

弥彦山地西海岸および葡萄山地西海岸の完新世離水地形

Holocene emerged shoreline topography along the western coast of the Yahiko Mountains and Budo Mountains, Niigata district, central Japan.

小松原 琢¹・宮地良典¹

Taku Komatsubara¹ and Yoshinori Miyachi¹

¹ 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

Abstract: We investigated the Holocene emerged shoreline topography along the western coast of the Yahiko Mountains and Budo Mountains, and described some active fault outcrops near the Budo Mountains. The Yahiko Mountains are located in the uplift side of the Kakuda-Yahiko fault, and its western margin faces to the Japan Sea. Although no distinct Pleistocene marine terrace is recognizable, four or five levels of Holocene former shoreline topography such as wave-cut-notches and -benches are identified along the sea side of the Yahiko Mountains. The heights of them are 1.25 ± 0.25 m, 2.45 ± 0.45 m, 4.25 ± 0.25 m, 5.5 ± 0.3 m and 8.0 m above recent mean tide level. The highest level is caught at only one site, but the other levels can be found at several sites. Archaeological salt works site dated to be 11th to 14th century was revealed, and it overlies on the beach sand. This may suggest that an uplift event occurred at after 11th century, however, we could not make clear relationships between the former shoreline topography and uplifted salt work site. Although several levels of Pleistocene and Holocene marine terraces have been developed along the Budo Mountains, no distinct active faults can be identified off the mountains. Emerged wave-cut-notches and -benches were found out at many sites along the coast of these mountains, but their height seems to have no regularity, and cannot be divided into any group because of lack of dating samples such as sessile organisms. We discovered active fault outcrops which indicate cumulative reverse western dipping slip since the later Middle Pleistocene at the south extension of the Budo Mountains. This late Quaternary fault (the Gagyuzan fault) has only 3 km in length, but its northward extension appears to be continuous to the eastern margin of the Budo Mountains.

Keywords: former shoreline, wave-cut-notch, wave-cut-bench, emerged shoreline topography, Holocene, uplift, active fault

要 旨

弥彦山地と葡萄山地の海岸部の隆起過程を求め、ために離水海岸地形等に関する調査を行った。

弥彦山地は角田-弥彦断層の隆起側に位置し、その西縁が日本海に面しているものの明瞭な完新世海成段丘を欠く。弥彦山地西海岸では 1.25 ± 0.25 m, 2.45 ± 0.45 m, 4.25 ± 0.25 m, 5.5 ± 0.3 m に離水した波食ノッチが認められた。また、13世紀以降の隆起を示唆する製塩遺跡が認められたが、隆起量とイベントの時期に関する結論は得られなかった。

葡萄山地の西縁には複数のレベルの更新世および完新世の海成段丘が発達するものの、様々な標高にノッチやベンチが現れ、その高度に明確な傾向が認められず、また沿岸域に活断層の存在を示す証拠は得られていない。葡萄山地の南延長に位置する臥牛山断層では中部更新統（高位段丘堆積物および先高位段丘期の地層）を切る西側隆起の逆断層の露頭が認められた。この断層（臥牛山断層）の長さは約

3 km に過ぎないが、その北方延長が葡萄山地の東縁に連続する可能性がある。

1. はじめに

離水旧汀線指標の高度と年代は、隆起地域における海陸境界域の活構造の活動性を知る上で極めて重要な資料である。筆者らは、弥彦山地と葡萄山地の西海岸（第1図）において離水旧汀線指標を探した結果、旧汀線指標となる地形（ノッチ・ベンチ）の高度分布などを明らかにすることができたので報告する。

2. 調査手法

調査はスタッフとハンドレベルを用いて、潮位から旧汀線指標までの比高を測定し、弥彦山地西海岸については新潟西港の、葡萄山地西海岸については鼠ヶ関の験潮所の潮位記録をもとに、両験潮所にお

ける2000年～2009年の10年間平均潮位との比高を求めて補正した。旧汀線指標のうち、ノッチについては後退点(リトリートメントポイント)の位置を、ベンチについては頂面の平らな部分の標準的な高さを旧汀線高度として測定した。特にノッチについては明瞭な後退点が認められ、かつ岩盤崩落などによって作られた地形と識別するために層状の構造・節理をもつものについては地質構造と後退点の高度が斜交するものに注目して高度を計測した。なお高度の計測と同時に旧汀線指標生物化石を探したが、本調査では良好な指標となる化石を得ることができなかった。

3. 弥彦山地の調査について

3.1 弥彦山地の地形・地質概要

弥彦山地は角田-弥彦断層の隆起側に位置する幅5～6 km、長さ15 km、最高点634 mの小さな山地である。この山地の西側は日本海に面しているが海成段丘面は認められていない。一方、褐色のローム層に覆われ、厚さ5 m以上の細礫と砂ないし泥を主体とする堆積物によって構成された河成段丘面が、山地北端部で標高30 m付近に、南端部(大河津分水路右岸)では標高40 m付近に認められる。これらは、被覆層の色調や堆積物の層相からみて、最終間氷期前後に河口付近で形成された段丘面である可能性が高い。弥彦山地には中新世の火山岩および火山砕屑岩類と主に泥岩からなる堆積岩が分布するが、このうち特に火山岩・火山砕屑岩分布地域には多くの離水旧汀指標地形が形成されている。

3.2 弥彦山地西海岸の旧汀線指標地形

弥彦山地の地形と旧汀線指標地形(ノッチ・ベンチ)の高度分布を第2図に、海岸線に平行するN20°E方向に投影した旧汀線指標高度を第3図に示す。第2図の数字は旧汀線指標の高度(現中等潮位上)、(n)はノッチ、(b)はベンチを示す。

第3図に示されるように特にノッチの高度は比較的そろった高さに出現する。これらを高度群別に示すと、1.0～1.5 m、2.0～2.9 m、4.0～4.5 m、5.2～5.8 mに旧汀線指標がまとまっていると読むことができる。また、8.1 mと15.6 mという高い位置に各1箇所明瞭なノッチが認められたが、角田山地北端部の後期更新世前半ごろに形成されたと考えられる細礫主体の河成段丘堆積物の高度が約30 mであることから、特に後者は完新世のノッチではない可能性が高い。

3.3 角海浜の製塩遺跡に露出した地層

本調査中に新潟市角海浜地区の海岸で多量の土器や動物化石、炭片を含む地層を見出した。新潟大学災害復興科学センターの卜部博士他の詳しい調査に

より、これは古代の製塩に関連する遺跡であることが明らかになった。遺跡に関する詳しい報告は今後待つことになるが、第4図に概要断面図を示す。

断面図中の最下部に露出する地層(A層)は生物による擾乱を受け、緩く海側に傾いた葉理をもつ細粒～中粒の粒度のそろった砂層である。露頭南端でA層をチャンネル状に削って堆積するB層は、後背地に由来する安山岩礫や同質凝灰岩の亜角礫を主体として淘汰の悪い泥および砂が礫間を充填する。C層は遺物や貝化石および哺乳動物の骨化石を多く含む細粒砂を主体とする地層で、基底部および下部の¹⁴C年代(以下の年代値は全て炭片の年代測定値)はそれぞれ880±50 yr.B.P(暦年補正年代値でAD.1048～1247)および710±50 yr.B.P(暦年補正年代値でAD.1258～1384)を示す。C層中には2～3層の埋没土壌が含まれ、これらの土壌中に特に多くの遺物や炭片が密集する(第5図)ほか、土壌および砂にはしばしば明瞭な生物擾乱が認められる(第6図)。C層基底の標高は最も低い場所(B層の上)で3.5 m、最も高い場所で7.2 mであるが、このうち遺物や炭の密集する部分は5.0～6.0 m付近である。C層を覆う砂層(D層)は上部ほど明瞭な高角度の斜交層理をもち、上面は緩やかな起伏をもつ。

3.4 弥彦山地の旧汀線高度に関する考察

弥彦山地西海岸の旧汀線指標地形は、1.25±0.25 m、2.45±0.45 m、4.25±0.25 m、5.5±0.3 mという規則的な高度分布を示す。このことは、年代不詳ながらも当地が単位隆起量1.2～1.8 mの地殻変動を繰り返している可能性を強く示唆している。

一方、角海浜の遺跡に露出する地層からはA層堆積時(11～13世紀以前)に海浜(前浜)的な環境にあった当地が隆起し、それを風成砂層と考えられるD層が覆っていることを示唆する。その隆起の時期は遺物包含層(C層)中に海浜近くで行われたと考えられる製塩に関連した遺物が多く含まれることから、C層堆積後の可能性があり、C層下部の¹⁴C年代値からその年代は13世紀後半以降である可能性がある。この年代値は渡辺ほか(2000; 2001)による長岡平野西縁断層帯南部・鳥越断層の最新活動時期と矛盾しない。しかし、断層活動時期を議論するには、角海浜遺跡の形成環境についてさらに詳細に検討する必要がある。

今後、角田山地西海岸の隆起旧汀線指標に関する古生物学的な指標を探し出して高精度の旧汀線高度の復元とその年代決定をすること、および角海浜の遺跡形成前後の古環境について厳密に検討することが必要である。

4. 葡萄山地の調査について

4.1 葡萄山地の地形・地質概要

葡萄山地は越後平野端に位置する南北約 30 km, 東西約 10 km, 最高点の標高 852 m の山地である。葡萄山地西縁の海岸には複数のレベルに海成段丘が発達する(米地, 1968; 太田, 1971; 宮内・山下, 2001; 伊倉・太田, 2003)。特に最終間氷期と完新世の海成段丘は連続性が良く, それらの汀線アングルの高度分布から古海水準や地殻変動が明らかにされている(太田, 1971; 伊倉・太田, 2003)。山地南部の東縁には三角末端面群が発達し, それを境に先新第三系基盤岩類からなる山地と, その麓の扇状地に分けられることから, 活断層研究会(1980)は長さ 10 km の虚空蔵山方東断層(確実度Ⅱ)の存在を推定している。しかし, その存否や活動性に関する基礎資料は不十分で, 第四紀後期における活動を疑問視する見解もある(伊倉・太田, 2003)。葡萄山地には広く花崗岩・花崗閃緑岩が分布するほか, 一部に中新世の火山岩や火山砕屑岩類が分布する。葡萄山地の南には, 三面川の沖積低地を隔てて瀬波丘陵が分布する。瀬波丘陵の東縁には臥牛山断層(小松原・田中, 1994)と呼ばれる高位段丘を変位させる活断層が分布する。

4.2 葡萄山地西海岸の旧汀線指標地形

葡萄山地の地形と旧汀線指標地形(ノッチ・ベンチ)の高度分布を第 7 図に, 海岸線に平行する N4°E 方向に投影した旧汀線指標高度を第 8 図に示す。第 7 図の表記は第 2 図と同様であり, 数字は旧汀線指標の高度(m; 現中等潮位上), (n) はノッチ, (b) はベンチを示す。

第 8 図に示されるように本地域の旧汀線指標の出現高度はばらつきが大きく, 特に三面川河口に近い調査地域南端部では標高 2 m 以下の様々な高度にノッチやベンチが出現する。一方, 調査地域中部～北部では南端部と比較して旧汀線指標地形の出現高度にやや一定の傾向が認められるが, 弥彦山地西海岸のような系統性は認めにくい。

4.3 臥牛山断層および虚空蔵山東方断層の踏査結果

葡萄山地南部には最終間氷期と完新世の海成段丘面が連続的に発達する(太田, 1971; 伊倉・太田, 2003)が, それらを隆起させた要因については未だ明らかにされていない(伊倉・太田, 2003)。筆者らは葡萄山地南部東縁を画する虚空蔵山東方断層とその南に位置する臥牛山断層沿いに空中写真判読と地表踏査を行った。その結果, 以下のことが示された。
①虚空蔵山東方断層沿いで基盤岩中に破碎帯が認められたものの第四紀の活動を直接示す証拠は得られなかった。
②虚空蔵山東方断層北端部近くの村上市板屋越集落西方の孤立丘東端で, 新第三系(中新統?)

砂礫層が, 孤立丘の背面高度の分布と同傾向に約 70 度北西傾斜する露頭を見出した。しかし, この構造が第四紀における断層運動と関連するものかどうかは明らかでない。③臥牛山断層沿近傍の断層露頭 1 (位置は第 7 図に示す)では, 断層地形と平行する N15°E 走向で 76°W の高角西傾斜の正断層によって中部更新統・坪根層(小松原・田中, 1994)が鮮新統・鉄江層(西山層相当層)と接し, かつそれらを 6～7°西傾斜する高位段丘堆積物(上助淵層)が覆う露頭が見出された(第 9 図上)。この断層露頭は臥牛山断層の副断層と考えられるが, 中期更新世の高位段丘堆積物堆積以前に活動を始めていたことを示している。④臥牛山断層の西に近接平行する背斜軸付近(断層露頭 2)で, 高位段丘堆積物(上助淵層)を切る 30～40°西傾斜の逆断層が認められた(第 9 図下)。この逆断層の走向は臥牛山断層と若干斜交する(N35～40°E)。しかし, この露頭で見られる断層は臥牛山断層の副断層であり, 断層上盤側の副次的な歪場で生じた断層と考えることができる。これは臥牛山断層が高位段丘堆積物堆積期に活動を繰り返していることを示している。さらに臥牛山断層付近の高位段丘面が傾動していること(小松原, 1991)から, 本断層は高位段丘堆積期以降も活動を繰り返した可能性が高い。

4.4 葡萄山地の旧汀線高度に関する考察

葡萄山地の旧汀線高度のうち更新世段丘の旧汀線高度はいずれの段丘でも山地南部地域(吉浦～間島付近)で最も高く, その南北に向かって緩やかに低くなる傾向がある(太田, 1971)。一方, 汀線アングルから求められる完新世の旧汀線高度はほぼ様な高度を示し, 更新世段丘に認められるような, 地域による隆起量の違いを読み取ることはできない(伊倉・太田, 2003)。本調査で得られた旧汀線高度は, 様々な高度に分布する上, 高度を計測できた地点が十分に密でなく, かつ年代値が得られなかったため, 地殻変動パターンについて議論する資料としては不十分と言わざるを得ない。

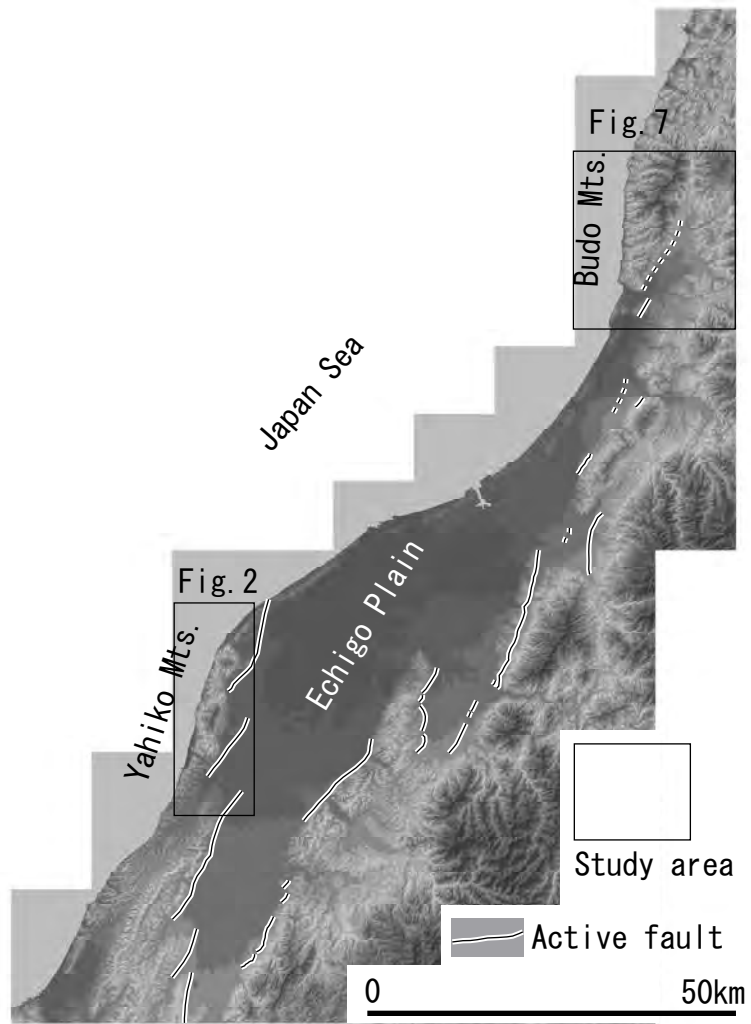
また, 特に三面川河口付近で多くの水準にノッチやベンチが形成されている要因としては, 三面川より多量の礫質碎屑物が運び込まれるため, 相対的な海水準変化に対して鋭敏に旧汀線指標地形が形成されうることや, 単に海岸を隆起させる変動のみならず 1964 年新潟地震時に鼠ヶ関検潮所で約 20 cm の沈降を記録した(茂木, 1964; 壇原, 1966)ように, 長期的傾向とは逆に海岸部を沈降させるイベントが生じていることが挙げられる。特に能登半島西岸で明らかにされたように数 10 cm 単位の小刻みな相対的海水準変動が生じている(Shishikura *et al*, 2009)可能性もあり, 古生物学的な旧汀線指標をより高密度に採取することが, 本地域の地殻変動を明らかにするために必要とされる。

一方、葡萄山地の南に隣接する臥牛山断層は中期更新世以降活動を繰り返していることが明らかになったが、臥牛山断層は長さ 3 km という短小な断層であり、単独で断層活動を繰り返すとは考えにくい。虚空蔵山東方断層が第四紀後期に活動していることを示す証拠は得られなかったが、両者が連動するならば、葡萄山地沿岸海域に活断層が存在しなくても、同山地西海岸に長期的な隆起をもたらすことは可能となる。また臥牛山断層西方（瀬波丘陵地域）の海成中位段丘面の高度が葡萄山地南端部と大きく異なること（宮内・山下，2001）も、この考えと矛盾しない。しかし、葡萄山地北部以北に虚空蔵山東方断層の延長となるような地形は認めがたいことや、測地学的資料からみて非地震的に朝日山地西側が隆起している可能性が高いこと（鷺谷，2002）など、検討すべき課題が多く残されている。

文 献

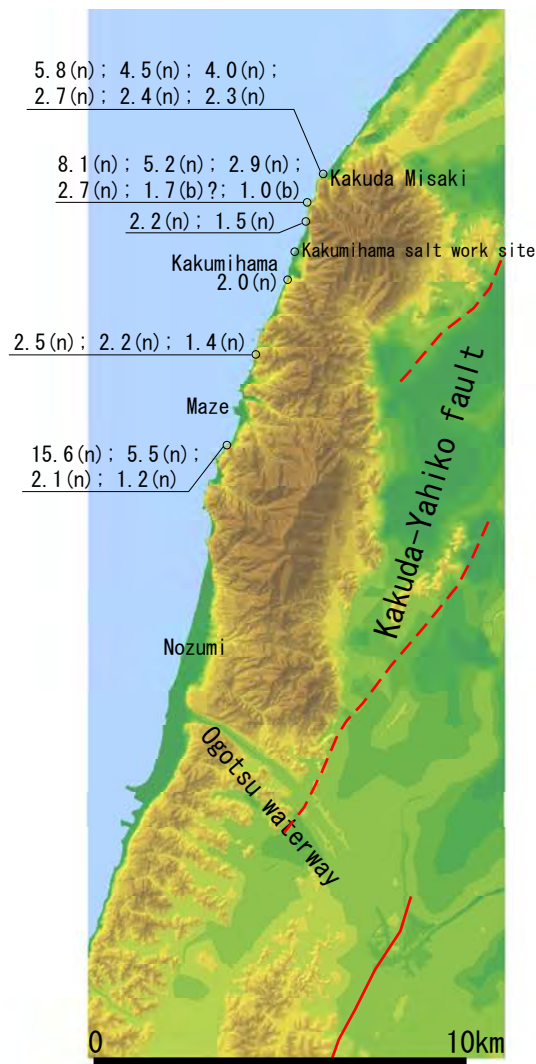
- 壇原 毅 (1966) 新潟地震における地殻変動の測地学的調査結果の特質. 防災科学技術研究所報告, **11**, 19-31.
- 伊倉久美子・太田陽子 (2003) 朝日山地西縁の完新世海成段丘と地殻変動. 地学雑誌, **112**, 394-405.
- 活断層研究会 (1980) 日本の活断層—分布図と資料—. 東京大学出版会, 363p.
- 小松原 琢 (1991) 新潟平野北東縁部の活構造—変位速度からみた地殻変動の地域的特徴—. 東北地理, **43**, 73-97.
- 小松原 琢・田中 保 (1994) 新潟平野北東縁部の第四系と地殻変動. 地球科学, **48**, 31-50.
- 宮内崇裕・山下佐祐美 (2001) 津軽～男鹿. 小池一之・町田 洋編: 日本の海成段丘アトラス. 東京大学出版会, 34-36.
- 茂木清夫 (1964) 新潟地震調査報告—村上一加茂沿岸の地変—. 震研彙報, **8**, 46-51.
- 太田陽子 (1971) 日本海沿岸の海成段丘と第四紀地殻変動 その 1. 朝日山地西縁地域. 横浜国立大学理科紀要Ⅱ. **18**, 61-72.
- 鷺谷 威 (2002) 明治期以降の歪集中帯. 大竹正和・平朝彦・太田陽子編「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」東京大学出版会, 133-150.
- Shishikura, M., Echigo, T. and Namegaya, Y. (2009) Evidence for coseismic and aseismic uplift in the last 1000 years in the focal area of a shallow thrust earthquake on the Noto Peninsula, west-central Japan. *Geophysical Research Letters*, **36**, L02307, doi:10.1029/2008GL036252.
- 米地文夫 (1968) 羽越海岸の地形面. 山形大学紀要(自然科学), **7**, 89-95.
- 渡辺満久・太田陽子・栗田泰夫 (2001) 鳥越断層群の群列ボーリング調査. 活断層・古地震研究報告, No.1 (2001年), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 87-96.
- 渡辺満久・太田陽子・鈴木郁夫・澤 祥・鈴木康弘 (2000) 越後平野西縁, 鳥越断層群の完新世における活動性と最新活動時期. 地震第 2 輯, **53**, 153-164.

(受付: 2010年9月9日, 受理: 2010年10月30日)



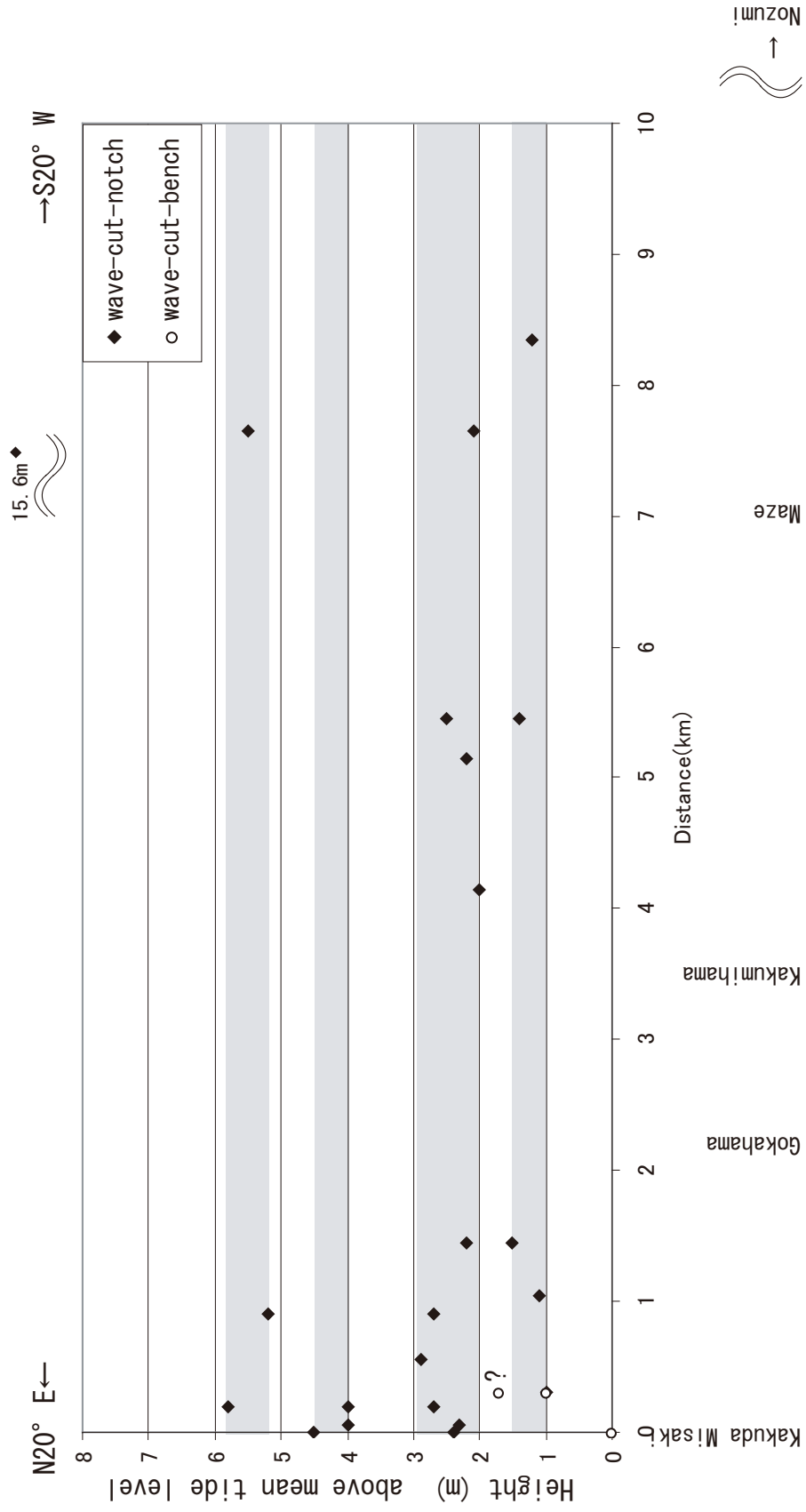
第1図 越後平野周辺の地形と活断層分布. 地形段彩陰影図は国土地理院発行の数値地図10mメッシュ(標高)に基づいて作成. 四角の枠は調査対象地区を示す.

Fig. 1 Topographic features and distribution of active faults around the Echigo Plain. Graduated coloring and shade DEM is based on the Digital Map 10 m Grid (Elevation) made by Geospatial Information Authority of Japan. Two rectangular frames are study areas.



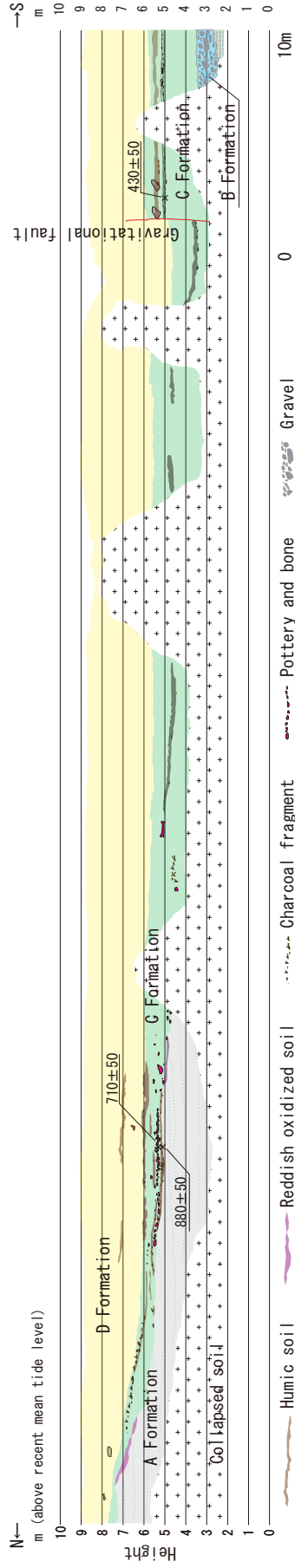
第2図 弥彦山地の地形と旧汀線の高度。地形段彩陰影図は国土地理院発行の数値地図10mメッシュ(標高)に基づいて作成。数字は旧汀線高度を中等潮位からの高さ(m)で表示したもの。(n)はノッチ,(b)はベンチを示す。

Fig. 2 Topographic features and heights of the former coast lines around the Yahiko Mountains. Graduated coloring and shade DEM is based on the Digital Map 10 m Grid (Elevation) made by Geospatial Information Authority of Japan. Numbers indicate height of the former coast lines in meters above recent mean tide level. (n) means wave cut notch, and (b) means wave cut bench.



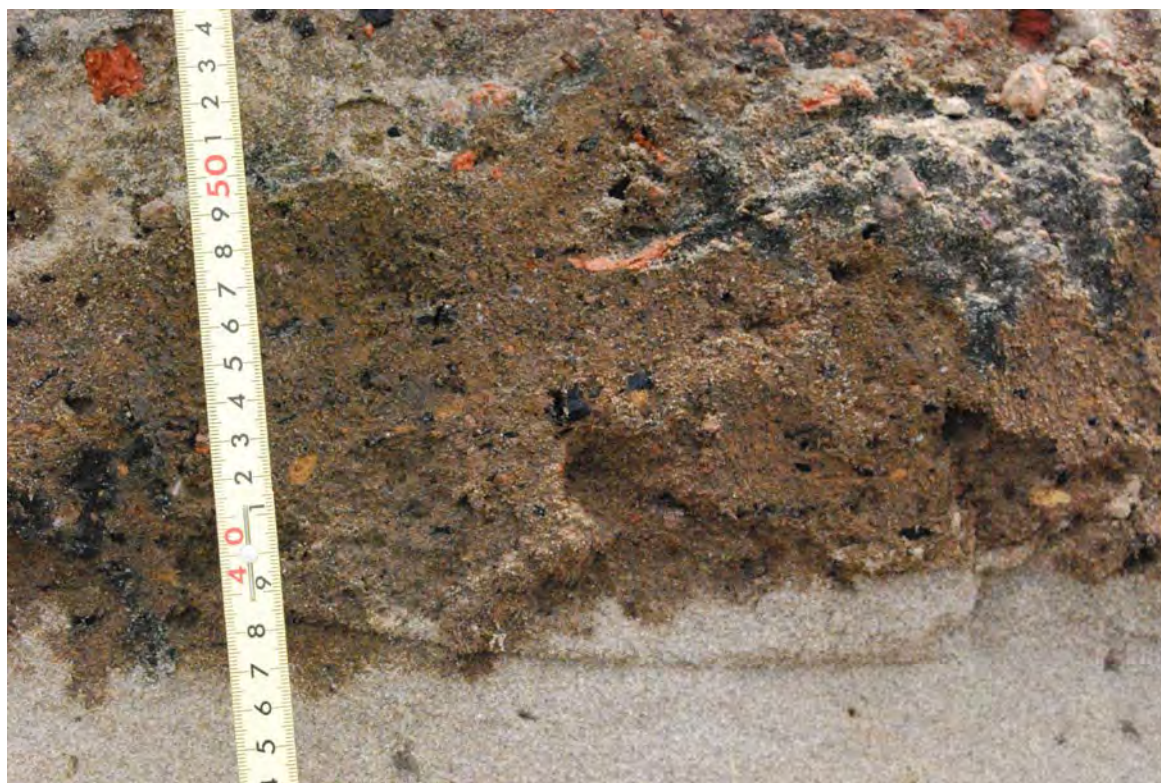
第3図 海岸線に平行な断面に投影した弥彦山地西海岸の旧汀線指標地形の高度。1.0~1.5 m, 2.0~2.9 m, 4.0~4.5 m, 5.2~5.8 mに旧汀線高度がまとまっている(網掛けで示す)。

Fig. 3 Shore parallel plot of the height of emerged shoreline topography along the western coast of the Yahiko Mountains. Clusters of height of the former emerged shoreline topography are identified at 1.0-1.5 m, 2.0-2.9 m, 4.0-4.5 m and 5.2-5.8 m above recent mean tide level as shown by gray colored zone.



第4図 角海浜の製塩遺跡の地質断面。数字は¹⁴C年代測定値 (y.B.P.)。A層は海浜 (前浜) の特徴をもつ堆積物。C層は製塩遺物包含層。写真と図の間で地層境界の位置が異なるのは、法面に不規則な凹凸があるため、および写真撮影前後に表面を覆う崩積土を取り除いて観察した結果を図に記していることによる。

Fig. 4 Geological cross section of the Kakumihama salt work site. Numbers are ¹⁴C dates (y.B.P.). A Formation has character of beach (fore shore) deposits. C Formation is ancient salt work relics including deposits. Difference of layer boundary lines between the cross section and the photograph is due to irregular concavoconvex of outcrop and removing collapsed soil before and after taking photographs for sketch.

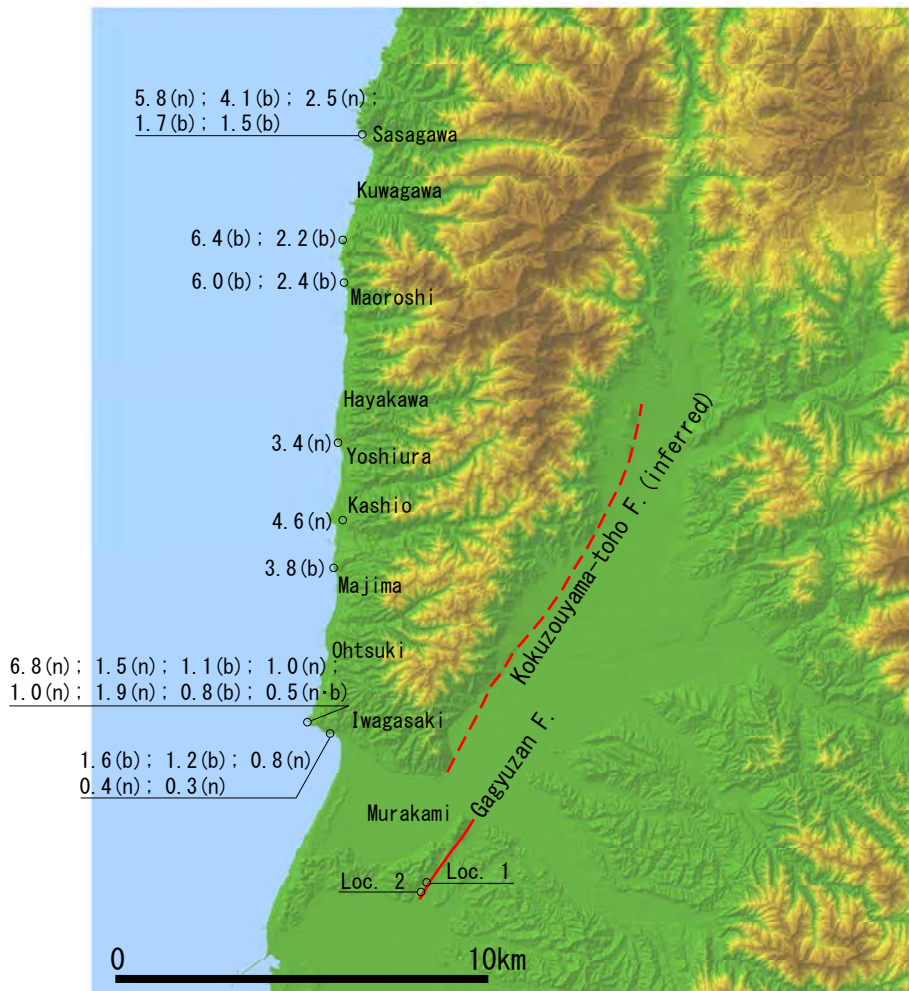


第5図 C層の近接撮影。有機質土壌中に炭と土器および骨類が密集する。

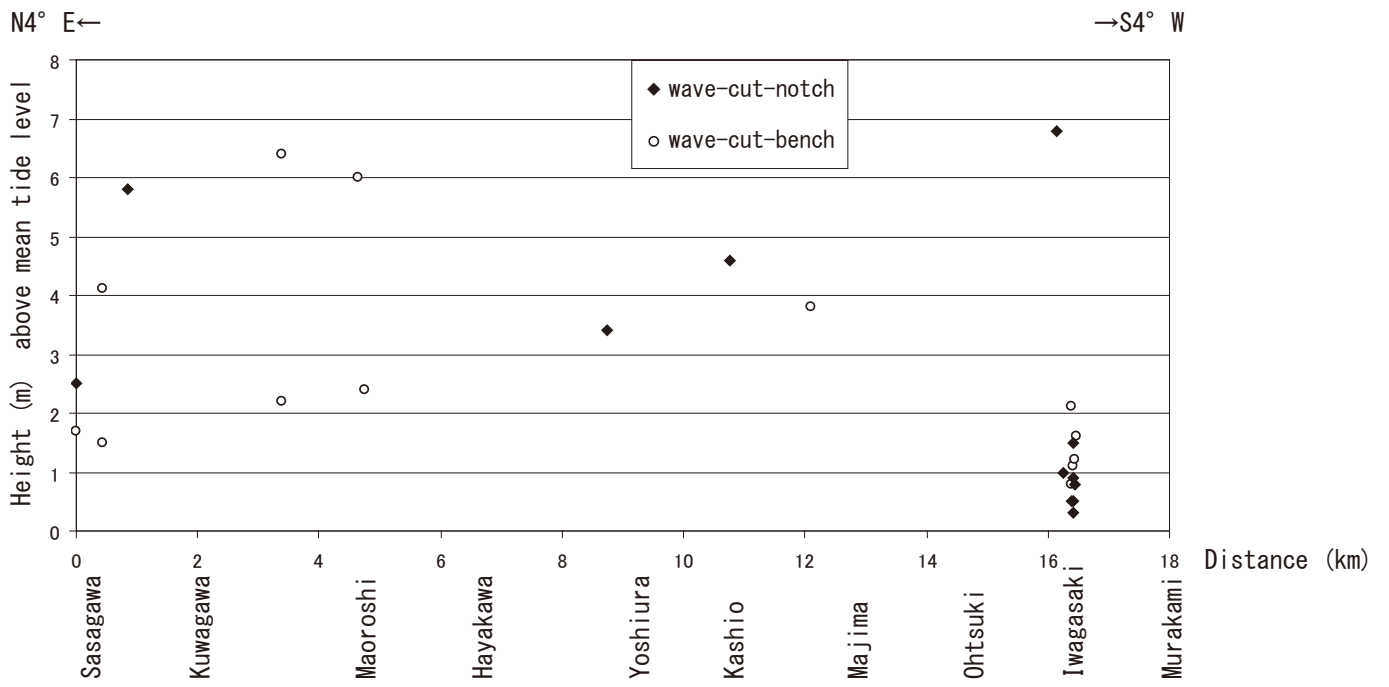
Fig. 5 Close-up photo of C Formation. Charcoal fragments, potteries and bone fragments yield densely in humic soil layers.



第 6 図 C 層中の生物擾乱.
Fig. 6 Bioturbation in C Formation.

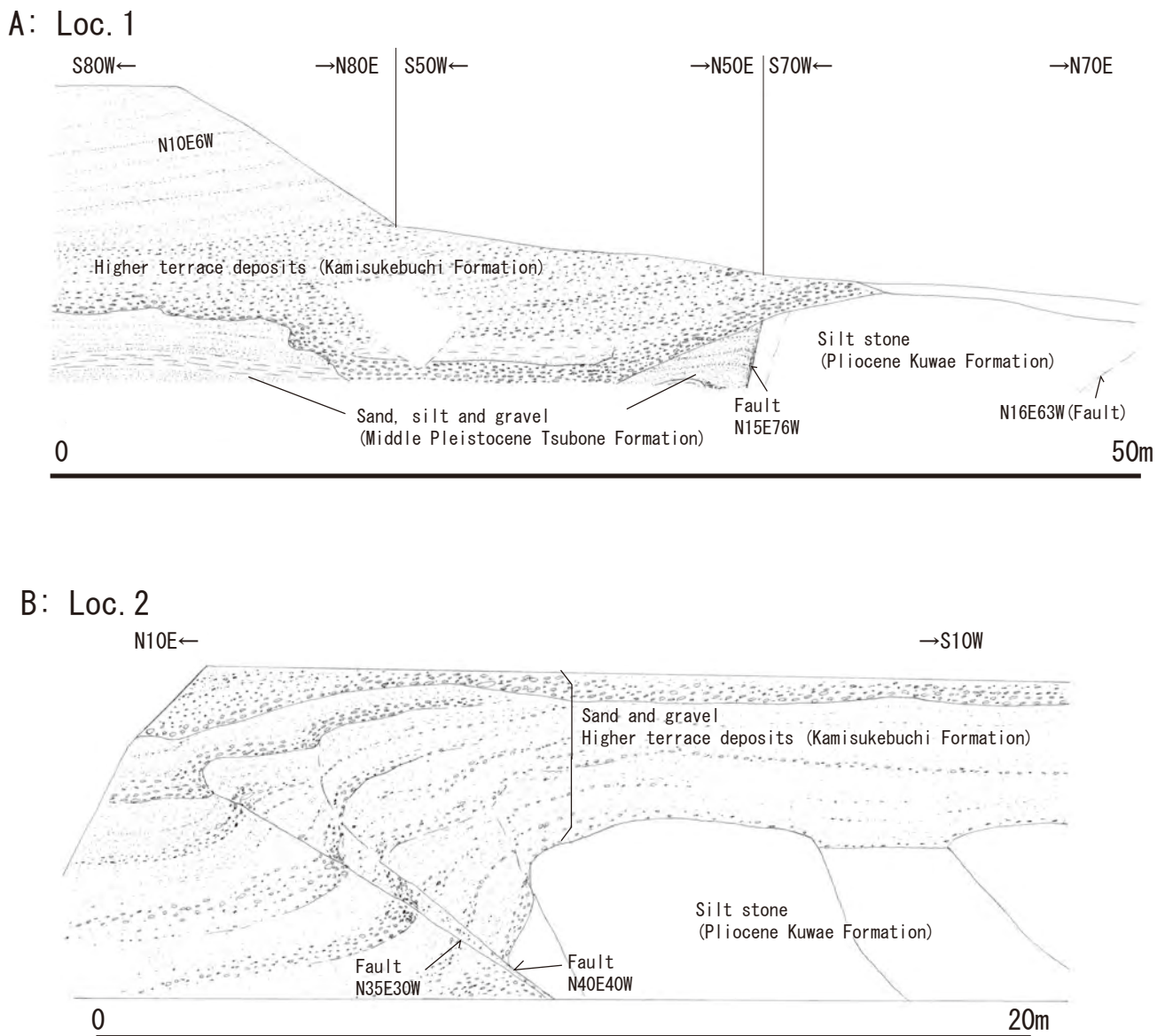


第7図 葡萄山地地形と旧汀線の高度。地形段彩陰影図は国土地理院発行の数値地図10mメッシュ(標高)に基づいて作成。数字は旧汀線高度を中等潮位からの高さ(m)で表示したもの。(n)はノッチ,(b)はベンチを示す。
 Fig. 7 Topographic features and heights of the former coast lines around the Budo Mountains. Graduated coloring and shade DEM is based on the Digital Map 10 m Grid (Elevation) made by Geospatial Information Authority of Japan. Numbers indicate height of the former coast lines in meters above recent mean tide level. (n) means wave cut notch, and (b) means wave cut bench.



第 8 図 海岸線に平行な断面に投影した葡萄山地西海岸の旧汀線指標地形の高度。旧汀線指標地形は様々な高度に分散し、一定の規則性は認めがたい。

Fig. 8 Shore parallel plot of the height of emerged shoreline topography along the western coast of the Budo Mountains. Height of emerged shoreline topography is randomly distributed, and no apparent regularity is identified.



第9図 葡萄山地南方延長・臥牛山断層の第四紀後期の活動を示す露頭。A：中部更新統・坪根層と鮮新統・鉾江層を境する正断層，およびそれらを不整合に覆う高位段丘堆積物（上助淵層）。位置は第7図のLoc.1。B：高位段丘堆積物を変位させる低角西傾斜逆断層。位置は第7図のLoc.2。

Fig. 9 Outcrops of Late Quaternary faulting by the Gagyuzan fault, southern extension of the Budo Mountains. A: High-angle normal fault bound between the Pliocene Kuwae Formation and the Middle Pleistocene Tsubone Formation, and Higher terrace deposits Kamisukebuchi Formation that overlies unconformably on the Tsubone Formation. Location of outcrop is shown as Loc. 1 in Fig.7. B: Low-angle reverse deforming Higher terrace deposits. Location of outcrop is shown as Loc.2 in Fig.7.