

第53回水工学講演会 特別講演
平成21年3月5日

河川の技術課題解明を促す水 工学研究とは—河川技術 との新たな結びつきを

中央大学研究開発機構
福岡捷二

講演内容

- 1 . 河川整備基本方針・河川整備計画の策定
- 2 . 河川計画
- 3 . 河道計画
- 4 . 技術基準等の検討
- 5 . 地球温暖化と治水の適応策

1.河川整備基本方針・河川整備計画 の策定

- 1.平成20年12月までに109水系の河川整備基本方針が策定された。河川整備基本方針河道を作るに当たって、解決されなければならない多くの技術課題が明確となった。
- 2.これらの技術課題の解明には、水工学研究集団による多くの学術的成果が必要とされる。このことは、また水工学研究が、社会と関連した生き生きした学術分野に変わっていくことにもなる。

3 . 河川整備計画は、河川整備基本方針に沿って作られる。河川整備基本方針河道は、必要に応じて行われる河川整備計画改定とそれに基づく整備の進捗の中で、新しい河川技術の展開を図っていくことが大切である。

4 . 河川整備計画の中で作られる維持管理計画は、各河川で維持管理を重点的に行う必要性の高い個所について、技術的視点から定量的な評価法、実施基準を作り上げていくことになる。

5. 整備基本方針の策定にあたっては、新しい考えのもとに新しい河川技術の導入が図られた。しかし、今なお改善を要する技術が多く使われている。その主たる理由は、**学術として優れた水工学研究も、現地で応用される機会が少ないことにある。河川技術の側にも問題があるが、水工学研究者の努力不足も大きい。**

6. 水工学を研究する集団は、**学術的業績のみにこだわらず、学術研究と応用研究の両方を目指すべきであり、水工学研究とは、本来そういうものである。**

2.河川計画

近年の水理、水文資料の蓄積と観測精度の向上は、河川計画の立て方を再検討する機会となった。

2.1 基本高水流量の算定

- (1) 貯留関数法に基づく時間雨量と洪水到達時間を用いた基本高水流量の算定法が用いられるようになった。

(2) 河道基準点において観測された年最大流量を用いた流量確率手法に基づく基本高水流量の算定が行われるようになった。

(3) しかし、山地流域から河道への洪水流出量の算定には、貯留関数法から分布型モデルを用いる洪水流量評価に転換が必要な時期に来ており、その実用化が強く望まれる。

2.2 計画基準点

- (1) 水位観測データ、河道特性データが多地点で観測され整ってきた現在、基準点を少なく設定する現在の河川計画は、必ずしも適切なものではない。
- (2) これからの河川計画は、河道を適正に管理するため、また地域が求めるきめ細かい洪水情報の提供という視点に立って基準点情報を活用していくことが求められる。

2.3 公共事業としての治水のあり方

(1) 守るべき目標を明確にした治水方式

連続堤方式、道路計画、街づくりと一体化した治水、土地利用特性を踏まえた治水方式、住宅地であるか畑・水田地域か、災害危険区域指定、輪中堤、水防災事業、地盤のかさ上げ等

(2) 災害防御計画と土地利用計画の一体化

土地利用の見直しとそれを可能にする法制度等の充実

2.4 治水上の上下流バランスと整備の手順

- (1) 上流域と下流域の安全性、特に、**築堤河川**にあっては、下流域の治水安全度は上流域に比して高いことが求められる。無堤河川の安全度は、有堤河川の治水安全度より高くする必然性はない。
- (2) 築堤河川では下流域の安全度を高めてから、上流域の治水を行うのが一般的考え方である。
- (3) 河道に**狭さく部**が存在するとき、流下能力の拡大のための狭さく部の開き方には、特段の注意が必要である。下流域への流量増大による危機的状況は回避されなければならない。

2.5 総合土砂管理の課題

- (1) 現在行われている**総合土砂管理計画は何をやるうとしているか明確ではない**。流域の土砂収支の視点から観測データに基づいて検討されねばならない
まずは、河川ごとに土砂管理計画を決め、問題点を明らかにし対応を検討するべきである。
- (2) 土砂の移動がもたらす流域と河道の変化は、今後、一層顕著になることから、土砂移動の過不足に伴って起こるさまざまな問題への対応の仕方が重要になる。

- (3) 特に、これまでの著しい河床低下に加えて上流からの土砂輸送量の変化と相まって、多くの河川構造物が当初の設計条件から乖離しており、安全度及び機能の低下が懸念されている。
- (4) この状況は、河川ごとに異なるので、一般論としての総合土砂管理計画というよりも、**河川ごとの土砂管理計画を作ることが重要である。**
- (5) 総合土砂管理は、これまでのように土砂の移動だけを考えていてはうまくいかない。洪水流と土砂流を一体的に考えたものでなければならない。

- 河道の土砂収支の異常は、河床材料粒度分布に顕われる。まずは河床材料の縦断分布の経年変化に着目した検討が行われなければならない。

- これまで収集された河床の縦・横断図を経年的(直近の20年程度)に重ね、河床高のコンター図を作成し、洪水流の発生状況と一体的に河道の土砂収支を詳細に検討し河道状況を把握する。特に河川構造物周辺で河床高が経年的に大きく変化している箇所では、その原因を究明し対策を講じなければならない。

(6) 河川の流量、水位を測定している基準点

- に土砂の基準点を併設し、洪水流と河床高
- を一体的に管理すべきである。

(7) 大河川では河床が低下しているが、**中小河川では上昇している。水工学研究者は中小河川の土砂管理を大河川とは異なる視点で考えなければならない。**

2.6 河口域の治水計画

(1) 港湾区域と河川区域が重なっている区間においては、港湾計画と治水計画の整合を図るべきである。荷揚げ等の利便性のために堤防を設置していない区間の治水のあり方が検討不十分である。河川は水面の管理だけでなく、少なくとも人家を浸水から守る責任がある。

(2) 河口において、洪水中の潮位と河川水位の大きな差が河床高の大きな変化を引き起こす。河床高の変化は、河口域の水面形に著しい影響を与えることを考慮した水理解析を行う必要がある。

(3) 河口では洪水水位と潮位との関係で、大きな水面勾配がつくことにより大きな掃流力が働く。そのため、河口では河床が洗掘され流下能力が増大する場合がある。これまで、このことを考慮に入れて計画がたてられているわけではない。河口の治水計画の検討が急務の課題である。

(4) 潮位変動の大きい河口域では、痕跡水位は必ずしも洪水最大流量時の水位を示さないので注意が必要である。

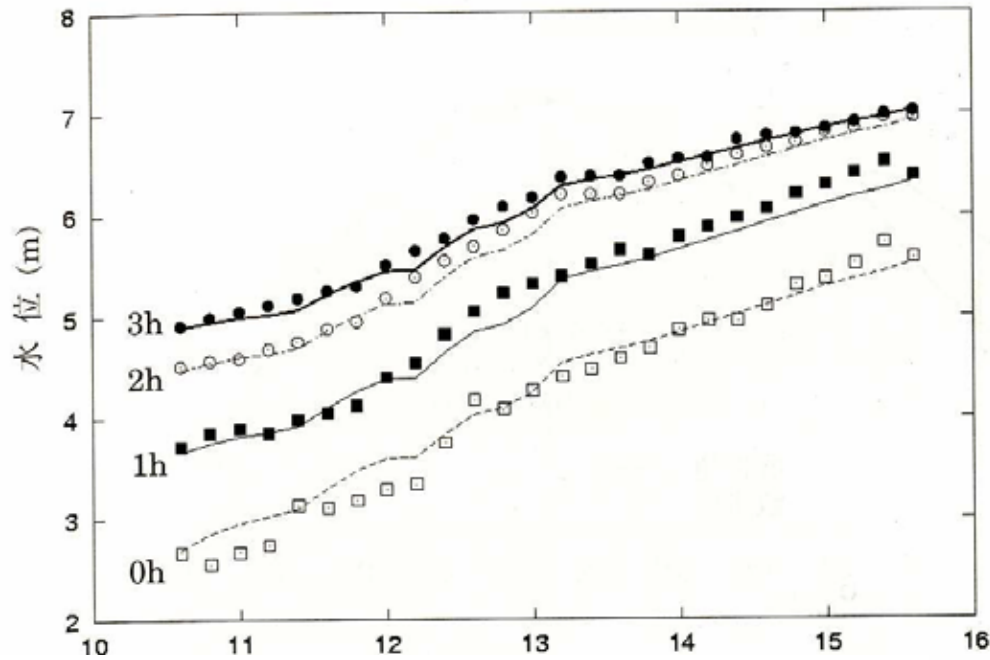
2.7 水理調査の重要性

- (1) 改修が必要であるが、洪水流下の機構が不明な懸案箇所では、洪水流下時の水理観測を行い十分な理解を得なければならない。このためには、縦断的に水位計を密に設置し水面形の時間変化から、河道の流下能力、堤防の危険度、河床変動状況等の判断を行う。
- (2) 洪水流の水面形の時間変化には、洪水中の河道内で起こっている各種水理現象が反映されている。水面形の時間変化を用いて洪水中の水理量や河床変動の時間変化を推定することは、河道の管理において大変重要である。

(3) 流量観測精度の向上

流量観測法にはいろいろな方法がある。それらは、(1)浮子法、(2)ADCP観測法、(3)航測法、(4)水面形時系列観測値より求める方法等である。これらの方法の持つ利点、欠点を明確にして適切に用いなければならない。

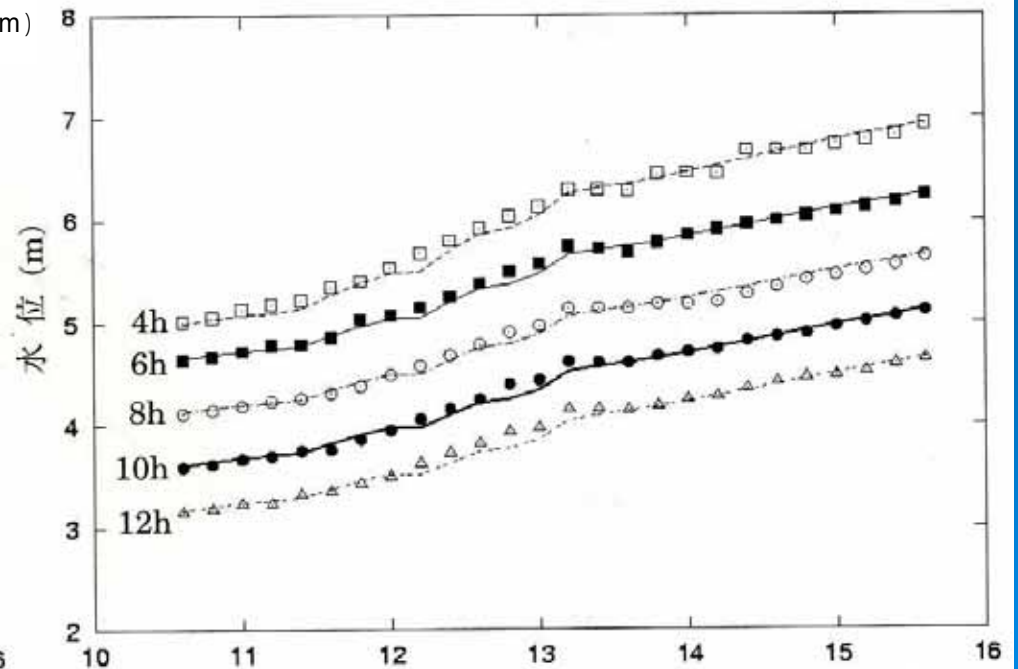
(4) **洪水痕跡縦断形**は洪水流の各地点の最高水位を連ねた水面高を表している。洪水痕跡は、河道管理のための重要な情報を与えることから確実にデータを得るよう努める。



(a) 上昇期

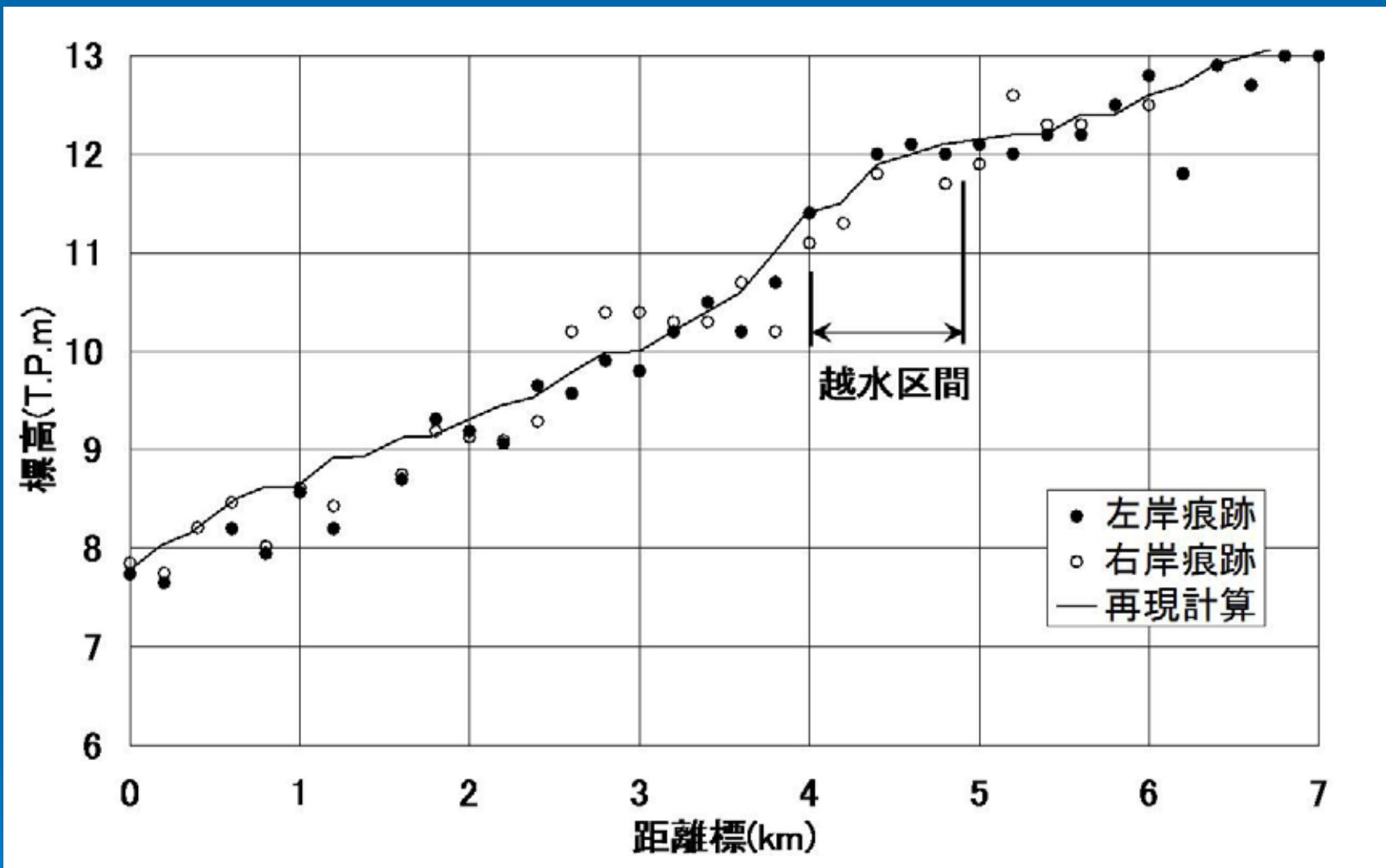
距離 (km)

1987年円山川洪水流の 観測水位と解析水位の 縦断分布の比較



(b) 下降期

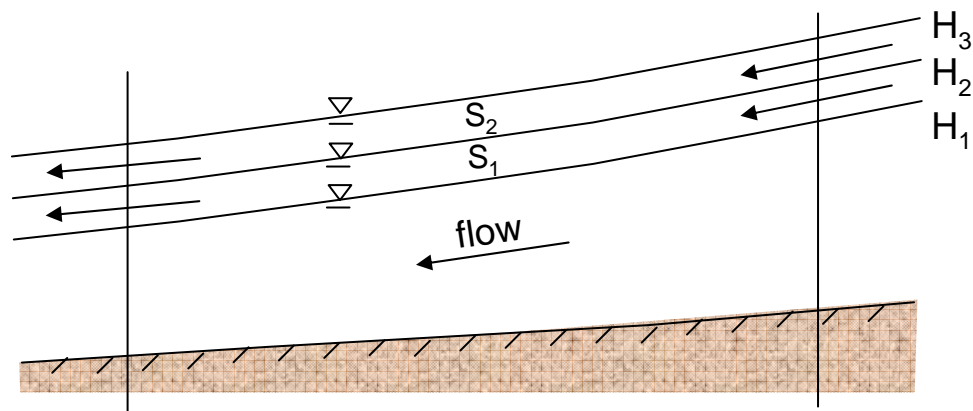
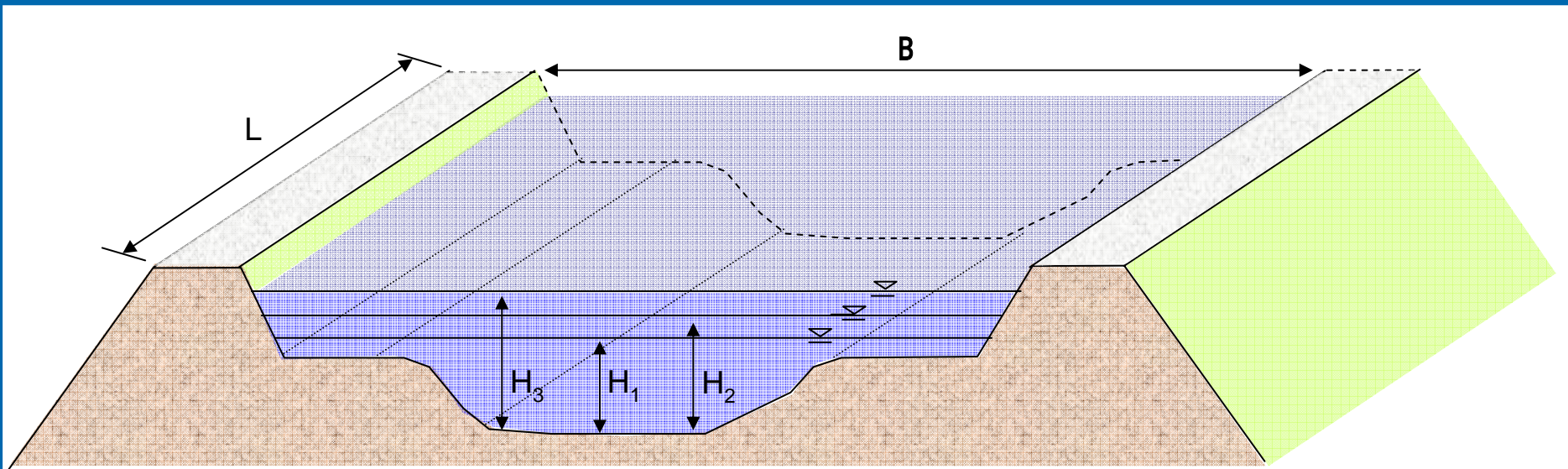
距離 (km)



足羽川洪水痕跡水位 (H16.7福井豪雨)

2.8 水位、水面形に重点をおいた河川管理の必要性

わが国の河川は堤防で仕切られており、洪水はこの中を流れる。川幅が十分広いことから、堤防の表法勾配は垂直とみなしてもよい。このことは、高水敷に一度水が乗ると、水深によらず水面幅は一定とみなせることから、単位流下距離あたりの二断面間の単位時間当たりの水量の増加はこの区間の平均的な水位上昇量で表すことが出来る。



$$\frac{dS}{dt} = Q - Q$$

$$\Delta S = B \times L \times \Delta H$$

2.9 堤防の安定性の評価と堤防の構造

(1) 堤防の実力を評価する技術の確立。

堤防の安全度の低い箇所をどう見出すか。
浸透による破堤に比較して、洗掘による破堤の機構が不明確である。洗掘破堤の機構を明らかにする研究が必要である。

(2) 堤防の計画論の構築の必要性 余裕高、構造

- ・河川計画の中での余裕高の位置づけを明確にする。

堤防の設計論、管理論の中で余裕高はどういう意味を持っているのか。危機管理との関係における余裕高の持つ意味、及び越流にたいして粘り強い堤防が可能かも含めて検討が必要である。

- ・余裕高は、堤防の構造上必要な高さであるにもかかわらず、「余裕」という言葉が、計画に使える余裕の高さと誤解され混乱を招いている。「余裕高」の持つ意味が正しく伝わる言葉を選ぶ必要がある。

堤防の維持管理のための指標

堤防の形状仕様に対し**洪水流から見たときの
堤防の安定性を判断する指標**

(1) 堤防の断面形, 強度

- **洪水の水面形と継続時間**

(2) 河道の縦・横断面形

洪水の水面形と河床変動

(3) 洪水流量と水位(ハイドログラフ)

洪水の水面形と河床変動

3.河道計画

3.1 河道の変質と河道管理

近年、河道の澁筋化、それに伴う樹木の繁茂が著しくなり、治水、環境の両面から見て河道の変質・劣化が著しくなっている。

洪水流と土砂輸送を一体的に考慮し、水流と土砂輸送の面から健全であるような川づくり、河川管理が望まれる。

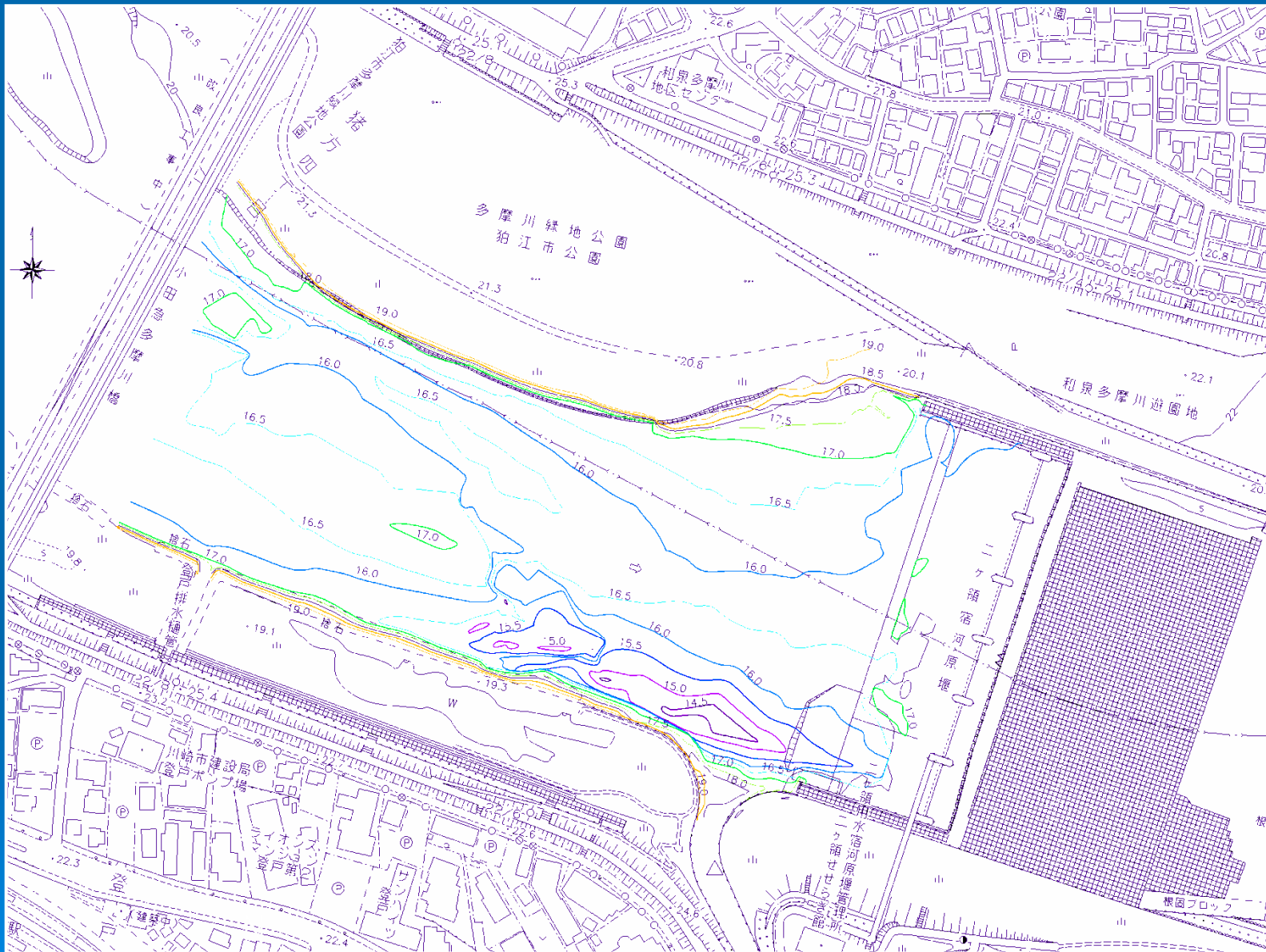
3.2 計画河床、管理河床の設定の必要性

河川整備基本方針・河川整備計画では、計画高水位と川幅が決められているが、計画河床、管理河床高は決まっていない。河床高を管理する規定がない。このことは、河川の流下能力の増大手段として、河床掘削に頼り過ぎることに繋がっていないか？。

・ 構造物の経年的劣化と河床の低下があいまって構造物の安全性が著しく低下し、河川構造物の災害の危険性が高くなっている。

洪水中の構造物の周りでは、洪水後に見られる洗掘深よりも大きな洗掘が生じており、いる。河床高の規定がなくてよいのか。

蛇行河道では、外岸側で河床洗掘、内岸側で堆積が起こる。内岸側の河床掘削により流下能力増大を図るには、維持管理が不可欠である。



平成19年多摩川洪水後の二ヶ領宿河原堰護床工周囲の河床洗掘コンター図

安定な河道断面形、特に川幅を流量、勾配、代表粒径といった支配的な諸量から検討することは、水工学の重要課題である。

維持管理が容易な河床掘削の在り方、検討方法を土砂水理学に基づいて確立することが河道計画の緊急課題である。

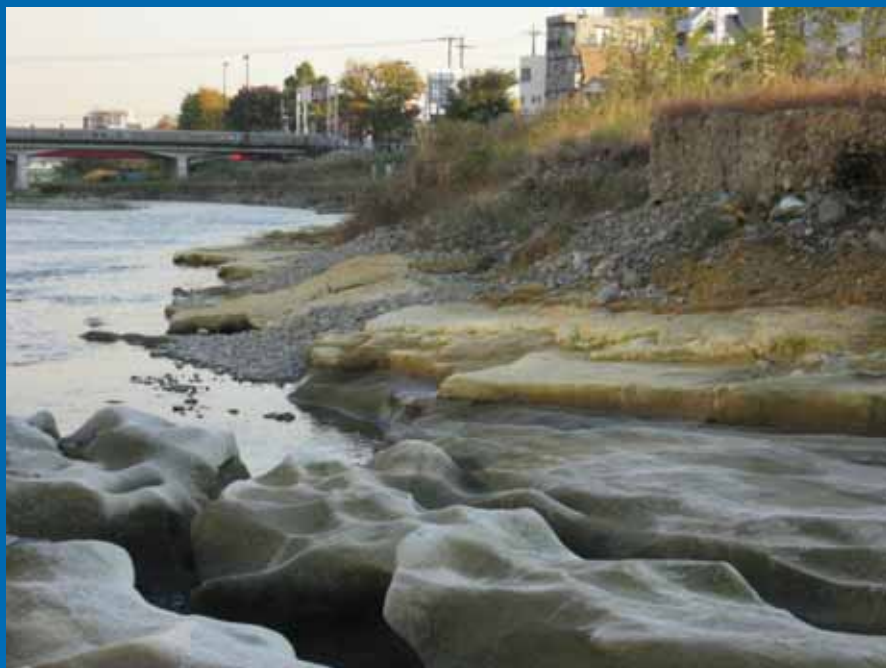
3.3 土丹基盤層上には、相当厚さの砂礫層が存在しなければならない。

砂礫層の下に土丹(固結度の低い粘性土)が分布している河道では、河床低下により土丹が露出すると、そこから河床洗掘が広がり続け、河道維持を困難にし、河川構造物を危険にさらす(多摩川、浅川、荒川、鬼怒川、富士川等)。

このような河川では、河床に砂礫が存在できるような河道の修復を行うことが安全上、景観上重要で、これからの河川技術の大きな課題である。

大和田橋上流 (浅川10.0k)

写真はH19年台風9号後の状況



土丹上の砂礫層が流出し、新たに土丹が露出した



流水により土丹が波状に洗掘されており、砂礫による河床の回復もされず、河床低下が進行している。

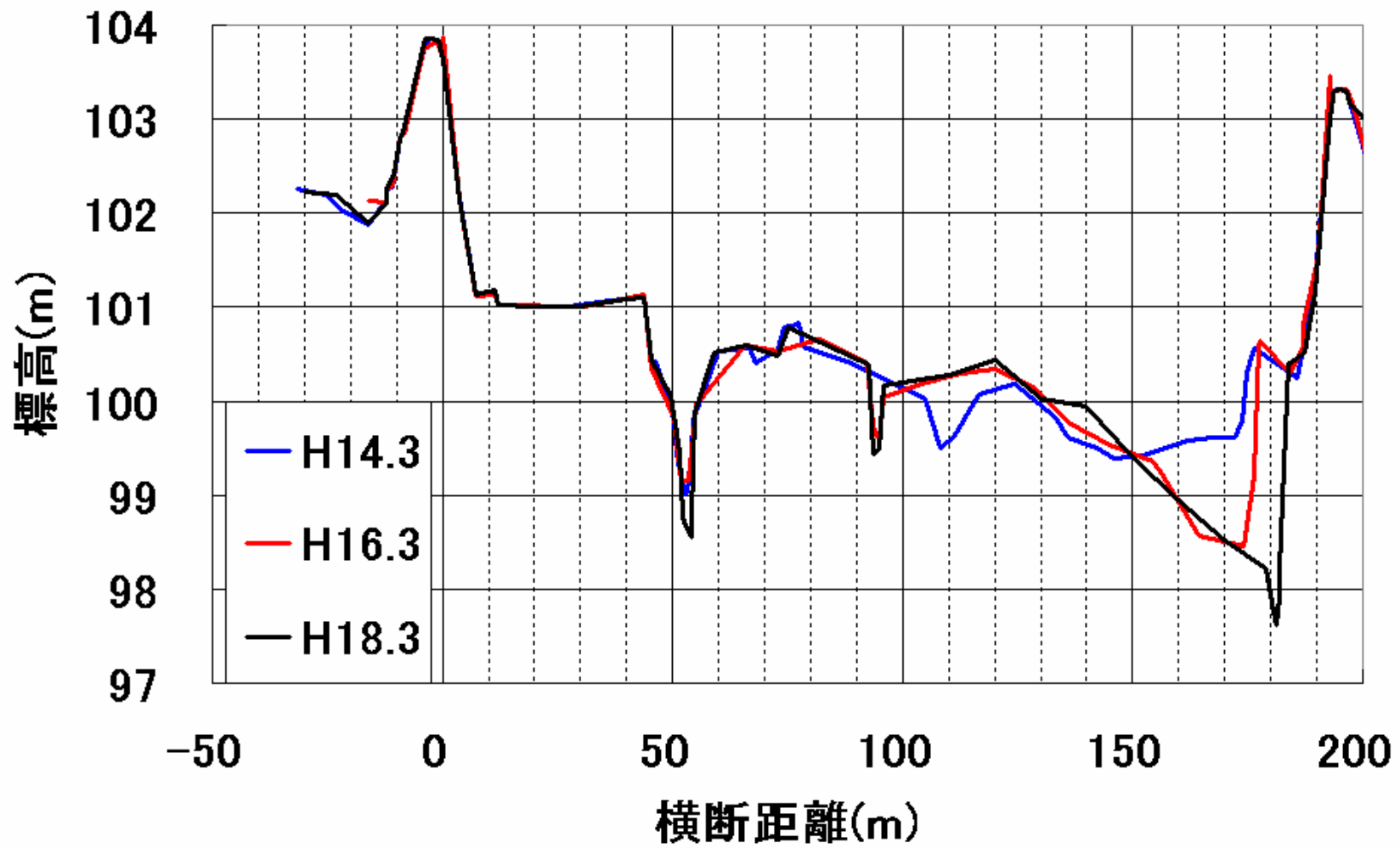
修復のためには、土丹上に必要な石礫厚さを流量、石・礫径等との関係で、明らかにされなければならない。

土丹の洗掘による堤防付近の滲筋の発達は、堤防や横断河川構造物の安全性を著しく低下させる。経年的な縦・横断測量データ、河床のボーリングデータを調べ土丹分布を明らかにし、洗掘の進行に常に対応しなければならない。

土丹の露出と根固め工の崩落状況 (H18.11.29) (浅川9.2km付近)



浅川9.2km横断形状



3.4 河口の水理と土砂移動現象はよく理解できていない

河口は、河川の流れの境界条件を与える重要な位置にある。このため、河口での流下能力は、河道の治水計画を確かなものにする上でキーとなる。河口の水理現象の理解を深めることは、水工学研究グループの役割である。

河口部では、洪水時の河床は大きく変化する。河床高変化は、そこでの流下能力を規定する。河床高の推定のために、河床高の変化が明確に現れている河口域の水面形の時間変化を測定し、水面形の時間変化を考慮した解析から河床高の時間変化を知るのがよい。

河口域の河床高は、河口の外の海床高によっても規定されることから、河口から1.0kmの範囲まで縦・横断測量を実施し、そのデータを解析に取り込むことが望ましい。

3.5 河床材料粒度分布の持つ意味

- ・河床に存在する大きな石や礫など大きな粒径の河床材料が治水上、環境上極めて重要な役割を持つことが明らかにされてきた。このことを十分理解し、河道の計画、管理がなされなければならない。

3.6 河床材料の粒度分布に着目した河床材料調査法の検討

河床材料が治水上・河川環境上極めて重要であり、それぞれの目的にふさわしい河床材料調査法を検討しなければならない。



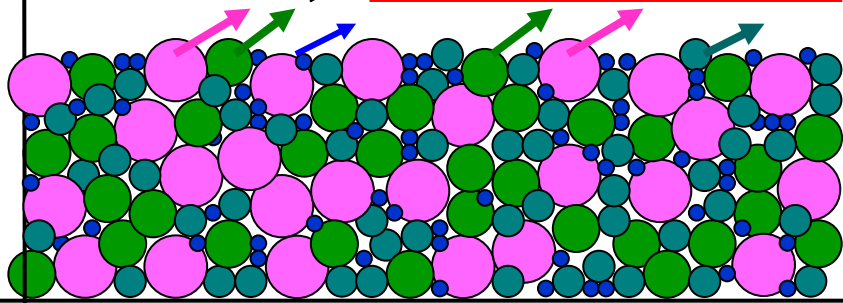
3.7 石礫河道の河床変動解析法の確立の必要性

砂礫河道と石礫河道の河床材料の大きさ、粒度分布の違いが、移動形態、流砂量の大きな違いとなり、河床変動機構の違いとなって現れている。砂礫河道では、現在広く用いられている流れと河床変動の解析法で検討可能であるが、石礫河道では、大きな石や礫の存在が、それより小さな河床材料の移動を決定的に支配することから、そのことを考慮に入れた新たな河床変動解析法が検討されなければならない。

砂礫河川の初期状態

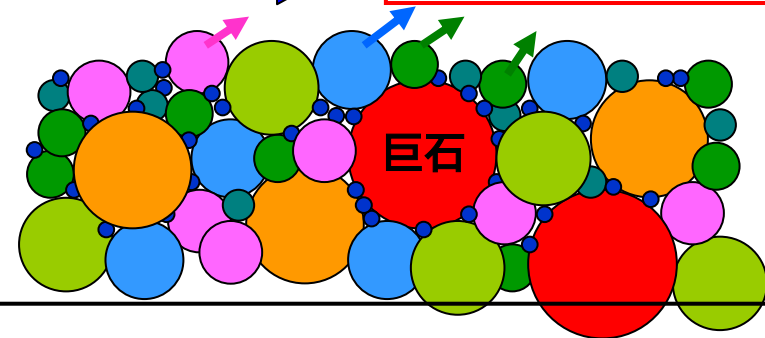
FLOW

流体力により砂礫が移動



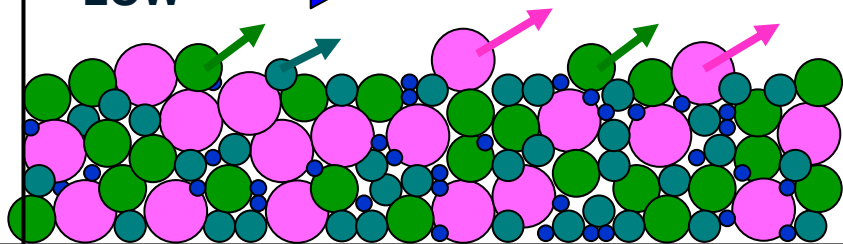
石礫河川の初期状態

流体力により砂礫が移動



流体力により多くの砂礫が移動

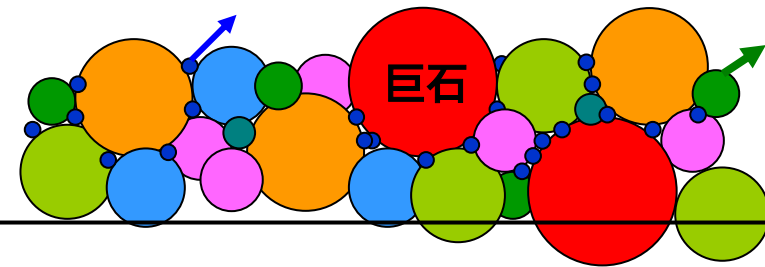
LOW



ある程度の攪乱を受けた状態

FLOW

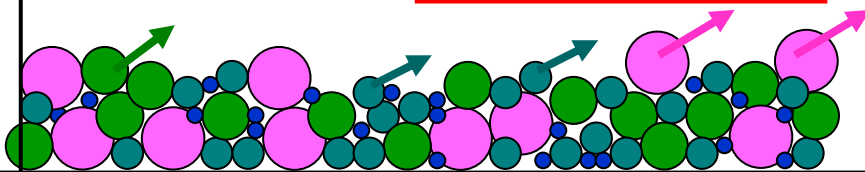
埋まっていた巨石が現れる



河床が安定せずに河床低下が続く

FLOW

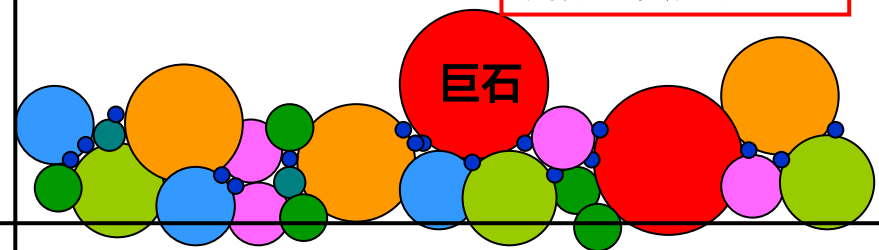
石礫河川に比べ遮蔽効果が小さい



河床が安定した状態

FLOW

巨石が大きく現れ、河床が安定する



3.8 ダムからの排砂

・洪水時のダムからの排砂、特に現在排砂が困難な石や礫の排出は下流河道の河床の安定のみならず、環境上も必要である。ダムから砂のみならず石礫を排砂可能な技術を作り上げることが喫緊の課題である。

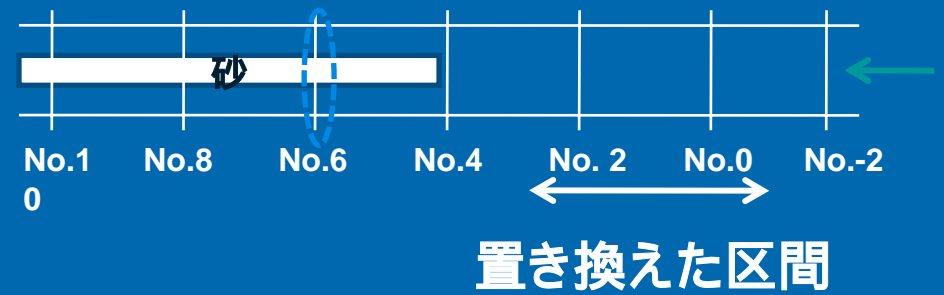
貯留ダム、流水ダムを問わず、石礫排砂技術の開発のためには、石礫河川の土砂移動機構をしっかりと理解することが先決で、この面からの水工学研究が急がれる。

- ダム貯水池底にたまっている多量の砂が排出される場合には、ダム下流域の河床に堆積し、環境上の問題を起こす心配がある。
- 下流への砂の堆積を少なくするダムの放流方式、排出の方式、構造等水工学上の課題は多い。

通水1回目終了後(下流)



下流の状況

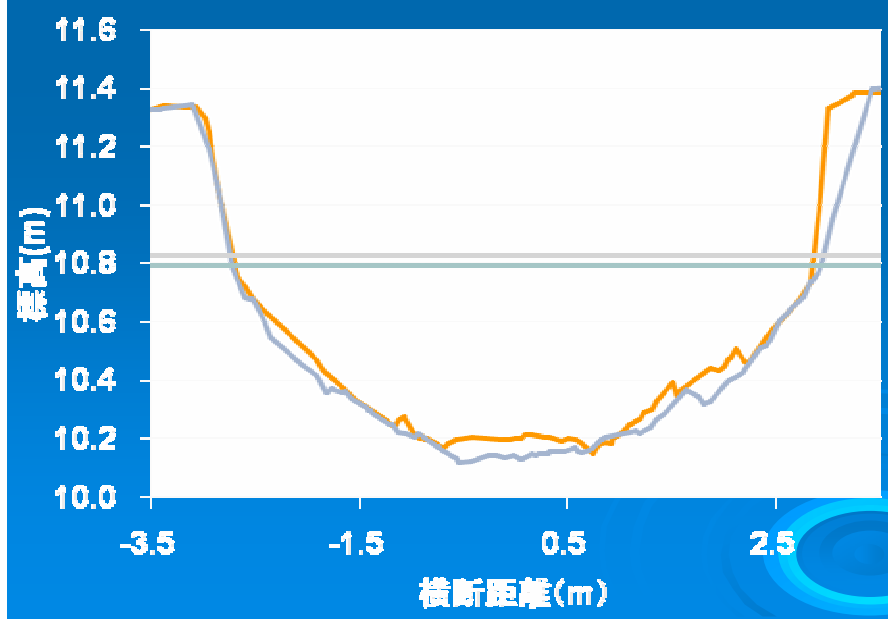


通水2回目終了後(下流)



No.6

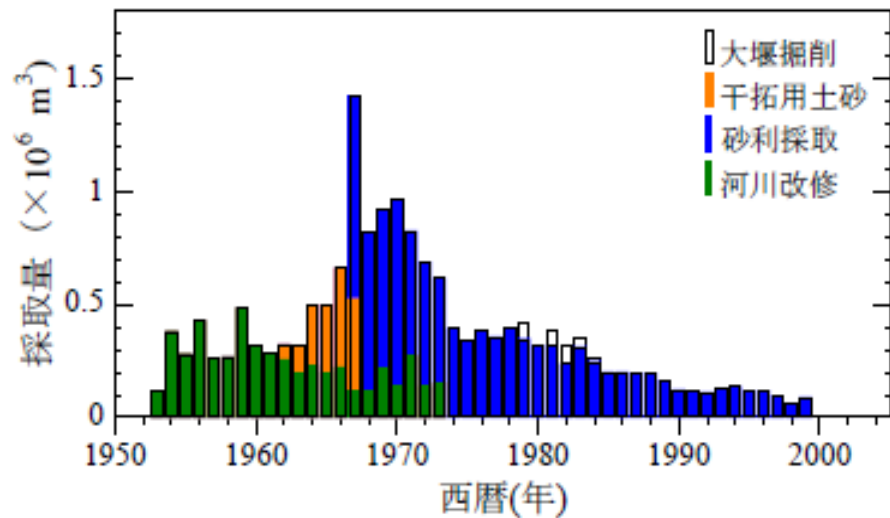
— 通水1回目 — 通水2回目 — s4 — s9



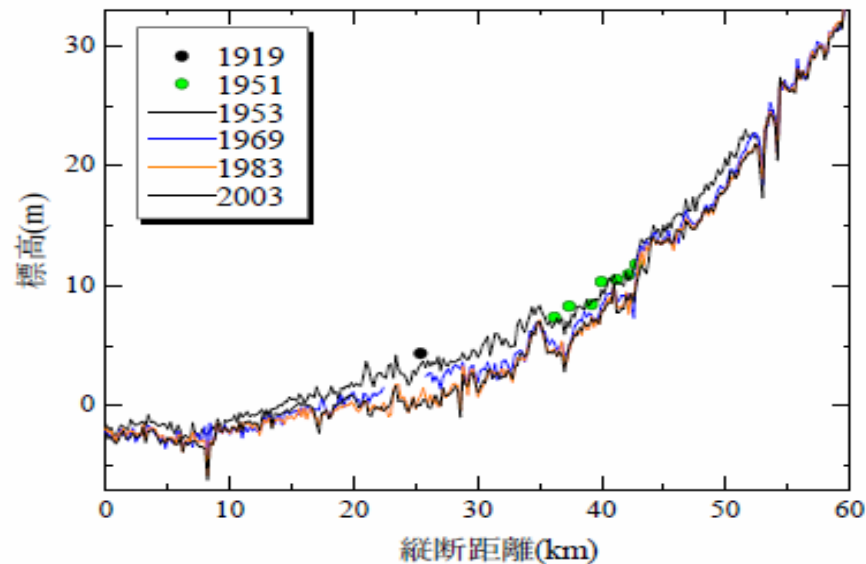
3.9 過去の砂利採取が河床材料分布と河道 に与えた影響の評価。

昭和30年代、40年代の砂利採取が、我が国の河川の河床材料分布や河川構造にどのような変化を与えてきたか、その影響をできるだけ定量的に評価すべきである。河床材料分布と河床構造の経年変化を見れば、今後河川構造がどう変質していくのか、また、安定な河道と河床材料との関係で澗筋幅等の川幅をどう決めるべきかが見えてくると思われる。

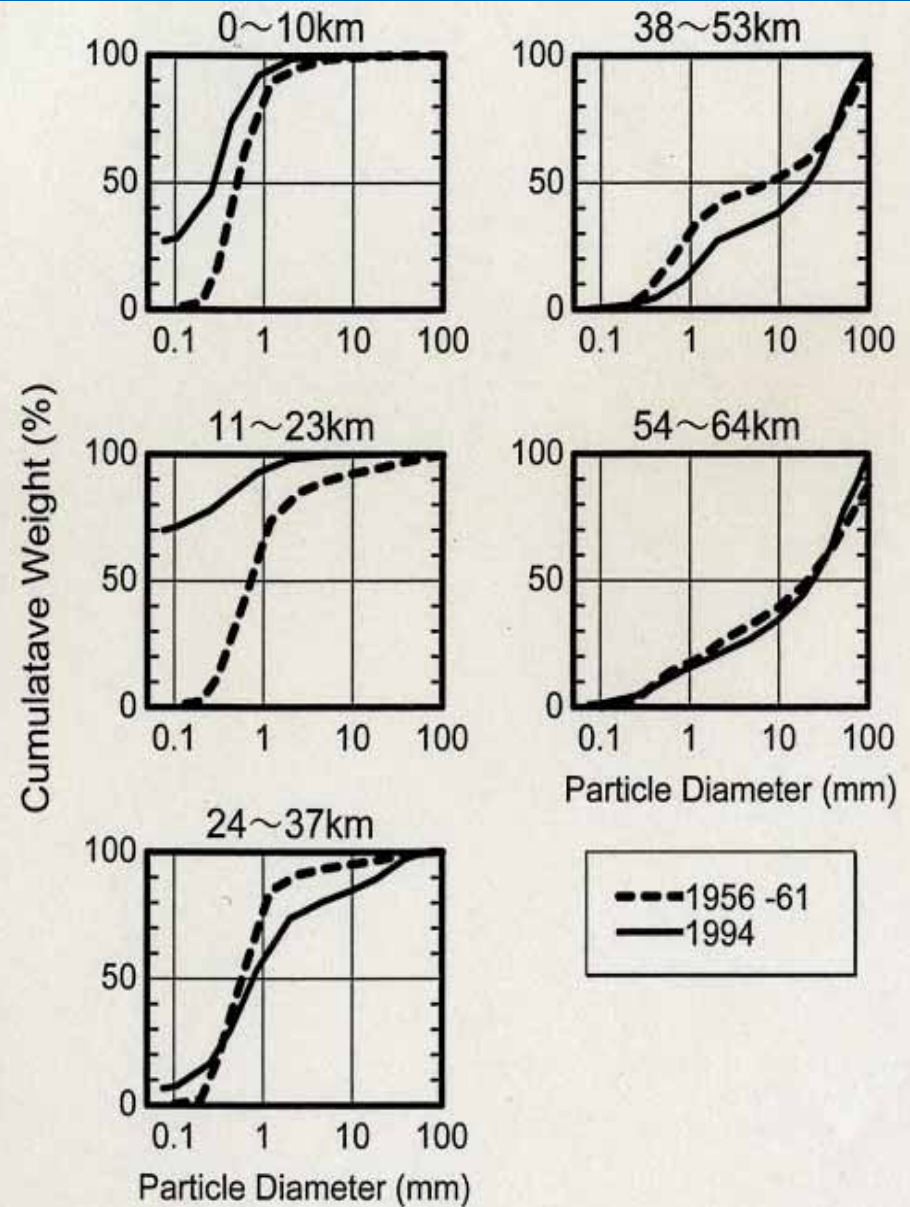
筑後川砂利採取量の経年変化



筑後川における平均河床高の経年変化



筑後川における粒度分布の経年変化

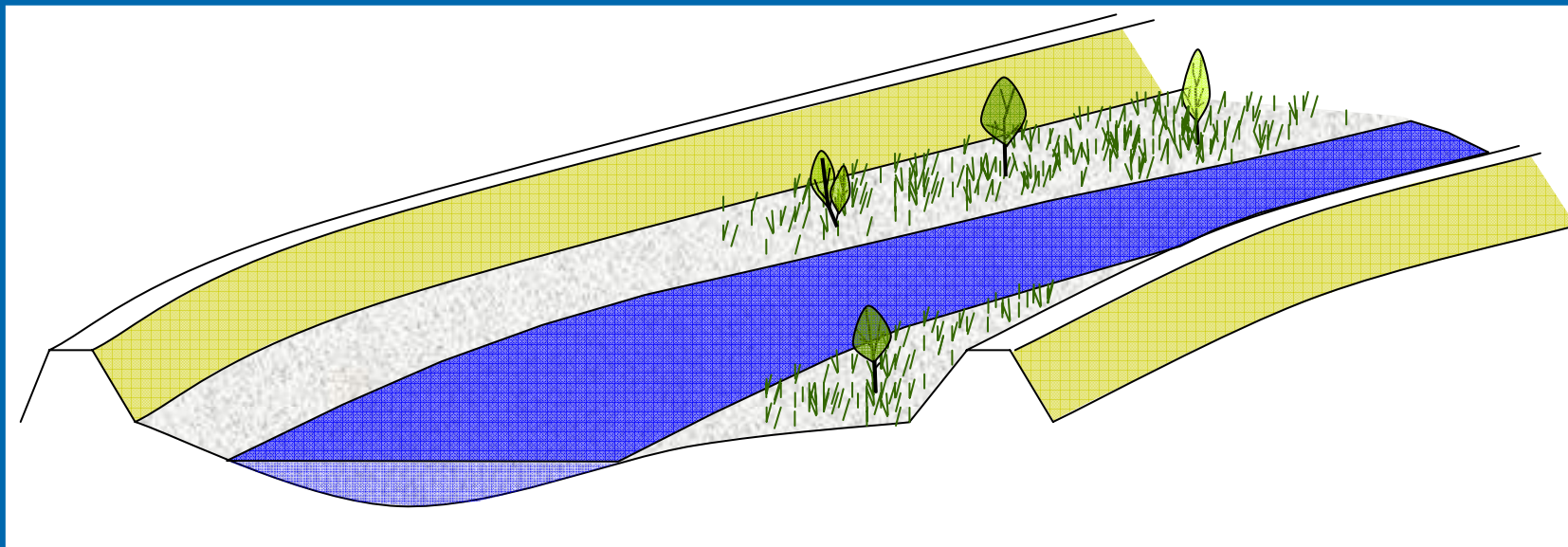


3.10 樹木管理

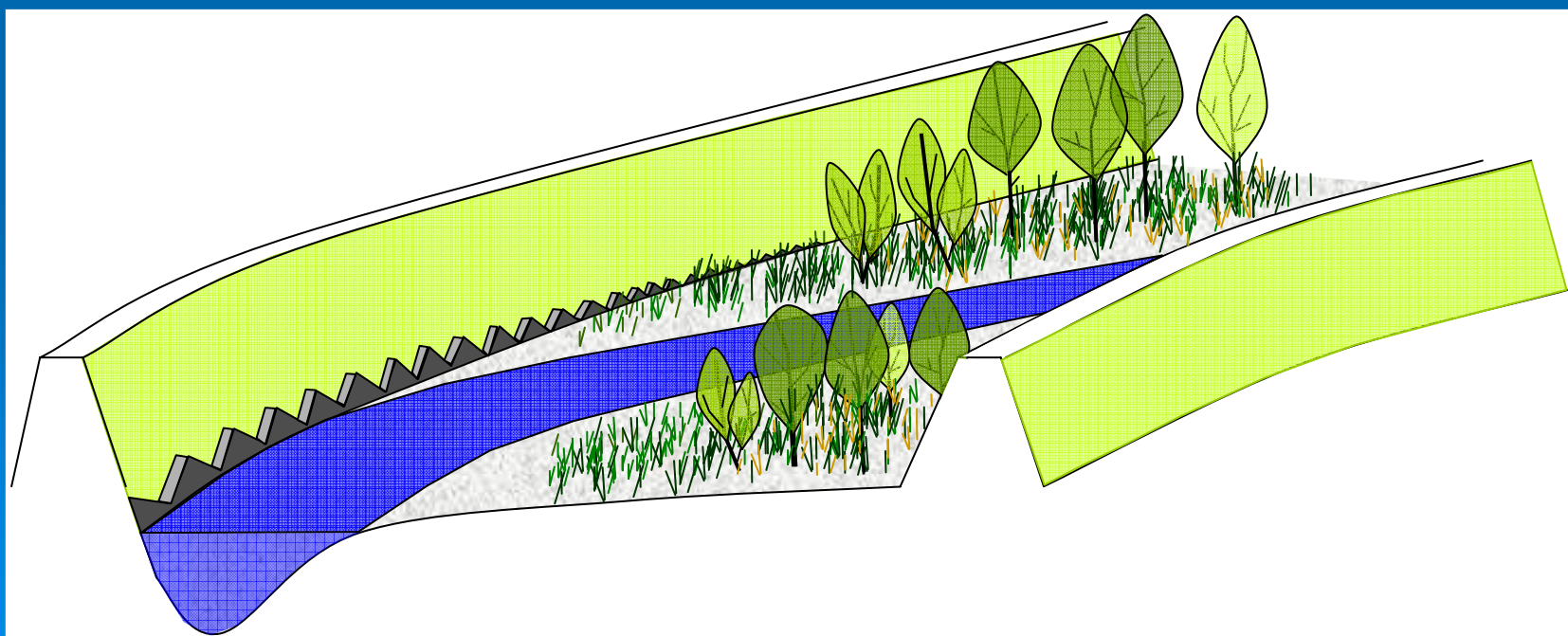
1. 河川整備基本方針では、樹木を伐採すること、河床を掘削することが、流下能力確保の手段あることが多い。伐採が必要な樹木群は、常に維持管理が必要なことを銘記すべきである。

2. 低水路砂州上に繁茂している樹木群は、大洪水による河床洗掘によって容易に倒伏、流木化し、災害を引き起こす懸念が高い。

動的に平衡した安定した河道



平衡が破れ澇筋の縮小・深掘れと樹木の繁茂が生じた河道



3. 河道の樹木繁茂と洩筋の固定化は、河道が有する流れの掃流力を高め、床材料粒径とのバランス関係を決定的に変え、堤防等の構造物の安全性を脅かしている。

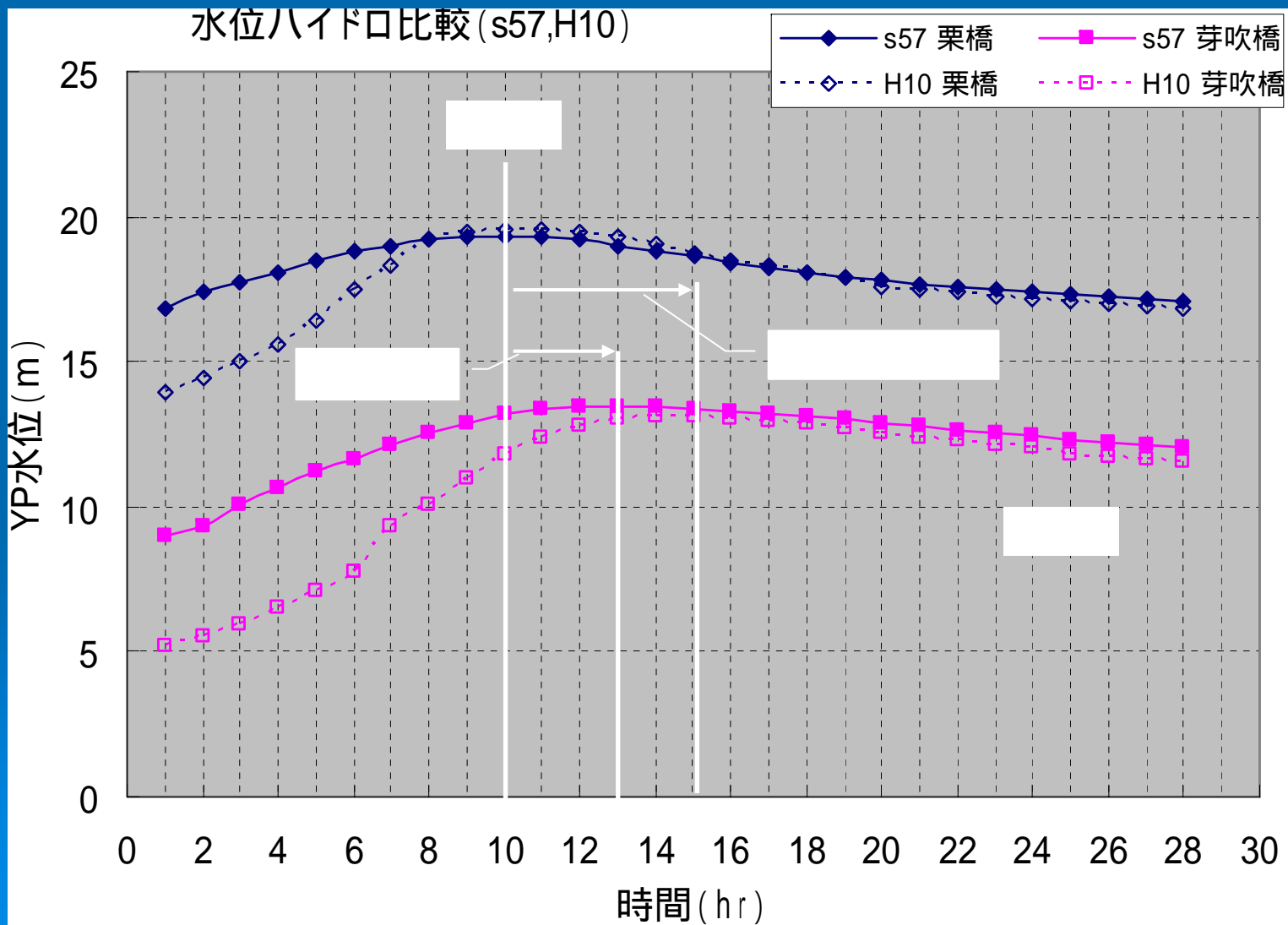
樹木を適切に伐採管理し、洩筋幅を広げて、そこにある河床材料粒径に見合う掃流力まで下げることが必要である。このため、粒径との関連で、どの程度の洩筋幅とすべきか、水工学の大きな課題である。

4. 樹木繁茂と河川の維持管理

- 洪水水位の実測データから見ると、利根川・江戸川では、昭和50年代に比べて現在では河道断面が大きくなったが、洪水の伝播速度は明確に遅くなっている。
- 高い洪水水位が長い時間続くことになり、河道の安全性、特に、堤防の標準断面として決められている堤防の安定性への影響が懸念される。
- これを引き起こしているのは、密集した樹木群と河道線形に伴う流れの干渉による作用である。

■ 流下に伴う洪水波形の変化と伝播に要した時間 (栗橋 ~ 芽吹橋)

- ・ s57、H10の水位ハイドログラフを栗橋でのピーク発生時刻を合わせて表記



3.12 河川の維持管理と水工学研究

河道の維持管理は、河川の安全・機能の維持、河川環境の保全のうえからその重要性は経年的に増大して来る。

水工学研究者が進めている基礎的研究は、河川の維持管理課題と密接に関係する。それぞれの研究がどのように維持管理に活用できるかといった視点での研究が、基礎研究の大いなる展開につながり、研究の広がり、活性化を促す。

4.河川の技術基準等

4.1 河川管理施設等構造令

- ・堤防の構造(余裕高、特殊堤、霞堤等)
- ・河川構造物(特に、固定堰、護岸と護床工)
- ・ダムからの排砂
- ・連続して存在する堰

4.2 河川砂防技術基準

- 山地域の流出計算法の実用化
- 急流河川の洪水流と土砂移動
- 総合土砂管理
- 流量観測法
- 基準点、主要点
- 河口の計画
- 河川計画への水面形の利用
- 河床材料から見た河川(石河川、石礫河川・礫河川、砂礫河川、砂河川)の力学

- 河床材料調査法
- 輸送土砂の質と量
- 河床材料と河床変動
- 河道の幅と河床掘削
- 河道の修復技術
- 維持管理技術 河道(河道と河床)、水面(水面幅、高水敷幅、低水路幅、漣筋幅)、構造物、樹木群、等)

5. 人間活動による気候変化に伴う流量増への適応策の研究

人間活動がもたらす気候変化による降雨・流量増の調査研究が進んできた段階で、現在の河川整備基本方針の改定が考えられる。

今後は、現在のハード施設が、治水上どこまでの外力まで信頼を持って対応できるのかを定量的に評価し、その上でさらに必要な適応策の水工学研究が重要になる。

治水適応策研究

- ・気候変化と降雨
- ・土砂生産と土砂流出
- ・海面上昇と前浜の侵食、地下水の塩水化
- ・外力の評価法
- ・河川構造物の設計論
- ・地域計画との連携研究
- ・水災害リスクの評価と治水政策への反映
- ・水災害適応型社会の形成に向けた研究

ありがとうございました.

