

海のウォーターフロント

建設省土木研究所海岸研究室長 田中 茂信

1. はじめに

沿岸域は島国であるわが国にとってかけがえのない貴重なウォーターフロントである。法河川の総延長142,606km¹⁾に比べ海岸線総延長34,591km²⁾と短い。河川が左右兩岸を有することからすると海のウォーターフロントの延長はリバーフロントの1割余りでしかない。しかしながら、海のウォーターフロントは我々にとってかけがえのない貴重な環境である。本文ではこのかけがえのない環境である沿岸域について考えてみたい。

2. 沿岸域とは

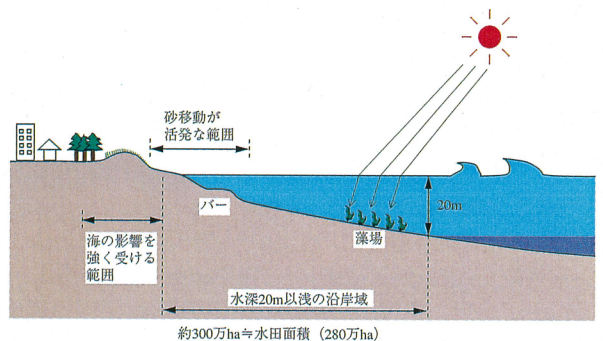
沿岸域は広い海の縁部であり、「沿岸域」とは「陸と海との漸移帯を一体的にとらえたものであり、海岸に限らず、背後地と水域を広く対象にしている。特に、土砂移動と水質等の問題については、山まで含めた流域系全体として考える」としている。したがって、ウォーターフロントという用語の語感から想像されるものよりかなり広い概念である。しかしながら、なんと言ってもその中心は海岸を挟む帯状の区域であり、沿岸域を特徴づけているのは海と陸と大気の三者の境界であるということである。

この帯状の区域について、陸上部は容易に観察することができるので海の影響範囲は比較的簡単に決めることができると思われる。しかし、直接海の中をマクロ的に観察することが困難なためこの帯状の区域の海側の境界を決めるのは容易ではない。ここでは海岸付近の特性がどの程度連

続的に海の中に広がっているかという観点から考えてみる。

図-1に示すように、太陽光は水中で急速に減衰するので、浅いところでは海底まで光が届き、海草や海藻が生えているが、深いところは暗黒の世界である。光が届く範囲としては透明度にもよるが概ね水深20m～30mといわれている。わが国の沿岸では水深20mぐらゐまで藻場が分布している³⁾。なお、海底面が必ずしも岩礁でなくとも波や流れが厳しくない条件下では砂地でも藻場になりうる。アマモ場がこの一例である。

底質の特性からみると、汀線付近に粒径の小さい砂が存在している海岸だけでなく、汀線に礫が分布する海岸の沖合にも砂が存在していることが多い。図-2は石川海岸及



- ・生物生産活発 (光が海底まで届く、藻場)
- ・生物のゆりかご (産卵場所、幼稚仔の生育場所)
- ・砂移動活発 (高波浪時) (侵食、浄化作用)
- ・流域の影響大
- ・人間活動の影響大

図-1 沿岸域のイメージ図

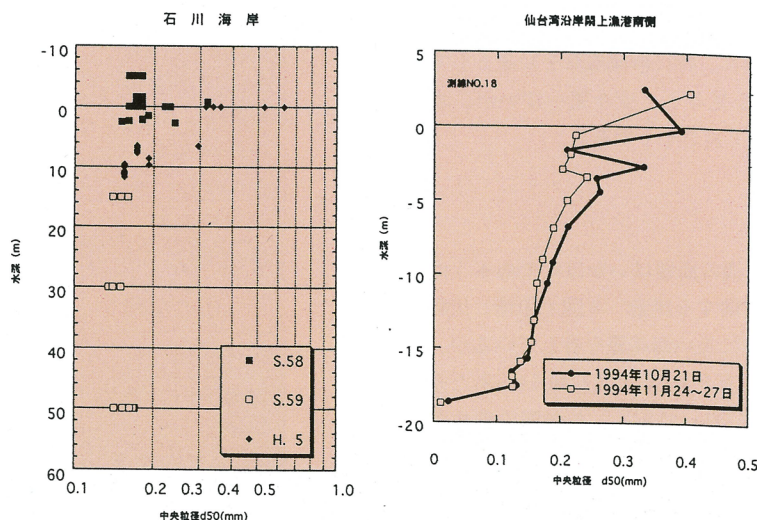


図-2 石川海岸及び仙台湾沿岸関上漁港南側の底質の中央粒径の水深分布

び仙台湾沿岸関上漁港南側の底質の中央粒径の水深分布である。石川海岸は日本海側に位置し、冬季季節風による風浪を受ける海岸であり、関上海岸は台風の来襲以外はあまり大きな波浪を受けない海岸である。石川海岸の方は水深10mまでは所々に0.15mm程度の細砂が分布し、水深15mで0.14mm、水深30mで0.13mmのデータもある。しかし、水深50mにおいては逆に少し粗い砂が分布している。関上漁港南側では浅い部分で調査日により粒径が大きく異なっているがそれ以下ではほとんど変化が無く、水深18mの0.13mmまで徐々に細粒化し、水深19mでは0.01～0.02mmと約1桁細くなっている。汀線付近の底質や河川からの流送土砂の拡散を考えると石川海岸における底質の深度分布は30m以浅と以深で堆積・形成過程が異なると考えられる。また、石川海岸においては中央粒径0.2mm弱の砂が海岸に沿って帯状に分布しており、シルト分が10%を超える地点はごくわずかしがなく、碎波帯の沖合水深20mまできれいな砂が分布している。このようなことから、底質特性からみた帯状の区域の沖側の境界は両海岸の粒径の深度分布から概ね水深20～30mと考えられる。

一方、水深20m以浅という範囲は上述したように光の届く範囲や藻場の分布域とも重なることから水産生物の繁殖産卵場所、幼稚仔の生育場所としても重要な役割を果たしている。

また、波が海底の影響を受けて屈折などの変形が大きくなり始めるのが概ね水深20m前後である。逆に水深20m辺りが相互作用で海底は波の影響を強く受け始める地点といえることができる。すなわち、水深20m以浅という範囲は波による底質の大規模な移動の限界を包含している。

このようなことを背景に、特に砂礫海岸を対象として海岸の続きとして沿岸域を見ると、少々荒っぽいのが、水深20mが沖合の境界と考えて良さそうである。

3. 沿岸域の大きさ

それでは、水深20m以浅の面積はいかほどであろうか？表－1に沿岸域の広さに関する諸量⁴⁾を国土面積と比較して示した。わが国は非常に長い海岸線を有しているが、これに対し、国土面積は37万8千km²で海岸線1kmあたりの陸地の奥行きはわずかに11kmである。わが国の森林率は65%であるので、この奥行き11kmのうち約7kmが森林に相当する。耕地面積は512万haの13.5%、田の面積はわず

か278万haの7.4%である。水深20m以浅の面積は309万haでほぼ田の面積に相当し、島国だからというほどには多くない。なお、本年7月20日に日本でも国連海洋法条約が発効したが、12海里内の海域面積は3,880万haでほぼ国土面積に相当し、200海里内の海域面積は約40,000万haで国土面積の約11倍という広さである。

4. 沿岸域における自然の営み

沿岸域においては種々雑多な現象が折り重なっている。図－3は海の波のエネルギー分布を示したものである⁵⁾。太陽や月の動き、地震、風などが海水に作用していろいろなスケールの波が折り重なっている。その中で一番エネルギーの大きいのが重力波であり、我々が渚でお馴染みの周期5～10秒余りの風波やうねりである。余談ではあるが、先日、毛利氏から宇宙から見た地球の感想をお聞きする機会を得た。興味深かったのは顕微鏡を覗いた世界と宇宙から見た地球を比べて、物事の空間的スケールが連続しているということに気づいたということをおっしゃられた。海の波はまさにそのようになっている。

一方、沿岸域には波以外に風や気圧変動、流れなども作用している。これらのそれぞれが連続的な大小さまざまな空間的スケールを持つことは想像に難しくない。このよう

表－1 沿岸域に関する諸量と国土面積との比較

項 目	面 積 (万ha)	国土面積 との比較
国土面積	3,780	
水深20m以浅の 沿岸海域面積	309	0.082
水深20m～50m の海域面積	499	0.132
水深50m～100m の海域面積	797	0.211
耕地面積	512	0.135
うち田の面積	278	0.074
森林面積	2,462	0.651
12海里内の海域 面積	3,880	1.03
200海里内の海 域面積	約40,000	約11

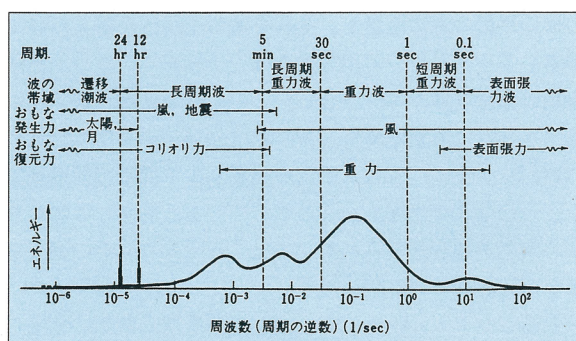


図-3 海の波のエネルギー分布

に複数の外力が折り重なって作用する沿岸域において最も重大な影響を与えるのは一般的には風波やうねりなどの周期10秒前後の波である。このような波に関する調査研究は古くから行われており、よく分かっている。沿岸防災においては潮位と波を対象外力として、防災施設の計画設計が行われている。しかしながら、実際には波以外の外力も複雑に作用する状況にある。

なかでも、周期数分の長周期波は波高が数十cmとそれほど大きくないが、周期が長いと波長も非常に長く、海岸付近では波というより流れの向きが交互に変わる交番流のようなものである。このため通常の波の砕波帯は長周期波による岸向き流れと沖向き流れの影響を交互に受けることになる。波は流れに逆らって進む場合砕けやすく、逆に流れと同じ方向に進む場合は砕けにくい。したがって、長周期波の下では砕波そのものが大きく影響を受けることになり、砕波と密接な関係にある波の打ち上げや越波も長周期波の影響を受けることになる。このことはなぎさで波の大きさと打ち上げ高の関係を注意深く観察すると打ち上げ高が必ずしも波の大きさに対応していないことから容易に理解できる。よく「七つに一つ大きな波が来る」などというが、これは波高について言っているのではなく、海岸における波の打ち上げについてのことである。これは1分程度の長周期波が原因しているもので、波の不規則性によるものではないと考えられる。なぜならば不規則性によるものであれば七波に1回というのはあまりにも規則的すぎるのである。

ところで、沿岸域における最近の最も大きな問題の一つに砂浜の侵食がある。砂の移動が最も活発なのは波が砕けるところから波が打ち上げるところまでの領域、いわゆる砕波帯である。しかし、砂は粒子が小さいのでわずかな外

力でも移動する。波だけでなく、風、流れによっても容易に移動・堆積を繰り返す。したがって、沿岸域に織りなすいろいろな外力の影響を受けることになる。さらにそれらの影響は単に個々の現象による砂移動を足し合わせたものになっていない場合があるので状況はいよいよ複雑である。たとえば、波によって砂が海岸に打ち上げられるような状況を考えると、ある程度砂が打ち上げられ浜が形成された状態で波と海浜形状が平衡状態になる。その後、海から強い風が吹くと砂浜上の砂は内陸へと吹き飛ばされ波による打ち上げ高さより高い海浜部や植生の繁茂している部分まで運ばれる。植生が無い場合にはかなり内陸まで運ばれ二度と砂浜には戻ってこない。この場合、汀線付近の砂の収支は、波と海浜が平衡状態に達するまでの変形による堆積量と飛砂による損失量を考えればよい。しかしながら、これらの現象が同時に起こる場合は、海浜は波に対して平衡状態に達するまで平衡状態に向け海浜に砂を堆積させようとするが、堆積した砂が飛砂により次々に失われるので、なかなか平衡状態に達せず、現象が独立に起こる場合より多くの砂が失われると想定される。

次に沖合に目を転じてみよう。

一般に砕波帯外においては水深が大きくなると砂の移動が活発でなくなり、水深10mを超す砕波帯外においては大規模な地形変化が起きないと考えられてきた。測量データより求められた地形変化の限界水深は太平洋岸で約10m、日本海側では8～9mとされている。⁶⁾ 従来、この限界水深より深いところまで測量が行われていたが、測量結果がまるで基準点を間違えたかのようなデータが多いことなどから深浅測量の誤差や錯誤と考えられ、有為な変化とは考えられなかった。

しかしながら、石川海岸における長期間にわたる深浅測量結果は、測量精度の問題はあるにせよ、この限界水深より深い領域における海底面変動が有意であり、徐々に低下していることを示した、石川海岸は明治25年以降に200m以上もの侵食を受けており、昭和22年から離岸堤施工の始まる昭和44年までの22年間に多いところで100m以上もの侵食を受けている。また、明治初期の記録にも村落がかって現在の海域に位置していたことが記されている。砂浜海岸の砕波帯より沖合の海底は一般的に非常になめらかであり、かつ、岸側の方が波による砂の移動が激しいということから、沖合の海底が何らかの原因で低下するような場合、沖合のみが低下するというのではなく海岸全体にわたって

沖合海底面の変化の影響があらわれることになる。

図-4は石川海岸のブロック別の海底土量変化を示したものである。最も沖側のブロック（水深約15~20m）でも30年間に1m以上の海底の低下に相当する土量の減少が生じている。さらに、石川海岸においては暴風時に水深10mを超す碎波帯外においてもかなり強い海岸に沿う北東向きの平均流が発達すること、有義波高2m弱の波で海底面が変化し始めることなどが明らかになってきている。

図-5は石川海岸の北東に位置する金沢港南側の新旧の等深線を比較したものである。金沢港の防波堤を建設する前は水深10~15mの等深線は海岸線にほぼ平行であったが、1992年には水深14~20mの等深線はまるで北東向きの砂の移動が防波堤で妨げられたような地形変化となっており、10~13mは図の左側にある水深8mまで伸ばされた防波堤の影響も受けている。このような変化は波浪場が構造物の影響を受けたことによるものとしては十分な説明ができそうにない。むしろ碎波帯の沖合の流れに障った結果と考えるべきであろう。余談であるが、(財)リバーフロント整備センターで進められている「海岸研究会」において、日本海側における他の地区でも石川海岸と同様の流れが発達すること、太平洋側においても比較的強い流れが沿岸部で観測されることなどがわかってきており、これらの知見は海岸侵食の観点から注目に値すべきことであり、今後の調査研究の進展が期待されているところである。

5. 沿岸域環境の把握に向けて

このように沿岸域ではいろいろな外力が織りなしており、その状況は時と場所により異なっている。例えば同じ湾入率のポケットビーチでも沖合に強い流れが発生する傾向のあるポケットビーチとあまり強い流れの発生しないポケットビーチではポケットビーチ内の流れが異なる。ポケットビーチはワンドのようなものと考えればいろいろなことが気になってくる。波や流れが弱いときはどういう状況になっているか、逆に強いときはどうなっているか、沖合の流れがポケットビーチに近づく場合はどうかなど。さらにポケットビーチ内に淡水が流入する場合はその挙動がポケットビーチ内の海藻や生態系にどのような影響を与えているか、このようなことを考えると沿岸域に関する我々の知見は非常に少ないことが痛感される。ポケットビーチ内

の砂の移動のみに注目し、それを波の平均的な特性だけで理解しようとしている現状からは、かけがえのない沿岸域環境の保全などおぼつかない。このような状況に鑑み、平成7年9月に策定された「沿岸域生物環境調査マニュアル（試行案）」では、生物とそれらを取りまく環境の構成要素などとの関連を把握することとしている。現在、これに基づく調査が鋭意進められているところであり、その調査結果が期待されている。

上述したように我々が有している沿岸域の情報は極端に少ない。技術的な問題や国土保全中心の歴史的経緯もあって海岸のデータは十分に取得されてきたとはいえない。データの無いところでは風の資料から波を推算して施設の計画設計をやらなければならない状況にある。大海原ならともかく非常に複雑な海岸地形を有する沿岸域で風域場を仮定してそれを基に波を推算するのみでは沿岸域の営力の実態の把握は非常に難しい。風や波のデータから50年や100年確率の波浪を推定することはできたとしても、普段のいろいろな外力の積み重ねである海岸侵食や植生・生物の分布状況を理解することなど不可能である。河川においては水位流量データは欠かさず取得されているので我々の知り得ない洪水があったなどということは今ではあり得ない。一方、海岸では外力が非常に厳しいことから欠測が多く、取得データより厳しい外力が欠測期間にどの程度来襲しているのかわからない状況にある。琵琶湖での調査によると大きな1降雨による全リン（TP）の流出負荷量は前後1カ月の無降雨日の平均流出負荷量の600日分にも相当したと報告されている⁷⁾。このことは洪水毎に流出負荷量を調べなければ全体量の把握が困難なことを示している。大規模な現象の出現確率などの問題であれば中小規模のデータはあまり重要ではなからうが、毎日の累積として効いてくる現象の場合はすべてのデータが必要になる。河川の場合は基本的に上流から下流へと流れる方向が決まっているが、海岸の場合は上下が無いのでどのようなデータを取り損ねたかが分かなければ砂の移動などの現象は解析できない。また、海岸の場合、現象の時系列も重要である。夏と冬で波向きが変わるのと1週間毎に波向きが変わるのは波高・波向きの頻度統計が同じでも海岸における問題は大きく異なる。さらに、波高・波向きが同じであっても海岸における流れは同じとは限らないからいよいよ複雑である。したがって、できるだけ多くの情報を欠測なしに取得することが重要である。たった1回の欠測でも時には重大

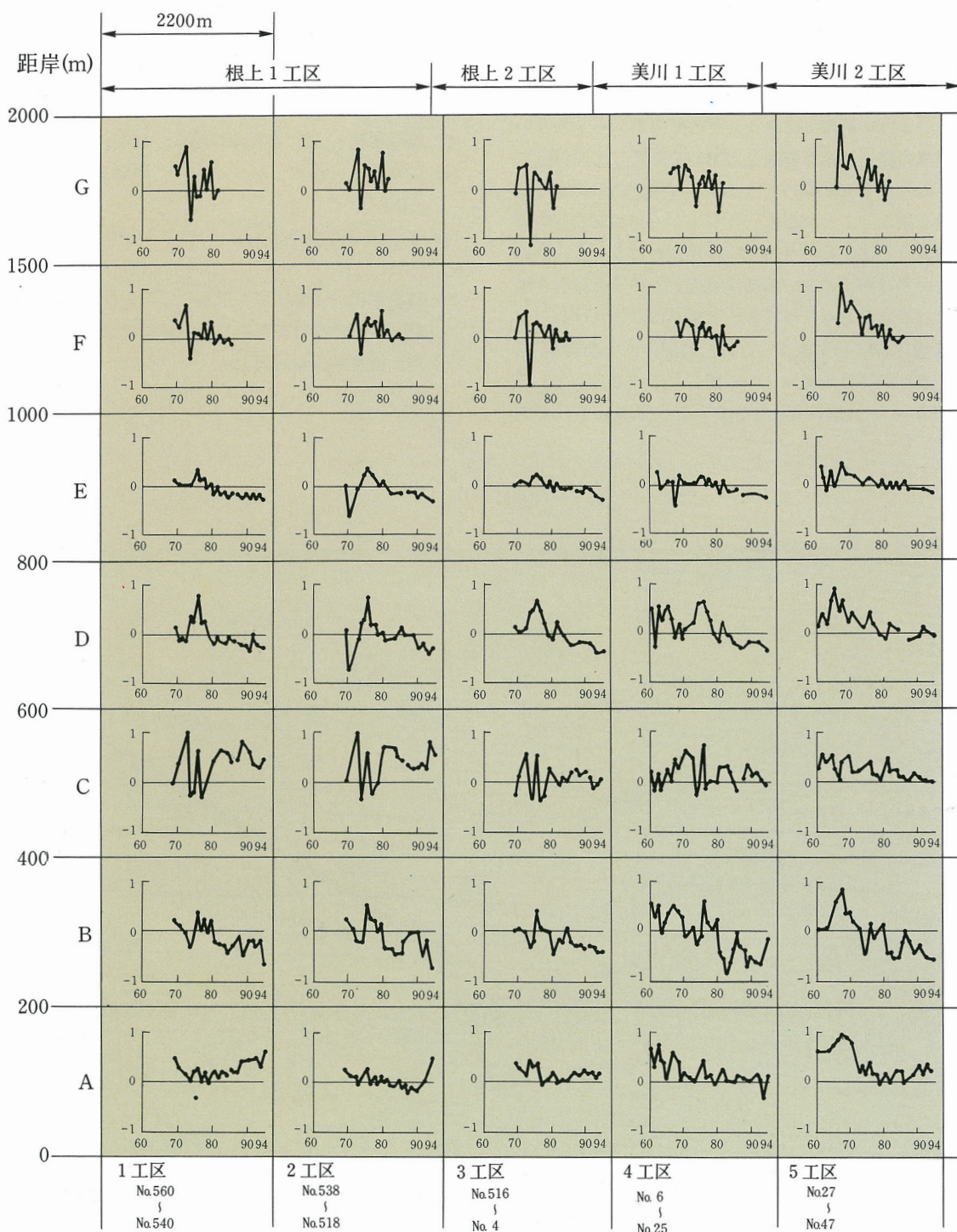


図-4 石川海岸の区域別地形変動量 (基準年: 1978年10月、単位: 10^6m^3)

である。

6. おわりに

沿岸域について無知なるが故に沿岸域を陸上からの利用効率の良いように利用してきた。その結果思いもよらない沿岸域環境の喪失や海岸侵食など招いてきた。海岸保全においてもむりやり海を鎮めようとすれば構造物の影響で沿岸域環境を損なうことになる。ミティゲーションなどのような環境保全手法が検討されているが、なによりも、このすばらしいかけがえのない沿岸環境を我々の子孫に引き継ぐためにはもっともっと多くのことを学ばなければならない。沿岸域における生物まで含めた自然の営みを理解し、沿岸域の個々の特性が織りなして醸し出す「海らしさ」を失わしめないよう沿岸域とつきあっていきたいものである。

参考文献

- 1) 河川ハンドブック、建設省河川局、1995.
- 2) 海岸統計、建設省河川局、1995.
- 3) 磯部雅彦編（1994）：海岸の環境創造、朝倉書店、p.208.
- 4) 海岸便覧、(社)全国海岸協会、1993.
- 5) 岩垣雄一・樫木 享（1979）：海岸工学、共立出版、p.463.
- 6) 海岸保全計画の手引き、(社)全国海岸協会、1994、p.170.
- 7) 國松孝男（1988）：河川からの汚濁負荷流出機構と琵琶湖への汚濁負荷量の推定、琵琶湖研究所5周年記念誌、滋賀県琵琶湖研究所.

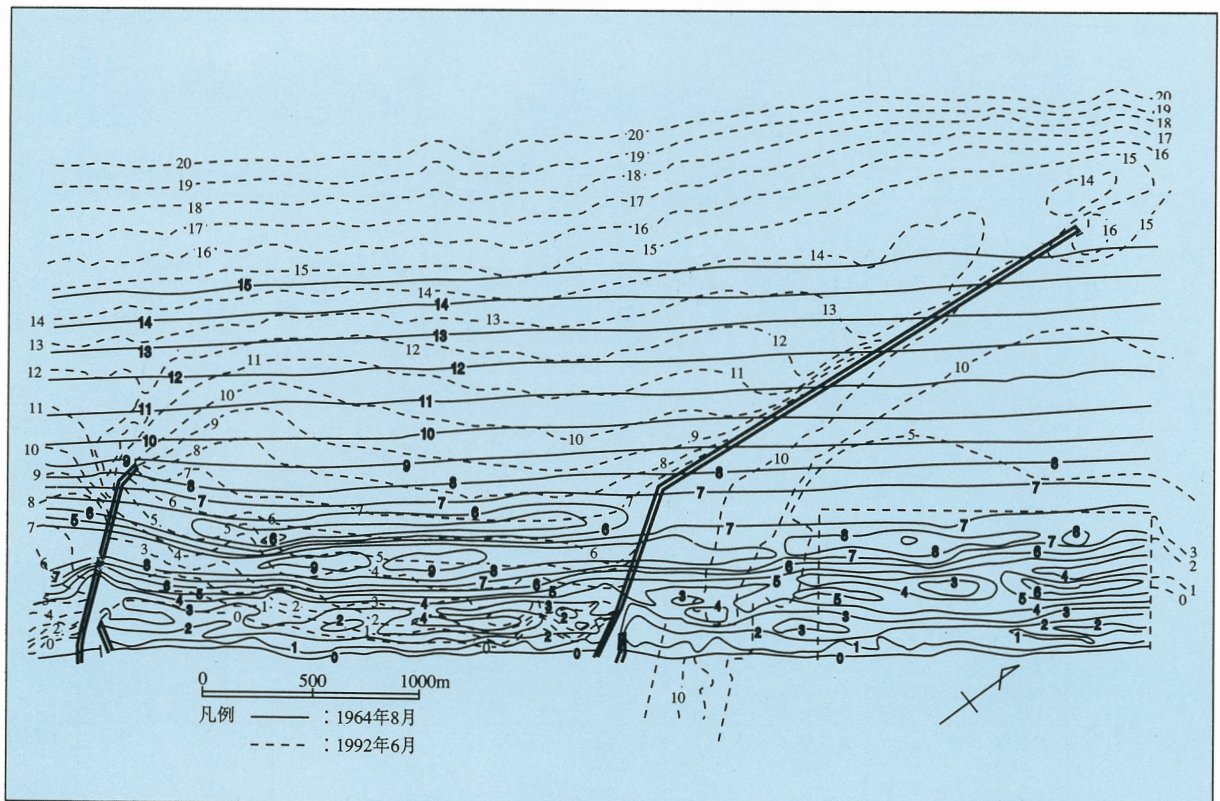


図-5 金沢港周辺の等深線変化