

8. 時空間的不連続性に対応した流域管理

8. 1 実態把握のためのモニタリング

流砂量を把握するためには直接観測する手法と上流からの供給土砂量を観測して推定する方法がある。生産土砂量を把握するには、面的に広い範囲を調査する必要があり、非常に労力及びコストを要するので、リモートセンシング技術を活用する。例えば、レーザー・プロファイラーを用いれば、精度がある程度（鉛直精度が± 20cm 程度）あり、かつ密度の高い標高データ（水面下は計測不能）を得られるので、山腹崩壊等前後の計測結果から生産土砂量を推定することができる¹⁾（図－ 8.1）。ただし、樹木等があると、その樹高も含めて計測するので、高度補正を行う必要がある。

一方、流砂量のモニタリングの実施にあたっては、先ず着目する粒径（「流砂特性の不連続性」に示した流砂の運動形態に基づいて設定する）を定めて、対応する観測場所・手法を設定する必要がある。例えば、河床材料が大きなセグメント 1 区間で掃流砂が河川地形（河床高）を決定する場合は、掃流砂量をモニタリングする必要がある（浮遊砂量をモニタリングしても意味がない）。モニタリングに関しては、掃流砂採取器を河床面に正確におろすことがポイントとなり、河床波があると一層正確な計測が難しい。また洪水や流木により採取器が流される危険性もある。他のサンプラー型採取器も同様の課題がある他、いかに仕切板の水密性を高める（確実に土砂を捕捉する）かが課題である。このように現在確実な観測方法はないが、今後は周波数を高く設定した超音波センサーを利用した観測手法（ドップラーシフトより計測された掃流砂の移動速度と掃流砂厚より流砂量を算定：図－ 8.2、8.3）やトレンチを利用して、横断方向分布も観測できる手法*（図－ 8.4）²⁾の開発が望まれる。

* 観測用に新規にトレンチを設置しなくても、新設の堰や床止め、又は既設の土砂浚渫を行った堰や床止めといった土砂がトラップされる堆積空間を利用して、特に掃流砂量を測定することも可能である（洪水時に開ける、又は倒伏させる堰は対象外）

流砂のうち、浮遊砂等については観測手法が確立されている。粒径が細かい土砂の移動量は濁度計*¹と（超音波流速計等による）流速分布により算定できるし、1mm 以下の土砂の流砂量は自動採水装置*²により計測できる。水中ポンプでは 2mm 程度までの土砂を捕捉可能で採水量を任意に設定できるが、人員を絶えず配置しておく必要があり、電源確保のために採水地点の制約が生じる。近年開発された流砂捕捉ポンプを用いれば、粒径が 5mm までの土砂の流砂量観測が可能である（図－ 8.5）³⁾。流砂捕捉ポンプは従来の水中ポンプに加えて、コンプレッサーによる空気混入（400 リットル/分）を行うため、0.5mm 以上の土砂は実際の流砂量より濃縮流入するので、予め定めた関数を用いて重量補正する必要がある。

* 1：高濃度センサーでは 20000ppm まで観測できる。付着物により光学センサーが機能しなくならないように、ワイパー付き濁度計が良い（図－ 8.6）

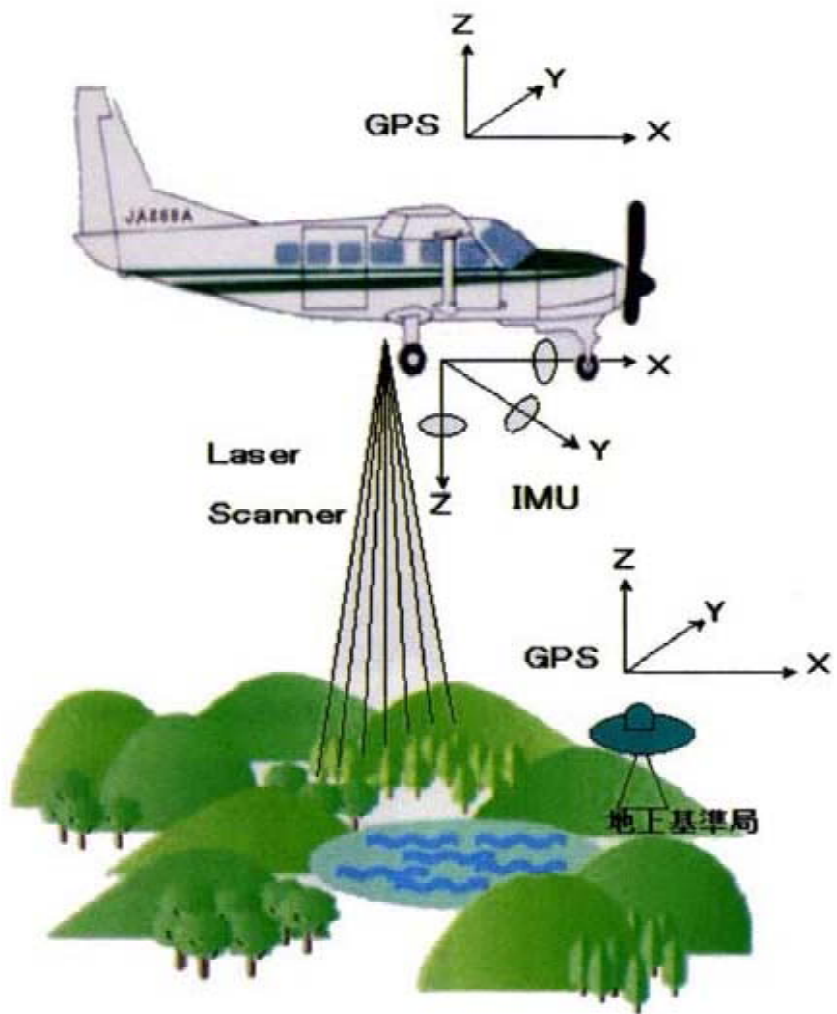
* 2：自動採水装置は採水チューブを通じてウォッシュロードや浮遊砂を捕捉するもので、ポリタンクが 24 ケ（1 リットル/ケ）装填されており、1 時間に 1 回の採水だと、自動で 1 日分の採水が可能である。なお、携帯電話を使った遠隔操作により採水開始できる

土砂の生産から移動の過程をより正確・的確に把握するための観測手法及び観測結果の整理・管理について、平成 11 年 7 月に建設省河川局・土木研究所により「土砂モニタリ

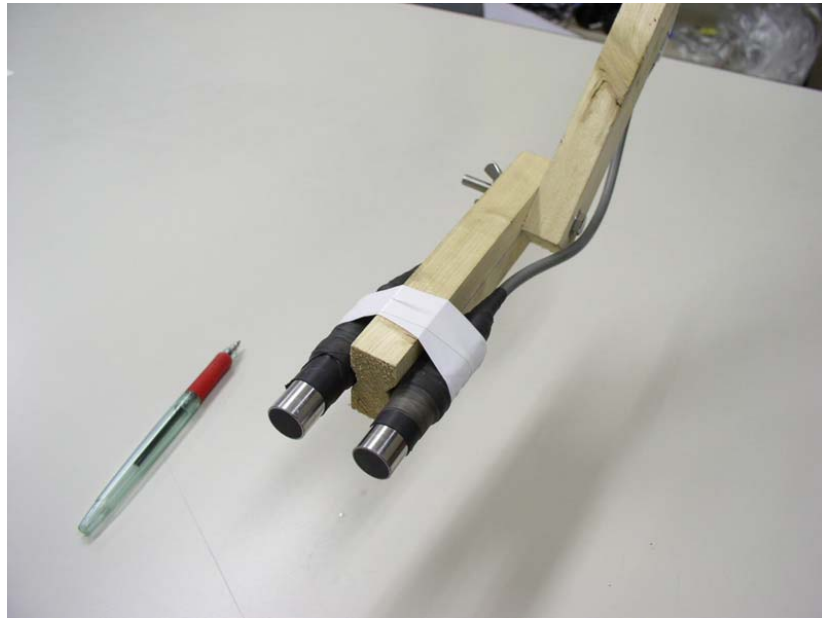
ングガイドラインマニュアル（案）試行編」がとりまとめられている。

参考文献

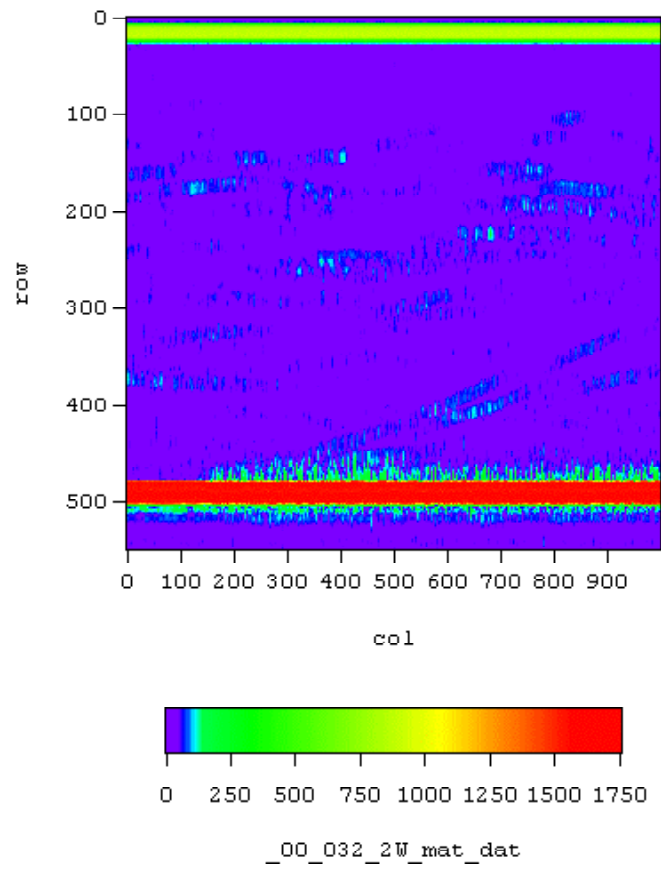
- 1) 国際航業株式会社パンフレット：航空機搭載型レーザプロファイラー
- 2) Roger A.Kuhnle : Bed Load Transport on Two Small Streams : 5th Federal Interagency Sedimentation Conferences, p4-141 1991
- 3) 末次忠司他：土砂動態テクニカルノート（案）、p.10、2003



図ー 8.1 レーザープロファイラー概念図 (参考文献¹⁾より)



図－ 8.2 超音波センサー



図－ 8.3 超音波センサーによる掃流砂厚計測結果

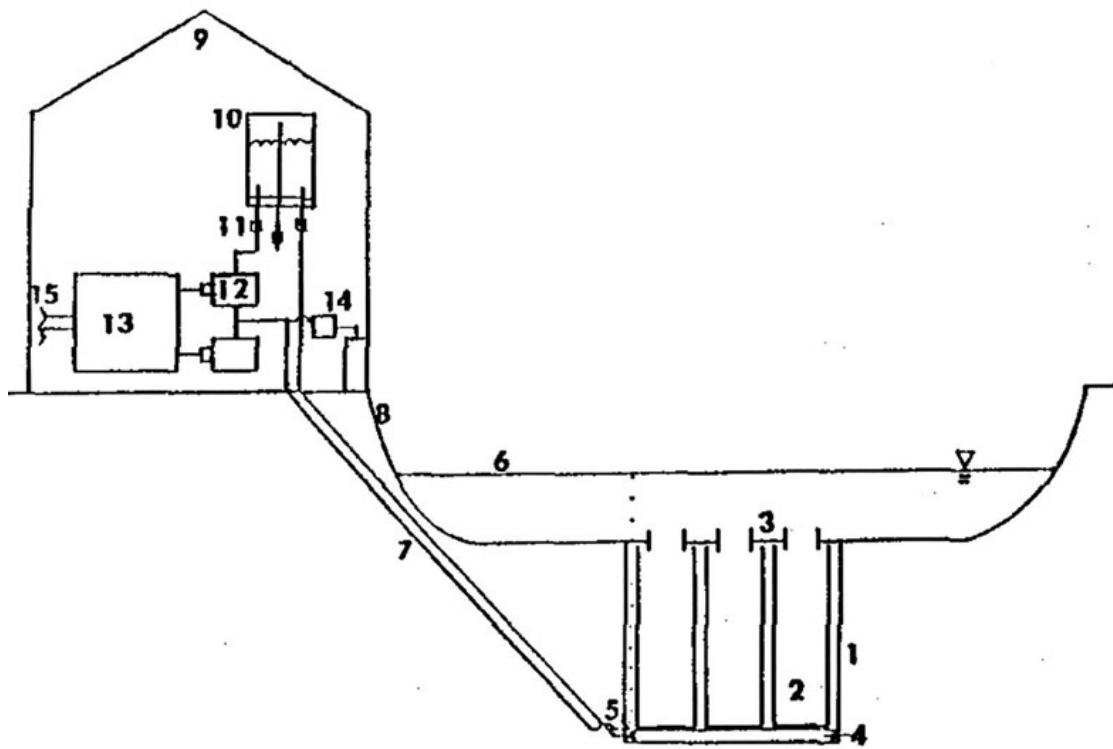
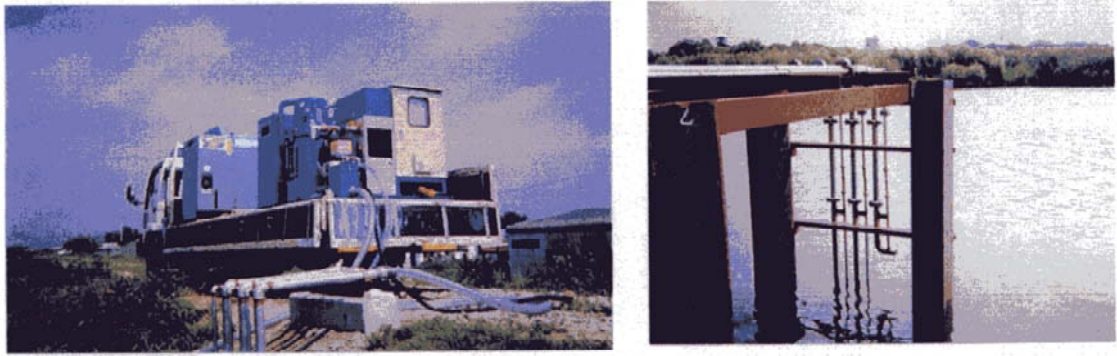


図-8.4 トレンチイメージ図 (参考文献²⁾より)



図－ 8.5 流砂捕捉ポンプ装置（左：ポンプ、右：採水口）
（土砂動態テクニカルノート（案）、参考文献³⁾より）



図－ 8.6 濁度計

8. 2 河床変動モニタリング

従来は洪水前後の測量結果から河床変動量を評価していた。しかし、洪水ピーク時にはこれ以上に洗掘されている場合が多いので、洪水中の変動量もモニタリングする必要がある。最大洗掘深のモニタリングには安価なリング法（洪水により棹が倒れる可能性がある）やレンガ法がある。砂面計や洗掘センサーを利用すれば、時系列的な洗掘深の計測ができる。

砂面計は一般的には光電式が用いられ、河床の埋め戻しも計測できる長所がある一方で、砂面計を設置した H 鋼まわりの洗掘が計測されることになり、洗掘深が過大評価される可能性がある。砂面計は安倍川、石狩川支川雨竜川、富士川などにおける計測実績がある（図－8.7）。砂面計を設置する際、湾曲に伴う局所洗掘のように洗掘の発生箇所が一定である場合はその地点に設置することが望ましいが、特に複列砂州の河川では横断的な水位・河床変動が大きいいため、砂面計を横断方向に複数設置するとともに、各々の砂面計には水位計も同時に設置しておくことが必要である。計測データはロガーに収録し、洪水後に回収する。

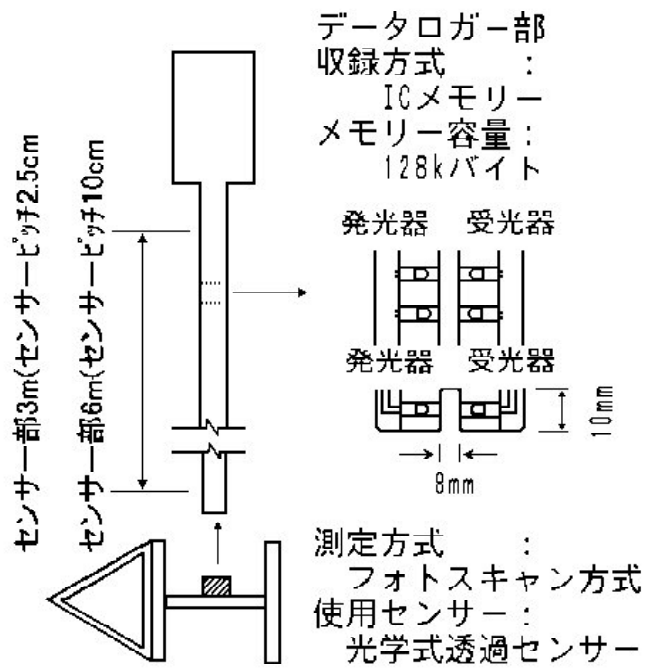
洗掘センサーは砂面計に比べて洗掘深を正確に評価でき、また受信器をテレメータ化すれば、リアルタイムで洗掘深を知ることができる（事務所に居ても洗掘深が分かる）長所がある一方で、河床の埋め戻しは計測できず、次の洪水までに掘り返して、再度センサーとなる ABS 樹脂ブロックを設置しなければならないといった短所がある¹⁾。洗掘センサーは姫川（山本地点）における計測実績はあるが、洗掘ピークは捉えられていない（図－8.8、8.9）。

一方、音響測深器を用いれば、異なる周波数を発信し、反射される深度の差から河床の層を判別することができる。利根川における観測を例にとれば、200kHz の高周波数で浮泥層、24kHz の低周波数で砂層を判別できた。測定分解能は 20m レンジで 20cm 程度である。ADCP により河床高を計測することも可能であるが、従来の ADCP では水面及び河床付近あわせて 1m 程度は計測できず（ブランクの発生）、計測精度は必ずしも高くはなかった。最新の ADCP（大きさは水筒大）では発信機の残響をおさえる（瞬時に発信することにより、ブランクが 3cm 程度しか発生しない機種もあり、今後の活用が期待できる。

最深河床高のモニタリング結果は H/d をパラメータとする $B/H_m \sim H_s/H_m$ 曲線にプロットして、評価曲線の精度向上を図る。なお、この曲線によりセグメント 1、2 の区間における最大洗掘深を評価することはできるが、 τ_* が大きなセグメント 3 区間については、評価することができないので、別途実験又は計算により評価する必要がある。

参考文献

- 1) 末次忠司他：土砂動態テクニカルノート（案）、p.43、2003



図－ 8.7 砂面計写真 安倍川手越地点



図－ 8.8 洗掘センサー (姫川)

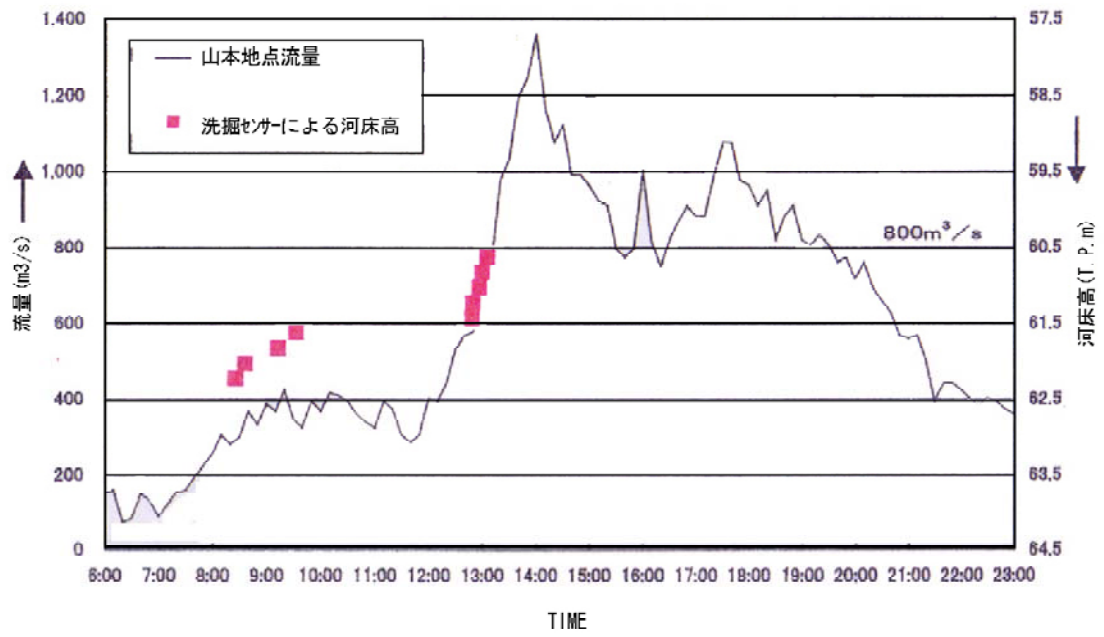


図- 8.9 ハイドログラフと洗掘センサー観測結果の関係 (姫川 : H11.9)

8. 3 モニタリング結果の評価・分析

生産土砂や流砂の特性をモニタリングすることも重要であるが、モニタリング結果が妥当であるかどうかを評価・分析することも精度の高い特性把握にとって重要である。例えば、リモートセンシングなどにより生産土砂量が求められても、河道を経て下流へ流下してくる土砂は一部であるので、残りの溪岸堆積量も評価（現地調査）して、ネットで流砂量の評価する必要がある。堆積量の評価にあたっては、代表的なポイント（支川の出口、堆積しやすい溪岸、山付けの上流）を決めて、現地簡易測量による堆積深の測量または堆積土砂の中で生育した樹木の根の年齢をもとに算定した年毎の堆積高さの調査を行い、それに航空写真より読みとった支配面積を掛けることによって算定する¹⁾²⁾。

上流域で山腹崩壊が生じたり、規模の大きな河岸侵食が起きると、細粒分が大量に流出してくるので、その評価を行うと同時に、逆に粒度構成の変化から山腹崩壊を推定する根拠ともなる。また、可動堰や倒伏堰があり、洪水時の堰の倒伏により、ある時間帯に大量の土砂が流下してくることがあるので、そうした堰の稼働状況についても調査して、モニタリング結果の評価の参考とする必要がある。流砂量のうち、ウォッシュロードや浮遊砂量については、支川合流後の区間では横断方向に分布がある場合があるので、評価にあたって注意する（モニタリング計画でも配慮する）。掃流砂についても、横断方向の不連続性を考慮して、

- ①川幅 30m 未満の幅の川は 0.5m 以上 2 ～ 3m 以下の間隔で等間隔に掃流砂量を計測すること、
 - ②流れが急変する箇所や、流れが妨げられる箇所では詳細な計測が重要であること、
 - ③ 3 断面以上計測を行って平均掃流砂量を算定すること、
- が望ましいことが報告されている³⁾。

Hamamori は連続した三角形の組み合わせにより砂堆上に二次元河床波が生じている状態をモデル化し、その場合の流砂量の最大値は平均値の 4 倍であり、観測値の 60%は平均値より小さいとしている（図－ 8.10）⁴⁾。さらに William.P.Carey はその確率分布は実験や屋外でのサンプリング結果と一致することを報告している⁵⁾

空間的・時間的不連続性を考慮してシミュレーションを行いサンプリング結果の誤差修正を行った例もある⁵⁾。

掃流砂量の観測が困難な場合は、河床変動計算により推定することもありうる。

河床形態の変化特性としては、洪水前後、又はその後の小出水前後の河床変動を調べて、その原因が施設によるものか、河道平面形状の縦断変化によるものかなどについて評価・分析しておく。施設上流の河床高が上昇して、施設下流の河床高が低下していれば、施設に伴う土砂捕捉により施設下流への供給土砂量が減少していると言えるし、施設上流の河床高が低下して、施設下流の河床高も低下していれば、施設ではなく更に上流からの供給土砂量の減少により河床低下が起きていると言える（図－ 8.11）。

多摩川の水利模型実験結果を利用した検討では砂面計等による洪水時の河床変動モニタリング結果と洪水前後の河床横断測量結果を組み合わせることにより、交互砂州の移動状況を分析することができた（図－ 8.12）。このように空間的・時間的に異なる個々の河床変動モニタリング結果を有機的に利用すれば河床変動の全体像を分析することができる。

生産土砂量や流砂量に影響をおよぼす因子は多数あるので、過去 20 年間程度遡って想

定される因子を抽出して、分析しておく必要がある。影響因子としては、

- ・生産土砂量に影響：山腹崩壊・土石流、降雨量、山地荒廃、地質、土地利用の変化
- ・流砂量に影響：河道掘削や砂利採取、横断工作物の建設、河道改修（低水路幅の変化）、これらの施設・改修に伴う粒度分布の変化、河岸侵食、（ダム建設に伴う）流量変化などが考えられる⁶⁾。このような影響因子は土砂動態インパクト要因図としてとりまとめ、過去及び将来の影響因子として考慮する（図－ 8.13）。モニタリング結果等から因子毎に河床変動量を分析することは難しいが、河床変動計算による感度分析結果等も援用して評価・分析を行うことは可能である。

以上のような流域スケールで見た土砂動態特性は土砂動態インパクト要因図とセットになった〇〇川水系土砂動態マップ*に記載しておく（図－ 8.14）⁷⁾。このインパクト要因図は5年程度で見直す必要があるし、土砂動態マップは粒径別・年代別（現状と予測）に整理しておく、その特性を把握しやすい。

*水系スケールで流砂量を線の太さで表し、その縦断的变化より河床変動傾向を推定できるもので、これまで流砂観測結果に基づいて、那珂川支川瀬沼川、石狩川、利根川上流域、日野川で作成されている

なお、海岸侵食は河道からの土砂供給量だけでなく、港湾における浚渫（信濃川：新潟西港）や海域における砂利採取*（仁淀川：高知海岸）、防波堤などの構造物（名取川・阿武隈川：仙台湾南部海岸、信濃川：新潟海岸、熊野川：井田海岸）が影響している場合もある⁸⁾ので、こうしたことを念頭に置いて、モニタリング結果の評価・分析を行うべきであるし、モニタリング前に侵食原因をある程度想定しておく必要がある（図－ 8.15）。

*全国の海域における砂利採取は採取範囲が広いこともあって、年間 2800 万 m³（H8）と、河道内における砂利採取量（1113 万 m³：H12 年）よりも多い。

参考文献

- 1) 新谷融・黒木幹男：流域動態の認識とその方法、pp.58－183、北海道大学図書刊行会、2001.3
- 2) 藤森克也：栃代川の空中写真を利用した流域調査および土砂量の推定について、第9回土砂管理研究会、2002.12
- 3) Basil Gomez:Comments on Sampling Bedload in Small River : 5th Federal Interagency Sedimentation Conferences, pp2-65~2-72 1991
- 4) Hamamori,A., A Theoretical Investigation on the Fluctuations of Bedload Transport, Delft Hydraulics Laboratory Report R4,21p.1962
- 5) William P.Carey : Probability Distributions for Bedload Transport : 4th Federal Interagency Sedimentation Conferences, pp.4-131~4-140, 1986
- 6) 末次忠司：土砂を基軸にした新たな河道・流域管理技術の展望、土木技術資料 43-10、pp.44-49、2001
- 7) 藤田光一、平舘治、服部敦他：水系土砂動態マップの作成と利用、土木技術資料 41-7、1999
- 8) 河川局治水課他：直技「水系一貫土砂管理に向けた河川における土砂観測、土砂動態マップの作成及びモニター体制構築に関する研究」中間資料、2000

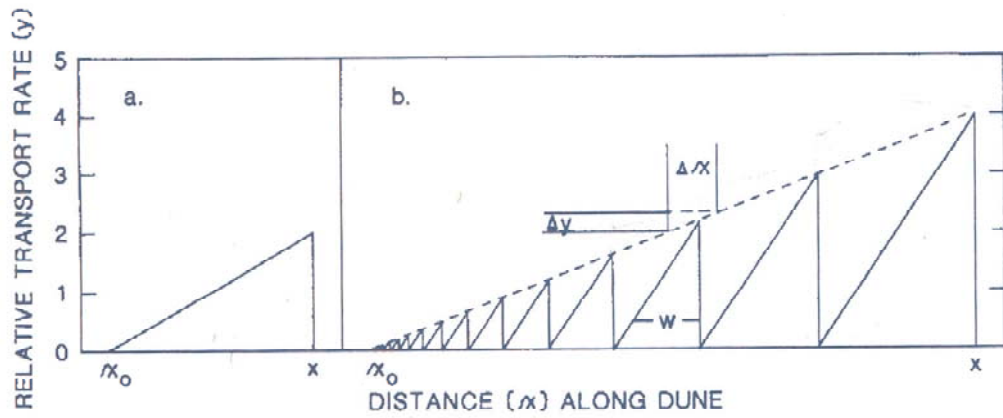


図- 8.10 三角近似した砂堆による流砂量イメージ (参考文献⁴より)

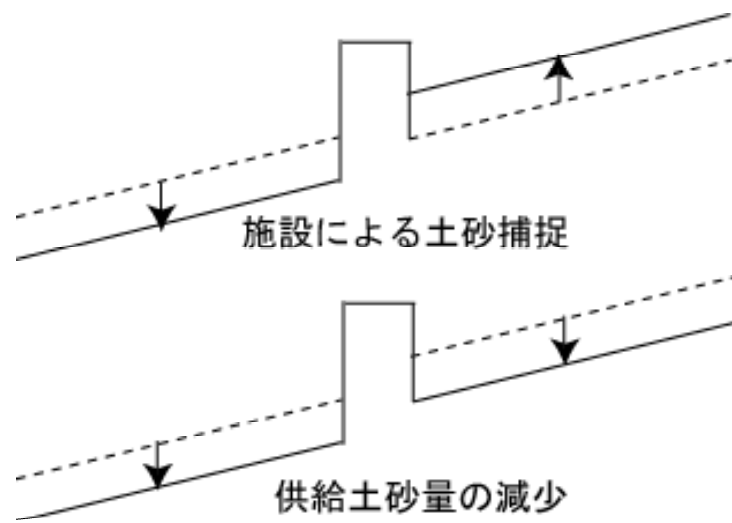


図- 8.11 施設による河床高の変化イメージ図

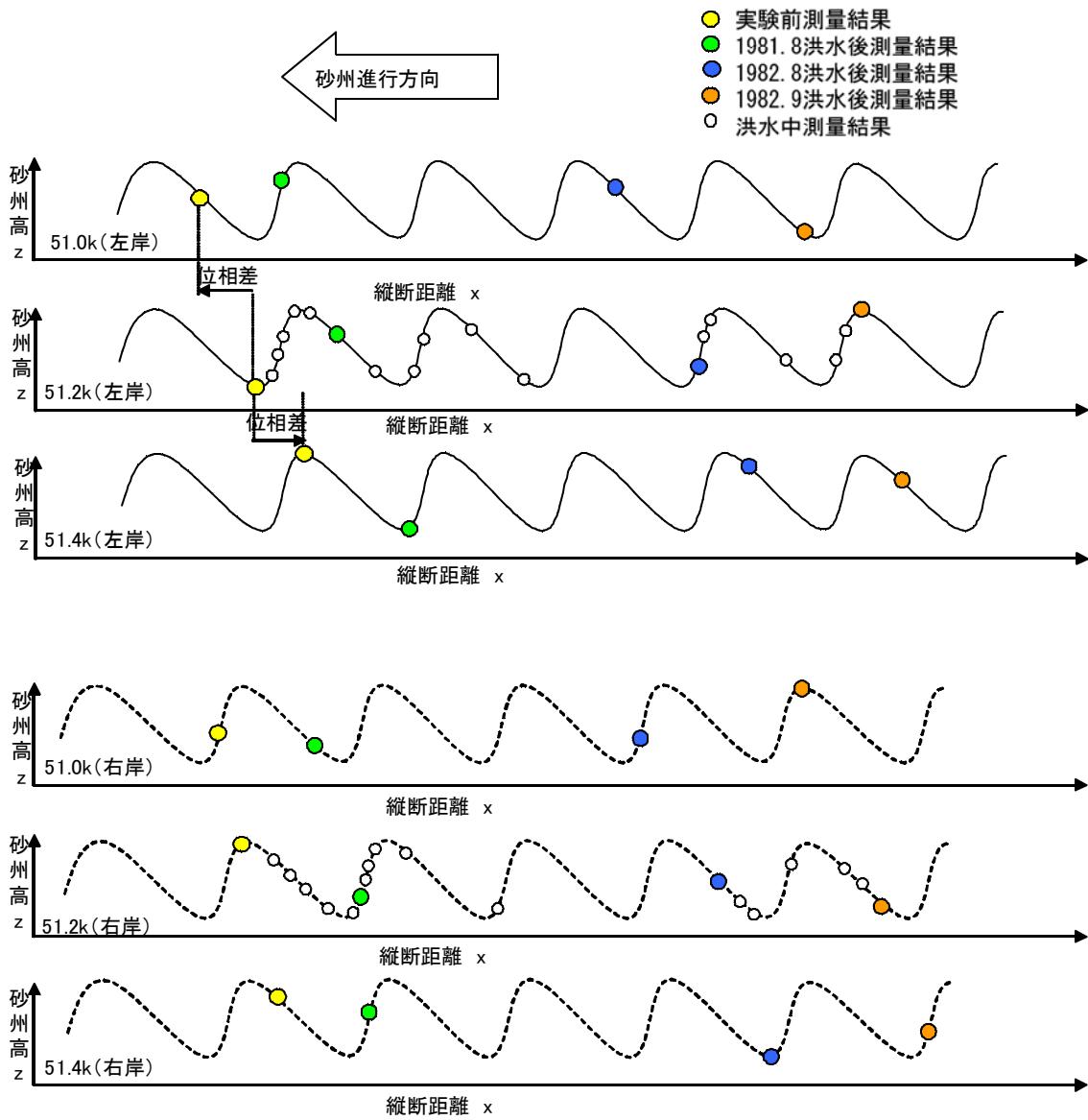
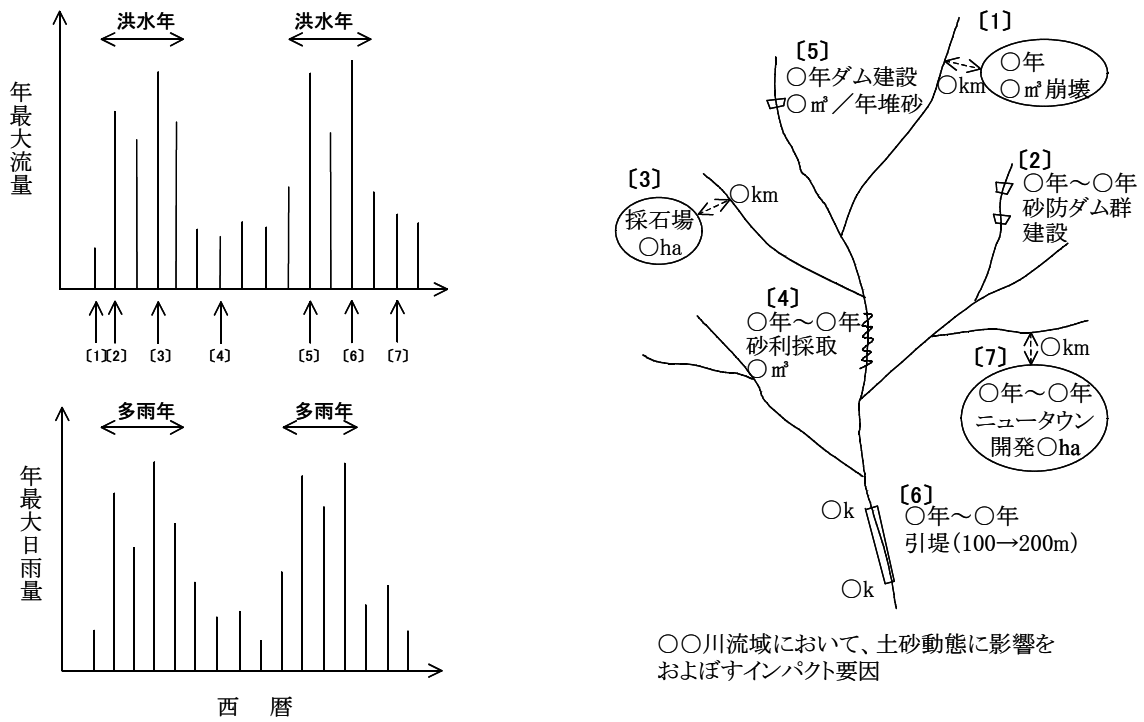
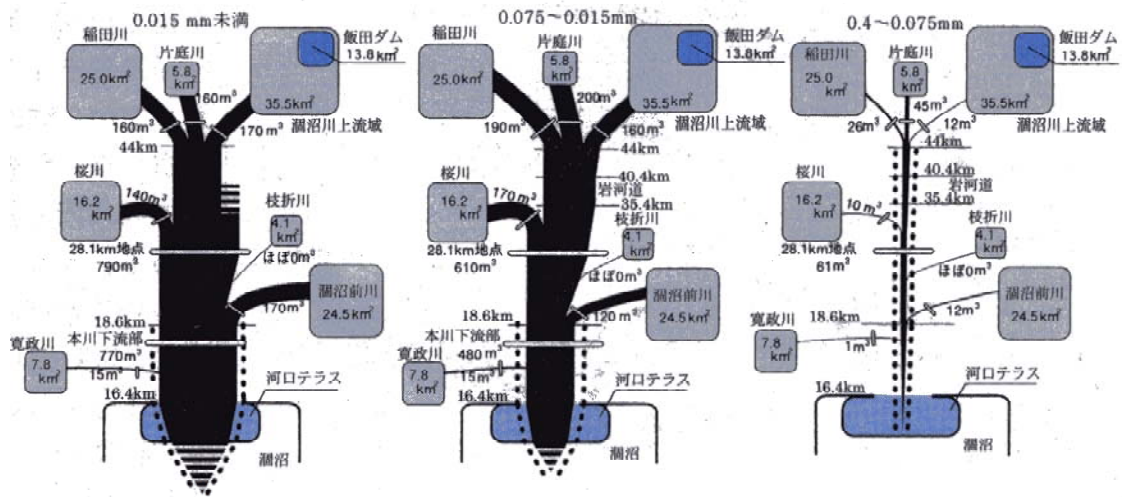


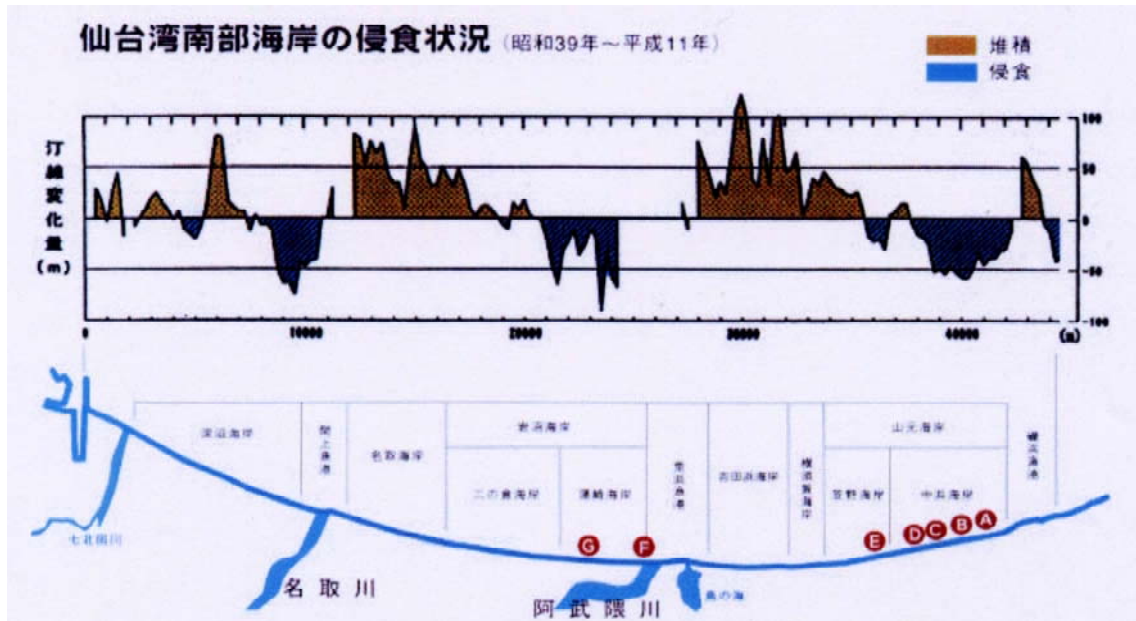
図- 8.12 交互砂州の移動イメージ図



図－ 8.13 インパクト要因図（土木技術資料、参考文献⁶⁾より）



図－ 8.14 瀬沼川の土砂動態マップ（土木技術資料、参考文献⁷⁾より）



図－ 8.15 海岸における土砂動態 (仙台湾南部海岸) (参考文献⁸⁾より)

8. 4 土砂管理計画

水系一貫の土砂管理を行うには、各区間の管理者が目標流砂量を設定（例えば海岸の場合、海岸線の方向や波の向きと大きさにより異なるが、日本のそれぞれの海岸には10万 m^3 /年程度が供給される必要があると言われている¹⁾）し、各領域間で整合性がとれるように協議する必要がある。目標流砂量は流域の比供給土砂量やダム堆砂量、沖積堆積物のボリューム等から導びかれる天然の状態での流砂量を参考にしつつ、土砂動態（河床変動、海岸侵食など）から見て安定した状態となるにはどの程度の供給土砂量が必要かを河床変動計算等により求める。目標流砂量が社会的に不可能（排砂施設の建設が困難）、または技術的に不可能（下記の制御手法とも関連）な場合は再度目標量を設定し直す必要がある。そして、目標流砂量を達成するには、どのような制御計画・手法が考えられるかについて検討する。

砂防計画では土砂処理計画を策定するための計画土砂量として計画生産土砂量、計画流出土砂量、計画許容流出土砂量を定めている。また、計画許容流出土砂量を達成するために、有害な土砂の生産を抑制するための計画として土砂生産抑制計画を、流出を制御するための計画として土砂流送制御計画を定めている。流砂系一貫した土砂管理を考えるに当たっては、砂防計画基準点より下流に無害かつ必要とされる土砂の量について、河川、海岸の土砂管理計画との整合が図られるべきである。

なお、平成10年7月の河川審議会総合土砂管理小委員会報告を踏まえ、平成11年3月に「流域総合土砂管理計画に関する研究会」が設立され、「流砂系総合土砂管理計画策定の手引き（案）」がとりまとめられた。

土砂管理計画の策定にあたっては、将来流砂量を予測する必要があり、対象とする河道の特性・洪水特性などを踏まえて、適切な流砂量式などを設定する。

なお、河床変動計算の基礎式は決まっているが、上流端からの供給土砂量や計算条件・テクニックの違いによって計算精度が異なるので、精度の高い河床変動計算を行うためには以下の点に関する注意が必要である。ただし、堰や床止めといった横断工作物がある場合、計算精度が良くない場合がある（工作物の抗力の影響の可能性がある）。

- ・供給土砂量は適切に与えられているか：上流域の河床変動が少ない場合は掃流力見合いで与える²⁾
- ・土砂の挙動（1次元的か2次元的か）に対応した計算となっているか
- ・目的に応じた外力が与えられているか：ある洪水に伴う河床変動を計算する場合は対象洪水は1洪水で良いが、河川地形形成の観点から変動を見る場合は大洪水を含む過去20～30年間の流況（洪水時は時間流量、平常時は限界掃流力以上の日流量）を与えて、計算を行う²⁾
- ・交換層を考慮しているか：河床低下に伴う（大きな）粒度変化を考慮しているか
- ・常射流の混在流が発生し、計算が不安定となっていないか：横断測量結果以外の内挿断面を設定する、又は移流項に緩和係数を乗じて計算の安定化を図る*（富士川）
- ・露出している岩を考慮しているか：土砂の保存則にあうように工夫する

*常射流の混在流が発生する場合、計算された水面形が実際の水面形以上に大きく変動することが多い。特に射流区間上流で水位が高くなるため、移流項 $\partial/\partial x (v^2/2g)$ に緩和係数 $(1-Fr^2)$ を掛けて、その重みを小さくする方法がある。この方法は米国陸軍工兵隊やデンマーク水理研究所などでも採用されている

また、土砂管理計画には土砂の量だけでなくその質についても定める必要があり、将来予測を行うに際しては河床変動計算における河床高のみならず、粒径等の土砂の質についても検討対象とすべきである。沙流川では、シシャモの産卵床を保全する観点から河口から 5km の区間で粒径 0.85 ～ 4.75mm の河床材料をターゲットとした予測計算を実施している。(図－ 8.16) ³⁾

参考文献

- 1) 磯部雅彦：座談会「21 世紀の土砂管理のあり方について」、河川、日本河川協会、No. 671、p.28、2002.6
- 2) 末次忠司：土砂を基軸にした新たな河道・流域管理技術の展望、土木技術資料、Vol.43、No.10、2001.10
- 3) 河川局治水課他：国土交通省国土技術研究会「河床変動の特性把握と予測に関する研究」中間資料,2003

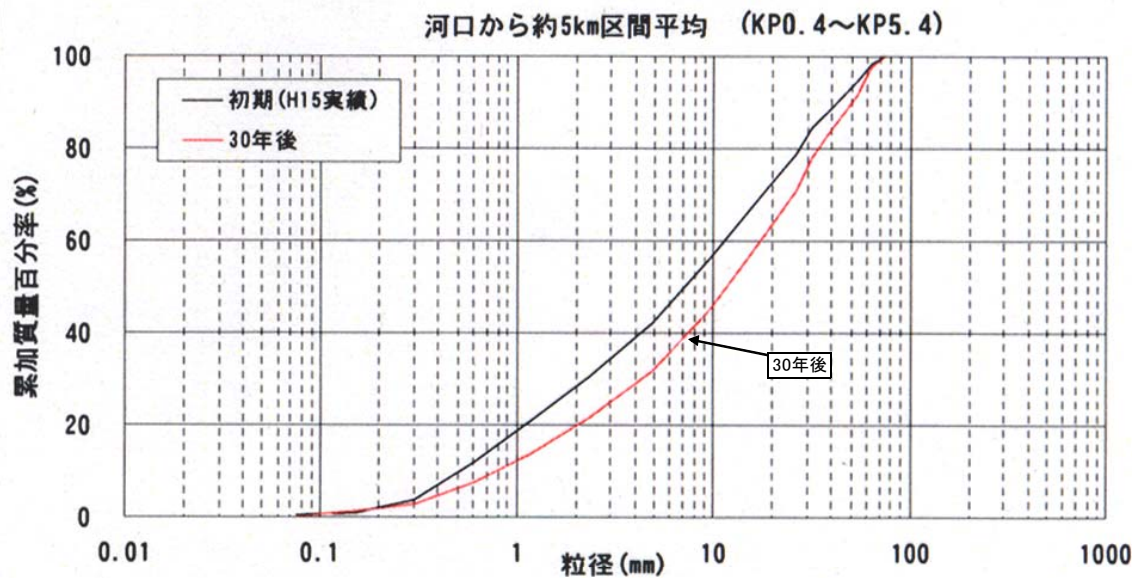


図- 8.16 沙流川河床材料予測結果 (参考文献³⁾より)

8. 5 土砂管理のための制御手法

健全な流砂系の構築を目指した土砂管理のための制御手法が実用化されてきている。例えば砂防事業を行う一方で、河道区間や海岸に供給される土砂量が不足している場合は、砂防堰堤を透過型にしたり、ダムに排砂ゲートを設けたり、区間によっては堰に土砂吐きを設けることにより必要な土砂量を通過させる。またダム貯水池等に堆積した土砂を下流河道へ運搬して、洪水により流下させることにより土砂を供給する方法もある(図- 8.17)。これまでに実施された事例をいくつか紹介する¹⁾。

①砂防事業における供給土砂制御

<透過型砂防堰堤>

浦川スーパー暗渠ダム(図- 8.18)²⁾は堤体に半径4mの馬蹄形のトンネル状通水部を4カ所設けているため、流水の連続性を保ちつつ異常土砂流出時の災害を防止することができる。

透過型のスリットダム(図- 8.19)³⁾も、通常時は無害な土砂を下流に流し出水時には通常の砂防堰堤のように有害土砂の調節を行う。スリット部が魚道として機能するものもある。

②堆積土砂の還元

<堰下流への置土>

多摩川の永田地区では河床上昇対策(高水敷との比高差を解消して攪乱を起こす、河床低下対策)のために、小作堰から採取した礫を永田地区上流の床止め下流に約10,000m³(4,000m³/年:H13~15)投入した結果、河床低下が回復する効果が得られている(図- 8.20)⁴⁾

<ダム下流への置土>

長島ダムでは試験的に貯砂ダム堆砂4.5万m³(H12、H13)を堰下流に仮置土した。他にも二瀬ダム、秋葉ダム等でも仮置土が実施されたが、年平均堆積土砂量の約1/1000~1/10程度の土砂を還元している⁵⁾。ダム堆砂の還元土砂量は、洪水調節量、頻度、河道特性、環境を考慮して、時期選定し、下流に悪影響を与えない粒径の土砂を適正な量供給することが望ましい。

<遊砂地堆積土砂の還元>

富士山大沢崩れでは遊砂地により、平成3年、平成9年、平成12年の土石流による災害が防がれた。遊砂地の有効容量確保と汀線後退対策のため遊砂地堆砂を養浜砂として継続的に富士海岸へ投入を行っている(H10年3.4万m³、H11年6万、H12年6.02万、H13年7.7万、H14年6万)。

③排砂

<フラッシング排砂>

フラッシング排砂(図- 8.21)はまず排砂ゲートを閉じたまま洪水吐ゲートを開き掃流力を高めたうえで、排砂ゲートを開き貯水池内の土砂を水と共に流出させる手法である。

黒部川では平成13年6月に全国初の連携排砂を行った。上流の出し平ダムでは約59万m³を排砂し、宇奈月ダムではまだ安定河床に達していないため約49万m³の堆砂が確認された。また排砂に引き続き連携通砂も実施された。

<バイパス排砂>

バイパス排砂とは貯水池を迂回するトンネルや水路（バイパス）を建設し、通常時はバイパスに水を通さずに貯水池に流入させ、洪水時には多量の土砂を含んだ洪水の一部あるいは全てをバイパス水路に迂回させ、貯水池に土砂や濁水が流入しないようにする方式である。貯水池堆砂問題や濁水の長期化問題が解決されるだけでなく、ダム上下流遮断の影響を抑えた河川環境が確保できる。

関西電力の旭ダムにバイパストンネルが設置されているが、このダムでは発電用のため洪水調節の必要がなく、平均年最大流量程度の洪水を全量バイパスできる規模のトンネルを建設しやすい環境にあった。（図－ 8.22）

<サイフォンの原理を利用した排砂>

Hydro 工法（図－ 8.23）⁶⁾ は一旦貯水池に堆積した土砂をサイフォンの原理を利用して水とともに吸引し、洪水中あるいは洪水後に下流へ移動させる方式である。ハイドロパイプやマルチホールサクション排砂管を用いて堆積土中に設置する固定設置型のもの、クレーン等を用いて J 管より配管を通して堆砂を貯水池外に排出する移動形式のものが提案されているが実用化には至っていない。これらの方式では堆積土砂濃度が 5 ～ 10%程度でしか排砂できないため、多量の排砂を短時間に実施することは困難であり、中小洪水時にも頻りに排砂し、下流になるべく濁水の影響をあたえないよう排砂時期に配慮が必要である。⁷⁾

<貯水池逆流システム>

現在、洪水流量が大きく、掃流砂が支配的な、大ダム貯水池に適した排砂方式は確立されていない。そこで高橋ら（2002）は貯水池上流に副ダムを設けて一旦ここに土砂を堆積させ、貯水池内の水を導流水路を介して河川上流側へ逆流させることで、堆積した土砂を侵食させ、侵食された土砂をバイパストンネルでダム下流へ流すシステムを考案した（図－ 8.24）。この排砂方式の有効性を水理模型実験で検証し実験結果を再現する数値シミュレーション⁸⁾の開発が行われている。この排砂方式には副ダムの容量設定や排砂トンネルの通水能力、排砂のタイミング等、まだまだ解決すべき問題が残っているが、今後更なる研究が期待される。

この場合、土砂が局所的に堆積して、河道の疎通能力を阻害しないかどうかについて、河床変動計算を含めた不等流計算を行っておく必要がある。これらの制御方法は土砂に大量の細粒分を含んでいる場合や大洪水の場合は下流河道における濁水の原因となる（水産資源等に影響をおよぼす）場合があるので、その点に注意が必要である。

④供給土砂量不足に対する対策

河道区間における確実な土砂制御手法はないが、水制群による堆砂効果を検証して、効果があればそれも一つの手法となる。また、河道区間においては狭窄部上流に堆積したり、河道拡幅区間に堆積して、下流へ流下する土砂量が減少している区間もあるので、その影響を十分把握しておく。

河道から海岸に供給される土砂量が不足する（海岸侵食が発生している）場合は、河道における余剰土砂（河床上昇区間の土砂、堰や床止め上流の堆積土砂、規模の大きな砂州頂部）を掘削して、海岸に投入する。例えば、安倍川では砂利採取をやめたことにより、下流区間の河床が上昇傾向にある*（区間によっては高水敷の高さまで低水路の河床上昇）

ため、流下能力の確保と海岸侵食対策を兼ねて、河道のほぼ中央部（ややみお筋寄り）を幅 50 ～ 100m、深さ 0.5 ～ 1m で掘削し、掘削土砂を静岡・清水海岸に投入（侵食対策）したり、高水敷造成（治水対策）に活用している⁹⁾（図－ 8.25）

*安倍川や重信川では中流域の河床が低下し、下流域で上昇している。この要因としては上流域で砂防施設の整備が進み、粒径の大きな土砂が捕捉された結果、粒径の細かい土砂が多く流送され、下流に堆積したことによるものであると考えられる

参考文献

- 1) 平成 15 年度 河川局関係予算概算要求概要（案）
- 2) 河川局砂防部砂防課 記者発表資料、1998.5
- 3) 青森県庁ホームページ
- 4) 末次忠司他：土砂動態テクニカルノート（案）、p.59、2003
- 5) 河川土砂還元試験に係る環境調査マニュアル（第一次案）、27、2005.1
- 6) (株) 青木建設・宏和エンジニアリング（株）：Hydro 工法による堆砂対策
- 7) 河川環境管理財団：流水・土砂の管理と河川環境の保全・復元に関する研究、pp42-44、2004.12
- 8) 高橋保・中川一・里深好文：貯水池逆流システムによるフラッシング排砂、水工学論文集、46 巻、pp.785-790、2002.2
- 9) 国土交通省静岡河川事務所：安倍川治水対策検討委員会資料、2003.8



【総合的な土砂管理のイメージ】

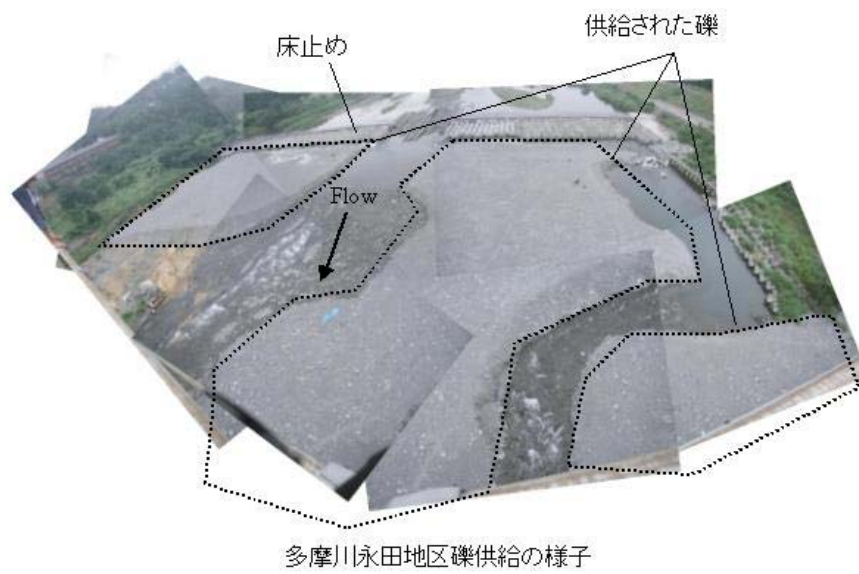
図- 8.17 土砂管理のための制御手法事例イメージ (参考文献¹⁾より)



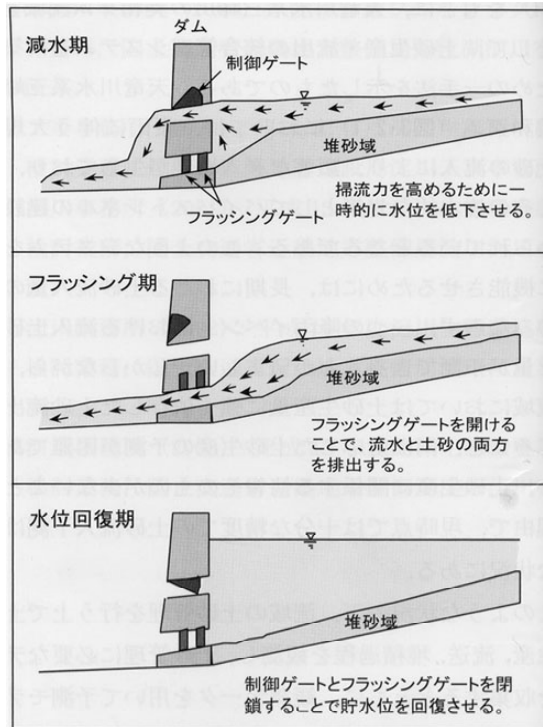
図－ 8.18 浦川スーパー暗渠砂防ダム（参考文献²⁾より）



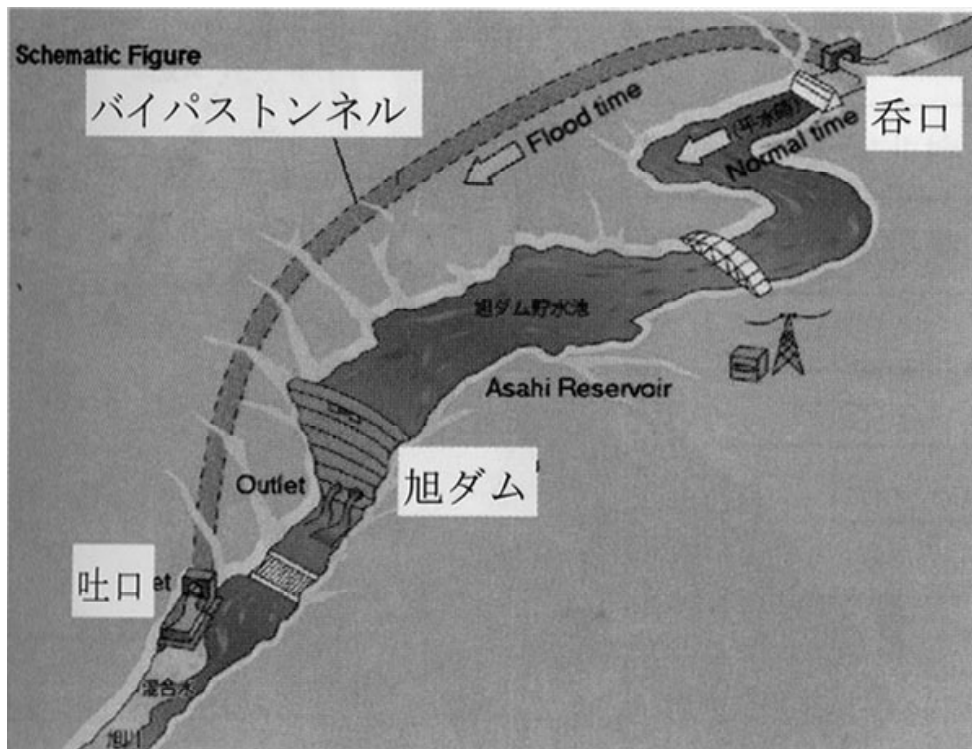
図－ 8.19 スリット型砂防ダム（淵沢川 十和田湖町淵沢地内）（参考文献³⁾より）



図－ 8.20 多摩川永田地区礫供給の様子（参考文献⁴より）



図－ 8.21 フラッシング排砂の原理



図－ 8.22 旭ダムのバイパストンネル

Hydro-JB

貯水池に浮かべた台船、作業船からJ管を吊り下げ、排送管で貯水池外に排出する。

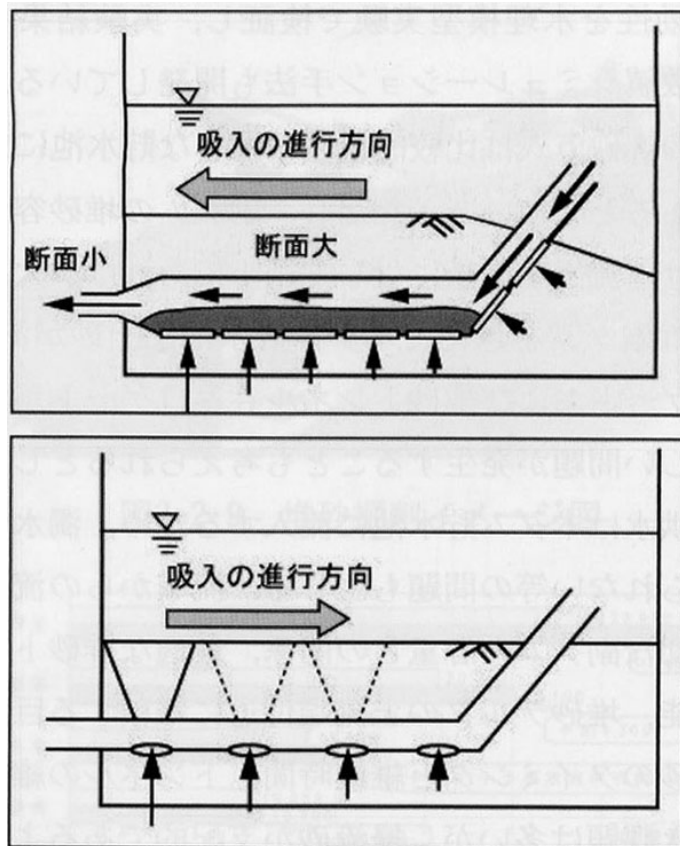
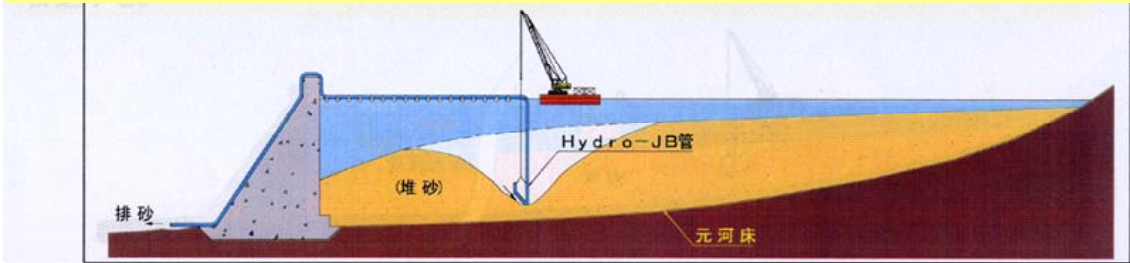


図- 8.23 Hydro 工法イメージ (参考文献⁶⁾より)

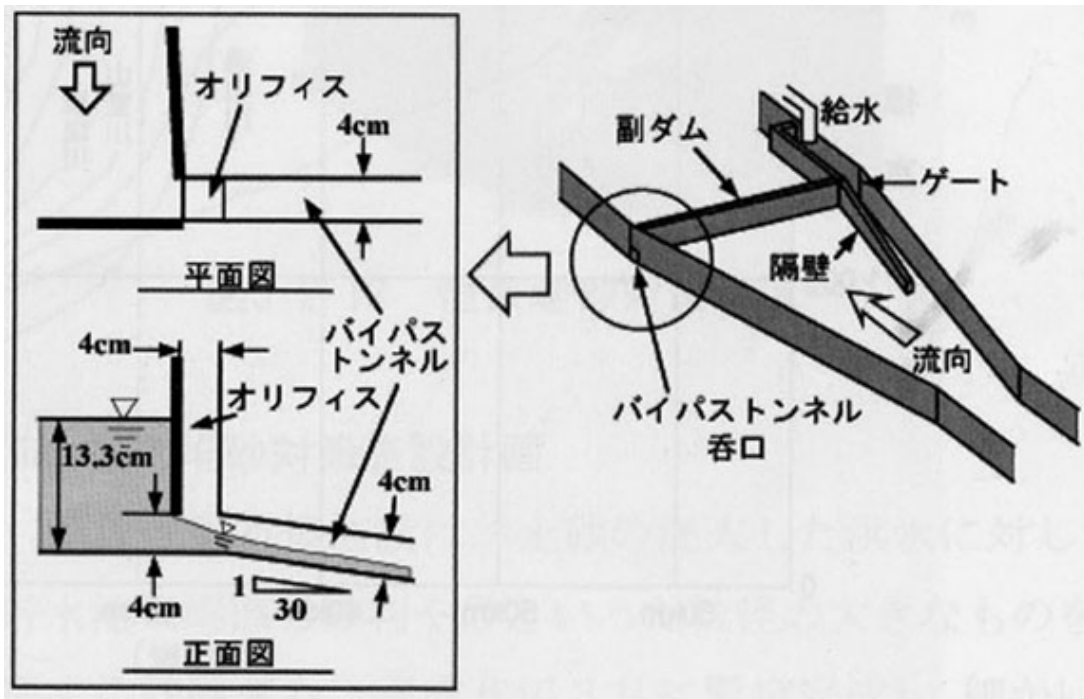


図- 8.24 貯水池逆流システム (水工学論文集、参考文献⁸⁾より)

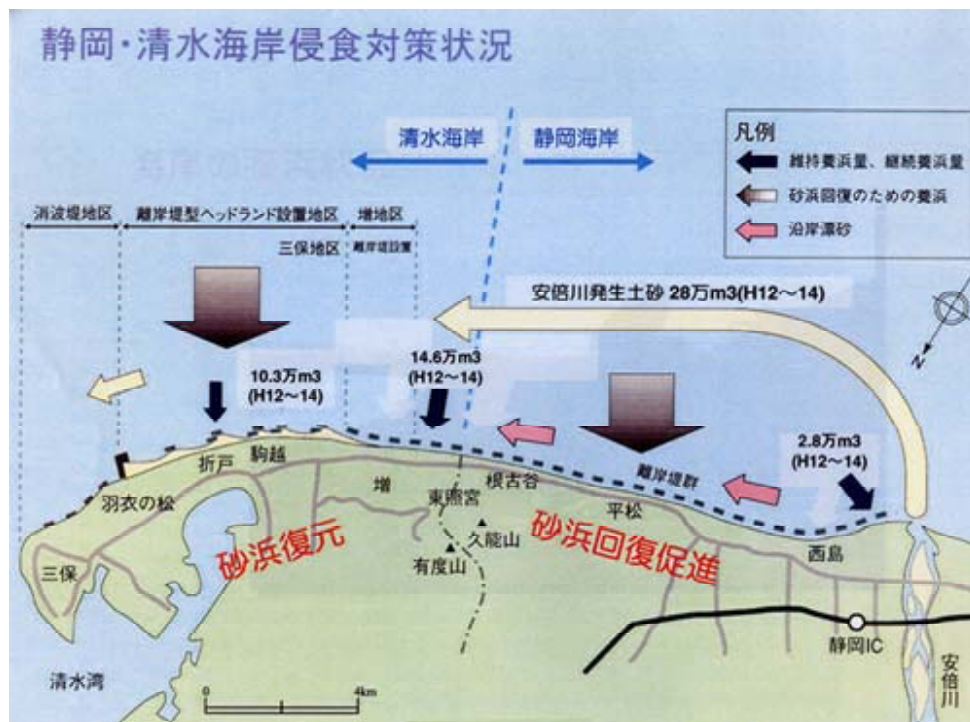
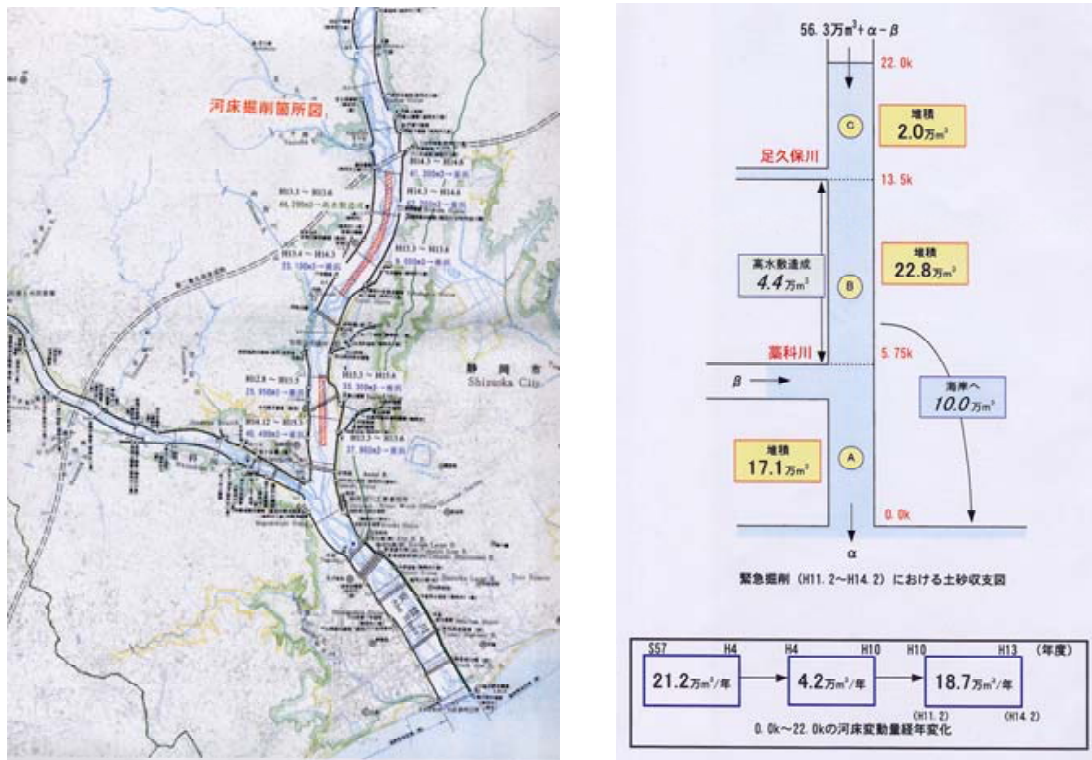


図- 8.25 静岡・清水海岸侵食対策 (参考文献⁹⁾より)