

江ノ島の海蝕地形について

今 永 勇

On the Coastal Erosive Features of Enoshima Island

Isamu IMANAGA

The sea cliffs, sea level benches and sea caves have developed along the southern coast of the Enoshima Island. The island is situated in the coast of emergence.

In this paper the development of the shore features of Enoshima has been considered.

Enoshima coast was first formed in the latest maximum rising of sea level (about 6,000 years ago) and has been modified by erosion carried out by the sea.

The emerged sea caves were surveyed. Almost all of these sea caves are excavated along the joint or fault. And the rest are excavated along the shale interbedded in the tuffaceous sand stones, which is part of Hayama formation of Miocene.

Considering the height of the entrances of the caves, excavated along the joint or fault, they are classified into three groups.

The first group (7.4m±) is attributed to the latest maximum rising of the sea level about 6,000 years ago. The second (4.2-4.5m±), the most dominant group of the emerged sea caves, is attributed to the sea level of a certain time between about 6,000 years ago and the present. The third is considered to have been developed at the present sea-level.

The cliffs have been worn back and a wave-cut bench is left in front (about 100 meters long at the most) and receding speed of the cliffs is estimated about 1.7 centimeters or more in a year.

はじめに

江ノ島は、地殻変動の著しい隆起帯に位置し、この隆起帯と1923年の関東大地震での隆起地帯とは、関連を持っている (SUGIMURA & NARUSE 1954) という。そして江ノ島は、関東大地震で0.91m隆起している (陸地測量部1926)。

江ノ島は、周囲を海崖と波食棚に取り囲まれており、特に外洋に面した南岸には、それらが広く発達している。南岸の波食棚の発達した地域を形成する地層は、葉山層群の塊状凝灰質砂岩を主とする地層からなり、ほぼ均質な組成からなる岩石からできている。

筆者は、このような隆起運動の激しい海岸の侵食地形の発達過程に興味を持ち、江ノ島

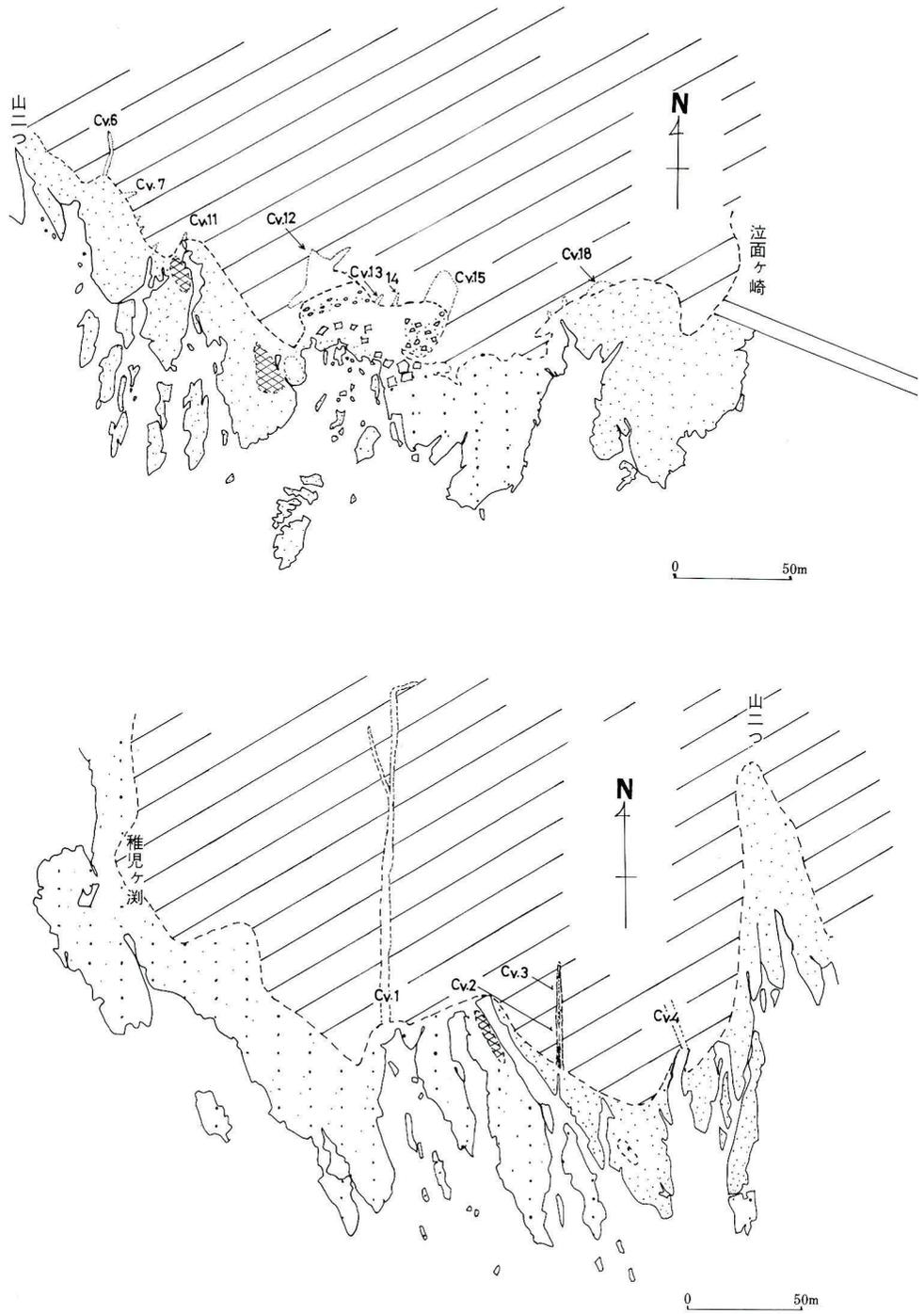


図1 波食棚，海食洞位置図

上；“泣面ヶ崎”—“山二つ”，下；“山二つ”—“稚児ヶ淵”

細かい点；低位波食棚，粗い点；高位波食棚，アミ目；波食残丘，Cv.1～Cv.18；海食洞窟

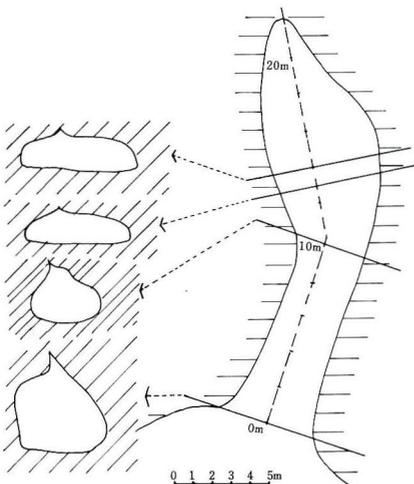
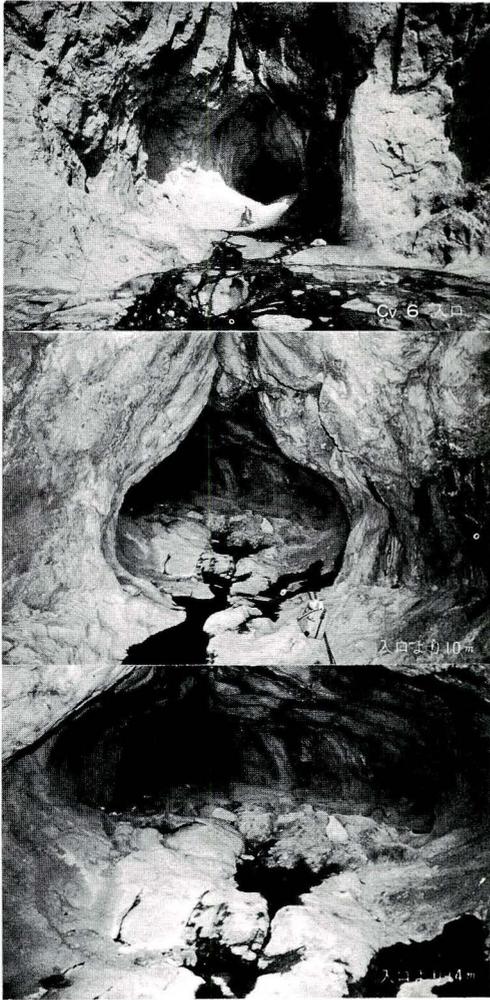


図2 海食洞窟 Cv. 6 の写真(上), 横断面図(左)及び平面図(右)

の外洋に面した南岸の主に“泣面ヶ崎”から“山二つ”の間を調査し、加えて航空写真を観察し、波食棚、海食洞、海食崖の形成過程について若干の考察を行なった。

調査には、ハンドレベル、巻尺、さおを用いた。海面からの高さは、横浜港の平均海面を 0 m として潮汐表より計算した。

調査にあたり、藤沢市公報室からは、地形図の提供を受けた。県行政資料室、東京大学地質教室図書室、当館松島義章氏からは、文献資料の調査に御協力をいただいた。横浜国立大学地理学教室の太田洋子先生からは、当館の昭和43年度特別展“海と陸の間”展示にあたり一方ならぬお世話になった。ふり返ればこのことが、海岸地形に対する調査のきっかけを作ったものであり、先生の御好意に心より感謝する。なお調査費用は、当館調査研究費によった。

江ノ島の地形と地質

江ノ島については、古くより脇水鉄五郎(1912)、藤本治義(1929)等により調査された。

脇水(1912)は、江ノ島を南北方向及び東西方向の断層の間に残った孤立台だとし、洞窟は、断層に沿った海食作用によって生じたものであると述べた。

藤本(1929)は、江ノ島は $40\sim 50\text{ m}$ の台地と 30 m 以下の低地とからなり、崖の高さは、 $30\sim 40\text{ m}$ 。崖の発達は、島の南側に著しく、北西側がこれに次ぎ東側は劣り、北東部には無い。島の南岸、東岸、北西岸の南部には、海食による岩石段丘が発達し、段丘の表面は、ほぼ平坦で、満潮時の海面上約 1 m の高さであり、その幅は $40\sim 50\text{ m}$ 、稀に 100 m に達する。また弁天の岩屋は、断層線に沿う海食により洞窟が生じたものであり、“山二つ”のフィヨルド式切れ込みは、洞窟の天井が崩壊したものであるとした。

最近、町田洋(1973)により江ノ島の平坦面は、小原台面(8万年前)、三崎面(6万

年前)に相当し、それぞれ38m、32mの高度であることが明らかにされた。

藤沢市の1/2500の地形図によれば、島の最高所は、62.4m、海崖の最高高度は、57mである。

海食洞窟

海食洞窟については、これまでに、断層・節理に沿う海食により形成されたことについては知られていた(脇水(1921), A. B. (1910), 藤本(1929))が、しかしその形成過程について詳細な考察はなされていない。

筆者の観察によれば、断層・節理に沿う海食洞窟については、入口の床面の高さを基に、三つのグループに分けることができる。

- (1) 現海水面以下(例：Cv. 4)
- (2) 海面上4.2~4.5m±(例：Cv. 6, Cv. 12, Cv. 13, Cv. 15)
- (3) 海面上7.4m±(例：山二つの海食洞窟)

このうち(2)海面上4.2~4.5m前後の海食洞窟が一番多く見られる。

図1のCv. 6(図2)は、入口床面の高度が4.2mの洞窟で、断層・節理に沿ってN18°Eに向かって奥へ伸び、入口より10mから奥はN10°W, 68°Eの断層・節理の方向に更に続き、入口より22mで急に狭まり終わる。洞窟の床は入口から約5°の傾斜で奥に向かって上昇している。洞窟の入口の形は、H(床面から天井までの高さを指す。以下同じ)が5m、W(洞窟内の横幅を指す。以下同じ)が4.8mの円筒に近い形をしているが、入口より9mの地点から奥は天井が低く、横幅が広い扁平なカガミモチ型の洞窟横断面を示すようになる。また入口より9mの地点から奥では、天井及び側面が磨いたように平滑であり、床面もほぼ平滑であるが、わずかに地層の走向方向(N70°E, 80°N)の小起伏がある。洞内には、転石がほとんどない。洞窟は、凝灰質砂岩からできており、その砂粒が風化剝離し床面にたまっているのが見られる。

図1のCv. 12(Pl. 3)は、overhangした海崖から落下した土砂が入口より侵入し、半分近く埋没している。海食洞窟の内部にまで進入し床面をおおっている土砂の表面は、海面から5.3mの高さである。そして、床面の高さは、洞窟の形から4m前後であると推定される。洞窟の入口から外側は、海面からの高さ12mの崩落土砂によって、塀のようにふさがれているので、海側からは洞窟のあることがわからない。洞窟は、入口のHが約10m、Wが約16m、N10°W70°W方向の断層・節理の方向に伸び30m近い奥行きがある。洞窟の中程には、それぞれ約10mの長さの2本の小洞窟が、枝分かれして直角に近い角度で交わっている。この2本の小洞窟は、N60°E40°N方向の断層・節理に沿ってできていて洞窟から別れた地点での小洞窟の幅は2.4mと2.7mである。またともに下半分近くまで土砂が進入して埋まっているので、Hは不明だが、その土砂の表面から天井までの高さは、2.2mと1.8mである。洞窟壁面からは、砂粒の剝離落下現象が顕著に見られる。枝分かれした小洞窟の天井及び側面は磨いたように平滑で、Boulder大の角礫の転石が見られる。Cv. 15の洞窟も入口を海崖から崩落した土砂で、入口はふさがれ、床はうめられている。床面を埋める土砂の表面の高さは、約7.2mであるが、床面の高さはわからない。奥行きは約25m、Wは約6m。Cv. 12及びCv. 15の崩土上には、草が繁り、これら海食洞窟は、現在海食作用が全く働いていないことを示している。

Cv. 13は、床にBoulder大角礫がたまっている。平均海水面からの床の高さは4.5m

洞窟横断面は鋭角三角形で、入口はHが5.6m, Wが2.5m, 洞窟は, N38° E72°Nの断層・節理に沿って伸び、奥行きは約8.5mである。

Cv. 18 (Pl.3) は、海面上~4.2m。N5° E20°~40°Wの断層に沿って侵食を受けて形成されたもので、入口は、広がり海食窟に近い。

(3) 海水面上7.4m前後の洞窟は、江ノ島南岸を離れた“山二つ”の北側海食崖に存在する。洞窟は, N10°W 80°Wの断層節理に沿って伸び、奥行きは、約9mである。洞窟横断面は、鋭角三角形をなし、入口は、W:1.3m, H:2.6mで、洞内で一番広い所は、W:1.9m, H:3.1mである。床は、薄く土砂でおおわれている。凹凸のある壁面からは、砂粒の剝離落下が見られない。

(1)海面下の海食洞窟 Cv. 4 (Pl. 4) は、秘竜窟と呼ばれ、海食溝が海崖に達した地点にできている。洞窟は、N20°W62°Wの断層節理に沿って伸びその内部に海水が侵入している。その床面の高度については、今回調査できなかった。

海食洞窟の形成過程

海食洞窟には、奥行きの深い海食洞窟と浅い海食洞窟とがある。奥行きの深い海食洞窟は、節理・断層に沿って存在する。奥行きの浅い海食窟に近い海食洞窟は、波食棚の広がっている地域と海食崖と波食棚の接点に見られる。奥行きの深い海食洞窟は、海食溝が波食棚の間を海食崖に向かって伸びて行った位置にあり、波食棚の広い地域には見られない。このことは、海食洞窟の床面が、海水面下にある洞窟について言えるのみでなく、海面上4.2~4.5mの海食洞窟についても、やはり海食溝が、陸に向かって入り込んだ場所に位

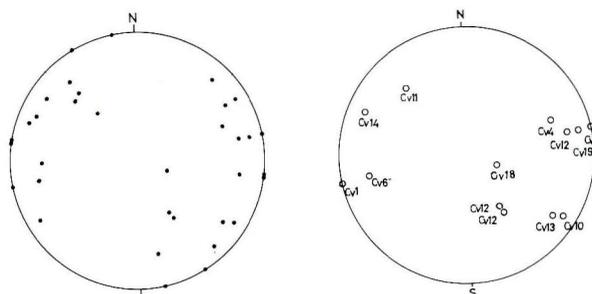


図3 江ノ島の小断層節理図(左)及び海食洞窟を作る小断層節理図(右)
——シュミット・ネット, 下半球投影

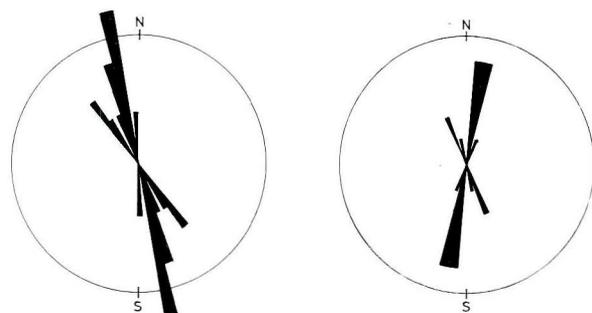


図4 波食溝の線方向図,
左; 稚児ヶ淵—山二つ間, 右; 山二つ—泣面ヶ崎間

置している。

海食崖で観察したすべての断層・節理の方向をシュミット・ネットの下半球に投影した図(図3)と海食溝に見られる線方向の図(図4)から見ると、小断層・節理の方向は、高角度で、NE—SW 方向に卓越し、海食溝の方向は、NNW—SSE, NNE—SSW の方向に卓越している。海食溝は、断層・節理の様々な方向のうちで、海食作用の一番大きく働いた、NNW—SSE, NNE—SSW の方向に形成されたものであろう。洞窟の方向は、同様の理由で、海食溝の方向に、その多くが一致したものであろう(図4)。

海食崖、波食棚を構成する地層は、葉山層群の塊状粗粒凝灰質砂岩、pebble size の凝灰質礫岩からなり、稀に白色頁岩の薄層を挟む。

構成粒子は、Angular ~ Subangular, Pumice, Scolia, 斜長石、普通輝石、紫蘇輝石を含む。波食棚では、凝灰質砂岩、凝灰質礫岩、白色頁岩の差別なく侵食が行なわれ平坦な地形をしているが、海食崖では、白色頁岩は、砂岩・礫岩に比べて侵食を受けており、頁岩部分のみ溝状に窪んでいるのが見られる。また海食崖と波食棚の接点の白色頁岩には、浅い海食洞窟が生じている。Cv. 7は、その例で、平均海水上1.2m、奥行き約3.3mである(Pl. 2)。

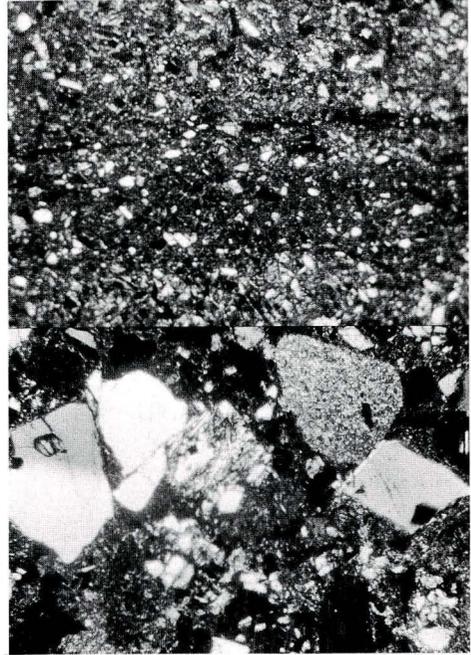


図5 葉山層群の岩石：白色頁岩(上)、凝灰質砂岩(下)

海食地形の形成時期

隆起地帯の海岸の海食洞窟の床面の高度は、波食作用の限界深度(wave base)から考えて、海食洞窟の形成の時期を示していると考えられる。

町田(1973)の沖積層頂面の高度分布図から推定すれば、江ノ島付近では、沖積層頂面高度は、およそ8~9mの位置である。その時の海水面は、8~9mかそれよりやや高いと考えられる。

江ノ島の海食地形の形成は、縄文時代最大海進期に始まったと考えられ、その時期に形成された波食棚、海食崖、海食洞窟は、その時以後の地殻の隆起と海水上及び海水面下の侵食作用との組合せにより、波食棚は降下し、海食崖は後退し、海食洞窟は、あるものは、高い位置に取り残され、あるものは海食崖の後退に伴って消滅したと考えられる。

そうだとすれば、前述した、洞窟床面の高度から分類した3種類の海食洞窟のうち最も高位の平均海水上7.4m前後に床面を持つ海食洞窟は、縄文時代の最大海進期の海面高度から考えて、その時期の海食作用によって形成され、その後の海面の低下によってこの高さに取り残された可能性が十分考えられる。

平均海水上4.2~4.5m前後の位置にある海食洞窟の形成時期は、縄文時代の最大海進期から現在までの一時期であると考えられる。

杉村(1974)によれば、最近7000年間の世界各地の海水面変動量は、たいてい2~3mであるという。そして一般に海食地形は、その形成時代、海水面が一定の高さに停滞すれば、海食地形がより発達し、海水面が急激に上昇したり下降したりしている時期には、海食地形は、あまり発達しないと考えられている。すなわち、海食地形は海面変動の停滞期に対応して形成されるのであろうから、江ノ島の海食洞の形成には、地殻の隆起速度と海水面の変動速度とが相対的に一致し、海水面が停滞した約6000年前及びその後の一時期とに形成されたものと考えられる。

現在海水面下に床面のある海食洞窟は、他の海食洞窟が、地殻の上昇に削剝作用がつかいけず離水したのに対して、何らかの原因で海食洞窟床面の削剝作用が強く働き続け現在も海面下に残って海食洞窟として発達を続けているものと考えられる。

“お岩屋”(Cv.1)は、今回調査できなかったが、“お岩屋測量図”(かわいい科学者江ノ島特集、小林政夫:1971)によれば、洞窟形成過程において2回の海食作用の時期があったと推定され、このことは、約6000年前及びその後の一時期の2回の海面停滞期にわたって形成されたものと考えられる。

海食崖は、縄文海進期以来後退しつづけ、それにもなって波食棚の幅が広がっていったと考えられる。また波食棚自体も後退したと考えられるが、離れ岩も含めた波食棚の幅のもっとも広い場所の幅は、海食崖の実質後退量にもっとも近い値を示していると考えられるから、波食棚のもっとも広い幅約100mを、縄文海進期の最盛期の年数約6000年で除せば、海食崖の後退速度は、年平均1.7cmか、それ以上ということになる。

海食崖の後退速度は、岩質の硬軟で差があることは周知のことであるが、海食崖の後退速度の世界全海岸の平均値1cm/年(Kuenen Ph, E)に近い値である。

ま と め

江ノ島の海食崖に生じた洞窟には、断層・接理の弱線に沿って生じたものと、岩質の差によって生じたものがあり、断層・節理に沿うものが多い。

断層・節理に沿う洞窟は、床面の高度から 1) 海面上7.4m±のもの、2) 4.2—4.5m±のもの、3) 現海水面下のものにわけられる。それぞれの形成時期は、約6000年前、それ以後現在までの一時期(2~3000年前?)、そして現在であると推定される。

海食崖の後退速度は、年平均1.7cmかそれ以上と推定される。

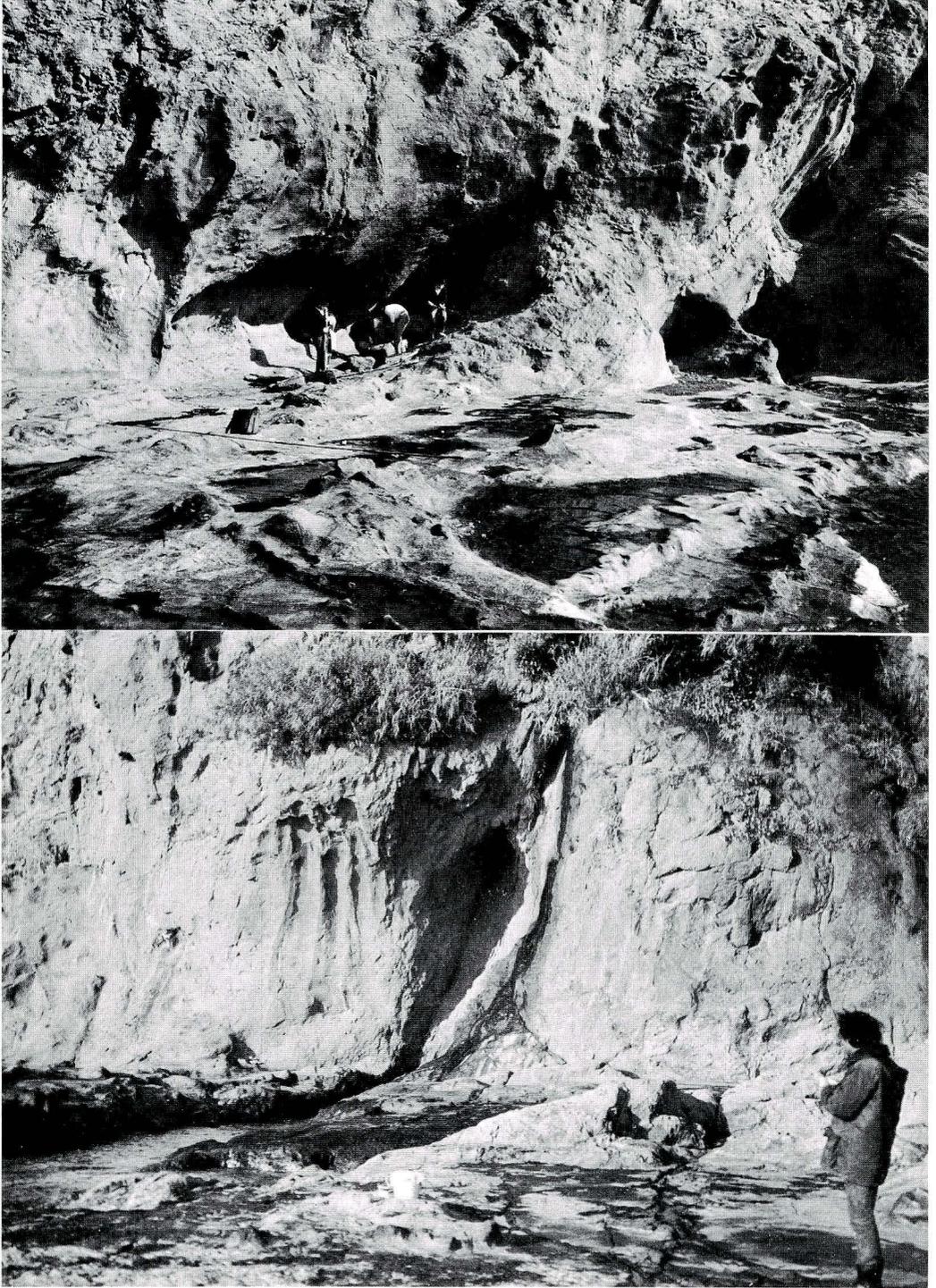
参 考 文 献

- A. B. (1910); 江ノ島の岩窟, 地学雑誌 vol. 22 No. 261 pp. 699—700.
 荒巻 孚 (1972); 生きている渚
 藤本治義 (1929); 相州江ノ島の地質, 地理教育10—1, pp. 16—21.
 貝塚爽平 (1955); 関東南岸の陸棚形成時代に関する一考察 地理学評論 vol. 28 p. 15—23.
 小林政夫 (1971); 江ノ島 神奈川県地学のガイド
 町田 洋 (1973); 南関東における第四紀中・後期の編年と海成地形面の変動 地学雑誌 vol. 82, p. 53—76.
 三位秀夫 (1963); 海蝕と海水準との関係について 海洋地質 vol. 2 No. 1 pp. 8—16.
 成瀬 洋 (1968); 関東地方における第四紀地殻変動 地質学論集 No. 2 pp. 29—32.
 陸地測量部 (1926); 関東震災地帯に於ける土地の隆起及沈下状態 pp. 65—68.
 SUGIMURA, A. & NARUSE, Y. (1954); Changes in sea level, seismic upheavals, and coastal

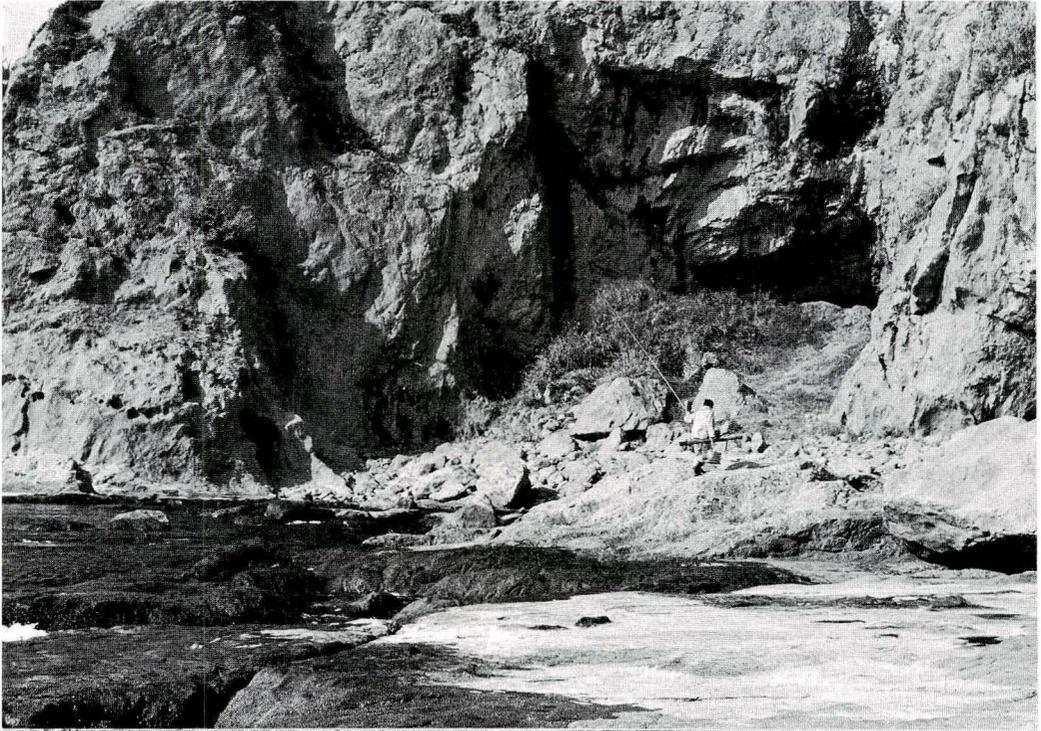
- terraces in the southern Kanto region, Japan (I). *Japan Journal of Geology Geography*, vol. 24, pp. 101—113.
- 杉村 新 (1974) ; 関東地震と活断層 関東地方の地震と地殻変動
- 豊島吉則 (1956) ; 三浦半島南端の海蝕地形 地理学評論 vol. 29, pp. 240—251.
- 豊島吉則 (1964) ; 兵庫県諸寄湾付近の海岸及び海底地形 鳥取大学学芸学部研究報告 (自然科学) vol. 15, pp. 1—11.
- 豊島吉則 (1965) ; 花崗岩地域の海蝕地形, 鳥取大学学芸学部研究報告 (自然科学)
- 豊島吉則 (1967) ; 諸寄湾周辺の海岸・海底に関する研究(1) 鳥取大学教育学部研究報告 (自然科学) vol. 18 pp. 56—62.
- TSUYA H.(1931) ; Petrographic Notes on the Sedimentary Rock of Southwest Sagami Rrovince (Part 1). pp. 98—106.
- 脇水鉄五郎 (1912) ; 相模江ノ島 地学雑誌 vol. 24 No. 283 pp. 515—517.
- 脇水鉄五郎 (1912) ; 江ノ島の洞窟 地学雑誌 vol. 24 No. 283 pp. 500—517.



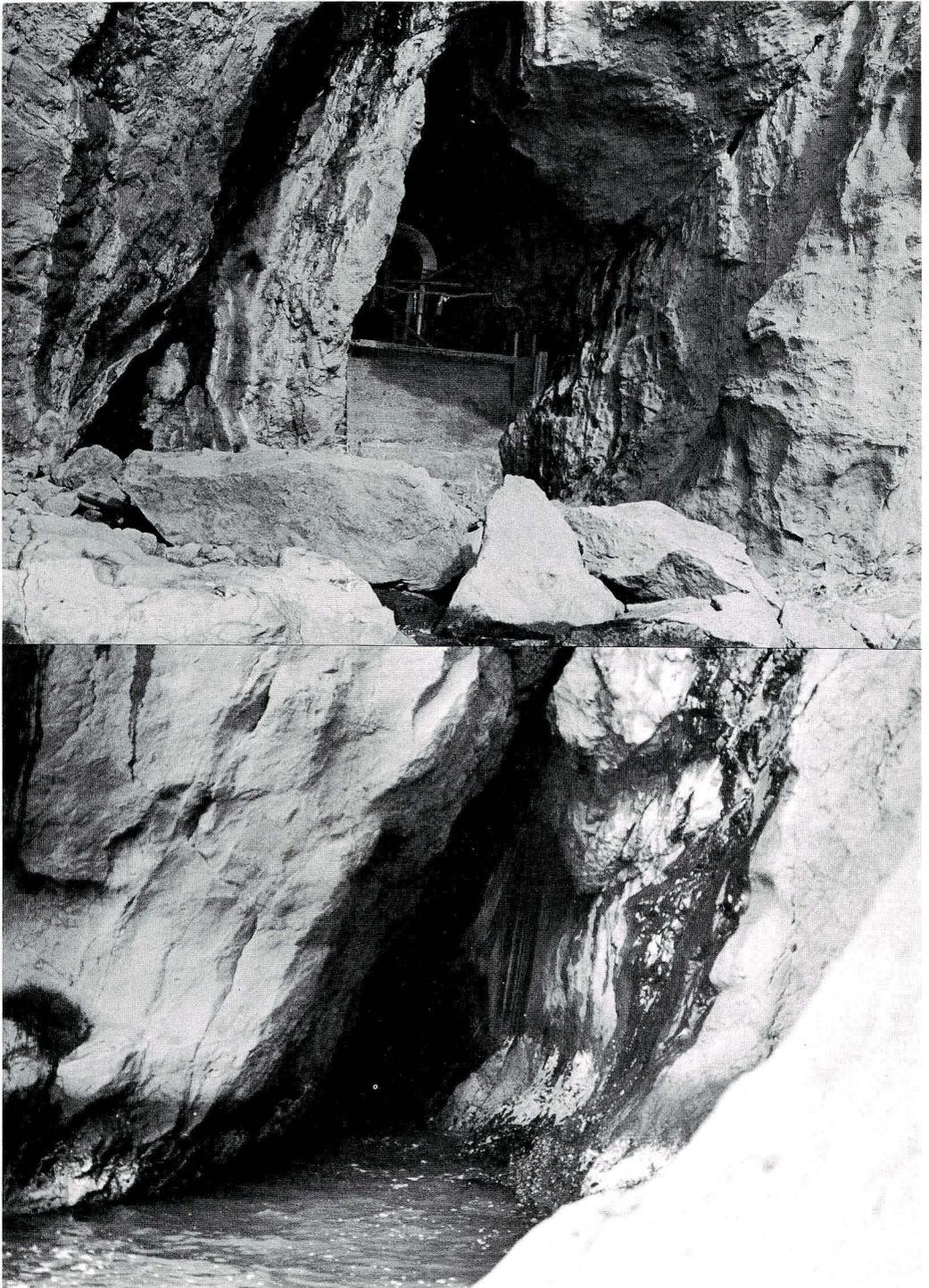
上；波食棚。“山二つ”以西。平均海面上0.8mかそれ以上。波食棚の幅は最大約100m。
下；波食棚。平均海面上0.8m。写真中央の鞍部は，“山二つ”のフィヨルド式切れ込み。正面の洞窟（=Cv.6）は、床面の高さが平均海面上4.2m。



上；粗粒凝灰質砂岩に挟在する白色頁岩薄層 (N75°W60°N) が差別侵食を受けて生じた海食洞窟 (=Cv. 7)。床面の高さは、平均海水上1.2m。奥行き約3.3m。
 下；断層節理 (N35°E80°W) に沿った波食溝及び海食崖の窪み。



上；overhang した海崖から崩落した土砂の塀によって入口をふさがれた海食洞窟 (=Cv. 12)。
塀の平均海面からの高さ約12m。洞窟の床を埋めた土砂の表面の高さ約5.3m。
下；海食窪 (=Cv. 18)。床面の高さは、平均海面上~4.2m。



上；お岩屋 (=Cv.1)。N—S 方向の断層に沿う海食洞窟。かわいい科学者江ノ島特集によれば、奥行きは約130m。

下；秘竜窟 (=Cv.4)。海水面下に床面のある海食洞窟。N20°W62°Wの断層節理に沿い現在も侵食が進んでいる。