

長野県上田盆地における第四紀の構造運動

渡邊和輝¹, 大塚 勉²¹信州大学大学院総合理工学研究科, ²信州大学総合人間科学系

Quaternary tectonics in Ueda basin, Nagano prefecture, central Japan

Kazuki Watanabe¹ & Tsutomu Otsuka²¹Graduate School of Science and Technology, Shinshu University²Institute of Humanities, Shinshu University

キーワード: 第四紀断層, 撓曲, 褶曲, 傾動, 構造盆地

Keywords: Quaternary fault, Flexure, Folding, Tilting, Tectonic Basin

1 はじめに

長野県東部に位置する上田地域には(図-1), 東に開けた盆地地形が存在する. この地域に関しては, 本間(1931)や飯島ほか(1956)をはじめとする層序学的研究や, Kaneoka et al(1978)や山岸ほか(1984)による火山活動とそれに伴う碎屑物に関する研究がなされてきた結果について明らかにされている. しかし, 上田地域において盆地の構造などの地質構造に重きを置いた研究は不十分であり, とくに第四紀の構造運動についてはこれからの課題である.

本研究では, 上田地域において地表地質踏査を行い, 地質図(図-2)および地質断面図(図-3)を作成し, 地質体の分布と地質構造を明らかにした. とくに, 上田盆地には第四系に影響を与える褶曲, 撓曲, 断層および傾動などの第四紀変動が認められ, 上田盆地の構造盆地としての形成に関する新たな知見が得られた. 本論文は, 日本地質学会第125年学術大会講演(渡邊ほか, 2018)の内容を一部引用している.

2 地形および地質の概要

研究地域は北, 南および西を山地に囲まれた盆地になっており, 中央には小牧山と呼ばれる比高約350mの山塊が存在する. 中央部には千曲川が南東から北西方向へと流れ, 南からは依田川, 北からは神川が千曲川に合流する.

研究地域は北部フォッサマグナ地域の中央隆起帯と小諸帯(小坂, 1984)に位置し, 地質体は新第三系以上が分布する. 総合柱状図(図-4)より, 地質体は古期のものから, 中期~後期中新世の内

村層, 別所層, 青木層および小川層(本間, 1931). 中新統に貫入する鮮新世の火成岩類. 鮮新世~前期更新世の小諸層群大杭層(飯島, 1956). 中期更新世の虚空蔵溶岩(西来, 2013). 中期~後期更新世の日向山礫層, 段丘堆積物. 後期更新世~完新世の火山麓扇状地堆積物, 上小湖成層(飯島, 1969), 扇状地堆積物, 完新世の低地及び現河床堆積物に区分される.

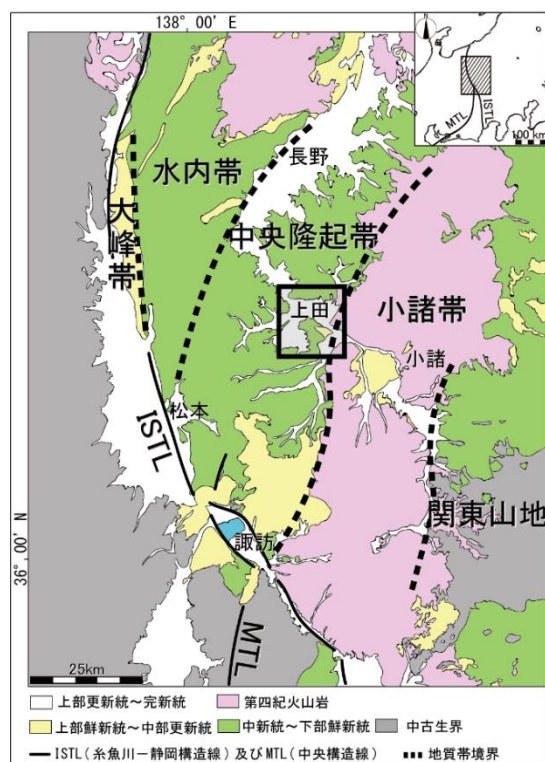


図-1 研究地域の位置

宮坂ほか(2015)及び産業技術総合研究所地質調査総合センター(2018)のシームレス地質図を基に作成. 黒枠が研究地域.

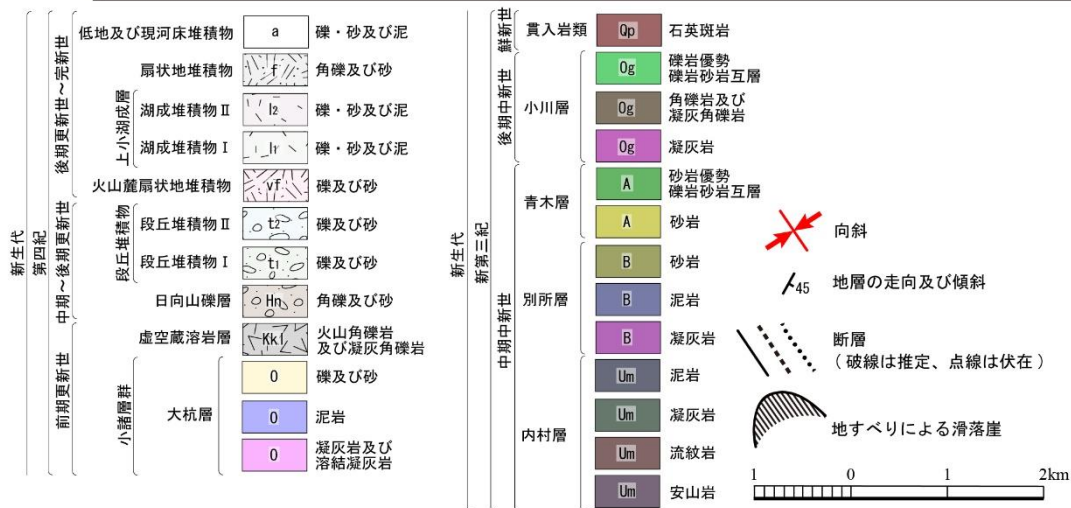
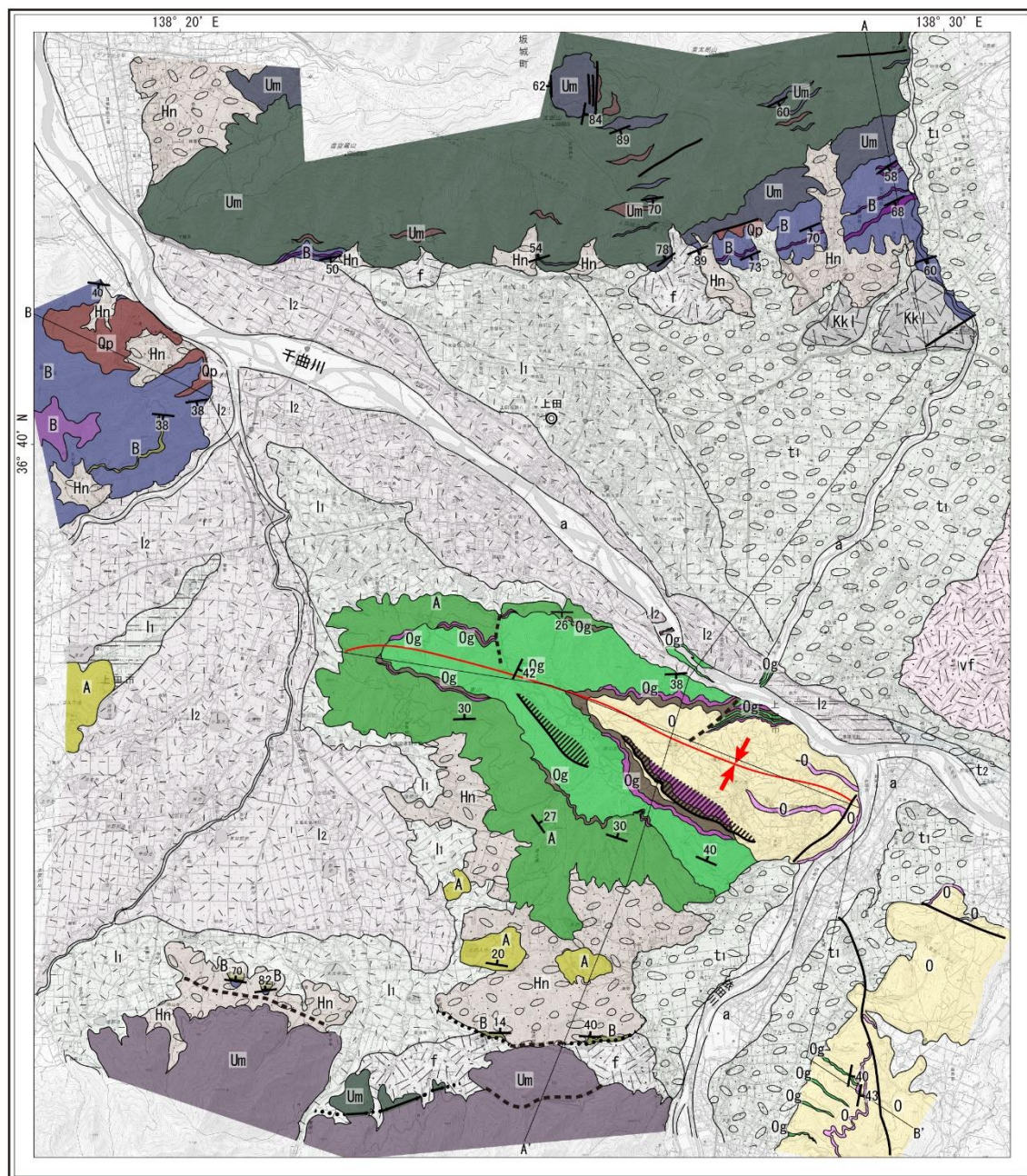


図-2 地質図

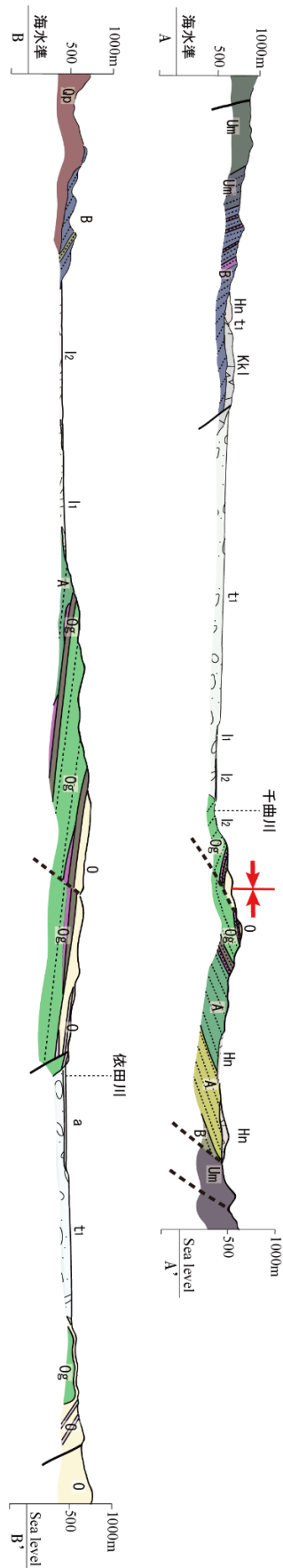
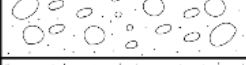
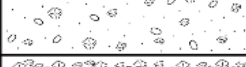
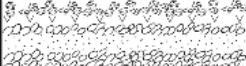
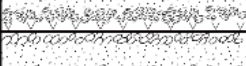
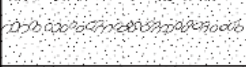
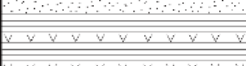


図-3 図-2の地質断面図
凡例は図-2と同じ.

時代		地層					
新生代	第四紀	完新世	低地及び 現河床堆積物		礫・砂及び泥層。現河床や低地を充填する堆積物。		
		後期更新世	扇状地堆積物		淘汰の悪い礫層。礫種は付近の後背地を反映。亜角～角礫で中～大礫サイズ。扇状地地形を作る。		
			火山麓扇状地 堆積物		淘汰の悪い礫層。礫種は多様であるが、安山岩が多くを占める。中～巨礫サイズで亜角～円礫。		
			上小湖成層	湖成層Ⅱ		多様な礫種からなる礫層。灰色砂層。灰色泥層。円磨された赤色バミスを含む。平野部の高位地形面に存在。	◀ 28 ka (※9)
			湖成層Ⅰ		淘汰の悪い礫層。礫種は多様であるが、安山岩が多くを占める。中～巨礫サイズで亜角～円礫。	◀ 39 ka (※10)	
		中期～後期更新世	段丘堆積物		円礫層。礫種は付近の後背地を反映。中～大礫サイズ。現河川に沿う段丘に分布。		
			日向山礫層		淘汰の悪い礫層。亜角～角礫及び円礫で細～大礫サイズ。粗粒～中粒砂基質。礫種は付近の後背地を反映。		
		前期更新世	虚空蔵溶岩層 (※2)		デイサイト質暗灰色安山岩の凝灰角礫岩。亜角～角礫で中～巨礫サイズ。白色凝灰岩基質。一部ブロック溶岩。	◀ 0.9±0.3 Ma (※11)	
			小諸層群 (※3)	大杭層 (※4)		ガラス質黒色安山岩及び複輝石黒色安山岩の巨円礫層。灰～黒色塊状泥岩。非～強溶結の白色凝灰岩。	◀ 1.58±0.1 Ma (※12)
		貫入岩類				緑泥石を含む石英斑岩。内村層及び別所層に貫入する。	◀ 4.1±0.3 Ma (※13) ◀ 5.8±0.3 Ma (※14)
	新第三紀	後期中新世	小川層 (※5)		礫岩優勢の礫岩砂岩互層。最下部・最上部に複輝石黒色安山岩の凝灰角礫岩。白色凝灰岩。最上部の凝灰岩はバミスの含有が著しい。木炭を含む砂岩。		
			青木層 (※6)		砂岩優勢の礫岩砂岩互層。付加体・内村層起源の礫種。細礫～中礫サイズ。亜円～円礫。塊状の灰色砂岩。植物化石を含む泥岩や泥炭。	◀ 7.9 Ma (※15)	
		中期中新世	別所層 (※7)		頁状の黒色泥岩。灰色～白色凝灰岩。一部。砂岩・礫岩。魚鱗。有孔虫。貝類化石の産出。	◀ 13.2 Ma (※16)	
			内村層 (※8)		非常に緻密な凝灰岩。塊状の黒色泥岩。ガラス質安山岩。柱状節理の発達するガラス質流紋岩。火山岩の火山岩・火砕岩は青色から灰色変質が著しい。	◀ 14～15 Ma (※17) ◀ 15～16 Ma (※18)	

1：飯島ほか (1969)，2：西来ほか (2013)，3：飯島ほか (1956)，4：飯島ほか (1969)，5：本間 (1931)，6：本間 (1931)，7：本間 (1931)，8：本間 (1931)，9：上田市誌編さん委員会 (2002)・炭化木 C14 年代値，10：上田市誌編さん委員会 (2002)・炭化木 C14 年代値，11：上田市誌編さん委員会 (2002)・安山岩 FT 年代値，12：鈴木 (1988)・凝灰岩 FT 年代値，13：上田市誌編さん委員会 (2002)・凝灰岩 FT 年代値，14：上田市誌編さん委員会 (2002)・石英斑岩 FT 年代値，15：山岸ほか (1984)・凝灰岩 FT 年代値，16：山岸ほか (1984)・凝灰岩 FT 年代値，17：小坂ほか (1992)，18：小坂ほか (1992)

図-4 総合柱状図

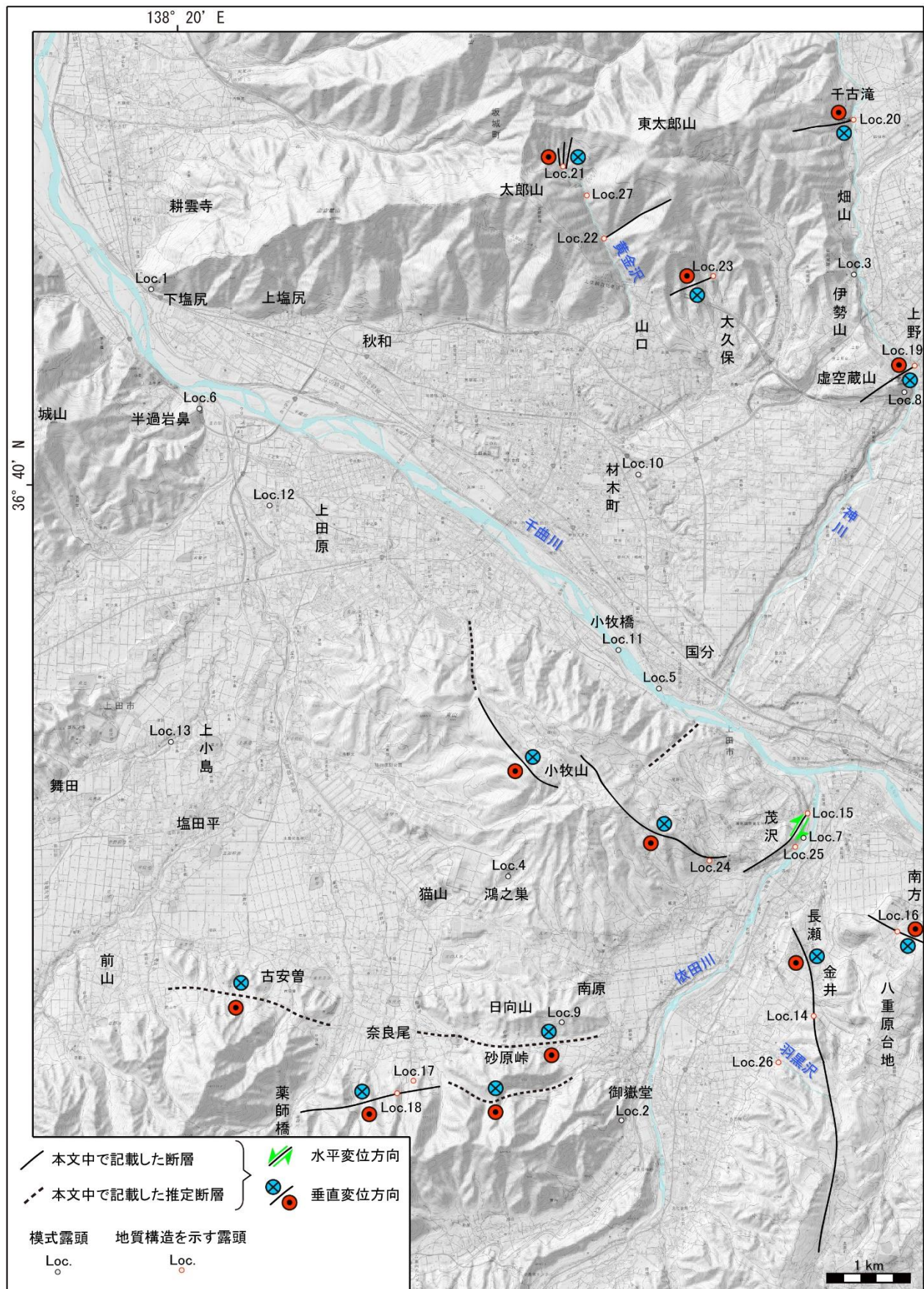


図-5 模式露頭と地質構造のロカリティーマップ

3 層序

1) 内村層(Um)

本間(1931)による．研究地域では，上田市下塩尻地区千曲川右岸の塩尻岩鼻(図-5：Loc. 1)および上田市御嶽堂地区岩谷堂(図-5：Loc. 2)に模式的に露出し(図-6)，上田盆地北方の山地および上田盆地南方の山地に広く分布する．研究地域において最下部層で別所層に整合関係で覆われる．

研究地域では，内村層は安山岩，流紋岩，凝灰岩，および泥岩に区分される．

安山岩は上田盆地南方の山地一帯に分布する．変質の結果，鉱物粒子は不鮮明となり，全体的にガラス質である．青色・灰白色・灰色を呈し，非常に硬質である．安山岩には裂かを充填するように玉髓およびピッチストーンが含まれることがある．

流紋岩は上田盆地北方の山地の内村層凝灰岩中にレンズ状に分布する．青色・灰白色・白色を呈し，緻密で硬質である．柱状節理が発達する．

凝灰岩は上田盆地北方の山地に広く分布し，盆地南方の奈良尾地区にもわずかに分布する．凝灰岩は青色・灰白色・白色を呈し，非常に緻密で硬質である．鏡下では斜長石・斜方輝石・単斜輝石が見出される．また，奈良尾地区に分布する凝灰岩は火山ガラスを多く含み，鏡下ではバブルウォール構造がみられる．

泥岩は上田盆地北方の山地南麓および内村層凝灰岩中にレンズ状に分布する．黒色を呈し非常に硬質である．局所的に灰白色の中粒～極細粒砂岩の薄層やラミナがみられる．

内村層から産出した浮遊性有孔虫化石の報告に基づいて，小坂ほか(1992)は本研究地域の内



図-6 内村層凝灰岩

村層最上部の年代を 15～16Ma の中期中新世と推定している．

2) 別所層(B)

本間(1931)による．研究地域では，上田市伊勢山地区の神川右岸(図-5：Loc. 3)に模式的に露出し(図-7)，上田市城山一帯，上田市上塩尻地区，上田市伊勢山地区に分布する．上田市砂原峠および上田市古安曾地区にも限定的に分布する．研究地域では，内村層を整合に覆い，青木層に整合に覆われると推定される．

研究地域では別所層を凝灰岩，泥岩および砂岩に区分される．

凝灰岩は泥岩中に挟在する．塊状で灰色～白色を呈し，鏡下では，斜方輝石・斜長石・石英および緑泥石の粒子が認められる．

砂岩は上田市城山，上田市砂原峠および上田市古安曾地区の限られた範囲に分布する．灰色から淡黄色でやや硬質の中粒～極細粒砂岩を主体とし，まれに火山岩の細礫～中礫サイズの垂円～円礫を含む．上田市城山では二枚貝化石を産する．

泥岩は，上田市城山および伊勢山地区に別所層の主体を占めて分布するほか，上田市上塩尻および上田盆地南部の丘陵にも分布が見られる．やや硬質の黒色泥岩が主体で，局所的に中粒～細粒砂岩と互層をなし，砂岩や礫岩の薄層を挟む．上田市城山や伊勢山地区では，魚類の鱗・有孔虫および巻貝の化石を産する．

別所層から産出した浮遊性有孔虫化石の報告から，小坂ほか(1992)は本研究地域の別所層下部から中部の年代を 14～15Ma の中期中新世と推定している．

3) 青木層(A)

本間(1931)による．研究地域では上田市鴻ノ巣

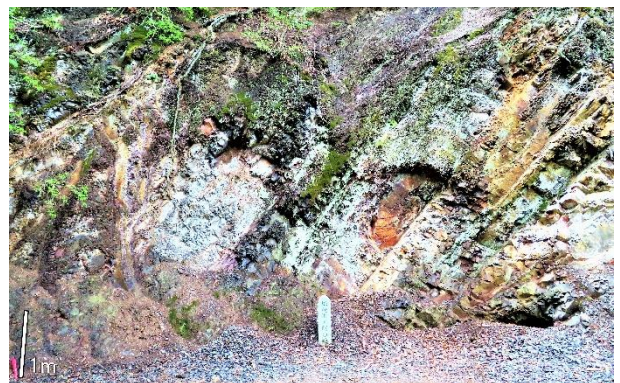


図-7 別所層泥岩

(図-5: Loc. 4)に模式的に露出しており(図-8), 上田市小牧山の麓から中腹および上田市舞田地区に分布する. 本間(1931)では別所層を整合で覆うとされ, 小川層に不整合で覆われる.

研究地域では, 青木層を砂岩および砂岩優勢礫岩砂岩互層に区分される.

砂岩は, 上田市南原地区および上田市猫山に分布する. 細礫サイズの円礫や灰色泥岩の薄層が挟まれることがある.

砂岩優勢礫岩砂岩互層は小牧山の麓から中腹にかけて分布する. 礫岩の礫は一般に細~中礫サイズで垂円~円礫であり, 淘汰は良い. 礫種はチャート, 粘板岩および砂岩と安山岩, 流紋岩, 凝灰岩からなる. 基質は極細粒から細粒砂岩である. 灰色泥岩の薄層を挟む. 砂岩は中粒から極粗粒砂岩が主で, 細礫サイズの円礫を含むことがある. 砂岩優勢礫岩砂岩互層は黒色~灰色泥岩の薄層が挟まることがあり, 広葉樹の葉の化石などの植物化石を産出するほか, ときに厚さ数 cm~数十 cm の亜炭層が挟まれることがある.

上田市大日堂付近の青木層最下部の凝灰岩に包有するジルコンから 13.2 Ma の FT 年代値が得られており, 中期中新世と推定される(山岸ほか, 1984).

4) 小川層(0g)

本間(1931)による. 研究地域では, 上田市国分地区の千曲川右岸の河床(図-5: Loc. 5)に模式的に露出しており(図-9), 上田市小牧山一帯および上田市八重原台地西縁に分布する. 青木層を不整合で覆い, 小諸層群大杭層に不整合で覆われる.

研究地域では小川層を凝灰岩, 凝灰角礫岩およ

び礫岩優勢礫岩砂岩互層に区分される.

礫岩砂岩互層は上田市小牧山一帯および上田市八重原台地一帯に分布する. 礫岩優勢の礫岩砂岩互層が主体である. 礫岩は中礫から大礫サイズの垂円~円礫で, 礫種はチャート, 粘板岩, 砂岩と安山岩, 流紋岩, 石英斑岩からなり, 安山岩礫が青木層の礫岩砂岩互層よりも多く含まれる. 一般に淘汰は良く, 基質は中粒~粗粒砂岩が主である. 砂岩は中粒~粗粒砂が主であり, 細礫サイズの円礫や灰色~黒色泥岩の薄層を含むことがある. 砂岩および泥岩は, 材化石や亜炭を含むことがある.

角礫岩は上田市小牧山の小川層の最下部および最上部に分布する. 灰色凝灰岩基質で中~巨礫サイズの玄武岩質黒色安山岩の垂角~角礫岩からなる. 礫種は斜長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 普通角閃石を含む安山岩で, 鏡下では石基にハイアロピリティック組織がみられる. また, 安山岩角礫は, ときに火山角礫ないし塊状溶岩の様相を示すことがある.

凝灰岩は, 上田市小牧山の小川層の最下部および最上部に凝灰角礫岩と伴って分布する. やや速報への連続性に欠く. 小川層の最下部に分布する凝灰岩は細粒基質の灰色凝灰岩で斜長石・斜方輝石・単斜輝石・角閃石および緑泥石を含む. 小川層の最上部に分布する凝灰岩は中粒基質の灰色凝灰岩で径 2~5 mm のパミスを多く含む. 凝灰岩中には, 斜長石・斜方輝石・単斜輝石および岩片が含まれる.

小川層最下部の凝灰岩から 7.9Ma の K-Ar 年代値が得られていることから, 後期中新世と推定さ



図-8 青木層砂岩優勢礫岩砂岩互層



図-9 小川層礫岩優勢礫岩砂岩互層

れる(山岸ほか, 1984).

5) 貫入岩類(Qp)

新称. 模式地は上田市半過岩鼻の崖(図-5: Loc. 6)(図 10)であり, 上田市城山および上田市大久保地区に分布する.

貫入岩は, 石英と斜長石の斑晶を含む細粒等粒状組織を呈する石英斑岩である. 石英が多く含まれ, わずかに含まれる有色鉱物は緑泥石化している. 別所層泥岩に貫入しており, 上田市半過岩鼻付近では, 石英斑岩によって接触変成をうけた泥岩が白色化し硬質となっている.

上田市半過岩鼻の石英斑岩から $5.8 \pm 0.3\text{Ma}$ の FT 年代値が得られていることから, 後期中新世と推定される(上田市誌編さん委員会, 2002).

6) 小諸層群大杭層(0)

飯島(1956)による. 研究地域では, 上田市茂沢地区の依田川左岸の崖(図-5: Loc. 7)に模式的に露出しており(図-11), 上田市小牧山西麓および八重原台地西縁一帯に分布する. 小川層を不整合に覆う.

研究地域では大杭層を凝灰岩, 泥岩および礫層に区分される.

礫層は上田市小牧山西麓および八重原台地西縁一帯に分布する. 灰白色凝灰質および粗粒砂質の礫層が主体で, まれに中粒~細粒の砂層および泥層の薄層を含む. 礫種は玄武岩質黒色安山岩および黒色の複輝石安山岩が主体であり, 流紋岩, チャート, 粘板岩凝灰岩などもわずかに含まれる. 中礫~巨礫サイズの礫が多く, 亜円から円礫が目立つ. 淘汰は悪い.

凝灰岩は茂沢地区の依田川左岸, 上田市八重原台地西縁の礫層中に細粒~中粒基質の灰色およ

び褐色凝灰岩が挟まれる. 白色パミスや黒色岩片を含み, 鏡下では, 斜長石, 斜方輝石および単斜輝石が認められる. また, 上田市茂沢地区も依田川左岸, 上田市羽黒沢および上田市南方地区では, 非~弱溶結の溶結凝灰岩が分布し, レンズ状に変形した白色パミスがみられる. 鏡下では, 凝灰岩の基質中にユータクシティック構造がみられる.

泥岩は上田市南方地区の限定された範囲に分布する. 黒~褐色の塊状泥岩が主体であり, やや軟質である.

大杭層最下部の溶結凝灰岩から $4.1 \pm 0.3\text{Ma}$ の FT 年代値が得られていることから, 鮮新世と推定される(上田市誌編さん委員会, 2002). また, 大杭層上部の凝灰岩から $1.58 \pm 0.1\text{Ma}$ の FT 年代値が得られていることから, 前期更新世と推定される(鈴木, 1988).

7) 虚空蔵溶岩層(Kk1)

西来ほか(2013)による. 研究地域では, 上田市虚空蔵山東麓の崖(図-5: Loc. 8)に模式的に露出し(図-12), 上田市虚空蔵山および上田市住吉地



図-11 大杭層礫



図-10 貫入岩類石英斑岩



図-12 虚空蔵溶岩層凝灰角礫岩

区に分布する。虚空蔵溶岩の分布から、別所層を不整合に覆い、段丘堆積物に不整合で覆われると考えられる。

白色凝灰岩基質の凝灰角礫岩が主体で、中～巨礫サイズの亜角～角礫岩で構成されている。礫種はデイサイト質暗灰色安山岩である。淘汰は悪く無層理だが、まれに凝灰質中粒砂の薄層が挟まれる。上田市虚空蔵山山頂付近では、塊状のデイサイト質暗灰色安山岩がみられる。

上田市誌編さん委員会(2002)は安山岩の FT 年代値が $0.9 \pm 0.3\text{Ma}$ 、つまり前期更新世末期と推定される。

8) 日向山礫層(Hn)

新称。模式地は上田市日向山(図-5: Loc. 9)(図-13)であり、上田市小牧山南麓から上田市塩田平南縁にかけて、上田市太郎山から東太郎山にかけての南麓および坂城町耕雲寺地区に分布する。

日向山礫層の分布から、中新統および虚空蔵溶岩を不整合に覆い、上部更新統および完新統に不整合で覆われる。

ローム質細粒砂および泥基質で中～巨礫サイズの亜円～角礫を多く含む礫層である。他の第四系が分布する地域より標高が高く、山麓に分布していること、および礫種は背後の山地の地質を反映されていることから、古期の扇状地であると考えられる。

放射年代値などは得られていないが、前期更新世末の虚空蔵溶岩層を覆っていることから中部更新世以降であると考えられる。

9) 段丘堆積物(t)

研究地域では、上田市材木町地区(図-5: Loc. 10)に模式的に露出しており(図-14)、上田盆



図-13 日向山礫層礫

地北西部の段丘および上田市依田川流域の段丘に分布する。

段丘堆積物の分布から、下部更新統までを不整合に覆い、上部更新統から完新統に不整合で覆われる。

中粒～粗粒砂基質で中～大礫サイズの亜円～円礫を多く含む礫層である。礫種は玄武岩質黒色安山岩およびデイサイト質暗灰色安山岩が多く、流紋岩、斑岩、凝灰岩、チャートおよび粘板岩も含まれる。

年代値などは得られていないが、明瞭な段丘地形を保っていることから、中期更新世～後期更新世以降であると考えられる。

10) 上小湖成層($l_1 \cdot l_2$)

飯島ほか(1969)による。研究地域では、上田市小牧橋付近の千曲川河床(図-5: Loc. 11)に模式的に露出しており、上田市塩田平および上田市街地に広く分布する。上小湖成層の分布から、中部更新統までを不整合に覆い、完新統に不整合で覆われる。

研究地域では、上小湖成層に基づいて湖成層 I および湖成層 II に区分される。

湖成層 I は上田盆地内に残存する段丘面に分布する。中～細礫サイズの亜円～円礫からなる礫層、中粒～細粒の灰色砂層および灰色泥層から構成される。礫種は周囲の地質に強く影響を受け、上田市上田原地区(図-5: Loc. 12)では赤色酸化した火山岩亜円礫を含む灰色火山砂層がみられる。

湖成層 II は上田盆地内の低位地形面に分布す



図-14 段丘堆積物礫

る。中～細礫サイズの亜円～円礫からなる礫層、中粒～細粒の灰色砂層および灰色泥層から構成される。礫種は周囲の地質に強く影響を受け、上田市上小島地区の産川河床(図-5: Loc. 13)では、黒色泥に由来する縞状の層理が発達する泥層がみられる(図-15)。

湖成層Ⅰが分布する上田市薬師橋付近で産出した炭化木から 39Ka、湖成層Ⅱが分布する上田市小牧橋付近で産出した炭化木から 28Ka の ^{14}C 年代値が得られており(上田市誌編さん委員会, 2002)、後期更新世であると推測される。

11) 扇状地堆積物(f)

上田盆地北縁部に分布し、上田市山口地区および上田市秋和地区で扇状地地形を形成している。主に淘汰の悪い砂礫層からなり、中～大礫サイズの亜角～亜円礫を多く含む。礫種は後背地に分布する泥岩および凝灰岩などからなる。

12) 低地及び現河床堆積物(a)

上田盆地内の現河床および河川付近の低地に分布する。主に礫・砂および泥からなり、中～大礫サイズの亜円～円礫を多く含む。礫種は多様であるが、千曲川では安山岩が主体とし付加体岩石をやや含む。一方、依田川では安山岩主体で石英斑岩および閃緑斑岩を含む。

4 地質構造

研究地域には褶曲、断層、傾動および撓曲が見出される。上田盆地中央部の小牧山には、ENE-SWS 方向の褶曲軸をもつ向斜構造が存在する。この向斜構造には下部更新統までが参加している。また、上田盆地の縁辺部には傾動、撓曲および断層が存在し、上部更新統まで影響を与えている。以下では、見出された地質構造について記載する。記載した露頭などの位置については(図-5)を参照。

1) 向斜 1(図-16)



図-15 湖成層Ⅱ泥

上田盆地中央部の小牧山では中期中新世の青木層、小川層および前期更新世の大杭層が向斜構造を形成している。地層の層理面の姿勢は、小牧山北麓では ENE-WSW ないし E-W 走向で南に約 20° ～ 50° 傾斜し、南麓では NW-SW ないし E-W 走向で北に約 20° ～ 60° 傾斜している。WNW-ESE 方向で、東側が開いた向斜を形成する。また、ステレオネットを用いて小牧山一帯の地層の層理面データから褶曲軸の姿勢を求めたところ、 $S86^{\circ}W, 9^{\circ}E$ が得られ、地表踏査による岩相分布に現れた向斜構造と調和的な結果が得られた(図-16)。

この向斜構造は下部更新統大杭層までが影響を受けているが、中部更新統以上は影響を受けていないことから、前期更新世から中期更新世にかけての時期に形成された第四紀の構造である。

2) 断層 1(図-17)

上田市南方地区では、前期更新世の大杭層の礫層および泥岩を切る断層が存在する(図-5: Loc. 16)。断層の姿勢は ENE-WSW 走向で南に 56° 傾斜している。青灰色の断層粘土混じりの断層ガウジを含む幅 5～10cm の破碎帯がみられる。断層面付近の礫の長軸が断層面に沿っている。また、礫層中に含まれる中粒～粗粒砂層が南側沈降の引きずりによる変形を受けていることから、南側沈降の正断層であると考えられる。

この断層は、下部更新統に影響を与えていることから、前期更新統以降に形成された第四紀断層である。

3) 断層 2(図-18)

上田市長瀬地区の採石場では、前期更新世の大杭層の礫層および凝灰岩を切る断層が存在する

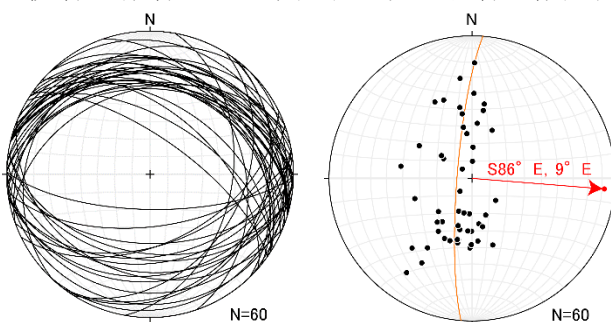


図-16 小牧山の地層の層理面データ

下半球等面積投影。小牧山の上部中新統から下部更新統までの地層の層理面データとその極。橙線は層理面データの極から得られた Best fit, girdle で赤丸は向斜軸の姿勢を示す。

(図-5 : Loc. 14). 断層面の姿勢は, NNW-SSE から NNW-SSE 走向で東に約 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 傾斜している. 断層角礫と半固結の断層ガウジを伴う幅 30~50cm の破碎帯があり, そこに含まれる円礫の長軸は断層面に沿って配列している.

Fault I による変位地形は上田市長瀬地区から南北約 6km にわたって現れており, 東側沈降を示している. とくに上平地区では後期更新統の段丘上に長さ約 1km に及ぶ変位地形が存在する.

この断層は, 後期更新統に変位を与えていることから, 後期更新世以降に形成された第四紀断層である.

4) 断層 3 (図-19)

上田市茂沢地区では, 鮮新世から前期更新世の大杭層凝灰岩および礫層を切る断層が存在する(図-5 : Loc. 15). 断層面の姿勢は NE-SW 走向で, 南東に $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 傾斜する逆断層である. 凝灰岩の断層角礫からなる幅約 20~100cm の破碎帯が存在し, 礫層の円礫の長軸は断層面に沿って配列している.

この断層は, 下部更新統に影響を与えていることから, 前期更新世以降に形成された第四紀断層である.



図-18 断層 2 の露頭写真とスケッチ

5) 断層 4 (図-20)

上田市上野地区の神川左岸では, 中期中新世の別所層泥岩および後期更新世の段丘堆積物を切る断層が存在する(図-5 : Loc. 19). 断層面の姿勢は ENE-SWS 走向で南に 50° 傾斜している. 泥岩

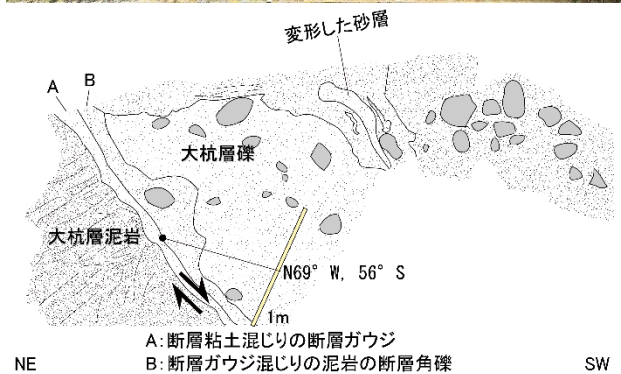
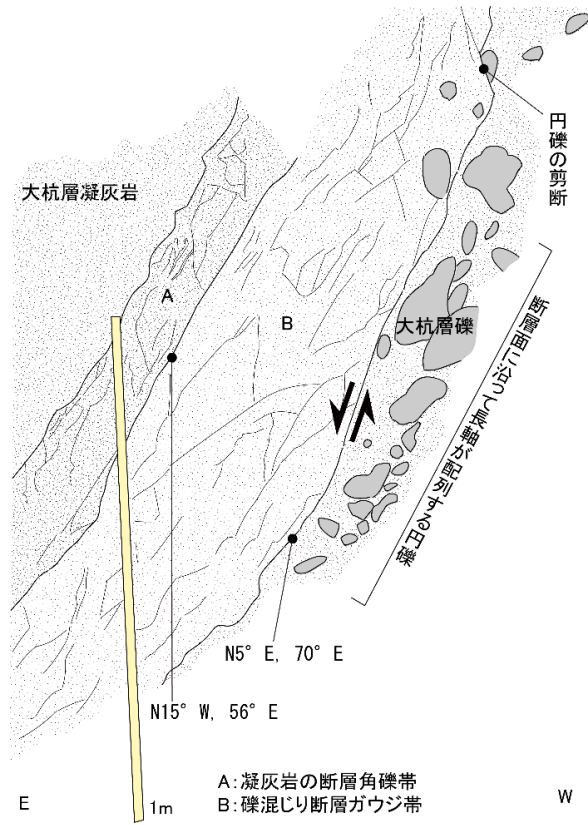


図-17 断層 1 の露頭写真とスケッチ



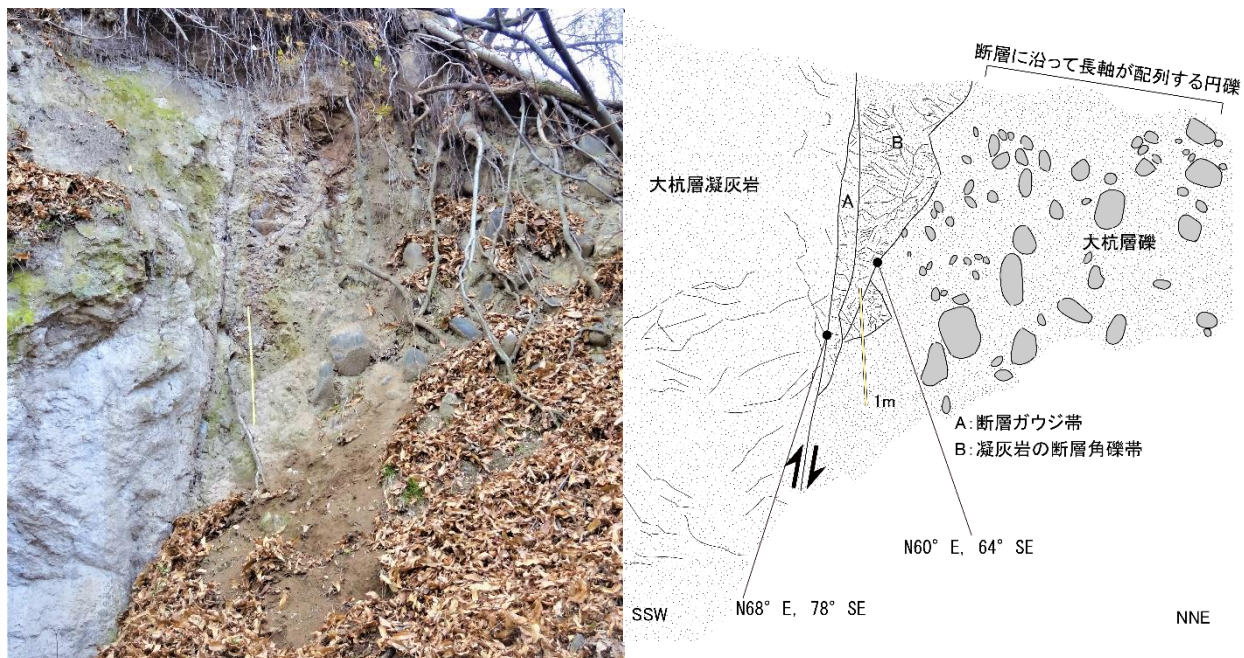


図-19 断層 3 の露頭写真とスケッチ

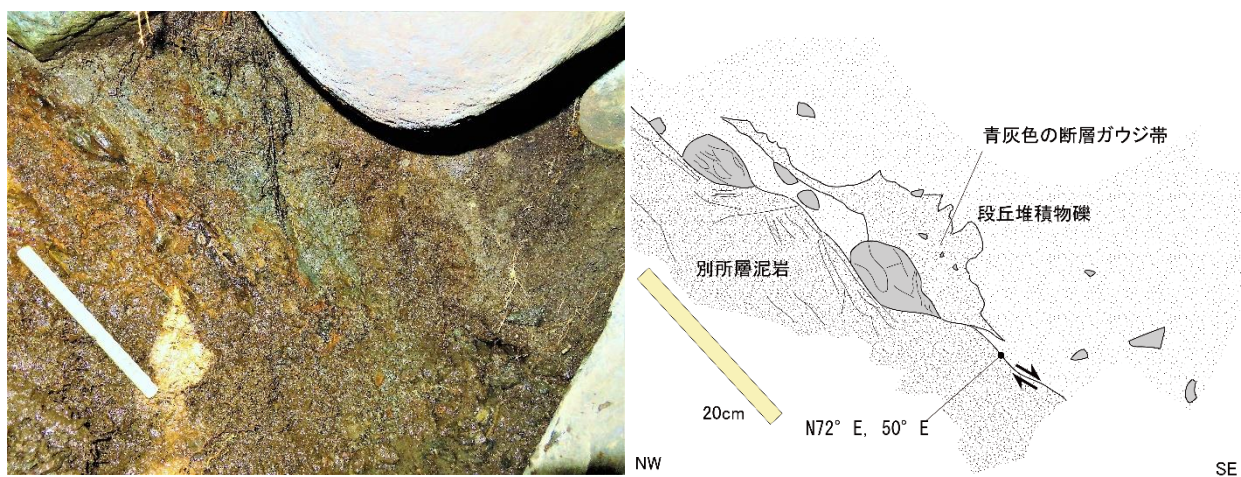


図-20 断層 4 の露頭写真とスケッチ

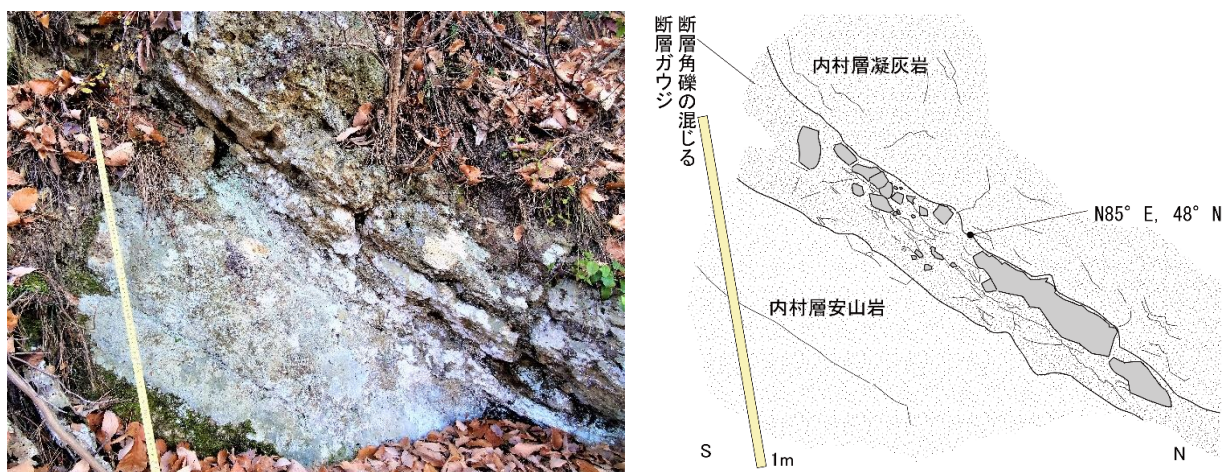


図-21 断層 5-1 の露頭写真とスケッチ

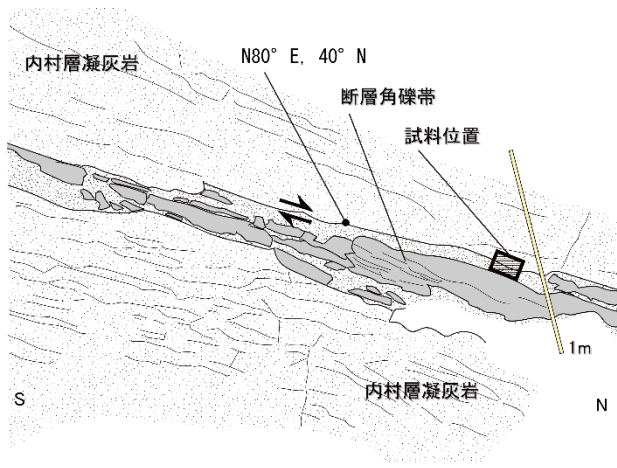


図-22 断層 5-2 の露头写真とスケッチおよび定方位試料の位置

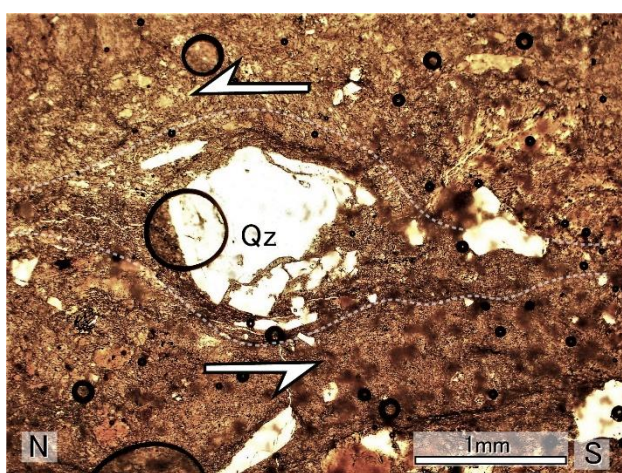


図-23 断層 5-2 の定方位薄片(Qz:石英)

の断層角礫と青灰色の未固結断層粘土からなる幅 5~10cm の破碎帯があり、角礫岩は断層面に沿って配列している。

この断層は、上部更新統に変位を与えていることから、後期更新世以降に形成された第四紀断層である。

6) 断層 5 (図-21, 22, 23)

古安曽地区において中期中新世の内村層凝灰岩および内村層安山岩を切る断層が存在する。断層面の姿勢は E-W から ENE-WSW 走向で、北に 40°~50° 傾斜する。断層角礫からなる幅 10~15cm の破碎帯をもつ断層 5-1 (図-5 : Loc. 18) (図-21) と、断層角礫からなる幅 40cm の破碎帯をもつ断層 5-2 (図-5 : Loc. 17) (図-22) の 2 条の断層がみられる。また、断層 9-2 の凝灰岩の定方位試料の石英粒子の鏡下観察によると、プレッシャーシャドウと、石英の脆性破壊がみられた (図-23)。このプレッシャーシャドウから判断すると、断層は正

断層である。

(図-5) より、上田市砂原峠から古安曽地区、前山地区にかけての上田盆地南縁には、顕著な鞍部地形の連続がみられる。また (図-2) より、中期更新世の日向山礫層が丘陵に分布している。

このように、北に傾斜する断層 9 の存在や顕著な鞍部地形の連続が盆地南縁には認められることから、E-W から ENE-WSW 走向で盆地側に傾斜した正断層の存在が推定される。また、前述した丘陵に分布する中部更新統の日向山礫層に変位を与えていることから、中期中新世以降に形成されたものである。

7) 断層 6 (図-24)

上田市大久保地区では、中期中新世の内村層凝灰岩および後期更新世の貫入岩類石英斑岩を切る断層が存在する (図-5 : Loc. 23)。断層面の姿勢は NE-SW 走向で、南東に 87° 傾斜している。破碎帯中の白色の未固結断層粘土が示す構造から、南側沈降の正断層と判断される。

8) 断層 7 (図-25, 図-26)

上田市千古滝の神川左岸では、中期中新世の内村層凝灰岩に変位を与える 8 条の断層群が存在する (図-5 : Loc. 20)。断層面の姿勢は、WNW-ESE および ENE-WSW 走向で、南に 70°~80° 傾斜している。凝灰岩の断層角礫と青灰色の半固結断層ガウジからなる幅 20~200cm の破碎帯があり、破碎帯中には 1~5cm の未固結白色断層粘土が存在する。付近には「千古滝」と呼ばれる約 5m の断崖があり、南側沈降の比較的新しい断層活動によるものであると考えられる。

9) 断層 8 (図-27, 28)

上田市黄金沢上流域左岸では、中期中新世の内

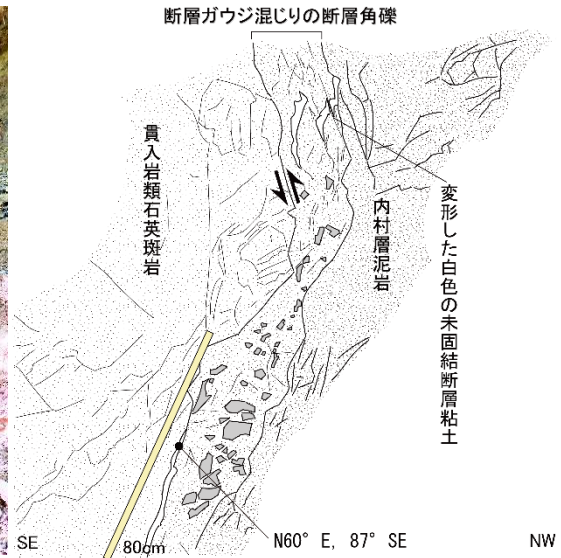


図-24 断層 6 の露頭写真とスケッチ

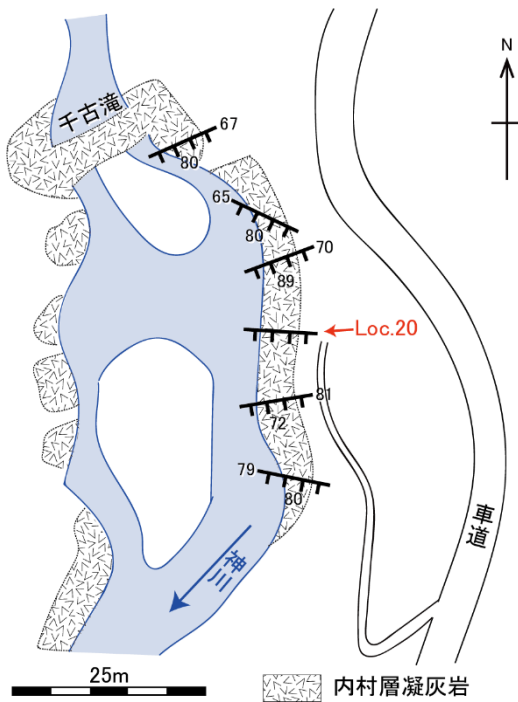


図-25 断層 7 のルートマップ

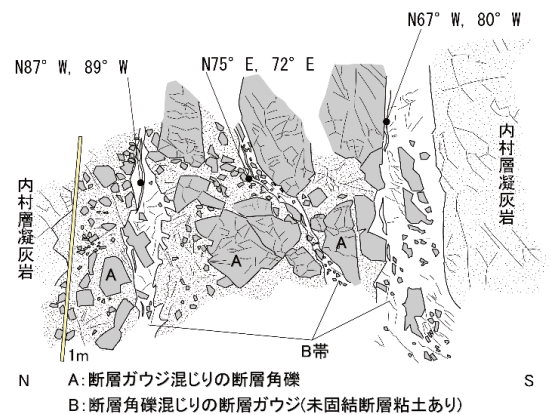


図-26 断層 7 の露頭写真とスケッチ

村層流紋岩および泥岩に変位を与える 5 条の断層群が存在する(図-5: Loc. 21). 断層面の姿勢は, NNE-SSW から NNW-SSE 走向で, 東および西へ $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 傾斜している. 断層角礫, 半固結の断層ガウジおよび白色断層粘土からなる幅 30~100cm の破碎帯がある.

この断層群のうち 1 条については, 泥岩と流紋岩の角礫からなるローム質の半固結礫層に変位

を与えている. この礫層は, 崖錐堆積物であると考えられるため, この断層は比較的新しい時期に形成された第四紀断層であると考えられる.

10) 断層 9(図-29)

上田市黄金沢中流右岸には, 中期中新世の内村層凝灰岩に変位を与える断層が存在する(図-5: Loc. 22). 断層面の姿勢は NE-SW 走向で南東に傾斜している. この断層の付近には直線的な谷地形

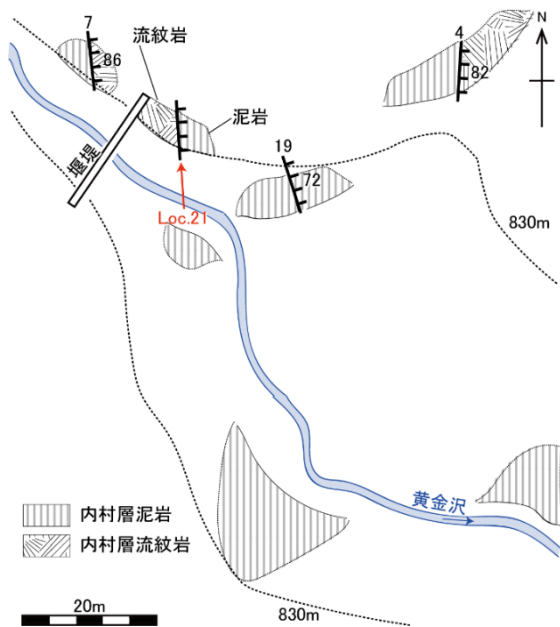


図-27 断層 8 のルートマップ (Loc.21)

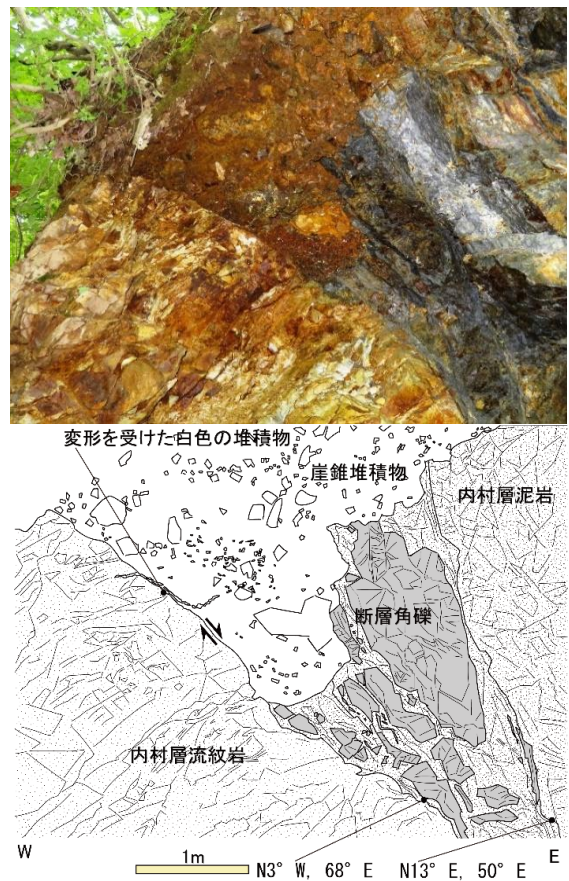


図-28 断層 8 の露头写真とスケッチ

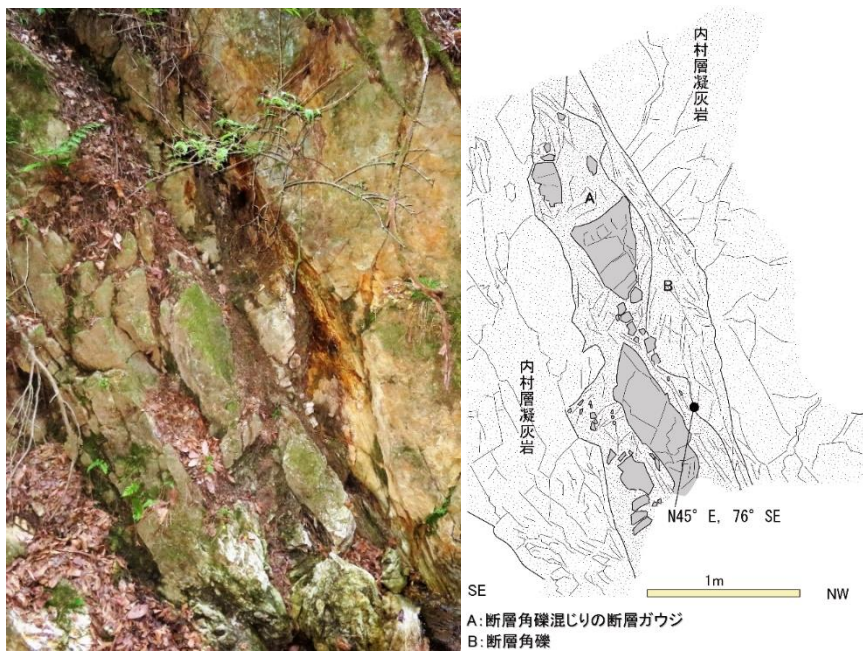


図-29 断層 9 の露头写真とスケッチ

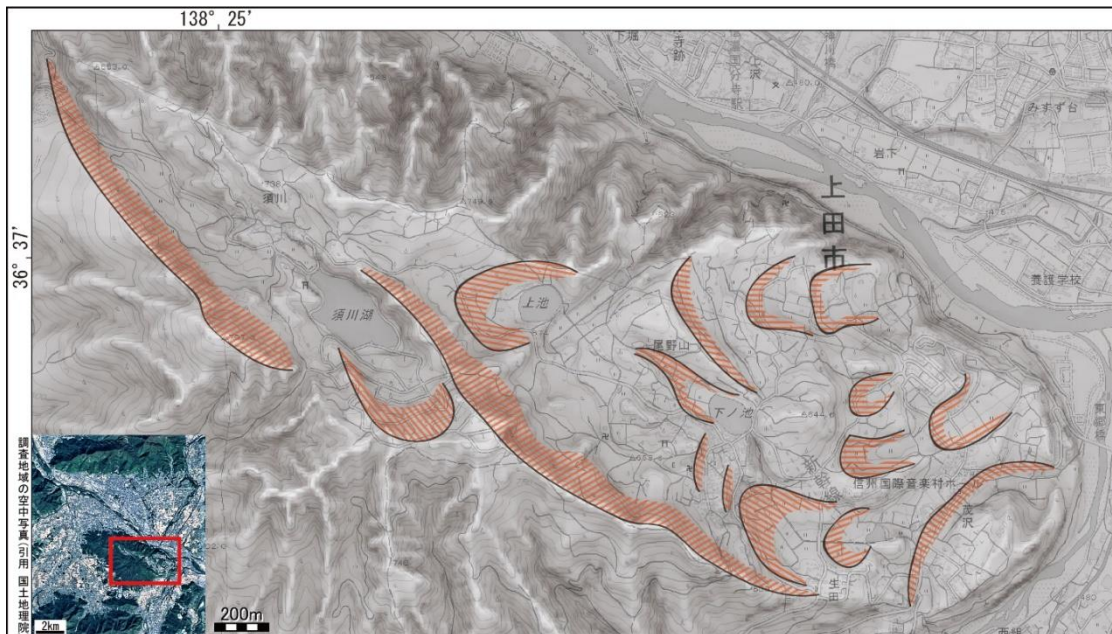


図-30 小牧山における地すべり地形

国土地理院の赤色立体地図(2019)を加工したものを使用し、地すべり地形の地形判読を行った。

が存在し、断層の NE-SW 走向の姿勢と調和的であるため、この断層によって形成された地形であると考えられる。

11) 重力滑動 1(図-30)

上田市小牧山における地形判読の結果、多くの地すべり地形が見出された(図-30)。とくに西部には幅 1km 以下の地すべり地形が存在し、小牧山塊の中央部には NW-SE 方向で NE に向いた幅 1km 以上の大規模な地すべり地形が存在する。

これらの地すべりは、褶曲 1 の構造を切っていること、および開析がほとんど進んでおらず、冠頂の地形が新鮮なものが多いことから比較的新期に形成時期されたものと考えられる。

12) 傾動 1(図-31)

上田盆地北縁の山地に分布する内村層および別所層の層理面の一般的な姿勢は ENE-WSW 走向、南に $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 傾斜する。周辺に火成岩の大規模な貫入および褶曲の存在は認められないため、上田盆地北縁では、南への傾動が存在すると考えられる。

13) 撓曲 1(図-32)

上田市依田川流域周辺の大杭層の礫層中の円礫の X-Y 面(最も扁平な面)の姿勢は NNE-SSW から N-S 走向で、東に $40^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 傾斜する傾向が顕著である(図-32)。また、付近の小牧山の向斜がとり

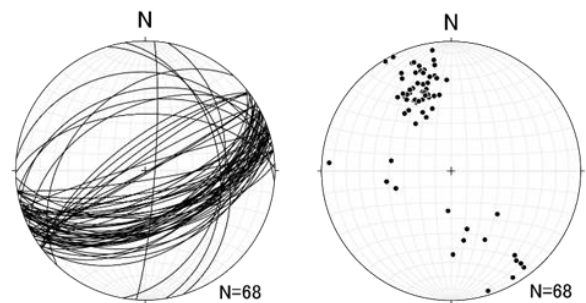


図-31 傾動 1

下半球等面積投影。下部更新統の大杭層の円礫の水平面の姿勢とその極。

うる層理面の姿勢は NW-SW ないし E-W 走向で北に約 $20^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 傾斜する傾向が顕著であり、この褶曲とは非調和であるため、依田川流域において東への局所的な撓曲が存在すると考えられる。

この撓曲は下部更新世に影響を与えているが、中部更新統以上には影響を与えていないので、前期更新世に形成されたと考えられる。

5 考察

1) 上田盆地における構造発達史

上田盆地に存在する地質構造について、影響する地層や隣接する地質構造との関係性から形成時期の推定を行った。まず前期更新世に NNE-SSW ないし N-S 方向の応力軸の圧縮応力による向斜 1

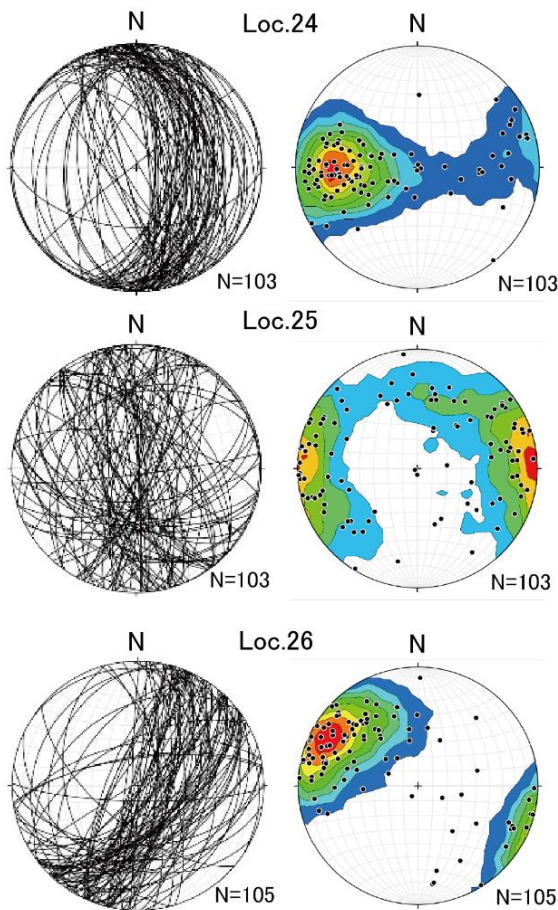


図-32 撓曲 1(図-5 : Loc.24-26)

下半球等面積投影. 下部更新統の大杭層の円礫の水平面の姿勢とその極. コンタインターバルは, 8%

が形成されたのち, 中期更新世以降に NNE-SSW ないし NNW-SSE 方向の応力軸の引張応力による断層 2, 断層 5, 断層 7 および断層 8 が形成されたと考えられる. また, 撓曲 1 および傾動 1 の形成時の応力場について現時点では不明である.

これらのことから, 前期更新世から中期更新世かけての時期に圧縮応力場から引張応力場の転換があったと考えられる(図-33).

また, 上田盆地では, 1) 中央部には中部中新統から下部更新統が広く露出する小牧山塊が存在する, 2) 小牧山塊で大規模な地すべりやそれによる二重山陵などの重力不安定域による重力滑動の証拠がある, 3) 上田盆地南縁ほど沖積層および湖成層が厚く堆積している(上田市誌編さん委員会, 2002), 4) 上田盆地北縁では中新統が南へ顕著に傾動している, 5) 上田盆地南縁には盆

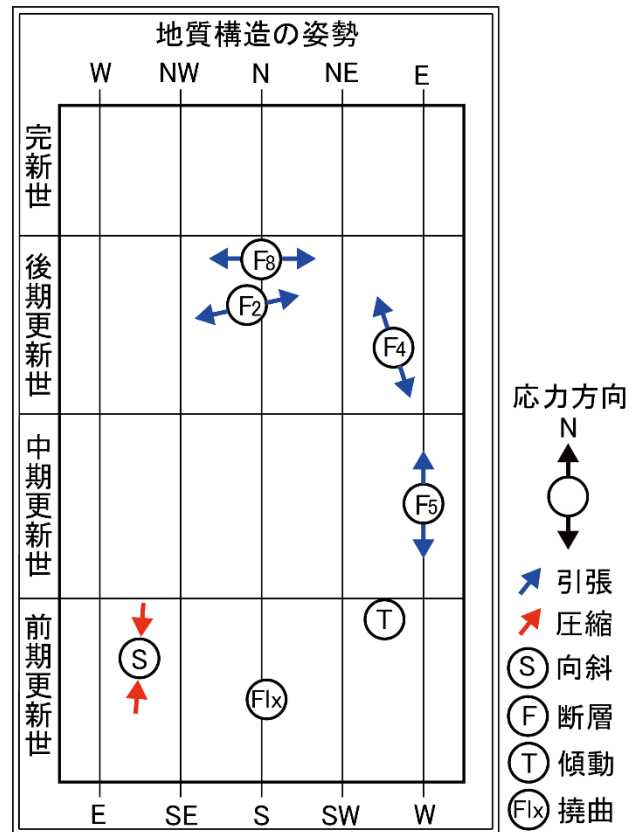


図-33 地質構造の形成時期と応力場

Flx:撓曲 1, S:向斜 1, T:傾動 1, F₅:断層 5, F₄:断層 4, F₂:断層 2, F₈:断層 8

図中の矢印は, 紙面上方を北としたときの応力方向を示す.

地の縁に沿った北傾斜の正断層が存在する.

これら 1) から 5) より考察される上田盆地の形成史は以下である. I) 前期更新世に地塊が分化し, 東側の地塊が沈降, 西側の地塊である上田地域が相対的に上昇することで撓曲 1 が形成される, II) 前期更新世に NNE-SSW ないし N-S 方向の圧縮応力場によって向斜 1 が形成される, III) 中期更新世に, 断層 7 などの正断層形成によって沈降運動が生じ, この沈降運動に伴う傾動によって, 傾動 1 および小牧山塊の隆起による重力不安定領域の発生と重力滑動 1 の形成が生じる, IV) 後期更新世に, 断層 4 が形成され, 一連の沈降運動による低地に湖成層などの堆積物が充填される(図-34).

上田盆地は東に小諸陥没盆地と隣接する. 宮坂ほか(2015)は, 小諸陥没盆地では E-W から NW-SE 方向の引張応力から圧縮応力の転換が 0.8Ma 前後であったことを論じている, 0.8Ma 頃としてい

る。このことは、上田盆地における応力場の転換時期と調和的である。

2) 活断層の可能性について

研究地域では、断層 1, 断層 2, 断層 3, 断層 4, 断層 8 の第四紀断層が見出された。これらのうち、断層 2, 断層 4, 断層 8 は、後期更新統以上に変位を与えている。日本活断層学会(2016)によると、活断層の定義として年代的には「数十万年前以降に繰り返し活動し、」とされている。本研究で明らかになった上田盆地の第四紀の大規模な地塊運動は断層の限られた運動によって形成されるものではなく、繰り返し運動した結果、形成されたと考えられる。このことより、上田地域に地表に達する活断層が複数存在する可能性が極めて高いと判断される。また、上田市誌編さん委員会(2002)や佃ほか(1988)によると、断層 2 と断層 4 の付近で地震が発生しており、関連性について検討していく必要がある。

6 まとめ

- 1) 長野県上田盆地の地質の詳細が明らかになった。
- 2) 上田盆地中央部に下部更新統までが参加する向斜、中新統や下部更新統の傾動および撓曲、盆地縁辺部に中部更新統から完新統までに変位を与える断層が存在する。
- 3) 上田地域は NNE-SSW から NS 方向の圧縮応力場から NNE-SSW から NNW-SSE 方向の引張応力場の転換期が前期更新統に存在した。
- 4) 上田盆地は前期更新世末期から中期更新世初期に傾動を伴う引張場で生じた断層運動によって形成されたと考えられる。
- 5) 上田地域には上部更新統以上に変位をあたえる断層が存在し、活断層の可能性がある。

7 謝辞

鉄建建設株式会社の小山俊滉氏には、上田地域の地質について貴重なご意見をいただいた。松本市在住の堀内 義氏、ジオシステムの下田力氏には、研究にあたり貴重なご意見をいただいた。信州大学技術職員高橋 康博士には、岩石の鑑定にあたりご助言をいただいた。信州大学の日色知也氏、同大塚英人氏、同田上綾香氏、西脇彩人氏には、調査に同行していただいたほか、信州大学理学部地球学コースの地層解析構造談話会の方々

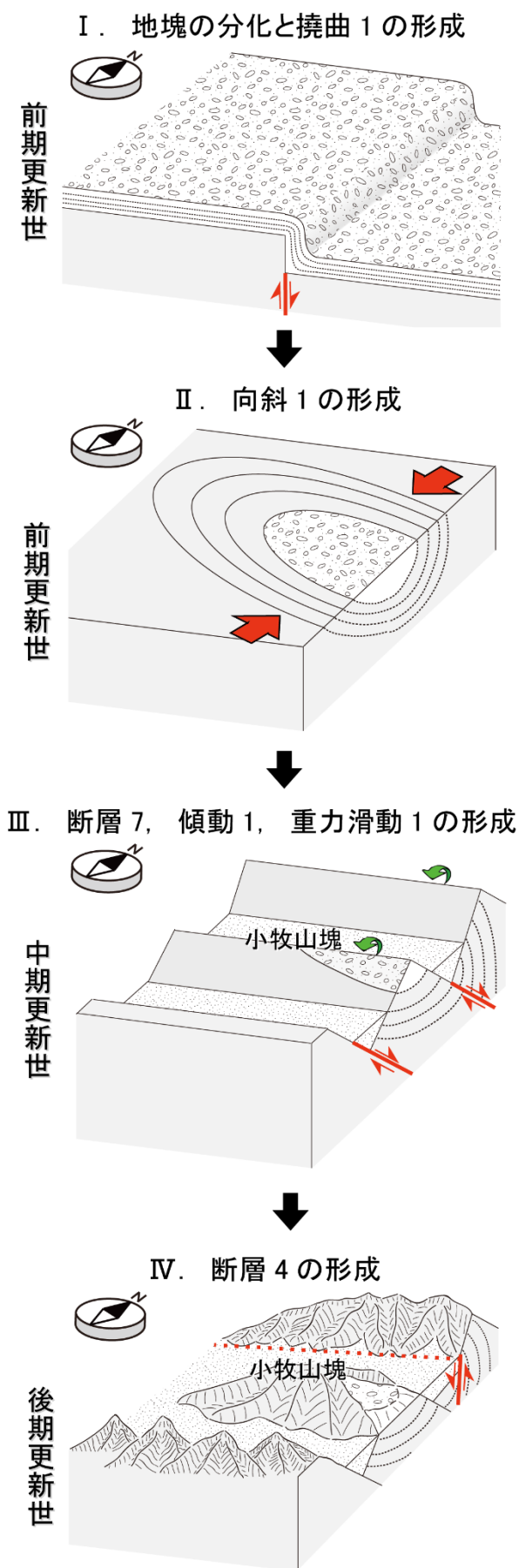


図-34 上田盆地の形成過程

には、研究に関して多くの議論とご助言をいただいた。以上の方々に厚くお礼を申しあげる。

8 文献

- 1) 本間不二男 1931, 信濃中部地質誌. 古今書院, 573p.
- 2) 飯島南海夫・石和一夫・甲田三男・田口今朝男 1956, いわゆる“塩川層”の地質. 地質学雑誌, **62**, 734, 622-635.
- 3) 飯島南海夫・山辺邦彦・甲田三男・石和一夫・小宮山孝一 1969, 千曲川上流地方の第四紀地質(その3)―とくに上小湖成層について―. 地球科学, **23**, 3.
- 4) Kaneoka I, Mastushima O, Zashu S and Aramaki S 1979, K-Ar ages of late Tertiary volcanic rocks in Asama area. *Jour Geol Soc Japan*, **85**, 547-579.
- 5) 小坂共栄 1984, 信越方向, 大峰方向ならびに津南-松本線. 信州大学紀要 19, 121-141.
- 6) 小坂共栄・緑 鉄洋・保柳康一・久保田正史・宮東靖浩 1992, 北部フォッサマグナ後期新生代の層序と古地理の変遷. 地質学論集, **37**, 72-83.
- 7) 宮坂 晃・狩野謙一 2015, 北部フォッサマグナ南東部, 小諸陥没盆地の鮮新世～中期更新世のテクトニクス. 静岡大学地球科学研究報告, **42**, 63-83.
- 8) 日本活断層学会 2016, 4月18日 熊本地震に関する関係学会合同記者会見コメント.
- 9) 西来邦章・高橋 康・松本哲一 2013, 浅間・烏帽子火山群の火山活動場の変遷. 地質学雑誌, **119**, 474-487.
- 10) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(編), 2018, 20万分1日本シームレス地質図 2018年8月7日版. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 11) 鈴木政男 1988, 第四紀火山灰層のフィッシュトラック年代について. 地質学論集, **30**, 219-221.
- 12) 佃 為成・酒井要・小林勝・羽田敏夫・橋本信一 1988, 長野県東部の地震(1986年M4.9)およびそれに伴った地震群の活動特性とそのテクトニクスの意味. 地震研究所彙報, **63**, 237-272.
- 13) 上田市誌編さん委員会 2002, 上田の地質と土壌. 上田市誌自然編. **3**-140.
- 14) 山岸猪久馬・奥水達司・横山 裕 1984, 北部フォッサ・マグナ新第三系のフィッシュトラック年代(その1). 日本地質学会第91年学術大会演旨, **148**.
- 15) 渡邊和輝・大塚勉 2018, 長野県上田地域における第四紀の地質構造. 日本地質学会第125年学術大会講演要旨, **224**.
(原稿受付 2019.3.1)