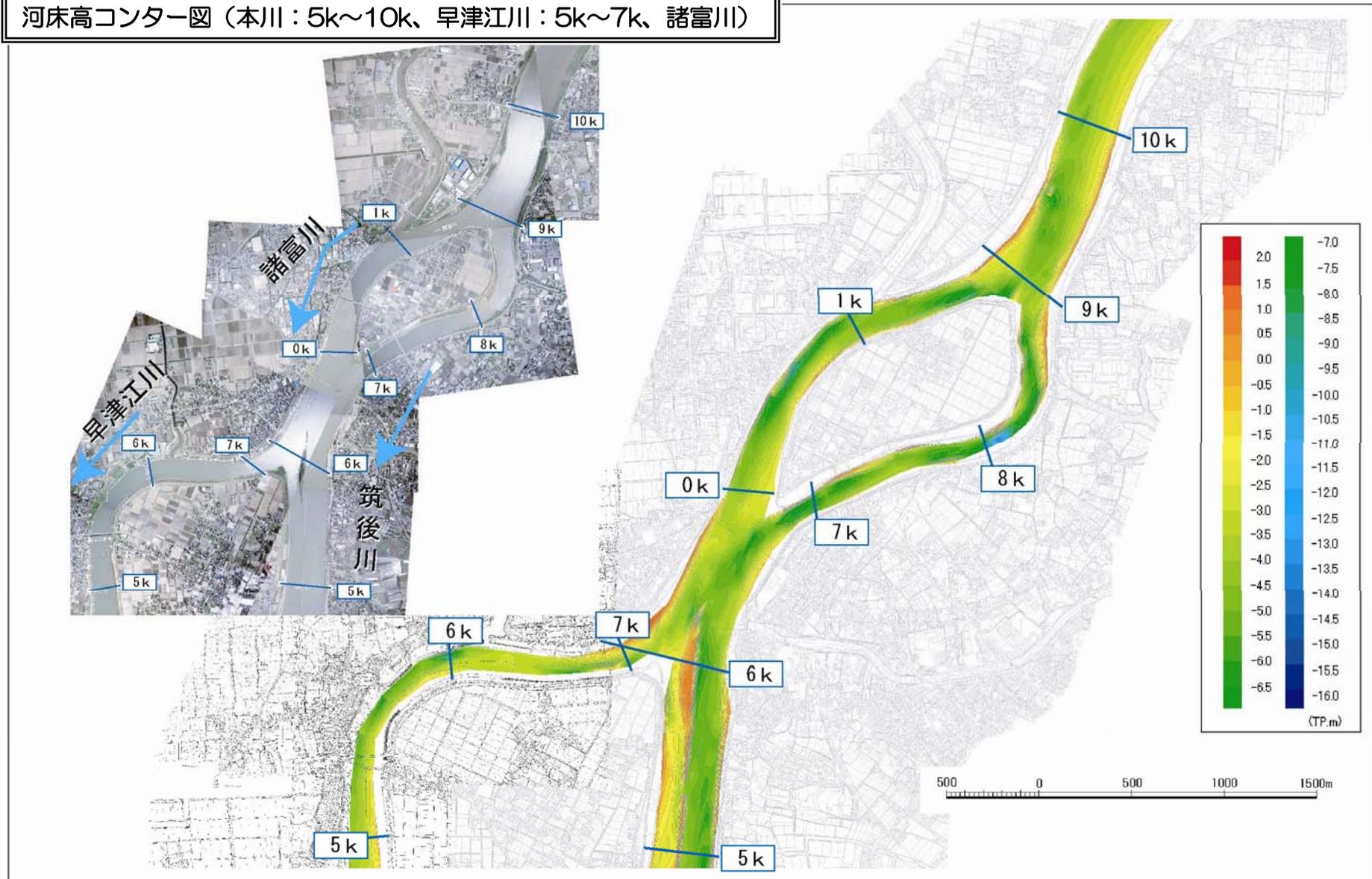
E：深浅測量結果によるコンター図（2）

河床高コンター図（本川：2k~6k、早津江川：1k~7k）



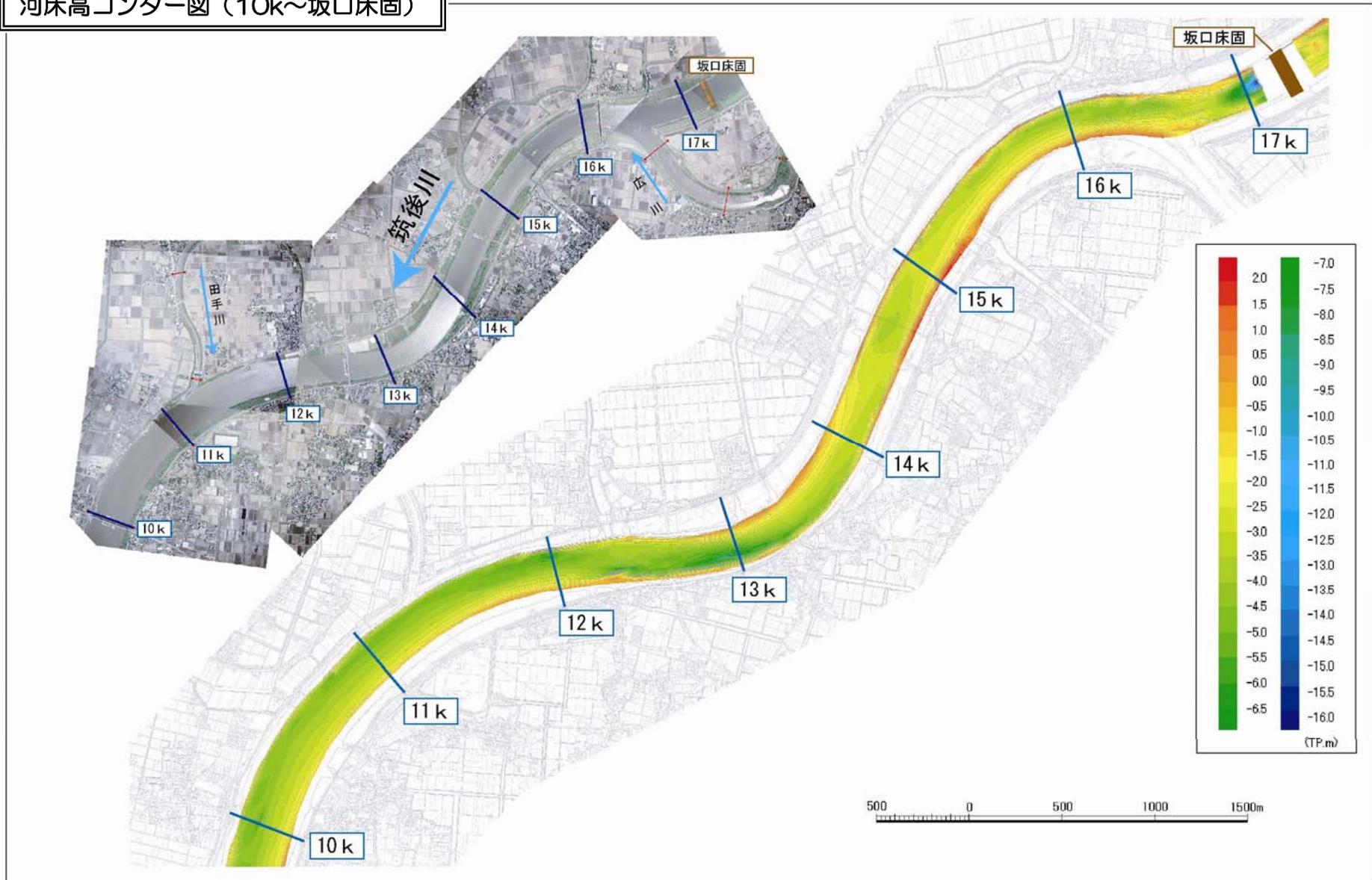
E: 深浅測量結果によるコンター図 (3)

河床高コンター図 (本川: 5k~10k、早津江川: 5k~7k、諸富川)



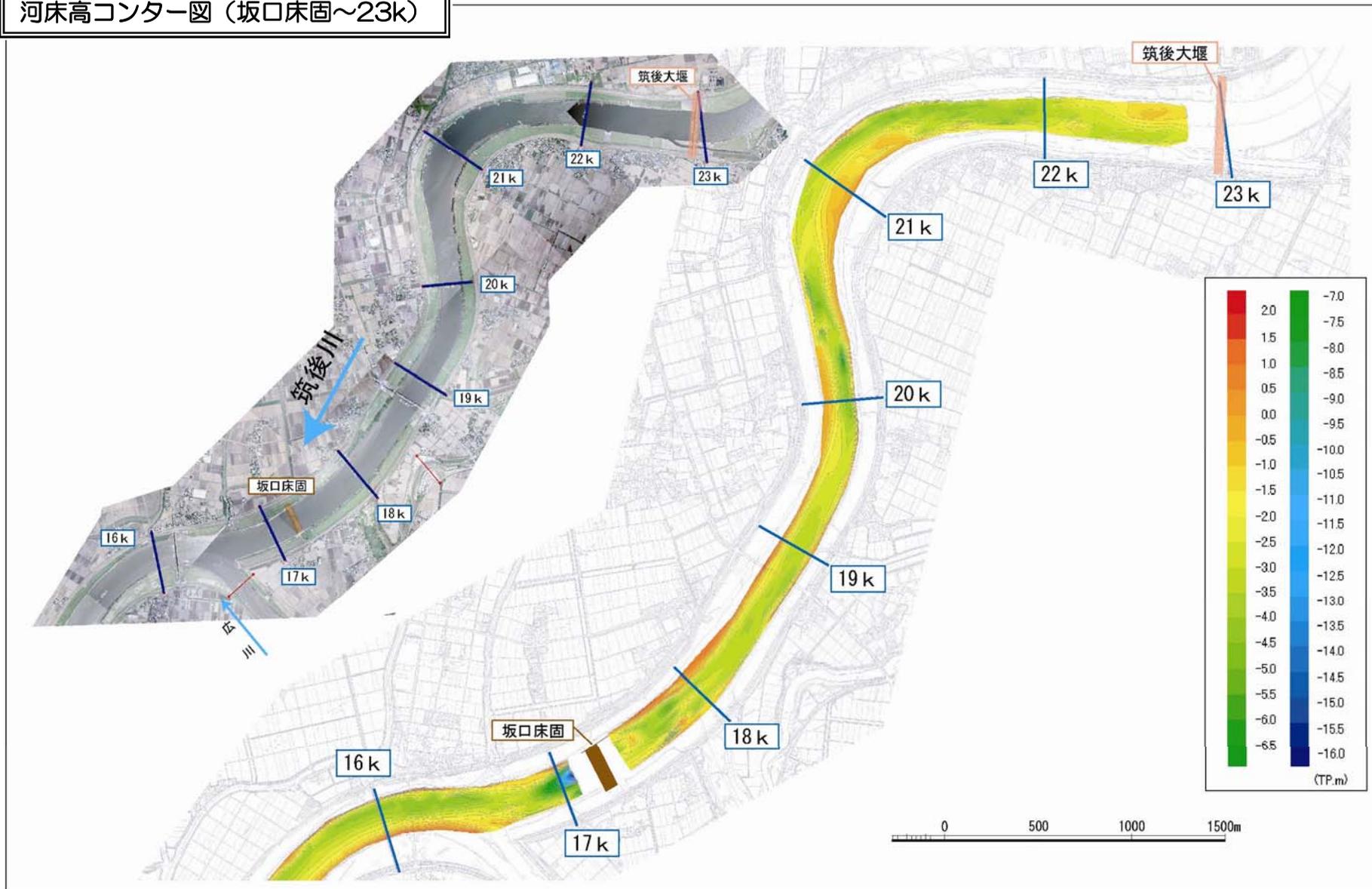
E: 深浅測量結果によるコンター図 (4)

河床高コンター図 (10k~坂口床固)



E: 深浅測量結果によるコンター図 (5)

河床高コンター図 (坂口床固～23k)



筑後大堰下流の土砂（砂） の堆積状況の把握

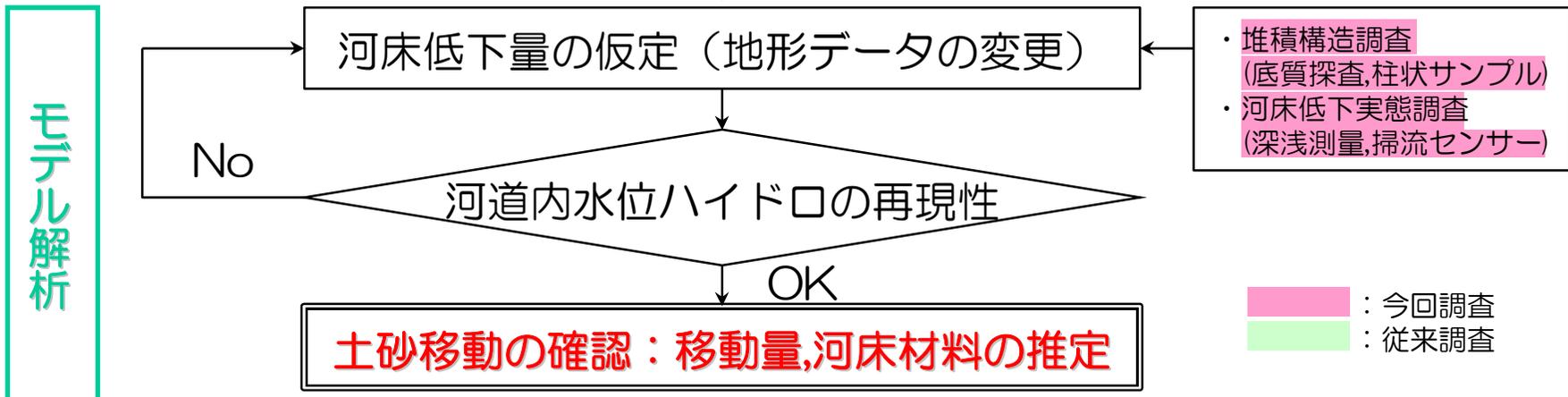
～ 水理解析モデルを用いた土砂移動の推定について～

筑後川下流部河床低下のモデル解析について

【平常時(小洪水時)】

モデル構築	○モデル	平面二次元非定常モデル（一般曲線座標系,メッシュ）
	○区間	河口域～筑後大堰（筑後川,早津江川,諸富川）（深淺測量）
	○境界条件	河口潮位,大堰流下量,支川流入量（城原川,田手川）
	○検証条件	河床低下前（変動前）の河道内水位ハイドロを用いて河床抵抗特性（粗度係数等）の同定。

【大洪水時(河床低下発生時)】



今後の展開

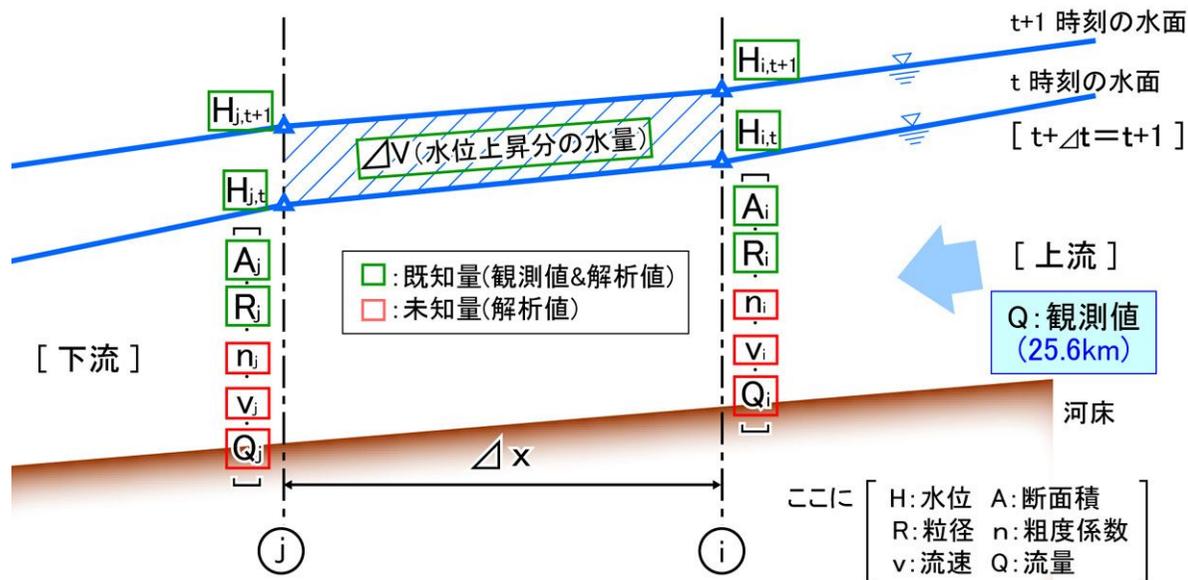
筑後川下流河道の水理特性・土砂移動特性の解明

水面形の縦断・連続観測からわかること

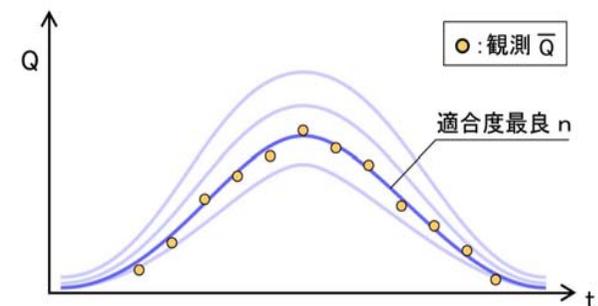
通常、河川管理において、基準地点・主要地点において水位の連続観測を行い、また流量観測値からH~Q式を用いた流量換算を行い、河川流量の把握を行っている。

しかし、筑後川下流部では有明海の潮汐の影響が大きく、非定常性が極めて強いため流れや水位の実態が不明な部分が多々あり、河川管理上の課題であった。

今回、水位計を筑後川・早津江川・諸富川縦断方向に概ね2Kmピッチに設置し、5分間隔で水位観測を行った（継続調査中）。この水位観測結果及び上流で流量観測（25.6Km地点）・河道深淺測量成果（100m間隔）から、筑後下流部の河川流量・流速や早津江川・諸富川への分派量等に関して水理的な解析・評価を行う。



i 断面と j 断面間の連続条件と運動条件を満足する未知量を計算すればよい。
 (n を河道特性から仮定し、 v, Q を算定)
 また、その妥当性については流量観測結果で検証できる。

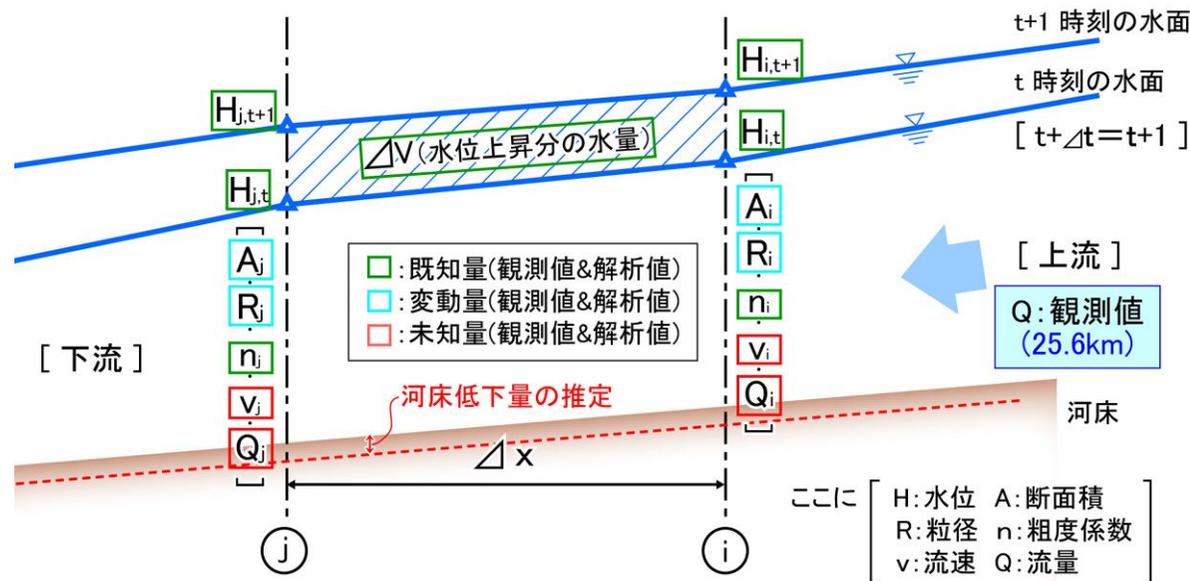


土砂移動量の推定について

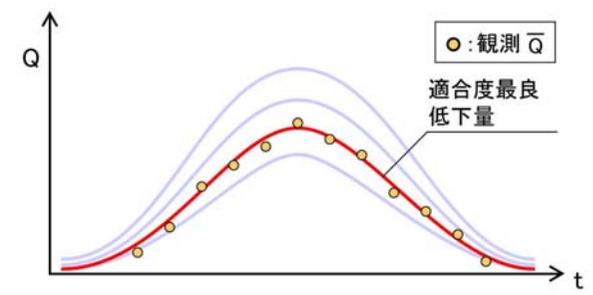
河床変動を伴う場合は、河床の時間的变化が水面形の変化に影響する。断面形が時間変化すると、 i 断面と j 断面間の連続条件と運動方程式を満足する未知量（ n を仮定した v, Q ）が、断面変化がない場合と異なる結果となる。

このような場合は、河床変動による断面変化が生じていると推定される。

そこで、河床変動を考慮して水理解析を実施し、観測された水位、流量及び河床変動を再現できる解析解を求めることにより、（連続式、運動方程式、流砂の連続式、流砂量式から）任意の地点・時間における水位、流量と共に、土砂の移動量が推定できる。



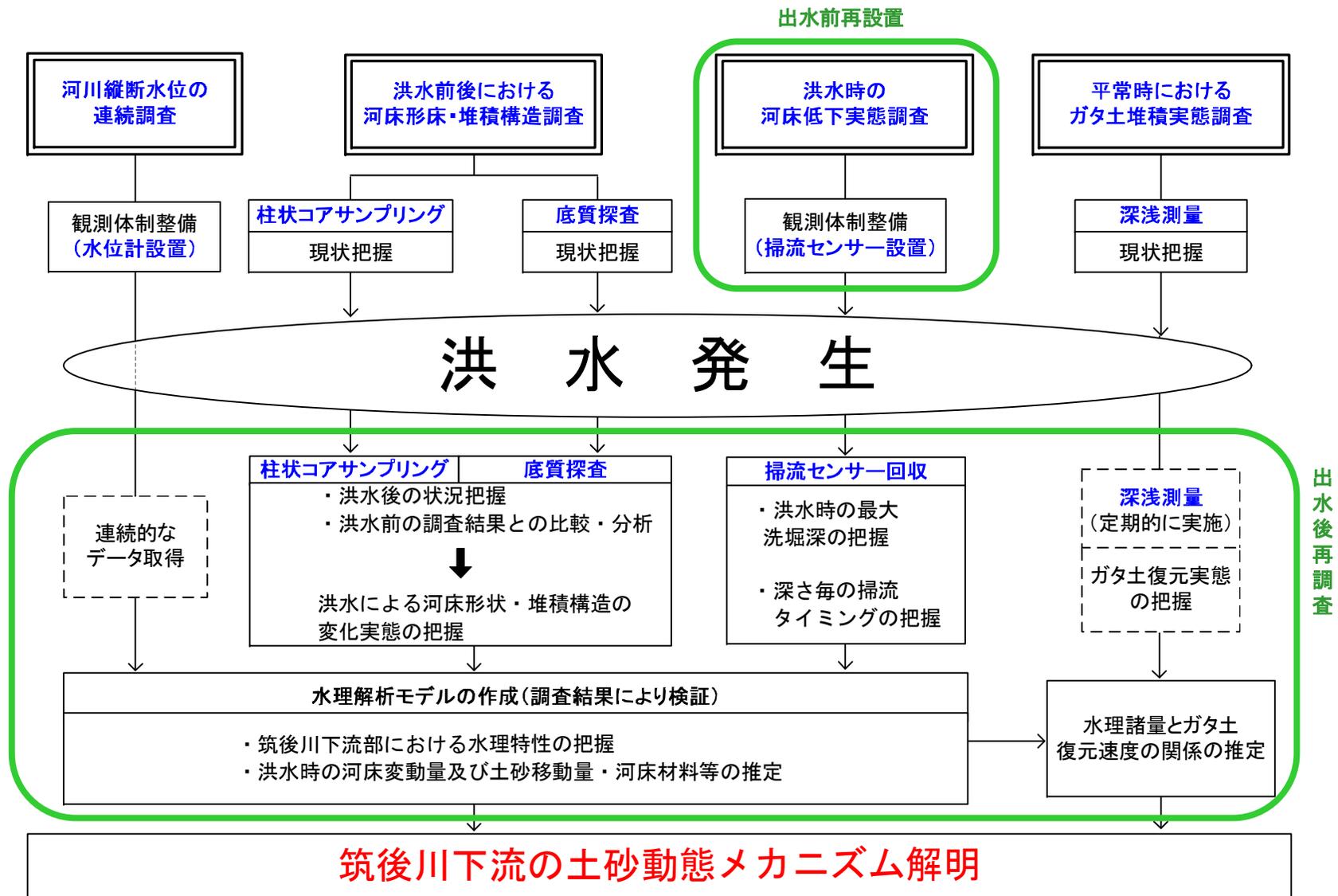
i 断面と j 断面間の連続条件と運動条件を満足する河床変動量を計算すればよい。
 （河床変動量を仮定し v を算定）
 また、その妥当性については流量観測結果で検証できる。



筑後大堰下流の土砂（砂） の堆積状況の把握

～ 今後の調査予定～

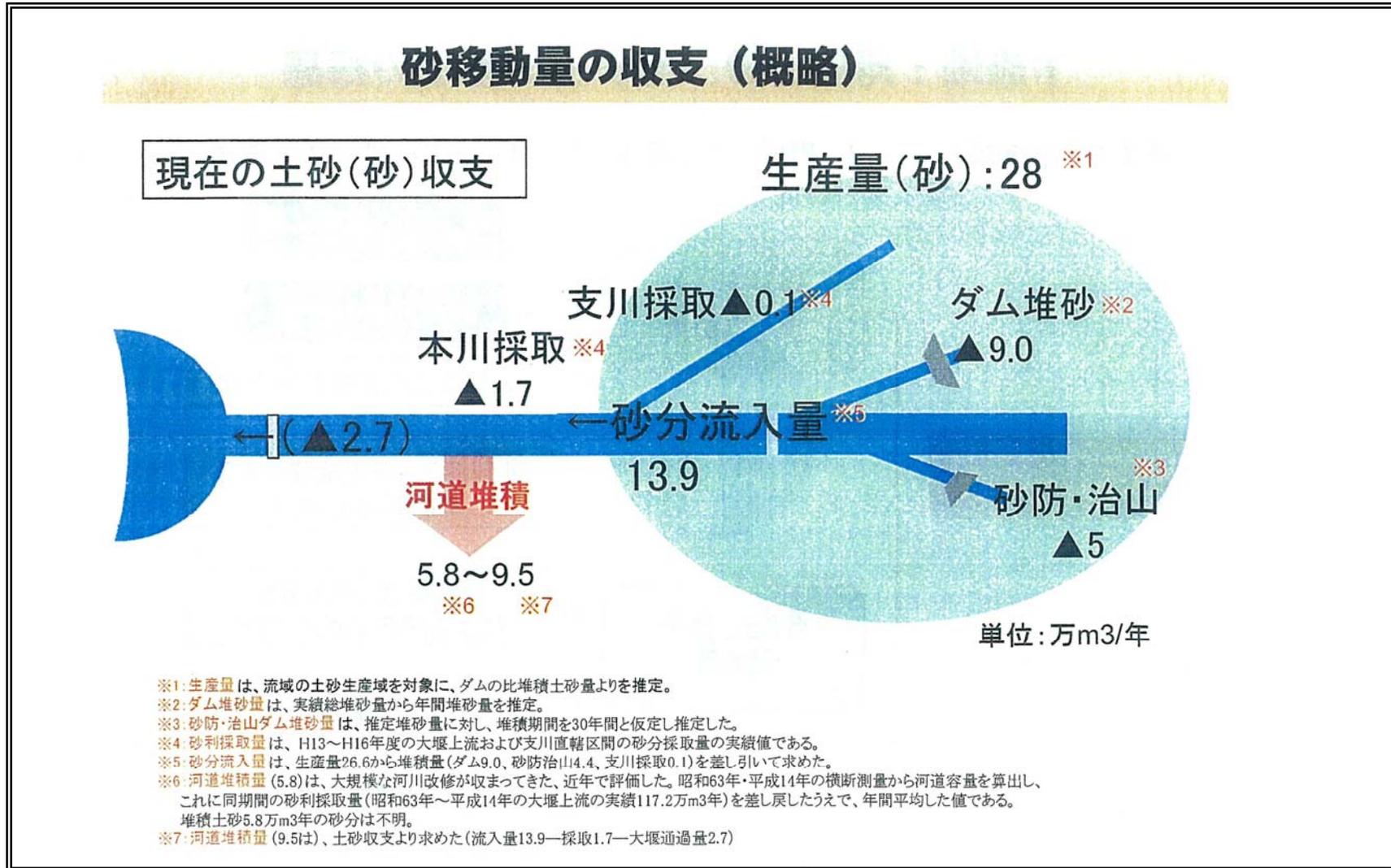
下流における継続調査



※但し、出水後の柱状コアサンプリングは必要に応じて実施することとする。

上流における土砂移動の把握について【案】（1）

【砂移動量の収支概略（平成18年時点）】

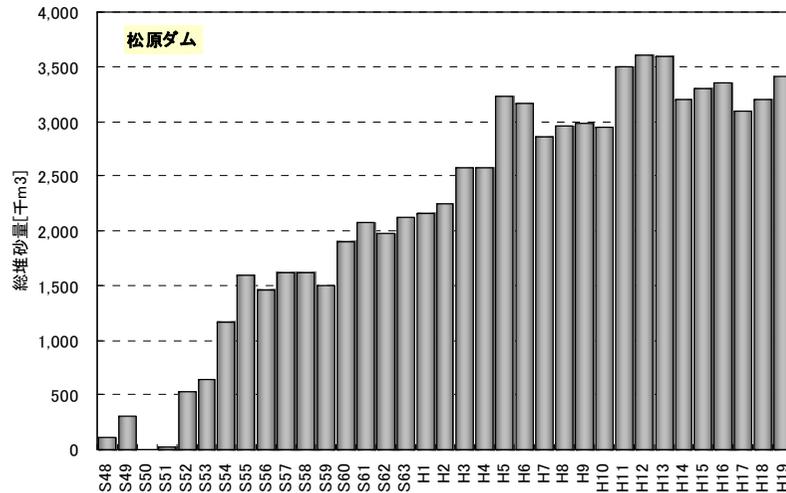


「有明海ガタ土と河口に関する調査検討委員会」資料より

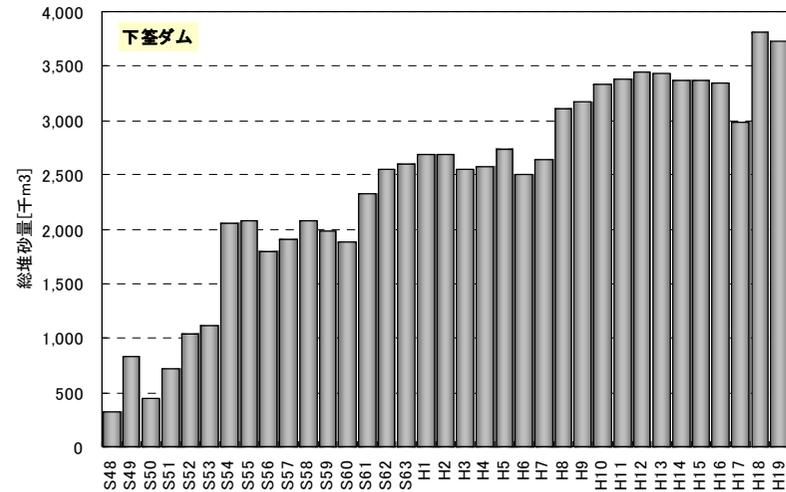
上流における土砂移動の把握について【案】（2）

【松原・下笠ダム堆砂状況の経年変化】

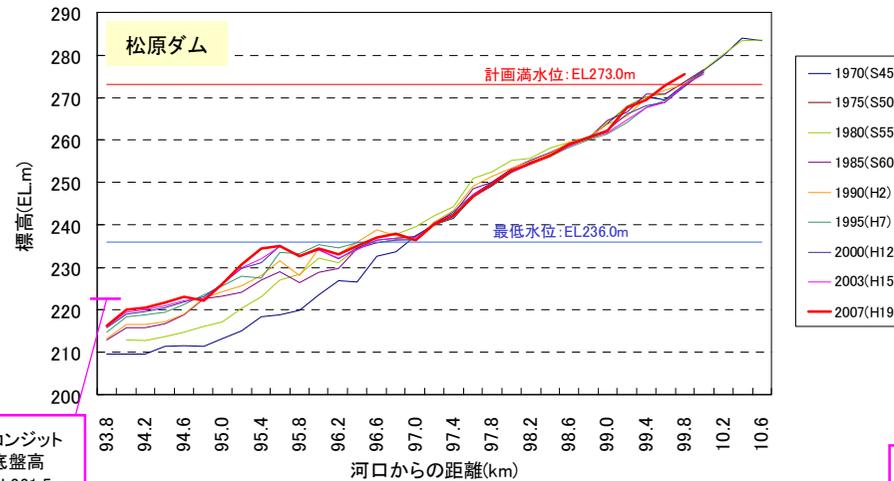
総堆砂量経年変化



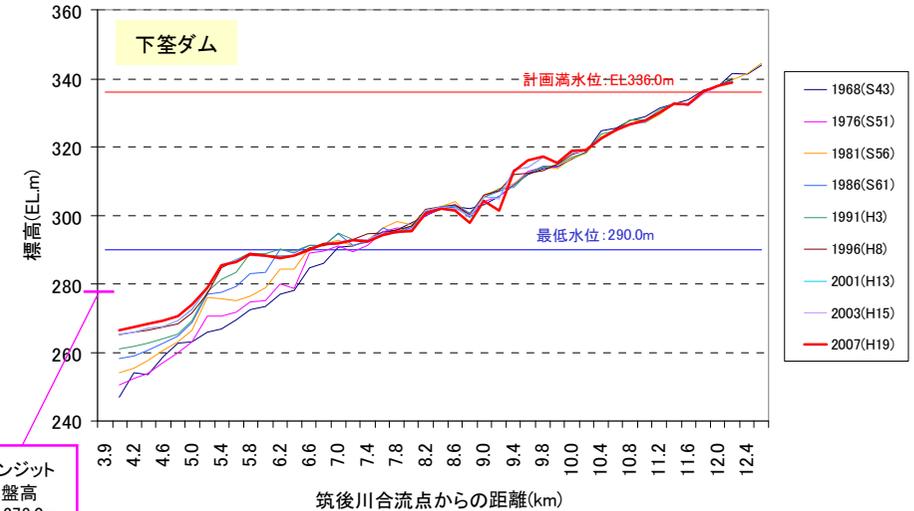
総堆砂量経年変化



堆砂形状経年変化

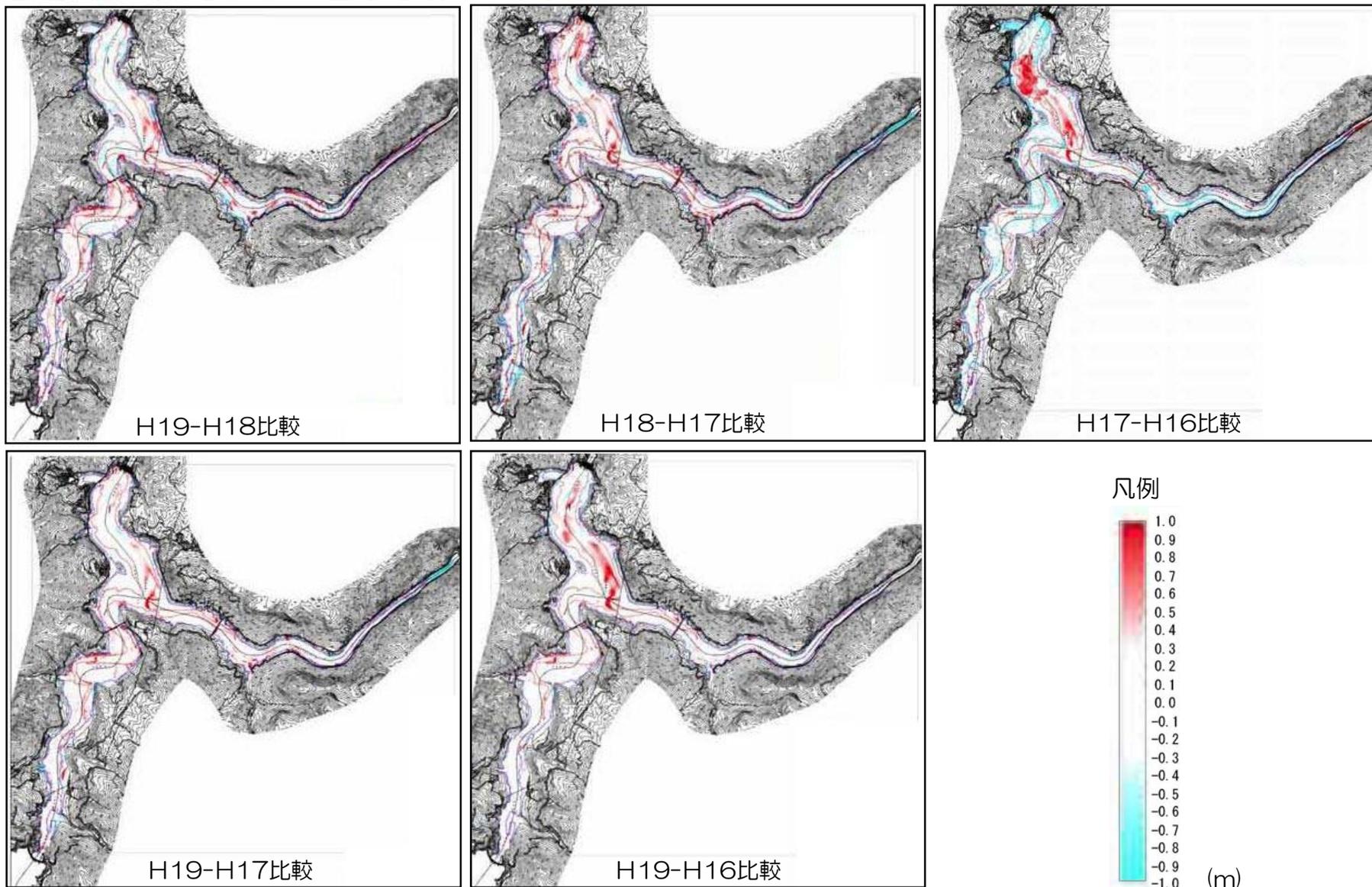


堆砂形状経年変化



上流における土砂移動の把握について【案】（3）

【近年の松原ダム堆砂状況の変化】



上流における土砂移動の把握について【案】（４）

【ダムからの排砂状況調査計画案】

流砂捕捉ポンプ※（国総研：2001年）により、ダム放流水採水による排砂量調査を実施する。

流砂捕捉ポンプ外観写真



流砂捕捉ポンプは4 tトラックに搭載して使用

松原ダム放流時
(放流量約820m³/s：最大900m³/s)



松原ダムでは放流口下流左岸側に九州電力建屋があり、ここからの採水が可能であり、機材の搬入や採取サンプルの運搬等を考えても、比較的調査がしやすいと思われる。

※揚程20m、横距離100mまでは土砂の粒度分布が損なわれずに輸送可能であることが性能試験により確認されている。

首都大学横山准教授による提供資料より