

越前海岸にみられる海食洞と旧汀線高度について

Reexamination of the paleo-shoreline inferred from the sea caves
along the Echizen coast, Fukui Prefecture, Japan

伊藤大輔*・木下慶之**・山本博文*

*福井大学教育地域科学部地学教室

**三方中学校

Daisuke Ito*, Yoshiyuki Kinoshita** and Hirofumi Yamamoto*

*Geological Laboratory, Faculty of Education and Regional Studies,
Fukui University, Fukui 910-8507, Japan

**Mikata Junior High School, Mikata, Fukui 919-1305, Japan

Abstract The fault system along the Echizen Coast is considered to be one of the main active tectonic structure situated at the northern end of the Kinki Triangle, central Japan. Geological and topographical investigations show that these faults are presently in active with a vertical slip rate of more than 1m/1,000yrs. Along the coast, emergent wave cut platforms, including notches and benches, are recognized at four different levels. But these marine erosive features, especially those of upper platforms, are not in a good state of preservation by eroding and weathering.

The sea cave, the cavity in the base of a sea cliff, is well able to preserve the marine erosive features, coastal sediments and shell fossils at the time. So, we investigate emergent sea caves to reexamine the paleoseismological events along the Echizen Coast.

The height of the retreat point of the notch in the sea cave is almost equal to that of the notch cut into the reef around the cave. The floor in the cave is mostly covered by well sorted sand and rounded gravel in pebble to cobble size, in the deep area by well rounded gravel in cobble to boulder size, with the upslope floor growing steep. The height of the inflection point in the floor profile is also equivalent to those of the notches in and around the cave. In consequence, the levels of the paleo-shoreline along the Echizen Coast are more clarified by this study.

1. はじめに

若狭湾湾奥は日本海側では数少ない典型的なリアス式海岸の様相を呈している。若狭湾海底下には第三系が削剥されて形成された侵食平坦面が広く分布し、その深度分布からすると、若狭湾域は東ないし北東に傾動しながら沈降しているといえる。一方、若狭湾東縁には甲楽城断層をはじめとする数本の東側隆起の活断層が連なっている(図1)。これらの断層の活動により、その東側に位置する越前海岸は著しい隆起域となっており(山本ほか, 2000)、海成段丘や離水海食地形が多数認められる。

岩石海岸では風化作用や波の侵食により、海水準付近に平坦な岩棚(ベンチ)や海食崖基部の窪み(ノッチ)が、さらに節理や断層に沿って侵食が進むと、幅に比べ奥行き大きな洞穴、すなわち海食洞が形成される。海食洞は常に波が押し寄せる海水準付近に形成されるが、越前海岸では陸の隆起に伴ない、波の作用の及ばない高さに位置しているものも多数認められる。

越前海岸において山本・木下(2001)は、4段のノッチ、ベンチ等の離水海食地形を報告し、最も低位の海食地形の離水時期を17世紀中頃と推定している。しかしより上位の離水海食地形は長年の風化・侵食によりその形態が不鮮明となり、旧汀線高度の認定が困難となっている。また離水時期を知る上で必要な岩礁に付着している貝化石等は全く残されていない。これに対し、海食洞は離水地形として残りやすく、その内部は風雨にさらされることはなく、離水時の状況をそのまま保持していることがある。たとえば、房総半島南部では洞内に円礫、砂および貝殻片等がほぼ水平に成層した状態で保存されている(昼間ほか, 1994)。そこで越前海岸において離水海食洞の分布、形態、洞底堆積物、およびその標高を調査し、海食洞から旧汀線高度を明らかにするとともに、その形成年代を求め、越前海岸の隆起運動をより確かなものとするを目的に調査を行った(図1)。

2. 地質概略と越前海岸の隆起

北部で加越台地^{かえつ}が、中部で丹生山地^{にう}が、また南部で南条山地が日本海と接する越前海岸は、荒々しい岩石海岸が続く観光地としてよく知られている。加越台地西部、陣ヶ岡周辺の海岸には新第三系の安山岩～流紋岩質火山岩類、および礫岩、砂岩、凝灰岩等の堆積岩類^{こめがわき}からなる米ヶ脇層が広く露出している(安野, 1987)。福井市西部から越前町にかけての丹生山地北・中部には、下位から西谷流紋岩、糸生層、国見層、荒谷層、市ノ瀬層、および新期安山岩類に分けられる第三系(Nakagawa, 1998)が、南部には白亜紀流紋岩類、および古第三紀花崗岩類が分布している。その南の南条山地西部は美濃帯中・古生層の頁岩、砂岩、緑色岩、チャート、およびこれを覆う西谷流紋岩、糸生層火山岩類から構成されている(脇田ほか, 1992)。

一方、越前海岸西方に位置する若狭湾では、火山岩類や新第三系堆積岩類(香住沖層群)が削剥され、広い範囲で侵食平坦面が形成されている。侵食平坦面の深度は、若狭湾西部では300m

程であるが東ないし北東方向に徐々に深くなり、越前岬沖では800mを超えている。侵食平坦面は全域でほぼ水平な最大700mの層厚のある第四系堆積層（鳥取沖層群）に不整合で覆われており、若狭湾域は東ないし北東に傾動、沈降しているといえる（福井県，1997；山本ほか，2000）。

沈降する若狭湾の東縁，越前海岸に沿って南北に連なる東側隆起の活断層群が通っている（図1）。これらの活断層は南側より甲楽城断層，F-3断層，F-2断層，F-1断層と呼ばれており（福井県，1997），さらにF-3断層の北方延長部，および越前岬付近から海岸に沿って北北東へ伸びる活断層も推定されている（山本ほか，2000）。越前海岸はこれらの断層群の活動により著しい隆起域となっており，海成段丘が数段にわたって形成されている。海成中段丘の形成年代，旧汀線高度，古海面高度から求めた平均隆起速度は，越前海岸中・南部では0.6～1.0m/1,000yrs，丹生山地北端部では0.2～0.5m/1,000yrsを示している（山本ほか，1996）。また越前海岸北部の陣ヶ岡には標高20～75mに明瞭な海成段丘面が認められ，0.4～0.6m/1,000yrsの平均隆起速度が推定されている（林 私信）。

完新世における越前海岸の隆起活動について山本・木下（1999，2001）は，越前海岸中・南部の岩石海岸に認められる離水したノッチ，ベンチ等より4段の旧汀線高度を認定し，下位よりn1，n2，n3，n4とした。越前岬付近における各旧汀線高度は下位より約5.7m，8.1m，12.5m，15.6mであり，最新（n1）の離水時期は，岩礁に付着した貝類，および遺跡・遺物の年代から17世紀中頃としている。

3. 海食洞と汀線高度

海食洞は波の侵食作用によって海食崖基部に形成される奥行き大きな洞穴であり，一般に節

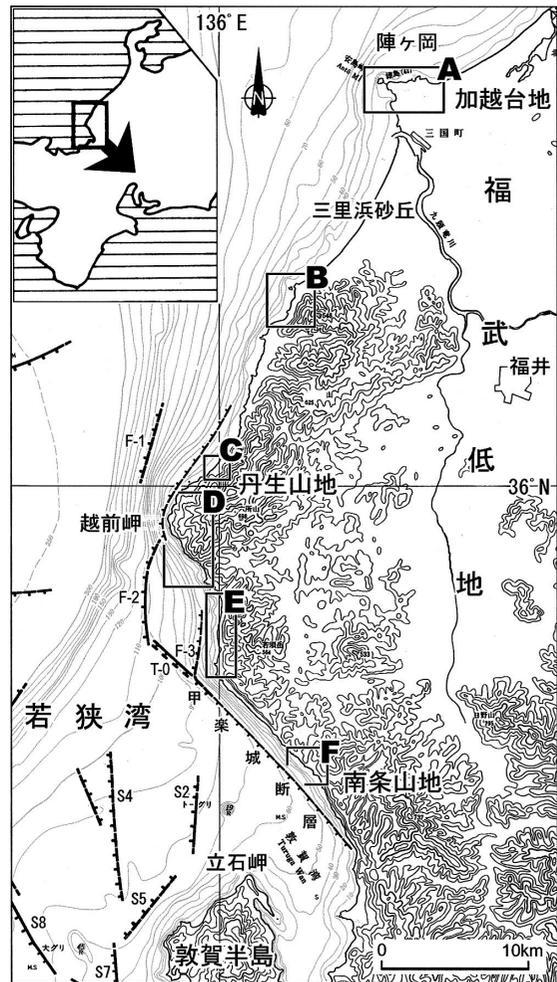


図1. 調査位置および若狭湾東縁部の活断層。
A:陣ヶ岡地区，B:和布・鮎川地区，C:浜北山地区，
D:越前岬地区，E:厨・米ノ地区，F:河野地区

理・断層などの弱線に沿う波浪の選択侵食により形成され、旧汀線高度認定の指標に利用されている。赤木(1970)は海食洞と鍾乳洞を比較し、その形成には波浪が重要であること、海面下6~7mまで侵食作用がおよぶことを示した。また昼間ほか(1994)は、房総半島南部では山地が海岸に迫り、基盤岩である砂岩泥岩互層の走向が海岸に直交する地域で海食洞が発達していること、海食洞の規模と形成期間との間には正の相関がみられ、海食洞の形成には10³年以上の時間が必要であることを示した。

汀線と海食洞の形状や洞内のノッチとの関連について赤木(1970)は、海水準付近に形成される海食洞洞底の高度は周囲のベンチの高度と一致するとしているが、洞内のノッチの高度については3m前後の標高差は普通にみられること、また海食洞の成因は主として波浪によるものであり、その変化は激しく、海食洞から微妙な海面変化を論じることは難しいとしている。これに対し昼間ほか(1994)は、房総半島南部では海食洞内のノッチは洞内の堆積物の上面とともに海食洞形成時の海水面にほぼ一致するとしている。さらにノッチは洞内堆積物上面より0.5mほど高いレベルに形成されていることが多く、海食台地形面の延長線が波食崖と交わる基部の高度より1.5~2.0m高いところに位置するとしており、旧汀線の良い示標となりうることを示している。

そこで本研究においては、まず海食洞において洞内部のノッチ、洞底堆積物およびその高度を調べ、周囲の岩礁に形成されているノッチ、ベンチ等の海食地形から求められる旧汀線高度との比較を行った。

4. 越前海岸における海食洞の分布とその形態

福井県三国町から敦賀市にかけての越前海岸には、かつて60数個の離水した洞穴や岩陰が存在した(仁科・山口, 1978)。しかし国道305号線の建設などによって破壊され、残された海食洞も落盤によって埋まったものや、資材置き場、火葬場、ゴミ捨て場、観光洞として利用されているものがあり、原形をとどめているものは多くない。調査範囲は、福井県三国町から河野村までの越前海岸とし、今回の調査で新たに発見されたものも含め33ヶ所の洞穴を調査した。

高度の計測には、レーザーテクノロジー社製のノンプリズムレーザー距離計インパルスを用いた。同計測装置では、数十m離れた地点との高度差を±10cm以下の精度で測定できる。

以下、越前海岸において調査を行った海食洞について、その形態・特徴をA~Fの6つの地域(図1)に分けて述べる。なお総延長としたものは入口から最奥部までの直線距離、開口方向としたものは最奥部から入口に向かう方向、また洞底傾斜変換点高度としたものは、洞奥部において洞底堆積物の粒度が粗くなるとともに洞底の傾斜が急になる地点の標高を示している。洞底傾斜変換点付近を詳細に見ると、1地点を境に変わる場合と、数10cmの階段状の段差を経て傾斜が変わる場合とがある。階段状の段差が見られる場合には、傾斜が急になる地点の高度をそれぞれ測定した(図2)。洞底の傾斜に明瞭な変化がない場合は、洞底堆積物の粒度が粗くなる地点の標高を参考値として示した。また海食洞周辺の岩礁からは、おもにノッチを用いて旧汀線高度を読み

取った。武永（1968）はノッチの一番深くえぐられた部分である“retreat point”を汀線位置とし、河名・西田（1980）はノッチの“retreat point”の高度は、平均海面または高潮位付近とする報告が多いとしている。三国、敦賀における大潮差は共に16cm（朝岡ほか、1985）と小さいこと、また現成のノッチの“retreat point”が海水準付近にみられることから、本研究においてはノッチの“retreat point”を旧汀線高度として計測した。しかし岩礁にはノッチと紛らわしい窪みもしばしば認められる。そこでノッチとベンチが共に認められる地点（以下ノッチ - ベンチと記す）を最も明確な離水地形として認定し、その高度を計測した。また海食洞内のノッチについても同様に“retreat point”の標高を計測した。

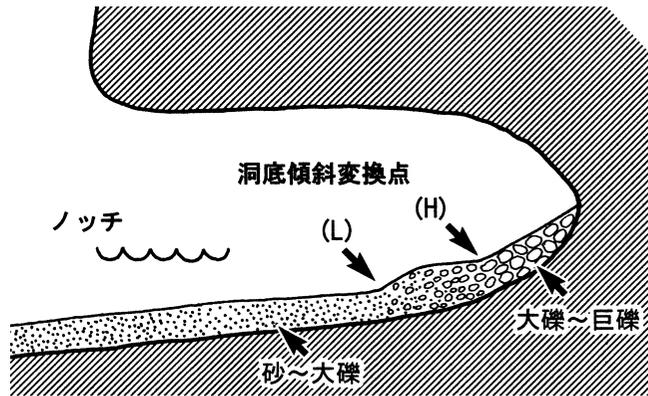


図2. 海食洞内に認められるノッチ，洞底堆積物の粒度変化，および洞底傾斜変換点。(H)，(L)は階段状の段差が認められる場合の高位，低位の傾斜変換点を示す。

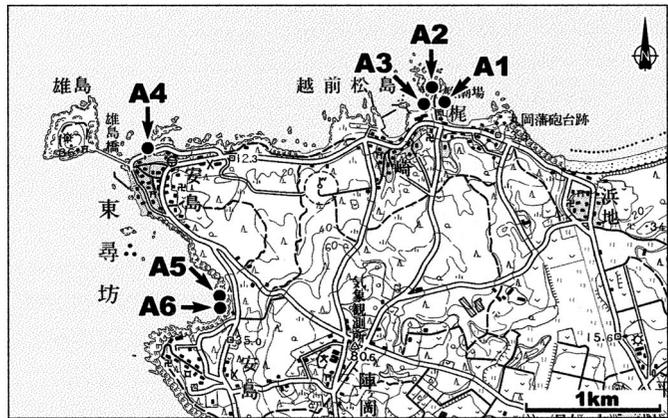


図3. 陣ヶ岡地区における海食洞の分布. 地形図の範囲は図1参照

A：陣ヶ岡地区

本地区は、調査地域北端部に位置し、梶周辺では“弁慶の抜け穴”(A1)、“観音洞”(A2)、“聖の穴洞穴”(A3)と呼ばれている離水海食洞が標高4～6m付近に形成されている（図3）。また西側の安島^{あんとう}付近では海水面近くにA5、A6をはじめとする多くの海食洞がみられる。この地区の低位段丘面の標高は4～6mである。岩礁に形成されている離水海食地形は不明瞭であるが、数地点においてノッチ - ベンチ状の微地形やポットホールを1.6～2.1mの高さに確認できる。また幅10数mの波食棚が海水準付近に形成されている。

・ A1 （弁慶の抜け穴）

本洞穴は陣ヶ岡地区の北方、神社奥^{じんがおか}の崖下^{かき}にあり、入口の標高1.2m、S60°E方向に開口して

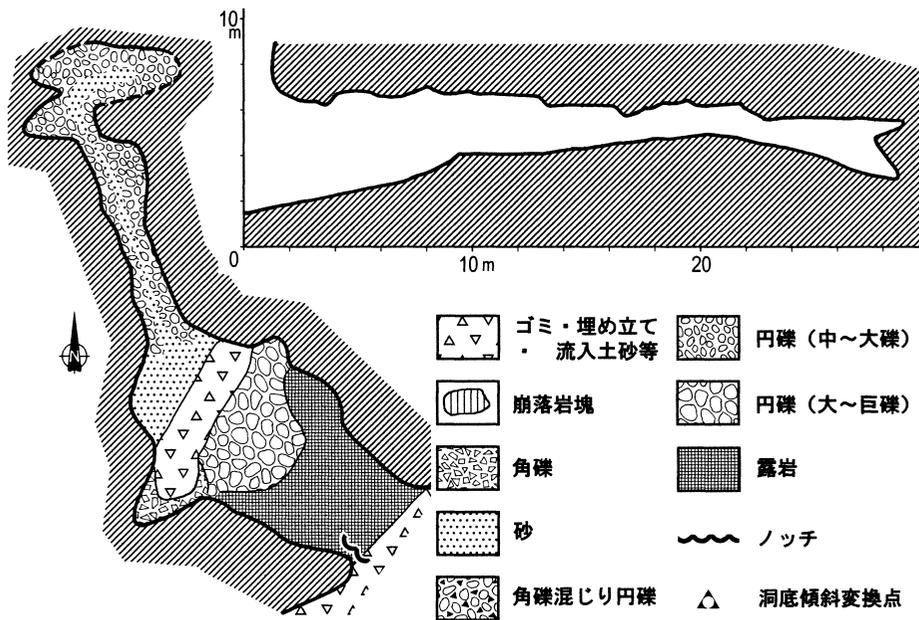


図4. A1海食洞（弁慶の抜け穴）の断面図、平面図および洞底堆積物分布図

いる（図4）。総延長27.6m，開口部の高さ4.9m，幅3.8m，岩質は柱状節理の発達した安山岩である。洞底は入口から8m程入った所で一段高くなり（標高4.0m），そこから右奥へ細く長く伸びている。洞底は奥に向かって徐々に高くなり，入口から20m付近で5.0mに達するが，そこからはしだいに低くなっている。最奥部で洞は左右に広がり，底面の高さは低いところで3m程である。入口付近の洞底には基盤岩が露出しているが，一段高くなる中央部付近では径20～40cmの円礫が，その奥では分級の良い粗粒砂や径3～5cmの円礫が洞底を覆っている。また入口付近の標高4.0～4.1mにはノッチらしき窪みが認められる。本洞穴からは，縄文時代晩期の土器の小破片が発見されている（仁科・山口，1978）。

・A2 （観音洞）

本洞穴はA1の北西にあり，入口の標高6.3m，N25°W方向に開口している。総延長15.3m，開口部の高さ4.0m，幅3.0m，最奥底面の標高6.9m，岩質は柱状節理の発達した安山岩である。洞底は人工的に敷き詰められた円礫，コンクリート舗装が覆っており，洞形成時の堆積物はみられない。廣島（1986）は，洞内から鹿角製釣針，骨角器，壺形土器，甕形土器等の遺物が出土し，弥生時代中期（1世紀）から古墳時代前期（4世紀初）にかけての複合遺跡であるが，洞内部は落盤等で埋まっていると報告している。

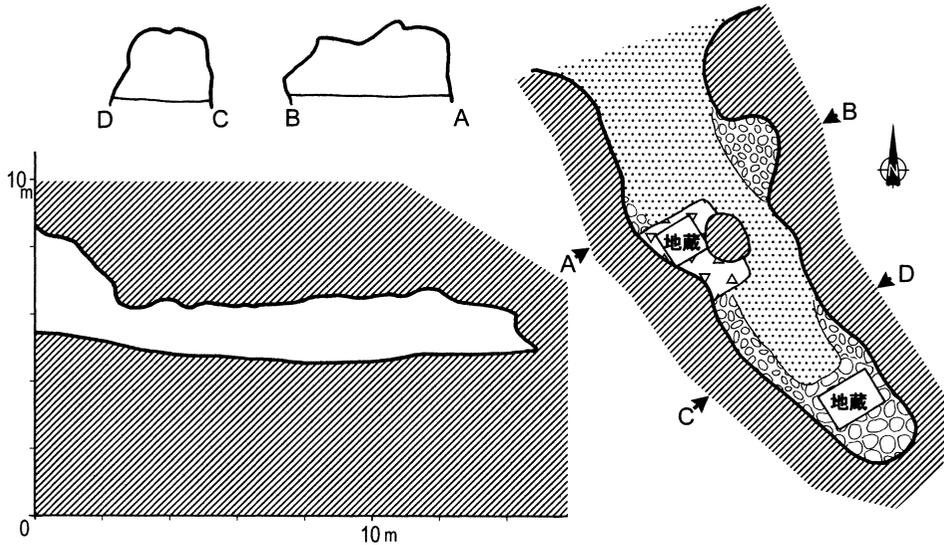


図5. A3海食洞（聖の穴洞穴）の断面図，平面図および洞底堆積物分布図．凡例は図4参照．

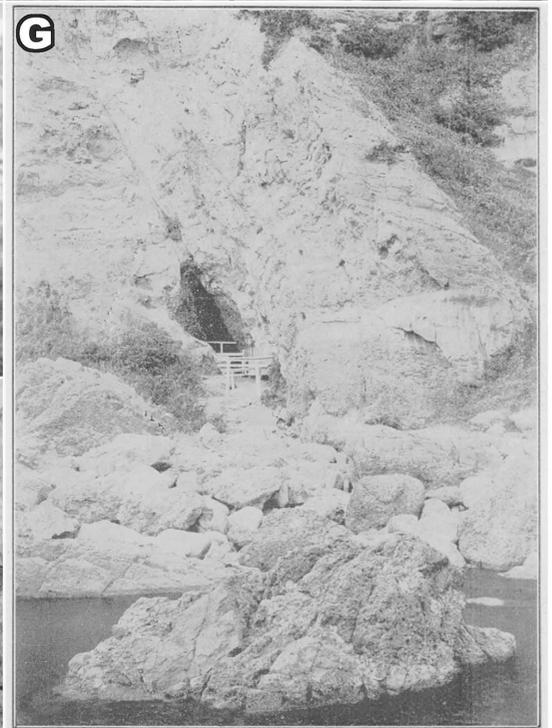
・ A3 （聖の穴洞穴）

本洞穴はA1の西にあり，入口の標高5.4m，N32°W方向に開口している（図5，6-A）．総延長14.4m，開口部の高さ2.7m，幅3.5m，最奥底面の標高5.0m，岩質は柱状節理の発達した安山岩である．洞底は入口付近では奥に向かってゆるく傾斜し，中央部はほぼ水平である．おもに中粒砂が洞底を覆っており，洞壁付近や奥部には円礫が点在している．礫径は洞中央部付近では径3～4cmであるが洞奥では10cm近い大礫となっている．洞底の傾斜変換点はよくわからないが，礫径が大きくなる地点の標高は4.8mである．本洞穴からは，縄文時代前期後半から末の北白川 b 式，福浦上層式，中期初頭の新保式，後期中葉の北白川上層式などに併行する縄文土器や瑛状耳飾が発見されている（青木，1988a）．

・ A4

本洞穴は雄島橋の東にあり，雄島隧道が洞中央部付近を横切っている（図7）．入口の標高4.3m，N75°W方向に開口している．総延長32.5m，開口部の高さ2.0m，幅3.8m，最奥底面の標高5.0m，岩質は柱状節理の発達した安山岩である．入口から中央部にかけての洞底は舗装されているが，奥部ではよく円磨された中～大礫が洞底を覆い，奥部ほど径が大きくなっている．最奥部の礫径が大きくなる地点で傾斜も急になる．傾斜変換点付近には数10cmの段差があり，その標高は4.5mと4.9mである．

またこの他に米ヶ脇累層の砂岩，礫岩，凝灰岩が露出している本地区西部，福良浜^{ふくら}付近におい



(平ヶ血村浦筒四) 音観の窟岩岬前越

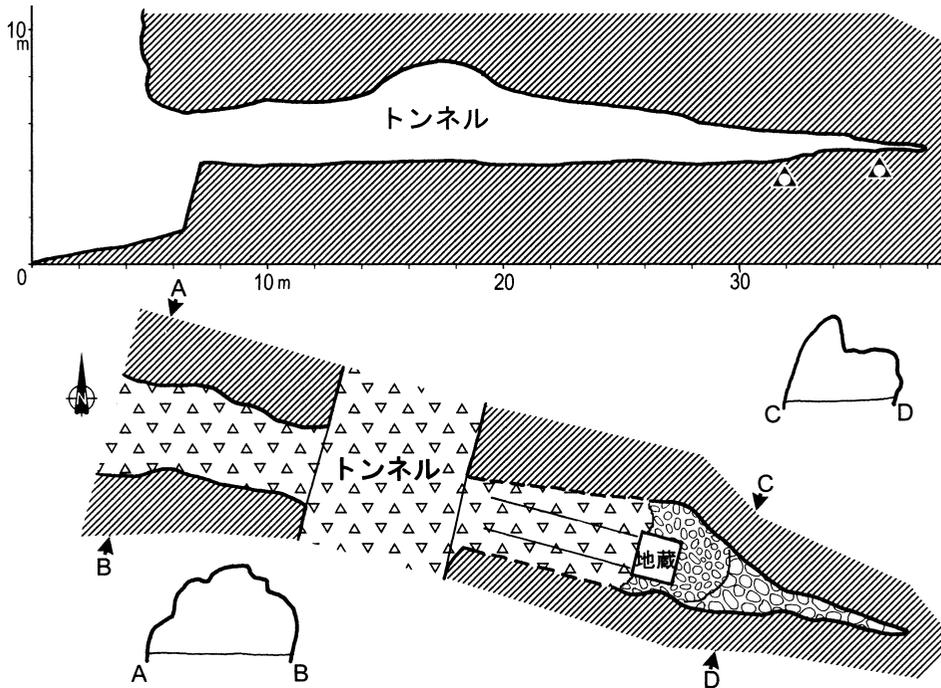


図7. A4海食洞の断面図，平面図および洞底堆積物分布図．凡例は図4参照．

て，規模は小さいものの海食洞を18ヶ所で確認した．しかしいずれも海水面近くに開口しており，奥行きも3~4mと小さいものが大半である．ここではその中でも比較的規模の大きな海食洞であるA5，A6（図3）についてのみ測定を行った．A5は，入口の標高0m，S60°W方向に開口し，総延長8.2m，開口部の高さ5.5m，幅5.7m，最奥底面の標高1.7mである．またその南側に位置しているA6は，入口の標高0.5m，N80°W方向に開口し，総延長6.5m，開口部の高さ2.0m，幅3.5m，最奥底面の標高1.2mである．これらの海食洞が離水したものかどうかについては不明であるが，荒天時には波の影響を強く受ける高さであり，参考データとした．

B：和布・鮎川地区

福井市の北西部に位置する本地区には，北部を中心に多くの海食洞が分布している（図8）．海食洞は流紋岩，安山岩，凝灰岩を削り形成されている．和布周辺のノッチ・ベンチ等から求めら

図6（左頁）．越前海岸地域の海食洞および洞底堆積物．

A：A3海食洞（聖の穴洞穴）入口付近，B：C1海食洞（鯨穴）入口付近，C：B5海食洞中央部，洞底傾斜変換点付近．よく円磨された大礫が洞底を覆っている，D：B5海食洞最奥部．よく円磨された大～巨礫が洞底を覆っている，E：E3海食洞（城崎北小南洞穴）最奥部．鍾乳洞化しており，写真左側には小さな鍾乳石が，写真右側には石灰分により洞壁面に固着した分級の良い中礫がみられる，F：E3海食洞（城崎北小南洞穴）中央部付近の洞壁に固着している円礫混じりの極粗粒砂．イボニシ等の貝化石が含まれている，G：D3海食洞（玉川観音洞）．明治42年発行の丹生郡誌に掲載されている海上から撮影した国道305号線建設前の玉川観音洞．入口は旧汀線高度である12~13m付近がもっとも幅広く，同じ高さにベンチらしき岩棚も認められる．

れるn1旧汀線高度は3.2~3.5mである。4m付近, 6m付近, 10m付近にも不明瞭なノッチやベンチが認められるが, 上位の旧汀線高度についてはあまりはっきりしない。

・B1

本洞穴は和布・鮎川地区の北部, ^{たかす}鷹巣漁港駐車場裏にあり, 入口の標高5.3m, S45°W方向に開口している(図9)。総延長35m以上, 開口部の高さ2.7m, 幅4.8m, 最奥底面の標高5.0m以上, 岩質は柱状節理が発達した安山岩である。入口付近は外部から入り込んだ土砂に覆われているが, 中央部付近からは洞底に露岩や礫がみられるようになる。洞底の傾斜は, 中央部付近はほぼ水平であるが, 17m程入った地点から緩やかに洞奥に向かって高

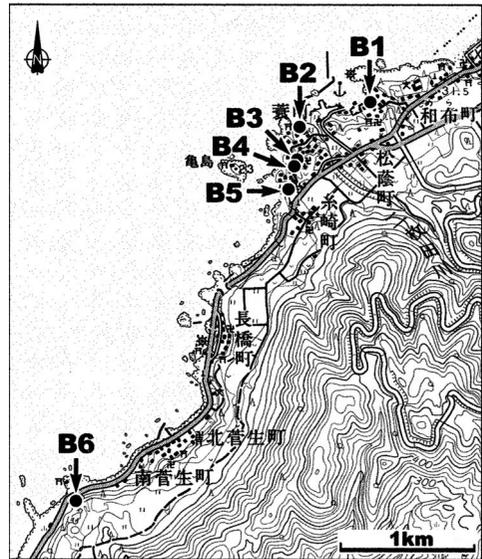


図8. 和布・鮎川地区における海食洞の分布。地形図の範囲は図1参照。

くなっていく。堆積物は洞中央部では角礫がみられるが, 奥になるにつれ, 径1cm程の円礫が多くなる。礫径は奥ほど大きくなり, 最奥部では5~10cmとなっている。入口から17m, 22m程入った地点で, 洞底の傾斜がやや急になる。その標高は2.6m, 2.8mである。入口から10m程入った地点にノッチが形成されており, その標高は2.8mである。

・B5

本洞穴は福井市^{いとさき}糸崎町, 熊野神社裏の海食崖下にあり, 入口の標高3.5m, N60°W方向に開口している(図10)。総延長33.7m, 開口部の高さ5.0m, 幅9.0m, 最奥底面の標高5.8m, 岩質は安山岩である。洞入口付近はゴミで覆われているが入口より5~10m付近では円礫や径10cm程の角礫がみられる。中央部からは分級の非常に良い径20cm前後の円礫が底面を覆うようになる(図6-C, D)。入口から16m程入った地点で洞底の傾斜がやや急になる。この地点の標高は, 2.5mである。入口から21m程入った地点でも不明瞭ではあるが, 標高3m付近に傾斜変換点が認められる。また入口から6mおよび12m程入った地点の洞壁にノッチらしい窪みが確認できる。その標高は3.2mである。

・B6 (鉾島洞穴)

“鉾島洞穴”と呼ばれている本洞穴は本地区の南西部, 鉾島の南にあり, 入口の標高6.3m, N10°E方向に開口している(図11)。総延長29.8m, 開口部の高さ3.4m, 幅6.8m, 最奥底面の標高6.0m, 岩質は節理の発達した石英安山岩ないし流紋岩である。洞は入口から南にのび, 奥部左

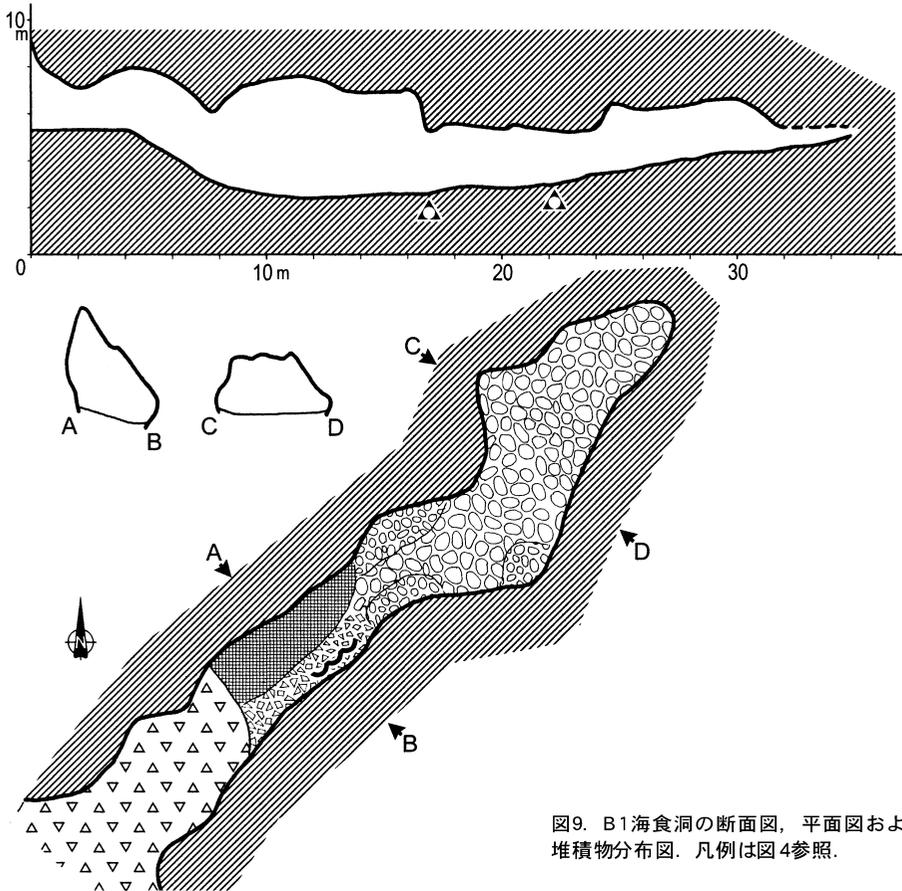


図9. B1海食洞の断面図，平面図および洞底堆積物分布図．凡例は図4参照．

には支洞が形成されている．洞底は入口付近ではゴミや後から流入した泥質堆積物に，中央部では角礫に覆われているが，壁際には径30cm程の円礫もみられる．最奥部では径1cm程の円礫や径1m程の円磨された巨礫がみられる．入口から27m程入った地点で，洞底の傾斜が急になる．この地点の標高は，4.8mである．また支洞では入口付近に丸みをおびた径1m程の巨礫があり，中央部は1cm程の円礫，奥部には径50cm程の円礫がみられる．

またこの他に国民宿舎鷹巣荘の西側（B2），福井市^{みの}蓑町の民家の裏（B3，B4），図8の南方ではあるが，鮎川の国見小学校の西側（B7）にも海食洞がみられる．B2は，入口の標高1.3m，N40°W方向に開口している．総延長15.5m，開口部の高さ4.8m，幅7.8m，最奥底面の標高1.8m，岩質は凝灰岩である．洞穴入口付近は崩落した巨大岩塊が多数散在している．B3は入口の標高5.9m，N65°W方向に開口している．総延長11.5m，開口部の高さ5.5m，幅6.5m，最奥底面の標高6.0m，岩質は凝灰岩である．B4はB3の南側にあり，入口の標高5.4m，N55°W方向に開口し

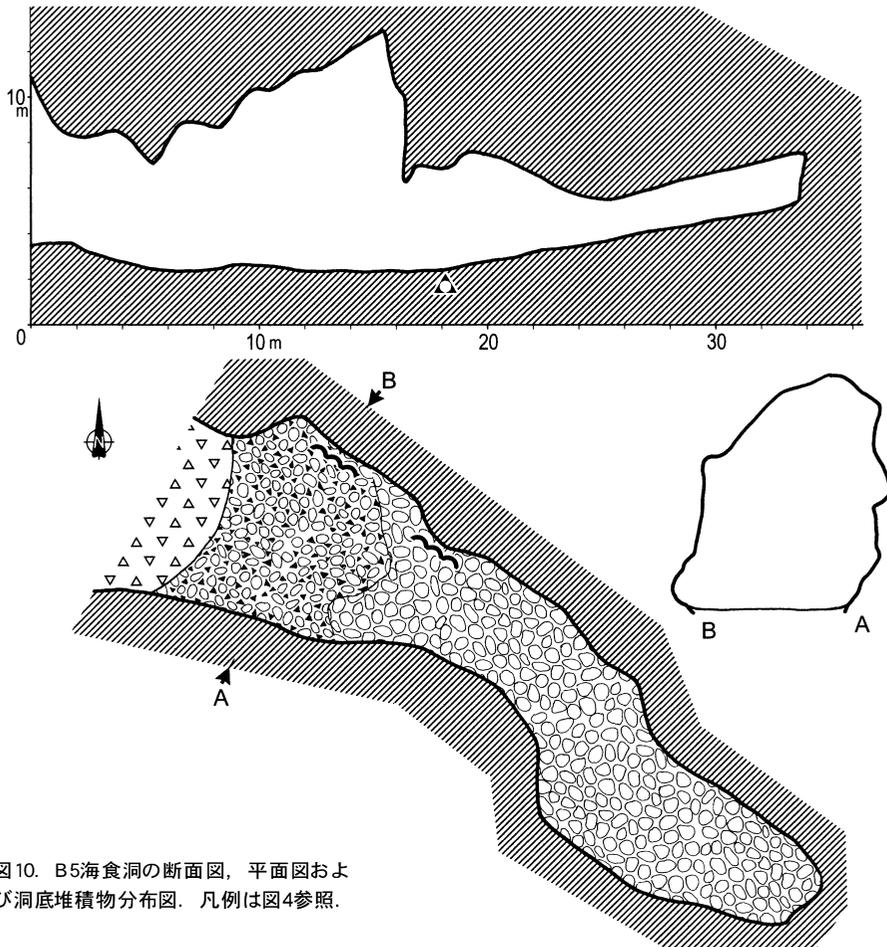


図10. B5海食洞の断面図，平面図および洞底堆積物分布図. 凡例は図4参照.

ている．総延長10.2m，開口部の高さ2.9m，幅2.0m，最奥底面の標高5.2m，岩質は凝灰岩である．B3，B4は現在，地蔵洞として利用されており，形成時の堆積物や形状を確認することが出来なかった．B7は入口の標高7.8m，N10°W方向に開口している．入口には金網が張っており，今回調査することはできなかった．

C：浜北山地区

本地域は越廼村^{こしの}浜北山に位置する(図12)．海岸部はゴロタ石の転がる礫浜となっており，岩礁は少なく海食地形はほとんど見られない．海食洞は安山岩を削り形成されており“鯨穴”と呼ばれている．ノッチ-ベンチより求められたn1旧汀線高度は本地区北東の大味では5.1～5.3m，南西のハツ俣では5.4～5.9mである．

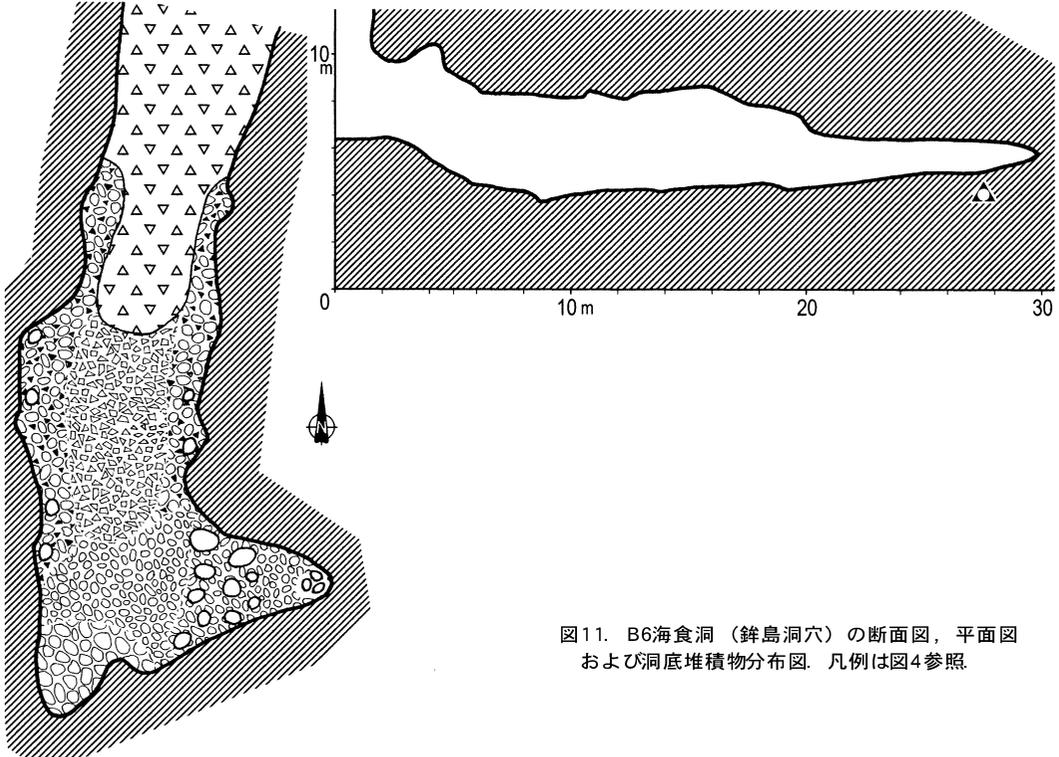


図11. B6海食洞（銚島洞穴）の断面図，平面図および洞底堆積物分布図．凡例は図4参照

・C1（鯨穴）

本洞穴は越廼村越前水仙公園駐車場の東側にあり，入口の標高4.5m，N35°W方向に開口している（図6-B，13）．総延長26.5m，開口部の高さ6.6m，幅4.6m，最奥底面の標高6.5m，岩質は安山岩である．海食洞は奥部で二股に分かれている．洞底は現在コンクリートで舗装されているが，右側最奥部には礫径10cmほどの分級の良い礫が露出しており，礫径は奥部ほど大きくなっている．本洞中より遺跡を報告している青木（1988b）によれば，洞底は砂に覆われており奥部は礫であった，また洞穴中央部の3ヶ所でたき火の跡が見つかっており，出土した壺，播鉢等の遺物から江戸時代初期（17世紀中葉）の一時期，海と関係のある仕事をする人が居住したとされている．洞底の傾斜は，右奥部の円礫露出域付近からやや急になっている．その地点の標高は5.0mである．

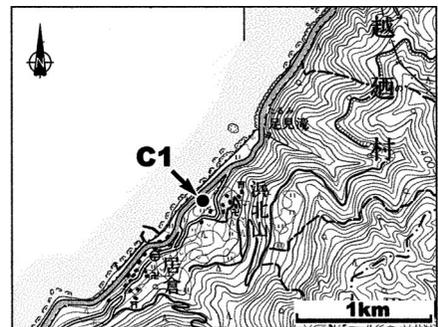


図12. 浜北山地区における海食洞の分布．地形図の範囲は図1参照

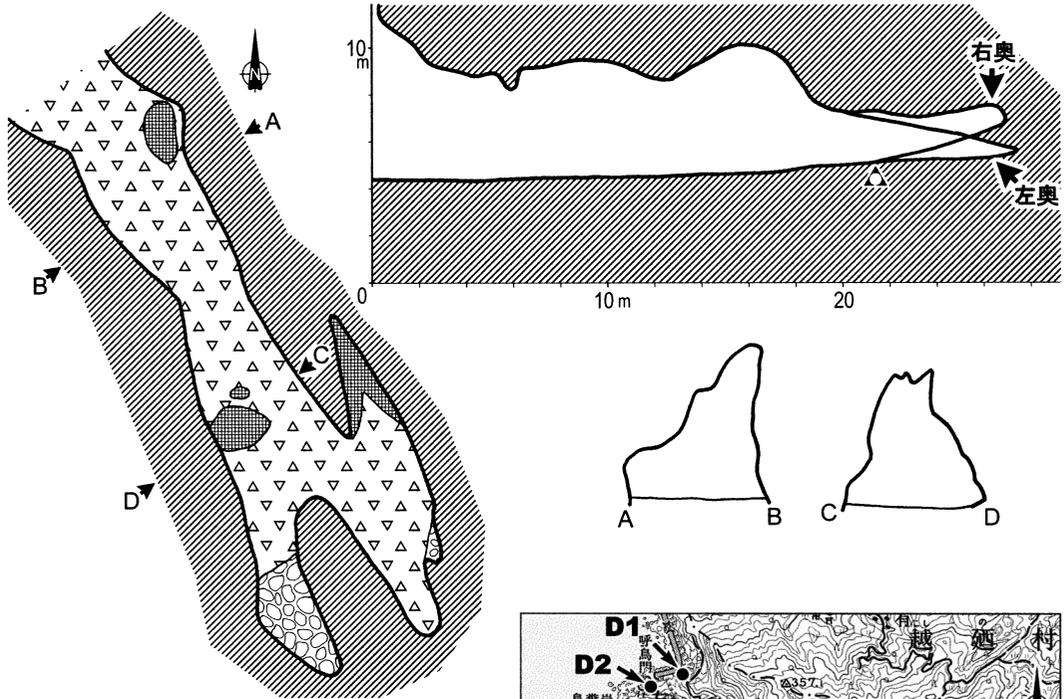


図13. (上) C1海食洞(鯨穴)の断面図, 平面図および洞底堆積物分布図. 凡例は図4参照

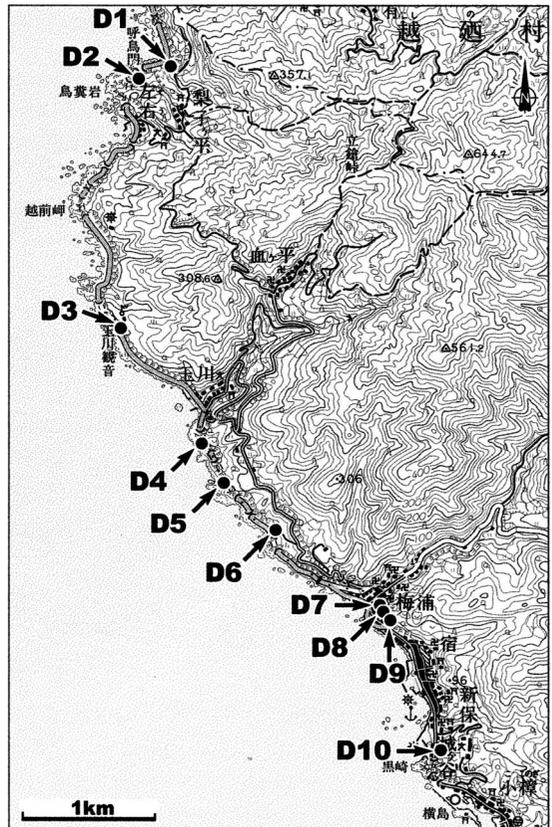
図14. (右) 越前岬地区における海食洞の分布. 地形図の範囲は図1参照

D: 越前岬地区

本地区は越前海岸で最も西に突き出した地点であり, 高さ数10mの海食崖が海岸沿いに連なっている(図14). 海食洞はおもに礫岩, 砂岩, 火砕岩を削り形成されている. 本地区のノッチ - ベンチより求められた旧汀線高度は下位より5.4~5.8m (n1), 8.1~8.3m (n2), 12.4~12.9m (n3), 15.6m (n4)である.

・D1 (愛染明王洞)

本洞穴は呼鳥門北駐車場脇にあり, “愛染明王洞” という名称の観光洞として利用さ



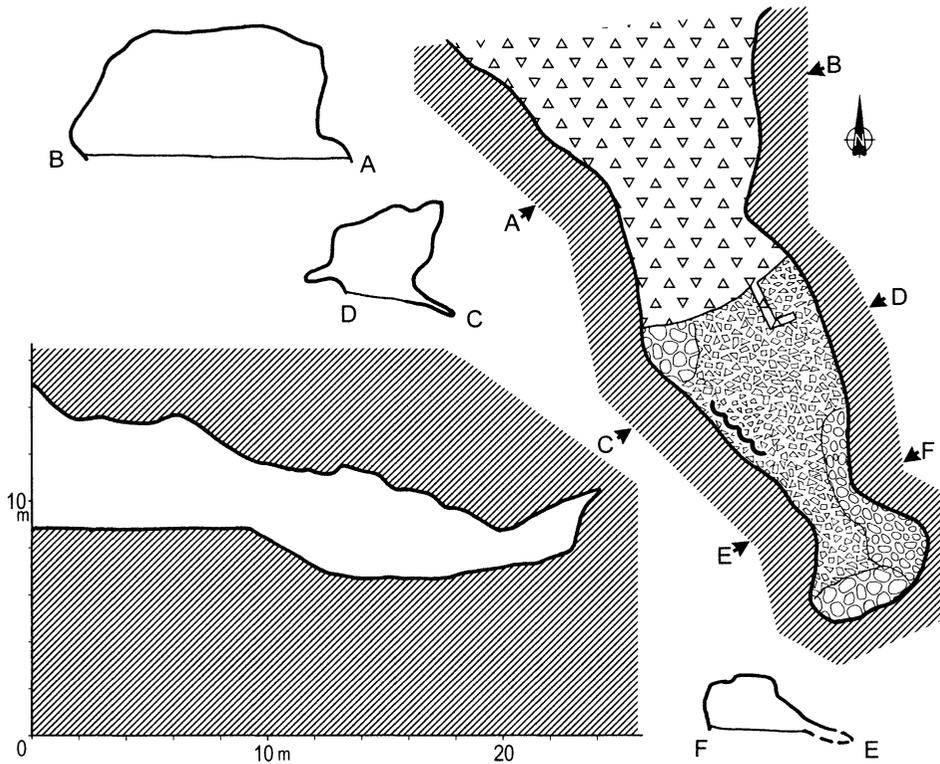


図15. D1海食洞（愛染明王洞）の断面図，平面図および洞底堆積物分布図。凡例は図4参照。

れている。入口の標高8.6m，N25°W方向に開口している（図15）。総延長23.5m，開口部の高さ5.2m，幅8.5m，最奥底面の標高7.4m，岩質は礫岩である。洞底は中央部まで埋め立てられている。その奥では径1cm程の角礫が広く底面を覆っているが，洞右側には径15～20cmの円礫が，最奥部には径5～10cmの円礫がみられる。また洞右側に1段低い窪みがあり，径20cmほどの円礫が底面を覆っている。この窪みの底面に認められた傾斜変換点の標高は6.3mである。また中央部から奥部にかけて，連続するノッチらしい窪みがあり，その標高は7.7mである。

・D2

本洞穴は呼鳥門の南約20mにあり，内部は二つに分かれている。北側の洞穴は入口の標高10.2m，N65°W方向に開口している。総延長15.8m，開口部の高さ1.8m，幅6.2m，最奥底面の標高14.0m，岩質は礫岩であり，層理に沿って窪みが形成されている。入口付近の洞底はゴミで覆われているが，中央部では径1cm程の円礫が，また洞壁近くや洞奥部では径5～6cmの円礫が覆っている。

南側の洞穴は，入口の標高14.6m，N55°W方向に開口している。総延長17.2m，開口部の高さ

3.1m, 幅15.2m, 最奥底面の標高20.0m, 岩質は礫岩である。洞底中央部には基盤が露出しているが奥部では径5~6cmの円礫となっている。最奥部は径5~6cmの角礫が覆っている。

・D3 (玉川観音洞)

本洞穴は越前岬の南南東約1kmに位置している。かつて玉川観音が祭られており(図6-G), “玉川観音洞”と呼ばれている。入口の標高8.7m, S60°W方向に開口している(図16)。総延長46.5m, 開口部の高さ6.7m, 幅2.0m, 最奥底面の標高15.0m, 岩質は礫岩, 砂岩, 泥岩である。入口付近は狭いが中央部は幅広く, 天井も高くなっている。洞底は一部舗装されており, 洞底堆積物を見ることはできなかった。本洞穴からは, 弥生~古墳時代の遺跡が報告されている(福井県教育委員会, 1993)。洞穴奥部, 入口より約45m付近で底面がやや急傾斜となっており, この地点の標高は12.5mである。

・D4

本洞穴は玉川集落南約300mにあり, 房王山トンネルが洞中央付近を横切っている(図17)。入口の標高8.2m, S70°W方向に開口している。今回調査した洞穴の中でもっとも大きく, 総延長46.8m, 開口部の高さ12.3m, 幅14.0m, 最奥底面の標高13.0m, 岩質は礫岩, 砂岩, 泥岩である。入り口付近の洞底は中粒砂が覆っているが, 奥に行くにつれて分級の良い粗粒砂となる。入口より約45m付近で底面がやや急傾斜となっており, この地点の標高は12.5mである。また, 標高12.5m~13.0mに連続するノッチらしい窪みを確認することができる。

標高12m付近と標高8m付近には支洞が形成されている。標高8mの支洞については入口が狭く, 今回調査することが出来なかった。標高12mの支洞は, 入口の標高11.2m, 総延長9.0m, 開口部の高さ2.5mである。洞底は中央部では中粒砂, 奥部では径2~5cmの円礫に覆われている。

・D9

本洞穴は梅浦港南東約250mにあり, 入口の標高7.2m, 西方に開口している(図18)。総延長17.9m, 開口部の高さ3.2m, 幅5.3m, 最奥底面の標高7.4m, 岩質は安山岩である。入口付近の洞底はゴミに覆われているが, 洞中央部から奥部にかけては円礫および角礫がみられる。中央部では径2~3cmほどの円礫が多く平坦である。奥部では径5cm程の円礫となり, 傾斜も急になる。傾斜変換点付近には10~20cmの段差があり, その標高は5.6m, 6.0mである。また連続したノッチらしい窪みが洞中央付近, 標高5.9mに確認できる。

この他の離水海食洞としては, D4の南東約300m(D5), 森腰隧道の北側(D6), 梅浦(D7, D8), 黒崎隧道北側(D10)にみられる(図14)。D5は入口の標高1.8m, S80°W方向に開口しているが, 国道トンネルによって切断されているため詳細は不明である。D6は入口の標高8.3m,

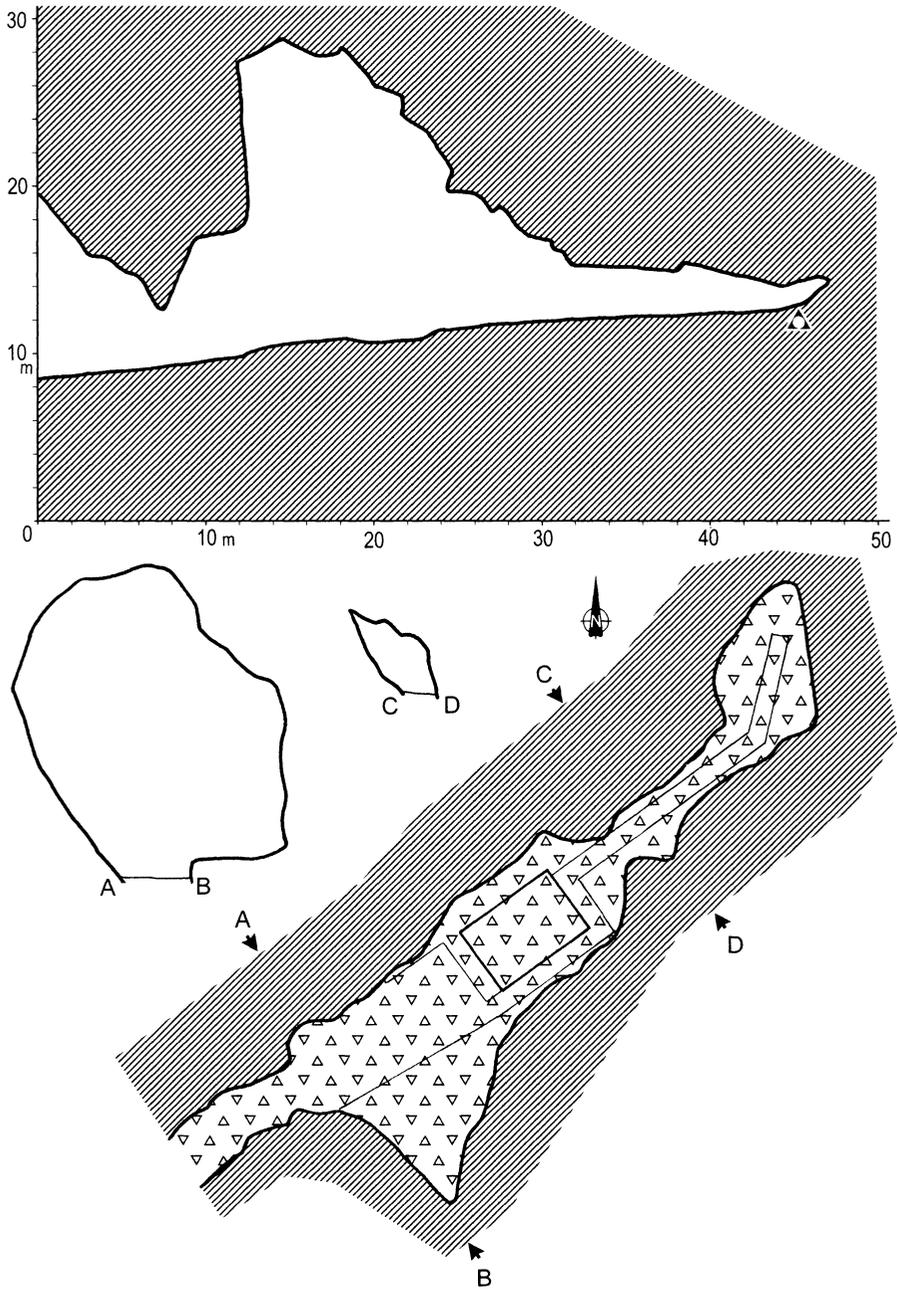


図16. D3海食洞（玉川観音洞）の断面図，平面図および洞底堆積物分布図。凡例は図4参照。

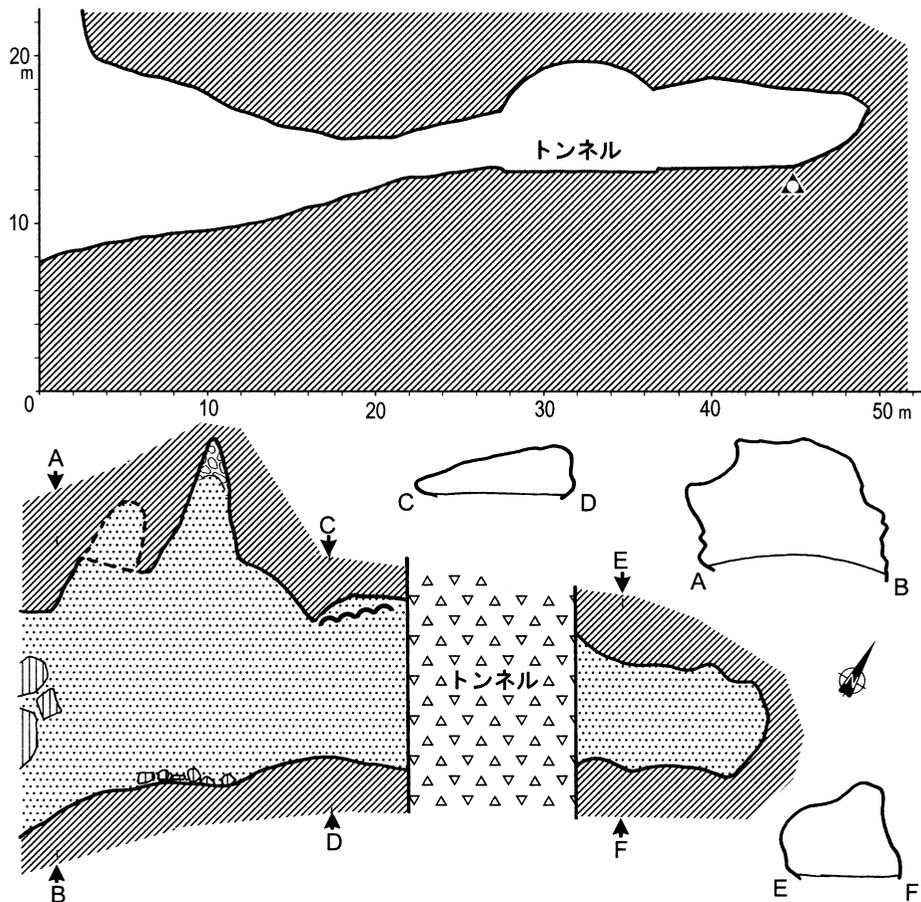


図17. D4海食洞の断面図、平面図および洞底堆積物分布図。凡例は図4参照。

S85°W方向に開口している。総延長12.7m、開口部の高さ2.8m、幅2.6m、最奥底面の標高7.5m、岩質は礫岩、砂岩、泥岩である。観音洞として利用されており、洞底は人工的に敷き詰められた円礫に覆われている。D7は、梅浦港東約200mにあり、入口の標高3.7m、N70°W方向に開口している。現在は倉庫として利用されているため、調査することはできなかった。D7の南側にも入口の標高2.9m、N85°W方向に開口している離水海食洞(D8)がある。2~3m入った所から石垣で閉鎖されていて、調査することはできなかった。D10は最近まで火葬場として利用されており、今も焼却炉が中に残っているため調査することができなかった。

E: 厨・米ノ地区

北部のおこのぎ小樟からもはら茂原にかけては、多数の海食洞が流紋岩を削り形成されている(図19)。海食洞の標高は5~7mに集中しており、総延長は他に比べてやや短い。南部のこめの米ノ周辺には流紋岩、

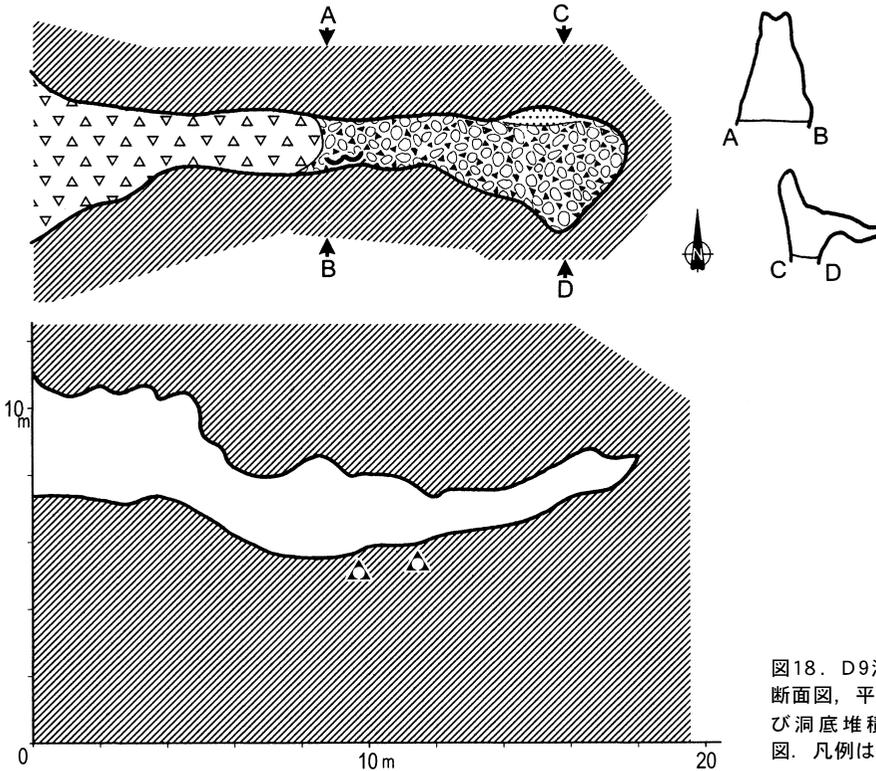


図18. D9海食洞の断面図，平面図および洞底堆積物分布図．凡例は図4参照．

砂岩，安山岩等が分布している．ノッチ - ベンチから求められた旧汀線高度は，南部では4.1～4.6m (n1)，および6.5～7.2m (n2)である．

・E2

本洞穴は碧岑寺墓地裏にあり，入口の標高7.8m，N65°W方向に開口している（図20）．総延長5.0m，開口部の高さ1.5m，幅1.7m，最奥底面の標高7.5m，岩質は流紋岩である．洞底中央部は中粒砂，壁側は径0.5～1cmの円礫で覆われているが，奥部は径1～2cmの円礫となっている．洞奥の礫径が大きくなる付近で傾斜がやや急になる．この地点の標高は6.5mである．

・E3 （城崎北小南洞穴）

本洞穴は旧城崎北小学校（現在は“越前かにミュージアム”）の南約150mにあり，入口の標高4.8m，S30°W方向に開口している（図21）．総延長17.4m，開口部の高さ2.8m，幅3.8m，最奥底面の標高5.7m，岩質は流紋岩である．今回調査した中で唯一鍾乳洞化しており，洞壁面には石灰分によって洞底堆積物が付着し残されている（図6-E）．堆積物は円礫混じりの分級の良い粗粒砂～極粗粒砂であり，最奥部ではよく円磨された中礫となっている．堆積物はほぼ一定の高さに連

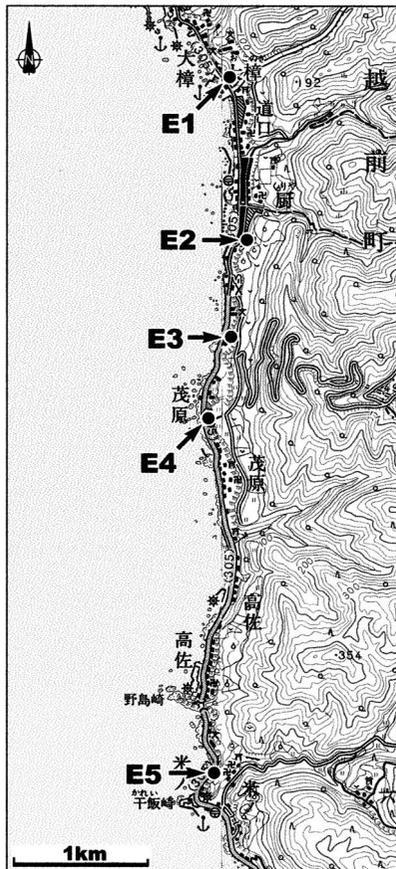


図19. (上). 厨・米ノ地区における海食洞の分布. 地形図の範囲は図1参照.

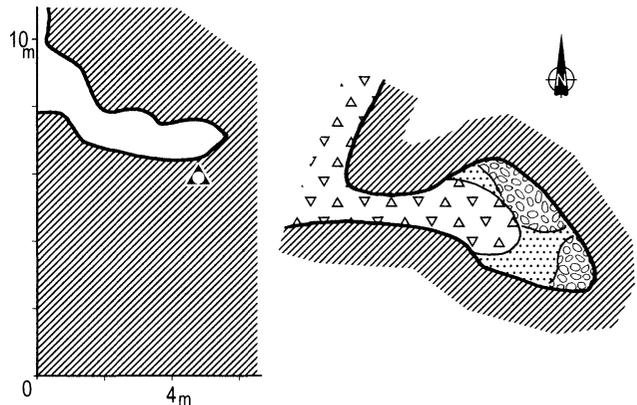


図20 (上). E2海食洞の断面図, 平面図および洞底堆積物分布図. 凡例は図4参照.

続いて付着しており, その明瞭な堆積層上限の標高は5.8~6.1m, 最奥部では傾斜がやや急になっている. この傾斜変換点の標高は6.0mである. またこの砂層中にはサザエ, イボニシ, クボガイ, ヨメガカサガイ等の貝化石が多数含まれている (図6-F). これらの貝化石を採取し, 年代測定したところ, サザエ<城崎北小南1-1*>では $3,090 \pm 70\text{yrBP}$ [BC989~817]⁽¹⁾, クボガイ<城崎北小南1-3*>では $3,100 \pm 70\text{yrBP}$ [BC997~824], 砂層中に含まれていた木炭<城崎北小南1-4*>では $2,340 \pm 90\text{yrBP}$ [BC501~490, 484~464, 450~440, 427~423, 270~262]という値が得られた. 砂層中からは獣骨や土器片も

見出された. この土器片は直径10cm以上あると思われる硬質土器の口縁部で, “たたき”があり15~16世紀のもの(中村氏鑑定)である. この土器の年代は含まれていた他の貝類の年代より明らかに新しく, 後にこの堆積層中に紛れ込んだものと推定される. また洞中央部では, 連続的に付着している砂層より1.6~1.8m高いところに小袋状の窪みがあり, この中の堆積物中にも貝化石が含まれていた. この貝を年代測定したところ, サザエ<城崎北小南2-1>では $3,265 \pm 75\text{yrBP}$ [BC1,242~1,038], サザエ<城崎北小南2-2>では $2,603 \pm 69\text{yrBP}$ [BC388~232], 貝殻(貝の種類は不明)<城崎北小南2-3>では $2,822 \pm 74\text{yrBP}$ [BC738~530]と前述の砂層中のものと同値が得られた. おそらく海食洞形成時に波で打ち上げられた堆積物がそのまま残っていたものと思われる. また入口付近では, 標高5.5~5.6mにノッチ状の窪みを確認できる. なおこの海食(1)年代測定用試料サンプル番号を“<>”で示した. ¹⁴C年代測定値の誤差範囲は $\pm 1\sigma$ である. “[]”内には暦年代補正値を記した. 資料番号に“*”が付いた試料は $\delta^{13}\text{C}$ 未補正である.

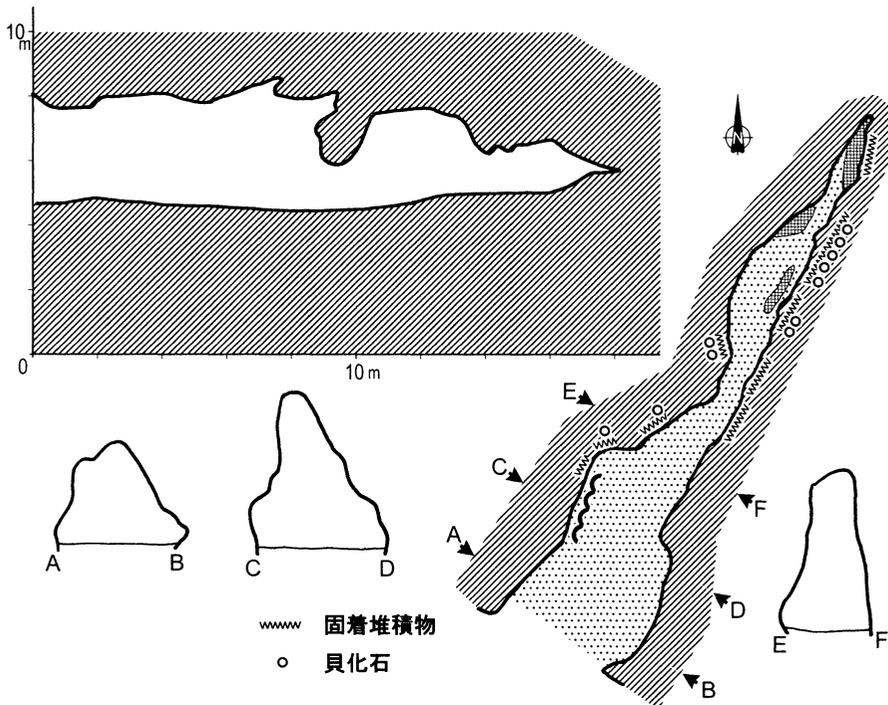


図21. E3海食洞（城崎北小南洞穴）の断面図，平面図および洞底堆積物分布図．凡例は図4参照．

洞のすぐ南側にも2つの海食洞があるが，かつて火葬場として使われており，調査することができなかった．

・E4（厨1号洞穴）

本洞穴は厨海水浴場南約150mにあり，入口の標高7.3m，西方に開口している．総延長16m以上，開口部の高さ2.7m，幅2.0m，最奥底面の標高約8m，岩質は流紋岩である．越前町史編纂委員会（1977）は，本洞より出土した遺物より，弥生時代後期頃（3世紀）より人が利用するようになり，4世紀頃には海産物の加工と製塩が行われ，6世紀までは墓地として利用されていたと報告している．現在でも底面には膨大な灰層が残っているが，その下位には砂礫層が認められ，その上面の標高は6.2mである．

本地域ではこの他に越前町役場南約100m（E1），および米ノの旧城崎南小南西約100m（E5）に海食洞がある（図19）．E1は，入口の標高5.2m，S20°W方向に開口している．総延長6.0m，開口部の高さ1.8m，幅2.4m，最奥底面の標高4.7m，岩質は流紋岩である．洞穴中央部までゴミに埋もれており，洞底の堆積物を観察することはできなかった．またE5は，入口の標高7.1m，N22°W方向に開口している．総延長14.2m，開口部の高さ1.2m，幅1.6m，最奥底面の標高8.0m，

岩質は安山岩である。洞穴中央部までゴミで埋まっているが、奥部の一段高くなったところで径5cmほどの円礫を確認できた。地元の人話によると、かつて明王洞として利用していたという。

F：河野地区

本地区は高さ250～350mの急崖が直線的に連なる断層海岸として知られている(図22)。北部の甲楽城周辺には安山岩が、南部の河野周辺には砂岩、泥岩、チャート等が分布している。本地域のn1旧汀線高度は不明瞭ではあるがノッチ-ベンチより1.8～1.9m付近にあると思われる。

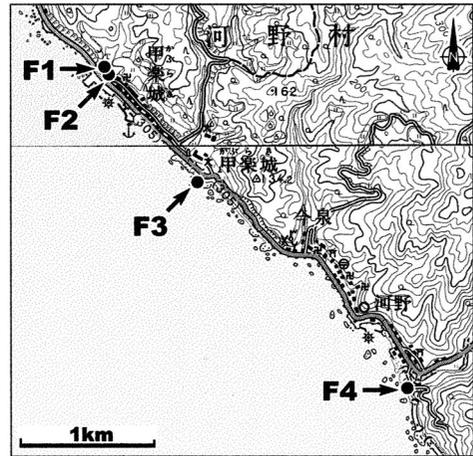


図22. 河野地区における海食洞の分布。地形図の範囲は図1参照。

・F1 (下長谷1号洞穴)

本洞穴は甲楽城集落の北西に位置し、“下長谷1号洞穴”と呼ばれ、観光洞として使われている。入口の標高2.6m、S65°W方向に開口している(図23)。総延長25.6m、開口部の高さ6.5m、幅4.3m、最奥底面の標高5.4m、岩質は安山岩である。本洞穴からは弥生式土器、古墳時代の土師器、祝部土器、赫色土器等が出土している(越前町史編纂委員会, 1977; 仁科・山口, 1978)。口伝によれば製塩場だったともいい、また魚介類の保存所にしたともいう(河野村史編纂委員会, 1984)。洞底は径0.5cmほどの円礫により覆われているが、洞壁近くには径3～4cmの円礫もみられる。また最奥部では5～6cmと礫径が大きくなるとともに洞底の傾斜がやや急になる。この地点の標高は4.3mである。

・F2 (下長谷2号洞穴)

本洞穴はF1の南約20mの倉庫裏にあり、“下長谷2号洞穴”と呼ばれている。入口の標高3.8m、S55°W方向に開口している(図24)。総延長13.7m、開口部の高さ1.7m、幅2.6m、最奥底面の標高4.0m、岩質は安山岩である。洞底には5～20数cmの円礫が点在している。また最奥部にはサザエの殻が遺物として散乱している。入口から10m程入った地点(標高2.2m)で洞底の傾斜がやや急になるが、幾度か発掘された後であり、形成時の形状を保持しているとは考えにくい。また左側壁面、標高2.7～2.9mにノッチが認められる。本洞穴からは八日市新保式に併行する縄文土器とともにシカなどの獣骨や貝が発見されており、縄文時代後期末の遺跡とされている(青木, 1988a)。また洞内に遺物として多数認められるサザエ(フタの部分) <下長谷1-1*>を採取し、年代測定したところ、 $2,920 \pm 70 \text{yrBP}$ [BC799～722]という値が得られた。

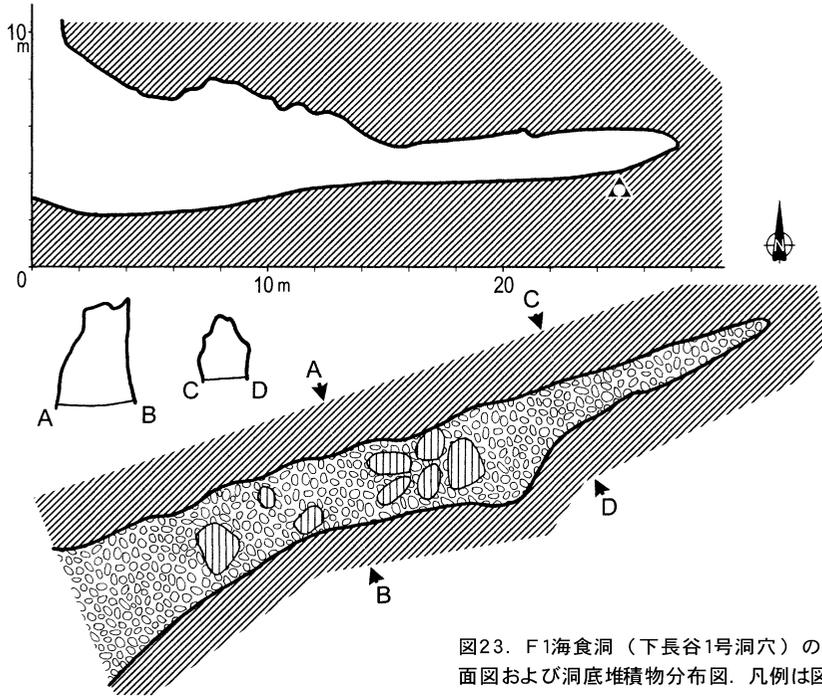


図23. F1海食洞（下長谷1号洞穴）の断面図，平面図および洞底堆積物分布図．凡例は図4参照．

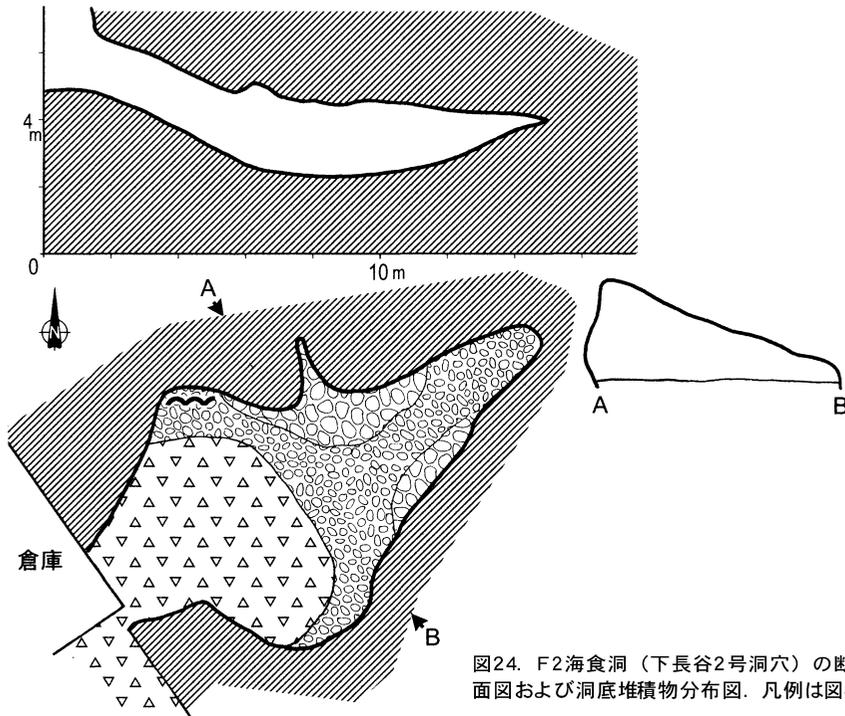


図24. F2海食洞（下長谷2号洞穴）の断面図，平面図および洞底堆積物分布図．凡例は図4参照．

またこの他に河野小学校南側墓地裏の海岸 (F3) および河野トンネル西側 (F4) にも海食洞がある (図22)。F4は、入口の標高4.0m, S65°W方向に開口している。総延長8.0m, 開口部の高さ2.4m, 最奥底面の標高5.2m, 岩質は砂岩である。洞底には円磨された大礫が点在している。F3は海水準付近にあり, 総延長約6~7m, 入口付近は水深1~2m, 洞底には円磨された大礫がみられ, 海水準付近にはノッチが形成されている。

5. 離水海食洞から求められる旧汀線高度と越前海岸の隆起

一般に旧汀線高度を推定する時, ノッチ, ベンチ等の海食地形やヤッコカンザシ等の生物遺骸が示標として用いられることが多い (西畑ほか, 1988など)。昼間ほか (1994) は海食洞においては洞内にみられるノッチを旧汀線の示標として用いることが適当であるとしている。そこで本調査地域において, 海食洞内に形成されているノッチの標高と周囲の岩礁に認められるノッチ - ベンチの標高との比較を行った。

調査した海食洞の内, 比較的形成時の形状を保持していると考えられる15の海食洞について, 洞内のノッチの標高, 洞底傾斜変換点の標高, 周囲の岩礁に形成されているノッチ - ベンチの標高, 岩質, 総延長, 対応する旧汀線区分を表1にまとめた。これらの内, 洞内にノッチがあり, かつ周囲の岩礁に形成されているノッチ - ベンチより旧汀線高度が明らかになっている海食洞はB1, B5, D4, D9の4つである。B1ではノッチの標高2.8mに対し, 周囲の岩礁に形成されているノッチ - ベンチの標高は3.2~3.3m (n1), B5では同様に3.2mに対し3.3~3.5m (n1), D4では12.5~13.0mに対し12.4~12.9m (n3), D9では5.9mに対し5.6~5.8mである。以上のように両者の標高はほぼ同じ値を示しており, 海食洞内に形成されているノッチの標高は旧汀線示標として用いることが可能であるといえる。

しかし洞内にノッチが形成されている海食洞は多くはない。そこで洞底の形状, 洞底堆積物と周囲の岩礁に形成されているノッチ - ベンチの標高とを比較した。本調査地域では, 洞底は一般に砂~大礫に覆われており, ほぼ水平ないし奥に向かい徐々に高くなっている。洞奥ではある地点を境に堆積物の粒度が粗くなり, 円磨された分級の良い大~巨礫が洞底を覆うようになるとともに, 洞底の傾斜がより急になる。この洞底傾斜変換点付近を詳細に見ると, 数10cmの階段状の段差を経て堆積物の粒度や洞底の傾斜が変わる場合と, 1地点を境に変わる場合とがある (図2)。表1の15の海食洞の内, 洞底堆積物がよく残され, 洞底傾斜変換点が明瞭であり, かつ周囲の岩礁に形成されているノッチ - ベンチから旧汀線高度が明らかなものは, 同様にB1, B5, D4, D9の4ヶ所である。B1では傾斜変換点付近に階段状の段差が認められ, L: 2.6m, H: 2.8mに対しノッチ - ベンチの標高は3.2~3.3m (n1) である。B5では同様にL: 2.5m, H: (3m) に対し, 3.3~3.5m (n1), D4では12.5mに対し, 12.4~12.9m (n3), D9では階段状の段差があり, L: 5.6m, H: 6.0mに対し5.6~5.8m (n1) である。以上のように, 洞底傾斜変換点の標高は周囲の岩礁に形成されているノッチ - ベンチの標高とほぼ一致, ないし数10cm低い値を示している。

表1. おもな海食洞における洞内のノッチの標高，洞底傾斜変換点の標高，周囲の岩礁のノッチーベンチから求められた旧汀線の標高，および岩質，洞の総延長，対応する旧汀線区分。

洞穴名	ノッチの標高	洞底傾斜変換点の標高	周囲のノッチーベンチの標高	岩質	総延長	旧汀線区分
A1	4.0-4.1m	-	-	安山岩	27.6m	-
A3	-	4.8m*	-	安山岩	14.4m	-
A4	-	L:4.5m H:4.9m	-	安山岩	32.5m	-
B1	2.8m	L:2.6m H:2.8m	n1:3.2-3.3	安山岩	35m+	n1
B5	3.2m	L:2.5m H:(3m)	n1:3.3-3.5	安山岩	33.7m	n1
B6	-	4.8m	n1:4.5**	流紋-石英安山岩	29.8m	n1
C1	-	5.0m	-	安山岩	26.5m	n1
D1	7.7m	6.3m	n1:5.5, n2:8.0-8.5m***, n3:?, n4:15.1~15.2m	礫岩	23.5m	n1-n2
D3	-	12.5m	n1:5.4-5.7m, n2:8.1m, n3:12.4-12.9m, n4:15.6m	礫岩・砂岩・泥岩	46.5m	n3
D4	12.5-13.0m	12.5m	〃	礫岩・砂岩・泥岩	46.8m	n3
D9	5.9m	L:5.6m H:6.0m	n1:5.6-5.8	安山岩	17.9m	n1
E2	-	6.5m	-	流紋岩	5.0m	n2
E3	5.5-5.6m	6.0m	-	流紋岩	17.4m	n2
F1	-	4.3m	n1:1.5-2.1m	安山岩	25.6m	n3(?)
F2	2.7-2.9m	-	〃	安山岩	13.7m	n2

* 堆積物の粒径の変化より, ** 穿孔貝の巢穴・岩礁の風化より, *** ベンチの高さより

また階段状の段差がみられるB1, B5, D9では, 前述の洞内ノッチの標高と高位(H)の洞底傾斜変換点の標高とはよく一致している。

汀線高度と洞底にみられた階段状の段差との関連を調べるために, 陣ヶ岡地区の礫浜および砂浜において, 波打ち際の地形断面の計測を行った(図25)。礫浜では海水準付近において, 地形面の傾斜が数10cmの階段状の段差を経て変わる場合と1地点を境に変わる場合が観察された。階段状の段差が認められる場合, 高位(H)の傾斜変換点はほぼ海水準に, 1地点を境に変わる場合, 傾斜変換点は水深数10cmに位置していた。予察的な数地点の計測ではあるが, 礫浜の高位(H)の傾斜変換点が海水準付近に位置していること, また洞内のノッチの標高と高位(H)の傾

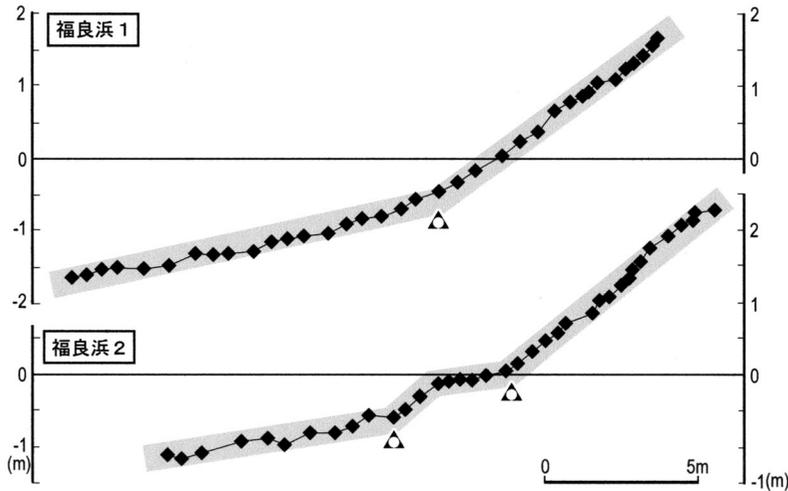


図25. 三国町福良浜において計測した礫浜汀線付近の地形断面、海水準付近に傾斜変換点が認められ、階段状の段差が形成されている場合もみられた。

傾斜変換点の標高がよく一致していることから、階段状の段差が認められる場合、高位(H)の傾斜変換点は旧汀線の良い示標となると考えられる。洞底傾斜変換点が1地点のみ認められる場合、1) もともと階段状の段差が形成されていない、2) 段差が保存されていないことが考えられる。1) の場合、旧汀線は傾斜変換点の数10cm高位に、2) の場合、傾斜変換点付近に推定できる。しかし洞底の観察からどちらであるかを判断するのは困難であり、1地点のみ傾斜変換点が認められる場合は、旧汀線高度を傾斜変換点の高度ないしその数10cm高位とした。なお今回、砂浜では明瞭な傾斜変換点を認めることができなかった。

以上のように、離水海食洞内に形成されているノッチや洞底傾斜変換点は旧汀線の示標として有効であることが明らかとなった。そこでこの示標により求められた旧汀線高度により、越前海岸の離水過程について検討を行った。

陣ヶ岡地域ではノッチ - ベンチ等より旧汀線高度は求められていないが、0.8~1.0mの洞底傾斜変換点を示す海食洞(A5, A6)がみられること、1.6~2.1mに不明瞭ではあるがノッチ、ベンチ、海食甌穴がみられることから、1~2mに旧汀線がある可能性がある。しかし荒天時には波の影響を強く受ける高さであり、旧汀線高度の認定にはさらに検討が必要である。その上位の旧汀線としては、A1, A3, A4の洞内ノッチや洞底傾斜変換点から4.0~4.9mに設定できる。この地域における低位段丘面高度は4~6mであり、この段丘面に対応した離水海食洞と考えられる。A3からは縄文時代前期後半以降の遺物が出土しており、離水時期はこれ以前ということになる。

和布・鮎川地域のB6では4.8mに洞底傾斜変換点がみられるが、周囲の岩礁の海食地形からは旧汀線高度を求めることはできない。岩礁では3.5mの高さまでセンコウガイの巣穴が認められる。岩礁表面は高さ4.5mより下は比較的滑らかであるが、上は粗く削られたようになっている。海食洞から求められた旧汀線高度と岩礁の表面形態が変わる高度はほぼ一致し、センコウガイの巣穴

の高さとも矛盾しない。よってB6付近の旧汀線高度 (n_1) はこの高さにあるといえる。

浜北山付近には岩礁が少なく、ノッチ - ベンチから旧汀線高度 (n_1) を求めることはできないが、北東の大味では5.1~5.3m、南西の八ッ俣では5.4~5.9mとなっている。C1は5.0m付近に洞底傾斜変換点があり、周囲の旧汀線高度から見て、この高さが旧汀線 (n_1) と考えられる。

越前岬南のD3は玉川観音洞として使われてきたため、洞底堆積物の産状ははっきりしない。しかし洞奥部には明瞭な傾斜変換点が見られ、その高度は周辺の岩礁に明瞭に残っているノッチ - ベンチの高度 (12.4~12.9m: n_3) と一致しており、洞の形態がほぼ残されているものと推定される。

厨付近には岩礁が少なく、旧汀線高度をノッチ - ベンチから求めることはできないが、北側の小樟付近では n_1 : 4.7~5.6m, n_2 : 7.7m, 南の干飯崎付近では n_1 : 4.1~4.6m, n_2 : 6.5~7.2mである。E2, E3から求められている旧汀線高度は5.5~6.5mとほぼ n_2 に相当する高さであり、E3, E4海食洞中から得られた貝の年代測定値や遺跡の年代もこれと矛盾しない。

甲楽城付近では、F1, F2海食洞より2.7~2.9m, 4.3mの旧汀線高度が求められる。周囲の岩礁にみられるノッチ - ベンチからは1.5~2.1m (n_1) という値が得られている。F1は弥生時代以降の、F2は縄文時代後期末以降の遺跡とされており、ともに n_1 離水時期以前のものである。以上のことからすると、F2の2.7~2.9mが n_2 の、F1の4.3mが n_3 の旧汀線高度を示している可能性がある。

以上のように、越前海岸においては、海食洞中のノッチ、洞底の傾斜変換点や粒度変化が旧汀線を知る上で有効な示標となることが明らかとなった。またこの海食洞から求めた旧汀線高度により、越前海岸の隆起の形態がより明確となった。

6. まとめ

越前海岸において33ヶ所の海食洞の形状、洞底堆積物の調査を行ったところ、以下のことが明らかとなった。

1. 洞内に形成されているノッチの標高は、周囲の岩礁に形成されているノッチ - ベンチより求められた旧汀線の高さにほぼ一致する。
2. 洞底堆積物の粒度が粗くなり、傾斜が急になる地点の標高は、周囲の岩礁に形成されているノッチ - ベンチより求められた旧汀線の高さにほぼ一致する。
3. 磯浜の地形計測、および洞内のノッチとの比較から、階段状の段差が認められる傾斜変換点では、高位 (H) の傾斜変換点が旧汀線を示している。
4. 越前海岸でこれまでノッチ - ベンチにより旧汀線高度を求められなかった地点においても、旧汀線高度を明らかにすることができた。

謝辞 本稿を作成するにあたり福井大学の中島正志教授、服部 勇教授からは多くのご助言を頂いた。名古屋大学の中村俊夫教授には ^{14}C 年代測定をしていただいた。大谷女子大学の中村 浩教

授には土器の鑑定をお願いした。丸岡高校の中川登美雄氏には、岩礁や堆積物中から得られた貝化石についていろいろ教えていただいた。福井大学地学教室の学生であった林 真也君には陣ヶ岡周辺の離水地形、海成段丘について教えていただいた。以上、厚く御礼、感謝申し上げたい。なお本研究は文部科学省科学研究補助金(基盤C, 研究代表者: 山本博文, No.13640455)の一部を使用した。

引用文献

- 赤木三郎(1970) 洞くつ地質学ノート4 - 海食洞と鍾乳洞。地球科学, vol.24, p.146-148.
- 青木豊昭(1988a) 第二編 歴史 第一章 原始。越廼村誌編集委員会編, 越廼村誌, p.137-168.
- 青木豊昭(1988b) 第三編 文化財・民族 第一章 遺跡。越廼村誌編集委員会編, 越廼村誌, p.691-707.
- 朝岡 治・橋本祐一・片山恭男(1985) 第24章 若狭湾。物理。日本海用学会沿岸海洋研究部会編, 日本全国沿岸海洋誌, 東海大学出版会, p.958-968.
- 越前町史編纂委員会(1977) 越前町史 上巻。越前町, 1407p.
- 福井県(1997) 柳ヶ瀬断層帯(柳ヶ瀬断層, 山中断層, 甲楽城断層)に関する調査成果報告書。福井県, 165p.
- 福井県教育委員会(1993) 福井県遺跡地図 平成4年度。福井県教育委員会。
- 廣島一良(1986) 51 観音洞穴遺跡。福井県史 資料編13考古 - 本文編 -, 福井県, p.147-149.
- 昼間 明・町田明夫・寒河江登志朗・堀口萬吉(1994) 房総半島南部にみられる海食洞について。埼玉大学紀要, 自然科学編, no.29, p.83-106.
- 河名俊男・西田 宏(1980) 与論島・沖繩島・宮古島・石垣島のノッチについて。琉球列島の地質学研究, vol.5, p.103-123.
- 河野村史編纂委員会(1984) 河野村史。河野村, 1329p.
- Nakagawa, T. (1998) Miocene molluscan fauna and paleoenvironment in the Niu Mountains, Fukui Prefecture, central Japan. Sci., Rep., Univ., Tsukuba, no. 19, p.61-185.
- 西畑正文・山室真澄・茅根 創(1988) 三浦半島西岸及び南岸における旧汀線の指標としてのヤッコカンザシとベンチ。第四紀研究, vol.27, p.31-38.
- 仁科 章・山口 充(1978) 日本海沿岸部における洞穴遺跡の調査。福井県埋蔵文化財調査報告 第3集 重要遺跡緊急確認調査報告書(), 福井県教育委員会, p.18-23.
- 武永健一郎(1968) ノッチの形態と成因について。地学雑誌, vol.77, p.329-341.
- 脇田浩二・原山 智・鹿野和彦・三村弘二・坂本 亨・広島俊男・駒沢正夫・中島和敏(1992) 20万分の1地質図幅「岐阜」, 地質調査所。
- 山本博文・上嶋正人・岸本清行(2000) ゲンタツ瀬海底地質図及び同説明書。海洋地質図, no.50, 35p, 地質調査所。
- 山本博文・木下慶之(1999) 越前海岸沿い断層群の活動履歴。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, no.10, p.48-55.
- 山本博文・木下慶之(2001) 福井県越前海岸沿い活断層群の活動履歴。地球惑星科学関連学会合同大会 予稿集。
- 山本博文・中川登美雄・新井房夫(1996) 越前海岸に発達する海成中段丘群の対比と隆起速度。第四紀研究, vol.35, p.75 - 85.
- 安野敏勝(1987) 福井県米ヶ脇層産の海棲貝類化石。福井市立郷土自然科学博物館研究報告, no.34, p.1-9.