

カリフォルニア州ヴェンチュラ海岸の海岸侵食 とダム堆砂の除去に関する一考察

A NOTE ON BEACH EROSION OF VENTURA COAST IN CALIFORNIA AND PLANNING OF
REMOVAL OF DEPOSITED SEDIMENT IN UPSTREAM REGION OF A DAM

宇多 高明

Takaaki UDA

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)

Beach erosion of the Ventura coast in California was investigated by field observation. On this beach, located on the downcoast of the Ventura River mouth, where eastward longshore sand transport dominates, beach erosion was triggered by the obstruction of continuous sediment supply from the Ventura River by the construction of Matilija Dam. Removal methods of deposited sediment in upstream region of this dam, and their effects and influences to the riverbed and the coastline were discussed in Sand Right '99 symposium held in Ventura. This study summarizes the results of this symposium as well as the results of field observation, and future measures in Japan are discussed through the comparison.

Key Words : Beach erosion, Sand Right '99, Ventura River, sediment supply, field observation

1. まえがき

わが国では、山地から海に至る水系の管理がいくつもの機関によって行われてきた。この結果、局所的に最適化された計画も、水系全体で見ると自然の系から大きくかけ離れてしまい、様々な弊害が目につくようになってきた。水によって運ばれる土砂の系（流砂の系）についても同様な状況にあり、ダムなどでは過剰な堆砂に悩まされる一方、河川では河床低下が問題となり、あるいは海岸の侵食が激化するなどの現象が生じている。こうした問題を解決するためには、まず問題の所在を正確に把握し、それに基づいて各種対策を検討しなければならない。建設省でも、河川審議会の答申に基づいて、現在、水系一貫の土砂管理に関する各種検討を進めている。ところで、このような問題はわが国でとくに目立っているが、同様な問題が生じている国々も多い。そのような事例を検討することは、わが国での対策立案にも有効であろう。米国カリフォルニア州のヴェンチュラ郡に流域を持つヴェンチュラ川の上流にある、マティリハダムでは堆砂がひどいために、ダムの一部または全体の撤去計画がある。そして、そのままダムを撤去した場合の土砂移動、ダンプトラックによって海岸まで土砂を輸送して養浜した場合の海岸線の変化などが数値シミュレーションによって検討されている。1999年9月末、海岸侵食やダム堆砂など、土砂に係わる問題についての議論を目的としたシンポジウム (Sand Right '99 : 「砂の権利 '99」) がヴェンチュラで開催された。筆者はこのシンポジウムに出席して議論に加わるとともに、現地調査を行った。ここでは

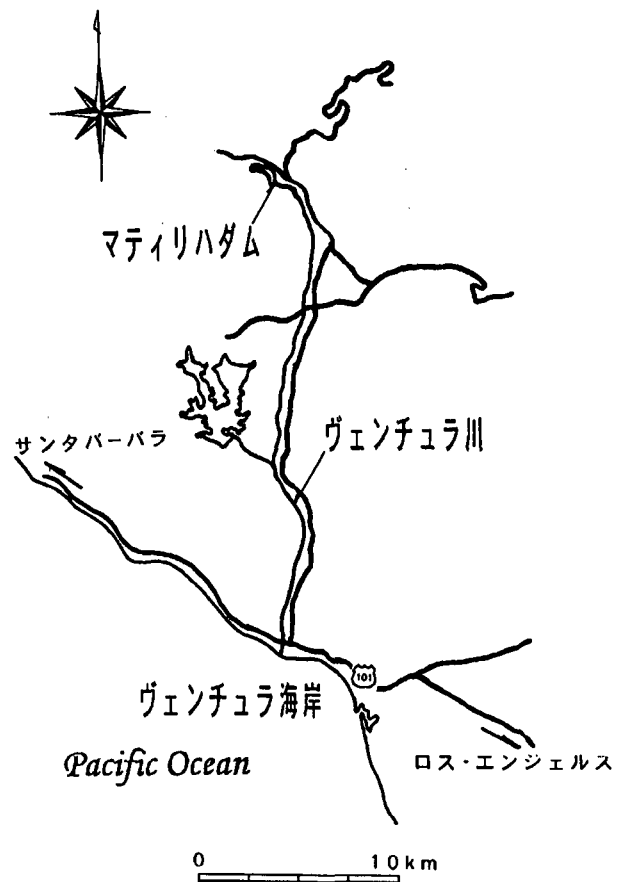


図-1 マティリハダム平面位置図

これらの調査の結果について報告し、それをもとに考察を加える。

2. ヴェンチュラ川とマティリハ(Matilija) ダム の概要¹⁾

図-1には調査区域のヴェンチュラ郡とその周辺の海岸の位置図を示す。ヴェンチュラ郡はロス・エンジェルズ (Los Angeles) の北西約110km, サンタバーバラ (Santa Barbara) の東約45kmに位置し、沖合のチャネルアイランド (Channel Islands) に囲まれた海域に面している。沖合にチャネルアイランドがあつて南側からの波が遮蔽されているために、主な波浪は西側から侵入する。このため、ヴェンチュラ郡の海岸では全体として東向きの沿岸漂砂が卓越している。

マティリハダムはヴェンチュラ川の主な支川のマティリハ・クリークにあるアーチダムである。このダムは、ヴェンチュラ郡の洪水対策事務所によって利水および洪水制御を目的として1948年に建設された。建設当初のダムの高さは約57m, ダム頂部の幅は約186m, 貯水能力は $8.50 \times 10^6 \text{m}^3$ であつた。1964年には、アルカリ骨材反応によってダム頂部にクラックが発見されたため、ダム頂部が約9m撤去された。ダムの建設後、洪水により土砂が堆積し、現在の貯水能力は $1.09 \times 10^6 \text{m}^3$ (当初貯水容量の約13%) にまで減少し、洪水調節効果および水資源確保上の効果もほとんどなくなっている。マティリハ・クリークのダム上流

部には、絶滅危惧種のマスの生息地があつたが、ダム建設によってその生息地が失われた。現在、ダム自体の撤去が計画されており、それが実現すればマスの生息地の増大に寄与すると考えられている。

ダム上流に堆積した土砂は、海岸での養浜材として有効利用が可能である。そのためヴェンチュラ郡および開拓局ではダムの撤去あるいはその高さを下げることにについての可能性検討を進めるとともに、堆積土砂を利用した海岸における養浜についての検討が行われている。ダム本体の撤去は従来工法で可能であるが、問題はダムにたまった $3.8 \sim 4.6 \times 10^6 \text{m}^3$ の土砂の除去にある。ダム下流に直接排出すれば、洪水の原因となる。また水生生物に大きなマイナス効果を及ぼすとともに、各種取水施設にも影響するであろう。このような状況下で、各種の案が検討されている。第1案は、ダムを切り下げた後、河川流によって海まで運ばれるのを待つ方法、第2案は浚渫したスラリーをパイプによって海岸まで輸送する方法、第3案は乾燥させた土砂をトラック輸送する方法である。これらの相互比較が行われている¹⁾。

3. 現地調査

ヴェンチュラ川と、その支川のマティリハ・クリークに建設されたマティリハダム、およびヴェンチュラ海岸の現地調査は1999年9月25, 26日に行った。以下では写真をもとに現地状況を明らかにする。



写真-1 マティリハダムとその上流の湛水域



写真-3 ダム湖上流端における土砂の堆積状況



写真-2 マティリハダム上流の流域

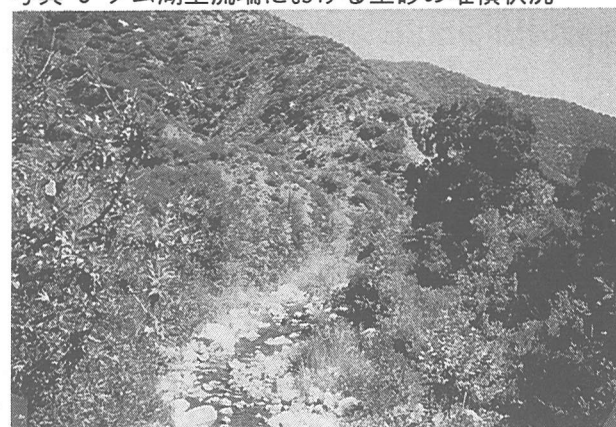


写真-4 マティリハ・クリークのダム直下の河床状況

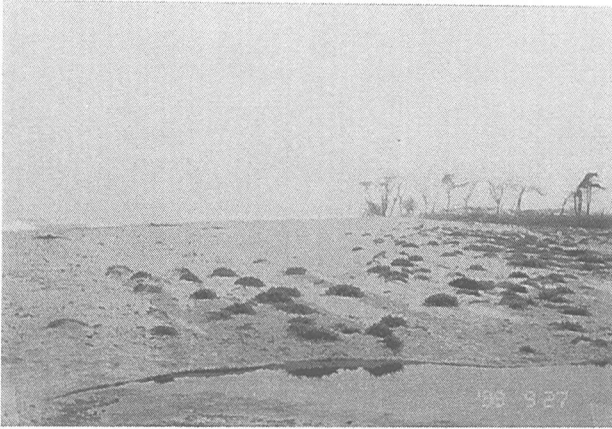


写真-5 ヴェンチュラ川河口の右岸砂州



写真-6 大きく東向きに蛇行して流れるヴェンチュラ川の河口部流路



写真-7 侵食によって断ち切られた遊歩道

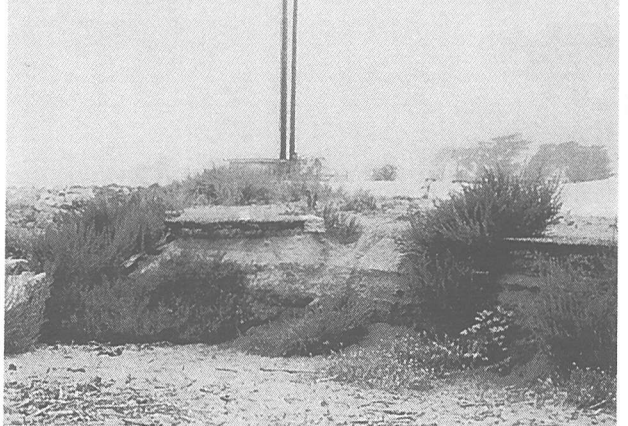


写真-8 写真-7に示す遊歩道の断面状況

(1) ヴェンチュラ川およびマティリハダムの状況

写真-1はマティリハダムとその上流の貯水地の状況である。アーチダムの両そで部が切り下げられているが、この理由は上述した通りであり、切り下げ部の高さは約9mである。このダムがある付近は、海岸から約25km内陸に入った場所で砂漠地帯に属する。写真-1に示したダム上流の流域を撮影したのが写真-2である。流域は乾燥地帯にあるために、背丈の低い灌木が地表面を覆っている。写真-2より下流側の貯水池の上流端を撮影したのが写真-3である。洪水により運ばれた土砂が貯水池を埋め、そこにできた土壌の上に植物が繁茂している。写真に示すように、洪水のたびに上流側から土砂が堆積し、貯水池面積が狭まっている。写真-4は、ダム直下のマティリハ・クリークの河道状況である。写真に示すように、河床は巨礫で覆われておりその周辺に植生が繁茂している。巨礫で覆われた河道状況から判断して、この付近の河道の河床勾配は数十分の一程度の急勾配であることが推定される。この川を経由して海岸へと土砂が運ばれ、それが海浜の形成に役立ってきたが、ダム堆砂とともに海岸へ供給される土砂量が減少している。

(2) ヴェンチュラ海岸

1999年9月25日、ヴェンチュラ海岸の現地調査を行った。調査は、ヴェンチュラ川河口から東向きに徒歩で行った。写真-5はヴェンチュラ川河口に形成さ

れた砂州である。この河口砂州は西側ほど広く、細砂で構成されている。写真手前側には狭い水域が見えるが、これはヴェンチュラ川河口の水路の一部である。この砂州を構成する砂の大部分は、河口より西側に位置し、サンタバーバラまで続く海岸線に発達した海食崖からの供給土砂である。東向きの沿岸漂砂によって運ばれた土砂が河口を西側から塞ぐために、河口は東側へと大きくずれている。また写真に見えるように、河口砂州上に繁茂した小さな植生の手前側と前方で砂面の色が異なり、植生の前方には乾いた白っぽい砂があるのに対して、植生の手前側には湿気を含んだ砂があるのは、この河口では前方の汀線から飛砂によって河口内へと土砂が運ばれているためである。

写真-6は、写真-5で下部に見える細長い流路を、流下方向に撮影したものである。写真撮影時、流量が非常に小さかったために、河川流は沿岸漂砂の下手方向に大きく蛇行して流れ、その後海へ流入している。このように流路が東側に大きくずれた河口状況自体、ヴェンチュラ川河口部での東向きの沿岸漂砂の卓越を明瞭に示している。

ヴェンチュラ川は東向きの沿岸漂砂の卓越する海岸に流入している。このため河口部から土砂を運び去る効果をもたらす沿岸漂砂量と比較して、河川からの土砂供給量が十分大きければ河口デルタが形成されて海岸線は突出する。逆に流出土砂量が小さくなれば河口部海岸線は後退する。ヴェンチュラ川河



写真-9 侵食されて流出した遊歩道の基礎



写真-11 半固結状態の土層の側面と下部の礫層および礫浜



写真-10 閉鎖された遊歩道とその海側の半固結状態の土層



写真-12 侵食された人工地盤

口では過去に流出土砂量が大きかったために河口部の海岸線が大きく突出している。このような条件下で河川からの供給土砂量が減少すると、斜め入射波の条件下で突出した河口デルタの左岸側で海岸侵食が著しくなる。

写真-7は、写真-6の左端付近の海岸状況である。海岸線に沿って造られていた遊歩道が突然切れており、遊歩道は閉鎖されている。写真-7の位置を逆方向から望んだのが写真-8である。高さ約1mほどの崖が形成されて遊歩道が削り取られている。遊歩道の基礎は、乾燥した半固結の土層である。侵食された後には海浜砂が堆積している。また土層には層状構造が見えることから、この付近は天然の土層が侵食されたことがわかる。写真-8の左端に一部見えるように、河口左岸は捨石護岸によって守られているために侵食されなかったが、河口すぐ左岸側の海岸が波の作用で侵食され、遊歩道が削り取られたのである。写真-9は遊歩道があった場所を東向きに撮影したものであり、ここでも同じように浜崖が形成されている。

写真-9に示した付近より東側の、河口からの距離が大きい場所でも海岸侵食は進んでいるものの、遊歩道が壊れるまでには至っていない。写真-10は海岸線に沿った遊歩道と、その海側の自然海岸の侵食状況である。遊歩道の海側には半固結の土層が露出しており、この土層の前面にはほぼ垂直な面が形成されている。写真-11は礫浜上から崖を撮影したもので

あるが、土層の下部には礫層が見える。沿岸漂砂の上手側に位置するヴェンチュラ川の河口付近では海浜は細砂で構成されており、礫は見られなかったことを考慮すると、この付近で見られる前浜上の礫は崖の後退とともに前浜上に出現した可能性が大きいと考えられる。また、半固結の土層の海側を覆う礫が、波の作用によって小規模な崖面の下部に衝突すれば、崖の侵食が助長されることが考えられる。

写真-11では前方に多数のヤシ木が見える。ここでは汀線が冲向きに突出している。その原因は後述するようにコンクリート製の排水樋管が突堤と同様な働きをして漂砂移動を阻止しているためである。写真-12は海岸線の突出部の全景である。写真を詳細に観察すると、汀線付近には礫だけではなく、多くのコンクリート片も散乱している。崖面には砂層が見られず、コンクリート片などが多く含まれている。これより、この付近はもともと人工的に造られた地盤であり、それが侵食されて建設時の地盤材料が露出したと推定される。写真-13は会議の行われたホテルの屋上より、南西方向を向いて撮影したものである。海岸線が最も突出した部分には写真-14に示すような排水樋管があり、それが東向きの沿岸漂砂を阻止している。その手前側で、写真では直線状に見える海岸線は礫で覆われている。この付近はヴェンチュラ川の河口デルタとして岬状に突出している。沖合の等深線が半円形状に突出しているため、そこは良好なサーフスポットになっている。写真に示すように斜



写真-13 会議場のホテルの最上階から見たヴェンチュラ海岸のサーフスポット

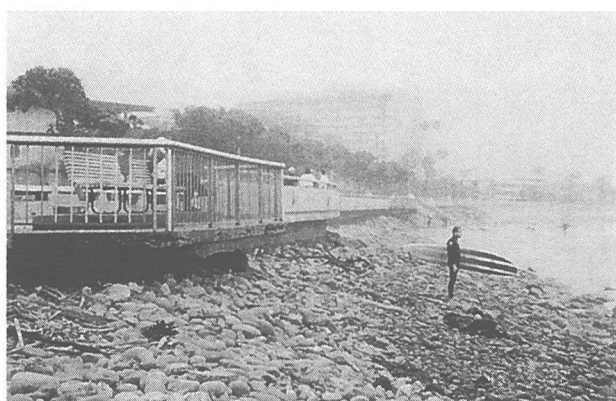


写真-15 排水樋管の東側に延びた礫海岸と遊歩道



写真-14 海岸線に設置され、突堤効果を発揮している排水樋管



写真-16 ヴェンチュラ棧橋とその南にある突堤

め入射波が屈折しながら徐々に碎波することがサーフィンに良好な波浪条件を与えている。

写真-15は、写真-13, 14に示した排水樋管の東側の海岸状況を示したものである。海岸線に沿って建設された遊歩道に所々展望台が設置されているが、その前面にはごく狭い礫浜が広がっているのみである。またこの付近で海岸線の方が大きく変わり、写真前方に見えるホテル（シンポジウムの会場）の手前側からは砂浜が広がり、砂浜幅は次第に増す。写真-16は、ホテルの部屋から砂浜を見下ろしたものである。ヴェンチュラ棧橋より南側、ヴェンチュラ港との間には突堤群が配置されている。写真-17は捨石製の突堤と、その両側の海浜状況を撮影したものである。突堤の北西側の汀線は南東側の汀線より突出していることが明らかであり、このことからここでは南東方向の沿岸漂砂が卓越していることがわかる。

ヴェンチュラ海岸では写真-16に示す区域は細砂で覆われているのに対し、写真-13に示したようにヴェンチュラ川河口デルタの東側隣接区域の、海岸線が沖向きに突出した部分の海岸線は礫で構成されている。これはヴェンチュラ川河口デルタの左岸側は海岸線が突出しているため波浪の作用を強く受け、沿岸漂砂量が大きいことが原因である。現況で海岸線は礫で覆われているが、細砂は急速に東向きに流され、写真-16に示した下手側の海浜に運ばれ堆積すると言える。

4. 考察

前節で明らかにしたように、ヴェンチュラ海岸では海岸侵食が進んできている。海岸侵食は、地形的に見て河口デルタが海側に大きく突出していることから、河口東側の海岸線で顕著であり、しかも河口に近接するほど状況が悪くなっている。このような侵食はヴェンチュラ川から土砂が大量に供給されておれば起こらない現象である。その意味ではダム堆砂を養浜材として利用する可能性について検討することは有意義である。ただし、ヴェンチュラ川河口より西側の海岸でも侵食が進みつつあるが、このことは全体的に海岸線への供給土砂量が減少したこと、そして土砂供給が減少したのはヴェンチュラ川のみではないことを意味する。ヴェンチュラの西約45kmに位置するサンタバーバラでは1927-28年にサンタバーバラ港が建設され、この防波堤によって東向きの沿岸漂砂が阻止された。この結果、そこより東側に位置する海岸への供給土砂量が減少している²⁾。これもまた海岸侵食の大きな要因となっている。

ヴェンチュラ川とヴェンチュラ海岸は、わが国の中部山岳地帯を流れ下る河川と、その河口から広がる海岸の侵食問題と非常に類似している。例えば、駿河湾西岸に流入する大井川と駿河海岸、安倍川と静岡・清水海岸の事例が類似事例である。この意味より、ヴェンチュラ川水系で行われている数々の試みは参考になると思われる。

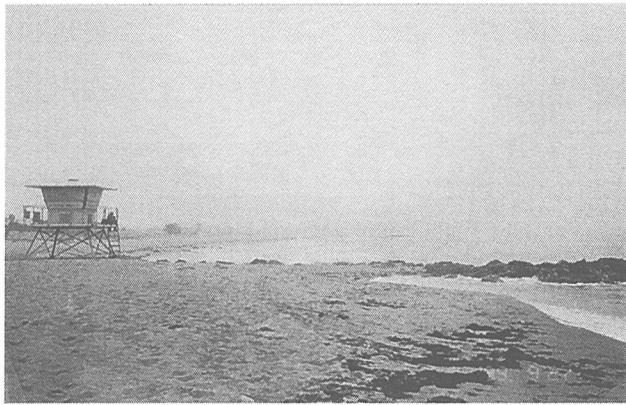


写真-17 ヴェンチュラ海岸北端の突堤左右岸の汀線状況

以下では、上述の例を参考として、流砂の系のうち主として海岸部を中心に今後の検討課題について整理する。図-2aを参照し、流砂の系の上流部にダムまたは砂防ダムがあり、その上流で堆砂が生じているとする。これらの施設の直下流では河床低下傾向となるが、ここでは河川管理上、橋脚や護岸の局所洗掘、生物を含む河川環境の変化などのマイナス面と、洪水流下能力の向上というプラス面を総合的に検討する必要があるが、ここでは詳細については触れない。

一方、河川からの土砂供給が沿岸漂砂とバランスしていた海岸では、砂礫の供給が完全になくなれば砂礫浜は消失し、護岸や消波ブロックによって覆われた人工海岸となる。海浜は質的变化を遂げ、それ自体の消失をもたらす。この場合、図-2aに示すように土砂を人工的に運搬し、その土砂を海岸へ投入すればよいと簡単に考えられることが多いが、実際には検討すべき多くの課題がある。

①養浜によって砂浜を広げるとして、広げられた砂浜の価値をどのように評価するか？多くの経費をかければ砂浜面積は大きくできる。しかしその経費がかかることについて広く合意形成ができるか？

②養浜が行われようとする場所は、図-2aに示すように旧海岸線が後退して現海岸線に至っている。海岸線の後退は時間的変化を遂げているので、いずれの時点を復元の目標とすべきか？

③侵食を起こした外力は現在もまた作用しているから、土砂を投入するだけでは投入土砂は沿岸漂砂によって運び去られ、投入位置からは急速に失われる（図-2b参照）。投入土砂の効果はどれだけ継続できるか？投入した土砂の流出速度が大き過ぎないか？大き過ぎるのであれば、土砂の流出を抑制する手法はあるか？

④養浜方法の問題として、図-3に示すように、陸送された土砂を侵食海岸に投入する場合、侵食の結果汀線付近の海底勾配は急になっているので、養浜土砂は安定な勾配より急勾配で投入されることになる。これは土砂の安定性を損ね、沖への土砂移動を促進するはずである。このような現象の予測、およびその対応策の定量的評価が可能か？

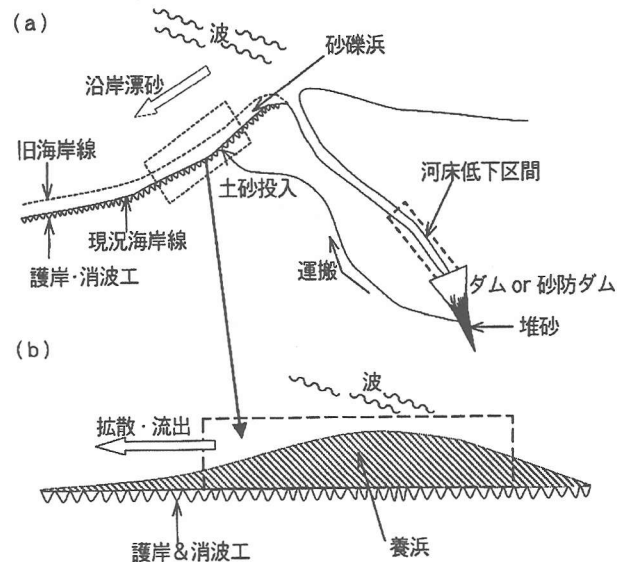


図-2 ダム上流への堆積土砂の運搬と養浜の模式図

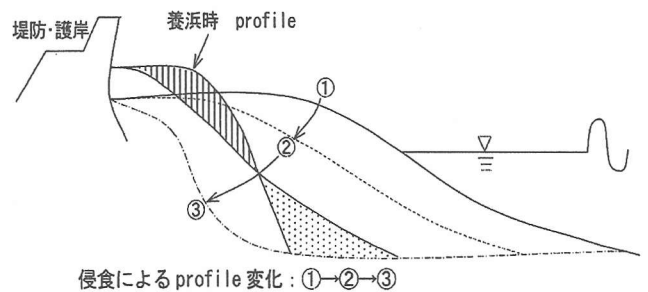


図-3 侵食による海浜勾配の増加と養浜時の縦断形の変化模式図

⑤図-2aに示したように上流域から土砂を運搬する場合、運搬コストのアロケーションをどのように設定するか？

これらの課題はいずれも相互に関係しているが、③、④は工学的課題として取り組み易いテーマである。⑤は経済的問題であり、①、②は経済的問題に大きく関与すると同時に海岸の基本的価値観にも関係する課題である。とくに②は①と密接に関係している。海岸線まで土砂を輸送して養浜するという行為に要する経費は、最終的には国民負担となるので、経済合理性と目指すべき（あるいは復元すべき）環境との整合をいかに取るかの問題に帰着する。一貫した流砂の系を保持していくためには、海岸技術者も上述の課題に積極的に取り組む必要があると考える。

参考文献

- 1) Gray, J.T.: Sediment management options associated with the removal of Matilija Dam, abstract of Sand Right '99 Bringing Back The Beaches, 1999.
- 2) Komar, P.D.: Beach processes and sedimentation, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 429p., 1976.