

相模川水系の土砂管理と河川環境 の関連性に関する研究

STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN SEDIMENT MANAGEMENT AND
RIVER ENVIRONMENT IN THE SAGAMI RIVER SYSTEM

海野修司¹・辰野剛志²・山本晃一³・渡口正史⁴・本多信二⁵

Syuji UNNO, Tsuyoshi TATSUNO, Kouichi YAMAMOTO, Masafumi WATARIGUCHI, Shinji HONDA

¹正会員 国土交通省 京浜河川事務所 長 (〒230-0051 横浜市鶴見区鶴見中央2-18-1)

²正会員 国土交通省 京浜河川事務所 調査課長 (〒230-0051 横浜市鶴見区鶴見中央2-18-1)

³フェロー会員 工博 (財) 河川環境管理財団 河川環境総合研究所長 (〒104-0042 東京都中央区入船
1-9-12)

⁴(財) 河川環境管理財団 研究第三部 主任研究員 (〒104-0042 東京都中央区入船1-9-12)

⁵パシフィックコンサルタンツ(株) 河川部 課長代理 (〒163-0730 東京都新宿区西新宿2-7-1)

At present, the concept is ahead in the comprehensive sediment management of the river sediment system. In this paper, in spite of limited watershed and river information, major problems on the sediment environment were analyzed, from a point of view of river sediment system, to establish procedures and tools for studying the proper approach towards environment health.

Key Words : Sediment management, River sediment system, River environment,
Sediment budget map

1. はじめに

1950年代以降に大規模化した水資源開発や洪水防御のためのダム貯水池の建設、洪水流出能力増大のための河道の掘削などは土砂供給量や土砂運搬能力を変化させ、近年様々な土砂問題が顕在化しつつある。従来、土砂にかかわる問題は、砂防、ダム、河川、海岸といった事業区分に応じ、それぞれの保有する技術で対処してきたが、個々の対応は他の事業領域に影響を与えるので、流域の源頭部から海岸までの土砂の動きを流砂系としてとらえ、全体として最も適切な対応をとる、いわゆる総合的な土砂管理体制の確立が求められている¹⁾²⁾。しかしながら、土砂問題を解決するための流砂系としての対応を工学的に体系化した研究は少ない。

本研究では、相模川水系を対象に、まず河道、海岸の変化、河道内の植生状況の変化などを航空写真等の既存資料により分析し、流砂系の土砂動態変化の要因となった様々な人為的行為とこれにより生じた土砂動態の変化、この変化から派生した地形や環境の変化、土砂管理上の課題の関連性を整理、分析した。次に、土砂管理上の課

題が生じている区間について、これを構成する土砂組成(有効粒径集団)について、過去(人為的行為の少ない時代)から現在にかけての土砂動態の経時変化を把握し、課題が生じた原因、課題への対応を分析するための土砂動態マップを作成した。最後に、顕在化している土砂管理上の課題が過去から現在の経時変化の中でいつ生じたかを評価し、今後の相模川水系の土砂環境改善の方向性を提案し、健全な土砂環境をめざした対応についての提言を行った。

流砂系の総合的な土砂管理については、現在、その理念が先行している。ここでは、数少ない流域・河川情報の中で、流砂系の視点から土砂環境の課題を分析し、土砂環境の健全化をめざした対応を検討する手順・ツールの確立を試みた。

2. 相模川流砂系の概要

(1) 流砂系の概要

相模川は富士山麓の山中湖に水源を発し、山梨県内を流下し、神奈川県に入り相模、城山ダムを経て流路を南に転

じ、右支川中津川等の支川を合わせて相模湾に注ぐ流域面積 1,680 km²、幹川流路延長 109 km の一級河川である。

相模川流域の土砂は最上流部の山中湖（流域面積 55 km²）と河口湖（流域面積 126 km²）で捕捉後、両湖の下流部から河川への流出がはじまる。北の御坂山地、秩父山地と南の丹沢山地から流出した土砂は本川の相模ダム、沼本ダム、城山ダムや右支川道志川の道志ダムで捕捉されながら深い溪谷を流下する。城山ダム下流の土砂は途中の固定堰や床止めや右支川中津川の宮ヶ瀬ダムによる捕捉を受けつつ、除々に河床勾配を緩めながら流下し、河口に達する。（後述図－6の流域形状参照）

地質は、本川のダム域の左岸は玄武岩質溶岩や泥岩・千枚岩などの中生代～古第三紀堆積岩で、土砂の崩壊が比較的少ない。一方、右岸や支川中津川流域は凝灰岩・凝灰角礫岩など新第三紀の火成岩で、表層はローム層で覆われており、土砂の崩壊が比較的多い。また、城山ダムから下流の平野部は第四紀更新世の段丘堆積物・沖積層であるが、都市化が進行し、土砂流出は少ない。

（２）川と人との関わり

相模川の下流沿川地域は、明治時代までは農業地域であったが、大正時代になると紡績をはじめとした工業が興り、以後京浜地区に連なる工業地域として発展し、そ

れに伴い、河川水の利用、電力利用が増加した。

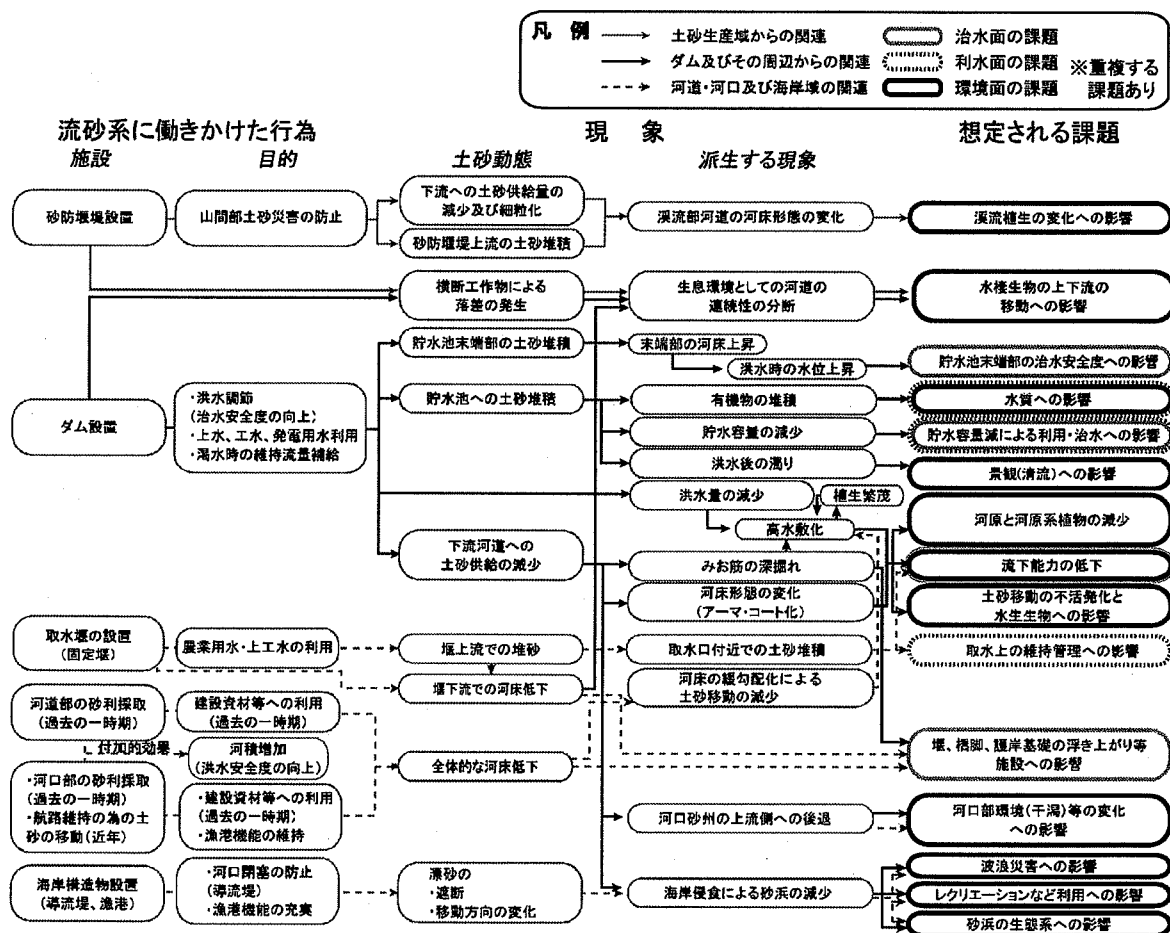
相模川は、神奈川県全体の生活用水の約 60%（約 510 万人相当）を、工業用水の約 75%を、農地かんがい区域の約 30%を供給し、高度な水利用が図られている。防災面では、土砂災害防止のため、戦後～現在にかけて 400 を超える砂防堰堤が、洪水調節のため、城山ダム、宮ヶ瀬ダムが建設された。また建設資材等への利用のため、戦後～昭和 37 年に相模川から多量（約 2,200 万 m³）の砂利採取が行われた。

環境的な特徴は、昔「鮎河」と呼ばれ、現在も全国第 3 位の漁獲高が示すアユが多い河川である。河道部には、礫河原に特徴的に見られるカワラノギク等の植物が生育し、河口部には、シギ・チドリなど鳥類の重要な生息場である河口砂州と干潟があるが、近年、それらの環境基盤が劣化・減少しつつある。

3. 土砂環境の課題の把握

（１）流砂系に働きかけた人為的インパクトと課題の関連性

図－1 は河道、海浜の変化、河道内の植生状況の変化などを航空写真等の既存資料により分析し、相模川流砂系の土砂移動に変化を及ぼす行為と土砂動態の変化、派生する



図－1 流砂系に働きかけた行為と想定される課題の関連性

現象、想定される課題の関連性を、縦軸に土砂の上流から下流への空間移動変化を、横軸に課題が生じるまでの時間的変化をイメージし整理したものである。

この図から、相模川で顕在化した土砂管理上の課題に対し、流砂系としての対応、既存情報の整理・分析及び今後の調査の方針が明確化される。

(2) 顕在化している課題

a) ダム域

昭和 22 年に完成し、平成 11 年で 52 年を経過した相模ダムでは、年平均約 43 万 m³ の土砂が堆積し、築造 13 年目の昭和 35 年には堆砂量が計画 (380 万 m³) を超え、平成 11 年には計画の約 5 倍の 1,860 万 m³ に達し、利用容量が約 8% 減少している。

また、貯水池流入末端部の上野原町では、土砂堆積による洪水時の水位上昇が懸念されている。

これへの対応として、昭和 35 年より貯水池流入部を主に土砂浚渫を行っており、近年は年間 25~30 万 m³ を浚渫し、これまでの浚渫総量は 510 万 m³ に達する。

b) 河道域

城山ダムから河口にかけての河道域の地形や生態系は元来、上流域からの土砂供給を受けながら洪水時を主に移動する土砂基盤のうえに成り立っていた。

しかし、ダム建設など上流からの土砂供給の減少より、城山ダム~昭和橋 (24.0k 付近) では、図-2 に示すような河床の粗粒化 (アーマコート化) の進行が見られ、魚等水生生物の生息場としての瀬・淵環境が劣化しつつある。

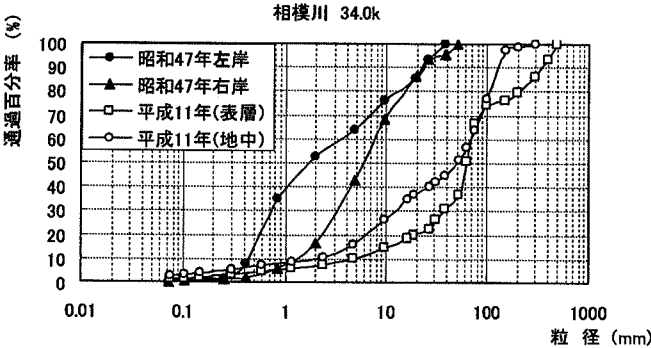


図-2 相模川 34.0km 付近の粒度分布の変化

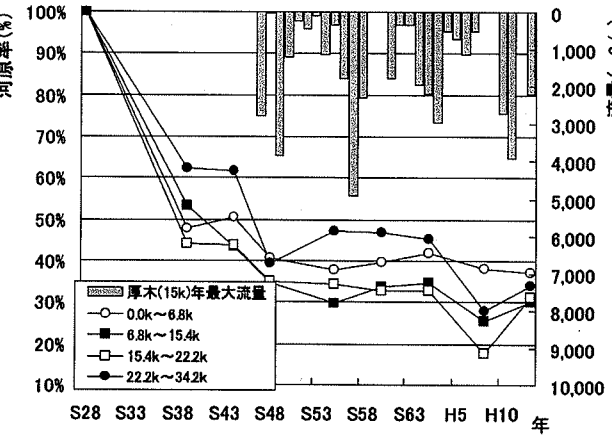
また、土砂供給の減少、砂利採取による固定堰の浮き上がりともお筋の河床低下により、従来河原であった区域への洪水冠水頻度が減少し、相模川を特徴づける礫河原域が減少した。

相模川の礫河原域は図-3 に示すように、昭和 29 年当時を 100%とした場合、現在は 30~40%まで減少してきている。

礫河原は、貧栄養で乾燥し、定期的に洪水による攪乱を受けるといった厳しい環境下にあり、かつてはこれを利用した礫河原特有の植物群落が生育していた。礫河原域

の減少とともに、これら植物群落の衰退傾向がみられ、これを代表するカワラノギクは現在絶滅に近い状況にある。

このため、カワラノギクに関しては現在、市民を中心に保全活動が行われている。



河原率 = (砂礫河原面積 + 水域面積) / 河道内面積

図-3 相模川 (城山ダム~河口) の河原率の変化

c) 河口域

図-4 に示すとおり、相模川河口域では海への土砂流出量の減少などにより、河口砂州の河道内への後退が昭和 60 年頃から顕在化し、河口砂州干潟の規模が小さくなりつつある。このため、ここを生息場とするシギ・チドリなど鳥類の生息数が減少しつつある。

d) 周辺海岸域

相模川河口左岸側の茅ヶ崎海岸 (柳島地区) では、図-4、図-5 に示すとおり昭和 55 年頃まで約 60m 程度の海岸砂浜があったが平成 2 年にはほとんど消失した。

このため、波浪災害による護岸崩壊やレクリエーション等の海岸利用への影響が課題となっている。

これへの対応として、柳島地区では、平成 2 年度以降、人工リーフ等構造物の築造や養浜が実施されている。

4. 河道部における土砂移動実態^{2) 3) 4)}

(1) 土砂動態マップの作成

土砂は河道の勾配、河川水量と土砂の粒径ごとに移動範囲と移動速度が異なる。このため、相模川で生じている土砂問題への対応を考える場合には、課題発生領域 (評価地点) の土砂組成 (有効粒径集団) について土砂動態を把握することが必要である。

相模川の年間土砂移動量を表-1 の手順で推定し、有効粒径集団別に、土砂移動に対する人為的インパクトが少ない時代 (昭和 20 年代以前) から現在にかけての変化を土砂動態マップとして図-7 に示した。

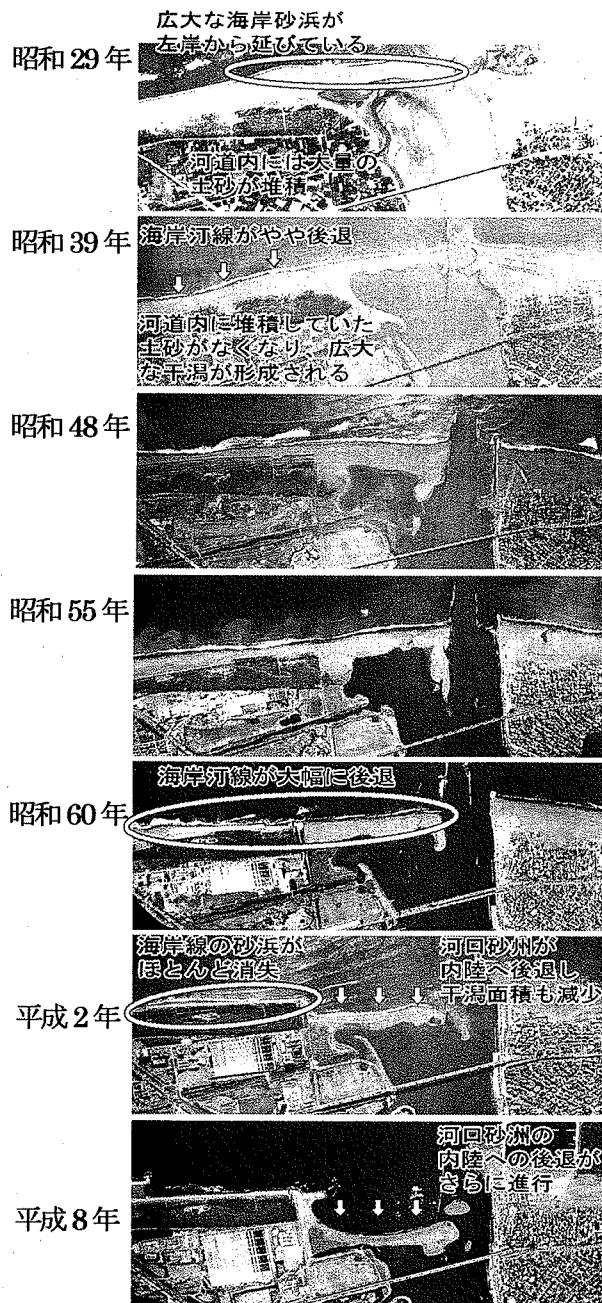


図-4 相模川河口域及び周辺海岸域の地形変化

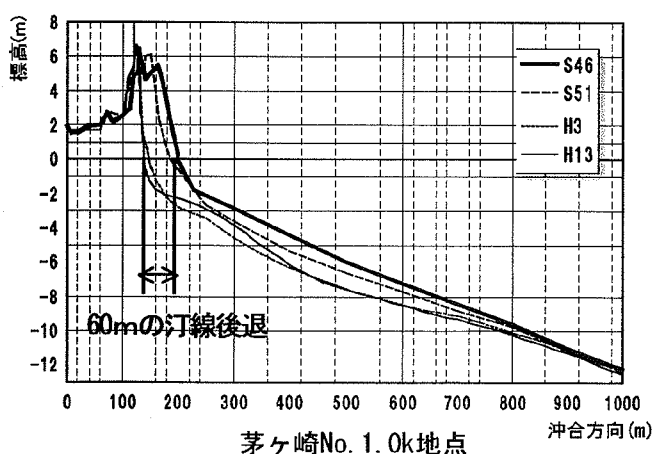


図-5 相模川河口から左岸500mの海岸地形の変化

表-1 土砂動態マップの作成手順

作成手順	作成方法
①評価地点の設定	・課題発生地点の分布から、マップの作成は相模ダム～河口を対象とする。 ・評価地点は土砂動態の変化地点 (ダム・堰、支川合流点)、懸案課題の評価地点 (河口) とした。
②有効粒径集団の設定	・課題発生地点 (ダム域、河道域、海岸域) の実績土砂組成をもとに設定した。(図-6 参照)
③ダム流入、流出土砂量の設定	・各ダムの年平均実績堆砂量からダム流入土砂量を、また吉良の公式から算定した土砂の捕捉率をもとにダム流出土砂量を推定した。
④ダム流入土砂量の有効粒径集団の配分	・相模ダム貯水池の既存ボーリングデータから有効粒径集団の構成比を推定した。(図-6 参照)
⑤土砂移動の範囲の設定	・既往の平均年最大～最大流量規模について土砂移動区間の無次元掃流力の平均値を計算し、有効粒径集団別の土砂移動範囲をあらかじめ推定しておく。(無次元掃流力 0.03 以上で土砂が移動すると仮定)
⑥評価地点毎の土砂移動量の推定	○検討時点の河道横断測量が無い場合 ・上流域からの流出及び河道堆積土砂が移動可能な範囲で下流に移動するものとし、移動量は評価地点の流砂量計算値 (芦田・道土式による) を上限として設定した。 ○検討時点の河道横断測量がある場合 ・測量成果をもとに、評価区間毎の土砂収支量を計算し、下流への移動量を設定した。

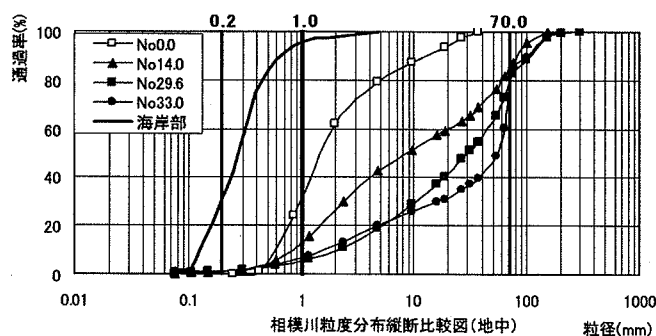


図-6 河道及び海岸域の土砂粒度分布

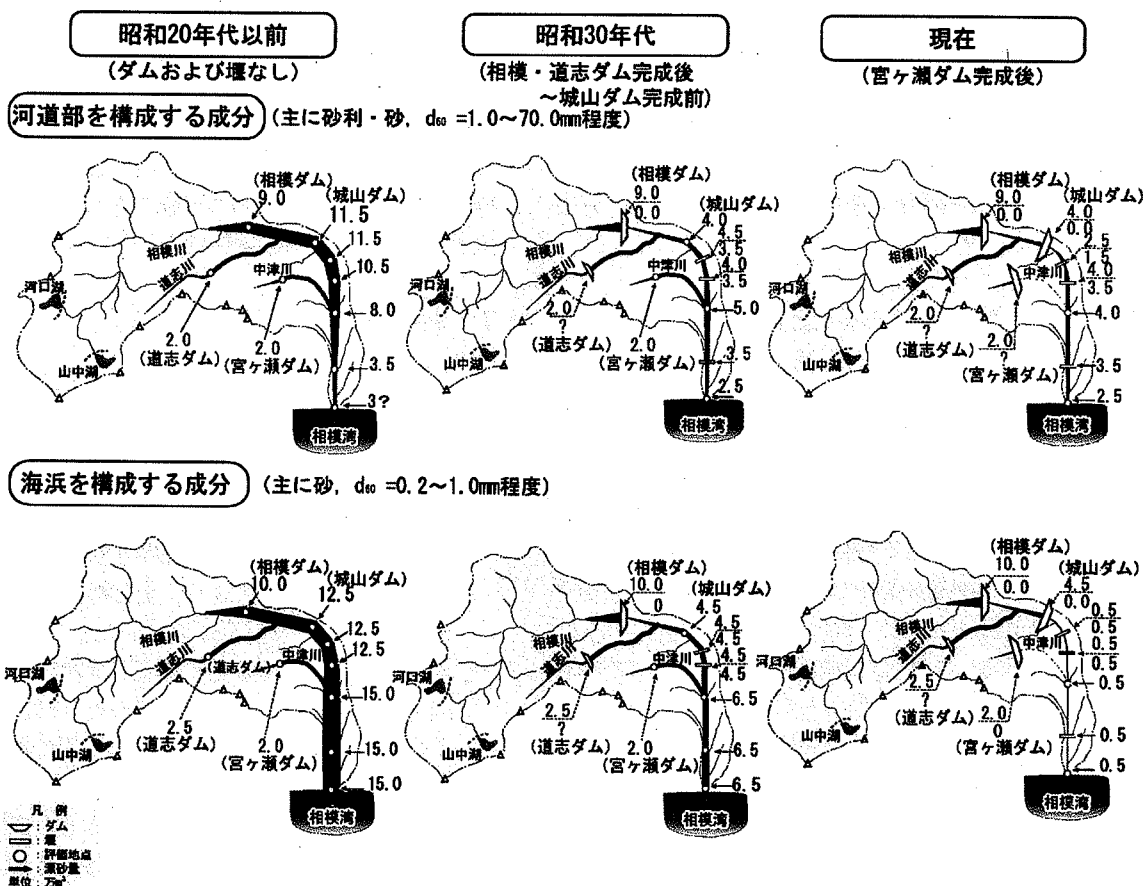


図-7 相模川の土砂動態の変遷 (土砂動態マップ)

(2) 土砂移動の評価

a) 河道域での土砂移動の変化

河道域を主に構成する砂利・砂成分 (粒径1~70mm) の土砂は、ダムや堰など人為的インパクトが少ない時代には約14万 m^3 /年 (図-7の河道部を構成する成分の城山ダム+宮ヶ瀬ダム) がダムから供給され河道に堆積しながら約3万 m^3 /年が河口に達していたものと考えられる。相模ダムや道志ダム完成後の昭和30年代になると土砂供給は約6万 m^3 /年に激減し、これにより河道上流部の土砂移動量は減少しているが、下流部のそれは河道内に蓄積されていた土砂の移動が残り、減少はさほど大きくない。さらに城山ダム及び宮ヶ瀬ダムが完成した現在では、上流域からの供給はほとんどなくなり、河道は河道内に蓄積されていた土砂が移動している状態と考えられる。

なお、2章で述べた河道域からの砂利採取は、約150年分の供給土砂量に相当する膨大な量で、平均3~5mに及ぶ河床低下の要因となっている。しかし、堰直下や河口域など河道の緩勾配化が助長される一部区間を除き、河床掘削による土砂移動量の減少はさほど大きくないと考えられる。

b) 海岸域への土砂供給の変化

海岸域を主に構成する砂成分 (粒径0.2~1mm) の土砂は、ダムや堰など人為的インパクトが少ない時代には

約15万 m^3 /年 (図-7の海浜を構成する成分の城山ダム+宮ヶ瀬ダム) がダムから供給され、河道を通過し河口に供給されていた。相模ダムや道志ダム完成後の昭和30年代になると土砂供給量は約7万 m^3 /年に激減し、さらに城山ダム及び宮ヶ瀬ダムが完成した現在では、上流域からの供給量は1万 m^3 /年に満たない状態と考えられる。

5. 土砂環境改善の方向性

(1) 土砂環境改善の目標

相模川流砂系の土砂環境改善の目標は、相模川で課題が顕在化した前の状況をめざすことが復元のイメージを捉えやすく、課題へ対応するための土砂移動量を設定しやすい。

改善の目標については、相模川に関するステークホルダーによる懇談会で議論がなされた。

まず、既存の航空写真や環境情報をもとに、昭和20年代以前 (ダム及び堰無し)、昭和30年代前半 (相模、道志ダム完成後)、昭和60年代 (城山ダム完成後)、現在 (宮ヶ瀬ダム完成後) の4時点において、前述した物理環境、生態環境の課題がどのような状況であったかを評価、提示した。

その結果、昭和30年代前半は

- 河原生態系の生息基盤となる礫河原が多く残っていた。
- 多量の砂利採取実施前で相模川本来の河原環境が維持

されていた。

○河口干潟や周辺海岸の砂浜が維持されていた。

○河道内に多量の土砂が堆積していた昭和 20 年代以前に比べ、河道内の土砂量が減り、河積阻害が緩和された。

と考えられることより、相模川土砂環境改善の当面の目標は『昭和 30 年代前半の相模川（健全な流砂系）をめざす』とした。

（2）土砂環境の復元に必要な土砂量

a) 土砂移動のタイムラグへの配慮

河道域を主に構成する大粒径の土砂は河道を移動する速度が遅いため、河道域の変化は上流域から長期間をかけて下流に伝播する。一方、河口・周辺海岸域を主に構成する小粒径の土砂は河道を移動する速度は速く、河口・海岸域の変化は比較的早く現れるはずである。

相模川の土砂移動量の変化による地形変化は河口砂州の河道内への後退と左岸茅ヶ崎海岸（柳島地区）の海浜侵食で確認できる。これらの地形変化は昭和 55～60 年頃から顕在化しはじめ、この変化のインパクトと考えられる相模ダム完成（昭和 22 年）、砂利採取（主に昭和 31～37 年）、城山ダム完成（昭和 40 年）から 15～40 年程度を経過している。

このことから、相模川の土砂環境復元の目標として、当面は昭和 30 年代前半の土砂移動量を目安として対応を考えていくものとしたが、対応による土砂移動や地形、環境変化のタイムラグを確認しながら必要に応じ、目標を見直すことが必要であるとされた。

b) 河道域への供給必要量

河道域で問題となっている河床のアーマコート化や河原系植物の衰退プロセスと土砂量との関連性は明確でないが、礫河原がまだ多く残っていた昭和 30 年代前半の土砂移動量を目安とすると、図－7 の河道部を構成する成分（粒径 1～70mm）の城山ダムと宮ヶ瀬ダム地点の合計約 6 万 m³/年を下流河道へ供給することが必要と考えられた。

c) 河口・周辺海岸域への供給必要量

河口砂州干潟や海岸の砂浜が維持されていた昭和 30 年代前半を目安とすると、図－7 の海浜を構成する成分（粒径 0.2～1mm）の城山ダムと宮ヶ瀬ダム地点の合計砂成分約 7 万 m³/年を下流河道へ供給することが必要と考えられた。

6. 健全な土砂環境をめざした対応

目標とする「昭和 30 年代前半の土砂移動量」をめざすための対応策は、流砂系を土砂生産域、ダム域、河道域、河口・海岸域に分けて抽出し、考えられる対応ごとに、懸案課題に対する対応効果、コスト・技術面、地域社会への影響等の定性的評価を行なった。

当面の対応は、流砂系での連続した適切な土砂の量と

質を確保できるものとし、現状の施設等が利用できる初期投資が少ない案で、土砂供給による効果・影響を検証しつつ、かつ土砂量を柔軟に変えられる案とした。

この結果、相模川の土砂環境改善に向けた当面の対応としては、土砂動態や環境変化などをモニタリングしながら対策効果を検証しつつ実施できる『ダム浚渫土等を利用した下流河川への置砂対応』を提案した。

7. おわりに

本研究の成果をまとめると以下のとおりである。

○顕在化した課題は、ダム域から河道、河口、海岸までの広範囲に及んでおり、流砂系としての対応が必要である。

○精度は十分でないが、過去から現在の土砂動態マップを作成することにより、土砂動態と地形、環境変化を把握でき、対応策が明確になった。

○過去から現在までの土砂動態と課題の顕在化時期を調べることにより、土砂環境のあるべき姿の目標をイメージできた。（航空写真、地形図の経年変化の整理だけでも定性的把握が可能である）

○当面の対応策として、効果・コスト・技術面・地域社会への影響を考慮して、『置き砂』を提案した。

今後の課題として以下が考えられる。

○土砂動態マップの精度向上

○流砂系における土砂動態変化と河川生態系の関連性把握

○対応策の技術的・経済的可能性の把握

○流砂系の視点からの河川整備計画、河川環境管理計画、河川維持管理計画のあり方の検討

参考文献

- 1) 河川審議会 総合政策委員会 総合土砂管理小委員会：「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」報告，pp. 1-12，1998
- 2) 山本晃一，藤田光一：土砂の制御は可能か/科学別冊，pp. 1060-1067，岩波書店，1999
- 3) 財団法人 国土開発技術研究センター：流砂系総合土砂管理計画策定の手引き（案）計画編，pp. 1-44，1999
- 4) 財団法人 国土開発技術研究センター：流砂系総合土砂管理計画策定の手引き（案）調査編，pp. 1-64，1999

（2004. 4. 7 受付）