# 内陸及び沿岸海域の活断層調査

# 平成 30 年度成果報告書

# 1. 糸魚川-静岡構造線断層帯(中北部区間)

(長野県)

令和元年5月

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

1. 断層帯の概要とこれまでの調査研究	1
2. 調査の概要	1
3. 調査結果	2
3. 1 安曇野市豊科高家地区のトレンチ・ボーリング・S波反射法地	也震探査 2
(1)調査地点の概要	2
(2)トレンチ・ボーリングの層序と年代	2
(3)断層活動時期	7
(4) S波反射法地震探査	8
3.2 松本市島内地区のトレンチ調査	9
(1)調査地点の概要	9
(2)トレンチ調査	9
4. まとめ	13
4. 1 断層帯の位置および形態	14
(1)断層帯を構成する断層	14
(2)断層面の位置・形状	14
(3)変位の向き	14
4.2 断層帯の過去の活動	14
(1)平均変位速度	14
(2)活動時期	14
(3)1回の変位量	14
(4)活動間隔	15
(5)活動区間	15
謝 辞	15
文 献	16
図 表	19

#### 1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

糸魚川-静岡構造線断層帯は、長野県北部の小谷村から諏訪湖付近を経由し、山梨県の甲 府盆地南西付近にかけて延びる長さ約160kmの活断層帯である(図1)。本断層帯については、 これまでに変動地形学的検討に基づく断層トレースの分布や諸元に関する研究(例えば、活 断層研究会編, 1980, 1991;中田・今泉編, 2002)や、糸静線活断層系発掘調査研究グループ

(1988)による先駆的なトレンチ掘削調査、文部科学省研究開発局(2003,2004,2005)、土 木学会原子力土木委員会断層活動性分科会(2004)、文部科学省研究開発局・他(2006,2007, 2008,2009,2010)など、多数の調査研究が実施されてきた。これらの研究成果に基づく地震 調査研究推進本部地震調査委員会の評価は、全国の主要活断層帯で初めての評価である「糸 魚川-静岡構造線活断層系の調査結果と評価」(地震調査研究推進本部地震調査委員会,1996) として公表され、その後「糸魚川-静岡構造線断層帯の長期評価(第二版)」(地震調査研究推 進本部地震調査委員会,2015)として改訂されている。

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2015)は、それまでに蓄積された調査研究成果に 基づき、断層帯を北部区間、中北部区間、中南部区間の4つの活動区間に区分し た(図1)。本調査で対象とする中北部区間は、松本盆地東縁断層南部、年代寺断層、岡谷断 層、諏訪湖南岸断層群から構成される長さ約45kmの活動区間である(図2)。中北部区間は左 横ずれ主体とし、断層の傾斜は東傾斜(高角)と評価されている。平均的なずれの速度は、最 大値として左横ずれ9m/千年程度、上下方向で1-2m/千年程度である。また、1回のず れの量は6-9mと推定されている。過去の活動時期については、奥村・他(1994)の牛伏寺 断層・並柳トレンチにおける活動履歴等に基づき、最新活動時期が約800~1200年前、平均活 動間隔が600~800年程度と推定されている。これらの結果に基づき、30年以内の地震発生確 率(BPT)は13-30%、地震後経過率は1.0-2.0と評価されている(地震調査研究推進本部地震 調査委員会, 2015)。

しかしながら、中北部区間では最新活動時期をはじめ活動履歴に関するデータや地震発生 確率の推定幅が依然として幅広い。また、断層の傾斜については、高角と低角の2つの考え も出されており(例えば、文部科学省研究開発局・国土地理院・国立大学法人東京大学地震 研究所,2010)、具体的な断層傾斜に関するデータの蓄積も必要である。さらに、松田・他(1980) による断層長から推定される1回のずれ量は5m程度であるのに対し、長期評価には並柳ト レンチ近傍で計測された実測値6-9mが採用され、両者が不調和であるといった課題もある。

そこで、本調査では、糸魚川ー静岡構造線断層帯・中北部区間のうち、評価に資するパラ メータが取得されていない松本盆地東縁断層南部を対象として、最新活動時期や地震時変位 量を高精度化するためのトレンチ・ボーリング調査、極浅部の断層形状を推定するためのS 波反射法地震探査を実施した。

#### 2. 調査の概要

本調査では、糸魚川-静岡構造線断層帯・中北部区間のうち、これまで活動履歴に関する 知見が得られていない松本盆地東縁断層南部を対象として、次の調査を実施した。安曇野市 の豊科高家地区では最新活動時期と極浅部の断層形状を明らかにするため、トレンチ調査、 群列ボーリング調査およびS波反射法地震探査を実施した(図2)。同じく松本盆地東縁断層 南部の島内地区では断層の正確な位置と最新活動時期を推定するため、トレンチ調査を実施 した。以下では、これらの調査結果を地区毎に記述する。

# 3. 調査結果

#### 3.1 安曇野市豊科高家地区のトレンチ・ボーリング調査、S波反射法地震探査

# (1)調査地点の概要

高家地区周辺では、北北西に延びる松本盆地東縁断層の存在が知られているが、既存の活 断層図では位置不明確とされている(例えば、松多・他,1999;糸静線断層帯重点的調査観測 変動地形グループ,2007)。本調査では、米軍撮影の縮尺1/1.6万の空中写真を詳細に判読し、 段丘面分類図を作成した(図4)。周辺には、t1~t3面の3面の河成段丘面がみられる。t2 面及びt3面には、旧河道とみられる浸食崖が認められ、浸食により細分される地形面をそれ ぞれt2'面、t2',面、t3'面と分類した。これらの段丘面はt1面を除き、大局的には 北北東から北東方向へ緩やかに傾斜し、西側の北アルプス側から流下する扇状地性の段丘面 と判断される。t2面には北西—南東走向で延びる比高2m程度の低崖が明瞭に認められる。 この低崖は、従来の活断層図では位置不明確とされるように本流の梓川による浸食崖とみら れる可能性もあるが、低崖の南西側のt2面は北東から北北西方向へ傾斜し、梓川の浸食とは 考えられない。そのため、本調査ではこの低崖を松本盆地東縁断層による低断層崖と判断し、 トレンチ・ボーリング調査、S波反射法地震探査を実施した。以下では、トレンチ・ボーリン グ調査と反射法地震探査の結果をそれぞれ記載する。

# (2) トレンチ及びボーリングの層序と年代

豊科高家地区では、比高約2mの低断層崖を横断して、長さ30m、幅11m、深さ6mのトレンチを掘削した(図5)。また、深さ15m程度までの地質・断層構造を把握するため、断層の隆起側で2孔、低下側で2孔の合計4孔のボーリング(TKB-1~4孔)を掘削した。図6にトレンチ壁面の写真、図6にトレンチ壁面のスケッチ、図7にボーリング柱状図、図9~12にボーリングコアの写真、表1に放射性炭素同位体年代の結果を示す。トレンチとボーリングには、東へ高角度で傾斜する明瞭な断層が出現し、下位から鮮新一更新統の大峰帯とみられる礫岩・凝灰岩、扇状地礫層、チャネル堆積物、人工改変土層が露出した。各地層は層相の特徴に基づき1層から5層のユニットに区分し、特徴的な単層についてはさらに細分した。

以下では、トレンチ・ボーリングで観察された地質の層序と年代を略述する。

なお、高家地区では、トレンチ東側に露出したチャネル堆積物を基に、横ずれ量を推定す るための断層に平行方向のピットを複数掘削した。この結果については文部科学省委託事業 「活断層帯から生じる連動型地震の発生予測に向けた活断層調査研究」平成30年度成果報告 書に詳述し、ここでは一部の層序の記載に留める。以下では、断層低下側のピットの東壁面 を PE 面、西壁面を PW 面と呼称する。

1a1層:礫混じりシルト質砂~礫混じり砂質シルト(人工改変土層)

N面上段のN10~N12を除く部分、N面下段のN12以西、S面上段のS10~S12を除く部分、S面下 段のS12以西、E面、PE面、PW面に分布する。N面上段、S面上段、E面では、暗灰黄色~灰黄褐 色を呈する礫混じりシルト質砂を主体とし、西側へ向かって砂質シルトへ漸移する。N面下段、 S面下段、PE面、PW面では、灰色を呈する礫混じり砂質シルトを主体とする。砂は細粒砂を主 体とし、礫は円礫を主体とする。最大礫径は14cm程度、平均礫径は1.5~3cm程度、礫率は5 ~15%程度である. 礫種は砂岩、チャート、泥岩などからなる。植物根が認められる。また、 不明瞭な斑状の酸化鉄や乾裂に沿った酸化鉄の濃集が認められる。N面下段、S面下段、PE面、 PW面では、ビニール片、金属片、貝殻片を含む。下位層との境界は明瞭である。 1a2層:シルト混じり砂礫~シルト混じり礫質砂(人工改変土層)

N面上段のN8~N13付近、N面下段のN12付近以西、S面上段のS6~S13付近、S面下段のS12付 近以西、PE面、PW面に分布する。概ね暗灰黄色を呈するが、N面下段及びS面下段では、オリー ブ褐色を呈する。基質は細~中粒砂を主体とし、礫は円礫を主体とする。最大礫径は21cm程 度、平均礫径は1~2 cm程度、礫率は20~45%程度である。礫種は砂岩、泥岩、チャート、安 山岩、花崗岩などからなる。N面上段及びS面上段では、下部に向かって、中~粗粒砂を主体 とするシルト混じり礫質砂となる。植物根が認められる。N面上段では鉄筋を含む。下位層と の境界はN面上・下段及びS面上・下段では明瞭だが、PE面及びPW面では不明瞭である。S面下 段から採取した試料 (TKB-C-3) の放射性炭素年代測定を行ったが、現代 (modern)の試料で あった (表1)。

1a3層:シルト質砂礫(人工改変土層)

N面下段のN28付近以西、及びS面下段のS28付近以西に分布する。暗オリーブ灰色を呈する。 基質はシルト質細粒砂を主体とし、中粒砂を多く含み、粗~極粗粒砂も若干含まれる。礫は 円礫からなる。最大礫径は28cm程度、平均礫径は2cm程度、礫率は25~35%程度である。礫種 は砂岩、泥岩、チャートなどからなる。ビニール紐、綿、レンガ片、塩化ビニールパイプを含 む。下位層との境界はやや明瞭である。

1a4層:礫・シルト混じり砂(人工改変土層)

N面下段のN28付近以西、及びS面下段のS28付近以西に分布する。灰色を呈する。中粒砂を 主体とし、シルト及び円礫が混じる。上方へ向かってシルト分が増加する傾向を示す。最大 礫径は4cm程度、平均礫径は2cm程度、礫率は2~3%程度である。礫種は砂岩、泥岩、チャ ート等がある。若干の酸化鉄の濃集が認められる。また、ビニール片や木片を含む。N面下段 では下位の2b層との境界は不明瞭だが、S面下段では下位の2a層及び2b層との境界は比較的明 瞭である。

1b1層: 礫混じり砂質シルト(人工改変土層)

N面下段のN14~N15付近及びS面下段のS15付近に分布する。灰色を呈するシルトを主体とし、 細粒砂を多く含み、円礫が混じる。最大礫径は13cm程度、平均礫径は1.5~2 cm程度、礫率は 10~15%程度である.礫種は砂岩、泥岩、チャートなどからなる。植物根が認められる。また、 不明瞭な斑状の酸化鉄及び不規則な縞状の酸化鉄が認められる。下位の5b1層との境界は明瞭 である。

1b2層:砂礫混じりシルト(人工改変土層)

N面上段のN9付近以東、S面上段のS7~S11付近、E面のE+4付近以北に分布する。黄灰色を呈す るシルトを主体とし、細~中粒砂及び円礫が混じる。最大礫径は5cm程度、平均礫径は1.5cm 程度、礫率は2~3%程度である.礫種は砂岩、チャートなどからなる。植物根が認められる。 また、ビニール片や木片を含む。下位層との境界は明瞭である。

2a層:シルト混じり砂・礫混じり砂互層

S面下段のS28付近以西に分布する。全体に灰色を呈し、シルト混じり砂と礫混じり砂の互 層からなり、概ね水平に近い不明瞭な葉理が発達する。シルト混じり砂層は、細粒砂を主体 とする。礫混じり砂層は、粗粒砂を主体とし、円礫が混じる。最大礫径は5cm程度である。礫 種はチャート、砂岩などからなる。2b層にアバットしており、境界はやや不明瞭である。2a 層から採取した試料(TKB-C-1)からは、1,666~1,950 ADの年代が得られている(表1)。 2b層:礫混じりシルト質砂

N面下段のN26~N29付近及びS面下段のS26~S29付近に分布する。灰色を呈し、砂を主体と する。砂粒子は部分的に酸化鉄を伴う。径0.2~1 cmの団子状の砂質シルトを多く含み、円礫 が混じる。最大礫径は5 cm程度、平均礫径は1.5cm程度、礫率は1~2%程度である。礫種は、 チャート、泥岩などからなる。下位の5b1層との境界は明瞭である。

3層:砂礫

PE面のPE6~PE13付近に分布する。にぶい黄褐色を呈し、基質は極粗粒砂を主体とする。礫 は円礫を主体とし、最大礫径は27cm程度、平均礫径は2cm程度、礫率は50~55%程度である。

礫種は、泥岩、砂岩、チャートを主体とし、花崗岩、安山岩を伴う。下位の4b層との境界は一部では特徴的な箱型を呈し、明瞭である。

4a層:砂質シルト

S面上段のS3~S7付近、PE面のPE8付近以南、PW面のPW3付近以南に分布する。S面上段では、 浅黄色~明黄褐色を呈するが、PE面及びPW面では、灰白色を呈する。シルトを主体とし、細 ~中粒砂を多く含む。植物根、斑状の酸化鉄、乾裂に沿った酸化鉄の濃集が認められる。PE 面及びPW面では円礫及び、人為的に生成されたとみられるサイコロ状の木炭片をわずかに含 む。また、PW面では土器片を含む。下位層との境界は漸移的である。PW面から採取した試料

(TKB-C-7)からは、582~660 ADの年代が得られている。(表1)

N面上段のN3付近以東、S面上段のS7付近以東、E面、PE面のPE5付近以南、PW面のPW5付近以 南に分布する。浅黄色を呈する細~中粒砂を主体とし、シルトの含有量の多寡により斑状を 呈する。斑状の酸化鉄が発達する部分や、最大径1cmの団子状の砂質シルトを多く含む部分 が認められる。N面、S面、E面ではシルト質砂を主体とし、PE面及びPW面ではシルト混じり砂 を主体とする。下位層との境界は明瞭である。

S面上段から採取した試料(TKB-C-2)からは、582~660 ADの年代が得られている。

4c層:礫混じり砂~シルト混じり砂

4b層:シルト質砂~シルト混じり砂

N面上段のN1~N3付近、S面上段のS4~S7付近に分布し、E面のE0~E+1付近では、4b層中に レンズ状に挟在する。N面上段及びE面では、暗灰黄色を呈する粗粒砂を主体とし、亜円~円 礫が混じる。最大礫径は0.8cm程度、平均礫径は0.2cm程度、礫率は2~3%程度である。S面 上段では、黄褐色を呈する細粒砂を主体とし、径0.2~0.6cmの塊状の砂質シルトを含む。下 位層との境界は明瞭である。

4d層:礫質砂

S面上段のS6~S7付近に分布し、E面のE-4~E+1付近では、4b層中にレンズ状ないしは不連 続な層状に挟在する。黄灰色を呈する中~粗粒砂を主体とし、亜円~円礫を含む。最大礫径 は2cm程度、平均礫径は0.5cm程度、礫率は12~20%程度である。礫種は、砂岩、泥岩、チャー ト、石英などからなる。葉理が認められ、S面上段では上方細粒化を示す。下位層との境界は 漸移的である。

4e層:砂質シルト・砂互層

PW面のPW2~PW8付近に分布する。灰白色の砂質シルトと黄灰色の細粒砂の互層からなる。 上部及び下部では砂質シルトが卓越し、斑状の酸化鉄が発達する。中部では細粒砂からなる 砂が卓越し、層厚0.1cm以下の砂質シルトの薄層を0.5~2 cm間隔で挟在し、葉理が発達する。 下位の5a層との境界は南側に傾斜し、明瞭である。この境界と4e層の葉理が概ね平行である ことから、4e層が撓曲変形している可能性が示唆されるが、トレンチに露出した断層、及び チャネル追跡ピット(下段B)に露出した小断層(3.3.4章で記述)との関連性については不 明である。

5a層:砂・砂礫互層

PE面のPE8付近以北、PW面のPW1~PW5付近に分布する。暗灰黄色を呈する。PE面では砂礫が 卓越し、PW面では砂層が卓越する。砂礫層の礫は円礫からなり、最大礫径は17cm程度、平均 礫径は1cm程度、礫率は75~80%程度である。礫種は砂岩、泥岩、チャートなどからなる。砂 層は粗粒砂を主体とし、中粒砂を伴い、葉理がみられる。下位層との境界はPE面では不明瞭 だが、PW面では下位層に明瞭にアバットしている。

5b1層:砂礫層

N面上・下段、S面上・下段、E面に広く分布し、PE面のPE5付近以北、PW面のPW4付近以北に 分布する。基質は暗灰黄色~暗褐色を呈し、粗~極粗粒砂を主体とする。礫は円礫からなり、 所々でインブリケーションが認められる。最大礫径は40cm程度、平均礫径は3cm程度、礫率 は70~90%程度である。礫種は砂岩、泥岩、チャート、安山岩、花崗岩、礫岩などからなる。 径2cm以下の礫が層状に集積する部分が所々に分布する。N面下段のN13付近以東、及びS面下 段のS13付近以東では、大峰層の礫岩及び凝灰岩を覆って不整合に重なる。それ以外の箇所で は下限は不明である。N13付近では大峰層の礫岩と、S13付近では大峰層の凝灰岩と断層で接 する。N13~N16付近及びS13~S16付近では、礫の長軸が高角度に配列しており、断層による 変位・変形による再配列を反映しているとみられる。なお、断層の両側の間で礫種や礫径、 礫率に目立った違いは認められない。ピットの底盤から採取した試料(TKB-C-6)からは、398 ~539 ADの年代が得られている(表1)。

5b2層:シルト質砂

N面下段のN7~N9付近の5b1層中に不連続な層状で挟在する。灰黄褐色を呈する極細粒砂を 主体とし、炭化物片をまれに含む。周囲との境界は明瞭である。採取した試料(TKB-C-5)か らは、236~386 ADの年代が得られている(表1)。

5b3層:砂礫

N面下段のN16~N18付近の5b1層中に、ごく緩く西に傾斜したレンズ状で挟在する。基質は 褐色を呈する極細粒~極粗粒砂からなり、周辺に比べ含水率が相対的に高い。礫は円礫から なり、最大礫径は20cm程度、平均礫径は1cm程度、礫率は80%程度である。礫種は砂岩、泥岩、 チャート、安山岩、花崗岩などからなる。下位層との境界では、最大厚さ1cm程度で不均質に 粘土を含む。上位層との境界は漸移的である。 5b4層:礫混じり砂

N面下段のN21~N23付近、及びS面下段のS20付近の5b1層中に、緩く西に傾斜した不連続な 層状で挟在する。明黄褐色~オリーブ褐色を呈し、粗~極粗粒砂を主体とし、円礫が混じる。 特徴的な黒褐色部が分布し、N21~N23付近では輪郭が不明瞭なパッチ状、S20付近では幅1cm の層状を呈する。周囲の5b1層との境界は漸移的である。N面下段から採取した試料(TKB-C-4)からは、170~383 ADの年代が得られている(表1)。

# 5b5層:砂礫

N面下段のN22~N26付近、及びS面下段のS22~S26付近の5b1層中にレンズ状で挟在する。基 質は暗褐色を呈する粗~極粗粒砂を主体とする。礫は砂岩、泥岩、チャート、安山岩、花崗 岩、礫岩の円~亜円礫からなり、最大礫径は15cm程度、平均礫径は2cm程度、礫率は60~70% 程度である。周囲の5b1層に比べ礫率が低い。径1cm以下の礫が層状に集積する部分が所々に 分布する。周囲の5b1層との境界は漸移的である。

#### 大峰層凝灰岩

S面下段のS13付近に分布する。5万分の1地質図や既往研究による地質分布から、鮮新世 ~前期更新世の大峰帯を構成する大峰層の凝灰岩(例えば、原山・他、2009;長橋,1998)と みられる。灰白色~明黄褐色を呈する凝灰岩からなり、弱く溶結しており、軽石が長径1cm 以下のレンズ状に変形している。ハンマーでボロボロに砕ける程度の硬さである。西側は5b1 層と断層で接する。東側の大峰層の礫岩との境界は、最大幅1cm程度の粘土を断続的に伴う 断層で接する。

# 大峰層礫岩

N面下段のN13以東及びS面下段のS13以東に分布する。5万分の1地質図(原山ほか,2009) から、鮮新世~前期更新世の大峰帯を構成する大峰層の礫岩とみられる。全体に緑灰色を呈 するが、5b1層との境界に沿った幅20cm程度の区間は、風化により明褐色を呈する。全体に破 砕質され、礫は概ね硬質であるが基質は指圧で凹む程度に軟質で、高角度の小断層が複数分 布する。基質は極細粒~極粗粒砂を主体とし、シルトを多く含み、白色の粘土を脈状に不規 則に含む。礫は角~亜角礫を主体とするが、亜円~円礫も少量含まれる。最大礫径は10cm程 度、平均礫径は1cm程度、礫率は30%程度である。礫種は砂岩を主体とし、他にチャートや安 山岩等を含む。

# (3) 断層活動時期

トレンチ壁面に露出した断層と地層の切断・被覆関係から、高家地区では最新活動が識別 された。低断層崖の基部付近で壁面に露出した高角東傾斜の断層は、5b1層と大峰層の境界を なし、トレンチでみられる全ての自然堆積層を切断し、人工改変土層(1層)に覆われる(図 7)。断層の走向・傾斜は、北壁面でN20°W/82°E、南壁面でNS/80°Eである。南壁面の大峰 層にはやや不明瞭ながら横ずれを示唆する条線が観察された。レイクは25~30°であるが、 1測定のみで信頼性は低い。

トレンチの堆積層のうち、隆起側の南壁面最上部に分布する4b層から1420±30 y.B.P. (表 1:TKB-C-2)が得られた。この試料は、1σの較正暦年代で1300-1338 Ca1BP(613-651 A.D.) に相当する。トレンチでは断層と4b層は直接断層関係にはないが、別項に記載した断層に平 行なピットでは、4b層を含むチャネル堆積物が副断層によって切断する様子が確認されてい る。よって、最新活動時期は約1300年前以降(西暦613年以降)に生じたことが確実である。 この年代は、松本盆地東縁断層南部で推定された最新活動時期の年代(近藤・他, 2006)、牛 伏寺断層等の中北部区間で推定されてきた最新活動時期(奥村・他, 1994;奥村, 2005)や、 対比される歴史地震の西暦762年もしくは841年(宇佐美・他, 2013)とも調和的である。

## (4) S波反射法地震探査と断層構造

高家地区において、比高約2mの低断層崖を横断する約 100mの測線で S 波反射法地震探 査を実施した。探査測線の位置を図 13 に示す。本探査では極浅部構造の把握を目的とするた め、分解能の高い S 波探査を実施し、震源には道路状況から振源設置が確実に行えるように 高周波な波の発生が可能なポータブルバイブレータを使用した。探査の使用機材を表2、主 なデータ取得仕様をまとめて表3に示す。

取得した探査データに対して、一般的な共通中間点重合法(例えば,物理探査学会,2016) による各種のデータ編集・フィルタ処理を施した。反射法探査のデータ処理によって、ノイ ズ成分を含んだ収録記録から反射波を抽出して解析することにより、地質および構造解釈に 資する探査結果断面を得た。これらの探査データ処理作業は反射法探査解析システム Echos 17 (Paradigm 社製)を用いた。解析パラメータを表4に示す

取得記録に対してバンドパスフィルタを適用した。パラメータテストの結果、スウィープ 周波数 10-80Hz において有意な信号が含まれていると判断し、スウィープ周波数に近い帯域 にフィルタの通過帯域を設定した。その後、振幅回復処理、デコンボリューション処理を適 用した。デコンボリューション適用後、反射断面の波形の連続性向上のため低周波を強調す る目的でバンドパスフィルタを適用した。オリジナルの発振記録と比較して波形が整理され、 S/N が向上した記録であることを確認した。

上記処理後、速度解析により構築した速度構造に基づいて NMO 補正を行い、残差静補正処 理を実施した。残差静補正により起振点・受振点近傍の不均質に起因すると思われる反射波 走時のずれが補正され、反射面の連続性が向上したことを確認した。その後、CMP 重合処理を 実施した(図 14)。得られた重合断面に、FK マイグレーションを適用した(図 15)。使用した 速度構造は、マイグレーションのパラメータテストにより、速度解析で得られた速度構造を 80%にスケーリングしたものである。マイグレーション処理を施した時間断面に対して、平 滑化した速度構造を用いて深度変換を行い、深度変換断面を作成した(図16)。各種のデータ 処理に適用したパラメータは表2に示す。

探査の結果とトレンチ・ボーリング調査の結果を総合して、解釈断面図を作成した(図17)。 断層は、断面の西側で複数の明瞭な反射面からなる砂礫層と東側で反射面の乏しい大峰帯と の境界としてイメージングされる。特に、地表の低断層崖からTKB-2孔で確認された主断層帯、 その延長は明瞭な断層構造として深さ約40m前後まで認識できる。また、TKB-3孔の直下で標 高530m付近には、西傾斜の反射面に食い違いがみられ、主断層から派生した分岐断層が認め られる。これらの分岐断層は地表付近やトレンチ内の地層には変位を生じていない。これら の分岐断層は、トランスプレッショナルな応力場で東傾斜の横ずれ断層に伴い形成された、 断層下盤側の副次的な変位・変形を担う断層と解釈される。深さ40m程度までの断層の傾斜 は東傾斜75°であり、高家地区周辺における松本盆地東縁断層の傾斜が高角であることが明 瞭に示された。

#### 3.2 松本市島内地区のトレンチ調査

#### (1)調査地点の概要

長野県松本市島内地区において、最新活動時期を推定するためトレンチ調査を実施した(図 18、19)。同地区の周辺では、比高1.5m程度の東側隆起の低断層崖が南北に延び、近藤・他 (2006)及びKondo et al. (2008)により横ずれ変位地形の認定と最新活動に伴う約7mの 横ずれ量が計測されている。従来の最新活動時期は周辺に分布する遺跡の年代に基づき、奈 良時代以降と推定されている。そのため、本研究では絶対年代により最新活動時期を推定す ることを目的として調査を実施した。

# (2) トレンチの層序と年代

トレンチは、近藤・他(2006)及びKondo et al. (2008)による断層推定位置に水路が延 びているため、隆起側にあたる東側の用地で長さ 23m、深さ3m、幅 2.6mの規模で掘削し た(図 20)。用地の東側にも既報の活断層トレースと併走する土地境界が延びており、断層変 位地形である可能性を検討するため、この境界を横断してトレンチを延長した。また、別稿 に記載したが用地の東側には北東一南西方向に延びる旧河道がみられ、横ずれ変位基準とし ての妥当性を検討するため、小規模な追加ピットを掘削した。図 21 にトレンチ壁面の写真、 図 22 にトレンチ壁面のスケッチ、図 23 にピット壁面の写真、図 24 にピット壁面のスケッ チ、表5に放射性炭素同位体年代測定の結果を示す。

トレンチ壁面には、河川性砂礫層、後背地性の腐植質シルト層及び砂層、人工改変土層が 露出した。本調査では、これらの地層を層相に基づき上位から1層から6層までのユニット

に区分し、ユニット毎に単層を細分した。以下では、ユニット毎に層相の特徴や年代、断層 運動に伴う地層の撓曲変形との関係について記載する。

1a層:盛土(暗オリーブ褐色:2.5Y3/3)。トレンチ東側にのみ分布する。礫混じり砂質シルトからなり、礫を不規則に含むほか、陶器やビニール片を含む。礫は亜円~円礫からなり、径2~10cm程度である。下位層との境界は比較的明瞭である。

1b層:耕作土(黒褐色:2.5Y3/1)。トレンチ西端にのみ分布する。砂質シルトからなり、ビニール片を含む。非常に軟質で下位層との境界は明瞭である。

1c 層:耕作土(にぶい黄褐色:10YR4/3、褐色:7.5YR4/4)。トレンチのほぼ全域に分布する ほか、ピットにも分布する。礫混じり砂質シルトからなる。下位層が 5a 層となる N9 及び S9 より東側では、径 3 ~ 5 cm の礫を頻繁に含み、下位層との境界は明瞭である。下位層が 3a 層・ 3d 層・4b 層となる西側では、径 1 ~ 2 cm の礫をまれに含み、下位層との境界は非常に不明瞭 である。礫は亜円~円礫からなる。

2a 層:砂質シルト(暗褐色:10YR3/3)。N11、S10より西側に分布するほか、ピットにも分布 する。砂質シルトからなり、トレンチでは均質で塊状だが、2c 層との境界付近には粗粒砂が 濃集する部分がみられる。下位層との境界は不明瞭である。S 面の西側では 2c 層と指交する。 ピットでは全体的に礫を含むが、P1~P3 付近は礫の含有率が少ない。全体に植物根の痕が発 達し、酸化鉄やマンガンが濃集する。

2b 層:礫(灰赤色: 2.5Y4/2)。N12、N14、N17、S15、S19 付近のみに見られる。2a、2c、2dの 各層を削り込んで分布する。径3~9 cmの比較的淘汰の良い亜円礫からなる。S19 付近のみ 径10~20 cmの礫が整列する。基質は周囲の2a 層や2d 層と同質の砂質シルトからなる。分布 状況から、人為的影響を受けた地層である可能性が高い。

2c 層:シルト(灰色:5Y4/1)。N16、S16より西側に分布する。ほぼ均質なシルトからなり、 まれに砂を挟む。下位層との境界は明瞭である。未分解の植物片を含む。

2d 層:礫混じり砂質シルト(暗褐色:10YR3/3)。N9、S9より西側に分布する。砂質シルトを 主体とし、径8cm以下の亜円礫をまばらに含む。上下層との境界は不明瞭だが、礫が点在す る層準として明瞭に追跡される。

2e層:砂質シルト(黒褐色:10YR3/2)。N11~N20、S13~S20付近に分布する。均質で塊状な 砂質シルトからなる。まれに径1cm以下の礫を含む。全体的にやや腐植質である。植物根の 痕が見られる。下位層との境界は不明瞭である。

2f 層:シルト(暗灰黄色:2.5Y4/2)。N16、S16より西側に分布する。シルト〜極細粒砂からなり、不明瞭なラミナがみられる。2e 層とは一部で指交する。植物根の痕がみられる。2h 層との境界は明瞭だが、2g 層、2i 層とは漸移的である。

2g 層: 礫混じり腐植質シルト(黒褐色: 7.5YR3/2)。N16~N19、S16~S19 付近に分布する。 シルトを主体とし、全体的に径1 cm以下の礫を含み、下部ほど礫が多い。N18 付近に径 20 cm の亜円礫を1 個含む。全体的に腐植質で植物根の痕がみられる。下位層とは漸移的である。 一部で4a 層を明瞭に削り込む。

2h 層:腐植質シルト(黒:7.5YR \*1.7/1)。N20、S20より西側に分布する。シルトを主体と し、全体的に若干の砂・礫を含む。腐植による濃淡があり、斑状の模様を呈する。基本的に 2f 層の下位にあたるが、一部では指交している。下位の2i 層との境界は比較的明瞭である。 2i 層:細礫混じり砂(黒褐色:10YR2/2、暗褐色:10YR3/4)。N19、S19より西側に分布する。 粗粒砂~中粒砂を主体とし、全体的に径1 cm以下の礫を含み、特に西側に多い。不明瞭なラ ミナが発達する。一部で4a 層を明瞭に削り込むほか、4a 層の偽礫を含む。2j 層との境界は 漸移的である。

2j層:砂(暗灰黄:2.5Y4/2)。N15~N19、S16付近に分布する。中粒砂~細粒砂を主体とし、 礫はほとんど含まれていない。一部では不明瞭なラミナが発達する。基本的には2g層の下位 にあたるが、一部では指交している。植物根の痕が発達する。

3a 層:シルト(灰オリーブ色:5Y4/2)。S1~S2付近にのみ分布する。シルトからなり均質で、 植物根の痕がみられる。下位層との境界は明瞭である。

3b 層:礫混じり砂(オリーブ黒色:5Y3/2)。S1~S2付近にのみ分布する。中~極粗粒砂から なり、ラミナが発達する。基底部に径0.4~2 cmの礫が配列し、明瞭なチャネルを形成する。 3c 層:礫混じりシルト質砂(暗オリーブ褐色:2.5Y3/3)。S3~S4付近にのみ分布する。中~ 粗粒砂を主体とし、シルトを多量に含む。径10cm以下の亜円~円礫を伴う。明瞭なチャネル を形成する。一部にマンガンや酸化鉄の濃集がみられる。

3d 層: 礫混じり砂(暗オリーブ褐色: 2.5Y3/3、暗赤褐色: 5YR3/3)。S1~S2 付近にのみ分布 する。基底部に最大径 18cm の礫が点在し、粗粒砂から細粒砂へと上方細粒化する。下位層と の境界は明瞭である。5a 層とは指交している。一部にマンガンや酸化鉄が濃集する。 3e 層: 礫混じりシルト(黒褐色: 2.5Y3/2)。N1、S2 付近にのみ分布する。シルトからなり礫

を含む。5a層を削り込むチャネルを形成する。下位層との境界は明瞭である。

4a 層:シルト(暗オリーブ褐色: 2.5Y3/3)。N11、S11より西側に分布する。塊状のシルトからなり、砂・礫はほとんど含まれていない。全体的に植物根の痕が発達する。2e 層より上位の地層に覆われるN15、S16より東側では植物による擾乱の影響が大きく、地層が乱され不明瞭となる。下位層との境界は不明瞭である。

4b 層:砂混じりシルト(黒褐色:10YR2/3、2.5Y3/2)。N10、S9より西側に分布する。シルトからなり全体的に砂を含むが、東側ほど多く西側ほど少ない。全体的に植物根の痕が発達す

る。東側では礫を伴うほか、5a層との境界部分では砂主体となる部分もある。5a層、5c層を 覆うが、5a層とはN10、S9付近で明瞭に指交している。

4c 層:砂混じり腐植質シルト(黒褐色:7.5YR2/2)。4b 層に挟まれた腐植質な部分にあたり、 N11~N12、S10~S12付近に分布する。腐植質シルトからなり、全体的に砂・細礫を含む。 4d 層:シルト混じり砂礫(暗灰黄色:2.5Y4/2)。4b 層の基底部付近に位置する礫主体の部分 である。N11~N12付近に分布する。礫径は最大で4 cm、平均1 cm で、亜円~円礫からなる。 比較的淘汰が良く、礫率は50%である。基質は砂質シルトからなる。5a 層との境界は明瞭で ある。

5a 層:砂礫(オリーブ褐:2.5Y4/3)。トレンチの全域に分布するが、西側ではトレンチの下 部のみにみられ、一部ではトレンチの壁面に出現していない。トレンチでは礫径は最大で25cm、 平均 8cm で、亜円~円礫からなる。淘汰は悪く、礫率は50~70%程度である。礫種は砂岩、安 山岩、チャート、花崗岩、デイサイト、泥岩からなり、東側ほど礫径が大きい。基質は粗粒砂 からなる。ピットの 5a 層は、位置関係からトレンチの 5a 層に相当すると考えられるが、ピ ットでは6 層を削り込むチャネルを形成しており、トレンチとはやや異なる層相が見られた ため、以下の 5a1~5a4 層に細分した。

5a1 層:シルト混じり砂(オリーブ褐色:2.5Y4/3)。中粒砂~細粒砂を主体とし、わずかに 上方細粒化する。植物根の痕が発達し、酸化鉄やマンガンが濃集する。基本的に 5a2 層の上 位に位置しているが、一部では指交している。

5a2 層:礫混じり砂~砂礫(灰オリーブ色:5Y4/2)。ピットにおける 5a 層の主体をなす。 東側では粗粒砂~極粗粒砂を主体とし礫混じり砂からなる。西側は砂礫主体で、礫径は最大 で12cm、平均5cmである。礫率は40%程度である。基質は粗粒砂~極粗粒砂からなる。

5a3 層:砂混じりシルト(オリーブ褐色:2.5Y4/3)。シルト主体で全体的に細粒砂を含む。 6a 層と 6b 層を明瞭に削り込み、5a2 層と指交する。植物根の痕がみられ、酸化鉄やマンガン が濃集する。

5a4 層:砂混じりシルト (灰オリーブ色:5Y4/2)。P5 より西側の 5a2 層中にレンズ状に挟 在する。シルトからなり、礫が点在し、植物根の痕がみられる。

5b 層:砂礫混じり腐植質シルト(黒褐色:7。5YR3/1)。N6~N7付近に分布する。5a 層中にレンズ状に挟在する。腐植質シルトを主体とし砂礫が混じる。

5c 層:シルト混じり砂礫(暗灰黄色:2.5Y4/2)。S13~S16、N11~N15付近に分布する。砂礫 からなり、礫径は最大で9cm、平均2cmで、亜円~円礫からなる。淘汰は悪く、礫率は30% 程度である。礫種は5a 層と同じである。基質はシルト混じり砂である。

5d 層: 礫混じり砂(暗灰黄色: 2.5Y4/2)。N14、S14 付近にのみ分布する。粗粒砂を主体とし、 径 5 cm 以下の礫を含む。

5e 層:粗粒砂(黒褐色:2.5Y3/2)。S12 付近にのみ分布する。塊状の粗粒砂からなり、礫を ほとんど含んでいない。

6a層:腐植質シルト混じり砂礫(オリーブ黒色:5Y3/2)。ピットにのみ分布する。下部は礫の含有率が低く、腐植質シルト混じりの砂からなる。上部はシルト混じり砂礫からなる。礫 径は最大8cm、平均2cmで、亜円~円礫からなる。礫率は70%程度である。基質はシルト混 じり砂である。

6b 層:砂礫(オリーブ褐色:2.5Y4/3)。ピットにのみ分布する。砂礫からなり、礫径は最大 20cm、平均8cm で、亜円~円礫からなる。礫率は75%程度で淘汰は悪い。基質は粗粒砂であ る。

# (3) イベント層準の認定と活動時期

トレンチ壁面には微弱な小断層を除き断層は露出しなかったものの、河川性の砂礫層(5 層)に西側低下の撓曲変形が認められた(図 21、22)。上述のように、4b 層はシルトからな り、5a 層の扇状地礫層と指交関係を示す。両者の堆積上面は東へ傾斜する梓川系統の扇状地 か、あるいは北へ流下する奈良井川系の砂礫層である。よってトレンチの東西方向の壁面で は、いずれの場合でも概ね水平か東へ緩やかに傾き下がるはずである。しかし、実際には、 4b 層のシルト層上面および 5a 層以下の砂礫層上面は西側低下の撓曲変形を示し、幅約 10m の間で約2mの上下変位を受けている。一方、トレンチの西側にのみ分布する2層は、4b 層 以下の地層をアバットしており、撓曲変形で生じた低下側を埋積して堆積する。よって、4b 層堆積後、2層の最下部を構成する2j 層堆積前に最新活動が生じたと判断できる。

最新活動時期を示す較正暦年代を図 25 に示した。4b 層からは 150±30 y. B. P. (SMU-C-4) および 2210±30 y. B. P. (SMU-C-9) が得られた (表 5)。いずれの年代も上下の層準から得た年代と矛盾している。前者の著しく若い年代は試料種が植物片であるため、4b 層が堆積後に形成された植生の根を測定したものと判断した。後者の古い年代は、腐植質シルト層のバルク試料であり、原因は特定できないが古い腐植が混入・再堆積して、実年代よりも古い年代測定結果を示したと判断した。この解釈に基づき、最新活動時期を示す下限の年代は、5b 層から得られた SMU-C-1 が示す 1410±30 y. B. P. 以降となる。1 $\sigma$ の較正暦年代は、1295-1335 Ca1BP (615-655 AD) である。最新活動の上限を示す試料はいずれもモダンとなっており、イベントの上限年代は限定することができない。

以上から、島内地区における松本盆地東縁断層南部の最新活動時期は、約 1300 年前以降 (西暦 615 年以降)に限定される。この年代は、高家地区で推定された最新活動の年代や既 往調査結果、西暦 762 年もしくは 841 年の歴史地震の対比とも調和的である。また、最新活 動に伴い、約2mの上下変位が生じた可能性が明らかとなった。

#### 4. まとめ

糸魚川-静岡構造線断層帯(中北部区間)における従来の評価と本調査により得られた結果 を比較し、表6にまとめて示す。

#### 4.1 断層帯の位置および形態

# (1) 断層帯を構成する断層

本調査からは糸魚川―静岡構造線断層帯・中北部区間を構成する断層について、従来評価 の改訂に資する新たなデータは得られていない。

#### (2) 断層面の位置・形状

高家地区におけるトレンチ調査によって、これまで位置不明確とされてきた松本盆地東縁 断層南部の位置が明確になった。また、トレンチ・ボーリング・反射法地震探査の結果、同地 区では深さ40m程度までの断層傾斜が東傾斜75°程度であることが明らかになった。

#### (3) 変位の向き

本調査からは糸魚川-静岡構造線断層帯・中北部区間の変位の向きについて、従来評価の 改訂に資する新たなデータは得られていない。

#### 4.2 断層帯の過去の活動

# (1) 平均変位速度

本調査からは糸魚川ー静岡構造線断層帯・中北部区間の変位速度について、従来評価の改訂に資する新たなデータは得られていない。

#### (2)活動時期

高家地区において実施したトレンチ調査の結果、松本盆地東縁断層南部の最新活動時期は、約1300年前以降(西暦 613 年以降)であることが明らかとなった。

島内地区において実施したトレンチ調査の結果、松本盆地東縁断層南部の最新活動時期は、約1300年前以降(西暦 615 年以降)であることが明らかとなった。

いずれの地区においても、近藤・他(2005)による遺跡年代からの推定や牛伏寺断層にお ける奥村・他(1994)の最新活動時期と調和的である。また、従来から指摘されている西暦 762年もしくは841年の歴史地震(宇佐美・他,2013)に対応する可能性がある。

# (3) 1回の変位量

島内地区におけるトレンチ調査の結果、最新活動に伴う上下変位は約2mであることが明 らかとなった。

# (4)活動間隔

本調査からは糸魚川-静岡構造線断層帯・中北部区間の活動間隔について、従来評価の改 訂に資する新たなデータは得られていない。

# (5)活動区間

本調査からは糸魚川ー静岡構造線断層帯・中北部区間の活動区間について、従来評価の改訂に資する新たなデータは得られていない。

# 謝 辞

本調査の実施にあたり長野県危機管理防災課、安曇野市危機管理課ならびに松本市危機管 理課の各位にご協力をいただきました。白馬村教育委員会には、神城佐野トレンチ出土した 遺物片の年代等についてご教示いただきました。掘削用地の地権者及び耕作者の方々には、 調査の趣旨をご理解いただき、土地の使用と掘削を認めていただきました。安曇野市高家トレ ンチでは、信州大学・原山 智氏、大塚 勉氏、小坂共栄氏、専修大・苅谷愛彦氏に壁面の解釈に ついて有益な議論を頂きました。本調査のうち野外調査は株式会社ダイヤコンサルタントに担当 して頂きました。以上の皆様に心より御礼申し上げます。

(調查担当:近藤久雄)

文 献

- 物理探査学会:物理探査ハンドブック 増補改訂版,公益社団法人 物理探査学会,東京,1045p, 2016.
- 土木学会原子力土木委員会断層活動性分科会:原子力発電所の活断層系評価技術-長大活断層系の セグメンテーション-.175p, 2004.
- 原山 智・大塚 勉・酒井潤一・小坂共栄・駒沢雅夫:松本地域の地質.地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)産総研地質調査総合センター, 63p, 2009.
- 糸静線断層帯重点的調査観測変動地形グループ:「糸魚川-静岡構造線断層帯変動地形資料集 No.1 北部(白馬-松本間)」, 30p, 2007.

糸静線活断層系発掘調査研究グループ:糸静線活断層系中部,若宮,大沢断層の性格と第四紀後

期における活動:富士見,茅野における発掘調査.東京大学地震研究所彙報,63,349-428,1988. 地震調査研究推進本部地震調査委員会:「糸魚川-静岡構造線活断層系の調査結果と評価について」,

10p, 1996.

地震調査研究推進本部地震調査委員会:「2014年11月22日長野県北部の地震の評価」,16p,2014. 地震調査研究推進本部地震調査委員会:「糸魚川-静岡構造線断層帯の長期評価(第二版)」,60p,

2015.

活断層研究会編:「日本の活断層-分布図と資料-」.東京大学出版会,363 p,1980. 活断層研究会編:「新編日本の活断層-分布図と資料-」.東京大学出版会,437 p,1991. 近藤久雄・遠田晋次・奥村晃史・高田圭太:糸魚川―静岡構造線活断層系・松本盆地東縁断層

南部に沿う左横ずれ変位地形,地学雑誌,115,208-220,2006.

- Kondo, H., S. Toda, K. Okumura, K. Takada, T. Chiba, A fault scarp in an urban area identified by LiDAR survey: a case study on the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, central Japan, Geomorphology, 101, 731-739, 2008.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田 高・今泉俊文:1896 年陸羽地震の地震断層,東京大学地震研究所彙報, 55, 795-855, 1980.
- 松多信尚・池田安隆・東郷正美・今泉俊文・澤祥,2万5千分の1都市圏活断層図「松本」,国 土地理院技術資料 D1-No. 368, 1999.
- 文部科学省研究開発局:糸魚川-静岡構造線断層帯に関するパイロット的な重点的調査観 測(平成 14 年度)成果報告書.79p, 2003.
- 文部科学省研究開発局:糸魚川-静岡構造線断層帯に関するパイロット的な重点的調査観測(平成 15 年度)成果報告書.93p, 2004.
- 文部科学省研究開発局:糸魚川-静岡構造線断層帯に関するパイロット的な重点的調査観測(平成 14-16 年度)成果報告書. 299p, 2005.
- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所:糸魚川-静岡構造線断層帯

における重点的な調査観測 平成 17 年度)成果報告書. 115p, 2006.

文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所:糸魚川-静岡構造線断層帯 における重点的な調査観測 平成 18 年度成果報告書.130p, 2007.

- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所:糸魚川-静岡構造線断層帯 における重点的な調査観測 平成 19 年度成果報告書, 163p, 2008.
- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所:糸魚川-静岡構造線断層帯 における重点的な調査観測 平成 20 年度成果報告書.178p, 2009.
- 文部科学省研究開発局・国土交通省国土地理院・東京大学地震研究所:糸魚川-静岡構造線断層帯 における重点的な調査観測 平成 17-21 年度成果報告書. 362p, 2010.
- 長橋良隆:中部日本,大峰地域の鮮新世火砕流堆積物一層序・記載岩石学的特徴一.地質学雑誌, 104, 108-198, 1998.
- 中田 高・今泉俊文編:「活断層詳細デジタルマップ」,東京大学出版会,60 p,付図1葉, DVD2枚,2002.
- 奥村晃史:オンフォールト古地震学の展開:地震発生時期の解明を中心に,地理科学,60, 167-174,2005.
- 奥村晃史・下川浩一・山崎晴雄・佃 栄吉:糸魚川一静岡構造線活断層系の最近の断層活動-牛伏 寺断層・松本市並柳地区トレンチ発掘調査.地震 第2輯,46,425-438,1994.
- Ramsey, B.C.: Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets. Radiocarbon, 59(2), 1809-1833, 2017.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatt, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., & van der Plicht, J.: IntCall3 and Marinel3 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. Radiocarbon, 55(4), 2013.
- 字佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子:「日本被害地震総覧 599-2012」. 東京大学出版会, 694p, 2013.

図表のキャプション

- 表1 高家地区における放射性炭素同位体年代測定の結果
- 表 2 S 波反射法地震探查使用機器一覧
- 表3 主なデータ取得仕様
- 表4 反射法データ処理適用パラメータ
- 表5 島内地区における放射性炭素同位体年代測定の結果
- 表6 糸魚川-静岡構造線断層帯(中北部区間)のまとめ
- 図1 糸魚川-静岡構造線断層帯の分布と活動区間
- 図2 糸魚川-静岡構造線断層帯・中北部区間の分布と調査位置
- 図3 高家地点および島内地点の位置と周辺の活断層分布
- 図4 高家地区周辺の段丘面分類図
- 図5 高家地区におけるトレンチ・ボーリング掘削位置
- 図6 高家地区におけるトレンチ壁面の写真
- 図7 高家地区におけるトレンチ壁面のスケッチ
- 図8 高家地区におけるボーリング柱状図
- 図9 高家地区におけるボーリングコアの写真(TKB-1孔)
- 図 10 高家地区におけるボーリングコアの写真(TKB-2 孔)
- 図 11 高家地区におけるボーリングコアの写真(TKB-3 孔)
- 図 12 高家地区におけるボーリングコアの写真(TKB-4 孔)
- 図 13 高家地区におけるS波反射法地震探査の測線位置
- 図14 高家地区におけるS波反射法地震探査(重合時間断面)
- 図15 高家地区におけるS波反射法地震探査(マイグレーション時間断面)
- 図16 高家地区におけるS波反射法地震探査(深度変換断面)
- 図 17 高家地区におけるトレンチ・ボーリング・S 波反射法地震探査の統合解釈断面図
- 図18 松本市島内地区周辺における松本盆地東縁断層南部の分布と調査位置
- 図 19 松本市島内地区におけるトレンチ調査位置
- 図 20 松本市島内地区におけるトレンチの詳細位置
- 図 21 松本市島内地区におけるトレンチ壁面の写真
- 図 22 松本市島内地区におけるトレンチ壁面のスケッチ
- 図 23 松本市島内地区におけるピット壁面の写真
- 図 24 松本市島内地区におけるピット壁面のスケッチ
- 図 25 松本市島内地区における最新活動時期の暦年代

表1	高家地区における放射性炭素同位体年代測定の結果
	暦年代は2σに対応する較正暦年代。

sample	採取層準	type of material	Measured Radio Age	carbon	Conventional Ra Age	diocarbon	cal	13C	Technique	Pretreatment
ткв-с-з	1a2層	plant material	154.7	0.58 pMC	155.57	0.58 pMC	95.4% probability  (95.4%) 1968 - 1970 cal AD (-1921 cal BP)	-27.73	AMS-Standard	acid/alkali/acid
TKB-C-1	2a層	charred material	150	30	150	30	95.4% probability  (31.7%) 1717 - 1784 cal AD (233 - 166 cal BP)   (30.3%) 1796 - 1890 cal AD (154 - 60 cal BP)   (17%) 1910 - Post AD 1950 (40 - Post BP 0)   (16.4%) 1666 - 1709 cal AD (284 - 241 cal BP)	-24.7	AMS-Standard	acid/alkali/acid
TKB-C-2	4b層	charred material	1430	30	1420	30	95.4% probability  (95.4%) 582 - 660 cal AD (1368 - 1290 cal BP)	-25.61	AMS-TIMEGUIDE	acid/alkali/acid
TKB-C-5	5b2層	charred material	1750	30	1740	30	95.4% probability  (95.4%) 236 - 386 cal AD (1714 - 1564 cal BP)	-25.55	AMS-Standard	acid/alkali/acid
TKB-C-4	5b4層	organic sediment	1760	30	1760	30	95.4% probability (93.1%) 210 - 383 cal AD (1740 - 1567 cal BP) (2.3%) 170 - 194 cal AD (1780 - 1756 cal BP)	-25.19	AMS-Standard	acid washes

機器名	型式	規	格・仕様	製作会社
テレメトリ型 データ収録装置	Geode	<ul> <li>入力チャンネル数</li> <li>サンプリング間隔</li> <li>記録長</li> <li>A/D分解能</li> <li>ダイナミックレンジ</li> <li>ひずみ</li> <li>寸 法</li> <li>重 量</li> </ul>	: 24ch/台 : 0.02~16msec : 最大 65,536 サンプル : 24 ビット : 144dB : 0.0005% : 24.5cm×30.5cm×17.8cm : 3.5kg	(米) Geometrics
データ収録装置 制御 PC	Tough Book CF-52	CPU メモリ HDD	<ul><li>Intel Core2 Duo 2.4GHz</li><li>2GB</li><li>160GB</li></ul>	パナソニック (株)
振 源	Mini-Vib T-15000	<ul> <li>波動種別</li> <li>制御方式</li> <li>最大加振力</li> <li>発振可能周波数</li> <li>リアクションマス重量</li> <li>ベースプレート重量</li> <li>自重</li> <li>全長・車幅・高さ</li> </ul>	<ul> <li>: S 波</li> <li>: 油圧式</li> <li>: 6,000LBF</li> <li>: 10~550Hz</li> <li>: 140kg</li> <li>: 174kg</li> <li>: 5,990kg</li> <li>: 6.71m×2.14m×2.70m</li> </ul>	(米) IVI
受振器	L-40A	波動種別 固有周波数 グルーピング	:S 波 :30Hz :シングル	(米) Mark Products
CDP ケーブル		12 テイクアウト/本	2.5m 間隔	(米) Mark Products (米) Pro Seismic Service
その他資材	テレメトリ	ケーブル、メスーメス	マ逆転ケーブル、バッテリーな	: Ľ

表 2 S 波反射法地震探查使用機器一覧

	仕様				
	測線長	119m			
	サンプリング間隔	0.5 ミリ秒			
	収録記録長	1.0 秒			
受振・観測系	収録形式	SEG-2			
	同時受振チャンネル数	96			
	受振点間隔	1m			
	展開方式	固定展開方式			
	波動種別	S 波			
	発振点間隔	1m			
	発振方式	スイープ方式			
発振系	発振周波数	15~120Hz			
	スイープ長	10 秒			
	総発振点数	118			
	垂直重合数	4~8回			

表3 主なデータ取得仕様

処理	内容	適用パラメータ			
	周波数フィルタ	$15 \text{Hz} \cdot 24 \text{dB/oct} \sim 100 \text{Hz} \cdot 48 \text{dB/oct}$			
	デコンボ リューション	オペレータ長: 50msec予測長: 11msec計算ゲート: 0~1,000msec適用ゲート: 0~1,000msecホワイトノイズ: 1%			
	振幅調整	時間ゲート : 200msec			
重合前処理	静補正	基準標高面: 550m風化層速度: 200m/sec置換速度: 400m/sec計算オフセット: 5~50m			
	速度フィルタ	適用タイプ: 除去型適用見かけ速度: 180~296m/sec-500~-147m/sec			
	速度解析	解析間隔 : 20 CDP			
	ミュート	40%以上間延びした波形に適用			
	残差静補正	適用なし			
	周波数フィルタ	$20$ Hz · 24dB/oct $\sim$ 60Hz · 48dB/oct			
重合後処理	デコンボ リューション	オペレータ長: 100msec予測長: 16msec計算ゲート: 0~1,000msec適用ゲート: 0~1,000msecホワイトノイズ: 1%			
	シグナル エンハンスメント	時間ゲート : 100msec 空間トレース数 : 41 トレース			
	マイグレーション	有限差分時間マイグレーション マイグレーション適用速度:重合速度の 80%にスケーリングしたモデル			
	深度変換	ボーリング TKB-1 及び TKB-3 孔における S 波速度検層結果及び重合速度を参照した 速度モデルを作成して適用			

表4 反射法データ処理適用パラメータ

sample	採取層準	type of material	Measured Radio Age	ocarbon	Conventional Ra Age	diocarbon	cal	13C	Technique Delivery	Pretreatment
SMU-C-7	2a層	charred material	170	30	180	30	95.4% probability  (53.6%) 1726 - 1814 cal AD (224 - 136 cal BP)   (19.7%) 1652 - 1696 cal AD (298 - 254 cal BP)   (17.9%) 1916 - Post AD 1950 (34 - Post BP 0)   (4.2%) 1836 - 1877 cal AD (114 - 73 cal BP)	-24.59	AMS-Standard	acid/alkali/acid
SMU-C-5	2c層	plant material	70	30	10	30	95,4% probability  (69,7%) 1876 - 1918 cal AD (74 - 32 cal BP)   (14,7%) 1696 - 1725 cal AD (254 - 225 cal BP)   (10,2%) 1814 - 1836 cal AD (136 - 114 cal BP)   (0,9%) 1845 - 1850 cal AD (105 - 100 cal BP)	-28.67	AMS-Standard	acid/alkali/acid
SMU-C-10	2h層	organic sediment	1390	30	1400	30	95.4% probability (95.4%) 597 - 670 cal AD (1353 - 1280 cal BP)	-24.52	AMS-Standard	acid washes
SMU-C-3	2j層	plant material	250	30	200	30	95.4% probability  (53.5%) 1728 - 1810 cal AD (222 - 140 cal BP)   (26%) 1646 - 1690 cal AD (304 - 260 cal BP)   (15.9%) 1926 - Post AD 1950 (24 - Post BP 0)	-28	AMS-Standard	acid/alkali/acid
SMU-C-4	4b層	plant material	190	30	150	30	95.4% probability (31.7%) 1717 - 1784 cal AD (233 - 166 cal BP)  (30.3%) 1796 - 1890 cal AD (154 - 60 cal BP)  (17%) 1910 - Post AD 1950 (40 - Post BP 0)  (16.4%) 1666 - 1709 cal AD (284 - 241 cal BP)	-27.44	AMS-Standard	acid/alkali/acid
SMU-C-9	4b層	organic sediment	2160	30	2210	30	95.4% probability  (95.4%) 371 - 199 cal BC (2320 - 2148 cal BP)	-21.89	AMS-Standard	acid washes
SMU-C-2	4c層	organic sediment	1450	30	1470	30	95.4% probability (95.4%) 545 - 645 cal AD (1405 - 1305 cal BP)	-23.72	AMS-Standard	acid washes
SMU-C-8	4c層	organic sediment	1510	30	1540	30	95,4% probability (95,4%) 426 - 588 cal AD (1524 - 1362 cal BP)	-23.11	AMS-Standard	acid washes
SMU-C-1	56層	charred material	1410	30	1410	30	95.4% probability (95.4%) 590 - 665 cal AD (1360 - 1285 cal BP)	-25.01	AMS-Standard	acid/alkali/acid
SMU-C-11	6a層	organic sediment	1730	30	1740	30	95.4% probability  (95.4%) 236 - 386 cal AD (1714 - 1564 cal BP)	-24.4	AMS-Standard	acid washes

# 表5 島内地区における放射性炭素同位体年代測定の結果

# 表6 糸魚川-静岡構造線断層帯(中北部区間)のまとめ

	従来評価	今回の調査結果を含めた評価	備考
<ol> <li>1.活断層の位置・形態</li> </ol>			
(1)断層帯を構成す る断層	松本盆地東縁断層南部(明科以南), 牛伏 寺断層, 岡谷断層, 諏訪湖南岸断層群	松本盆地東緣断層南部(明科以南), 牛伏寺断層, 岡谷断層, 諏訪湖南岸断層群	変更なし
(2)断層帯の位置・ 形状等	地表における活断層の位置・形状		
	活断層の位置		
	(北端)北緯36°20.7′東経137°55.2′	(北端)北緯36°47.9′東経137°55.2′	変更なし
	(南端)北緯35°58.9′東経138°9.0′	(南端)北緯36°20.7′東経137°55.2′	変更なし
	長さ 約45 km	長さ 約45 km	変更なし
	地下における活断層の位置・形状		
	一般走向 N27°W	N27°W	変更なし
	上端の深さ 0 km	0 km	変更なし
	傾斜 東傾斜(高角)	傾斜 東傾斜75 <sup>°</sup> 程度 (地表付近)	傾斜はトレンチ・ボーリング・反 射法地震探査から推定
	幅 10km程度	幅 10km程度	変更なし
(3)断層のずれの向 きと種類			
	左横ずれ断層 (諏訪盆地南西縁では東側低下の正断層 成分を含む)	左横ずれ断層 (諏訪盆地南西縁では東側低下の正断層成分を含 む)	変更なし
2. 活断層の過去の活動			
(1)平均的なずれの	9m/千年程度(左横ずれ)	9m/千年程度(左横ずれ)	変更なし
速度	1-2m/千年程度(上下)	1-2m/千年程度(上下)	
(2)過去の活動時期 	活動1(最新活動):約1千2百年前以降,約 8百年前以前 西暦 762年もしくは841年 活動2:約1千5百年前以降,約1千年前以 前 西暦762年もしくは841年 活動3:約1千7百年前以降,約1千6百年 前以前 活動4:約2千3百年前以降,約2千年前以 前 活動5:約3千3百年前以降,約3千1百年 前以前 活動6:約7千2百年前以降,約5千9百年 前以前	活動1(最新活動):約1千2百年前以降,約8百年前 以前 西暦 762 年もしくは841年 活動2:約1千5百年前以降,約1千年前以前 西暦762 年もしくは841年 活動3:約1千7百年前以降,約1千6百年前以前 活動4:約2千3百年前以降,約2千年前以前 活動5:約3千3百年前以降,約3千1百年前以前 活動6:約7千2百年前以降,約5千9百年前以前	変更なし 
(3)1回のずれの量と 平均活動間隔	1回のずれ量 6-9m程度(左横ずれ)	1回のずれ量 6-9m程度(左横ずれ)	変更なし
	平均活動間隔 6百-8百年程度	平均活動間隔 6百-8百年程度	変更なし
(4)過去の活動区間	全体で1区間	全体で1区間	変更なし
3. 活断層の将来の活動			
<ul><li>(1)将来の活動区間</li><li>および活動時の地震</li><li>の規模</li></ul>	全体で1区間	全体で1区間	変更なし
	地震の規模 M7.6程度	地震の規模 M7.6程度	変更なし
	6-9m程度(左横ずれ)	6-9m程度(左横ずれ)	変更なし



図1 糸魚川-静岡構造線断層帯の分布と活動区間。

糸魚川-静岡構造線断層帯の位置、活動区間、断層帯を構成する断層の名称は地震調査研究 推進本部地震調査委員会(2015)による。周辺の断層帯および推定活断層(黒線)は中田・ 今泉編(2002)を簡略化したもの。陰影図は, Kondo et al. (2008)を引用。



図2 糸魚川-静岡構造線断層帯・中北部区間の分布と調査位置。 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2015)に加筆。



図3 高家地点および島内地点の位置と周辺の活断層分布。

基図は国土地理院発行都市圏活断層図「信濃池田」(東郷・他, 1999)および「松本」(松多・ 他, 1999)。



図4 高家地区周辺の段丘面分類図。

(A)赤線は本調査による活断層(東側隆起の低断層崖)の位置, a-a'は(B)の地形断面測線の位置、黄色枠はトレンチ・ボーリング調査地を示す。基図は国土地理院発行の米軍撮影空中写真 USA-R3252-28 を使用。(B)地理院地図(電子国土 Web)の5 mDEM による地形断面図.縦軸を約3倍強調。



図5 高家地区におけるトレンチ・ボーリング掘削位置。



図6 高家地区におけるトレンチ壁面の写真。



図7 高家地区におけるトレンチ壁面のスケッチ。



図8 高家地区におけるボーリング柱状図。掘削位置は図5に示す。



図9 高家地区におけるボーリングコアの写真(TKB-1孔)。

図10 高家地区におけるボーリングコアの写真(TKB-2孔)。



図11 高家地区におけるボーリングコアの写真(TKB-3孔)。



図12 高家地区におけるボーリングコアの写真(TKB-4孔)。



図13 高家地区におけるS波反射法地震探査の測線位置。



図14 高家地区におけるS波反射法地震探査(重合時間断面)。



図 15 高家地区における S 波反射法地震探査(マイグレーション時間断面)。



図16 高家地区におけるS波反射法地震探査(深度変換断面)。



図17 高家地区におけるトレンチ・ボーリング・S波反射法地震探査の統合解釈断面図。



図18 松本市島内地区周辺における松本盆地東縁断層南部の分布と調査位置。 黒枠は図19の範囲を示す. Kondo et al. (2008)に加筆。



図19 松本市島内地区におけるトレンチ調査位置。 基図は国土地理院発行の1万分の1空中写真(CCB20112-C11-28)を使用。



図 20 松本市島内地区におけるトレンチの詳細位置。 旧河道は図 19 の旧河道 B の南東縁を示す。



図 21 松本市島内地区におけるトレンチ壁面の写真。



図 22 松本市島内地区におけるトレンチ壁面のスケッチ。



図23 松本市島内地区におけるピット壁面の写真。



図 24 松本市島内地区におけるピット壁面のスケッチ。



図 25 松本市島内地区における最新活動時期の暦年代。

OxCal v. 4.3.2 (Ramsey, 2017), 較正曲線は IntCal 13 (Reimer et al., 2013) を用いた。 各試料の年代値は1 σ の範囲と確率密度分布を示す。