

平成21年度  
第1回 矢作ダム堰堤改良技術検討委員会  
委員会資料

平成21年9月14日

国土交通省 中部地方整備局 矢作ダム管理所  
豊橋河川事務所

# 目次

## 1. 委員会の概要

## 2. 土砂管理

2.1 上流区間の土砂管理シナリオ

2.2 下流区間の土砂に関する課題

2.3 土砂処理方策(検討の方向性)

## 3. 排砂に関わる環境

3.1 上流区間の河道影響評価案について

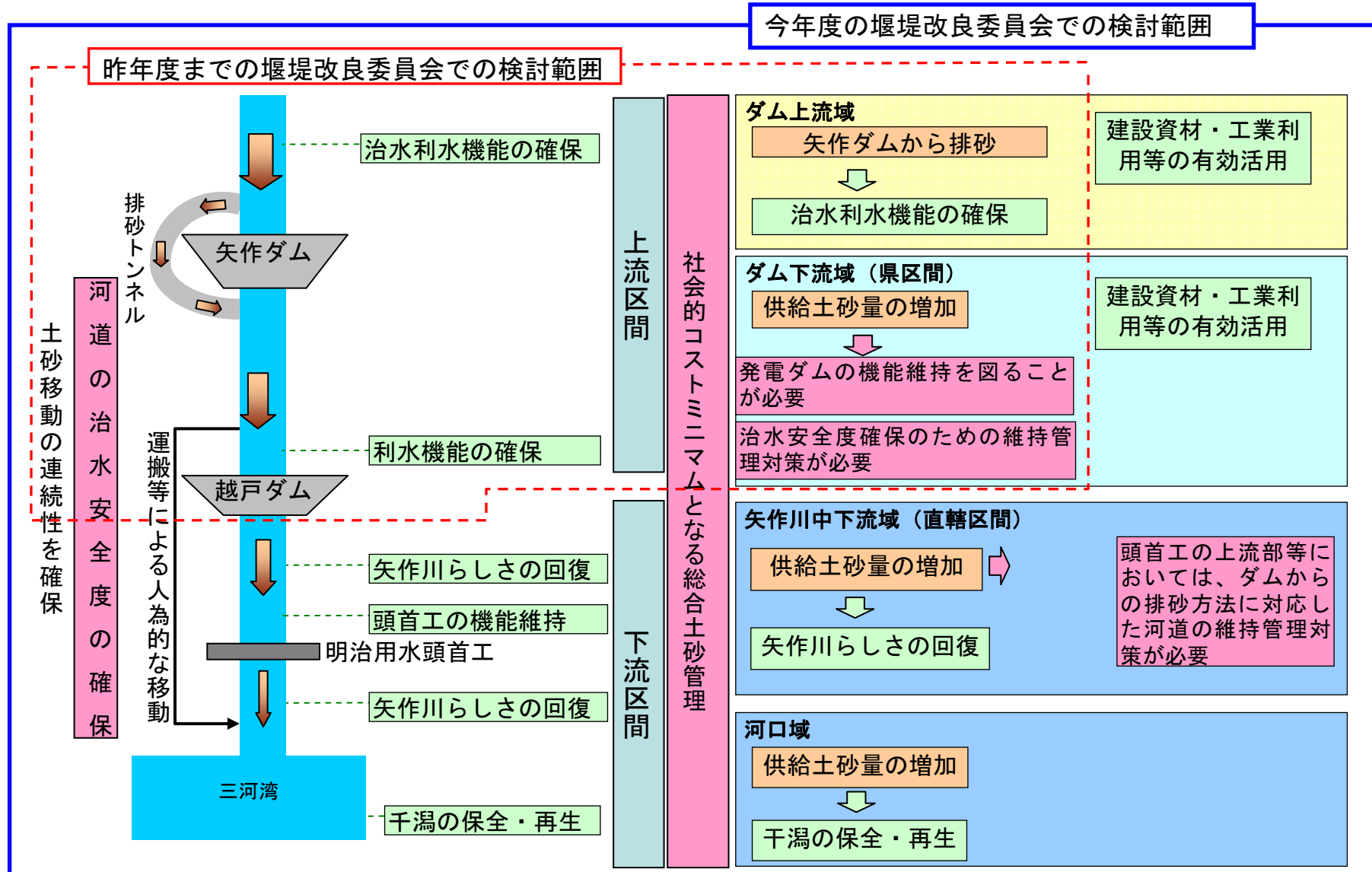
3.2 今後の環境調査計画について

## 4. 排砂施設

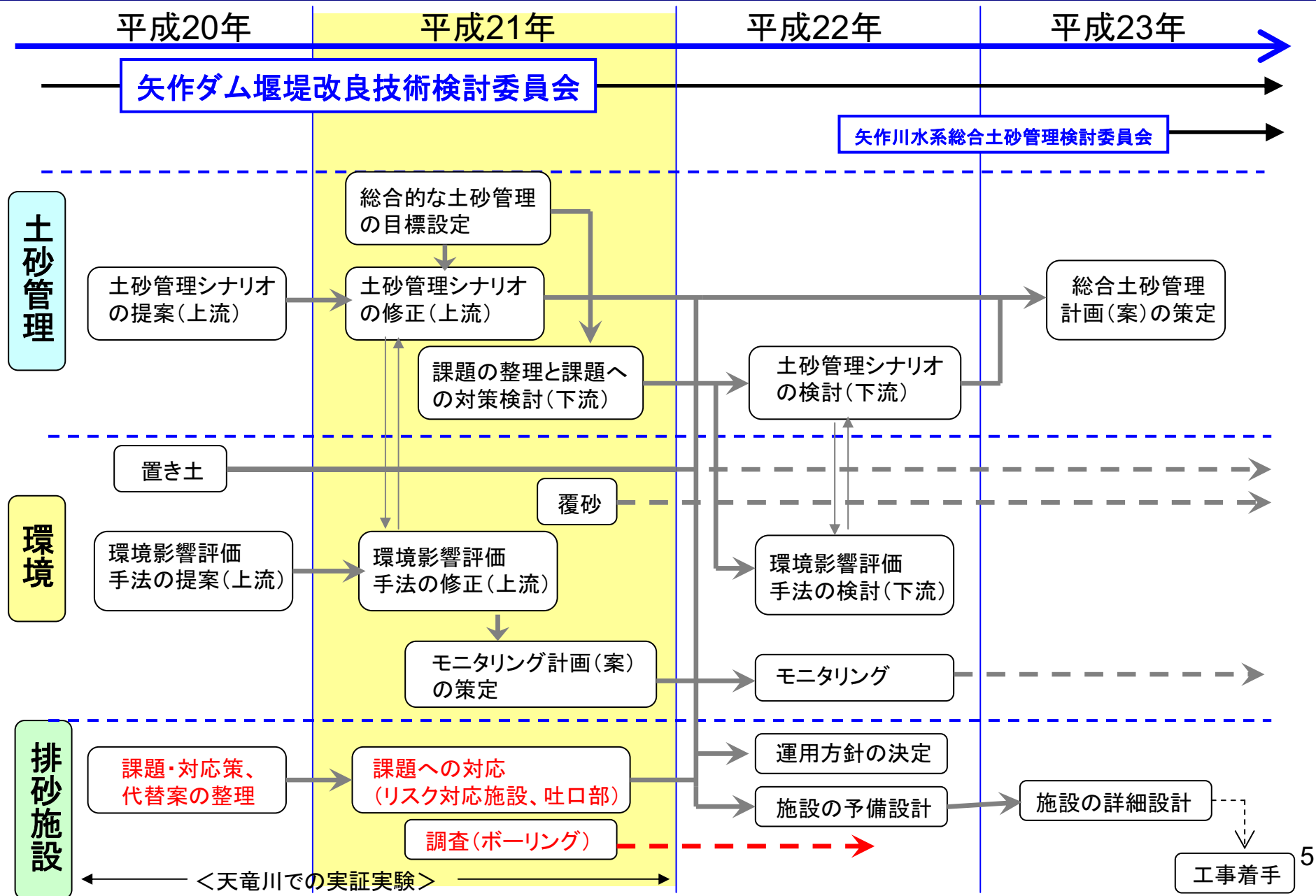
# 1. 委員会の概要

# 1. 委員会の概要（今後の委員会の進め方）

矢作ダムからの排砂による効果、影響及び対策を矢作川全体でとらえ、土砂管理を行う



# 1. 委員会の概要（今後の委員会の進め方）



※上流: 矢作ダム～越戸ダム、下流: 越戸ダム～河口

# 1. 委員会の概要（今年度の委員会の進め方）

今年度の委員会では、以下の3つのテーマを設け、テーマごとに議論

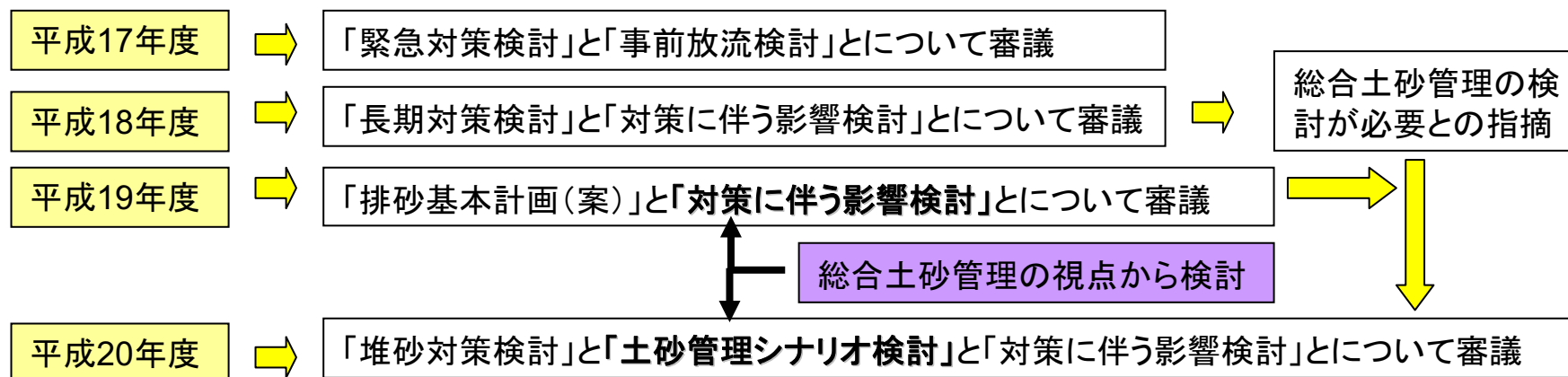
- ①土砂管理
- ②排砂に関わる環境
- ③排砂施設

各委員会で扱う主なテーマ（案）

|             | 第1回                       | 第2回                       | 第3回                       | 第4回                       | 第5回                   |
|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 開催日<br>(予定) | 9月14日                     | 10月下旬頃                    | 12月中旬頃                    | 1月中旬頃                     | 3月上旬頃                 |
| 土砂管理        | ○<br>(排砂対策に係る<br>土砂管理)    | ○<br>(矢作川全体の<br>土砂管理)     |                           | ○<br>(矢作川全体の<br>土砂管理)     | ○<br>(排砂と全体の<br>土砂管理) |
| 環境          | ○<br>(上流区間の排砂<br>による環境影響) | ○<br>(下流区間の土砂<br>管理に係る環境) | ○<br>(上流区間の排砂<br>による環境影響) | ○<br>(下流区間の土砂<br>管理に係る環境) | ○                     |
| 排砂施設        | ○                         |                           | ○                         |                           | ○                     |

# 1. 委員会の概要（これまでの委員会の概要）

- (1) 矢作ダムでは、昭和46年4月の運用開始以降38年が経過し、貯水池内外において環境の変化が生じてきている。
- (2) 平成17年度に矢作ダム堰堤改良事業が採択され、ダム機能向上を図ることになり、「矢作ダム堰堤改良技術検討委員会」が設立された。
- (3) 平成17年度は緊急ダム堆砂対策計画が、平成18年度は長期ダム堆砂対策計画及び堆砂対策を実施することにより生じる下流河川の環境への影響検討について、指導、助言を得た。
- (4) 平成19年度からは、長期ダム堆砂対策の実施に向け、総合土砂管理の視点を踏まえた審議を行った。
- (5) 平成19年度は堆砂基本計画(案)と下流への影響予測方法について、平成20年度は土砂管理シナリオの方向性、調査計画及び下流河道の影響評価案について、指導、助言を得た。



# 1. 今回の委員会のポイント（前回委員への指摘と対応）

## 【土砂管理】

### ■Point1

土砂管理シナリオの追加案の確認

### ■Point2

土砂に起因する下流区間の課題整理

## 【排砂に伴う環境】

### ■Point3

河川影響評価案の修正方針の確認

### ■Point4

置土調査結果の報告、覆砂計画案の確認

## 【堆砂対策】

### ■Point5

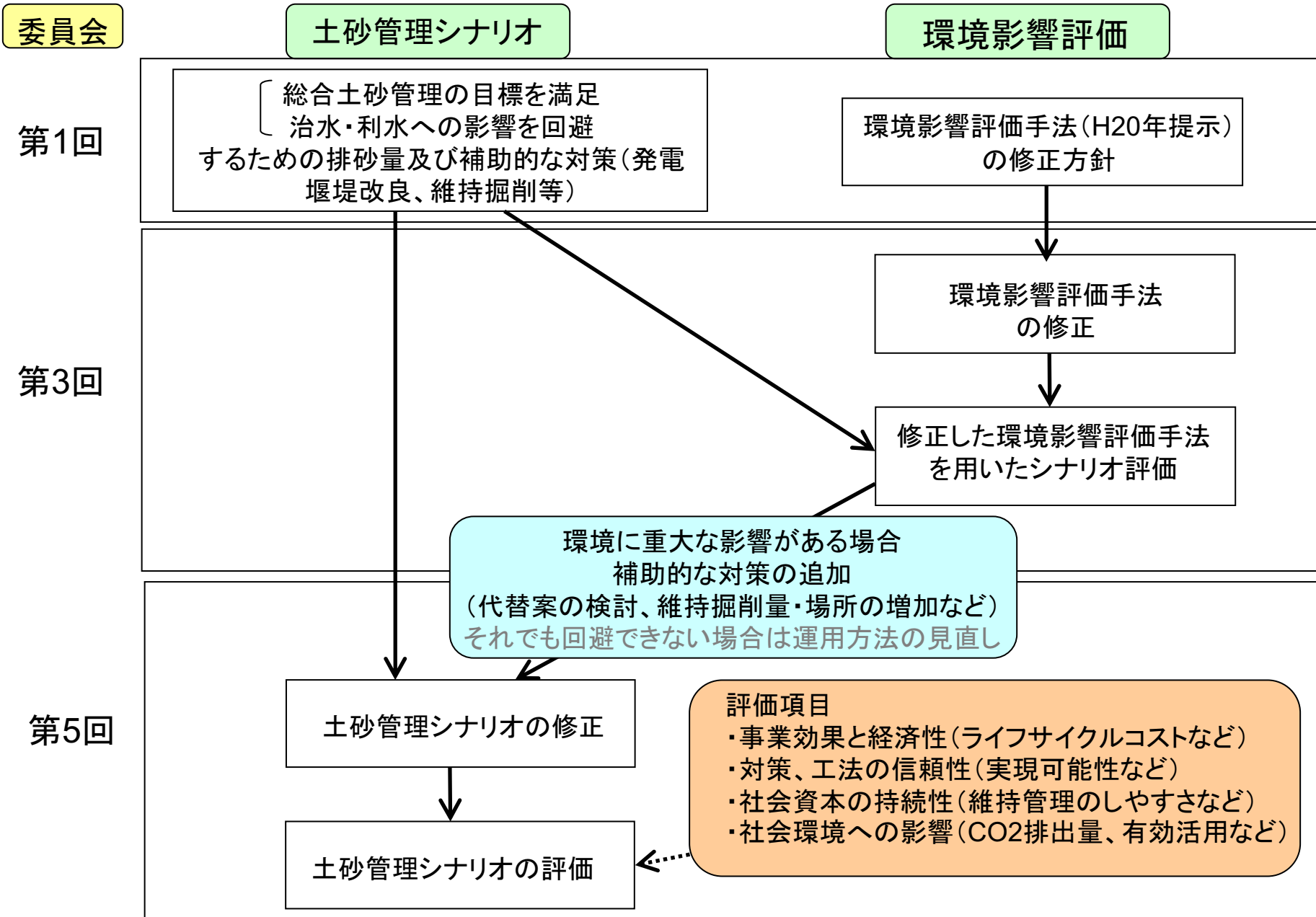
排砂施設の基本計画の確認



## 2. 土砂管理

## 2.1 上流区間の土砂管理シナリオ

# 2.1 上流区間における土砂管理シナリオ検討の流れ



## 2.1 上流区間における土砂管理の基本的な考え方

### 1. 機能維持（矢作ダム及び下流堰堤の治水・利水機能の維持）

#### (1) 矢作ダムの機能維持

矢作ダムの治水・利水機能を維持するため「**全量排除を基本**」

#### (2) 下流発電堰堤の機能維持

掃流力を維持し**土砂を自然の営力により排除**する方策をハード（洪水吐きの切り下げ、分離制御壁等）・ソフト（洪水前の貯水位低下等）両面から検討

### 2. 下流河道への影響回避・軽減

#### (1) 治水安全度

矢作ダムから排砂により、**治水安全度をできるだけ低下させないこと**を基本

#### (2) 物理環境

矢作ダムから排砂により、**河床材料の変化による悪影響ができるだけ生じないこと**を基本

#### (3) 生物環境

矢作ダム排砂後に生じる現象を河床変動計算結果や現地の情報から検証

### 3. コストの最小化

矢作ダムから越戸ダムの区間で実施する対策の**コスト最小化**

## 2.1 対策メニューの追加案

| No. | 前回委員会の指摘事項  | 対応案  |
|-----|---|--|
| ①   | 平成20年度のシミュレーション条件では、上流で堆積した土砂をすぐに取り除くこととしているが、治水や発電に問題のない範囲でできるだけ我慢して、なるべく下流で除去するシナリオについても検討する必要がある。                                    | 治水安全度を低下させない範囲で河床上昇を許容すること、および、発電ダムの最低水位以下の堆砂を許容することにより、 <b>できるだけ土砂が流下しやすい河道形状を確保（縦断的になめらかな維持河床高を設定）</b> する。 |
| ②   | 発電ダムにおいて、土砂の通過量を平成20年度検討ケース（①発電ダム運用方法見直し、②洪水吐高見直し）より、さらに高める方法はないか。  | <b>発電専用ダムである阿摺ダムを対象に、実現の可能性のある範囲で、最大限土砂を流下させる方策を検討する。</b>  |
| ③   | 平成20年度のシミュレーションにおける矢作ダムへの流入土砂量条件は、近年の流入土砂傾向が継続すると想定し、恵南豪雨後の比較的堆積土砂量が多い期間（H12～16）の堆積土砂量から推定した条件を与えている。一方、より長期間で考えた場合には、流入土砂量は減少する可能性がある。 | 流入土砂量を減らしたケースについて、本年度検討する土砂管理シナリオを対象に、排砂量への影響と対策を検討する。   |

## 2.1 対策メニュー一覧

| 対象   | 対策              |              | 内容   |
|------|-----------------|--------------|--|
| 矢作ダム | 吸引施設による<br>自然排除 | 標準運用         | 平成19年度検討ケース  |
|      |                 | 最大排砂運用       | 流入土砂量に対する吸引排砂率最大ケース  |
|      |                 | 下流影響考慮運用     | 排砂地点直下流の土砂堆積を防止するケース   |
|      | 人為排除            | 機械による堆積土砂の搬出 | 吸引施設により排除し切れなかった土砂を掘削により人為的に排除。吸引施設を考慮しない場合は、全量を掘削により排除。   |
| 発電堰堤 | 施設改良            | 洪水吐切り下げ      | 洪水吐敷高の切り下げによるゲート開放時の掃流力の増加   |
|      |                 | 分隔制御壁設置      | 分隔制御壁による取水施設の機能維持と掃流力の増加   |
|      | 運用方法見直し         |              | 洪水初期～後期までゲートを開く（フリーフローとする）ことにより、できるだけ多くの排砂を促す<br><b>H20検討（200m<sup>3</sup>/s以上フリーフロー）に対し、洪水低減期には100m<sup>3</sup>/sまでフリーフローとする(STEP2)</b> |
|      | 人為排除            |              | 各発電堰堤を通過せずに堆積した土砂を掘削し排除（堆積分はすぐに削除）<br><b>治水安全度を低下させない範囲で堆積を許容しつつ掘削排除（STEP1）</b>  |
| 下流河道 | 維持掘削            |              | 河道に現況以上に堆積した土砂を掘削除去<br><b>治水安全度を低下させない範囲で堆積を許容しつつ掘削排除（STEP1）</b>   |

## 2.1 対策メニューの追加案

- ①掘削方法の見直し(STEP1)
- ②発電ダム運用方法の見直し(STEP2)

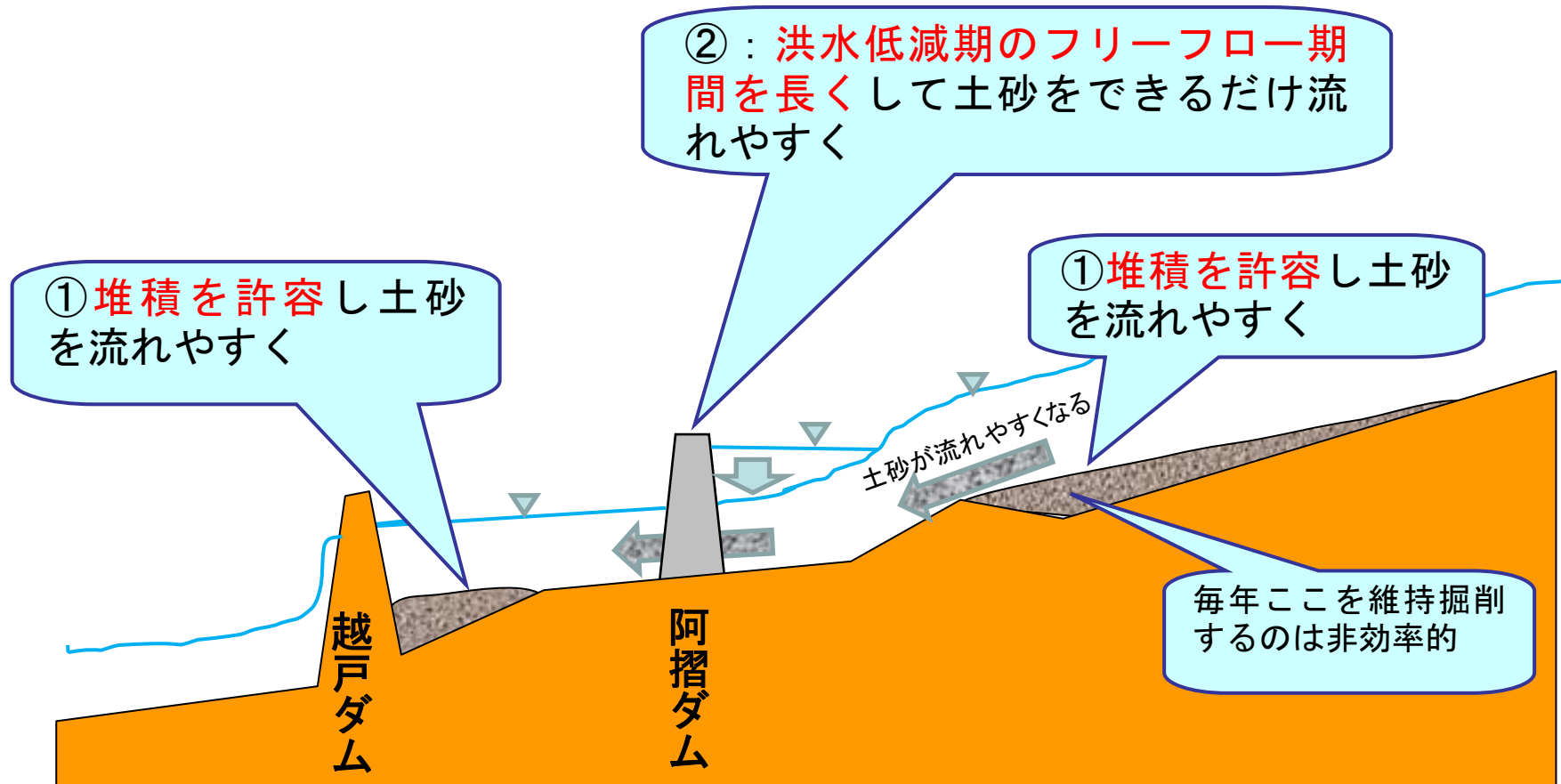
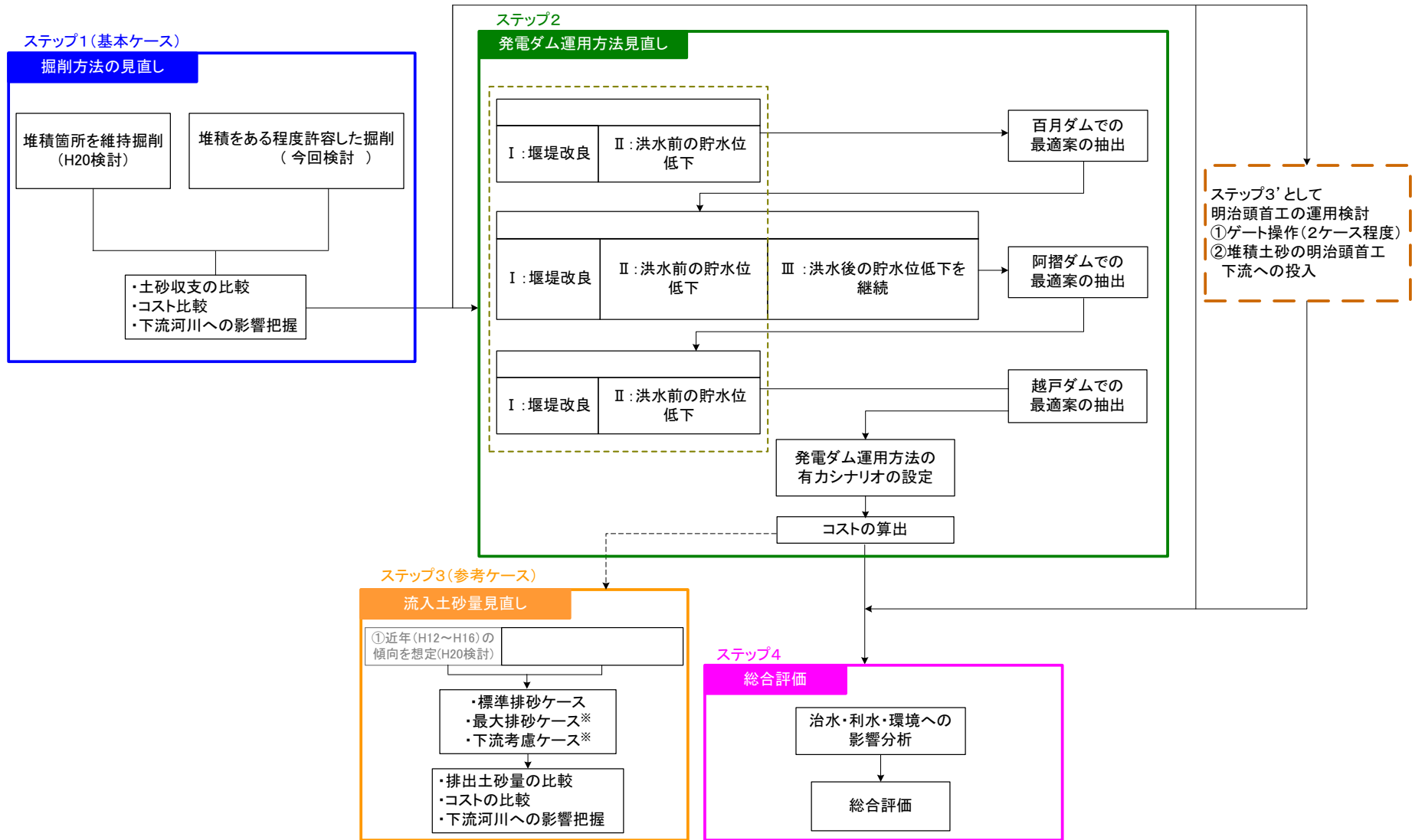


図 対策メニューの追加案のイメージ

# 2.1 対策メニューの検討フロー



※標準排砂ケースの検討結果を踏まえ、必要に応じ実施



# 2.1 掘削方法の見直し (ステップ1)

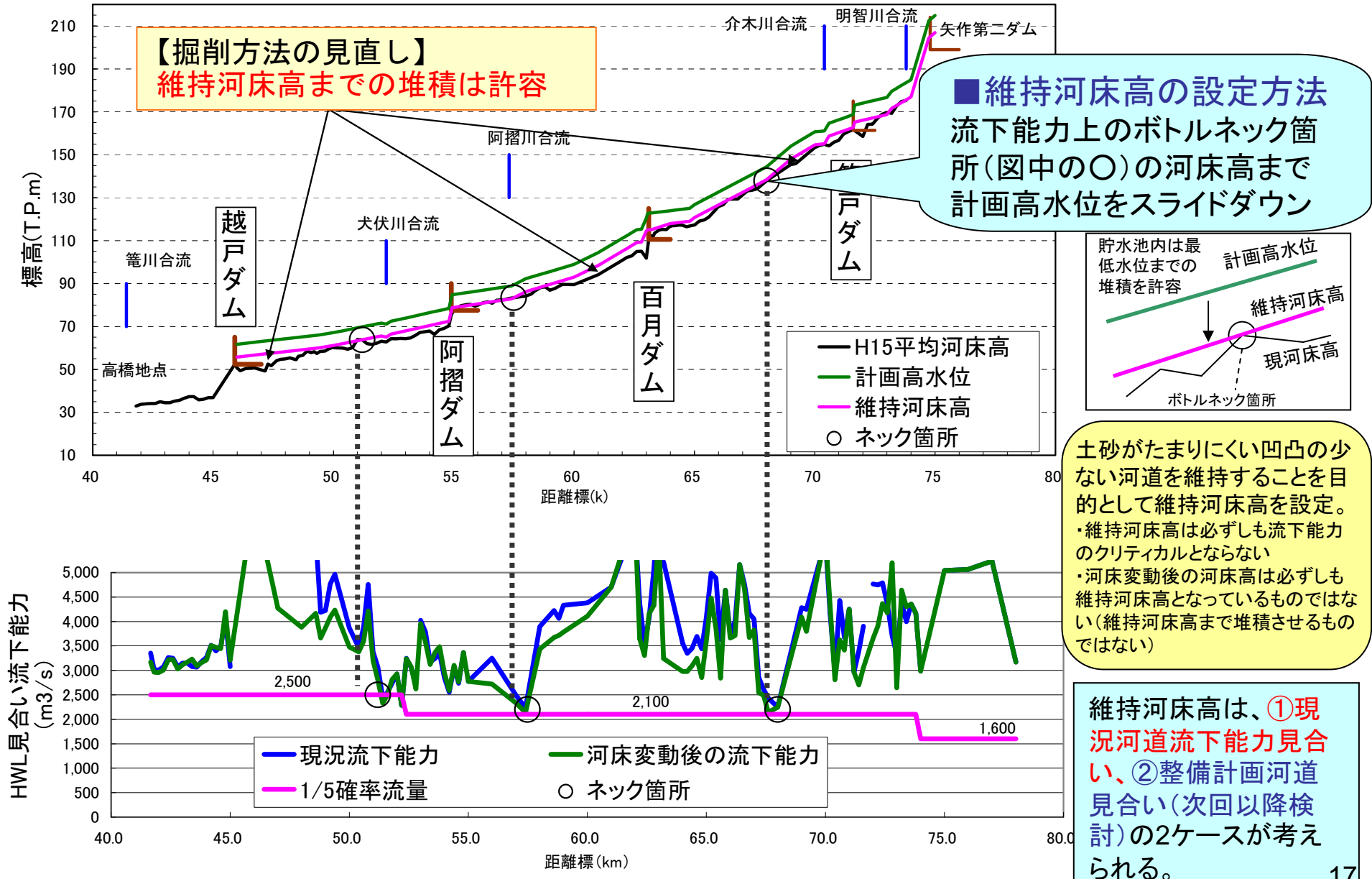


図 維持河床高(堆積許容高)の設定方法

# 2.1 発電ダムの運用方法の見直し (ステップ2)

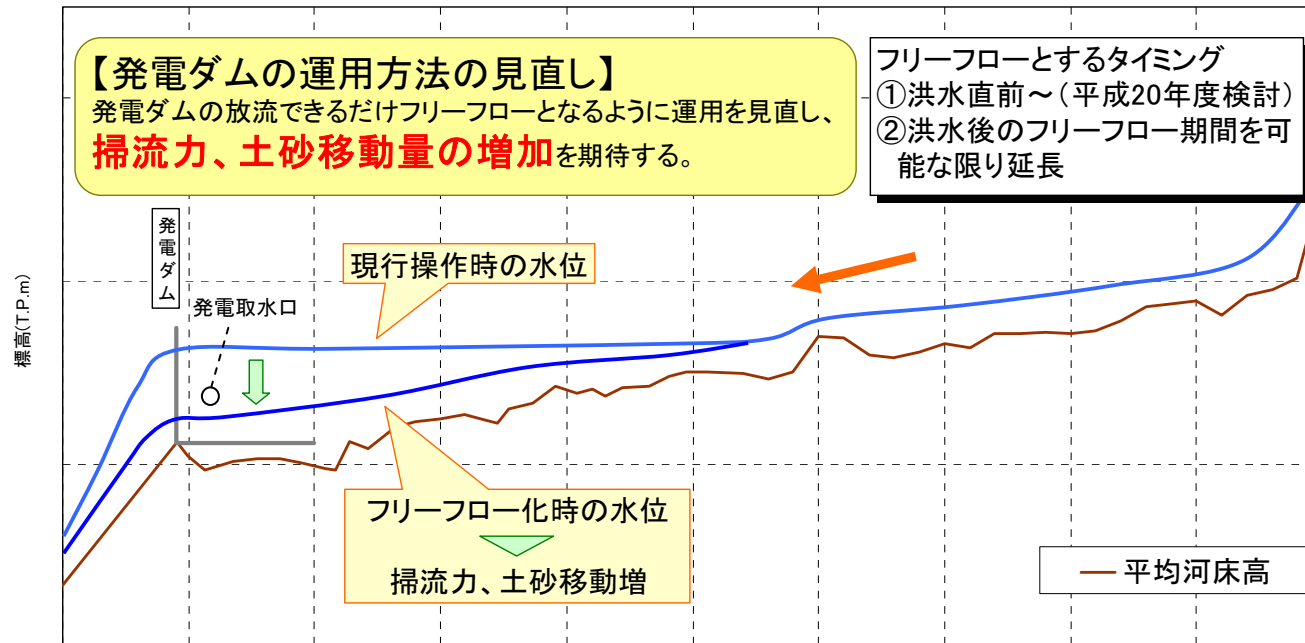


図 フリーフロー時の効果のイメージ

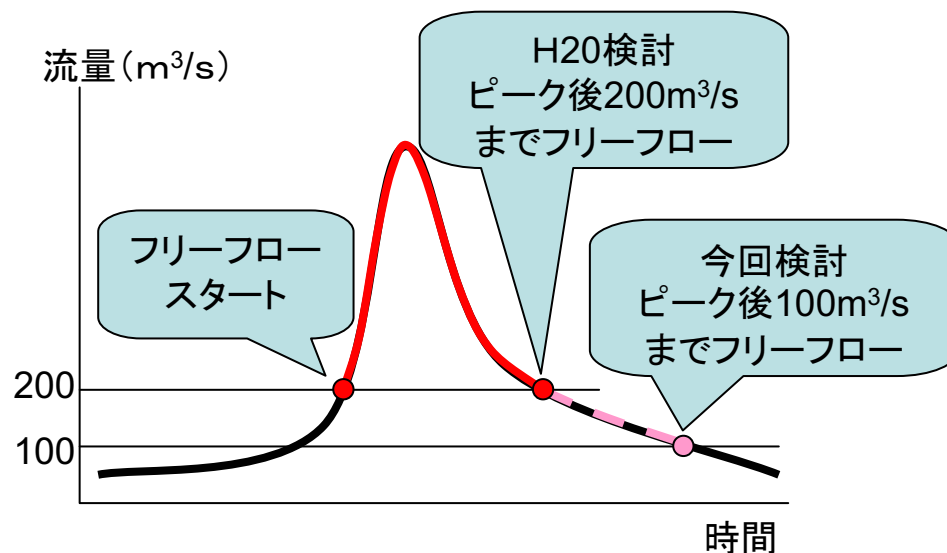


図 発電ダムの運用方法の見直しイメージ

## ＜フリーフローの実施条件＞

- ・常時フリーフローは以下の点から不可能
  - 発電できない
  - 逆調節機能が確保できず、阿摺ダム下流の河川の流量変化が大きくなる(上流の発電所にも影響)
- ・フリーフロー開始流量は以下の観点から小さくできない
  - 洪水前流量増加による下流影響の発生(予測が難しく、空振りによる下流影響の恐れ)

## 2.1 対策の効果

| 対策案                   | 効果の概要  |
|-----------------------|--|
| 掘削方法の見直し (STEP1)      | <ul style="list-style-type: none"><li>➤維持河床高を設定することにより、特に<b>百月ダムにおける通過土砂量が増加</b> (18.6万m<sup>3</sup>⇒22.6万m<sup>3</sup>)</li><li>➤維持掘削量は減少 (19.7万m<sup>3</sup>⇒16.8万m<sup>3</sup>)</li></ul>   |
| 発電ダムの運用方法の見直し (STEP2) | <p>阿摺ダムを対象に、フリーフローとする流量規模の閾値を洪水低減期において100m<sup>3</sup>/s、200m<sup>3</sup>/sとした結果、通過土砂量はほぼ同じであることを確認。このため、<b>200m<sup>3</sup>/sを閾値とした場合</b>を採用。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤阿摺ダムの通過土砂量が増加 (8.5万m<sup>3</sup>⇒14.1万m<sup>3</sup>※)</li><li>➤維持掘削量はさらに減少 (16.8万m<sup>3</sup>⇒11.1万m<sup>3</sup>※)</li></ul> <p>※ともにSTEP1との比較</p> |

両対策ともに、**通過土砂量の増加と掘削土砂量の減少**が期待できる

トータルコスト、環境への影響等も考慮して最適案を総合的に判断 19

# 2.1 対策の効果（通過土砂量計算結果の例）

堆積箇所維持掘削時（H20検討）

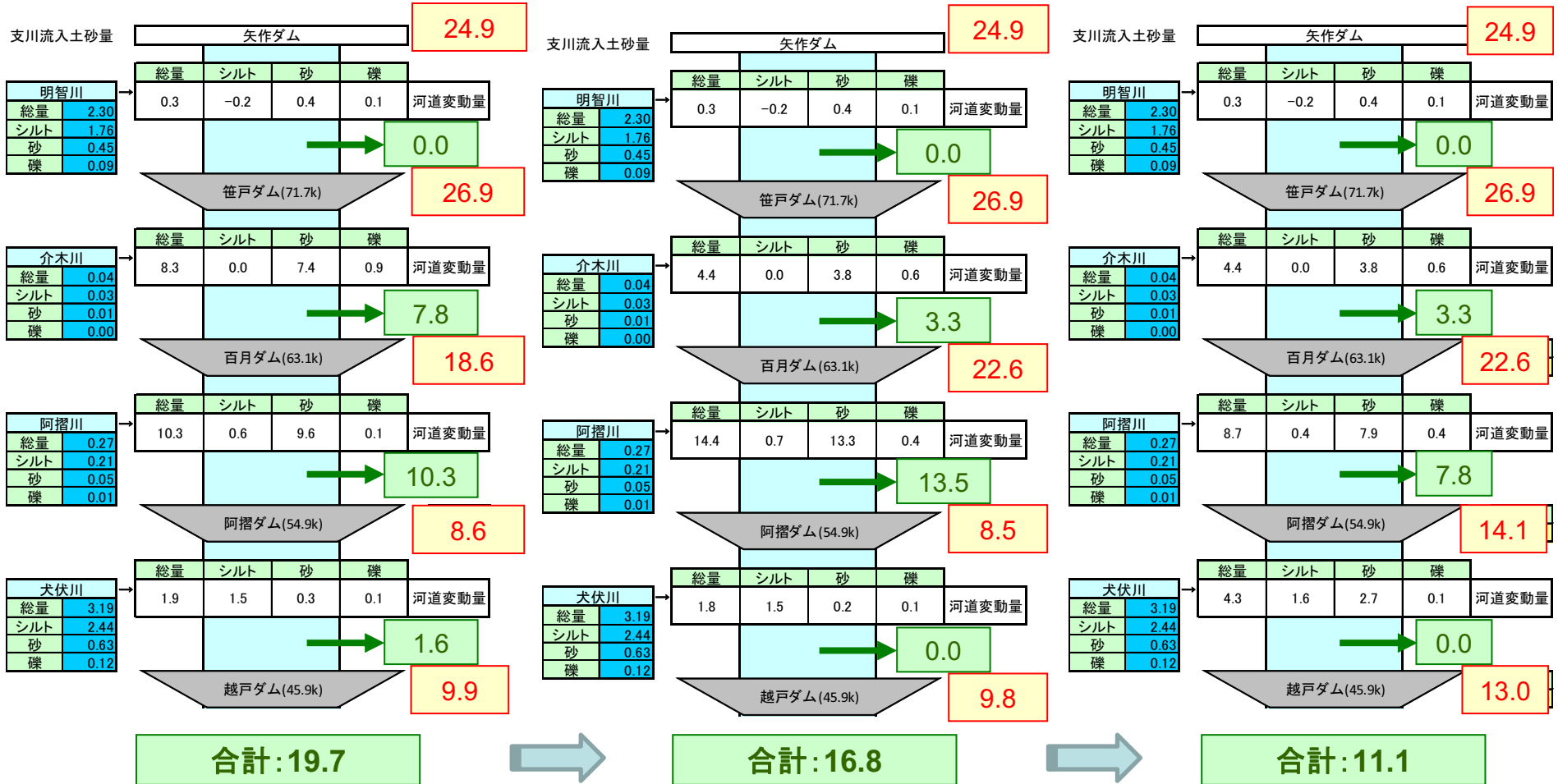
①維持河床高設定時（STEP1）

①+阿摺ダム200m<sup>3</sup>/s以上フリーフロー時（STEP2）

百月、阿摺ダムの通過土砂量が少ない

百月ダム通過土砂量が増加

阿摺ダム通過土砂量が増加



赤:通過土砂量

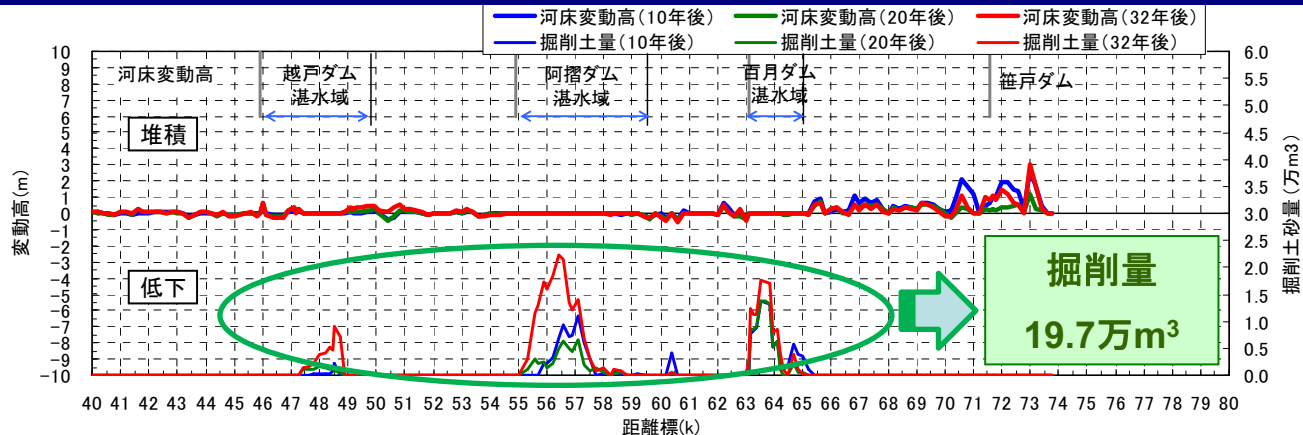
単位:万m<sup>3</sup>

緑:掘削土砂量

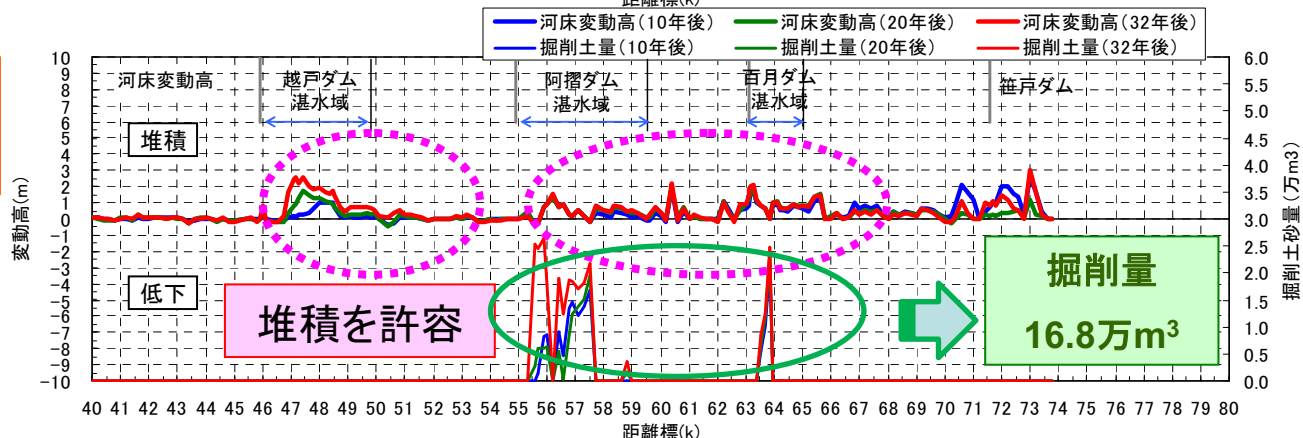
※図中の値は32年間の流況の平均値

# 2.1 対策の効果 (河床変動高計算結果の例)

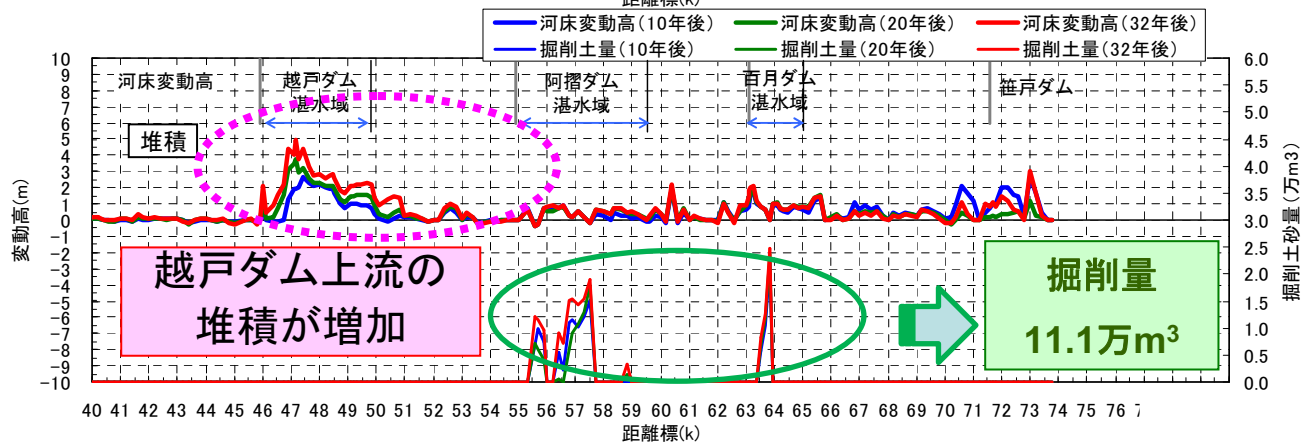
堆積箇所維持掘削時 (H20検討)



①維持河床高設定時 (STEP1)



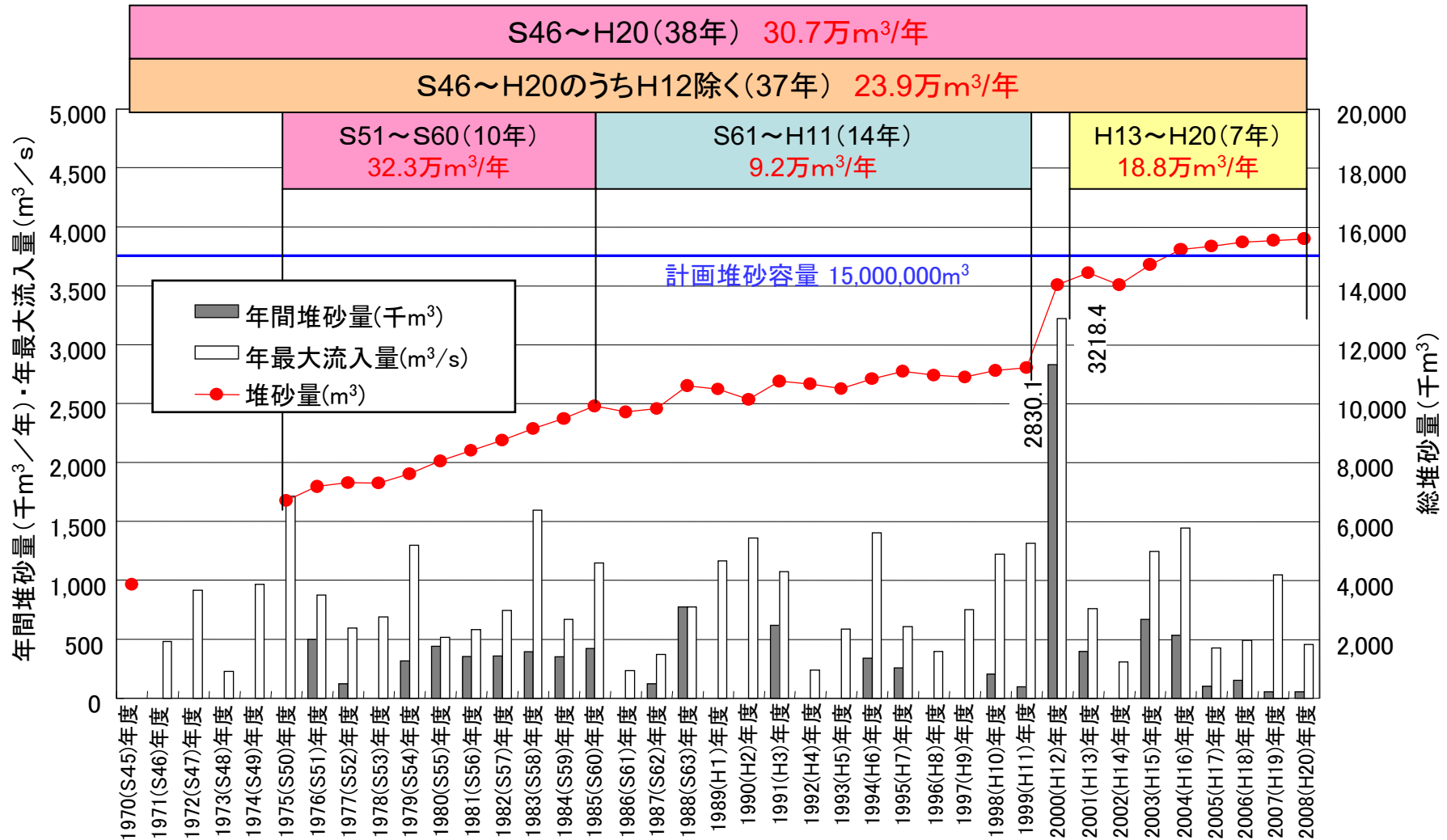
①+阿摺ダム  
200m³/s以上フ  
リーフロー時  
(STEP2)



## 2.1 流入土砂量の見直し（ステップ3）

近年の堆積土砂量が少なくなっているが、長期的に見れば恵南豪雨を除いても平均的には24万m<sup>3</sup>/年となる。

現在の予測条件では24.7万m<sup>3</sup>/年を想定（恵南豪雨除く）しており、これは妥当である。



## 2.1 流入土砂量の見直し（ステップ3）

近年のH12～H16の傾向が継続した場合のQ~Qs式（標準ケース）と、堆積土砂量が少ないS61～H11の傾向が継続した場合Q~Qs式を用いて平均的な土砂収支※を予測した。

＜結果＞

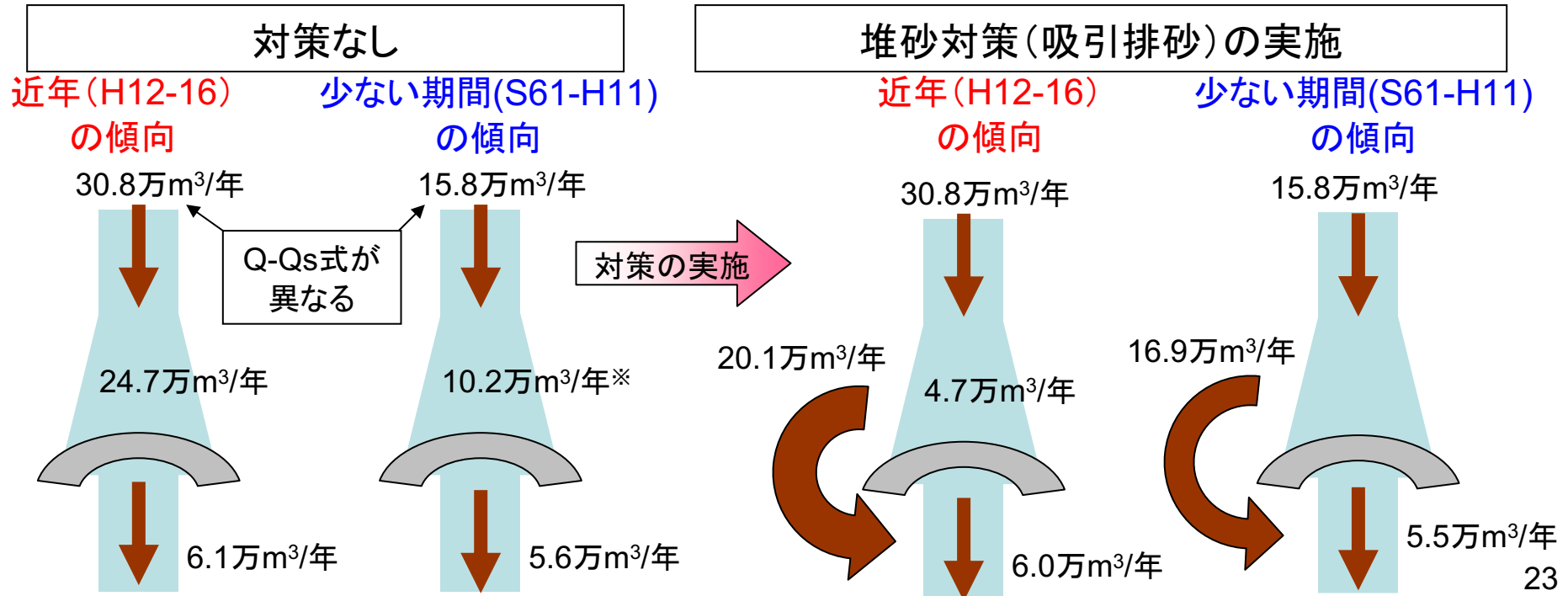
※平均的な土砂収支はS46-H16の流況の繰り返しによる100年計算の平均から求めている。

- ・流入土砂量：**30.8万m<sup>3</sup>**⇒**15.8万m<sup>3</sup>**、堆積土砂量（対策なし）：**24.7万m<sup>3</sup>**⇒**10.2万m<sup>3</sup>**
- ・吸引排砂量（湖内移送あり）：**20.1万m<sup>3</sup>**⇒**16.9万m<sup>3</sup>**

※ 吸引排砂量が**12万m<sup>3</sup>**以上であれば、コスト的妥当性が成立

＜今後の検討方針＞

- ・流入土砂量が少ない場合でも投資効果が確保できる吸引排砂施設運用方法の検討
- ・下流対策シナリオの最適案における妥当性確認（最適案についてチェック計算）



※前ページでは平均堆砂量9.2万m<sup>3</sup>としているが、ここではS46～H16の繰り返しによる100年の平均であり値が異なる



## 2.1 土砂管理方策の評価指標（案）

### 評価指標の条件

土砂管理シナリオの最適案を比較選定するために、**定量化が可能**  
選定した土砂管理シナリオによるメリット（便益）が**対外的にも理解しやすい**指標

| 区分       | 種別 | 評価指標                   | 目的   |       |     |     | 定量化の<br>必要度 |
|----------|----|------------------------|------|-------|-----|-----|-------------|
|          |    |                        | 機能維持 | 回避・軽減 | コスト | その他 |             |
| 治水       | 間接 | ① 治水安全度(流下能力)          |      | ○     |     |     | ◎           |
| 利水       | 間接 | ② 濁水被害軽減効果             |      |       | ○   | ○   | ○           |
| 河川<br>環境 | 間接 | ③ 河床材料の質の変化            |      | ○     |     |     | ○           |
|          | 間接 | ④ 瀬淵存在区間               |      | ○     |     |     | △           |
|          | 間接 | ⑤ 濁水発生頻度増加             |      | ○     |     |     | ○           |
| 周辺<br>環境 | 間接 | ⑥ 掘削土砂運搬に伴うCO2排出量      |      |       |     | ○   | ○           |
|          | 間接 | ⑦ 水力減電に伴う代替発電によるCO2排出量 |      |       |     | ○   | ○           |
|          | 間接 | ⑧ 掘削土砂運搬に伴うトラック通過台数    |      |       |     | ○   | ○           |
| 施設<br>管理 | 直接 | ⑨ 排砂対策施設建設費            | ○    |       | ○   |     | ◎           |
|          | 直接 | ⑩ 維持掘削費                | ○    | ○     | ○   |     | ◎           |
|          | 直接 | ⑪ 掘削土砂運搬費              | ○    | ○     | ○   |     | ◎           |
|          | 直接 | ⑫ 発電ダム改築費              |      | ○     | ○   |     | ◎           |
|          | 直接 | ⑬ 減電損失費                |      |       | ○   |     | ◎           |
|          | 直接 | ⑭ 矢作ダム排砂量              | ○    |       | ○   |     | ◎           |
|          | 直接 | ⑮ 発電ダム通過土砂量            | ○    | ○     |     |     | ◎           |
|          | 直接 | ⑯ 有効活用可能土砂量            | ○    | ○     | ○   |     | ○           |
|          | 間接 | ⑰ 運用、維持管理の柔軟性          | ○    | ○     |     |     | △           |
|          | 間接 | ⑱ 他河川の実績の有無            | ○    | ○     | ○   | ○   | ○           |
|          | 間接 | ⑲ 掘削土砂運搬のための道路整備費      |      |       | ○   |     | ○           |

**直接** 対策のメリット・デメリットを直接的に評価できる指標

**間接** 付加的、間接的または代替的な指標

【定量化の必要度の凡例】 ◎：最適メニュー選定のために定量化が必要な指標、  
○：参考として定量化が考えられる指標、△：定量化が困難な指標

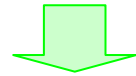


## 2.2 下流区間の土砂に関する課題

## 2.2 下流区間の土砂に関する課題

### ■河道域における課題

横断工作物等による土砂供給量減少  
河道での砂利採取 等



#### 治水面

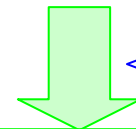
- ・みお筋の深掘れによる施設(堰、橋脚、護岸等)への影響
- ・河道の樹林化による河積阻害

#### 利水面

- ・河床低下による取水困難、取水口付近での土砂堆積

#### 環境面

- ・河床材料の粗粒化による生物生息環境の変化
- ・砂州、干潟の減少による生物生息環境の変化
- ・複断面化による冠水頻度の減少と植生への影響

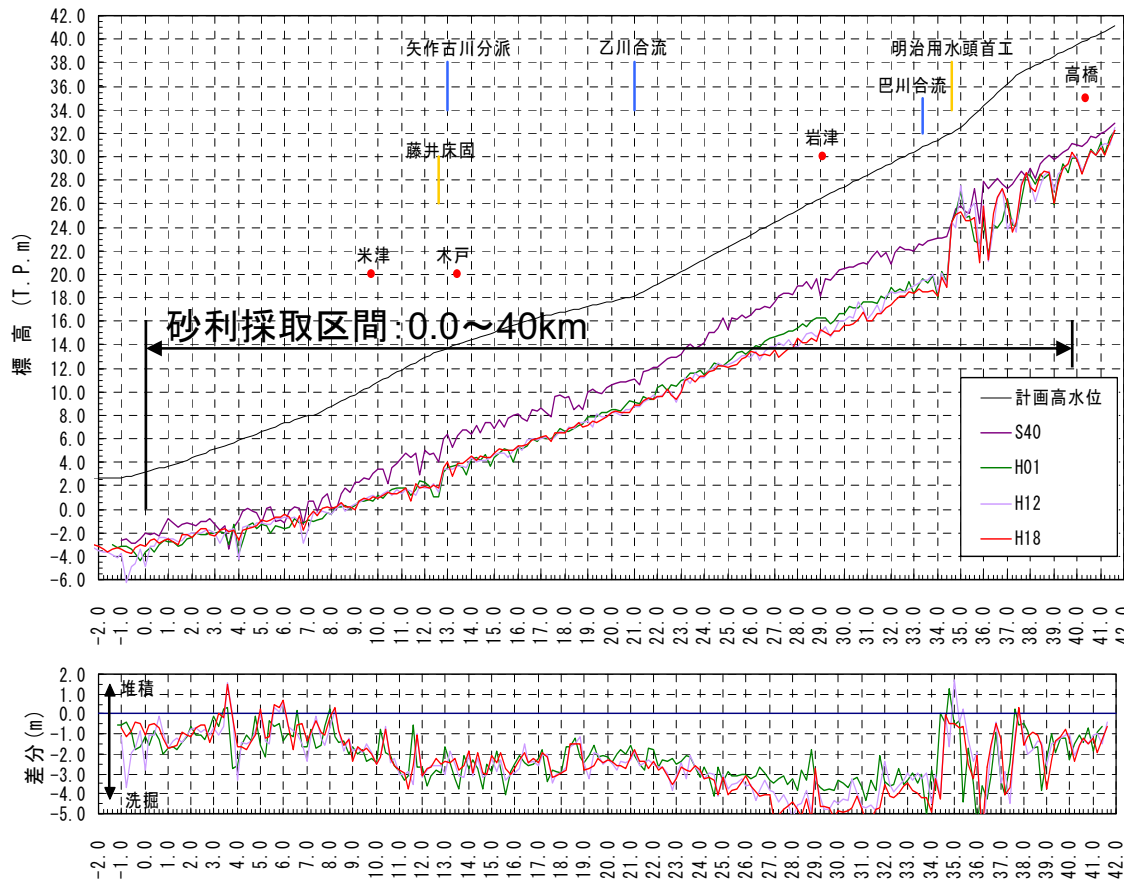


矢作ダムからの排砂実施

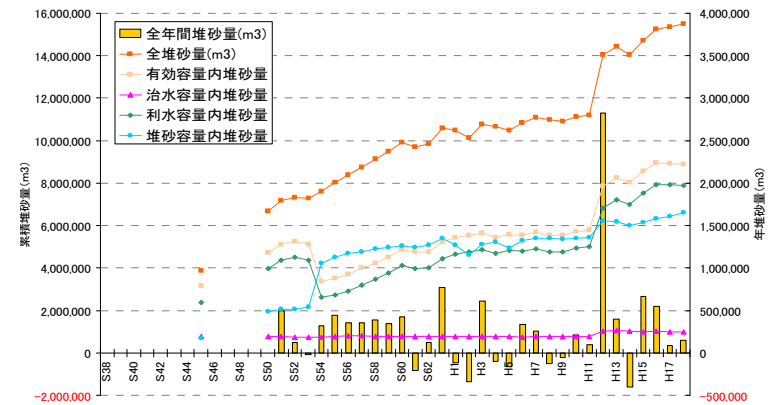
排砂による影響把握、回避・軽減方策の検討  
(物理環境、生物環境)

## 2.2 現状と課題（河道の変動状況）

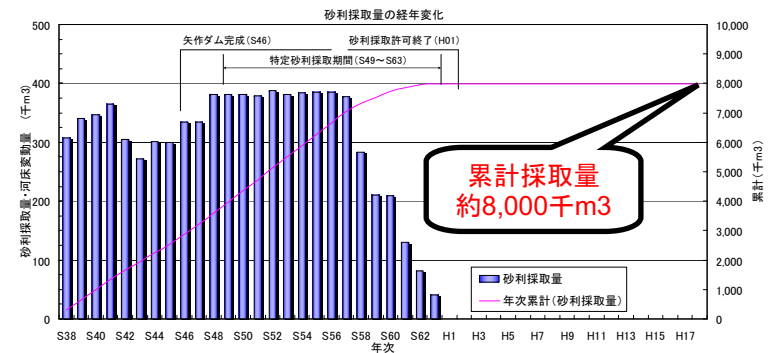
- 昭和40年から平成元年にかけて低水路平均河床高が2～3m低下した。
- 現在では、土砂動態は概ね安定している。
- 矢作ダムにおける堆砂はダム完成後36年間で累計堆砂量約1,500万m<sup>3</sup>に及ぶ。
- 昭和63年までの間で、総量で約800万m<sup>3</sup>の砂利採取が行われた。



矢作川河床高の経年変化



矢作ダムの堆砂状況

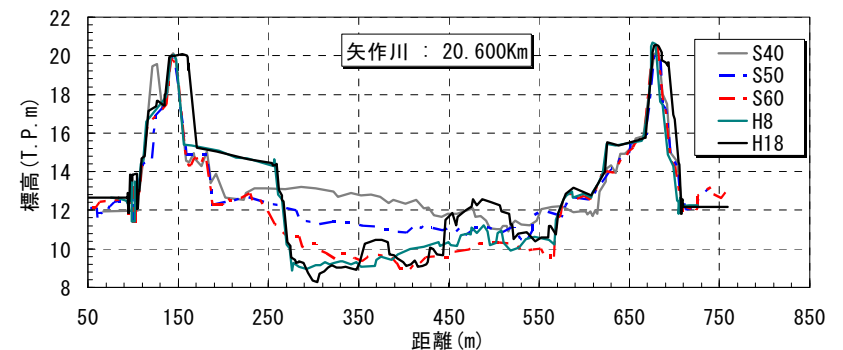
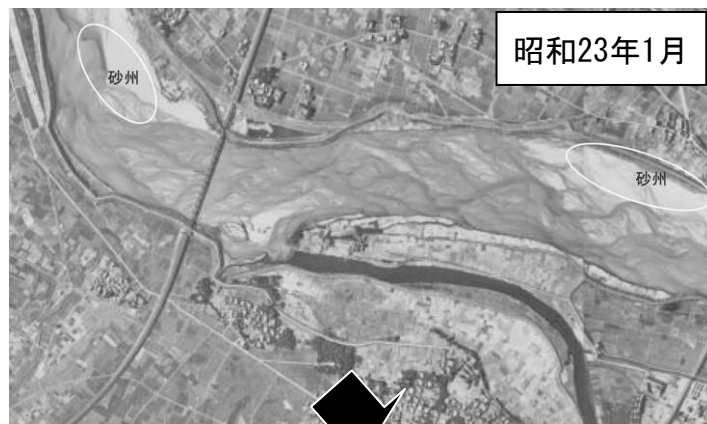


矢作川の砂利採取状況

## 2.2 現状と課題（砂州の減少及び河道の樹林化）

- 昭和40年以前は河道内の植生が少なく砂州が発達していたが、現在では河道の樹林化が進行しており、河積阻害となっている。
- 水域と陸域の二極化が生じ、砂州が固定化されている。

### 河道の砂州・植生の変遷(20.5~22.5k)



横断形状の経年変化 (20.6k地点)

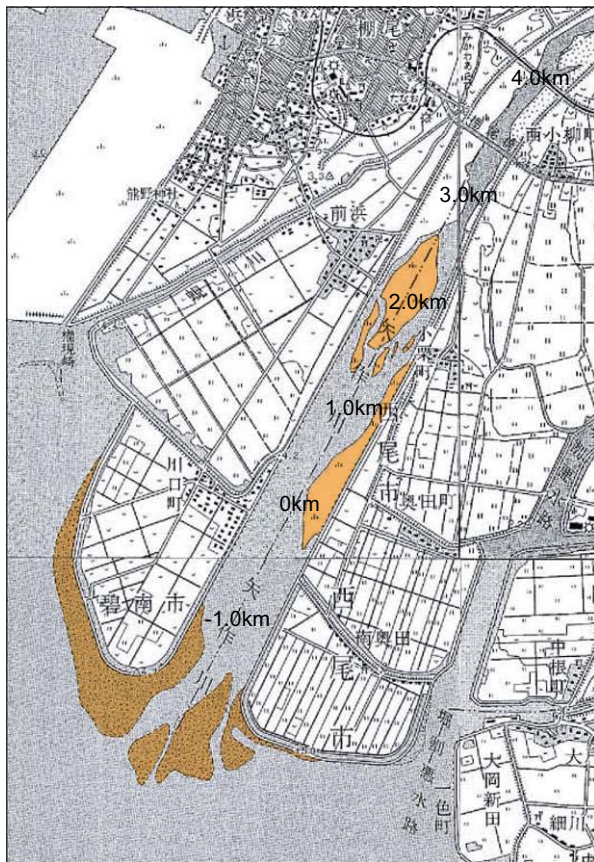


## 2.2 現状と課題（干潟の減少）

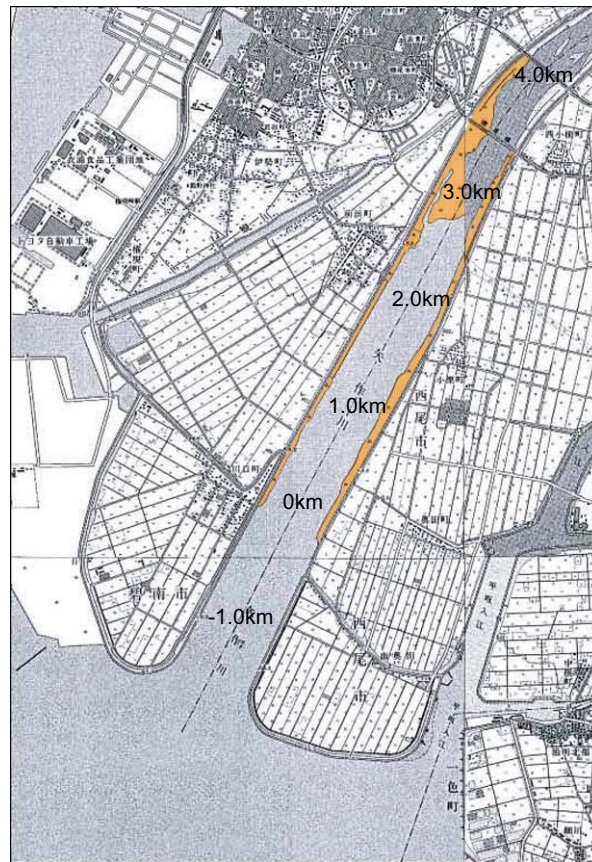
■昭和30年代から40年代にかけては河口部の広い範囲に干潟が形成されていたが、現在では左岸の-0.8km~0.6kmに見られる程度にまで減少している。

### 河口部の変遷

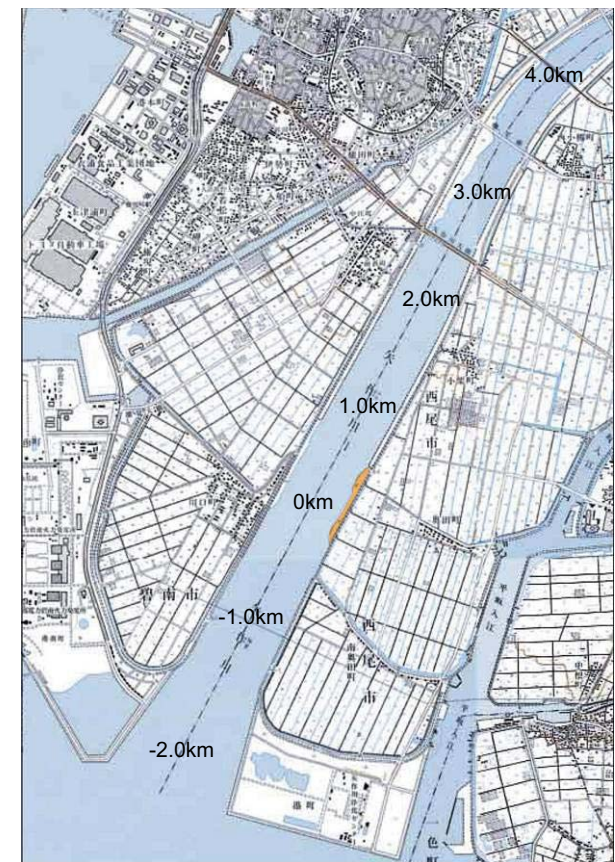
昭和40年代



昭和50年代



現在



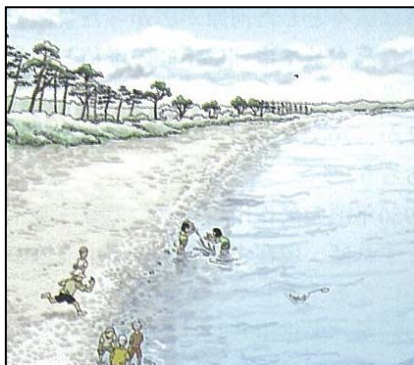
注) 干潟は地形図より推測したもので、面積等は不明 29



## 2.2 現状と課題（河床材料の粗粒化）

- 河床材料の粗粒化が進行し、砂礫底を好む種の生息環境が減少している。
- 砂分の供給量が減少したことに伴い、糸状緑藻(カワシオグサ)が異常繁茂したり、アユの餌となる珪藻が劣化及び枯死するなど、魚類の生息環境が悪化している。

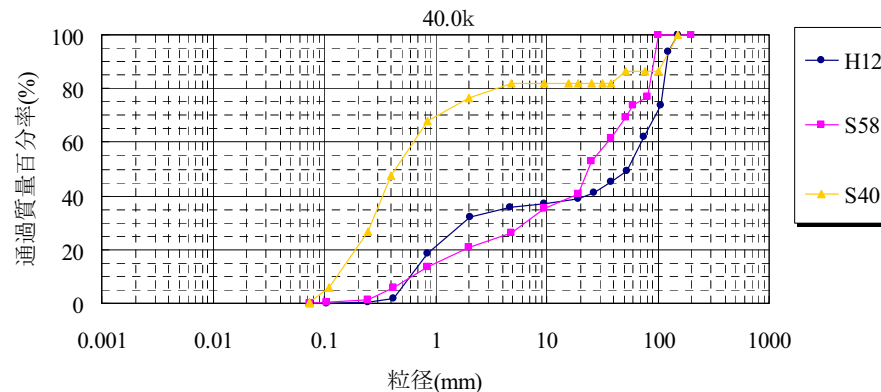
### 河床材料の組成変化



昔の矢作川（イメージ図）

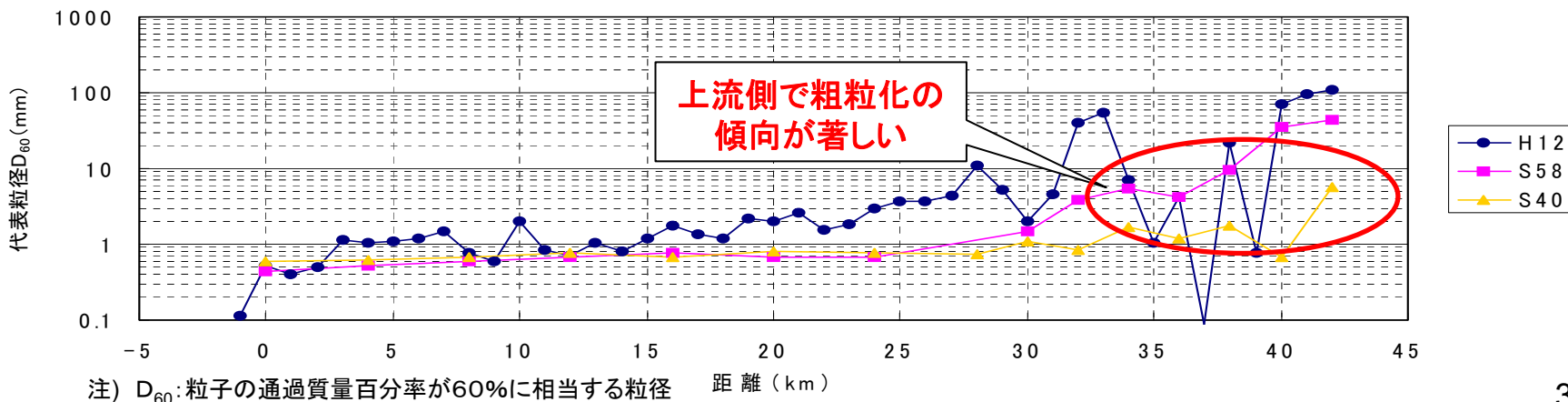


粗粒化の進行した状況  
(40.5km付近)



河床構成材料の経年変化(40km地点)

※S58の砂州については表層(30cm)を除いて以深50cm以内の試料を採取・分析



注)  $D_{60}$ : 粒子の通過質量百分率が60%に相当する粒径 距離 (km)

距離標別代表粒径の変化

## 2.2 今後の整理・検討項目

～H20年度

- 個別領域での課題、対応方針の整理
- 整備計画河道の安定性検討
- 土砂移動を考慮した河道形状の検討

- 矢作ダム排砂検討
- 上流区間での土砂管理の検討

H21年度～

- 総合土砂管理の目標設定  
治水、環境、利活用

- 顕在化している課題への対応検討  
土砂供給対策、砂河原の再生、アーマーコート化対策  
各対策の河川環境への影響検討

- モニタリング計画の立案  
調査事項、方法、時期等

- 領域間の土砂供給対策の検討  
土砂収支、必要土砂量、許容土砂量の把握

- 直轄区間における土砂管理シナリオの検討

- 総合的な土砂管理計画(案)の立案  
領域毎の施策、モニタリング計画、維持管理計画

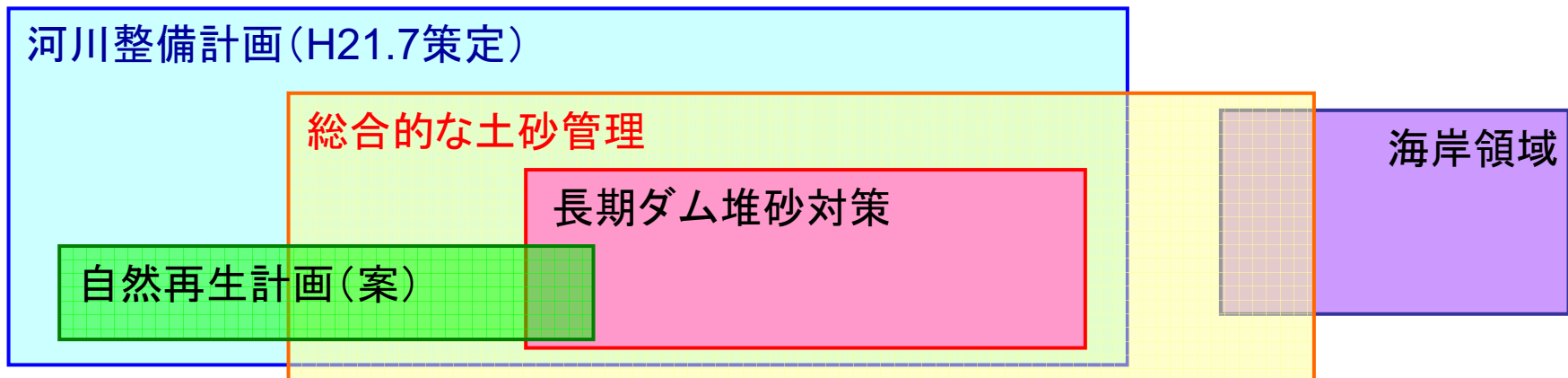
## 2.2 土砂管理に関わる既往の計画

### 矢作川水系河川整備計画

- 河川整備計画の目標(案)に総合土砂管理について記載
- 河川工事及び河川の維持の目的、種類(整備メニュー)(案)に総合土砂管理について記載  
→領域毎に実施メニューを記載

### 矢作川自然再生計画(案)

- 目指すべきイメージとして、昭和40年代に見られるような、干潟やヨシ原、砂州等の多様な河川環境を挙げている。





## 2.2 矢作川水系河川整備計画

### 矢作川水系河川整備計画の構成



## 2.2 矢作川水系河川整備計画

### 計画対象期間

➤概ね30年間で実施

### 総合的な土砂管理に関する目標

•土砂生産域、ダム領域、河川領域、海岸領域における**流砂の連続性を確保し、水系一貫**とした土砂管理の実施

土砂生産域⇒適切な土砂の流下

ダム領域⇒恒久的な排砂機能の確保

河川領域⇒土砂動態の把握

海岸領域⇒矢作ダム堆積土砂の有効利用等

•総合土砂管理に際しては、「森・川・海」といった一連の水・物質循環及び生物の生息・生育環境に配慮する。

### 主な整備メニュー

- I 土砂生産域での取り組み
  - 関係機関との連携による適切な土砂流下
- II ダム領域での取り組み
  - 計画的な堆積土砂の掘削・浚渫
  - 土砂バイパス施設による恒久的対策
  - 適切な土砂流下
- III 河川領域での取り組み
  - 土砂移動の連続性の確保
  - 砂礫底の回復
- IV 海岸領域での取り組み
  - 干潟・浅場の再生
- V 土砂移動実態の解明に向けたモニタリング
  - 河床変動、樹木等の監視・モニタリング
  - 排砂施設関連モニタリング
  - 経年的な土砂動態と環境変化の把握
  - 順応的な土砂管理

# 2.2 矢作川水系河川整備計画

## ● 矢作川流域の総合土砂管理課題に対する流域圏の取り組み【案】



砂州が卓越した河川のイメージ



河道内樹木繁茂状況



矢作ダムの堆砂対策



河口付近に広がる干潟



浅場造成状況



造成された干潟・浅場



発電ダム（越戸ダム）

**本委員会で実施**

土砂動態の検討会等による課題を解決する場の設置【河・行・学】  
懇談会の開催等、関係者の交流、情報共有の場の提供【河・行・学・団】

- 凡例
- 矢作川流域界
  - 県境界
  - 市町村界
  - 大臣管理区間
  - 名古屋鉄道
  - JR東海道本線
  - JR東海道新幹線
  - 愛知環状鉄道
  - 東名高速道路
  - 国道

## 2.2 矢作川自然再生計画（案）

### 自然再生の必要性

#### 矢作川の環境上の特性

- ・ 白い河原が特徴的な砂州の卓越した河川
- ・ 砂州や河口の干潟・ヨシ原が広がる
- ・ 下流部にワンド等の緩流環境が形成される 等

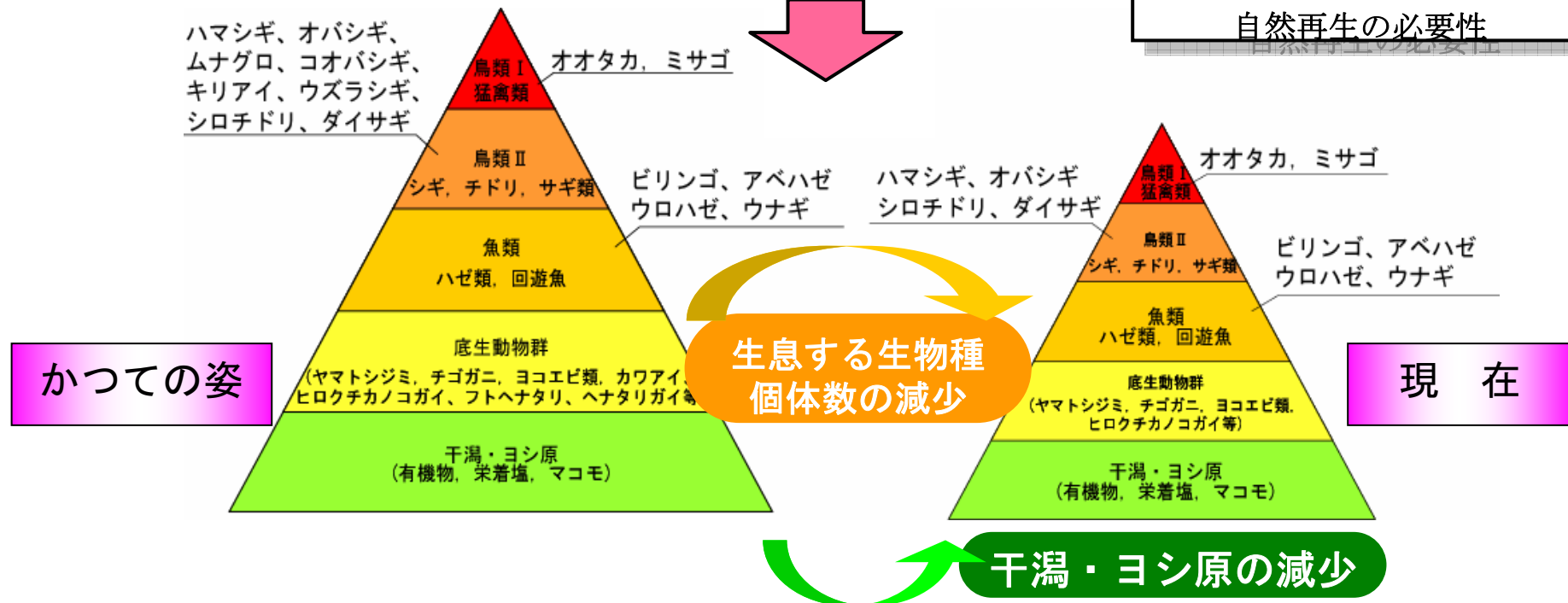
#### 矢作川の環境上の課題

- ・ 干潟やヨシ原の減少
- ・ 砂州の陸域化や緩流環境の変化による生息基盤の悪化
- ・ 樹林化の進行による単調化
- ・ 横断工作物等による魚類等の生物移動環境の分断 等

➤ 人為的インパクト  
河川横断工作物の建設(ダム等)  
砂利採取 等

喪失した河川環境の回復が必要  
→ 自然の復元力のみでは不可能

自然再生の必要性





## 2.2 矢作川自然再生計画（案）

### 自然再生の目標

#### 基本方針

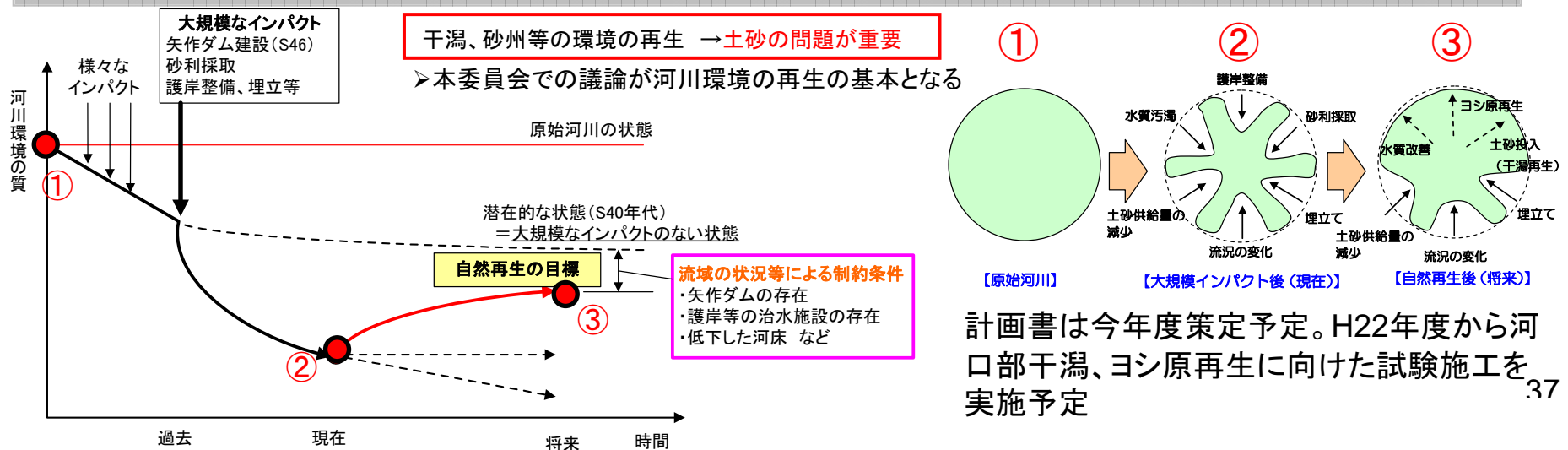
【矢作川の豊かな河川環境・河川景観の再生・保全】

- ・ **かつて矢作川にあった自然環境を復元**することを基本的な姿勢とする。
- ・ 過去から現在の社会活動の結果として形成された環境が、現時点では動植物の良好な生息・生育環境として機能していること、また、これまで治水や利水の観点から矢作川に設置してきた施設、施してきた施策等の上に現代の流域の人々の生活が成り立っていることを認識する。

### 自然再生の目標

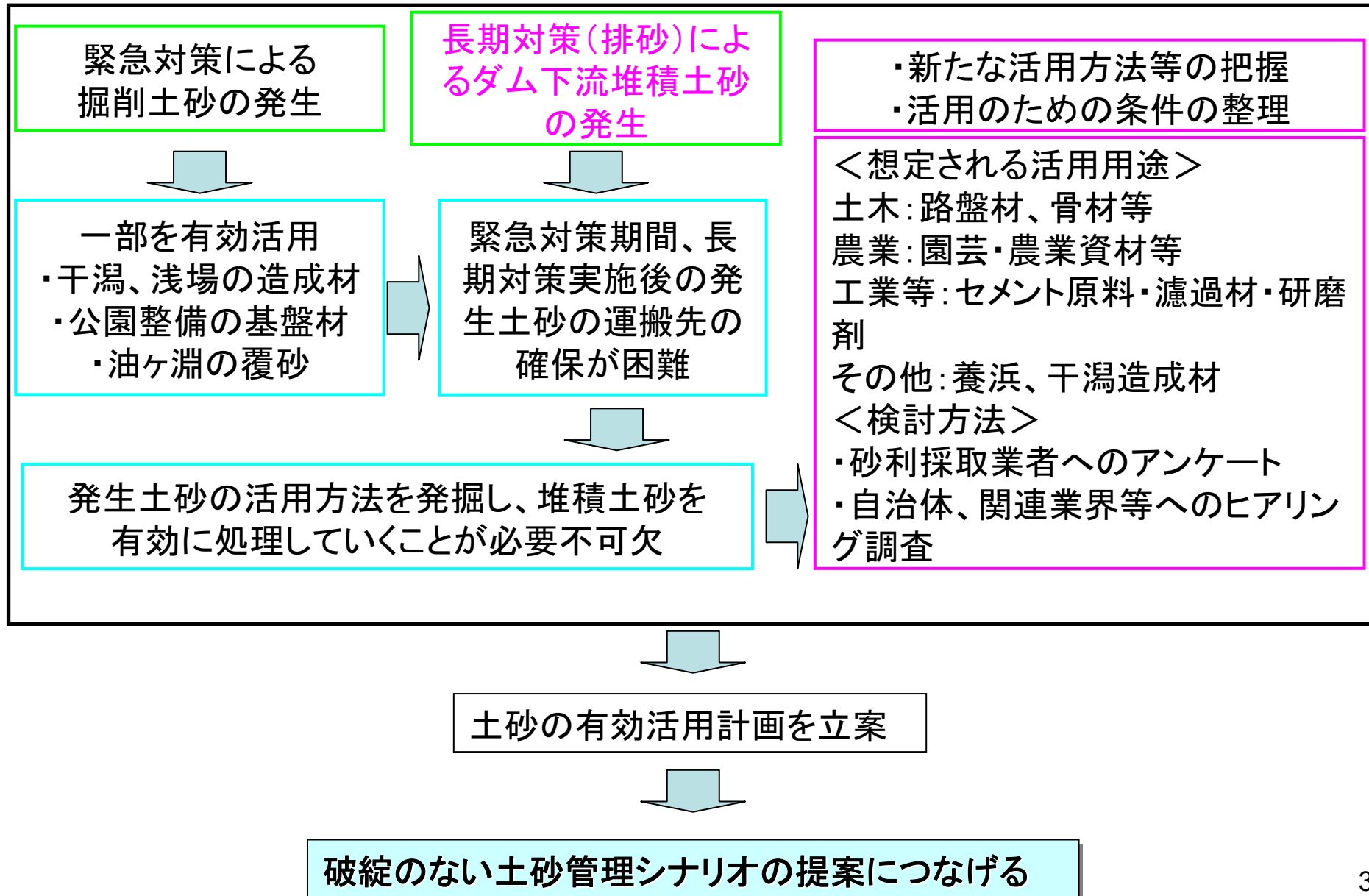
### 有識者や流域住民等からの意見・要望

矢作川における自然再生の目標として、かつて矢作川で見られた、多様な生物が生息・生育できる豊かな生態系の再生を目指すものとし、その**目指すべきイメージは、昭和40年代**に見られるような、干潟やヨシ原、砂州等の多様な河川環境とし、現在よりも多様な種が生息していた姿に近づけることを目標とする。



## 2.3 土砂処理方策（検討の方向性）

## 2.3 土砂処理方策（検討の方向性）



### 3. 排砂に関わる環境



## 3.1 上流区間の河道影響評価案について

## 3.1 影響評価案の修正方針

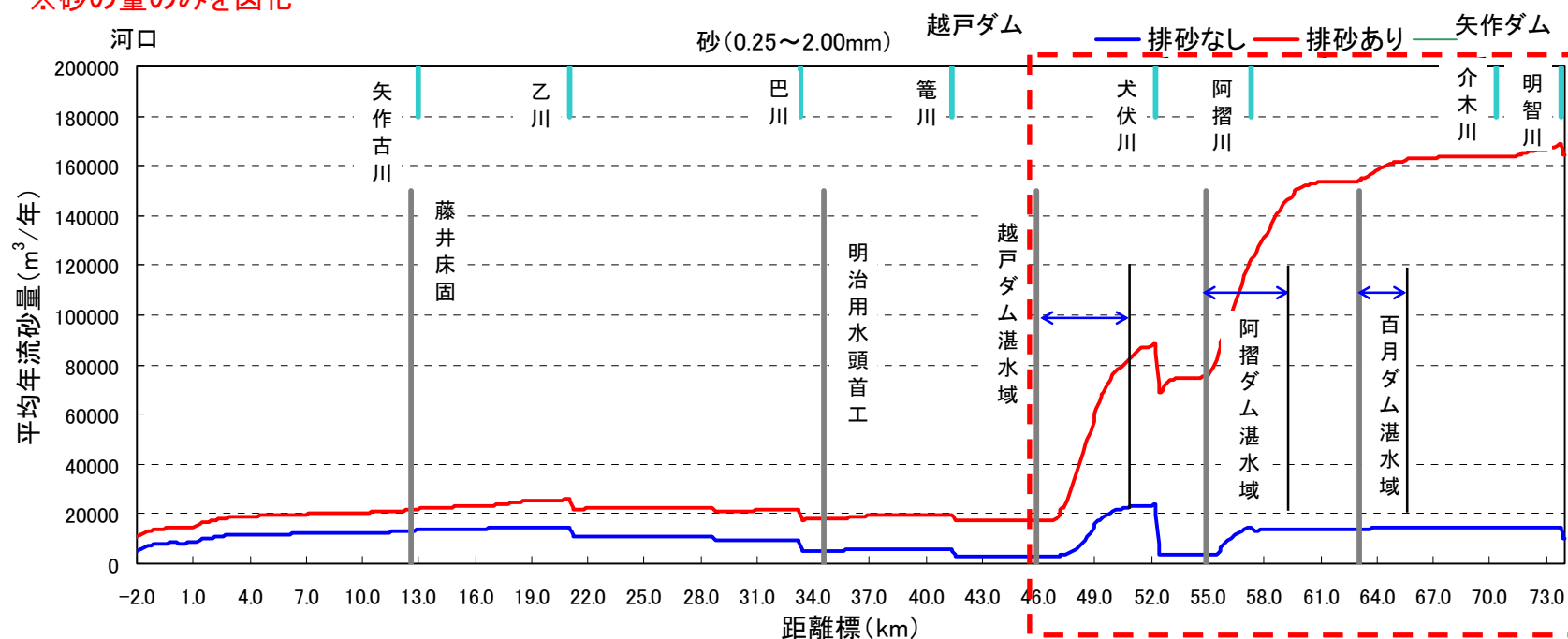
下流河道の影響評価案については前年度、標準排砂(吸引濃度2%、排砂率85%)を実施し、未対策のケースに基づき、想定される影響について整理したが、指摘を踏まえ、手法の修正方針を提案する。

| 前回の指摘事項                                 | 昨年度(H20)案  | 今年度(H21)案   |
|---|--|---|
| 1. 越戸ダム上流区間の特性に応じた評価方法の検討               | <ul style="list-style-type: none"> <li>代表的な環境として、河川環境のみを予測。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>上流区間をダム間ごとに異なる環境(河道区分)として評価する。また、河川区間と湛水域の評価は分ける。</li> </ul>   |
| 2. 影響予測手法の見直し(将来環境の予測、生物の関係性の整理)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>季節性や洪水後の変化を考慮せず。</li> <li>代表的な環境として、河川環境のみを予測。</li> <li>計算結果から想定できる事項について記載せず。</li> <li>生物の関係性については整理せず。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. と同じ</li> <li>季節性を考慮して予測。</li> <li>洪水後の時間変化(砂礫の移動)を考慮。</li> <li>計算結果から想定できる事項について追記。またイメージ図を作成。</li> <li>生物の関係性については、文献を収集し、整理する。</li> </ul> |
| 3. 根拠があいまいな評価結果の見直し                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>変化が小さい項目について、根拠なく影響が小さいとしていた。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>指摘に基づいて評価する。</li> </ul>  |
| 4. 空間的、時間的にヘテロジニアスな場の評価、生物の相互関係性の評価について | <ul style="list-style-type: none"> <li>季節性や洪水後の変化を考慮せず。</li> <li>代表的な環境として、河川環境のみを予測。</li> <li>生物の相互関係性については評価せず。</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>2. と同じ</li> </ul>  |

# 3.1 予測範囲、想定される影響要因、予測対象

- 予測範囲: 土砂の影響が想定される「吐き出し口(矢作第二ダム)～越戸ダム」
- 想定される影響要因: 排砂施設の供用に伴う「土砂供給量の変化」、「水質の変化」
- 予測対象: 河川域生態系(生育・生息環境、砂に関わる指標種に対する影響)

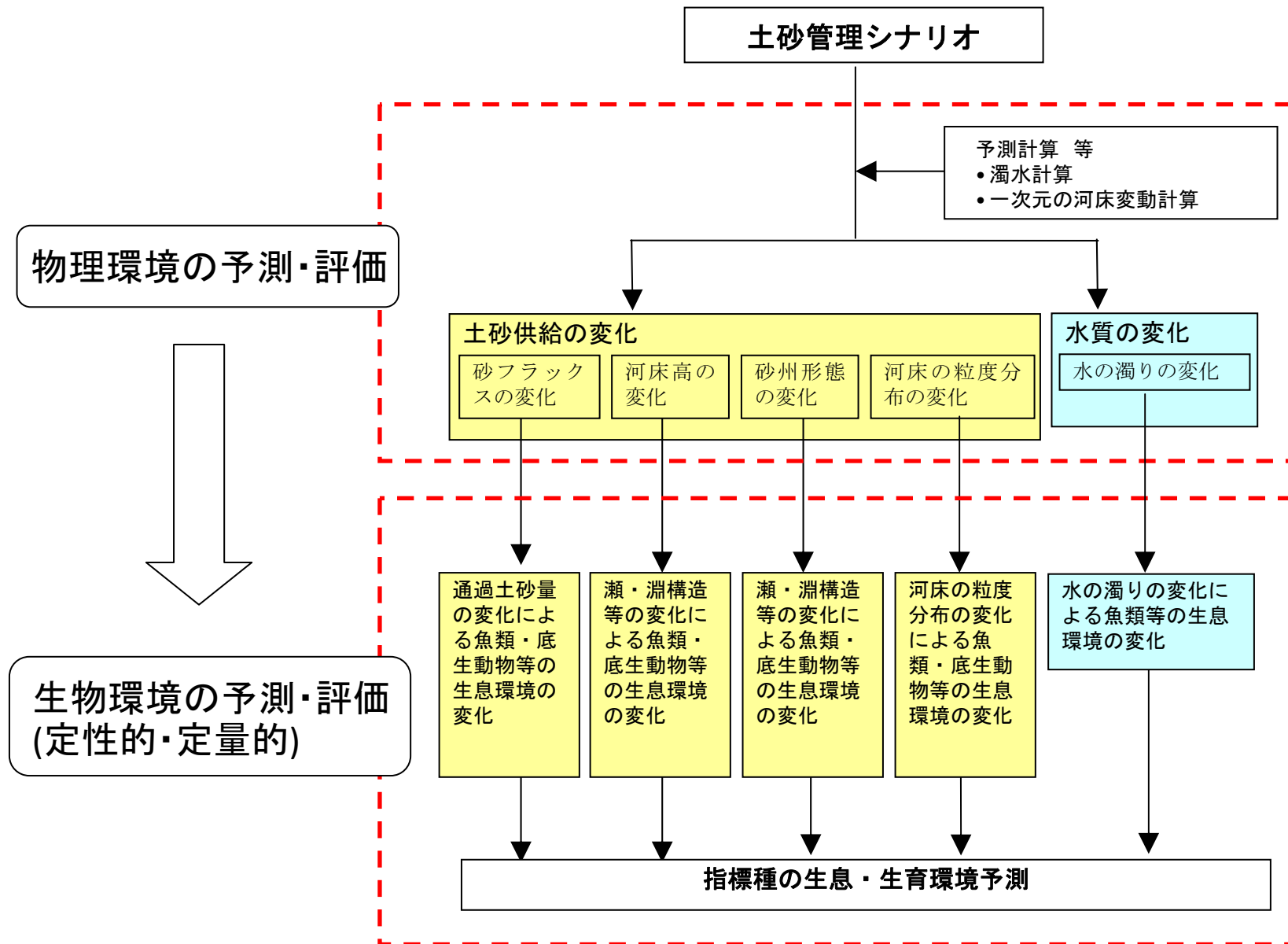
※砂の量のみを図化



※標準排砂・未対策の試算ケース

予測範囲: 吐き出し口(矢作第二ダム)～越戸ダム

# 3.1 予測・評価の流れ



## 3.1 予測手法案 (定量的評価)

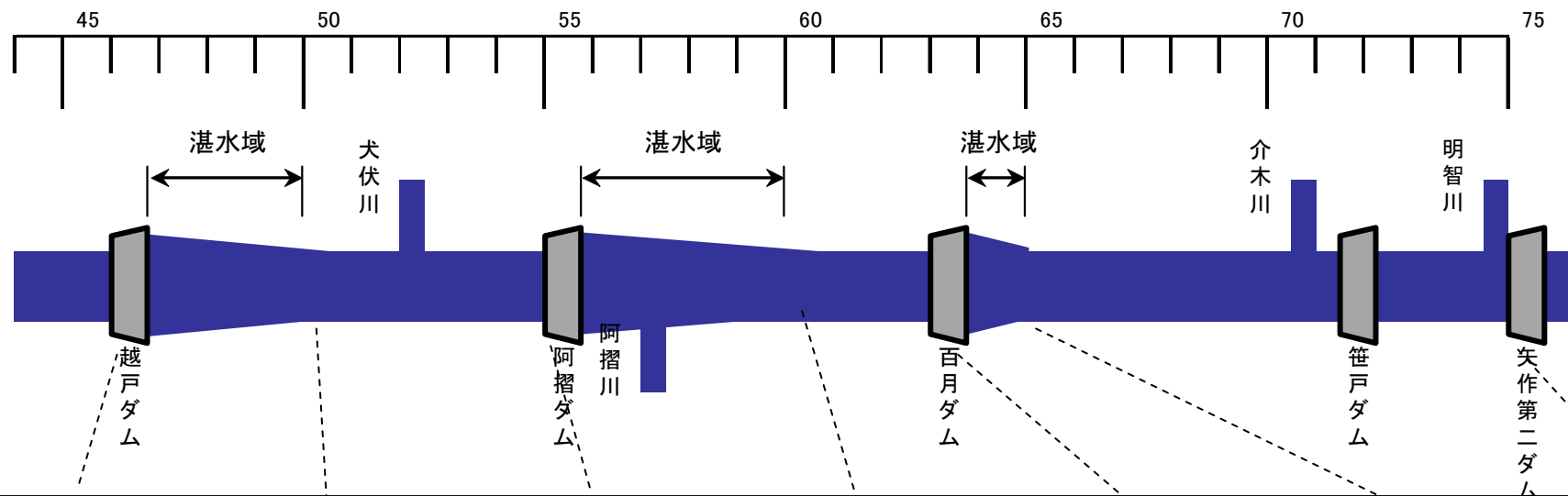
### < 定量的手法 >

| 注目種       | 物理環境の変化への応答 (知見の結果)   | 選定理由  |
|-----------|---|---|
| アユ        | <ul style="list-style-type: none"> <li>濁水耐性については、Newcombe等によるサケ科魚類を対象としたSI (Stress Index) と影響度レベルとの予測した式がある。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>水産有用種で社会的関心が高く、かつ水質 (水の濁り) の変化に関して変化の度合いを数値化する知見があり、これまでの調査結果や「物理環境の予測・評価」の結果を用いて数値を計算することができることから選定する。</li> </ul> |
| 付着藻類 (全種) | <ul style="list-style-type: none"> <li>藻類が付着している砂礫が移動することにより他の砂礫と衝突し、摩擦力による剥離が生じる (箱石・塚原, 2001)。</li> <li>付着藻類現存量 (Chl. a量) の増殖過程は、ロジスティックモデル (付着藻類現存量を予測するモデル) により計算される (例えば、平成17年度自然共生センター研究報告書)。</li> <li>洪水時: 付着藻類の剥離率は <math>p = (24 \times 3600) \alpha Wx</math> (<math>\text{day}^{-1}</math>) で表される (田代&amp;辻本 2003)。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>他事例で、水質、土砂供給の変化に関して、変化の度合いを数値化する知見があり、これまでの調査結果や「物理環境の予測・評価」の結果を用いて数値を算出することができることから選定する。</li> </ul>               |

# 3.1 予測・評価における河道区分

予測・評価は、図に示した6区分で行う。

ただし、水の濁りについては、ウォッシュロード量が縦断方向に大きな変化が無いと考えられることから、湛水区間・河川区間でそれぞれ1箇所ずつ予測・評価を行う。



| 河道区分 | 湛水区間 I   | 河川区間 I   | 湛水区間 II   | 河川区間 II  | 湛水区間 III   | 河川区間 III   |
|------|--|--|---|--|--|--|
| 区間   | 46km～50km  | 50km～55km  | 55km～60km   | 60km～63km  | 63km～65km  | 65km～75km  |
| 備考   | 越戸ダム湛水域<br> | 阿摺ダム～越戸ダム間の河川<br> | 阿摺ダム湛水域<br> | 百月ダム～阿摺ダム間の河川<br> | 百月ダム湛水域<br> | 矢作第二ダム～百月ダム間の河川<br> |

※平成16年度 豊橋管内河川整備計画環境検討業務委託報告書によると矢作第二ダムから越戸ダムの区間は中流域の環境となっており、区間で環境区分は変わらない。

# 3.1 予測・評価の時期

- アユの生活環を考慮して3期に期別区分。
- 河床材料、河床高については、長期的な変化（年変化）、短期的な変化（1出水（排砂後1ヶ月程度）の日変化）について予測。

矢作川におけるアユの生活環  
 遡上期：4月～6月  
 活動期：7月～9月中旬  
 産卵期：9月下旬～11月中旬

なお、矢作川中流部の水中に生息する魚類、底生動物の代表種、重要種の生活環は以下のとおりである。

| 環境区分   | 分類群  | 重要な種・代表種   | 4月              | 5月    | 6月 | 7月    | 8月 | 9月    | 10月 | 11月 | 12月   | 1月 | 2月 | 3月 |  |  |
|--------|------|------------|-----------------|-------|----|-------|----|-------|-----|-----|-------|----|----|----|--|--|
| 連続する瀬淵 | 魚類   | アカザ        |                 | ←産卵期→ |    |       |    |       |     |     |       |    |    |    |  |  |
|        |      | アユ         | ←遡上期→           |       |    | ←活動期→ |    | ←産卵期→ |     |     |       |    |    |    |  |  |
|        |      | カワヨシノボリ    |                 | ←産卵期→ |    |       |    |       |     |     |       |    |    |    |  |  |
|        |      | トウヨシノボリ    |                 | ←産卵期→ |    |       |    |       |     |     |       |    |    |    |  |  |
|        |      | ウグイ        | ←産卵期→           |       |    |       |    |       |     |     |       |    |    | ←  |  |  |
|        | 底生動物 | ナベブタムシ     |                 | ←産卵期→ |    |       |    |       |     |     |       |    | ←  |    |  |  |
|        |      | ヒゲナガカワトビケラ | ←羽化期(越冬・非越冬あり)→ |       |    |       |    |       |     |     | ←幼虫期→ |    |    |    |  |  |
|        |      | ウルマーシマトビケラ | ←羽化期(越冬・非越冬あり)→ |       |    |       |    |       |     |     | ←幼虫期→ |    |    |    |  |  |
|        |      |            | ←               |       |    |       |    |       |     |     | ←     |    |    |    |  |  |

注1: 赤字は重要な種

注2: 「連続する瀬淵」の重要な種、代表種であるツルヨシ(植物)、キセキレイ、セグロセキレイ、「ダム」の湛水域の重要な種、代表種であるヤマセミ、カワセミ、オシドリ、カルガモは陸域の重要な種・代表種であることから、特定の時期の水の濁りの影響は受けにくいと考える。

## 3.1 物理環境の予測方法

| 項目            | 予測方法   |
|---------------|--|
| 水の濁り          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元河床変動計算によりSSを算出</li> <li>・期別・流量規模別に排砂あり・なしのSS濃度を比較</li> <li>・期別に排砂あり・なしのSSの25mg/lの継続時間の頻度を棒グラフで比較</li> <li>・代表地点の計算結果により評価を行う。</li> </ul>                        |
| 砂フラックス        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元河床変動計算により縦断的な砂フラックスを算出</li> <li>・排砂あり・なしの河川距離と年平均流砂量(ウォッシュロード、砂、礫)の関係を折れ線グラフで比較</li> <li>・各河道区分の平均値で評価を行う。</li> </ul>   |
| 河床高<br>(砂の堆積) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元河床変動計算により縦断的な河床高を算出</li> <li>・10年後(昭和46年～昭和56年)、20年後(昭和46年から平成3年)、32年後(昭和46年～平成15年)の排砂あり・なしの河川距離と河床高の関係を折れ線グラフで比較</li> <li>・各河道区分の極値(最大値・最小値)で評価を行う。</li> </ul> |
| 砂州形態          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・川幅－水深比および粒径水深比を算出し、関係図上にプロット</li> <li>・各河道区分のプロット図で評価を行う<br/>(参照:山本晃一(2004)構造沖積河川学 株式会社 山海堂)</li> </ul>  |
| 河床の粒度分布       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・一次元河床変動計算により縦断的な河床の粒度分布を算出。</li> <li>・排砂あり・なしの河川距離と各粒径区分の存在割合の関係を折れ線グラフで比較</li> <li>・各河道区分の極値(最大値・最小値)で評価を行う。</li> </ul>   |



## 3.1 生物環境の予測・評価方法(定性的)

・予測される物理環境の変化から、代表種及び生物環境(生息・生育環境)の評価を行う。

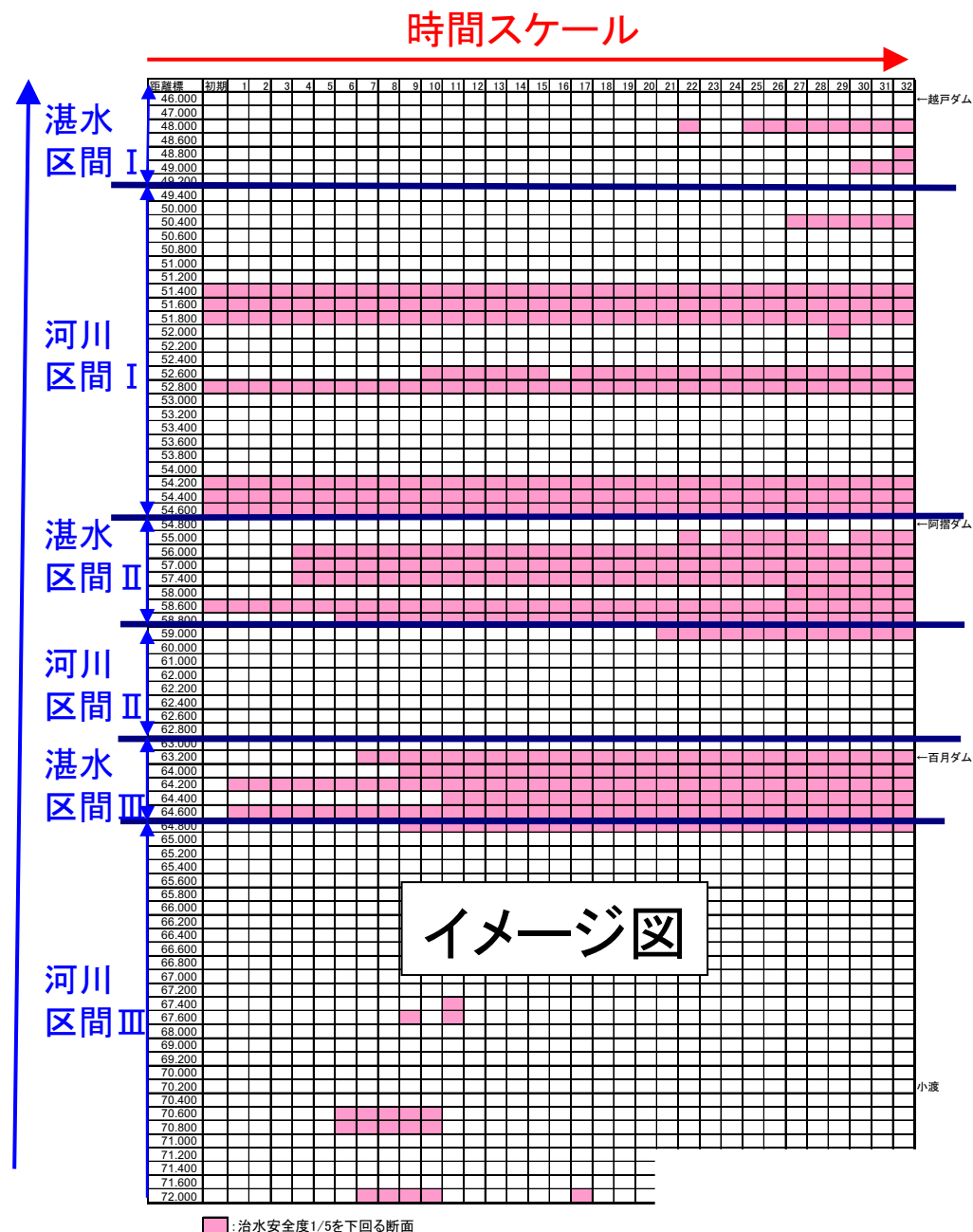
| 物理環境の変化   | 想定される生物環境の変化・影響   | 生物環境の評価方法  |
|-----------|---|--|
| 水の濁り      | 500m <sup>3</sup> /s以下の中小規模出水時にSS濃度が増加すると予想される。               | SS濃度及びSS25mg/l以上(アユの生息条件)の継続時間で影響を評価する。明らかにインパクトの大きい場合は影響有りとして評価するが、生物への影響の程度は、事例収集やモニタリングで確認していく。 |
| 砂フラックス    | ・クレンジング効果(付着藻類の剥離)  | 現況より、付着藻類現存量は減少するが、その後の生産速度が増加し、魚類の餌としての質の向上につながると考えられる。このため、クレンジング効果については、剥離率と増殖率より定量的に評価を行う。     |
| 河床高(砂の堆積) | ・瀬・淵分布の変化<br>・水深の変化   | 瀬、淵への砂の堆積については、砂分の堆積量(堆積厚さ)及び堆積時間で影響を評価する。明らかにインパクトの大きい場合は影響有りとして評価するが、生物への影響の程度は、モニタリングで確認していく。   |
|           | ・水際の冠水頻度の減少   | 河床高の変化量と水位の関係より影響の評価を行う。水際部の生育・生息環境が変化する可能性があるが、生物への影響の程度は、モニタリングで確認していく。                          |
| 砂州形態      | ・砂州様式は変化しない。ただし、砂州上への土砂の堆積により、通水性、土砂の移動性の変化、水際への残砂が起こる可能性がある。 | 川幅-水深比と粒径-水深比の関係より求められる砂州形態より評価を行う。また、通水性、土砂の移動性の変化、水際への残砂が影響を及ぼす可能性があるが、生物への影響の程度はモニタリングで確認していく。  |
| 河床の粒度分布   | ・流れがある主流部では石礫は残ると推測されるが石礫間に砂が堆積し浮石が減少する可能性がある。                | 石礫間への砂の堆積については、河床の砂分割合の時間変化より影響の評価を行う。生物への影響の程度は、事例収集やモニタリング、覆砂実験結果等で確認していく。                       |

# 3.1 生物環境の予測・評価方法 (定性的)

・物理環境の空間的・時間的变化を右図のように整理し、生物環境(生息・生育環境)の定性的評価に結びつける。

- 対象
  - ・河床高の変化量
  - ・河床材料(砂分の割合)

- ＜時間スケール＞
1. 排砂施設運用開始後の長期的変化
    - ・毎年の値を整理。
  2. 洪水後の短期的な変化(1ヶ月程度)
    - ・洪水後、毎日の値を整理。
    - ・代表洪水として、期別に2洪水(大規模、中小規模)程度を抽出。
    - ・現河床を初期状態として計算。

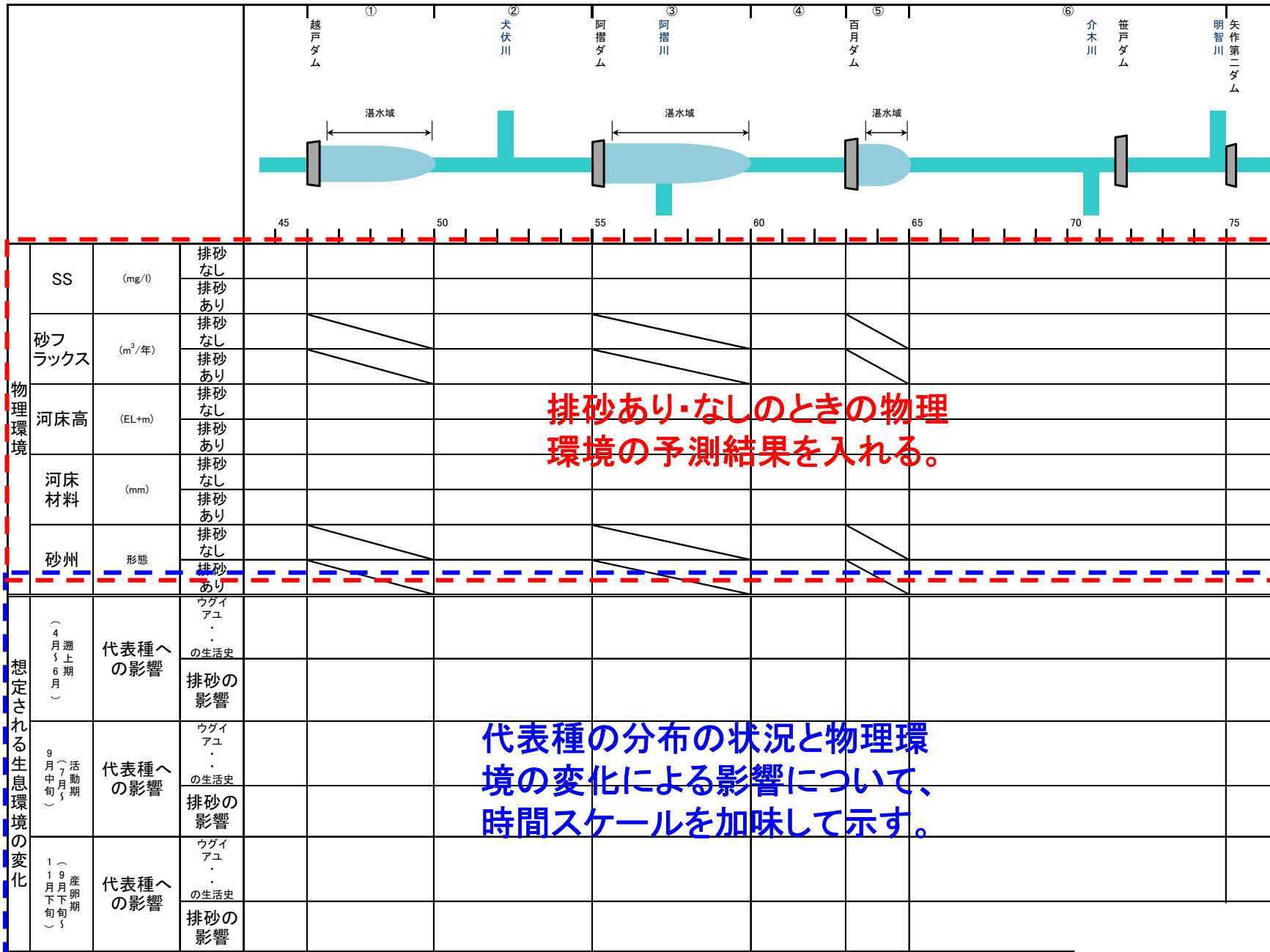


## 3.1 生物環境の予測・評価方法(定量的)

| 予測・評価項目        | 想定される生物環境の変化・影響<br>生物環境の評価(案)   |
|----------------|---|
| ストレスインデックス(SI) | ・一次元河床変動計算により算出されたSSと継続時間よりSIを算出。<br>・サケ科の影響度レベルにより、アユへの影響を評価   |
| 付着藻類の剥離率       | ・一次元河床変動計算により算出された掃流力をもとに剥離率を算出。<br>・土砂量、流量と剥離率の関係から影響を評価する。土砂量が増加すれば、付着藻類の現存量は、現況よりも一時的に減少するが、剥離更新が促進されることから、魚類の餌としては良くなると評価 |
| 付着藻類の増殖率       | ・一次元河床変動計算により算出された水の濁りをもとに増殖率を算出。<br>・土砂量と増殖率の関係から影響を評価する。土砂量(水の濁り)が増加すれば、付着藻類の増加率は減少するが、アユの餌資源量として、どの程度の影響があるかが課題である。        |

→付着藻類の現存量に関わる剥離率と増殖率については、資源量としての影響がどの程度あるかが課題であるため、モニタリングにより確認する。

# 3.1 生物環境の予測・評価のまとめ

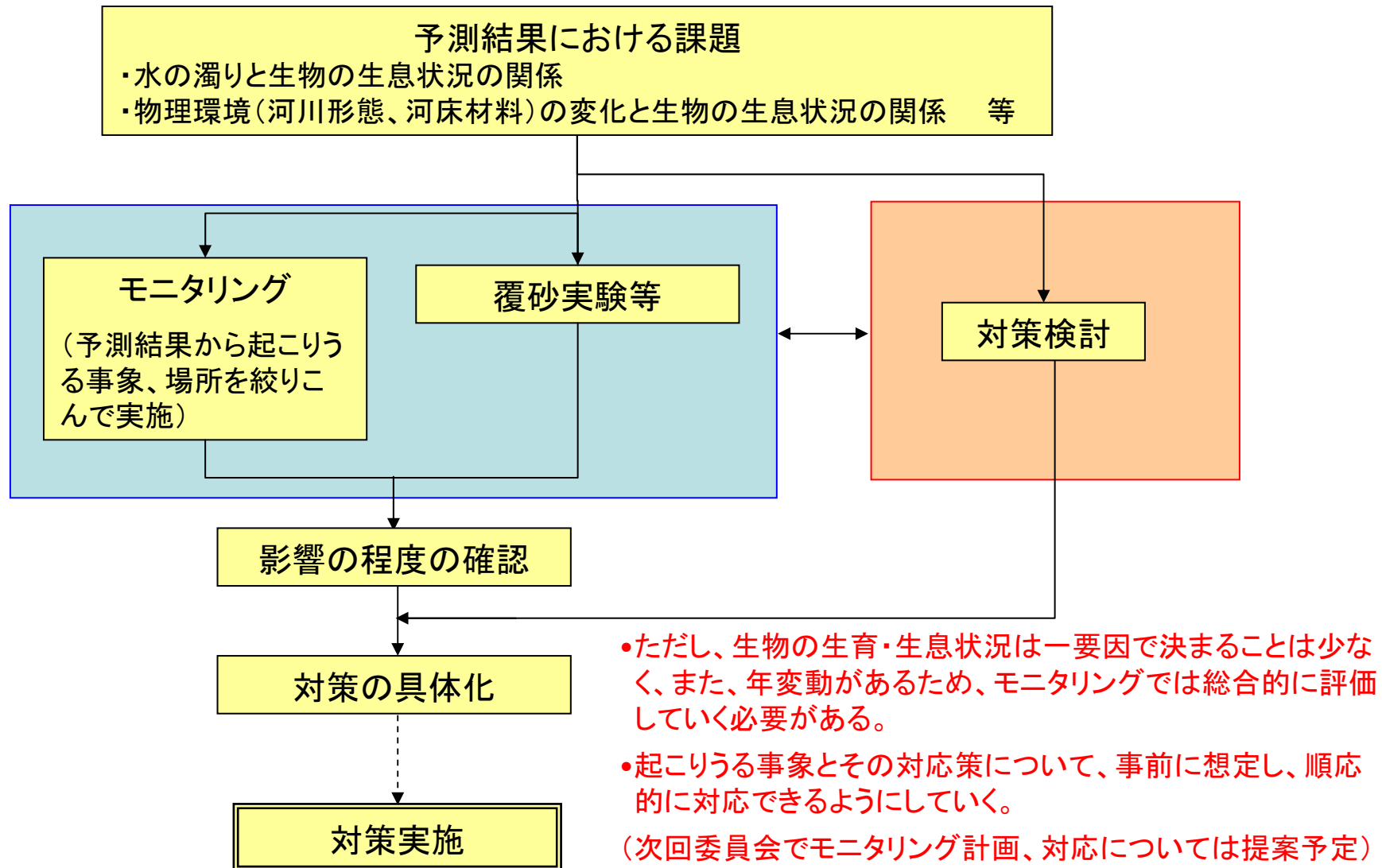


排砂あり・なしのときの物理環境の予測結果を入れる。

代表種の分布の状況と物理環境の変化による影響について、時間スケールを加味して示す。

# 3.1 今後の課題

- 予測結果における課題に関しては、今後モニタリング、実験等により影響の程度を確認し、順応的に管理していく。



## 3. 2 今後の環境調査計画について

## 3.2 置き土実験について

### 置き土実験

#### 【目的】

- ・長期対策を実施した際に、どのような影響が生じるかを把握する
- ・事業に対する社会の認知度と理解を高める

#### 【利点】

- ・実際の排砂と同様の影響を与えることができる。
- ・目立つため社会的認知度は高い。

#### 【課題】

- ・出水が来なくて流れない等、不確実性がある。
- ・置き土のみの影響把握は困難（支川からの流入土砂があるため）。土砂量が増えた際の影響を把握。
- ・目立つため、社会的認知度は高いが、そのため、現況より土砂を多く置いたり、粒径を細かくするのが困難。

### 覆砂実験

#### 【目的】

- ・人工的に予測される環境を創出し、影響を予測する。

#### 【利点】

- ・人工的に環境を創出するため、不確実性が小さく、影響を把握できる。

#### 【課題】

- ・地元の下承を得るためには、実験規模を大きくできず、実験できる項目も限られる（河床材料の変化、河床高の変化とそれに伴う生物への影響程度）
- ・河川内に少量の土砂を直接入れるため、社会的認知度は低い

置き土実験：排砂に近いインパクトを河川に与えられるが、土砂流出を自然に依存するため、確実に土砂が流出するとは限らない。ただし、社会的認知度は高い

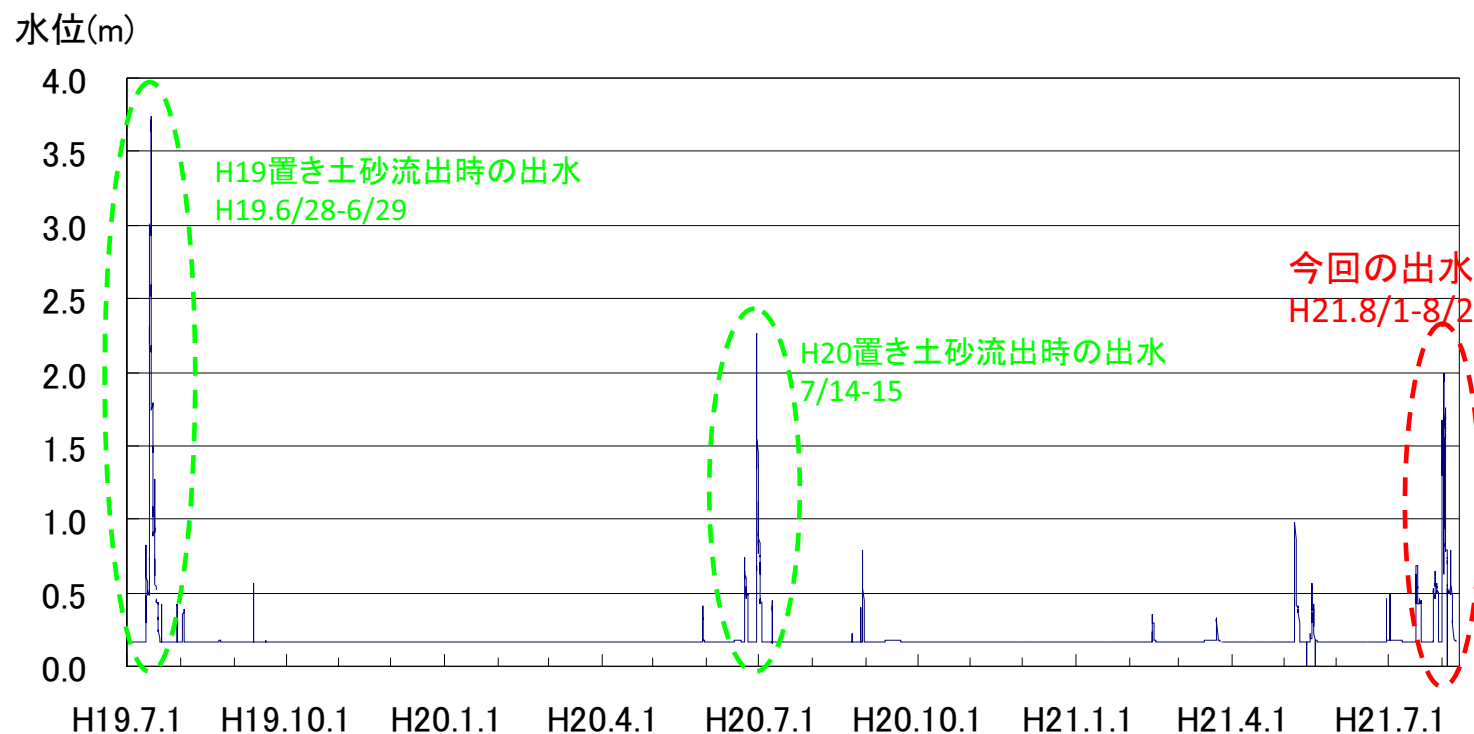
覆砂実験：確実に土砂で覆うことができるが、実験規模・項目が限られる。また、社会的認知度は置き土に比べ低い

#### 【提案】

来年以降は、置き土実験のモニタリング計画を縮小し（景観、底生動物、魚類 程度）、影響予測のメインとして、覆砂実験を実施する。





## 3.2 置き土実験の土砂の流出状況（速報）

- 平成21年8月1日～2日の降雨(最大19mm/hr※)と矢作ダム放流(最大243.25m<sup>3</sup>/s:1日2時)により置き土が流出した
- H20の置き土流出時の出水規模と同程度である。





## 3.2 置き土実験の土砂の流出状況（速報）

|      | 流出前  | 流出後   |
|------|--|---|
| 小渡地点 | <p>置き土量: 4,000m<sup>3</sup></p>  <p>H21.5.8撮影</p>  |  <p>H21.8.24撮影</p> |
|      | <p>・出水の影響により、置き土の45%程度(1,823m<sup>3</sup>)が流出。置き土の中流と下流の下段の2箇所<br/>でブイの浮上が確認されたことから、中流から下流にかけての置き土の流出が主と推測される。</p>                   |   |
| 池島地区 | <p>置き土量: 6,000m<sup>3</sup></p>  <p>H21.5.8撮影</p> |  <p>H21.8.6撮影</p> |
|      | <p>・出水の影響により、置き土の10%程度(490m<sup>3</sup>)が流出。置き土の下段側が流出したが、ブイの<br/>浮上は確認されていないため、置き土の下段側の侵食深は小さいと推測される。</p>                           |   |

→置き土の流出量が少ないため、今回の出水に対する事後調査は、付着藻類調査(百月ダム上流:C3~I3)、景観調査のみ実施する。

## 3.2 覆砂実験の計画について

### 《調査箇所》

各地点の調査は土砂を投入箇所(インパクト地点)及び投入していない箇所(コントロール地点)とする。なお、これらの箇所は河川内に並列または直列(その際は、下流にインパクトサイト)に設置する。

### 《調査時期》

調査時期は、平水時を対象とするため、予備実験は、アユの時期が終わった11月、冬季調査(水位が安定する1~2月)とする。

### 《調査項目及び手法》

石礫間にはまっている土砂の状況(高さ、量)の確認については、写真、簡易計測で確認する。  
調査項目は、流速、水深、Chl.a、表層の河床材料(面積法)、水質2回、流砂量、底生動物(50cm×50cm)、付着藻類サンプリング場所は、可能な限り同じような環境で実施する。

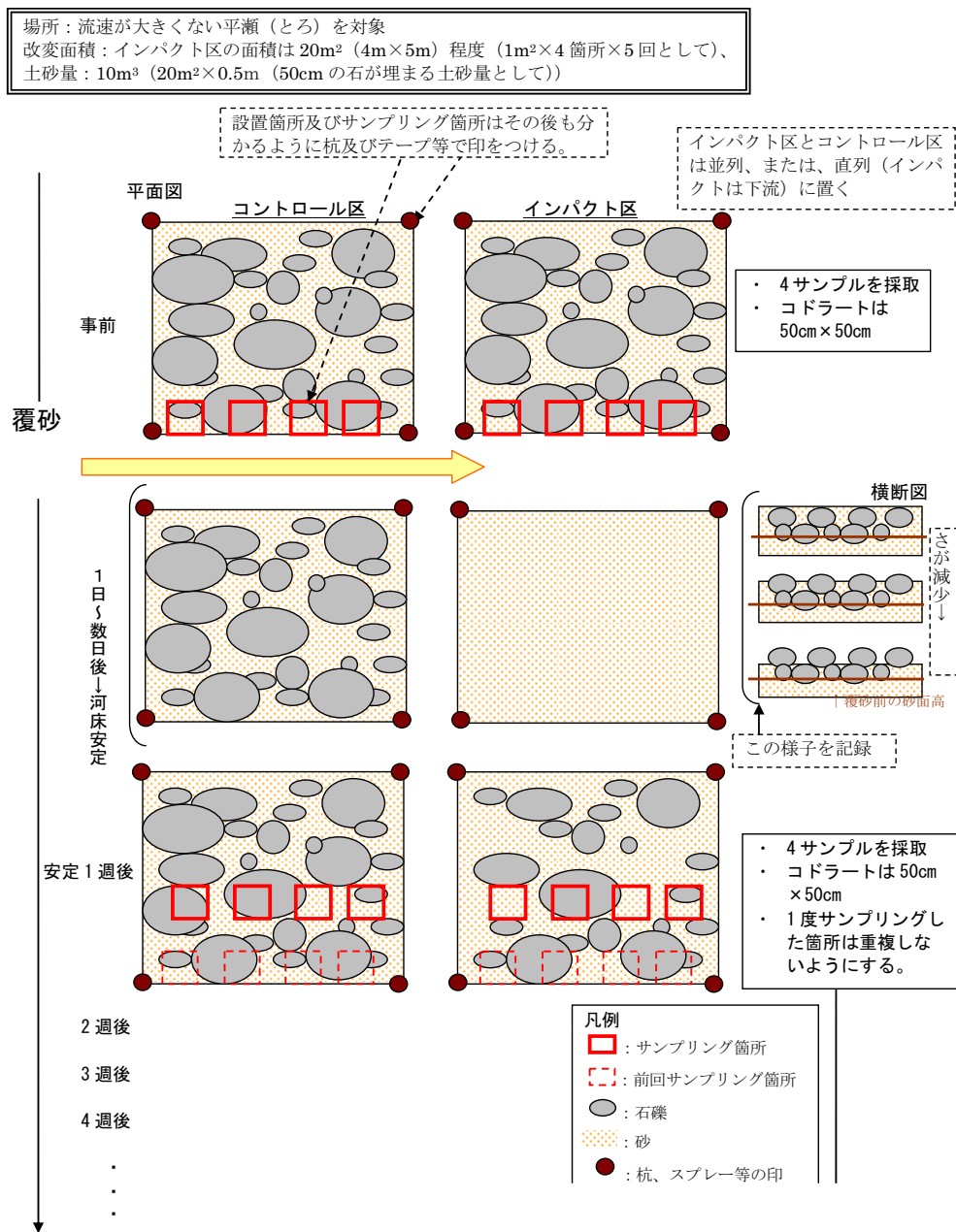
### 《調査項目及び手法》

#### 【予備実験について】

予備実験では、2種類の粒径の異なる砂を用いて、バケツで運搬できる量を河川内に投入し、その挙動を確認する。

#### 【本実験について】

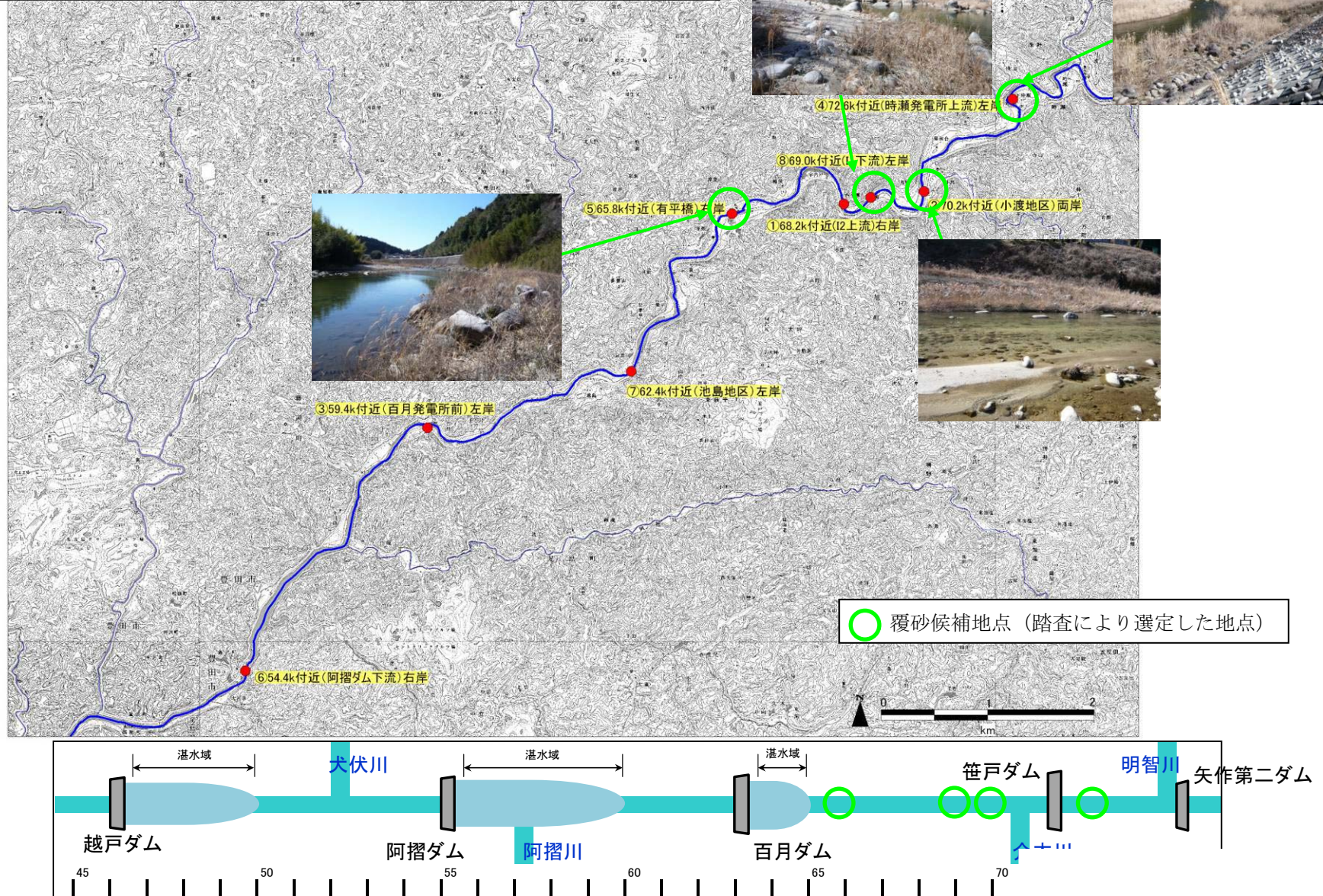
本実験時の土砂投入時には、土嚢等で堰き止めて土砂を投入し、河床への堆積状況を調べたり、間隙の隙間にロートで土砂を注入する。





# 3.2 覆砂実験の計画について

調査地点は、萱場委員との現地踏査により、4地点を事前調査地点に選定。この後、更に1地点に絞り込む予定。



○ 覆砂候補地点 (踏査により選定した地点)

## 4. 排砂施設

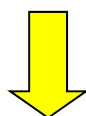
## 4. 排砂施設

排砂施設の概要を再認識するため、昨年度までの協議結果を再整理した。

### 4.1 排砂方式

#### (1) 矢作ダム排砂方式の抽出

| 陸上掘削   | 排砂バイパス  | スルーシング   | 密度流排砂  |
|--|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・これまでも矢作ダムで実施してきた対策</li> <li>・掘削土の処理方策等に課題あり</li> </ul> コスト2,300円/m <sup>3</sup> (△)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・粗砂、砂礫を流水力により排砂するため、分派堰(貯砂ダム)と組み合わせることにより有効</li> </ul> コスト2,600円/m <sup>3</sup> (○)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・現有洪水吐き改造が必要</li> <li>・貯水位を低下させる必要があり、利水機能確保の観点から適用が困難</li> </ul> (×) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・放流のタイミングに問題あり</li> <li>・排出する土砂の量と質は限定的</li> </ul> コスト1,900円/m <sup>3</sup> (△) |
| 掘削・浚渫  | 吸引方式  | フラッシング   | 水位低下による移送  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削土の処理方策等に課題あり</li> <li>・バイパストンネル等との組合せにより適用の可能性あり</li> </ul> コスト4,200円/m <sup>3</sup> (△) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・開発途上の技術である</li> <li>・少ない水量で大量の土砂を排出することができ、適用の可能性あり</li> </ul> コスト1,300円/m <sup>3</sup> (○) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・現有洪水吐き改造が必要</li> <li>・貯水位を低下させる必要があり、利水機能確保の観点から適用が困難</li> </ul> (×) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・水位が低下時に土砂が下流に移動する特性あり</li> <li>・水位低下時期と洪水の発生が一致する必要がある、排出土砂が限定的</li> </ul> (×) |



○: 長期対策として適用の可能性あり  
 △: 適用の可能性はあるが、メインの工法とはならない  
 ×: 適用性が低い

長期対策においてメイン工法となりうる対策としては、①排砂バイパス、②吸引方式の2工法

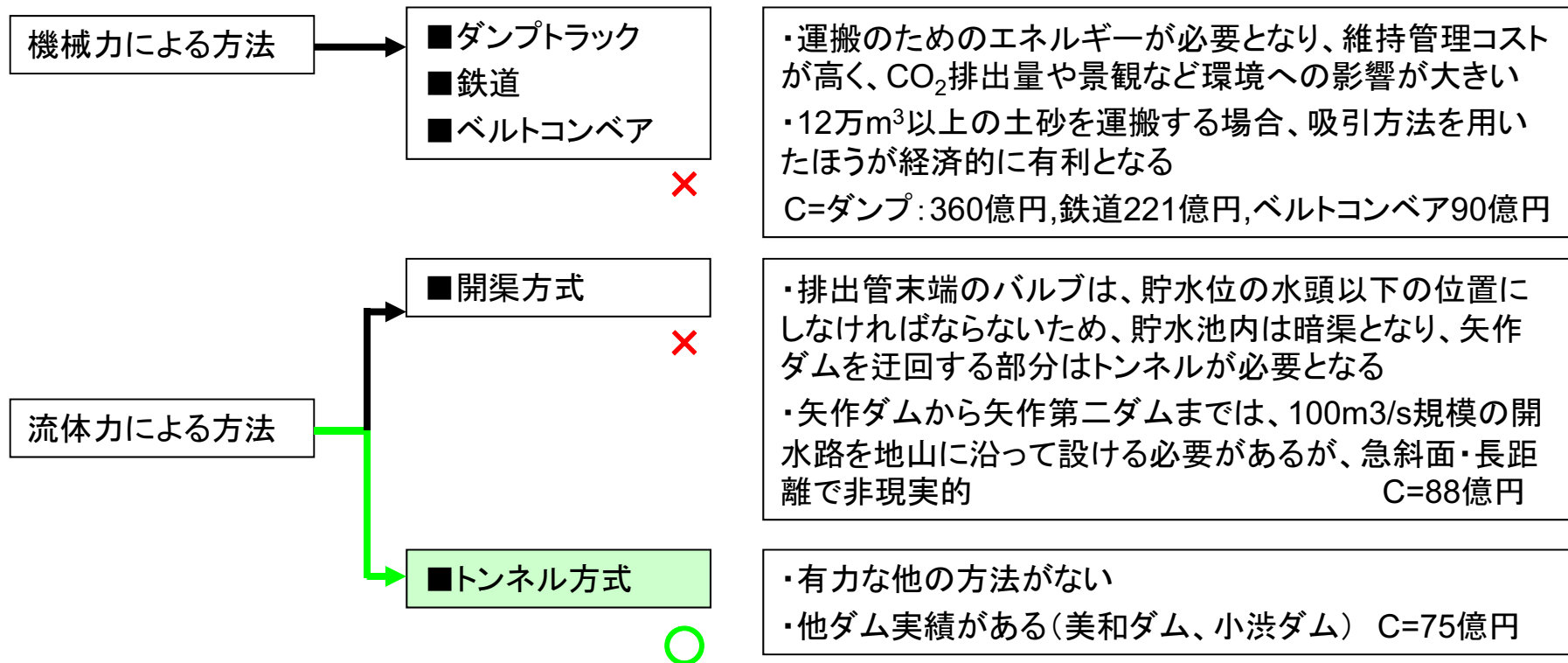


# 4. 排砂施設

## 4.1 排砂方式

### (2) バイパス方法の選定

- 貯水池内で除去した土砂を矢作第二ダム直下まで運搬する方法としては、「機械力による方法」「流体力による方法がある
- トンネル方式に対し優位性を有する代替案はない



# 4. 排砂施設

## 4.2 堆砂対策の比較

| 工法                     | 排砂バイパストンネル(単独)   | 吸引方式+排砂トンネル(単独)  | 排砂バイパスと吸引方式(組合せ)  |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
|------------------------|--|--|---|--|--|----------|------|------|------|--|----------|------|----------|-----------|--------------|--|--|------------------------|------------------------|--|--|--|----------|--------|--|--|----------|------|------|------|--|----------|------|----------|-----------|--------------|--|--|------------------------|------------------------|--|--|---|----------|--------|--|--|----------|------|------|------|--|----------|------|-----------|-----------|--------------|--|--|------------------------|------------------------|--|--|
| 施設諸元                   | Q=600m <sup>3</sup> /s, φ=10.6m, L=7.4km   | Q=100m <sup>3</sup> /s, φ=4.6m, L=5.7km  | BP: Q=600m <sup>3</sup> /s, φ=9.6m, L=2.0km<br>+Q=700m <sup>3</sup> /s, φ=10.1m, L=5.4km<br>吸引: Q=100m <sup>3</sup> /s, φ4.6m, L=1.5km  |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 概要図                    |  |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 土砂収支図                  | <p>無対策時の土砂収支</p> <p>凡例(千m<sup>3</sup>/年)<br/>シルト・粘土: 43<br/>砂: 25<br/>砂礫: 214<br/>合計: 246</p> <p>貯水池内堆砂量: 31, 187, 28, 246</p> <p>矢作ダム流入土砂: 94, 187, 28, 309</p> <p>分派施設: 43, 25, 214</p> <p>① 排砂バイパス: 33, 41, 3, 77</p> <p>ダム放流: 18, 0, 0, 18</p> <p>矢作第2ダム: 18, 0, 0, 18</p>   | <p>貯水池内堆砂量: 29, -7, -1, 21</p> <p>矢作ダム流入土砂: 94, 187, 28, 309</p> <p>ホケット: 4, -7, -1, 21</p> <p>① 吸引: 4, -7, -1, 21</p> <p>ダム放流: 61, 0, 0, 61</p> <p>矢作第2ダム: 61, 0, 0, 61</p> | <p>貯水池内堆砂量: 28, -7, -1, 20</p> <p>矢作ダム流入土砂: 94, 187, 28, 309</p> <p>分派施設: 43, 25, 214</p> <p>① 排砂バイパス: 20, 15, 1, 36</p> <p>② 吸引: 0, 194, 20, 227</p> <p>ダム放流: 179, 29, 208</p> <p>ダム放流: 45, 0, 0, 45</p> <p>矢作第2ダム: 45, 0, 0, 45</p> |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 経済性                    | <table border="1"> <tr> <td>イニシャルコスト</td> <td colspan="3">219 億円</td> </tr> <tr> <td>ランニングコスト</td> <td>維持管理</td> <td>機器更新</td> <td>掘削運搬</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6.14億円/年</td> <td>1.01</td> <td>0.03 5.1</td> </tr> <tr> <td>合計(100年間)</td> <td colspan="3">833 億円/100年間</td> </tr> <tr> <td>排砂m<sup>3</sup>当たり単価</td> <td colspan="3">2,863 円/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> | イニシャルコスト   | 219 億円  |  |  | ランニングコスト | 維持管理 | 機器更新 | 掘削運搬 |  | 6.14億円/年 | 1.01 | 0.03 5.1 | 合計(100年間) | 833 億円/100年間 |  |  | 排砂m <sup>3</sup> 当たり単価 | 2,863 円/m <sup>3</sup> |  |  | <table border="1"> <tr> <td>イニシャルコスト</td> <td colspan="3">115 億円</td> </tr> <tr> <td>ランニングコスト</td> <td>維持管理</td> <td>機器更新</td> <td>掘削運搬</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.15億円/年</td> <td>1.63</td> <td>0.62 1.9</td> </tr> <tr> <td>合計(100年間)</td> <td colspan="3">530 億円/100年間</td> </tr> <tr> <td>排砂m<sup>3</sup>当たり単価</td> <td colspan="3">2,070 円/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> | イニシャルコスト | 115 億円 |  |  | ランニングコスト | 維持管理 | 機器更新 | 掘削運搬 |  | 4.15億円/年 | 1.63 | 0.62 1.9 | 合計(100年間) | 530 億円/100年間 |  |  | 排砂m <sup>3</sup> 当たり単価 | 2,070 円/m <sup>3</sup> |  |  | <table border="1"> <tr> <td>イニシャルコスト</td> <td colspan="3">248 億円</td> </tr> <tr> <td>ランニングコスト</td> <td>維持管理</td> <td>機器更新</td> <td>掘削運搬</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.58億円/年</td> <td>2.04</td> <td>0.35 1.19</td> </tr> <tr> <td>合計(100年間)</td> <td colspan="3">606 億円/100年間</td> </tr> <tr> <td>排砂m<sup>3</sup>当たり単価</td> <td colspan="3">2,228 円/m<sup>3</sup></td> </tr> </table> | イニシャルコスト | 248 億円 |  |  | ランニングコスト | 維持管理 | 機器更新 | 掘削運搬 |  | 3.58億円/年 | 2.04 | 0.35 1.19 | 合計(100年間) | 606 億円/100年間 |  |  | 排砂m <sup>3</sup> 当たり単価 | 2,228 円/m <sup>3</sup> |  |  |
| イニシャルコスト               | 219 億円   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| ランニングコスト               | 維持管理   | 機器更新   | 掘削運搬  |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
|                        | 6.14億円/年   | 1.01   | 0.03 5.1  |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 合計(100年間)              | 833 億円/100年間   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 排砂m <sup>3</sup> 当たり単価 | 2,863 円/m <sup>3</sup>   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| イニシャルコスト               | 115 億円   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| ランニングコスト               | 維持管理   | 機器更新   | 掘削運搬  |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
|                        | 4.15億円/年   | 1.63   | 0.62 1.9  |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 合計(100年間)              | 530 億円/100年間   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 排砂m <sup>3</sup> 当たり単価 | 2,070 円/m <sup>3</sup>   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| イニシャルコスト               | 248 億円   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| ランニングコスト               | 維持管理   | 機器更新   | 掘削運搬  |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
|                        | 3.58億円/年   | 2.04   | 0.35 1.19   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 合計(100年間)              | 606 億円/100年間   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 排砂m <sup>3</sup> 当たり単価 | 2,228 円/m <sup>3</sup>   |  |   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |
| 適用性                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・排砂の効率が低いため、全量排除は実現困難 ×</li> <li>・利水容量回復は困難 ×</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削を組み合わせることによって全量排除の達成が可能 ○</li> <li>・機械力(掘削・浚渫)を組み合わせることによって利水容量内の排除も可能 ○</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・掘削を組み合わせることによって全量排除の達成が可能 ○</li> <li>・利水容量内の排除を行うためにはさらなる投資が必要 △</li> </ul>   |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |  |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |          |           |              |  |  |                        |                        |  |  |   |          |        |  |  |          |      |      |      |  |          |      |           |           |              |  |  |                        |                        |  |  |

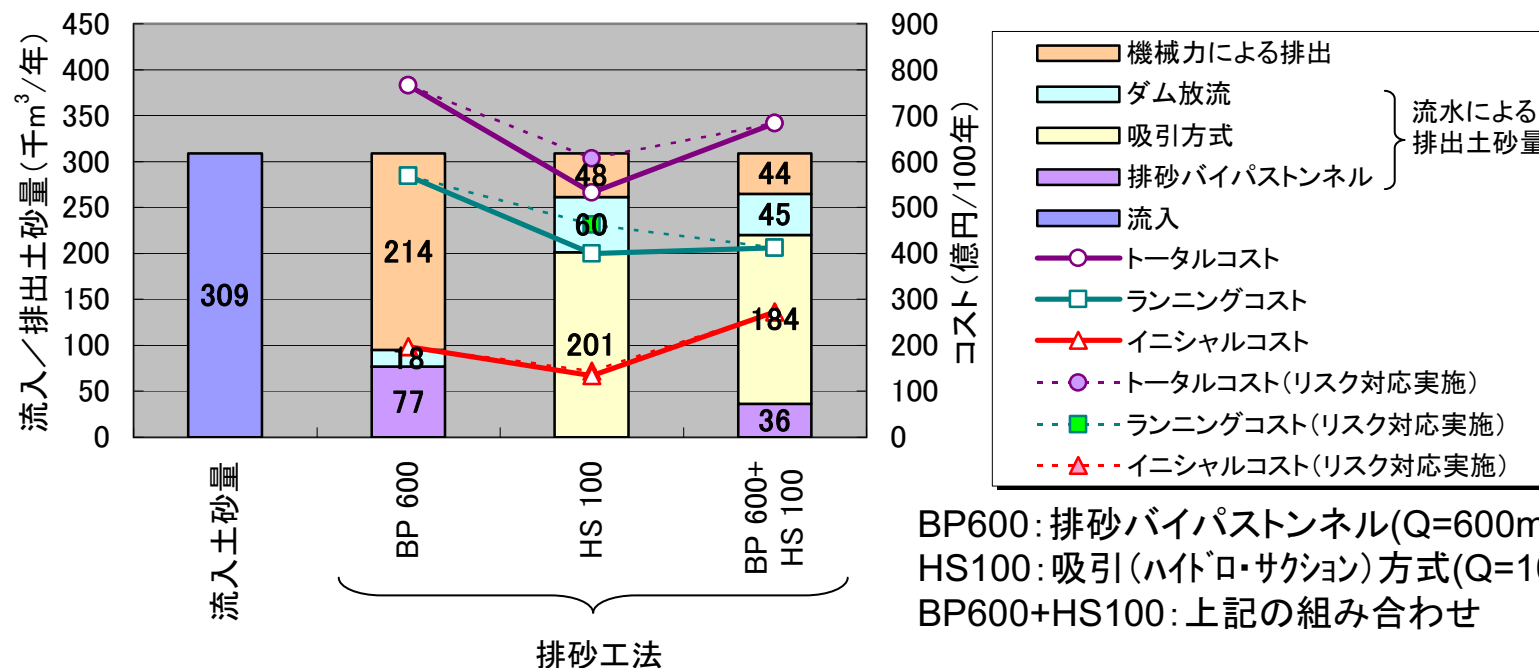


# 4. 排砂施設

## 4.2 堆砂対策の比較

- 「バイパストンネル方式」は、排砂に活用できる水量が少ないため、排出できない土砂を別途排除する必要があるため、経済性に劣る。
- 「吸引方式」は、技術開発途上にあることを踏まえ、仮に5年に1回のリスク対応を考慮しても「バイパストンネル+吸引方式」と同程度の経済性を有する。また、リスク対応施設\*の活用により、利水容量の回復も可能である。
- 「バイパストンネル+吸引方式」は、バイパストンネルの効率を高めることが難しく、経済性に劣る。
- 長期堆砂対策としては、「吸引方式」を採用する。

\* リスク対応施設は、吸引方式がトラブル等によって使用できなくなった場合の対応として、貯水池内から機械力によって土砂を除去、排砂トンネルまで運搬し、そこから流水の力で排砂を行うための施設である。













## 4. 排砂施設

### 4.5 施設設計の課題

- 施設設計に向けた地質調査・環境調査などを進め、周辺環境とコスト縮減に配慮した施設設計を行う
- 吸引排砂に伴う主な課題としては、下記の項目と対応を考えている

| 項目         | 今後の課題                     | 対応(案)   |
|------------|---------------------------|---|
| 吸引工法に関わるもの | 矢作ダムにおける適用性の確認            | <ul style="list-style-type: none"><li>・天竜川ダム再編事業が実施している実証試験結果を踏まえ、矢作ダムで確認を要する点を整理</li><li>・実証試験の実施・評価</li></ul>         |
| リスクに関わるもの  | 吸引施設の安定性の確保               | <ul style="list-style-type: none"><li>・吸引施設の基礎地盤に関する調査</li><li>・固定方法に関する構造検討</li><li>・閉塞については、実証試験で確認</li></ul>         |
| 下流環境に関わるもの | 吐口直下の局所的な土砂堆積と騒音・振動に対する対応 | <ul style="list-style-type: none"><li>・吐口部の水理検討を行った上で課題を抽出し、水理模型実験によって確認</li><li>・矢作第二ダムとの協働運用によるフラッシュの可能性の検討</li></ul> |



## 5. 參考資料

# 1. 委員会の概要（矢作ダム堆砂対策検討）

## 1. 矢作ダム堆砂対策検討

### 1) 矢作ダム堆砂対策のあり方(目標)

- 流入してくる全土砂量のうち、**堆砂容量内への堆砂は容認**
- 利水容量内の堆砂についても除去し、**利水容量を回復**

### 2) 緊急堆砂対策

- 長期対策完成(10年後を目処)までの**暫定措置**
- 貯水池上流部の堆積土砂を除去し、**建設当初の洪水調節機能を回復**

### 3) 長期堆砂対策

- **吸引方式を基本**とし、流入土砂の**全量を排出**

### 4) 長期堆砂対策施設基本計画(案)

- 3.8km～4.8km地点において吸引方式によって流入土砂の排砂
- **濃度2%程度**※で矢作第二ダム下流に排出（※ 濃度条件は変更する可能性あり）
- **利水容量内の堆砂についても湖内移送**によって吸引位置あるいはストックヤードまで移動

# 1. 委員会の概要（土砂管理シナリオ検討）

## 2. 土砂管理シナリオ検討

- 矢作ダムからの排砂した場合の土砂管理シナリオを検討
- 矢作ダム～越戸ダムを対象として、ステップ1～6の段階的な検討を実施
- 現時点で有力と考えられる基本案を設定

### 【技術的課題】

- 社会的総コストの最小化
- 砂利採取などの土砂有効活用策検討
- 大量の掘削土砂の発生（経済性・実現可能性とのバランス）
- 治水や発電に支障を及ぼさない堆積を許容した場合のシナリオ検討

# 1. 委員会の概要（排砂対策に伴う影響検討）

## 3. 排砂対策に伴う影響検討

河床変動シミュレーション、置き土試験に対する環境調査などを組合せて実施

### 1) 河床変動モデルによる影響検討(H18~H19)

一次元河床変動解析より、**既設堰堤などに土砂が堆積**することを確認

### 2) 環境調査による影響検討計画(H18~H19)

排砂による自然環境への影響を評価することを目的に**置き土試験**を実施

明確な環境変化は認められず

### 3) 影響検討計画の見直し(H19~H20)

生物への影響を確認するため**覆砂実験**を計画

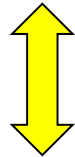
空間的・時間的に不均質な矢作川の環境を把握・評価する方法の検討



# 1. 委員会の概要 (H20検討の土砂管理シナリオの概要)

矢作ダムから排砂を実施した場合の下流河川の土砂管理シナリオについて、ステップ1~6の段階的な検討を実施し、現時点で有力と考えられる基本案を設定

## 基本ケース



ステップ1: 矢作ダムの排砂量を変化させた場合の下流河川への影響を概略把握する  
コスト面の妥当性を確保できる排砂量を設定する

ステップ2: 河川に堆積した土砂を維持掘削する場合の社会的総コストの算出(基本コスト)

## 比較ケース

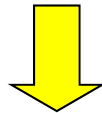
ステップ3: 発電ダムに流入する土砂をできるだけ通過させる方法を検討

ステップ4: 発電ダムに流入する土砂をできるだけ通過させた場合の予測と社会的総コスト算出

ステップ5: ステップ4の最適案に対し、矢作ダムから排砂量を変化させた場合の社会的総コスト算出

ステップ6: ステップ4で得られた最適案について影響を評価する

## 土砂管理シナリオ



矢作ダム ⇒ 吸引濃度5%(排砂地点直下などで堆砂の可能性あり)

発電ダム ⇒ 百月ダム: 1m切下げ、200m<sup>3</sup>/s以上フリーフロー、阿摺ダム: 切下げなし、200m<sup>3</sup>/s以上フリーフロー、越戸ダム: 現状のまま

河道の維持掘削 ⇒ 毎年掘削(平均23万m<sup>3</sup>/年)

# Q & A

Q1:社会的コストミニマム(p4)について、社会的とは具体的に何か？

A1:堆砂対策の効果・影響が波及する、ダム・河川管理者、流域住民、利水事業者(農業、発電)、漁協、掘削業者、自治体などの主体全て。

(社会的コストミニマム:土砂管理にかかる総費用の分担を考えずに、その総額が最も小さくなること)

Q2:本事業の便益の考え方(p13)の概要は？

A2:本事業は維持管理事業であることから、コストとして矢作ダム建設費と本事業の事業費等を加えたもの、便益として矢作ダムの治水便益を考える。今後、事業が確定する段階で整理が可能と考えられるが、その場合も治水便益が高いので、費用対効果は成り立つものと考えられる。

Q3:バイパストネルの600m<sup>3</sup>/sの根拠は？

A3:H18年の検討で、バイパストネルと吸引を組み合わせたコストについて、流量規模を変えて計算してみた結果、バイパストネル600m<sup>3</sup>/sと吸引100m<sup>3</sup>/sの組み合わせが一番コストが安くなったため。

(コストは、バイパスを最初にして、次に吸引を行い、残った土砂を浚渫した場合のコスト)

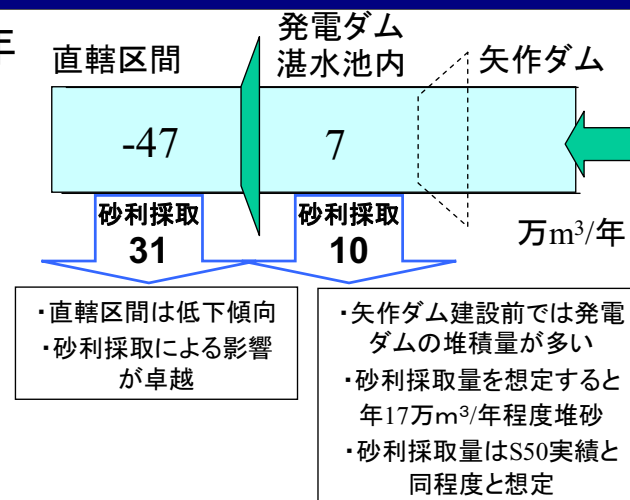


# 矢作ダム建設による土砂動態変化（区間堆積量）

## <ダム建設前：昭和40～45年>

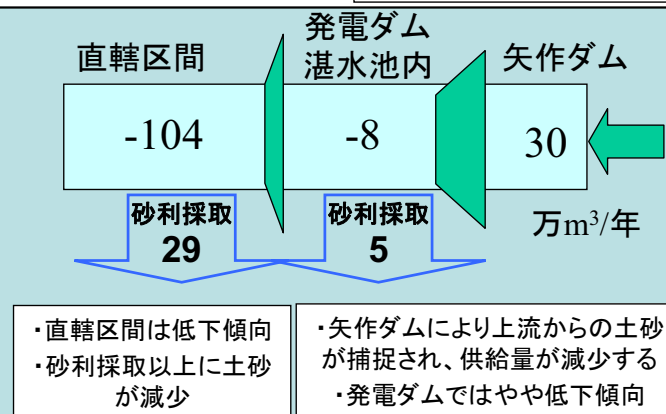
- ・発電ダム（百月ダム、阿摺ダム、越戸ダム）の堆砂率は30～70%（発電ダムでも砂利採取により堆積の進行が抑制：砂利採取量はS50実績相当と推定）
- ・直轄区間では砂利採取もあり河床は低下

単位：万m<sup>3</sup>/年



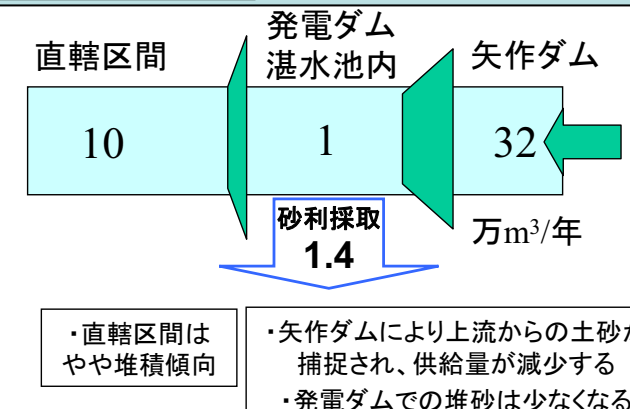
## <ダム建設後：昭和49～63年（砂利採取あり）>

- ・矢作ダムに約30万m<sup>3</sup>/年の土砂が堆積
- ・発電ダムは河床低下傾向（矢作ダム・砂利採取）
- ・直轄区間は砂利採取があり河床は低下している。土砂収支上、上流堆砂分と砂利採取を合わせても河道低下分と一致しない。原因については、砂利採取量の誤差も考えられる。



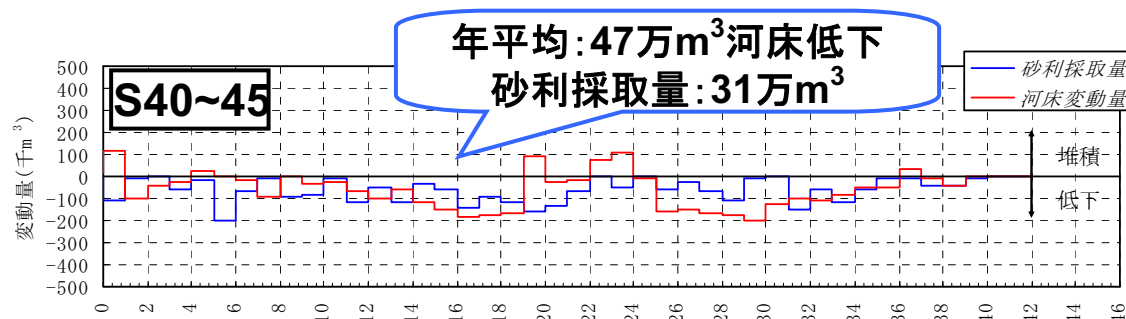
## <ダム建設後：平成元年～12年（砂利採取なし）>

- ・矢作ダムに約30万m<sup>3</sup>/年の土砂が堆砂している。
- ・発電ダムはほとんど堆砂もなし
- ・直轄区間ではやや堆積傾向であるが、安定した状態に近いと考えられる。

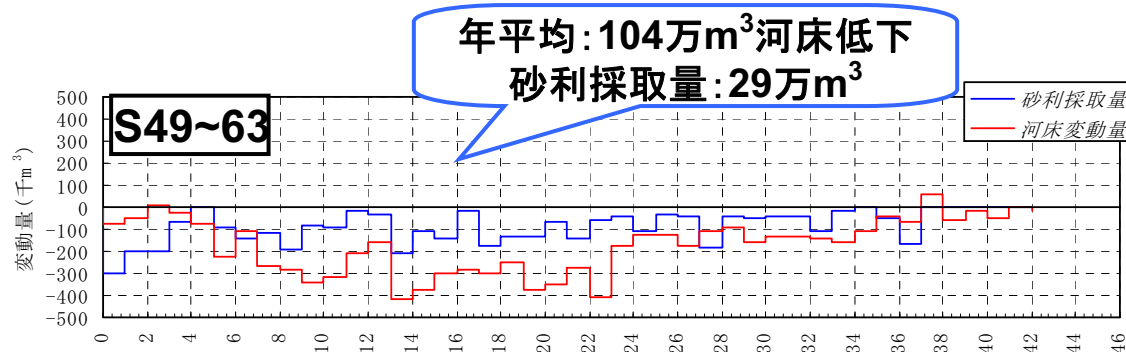


# 矢作ダム建設による土砂動態変化（直轄区間の変動量）

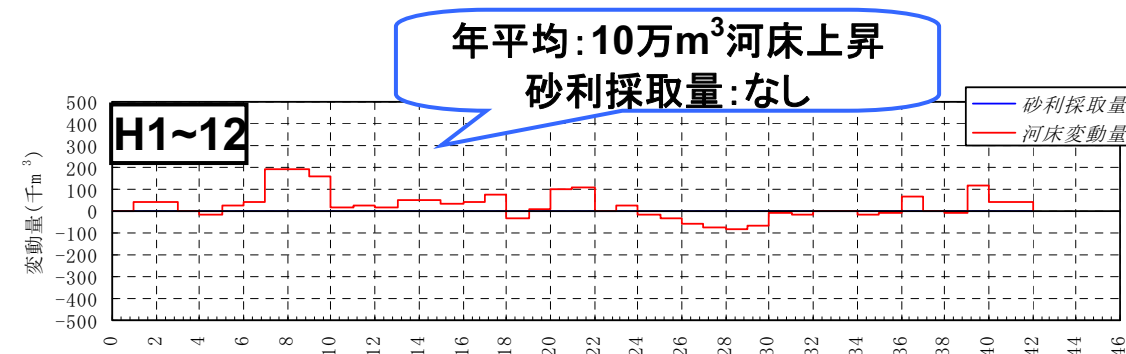
○ 矢作ダム建設前 (S40~45) では  
砂利採取に伴い、河床が低下  
⇒ 砂利採取ないと想定してもやや低下傾向  
(土砂供給があってもやや低下傾向)



○ 矢作ダム建設後・砂利採取あり  
(S49~S63) では、砂利採取以上  
に河床が低下  
⇒ 砂利採取がないと想定しても河床低下  
⇒ 上流からの土砂供給はなくなっているが、  
砂利採取分を除いて年平均で75万 $m^3$ の  
低下は考えにくい。(ダムで堆積した量は  
年平均30万 $m^3$ 程度)  
⇒ 砂利採取量の誤差も考えられる



○ 矢作ダム建設後・砂利採取なし  
(H1~12) では、やや堆積傾向  
⇒ 発電ダムでの堆砂はほとんどなくなって  
おり、支川等からの供給土砂が下流部で  
堆積していると考えられる。



# 直轄区間 区間別・年別砂利採取量

| 区間年度    | 昭和38年   | 昭和39年   | 昭和40年   | 昭和41年   | 昭和42年   | 昭和43年   | 昭和44年   | 昭和45年   | 昭和46年   | 昭和47年   | 昭和48年   | 昭和49年   | 昭和50年   | 昭和51年   | 昭和52年   | 昭和53年   | 昭和54年   | 昭和55年   | 昭和56年   | 昭和57年   | 昭和58年   | 昭和59年   | 昭和60年   | 昭和61年   | 昭和62年  | 昭和63年   | 合計        |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|-----------|
| 0～1km   | 0       | 0       | 0       | 0       | 16,220  | 14,400  | 39,600  | 36,000  | 68,400  | 28,800  | 0       | 0       | 7,200   | 58,524  | 0       | 55,324  | 33,742  | 33,724  | 48,700  | 0       | 9,488   | 20,666  | 12,917  | 12,291  | 8,938  | 0       | 504,934   |
| 1～2km   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 7,200   | 3,600   | 27,380  | 89,817  | 100,079 | 22,478  | 0       | 58,667  | 9,720   | 33,724  | 16,862  | 9,400   | 18,053  | 17,416  | 0       | 10,334  | 5,046   | 0      | 0       | 429,776   |
| 2～3km   | 0       | 0       | 0       | 2,600   | 0       | 0       | 0       | 10,200  | 68,145  | 57,082  | 92,436  | 19,480  | 20,852  | 10,800  | 0       | 0       | 16,862  | 9,400   | 43,051  | 34,200  | 38,105  | 20,667  | 6,046   | 16,875  | 0      | 466,801 |           |
| 3～4km   | 12,915  | 12,645  | 12,645  | 10,250  | 2,900   | 0       | 3,600   | 0       | 6,240   | 34,280  | 8,320   | 8,320   | 9,200   | 14,970  | 0       | 0       | 7,560   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3,229   | 18,082  | 15,257 | 7,137   | 187,550   |
| 4～5km   | 3,290   | 2,810   | 4,520   | 0       | 2,600   | 0       | 3,240   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 16,460    |
| 5～6km   | 20,090  | 19,670  | 19,670  | 45,400  | 32,750  | 22,310  | 23,170  | 19,900  | 5,320   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 10,700  | 37,378  | 54,187  | 0       | 0       | 17,891  | 0       | 0      | 328,436 |           |
| 6～7km   | 0       | 1,840   | 1,940   | 0       | 13,020  | 23,180  | 22,230  | 7,410   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 13,270  | 13,287  | 37,200  | 38,660  | 25,920  | 0       | 5,091   | 0       | 0      | 203,048 |           |
| 7～8km   | 0       | 0       | 0       | 0       | 6,500   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 2,830   | 10,407  | 16,300  | 24,768  | 29,088  | 30,546  | 16,546  | 0       | 0      | 136,985 |           |
| 8～9km   | 20,090  | 19,670  | 19,670  | 19,700  | 4,220   | 3,740   | 2,810   | 3,720   | 4,650   | 3,720   | 3,720   | 3,720   | 0       | 0       | 0       | 13,270  | 13,287  | 18,700  | 25,920  | 66,960  | 30,546  | 39,455  | 21,467  | 26,520  | 0      | 365,555 |           |
| 9～10km  | 23,270  | 25,290  | 25,290  | 11,500  | 0       | 0       | 930     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 6,180   | 7,090   | 0       | 0       | 0       | 13,287  | 18,700  | 25,920  | 6,480   | 0       | 0       | 0       | 0      | 163,937 |           |
| 10～11km | 0       | 0       | 0       | 4,900   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 13,287  | 18,700  | 25,920  | 25,920  | 5,092   | 0       | 0       | 0       | 0      | 93,819  |           |
| 11～12km | 40,180  | 39,340  | 39,340  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 7,600   | 0       | 0       | 0       | 15,272  | 0       | 0       | 0      | 0       | 141,732   |
| 12～13km | 0       | 0       | 0       | 23,300  | 14,600  | 12,960  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 6,790   | 13,941  | 7,600   | 0       | 5,184   | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 84,375    |
| 13～14km | 20,090  | 19,670  | 19,670  | 0       | 14,500  | 12,960  | 12,960  | 12,960  | 19,440  | 6,480   | 6,480   | 0       | 0       | 2,954   | 20,520  | 26,850  | 26,574  | 27,700  | 31,104  | 25,920  | 13,888  | 13,888  | 10,920  | 0       | 0      | 0       | 345,528   |
| 14～15km | 0       | 0       | 0       | 26,900  | 0       | 0       | 3,240   | 0       | 9,240   | 24,960  | 18,480  | 24,960  | 12,480  | 14,480  | 21,662  | 12,960  | 6,480   | 0       | 9,503   | 19,008  | 17,819  | 17,819  | 3,127   | 0       | 0      | 0       | 243,118   |
| 15～16km | 0       | 0       | 0       | 0       | 16,610  | 12,100  | 12,240  | 15,240  | 3,000   | 0       | 0       | 0       | 13,444  | 14,000  | 24,146  | 25,920  | 13,270  | 0       | 0       | 7,776   | 2,545   | 22,909  | 17,295  | 0       | 0      | 0       | 200,495   |
| 16～17km | 18,095  | 18,970  | 16,425  | 4,200   | 15,600  | 25,920  | 19,200  | 22,680  | 22,680  | 12,960  | 6,480   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 9,200   | 10,368  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 202,778   |
| 17～18km | 20,090  | 19,670  | 19,670  | 29,350  | 3,100   | 0       | 3,240   | 0       | 3,240   | 12,960  | 12,960  | 12,960  | 13,444  | 36,920  | 33,679  | 29,160  | 22,220  | 22,254  | 15,500  | 9,504   | 2,592   | 0       | 0       | 0       | 3,240  | 0       | 325,753   |
| 18～19km | 20,090  | 19,670  | 19,670  | 23,300  | 0       | 12,960  | 9,720   | 12,510  | 25,909  | 21,300  | 16,200  | 25,920  | 13,444  | 12,960  | 13,693  | 12,960  | 13,270  | 13,287  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 318,213   |
| 19～20km | 20,090  | 17,850  | 19,670  | 13,500  | 29,200  | 9,720   | 16,200  | 31,500  | 26,880  | 20,400  | 23,640  | 20,400  | 39,248  | 45,540  | 29,546  | 25,920  | 13,270  | 8,967   | 7,600   | 3,240   | 3,240   | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 425,621   |
| 20～21km | 20,090  | 19,670  | 19,670  | 18,400  | 14,600  | 16,200  | 12,960  | 12,960  | 6,120   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 16,586  | 19,440  | 17,900  | 8,967   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 203,563   |
| 21～22km | 20,090  | 19,670  | 19,670  | 4,500   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 12,960  | 19,440  | 12,960  | 26,888  | 27,160  | 23,732  | 25,920  | 26,540  | 26,574  | 0       | 0       | 3,240   | 4,206   | 1,402   | 4,205   | 0      | 0       | 279,157   |
| 22～23km | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 3,654   | 0       | 0       | 18,700  | 25,920  | 0       | 1,402   | 4,206   | 0       | 0       | 0      | 0       | 53,882    |
| 23～24km | 0       | 0       | 0       | 0       | 14,600  | 6,480   | 9,720   | 15,740  | 9,720   | 0       | 0       | 0       | 13,444  | 13,580  | 13,693  | 12,960  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 109,937   |
| 24～25km | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 9,270   | 29,640  | 18,448  | 18,448  | 19,181  | 18,748  | 18,758  | 18,805  | 10,800  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 162,098   |
| 25～26km | 5,180   | 5,620   | 5,620   | 9,000   | 0       | 6,480   | 9,720   | 12,960  | 12,960  | 19,440  | 10,650  | 0       | 0       | 0       | 0       | 13,270  | 12,960  | 7,600   | 0       | 0       | 0       | 0       | 2,396   | 0       | 0      | 0       | 133,856   |
| 26～27km | 0       | 0       | 0       | 5,300   | 4,220   | 7,910   | 6,960   | 3,720   | 14,370  | 6,480   | 12,960  | 12,960  | 13,444  | 3,240   | 0       | 0       | 13,270  | 13,287  | 7,600   | 2,770   | 2,772   | 1,198   | 2,396   | 0       | 0      | 0       | 134,857   |
| 27～28km | 5,180   | 0       | 0       | 0       | 16,700  | 16,700  | 12,510  | 16,680  | 34,300  | 38,940  | 23,640  | 20,400  | 23,936  | 34,471  | 37,824  | 36,896  | 23,936  | 24,101  | 14,000  | 0       | 2,772   | 0       | 0       | 3,595   | 2,400  | 2,400   | 391,381   |
| 28～29km | 1,940   | 6,026   | 6,561   | 23,400  | 21,120  | 16,270  | 20,420  | 16,250  | 5,820   | 3,720   | 1,860   | 0       | 4,700   | 3,720   | 1,860   | 0       | 0       | 10,100  | 18,036  | 6,291   | 0       | 0       | 0       | 0       | 2,800  | 0       | 170,894   |
| 29～30km | 0       | 0       | 0       | 0       | 4,000   | 0       | 4,170   | 0       | 0       | 0       | 1,860   | 3,720   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 21,422  | 21,422  | 10,700  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 67,294    |
| 30～31km | 0       | 0       | 0       | 700     | 1,660   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 21,422  | 21,422  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 45,204    |
| 31～32km | 0       | 2,100   | 4,200   | 36,025  | 22,610  | 39,120  | 29,620  | 12,640  | 3,000   | 0       | 0       | 35,600  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 21,400  | 6,855   | 5,823   | 3,594   | 0       | 0       | 0       | 2,800  | 0       | 225,387   |
| 32～33km | 0       | 0       | 2,165   | 600     | 19,820  | 0       | 9,830   | 26,810  | 930     | 0       | 0       | 0       | 35,600  | 41,907  | 29,758  | 39,407  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 206,827   |
| 33～34km | 28,847  | 37,007  | 35,546  | 18,250  | 0       | 0       | 0       | 0       | 35,710  | 35,710  | 17,800  | 0       | 0       | 17,757  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 226,627   |
| 34～35km | 1,749   | 27,131  | 31,434  | 1,300   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 17,800  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 79,414    |
| 35～36km | 0       | 0       | 0       | 6,410   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 21,423  | 21,423  | 10,700  | 0       | 0       | 0       | 0       | 13,890  | 4,530  | 0       | 46,253    |
| 36～37km | 0       | 1,644   | 0       | 6,300   | 0       | 0       | 0       | 12,960  | 12,960  | 12,960  | 12,960  | 12,960  | 16,460  | 12,960  | 18,892  | 24,860  | 0       | 21,423  | 21,423  | 21,423  | 21,423  | 13,892  | 13,892  | 12,146  | 0      | 0       | 258,578   |
| 37～38km | 5,654   | 817     | 0       | 0       | 0       | 9,720   | 12,960  | 12,960  | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 42,111    |
| 38～39km | 0       | 0       | 0       | 20,225  | 14,600  | 3,100   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 37,925    |
| 39～40km | 0       | 4,000   | 4,237   | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 8,237     |
| 40～41km | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 0         |
| 41～42km | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0       | 0         |
| 合計      | 307,020 | 340,780 | 347,283 | 365,310 | 305,750 | 272,230 | 301,250 | 299,840 | 334,489 | 333,650 | 382,482 | 381,681 | 382,474 | 379,450 | 388,136 | 381,515 | 384,487 | 384,987 | 385,323 | 378,393 | 375,700 | 202,000 | 202,000 | 129,286 | 81,800 | 41,080  | 8,068,396 |