

海崖侵食の調査法と幾つかの事例

堀川 清 司

1. はじめに

近年、海崖の侵食が社会的にも重大な関心を集めるようになってきた。これは従来不毛の地として放置されてきた海崖地域での開発が近年に至って急速に進んだこと、また鉄道、道路、燈台などの公共施設や人家が海崖の後退によって危険に瀕する事例が数多く見られるようになってきたためであると考えられる。

海崖侵食の熟しさも筆者が実感として認識したのは、今を去る24年前、学生実習の一環として、千葉県市川市難波の基礎調査を実施した時のことであった。地形測量のために打った杭が崖の崩落によって跡形も無くなっているのを発見し、余りのことに驚嘆したのを今でも明瞭に記憶している。その後、福島県下の崖海岸の調査に従事する機会を得たが、更に対象区域を拡大するために千葉県下の屏風ヶ浦海岸と太東岬海岸での調査を実施した。本文ではこれらの調査の体験を通して得た事柄を中心にして話題を提供することにする。

2. 海崖の形成過程

海岸地形の分類については、D.W. Johnson¹⁾、H. Valentin²⁾、F.P. Shepard³⁾等によって提案されたものが知られている。海崖は海岸地形の一つのタイプであるが、これがどのような過程によって形成されたものだろうか。ここではその過程を最も端的に表わしたものとして Johnson の説明を図-1に示す。もっとも海崖の状態はこの図のように単一なものではなく、それを構成している岩石や地質構造の差異によってその形状や崩壊の様相は著しく異なっているのであり、A. Guilcher⁴⁾の示した図-2からも、その間の事情を推察することができる。

以上のような地質学的な年代にわたる海岸地形の変化を見ていくと、地殻変動とか、海水面変動の影響を考慮しなければならない。このようにして大局的な把握をしておけば、当該地点における変化の傾向を知ることができ、かつ工学的に有意なずうと短期の間での変化の特性を知る上でも有用である。

求めた年平均 0.9 m の後退量に比較して過大な値を与えることになる。これは古地図の信頼性に問題があるためと考えられ、このことは Steeds⁶⁾によっても指摘されているとは言え、歴史的な記録や古地図を検討することは、例えば数値の上では問題があるとしても、長期間にわたる変化の様相を知る上で有益である。すなわち屏風ヶ浦の後退が数百年あるいは千年にわたって継続されてきたという厳然たる事実注目値する。

さて、われわれが工学的に最も関心のある最近 $50\sim 100$ 年間の変化を知るには、先づ地形図による比較検討が有効であると考えられる。この場合に利用しうる最も古い地形図としては明治15年の陸地測量部による $1/50,000$ の図があり、図上での測距の精度を 0.5 m とすれば、これは実距離 25 m に相当する。いま年平均後退量を 1 m と仮定した場合に、これは25年の歳月を経て始めて識別しうる量となる。このような事実から、地形図による方法は少くとも $20\sim 30$ 年以上の間の海崖の変化を調べる上で有効な手段と言うことができる。この地に筆者らは山林図あるいは土地台帳図を用いようと試みたが、その信頼性は低く、有用な結果をうるに至らず放棄せざるをえなかった。

4. 実態調査の方法 (II)

地形図によるものよりも、もっと短い期間にわたつての海崖侵食の実態を調査するには、航空写真を利用するのが有益である。わが国において利用しうる最も古い航空写真は昭和22年米軍によって撮影されたものであり、一般にこれらの写真は鮮明さを欠き、精度にやや難点がある。その後各地で数多くの写真が撮影されており、丹念に採せば同一地点について利用しうる写真はかなりの数に上ると考えられる。しかしながら、これらの写真はそれぞれの目的、特に地上の地物を対象に撮影されたものが多く、必ずしも海崖ののり面まで鮮明にとらえているとは限らない。海崖ののり面形状を図化しうるようにするためには一般には航空路を海側にとる必要があり、この場合には標定が著しく困難になることがある。この困難を解決するために、筆者らは二段撮影法⁷⁾を適用した。その要領は図-4に示したようであり、撮影高度の大きい方の写真によって航空三角測量を行ない、撮影高度の小さい写真の図化に必要な基準点を多数設けるという方法である。

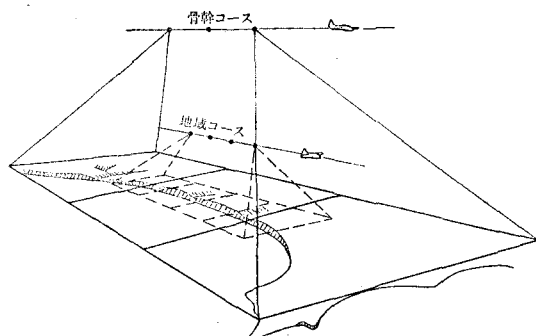
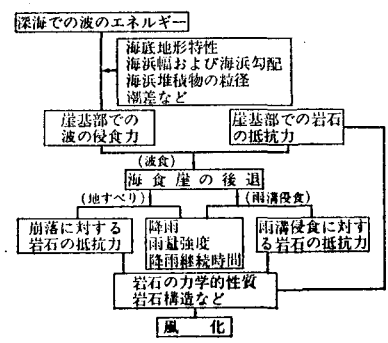


図-4 二段撮影法⁷⁾

5. 関連した事項の調査

海崖の侵食要因を系統的に示すと、図-5 のようになる。⁸⁾ 先づ地すべりおよび雨溝侵食と言った陸岸からの侵食要因があり、これに波の作用による侵食(波侵)が加わって一層後退を助長する。またこれらの外的な要因に対抗するものとしては岩石の特性(例えば岩石強度、節理の有無等)を挙げる事ができる。これらの要因の相互の関連から後退距離が定められると考えられるが、実際の現象は極めて複雑であり、現在のところ一般的な関係を求めるには至っていない。

以上に述べた多くの要素の中から、代表的なものとして例えば岩石強度、波長特性、降雨特性を抽出したとすれば、これらを量的に把握する必要がある、その結果と前節で求めた後退距離との相互関係を調べることになる。



6. 幾つかの事例

図-5 海崖の侵食要因⁸⁾

海崖の後退は従来自然地理学者、あるいは地質学者によって調査・研究されてきたのであるが、近年に至って工学的な観点からの調査がなされるようになってきた。そのうち、わが国での代表的な事例を表-1 にあげる。⁵⁾

これからも明らかなように、年平均後退量は海崖を構成する地質条件によってかなり左右されるようである。海崖が崩落し、侵食が進行していく過程をもう少し詳細に観測すると、波力による破壊と、波に伴う流れによる崩落土砂の除去が繰返されていることがわかる。この過程を模式的に示したのが図-6 である。⁸⁾

地 域	地 質	年平均後退量	発 表 者
1. 原ノ町海岸	砂岩、泥岩	0.3-0.7m/年	山ノ内[1964]
2. 大熊海岸	砂岩、泥岩	0.5m/年(平均)	堀川・砂村[1970]
3. 屏風ヶ浦海岸	主として泥岩	{ 0.4-1.1m/年 0.7m/年(平均) }	川崎[1954] 堀川・砂村[1970]
4. 太東岬海岸	泥 岩	0.9m/年(平均)	堀川・砂村[1971]
5. 新潟・羽伏浦海岸	火山灰砂	5.5m/年(平均)	矢島[1965]
6. 渥美半島南部海岸	洪 積 層	0.6m/年(最大)	山ノ内[1964]
7. 明石海岸	洪 積 層	{ 0.1m/年(平均) 1.0-1.5m/年 }	吉川[1951] 野田[1971]
8. 關東半島北部海岸	火山砕屑岩(未固結)	2.2m/年(平均)	小向[1951]
9. 金沢市西海岸	粘 土	1-2m/年	金崎[1961]
10. 富山海岸	沖 積 層	0.5-1.0m/年	吉川[1952]

表-1 海食崖の年平均後退量と地質⁸⁾

そこでAは、波の作用によって崖基部の侵食が起ると共に土砂の崩落がこれに続き、崩落土砂は崖基部に talus を形成する。波の作用によって talus が除去されると、再び上記の経過が繰返されるのである。このように異った崩落の過程をとるのは、主として崖を構成している岩石の構造並びに力学的な特性によるものと考えられる。上記のような崩壊

の過程を詳細に観察するためには、頻繁に現地踏査を実施する必要がある。

さて海崖の後退距離をどのように定義すればよいであろうか。これを判断する一つの資料として、図-7に航空写真を用いて求めた千葉県屏風ヶ浦での海崖断面の変遷状況を示す。⁹⁾ 大略の傾向としては、ほぼ平行した断面を保りながら後退していることみなしてよいであろう。従って後退量を明確に把握するために海崖上端部の位置の変化を基準としておけば十分と思われる。そこでこのように定義した海崖の年平均後退距離は、対象とする区域で必ずしも一様ではなく、かつ注目する期間によってもかなり異なることが、われわれの調査の結果明らかになっている。図-8はその一例として屏風ヶ浦での結果を示したものである。⁹⁾ したがって、対

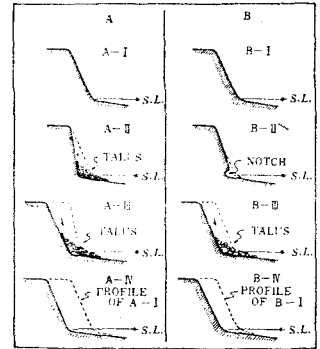


図-6 海崖の崩壊過程⁹⁾

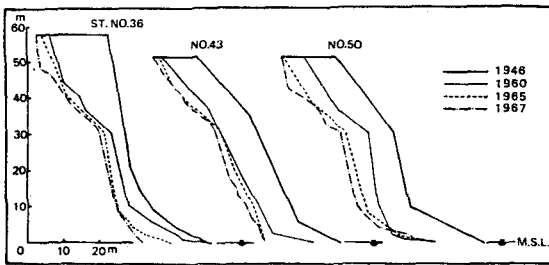


図-7 海崖断面の変化⁹⁾

象とする期間を長くする程、場所的な変動の割合は小さくなり(図-9)、年平均後退量はある一定値に漸近するように(図-10)見える⁹⁾。このことは、少なくとも海崖構成の岩質が同一であるならば、海崖はほぼ平行して後退していることを示しているのである。ただ多くの地面での平均的な後退量が年代によって異なるのは、降雨の条件もさることながら、波浪条件が年によって異なっていたことに起因していると考えられる。現実にわれわれの調査の結果によれば、ある波高以上の波浪の起った頻度の大きい年程、年平均後退距離が大きくなっている。

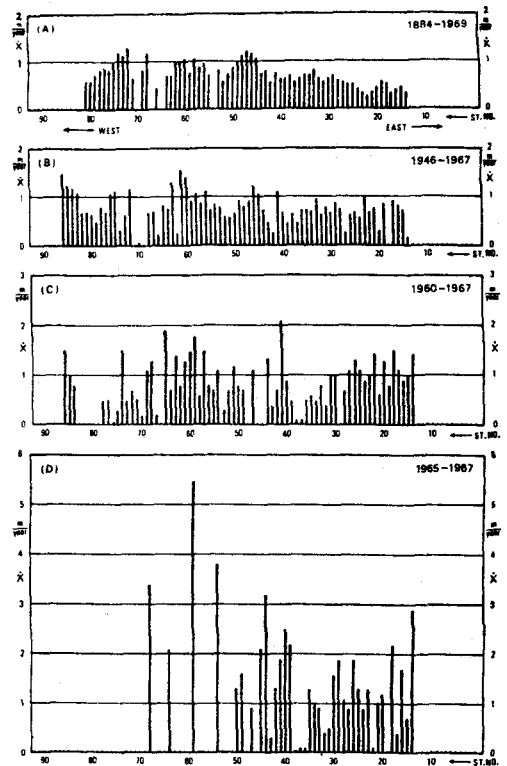


図-8 崖後退距離の変化⁹⁾

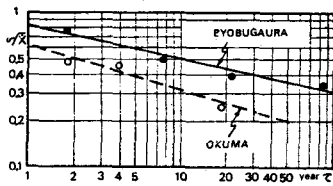


図-9 崖後退距離の場所
的変動率と期間⁹⁾

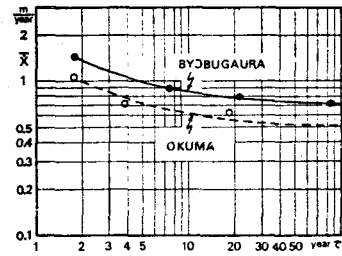


図-10 平均崖後退距離
と期間⁹⁾

7. おわりに

以上、筆者に与えられたデータに関連して、海崖侵食の調査法並びに筆者らの元々幾つかの結果について述べてきた。従来の調査によって、年平均後退量の数値が与えられているとはいえ、やや定性的な形で論議のなされていた海崖侵食に対して、われわれはなるべく客観的なデータをもとにして検討を行い、かつ定量的な推測を行うようにと努力を続けている。しかしながら、資料が必ずしも十分に集積されているとは言えず、われわれの目標には程遠いというのが現状である。今後、本文においてふれた調査法を駆使して有用なデータを蓄積し、より一般的と考えられる関係を近い将来に見出さうようにと願ってやまない。

本文では海崖侵食の実体を把握することに主眼を置いたが、当然その侵食防護策についての検討の進められるべきことは言うまでもない。現在の所、崖基部に消波ブロックを用いて防護工を築造する方法が、かなり広く適用されて居り、その方式の有効であることは、筆者らの航空写真を用いての調査によって明らかにされている。

最後に水理模型実験の有用性について一言述べておこう。¹⁰⁾ 現地の海崖の特性を模型上に再現することは常識的には不可能である。しかしながらブロック全体としての岩石の強度という概念に立脚すれば、一体としてではあるが力学的に相似な海崖模型を作成し、実験を行うことは可能であり、多くの興味ある事実を観察することができた。ただし基岩の侵食に伴う土砂の崩落を模型上で再現することは現在の所出来ていない。最近福島県下の海崖を海の方から観察する機会を得、実験上で観察したものと同じような現象が自然でも生じていることを知って、甚だ意を強くした。模型上での条件は自然現象に比すれば極度に単純化されており、それなるが故にある現象を強調して抽出しようとも言えるのである。今後も一層工夫をこらして、有効な手段として活用されることを希望してやまない。

本文を草するにあたり、東京大学助手・砂村継夫博士の研究成果に負う所が大であった。
ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Johnson, D. W. : Shore Processes and Shoreline Development, John Wiley & Sons Inc., 1919.
- 2) Valentin, H : Die Kuste der Erde, Petermanns Geographische Mitteilungen Ergänzungsheft, 1952.
- 3) Shepard, F. P. : Submarine Geology, Harper & Row, Publishews, 1963.
- 4) Guilcher, A. : Coastal and Submarine Morphology, Methuen & Co. Ltd. 1958.
- 5) 堀川清司：海岸工学—海洋工学への序説—，東京大学出版会，1973。
- 6) Steers, J. A. : The Coastline of England and Wales, Cambridge, 2nd ed., 1948.
- 7) 堀川清司・砂村継夫：千葉県房総ヶ浦の海岸侵蝕について⁽¹⁾—航空写真による海蝕崖の後退に関する研究・第4報—，第19回海岸工学講演会論文集，1972。
- 8) 堀川清司・砂村継夫：航空写真による海蝕崖の後退に関する研究，第14回海岸工学講演会講演集，1967。
- 9) 堀川清司・砂村継夫：千葉県房総ヶ浦の海岸侵食について⁽²⁾—航空写真による海蝕崖の後退に関する研究・第3報—，第17回海岸工学講演会論文集，1970。
- 10) 堀川清司・砂村継夫：海蝕崖の侵食に関する実験的研究，第15回海岸工学講演会講演集，1968。

//) Sunamura, T. : Coastal Cliff erosion due to waves - Field investigations and laboratory experiments - , Jour. of the Faculty of Eng., University of Tokyo, Series B, Vol. 32, 1973.