

流砂系の観点から見た安倍川の治水安全度の 確保と静岡・清水海岸の海岸保全の検討

FLOOD PREVENTION OF THE ABE RIVER IN VIEW OF SEDIMENT
TRANSPORT SYSTEM AND SHORE PROTECTION OF
SHIZUOKA AND SHIMIZU COASTS

宇多高明¹・竹村具美²・水野正樹³・小川義忠⁴

Takaaki UDA, Tomoyoshi TAKEMURA, Masaki MIZUNO and Yoshitada OGAWA

¹正会員 工博 建設省土木研究所 河川部長 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

²前建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所長 (〒420-0068 静岡県静岡市田町 3-108)

³建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所調査課長 (〒420-0068 静岡県静岡市田町 3-108)

⁴正会員 工修 日本建設コンサルタント(株)名古屋支店技術一部次長 (〒460-0002 名古屋市中区丸の内 1-10-29)

Riverbed change of the Abe River due to the excess sand mining to obtain construction materials before 1967 and recovery process of riverbed elevation after the prohibition of mining were investigated. Due to this sand mining, sand supply from the river mouth decreased and severe beach erosion was caused at the Shizuoka and Shimizu coasts, extending from the river mouth. In recent years, riverbed elevation in the downstream region has been recovering and excess sand accumulation can be observed thanks to the natural sand supply, increasing flood potential of the river. Measures to solve the problems related to excess rise of riverbed and beach erosion were discussed from the engineering point of view.

Key Words: Abe River, mining, construction materials, beach erosion, shoreline change, measures

1. まえがき

近年、山地から河川を経て海岸までのマクロな土砂移動についての関心が高まっている。これは、各地で起きている問題が局所的な土砂移動の不均衡によって生じるというよりも、むしろこれらを含む水系全体での土砂移動の不均衡に起因していることが多いためである。中部山岳地帯を源流に持つ急流河川の安倍川では、1967年以前、建設骨材の取得のための砂利採取が広範に行われ、河口から22km上流の直轄区間で平均河床高が約1.2m低下した。また、その当時の平均河床高をもとに現在の河道計画が立てられ、高水敷の整備が進められてきた。一方、安倍川河口の北東側に広がり、安倍川からの供給土砂によって形成された静岡・清水海岸では、1965年頃から安倍川河口付近より侵食が始まり、1977年以降、侵食域は北東

方向に急速に拡大し、1982年には清水海岸まで広がった。これに対して1979年より種々の侵食対策が実施され、工事は現在も継続されているが侵食はなお著しい¹⁾。

1967年、安倍川では砂利採取が中止されたことによって下流部では河床上昇が始まり、現況では砂利掘削以前の河床高の約1/2までの回復が見られる。これとともに、河口の北東側に広がる静岡海岸への土砂供給が始まり、侵食波の伝播から30年後、侵食されて人工化された海岸に堆積波が250m/yrで伝播中であり、安倍川河口側から砂礫浜の復元が進んでいる¹⁾。しかし同時に、安倍川では高水敷に洪水が頻繁に乗るようになり、治水安全度が低下している。本研究では、安倍川の治水安全度を確保しつつ、海岸への土砂供給を安定的に行う手法について実態論的に考察を加え、水系一環の土砂管理を実施する際の具体的問題点に

ついて考察する。

2. 安倍川河道の実態

安倍川は、図-1に示すように、静岡県静岡市梅ヶ島の大谷嶺（標高1999.7m）に源を発し、駿河湾に流入する一級河川である。流域の山岳を構成する地質は、主に古第三系の粘板岩と砂岩の互層からなり、一部に輝緑凝灰岩層と塩基性火成岩層を有する。岩石の破碎作用が著しいため、破碎帯地滑りが大谷崩れを始めとして各所で発生している。流域面積は567km²、流路延長は53.3kmである。また、1956～1996年での手越観測所（河口より4.7km上流）での平均年最大流量は1,850m³/sである。さらに、1975年測定 of 河床材料調査によれば、縦断距離5～22km区間での平均粒径は50～60mmであり、縦断方向にあまり変化がない²⁾。

図-2a, b, cは、1998年実施の横断測量に基づく安倍川の低水路河床高、川幅、河床勾配の縦断分布である。また、図-2aには主要な砂防ダム、支川および橋梁名を示す。川幅は河口部で約700mであり、そこから14km付近まではほぼ600mの幅であるが、14kmより上流では変動を有しつつ減少し、32kmでは約100mまで狭まる。さらに32kmより上流では100～300mで変動している。河床勾配は河口の約1/300から14kmでの1/125まで単調に増加している。20kmより上流では勾配がさらに増大するとともに、変動も大きくなる。上流の砂防ダム群は河幅が約100mと狭くなった部分に建設されている。

図-3は、1967年を基準とした1998年までの平均河床高の変動図である。河口から約19kmまでは平均で約0.5mの河床上昇が見られる。しかし19kmから大河内ダム直下流までの間では著しい河床低下が生じている。

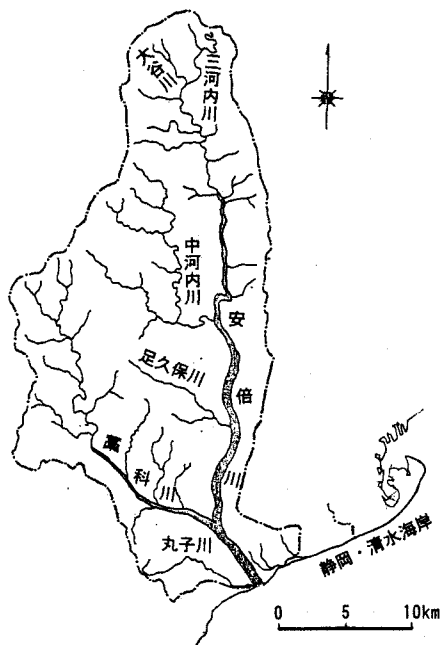


図-1 安倍川流域と静岡・清水海岸の位置

河口から19kmまでの範囲での河床上昇は、19kmより上流からの供給土砂が堆積したものである。19km地点から下流での1967年から1998年までの堆積土砂量 $4.95 \times 10^6 \text{ m}^3$ を経過年(31年)で割ると、河床の平均堆積速度は $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ となる。

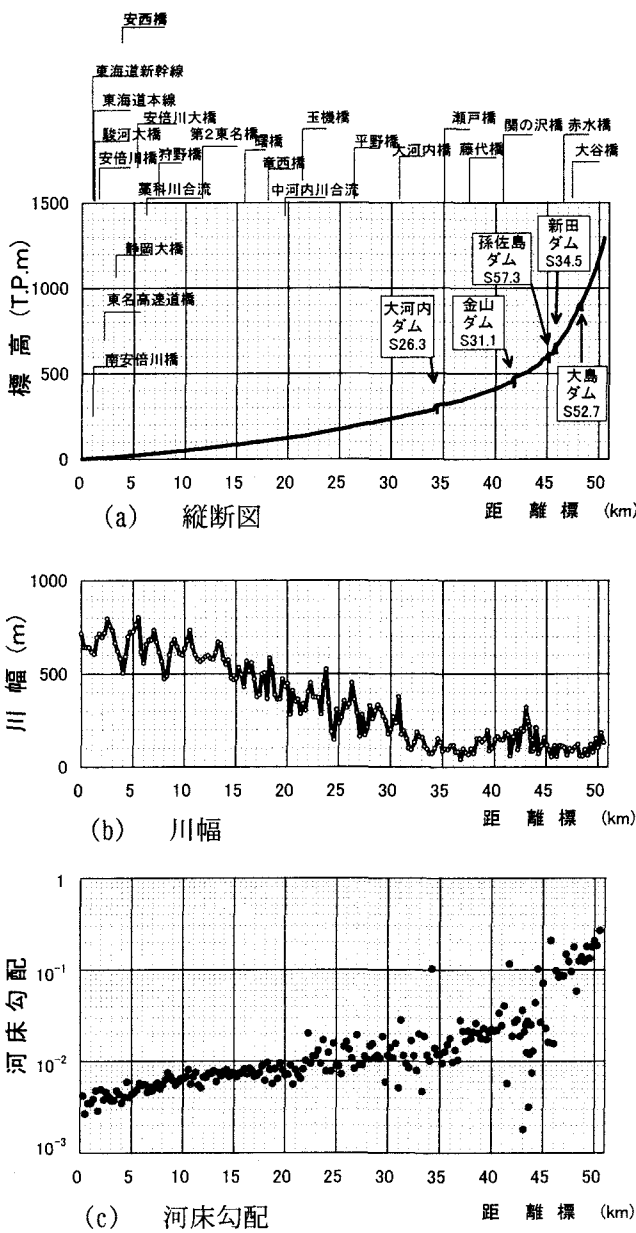


図-2 安倍川の低水路河床高、川幅及び河床勾配の縦断図

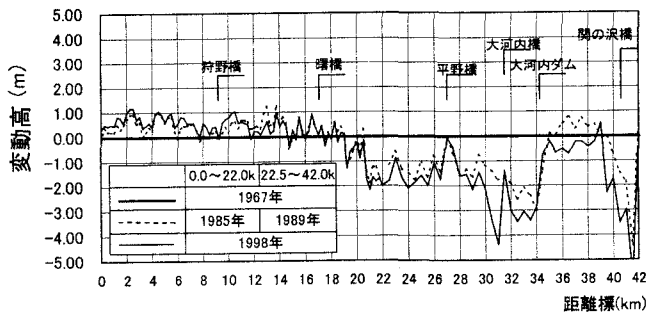


図-3 平均河床高の変動量の縦断分布(1967年基準)

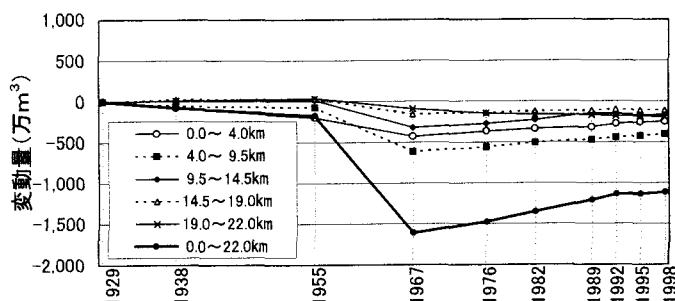


図-4 1929年を基準とした河床変動量の経時変化

図-4は、河口から22kmまでを5区間に細分化し、それぞれについて1929年を基準とした河床変動量の経時変化を算出したものである。1929年から1955年までは変動量は小さかったが、1955～1967年に砂利採取が行われたために、急激な河床低下が起きた。1955年から1967年までの土砂減少量は合計で $14 \times 10^6 \text{ m}^3$ に達した。いずれの区間でも河床土砂量の減少が見られるが、中でも4.0～9.5km区間での減少量が多い。1967年の砂利採取の禁止とともに河床は上昇し、1992年までに、1955～1967年の土砂減少量の約34%が回復した。さらに1992年から1997年では、土砂の増加傾向が緩やかになっている。

図-3では大河内砂防ダムの直下流での河床低下が著しいが、その原因について調べたのが図-5である。1967年を基準として22.5kmに位置する玉機橋から34.0kmの大河内砂防ダムまでの区間の河積の変動量を示したものであり、図には各期間中の砂利採取量(許可量)も示している。1967年から1973年までの河積増大量は $2.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ であったが、この間の砂利掘削量(許可量)は $1.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ と約1/2であった。過去になされた砂利掘削では、掘削許可量が実際の掘削量より小さかったことが多いことを考慮し、許可量の約2倍が掘削されたとすれば、河積の増大量はほぼ対応を示す。その後1967年に砂利採取が中止されると、河積の増大は見られなくなったが、1985～1987年に約 $16 \times 10^6 \text{ m}^3$ の砂利採取が行われたことによって、河積は再び増大している。砂利採取量(許可量)と河積の増大量の比は1:5.6であって、この比は1972年以前より大きく、河積の増大が全て砂利掘削によるものではないことが推定される。このことは、砂利採取が禁止された1993年以降も河積の増大が続いていることから分かる。しかし著しい河床低下と砂利掘削とがほぼ対応していることから、図-3に示した河積増大の大部分は砂利掘削に起因すると推定される。

3. 静岡・清水海岸の海岸侵食¹⁾

静岡・清水海岸は、図-1にも示したように、駿河湾西岸に位置する三保松原砂嘴の外縁に沿って延びる砂浜海岸である。駿河湾の湾口は南に開いており、高波浪は南側から来襲するために、静岡・清水海岸では北向きの

沿岸漂砂が卓越している。図-6には、深浅測量データより求めた静岡・清水海岸の汀線変化を示す。図の横軸の原点は三保松原の先端の真崎にあり、そこからの沿岸距離を横軸に取っている。安倍川河口は17.8kmに位置している。また、図中の矢印は安倍川河口から海岸線に沿って東側へと設置された消波ブロックの設置区間の東端位置を示す。

1975年には安倍川河口に隣接する14.5～16km付近で最初に侵食が始まった。汀線の後退域は時間経過とともに北東側へと移り、1983年には清水海岸に達した。1975～1983年における侵食域の平均広がり速度は約0.8m/yrであった。さらに1988年になると侵食域は

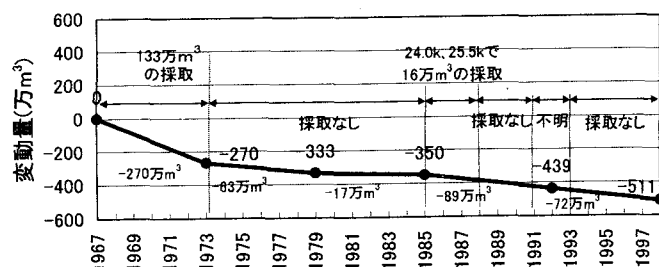


図-5 玉機橋(22.5km)～大河内砂防ダム(34.0km)間における河床変動量の経時変化(1967年基準)

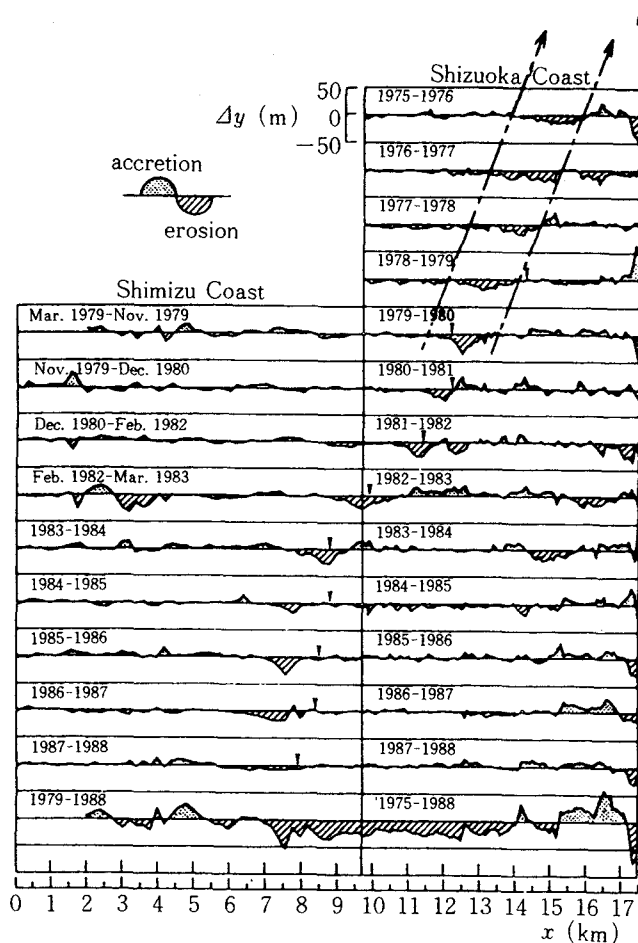


図-6 静岡・清水海岸における各年の汀線変化

6.0～8.0kmにまで達した。1983～1988年ではそれ以前より移動速度は減少したものの、なお約0.5m/yrの割合で広がりを示した。また、侵食域の広がりとともに消波ブロックの設置範囲も広がっていった。

図-6において、1975年より1980年まで各年の侵食・堆積量の比較によれば、2本の一点鎖線で示すように、各年の侵食区域の先端と後端はほぼ一定速度で進行している。そこで、この進行速度をもとにすれば安倍川河口で侵食が始まった時期を逆算することができる。安倍川河口は、図-6右端の17.8kmに位置するので、2本の一点鎖線を外挿して $x=17.8\text{km}$ 上での交点を定め、さらに図の縦軸に示す各年の変化目盛りにより時間を逆算すると、河口部で侵食が始まった時期は1969～1971年となる。安倍川での砂利採取は1967年まで盛んであったことから、静岡海岸で侵食が広がり始めた時期は砂礫の供給源である安倍川で最も河床高が下がっていた時期となる。これは、安倍川、特に河口に近い部分での砂利採取により海岸への砂礫供給量が急減し、そのため河口部より北側へと侵食が広がっていったことを意味する。

河口からは静岡海岸へと土砂が流れ込んでいく。1983年以前には、その量は急減したが、1983～1993年では平均約 $10 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ の土砂供給がなされたことが分かっている¹⁾。前出の図-3において、これと同じ期間における河床への堆積速度は $23 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ である。さらに、安倍川の河床勾配は図-2に示したように急であって、主な河床材料は礫である。同時に静岡海岸も急勾配で海浜材料は礫を主とし、両者は同じ構成材料でできている。したがって、1983～1993年における河口からの流出砂礫量 $10 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ に河床堆積量を加算すると、最終的に19km地点を流れ下った砂礫供給量（安倍川の河床と静岡海岸の海浜を構成する材料として）は $33 \times 10^4 \text{m}^3/\text{yr}$ と推定される。

図-7には、1983年測量の汀線を基準としたときの静岡・清水海岸全域の汀線変化を示す³⁾。静岡海岸の汀線変化を調べると、土砂の堆積域（sand body）が時間経過とともに左方向へと進行している。その移動速度をsand bodyの先端部の広がり速度から読み取ると、約250m/yrとなる。sand bodyの移動が起こる前の静岡海岸は、消波ブロックで覆い尽くされており、前浜は全く存在しない。そのような海岸に安倍川河口から土砂が供給されたため、消波ブロックに砂が覆い被さりつつ北向きに移動していると考えられる。しかも、この区域にはほぼ全域にわたって離岸堤が設置されており、それらが沿岸漂砂阻止効果を発揮するためにsand bodyの移動現象が生じたことが、離岸堤による沿岸漂砂の阻止効果を取り入れた等深線変化モデルにより再現されている⁴⁾。

1996年に静岡海岸でsand bodyの先端が到達した沿

岸距離約12.5km地点と、滝ヶ原川河口の北約0.5km地点の間では海岸線は消波工で覆いつくされているので、汀線変化は見られないが、清水海岸では1983年頃から明瞭な形で汀線の後退区域の広がりが始まった。汀線の後退は最初沿岸距離9km付近から始まり、時間経過とともに北向きに広がり、1996年には羽衣の松の一步手前まで到達している。清水海岸の侵食は、もともと安倍川での砂利採取による河川流出土砂量の急減によって1970年頃発生し、静岡海岸から清水海岸へと伝わったものであるが、それが三保松原の先端部にまで到達しつつあることを示している。また汀線の後退域が鋸の歯状となっているのは、離岸堤群式ヘッドランドが設置されたことによる。全体的に見ると、侵食域は北側へと単調に広がっており、その広がり速度は約270m/yrで

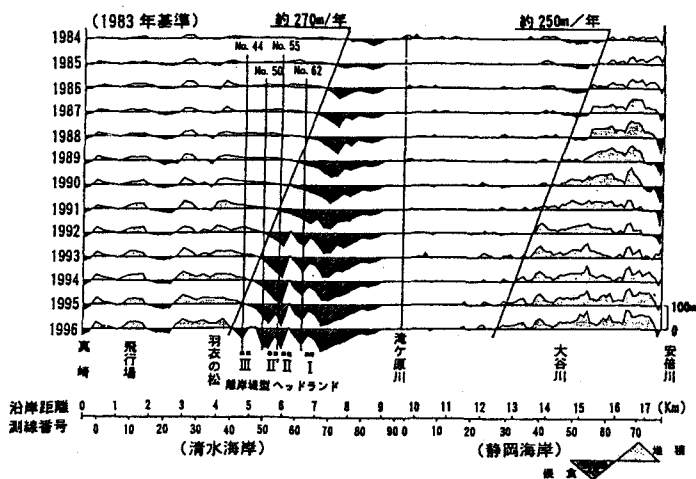


図-7 静岡・清水海岸の汀線変化

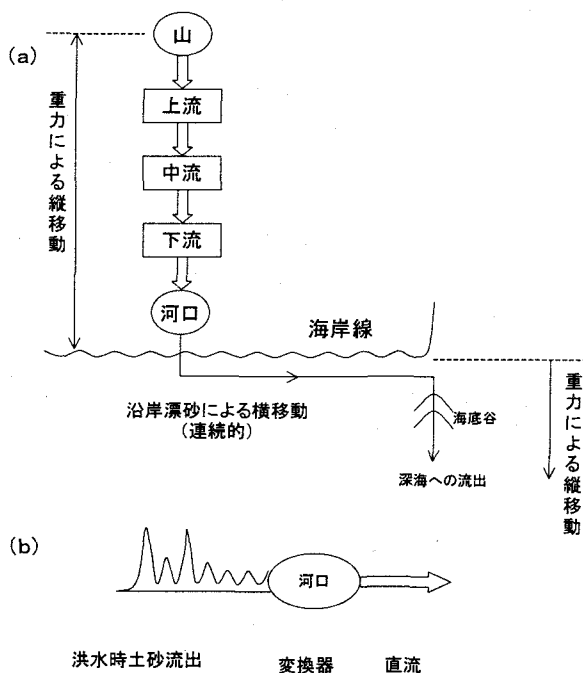


図-8 河川・海岸・海底谷における土砂移動の模式図

ある。

4. 河川と海岸での土砂移動の比較

海岸部も含む安倍川水系における土砂移動機構は図-8aに要約される。山地から重力の作用によって水が流れ下るが、このうち上流域が「砂防区域」、中流・下流が「河川区域」として管理されている。図には洪水に伴う土砂の流れを矢印で示す。河口に到達した土砂は、河口で一旦堆積した後、波による沿岸漂砂によって海岸線に沿って運ばれる。河川の場合は重力の作用によって水流（土砂の流れ）が生じるが、沿岸漂砂では任意点での波峰線と海岸線とが平行となる安定状態からのずれ（侵食ポテンシャル）に応じた沿岸方向の砂移動が生じる。河川流が鉛直面内で生じるのに対し、沿岸漂砂は水平面内で生じる。このようにして沿岸方向に運ばれた土砂は砂嘴の先端部に到達したあと、海底谷を經由して深海へと流出する。この作用は河川流の場合と同様、重力の作用によるものである。注意すべきは陸域での土砂移動は洪水に依存するので確率的現象であるのに対し、海岸での沿岸漂砂移動は平均的かつ連続的現象として生じる。図-8bに示すように、河口では洪水時流出のように確率的現象が平滑化され、直流的成分として下手側海浜を養う効果がある。

5. 対応策の検討

安倍川下流域では、図-3に示したように河床上昇が続いている。この結果、最近では低水路と高水敷との標高差が非常に小さくなり、9.25 km左岸の状況を示す写真-1のように、低水路と高水敷の高さが全く同一となっている場所もある。こうした状態で洪水が起これば、網状流となって流れる特性を有する安倍川では、破堤の危険性が高まる。これは治水に放置できない問題である。安倍川の河道計画は河床が最も低くなった1967年に作成されている。この状態は砂利採取という人為的改変を受けた直後であったが、計画時の河床は洪水の安全な流下を考えれば最も有利な状態であったと言える。しかし計画作成後、砂利採取の禁止とともに上流からの土砂供給によって河床上昇が進み、現在見られるような治水上の問題が発生した。1967年までに平均河床が低くなったために治水容量は増大したが、これと同時に河口からの流出土砂量が急減し、従来河川からの供給土砂が沿岸漂砂とバランスすることによって動的平衡状態にあった静岡海岸が激しい侵食を受けたことは上述の通りである。

安倍川河道での治水安全度を向上させるには、上昇した河道の掘削が必要となる。1967年以前の段階を考慮すれば、上昇した河床を基本として計画堤防高を上

げることも考えられるが、図-1に示したように現況で13本の橋梁が架かっており、それらへの影響を考えれば、この選択は事実上不可能である。

本来、土砂は河川流の作用によって河口へ運ばれ、沿岸漂砂の供給源となる。したがって掘削土砂の全量を河口へ運び養浜材料として使うことが原則である。しかしながら、岬に囲まれたポケットビーチなどと異なり、安倍川河口から静岡海岸へと流入した砂礫は駿河湾湾奥方向へと沿岸漂砂によって運ばれ、最終的に大部分の土砂は三保松原砂嘴の先端部から深海底へと流出することが分かっている¹⁾。河口から供給された砂礫は沿岸方向に移動する過程において海岸保全効果を発揮している。しかし、三保松原の先端部に到達した後、深海へと流出してしまえばその土砂は工学的時間においては陸域に戻ることはない。現在、全国的に見て良好な建設骨材が不足しているが、骨材供給から見れば深海への土砂流出は貴重な資源の損失と言える。重要なのは、沿岸漂砂によって砂礫が移動するという、その過程自体が海岸保全上必要なことである。

洪水危険度が高いという理由からすれば、緊急に掘削を行うことは論理的に正しい。本来、そのために必要とされる予算が確保されるべきである。しかし治水事業全体との関係より、緊急の経費がかかる場合予算の確保ができない場合もある。こうした場合、治水上の問題を放置できないので、砂利採取によって河床を下げるという方式も考えられる。ただ安易に、かつ過度に砂利採取を行えば1967年以前の状態へ逆戻りし、海岸侵食を助長するので、計画は十分検討し、過度な砂利採取が行われないように、マイナス影響をモニタリングしながら、ある量を砂利採取という形で行う必要がある。これは建設骨材の供給から見ればプラスの行為である。しかしながら、このような工事によって河床から運び去られる砂礫は、本来的に海岸に供給されるものであるから、時間的変遷は別にすれば、最終的に海岸へはマイナスの影響が必ず出る。このような海岸でのマイナスと、河川での治水効果、および骨材資源の確保とい



写真-1 安倍川9.25km左岸の低水路と高水敷の境界の状況

うプラス面を比較し、総合的な判断を下す必要がある。山地から河道、河口を経て海岸に至る一方向の土砂の移動現象を対象とする以上、河川にも海岸にもプラスの行為自体が存在しないからである。

上流域には満砂状態の砂防ダムがある。これらに堆積した土砂は、ダム上端部に切り欠きを造れば、下流へと流下が可能であろう。ダム上流域では、ダムによる土砂の阻止効果によって河床が上昇しているが、そこでは上昇した河床を基準として護岸や橋梁の基礎が造られてきている。したがって単に下流への土砂供給を増加させる目的のみを優先して工事を行うと、上流部で護岸の洗掘が進み、あるいは橋梁の基礎の安全度が損なわれる可能性がある。また砂防ダムからの土砂排出を過度に行えば、下流部で過剰な堆砂が起きている場所の治水安全度を下げる方向に働く。これらのことを考えると、下流への大規模な土砂流出を促進する方策の実施はかなり難しいと言わざるをえない。しかし真の意味から流域の土砂管理を行うには、これらについても真剣に取り組む必要があり、それには河床面を低下させた場合に生じる障害と、土砂流出によって生じるメリット・デメリットについて十分検討することが必要である。

安倍川下流部では河床上昇が著しく、治水上の問題が生じている。いま、安倍川直轄区間での洪水氾濫を防止するために河道掘削を行ったとする。それ自身の経済便益はここでは論じず、発生した砂利の骨材資源としての価値について考える。安倍川の下流から20km区間で、幅200m、深さ0.5mで河床掘削を行うと仮定する。この場合の発生土砂量は、 $2.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ である。砂利の単価が3,000円/ m^3 であったとすれば、これによって得られる砂利資源は60億円に相当する。一方、全量を海岸まで運び、その土砂を養浜したとすると、形成される砂浜の

面積は、静岡・清水海岸における漂砂の移動高(海浜断面面積と汀線変化量の比)は約8mである¹⁾から、例えば海岸線10kmでの汀線の前進量を算出すると25mとなる。

一方、投入土砂は海岸にとどまることなく、図-8aに示したように北端へと流出し、やがては海底谷に全量が流出し、損失となる。したがって砂利資源の損失という意味からは60億円の損失が起きるということに等しい。海岸に砂利を敷き並べた瞬間には海浜が広がるが、そのようにして広げられた砂浜は時間とともに縮小していく。砂浜は広い方がいいというのは誰もが賛成であろうが、実際その行為を行うには経費がかかり、また静岡海岸の場合には時間とともにその土砂は流出し、最終的に損失となる。このように海岸では創出すべき海浜の価値とその損失をどのように見積もるべきかについて合意形成が行われていない状況にある。このこともまた水系一貫の土砂管理において考えていくべき問題点である。

参考文献

- 1) 宇多高明: 日本の海岸侵食, 山海堂, p. 442, 1997.
- 2) 山本晃一・高橋 晃: 扇状地河川の河道特性と河道処理, 土木研究所資料, 第3159号, p. 339, 1983.
- 3) 宇多高明・板橋直樹: 静岡・清水海岸における侵食・堆積波の伝播, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 631-635, 1997.
- 4) 宇多高明・山本吉道・板橋直樹・山路功祐: 静岡海岸で観測されたsand bodyの移動とその発生機構, 土木学会論文集, 558/II-38, pp. 77-92, 1997.
- 5) 宇多高明・笠井雅広: 流砂系の観点から見た安倍川と静岡・清水海岸全域の現地踏査, p. 20, 1998.

(2000. 4. 17受付)