

Paleoseismological survey of the active faults along the Echizen Coast, Fukui Prefecture, central Japan

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-02-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山本, 博文, 木下, 慶之, 中川, 登美雄, 中村, 俊夫, YAMAMOTO, Hirofumi, KINOSHITA, Yoshiyuki, NAKAGAWA, Tomio, NAKAMURA, Toshio メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/2996

福井県越前海岸沿い断層群の活動履歴について

Paleoseismological survey of the active faults along the Echizen Coast,
Fukui Prefecture, central Japan

山本 博文*
(福井大学教育地域科学部地学教室)
木下 慶之**
(福井大学教育地域科学部附属中学校)
中川登美雄***
(福井県立丸岡高等学校城東分校)
中村 俊夫****
(名古屋大学年代測定総合研究センター)

Abstract : The fault system along the Echizen Coast is considered to be one of the main active tectonic structure which composed the north end of the Kinki Triangle, central Japan. Geological and topographical investigations show that the faults are active with a vertical slip rate of more than 1m/1000yrs. Up-lifted marine erosive features such as notchs, benches, sea caves and marine potholes, and hollows produced by boring shells and sea urchins, can be recognized at four different levels. The height of the paleo-shorelines indicated by these up-lifted features, ages of emergence indicated by the ^{14}C ages of the shells and the ages of ruins on the marine terrace and in the sea caves, and sea-level curve in Holocene, shows that the Echizen Coast was uplifted by the displacement of the faults along the coast at 17th century at A.D. and 9th century at B.C.

I. はじめに

福井県の越前岬から京都府の経ヶ岬にかけて広がる若狭湾は日本海側では数少ない湾入部の一つであり、湾奥は典型的なリアス式海岸の様相を呈している。この海域で行った音波探査記録から、若狭湾海底には第三系が剝された侵食平坦面が広く分布し、東に傾動しながら沈降していることが明らかとなった(山本ほか, 2000など)。これに対し若狭湾東岸に位置する越前海岸は直線的な海岸線となっており、丹生山地、南条山地西部が海岸まで迫っている。海岸沿いには海成段丘が形成されており、最大で1 m/1000yrsという大きな隆起速度が求められている(太田・成瀬, 1977; 山本ほか, 1996)。

この隆起する越前海岸と沈降する若狭湾との境界部には東側隆起の活断層が推定されている。越前海岸南部、干飯崎から大谷にかけての直線状の海岸線は、古くから明瞭な断層海岸として知られている。福井県(1997)は越前岬周辺でマルチチャンネル音波探査を行い、干飯崎からさらに北方に連なる活断層群の存在を明らかにした。山本ほか(2000)はシングルチャンネル音波探査記録等から越前岬付近からさらに北方へと延びる海岸沿いの活断層を推定し、原子力安全・保安院(2010)は若狭湾周辺海域の音波探査を実施し、詳細な断層位置を明らかにした。

今回、これらの越前海岸沿い断層群の活動について明らかにするために、岩礁の離水微地形高度を測定し、岩礁に残されている貝試料の ^{14}C 年代や海岸沿いの遺跡の年代等から、越前海岸沿いの断層群の活動履歴を明らかにするとともに、その意義について考察を行った。

キーワード：活断層，活動履歴，越前海岸，離水海食地形，福井県

* Hirofumi Yamamoto (Geological Lab., Fukui University)
** Yoshiyuki Kinoshita (Fukui University Junior High School)
*** Tomio Nakagawa (Maruoka High School Joto Branch)
**** Toshio Nakamura (Center for Chronological Research, Nagoya University)

II. 地形地質概略

調査地域は、北は福井市和布付^{めら}付近から南は南越前町大谷付近までの越前海岸中・南部である（図1, 2）。和布の北東は三里浜砂丘に沿った砂浜海岸となっているが、和布から大谷までは、小さな入り江の奥に砂浜海岸が認められるものも、大半は岩石海岸となっている。

越前海岸の東側には丹生山地（干飯崎以北）や南条山地西部（同以南）が迫っている。丹生山地は標高200~600m程の起伏に富む山地であり、国見岳（656m）、金毘羅山（624m）、六所山（698m）、若須岳（564m）など標高600m前後の山体が越前海岸沿いに並んで分水嶺を形成している。このため越前海岸側は急峻な山地斜面となっているのに対し、東側、すなわち福武低地側は緩やかに山地高度が低下する（図1）。南条山地西部でも海岸に沿って急峻な山地斜面が連なり、分水界は著しく海岸近くに位置する。また標高300~400mには断層崖形成以前の輪廻に属する侵食面が残存し、南東にゆるく傾斜している（塚野, 1969）。

丹生山地から南条山地西部にかけての山地部では、吉野瀬川、天王川などの河川系が河成段丘の発達した山間盆地を複雑な経路で結び、東側の福武低地へ流れ出す。また山間盆地には幾つもの谷中分水界も認められる。岡島・山本（1995）、岡島ほか（1998）はこれらの河成段丘を大きく3つに区分し、段丘堆積物中の礫種や礫の配列から、約30万年前には北ないし北西へと流下していた河川系が、しだいに現在の東側の福武低地へ流下する河川系に変化したことを明らかにした。以上のような丹生山地、南条山地西部の地形的特徴および河川系の変遷からすると、丹生山地、南条山地は越前海岸を境に隆起、東に傾動していると考えられる（服部ほか, 1993；山本ほか, 2000など）。

丹生山地、南条山地西部が日本海と接する越前海岸には明瞭な数段の海成段丘が形成されている。山本ほか（1996）は中位段丘群をM1, M2, M3の3段に細分し、旧汀線高度分布を明らかにするとともに、産出したテフラおよび段丘の地形的特徴から離水年代を推定した。越前海岸における約12.5万年前のM1段丘の旧汀線高度は、調査地域の北端部では37~46m、越前岬周辺では84~116m、南部では88~96mと高く、離水年代、旧汀線高度および古海面高度から求めた平均隆起速度は、北端部で0.3m/1000yrs、越前岬~南部で0.6~1.0m/1000yrsと高い値を示している。

これに対し、越前海岸の西側に広がる若狭湾周辺海域には、第三系香住沖層群が削剥された侵食平坦面が広い範囲に認められ、これを厚くほぼ水平な第四系堆積層（鳥取沖層群）が不整合で覆っている（図3）。侵食平坦面の深度は若狭湾奥および西縁部では往復走時にして0.4秒（約300m）以下であるが、北~東北東方向に緩やかに傾斜し、越前岬沖で0.9秒（約800m）を超え、これを覆うT2層の層厚も最大で700m近い厚さとなっている（福井県, 1997；山本ほか, 2000など）。すなわち若狭湾は越前岬沖方向に傾動・沈降しているといえる。

III. 越前海岸沿いの活断層群

隆起する越前海岸と沈降する若狭湾を境するのが、越前海岸沿いに通ると推定される活断層群である（図1）。

敦賀湾の北、干飯崎から大谷にかけての海岸沿いには、最大で高さ400mの直線的な急崖が連なっている。小川（1906）は直線状の海岸線、海岸沿いの急峻で開析のほとんど進んでいない急斜面、またその東側は隆起、西側は沈水地形となっているという地形的特徴から、この急崖を断層崖と認定し、「敦賀湾東岸の断層崖」と呼んでいる。山崎・多田（1927）は断層崖上に風隙が存在することから、更新世後期あるいは完新世に入って断層運動が反復して起こり、相対的に東側が隆起したとした。岡山（1956）はこの直線状の海岸を「敦賀湾断層海岸」と呼び、敦賀湾伊勢湾構造線の北端に位置する断層崖として位置付けている。また塚野・伊藤（1964）、塚野（1965, 1969）はこの断層を甲楽城断層とよび、日本原子力発電株式会社（1980）は、断層南端部付近で美濃帯中・古生層中に破碎帯を認め、甲楽城断層は大谷集落南の沢（大谷沢）に沿って約1.5km南に延びていることを明らかにした。海上保安庁水路部（1980）は干飯崎から大谷にかけての沖合い約1km付近で、海岸線にほぼ平行に伸びる基盤の急傾斜点を認め、これを伏在推定断層として示し、原子力安全・保安院（2010）は海岸線

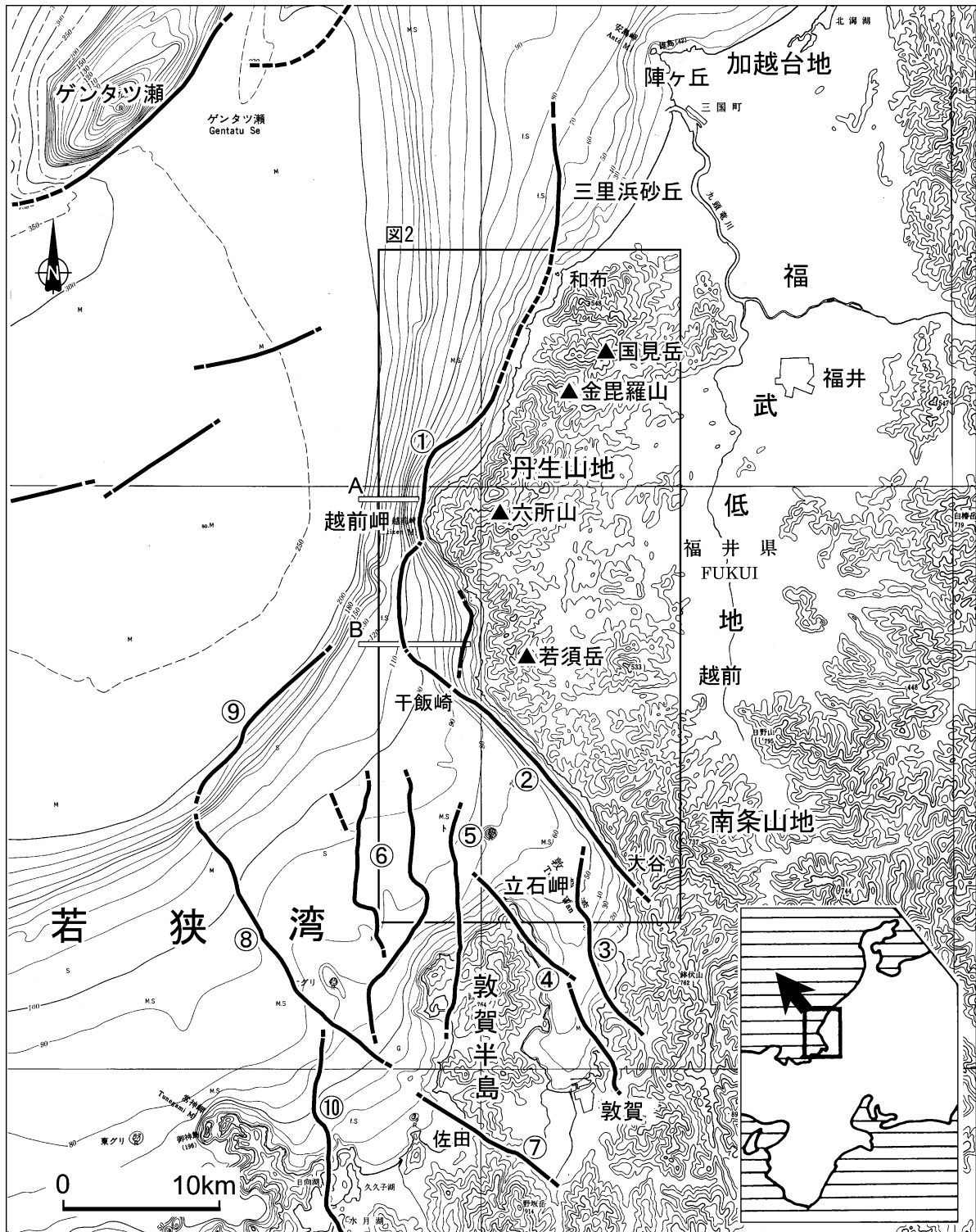


図1. 越前海岸周辺の地形と調査位置. 調査範囲は越前岬を中心とする越前海岸であり、枠で囲って示した. 白線は図3に示した福井県(1997)のマルチチャンネル音波探査測線(A: Line 3, B: Line 6)である. また黒実線は海域の主な活断層であり, 山本ほか(2000), 原子力安全・保安院(2010)を基に編集した. 地形図は海上保安庁水路部発行 20万分の1大陸棚の海の基本図「ゲンタツ瀬」(海図No.6336)を使用した. ①和布-干飯崎沖断層, ②甲楽城断層, ③ウツロギ峠北方-池河内断層, ④浦底-内池見断層, ⑤白木-丹生断層, ⑥C断層, ⑦野坂断層, ⑧B断層, ⑨大陸棚外縁断層, ⑩三方-日向断層(断層名は主に原子力安全・保安院(2010)に従った).

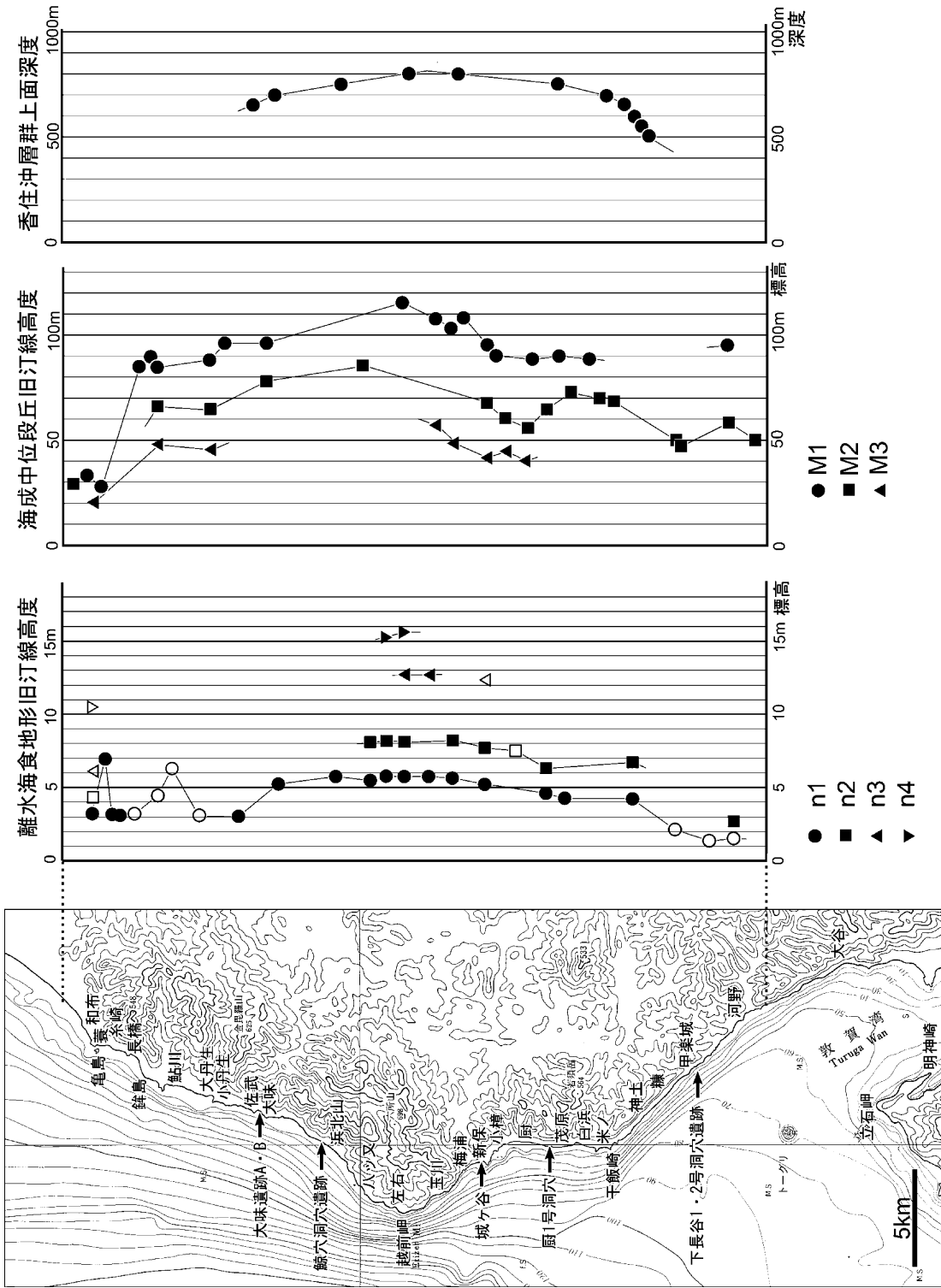


図2. 越前海岸における離水海食地形旧汀線高度、海成中位段丘旧汀線高度、および香住沖層群上面深度、および香住沖層群西側における香住沖層群上面深度を福井県(1997)、山本ほか(2000)を基に作成した。また調査範囲のおもな地名、遺跡位置も左図中に示した。なお、離水海食地形旧汀線高度で白抜きのもの(○, □, △)は旧汀線を示す指標が明瞭でないことを示す。

に沿って連なる活断層群の詳細な分布を明らかにした。

甲楽城断層の北方については、福井県（1997）は越前岬周辺海域で、7測線のマルチチャンネル音波探査を行い、海岸沿いで第四系堆積層に変位・変形を与えている活断層の存在を明らかにした（図3）。また原子力安全・保安院（2010）は、音波探査記録の解析から甲楽城断層およびその北方に連なる断層（和布一干飯崎沖断層）について、大谷付近から和布付近までは、ほぼ海岸線に沿って連なり、和布付近からは北方へと伸び、その全長は42kmに及ぶ可能性があるとしている。

これらの越前海岸沿い断層群の変位量については、福井県（1997）は音波探査記録から香住沖層群上面の垂直変位量は、最大で約330mであるとした（図3）。一方、若狭湾域の侵食平坦面と丹生山地の東へ緩く傾斜する地形面が、かつては一連のものであったとすると、垂直変位量は越前岬付近で1300～1500m、干飯崎沖で900～1100mとなる（山本・服部，1994）。

IV. 越前海岸の離水地形

越前海岸沿いには隆起する越前海岸と沈降する海域とを区切る活断層群（甲楽城断層，和布一干飯崎沖断層）が通っており、その活動は越前海岸に何らかの痕跡を残していると考えられる。そこでこれらの活断層の活動度や活動履歴を明らかにするために、越前海岸において離水海食微地形や低位段丘堆積物の調査を行った。

IV-1. 岩石海岸における海食微地形と旧汀線の認定について

岩石海岸では波の侵食作用等により、海水準付近に特徴的な海食微地形が形成される。潮間帯に形成される主な微地形としては、波食棚、波食窪、海食洞、海食甌穴^{おうけつ}等がある。また潮間帯で深には穿孔貝やウニが岩礁に巣穴を穿って棲みついている（図4）。越前海岸では現在形成されつつあるこれらの海食微地形や巣穴を観察することもできるが、現在は離水したのも多数認められる（図4，5）。

離水した海食微地形が示す旧汀線高度は、海水準が一定であったならば、断層東側地塊の隆起量を示す。断層西側については、厚いほぼ水平な第四系の分布から沈降域と考えられ、断層活動に伴う垂直変位量は海岸部で認められる隆起量に海域での沈降量を加えた値となる。

旧汀線の認定は主に波食窪の高度を使用した。波食窪は波の侵食作用や海水の溶食作用によって海水準付近に形成される窪みである。武永（1968）は波食窪の一番深くえぐられた部分である“retreat point”が汀線位置であるとし、河名・西田（1980）はこれまで報告されている各地の波食窪の“retreat point”の高度をまとめたところ、MSL（平均海面）とするものとHWL（高潮位）に分かれて一致していないとした。しかし越前海岸付近では大潮差でも16cm（朝岡ほか，1985）と小さいことから、本報告では“retreat point”を旧汀線高度として認定することとした。しかし岩礁には波食窪状のへこみもしばしば認められる。そこで波食窪と後述の波食棚が共に認められる地点（以下波食窪－波食棚と記す；図4，5 - C，D）を最も明確な旧汀線として認定し、その高度を測定した。

波食棚は主として潮間帯に形成されている平滑な岩礁面であり、波浪によって低潮位面より上の風化した岩盤が選択的に侵食されることにより形成される。波食棚上にはしばしば海食甌穴が、外縁部には波食棚よりやや高い波食残丘が見られる。波食棚が形成される高度について茅根・吉川（1986）は、房総半島南東海岸では中潮位または低潮位と報告している。しかし、実際には波食棚様の平坦面がしばしば認められ、波食棚のみから旧汀線高度を認定するのは困難であったが、その形状の明瞭なものについては、その高さを旧汀線の参考値とした。

海食洞は海食崖の基部に形成される窪みであり、幅に比べ奥行きが大きなるものを指している。越前海岸では離水海食洞内の波食窪の高度と、近傍の岩礁に形成された波食窪－波食棚の高度が良い一致を示しており、洞内の波食窪の高さを旧汀線とした（伊藤ほか，2002）。また波食窪の高さと洞底堆積物の高さを比べたところ、洞底堆積物の粒度が粗くなり、傾斜がより急になる地点（洞底傾斜変換点）の高さが洞内の波食窪の高さとほぼ同じないし0.5mほど低いことが明らかとなった（伊藤ほか，2002）。そこで洞内に波食窪が認められない場合には、この洞底傾斜変換点を旧汀線の参考値と

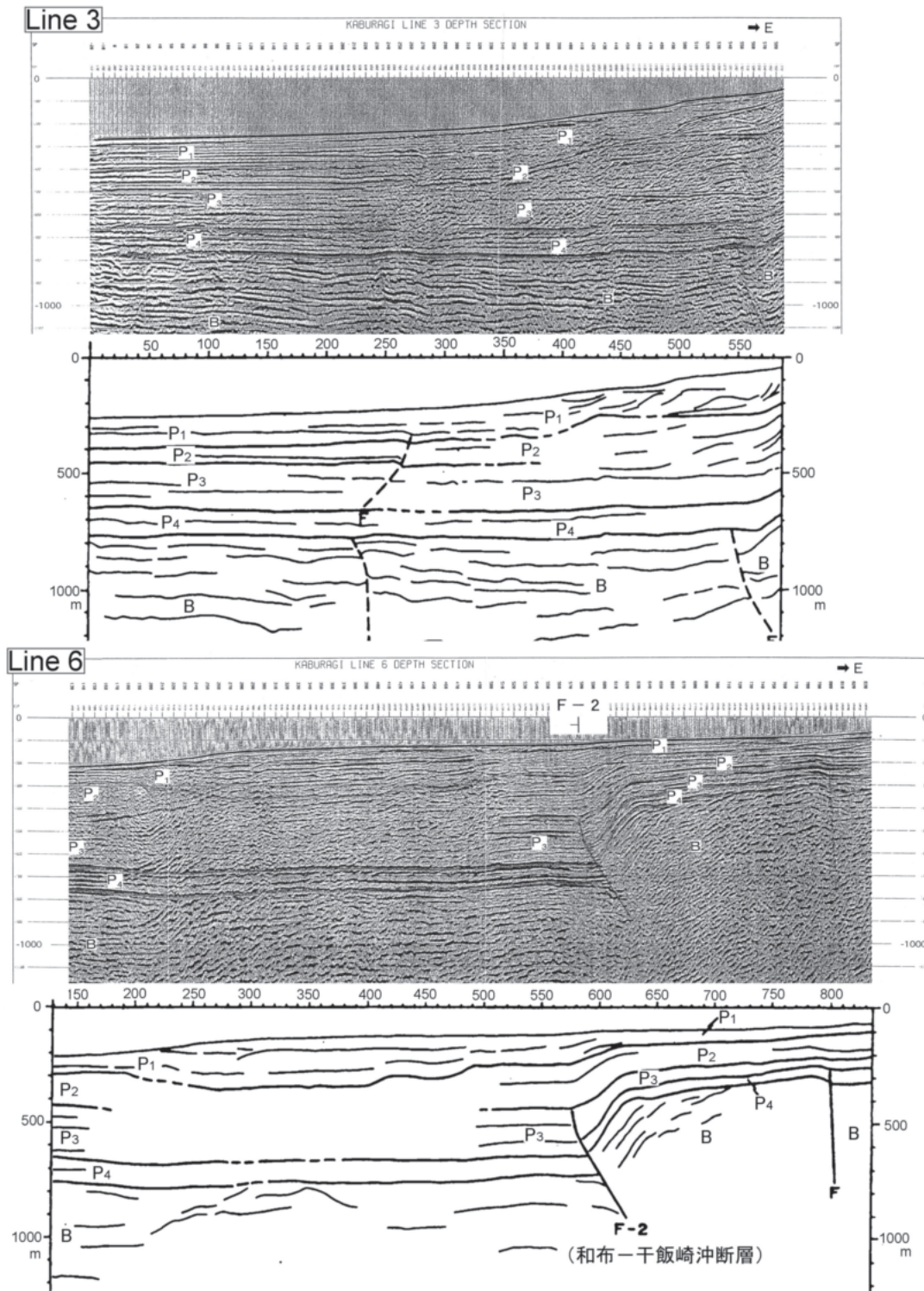


図3. 福井県が越前岬付近で実施したマルチチャンネル音波探査記録とその解釈図(福井県, 1997). 測線位置は図1参照. 越前岬のすぐ北側のLine 3では海岸線まで僅か約500mの地点まで探査を行ったが, 測線の東端部でも厚さ約600mものほぼ水平な堆積層が認められ, 和布-干飯崎冲断層は測線東端部と海岸線との間を通るものと推定された. 越前岬の南側のLine 6では東傾斜の逆断層(和布-干飯崎冲断層)により, B層(香住沖層群)上面に約300mの垂直変位が認められる. しかし断層東側においても厚さ300m近いほぼ水平な堆積層が認められ, 測線東側にも東側隆起の活断層が存在する可能性がある. B: 中新統(香住沖層群), P4~P2層: 下部~中部更新統, P1層: 上部更新統~完新統.

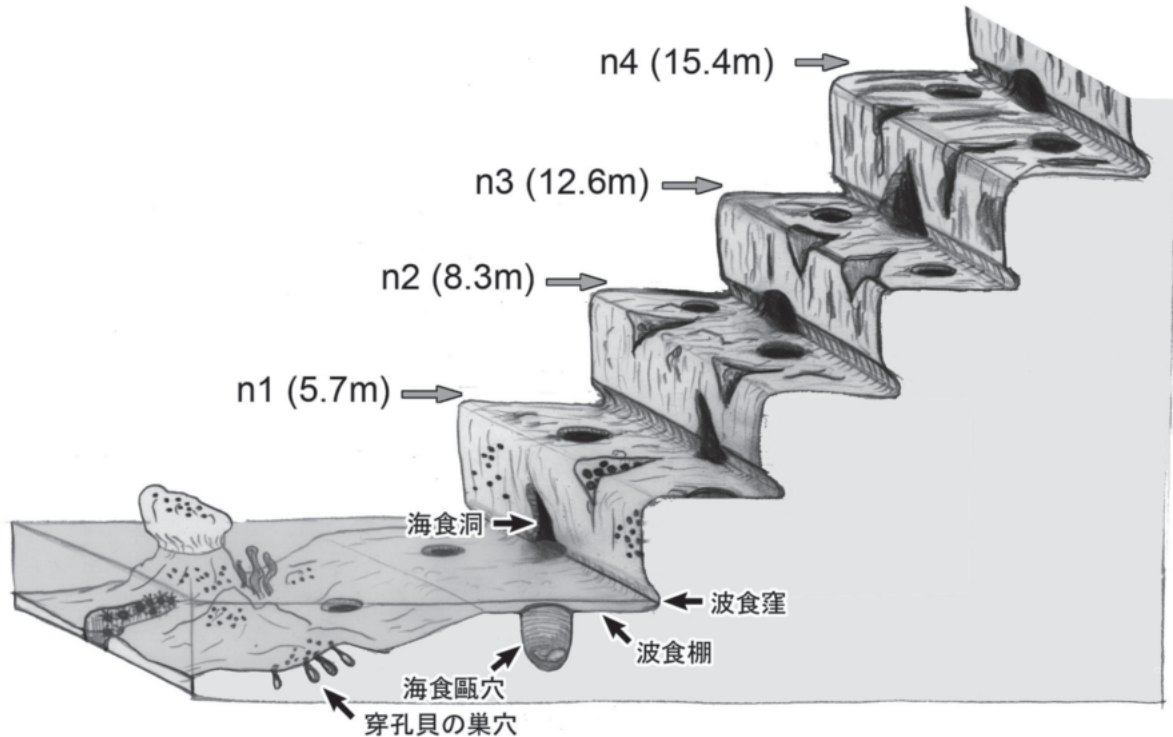


図4. 越前海岸で見られるおもな離水地形模式図。旧汀線は越前岬付近では4段にわたって認められ、下位よりn1, n2, n3, n4とした。

した。

海食甌穴は磯波による過流が礫を動かし、岩盤を削り込んだ円形の深い穴であり、波食棚や海食台上に形成されることが多い。海食甌穴の高度としては、磨かれた穴壁面の上端を測定したが、この値が旧汀線を示すものでないことは明らかであり、旧汀線認定の際の参考とした。

旧汀線の認定には生物指標を用いた手法もしばしば行われている。例えば茅根ほか(1987)、西畑ほか(1988)は南関東においてヤッコカンザシなどを用いて旧汀線を求めている。また地震直後の地殻変動量を下川ほか(1994)は奥尻島においてピリヒバ等を用いて、また山本ほか(2007)は能登半島においてカキ等を用いて計測している。越前海岸においてはこのような生物指標を見出すことはできなかったが、旧汀線認定の参考として、多くの地点で認められた穿孔貝やウニの巣穴の上限高度を測定した。穿孔貝の巣穴は、深さ数cm、内部の直径は1～3cmであるが内部に比べ、入口が狭い“徳利型”をしている。このため、巣穴の中に生息していた貝がそのまま残されていることがある(図5-E)。調査地域で見出された貝は大半がカモメガイ(*Penitella kamakurensis*)およびトマヤガイ(*Cardita leana*)である(図6)。トマヤガイは足糸で岩礁に付いて生活する二枚貝で自ら穿孔する穿孔貝ではない。しかし、穿孔貝の作った巣穴を利用して生活するため、巣穴にその貝殻が残されていることが多い。これらの貝は潮間帯以深に生息する二枚貝であり、貝が生息していた当時、この高さは海水面下であったことを示す。波食窪-波食棚より求めた旧汀線高度と比べると、穿孔貝の巣穴はところによっては旧汀線高度付近まで認められた。また直径5～10cmの半球状のウニの巣穴もしばしば認められた(図5-F)。ウニの生息域も潮間帯以深であり、穿孔貝と同様、海水面下を示す示標として計測した。穿孔貝やウニの巣穴は保存状態の非常に良いものから、わずかにその痕跡が残っているものまで様々である。これは離水してからの風化・侵食期間の違い、すなわち離水年代の違いによると考えられ、旧汀線を認定するうえでの参考とした。

IV-2. 砂浜海岸における離水地形と旧汀線の認定について

調査地域では砂（礫）浜海岸は小さな湾の奥を中心に僅かに認められるのみである。砂浜海岸では離水により、平坦な低位段丘が形成されるが、現在、低位段丘面は住居や道路として使われており、地形面の保存状態は良くない。

調査では段丘面の高度測定を行い、段丘堆積物中およびこれを覆う堆積物中から貝や遺物を採取した。旧汀線高度は、低位段丘面の陸側の傾斜変換点とした。また福井県（1997）は越前岬より南側の地域での低位段丘の高度分布を報告しており、この値も参照した。

IV-3. 各地点における旧汀線高度分布

以上のようにして求めた旧汀線は、越前海岸では最大で4段に分けることができ、下位よりn1, n2, n3, n4と呼ぶこととする（図4）。すなわち越前海岸では少なくとも4回の相対的な海水面の低下（断層活動に伴う海岸隆起または海水準の低下）が読み取れることになる。

旧汀線高度の測定には、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使用した。手持ちでの測定誤差は、±0.1m程度である。標高0mの認定には岩礁に付着している紅藻を用いた。観察された紅藻はサンゴモ目のカニノテ (*Amphiroa* sp.)やヒライボ (*Lithophyllum* sp.)であり、潮間帯において満潮位まで生息するとされている。三国検潮所付近において一等水準点を基準として、この紅藻の上限高度を測定したところ、標高0.1~0.2mであった。よって紅藻の上限から0.1~0.2m下を0mとした。以上の測定方法、標高の認定方法による誤差は±0.2m程度と考えられる。

以下に各地点における離水地形とその高度分布を調査地域の北側より順に示す（図2, 表1）。なお、離水海食洞から求めた旧汀線高度は伊藤ほか（2002）による。

1. 和布・^{みの}蓑

和布では波食窪―波食棚から標高3.2~3.3mに旧汀線を認定できる。また高さ3.1mまで保存良好な穿孔貝の巣穴が、高さ2.7mまでウニの巣穴が観察できる。巣穴からは標高2.4m地点でトマヤガイ<和布1-1>（図6；以下、年代測定試料番号を“<>”で示す）、2.2m地点でカモメガイ<和布2-1>（図5-E, 6）の貝を採取した。また蓑町では離水海食洞内の波食窪から3.2m、洞底傾斜変換点から2.5~3.0mの旧汀線高度が求められた。以上よりn1を3.2~3.3mとした。

n2については、4.1~4.5mに波食窪―波食棚がみられ、また和布漁港東の離水海食洞内の波食窪標高は3.8m、洞底傾斜変換点から求められた旧汀線高度は3.5~4.0mであることから、3.8~4.5mを旧汀線高度とした。n3, n4についてはデータが少ないものの、6.1~6.3mに波食窪―波食棚、10.2~10.8mに幾つかの波食窪、また7~10mの高さの海食甌穴が認められ、n3の旧汀線高度は6.1~6.3m、n4は10.2~10.8mとした。

2. 亀島

亀島は糸崎の200~300m沖に離れた無人島である。亀島東側では切り立った岩礁の高さ6.2mまで保存良好な穿孔貝の巣穴が切れ目無く確認でき、4.5mまでウニの巣穴も確認された。亀島西側では比較的明瞭な波食棚が高さ7.0mに認められた。穿孔貝の巣穴の分布からすると、n1は標高6.2m以上であることは明らかである。亀島ではn1を波食棚の高さから7.0mとした。

3. 糸崎・長橋

保存状態の良い穿孔貝の巣穴が糸崎では標高2.8mまで、長橋では3.3mまで確認でき、高さ3.1m付近を境に岩礁表面の風化の程度が異なっていた。標高3.3~3.5mに比較的明瞭な波食棚があり、これをn1の高度とした。また洞底の標高が5.6~7.0mの離水海食洞（道路工事により消滅）、3~6mの海食甌穴も認められたが、n2を認定することはできなかった。

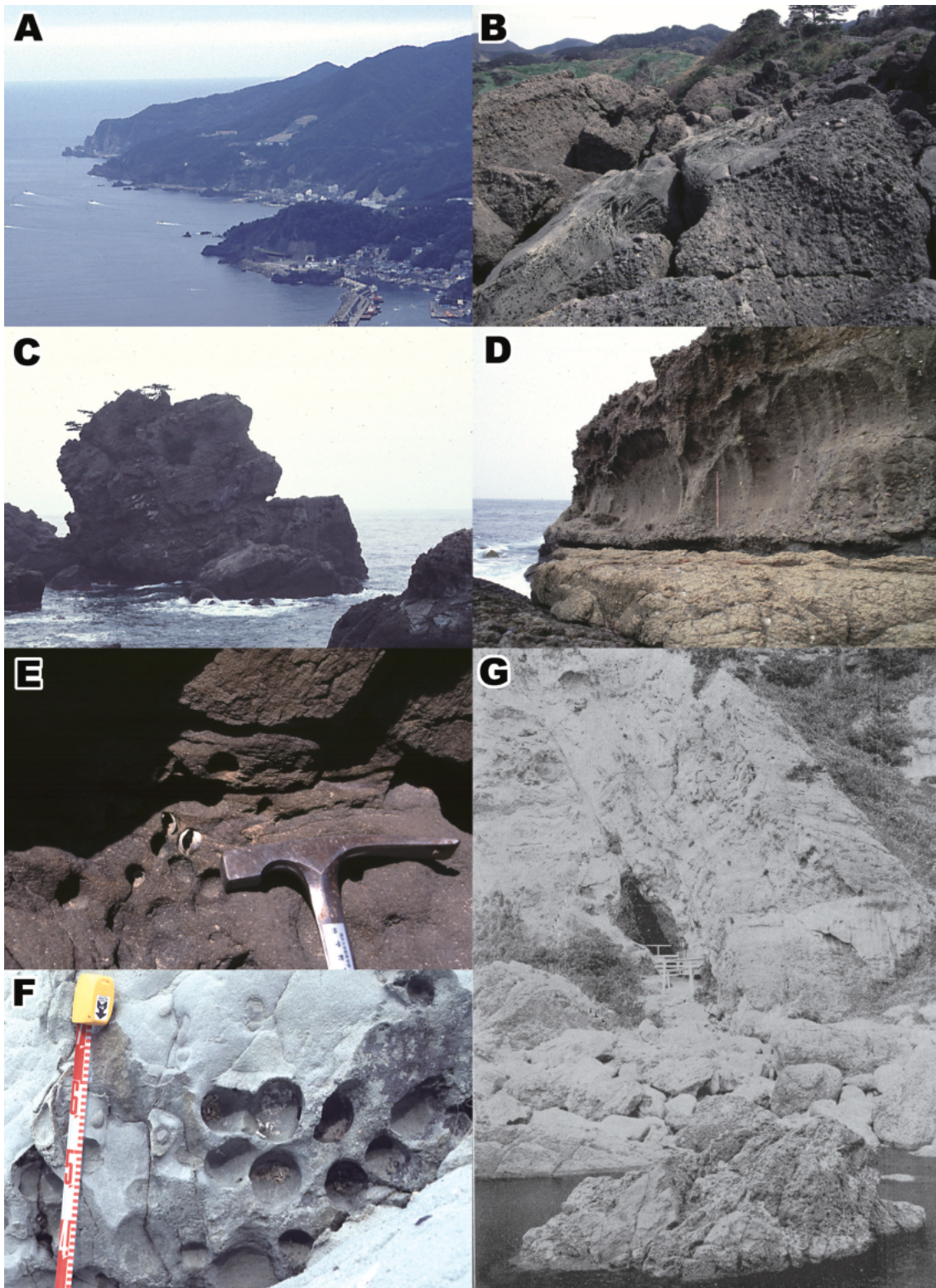


図5. 越前海岸沿いの離水微地形。

A：南側から見た越前岬付近の海成段丘，B：ハツ又の標高7 m付近に認められた海食甌穴，C：玉川北方，盾岩の標高12m付近にみられる波食窪—波食棚，D：越前岬付近の標高5 m台の波食窪—波食棚，E：和布の標高2.2m地点で見つかったカモメガイ，F：佐武の岩礁にあけられたウニの巣穴およびその中に付着しているムカデガイ科巻貝，G：高さ約12mの玉川観音洞穴（明治42年発行の丹生郡誌より）

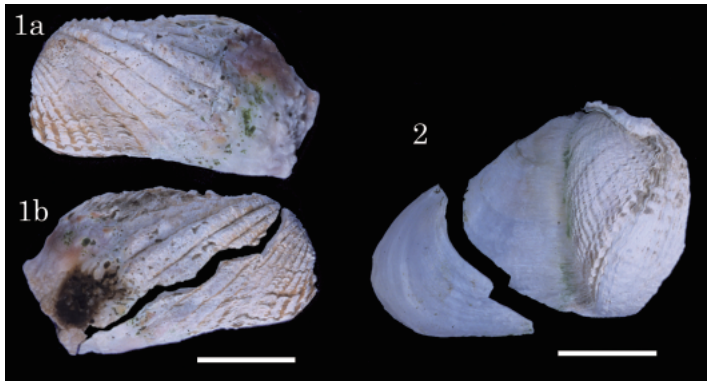


図6. 年代測定のため、岩礁から採取した貝試料。1a, b: トマヤガイ (*Cardita leana*) <和布1-1>, 2: カモメガイ (*Penitella kamakurensis*) <和布2-1>。スケールは1cm。

4. 銚島・鮎川

銚島の離水海食洞は最奥底面高度が5.0mである。明瞭な洞底傾斜変換点はないが、堆積物の粒度が洞奥部で粗くなる付近（標高4.5m）が旧汀線と思われる。鮎川園地では標高3.5mまで穿孔貝の巣穴が認められ、標高4.5m付近を境に岩礁表面の風化の程度が異なっていた。以上から4.5mをn1とした。またその南西の大崎では、標高3.0mから5.9mまで連続して穿孔貝の巣穴があり、5.2~6.4mの高さには数個の海食甌穴が見出された。以上からすると大崎ではn1は5.9mより高く、おそらく6~7mであると思われるが明瞭な波食窪-波食棚が無く、はっきりしない。

また標高7.4~10.5mに海食甌穴がいくつか見出されているが、n2旧汀線高度の認定には至っていない。

5. 大丹生・小丹生

白浜では高さ3.1mまで穿孔貝の巣穴を確認できるが、波食窪、波食棚は不明瞭である。小丹生では3.2~3.4mの高さに波食窪があり、3.0~3.4mの高さの波食棚が広がっている。穿孔貝の巣穴は2.6mの高さまで分布する。以上からn1は3.2~3.4mとした。

また6.6~7.9mの高さに海食甌穴があるが、n2旧汀線高度の認定には至っていない。

6. 佐武・大味

佐武では上端が約3.4mの高さに揃った波食棚状の岩礁があり、その岩陰には多数の穿孔貝やウニの巣穴が認められた（現在は道路工事により一部消滅）。ウニの巣穴の中にはオオヘビガイやムカデガイ科巻貝が多数付着しており（図5-F）、高さ2.9mから<佐武1-3>、2.2mから<佐武1-2><佐武1-4>、1.7mから<佐武1-1>を採取した。

大味では高さ5.1~5.3mに波食窪-波食棚があり、4m台まで穿孔貝の巣穴が認められた。また2.7~5.1mの高さに海食甌穴が多数確認できた。以上のことからn1を5.1~5.3mとした。高さ1.4mからカモメガイ<大味2-2>、2.9mからトマヤガイ<大味3-1>を採取した。

7. 浜北山・八ツ俣

浜北山では“鯨穴”と呼ばれている奥行き26.5mの離水海食洞があり、洞底傾斜変換点から求められた旧汀線高度は5.0~5.5mである。

八ツ俣では5.4~5.9mの高さに波食窪-波食棚を何ヶ所かで見出すことができた。また保存状態の良好な穿孔貝・ウニの巣穴は標高5.4mまで確認でき、標高4m付近には幾つかの海食甌穴も認められた。以上からn1を5.4~5.9mとした。また標高8.2~8.4mに波食窪-波食棚、標高7m付近に海食甌穴が認められ（図5-B）、n2を8.2~8.4mとした。保存状態の良くない穿孔貝の巣穴は標高9.5mまで認められたが、n3は認定できなかった。

表1. 越前海岸における旧汀線高度 (m).

	n1	n2	n3	n4
和布・蓑	3.2~3.3	3.8~4.5	6.1~6.3	10.2~10.8
亀島	7.0	—	—	—
糸崎・長橋	3.3~3.5	—	—	—
銚ヶ崎・鮎川	4.5(6~7?)	—	—	—
大丹生・小丹生	3.2~3.4	—	—	—
大味	5.1~5.3	—	—	—
浜北山・八ツ俣	5.4~5.9	8.2~8.4	—	—
左右	5.5	7.7~8.5	—	15.1~15.2
越前岬	5.4~5.7	8.1	12.4~12.9	15.6
玉川	5.6~5.8	—	12.5~13.0	—
梅浦	5.6~5.9	8.3	—	—
新保・小樟	4.7~5.6	7.7	12.4	—
厨	—	6.0~7.0	—	—
茂原・白浜	4.1~4.5	—	—	—
干飯崎	4.1~4.6	6.5~7.2	—	—
甲楽城・河野	1.5~2.4	2.7~2.9	—	—

8. 左右

左右では標高5.1~5.5mに明瞭な波食棚が、5.5mには不明瞭ではあるが波食窪が認められる。穿孔貝の巣穴は4.1mの高さまで観察される。また“愛染明王洞”と呼ばれる離水海食洞では、洞右側の1段低い部分から6m付近の旧汀線が推測されるがはっきりしない。これらよりn1を5.5mとした。

また標高8.0~8.5mには断続的に波食棚が認められ、“愛染明王洞”内にも7.7mの高さに波食窪が認められた。以上からn2を7.7~8.5mとした。また高さ15.1~15.2mの波食窪-波食棚、15.1mの海食甌穴、また不明瞭ではあるが、15mの高さの離水海食洞が認められた。以上より15.1~15.2mを、南側の越前岬、玉川地域との対比からn4とした(n3は認定できなかった)。

9. 越前岬

越前岬周辺では5.4~5.7mに波食窪-波食棚があり、保存良好な穿孔貝の巣穴が4.9mまで認められた。以上よりn1を5.4~5.7mとした。この付近ではトマヤガイを2.7m<越前岬1-2>、3.1m<越前岬1-3>から、カモメガイを1.7m<越前岬3-4>、2.6m<越前岬4-1>から、ムカデガイ科巻貝を3.0m<越前岬2-2>、2.4m<越前岬3-1>から、*Arca* sp. を1.5m<越前岬3-5>から、*Irus* sp. を0.8m<越前岬5-1>から採取した。

また高さ8.1mには波食窪-波食棚がみとめられた。高さ12.4~12.9mにも波食窪-波食棚があり、高さ12.5mには穿孔貝の巣穴が認められた。高さ14.6~14.8mに波食棚、高さ15.6mに波食窪-波食棚があり、14.6mの高さに海食甌穴、13.5mの高さに穿孔貝の巣穴も認められた。以上よりn2を8.1m、n3を12.4~12.9m、n4を15.6mとした。

10. 玉川

玉川南では、5.6~5.8mの高さに波食窪-波食棚が認められ、5.5~5.8mの高さの波食棚も多く見

られた。穿孔貝の巢穴は最も高いものでは5.7mであった。以上より n1 を5.6~5.8mとした。高さ2.2mからカモメガイ<一本木隧道1-2>を採取した。

玉川北には、玉川観音洞穴と呼ばれる離水海食洞がある(図5-G)。この海食洞の底面傾斜変換点から求めた旧汀線高度は12.5~13.0mである。その沖合いには盾岩と呼ばれている岩礁があり、12.8mの高さに波食窪-波食棚が認められる(図5-C)。この付近では高さ8m付近にも波食窪らしき窪みが見られるが、はっきりしない。また玉川南では房山隧道が海食洞を横切って形成されている。この離水海食洞は奥行きが47mあり、越前海岸では最大の規模をもっている。この海食洞内の波食窪から求められた旧汀線高度は12.5~13.0mである。以上より、n2 は8m付近と思われるが、はっきりしなかった。n3 は12.5~13.0mとした。

11. 梅浦

梅浦では数地点で5.6~5.8mの高さに波食窪-波食棚が認められた。穿孔貝、ウニの巢穴は4.9mまで認められた。また梅浦港南には奥行き17.9mの離水海食洞があり、波食窪から求めた旧汀線高度は5.9mである。以上より n1 を5.6~5.9mとした。4.8mの高さからカモメガイ<森腰隧道1-1>を採取した。また高さ8.3mに波食窪-波食棚があり、この高さを n2 とした。また高さ11.3mの波食窪状の窪みや15.2mの波食棚状の平坦面が認められたが、n3, n4 の認定には至っていない。

12. 新保・小樟

城ヶ谷では標高4.5~4.7mの低位段丘における下水道工事の際、分級の良い円礫層、およびこれを覆う腐植質な泥質層を数地点で観察できた。

また黒崎周辺では4.7~5.6mの高さに波食窪-波食棚が認められた。また高さ4.9mまで穿孔貝の巢穴があり、海食甌穴も多数観察された。以上より n1 を4.7~5.6mとした。

また小樟港横島ではやや不明瞭ではあるが、7.7mの高さの波食窪を連続して認めることができ、これを n2 とした。黒崎南側では12.4mの高さに明瞭な波食窪-波食棚があり、これを n3 とした。

13. 厨

厨周辺には高さ4~6mに低位段丘が広がっており、岩礁はあまり見られない。“越前かにミュージアム”建設現場では基礎工事の際、低位段丘を構成する礫層が広範囲に露出していた。分級の良よく円磨された中礫を主体とする礫層は緩く海側に傾斜しており、その上面高度は海食崖側で5.2~5.5m、海側で3.4mであった。この礫層中には貝殻が含まれており、*Monodonta* sp. <城崎北小跡1-1>、サザエ<城崎北小跡1-3>を採取した。

またこの付近には奥行き5mの離水海食洞があり、洞底傾斜変換点から6.5~7.0mの旧汀線高度が求められた。“越前かにミュージアム”南側では海食崖基部に3つの離水した海食洞がある。このうち最も北側の海食洞は鍾乳洞化しており、洞内部壁面に海浜堆積物が固着して残されている(図7)。堆積物は粗粒~極粗粒砂、最奥部ではよく円磨された中~大礫から構成されている。堆積層上限の高さは5.8~6.1mであり、洞底傾斜変換点から求められる旧汀線は6.0~6.5mである。砂礫層中には多くの貝が含まれていた(図7, 8)。それらはサザエ(*Turbo* (*Batillus*) *cornutus*)が多く他に、ヨメガガサガイ(*Cellana toreuma*)、クボガイ(*Chlorostoma lischkei*)、ヘソアキクボガイ(*Chlorostoma turbinatum*)、レイシガイ(*Thais* (*Reishia*) *bronni*)など(図8)、いずれも潮間帯の岩礁域に生息する巻貝であった。その他、哺乳類の下顎や脊椎骨が産出した。年代測定用試料としてサザエ<城崎北小南1-1>、クボガイ<城崎北小南1-3>を採取した。また木炭<城崎北小南1-4>や土器片(図7, 8)も混入していた。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 浩氏鑑定)である。

また厨南の“厨1号洞穴”と呼ばれる離水海食洞では弥生時代後期(3世紀)以降の遺跡が報告されており、洞底には厚い灰の層があり、その下の砂礫層上面の高さは6.2mである(越前町史編纂委

員会, 1977)。以上から n1 ははっきりしないが, n2 は6.0~7.0mとした。

14. 茂原・白浜

茂原では n1 を示す離水地形を見出すことはできなかった。白浜では高さ1.5m付近まで穿孔貝の巣穴, 海食甌穴が認められ, 不明瞭ながら4.1~4.5mの高さに波食窪-波食棚が認められ, これを n1 とした。

15. 干飯崎

干飯崎周辺では4.1~4.6mの高さに波食窪-波食棚が数地点で認められた。また保存良好な穿孔貝の巣穴が3.6mの高さまで途切れずがあり, 最も高いものは3.9mであった。以上より n1 を4.1~4.6mとした。国民宿舎かれい崎荘付近の高さ1.2mからカモメガイ<米ノ2-1>, その南の岩礁, 高さ1.8mからトマガイ<午房ヶ平1-1>を採取した。

また6.5~7.0mの高さにも波食棚が広がっており, 不明瞭ながら6.5~7.2mの高さに波食窪-波食棚が認められ, これを n2 とした。8.7~8.9m付近, さらにその上位にも波食窪-波食棚状の地形が認められたが, n3, n4 の認定には至っていない。

16. 甲楽城・河野

干飯崎より南側では海岸にゴロタ石が多く, 岩礁は少なくなる。また離水地形も不明瞭である。神土^{しん}では1.1mの高さまで穿孔貝の巣穴が, 1.4mの高さには海食甌穴が, また2.3~2.4mの高さには波食棚状の平坦面が認められる。糠^{ぬか}では海食甌穴が1.7mより低い位置に数個認められ, 不明瞭ながら高さ1.5~1.7mの波食棚や波食窪状のくぼみが認められる。甲楽城では1.2mの高さに海食甌穴, 不明瞭ではあるが2.0~2.1mに波食棚, 1.8~1.9mに波食窪-波食棚が認められる。河野付近では1.7~2.1mの高さに波食棚状の平坦面が認められる。以上から n1 は1.5~2.4mとした。

n1 より高位では, 3~8mの高さに波食棚状の平坦面や海食甌穴が認められる。甲楽城では“下長谷1号洞穴”, “下長谷2号洞穴”と呼ばれる離水海食洞がある。“下長谷1号洞穴”の洞底傾斜変換点から求めた旧汀線高度は4.3~4.8mである。“下長谷2号洞穴”では洞壁面の2.7~2.9mの高さに波食窪があり, 洞底傾斜変換点の高さは3.0mである。この洞窟中には多くのサザエが遺物として残されており。サザエのフタ<下長谷1-1>を採取した。また河野では“金穴”と呼ばれる離水海食洞があり, 人頭大の円礫が高さ4.7~5.4mの洞底に認められる。以上から n2 は2.7~2.9mとした。n3 は4.3~5.4m程度と思われるが, はっきりしない。

以上のように, 調査地域の越前海岸では最大で4段にわたって旧汀線が認定できた。最も低位の n1 高度は一般に越前岬付近が高く, 北部や南部では低くなる傾向が見られた。また n2 ~n4 についても n1 ほど明確ではないが, 同様の傾向が見られた (図2)。

IV-4. 離水年代

離水年代を岩礁に付着した貝の¹⁴C年代 (表2), 遺跡の年代等から推定した。

岩礁では潮間帯以深に棲息するカモメガイやトマガイ等の貝殻がまれに巣穴の中に残されている。カモメガイは巣穴の入り口が小さいため, トマガイは死後閉じていた殻が開くことにより死後も巣穴に貝殻が残される。したがって貝殻の示す¹⁴C年代はまだ離水前であったといえる。岩礁に付着しているムカデガイ科巻貝等も同様である。一方, 海食洞内や低位段丘上の遺跡の年代, 遺物の¹⁴C年代は, 人々が活動できた, すなわち離水していたことを示す。以上の離水前を示す年代および離水後を示す年代から離水年代を推定した。

n1 では離水前を示すデータは, 岩礁から採取した穿孔貝, ムカデガイ科巻貝等の貝殻, 段丘堆積物中のサザエ等の貝の貝殻の¹⁴C年代である。岩礁では高さ1.2~4.8mから23試料を採取, 年代測定

を行ったところ、得られた年代値（暦補正年代， 1σ ）はA.D.925～1851とややばらついていた。採取した高さとの間には相関は認められなかった。一方貝の種類別では、A.D.1300年以前を示す試料は全て穿孔貝の巣穴から採取したカモメガイやトマガイである。これはトマガイやカモメガイの殻はその死後も入口の狭い巣穴から出ること無く、長い間保存されやすいためと考えられる。よって離水年代を明らかにするためには、これらの年代値のうち、新しいものに注目すればよいといえる。〈佐武1-2〉の [A.D.1500～1645]（以下、測定した ^{14}C 年代の暦補正値を“[]”で括弧で示す）、〈佐武1-5〉の [A.D.1663～1807]、〈越前岬1-3〉の [A.D.1669～1851]、〈越前岬2-2〉の [1673～1814]、〈越前岬3-1〉の [A.D.1508～1627]、〈越前岬3-4〉の [A.D.1554～1665]、〈越前岬3-5〉の [A.D.1663～1805]、〈越前岬5-1〉の [A.D.1629～1764]、〈城崎北小跡1-3〉の [A.D.1537～1654]、〈米ノ2-1〉の [A.D.1534～1649] である。これらの暦補正年代値からすると、少なくとも17世紀までは離水していないといえる。一方離水後を示すデータとしては、海食洞内、海成低位段丘上の遺跡や遺物の年代がある。n1の高さにある鯨穴洞穴と呼ばれている離水海食洞では、青木(1988)によれば、洞窟中には3ヶ所たき火跡が見られ、江戸時代初期（17世紀中葉頃）の陶器が出土しており、海と関係した仕事をする人が居住していたと記されている。また城ヶ谷ではn1の高さの低位段丘堆積物を覆う腐植質層中より越前赤瓦（17世紀）を見出した。以上の遺跡・遺物からすると、17世紀頃には離水していたこととなる。以上の離水前、離水後を示す年代値より、n1の離水年代は17世紀頃と考えられる。

n2では離水後を示す年代としては、“下長谷2号洞穴”と呼ばれている海食洞内の遺跡がある。この遺跡は八日市新保Ⅱ式併行の縄文土器が出土した、縄文時代晩期（紀元前10～4世紀）の遺跡である（青木，1988）。遺物として大量に散乱していたサザエ<下長谷1-1〉の ^{14}C 年代として [B.C.799～722] という値が得られている。遺跡として使用されたことから、この時期までに離水していたといえる。これ以外のおもな遺跡としては、大味、厨の遺跡がある。大味遺跡Aは標高約10mの低位段丘上にあり、縄文時代晩期の遺跡、大味遺跡Bは標高7～8mの低位段丘上にあり、縄文時代晩期から平安時代までの遺跡である（青木，1988）。離水海食洞内の厨1号洞穴遺跡は弥生時代後期（3世紀）から古墳時代後期（6世紀）にかけての遺跡である（越前町史編纂委員会，1977）。何れの遺跡も縄文時代晩期以降のものである。これに対し、離水前を示す年代値としては、旧城崎北小学校南にある離水海食洞内から得られた ^{14}C 年代がある。ここでは洞壁に付着していた海浜堆積物中の貝の年代値として、〈城崎北小南1-1〉の [B.C.989～817]、〈城崎北小南1-3〉の [B.C.997～824] がある。また堆積物中には木炭片や土器片も含まれており、その年代は木炭〈城崎北小南1-4〉は [B.C.501～490, B.C.484～464, B.C.450～440, B.C.427～423, B.C.270～262] を、土器片は15～16世紀を示している。土器片は破断面が摩耗しておらず、その年代も他の貝の年代より新しいことから、木片とともに、後から混入したものと推定される。以上の離水後を示す下長谷2号洞穴の遺物としてのサザエの年代値、および離水前を示す旧城崎北小学校南にある離水海食洞堆積物中の貝の年代値から、n2の離水年代は紀元前9世紀頃と推定される。

なおn3、n4については離水年代を示すデータは得られていない。

V. 考察

以上の調査結果より、越前海岸沿い断層群の活動履歴、活動度および既知の歴史地震との関連について考察を行った。

V-1. 越前海岸沿い断層群の活動履歴、活動度と変位量について

越前海岸で求められた4段の旧汀線高度から、断層活動に伴う垂直変位量を求めた。以下の議論では、各旧汀線高度として、明瞭な離水海食微地形が認められた調査地区のほぼ中央部に位置し、各段の旧汀線高度が一定である越前岬周辺（浜北山～梅浦）の平均的な高度、すなわちn1：5.7m、n2：8.3m、n3：12.6m、n4：15.4mを用いることとした。またn1の離水年代はA.D.1650年、n2は

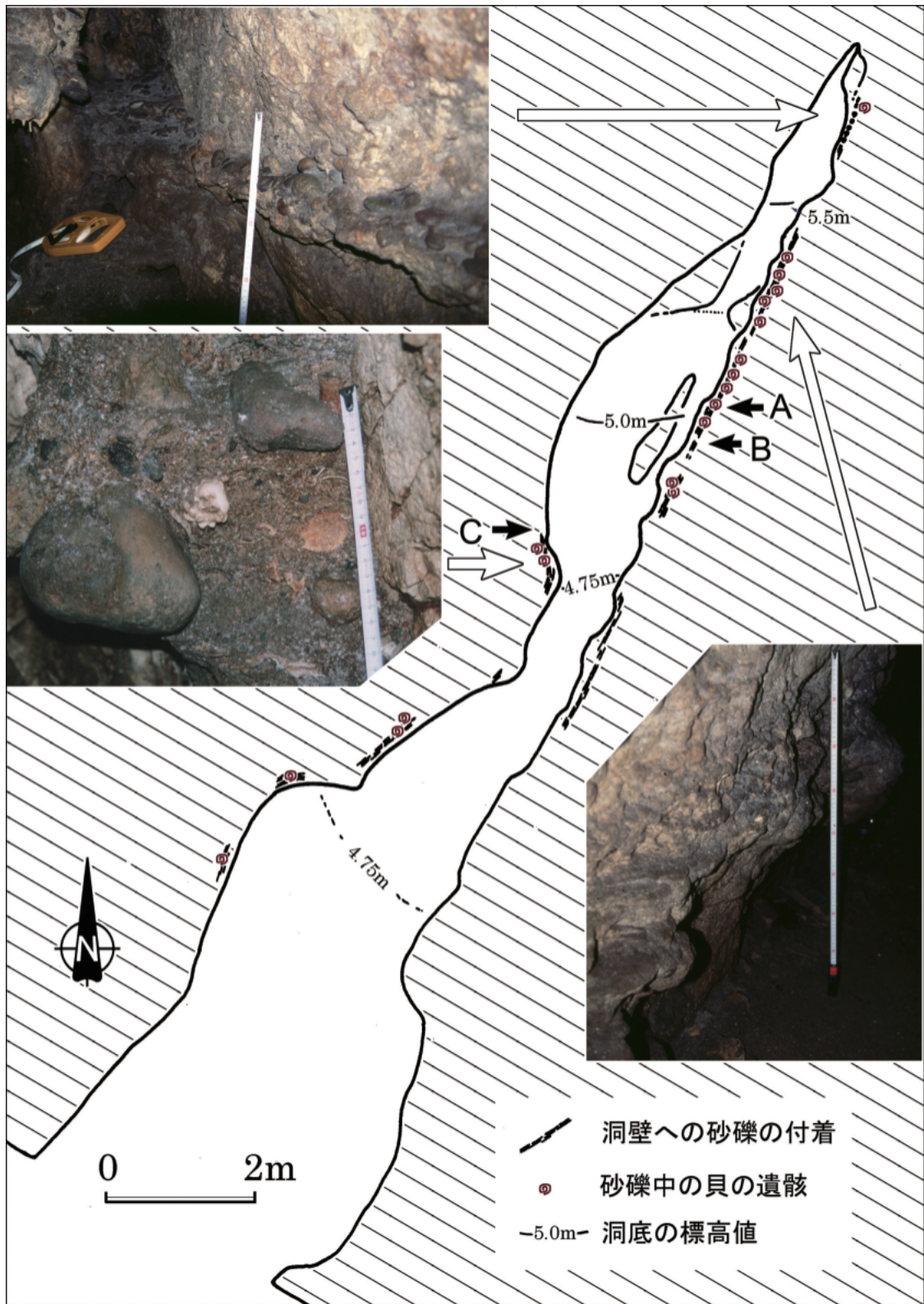


図7. 旧城崎北小学校南側の離水海食洞. この離水した海食洞は一部、鍾乳洞化し、洞内壁面には極粗粒砂や円礫が付着していた。砂礫層中にはしばしば貝が含まれており、この他に土器片、獣骨、炭化木片が混入していた。土器片の断面は摩耗しておらず、後から混入したものと思われる。A、C：獣骨、B：土器片。

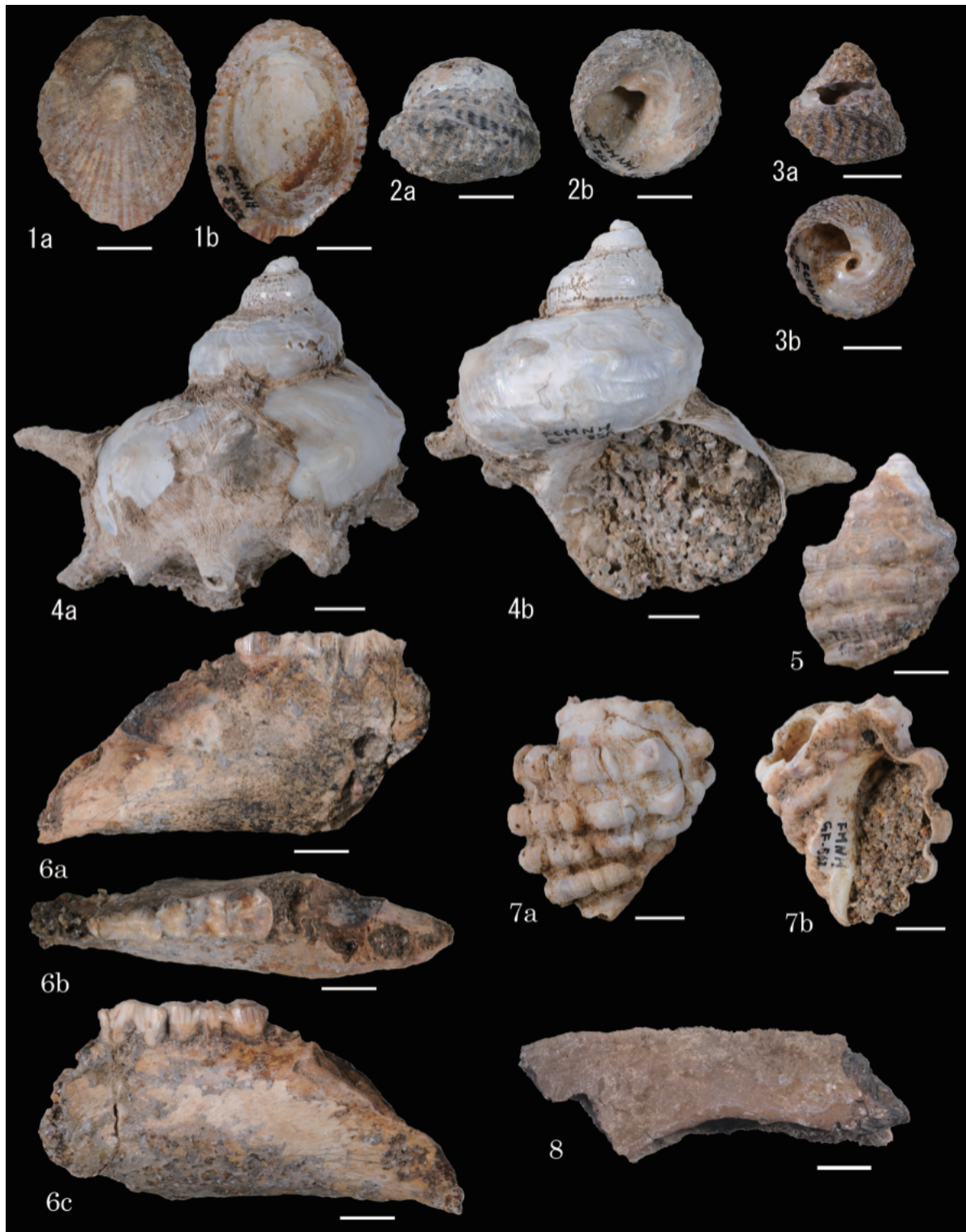


図8. 旧城崎北小学校南側の離水海食洞から産出した貝殻、獣骨および土器片。1 a, b ヨメガガサガイ *Celana toreuma* (FCMNH-GF566), 2 a, b クボガイ *Chlorostoma lischkei* (FCMNH-GF565), 3 a, b ヘソアキクボガイ *Chlorostoma turbinatum* (FCMNH-GF556), 4 a, b サザエ *Turbo* (*Batillus*) *cornutus* (FCMNH-GF556), 5, 7 a, b レイシガイ *Thais* (*Reishia*) *bronni* (5 : FCMNH-GF563, 7 a, b : FCMNH-GF562), 6 a, b, c イノシシ *Sus scrofa* の下顎 (FCMNH-GF558), 8 15～16世紀の硬質土器。FCMNH-GF は福井市自然史博物館の登録番号を示す。スケールはすべて1 cm。

表2. 離水した岩礁、海食洞から採取した貝等の年代測定結果。〈佐武1-1〉、〈佐武1-2〉、〈佐武1-3〉、〈佐田1-1〉については、福井県（1997）で報告されているものである。なおこれらの年代値の一部は山本・木下（1999）で報告した。

試料番号	標高 (m)	旧汀線	試料分類	¹⁴ C age (yrBP)	暦補正年代
和布1-1	2.4	n1	トマヤガイ	773±82	A.D. 1,485~1,629
和布2-1	2.2	n1	カモメガイ	988±80	A.D. 1,324~1,434
佐武1-1	1.7	n1	ムカデガイ科巻貝	800±60	A.D. 1,465~1,565
佐武1-2	2.2	n1	ムカデガイ科巻貝	750±60	A.D. 1,500~1,645
佐武1-3	2.9	n1	ムカデガイ科巻貝	1,020±60	A.D. 1,310~1,415
佐武1-4	2.2	n1	ムカデガイ科巻貝	970±70	A.D. 1,325~1,442
佐武1-5	1.7	n1	ムカデガイ科巻貝	590±60	A.D. 1,663~1,807
大味2-2	1.4	n1	カモメガイ	1,401±74	A.D. 925~1,085
大味3-1	2.9	n1	トマヤガイ	1,131±80	A.D. 1,199~1,342
越前岬1-2	2.7	n1	トマヤガイ	870±76	A.D. 1,410~1,528
越前岬1-3	3.1	n1	トマヤガイ	572±80	A.D. 1,669~1,851
越前岬2-2	3.0	n1	ムカデガイ科巻貝	574±63	A.D. 1,673~1,814
越前岬3-1	2.4	n1	ムカデガイ科巻貝	748±62	A.D. 1,508~1,627
越前岬3-4	1.7	n1	カモメガイ	690±63	A.D. 1,554~1,665
越前岬3-5	1.5	n1	<i>Arca</i> sp.	591±63	A.D. 1,663~1,805
越前岬4-1	2.6	n1	カモメガイ	811±63	A.D. 1,446~1,554
越前岬5-1	0.8	n1	<i>Irus</i> sp.	622±63	A.D. 1,629~1,767
一本木隧道1-2	2.2	n1	カモメガイ	1,316±84	A.D. 1,024~1,190
森腰隧道1-1	4.8	n1	カモメガイ	1,134±83	A.D. 1,192~1,341
城崎北小跡1-1		n1	<i>Monodonta</i> sp.	807±66	A.D. 1,449~1,559
城崎北小跡1-3		n1	サザエ	709±65	A.D. 1,537~1,654
城崎北小南1-1		n2	サザエ	3,090±70	B.C. 989~817
城崎北小南1-3		n2	クボガイ	3,100±70	B.C. 997~824
城崎北小南1-4		n2	木炭	2,340±90	B.C.501~490, B.C.484~464, B.C.450~440, B.C.427~423, B.C.270~262
米ノ2-1	1.2	n1	カモメガイ	715±64	A.D. 1,534~1,649
午房ヶ平1-1	1.8	n1	トマヤガイ	1,156±95	A.D. 1,156~1,332
下長谷1-1		n2を覆う	サザエの蓋	2,920±70	B.C. 799~722
立石1-1	0.4	n1相当	トマヤガイ	701±67	A.D. 1,542~1,659
佐田1-1		n1相当	ヤマトシジミ	750±60	A.D. 1,500~1,645

B.C.850年頃とした。

海水準付近で形成された海食微地形や平坦面が離水する原因としては、陸の隆起、すなわち越前海岸沿い断層群の東側隆起の活動と海水準の低下が考えられる。後者の例としては縄文海進高海面期後の海水準の低下により離水した段丘や海食微地形があり、各地から報告されている。

より正確な隆起量を求めるためには、海食微地形形成時の古海水準を明らかにする必要がある。完新世初頭においては、最終氷期最盛期後の氷河の消滅(溶解)に伴い、海水準が急激に上昇し、約6000年前には現海水準より高くなり(縄文海進高海面期)、その後は僅かな変動を伴って現在に至っている(太田・米倉, 1987)。増田ほか(2000)は、神戸沖海底コアの解析から、海水準は氷河の消失に伴い急激に海面は上昇し、7000年前には -8 m 、5700年前に現海面高度になり、5300~5000年前は現在より $1\sim 2\text{ m}$ 高く、その後海面は低下し、約2200年前には -1.5 m 程度まで下がり、後再び上昇、1700年前頃には $+1\text{ m}$ 弱と高くなり、現在に至っているとした。遠藤ほか(1989)は古奥東京湾でのデータをまとめ、6500~5300年前は $+3\text{ m}$ 付近の高海面で安定、5300~4500年前に $+1\text{ m}$ 前後まで低下した後、 $+1\sim 0\text{ m}$ 付近で安定、3500(?)~1800年前、 $-1\sim -2\text{ m}$ まで低下したとした。また藤本(1990)は松島湾沿岸谷底平野において、海水準は4800年前には $+0.4\text{ m}$ 、3500年前には $+2\text{ m}$ 付近まで達し、その後低下、海面低下は2200年前ごろに急速に進行し、 -1.5 m 付近まで低下したとした。以上のように求められた古海水準およびその時期には多少のばらつきはあるものの、以下、縄文海進期高海面期の海水準を $+2\sim +3\text{ m}$ 、弥生の小海退期の海水準を $-1\sim -2\text{ m}$ として変位量の計算を行った。

越前岬付近では 5.7 m 付近にn1旧汀線高度が認められ、その離水年代は17世紀である。この頃の海水準は今とほぼ同じと推定されるので、 5.7 m の旧汀線高度はそのまま海岸の隆起量、すなわち断層活動による断層東側の現海水準を基準とした垂直変位量を表しているといえる。断層活動による垂直変位量は、これに断層西側(若狭湾側)の海水準を基準とした変位量を加えた値となるが、断層は海域に位置するため、断層西側の変位量を求めることができない。しかし第四系の分布からすれば、断層西側は沈降域であり、垂直変位量はn1の高度である 5.7 m よりも大きい可能性が高い。

n2は 8.3 m の高さにあり、n1との高度差は 2.6 m である。n2の離水年代は、B.C.850年頃であり、弥生の小海退期にあたる。よってn2離水時の海水準を $-1\sim -2\text{ m}$ とすると、隆起量は $3.6\sim 4.6\text{ m}$ となる。

n3, n4の離水年代については、これを示す年代試料を得ていない。そこで断層の活動間隔をn1とn2の時間間隔である2500年とし、n3, n4が断層活動により離水したとすると、n3はB.C.3350年(5300年前)頃、n4はB.C.5850年(7800年前)頃の離水となる。n3の離水年代は縄文海進高海面期にあたり、今より $+2\sim +3\text{ m}$ 海水準が高い。n2とn3の高度差 4.3 m は縄文海進期の海面の高さ($+2\sim +3\text{ m}$)と弥生の小海退期の高さ($-1\sim -2\text{ m}$)との差でほとんど説明でき、このときの海岸の隆起はほとんど無かったことになる。またn4の離水年代としたB.C.5850年(7800年前)頃はまだ海水準が上昇中の時期であり、現在の高さに達していない。仮にこの時期の海水準を増田ほか(2000)の7000年前の海水準と同じ -8 m であったとすると、n4の隆起量は $12.8\sim 13.8\text{ m}$ と他に比べ非常に大きくなる。また海面上昇時には海食微地形は形成されにくいと思われる。以上のことから、n3は地震隆起によるものではなく、縄文海進期から弥生の小海退期へと海水準が低下したことにより、離水したと推定した。またn4はn1とn2の活動間隔からn2の離水の2500年前、B.C.3350年(5300年前)頃の地震活動によって離水したと推定した。隆起量はn3とn4の高度差から 2.8 m となる。

以上をまとめると、越前岬付近では縄文海進高海面期($+2\sim +3\text{ m}$)に波食窪-波食棚が形成され、これがB.C.3350年(5300年前)頃の地震隆起(約 2.8 m)により、離水(n4)した。この後、ふたたび波食窪-波食棚が形成されたが、海水準の低下に伴い、離水(n3)した。海水準が低くなった弥生の小海退期($-1\sim -2\text{ m}$)に波食窪-波食棚が形成され、B.C.850年頃の地震隆起($3.6\sim 4.6\text{ m}$)により離水(n2)した。その後、海面は上昇、現在と同じ海水準となり、波食窪-波食棚が形成され、17世紀頃の地震隆起(約 5.7 m)により離水(n1)したというものである。

以上のようにして推定した越前海岸沿い断層群の完新世における活動度を、海成中位段丘群から求めた平均隆起速度と比較した。越前岬付近では縄文海進期の古海水面高度を+2~+3mとすると、n4段丘は3回の隆起で12.4~13.4m（1回あたりの平均で4.1~4.5m）隆起したことになる。活動間隔をn1とn2の時間間隔である2500年とすると、平均隆起速度は1.7~1.8m/1000yrsとなり、越前岬周辺のM1段丘高度より求めた平均隆起速度である0.8~1.0m/1000yrsより、かなり大きな値を示している。このくい違いの原因としては、1）n1離水時の隆起量が飛びぬけて大きかった、2）平均活動間隔がn1とn2の離水間隔より長いことが考えられる。1）については、n1離水時の5.7mを除いた他の2回の隆起量の平均値を用いると、平均隆起速度は1.3~1.5m/1000yrsとなるが、依然としてやや大きな値となっている。また2）の活動間隔であるが、n4の離水年代を示すデータが無いのははっきりしないが、n4の離水年代は増田ほか（2000）等によって報告されている古海水準からすると、7000年前以前まで遡るとは考えにくい。仮に6000年前頃にn4が離水したとし、n2とn4の時間間隔である3200年が平均の活動間隔であったとすると、平均隆起速度は1.3~1.4m/1000yrsとなる。

以上の離水海食地形および海成中位段丘から求めた平均隆起速度の比較からすると、最新の17世紀頃の活動は、変位量が大きく、前回の活動との間隔もやや短かった可能性がある。

一方、東ほか（1981）は小丹生において、n1に相当する離水した波食棚の岩礁側壁に、溝を埋める石灰質基質の付着物を認め、これをビーチロックとし、含まれていた*Turbo cornutus*の¹⁴C年代値を3980±80yrBPと報告している。また福井県（1997）は同一地点の標高2.7m付近で採取した石灰質基質中の貝殻の¹⁴C年代値として4680±60yrBP [B.C.3615~3480]を報告している。これらの年代は明らかにn2離水前の年代であり、縄文海進高海面期にあたる。もしこの石灰質付着物が潮間帯付近で形成されたビーチロックであるとするならば、越前海岸はここ数1000年間、全く隆起していないことになる。また近隣地区のほぼ同じ高さから採取された穿孔貝等の¹⁴C年代は590~1401yrBPを示しており（表2）、これらの年代値と矛盾することになる。この石灰質付着物の成因については、さらに検討が必要である。

V-2. 最新の活動と歴史地震

越前海岸におけるn1旧汀線を示す離水地形は明瞭であり、その離水年代は17世紀頃である。隆起量は越前岬付近で5.7mと大きな値を示している。この隆起量から推定される地震の規模は、断層面の傾斜角を60度、断層西側（若狭湾側）の沈降量を0mとしても、松田の経験式（ $\log D = 0.6M - 4$ ；松田，1975）よりマグニチュード8.0と推定できる。また地震調査研究推進本部が取りまとめている「全国を概観した地震動予測地図」の作成に用いたデータ（<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>）によれば、和布以南の和布-干飯崎沖断層および甲楽城断層が同時に活動した場合、マグニチュード7.6の地震が発生し、越前市から福井市にかけての低地で震度7の、また福武低地から丹生山地の広い範囲で震度6弱以上の揺れが予想されている。17世紀頃に福井県嶺北地域西部の広い範囲で震度6弱以上の強い地震動が襲ったとすれば、古文書等に何らかの記録が残されているものと推定される。そこでこれまで報告されている歴史地震との対比を試みた。

宇佐美（1996）によれば、17世紀に福井県で発生したマグニチュード7.0以上と推定されている地震は1662年（寛文2年）の寛文近江・若狭地震のみである。

寛文近江・若狭地震は、寛文2（1662）年5月1日（太陽歴では6月16日）巳刻（午前9時~午前11時ごろ）に若狭湾沿岸の三方断層（日向断層）の活動によって発生した地震と、午刻（午前11時~午後1時ごろ）に花折断層北部の活動によって発生した地震の2つの地震が連続して発生した双子地震である（中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会，2005）。三方地域では、久々子湖から菅湖にかけての垂直変位量が4.5~5.1mと大きく、早瀬から敦賀半島の丹生浦にかけて、海が干上がった（隆起した）という記録が残されている（小松原ほか，1999）。この起域にあたる美浜町佐多の低位段丘から採取したヤマトシジミの¹⁴C年代は [A.D.1500~1645] という値を示し、敦賀半島先端

の立石岬の岩礁の高さ0.5m付近から採取したトマガイの¹⁴C年代もほぼ同様の [A.D.1542~1659] という値であった(表2)。また立石岬から明神崎にかけては、1.9~4.0mの高さに低位段丘も認められる。この寛文近江・若狭地震の際、三方五湖東部の三方一日向断層が活動したことは確かであるが、甲楽城断層・和布一干飯崎沖断層とはやや離れており、同時に活動したとは考えにくい。また甲楽城断層・和布一干飯崎沖断層が活動した場合、甚大な被害を被ると推定される福武低地では、この時の顕著な地震被害は知られていない。

宇佐美(1996)は17世紀において、福武低地域に大きな被害をもたらした地震として、1639年の地震を記している。宇佐美によれば、この地震の推定マグニチュードは6.0であり、福井城が破損している。また福井県建設技術協会(1983)には“地震あり、焼失家屋1500戸、死者308人、北ノ庄の城破損”と記されている。しかしこれが甲楽城断層・和布一干飯崎沖断層の活動による地震被害を示すものかどうか不明であり、宇佐美(1996)の推定マグニチュードからすると、地震規模がかなり異なっている。また1586年には中部地方各地で被害が記録されている天正地震があり、若狭湾で津波の記録がある(飯田, 1987)が、福武低地周辺での被害記録はあまり存在しない(服部ほか, 1996)。

以上のように、これまでのところ海岸の離水地形および推定された活動年代に相当する甲楽城断層・和布一干飯崎沖断層の活動を示す古文書等の記録は見いだされておらず、今後とも調査を続けていく必要がある。

VI. まとめ

福井県越前海岸周辺地域において、空中写真判読、離水地形の調査、海成段丘の調査を行った。また離水した岩礁より採取した貝の¹⁴C年代を測定し、遺跡の年代をまとめた。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 越前海岸では最大で4段の離水地形が確認でき、下位よりn1, n2, n3, n4とした。
2. 旧汀線高度は全体としては海成中位段丘高度分布と同じく、越前岬付近が最も高く、北側、南側では低くなっている。
3. 越前岬付近での各旧汀線高度は、平均でn1は5.7m, n2は8.3m, n3は12.6m, n4は15.4mである。
4. 岩礁に付着した貝等の¹⁴C年代、遺跡の年代等から求めたn1の離水年代は17世紀頃、n2は紀元前9世紀頃である。
5. 完新世における海水準変動を考慮すると、n3は縄文海進高海面期から弥生の小海退期にかけての海面準の低下に伴い離水、n4は縄文海進高海面期に地震隆起により離水したと推定されるが、その離水年代についてはさらに検討が必要である。
6. 17世紀頃の最新の活動については、この活動を明瞭に示す古文書等の記録は見いだされていない。

謝辞

本稿を作成するにあたり福井大学中島正志名誉教授、服部 勇名誉教授からは多くのご助言を頂いた。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。福井県埋蔵文化財調査センターの河村健史氏には瓦の鑑定をお願いした。同富山正明氏には製塩遺跡についての詳細なデータを見せていただいた。福井県立恐竜博物館の宮田和周主任研究員には哺乳類下顎の鑑定をお願いした。福井大学の前田榘夫教授には紅藻について教えていただいた。以上、厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 青木豊昭 (1988) 第二編 第一章 原始. 越廼村誌編集委員会編, 越廼村誌, p.137-168.
- 朝岡 治・橋本祐一・片山恭男 (1985) 第24章 若狭湾 II, 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.
- 東 洋一・藤井昭二・畑中つとむ・竹山憲市 (1981) 北陸地域にみられるビーチロックについて. 第四紀研究, vol.20, p.271-280.
- 中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会 (2005) 1662 寛文近江・若狭地震報告書. 170p.
- 越前町史編纂委員会 (1977) 越前町史 上巻. 越前町, 1407p.
- 遠藤邦彦・小杉正人・松下まり子・宮地直道・菱田 量・高野 司 (1989) 千葉県古流山湾周辺域における完新世の環境変遷史とその意義. 第四紀研究, vol.28, p.61-77.
- 藤本 潔 (1990) 松島湾岸谷底平野における後期完新世海水準微変動の連続的復元. 地理学評論, vol.63 (Ser. A), p.629-652.
- 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.
- 福井県建設技術協会 (1983) 福井県土木史. 1060p.
- 原子力安全・保安院 (2010) 耐震設計審査指針の改定に伴う独立行政法人日本原子力研究開発機構高速増殖原型炉もんじゅ耐震安全性に係る評価について. 215p.
- 服部 勇・福井卓雄・水谷伸治郎・大矢芳彦・山本博文 (1993) 越前海岸玉川崩落災害の地質学的側面—長周期過程と崩落の再来周期の推定—. 自然災害科学, vol.12, p.125-139.
- 服部 勇・西村真希・西尾祐子 (1996) 福井県における自然災害のリスト. 福井大学積雪研究室紀要「日本海地域の自然と環境」, no.3, p.91-136.
- 飯田汲事 (1987) 天正大地震誌. 名古屋大学出版会, 552p.
- 伊藤大輔・木下慶之・山本博文 (2002) 越前海岸にみられる海食洞と旧汀線高度について. 福井大学教育地域科学部紀要 第II部 (自然科学), no.54, p.11-38.
- 海上保安庁水路部 (1980) 5万分の1沿岸の海の基本図及び海底地形地質調査報告 若狭湾東部. 海上保安庁水路部, 25p.
- 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.
- 茅根 創・山室真澄・松本英二 (1987) 房総半島南東岸における旧汀線の指標としてのヤッコカンザシ. 第四紀研究, vol.26, p.47-57.
- 茅根 創・吉川虎雄 (1986) 房総半島南東岸における現成・離水侵食海岸地形の比較研究. 地理学評論, vol.59, p.18-36.
- 小松原 琢・水野清秀・金田平太郎・須藤宗孝・山根 博 (1999) 史料による1662年寛文地震時の三方五湖周辺における地殻変動の復元. 歴史地震, no.15, p.81-100.
- 増田富士雄・宮原伐折羅・広津淳司・入月俊明・岩淵 洋・吉川周作 (2000) 神戸沖海底コアから推定した完新世の大坂湾の海況変動. 地質学雑誌, vol.106, p.482-488.
- 松田時彦 (1975) 活断層から発生する地震の規模と周期について. 地震2, vol.28, p.369-383.
- 日本原子力発電株式会社 (1980) 敦賀発電所原子炉設置許可申請書 (2号炉).
- 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.
- 小川琢治 (1906) 西南日本地質構造概観 (二) 丹波高原. 地質要報, no.19, p.45-53.
- 岡島尚司・山本博文 (1995) 福井県丹生山地における河川系の変遷 (予報). 福井大学積雪研究室研報「日本海地域の自然と環境」, no.2, p.1-8.
- 岡島尚司・山本博文・中川登美雄・新井房夫・西田史朗 (1998) 福井県丹生山地から見出された加久藤テフラ (Kkt) とその意義. 地球科学, vol.52, p.225-228.
- 岡山俊雄 (1956) 柳ヶ瀬断層と敦賀湾伊勢湾線. 駿台史学, no.7, p.75-101.
- 太田陽子・成瀬 洋 (1977) 日本の海成段丘—環太平洋地域の海面変化・地殻変動の中での位置づけ—. 科学, vol.47, p.281-292.

- 太田陽子・米倉伸之（1987）A. 自然環境の変遷 §13 海岸線. 日本第四紀学会編, 日本第四紀地図, 東京大学出版会, p.70-72.
- 下川浩一・佃 栄吉・山崎晴雄・水野清秀・奥村晃史・衣笠善博・疋田吉識・地質調査所（1994）平成5年北海道南西沖地震に伴う奥尻島の地殻変動-海浜生物指標による計測-. 地震予知連絡会会報, no.51, p.81-85.
- 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.
- 塚野善蔵（1965）越前海岸の地形と地質. 越前海岸自然公園学術調査報告書, 日本自然保護協会, p.19-42.
- 塚野善蔵（1969）福井県地質図幅説明書. 福井県, 117p.
- 塚野善蔵・伊藤政昭（1964）敦賀市東部山地の古生層について. 福井大学学芸学部紀要第二部 自然科学, no.14, p.101-116.
- 宇佐美龍夫（1996）新編 日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 493p.
- 山本博文・服部 勇（1994）若狭湾の海底地質構造-予報-. 福井大学積雪研究室研究報告「日本海地域の自然と環境」, no.1, p.1-8.
- 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.
- 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・中川登美雄・新井房夫（1996）越前海岸に発達する海成中位段丘群の対比と隆起速度. 第四紀研究, vol.35, p.75-85.
- 山本博文・奥山大嗣・江戸慎吾（2007）生物指標からみた平成19年（2007年）能登半島地震における海岸隆起. 福井大学地域環境研究教育センター紀要「日本海地域の自然と環境」, no.14, p.33-46.
- 山崎直方・多田文男（1927）琵琶湖付近の地形とその地體構造につきて. 地震研究所彙報, no.2, p.85-108.