

「基盤的調査観測対象断層帯の追加・補完調査」成果報告書 No.H17-9

## 櫛形山脈断層帯の活動性および活動履歴調査

平成 18 年 5 月

独立行政法人  
産業技術総合研究所

## 目 次

1 . 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究	1
2 . 調査結果	1
( 1 ) 貝屋地区 ( 群列ボーリングおよびトレンチ調査 )	2
( 1 ) - 1 調査地点周辺の地形	2
( 1 ) - 2 群列ボーリング	2
( 1 ) - 3 トレンチ調査	2
( 2 ) 金山地区 ( トレンチ調査 )	5
3 . まとめ	8
3 . 1 断層帯の位置及び形態	8
( 1 ) 断層帯を構成する断層	8
( 2 ) 断層面の位置・形状	8
( 3 ) 変位の向き	9
3 . 2 断層帯の過去の活動	9
( 1 ) 平均変位速度	9
( 2 ) 活動時期	9
( 3 ) 1 回の変位量	10
( 4 ) 活動間隔	10
( 5 ) 活動区間	10
文 献	11
図 表	12

## 1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

櫛形山脈断層帯は、新潟県北東部に位置し、櫛形山地西方断層、櫛形山地東方断層群、加治川断層などからなる長さ 16km の逆断層成分を主体とする断層である。

この断層帯は、小泉（1971）、活断層研究会（1980；1991）、渡辺・宇根（1985）、小松原（1991）、小松原・田中（1993）などにより、左横ずれ成分を伴う東落ち逆断層ないし活褶曲に伴う逆断層と記載されてきた。しかし、次に述べる新潟県による詳細な調査以降に公表された池田ほか編（2002）、中田・今泉編（2002）、渡辺ほか（2003）では、左ずれ成分や活褶曲に関する記載は除かれている。また、藤平（2004）は本断層帯周辺地域の段丘面のテフラによる編年・対比を行い、小松原（1991）の見解を訂正する知見を得ている。

新潟県は平成 10 年度から 12 年度の 3 年間にわたって本断層帯全体を総合的に調査し、活動性評価と活動時期解明のための基礎資料を得ている（新潟県、1999；2000；2001）。その最終報告である新潟県（2001）は、本断層帯中で最も明瞭な変位地形をもち低位段丘面を確実に変位させている南部・加治川断層の活動性について、ボーリング調査とトレンチ調査の結果から、(1) 平均上下変位速度は 0.3-0.5mm/年、(2) 最新活動は約 6600yBP 以降-約 5950yBP 以前、(3) 最新活動時の上下変位量は 3-3.5m 程度、としている。しかし地震調査研究推進本部地震調査委員会（2002）は、このうち最新活動時期と単位変位量に関する見解についてはそのまま採用せず、「平均上下変位速度は 0.2-0.4mm/年（新潟県、2001 では変位基準とした AT の年代を 25000 年前としていたが、これを約 29000 年前として再計算）、最新活動時期は約 6600 年前以降、300 年程度前以前、単位変位量は上下成分で 3.5m 以下」という見解を示した上で、最新活動時期、単位変位量および活動間隔を明確にすること、その上で南に隣接する月岡断層帯との連続性・連動性について検討することを求めている。

なお、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2002）は、池田ほか編（2002）の索引図を基に、本断層帯を構成する断層として新たに「坂町付近の断層」を加えている（第 1 図）。

## 2. 調査結果

本年度の調査では、加治川断層の活動履歴、特に最新活動時期と活動間隔、および単位変位量を明らかにすることを目的として、新発田市（旧加治川村）貝屋地区と金山地区（第 2 図）でボーリングおよびトレンチ調査を行った。

## (1) 貝屋地区 (群列ボーリングおよびトレンチ調査)

### (1) - 1 調査地点周辺の地形

米軍撮影の空中写真によると、貝屋地区では明瞭な断層崖状の地形の前面に棚田状の田面が複数分布しているのが認められ、この棚田の分布する斜面が撓曲崖的に東に緩く傾斜している。この小崖は屈曲しながら約 300m にわたって連続する (第 3 図)。渡辺ほか (2003) はこの斜面を撓曲崖として認め、その基部に断層線を引いている。

### (1) - 2 群列ボーリング

貝屋地区のトレンチは、この撓曲崖状の斜面基部を横断して掘削することにしたが、昭和の圃場整備によりこの斜面は平坦化されており (地権者からの聞き取りによる)、調査位置を事前に決定することはできなかった。このため、トレンチ位置を選定することを目的として、トレンチ調査に先行して KI-1 から KI-8 の 8 孔からなる群列ボーリング調査を実施した (第 4 図)。その結果、KI-2 および KI-6 の 2 孔で未固結堆積物上に基盤 (中新統内須川層泥岩) が傾斜約 45° の断層面を境として衝上していることが確認された (第 5 図)。この断層の地表への延長位置にトレンチの掘削位置を選定した。

### (1) - 3 トレンチ調査

トレンチ調査は、断層推定位置を中心とする開口部で長さ 11 m、幅 4 m、深さ (鉛直深度) 2 m のトレンチを掘削して行った。壁面勾配は、約 55° とした。

#### (1) 層序、各層の層相・層厚・分布高度等

貝屋地区トレンチには、耕作土、人工攪乱層、炭化物を多く含む腐植シルト層、砂質礫層-腐植質シルト層、砂質礫層、礫混じり腐植質シルト・砂質礫互層が分布している。これらの地層を、「層相の相違」を最も重視し、かつ「連続性」、「地層上面の削剥の有無」、「地質構造に差があるか否か」などを考慮して、表 2 および第 6 図から第 8 図に示す 1 層から 7 層に区分した。

#### (2) 地質構造

北面、南面とも明瞭な断層構造が複数確認できた。それらは、主として 4 層中に発達する F1a 断層群、4 層と 5 層の境界をなす F1b 断層、および主として 5 層中に発達する F2 断層群に分けられる。このうち F1a 断層群は、断層面が西に傾斜する (25°) 西側隆起の低角逆断層であり、3 層堆積前に断層構造の一部が削剥され 3 層に覆われている。また、F1b 断層は、F1a 断層群のバックスラストで東に傾斜する東側隆起の逆断層である。この F1a 断層群と F1b 断層とに挟まれた 4 層の部分には、地層が巻き上げられるポップアップ構造が認められ、この構造の一部も 3 層堆積前に削剥を受けている。

F2断層群は、5層中および5層と6層の境界の一部に分布し、西傾斜で西側が隆起する低角逆断層であり5層中で箒状に分散する。また、F2断層群は4a層堆積前に一部が削剥され、4a層の一部に覆われている。第3図に示すように、北壁断層部を0.3m程度奥に掘り込んだが、そこではF2断層の一部が4b層まで連続しており、4b層中に低角の小断層が複数確認された(第8図)。これらの小断層は4a層には達していない。掘り込む前の壁面においては4b層と5層の間は断層関係(F1b断層)であり、4b層に最新の活動によるポップアップ構造が認められていた。また、5層は4b層に比較し明らかに急斜しており、両層間には構造差が認められる。

さらに、F2断層の背後に分布する7層は腐植質シルト層と砂質シルト層との互層であるが、50-80°度層理面が東に傾斜し、6層との境界は傾斜不整合となっている(第6、7図)。

### (3)地層・地形面の年代

トレンチ内にみられる地層からは、考古遺物および炭質物が採取できた。遺物は新発田市教育委員会の鈴木暁氏に鑑定を依頼した。また、炭質物については、(株)地球科学研究所に年代測定を依頼した。ボーリングコアとトレンチから得られた年代測定結果を表3に、遺物の鑑定結果を表4に示す。以下に各地層の年代を示す。

3層：須恵器，土師器，土器が多数出土した。これらの遺物は、表3に示すように、縄文後期後葉から平安時代前期のもので8世紀後半から9世紀前半のものが多い。また、3層最下部から採取した腐植質シルトの<sup>14</sup>C年代値(Conventional radiocarbon age, 以下同じ)として2090±50yBP, 3010±40yBP(誤差は1。以下同じ)が得られている。

4層：既述しているとおり、4a層からは、縄文後期末-晩期前半の土器が1点、縄文晩期の土器が2点出土した。縄文晩期の年代は、新発田市教育委員会 鈴木 暁氏によるとBC1200-BC750(中葉まで; 3150 calyBP-2700 calyBP)とのことであるが、山田・山本(2000)でも縄文晩期の始まりはほぼ同じ値が得られている。また、断層上盤側の腐植質シルトの<sup>14</sup>C年代値として3,370±90yBP, 炭化物のそれとして4780±40yBPが得られた。また、断層下盤側の腐植質シルトの<sup>14</sup>C年代値として4480±70yBP, 5060±40yBP, 5600±90yBP, 6830±40yBP, 6900±40yBPが得られた。

5層：5層上部にレンズ状の腐植質シルトが挟在している。この腐植質シルトの<sup>14</sup>C年代値として、7950±40yBP, 8020±40yBPが得られた。

7層：腐植質シルトから得られた<sup>14</sup>C年代値は9540±40yBP, 9610±40yBPである。

4a層中から採取した炭化物や堆積物の<sup>14</sup>C年代値として約3370-6900yBPが得られているが、同層が断層の上盤側で巻き込まれるような構造を示す部分の礫層中に縄文後期末-晩期の土器が複数点出土した。したがって、4a層の少なくとも上部は3150 calyBPま

たはそれより新しい年代を示すと考えられる。一方、4b層の年代値は得られていないが、この4b層の上面はF1断層付近で西に深度を増しており、4a層はこの上面を埋めるように分布している。また、4a層と5層との境界は西方で深度を浅くしており、4a層は西方で急激に層厚を薄くしている。このため、壁面で4a層下面は椀状を呈し、F2断層前面で最も深くなっている。この分布状況は北壁、南壁ともに確認されることから、4a層堆積前には、F2断層の前面に断層崖と平行して幅2m程度、深さ0.7m以上の溝が存在しており、4a層はこの溝を埋めるように堆積したと判断される。

3層最下部から採取した腐植質シルトの<sup>14</sup>C年代値として約2090yBP、3010yBPが得られているが、本層中からは主として8世紀後半-9世紀前半の須恵器などが出土している。また、3層中には炭が多量に散在しており、人工的に攪乱されたような地層の乱れが認められる。これらのことから3層は8世紀後半-9世紀前半に少なくとも一部が人工的に攪乱されたと推定される。あるいは4a層上面の一部はその時に削られた可能性がある。

#### (4) イベント層準

貝屋トレンチでは主として4層中と5層中に断層構造が確認された。それぞれ第6-8図に示すF1とF2である。F1断層群は、主断層のF1a断層群とそのバックスラストであるF1b断層がみられ、F1a断層群とF1b断層に挟まれた部分が巻き上げられポップアップ構造を示している。このポップアップ構造は3層堆積前に一部が削剥されており、3層中には断層の存在を推定させるような地層の変位・変形は認められない。このためF1断層は櫛形山脈断層帯加治川断層の最新活動を示すと判断され、その活動時期は4a層堆積後、3層堆積前である。

一方、F2断層群は主として5層中に分布し、5層を変位・変形させており、この変位・変形構造は両壁面の4a層に覆われている。北壁における断層部の掘り込みによってF2断層の一部が4b層に及んでおり、かつ4a層に覆われることが確認された。したがってF2断層は最新より前の活動を示し、その活動時期は5層堆積後4a層堆積前であると考えられる。

7層は礫層と腐植質シルト層の互層であり、層理面は東に50-80°傾斜している。この急斜している7層の上面は削剥され、6層は7層の同斜構造を不整合で覆っている。これは著しい傾斜不整合である。このため、7層堆積後6層堆積前に、断層の活動による7層の変形と上盤側の削剥があったと判断される。この活動の時期はF2断層の活動より前である。

#### (5) 断層活動時期

最新活動時に活動した断層と判断されるF1が4a層を切り、3層に覆われることから、

貝屋地区における加治川断層の最新活動時期は 4a 層堆積後，3 層堆積前である．それぞれの地層に含まれる土器の形式と編年から BC1200 (3150 calyBP) 以降，8 世紀後半-9 世紀前半以前である可能性が高いが，3 層は人工土壌であることから，より新しい時代まで人為による擾乱が及んでいた可能性も否定できない．

最新活動に先立つ活動としては，トレンチでは F2 断層が 4b 層堆積後 4a 層堆積前に少なくとも 1 回活動したと認定される．変形した 5 層から  $7950 \pm 40$  yBP (8980-8660 calyBP)，4a 層のうち確実に変形を覆う層準からは  $4780 \pm 40$  yBP (5590-5470 calyBP) の年代が得られている．このことから，貝屋トレンチでは約 9000 年前以降，5500 年前以前に最新活動に先立つ活動が発生したと考えられる．

さらに，トレンチ北側壁面西方では，直立した 7 層が 6 層に覆われることから，7 層堆積後，6 層堆積前に少なくとも 1 回の断層活動が推定される．6 層の上位の 5 層からは  $7950 \pm 40$  yBP (8980-8660 calyBP) および  $8020 \pm 130$  yBP (9040-8640 calyBP)，7 層からは  $9540 \pm 40$  yBP (11070-10720 calyBP) の年代が得られているため，約 11000 年前以後，約 8700 年前以前に少なくとも 1 回の活動があったと考えられる．

## (2) 金山地区 (トレンチ調査)

### (1) 周辺地域の地形とトレンチの規模等

金山地区は分離小丘の東側にある水田で掘削した (第 2, 9 図)．この掘削箇所は，平成 12 年度に新潟県によって掘削されたトレンチ (新潟県, 2001) の北東に隣接する (第 9 図)．トレンチの規模は，開口部で長さ 24 m，幅 18 m，深さ (鉛直深度) 5m とした．壁面勾配は，軟弱な砂泥層と湧水が認められたことから約 45-50° とした．なお用地の制限から南側壁面に変形構造が出現する位置まで掘削することはできなかったため，北側壁面のみを観察した．

### (2) トレンチ壁面にみられる地質

トレンチ壁面には，谷底平野堆積物である砂とシルトないし腐植質シルトの互層が認められた．それらの堆積物を，層相の相違，連続性，時間間隙の有無，構造差の有無，削剥の有無とその程度等を考慮して表 5 および第 10 図に示す 1-6 層に区分した．

### (3) 地質構造

トレンチ内に分布する 3 層から 6 層は，大局的に東に傾斜している．このうち 3 層上面は第 10 図の NE15 で深度 0.6m に位置するが，NE0 では深度 1.8m に分布し，そのみかけの傾斜は 4° 程度である．

この 3 層は分布状況と層相から，新潟県 (2001) のスケッチ図 (第 11 図) の II 層最上部のシルト層に対比される．この II 層の上面も約 5° 東に傾斜している．大局的に

東に緩く傾斜するなかで、NE5-10 間の 4-6 層の傾斜角はみかけ 13-20°、実測 30-40° となる。この傾斜角は新潟県（2001）で掘削したトレンチ内で確認された地層の傾斜 1-5° に比較し明らかに急斜している。たとえば、5 層上面は NE5 以東ではほぼ水平（1° 東に傾斜）、NE7-11 で見かけ上 4.5° 東に傾斜しているが、NE5-8 間ではみかけ 13°、実測 34° となっている。また、6a 層は、灰色シルト層の中にザラメ状の極粗粒砂が散在している連続性のよい特徴的な地層であるが、NE5-10 間で、みかけ 20°、実測 32-38° 東に傾斜している。

一方、新潟県（2000）ではボーリング調査を実施しており、群列ボーリングを掘削した測線は、今回のトレンチ調査の法肩付近にあたっている。今回、トレンチに現れた堆積物の層序と対応させるために、ボーリングコアの記載（新潟県、2000）を再検討した。再検討した層序とトレンチ調査の結果を合わせた地質断面図を第 12 図に、層序を表 6 に示す。この群列ボーリング調査でも狭い範囲で層理面の急斜が確認されており、撓曲による地層の変形を示唆している。また、この地層が急斜する区間は、新潟県（2000）のボーリングコア（KZ-9 と KZ-14）で確認された鍬江層泥岩と低位段丘堆積物を境する西傾斜約 45° の逆断層の上方延長部にあたる（第 12 図）。位置から考えて、トレンチに現れた撓曲構造はこの逆断層の上部延長における変形構造と判断される。

5 層内の単層の多くは NE6-9 間で不連続になっており、地層の落差を精度よく求めることができない。唯一、NE5-7 間でチャンネルにより一部が削剥されているが、5a 層が層相と層位から撓曲構造の西側と東側で対比できる。この 5a 層の落差は第 10 図に示すように 0.7m 程度である。また、6 層上面の落差は 1.7m 以上であるが、ボーリング調査（新潟県、2000）をあわせて考えると落差が 2m を大きく上回ることはないと判断される。

なお、強震動の痕跡として、NE1.5 に 5 層から 4 層にかけて液状化に伴う砂脈が認められる（第 13 図）。この砂脈は  $3110 \pm 70$ yBP の年代を示すシルト層およびその上位の砂層まで貫いている。一方、この砂脈は  $2970 \pm 70$ yBP の  $^{14}\text{C}$  年代値を示すシルト層に覆われる。

#### (4) 地層・地形面の年代

金山トレンチより得られた年代測定値を表 7 に示す。ここに示されるように年代値はおおむね層序と矛盾しない。

各層の年代値の概要は以下の通りである。

3 層：今回の調査では下部の腐植質シルトの 1 試料より  $2570 \pm 60$ yBP の年代値が得られた。

4 層：撓曲帯東側と西側から各 3 試料、計 6 試料について測定値が得られた。上部から約 2,970yBP、最下部から約 3400yBP の値が得られた。



5層：撓曲帯東側で4試料，西側で5試料の計9試料について測定値が得られた．最上部の5a層から約3,400-3,490yBP，下部では約4,890-4,570 yBPの年代値が得られた．特に撓曲帯東（沈下）側の5層下半部は約4,890-4,340 yBPの年代を示し堆積速度が大きい．

6層：撓曲帯西側で4試料の年代測定値を得た．本層中部から約6770 yBP，最上部の6a層からは5920 ± 40 yBPの年代値が得られている．

今回得られた放射性炭素同位体比年代測定値と，新潟県（2000,2001）の既存調査結果を比較すると，ほぼ同じ層準とみなされる堆積物の年代値が，新潟県（2000,2001）よりも今回の測定では系統的に約200-600年新しい値を示す．

その理由として，今回の測定では前処理にあたってアルカリ処理を省略して1A処理（1回の酸処理）しかしていないことが多く，堆積後に混入した炭素を十分に除去できていない試料を測定したことによる可能性を指摘できる．しかし測定結果を全面的に見直すことは不可能であり，かつ誤差は最大でも測定値の15%未満（約600年）であることから，本報告では今回の測定値を用いることとする．

#### (5) イベント層準

新潟県による平成11年度群列ボーリング調査によると，低位段丘堆積物（8層）の上位にあたる完新統基底（7層）の層厚は，断層下盤側が1.2-2mであるのに対し，断層上盤側は0.3-0.6mと薄くなっている（第12図；地層区分は本調査における再検討による）．この7層の層厚が断層を境にして変化することから，低位段丘堆積物（8層）堆積後，7層堆積終了前に1回以上の断層活動が想定される．

トレンチ壁面において，撓曲構造を境に単層の落差が大きく変化している層準は，6層上面-5層下部の間および5層上面-3層下面間であり，それぞれの落差は1.7m以上および約0.7mである．また3層以上の層準に構造的な落差は認められない（第10，12図）．したがって，トレンチより読み取ることができる断層活動イベントは，6層堆積後-5層下部堆積までにおける上下変位量1.1m以上（ボーリング調査の結果を参照すると，それを大きく上回ることはない），および5層堆積後-3層堆積前における上下変位量約0.7mのイベントの2回である．

#### (6) 断層活動時期

5層上面が変形し，3層下面が変形していないことから，金山トレンチにおける加治川断層の最新活動時期は5層堆積後，3層堆積前，すなわち3400 ± 60 yBP（3700-3580 calyBP）以降，2570 ± 40 yBP（2760-2720 calyBP）以前である．

金山トレンチでは，5層基底の上下変位量が5層上部の上下変位量より有意に大きいことから，6層堆積後，5層堆積中に断層活動が行われたと判断される．5層最下部に

アバットする堆積構造が見られるため、活動層準は5層最下部に限定できると考えられる。6層最上部の腐植層(6a層)からは $5920 \pm 40$  yBP (6800-6660 calyBP)、5層下部の腐植層からは $4890 \pm 60$  yBP (5660-5590 calyBP)の年代値が得られているため、約6900年前以後、5600年前以前に1回前の活動があったと推定される。

平成11年度の金山地区群列ボーリング調査(新潟県,2000)の再解釈より、8層堆積以降、7層堆積終了前に少なくとも1回以上の断層活動が想定される(層序区分は今回の再検討結果による)。新潟県(2000)の年代測定では、7層下部から $7870 \pm 80$  yBP (8870-8575 calyBP)、8層上部から $21990 \pm 420$  yBP(暦年未補正)の値が得られている。一方6層最上部-7層下部の間の層準では、撓曲帯をはさんで東西で有意な層厚の変化は認めがたいことから、この間に断層活動が行われたとは考えにくい。したがって、金山地区における2回前のイベント発生時期は約8600年前以前と判断される。

### 3. まとめ

#### 3.1 断層帯の位置及び形態

##### (1) 断層帯を構成する断層

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2002)によると、本断層帯は新潟県岩船郡荒川町から新発田市(旧北蒲原郡加治川村)に至る、「坂町付近の断層」「櫛形山地西方の断層」「櫛形山地東方断層群」および「加治川断層」の4断層からなる、長さ約16kmの断層帯である。吉岡ほか(2005)は、「櫛形山地西方の断層」と「加治川断層」によって「加治川活動セグメント」が、「櫛形山地東方断層群」によって「櫛形活動セグメント」が構成されているとしている。本調査では新たに断層の存否に関する調査を行っていないので、これに従うものとする。

##### (2) 断層面の位置・形状

断層位置に関しては、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2002)の評価結果を変更するような資料は得られていない。なお、貝屋地区のボーリング調査では、内須川層泥岩が未固結堆積物と断層で接している状態が確認された。また、金山地区でも鍬江層シルト岩が低位段丘堆積物と断層で接しているのが、新潟県(2000)で確認されている。いずれも、断層面が西に傾斜し、西側が隆起する逆断層であり確認された断層面の傾斜角は $45^\circ$ である。

### (3) 変位の向き

今回調査を行った加治川断層は、西側隆起の断層である。かつて小泉(1971)、活断層研究会(1980,1990)、渡辺・宇根(1985)や小松原(1991)は、この断層が左横ずれ成分をもつことを指摘したが、今回の調査でも横ずれ成分は確認できなかった。

## 3.2 断層帯の過去の活動

### (1) 平均変位速度

新潟県(2001)では、ボーリング調査およびピット調査の結果を基に、加治川断層の貝屋地区における平均変位速度を上下方向に0.3m/千年としている。また、同断層の貝塚地区における平均変位速度を上下方向に約0.5m/1000年としている。これらの値について、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2002)は、変位基準の年代値を較正して0.2-0.4m/千年年としている。

今回の調査では新たに平均変位速度に関する検討を行っていないため、これに従う。

### (2) 活動時期

貝屋トレンチで縄文時代晩期の土器片を含む地層が断層変位を受けていることから、ここでの断層の最新活動時期は約3200年前以降であることは確実である。一方、金山トレンチでは、断層の最新活動時期は約3800年前以後、約2800年前以前と推定されており、両トレンチの結果を総合すると、加治川断層の最新活動時期は、約3200年前以後、約2800年前以前に限定される。

最新活動に先立つ活動時期については、貝屋トレンチで約9000年前以後、5500年前以前に少なくとも1回の活動が、金山トレンチで約6900年前以後、5600年前以前に1回前活動があったと推定させていることから、加治川断層の1回前活動は約6900年前以後、5600年前以前にあったと推定される。

2回前の断層活動イベント発生時期については、貝屋地区トレンチにおいて2回ないしそれ以上前の断層活動イベント(約11000年前以後、約8700年前以前に少なくとも1回)が推定されており、これと金山地区ボーリングから推定されるイベント発生時期(約8600年前以前に1回以上、かつ約6600年前以降、8600年前以前に断層活動は考えにくい)は矛盾しない。このことから、2回前の断層活動時期は貝屋トレンチの調査結果より約11000年前以後、約8700年前以前と判断される。

### ( 3 ) 1 回の変位量

金山トレンチの調査結果から，最新活動による上下変位量は約 0.7m，前々回の活動による上下変位量は約 1.1-1.3mと考えられる．松田の経験式からは，断層長 16km とすると変位量は約 1.3m と計算される．以上を総合すると，1 回あたりの上下変位量は 1m 程度と考えられる．

### ( 4 ) 活動間隔

過去 3 回の活動について，それぞれの活動時期の年代幅を考慮して計算すると約 2800-4100 年という値が得られる．一方，約 8700-11000 年前以降に 3 回の活動があったと考えると，平均活動間隔は，2900-3700 年程度と算定され，両者は矛盾しない．また，これらは 1 回あたりの変位量（約 0.7-1.3m）と平均変位速度（0.2-0.4m / 千年）から求められる活動間隔（1700-6500 年）とも矛盾しない．

### ( 5 ) 活動区間

加治川断層北部の貝屋地区と中部の金山地区における過去 3 回の断層活動時期は同時であると考えて矛盾なく説明でき，調査範囲内で複数の活動区間に区分するような情報は無い．

なお，新潟県（1998）は月岡断層帯の最新活動時期として 5900-4600yBP（6800-5348 calyBP；誤差の範囲は 1 ）を示しているが，これは櫛形山脈断層帯（加治川断層）の前々回の活動時期と重なる．しかしながら両者が同時に活動したことを積極的に指示する資料はなく，両者の関係について議論する十分なデータはない．

（調査担当：小松原 琢・吉岡敏和）

## 文 献

- 藤平秀一郎 (2004) 風成層に基づく新潟県北部, 三面川・荒川・胎内川・加治川の河成段丘区分と編年. 新潟大災害研年報, 26, 101-114.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編 (2002) 第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会, 254p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2002) 櫛形山脈断層帯の評価.
- 活断層研究会編 (1980) 日本の活断層. 東京大学出版会, 363p.
- 活断層研究会編 (1991) 新編日本の活断層. 東京大学出版会, 437p.
- 小泉武栄 (1971) 新潟平野東縁の断層地形 (演旨). 地理評, 44, 339.
- 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.
- 中田 高・今泉俊文 (2002) 活断層詳細デジタルマップ. DVD-ROM 2枚, 付図1葉, 60p. 東京大学出版会.
- 新潟県 (1998) 平成9年度地震関係基礎調査交付金月岡断層帯に関する調査 成果報告書.
- 新潟県 (1999) 平成10年度地震関係基礎調査交付金櫛形山脈断層帯に関する調査 成果報告書.
- 新潟県 (2000) 平成11年度地震関係基礎調査交付金櫛形山脈断層帯に関する調査 成果報告書.
- 新潟県 (2001) 平成12年度地震関係基礎調査交付金櫛形山脈断層帯に関する調査 成果報告書.
- 小田寛貴・山本直人 (2000) 縄文土器のAMS<sup>14</sup>C年代と較正年代-石川県の縄文前期-晩期を中心に-. 考古学と自然科学, 42, 1-13.
- Stuvier, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hunghen, K.A., Kromer, B., McCormac, F.G., v.d.Plicht, J. and Spurk, M. (1998) INTCAL98 Radiocarbon age calibration, 24,000-0 calyBP. Radiocarbon, 40, 1041-1083.
- 渡辺満久・宮内崇裕・八木浩司・藤本大介 (2003) 国土地理院技術資料 D・1-No.416 1:25,000 都市圏活断層図「新発田」. 国土地理院.
- 渡辺満久・宇根 寛 (1985) 新潟平野東縁の活断層と山地の隆起. 地理評, 58, 536-547.

図 表

表 1 櫛形山脈断層帯のまとめ

表 2 貝屋トレンチの地質

表 3 貝屋地区ボーリングおよびトレンチの<sup>14</sup>C年代測定値一覧表

表 4 貝屋地区トレンチ出土異物一覧表

表 5 金山地区トレンチの地質

表 6 ボーリング（新潟県，2000）と今回のトレンチで示された金山地区の地下地質概要

表 7 金山トレンチの<sup>14</sup>C年代測定値一覧表

第 1 図 櫛形山脈断層帯とその周辺

（国土地理院発行 1/200000 地勢図「新潟」「村上」を使用）

第 2 図 加治川断層調査位置案内図

（国土地理院発行 1/25000 地形図「中条」「稻荷岡」を使用）

第 3 図 調査地周辺の空中写真

（米軍撮影 1/1 万空中写真 75W 82PRS M437 314 に加筆）

第 4 図 貝屋地区トレンチ・ボーリング位置図

第 5 図 貝屋地区群列ボーリングより推定された地質断面

第 6 図 貝屋トレンチ北面のスケッチおよび N0.6～N5.9 の写真

第 7 図 貝屋トレンチ南面のスケッチおよび S0.9～S8.5 の写真

第 8 図 貝屋トレンチ北面 F2 断層先端部の掘り込み部分 (N2.7～N3.9) 拡大スケッチ

第 9 図 金山地区トレンチ位置図

第 10 図 金山トレンチ (北面) のスケッチと写真

第 11 図 金山トレンチ西側に隣接する平成 12 年度新潟県調査のトレンチ (新潟県 2001)

第 12 図 金山地区地質断面図

(今回調査結果および平成 11・12 年度新潟県調査 (新潟県, 2000; 2001) を再検討した結果を基に作成)

第 13 図 金山トレンチ東部にみられた砂脈

第 14 図 加治川断層の活動履歴総括図

誤差は 1 . 1 : 新潟県 (1998) による . 2 : 新潟県 (2000) による .

表 1 櫛形山脈断層帯のまとめ.

	従来評価	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態			
(1) 断層帯を構成する断層	坂町付近の断層・櫛形山地西方の断層・櫛形山地東方断層群・加治川断層	坂町付近の断層・櫛形山地西方の断層・櫛形山地東方断層群・加治川断層	今回は検討していない。坂町付近の断層は、変位地形不明瞭(中田・今泉, 2002に記載なし)
(2) 断層帯の位置・形状			
地表における断層帯の位置・形状			
断層帯の位置(両端の緯度・経度)	北端:北緯38° 08', 東経139° 28' 南端:北緯38° 00', 東経139° 23'	北端:北緯38° 08', 東経139° 28' 南端:北緯38° 00', 東経139° 23'	今回は検討していない。
長さ	約16km	約16km	今回は検討していない。
地下における断層面の位置・形状	地表での長さ・位置と同じ	地表での長さ・位置と同じ	今回は検討していない。
上端の深さ	0km	0km	貝屋トレンチで確認
一般走向	N30° E	N30° E	今回は検討していない。
傾斜	西傾斜45° 程度(地下十数m以浅)	西傾斜45° 程度(地下十数m以浅)	貝屋地区調査で断層面が地表付近で低角化していることを観察したが、大勢には影響しない
幅	不明	不明	今回は検討していない。
(3) 断層のずれの向きと種類	西側隆起の逆断層	西側隆起の逆断層	貝屋トレンチで確認
2. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	0.2-0.4m/1000年(上下成分)	0.2-0.4m/1000年(上下成分)	今回は検討していない。
(2) 過去の活動時期	約6600年前以後, 約300年前以前	活動1(最新活動) 約3200年前以後, 約2800年前以前  活動2(1つ前活動) 約6900年前以後, 約5600年前以前  活動3(2つ前活動) 約11000年前以後, 約8700年前以前	貝屋・金山両地区の調査結果から総合.
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔			
1回のずれの量	3.5m以下(上下成分)	1m程度(上下成分)	総合的な推定値(金山地区での観察結果からは約0.7-1.3m, 断層長-変位量に関する松田式からは約1.3m)
平均活動間隔	3000-18000年	約2800-4100年	過去3回の活動時期から推定(2つ前活動からの平均では約2900-3700年, 1回の変位量と平均変位速度との関係からは約1700-6500年と推定)
(4) 過去の活動区間	不明	少なくとも調査範囲では1区間として活動。前々回の活動では月岡断層と連動した可能性も否定できない。	



表2 貝屋トレンチの地質.

地層名	層相	層厚 (m)		分布深度 (m)
		北面	南面	分布標高 (m)
1層	表土, 耕作土. 褐色腐植質シルト. 植物根を多く含む.	0.2~0.3	0.1~0.2	0.0 26.6
2層	人工攪乱層. 礫混じりシルト質砂, 礫混じり砂.	0~0.3	0.2~0.5	0.1~0.2 26.4~26.5
3層	黒褐~暗褐色礫混じり腐植質シルト. $\phi$ 1~2cmの炭化物を多量に含み, 一部人工的に攪乱されている. また, 8世紀後半~9世紀前半の須恵器, 縄文時代後期後葉の土器, 古墳時代の可能性がある土師器, 9世紀の土師器を含む.	N5以東に分布 0~0.8	0~0.8	0.3~0.5 26.1~26.3
4層	a 暗灰色腐植質シルト, 砂質礫からなる. 砂質礫の礫は $\phi$ 1~3cmでおおむね新鮮な花崗岩類の亜円~亜角礫が主体をなす. 縄文晩期の土器(2点), 縄文後期末~晩期前半の土器(1点)を出土した. 断層崖の前面に存在していたチャンネルを埋める堆積物.	N7以東に分布 >1.0	S4.5以東に分布 >0.7	0.6~1.2 25.4~26.0
	b 砂質シルト, 砂質礫, 細粒砂からなる. 砂質礫の礫は $\phi$ 1~3cmでおおむね新鮮な花崗岩類の亜円~亜角礫が主体をなす.			
5層	砂質礫, レンズ状の細粒~粗粒砂層・腐植質シルトからなる. 礫は $\phi$ 3~20cmのおおむね新鮮な花崗岩類の礫とマサ状に風化した花崗岩類の礫が主体をなす. 基質は粗粒砂である.	N3~N7に分布 0~>1.0	S4~S7に分布 0~>0.7	0.4~1.9 24.7~26.2
6層	砂質礫からなる. 礫は $\phi$ 3~20cmのおおむね新鮮な花崗岩類の礫とマサ状に風化した花崗岩類の礫が主体をなす.	>1.2	>1.4	0.4~2.0 24.7~26.2
7層	砂質礫と, 礫混じり腐植質砂質シルトの互層.	>1.2		1.6~1.8 24.9~25.0

表3 貝屋地区ボーリングおよびトレンチの<sup>14</sup>C年代測定値一覧表.

孔名	試料名	試料番号 (Beta-)	深度	種類	測定方法	前処理	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	<sup>14</sup> C年代 (yBP; 誤差1 $\sigma$ )	暦年代 (calBP; 誤差1 $\sigma$ )
KI-1	KIB1 (10.40m)	211149	10.40m	腐植質シルト	AMS	1A	-27.4	30340±440	-
	KIB1 (15.25m)	211150	15.25m	腐植質シルト	AMS	1A	-28.5	41340±1700	-
壁面	試料名	試料番号 (Beta-)	層準	種類	測定方法	前処理	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	<sup>14</sup> C年代 (yBP; 誤差1 $\sigma$ )	暦年代 (calBP; 誤差1 $\sigma$ )
北面	KIN1-2	213481	4a	腐植質シルト	AMS	1A	-24.2	6900±40	7750~7680
	KIN1-3	213482	4a	腐植質シルト	AMS	1A	-24.0	6850±90	7700~7660
	KIN1-4	211141	4a	腐植質シルト	Radiometric	1A	-24.1	5600±90	6460~6300
	KIN1-5	211142	3	腐植質シルト	Radiometric	1A	-25.0	2090±50	2130~1990
	KIN2-3	211143	4a	腐植質シルト	Radiometric	1A	-26.1	4480±70	5300~4970
	KIN2-5	211144	4a	腐植質シルト	Radiometric	1A	-26.6	3370±90	3700~3480
	KIN3-2	211145	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-25.8	8020±130	9040~8640
	KIN3-3	211146	5	腐植質シルト	AMS	1A	-25.2	7950±40	8980~8660
	KIN3-4	211147	4a	炭化物	AMS	3A	-26.2	4780±40	5590~5470
	KIN8-1	213483	7	腐植質シルト	AMS	1A	-23.4	9610±40	11120~10780
	KIN8-2	211148	7	腐植質シルト	AMS	1A	-23.4	9540±40	11070~10720
南面	KIS1-1	213479	4a	腐植質シルト	AMS	1A	25.3	5060±40	5900~5740
	KIS1-2	213480	3	腐植質シルト	AMS	1A	-23.1	3010±40	3260~3150

半減期は 5568 年として計算した.

暦年較正にあたって INTCAL 98 (Stuvier et.al., 1998)を使用した.

表4 貝屋地区トレンチ出土異物一覧表.

壁面	試料名	層 準	種 類	時 代 ※1
南面	PoS-1	4a	縄文土器	縄文晩期（前葉～中葉？）※2
	PoS-2	4a	縄文土器	縄文晩期
	PoS-3	3	土師器	古墳時代？
北面	PoN-1	3	須恵器壺	8世紀後半～9世紀前半
	PoN-2	3	須恵器壺	8世紀後半～9世紀前半
	PoN-3	3	縄文土器	縄文後期後葉
	PoN-4	4a	縄文土器か古墳時代土師器	不明
	PoN-5	3	須恵器甕	8世紀後半～9世紀前半
	PoN-6	3	土師器甕	9世紀
	PoN-7	4a	縄文土器	縄文後期末～晩期前半

※1:新発田市教育委員会 鈴木暁氏の鑑定による. ※2:縄文晩期中葉と考えられるが前葉の可能性もある.

表5 金山地区トレンチの地質.

地層名	層相	層厚 (m)		分布深度(m)
		西	東	分布標高(m)
1層	表土および耕作土. 褐色腐植質シルト. 植物根を多く含む.	0.3	0.3	0.0
				8.7~9.4
2層	砂層. レンズ状のシルト層, 砂質シルト層を挟み, 多量の材を含む.	0~0.3	0.2~0.5	0.2~0.4
				8.3~8.4
3層	暗灰色腐植質シルト層. ほぼトレンチ壁面全幅に分布する. 層厚0.3m程度で, 東に緩く傾斜する.	0.1~0.3	0.3~0.4	0.7~2.5
				6.7~8.0
4層	厚さ0.1~0.2mのシルト層を複数枚挟む砂層. トレンチ中央部および西部にチャネル構造が認められる. 中央部のチャネル構造は幅2m程度で, 下位の5層の一部を削剥する. 東部に砂脈が認められ, この砂脈は5層から4層中部までを貫き, 4層中に一部砂が噴出している.	0.4	0.9	0.8~2.2
		0.6~1.2		6.5~8.0
5層	粗粒砂層を主体とし, 複数枚のシルト層(厚さ0.05~0.2mで一部腐植質)を挟む. トレンチ壁面中央部と西部にチャネル構造が認められる. 後述する撓曲構造の東側で層厚が漸増し, より頻繁にシルト層を挟む. また, シルト層は東側ほど腐植質である.	1.1	2.1	2.3~3.1
				5.6~6.4
6層	腐植質シルト層と粗粒砂層の互層. 腐植質シルト層は層厚0.1~0.3mで, 一部材が散在する. また, N10付近の本層上部, N12付近の本層中部にそれぞれチャネル構造が認められる.	1.3~2.4	2.0~2.2	3.3~4.8
				3.8~5.3

表6 ポーリング（新潟県，2000）と今回のトレンチで示された金山地区の地下地質概要.

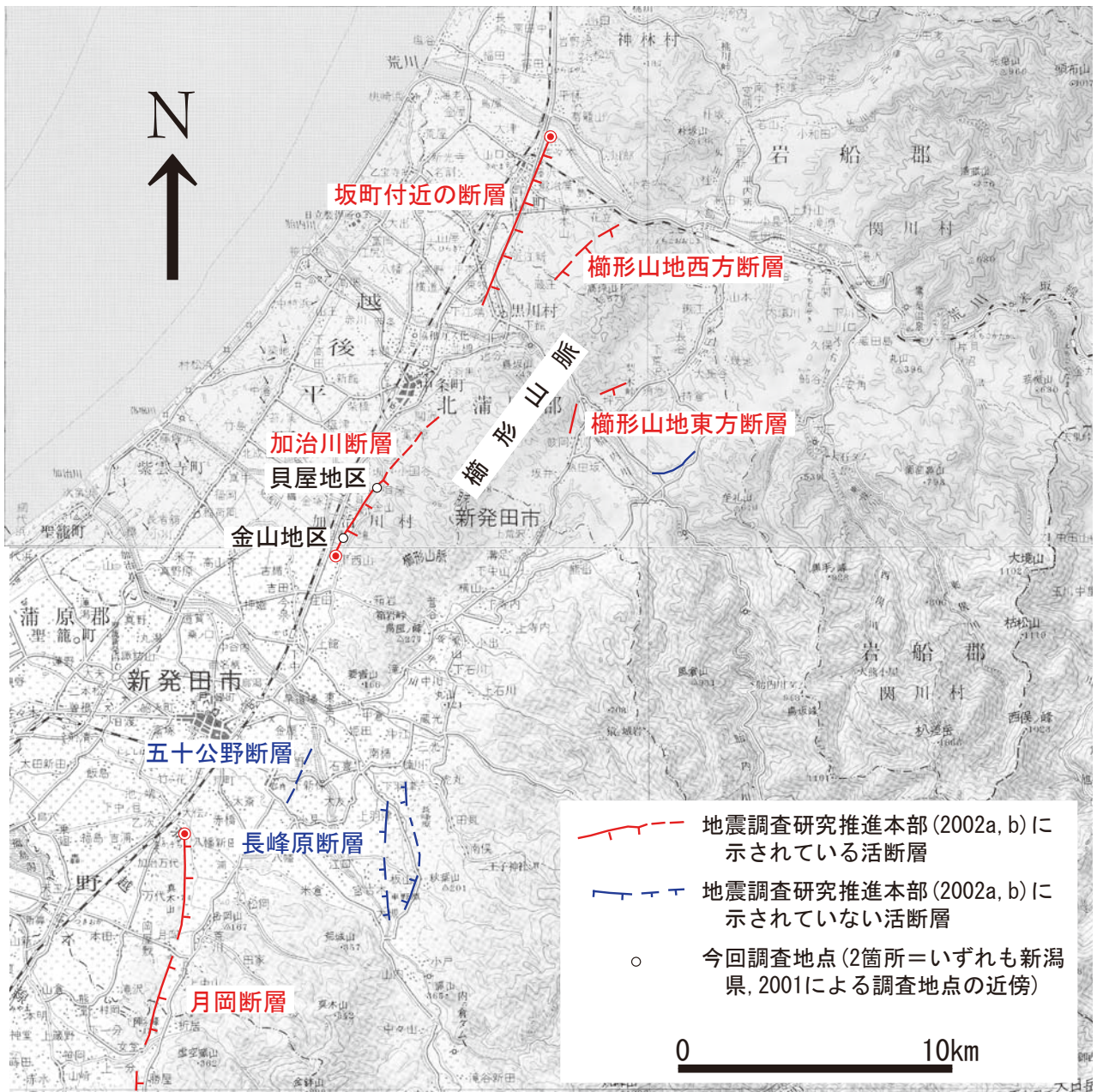
時代	地層名	層相	備考
完新世	2～6層	砂，シルト，礫 連続性が比較的よい砂層・ シルト層互層	第4～5表，第10図参照
	7層	やや不淘汰の腐植質シルト と砂からなる	撓曲下盤側の層厚が1.2～2m であり，上盤側のそれは0.3～0.6m と薄くなっている.
更新世	8層(低位段丘堆積物)	礫，砂，シルト	撓曲下盤側に厚く分布する．AT 火山灰を挟む.
	9層（礫層）	礫層	撓曲上盤側でのみ確認されてい る．風化した礫，淘汰のよい中粒 砂からなる.
鮮新世	10層（鍬江層）	亀裂質の泥岩	一部破碎され角礫化する.

表7 金山トレンチの<sup>14</sup>C年代測定値一覧表.

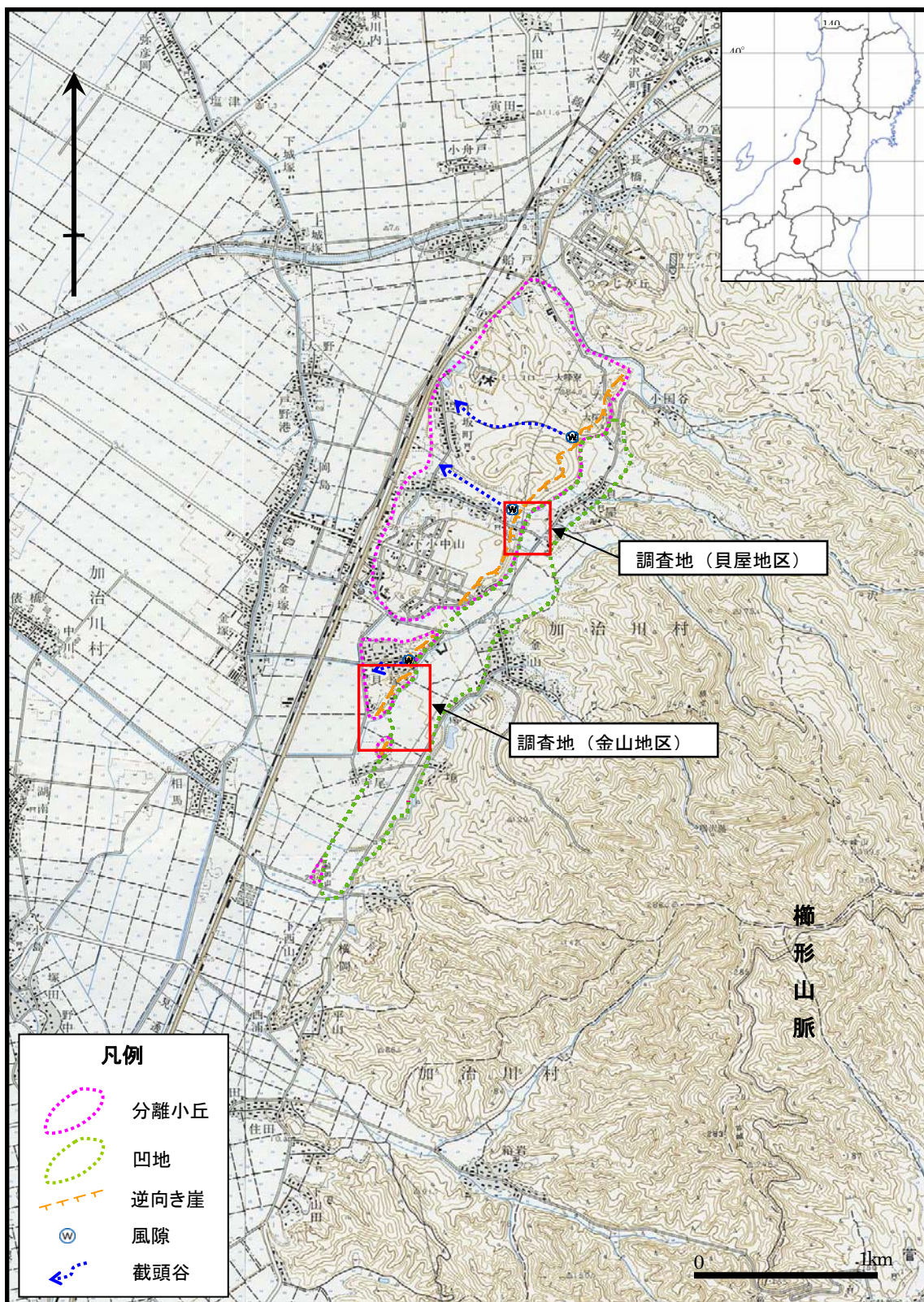
壁面	試料名	試料番号 (Beta-)	層 準	種類	測定方法	前処理	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	<sup>14</sup> C年代 (yBP; 誤差1 $\sigma$ )	暦年代 (calBP; 誤差1 $\sigma$ )
北 面	KYN3-2	215136	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.2	4890 $\pm$ 60	5660 $\sim$ 5590
	KYN3-5	215137	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.3	4810 $\pm$ 60	5600 $\sim$ 5480
	KYN3-6	215138	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-26.9	4340 $\pm$ 90	5030 $\sim$ 4840
	KYN3-7	215139	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.5	3750 $\pm$ 60	4220 $\sim$ 3990
	KYN3-9	211125	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.6	3400 $\pm$ 60	3700 $\sim$ 3580
	KYN3-11	211126	4	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.3	3070 $\pm$ 80	3370 $\sim$ 3200
	KYN3-14	211127	4	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.3	3110 $\pm$ 70	3390 $\sim$ 3250
	KYN3-15	211128	4	腐植質シルト	Radiometric	1A	-26.7	2970 $\pm$ 70	3250 $\sim$ 3000
	KYN3-16	211129	3	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.3	2570 $\pm$ 60	2760 $\sim$ 2720
	KYN10-2	211130	6	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.8	6770 $\pm$ 60	7670 $\sim$ 7580
	KYN10-4	211131	6	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.8	6190 $\pm$ 50	7190 $\sim$ 7000
	KYN10-7	211132	6	腐植質シルト	Radiometric	1A	-28.1	6060 $\pm$ 60	6990 $\sim$ 6800
	KYN10-9	211133	6	腐植質シルト	AMS	1A	-26.0	5920 $\pm$ 40	6760 $\sim$ 6680
	KYN10-11	211134	5	腐植質シルト	AMS	1A	-27.3	4570 $\pm$ 40	5310 $\sim$ 5290
	KYN10-14	211135	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-28.1	4220 $\pm$ 70	4850 $\sim$ 4640
	KYN10-16	211136	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.9	3860 $\pm$ 50	4400 $\sim$ 4170
	KYN10-20	211137	5	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.8	3490 $\pm$ 60	3840 $\sim$ 3680
	KYN10-21	211138	4	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.8	3400 $\pm$ 60	3700 $\sim$ 3580
	KYN10-22	211139	4	腐植質シルト	Radiometric	1A	-27.0	3010 $\pm$ 60	3320 $\sim$ 3090
	KYN10-23	211140	4	腐植質シルト	Radiometric	1A	-26.8	3190 $\pm$ 50	3460 $\sim$ 3360

半減期は 5568 年として計算した.

暦年較正にあたって INTCAL 98 (Stuvier et.al., 1998)を使用した.






第1図 榊形山脈断層帯とその周辺(国土地理院発行 1/200000 地勢図「新潟」「村上」を使用)。



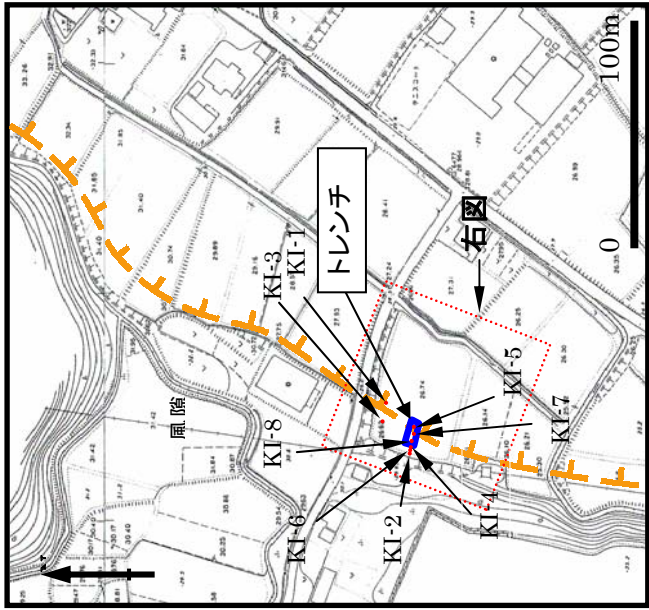
第2図 加治川断層調査位置案内図 (国土地理院発行 1/25000 地形図「中条」「稲荷岡」を使用)。



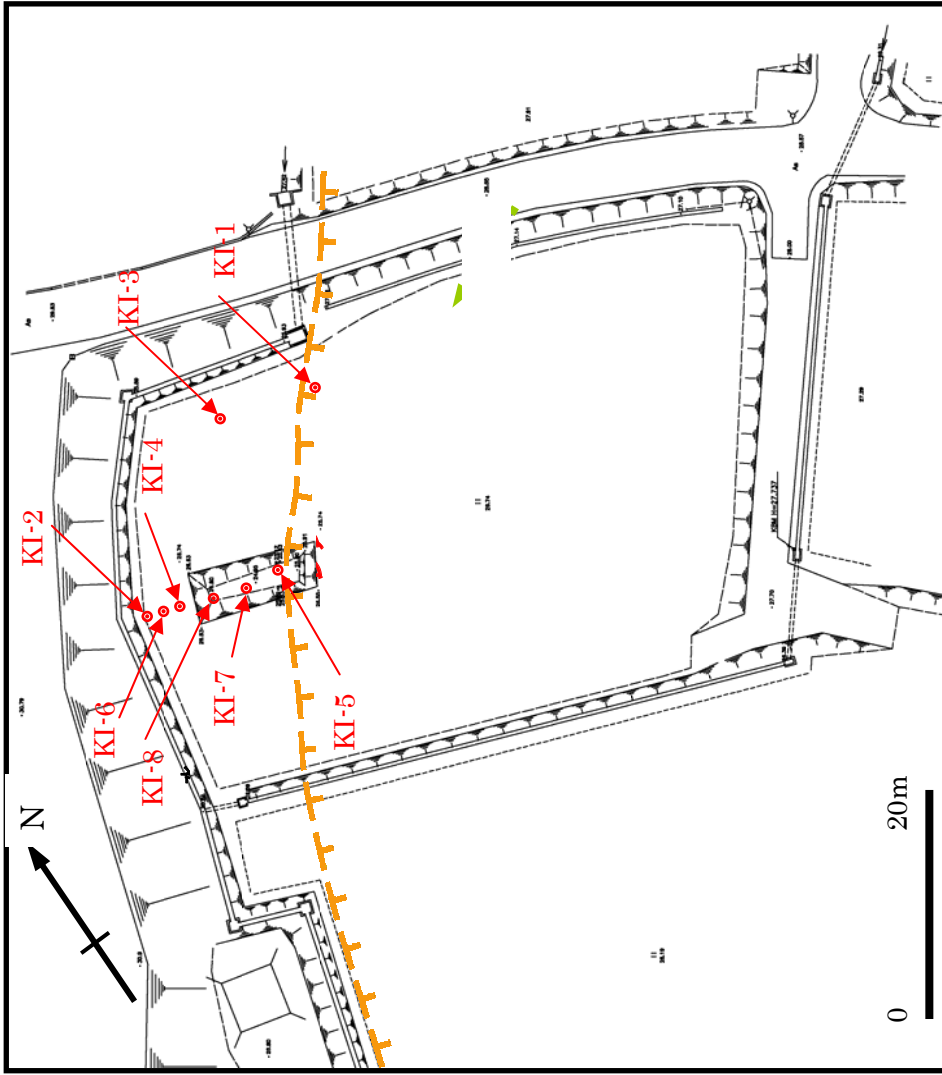


-  断層崖状の急崖
-  前面の低い撓曲崖
-  トレンチ調査地点

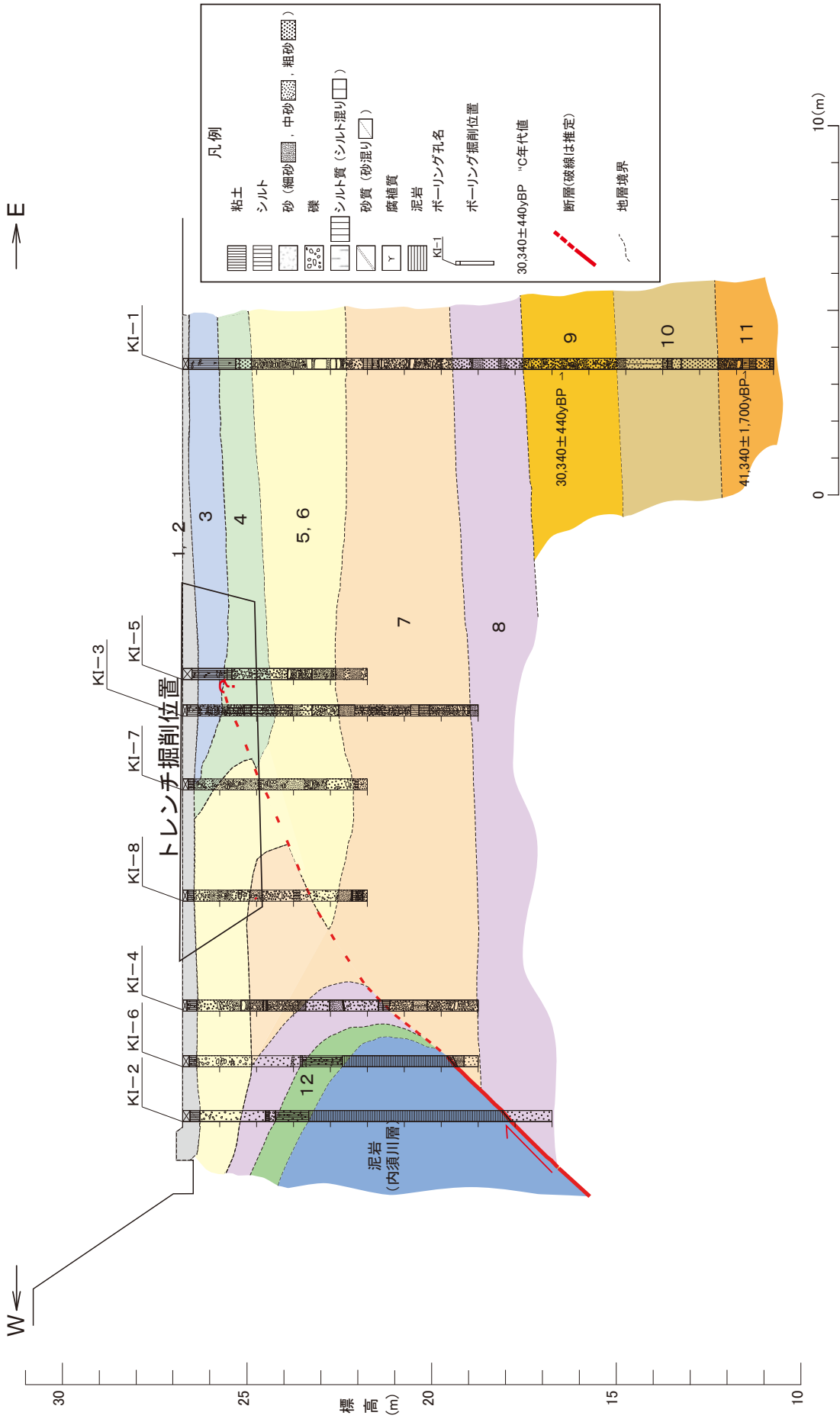
第3図 調査地周辺の空中写真（米軍撮影 1/1 万空中写真 75VV 82PRS M437 314 に加筆）.



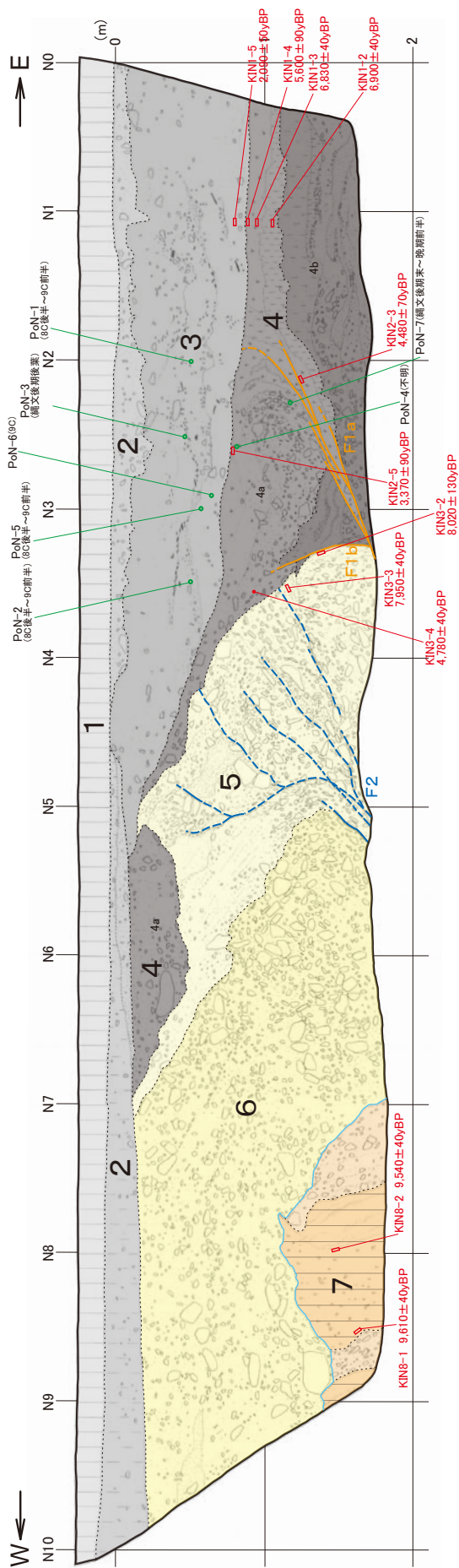
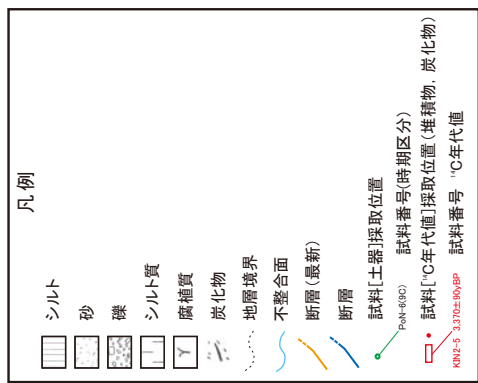
断層位置



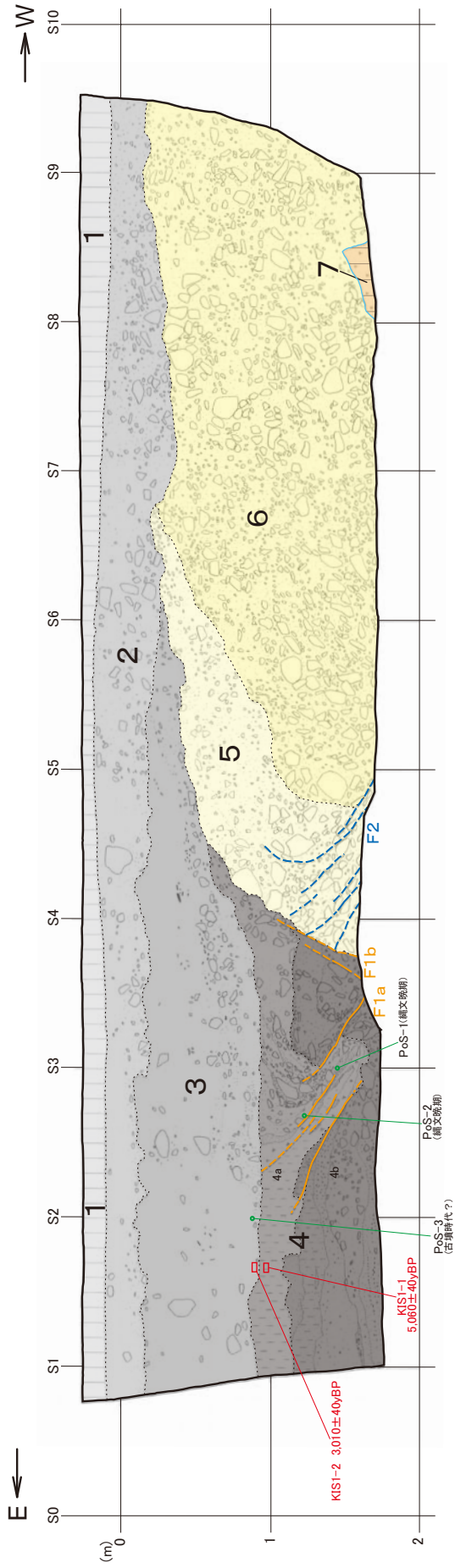
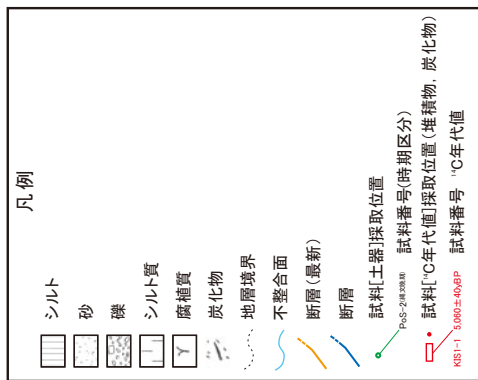
第4図 貝屋地区トレンチ・ボーリング位置図。



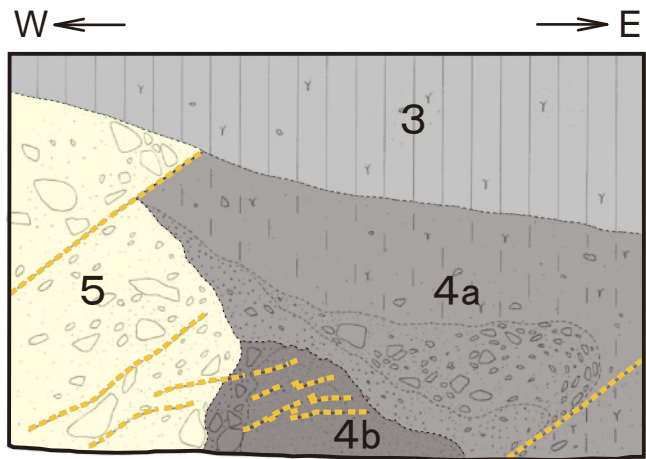
第5図 貝屋地区群列ボーリングより推定された地質断面.



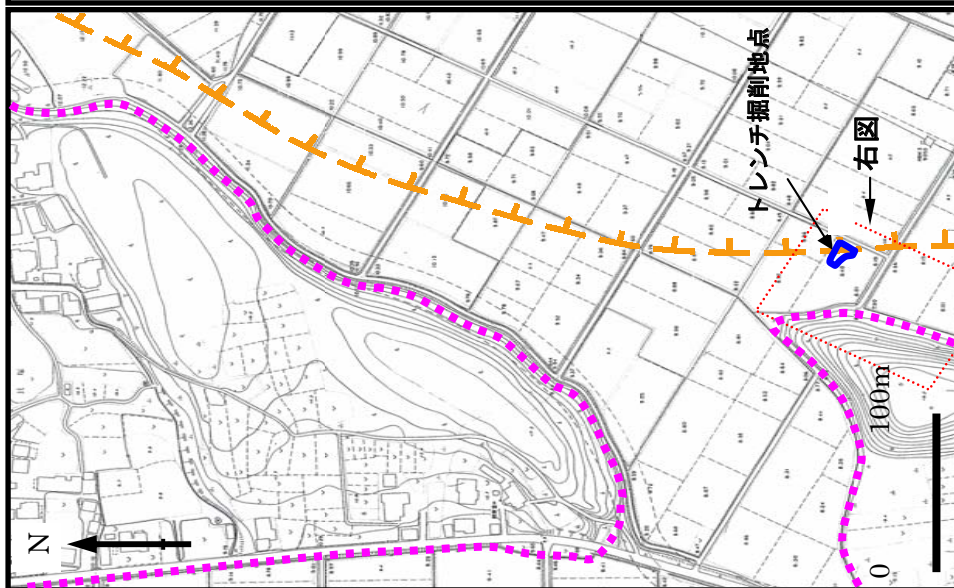
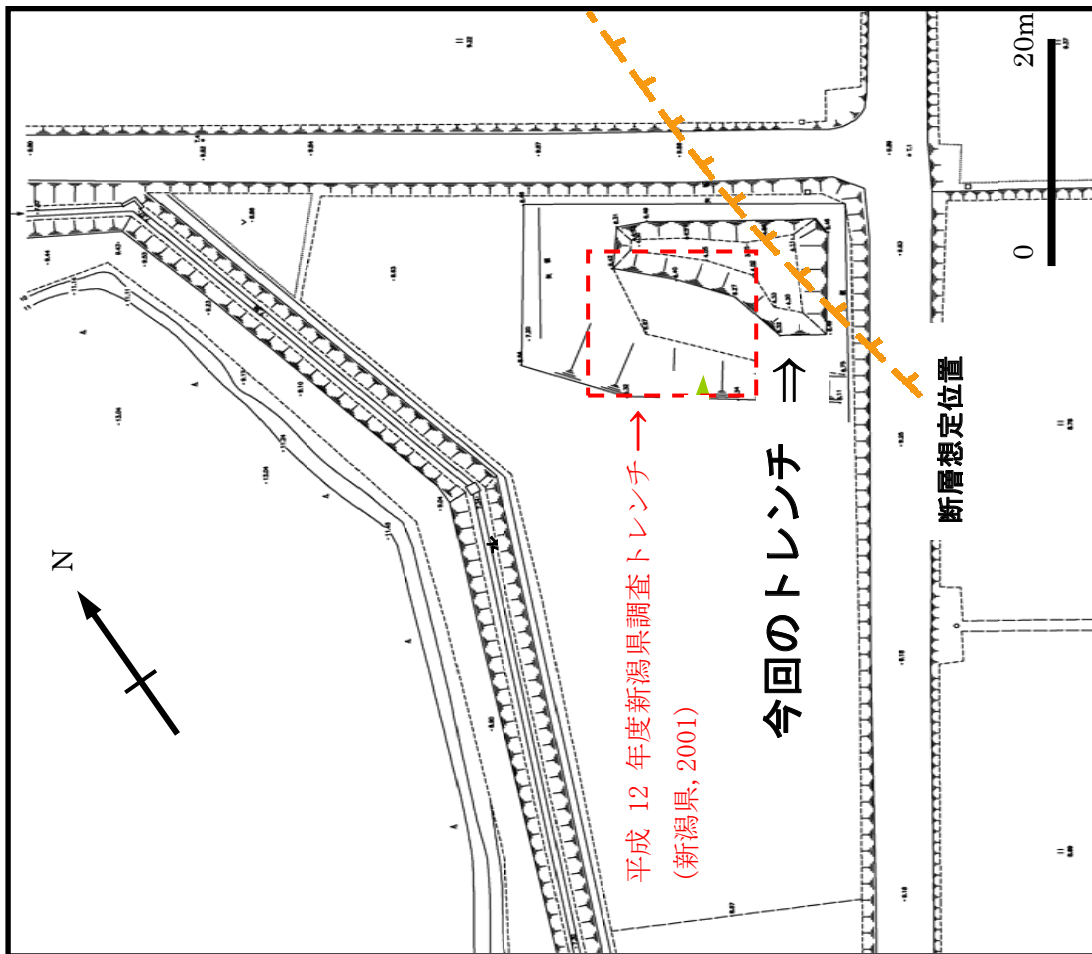
第6図 貝屋トレンチ北面のスケッチおよびN0.6~N5.9の写真。



第7図 貝屋トレンチ南面のスケッチおよびS0.9~S8.5の写真.



第8図 貝屋トレンチ北面F2断層先端部の掘り込み部分 (N2.7~N3.9) 拡大スケッチ.



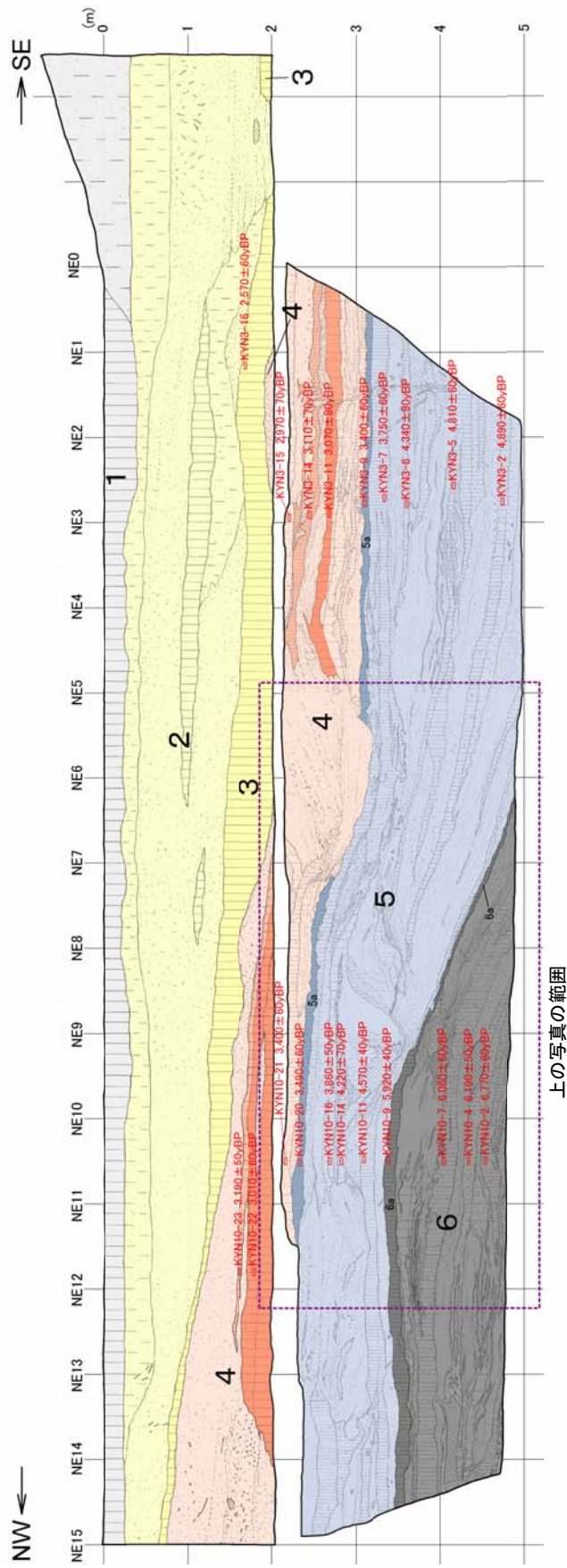
断層想定位置  
分離小丘

第9図 金山地区トレンチ位置図.



凡例

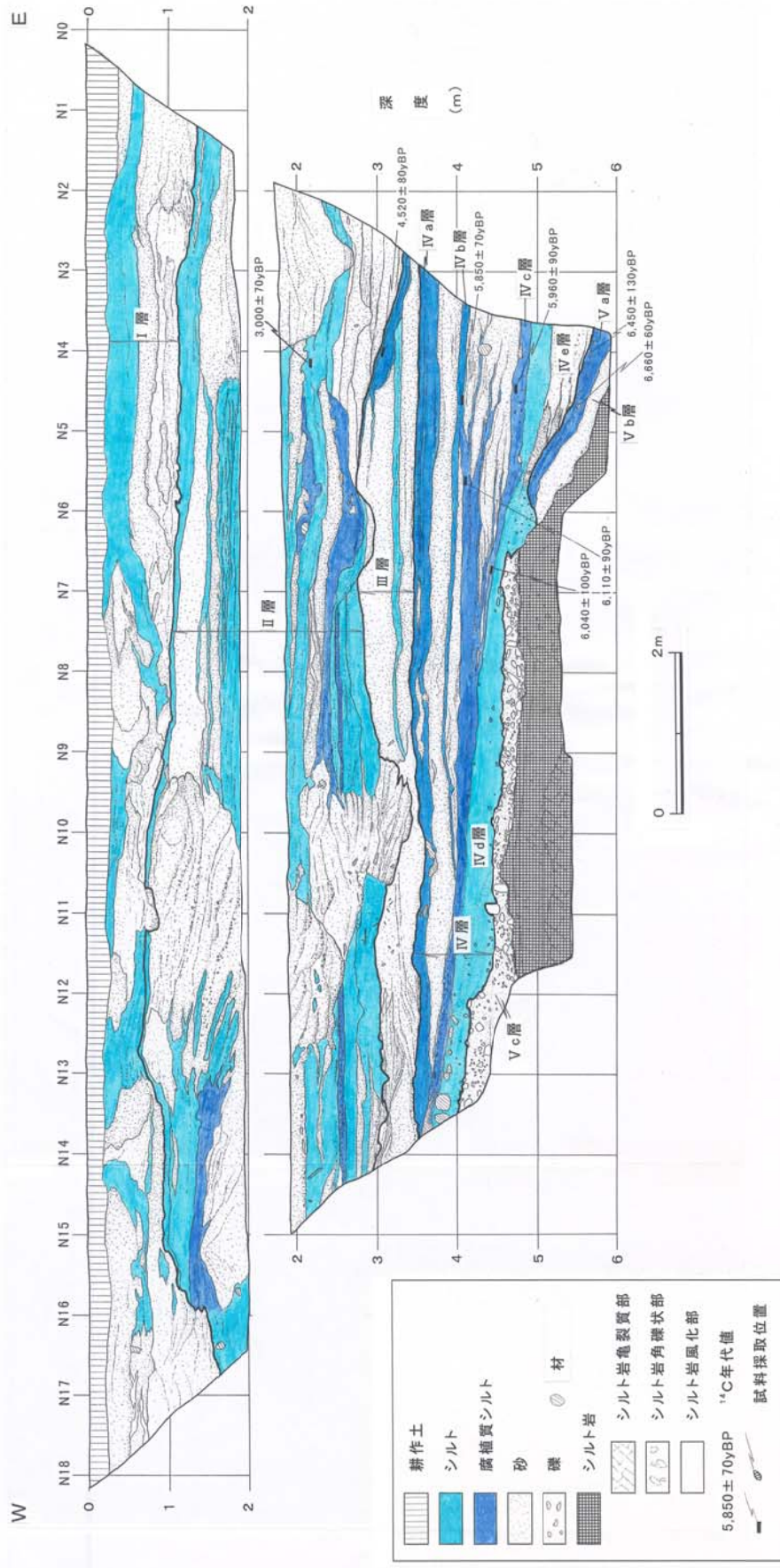
	シルト
	砂
	礫
	シルト質
	麻植質
	生痕(植物根)
	炭化物
	植物片
	試料[C年代値]採取位置
	KYN10-2 4,170±60BP 試料番号 °C年代値
	写真撮影範囲



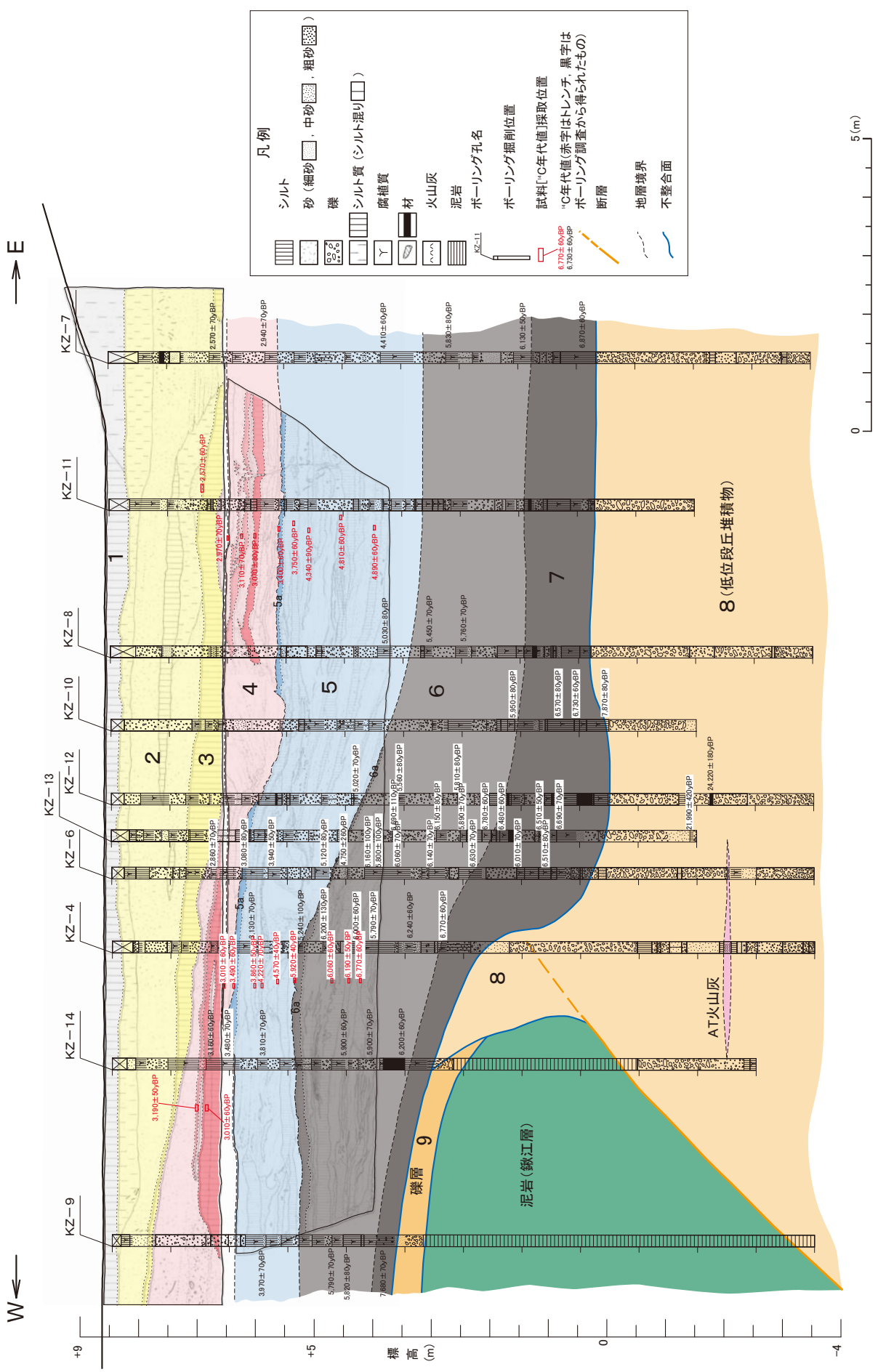
上の写真の範囲

第10図 金山トレンチ (北面) のスケッチと写真。

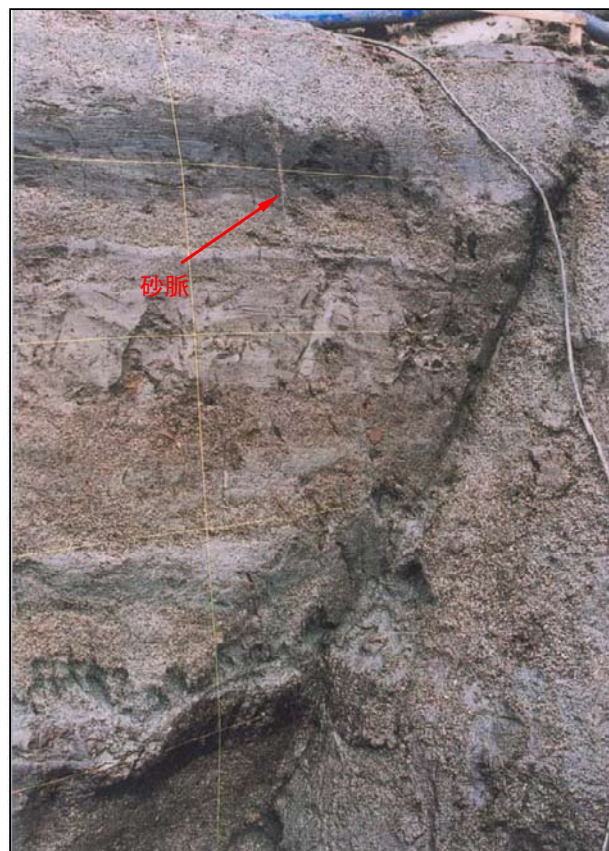
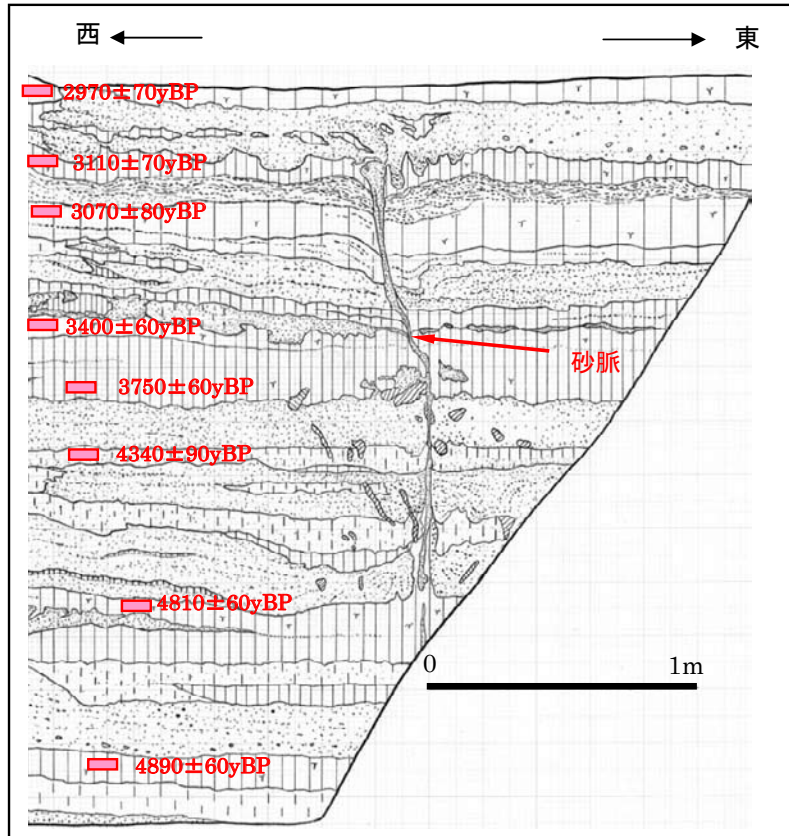




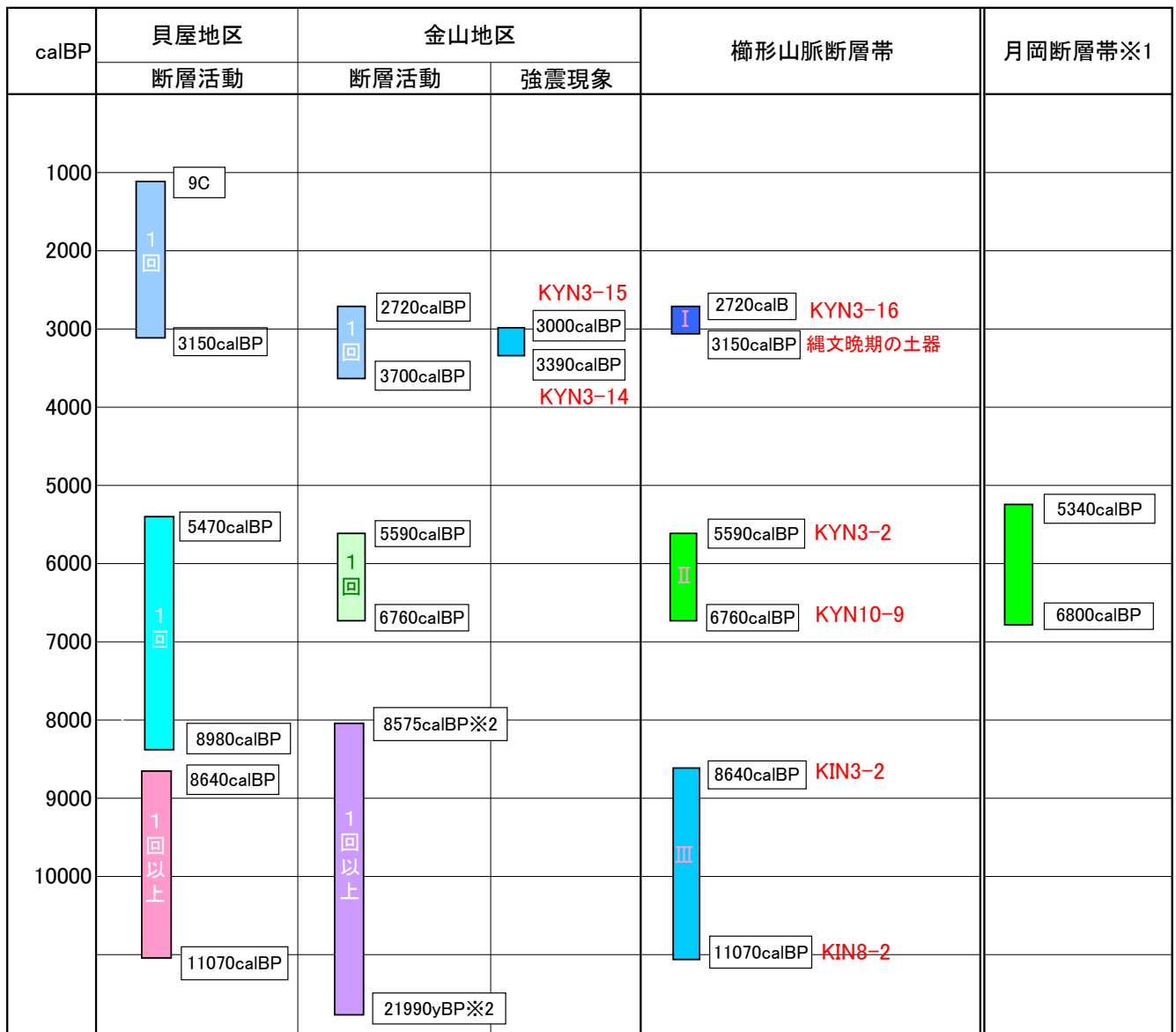
第11図 金山トレンチ西側に隣接する平成12年度新潟県調査のトレンチ (新潟県, 2001).



第12図 金山地区地質断面図 (今回調査結果および平成11・12年度新潟県調査 (新潟県, 2000; 2001) を再検討した結果を基に作成)。



第 13 図 金山トレンチ東部にみられた砂脈.



第 14 図 加治川断層の活動履歴総括図。誤差は 1σ。 ※ 1：新潟県（1998）による。 ※ 2：新潟県（2000）による。