

カリフォルニア州サンディエゴのロマ岬および デルマーにおける海食崖の現地踏査

FIELD OBSERVATION OF SEACLIFF AROUND POINT LOMA AND DEL MAR IN SAN DIEGO IN CALIFORNIA

宇多高明¹・西村 晋²・清野聡子³・国栖広志⁴・芹沢真澄⁵・三波俊郎⁶
Takaaki UDA, Susumu NISHIMURA, Satoquo SEINO, Hiroshi KUNISU,
Masumi SERIZAWA and Toshiro SAN-NAMI

¹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)

²正会員 (財)土木研究センター研究開発一部 (〒110-0016 東京都台東区台東1-6-4)

³正会員 農修 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学科助手 (〒153-8902 目黒区駒場3-8-1)

⁴フェロー会員 工博 日本海洋コンサルタント株式会社 (〒102-0082 東京都千代田区一番町27-4)

⁵正会員 海岸研究室 (有) (〒160-0011 東京都新宿区若葉1-22ローヤル若葉208)

⁶ 海岸研究室 (有) (同 上)

Cliff erosion was investigated at the coasts around Point Loma in San Diego and Del Mar areas in California. On these coasts, installation of countermeasures against cliff erosion is rare in contrast to the cliff coasts in Japan. On Japanese coasts, concrete armor units are usually installed to protect coastal cliff and this causes decrease in sediment supply from the cliff, which induces beach erosion on the down coast. This gives one of the reasons for extension of artificial coastline in Japan. Overall stability of the sandy beach including cliffy coast as a sand supply source should be deeply considered.

Key Words : *Cliffy coast, California, erosion, Japanese coastline, measures, comparison*

1. まえがき

わが国では、現在全国各地で海岸侵食が著しく進んできている。とくに砂浜海岸で侵食が進み、旧来の砂浜が消失し、護岸や消波ブロックなどの人工構造物で覆われた海岸の数は多数にのぼる。侵食原因は種々あるが、基本的には海岸や河川などでの人為的改変の影響が海岸侵食という形で集約的に現れたものである¹⁾。一方、このような人為的要因がなくとも侵食が進むものに海食崖の後退がある。わが国では千葉県屏風ヶ浦・太東崎、福島県から宮城県南部の海岸線に沿って延びる海食崖がその例である。これらの海食崖は、主として波の侵食作用によって陸地が削り取られて生じるものである。したがって、侵食防止を図るには崖の基部に波の作用が生じないような策をとることが有効であり、事実、わが国の海食崖ではほとんどの地域でこのような対策が取られてきた。しかし、世界的に見れば、このように海食崖の後退防止のために人工構造物を建設し、侵食を防止する手だてを大規模に行っている国はむしろ希であ

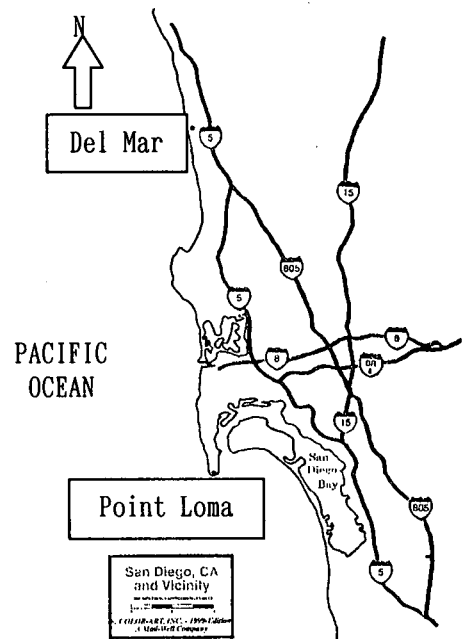


図-1 現地踏査を行ったサンディエゴ周辺の地図

る。逆に、わが国では崖侵食の防止が効果を上げた結果として、そこからの土砂供給を前提として形成されてきた隣接の海浜が激しい侵食にさらされる例が多い。こうしたことから、本研究では海外の事例研究として、米国カリフォルニア州、サンディエゴ周辺の海食崖の現地調査を行い、わが国の海食崖の侵食防止策と比較することにした。現地調査は1999年8月29日と31日に実施した。

2. サンディエゴのロマ岬およびデルマーにおける海食崖の調査

サンディエゴは、カリフォルニア州南部、メキシコとの国境に近い場所に位置している。カリフォルニア州は太平洋に面しているが、沖合には寒流が流れているために海水温が低く、また年降水量が約200mmと少ないために、海岸砂漠になっている。したがって、海岸線付近では人工的に散水するか、あるいは河川沿い以外の場所では乾燥に耐えうる灌木が繁っているのみである。また降雨は一般に冬季にのみ集中し、それ以外の季節は乾燥度が高い。

カリフォルニア州南部では海食崖の発達が著しい。サンディエゴ周辺もこうした条件にあるが、本研究では図-1に示すようにサンディエゴ湾の入口に位置するロマ岬と、サンディエゴ北部のデルマー付近でそれぞれ1999年8月29日と31日に現地調査を行った。

(1) ロマ岬周辺の海食崖と侵食防止策

ロマ岬はサンディエゴ湾の入口に位置している。写真-1はロマ岬からサンディエゴ湾を遠望したものである。写真右端が太平洋に続く航路になっており、航路の左岸側には導流堤が延びている。またこの航路の右側には、南側から延びてきている砂嘴の先端部が見える。サンディエゴ湾は写真に見える航路でのみ太平洋とつながっている。写真-2は、ロマ岬の頂上にある展望台を西側から眺めたものである。岬の周辺には低い灌木が生えているのみである。背丈の大きな木の周辺にはいずれもスプリンクラーが設置されている。

写真-2に示したロマ岬の頂上より太平洋側の海岸へ下りると、写真-3の光景が見られた。海岸線に沿って海食崖が発達しているが、海食崖の陸側に細かく、かつ細長い谷を多く有する侵食地形が発見されたのである。これは、この地域が夏季は非常に乾燥し、降雨は冬季に集中することと密接に関係していると考えられる。なぜなら、こうした条件では地表面を植生が密に覆うことがないから、降雨に対する植生による地表面の保護が期待できず、また植生の根が繁茂して侵食から土壌を守る効果も期待できず、したがってこうした条件下で降雨が一時期に集中すれば土壌の侵食が著しくなると考えられるからである。また、この谷の中では写真-4の状況が観察された。



写真-1 ロマ岬からサンディエゴ湾を遠望



写真-2 低い灌木に覆われたロマ岬の頂上の展望台

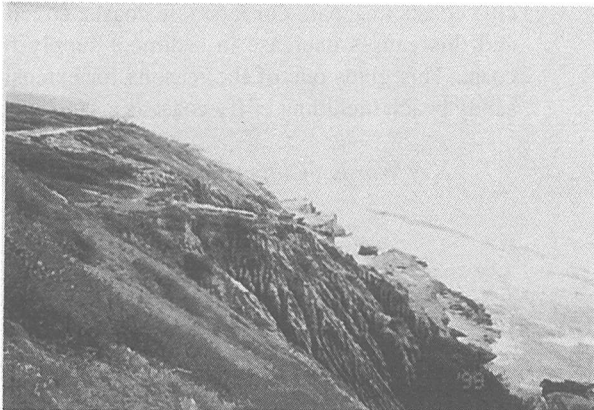


写真-3 ロマ岬の太平洋岸で見られた土壌侵食



写真-4 排水路周辺で生じた著しい侵食

海岸線まで切れ込んだV字形の谷の中央に見えるのは排水管である。露出している排水管は、ロマ岬の西側斜面の小流域からの排水を集めて海へ流すためのものであるが、道路の下を管渠で流れた後、管渠のつなぎ目から水が溢れ、周辺の土砂を洗い流して激しい侵食を引き起こしたものである。一方、ここより南側の斜面では写真-5の状況が観察された。あたかもロウ細工のように多数の細かな溝ができて斜面全体が激しく侵食されている。湿潤変動帯に位置する日本では、地表面の多くは植生によって高密度で覆われているのに対して、この付近では土壌がほぼ露出していることが侵食に対する弱点になっていると考えられる。

写真-4,5に示した侵食区域の海側を北向きに撮影したのが写真-6である。上部には相対的に緩い角度を持った崖が形成されており、その下部にはほぼ垂直な面を有する崖が形成されている。また海食洞の発達が著しい。一方、沖合には海食台が広がっている。写真-6で写真の右斜め上部に見える楕円形の黒い部分は、下部に発達した海食洞が陥没してきた穴である。写真-7は、写真-6の右端に見える海食洞をさらに海側から撮影したものである。汀線付近は陸側に傾いた地層からなっており、その上部に固結度の小さな地層がのっていることが分かる。またこの地層内には円礫が含まれており、それが波食によって洗い出された後、海食崖の基部に堆積しているのが観察された。これらの礫は高波浪時には波の作用で移動し、摩耗による侵食を促進していると考えられる。写真-8は海食崖を南向きに撮影したものである。相対的に固い地盤からなる下層も、厚さが約10cmほどの薄層が多数重なっていることが分かる。

以上のように、ロマ岬周辺では波食による侵食が著しいが、わが国の場合と異なって海食崖の侵食防止のための消波ブロックの設置や急傾斜地の保全のための工事は行われていない。ロマ岬周辺はカブリ口公園として景観の保全が図られているため、自然のままの風景がそのまま残されている。

一方、ロマ岬北側の海岸では状況が異なる。この付近では海岸線に接する土地は個人所有である。このため私有財産を守るために各個人が侵食対策を進めている。写真-9は、海岸線の全体状況である。海食崖の前面に狭い砂浜と岩礁が所々に存在するが、その背後はわが国の場合と同様、直立護岸で守られている。写真に示すように護岸の種類はいくつもある。写真-10は、写真-9で右端に見える家屋の前面の海岸状況である。ここでは海食崖の表面は植生で覆われており、比較的安定に見える。またこの崖の下部は巨石により守られている。ここには前浜があり、その背後の崖の基部に巨石が敷かれているため、侵食はあまり進んでいない。しかし、この位置の北側では写真-11の状況が観察された。海食崖ののり面上をコンクリートで覆ったが、それが原形をとどめないほどに崩落し、崖面が露出している。背後地盤は未固結の地層であることがわかる。このように様々な対策が行

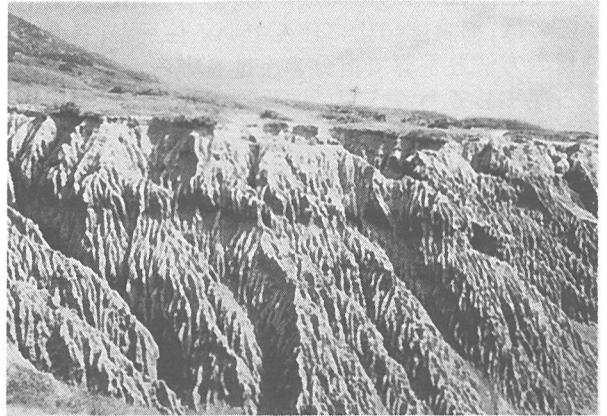


写真-5 雨水による侵食によって形成された多数のガリ



写真-6 ロマ岬の太平洋岸の海食崖と陥没した海食洞



写真-7 海食崖とその基盤岩

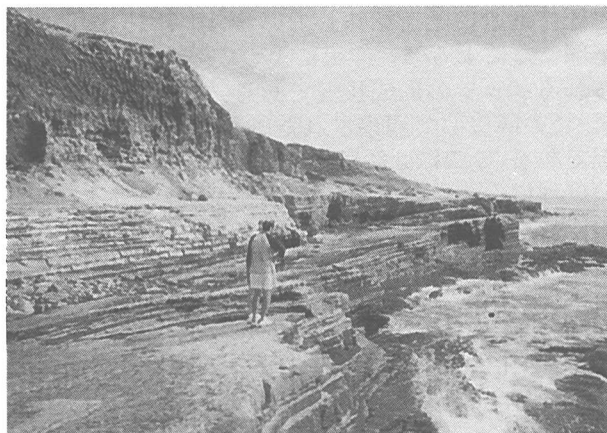


写真-8 陸側に緩く傾斜した海食崖の基盤岩

われており、あるものは成功し、あるものは失敗しているのは、海食崖の上に住んでいる住民が、それぞれ独自の方法与予算で自分の土地を守ろうとすることから発生している。これは、海岸線が海岸保全区域として指定され、公共事業によって一定の基準のもとで保全工事が行われているわが国の場合と大きな違いである。

(2)デルマー海岸の海食崖と砂浜

デルマー海岸は図-1に示したように、ロマ岬の北約28kmに位置している。デルマー海岸から南側にはトーリーパイン海岸を経て、スクリップス海洋研究所のあるラホイア海岸まで海食崖が連なっている。8月31日、ロマ岬周辺での海岸調査の後、デルマー海岸の海食崖の現地調査を行った。

写真-12はデルマー海岸に流入する河川の河口の北側に位置する海食崖の全体状況である。崖の上部は固結度が小さいため、斜面勾配が相対的に緩く、斜面上は一部植生で覆われている。下層には固結度の大きな地層が露出し、斜面勾配が急である。海食崖の前面には砂浜が広がっている。写真-13は、写真-12に見える海食崖の先端に位置する海食崖の基盤を撮影したものである。最下層には化石化したカキ床が露出している。この層は石灰岩質であるために圧縮強度が大きく、波食に抵抗するため下部に明瞭な形のノッチが形成されている。また写真-14は海岸状況を南向きに撮影したものであるが、カキ床は緩やかに傾いており、その表面は非常に平坦である。

写真-13において、化石化したカキ床の上部を調べたところ、かなり多くの量の円礫が発見された。写真-13中央部の崖直下を撮影したのが写真-15である。背後に見えるほぼ垂直な崖は砂岩・泥岩で構成されている。したがって、崖基部の礫は写真に見えている範囲内の崖面から供給されたものではない。しかし、その上部には現在海食崖の基部に見られるのと同じ礫を含む地層が観察された。このことから崖基部に集積した礫はこの海食崖が波食によって後退した際発生したものと考えられる。砂岩・泥岩の基部にこのような礫が存在することは、このテラス上のカキ床の上部までうちあがるような高波浪が襲来した場合、礫による摩耗作用によって砂岩・泥岩の侵食が急速に進むことを意味している。写真-16は、砂岩の下部に礫による摩耗作用によって侵食が進んだと見られるノッチの形成状況である。また写真-17は、写真-16の隣接部で観察された細長い海食洞の形成状況である。ここには鉛直方向に摂理が走っており、この摂理に沿った弱部で侵食が進んだ結果、海食洞が形成されたものである。海食洞の基部には巨礫を含む礫が堆積していることから、波の直接的作用にとどまらず、礫の摩耗による侵食作用も著しいと推定される。

写真-18は、写真-13に示した海食崖に続く北側の海岸における海食崖の発達状況を示す。ほぼ垂直な

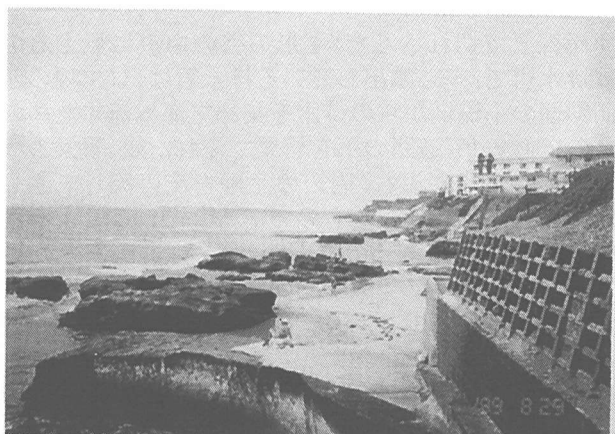


写真-9 ロマ岬の北側の海岸で観察された直立護岸



写真-10 砂浜背後の斜面を守るために設置された捨石



写真-11 崩壊したコンクリートのり面保護工



写真-12 デルマー海岸の海食崖の全景

崖面とそれより上部の相対的に勾配が緩やかな地層の間に礫を含んだ地層が延びている。海食崖の前面には前浜はほとんど存在しておらず、ほぼ常時波浪による侵食作用が続いている。

以上に述べた海食崖の南側の海岸状況を示したのが写真-19である。海食崖の最南端から南側には砂浜が広がっている。このような砂浜形成に預かる主要な土砂供給源は海食崖からの崩壊土砂である。前節で述べたロマ岬の北側隣接部の海岸では私有地を守るために護岸が造られていたが、これはむしろ希なケースであって、実際にはデルマーをはじめとしてほとんどの地区では海食崖の侵食防止対策は行われておらず、ほぼ自然の侵食に任せている状況にある。また写真-19によれば海岸線には離岸堤や突堤などの施設はなにもなく、また砂浜幅も広い。さらに清掃をしていることもあるが、前浜にゴミが散乱しておらず、きれいであることも特徴である。海浜に散乱しているのは波によってうちあげられた海藻類のみであって、少なくともわが国のように流木やプラスチックのゴミが散乱する状況は見られない。これは本研究で報告したロマ岬周辺やデルマーの海岸だけではなく、他の海岸でも同じ状況であった。

3. 海食崖の侵食対策の日米比較

わが国の海食崖では、一般に侵食対策が施されるのが常である。例えば、千葉県九十九里海岸の北東側に位置する屏風ヶ浦や、南西端に位置する太東崎では、海食崖に沿って消波工が連続的に設置され、波食から海食崖が守られている²⁾。これらの対策を行ったとしても、海食崖は地震・降雨による崩壊、地下水あるいは風などの作用による風化が進んでいくが、最も重要な作用を生じさせる波の作用に対しては防護できる。これらは海食崖の侵食防止に非常に効果的ではあるが、対策が完了することは、一方で崖からの供給土砂量の減少を招き、そこからの土砂供給を前提として発達していた砂浜海岸の侵食をもたらすことになる。わが国ではこのような原因で生じた海岸侵食を各地に見ることができる。このことは、河川からの流入土砂量の減少と相まって海岸線の人工化が進む要因になっている。

これに対して、本研究で述べたようにカリフォルニア州南部の海岸では、日本と同様な状況はごく一部を除いて存在しない。日本では海食崖の前面に消波ブロックなどが設置されて人工化されているだけではなく、そこから土砂の供給を受けていた周辺の砂浜海岸でも各種侵食対策施設が並ぶことになるが、米国ではこうした状況は見られない。逆に、海食崖の上部が私有地となっている場所では侵食が激しくなると、私有財産が海に落ち込んで失われることもある。このため各個人がそれぞれの手法で私有財産を守ろうとしているのが現状である。この場合、対策規模が小さいので、機能的に見れば対策構造物が有効に機能を発揮しているとはいえない。しかしその代



写真-13 海食崖の基部に露出した化石化したカキ床とその下部のノッチ



写真-14 化石化したカキ床を南向きに撮影



写真-15 海食崖の基部に集積された円礫

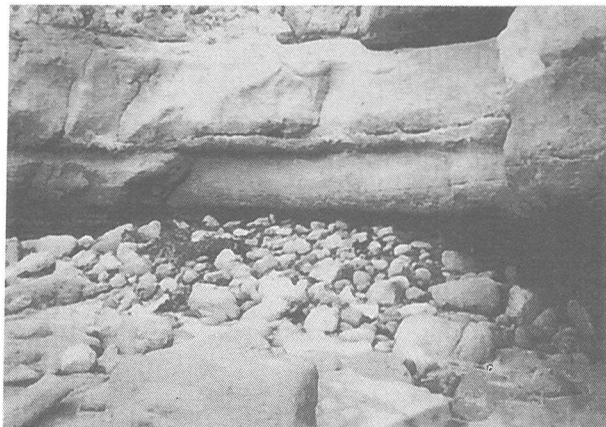


写真-16 海食崖の基部に形成されたノッチとそこに集積した礫

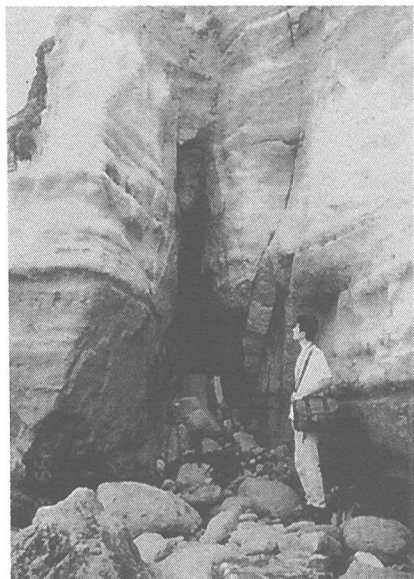


写真-17 鉛直な節理に沿って形成された海食洞

わり、海食崖にあっても、あるいは砂浜にあっても、人工化され海岸線に沿って大量の消波ブロックが設置された状況は見られないのである。またカリフォルニア州全体での海岸保全のための予算が約2千万ドルと海岸線の長さの割に小さく、対策を行う予算もないのが現状である。逆に言えば侵食は海岸線に接して住んでいる住民の問題であって、公共的にそのような対策は行う必要がないと考える人々の数が多いことが、このような予算規模となっていることを説明している。国土の広い米国とわが国を比較した場合、わが国で海食崖の侵食を許すことができないとすれば、その影響を見積もり、海食崖からの土砂供給があるために安定的に存在した海岸線を、土砂供給が大きく減少しても安定な海岸線に変えていくことが必要である。そうではなしに、侵食が顕在化してから対策を行うという手法を取れば、護岸や消波ブロックで覆われた海岸線の人工化は止まることなく進んでいくと考えられる。

上述のように、わが国では軟岩からなる海食崖のほとんどは既に侵食対策が施されている。したがって今後も長期にわたって海食崖からの土砂供給を考えることは非現実的である。砂浜保全のための土砂の供給については別の手段を考えなければならない。そして、少なくともわが国では、波食に起因する海食崖の形成に関する研究は実質的に意味がなく、それよりも風化に起因する崩壊などの研究の方が役立つ状況となっている。しかしながら、このようにして全ての海食崖が人工化されてしまうことについては疑問が残る。その背後に人家があるなどの理由から、保全を必要とする場所は保全しなければならないとしても、海岸で起きている現象についての「教育の場」として、海食崖をそのまま存置して自然の営みを観察し、理解する機会が永久に喪失することは、長い目で見て海に対する理解や関心を減らすことにつながると考えられるからである。その意味で限られ



写真-18 北向きに連なる海食崖



写真-19 海食崖の南側に広がる砂浜海岸

た場所であったとしても、自然観察の場の一つとして海食崖がそのまま観察可能な場所を残すことが必要と考えている。

4. あとがき

米国カリフォルニア州と比較して、わが国では沿岸部の土地利用がはるかに高密度で行われており、例えば海食崖の上部の台地も各種利用が行われている。このため海食崖が削られれば、それが下手海岸の砂浜を形成させる上で重要であるとわかっていても対策が必要になるのがわが国の状況である。この結果として、必然的に海食崖およびその下手側の海浜での人工化が進んできた。全国各地の海食崖周辺の海岸において人工化が進んできた理由はこのように構造的な問題であることを理解する必要がある。今後、両者をバランスよく保全し、しかも人工化を防いで良好な環境を保持する策について考えること、また、新たな環境教育の場として海食崖を観察できる場所を保存することなどが必要であろう。

参考文献

- 1) 宇多高明:日本の海岸侵食,山海堂, p.442;1997.
- 2) 建設省土木研究所・(財)土木研究センター:九十九里浜の巡検-浜辺を歩く-, p.26, 1998.