海浜変形パターンと海岸施設維持対策

尾　崎　　晃*

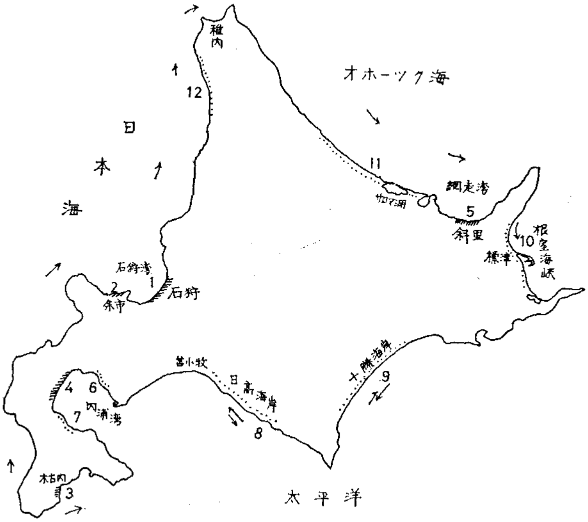
1. 海浜変形パターンについて

ここにいう海浜変形パターンとは，文字通り変形の型の意味である。すなわち海浜変形を一般に汀線に直角方向の変形と，平行方向の変形とに分けて考えているが，実際にはこの両方は混然一体となって出現するものであって，われわれが漂砂による海浜変形を考える上で，便宜上両方の成分に分けているに過ぎない。しかし現実に海浜変形について調べていると，確かに汀線に平行方向の変形要因が，海岸構造物にとって主たる影響をおよぼしていると見られる場合と，直角方向の要因の方が構造物の維持，利用上に一層重大な影響をおよぼしていると考えた方がよい場合の2通りがある。

一例をあげるならば，北海道日高海岸の諸施設に見られる現象は前者の場合である。すなわち節婦漁港，厚賀漁港[1]などでは，港の一方の側ばかり汀線が前進して堆積を生じ，埋没防止対策を考えるに当っては，この漂砂の卓越方向に注目しながら研究が進められた。また海岸侵食防止対策，既設護岸，堤防の維持対策も，沿岸方向の漂砂移動を対象に考えなければならなかった。これに対し網走湾の斜里漁港[2]の場合は後者の例であって，漂砂の動きに沿岸に沿って卓越方向が特に認められず，かえって埋没防止対策に現在苦慮しているような状況である。しかしこの網走湾の湾奥部一帯では海岸侵食はほとんど問題にされていない。また網走湾と良く似た条件下にある石狩湾に目下計画中の石狩湾新港建設に際しての技術的検討においても，苫小牧東部工業基地港湾[3]における場合と比較して，漂砂の問題は重要度が低かった[4]。ここでも汀線に平行方向に漂砂の卓越方向が顕著ではなかったからである。

以上のように沿岸方向に横に移動する漂砂が卓越するか，汀線に直角方向の漂砂移動が卓越するかによって，汀線に平行方向変形型と直角方向変形型に分類することとした。実際には卓越という語は曖昧であって何パーセント多いかにより，どちらの型も幾通りもの段階に区分されるべきであるが，現状ではこのようなことは困難である。したがってどちらかの要素が 50% 以上と認められる場合には，平行方向変形型か直角方向変形型のどちらかに入れることとする。

いま述べたような考え方に従って，北海道の海岸について変形型の分類を試みたのが**図—1** である。このようにして見ると，汀線に直角方向変形型の海岸は意外に少なく，(1) 石狩湾奥部，(2) 余市町大浜中海岸，(3) 木古内海岸，(4) 内浦湾（噴火湾）奥部，(5)斜里海岸の5地域で，それ以外はすべて平行方向変形型海岸といってよい。特に，(6) 内浦湾東側，(7) 西側海岸，(8)日高海岸，(9) 十勝海岸，(10) 根室海峡海岸，(11)オホーツク海岸中央部，(12) 日本海北部海岸では平行方向変形が顕著である。



図—1　北海道の海岸における海浜変形型の分類

2. 海浜変形パターンの判別

ここでは上に述べたような海浜変形パターンの判別について述べる。これには2通りの立場からアプローチできる。

1) 地理学的観察の面から
   a）地図，航空写真などによる海岸線の形，汀線変化の変遷，河口の変遷
   b）海浜縦断面勾配
   c）沿岸砂州の有無，形状
   d）砂の粒径分布
2) 気象，海象関係資料の面から
   a）波向

* 正会員　工博　北海道大学教授　工学部土木工学科

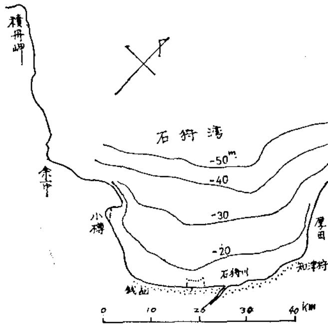
b）風向，風速

c）沿岸流の流向，流速

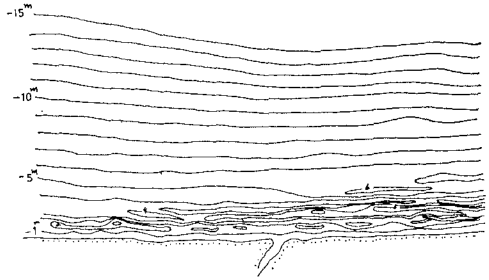
d）漂砂移動の観測（トレーサー使用等）

比較的資料の揃っている海岸に関し，上記の各項目につき実際に判別を行なってみる。まず数の少ない，汀線に直角方向変形型の海岸について調べる。

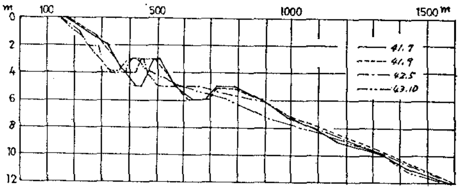
石狩海岸（**図—2**）は雄冬岬と積丹半島に両側を扼されて日本海に面している石狩湾の奥部の銭函から厚田にかけて約 28 km にわたる緩弧状の砂浜で，海岸線の方向は NE-SW 方向である。この海岸の中央より少し右寄りに石狩川が流入しているため，河口の近傍には多少不規則な地形が見られるが，石狩湾新港予定地付近の海浜について見ると，平面，縦断はそれぞれ**図—3**，**図—4**で，**図—5** の汀線変動とあわせて，ほとんど安定している海浜であることがわかる[5]。波向は**図—6** のように全体の 50% 以上は汀線に直角の NW 方向であり，30%は WNW，15% は NNWで，汀線に直角方向以外でも ±22° の範囲内に入る。風向，風速は**図—7** のようで，南北の成分が卓越している。石狩海岸においては波向がほとん



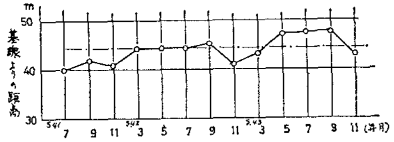
図—2 石狩海岸



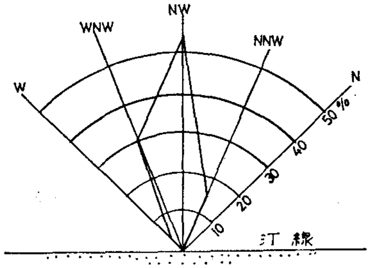
図—3 石狩海岸（鯨塚地区）平面（文献5)による）



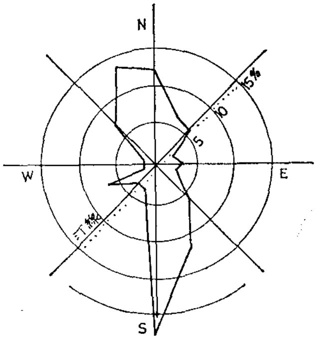
図—4 石狩海岸における海浜縦断面（文献 5) による）



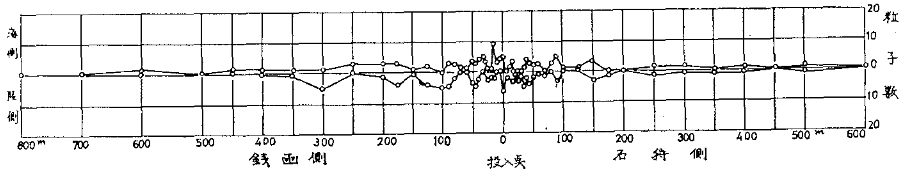
図—5 石狩海岸における汀線変化（文献 5) による）



図—6 石狩における波向分布（文献 5) による）



図—7 石狩における風向分布（文献 5) による）

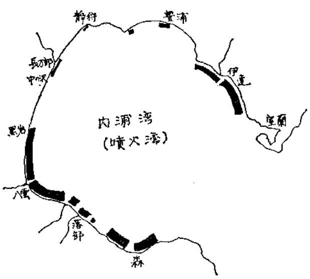


図—8 石狩海岸（汀線）における螢光砂の追跡（小樽開建資料による）

ど正面からなので，沿岸流，ことに浅海部の表面流は風向に支配され，昭和 42 年，43 年の 2 年間の調査結果[6]によれば，全観測数に対する NE, SW 向きの流れの比率は，それぞれ 50.9 および 49.1% でほぼ均衡している。水深－10m，－15mの位置での底層付近の流れは，海岸の中央より右の区域では東向成分が80～90%，左側区域では 70% となるが，全体として海岸沿いに北上する成分の方が卓越する。流速は 10 cm/sec 以下である。

螢光砂投入による海底砂移動調査の結果によれば，水深 －5.0m，－3.0m の両地点とも，投入点から岸方向に移動しており，その分散の平均的な方向も時期によって汀線にほぼ直角方向の場合と，やや W 方向の成分が強い場合とがあった。また汀線に置かれた螢光砂は，一例を示すと**図—8** のように，約 4 か月間に左右両側へほぼ均等に分散している。

以上のように前記 1)，2) の各項目について資料を集積して調べると，この石狩海岸は汀線に直角方向の変形が支配的であることがわかる。**図—1** の 2 の余市大浜中海岸は延長約 1 km の小規模な砂浜で，石狩湾の場合のように資料は揃っていないが，波向，夏期と冬期における汀線の前進，後退と沿岸砂州の消長との関係などによって，直角方向変形型と判断できる。同じく**図—1** の 3 の木古内海岸は，卓越波向が津軽海峡東口より入る太平洋のうねりによるものが多く，汀線が南北方向にほとんど一直線であること，海底地形などから直角方向変形型とした。同じく**図—1** の 4 の内浦湾奥部（長万部～中の沢海岸）も内浦湾口から入る波が直進して当る正面に位置し，波向き，汀線の形，海底勾配，沿岸流向（夏と冬とで逆になる[7]）などから推察できるが，北海道開発局土木試験所の内浦湾海岸侵食調査の結果[8]からも裏付けできる。**図—9**は侵食速度の比較を示すものである。**図—1** の 5 の斜里海岸に関しては 1) の地理学的資料の一部があるだけで，2) の諸項目は今後の現地観測に委ねられているが，1) の a，および b と c の一部（沖の方の資料が不足）などを，石狩湾のそれらと比較して，類似点が多いので，直角方向変形型に入れた。この斜里海岸の中心，網走湾の一番奥に当る斜里町に建設中の斜里漁港



図—9　内浦湾海岸侵食比較図
（文献 8）による）

は，漂砂による埋没の難問を抱えている。

以上のような汀線に直角方向変形型の海岸に対して，汀線に平行方向変形型海岸の方は，その判別は概して容易である。その理由としては，前記の 1) の項目で見ても，防波堤や導流堤などのどちらか一方側ばかりに堆積が発生する（季節的に逆方向になる場合もある）。河口が汀線沿いに彎曲する。しかしこの点については直角方向変形型海岸でも河口の彎曲が見られる場合もあるから注意を要す。波向きが斜め方向，沿岸砂州が発達しにくいか，もしくは不安定。砂の粒度組成が不均一。卓越した沿岸流向があるなど，直角方向変形の場合と比較して判別しやすい。**1.** でも述べたように，これらの変形型は比較上の問題であるから，石狩湾の例のように各種の調査資料が完全に近い状態で整っている場合を除いては，直角方向変形型を見分けることには多少困難な点があるかも知れない。どちらの変形型に属するかを判別することは，次章に述べるように海岸の諸施設の計画および建設後の維持に際して，非常に重要なことであるから，たとえばここで述べた石狩海岸のようにモデルケースともいえるような海岸について十分に資料を集積して，判別の基準ともいうべきものを作っておき，資料の一部を欠く海岸に対して応用できるようにすることが必要である。

3.　海浜変形パターンと海岸諸施設

1. においてここに用いる海浜変形パターンという言葉の意味と，**2.** でそれぞれのパターンの判別の基準について述べたが，ここでは本論文の目的である，それぞれのパターンと海岸施設，すなわち防波堤，護岸，導流堤などとパターンとの関係，結果としての維持対策などに関する問題について述べる。

以下にあげる事項はすべて従来より問題として取り上げられ，それぞれ基礎および応用の両面より研究されてきたことばかりであって目新しいものは一つもない。ただいままでは個々の，それぞれ独立した問題として case history 的に考えていたものを，上に述べてきたような観点に立って分類し，系統的に考えて試行錯誤的なむだを多少なりとも省くことができないかということである。

1. で**図—1** に示した北海道におけるそれぞれの変形パターンの海岸について典型的な問題の例をあげてみよう。汀線に平行方向海浜変形の最も代表的なものは，日高海岸 (8) における漁港埋没と，これに対する防止対策の例であるが，このことに関しては既に幾度も発表され，また第19回の海岸工学講演会[1]でも述べているので省略する。内浦湾（噴火湾）の南側海岸 (7) では落部漁港の埋没とその防止対策があるが，これもすでに述べた[9]。十勝海岸には現在まだ見るべき大規模な海岸施設はないが，十勝川河口処理問題に関連して，河口維持対

策の研究が行なわれた[10),11)]。この海岸も季節的に漂砂移動の卓越方向が変化するが，日高海岸に比べてその程度は幾分弱く，また十勝川河口以東では海底が緩勾配なので，十勝の砂浜海岸の東端に位置する厚内漁港あたりでは，直角方向海浜変形の要素がかなり混っている様子で，当初の防波堤法線計画再検討のため，今年調査が開始された。現在は埋没のためほとんど使用されていない。北海道と国後（クナシリ）島との間の狭い根室海峡(10)は，完全に北から南への一方的な海流，沿岸流の影響で，文字通り平行方向変形パターンである。無佐川の河口処理[12)]，および現在その河口のすぐ南側に建設された標津漁港の埋没問題もこのような背景の中で取り上げられるべきである。オホーツク海岸のほぼ中央部，すなわちサロマ湖から紋別港あたりまでの海岸(11)も，平行方向変形パターンであると今のところ考えられているが，今後研究が進められるに従って多少修正される可能性もありそうである。この沿岸に流出する諸河川の河口は概して，春から秋の初頃までは沖に向って左向きであるが，それ以後徐々に右へ向を変えるのが例年の傾向である。しかしサロマ湖の湖口水路の変遷[13)]，ならびにこの湖口水路から左側の湧別町海岸へかけての海岸侵食の状況などから考えると，平行方行ではあっても両向きの卓越程度の差に従って直角方向変形的な要素が現われる場合もあるのではないかと思われる。日本海側北部の遠別，天塩海岸(12)も，1) 地理学的立場からは平行方向変形型であるが，2) の海象面には直角方向変形的要素も見られ，取扱いがむずかしい。昭和39年，40年に前者であると判断して，先端水深 −2.0m までの防砂突堤を数基試験施工したが，効果がほとんど認められなかった[14)]。

以上に要点のみ述べたが，これらの汀線に平行方向変形型海岸の場合には次のように，構造物や施設の種類，規模に応じて対応策が講じられる。

（1） 汀線に平行方向の変形が一方へのみ進む海岸

つまり卓越方向が一方向へ極端に向いている場合で，前記の(10)海岸のような場合である。このような海岸では港の防波堤でも，河口導流堤でも，上手側に漂砂供給源がある場合には，堤の上手側への堆積，上手側の汀線前進を防ぐことは不可能である。防波堤が水深−10m以深に達する大港湾では，時間的に余裕があるので最初のうちはあまり問題にされないが，漁港や小河川の河口導流堤などでは 1〜2 年で行詰りを来たす。このような場合には，人工的にサンドバイパスを行なうより他はないであろう。漂砂供給源を止めれば，海岸のどこかで侵食が激しくなることは多くの実例より明かである。しかしこのような状況下にある港では，実行に移すかどうかの問題を別にすれば，対策ははっきりしているのでかえって好都合である。護岸，堤防の維持に関しては防砂突堤を第一に考えるべきで，長さ，向き，間隔，透過あるいは不透過構造などの点については，その海岸毎によく特性を調べて研究する必要があるが，汀線に平行方向の変形過程の中で，局部的に平衡を崩さないようにしなければならない。

（2） 汀線に平行方向変形が時期により卓越方向を異にして出現する海岸

日高海岸(8)，十勝海岸(9)，オホーツク海岸(11)などは，それぞれ程度の差はあるが，この型に属する。この型の海岸では，防波堤，河口導流堤などで，年間のある時期には一方の外側に堆積が生じるが，別の時期には反対側に同じ状態が発生する。反対向きの勢力が均衡すれば全く問題は無いはずであるが，そのようにうまい所は実際には存在しない。したがってどちら側かに差が蓄積される。このような海岸では漁港の港口の位置，向きなどに誤りを犯す場合が見られ，致命的な影響をおよぼす。この型の海岸でも，基本的には人工的バイパスを考えて置くべきであるが，ただ気象，海象を十分に調べ，地形的な要素などをも取り入れることにより，自然力を利用してバイパスさせることも可能である[15)]。完全に行なわれる場合はまれかも知れないが，動力を大いに節約することは望めないことではない。またこの型の海岸では，防波堤，導流堤など海中へ突出した構造物の影響さえ無ければ，海岸侵食はほとんど問題にならない。かえって直立式護岸などを設けると逆効果を来たすことがある[16)]。

次に汀線に直角方向変形型の海岸である。この場合には小港湾や小河川の河口維持に対しては，先の平行方向変形型の海岸よりも対応が面倒である。しかし海岸侵食対策の面では有利である。石狩湾の，特に石狩川河口より西の海岸に関しては，**2.** で述べたような状況で，ここに建設が予定されている石狩湾新港は，港口部の防波堤は水深 −14m まで延長されるので問題はないが，最初の段階では汀線に平行な離岸堤形式である。太平洋岸の苫小牧などでは考えられないことである。

ところが，同じような条件と考えられる網走湾の斜里漁港では防波堤の堤頭部水深が −3.0m で，ここでは完全に砕波帯内である。航空写真などによってみても，左右両防波堤の外側には顕著な汀線の出入は認められないにもかかわらず，港口付近の水深は 30cm 程度で用をなさない。これは砕波帯内での漂砂が横方向にはあまり移動しないで，ほとんど汀線に直角方向に動いている結果生じた状態であろうと判断される。これらのことについては今後の現地調査の結果にまたなくてはならない。水深 −3.0m 程度の港口は，一種，二種漁港ではふつうであるが，斜里漁港のような状況は北海道でも珍らしいことであり，汀線に平行方向変形型の海岸では，最初失敗した例はあってもその後対策が講じられ改良されてい

る。改良の方法が比較的はっきりしているからである。しかし斜里のような場合には，防波堤を砕波帯外まで延長する以外には方法がないように思われる。一種漁港では容易ではない。次に余市町大浜中海岸の例は，海岸の砂を建設工事用に採取している中に後方の浜がけの侵食が激しくなり護岸工事が施工された。ここの海岸は両端を岬で区切られた延長 1 km 余の砂浜で，古い時代には余市川から土砂が供給されていたのが，最近は改修工事などが進みほとんど補給されなくなっている。しかし汀線に直角方向の漂砂移動の結果，季節的に前浜に堆積を生じる時期がある。この砂を採取していたのであるから，外浜に戻る砂が減少し，次第に前面の水深が大になって上記の結果になったものと考えられる。

木古内海岸 (3) における例は，同町を流れる小河川の河口処理の問題で，流量は渇水時には数トン程度の小川であるが，大波の都度閉塞され内水排除が不能になり低地の家屋が浸水に苦しんでいたところである。ここでは，変化が汀線に直角であることを確かめ，川の左岸側から 1 本の導流堤を汀線と約 30° の角度で 50m 延長しただけで，その後は完全閉塞を免がれるようになった。

4. まとめ

以上にそれぞれの変形型の海岸で発生した問題および対応のし方などについて見てきた。実際の海浜変形に影響を与える要因は，いま考えたような単純なものではないであろう。このように直角型とか平行型とかに簡単に分類することには危険が伴うかも知れない。しかし複雑な現場の問題を少しずつでも解明して行く上に一つの便法として，このような分類を試みたところ，わりにうまく説明ができそうである。全く性質の異なる他の海岸で成功した例をそのまま取り上げて設計するような愚を繰返さないためにも，前進の一段階として考慮してみてはどうであろうか。

参考文献

1) 尾崎晃：漂砂による小港湾埋没防止対策に関する一考察，第 19 回海岸工学講演会論文集，pp. 47～51，1972.
2) 尾崎晃：斜里漁港模型実験について，第 8 回海岸工学講演会講演集，pp. 126～133，1961.
3) 日本港湾協会：苫小牧東部大規模工業基地港湾計画調査報告書，昭 46.3.
4) 港湾審議会第52計画部会資料：石狩湾新港港湾計画書，石狩湾新港港湾管理者，昭 47.10.
5) 北海道開発局：石狩湾の自然条件について，昭 45.3.
6) 同　上
7) 柏村正和：噴火湾（内浦湾）内の沿岸流，日本海洋学会誌，Vol. 16, No. 1, 1960.
8) 北海道開発局土木試験所：内浦湾海岸侵食成因調査報告書，昭和 38 年度.
9) 尾崎晃：港湾付近における海浜変形と底質の関係，第 18 回海岸工学講演会論文集，1971.10.
10) 十勝太調査班：十勝太簡易船入澗築設に関する調査報告書，昭 41.3.
11) 北海道開発コンサルタント(株)，十勝川河口処理計画報告書，昭 47.3.
12) 岸力・森田義育・谷口雅宥・古谷浩三・星野信治：武佐川の河口処理(第 1 報)，第 6 回海岸工学講演会講演集，1959.11.
13) 尾崎晃：サロマ湖の湖口水路形成に関する考察，北海道大学工学部研究報告，第 69 号，昭48.10.
14) 尾崎晃・佐藤幸雄：遠別および初山別海岸調査報告書（第 1 報)，北海道留萌支庁耕地課，昭 39.4.
15) Ozaki, A.: On the effect of an offshore breakwater on the maintenance of a harbor constructed on a sandy beach, Proc. 9 th Conf. on Coastal Eng., 1964.
16) 尾崎晃：取水口外かく施設に伴う海域の流動および海岸地形におよぼす影響について，北海道電力株式会社，昭 47.10.