

屏風ヶ浦海食崖の景観と近年の地形変化 —消波堤設置による侵食様式の変化とその影響—

吉村光敏・八木令子*・小田島高之

千葉県立中央博物館
〒260-8682 千葉市中央区青葉町955-2
* E-mail: yagi@chiba-muse.or.jp

(2022年9月30日投稿；2023年1月20日改訂；1月21日受理)

要旨 千葉県北東部に位置する屏風ヶ浦は、下総台地（飯岡台地）を削る海食崖で、銚子市名洗町から旭市刑部岬まで、新第三紀鮮新世以降の地層からなる露岩の崖が、約10kmに渡って連続する。ここは近年まで波食により崖が年間1m近く後退しており、突出した岬は削られ、凹凸の少ない崖は平行後退することによって景観が維持されてきた。しかし1960年代以降、消波堤が設置されるようになると、通常的气象条件下では、波による崖下の侵食はほぼなくなり、崖を構成する犬吠層群泥岩層の剥離・落下、崖上部の香取層・関東ローム層の崩壊、一時的な水流による土砂の移動などにより崖錐が形成され、成長するようになった。現在屏風ヶ浦海食崖は一部を除いて大半に消波堤が設置され、新しい侵食様式による地形変化が進み、以前とは異なる景観が見られるようになった。

キーワード：屏風ヶ浦海食崖、波食、景観、消波堤、崖錐、地形変化、航空斜め写真、3D画像

千葉県北東部に位置する屏風ヶ浦は、下総台地（飯岡台地）を削る海食崖で、銚子市名洗町から旭市刑部岬まで、新第三紀鮮新世以降の地層からなる露岩の崖が、約10kmに渡って連続する（図1）。これらは千葉県を代表する自然景観として位置づけられるが、太平洋の荒波をまともに受ける崖の印象は、「美しさ」というよりはむしろ「自然の脅威」「荒々しさ」あるいは「雄大さ」といったものである。

屏風ヶ浦はまた、崖を構成する地層が比較的軟らかいことから、近年まで波食により崖が年間1m近く後退していたことが知られている（堀川・砂村, 1969ほか）。しかし1960年代以降、屏風ヶ浦の侵食防止を目的に、両端から順次消波堤が設置されるようになると、崖基部の汀線の後退速度が一桁小さくなり（堀川・砂村, 1971）、この30年間で屏風ヶ浦からの土砂供給量が以前の1/3になっていることが明らかにされた（宇多, 1997）。このことは、海岸の侵食対策として消波堤が一定の効果を上げていることを示すが、侵食量や侵食の様式が変化する

ことで、屏風ヶ浦や周辺の自然景観が変化することも意味する。

現在の屏風ヶ浦は、ごく一部の場所を除いて大半に消波堤が設置され、その内側に砂浜や崖錐が発達するなど、以前とは異なった地形変化が生じている。またかつての露岩の崖や崖錐上に海浜植物がパッチ状に生育し、景観も変化している。消波堤や海岸への取り付け道路の設置で、人々が容易に崖下へ近づいて自然を観察することのできる場所となり、平成24年度に認定された「銚子ジオパーク」のジオサイトのひとつに位置づけられ、国の名勝及び天然記念物にも指定された。

地域の文化財としてこれらの価値を伝え、保全していくためには、海食崖の景観を構成する地形、地質、植生などを系統的に把握し、それらがどう変化してきたのか、今後どう変化するのかを明らかにしていくことが必要である。そこで本論では、江戸後期の絵図や明治以降の新旧地形図の比較、消波堤設置前後のおよそ30年間に撮影された空中写真や斜め航空写真、UAVによる3D画



図1. 銚子市名洗地区から見た屏風ヶ浦海食崖。

像の解析，現地調査などを基に，屏風ヶ浦海食崖を構成する景観の近年の地形変化を具体的に示し，波食や消波堤設置による新たな侵食様式について考察する。

屏風ヶ浦の地形・地質概観

屏風ヶ浦の崖上の台地は，後期更新世の古東京湾の浅海底が離水してできた海成段丘面（下総上位面：杉原，1976）で，標高50m前後の平坦な地形が連続する（図2）。また利根川や，台地を侵食する高田川，磯見川などに沿っては，それより低い河成段丘面が数段分布する。

海食崖上部は幅の広い谷によってところどころ分断されている。屏風ヶ浦は縄文海進の頃には海岸線が現在より数キロメートル海側にあったとされており（川崎，1965；太田ほか，1985など），その後現在の位置まで侵食され，その過程で谷の下流や上流が切られた谷，すなわち懸谷や風隙が崖上に形成された（本報告では西側に懸谷6ヶ所，東側に風隙10ヶ所を認定しており，それぞれ通し番号をつけて個別化）。図3は風隙10を陸側から見た景観写真である。また図4は海食崖型の風隙と懸谷の模式図である。

図5は屏風ヶ浦海食崖の地形地質断面である。海食崖の高さは，西側の飯岡で標高およそ60m，東の名洗で約30mとなる。崖を作る地層は大きく二層にわかれ，下部は基盤の新第三紀鮮新世～第四紀更新世の犬吠層群（酒井，1990：名洗層，春日層，小浜層，横根層などに細分），上部は不整合面を挟んで香取層，関東ローム層が重なる。このうち香取層は下総層群木下層相当層と考えられてきたが，場所によっては従来考えられていた時期よりも新しい，8～10万年前頃堆積した浅海堆積物で

あることが示され（Okazaki *et al.*, 2022），周辺の地形面の分布に関しては再検討が必要である。本論では不整合面より上の砂層を香取層とする。なお銚子市春日付近では，台地表面の関東ローム層より上に砂丘砂（風成砂）が載る。

なお海食崖上の谷（懸谷や風隙）の多くは，台地を作る地層と基盤の犬吠層群の境界付近に谷底があり，不透水性の泥層がこの地域の水文的基盤となっている。しかし銚子市西端の磯見川河口は，海面まで達する程川が切れ込み，海食崖が不連続になっており，基盤上に沖積の河床堆積物が認められる。ここは懸谷の谷底が再度河川によって下刻され，海面に合流している。

消波堤・海岸への取り付け道路の設置状況

屏風ヶ浦海食崖に沿って建設されている消波堤（一部護岸を含む）及び海岸まで降りることが可能な取り付け道路の変化について，戦後の空中写真による判読を行い（吉村ほか，2015），各地域の設置状況を示した（図6a, b）。

消波堤の建設が始まったのは，刑部岬及び名洗港付近の護岸を除くと1960年代である。60年代には，図6a①の刑部岬から東側に，②の磯見川右岸から西側へ，⑦の大谷津団地下から西側へ，⑩の小畑川右岸から西側への消波堤がそれぞれ建設された。その後70年代に①②の延伸工事，また④の産廃処分場下から東へ，⑤の特別支援学校下から東西両方向，⑧の清掃センター下から西側への工事が始まった。これらと⑦，⑩の延伸によって，消波堤の建設はさらに進んだ。

80年代になると，⑥の斜めの道路から西側へ，⑪小畑川左岸から東側への工事が始まり，加えて各所で延伸工

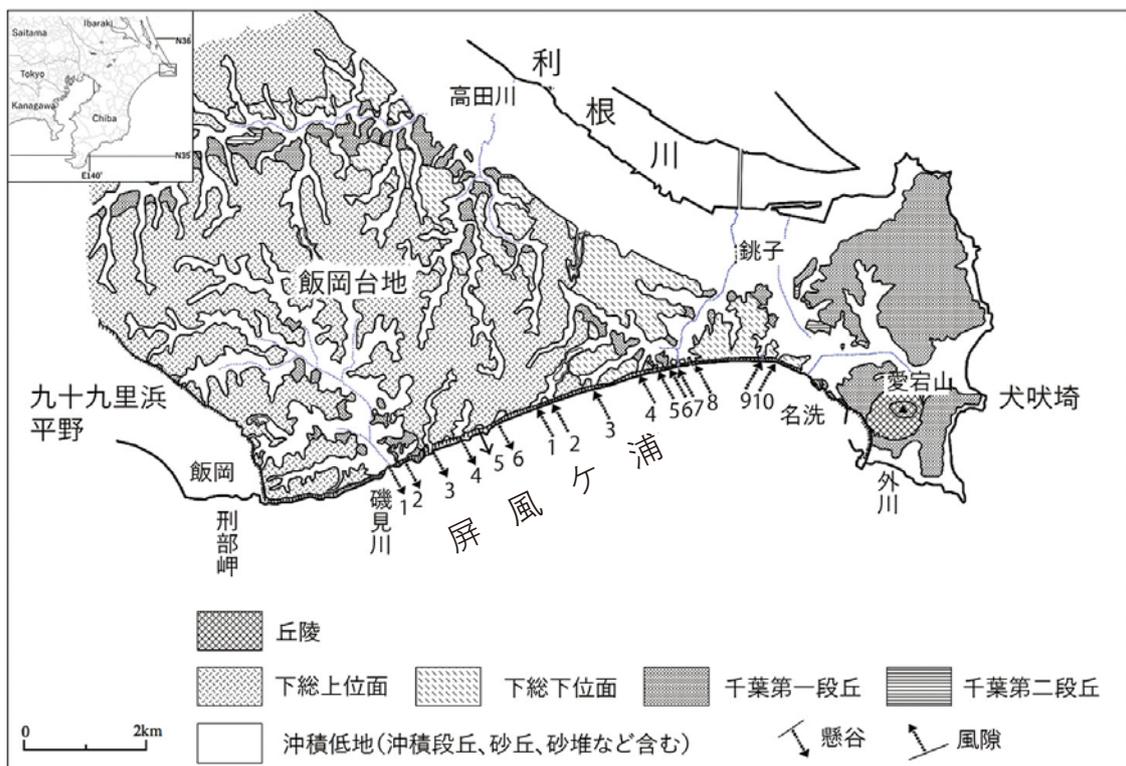


図2. 銚子・飯岡台地の地形分類図（杉原，1976の図を基に作成）。



図3. 陸側から見た風隙3の地形.

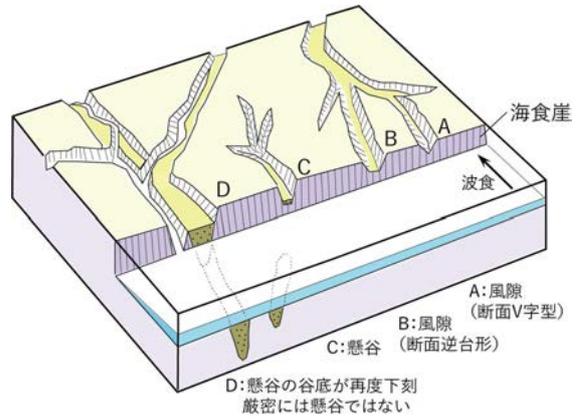


図4. 海食崖型の懸谷と風隙模式図.

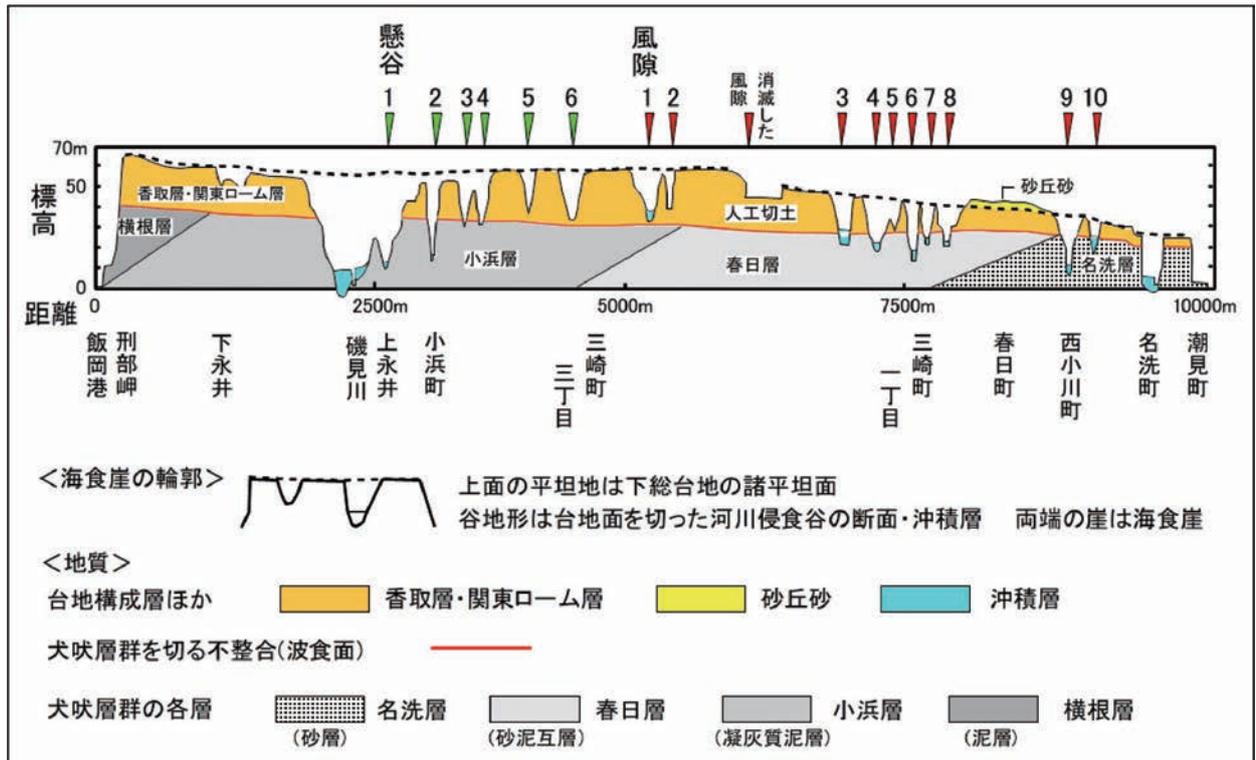


図5. 屏風ヶ浦の地形地質断面.
懸谷, 風隙の番号は図2の地形分類図の懸谷, 風隙の番号と対応している.

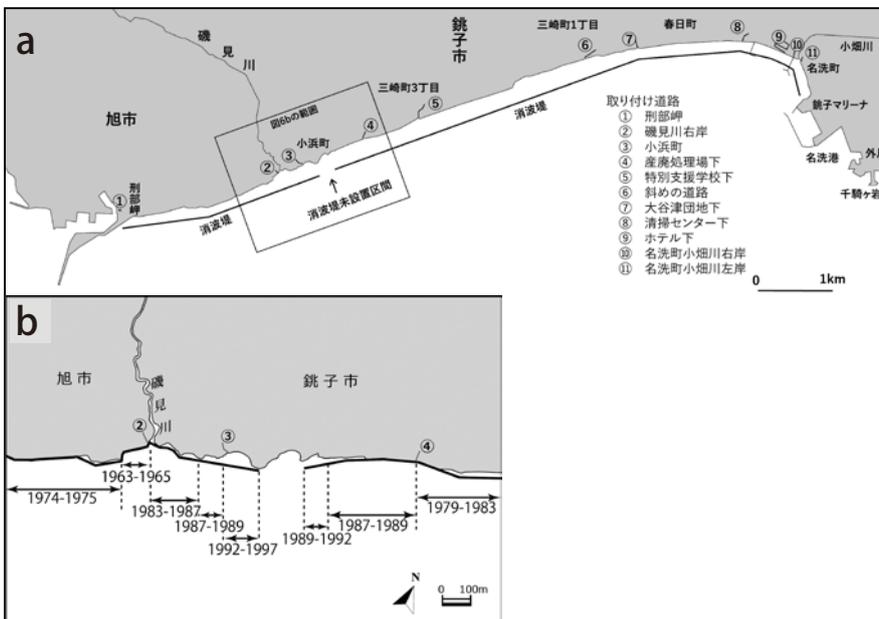


図6. 屏風ヶ浦の消波堤及び取り付け道路設置状況 (吉村ほか, 2015を基に作成).

事が行われ、刑部岬～磯見川、産廃処分場下～特別支援学校下の2つの区間で消波堤工事が完成した。90年代には、大谷津団地下～清掃センター下、清掃センター下～小畑川右岸、小畑川左岸の3区間で完成した。また清掃センター下～小畑川右岸では、防波堤や離岸堤の建設も進んだ。

2000年以降は特別支援学校下～斜めの道路の区間で消波堤が完成した。これにより現在消波堤が建設されていない場所は、③～④区間の一部、200mほどのみとなっている。

屏風ヶ浦海食崖の景観と地形変化

1. 航空斜め写真による景観分析

海食崖の景観を把握するため、2013年12月に刑部岬～名洗間約10 kmを、高度約300 mから、およそ500 mごとに近接撮影し（撮影範囲に重なりがあるので全部で30カット）、それらを21枚の航空斜め写真画像に編集した（吉村ほか, 2014）。

これらの画像は、海食崖の全貌を初めて同一精度で観察できる素材である。そこで景観の調査としては、微地形分類の手法を適用し、目立つものだけをピックアップするのではなく、表1のように写真上で見えるものをくまなく判読し、その結果をトレースした。それらを基に画像と対比しながら見られるような景観図を作成した

表1. 屏風ヶ浦海食崖の景観分析共通記載項目。

位置	記載事項
海食崖上	目標となる建造物等(ランドマーク)
	地形: 地形面、段丘崖、谷地形、風隙、懸谷、砂丘等
崖面～崖下	地形: 高潮線、岬・入り江(崖の凹凸)、ノッチ(海食洞)、地すべり・崩落、崖錐・崩落堆等
	地質: 犬吠層群、香取層、段丘礫層、関東火山灰層、鍵層、断層、スランプ層、巨礫等
	人工物: 消波堤、崖下への取り付け道路・掘割、埋立地等の設置年代

(吉村ほか, 2015)。図7は、その一部、銚子市小浜町付近の斜め写真と景観図である。

記載した項目のうち、消波堤等人工物の設置年代は、前述した調査結果（吉村ほか, 2015）を基にしている。また海食による崖線の後退量は、現在の地形図上に明治期の地形図を重ね合わせることにより、海食による後退を可視化し、読み取った値である。植生については、本来景観を構成する重要な要素であるが、本調査では、地形変化と関わる各微地形上の植生の有無などに限って記載している。なお火山灰の鍵層については、写真上で認識できる連続性が高い地層のつながりを示しているだけで、酒井（1990）の層序との対応は現段階では考えていない。ただし2～3の露頭で対比できるものについては記載した。今後酒井らの火山灰層序との対応を見ていく必要がある。

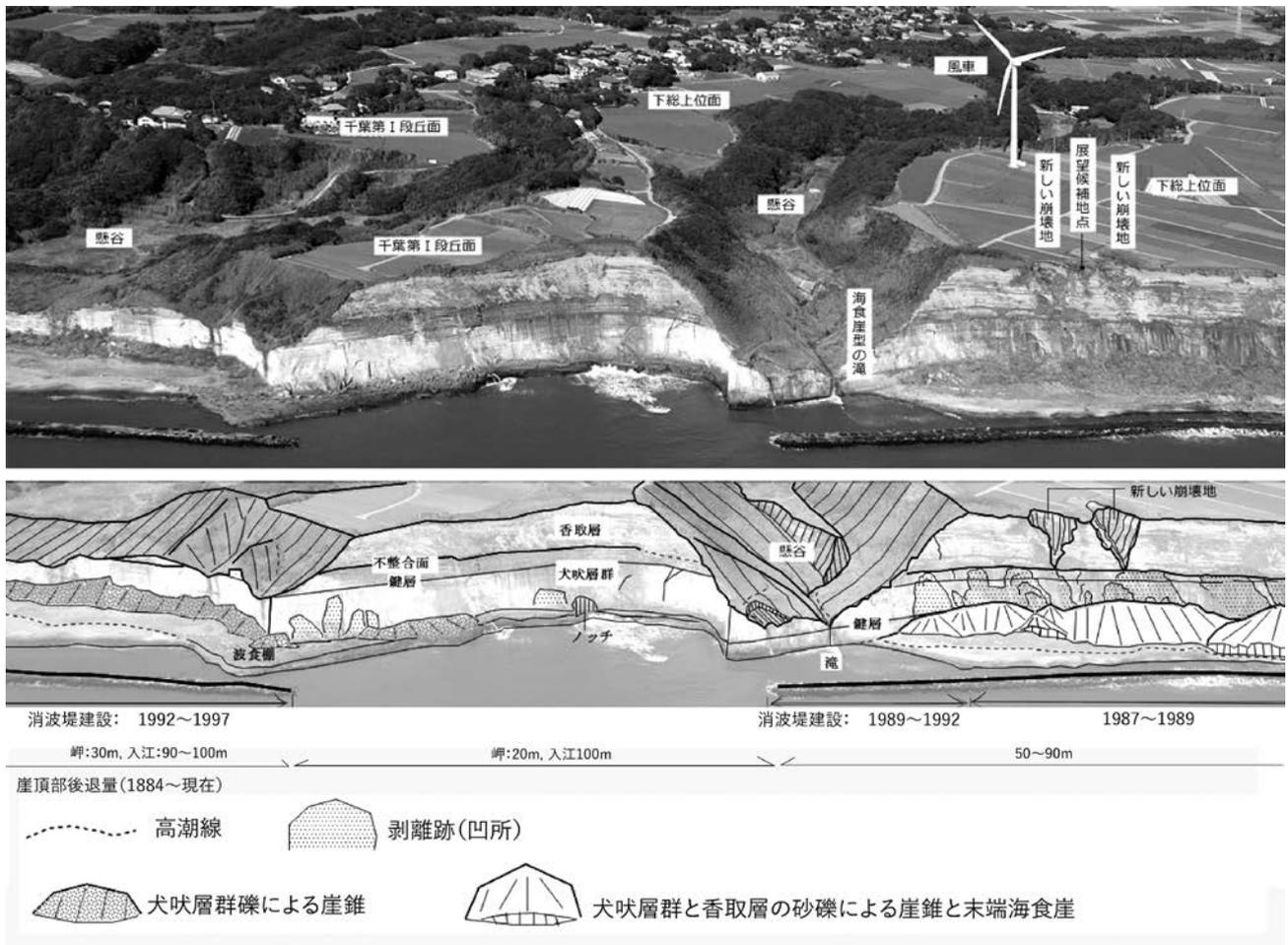


図7. 屏風ヶ浦海食崖の航空斜め写真(上)と景観図(下)(銚子市小浜町付近)。吉村ほか(2015)を基に作成。

2. 屏風ヶ浦の景観と地形変化

海食崖を構成する景観のうち、波食や消波堤設置後の侵食様式の変化と関わりがあると思われるいくつかの場所について、歴史史料や新旧地形図、空中写真の比較、現地調査、UAVによる3D画像の解析などを行った。それらを基に、現在の地形と近年の地形変化のようすを記載する。

2.1. 磯見川河口周辺の地形と消えた通蓮洞

銚子市と旭市の境を流れる磯見川河口は、幅広い谷が海食崖で切られており（図8a）、一見懸谷状の谷に見える。しかし磯見川は谷底を掘り込んで海面に協和的合流しており（図5）、磯見川の低地は段丘化している。

入江になっている河口部を海側から見ると、比高10m弱の低い海食崖がこの段丘面を切っており、基盤の犬吠層群小浜層の泥層の上に未固結の堆積物が載っている（図8b）。不整合面の高度は海拔4mである。堆積物は厚さおよそ5mで、基盤の直上は生痕化石が密集する粘土、その上は厚さ50cm程の円礫層（2-5cm大の円礫、マトリックスは粗粒砂）と腐植層を挟む中～細粒砂となる（図9a）。円礫層上の腐植土（図9a-S-1）を採取し、AMS-C¹⁴年代測定を行った。その結果、Libby Ageは6,020±30 yrBP (IAAA-122525)で、OxCal4.4.4より暦年代較正は、4997-4837 calBCである（図9b）。一方標高6-7m付近には黒色の腐植層が見られる。その下底の土壌（図9a-S-2）のLibby Ageは4,440±30 yrBP (IAAA-122526)、暦

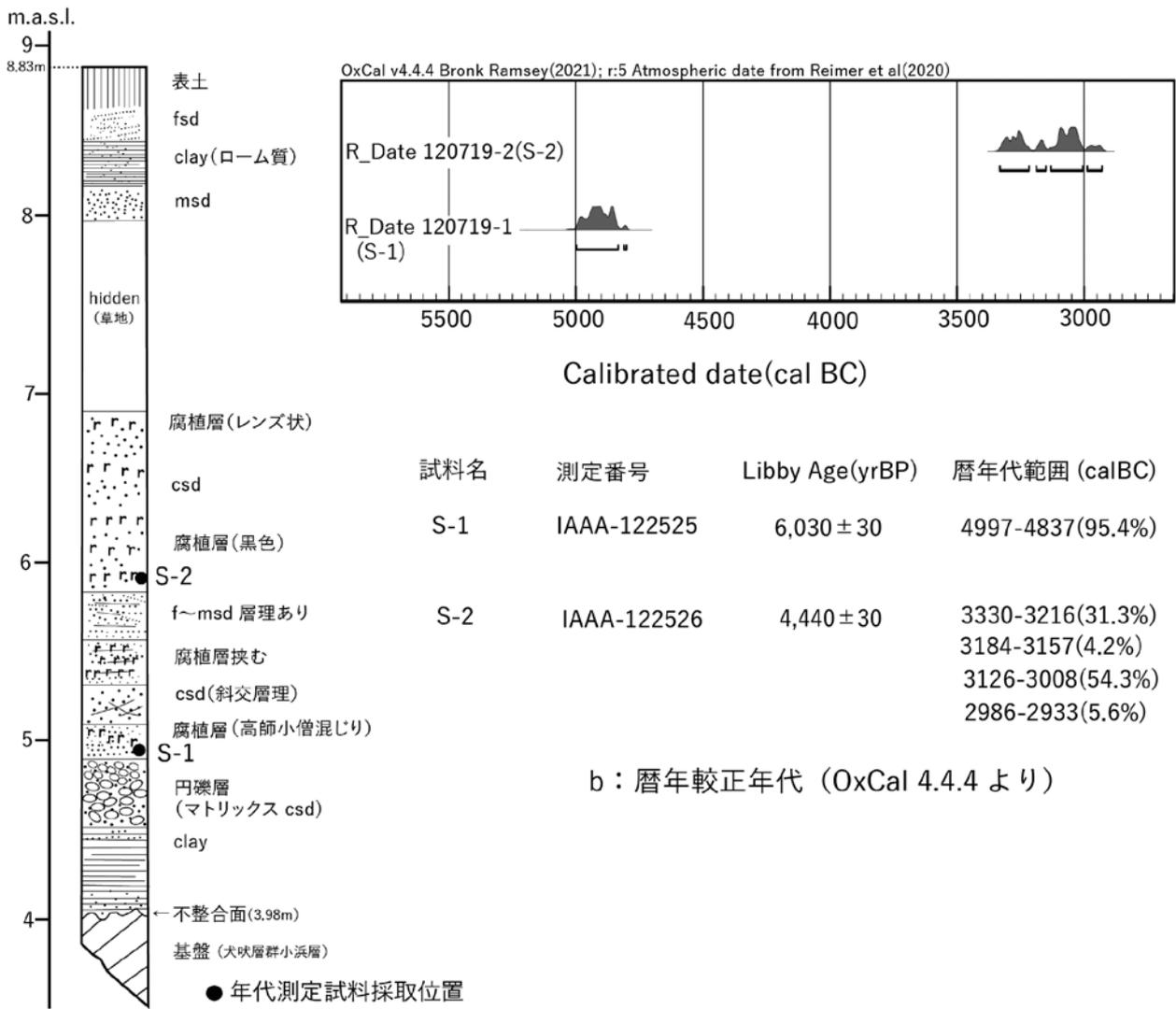
年代較正值の幅は広く、3330-2933 calBCである。この時期周辺は湿地性の環境（後背湿地?）であったと思われる。それより上は植生に覆われて見えない部分があるが、細粒の砂質土が表層付近まで続いており、基盤上の未固結層は縄文海進最盛期以降の陸成（河成）堆積物である。河口における沖積段丘面の標高はおよそ9mである。

この磯見川の河口部には、かつて「通蓮洞」と呼ばれた海食洞起源の潮吹き穴があり、観光名所となっていた。波食により現在は残っていないが、国土地理院の1:25000地形図などには、「通蓮洞」が地名のように記載されている（伊藤, 2017）。しかし現在陸地ではないので、かつての穴の位置やどのような地形のところにあったのかなどは現在の地形図ではわからない。過去の地形図を遡ると、明治36年測量の5万分の1地形図「銚子」では、磯見川右岸の入江状の地形のところに「通蓮洞」とあり（図10）、当時この位置に潮吹き穴があったと考えられる。

通蓮洞は千葉県海上郡教育会（1917）の「海上郡誌」に取り上げられ（そこでは「潮漣洞」と記載）、鐵道省（1934）などにもその記載がある。海上郡誌には（本文は縦書き）、『豊岡村小濱磯見川の河口にあり、一名通漣坊ともいふ。潮汐沿岸を洗ひ、岩石為に穿たれて一の大なる竈形の空洞を生ず。一洞崩壊すれば、随って一洞を生ず。世俗之を延命淵と称す。数十年前には、川の左右兩岸に大小二個あり。小なるを女竈と称し、大なるを男竈と称せり。海上浪高き時は、侵入する潮汐、恰も長鯨の水煙を呼出



図8. 磯見川河口の地形。(a) 陸側から見た河口。幅の広い谷底平野が海食崖で切られていて、海が見える。(b) 海側からみた河口。比高10 m弱の低い海食崖が沖積段丘面を切っている。



a 磯見川河口海食崖露頭の柱状図

図9. 磯見川河口の未固結堆積物の柱状図と放射性年代測定（AMS測定）の暦年較正年代（OxCal4.4.4より）。

するが如く、實に奇観なり。遠近傳へて奇異の顕象となし、夏季観客常に絶えずといふ。』とあり、「竈形の空洞」は明治期には磯見川兩岸に2ヶ所あり、鯨が水を噴き出すような潮吹き穴であったことがわかる。またひとつが崩壊すると、すぐにまたひとつできるというように、「できは壊れる」といった現象であったようだ。

一方郷土史家だった常世田令子氏も、常世田（1987）の「常世伝説の謎、ある東国の寺をめぐる」の中で、通蓮洞について、『小浜側（磯見川左岸）の男竈は「小浜通蓮洞」、上永井側（磯見川右岸）の女竈は「上永井通蓮洞」と呼ばれていて、男竈は明治30年代に消滅し、女竈は岩山の残骸が昭和30年代まで見られ、河口の砂洲も今よりずっと広く、美しかったように憶えている』と記載している。かつて磯見川河口の左右兩岸に2ヶ所あった穴のうち、左岸側の男竈は早くに壊れてしまったということなので、明治36年の地形図に記載された通蓮洞は、女竈「上永井通蓮洞」であろう。

このような穴ができる場としては、現在の磯見川河口の状況から見て、兩岸に分布する河成段丘面のような地形が考えられる。波食によって海面付近に海食洞が形成



図10. 明治期の通蓮洞の位置。陸地測量部5万分の1地形図「銚子」（明治36年測量）（部分）。

されると、河成段丘面であれば段丘堆積物は未固結なので、海食洞の上部がすぐに崩落して穴ができる（図11）、海面との高度差が小さいので潮吹き現象も起こりやすい（伊藤, 2017）。

このことは、江戸時代末に下総各地の現地スケッチ画を基にした「宮負定雄 下総名勝図絵」（弘化4年序文・未完）の「上永井 通連房」からもうかがい知れる（図12；川名，1990）。図中，二人の人物が幅3メートルはありそうな穴をのぞき込んでいる。穴は海に流れ込む川の右岸の河床より少し高い平坦面上にあり，その横にはさらに高い平坦面が描かれている。穴のある平坦面は，低位の河成段丘面であろう。

このような磯見川右岸の潮吹き穴は，明治から大正にかけても，海食ですぐに消滅し，同じような場所に再び出現する珍しい地形として観光名所になっていた。しかしその後磯見川右岸が平滑海岸化してきたため，潮を吹くような穴ができにくくなったのかもしれない。昭和になってからは海食により壊れ，岬が2つのそそり立つ岩礁になって残っていたが，それもじきに消滅したという（常世田，1987）。

「通蓮洞」形成のプロセス（試論）

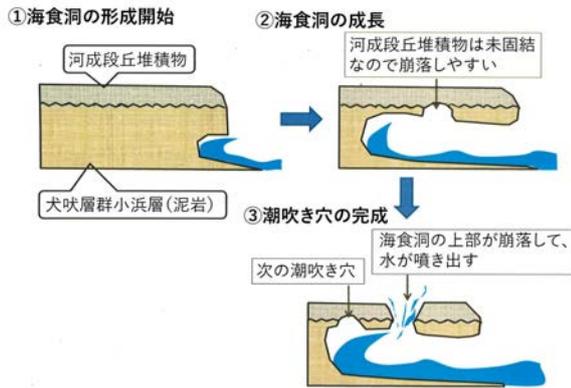


図11. 「通蓮洞」の形成プロセス（試論）（伊藤，2017より）。

2.2. 1970年代に海食でできた離れ島

磯見川の河口左岸の東側は，岬と入江が交互に連続する凹凸のある海岸線となっている（図13）。このうち懸谷1に隣接する岬の一部は先端が途切れていて（Loc.1），離れ島のようにになっている（図14）。

国土地理院（オンライン）より，この地域の1960年代から70年代の空中写真を比較してみると，1963年の写真では，この部分は懸谷とつながる三角形に尖った岬の先端部で，畑が作られているようである（図15①）。しかし1974年撮影の空中写真を見ると，岬の先端部がわずかに離れて，狭い海峡（水道）ができている（②）。この少し前に離れ島になったと考えられる。その後海峡は広がり，離れ島も侵食され形が変化した。1987年～1997年の間に消波堤が設置され，海食崖の前面が砂浜化（陸化）したため，変化はほぼ止まっている（③）。

現在屏風ヶ浦沿岸では，島はここだけに見られる。しかし岬の先端が海食によって切り離され，島となり，侵食が進んで岩礁となり，消滅している例はいくつか報告されている（伊藤，2021）。この離れ島も消波堤が建設されなければ，消滅していたかもしれない。



図13. 磯見川左岸の凹凸ある海岸線と新しい島。銚子市（1994）1:2500地形図（部分）を基に作成。

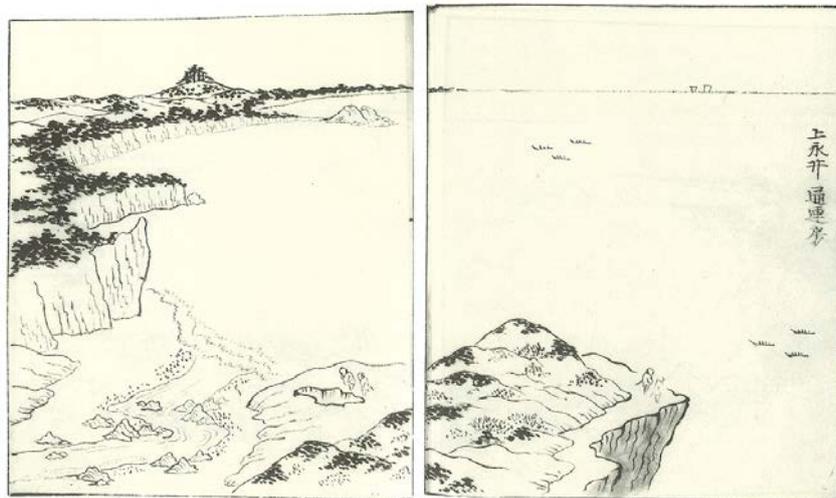


図12. 宮負定雄 下総名勝図絵（川名編，1990）の「上永井 通連房」（1847年 宮負定雄 画）。

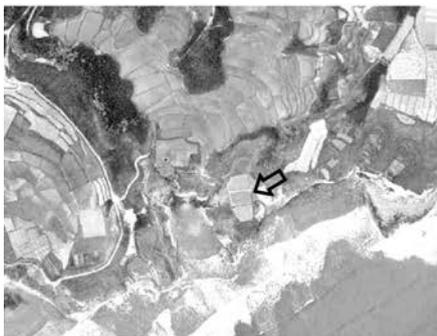
2.3. ごく最近発生した犬吠層群の泥岩層の崩壊

銚子市小浜町の海食崖には、香取層の部分が薄く、ほとんどが犬吠層群の泥岩層からなる場所がある（図7）。崖下には泥岩の礫からなる高さの低い崖錐が連続している。2013年に撮影した航空斜め写真では、崖錐は植生に覆われ、新しい礫の崩落は確認されなかった。しかし銚子市教育委員会が2021年に撮影したUAVによる3D画像には、巨大な岩体が崖錐の上に乗っているのが確認された（図16）。2013–2021年の間に発生した崩壊である。この地域の消波堤は1992年～1997年の間に設置されており、消波堤設置後の波食が停止した崖面での崩壊事例である。現地調査は実施していないが、3Dデータによる計測で判読を行った。

露岩の表面から、厚さ1.1–1.0mの岩板が、剥離崩落して凹所を作り、崩落礫は下部の崖錐上に散乱している。剥落以前の岩板状の岩体の最上部が破断せず、厚さ約1m、幅5m、長さ6mほどの岩板の形で崖錐頂部に残り、壁面に寄りかかって止まっており（図17）、崩壊前後の壁面を推定できる。壁面の傾斜は、崩壊前も後も89.5°というほぼ鉛直な角度で、崖面は平行後退している。



図14. 海食により1970年代に新しくできた島（銚子市小浜町）。



①1963年 (MKT633 C10-33 部分)



②1974年 (CKT7413 C13C-6 部分)



③2011年 (CKT20114 C19-46 部分)

図15. 1963年～2011年撮影の空中写真の比較。空中写真は国土地理院（オンライン）の「地図・空中写真閲覧サービス」より。①1963年撮影 (MKT633 C10-33) (部分)。②1974年撮影 (CKT7413 C13C-7) (部分)。③2011年撮影 (CKT20114 C19-46) (部分)。

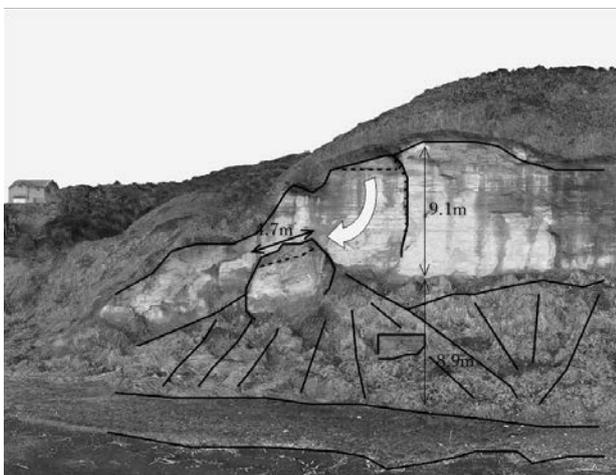


図16. 犬吠層群小浜層の泥岩の剥離・落下（銚子市小浜町）。銚子市教育委員会（2021）の3D画像を基に地形計測。

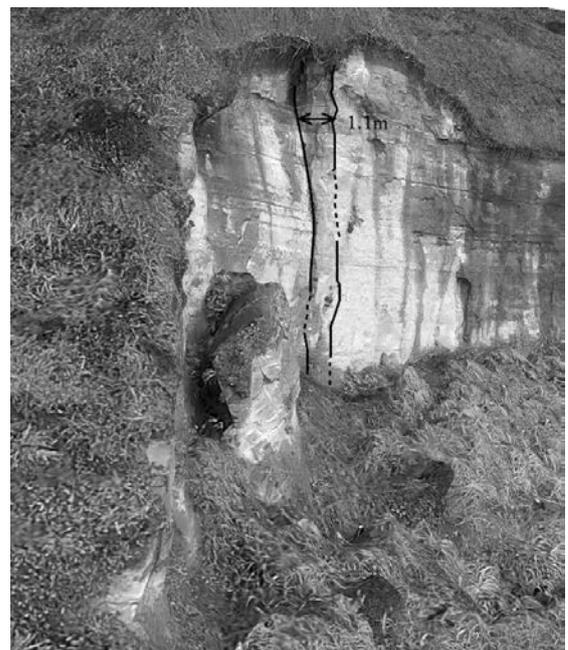


図17. 犬吠層群小浜層の落下した泥岩の岩体（銚子市小浜町）。銚子市教育委員会（2021）の3D画像を基に地形計測。

2.4. 海食崖に直接かかる滝：海食崖型の滝

銚子市小浜の海食崖にある懸谷2の河口に、直接海に落ちる滝が見られる（図7, 18）。日本の海岸沿いには、海食崖の懸谷が滝となっている例は多いが、そのほとんどが離水した海食崖であり、この滝のように現成海食崖にかかり、直接海に落ち込む滝で、水量のあるものは少ない。関東地方では唯一の例と思われる。

滝高は10.0mで、懸谷2の流域面積は0.6km²しかないが、年間を通じて水量がある。流域面積から見て、地表水のみでは年中水があるとは考えられない。水量の多くは、台地上に降った雨水が砂質の香取層を浸透し、基盤の犬吠層群小浜層の泥質岩との不整合面で湧出した地下水起源と思われる（図19）。

懸谷2の下流は、犬吠層群小浜層を掘り込んだV字谷地形で、それが海食崖に突然切られ、滝となっていて、海食崖の崖面と滝は同一の位置にある（図19）。また滝面を間近に見ると、滝面と両側の海食崖面とは同じひと続きの面で、滝面に河流侵食の跡がないことがわかる（図20）。これは海食崖の波食・崩壊による壁面後退速度が大きく、滝面は河流の侵食地形ではなく、海食崖



図18. 海食崖にかかる滝（銚子市小浜町）。



図19. 懸谷2下流のV字谷と滝。



図20. 海食型の滝と犬吠層群小浜層の剥離・落下。銚子市教育委員会（2021）の3D画像を基に地形計測。

の壁面そのものであることを示している。実際2015年と2021年時点で、滝の東側の海食崖壁面が、図20に示すように大きなアーチ型に剥離している。その岩体の厚みは74-51cm(2021年の3Dデータにより計測)に及ぶ。1884年以後の海食崖後退量も30m以上、年平均で25cmという大きなものである。

2.5. 香取層の崩壊

滝がかかる懸谷の東側は、再び香取層以上の地層が厚く堆積する地域となり、消波堤内側に形成された砂浜上には、崖上部からの崩落物質が堆積し、崖錐が形成されている（図7）。これらは規模も大きく、連続しており、地表面は植生に被われている。

崖上には下総上位面を切る崩壊が何カ所か認められ、



図21. 崩落崖（矢印）と崩落堆、浅い谷（点線）、斜面下部は植生に被われる崖錐。

香取層や関東ローム層が大規模に抜け落ちている（図21）。崩壊堆積物の一部は砂の堆積構造がわかるほどまとまって斜面途中に残り、崩落堆を形成している。また崩落堆の下方には、浅い谷状の地形が崖下まで連続しており、降雨時には水流（リル）が発生している可能性がある。

この地域の消波堤の設置は1987年～1989年の間であるが、その少し前に撮影した航空斜め写真では、崖端は直線状で崩壊は発生していない（図22a, 表2）。崖下には波が直接打ち寄せており、崖錐も認められない。しかし30年近く経った2015年の写真では（図22b）、崖端には崩

壊、崖下には比較的規模の大きな崖錐が分布している。1990年代の空中写真の比較から、この崩壊は消波堤設置から10年ほど経過した1997年～1998年の間に発生していることがわかっており（八木ほか, 2016a）、その後約20年間で崖錐が成長したことになる。

2.6. 屏風ヶ浦海食崖最大の崖錐

銚子市三崎町一丁目付近の崖面は凹凸に富み、規模の大きい崖錐が連続して分布している（図23）。このうち手前側の崖錐は整った円錐形で、頂部が犬吠層群と香取層の不整合よりはるかに高い位置にあり、幅、奥行きも

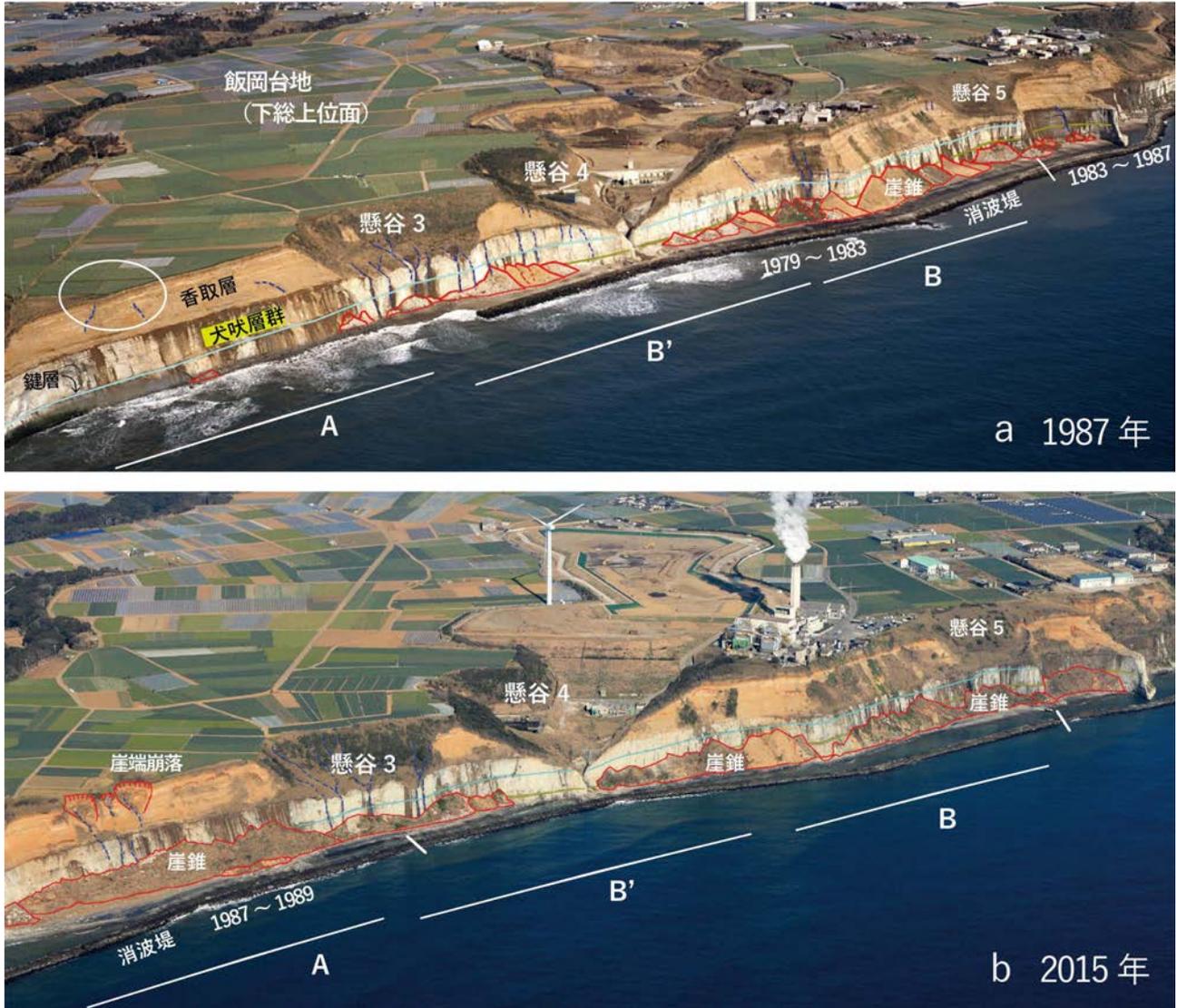


図22. 屏風ヶ浦海食崖の30年の地形変化（1987→2015）。1987年の航空斜め写真は中央博物館登録地学景観画像（CBM GP0010091）。1987年の写真中の丸囲みは、2015年の崖端崩落の位置を示す。

表2. 消波堤の有無、地形場の条件と海食崖の地形。

	地形場の条件		消波堤の有無		1987→2015の地形変化	
	地形	香取層	消波堤の有無		崖	崖錐
			1987年	2015年		
A	海食崖	厚い	×	○	・崖端は全体に後退(0.1m/y) ・1987年は平滑だった崖端に、リル型崩壊が発生、斜面に崩落堆残る	消波堤設置後崖錐が形成され、急激に成長(高さ、幅、奥行き)、2015年現在では、B地域の崖錐とほぼ同規模
B	海食崖	厚い	○	○	・崖端は全体に後退(0.4m/y) ・1987年のリル型崩壊壁の内部は2015年には植生に被われる	1987年当時形成されていた崖錐は成長している(特に幅と奥行き)が、高さはあまり変化していない
B'	風隙・懸谷	薄い(ない)	○	○	崖端の位置、ほとんど変化なし	1987年に形成されていた崖錐はほとんど成長していない

広く、崖錐の頂部からは海食崖上部の香取層や関東ローム層の層序や層相が詳しく観察できる。崖錐の地表面は植生に覆われ、新しい堆積物はほとんど認められないが、ところどころ植生が剥がれ崖錐堆積物も見られる。

図23は、銚子市教育委員会（2021）より提供された3Dデータを基に計測した地形断面に、現地での地層観

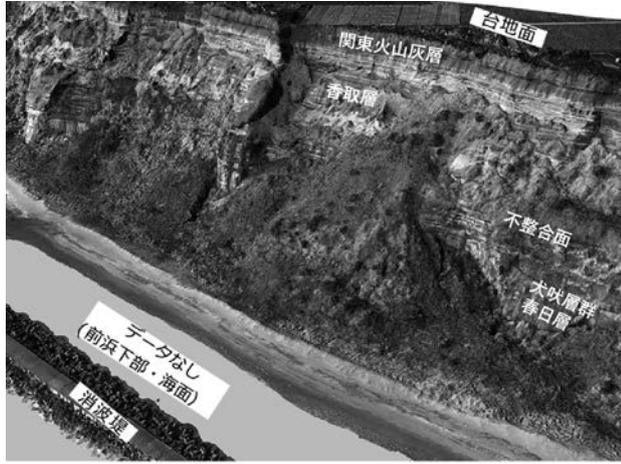


図23. 高さが最大の崖錐周辺の鳥瞰図。銚子市教育委員会（2021）の3D画像を基に作成。

察の結果を示した地形地質断面である。ただし前浜下部より海側は標高データがないので、高さは推定である。台地表面の標高は57.1mで、崖錐の頂部は標高45mくらいにある。高さは約40m、奥行きは60mで、崖錐斜面の傾斜はおよそ34度である。崖錐の前面は幅20mの砂浜で、汀線から60m程の位置にテトラポットと消波堤が設置されている。

崖の下部を構成する犬吠層群は、青灰色の泥がち砂岩泥岩互層（春日層）で、香取層や関東ローム層に被われる。不整合の高さは標高28.8mである。不整合面の直上はテラス状で、香取層の基底礫が存在する。その上は保存の悪い貝化石を含む砂層がある。貝化石を含む層は1m上位にも存在し、この上位の貝化石層には比較的保存の良いトウキョウホタテやカガミガイ、ウチムラサキ等が見られる。またこの上位の化石層中に、大型鯨類の脊椎骨が見られた。鯨類化石は現在中央博物館にて保管中である。

香取層基底の上部は、斜交層理の発達する砂層が数メートル連続する。さらにその上は平行層理の砂層となる。この部分には生痕化石 *Macaronichnus segregatis* (奈良・清家, 2004) やリップルなどが認められる。その上は白っぽい粘土層で、下方は削られてへこんでいる。さらに上位には湿地性の水つきローム（屏風ヶ浦粘土層と呼ばれる常総層相当層）及び風成の関東ローム層が地表まで連続する。関東ローム層の厚さは3-4mほどで、下総上位面の構成層としては薄く、本来であれば挟在する東京軽石層（Hk-TP）も確認できなかった（関東ローム層の下の白色粘土層の部分に断片的に分布している可能性あり）。

崖錐の頂部は香取層の上部、生痕化石が見られる位置まで達している。下部は砂浜と接している。崖錐の下方には、幅（直径）が1m以上もある白い泥岩の巨礫が見られる。犬吠層群の泥岩が落下して堆積したものであ

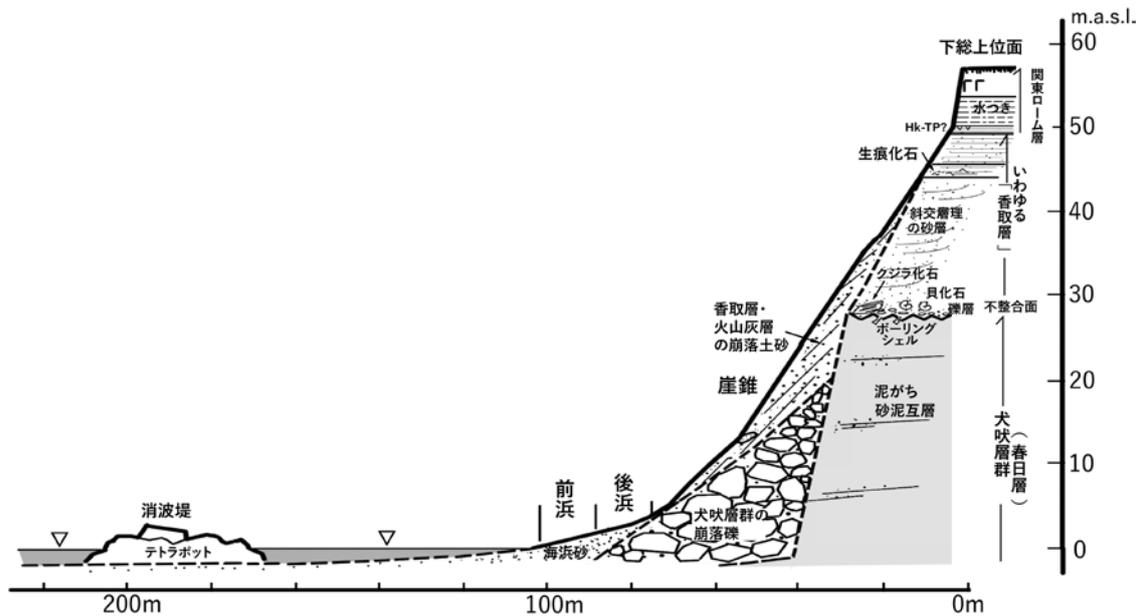


図24. 高さが最大の崖錐の地形地質断面。断面形は銚子市教育委員会（2021）の3D画像のデータを基に計測。この標高データは地形図の標高データとは異なるが、誤差5cm以下の精度である。また前浜下部より海側は、標高データがないので、高さは推定である。

る。上方は香取層や関東ローム層の崩落砂や土塊からなり、不整合より上では、土砂が薄く崖に張り付いているように見える。

なおこの海食崖の前面に消波堤が設置されたのは、1992年～1997年の間である（吉村ほか, 2015）。この崖錐は、1987年に撮影された航空斜め写真にはなく、消波堤設置後に形成され、比較的短期間で成長したものと考えられる（八木ほか, 2016b）。

2.7. 名洗地区の海岸線の変化（江戸後期から現在）

銚子市名洗地区は、屏風ヶ浦海食崖の東端、崖が途切れた旧高神川の谷底平野にある。この地域については、江戸後期（1847年：弘化4年）に宮負定雄が描いた下総名勝図絵「名洗の濱」があり（図25, 川名編, 1990）、当時の景観や海岸線が復元できる。

図はいろいろな地点からの現地スケッチを合成して作図したものと思われるが、名洗東方の高度20 m程の台地から屏風ヶ浦方向を眺望した構図となっている。集落の前面に岬状の突出した地形があり、そこから海岸線に崖が連続する。中景には名洗集落や海食崖背後の台地へ

向かう道、台地上に現在も残る不動尊と階段が描かれている。近景では名洗集落と海岸線との広い道を人物が歩いている。

この図からおおよそ40年経た迅速図（1884年）にも岬状の地形は表現されている（図26a）。海岸線沿いの道も続いており、同時代の地籍図にも道型が示されている（吉村ほか, 2015）。しかし国土地理院の1969年発行の地形図では、海岸の侵食が進み、岬や海岸線が後退し、海岸線に沿った道は消滅している（図26b）。これらを基に、宮負のスケッチとほぼ同一地点から撮影した画像上に絵図上の点A～Eを復元し、江戸末期から現在までの景観変化を示した（図27）。突出した岬部分は削られ、海食崖はほぼ並行後退している。遠景に描かれている富士山とその周辺の山は、名洗東側の台地上からは現実には見られない景観である。なお図28は、明治時代の名洗の海岸を撮影した古写真の絵はがきで、下総名勝図絵「名洗の濱」に描かれていたふたつの小島が、侵食されて小さくなり、ほぼ消滅しているようすが示されている。

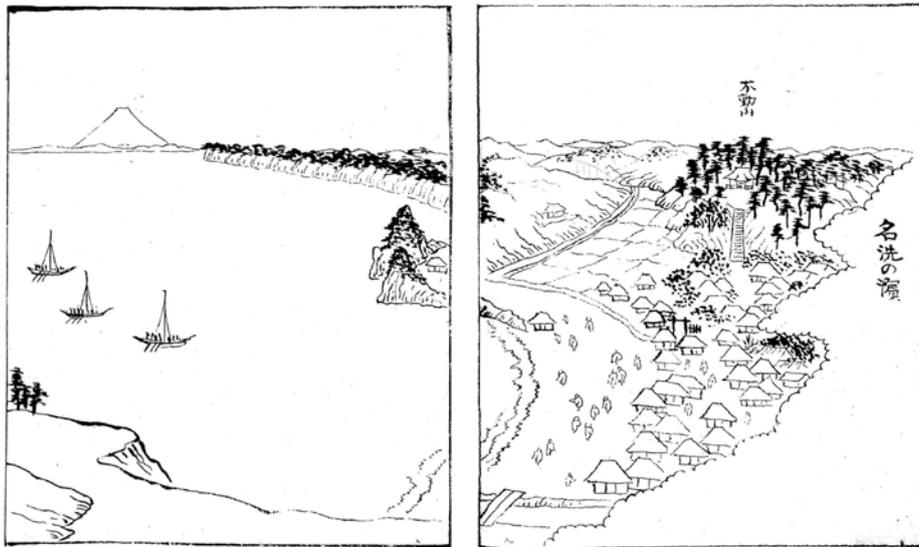


図25. 宮負定雄 下総名勝図絵（川名編,1990）の「名洗の濱」（1847年 宮負定雄画）。

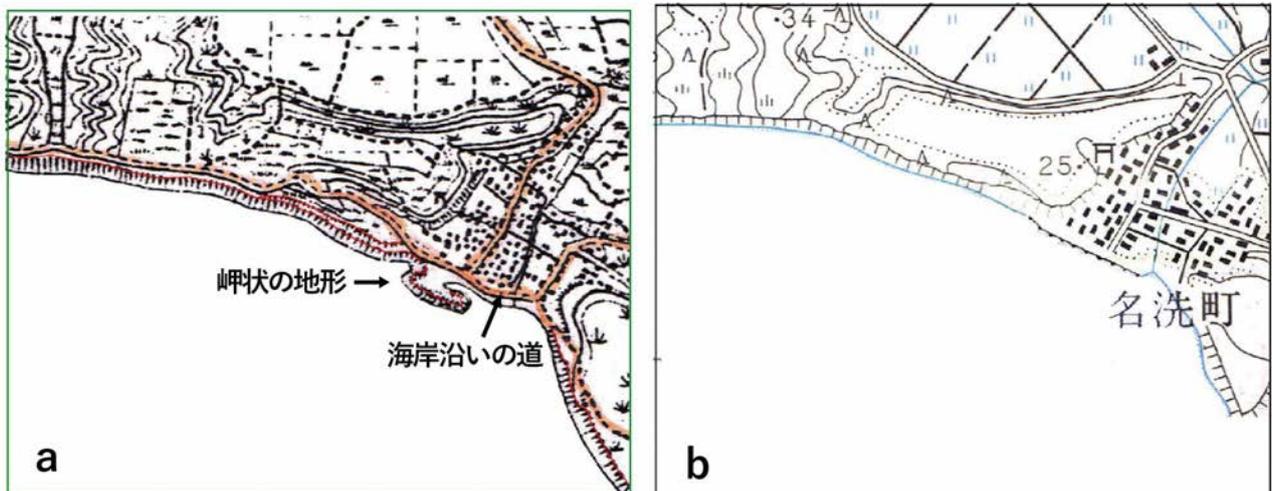


図26. 名洗地区の各時代の地形図。(a)1884年陸地測量部迅速測図「高神村」(部分)を基に作成。(b)国土地理院1:25000地形図「銚子」(1969年測量)(部分)。bの図では、岬状の地形や名洗町の海岸線に沿った道、海食崖背後の台地上の道は消滅している。



図27. 宮負定雄 下総名勝図絵「名洗の濱」の景観復元図.



図28. 明治時代の「名洗の濱」を撮影した古写真の絵はがき（中央博物館蔵）。下総名勝図絵「名洗の濱」に描かれているふたつの小島が侵食されて小さくなっている。

結果と考察

1. 屏風ヶ浦海食崖の波食

消波堤設置前の屏風ヶ浦海食崖は、名洗地区の江戸後期から現在にかけての海岸線の変化、観光名所であった通蓮洞の消滅、岬の先端が分離して島ができ、削られて小さくなっている事例からわかるように、基本的には突出している部分が削られ、凹凸のない部分は平行後退することによって景観が維持されてきた。これは崖の基部が波によって侵食されると崩壊が発生し、崖錐が形成されるが、それらは波によって直に除去されるため、崖錐が大きく成長することはほとんどなく、全体として崖が後退していくという地形変化を繰り返してきたからである（堀川・砂村, 1967）。また崖下を構成する犬吠層群の泥岩層が比較的軟らかいため、たまたま突出して岬状の地形になっても、波を受けやすい部分から侵食されていったと考えられる。

なお磯見川左岸の東側の海岸線は、明治初期から消波堤が設置される前の120年間で、平滑海岸が屈曲に富む海岸へ変化している（図13）。ここは懸谷がいくつか分布しているため、谷の部分が入江状に侵食され、凹凸に富む地形が形成された。その後前面に消波堤が設置されたため、地形は保存されている。

2. 消波堤設置後の地形変化と新たな侵食様式

消波堤設置により、通常的气象条件下では波による崖下の侵食はなくなったが、銚子市小浜町の事例のように、泥岩主体の犬吠層群は剥離・落下している（図16, 17）。その要因としては、崖面の乾湿の差による節理系（割れ目）の発達などが考えられる。

2014年10月には、銚子市三崎町二丁目付近の海食崖下で、犬吠層群春日層の泥岩部分が70cmの厚さで剥離し、崖に寄りかかるように落下しているのが観察された。礫は新鮮で、剥離あるいは落下してからそれほど時間が経っているようには思われなかった。その数日前に台風（2014年台風18号）が関東地方を通過し、銚子付近では最大風速27.7m、降水量200mm以上、10mを越える波浪に見舞われており、これがトリガーになって犬吠層群が落下した可能性もある。

一方香取層より上の部分に関しては、消波堤設置後、崖端に規模の大きな崩壊が発生し、斜面に崩落堆が残され、そこから崖下に水流が発生している（図21）。このタイプの崩壊は他の場所でも見られ、消波堤設置後に目立つようになった。実際には頻度は高くなく、平行後退していた以前の方が侵食量は多いと考えられるが、香取層の新しい侵食様式として注目される。崩落堆の部分からは、一時的な水流による土砂の供給があり、崖錐が成

長している。

なお、消波堤設置以前は、波による崖下の侵食で犬吠層群が崩落する際に、上部の香取層、関東ローム層もある程度崩れていたが、現在は犬吠層群の礫だけからなる崖錐も分布しており、犬吠層群と香取層・関東ローム層の落下・崩落は必ずしも連動していないと思われる。

消波堤設置後に形成された崖錐の規模は多様であり、特に頂部の高さに違いがある。規模の大きい崖錐の形は円錐形で、犬吠層群の泥岩礫の上に香取層や関東ローム層の崩落土砂が載っている(図24)。崖錐の成長は、主に上部の香取層・関東ローム層が供給源となっているため、香取層が薄い、あるいは風隙や懸谷など、香取層の部分が侵食されてしまっている崖の場合、崖錐の規模は小さく、時間が経っても大きさに変化がない(図22のB'の範囲)。

以上のように、屏風ヶ浦海食崖では、消波堤設置後、犬吠層群の剥離・落下、香取層・関東ローム層の崩壊、一時的な水流による土砂の移動により、崖錐が形成されるようになった。しかし崖錐が成長するかどうかは、崖上の香取層の厚さなど、地形地質条件によると考える。消波堤設置前の波食は、崖の突出部や凹凸をなくしていくような侵食であったが、現在は崖錐の形成・成長や犬吠層群のまとまった岩体の剥離などで、海食崖の凹凸が大きくなるような地形変化になっている(図23)。

3. 消波堤の効果が及ぶ範囲

現在消波堤が設置されていないのは、銚子市小浜町の海食崖およそ200mの区間である(図6)。この区間は、海側に突出した岬の間の入江の崖基部に直接波があたり、小規模なノッチ(波食窪)や波食棚が形成され、自然の海岸線となっている。崖面に植生はほとんどなく、露岩の崖が維持されており(図7)、かつての屏風ヶ浦の波食による侵食様式が残されている。また海食崖型の滝の壁面の後退が活発な理由は、滝がかかる懸谷2の西側が消波堤未設置の区間に入っており、ここにも波食による侵食様式が残されているためと考える。

このことから、屏風ヶ浦海食崖で波食に対する消波堤の効果が及ぶのは、消波堤の前面の崖の範囲に限られ、近くまで消波堤が設置されていても、波食を抑制する効果はほとんどないと考えられる。

おわりに

屏風ヶ浦海食崖を構成する景観を系統的に捉え、近年の地形変化を示すことで、屏風ヶ浦の波食や、消波堤設置後の新たな侵食様式について考察した。今後は個々の崖錐の形態的特徴、堆積物、地形変化、形成時間(高瀬・青木, 2018)などを定量化してそれぞれの発達過程を示し、それらを基に屏風ヶ浦海食崖の景観が今後どう変化していくかを明らかにすること、屏風ヶ浦の波食を、縄文海進以降の地形発達史の中に組み込むことが課題である。

謝辞

本論の作成にあたり、銚子市教育委員会には、屏風ヶ浦の航空斜め写真の撮影、現地調査などについてご尽力いただいた。また2021年に行ったUAVによる屏風ヶ浦の3D画像を提供いただき、その一部を使用させていただいた。大阪市立大学の原口強氏には、3D画像の解析についてご教示いただいた。また銚子ジオパーク認定ガイドの伊藤修二氏には、現地調査に同行し新たな露頭の情報をお教えいただくなどご協力いただいた。以上の方々に感謝申し上げます。

なお本論は平成25年度、26年度の銚子市文化財総合調査にその後の調査結果を加えて作成したものである。その一部は平成27年度日本第四紀学会(早稲田大学)で発表した。

引用文献

- 千葉縣海上郡教育会. 1917. 千葉縣海上郡誌. 1252 pp. 千葉縣海上郡教育会, 千葉.
- 銚子市. 1994. 1:2500銚子市平面図 42.
- 銚子市教育委員会. 2021. UAVによる屏風ヶ浦の地形計測. <https://story-ujv.com/topics/byobu/byobu.html> (更新日: 2021年4月23日 最終閲覧日: 2022年9月26日)
- 堀川清司・砂村継夫. 1967. 航空写真による海食崖の後退に関する研究. 第14回海岸工学講演会論文集: 315-324.
- 堀川清司・砂村継夫. 1969. 千葉縣屏風ヶ浦の海岸侵食について—航空写真による海蝕崖の後退に関する研究—第2報—第16回海岸工学講演会論文集: 127-145.
- 堀川清司・砂村継夫. 1971. 千葉県九十九里浜海岸における漂砂の卓越方向に関する研究. 第18回海岸工学講演会論文集: 417-422.
- 伊藤修二. 2017. 銚子ジオ散歩 (164) 台風と屏風ヶ浦 (3) (磯見川河口海食洞). <http://geosanpo.livedoor.blog/archives/7489170.html> (作成日: 2017年11月25日 最終閲覧日: 2022年9月26日)
- 伊藤修二. 2021. 銚子ジオ散歩 (364) 名残の岩礁. <http://geosanpo.livedoor.blog/archives/9043354.html> (作成日: 2021年6月14日 最終閲覧日: 2022年9月26日)
- 川名登(編). 1990. 官負定雄 下総名勝図説. 436 pp. 国書刊行会, 東京.
- 川崎逸郎. 1965. 銚子付近の地形—とくに海岸侵食を中心に—. 所収 銚子市観光協会(編), 銚子の自然, pp. 240-251. 銚子市観光協会, 千葉.
- 国土地理院. オンライン 地図・空中写真閲覧サービス. <http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1> (最終閲覧日: 2023年1月20日).
- 奈良正和・清家弘治. 2004. 千葉県九十九里浜の現世前浜堆積物に見られる *Macaronichnus segregatis* 様生痕とその形成者. 地質学雑誌, 110(9): 545-551.
- Okazaki H., M. Nara, H. Nakazato, A. Furusawa, K. Ito & T. Tamura. 2022. Coastal progradation associated with sea-level oscillations in the later phase of the Last Interglacial period, central Japan. *Quat. Sci. Rev.* 285: 107507.
- 太田陽子・松島義章・三好真澄・鹿島薫・前田保夫・森脇広. 1985. 銚子半島およびその周辺地域の完新世における環境変遷. 第四紀研究 24(1), 13-29.
- Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., J. Heaton, T., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W., Muscheler, R., Palmer, J. G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S. M., FogtmannSchulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S. 2020. The IntCal20 Northern hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon* 62(4), 725-757.
- 酒井豊三郎. 1990. 千葉県銚子地域の上部新生界. 宇都宮大学教養部研究報告 第2部 (23): 1-34.
- 杉原重夫. 1976. 下総台地東部の地形. 日本地理学会1976年春巡検案内 第2班 銚子半島と九十九里平野.
- 高瀬南歩・青木久. 2018. 千葉県屏風ヶ浦における崖錐の高さと形成時間との関係—崖錐の地形発達に関する考察—. 日本地理学会発表要旨集 (93): 282.

- 鐵道省. 1934. 房総と水郷. 実業之日本社, 東京.
常世田令子. 1987. 常世伝説の謎 ある東国の寺をめぐる. 310 pp. 三一書房, 東京.
宇多高明. 1997. 日本の海岸侵食. 442 pp. 山海堂, 東京.
八木令子・吉村光敏・小田島高之. 2016a. 地形分類の手法による屏風ヶ浦海食崖の景観分析. 所収 藤本 潔・宮城豊彦・西城 潔・竹内裕希子 (編), 微地形学 人と自然をつなぐ鍵, pp. 148-157. 古今書院, 東京.
八木令子・吉村光敏・小田島高之. 2016b. 新旧の航空斜め写真から見た屏風ヶ浦海食崖の30年の地形変化. 第四紀学会発表要旨.
吉村光敏・八木令子・小田島高之. 2014. 平成25年度銚子市文化財総合調査報告—地形調査・空中写真解析—.
吉村光敏・八木令子・小田島高之. 2015. 平成26年度銚子市文化財総合調査報告—地形調査・空中写真解析—. 101p.

Landscapes and their recent landform changes of the Byoubugaura coastal cliff, northeastern part of Chiba Prefecture, Japan

Mitsutoshi Yoshimura, Reiko Yagi* and Takayuki Odajima

Natural History Museum and Institute, Chiba
955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260-8682, Japan

* E-mail: yagi@chiba-muse.or.jp

The Byoubugaura coastal cliff at the northeastern part of Chiba Prefecture is a continuous 10 km stretch of exposed rock cliff consisting of the Plio-Pleistocene strata. Until about 50 years before, the cliff had been eroded by nearly one meter per year due to wave erosion. Headlands had been cut away, and smooth cliffs had receded parallel to maintain a simple landform. However, since the 1960s, wave-dissipating blocks have been installed in front of the coastal cliff to reduce wave erosion. As a result, such wave erosion is now almost non-existent under normal weather conditions. Instead, talus slopes have been formed at the foot of the cliff by slip of weathering mudstone masses in the lower part and upper clastic rocks (sand and volcanic ash layers), and by temporary water transport of the debris. The Byoubugaura coastal cliff has become a different landscape due to landform changes created by new erosion patterns.

Key words: The Byoubugaura coastal cliff, wave erosion, landscape, wave-dissipating block, talus slope, landform change, aerial photograph, 3D image