

自然観と海岸侵食

Philosophy of Nature and Beach Erosion

河 田 恵 昭

Yoshiaki KAWATA

1. はじめに

私は、ここ10年ばかり大規模な自然災害の被害軽減法の研究を進めてきた。とくに、1995年の阪神・淡路大震災以来、まさに使える時間はすべてこの都市災害の調査研究に費やしてきたと言ってもよい。それは災害研究者としての私の使命でもあった。そして、危機管理としての防災マネージメントの研究を進めるにつれ、これは何も都市災害だけに適用できる成果ではなく、海岸災害をはじめとして、あらゆる災害にも適用できることがわかってきた。むしろ、もっと早くからこの立場から考察すべきであったという反省をもっている。

一方、数年前から、私は土木工学から“工”の字を省いて『土木学（シビル・コスモス）』へのパラダイム・シフトを提唱し、多くの賛同者を得て、また複数の委員会活動によって、その内容の体系化が試みられてきた。土木学を詳述することはこの研修会の目的とするものでないが、その本意である生態系との共存を視野に入れた持続的開発（Sustainable Development）と環境との調和は、海岸侵食の制御と密接な関係をもっていることも事実である。

上述した観点は、海岸侵食とその制御に関するこれまで行われてきた多くの研究で用いられてこなかったと断言できる。誤解を恐れずに言うならば、現在に至ってこの分野の研究がやっと成熟し、ここで紹介するような考察ができるようになったとも解釈できる。その再考のきっかけとなったのは、岩波書店から『自然の猛威』が1996年4月に刊行されたことである。その中に、富山県の下新川（しもにいがわ）海岸を対象とした「海岸侵食とのたたかい 自然を乱すと起こる連鎖反応」というわずか6頁の記述があり、それを読んだからである。私がこの海岸の漂砂系の調査に色々な形で関わって20数年を経過している。海岸工学の知識を援用し、かつ自然のあり方の観点から考察して、もっと明確にこの侵食過程を書きたいという望みをもった。本小文では具体例として、下新川、宮崎及び市振海岸の海岸侵食を取り上げたのは以上の理由による。そのために、この原稿を執筆する直前にも現地を訪れ、自分の目で再度確認してきた。その成果についての判断は、この講習会に参加された人たちにゆだねられよう。

2. 自然とは

地元の要請があり、沿岸漂砂が卓越する砂浜や礫浜に新たに漁港を建設したとしよう。その結果、防波堤などによる沿岸漂砂の遮断があり、下手海岸で海岸侵食が徐々に進行し、挙げ句の果てに砂浜が無くなり海岸護岸の倒壊や越波が発生するようになるのが一般的である。この場合、この漁港を設計した土木技術者が自然に対する深い洞察もなく、ただ単に漁港建設のための技術的な検討しかやらなかったとしたら、海岸侵食という災害は人災になってしまうだろう。そうならないためにも、自然に対する理解が必須である。

2.1 自然のもつ5つの側面

地域や都市の環境を考えると、まず肝要なことは、自然とはどういうものであるかということが問題になってこよう。この自然のとらえ方として、まずつぎの5つの特徴があると考えられる。

(1) 素材：何でできているかということである。自然界に存在するものは人工物に比べて複雑な特性をもっている。木造住宅や天然素材を用いた畳、障子に温もりが感じられる。海岸の岩や礫や砂、風や光や土も素材としての自然であり、それがいきものとしての人間の感性に響き、もしくは訴える。

(2) 生き物：人工都市では社会機能が優先され、人間は明らかに生物の仲間からはずされている。しかし、人間以外の生物が生息できないような環境は、生き物としての人間にとっても望ましくない。人間以外の生物も生息できることが必要であろう。

(3) 生態系：農村から都市へと空間への人間の影響が加わるに従って、人為生態系の色彩が強まってくる。しかし、どんな地域、人工都市といえども、それは自然生態系の基盤に支えられている。人為生態系を支える自然生態系があってこそその生存であろう。

(4) 景観（ランドスケープ）：見かけの美しさだけでなく、地域、都市全体を視野に入れた環境認識の総合的な表現であり、地史的、歴史的産物である自然と文化の基盤に立つ人間と自然の共存する空間としての捉え方がある。

(5) 営力：地形、地盤条件を与えてきた自然外力の特性を適切に評価し、これを無理に制御するのではなく、むしろ人為的な土地の改変を極力抑えた地域、都市構造を実現する。

2.2 エコロジーとアメニティの調和

多様な生物と非生物とが織りなす自然環境と人間の生活環境の快適さとの調和が重要であろう。たとえば、ウオータフロントにおける空間部分の特質に応じて両者の比重を変えながら、全体としてのバランスが取れるような連続的な空間構成を考える。人間の居住における主体性の回復と、それを可能ならしめるような地域環境構造の再編があろう。この場合、安全であることが必須である。

しかし、あまりエコロジーを前面に出して主張すると、非常に大きな力を持ち過ぎて、これが経済活動のマイナスのファクターとなって脅威になっていく場合も考えられる。すなわち、環境問題をあまりにも突出させると、社会の活性という観点から、ある意味でマイナスになりかねないところがある。そういう意味で、エコロジーとアメニティの調和ということが非常に大事であろう。例えば野島公園をつくるとエコロジカルに非常にいいわけであるが、そこに人は近づけないようにするというような施策も同時に採用されている場合がある。そのような排他的なものでなく、社会生活の中でエコロジカルな面を活かすということである。地域、都市空間において、多様な生物と非生物とが織りなす自然環境と人間の生活環境の快適さとの融合をやらなければならない。豊かな時代とはこのような調和が達成されたものを指す。あらゆる生態系を保護するというものではなくて、人の生活空間の中で、生態系をどうはめ込んでいくかということが非常に技術的に重要な問題になってきていると考えられる。

3. 風土としての海岸

わが国のように、漁業などの人の営みのある海岸にはすでに人の手が入っており、天然海岸のままに存在するというのは皆無に等しい。したがって、ここでは天然海岸への回帰というのではなく、私たちに潤いを与えてくれる風土としての海岸のあり方を示したい。

まず、環境経済学の立場から、海岸環境はつぎの4つの機能をもっていると考えられる。

(1) 漁業資源の供給：漁業資源はわが国にとって貴重な食料である。再生、持続可能な範囲内の漁獲量にとどめる必要があろう。

(2) 環境への同化：たとえば、干潟はバクテリアによる有機物の分解、砂浜は海水の浄化機能をもつなど、海岸環境を維持する機構がある。

(3) アメニティの供給：たとえば、海岸のたたずまいや景観は生活者やそこを訪れる人たちにこころの豊かさや潤いを与える。

(4) 生命の維持：海岸環境の破壊は直接にはそこで生計を立てている人の生活水準を低下させる。深

刻になれば、生活できなくなる。

なぜ、海岸環境がこれまで十分配慮されてこなかったのでしょうか。これは、海岸の景観や砂浜、磯浜などに価格がついていなかったことが大きな原因であろう。本来はかけがえのない大切なものであり、高価なものであるにもかかわらず、価格がついていないということが価値のないものだということにすり替わってしまった。しかも、価格のなさゆえに市場経済でうまくマネージメントできず、結局無視されてきたと言える。すなわち、海岸環境は自由財として無限に手に入るもの、その価格を考えなくてよいものとして扱われてきた。

では、どのような海岸環境、すなわち海岸の風土を創造すべきなのであろうか。ここでは、やはりかつて私たちの漁村にあったような半自然系というか、自然を素材にし、自然のプロセスを活かしながら日々の生活を支えることができ、かつ自然と共存できるような環境というのが要るのではないかと考えられる。

そこで、環境創造の理念としての知のパラダイムということが必要になろう。このあたりの内容は1994年の土木学会の80周年記念シンポジウムで、『ウォーターフロントの治水と親水』というテーマですでに紹介をした¹⁾。要するに、私たちの社会の規範をいろいろな切り口で考えたときに、その考え方を従来のものから基本的に変えなければいけないということを主張しているわけである。たとえば、空間的には、要素還元的なミクロな空間の寄せ集めとそれぞれの空間の目的性の追求ということから、全体にどうバランスしているのかというような考え方を取り入れなければいけないのかという事である。

具体的な海岸の風土は、以下の3つの景観で構成されよう。

- (1)自然景観：砂浜、磯浜、岩礁・磯、海崖、松林、海浜植物群、進行する波・碎波、風・波の音、潮の香り、飛来する鳥、砂丘などの海岸地形、海原、水平線、島、岬、入り江、青空、夕焼け、背山など
- (2)歴史景観：まつり、歴史資料館、神社・仏閣、建設年代の混じる海岸施設、歴史街道と古い街並み、石碑・記念碑、防風林・防潮林など
- (3)文化景観：出船・入り船、汽笛、魚市場や朝市の賑わい、運河、小水路、民謡などの郷土芸能、郷土料理、方言、伝承など

私たちが海岸に対してもつ豊かな景観像が失われない、あるいは歪まないうちに、このような景観の整備によって、高質の海岸環境を創造し、これを後世に伝えることが重要になっていると言えよう。

4. わが国の自然観

開発によって自然環境が1つの方向に非可逆的に進行すると考える。そのとき、人工的改変の影響が局所的に留まらず、自然環境全体に及ぶような、意図していなかった現象が発生する場合には、この変化は深刻である。もっと厳密には、自然の中に局所的な環境のままに保存されることはあり得ないと言える。すなわち、海岸を考えた場合、海岸に開発行為が加わるとき、程度の差こそあれ、いずれの自然環境に影響を与えるがゆえに、明確な自然観をもつことが必要になる。そして、景観が単に見た目の美しさを求めるものではないことが理解される。

中西は²⁾、わが国には古来より「宇宙生命体」というものがあったことを強く主張している。それはたとえば万葉集の歌や松尾芭蕉の俳句に表れていると具体的に解説している。宇宙生命体とは、この世界全体が、一つの生命の体系に組み込まれているというものである。そして、これを支えるものが無限と零という2つの思想であるとしている。人間のいのちが宇宙生命体の一部をなすのだとすれば、当然、宇宙を円環する生命活動を、人間も共有することになる。これは、仏教でいう輪廻、転生と同じである。円環思想はいのちのない水などに適用した場合『循環』と同じである。したがって、循環

思想は古来から存在していたのである。

ところで、自然環境の創造ではこの循環はどのようにして実現されるのであろうか。これと密接に関連して、私は『自然は意志をもっている』(Nature has a will.)と主張したい。生物、非生物ともに与えられた環境下で平衡系に向かって動いていることの認識が重要であろう。確かに海岸の砂は自ら動く機能をもっていない。しかし、風や波や流れによって、すなわち外部動力系の働きによって移動することが可能である。このような非生物も素材及び景観の要素として重要であり、かつ地球規模で超長期的な循環の対象ともなっている。水はいろいろな周期で地球内を循環することはよく知られているが、このような非生物の多重循環の重ね合わせの上に生物が社会を作っているという認識が必要であろう。従来の環境論では生命のあるものだけが対象とされてきた。しかし、生命のないものは単に場所を提供するだけではない。むしろ、非生物こそが自然環境を支えている場合が圧倒的に多い。たとえば、浅い海では太陽光が海底にまで届くため、海藻などは光合成が可能である。世界の海がすべて海底にまで光の届かない深海で構成されていれば、生物の生息環境は現在のものと大きく変わったに違いない。

5. なぜ海岸侵食が起こるのか

5.1 海岸侵食の機構

図1を参照し、岩垣³⁾、土屋⁴⁾の研究成果を参照し、2次元の漂砂の連続式をいそ波帯を対象として岸沖方向に積分すれば、次式が得られる。

$$\frac{h_b}{B_b} \frac{\partial y_o}{\partial t} = \frac{\partial \bar{h}}{\partial t} - \frac{h_b}{B_b} \left(1 - \frac{\bar{h}}{h_b} \frac{\partial B_b}{\partial t} \right) - \frac{1}{B_b(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial Q_{xb}}{\partial x} + (q_{y,y=y_o+B_b} - q_{y,y=y_o}) \right\} + \frac{1}{B_b^2} Q_R(t) \delta(x-x_o) \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 $\bar{h}$: 平均水深、 h_b : 砕波点の水深、 B_b : いそ波帯の幅、 q_y : 単位幅当たりの岸沖漂砂量、 Q_x : いそ波帯の沿岸漂砂量、 $Q_R: x=x_o$ で河川から供給される土砂量、 λ : 漂砂の空隙率である。ここで、従来のように積分の範囲を漂砂帯の幅にとらなかったのは、つぎの理由による。すなわち、沿岸漂砂量の大部分は漂砂帯より岸側のいそ波帯に存在しているので、近似的にこれを漂砂帯と考えてよい。そうすると、砕波帯では、ここを横切る岸沖漂砂量が存在するので、その長期的影響を検討できる。式(1)から、左辺は汀線位置の時間的变化であり、これをもたらすものは、つぎの6つの場合である。

- 1) 右辺第1項による平均水深の変化、たとえば、ストームの来襲によって波高や周期が時間的に変化する場合である。
- 2) 同2項の括弧内右辺によるいそ波帯幅が時間的に変化する場合である。これも、波高や周期の変化によってもたらされる。
- 3) 同3項中括弧内第1項の沿岸漂砂量が沿岸方向に変化する場合である。波高や周期、波向によって変化する。
- 4) 同3項中括弧内第2項の砕波帯での岸沖漂砂量が変化する場合である。これも波高や周期、波向によって変化する。
- 5) 同3項中括弧内第3項の前浜での岸沖漂砂量が変化する場合である。たとえば、消波ブロックなどを設置して浜の反射率が変化した場合に、離岸漂砂が増大する場合などである。
- 6) 同第4項の漂砂源が変化する場合である。

このように、波浪条件という自然外力と浜の反射率の変化などという人為的な影響によって、汀線

は前進したり後退したりする。

では、実際にどのような過程を経て、海岸侵食は発生するのであろうか。定性的ではあるが、つぎの事例が典型であろう。まず、漂砂源がダムや築造によって変化し、河口部での供給土砂量が減少したり、沿岸漂砂の上手側に港湾や漁港が築造されて漂砂の下手海岸への供給量が減った（漂砂の連続性が破綻した）と考えてみよう。波浪特性は長期的に変化しないから、漂砂の下手海岸では沿岸漂砂量は変化しない。したがって、上手側からの漂砂が遮断されるのであるから、海岸に堆積した漂砂は減少、すなわち侵食される。そのために、いそ波帯の水深は深くなり、前浜勾配が急峻化する。すなわち、砕波点が従前よりも岸寄りとなろう。この浜勾配の急峻化によって離岸漂砂が助長されるようになり、前浜に消波ブロックを置けばさらに反射率が大きくなるために、離岸漂砂量が増加し、加速度的に汀線が後退しよう。

5.2 漂砂の移動形態に見られる平衡系

波浪特性の変化などに見られる漂砂の平衡系への自動的変移には、つぎのものがあろう。

(1) 海浜断面の変化：正常海浜と暴風海浜の区別があるように、波形勾配が大きくなると前浜の漂砂は沖方向に一時的に避難し、そこに沿岸砂州を形成する。沿岸砂州が形成されるとこの付近に砕波点が集中し、それだけ汀線近くには波の大きなエネルギーが働かなくなる。すなわち、高波浪時には海浜は自動的に波のエネルギーをより沖で消散して安定化を図るわけである。このような波浪特性の周期的な変化は、ストーム毎や季節毎に繰り返されるので、これによる変化は海岸侵食ではない。

(2) 漂砂下手海岸の汀線形状の曲線化：平面水槽で実験をやれば簡単に理解できるように、沿岸漂砂の卓越する場合に防波堤などを沖に突き出した場合、その下手海岸の汀線は時間的に線形に後退するのではない。斜め入射波の回折によって曲線海岸が形成され、汀線単位長さ当たりの波のエネルギーを減少させ、卓越波浪の入射角が小さくなるように汀線の平均的な方向が徐々に変化する。これは、そうなることによって、元の直線海岸の場合よりも沿岸漂砂量を少なくしようとしていると解釈される。

(3) 海岸侵食の進行に伴う粗粒化：海岸侵食によって浜勾配が急峻になると、浜砂の平均粒径は粗くなる。これは、ダム下流部の河床低下に抵抗するアーモアコートの形成と同じであって、供給が少なくなったのに応じて、下手海岸で発生する沿岸漂砂量を少なくして、侵食を緩和、すなわち平衡を維持しようとしているにほかならない。

6. 複合漂砂系の不均衡—新潟県・姫川河口から富山県・黒部川河口まで—

いま、具体的な海岸侵食の例として標記の北陸の代表的な海岸を取り上げ、その侵食過程を説明しよう。侵食の原因は、流入河川流域の治山・治水事業の進行による漂砂源の減少、漁港・港湾の建設による沿岸漂砂の阻止、河道変遷による漂砂源の移動、港口埋没阻止のための対策工の影響など、複数の影響要因があり、ここではこれを複合漂砂系と名付けた。

さて、**図1**にこれから考察の対象とする地図を示した。海岸線の延長は40km弱である。この海域では、屈折図によるエネルギーフラックスの特性や離岸堤背後及び漁港防波堤などでの漂砂の堆積状況から、漂砂卓越方向は西向きである。ただし、姫川河口右岸から東側は糸魚川海岸と呼ばれ、ここでの沿岸漂砂は東向きであり、その量は年間約1.5万 m^3 と推定されている⁹⁾。現在、姫川港の防波堤の延伸によって漂砂源がほぼ断たれ、礫浜はほぼ完全に消失している。1911年測量の5万分の1の地形図では、姫川河口のデルタが東西にほぼ対称形となっている（河口の位置は現在も同じである）。このようなことから、姫川河口付近で漂砂の方向が逆転していると言える。姫川河口から西方向へは**写真1**のように幅約80から90mの砂浜が続いている。ここには、青梅川河口まで、**図2**のように1990年末までに20基の離岸堤が設置されている。1995年末に撮影した空中写真から、そのうち**写真2**の青梅川河口右岸から4基と途中の田海川河口右岸側の3基の計7基の背後ではトンボロとなっていないことがわかっている。離

岸堤背後への漂砂の捕捉は東側の離岸堤より徐々に進んでおり、1990年から95年の5年間に図中の陰影の部分に漂砂が堆積している。このことから、姫川からの西向きの沿岸漂砂は量的にはそれほど多くなく、姫川寄りの離岸堤によって沿岸漂砂として捕捉され、かつ離岸堤前面での反射のために、青梅川までほとんど達していないと推定される。なお、姫川からの流送土砂量の減少は量的には把握されていないが、治山・治水事業に伴う河床低下によって、北陸本線の橋脚の沈下が1960年代に発生していることから、その影響は決して小さくないと判断される。

つぎに、青梅川左岸の青梅海岸の写真が3である。ここでは、1990年12月28日と1991年2月17-21日において緩傾斜護岸の倒壊と応急措置をした背後の鋼矢板の倒壊があり、北陸本線が362本運休した。現在、緩傾斜護岸の法先には礫は見あらず法先の押さえ用の消波ブロックが沈下している。1991年当時、この海岸の西端にはわずかながら（幅約10m）の礫浜が存在していたが、写真4のように現在皆無である。なお、ここから、子不知、親不知にかけては、現在、砂浜、礫浜が断続的に消失し、徒歩によって市振に達することは不可能となっている。江戸時代にここに北陸街道が存在し、もちろん高波浪のときには通行不能となるなど、それほど広い浜ではなかった。1911年測量の5万分の1の地形図には、この区間にはっきりと連続した浜があったことが示されている。

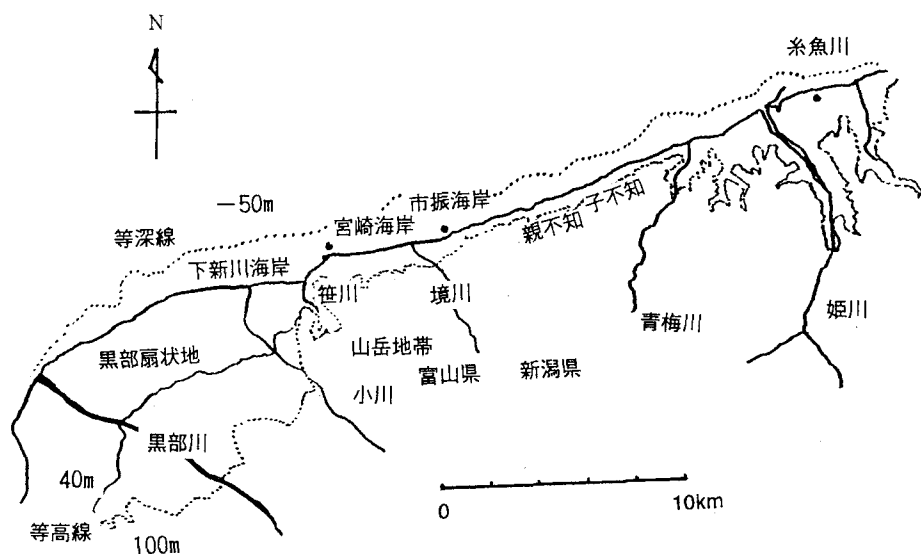


図1 姫川から黒部川に至る地形図

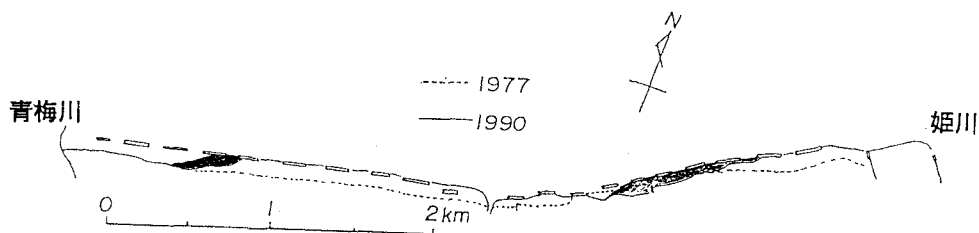
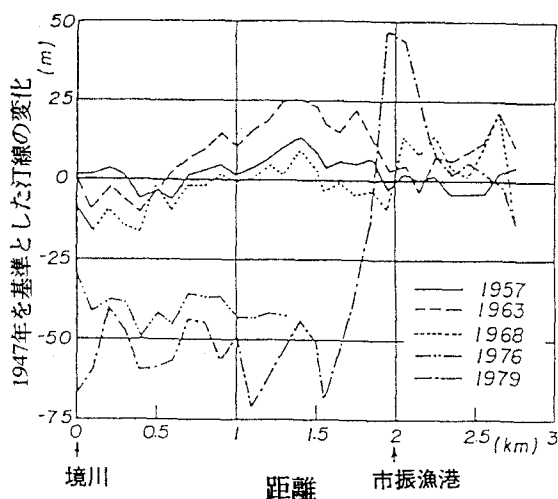


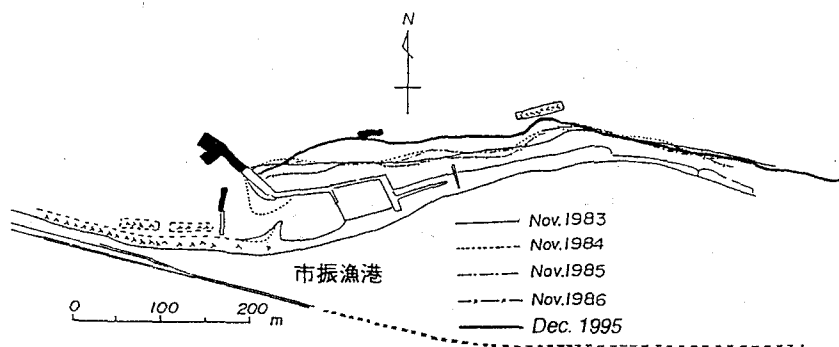
図2 姫川から青梅川に至る汀線変化と離岸堤群（陰影部分は1990年から1995年の間に堆積した漂砂）

さて、写真5は市振漁港の西にある2基の離岸堤の内、東のもの（親不知寄り）を東から俯瞰したものである。この離岸堤はまだ舌状砂州の段階であるが、かなり沿岸漂砂が堆積している。そのため、かつては礫浜が見えなかった東端に写真6のように、礫浜が形成されている。この事実、親不知・子不知にはほとんど浜は残っていないが、沿岸漂砂が消滅したわけではなく、現在でも西向きのものが若干存在していることを示している。写真7は市振漁港の防波堤先端から東の方向を撮影したものである。手前の離岸堤は溝砂状態となっている。これら2基の離岸堤は、市振漁港の防波堤東側に沿岸漂砂が過剰に堆積し、これが越波によって港内に運ばれて浅くならないようにするため、あるいは港口埋没を起こさせないためのものであって、その目的は果たしているが、それだけ沿岸漂砂の連続性を乱すことになっている。図3は汀線の経年変化を示したものである。この漁港は1966年に修築されて以来、防波堤の延伸と泊地の拡大を行ってきており、現在、防波堤の先端水深は約8mとなっている。

写真8は市振漁港から西を望んだものであり、ここから境川河口約2kmには全く礫浜が認められない。図3からも急激に礫浜が消失したことがわかる。写真9は市振駅構内の越波の飛沫防止柵と周辺状況を撮影したものである。市振駅構内における波浪災害の歴史は、この漁港修築わずか4年後の1970年1月に発生し、現在までに23回を数える。1989年11月2日には寄り廻り波（最大有義波高5.56m、有義周期9.5s；建設省田中観測所）によって護岸背後の線路路盤が吸い出され、上り線が不通になった。その後、沖に人工リーフが新潟県土木部によって設置され、現在に至っている。私は1970年頃境川河口から市



a. 1980年以前



b. 1983年から1995年

図3 市振海岸の汀線変化

振漁港までこの海岸の礫浜を歩いた経験がある。大して広い浜ではなかったけれど全長にわたって礫浜が存在していたことは間違いがない。写真10は市振海岸の西端に設置された短突堤であるが現在、わずかの礫浜も基部にはない。このような状態では、寄り廻り波が来襲すれば20時間程度継続することが一般的であり、過去の被災を繰り返す危険がある。なお、来襲波浪が前浜上の消波ブロックまで達していた1986年前後には、岸沖方向約800m、沿岸方向約2kmの海域で年間約37万 m^3 の土砂が流出したことがわかっている⁶⁾。

さて、写真11は境川左岸の宮崎海岸の東端を撮影したものである。ここには現在、6基の離岸堤が設置されているが、いずれも若干の舌状砂州が形成されているにすぎない。なお、境川の流域で現在、北陸新幹線のトンネル工事が行われており、大量の土砂が河道に流出しており、空中写真から河道に顕著な交互砂州の形成が確認された。したがって、短期的には出水毎に土砂の供給が期待できる状態にあると言える。写真12は宮崎海岸中央部から西を望んだもので、この付近では浜幅が約70mある。また、写真13は宮崎漁港の防波堤から東を望んだもので、ここでもやはり2基の離岸堤が砂止め用に設置されている。図4は汀線変化を示したものであって、この付近では年間約2万 m^3 の沿岸漂砂量があると推定されている⁷⁾。なお、宮崎漁港は拡張の結果、現在、防波堤先端水深は6m程度であって、漂砂による港口埋没が起こっており、普段に浚渫されている。

写真14は笹川の河口から宮崎漁港方面を望んだものであり、ほとんど浜は残っていない。ここには、かつて北陸街道が通っていたが、江戸時代にも高波浪時に通行不能になったと伝えられている。その時には越中宮崎から山沿いの別のルートを通行していたと言われる。1951年から始まった宮崎漁港の修築前からこのような状況にあるということは、宮崎海岸からの沿岸漂砂の補給が浜の形成にほとんど寄与していない、あるいはそれを上回る侵食があったことを示唆している。そこで、さらに下手海岸である下新川海岸を撮影したものが、写真15であり、離岸堤と副離岸堤も写っている。近年のサンドバイパスによって離岸堤背後は満砂状態である。しかし、この1km西では写真16のように舌状砂州の形成すら認められない。

このような深刻な侵食は、主に黒部扇状地の衰退によって起こっている。今から300から400年前には、現在の小川付近の古黒部に黒部川の本流があり、それが出水によって現在の位置に変わったことがわかっている。上流にダム等がなかった時代には河口付近で年間約170万 m^3 の土砂の供給があったと推定されているが⁸⁾、その供給がほぼなくなったわけである。なお、それ以前の扇状地が形成されつつあ

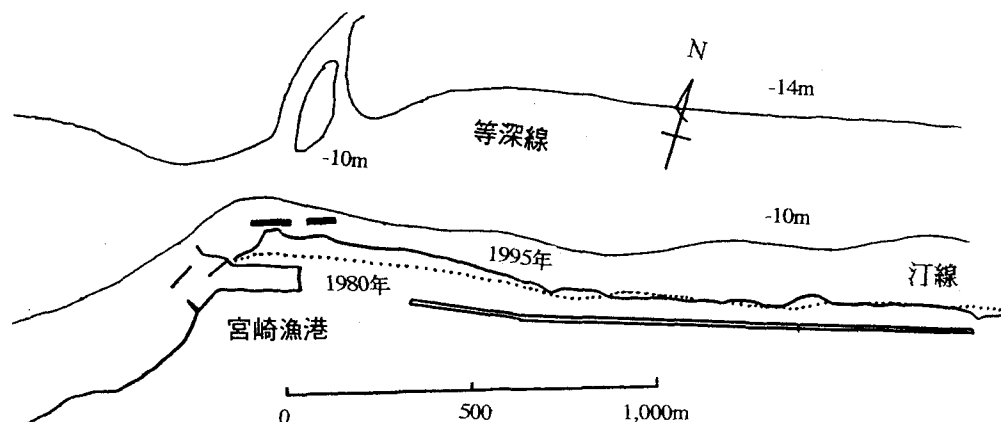


図4 宮崎漁港周辺の汀線変化の例



写真1 姫川河口左岸の海岸と親不知・子不知を望む



写真2 青梅川河口右岸の離岸堤群と左岸の堆積状況



写真3 青梅川河口西海岸（勝山海岸）の緩傾斜堤と消波ブロック

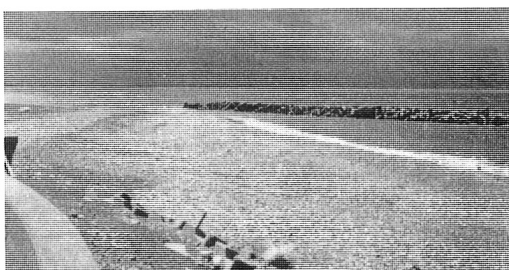


写真5 市振漁港の東離岸堤と舌状砂州の堆砂状況

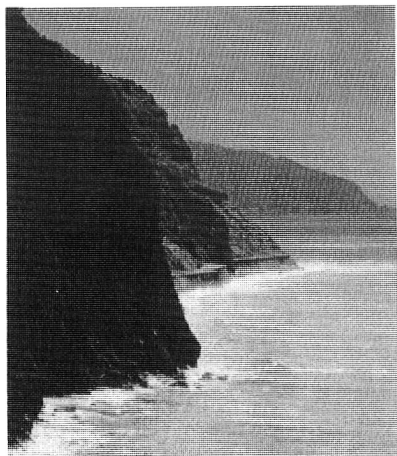


写真4 親不知から市振方向の崖海岸



写真6 市振から親不知を望む（舌状砂州の東端が発達している）

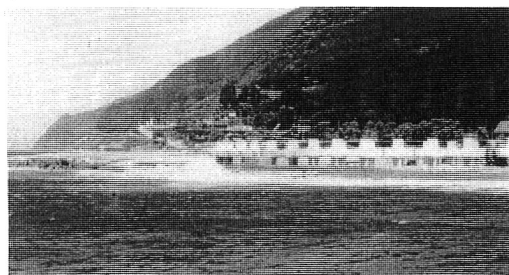


写真7 市振漁港の防波堤先端から東方向の堆砂状況（西離岸堤背後まで堆砂している）

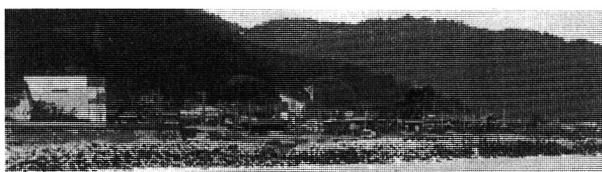


写真8 市振漁港の西海岸。ここから境川河口までの2kmの区間には磯浜はなくなっている

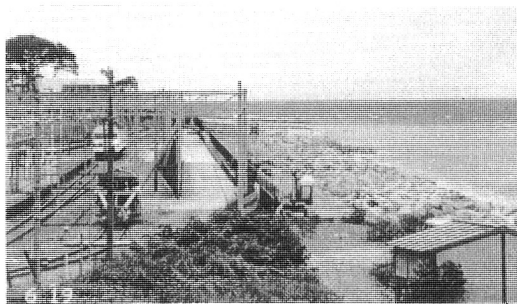


写真9 北陸本線「市振」駅構内と消波ブロック



写真10 境川河口右岸の市振海岸東端の短突堤



写真11 境川河口左岸の宮崎海岸西端と離岸堤群
(背後に土砂の堆積はない)



写真12 宮崎海岸中央部付近から宮崎漁港を望む



写真13 宮崎漁港から東の風景



写真14 笹川河口から宮崎漁港を望む(小規模の碇浜が点在している)

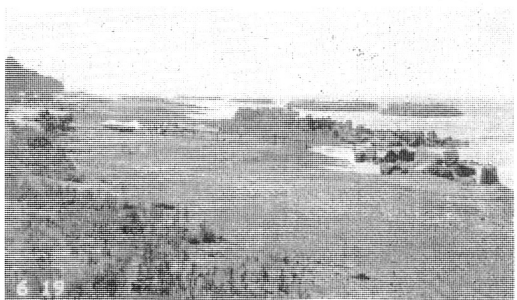


写真15 下新川海岸の離岸堤群(左手前)と副離岸堤群



写真16 下新川海岸東端より約1kmの地点の護岸と離岸堤群

た時代にあっては、年間約400万 m^3 の土砂の供給があったと推定されている。黒部川の本流は歴史的に東西に偏流してきたために、現在のような同心円状の等高線をもつ扇状地が形成されたとと言える。しかし、本流が西にあるときには、下新川海岸から沿岸漂砂として流失する土砂は10万 m^3 を下らなかったと推定されている⁷⁾。幾つかの解析結果によって数値は異なるが、扇状地の東端にあたる笹川付近では、扇状地形成後1ないし2km弱汀線が後退したと言われており、そのことは図1に示した-50mの等深線の位置からも推定される。現在でも、下新川海岸では沿岸漂砂量が年間1-2万 m^3 あると考えられており、漂砂の連続性という観点から考えると、つぎのような問題がある。

- 1) 上手の宮崎漁港からの土砂の供給がほぼ零になっているので、海岸侵食が進行する。
- 2) 正副離岸堤の建設によって下新川海岸から西に向かうべき沿岸漂砂がほぼ止まっており、下手海岸の侵食が継続する。

下新川海岸の激しい侵食を考えると、離岸堤によって第2の汀線を作り海岸を守るという発想は理解できる。問題は、現在も沿岸漂砂が期待できる海岸であり、黒部川河口にかけての下手海岸の侵食が進行中であるということである。結論から言えば、この侵食量かそれ以上の土砂供給をサンドバイパス工として継続的に実施すること、あるいは宮崎海岸からの沿岸漂砂量の供給が下新川海岸になくても、安定な海浜を造成するかのいずれかしか選択の余地はないと言える。

7. 自然観を活かした海岸侵食制御のマネジメント

海岸侵食は長期災害の典型例であって、津波や高潮などととも主たる海岸災害である。したがって、ほかの災害と同じく、危機管理の対象となる。さて、近年、環境アセスメント法が2度にわたって廃案となったが、環境基本法が成立した今日においては、再び立法化される動きが出てきている。わが国のこれまでの環境アセスメントを見た場合、つぎのような問題点が指摘できる。

(1) 環境アセスメントは、本来は計画アセスメントと事業アセスメントで構成されるべきであるのに対して、わが国では前者がほとんど無視されている。したがって、事業を実施することを前提にして

いる。

(2) 環境アセスメントで調査すべき内容が、事業者側で決めてしまっている。そのためともすれば検討内容が偏っており、本当のアセスメントになっていない。

(3) 同じ開発行為に対して、関係省庁で検討事項や判定基準の齟齬があり、各省庁にまたがる広域、多目的開発に対して現状での環境アセスメントは必ずしも有効でない。

さて、海岸侵食を対象とした危機管理（エマージェンシーマネジメント）は、海岸侵食発生前を対象とするリスクマネジメントと発生後を対象とするクライシスマネジメントに分けられる。表1はそれらをまとめて示したものである。自然観を活かすという立場から解説してみよう。

7.1 リスクマネジメント

リスクマネジメントは物理的減災（Physical Mitigation）と事前準備（Preparedness）から構成される。前者は、さらに構造物による減災（Structural Mitigation）と計画・デザインによる減災（Mitigation by Design & Planning）に分類される。なお、海岸環境の分野ではミティゲーションとは、埋め立てや港湾建設などによって海岸低湿地が失われる恐れがある場合に、その生態系をいかに保存するかという技術を指しており、日本語に訳されずカタカナで原音通りに用いている。しかし、表2のようにそのタイプは、修復、創造、増強、交換、保全であり、広義の『減災』である。わが国の海岸のように、すでに自然環境は悪化してから対策を考える場合、減災は修復、創造、保全であろう。このように、わが国では海岸事業を計画するに当たって、それから当然発生すると予想される海岸侵食を事前に『物理的減災』の立場からほとんど検討されていないことに気がつく。これに属するものは、1) 漂砂特性の把握、2) 波浪特性の把握、3) 許容侵食量の推定、4) 対策工法の選定、5) 施設の構造設計などである。とくに、対策工法の選定では、侵食対策と越波対策や港口埋没対策とがしばしば競合することに注意する必要がある。

つぎに、『事前準備』は、海岸侵食対策の事前のソフトウェアである。1)環境アセスメントの実施、2)侵食対策費用の見積もり、3)関連資料の収集と解析、4)景観設計、5)土砂管理体制の確立、6)関係機関の調整、8)海岸事業の将来計画、7)情報公開などであろう。これらは、海岸侵食の恐れのある場合についてもこれまで事前にはほとんど実施されていないことに気がつく。たとえば、6)に関して、図1の境川は新潟県と富山県の県境となっているが、市振海岸と宮崎海岸の海浜過程について両県が同じテーブルについて議論したことはこれまでないと思われる。これらの海岸の漂砂源はほぼ共通であり、マクロな漂砂のバランスの観点から是非必要である。

7.2 クライシスマネージメント

海岸侵食が発生してからのクライシスマネージメントは、応急対応（Response）、復旧・復興（Recovery）と社会ミティゲーション（Social Mitigation）から構成される。『応急対応』では、1)通行禁止措置、2)海岸決壊が生じたところへの土砂や消波ブロックの投入による緊急保全、3)応急対策工法

表1 海岸侵食の危機管理（エマージェンシーマネージメント）

リスクマネジメント	クライシスマネージメント
構造物による減災（Structural Mitigation） 構造物の設計 許容侵食量の設定 波浪特性の把握 底質特性の把握 侵食対策工法の実施 許容越波量の算定	応急対応（Response） 侵食土砂量の補給 消波ブロックの投入 侵食対策機関の発足
事前準備（Preparedness） 環境アセスメントの実施 情報公開 侵食対策費用の見積もり 関係機関の調整 関係資料の収集と解析 将来の拡張計画の検討 景観設計 土砂管理機関の設置 ボランティアの協力	復旧（Recovery） 新たな侵食対策の実施 施設利用の見直し 海岸施設の移設 侵食原因の見直し 社会ミティゲーション （Social Mitigation） アメニティ・インフラストラクチャー エコ・インフラストラクチャー

表2 ミティゲーションの種類

タイプ	タイミング	立地	内容
Restoration(修復)	事前	On-site(同地)	In-kind(同種)
Creation(創設)	並行	Off-site(異なる地域)	Out-of-kind(異種)
Enhancement(増強)	事後	—	—
Exchange(交換)		—	—
Preservation(保全)		—	—

の実施、4)侵食対策委員会の設置、5)関連情報の収集、解析、共有化などである。『復旧・復興』では、1)海岸侵食の恒久対策の策定、2)海岸侵食原因や侵食・堆積土量の見直し、3)海岸事業の見直しなどである。

なお、海岸侵食の発生では、基本的に原形復旧でない改良復旧が必要であり、『社会ミティゲーション』が重要になっている。これは、総体としての海岸環境を対象とするものであって、もし、海岸侵食が発生したとき、生態空間（Ecological Space）の確保を目指す自然環境の復興（Natural Environment Recovery）と、アメニティ（Amenity）の実現を目標とする社会環境の復興（Social Environment Recovery）が目標となろう。前者ではエコ・インフラストラクチャー（Ecological Infrastructure）が、後者ではアメニティ・インフラストラクチャー（Amenity Infrastructure）の実現が望まれる。前述した『自然観』は、この領域でとくに必要である。まず、海岸侵食に関係するエコ・インフラストラクチャーに関して、下記の事項が重要であろう。

- a. 海岸土砂の連続性、循環性の補強
- b. メンテナンスフリーの構造物の建設
- c. 下水や汚物、プラスチックの投棄による海水汚濁防止
- d. 海岸の藻場育成や漁礁の造成、背後地の緑化推進

これらは単独ではなく、機能複合を図るべきであろう。

つぎに、アメニティ・インフラストラクチャーに関して、つぎの環境形成が望まれる。

- a. 安全・安心環境：海岸侵食が発生しないこと
- b. 利便環境：交通アクセス、漁業施設などの各種公共施設の立地条件の改善
- c. 経済環境：各種規制緩和、所得水準、就業環境、居住条件の改善
- d. 文化環境：海浜リゾートの形成、文化施設建設と郷土文化活動の支援、地域コミュニティ形成支援
- e. 情報環境：各種海岸環境情報の収集、共有化と発信、景観の見直し

7.3 自然観に基づく海岸侵食の軽減

『自然観』としての、「Nature has a will.」の立場から海岸侵食の問題にアプローチしてみよう。

1) 漂砂源：流入河川が漂砂源の場合には、上流域の過度の治山、とくに連続的な不透過タイプの砂防堰堤の築造は、漂砂源の激減となって深刻な海岸侵食を助長する。たとえば、日野川の「たたら」による砂鉄を用いた製鉄の中止と、砂防ダムの広範囲な築造は皆生海岸の侵食を発生させた。たとえば、巨礫のみを止める鋼管などを用いたスリット型の砂防ダムが、旧タイプに代わって建設されるべきであろう。

また、ダムからの排砂の問題がある。わが国のダムには排砂施設が設けられているものがあるが、未だかつてこれを開けて下流に堆砂を排出したことがない。そこで、1995年10月下旬に黒部川の出し平ダムで緊急排砂が実施された。5日間にわたって、200m³/sの放水が行われ、これに伴って、175万m³の土砂が下流の黒部川に流出した。その結果、河道部に88万m³堆積し、そのうち河口部から2kmの河道にその40%にあたる38万m³が堆積した。河口への流出は75万m³であった。下流部に現在建設中の宇奈月ダムでは、建設省の直轄ダムとしては、初めて排砂施設を備え、これによる土砂の排出を実施できるようになっている。黒部川におけるこのような試みは、漂砂源の連続性という観点から極めて重要であり、排砂時の漁業問題や水質問題を解決して是非軌道に乗せてもらいたいものである。

2) 河口処理：河口処理工としては、河口港の機能維持や洪水の疎通能力確保という観点から導流堤などの建設が行われてきた。しかし、漂砂の連続性の確保という観点は残念ながら考慮されてこなかったのが実状である。しかも、河道の浚渫土砂は本来は海岸に帰属するものであるにも拘わらず、建設骨材として売却したり、他の用途に流用しているのが圧倒的に多く、これも人為的に漂砂の連続性を阻害していると言える。

3) 港湾、漁港などの海岸施設の建設：まず、港湾や漁港立地はかつてできるだけ集落に近いところ選ばれてきた。とくに、漁船はもともと集落近くの前浜上に引き上げて使用していた。漁港はそこに建設されてきたわけで、漂砂の連続性に対する配慮は皆無であったと言ってよい。しかも、道路や燃料基地などその他の施設も作られるわけで、海岸付近に資源やエネルギーが過剰に投入されることになり自然環境も大きく変わることになる。そして、防波堤を伴うような港湾や漁港が集落に近いところに建設されたために、その影響がただちに集落に及び、応急的に侵食対策が行われ、それが今日まで続いている例が多い。まず、海岸施設を集落から離す努力が必要だろう。

沿岸漂砂の連続性の観点から、沿岸方向のエネルギーフラックスの大きな部分に防波堤などを突き出すと、たちまち下手海岸では海岸侵食が発生する。これまで、防波堤の法線は卓越波浪の波向と直角になるように決められてきた。これは、防波堤の機能を港内静穏のみしか考えていないからである。しかし、直線的に大水深部まで延伸されると、先端を回り込んで下手海岸に供給される漂砂はほぼ皆無になってしまうだろう。このような例はわが国では枚挙にいとまがない。そこで、この法線を直線でなく曲線とし、最終的にその方向は元の汀線と平行になるような工夫が必要であろう。仮にこれによって港口埋没が起こるようであれば、浚渫すればよいのである。

4) 河川の流路変動による自然的侵食：河口部から土砂が流出し、これが河口部海岸を形成しているとすれば、そこには必ず沿岸漂砂が存在する。したがって、もし洪水等によって流路変動が起これば、あるいは人為的な河道の付け替えが起これば、極めて大きな海岸侵食が発生する。たとえば、1931年の大河津分水の完成後、旧信濃川河口部は大きく侵食され、天然ガス採取による地盤沈下と相まって、新潟西海岸では累積の汀線後退量は約400mにも達している。この海岸の形成過程を考えると、西海岸では西向きの沿岸漂砂が卓越しており、大河津分水完成後に旧河口部から土砂の供給がなくなっても、ここから沿岸漂砂が発生している。海岸はほとんど失われた土砂の供給に対して平衡を保とうとして後退を続けている。したがって、新潟西海岸では、沿岸漂砂を従来通り発生させる直線海岸のまま保全することは不可能なことがわかる。第二次大戦後、この海岸でほとんどあらゆる種類の侵食対策工が施工されたが、未だに安定していないのは、この理由によると考えてよい。

そこで、前述した、糸魚川海岸から下新川海岸までの海岸侵食の軽減策を、『自然観』を踏まえて提案してみよう。まず、港湾にしても漁港にしても適切な規模というものがあるだろう。その規模とは、漂砂の平衡系を乱さない範囲である。もし、乱す恐れがあるときには、原因者の負担でそれを修復する必要がある。漁港についても漁業従事者が経年的に減少する中で、施設そのものは大規模になってきている。規模を大きくする場合には複数の漁港の統合をはじめ、できるだけ漂砂系を乱さない沖合い島式の漁港の建設というような工夫が望まれよう。また、漂砂源が減少した場合には、直線海岸で保全することはできないので、適当なヘッドランドによるポケットビーチ群による再編が必要だろう。現存する海岸侵食制御工法の中で、漂砂の連続性の観点から原理的に明確なものは安定海浜工法のみであり⁹⁾、その採用が強く進められてもよい。この場合、上手側のヘッドランドの背後に泊地を作ることも可能である。ただし、静的安定海浜はともかく、沿岸漂砂量の若干の通過を許容する動的安定海浜を人工的に作るためには、さらに多くの知見を重ねる必要があると判断される。

現状のように、姫川港や市振、宮崎漁港が漂砂の連続性を乱しており、自然の営力で回復することは不可能となっているので、人為的に連続性を保障する必要がある。また、糸魚川海岸や市振海岸では人工リーフ工法が適用されているが、漂砂制御能力に疑問があり、これによって海浜が安定化されたかどうか疑問である。そこで、サンドバイパスや養浜がもっと用いられるべきであろう。

また、下新川海岸のように現状では宮崎海岸から漂砂の供給がない状態で、数キロにわたる直線的で安定な磯浜海岸としては存在できない。そこで、宮崎海岸からのサンドバイパスを半永久的に継続するか、人為的にポケットビーチ群として浜を再生することが考えられる。現状の離岸堤と緩傾斜護岸の組み合わせではこの海岸の保全は不可能と言っても過言ではない。

8. 結 語

ここでは、海岸侵食の問題は土木工学などの技術だけでは解決できないという観点から、『自然観』を踏まえた海岸保全のあり方を示した。漁港をはじめ海岸構造物や施設が大規模化していく中で、わが国の海岸侵食はより深刻化してきている。このような情勢は最近始まったものではなくすでに私が学生時代から識者によって指摘されてきた。過去10年以上、高波浪を伴う台風が大規模な侵食海岸近くを通過していない幸いもあって、ともすれば海岸侵食の存在さえ世間的には忘れ去られている観がある。しかし、この間着実に侵食が進行しており、わが国の至る所で回復が不可能になってしまった海岸が散見されるようになってきた。この辺りで財政当局や漁業者の少々の抵抗があっても海岸保全をやり抜く決心をしなければ、大規模な自然の砂浜や礫浜海岸はわが国から姿を消してしまうことは間違いないであろう。海岸を含めてわが国の自然をどう守るのか、そしてそれを後世に伝える義務を私たちはもっている。自然や環境を扱うとき決して技術万能ではないことを知って、確固たる自然観をもって仕事をするのが土木技術者に要求されている。

最後に、本稿をまとめるに当たり、建設省北陸地方建設局黒部工事事務所 北村 匡所長に資料の提供をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 河田恵昭：ウオータフロントの治水と親水，土木学会創立80周年記念国際シンポジウム「都市開発と土木工学」論文集，1994，pp. 61-67.
- 2) 中西 進：日本人の自然観，文学界（4月号），1992，pp. 206-216.
- 3) 岩垣雄一：海岸侵食論，水工学に関する夏期研修会講義集，1966，pp. B-17-1-16.
- 4) 土屋義人：海岸侵食について，京大防災研年報，第21号A，1978，pp. 25-42.
- 5) 土屋義人ほか：糸魚川海岸の侵食制御について，京大防災研年報，第29号B-2，1986，pp. 727-762.
- 6) 土屋義人ほか：構造物による海浜変形とそれに伴う海岸決壊一市振海岸を対象として，海岸工学論文集，第39巻，1992，pp. 441-445.
- 7) 土屋義人ほか：黒部川扇状地海岸の形成と変化について，第34回海岸工学講演会論文集，1987，pp. 322-326.
- 8) 富山湾海岸侵食調査報告書，1952，303pp.
- 9) 土屋義人：安定海浜工法，その理論と実際，土木学会誌（3月号），1991，pp. 24-27.