

長野盆地西縁断層帯（信濃川断層帯）の長期評価（一部改訂）

長野盆地西縁断層帯は、長野盆地の西縁に沿って分布する活断層帯である。ここでは、昭和 61—平成 7 年度に地質調査所（現：産業技術総合研究所）によって行われた調査及びその後に大学などによって行われた調査をはじめ、これまで行われた調査研究成果に基づいて、この断層帯の諸特性を次のように評価した。

1. 断層帯の位置及び形態

長野盆地西縁断層帯は、長野県下高井郡野沢温泉村から木島平村、飯山市、中野市、小布施（おぶせ）町、長野市、千曲（ちくま）市、東筑摩郡麻績（おみ）村、筑北村にかけて、長野盆地の西縁に沿って延びている。長さは約 74km で、概ね北北東—南南西に延びる。北西側が南東側に対して相対的に隆起する逆断層帯である（図 1、2 及び表 1、3）。長野盆地西縁断層帯は、その形態などから、野沢温泉村から千曲市に至る長さ約 59km の飯山—千曲区間と、千曲市から筑北村に至る長さ約 15km の麻績区間に区分される。

2. 断層帯の過去の活動

飯山—千曲区間の最新の活動は、1847 年に発生した善光寺地震（マグニチュード (M) 7.4）であると考えられる。この時、断層の北西側が南東側に対して、相対的に 2—3 m 程度隆起したと推定される。活動の間隔は、8 百—2 千 5 百年程度の可能性がある（表 1）。

麻績区間については、過去の活動は不明である（表 3）。

3. 断層帯の将来の活動

長野盆地西縁断層帯は、飯山—千曲区間と麻績区間の 2 つの区間に分かれて活動すると推定される。

飯山—千曲区間では、M7.4—7.8 程度の地震が発生すると推定され、その際、断層の近傍の地表面では、北西側が南東側に対して相対的に 2—3 m 程度高まる段差や撓（たわ）みが生じる可能性がある（表 1）。最新活動後の経過率及び将来このような地震が発生する長期確率は、表 2 に示すとおりである（注 1、2）。

麻績区間では、M6.8 程度の地震が発生する可能性があり、その際、断層の近傍の地表面では、北西側が南東側に対して相対的に最大 2 m 程度高まる段差や撓（たわ）みが生じる可能性がある（表 3）。最新活動後の経過率及び将来このような地震が発生する長期確率は不明である。

飯山—千曲区間と麻績区間はそれぞれ別々に活動すると推定されるが、両区間が同時に活動する可能性も否定できない。その場合には M7.9 程度の地震が発生する可能性もある。この場合の地震発生確率を求めることはできないが、各区間が単独で活動する確率より大きくなることはないと考えられる。

4. 今後に向けて

長野盆地西縁断層帯は、活動度の高い断層であるが、断層活動の実態を示す十分な資料は整っていない。より信頼度の高い評価を行うためには、平均的なずれの速度、平均活動間隔などを精度良く明らかにする必要がある。また、麻績区間では、平均的なずれの速度や過去の活動に関するデータが得られていない。地震発生確率を算出するうえで、これらのデータを取得するための調査が必要である。また、地下構造においても、特に地震発生層では地表付近と反対

の南東傾斜となっている可能性が指摘されていることから、地下における断層面の位置・形状などについて調査研究を進め、飯山―千曲区間と麻績区間の関連性を明らかにすることが必要である。

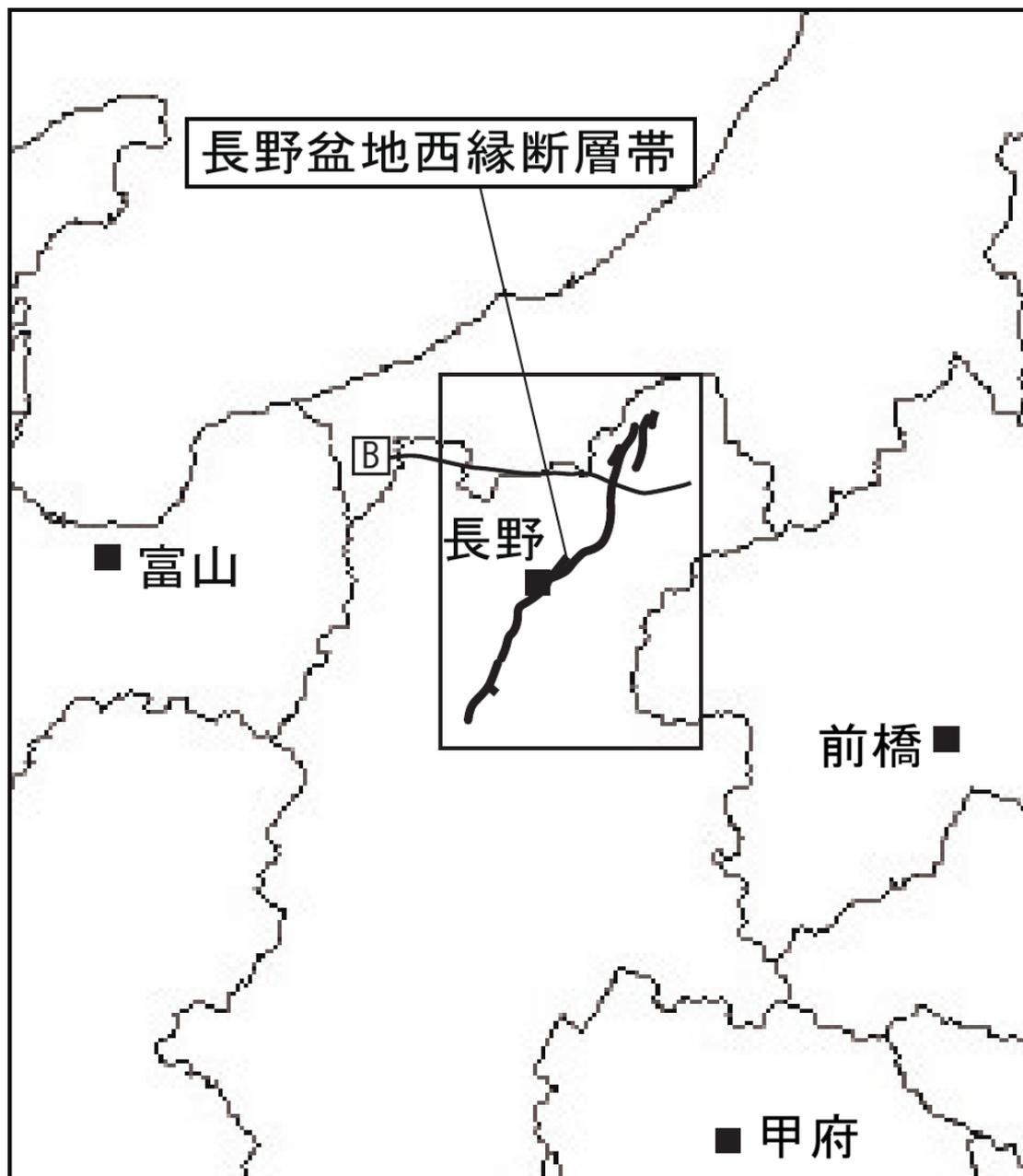


図1 長野盆地西縁断層帯の概略位置図（長方形は図2の範囲）
B：文献22の反射断面位置

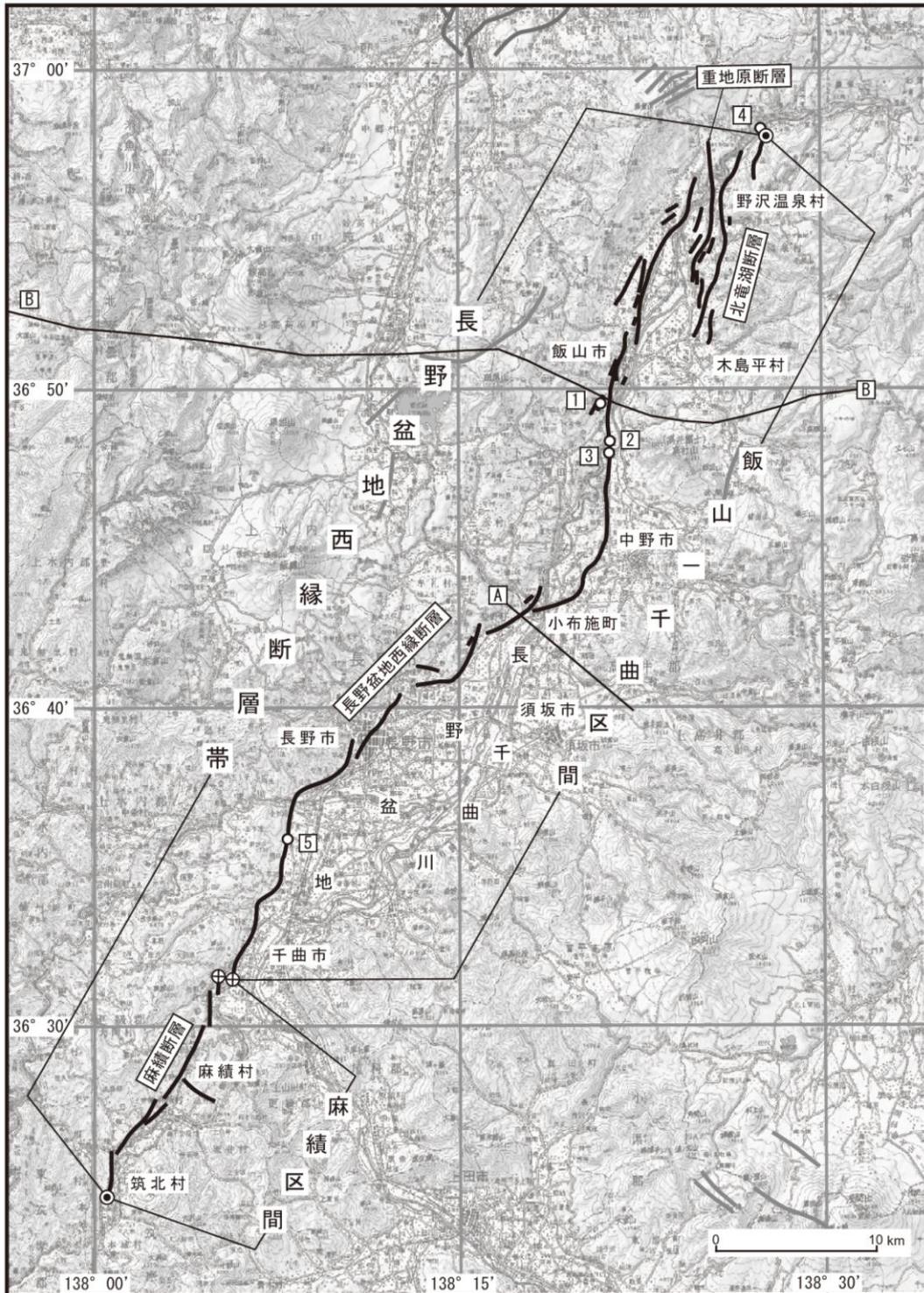


図2 長野盆地西縁断層帯の位置と主な調査地点

1 : 荒船地点 2 : 蓮地点 3 : 古牧地点 4 : 東原地点 5 : 篠ノ井地点

A : 図7の地質断面位置 B : 文献22の反射断面位置

● : 断層帯の端点 ⊕ : 活動区間の端点

断層の位置は文献13、15、24、28、30に基づく。

基図は国土地理院発行数値地図200000「長野」、「高田」、「高山」、「富山」を使用。

表 1 飯山—千曲区間の特性

項目	特性	信頼度	根拠(注3)
1. 断層帯の位置・形態			
(1) 長野盆地西縁断層帯を構成する断層	長野盆地西縁断層、重地原(じゅうちはら)断層、北竜湖(ほくりゅうこ)断層		文献10、11、12、13、16、28、30による。
(2) 断層帯の位置・形状等	<p>地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置 (北端) 北緯$36^{\circ} 57.9'$ 東経$138^{\circ} 27.8'$ (南端) 北緯$36^{\circ} 31.5'$ 東経$138^{\circ} 05.8'$ 長さ 約59km 一般走向 $N34^{\circ} E$ 上端の深さ 約0 km 傾斜角 北西傾斜 $20-40^{\circ}$ 程度</p> <p>地下における断層面の位置・形状 長さ及び上端の位置 地表での長さ・位置と同じ 一般走向 地表での一般走向と同じ 傾斜角 北西傾斜$20-40^{\circ}$ 程度 (深さ 4 km以浅) 幅 不明</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>◎</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>文献8、13、15、28、30による。数値は図2から計測。形状は図2を参照。</p> <p>一般走向は断層帯の北端と南端を直線で結んだ方向(図2参照)。傾斜角は文献16、18、22、33による。</p> <p>上端の深さが0 km であることより推定。</p> <p>文献1、4、8、9、10、11、13、14、16、17、18、28、29、30、31、32に示された地形・地質、及び反射断面の特徴により判断。深度4 kmまでの傾斜角は主に文献4による。</p> <p>文献4、22、32によると、深さ4 km以深は南東傾斜(地震発生層の下限は深さ15km 程度。)</p>
(3) 断層のずれの向きと種類	北西側隆起の逆断層(地表付近)	◎	文献1、4、8、9、10、11、13、14、16、17、18、28、29、30、31、32等に示された地形・地質・反射断面の特徴による。
2. 断層帯の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	断層帯全体 $1.2-2.6\text{m}/\text{千年程度}$ (上下成分)	△	文献1、5、6、14、16、17、26による。
(2) 過去の活動時期	活動1(最新活動) 1847年(善光寺地震)	◎	文献2、3、17、25、26、27、29等により判定。

	活動2 (一つ前の活動) 約1千5百年前以後、約1千年前以前	△	
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量 (撓 (たわ) みを含む) 2-3m程度 (上下成分) 平均活動間隔 8百-2千5百年程度	○ △	1回のずれの量は文献2、26により判定。 平均活動間隔については説明文2-2節「断層帯の過去の活動」を参照。
(4) 過去の活動区間	区間全体で1区間	○	文献2による。
3. 断層帯の将来の活動			
(1) 将来の活動区間及び活動時の地震の規模	活動区間 区間全体で1区間 地震の規模 マグニチュード7.4-7.8程度 ずれの量 (撓みを含む) 2-3m程度 (上下) 長野盆地西縁断層全体が同時に活動する場合 マグニチュード7.9程度	○ ○ △ ▲	断層の長さ及び善光寺地震の規模から推定。 全体で6m程度 断層の長さから推定

表2 飯山-千曲区間の将来の地震発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 (注4)	信頼度 (注5)	備考
地震後経過率 (注6)	0.07 - 0.2		
今後30年以内の発生確率	ほぼ0%	b	発生確率及び集積確率は文献7による。
今後50年以内の発生確率	ほぼ0%		
今後100年以内の発生確率	ほぼ0%		
今後300年以内の発生確率	ほぼ0% - 2%		
集積確率 (注7)	ほぼ0%		

表3 麻績区間の特性

項目	特性	信頼度	根拠 (注3)
2. 断層帯の位置・形態			
(1) 長野盆地西縁断層帯を構成する断層	麻績 (おみ) 断層		文献23、24による。
(2) 断層帯の位置・形状等	地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置 (北端) 北緯36° 31.6' 東経138° 05.2' (南端) 北緯36° 24.6' 東経138° 00.6' 長さ 約15km 一般走向 N28° E 上端の深さ 約0 km 傾斜角 北西傾斜	○ ○ ○ ○ ◎ ○	文献23、24に示された資料及び地形・地質の特徴により判断。 一般走向は断層帯の北端と南端を直線で結んだ方向 (図2参照)。 文献21、22による。

	地下における断層面の位置・形状 長さ及び上端の位置 地表での長さ・位置と同じ 一般走向 地表での一般走向と同じ 傾斜角 北西傾斜（地表付近） 幅 不明	○ ○ ○	上端の深さが0 km である ことより推定。 文献23、24に示された資料 及び地形・地質の特徴による。 文献19、20、21によると、 深部は南東傾斜。 (地震発生層の下限は深 さ15km 程度。)
(3) 断層のず れの向きと種 類	北西側隆起の逆断層（地表付近）	◎	文献23、24に示された資料 及び地形・地質の特徴による。
2. 断層帯の過去の活動			
(1) 平均的な ずれの速度	不明		
(2) 過去の活 動時期	不明		
(3) 1 回の ずれの量と平 均活動間隔	1 回のずれの量（撓みを含む） 2 m 程度（全体） 平均活動間隔 不明	△	断層の長さから推定。
(4) 過去の活 動区間	区間全体で1区間	○	断層の地表形態から推定
3. 断層帯の将来の活動			
(1) 将来の活 動区間及び活 動時の地震の 規模	活動区間 区間全体で1区間 地震の規模 マグニチュード6.8 程度 ずれの量（撓みを含む） 2 m程度（全体） 長野盆地西縁断層全体が同時に活動する 場合 マグニチュード7.9程度	○ △ △ ▲	断層の長さから推定。

注1：「長期的な地震発生確率の評価手法について」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2001a）によれば、1995年兵庫県南部地震、1858年飛越地震の地震発生直前における30年確率（暫定値）と集積確率（暫定値）、及び本評価結果による最新活動時期と平均活動間隔を用いて算出した1847年善光寺地震の地震発生直前における30年確率と集積確率は以下のとおりである。

地震名	活動した活断層	地震発生直前の30年確率 (%)	地震発生直前の集積確率 (%)	断層の平均活動間隔 (千年)
1995年兵庫県南部地震 (M7.3)	野島断層 (兵庫県)	0.4% - 8%	2% - 80%	約1.8 - 約3.0
1858年飛越地震 (M7.0 - 7.1)	跡津川断層 (岐阜県・富山県)	ほぼ0% - 10%	ほぼ0% - 90% より大	約1.9 - 約3.3
1847年善光寺地震 (M7.4)	長野盆地西縁断層帯 (長野県)	ほぼ0% - 20%	ほぼ0% - 90% より大	約0.8 - 約2.5

「長期的な地震発生確率の評価手法について」に示されているように、地震発生確率は前回の地震後、十分長い時間が経過しても100%とはならない。その最大値は平均活動間隔に依存し、平均活動間隔が長いほど最大値は小さくなる。平均活動間隔が1千年の場合は30年確率の最大値は20%程度、2千年の場合は10%程度である。

注2：信頼度は、特性欄に記載されたデータの相対的な信頼性を表すもので、記号の意味は次のとおり。

◎：高い、○：中程度、△：低い、▲：かなり低い

注3：文献については、本文末尾に示す以下の文献。

- 文献1：赤羽ほか（1992）
- 文献2：栗田ほか（1987）
- 文献3：栗田ほか（1990）
- 文献4：Elouai et al.（2004）
- 文献5：早津（1985）
- 文献6：早津ほか（2004）
- 文献7：地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001a）
- 文献8：池田ほか編（2002）
- 文献9：加藤・赤羽（1986）
- 文献10：活断層研究会（1980）
- 文献11：活断層研究会（1991）
- 文献12：松田（1990）
- 文献13：宮内ほか（2000）
- 文献14：宮内・武田（2004）
- 文献15：中田・今泉編（2002）
- 文献16：仁科ほか（1985）
- 文献17：大石ほか（2001）
- 文献18：岡田ほか（2006）
- 文献19：Sato et al.（2004a）
- 文献20：Sato et al.（2004b）
- 文献21：Takeda et al.（2004）
- 文献22：佐藤ほか（2012）
- 文献23：田力・松多（2005）
- 文献24：田力ほか（2013）
- 文献25：佃・栗田（1986）
- 文献26：佃ほか（1990）
- 文献27：佃ほか（1995）
- 文献28：堤ほか（2000）
- 文献29：東郷（2002）
- 文献30：東郷ほか（2000）
- 文献31：柳沢ほか（2001）
- 文献32：Okada and Ikeda（2012）
- 文献33：石山ほか（2013）

注4：評価時点はすべて2015年1月1日現在。「ほぼ0%」は10⁻³%未満の確率値を示す。なお、計算に当たって用いた平均活動間隔の信頼度は低い（△）ことに留意されたい。

注5：地震後経過率、発生確率及び現在までの集積確率（以下、発生確率等）の信頼度は、評価に用いた信頼できるデータの充足性から、評価の確からしさを相対的にランク分けしたもので、aからdの4段階で表す。各ランクの一般的な意味は次のとおりである。

a：（信頼度が）高い b：中程度 c：やや低い d：低い

発生確率等の評価の信頼度は、これらを求めるために使用した過去の活動に関するデータの信頼度に依存する。信頼度ランクの具体的な意味は以下のとおりである。分類の詳細については付表を参照のこと。なお、発生確率等の評価の信頼度は、地震発生の切迫度を表すのではなく、発生確率等の値の確からしさを表すことに注意する必要がある。

発生確率等の評価の信頼度

- a：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が比較的高く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が高い。
- b：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が中程度で、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が中程度。
- c：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が低く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性がやや低い。
- d：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が非常に低く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が低い。このため、今後の新しい知見により値が大きく変わる可能性が高い。または、最新活動時期のデータが得られていないため、現時点における確率値が推定できず、単に長期間の平均値を確率としている。

注6：最新活動（地震発生）時期から評価時点までの経過時間を、平均活動間隔で割った値。最新の地震発生時期から評価時点までの経過時間が、平均活動間隔に達すると1.0となる。今回の評価の数字で、0.1、

0.2は168 年をそれぞれ2,500 年、800 年で割った値。
注7：前回の地震発生から評価時点までに地震が発生しているはずの確率。

(説明)

1. 長野盆地西縁断層帯に関するこれまでの主な調査研究

長野盆地西側の山地の急崖は、古くから断層崖であると考えられてきた(例えば辻村, 1932)。森本ほか(1966)は、豊野(とよの)付近において、第四紀に堆積した豊野層の背斜構造が、丘陵地形と調和的であることを指摘した。豊野層団体研究グループ(1977)は、長野盆地西縁部の地質構造は、盆地西縁に沿って走る逆断層によって規制されており、第四紀はじめ以降のこの断層の活動が、長野盆地の形成に関与していることを明らかにした。長野県防災会議(1979)は、本断層帯飯山―千曲区間の第四紀初期以後の上下変位量は、長野盆地西縁で1900mを超えているとし、第四紀における平均変位速度は約1mm/年に達しているとした。赤羽(1982)は、この地域の活断層の形成時期は、山地側(北西側)に位置するものほど古く、盆地側(南東側)に位置するものほど新しいことを指摘した。大石ほか(2001)は、中野市安源寺のボーリング調査に基づいて過去約4200年間の平均上下変位速度が1.2m/千年以上であると指摘した。宮内・武田(2004)は飯山盆地周辺の断層変位地形を調べ、2m/千年に達する上下変位速度を指摘した。

活断層研究会編(1980, 1991)、仁科ほか(1985)は、この地域において、北東―南西ないし南北方向に数列並走もしくは雁行する、長さ数km―十数km程度の複数の活断層を記載した。「都市圏活断層図 飯山・中野・長野図幅」(宮内ほか, 2000; 堤ほか, 2000; 東郷ほか, 2000)では、この地域でこれまで記載されてきた活断層のうち、主に盆地側に位置するものが示されている。また、池田ほか編(2002)、中田・今泉編(2002)にもほぼ同様の活断層が示されている。一方、田力・松多(2005)及び田力ほか(2013)は、長野盆地の西縁から延びる断層が麻績(おみ)盆地まで連続していることを示した。

断層の地下構造については、反射法弾性波探査(Sato et al. 2004a; Sato et al. 2004b; Elouai et al. 2004; 岡田ほか, 2006; 佐藤ほか, 2012; 石山ほか, 2013)、屈折法弾性波探査(Takeda et al. 2004)及び地震波トモグラフィ解析(Panayotopoulos et al., 2014)等で検討されている。

本断層帯飯山―千曲区間から発生した地震として、1847年善光寺地震(M7.4)がある。大森(1913)は、現地調査により、この地震で形成された撓(とう)曲崖を確認した。Imamura(1930)、八木(1947, 1948)、八木・八木(1958)、佐山・河角(1973)などは、この地震に関する史料の解読を行い、この地震に伴って長野市付近で北西側隆起の地震断層が出現したことを指摘した。栗田ほか(1987)は、史料の解読と地形調査等による検証を行い、飯山市から長野市に至る多くの地点で地震断層が出現したことを指摘した。

佃・栗田(1986)は、断層露頭調査により、飯山―千曲区間の活動時期を推定した。栗田ほか(1990)、佃ほか(1990)は、段丘調査とボーリング調査により、断層の活動時期、平均活動間隔及び単位上下変位量について検討した。佃ほか(1995)は、同区間の副断層のトレンチ調査により、それらが数回活動したことを指摘した。佃ほか(1991)、気象庁地震観測所(1991)は、同区間南端部の遺跡で見られた液状化痕跡から、液状化をもたらした地震の発生時期を推定した。早津ほか(1999)は、同区間北端部付近の遺跡が断層変位を被っているとして、これをもたらした断層及びその活動時期について検討した。Sugito et al. (2010)は長野市篠ノ井でトレンチ及びボーリング調査を実施し、同区間の活動時期を検討した。

2. 長野盆地西縁断層帯の評価結果について

地震調査研究推進本部(1997)は、長野盆地付近から信濃川に沿って、新潟県に延びるとされる本断層帯を信濃川断層帯と呼んだ。地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001b)は、評価の対象とした本断層帯が主に長野盆地の西縁に分布することから、長野盆地西縁断層帯と呼称した。ここでも同様に、長野盆地西縁断層帯と呼ぶことにする。

2-1. 断層帯の位置・形態

(1) 長野盆地西縁断層帯を構成する断層

長野盆地西縁断層帯は、長野県下高井郡野沢温泉村から長野市を経て東筑摩郡筑北村に至る断層帯である(図1、2)。本断層帯は飯山―千曲区間と麻績区間の二つの活動区間に区分される。飯山―千曲区間は、長野盆地西縁断層、重地原(じゅうちはら)断層及び北竜湖(ほくりゅう)

うこ)断層から構成される。麻績区間は、麻績断層から構成される。

飯山-千曲区間を構成する長野盆地西縁断層は、長野盆地の西縁部に位置し、下高井郡野沢温泉村から長野市の南方にかけてほぼ連続して分布している。本区間の北部では、その東側に短い活断層として、重地原断層及び北竜湖断層が存在する。長野盆地西縁断層、重地原断層、北竜湖断層は、相互の隔たりが3 km 以内で近接すること、走向及び変位のセンスをほぼ同じにする断層群であることから、これらを一括して飯山-千曲区間とした(図2)。

飯山-千曲区間を構成する断層の位置・形態は、仁科ほか(1985)、活断層研究会編(1980, 1991)、「都市圏活断層図 飯山・中野・長野図幅」(宮内ほか, 2000; 堤ほか, 2000; 東郷ほか, 2000)、池田ほか編(2002)、中田・今泉編(2002)などに示されている。これらでは、主要な断層分布についてほぼ共通した認識が示されている。断層の位置及び名称は、「都市圏活断層図 飯山・中野・長野図幅」によった。

麻績区間を構成する麻績断層は、長野盆地西縁断層の南側に隣接し、飯山-千曲区間と走向及び変位センスをほぼ同じにするが、次の理由によりここでは飯山-千曲区間と区別した。すなわち、飯山-千曲区間では断層東方に長野盆地が形成され犀川(さいがわ)丘陵との間に顕著な地形境界が形成されているのに対し、麻績区間では、断層の南東側に麻績盆地が形成されているものの、長野盆地に比べてかなり小規模で地形の境界もあまり明瞭ではないことから、麻績区間の平均的なずれの速さは飯山-千曲区間と比較して相対的に小さいと推定される。さらに、長野盆地は千曲川がほぼ直角に屈曲する千曲市付近で終わることは、長野盆地西縁断層から麻績断層に至る境界部での地下構造の変化を示していると推定される。

麻績区間の位置・形態は、長野盆地の西縁沿いに南部に延びる断層が麻績盆地まで連続することを示した田力・松多(2005)、田力ほか(2013)を基本とした。

本断層帯北方の関田山地に分布する断層群(野々海(ののみ)峠断層、関田(せきだ)峠・黒倉山断層群、黒岩山断層(活断層研究会編, 1980, 1991; 図3)など)については、重力性の正断層群である可能性が高い(柳沢ほか, 2001)ことから、本断層帯には含めず、評価の対象としないことにした。また、本断層帯北東方の青倉断層、宮野原断層、平滝断層、伏野峠断層(活断層研究会, 1980, 1991; 図3)は、本断層帯との隔たりが5 km 以上で、走向及び変位のセンスも本断層帯と異なることから本断層帯には含めないことにした。なお、青倉断層、宮野原断層付近では東北地方太平洋沖地震の翌日2011年3月12日にM6.7の地震が発生した。

(2) 断層面の位置・形状

長野盆地西縁断層帯の飯山-千曲区間は、長さ約59 km、走向N34° E、麻績区間は、長さ約15 km、走向N28° Eとなる(図2)。断層面上端の深さは、断層による変位が地表に達していることから、飯山-千曲区間、麻績区間ともに約0 km と考えられる。

飯山-千曲区間については、Elouai et al. (2004)は、大町と長野を結ぶ反射法弾性波探査測線のデータを再解析して長野盆地西縁断層の深部延長が深さ4 kmまで傾斜30° 程度で北西に傾斜することを示した。浅部での北西傾斜の断層形状は、岡田ほか(2006)、石山ほか(2013)によってもよく捉えられている。岡田ほか(2006)は300m以浅で35-50° 程度の傾斜を推定しているのに対し、石山ほか(2013)は1 km以浅で10-35° 程度と比較的低角である。また、佐藤ほか(2012)でも深さ2 km程度までは15-20° 程度の傾斜を推定している。

一方、麻績区間については、その地形表現に基づいて北西側隆起の逆断層と推定されていることから(田力・松多, 2005; 田力ほか, 2013)、地表付近では北西傾斜と推定される。

以上のことから、飯山-千曲区間については、地表面近く及び深さ4 km以浅は傾斜角20-40° 程度で北西傾斜と推定される。麻績区間については、地表付近は北西傾斜の可能性がある。

なお、深部においては、Elouai et al. (2004)は、同断層の深部延長は深さ5 km程度で南東傾斜の断層と交差すると解釈している。また、Takeda et al. (2004)は屈折法弾性波探査により、同様に深部で南東傾斜となる断層深部形状を推定した。佐藤ほか(2012)は飯山-小谷測線(図2)に沿う反射法弾性波探査と屈折トモグラフィ解析に基づいて、長野盆地西縁断層の深部延長はやはり深さ5 km程度で南東傾斜の断層と交差してウェッジ・スラストシステムを構成すると解釈している(図4)。Okada and Ikeda (2012)も、重力データを併用しつつElouai et al. (2004)と同じ測線のデータを再解析し、やはり同様な深部形状を解釈している。麻績区間

についても、Sato et al. (2004b)は、地震波探査に基づいて、深部では南東傾斜の断層を解釈している。

(3) 断層の変位の向き(ずれの向き) (注8)

<飯山-千曲区間>

飯山-千曲区間を構成する断層は、加藤・赤羽(1986)、仁科ほか(1985)、活断層研究会編(1980, 1991)、赤羽ほか(1992)、宮内ほか(2000)、堤ほか(2000)、東郷ほか(2000)、柳沢ほか(2001)、池田ほか編(2002)、中田・今泉編(2002)、宮内・武田(2004)などに示された変位地形や地質構造から、北西側を南東側に対して相対的に隆起させていると考えられる。本区間は、断層の北西側に撓曲や膨らみを伴うことがあるので、北西側が南東側に乗り上げる逆断層と考えられる。また、主断層の北西側に、南東側隆起で南東傾斜の断層面を有する逆断層(例えば、佃ほか(1995)の荒舟断層など)が分布することがあるが、これらは、主断層の逆断層運動に伴って副次的に生じたものと考えられる。

<麻績区間>

麻績区間を構成する断層は、(2)に示したように北西側を南東側に対して相対的に隆起させていると考えられる。本区間は、断層の北西側に撓曲や膨らみを伴うことがあるので、北西側が南東側に乗り上げる逆断層と考えられる。

2-2. 断層帯の過去の活動

(1) 平均変位速度(平均的なずれの速度) (注8)

<飯山-千曲区間>

飯山-千曲区間の平均変位速度の推定に関する資料として以下のものがある。

- ① 中野市古牧付近において、佃ほか(1990)は、本区間の活動で撓曲変形した河成段丘面(i面)の形成年代が約7千6百年前の¹⁴C年代を示すこと、及びその当時、前方の下盤側低地部(飯山市蓮地点)で形成されつつあった低湿地堆積物(約7千1百年前の¹⁴C年代を示す)が、700-800m下流でのボーリング調査の結果、地表下約6mに分布することを明らかにしている(図5、6)。両者の高度差約18.5m(図6からの読み取りによる)を本区間の活動による上下変位量とすると、その後の平均変位速度は2.4-2.6m/千年となる。
- ② 長野市豊野町付近において、赤羽ほか(1992)は、本区間を挟んだ両側で掘削された大深度ボーリングの結果に基づき地質断面図を作成した(図2、7)。この地質断面図から、中期更新世の豊野層の基底高度が、本区間を挟んで400m以上食い違っていることが読み取れる。豊野層の下位に分布する鳥居川火砕岩(赤羽ほか, 1992)は、牟礼(むれ)岩層なだれ堆積物(早津, 1985; 長森ほか, 2003)に対比されており、早津(2004)にしたがってその形成年代を約17-23万年前とすると、豊野層基底面形成後における本区間の上下方向の平均変位速度は1.7-2.4m/千年以上となる。
- ③ 大石ほか(2001)は、中野市安源寺においてボーリング調査を実施し、沖積面上の撓曲崖の直下で元々ほぼ水平に堆積したと考えられる湿地性堆積物の変形から、過去約4200年間の平均上下変位速度が1.2m/千年以上であることを明らかにしている。
- ④ 宮内・武田(2004)は本区間の飯山盆地周辺の断層変位地形の精密測量、変位基準となった河成地形面の構成物質及びその被覆層の観察・テフラの試料採取から完新世の上下変位速度が2m/千年に達することを指摘している。
- ⑤ 仁科ほか(1985)は、一部の丘陵背面の原面形成期を約10-15万年前と推定し、その前縁の変動崖の比高をその後の上下変位量とみなして平均変位速度を求めており、本区間の飯山市戸狩新田付近で1.0-1.3m/千年、本区間中部の中野市草間付近で1.0-1.5m/千年、本区間中-南部の長野市三才付近で0.4-0.6m/千年、長野市城山付近で0.3-0.5m/千年の値を導いている。

上記の資料のうち、⑤の仁科ほか(1985)が求めた数値については、変位基準やその形成年

代、変位量に関する具体的な認定根拠が示されていないので、その妥当性を評価できない。②の豊野町付近での推定値は、10 万年を越える長期間の平均速度値として貴重な資料であるが、変位基準や変位量の認定がわずかなボーリング資料に基づいており、変位基準の年代も推論によっていることから、信頼度の高いものとは言えない。①の古牧付近は、具体的な年代測定値に基づいて変位基準の形成年代そして平均変位速度の見積もりが可能な地点である。しかし、ここではもともと高度差のあったものを変位基準としているとも推測され、i 面の変位量は本来上記の約18.5mより小さいと見るべきであろう。よって、上記の2.4–2.6m/千年は、考えられる最大値として扱う必要がある。一方、これらの資料はともに平均変位速度が千年につきメートルオーダーに達していることを示唆している。③、④の結果も、これと整合的である。そこでここでは①–④の結果に注目し、本区間の上下変位に関する平均変位速度を1.2–2.6m/千年の可能性があると判断した。

<麻績区間>

麻績区間については、具体的な平均変位速度に関する情報は得られていない。

(2) 活動時期

<飯山–千曲区間>

飯山–千曲区間の活動履歴に関する資料として以下のものがある。

a) 善光寺地震の地表地震断層

長野市街地に広がる裾花川扇状地部において、大森(1913)は、1847年善光寺地震で、北東–南西方向に数町にわたって、北西側を約5尺隆起させる地表変位が生じたことを明らかにしている。Imamura(1930)、八木(1947, 1948)、八木・八木(1958)、佐山・河角(1973)は、この事実を再確認するとともに、これ以外の地点でも地表地震断層が出現したことを示す資料の提示や分析を行っている。栗田ほか(1987)は、文部省震災予防評議会編(1941)などに基づく関係史料の再吟味と地形調査を実施して、同地震時には、少なくとも図8に示された1–9の各地点(飯山市街地北方の長峰山麓、飯山市街地、飯山市静間、中野市立ヶ花(たてがはな)、長野市三輪北方、長野市妻科(つましな)・長野市小柴見、長野市小市、長野市小松原、長野市小松原南方)で地表変位(いずれでも平野側低下)が生じ、あるいは生じた可能性があるとした。地点4に近い豊野町浅野で地層抜き取り調査やボーリング調査を行った大石ほか(2001)は、約200年前に堆積した礫層とその堆積面に、北西側隆起約1.4mの上下変位を認め、これを善光寺地震時のものと推定している。東郷(2002)は長野市小松原を対象とした詳細地形判読の結果を記載し、そこで認められる崖の一部が善光寺地震時に出現した可能性が高く、少なくとも約3kmにわたってほぼ連続して保存されていることを示している。

以上から、1847年善光寺地震時に地表地震断層が出現したことは明らかであり、この時の断層変位は、それが生じた、あるいはその可能性がある地点が飯山–千曲区間に沿って認められ、いずれの地点でも変位の向きが調和的であることなどから、同区間の活動によるものと考えられる。

b) 飯山市荒舟地点の断層露頭調査

本露頭は、飯山市荒舟の山地基部で発見されたもので、次に扱うc) 荒舟地点Bトレンチ調査地点の北西約300mに位置する(図9、10)。

佃・栗田(1986)によると、ここでは、図10に示すように、更新世前期の安山岩質凝灰角礫岩とこれを不整合で覆うC層が、A層・B層と断層で接しており、C層・B層を覆うD層・E層は、断層によって切られていない。したがって、ここでは、B層・C層堆積後、D層堆積前に断層活動があったと考えられる。C層とD層に関する¹⁴C年代測定結果に基づく、この断層活動の時期は約1千5百–1千年前となる。

この露頭では、断層の南東側に全体としてより若い堆積物が位置していることから、南東側が相対的に低下したと考えられる。その場合、C層は少なくともB層上部より層位的下位にあると推定されるが、¹⁴C年代測定結果は逆にC層の方が若いことを示しており、矛盾している。

これらの年代測定結果が妥当なものであるとすると、南東側（平野側）が低下する変位だけでは説明できない構造が存在することになり、変位様式上、飯山―千曲区間とは不調和な側面をもつことも考えられる。すなわち、この露頭が示す断層活動については、本区間との連動性及び推定発生年代に関し不確実な部分がある。

c) 飯山市荒舟地点のBトレンチ調査の結果

本トレンチは、荒舟地点で、扇状地上に逆向き（西向き）低断層崖を形成した断層（荒舟断層）を対象にして、地質調査所（現：産業技術総合研究所）が1988年に掘削した三つのトレンチのうちの一つである（図9、11）。荒舟断層は、本区間の上盤先端部に位置し、変位の向きは逆であるが、本区間と同じような走向を有することから、本区間の活動により副次的に生じたものと考えられる。佃ほか（1995）によれば、ここでは、図11に示すように、後期更新世の清川礫層（N層）及びこれを覆う地層群（下位よりM-A層）と、それらの一部を変位させる断層（F1-F5）が露出した。佃ほか（1995）は、このトレンチ観察から、M層堆積後に6回の断層活動があったことを指摘しているが、論拠説明が不十分であり、また、関係する基礎事実の記載が欠けているため、それらを追認し、その妥当性を評価することが難しい。

しかし、図11で、南側壁面ではF5断層がE層を切断し、ずらしていることから、E層堆積後に断層活動があったことは明らかである。E層上部の¹⁴C年代に基づき、この断層活動は約3千9百年前以後に発生したと推定される。また、北壁面ではM層とN層が断層で接する構造を、L層が覆っている。M層とN層を分ける断層は後に生じたもので、M層あるいはその一部は、断層活動で東側にN層の高まりが生じたことにより、その前面の凹所を埋める形で堆積したとも推測される。いずれにしても、N層堆積後でL層堆積以前に、別の断層活動があったと考えられる。L層の¹⁴C年代は得られていないので、これより上位のJ層の下部の¹⁴C年代に基づくと、この断層活動の発生時期は約1万1千年前以前となる。

d) 中野市古牧地点の段丘調査及び飯山市蓮地点のボーリング調査の結果

佃ほか（1990）は、千曲川右岸の古牧地点で、上述のi面を最高位としてこれを含めた7段の完新世段丘面の存在を認め（図6）、それぞれが本区間の活動ごとに生じた段丘面である可能性を指摘した。

古牧地点のすぐ下流に位置する千曲川左岸の低湿地部の蓮地点で実施されたボーリング調査の結果、本区間の下盤側に位置するこの地点では、少なくとも地表下約10mまでが腐植土層と砂層の互層からなることが明らかになった（図6）。栗田ほか（1990）、佃ほか（1990）は、ここで繰り返し挟まれてくる腐植土層の存在に注目し、これらを本区間の活動による東側低地部の間欠的沈降、それによる低湿地の形成を意味するものとして、腐植土層の存在とその¹⁴C年代に基づき、1.4千年BP以後、1.4-2.6千年BP、2.6-2.9千年BP、2.9-4.8千年BP、4.8千年BP、4.8-6.2千年BP、6.2-7.8千年BP、7.8-8.2千年BPの各年代に断層活動があったと推定した。

以上は、いくつかの仮定に基づく推論である。したがって、用いられた仮定が現実的であるかどうか問われるが、それを検討するための資料や論拠が示されていないため、参考資料扱いにせざるを得ない。

上記のa)、b)、c)、d)に基づく断層活動の時空間分布を図12に示す。

以上のことから、1847年善光寺地震を起こした断層活動が本区間の最新活動と考えられる。約1千5百年前以後、約1千年前以前の時期に善光寺地震に先立つ断層活動があった可能性がある。

さらに約1万1千年前以前にも本区間が活動したことはほぼ確かであるが、その時期については特定できない。

<麻績区間>

麻績区間については、活動履歴に関する直接的な資料は得られていない。

(3) 1回の変位量(ずれの量) (注8)

＜飯山―千曲区間＞

飯山市から長野市にかけて、栗田ほか(1987)は、史料の分析とそれに対応する変動地形調査の結果から、1847年善光寺地震時における各地の上下変位量を図8のように推定した。以上より、同地震時の上下変位量は、6尺―1丈(約2―3m)程度と推定される。

なお、東郷(2002)は長野市小松原における善光寺地震時の変動崖を横切る断面測量をもとに、2mを上回る北西側隆起の上下変位があったことを導いている。また、栗田ほか(1990)、佃ほか(1990)は、上述の古牧地点における段丘面の発達状態、蓮地点における腐植土層の埋没状態から、上盤側の単位隆起量1.1m、下盤側の単位沈降量1.9―2.3mを導き、両者の和3.0―3.4mをこの付近の本区間の単位上下変位量とみなした。これらの数値は、結果的に善光寺地震時の変位量と調和的なものとなっている。

＜麻績区間＞

麻績区間では1回の活動に伴う変位量に関する直接的な資料は得られていない。

本区間の長さが約15kmであることから、本区間の全体が活動した場合、経験式(1)によれば、1回の活動に伴う変位量は約1.5mと計算される。

以上のことから、1回の活動に伴う変位量としては、全体で2m程度であった可能性がある。

用いた経験式は次の式である(松田ほか, 1980)。ここで、Lは断層の長さ(km)、Dは1回の活動に伴う変位量(m)である。

$$D=0.1L \quad (1)$$

(4) 活動間隔

＜飯山―千曲区間＞

荒舟地点の断層露頭で明らかになった約1千5百―1千年前の断層活動が、1847年善光寺地震が示す本区間の最新活動の一つ前の活動であるとする、その発生間隔は850―1350年となる。平均変位速度(1.2―2.6m/千年)と1回の変位量(2―3m)に基づき試算すると、平均活動間隔は約800―2500年となる。なお、栗田ほか(1990)、佃ほか(1990)は、蓮地点における8枚の埋没腐植土層の形成年代の平均間隔約950年をもって本区間の平均活動間隔とみなしている。

以上のことから、本区間の平均活動間隔は8百―2千5百年程度の可能性があると考えた。この結論は、(6)の検討結果とも整合的である。

＜麻績区間＞

麻績区間では古地震調査が実施されておらず、平均活動間隔は不明である。

(5) 活動区間

飯山―千曲区間では、1847年善光寺地震時には、北は飯山市北方、長峰山付近、南は長野市小松原の南方でも地表地震断層が生じた、もしくはその可能性があることを示す古記録があり、本区間に沿って出現した地表地震断層は40km余の長さを有する可能性がある(栗田ほか, 1987; 図8)。このことは、本区間の少なくとも長野盆地西縁断層を含む2/3が変位を起こしたことを意味し、本区間全体がこの時活動したことを示すものである。そこで、飯山―千曲区間においては、善光寺地震時のように全体にわたって変位を起こす活動が繰り返されているとみられる。一方、麻績区間については、飯山―千曲区間と同時に活動したという直接的な資料は得られていない。また、2―1(1)の通り、麻績区間は飯山―千曲区間と比べて平均的なずれの速さが小さいと考えられる。これらのことから、ここでは活動区間を飯山―千曲区間及び麻績区間に分けた。

(6) 先史時代・歴史時代の活動

1847年善光寺地震は、本断層帯の飯山―千曲区間に発生した。発生時期が幕末に近く、たま

たま善光寺の御開帳の参詣客が多数居た時に発生したため、旅行者の被害も加わったが、全国的に地震の被害状況などが流布され、松代藩領に関しては詳細な史料が残され、断層運動で地表に変位が現れた場所などもよく判る地震である。

本断層帯飯山―千曲区間の北端部に近接する飯山市の東原遺跡では、変形した縄文時代後期中葉の生活面や遺構が多数発見されており、そのような変形活動は約3千5百―3千年前にあったとされる(早津ほか, 1999)。また、本区間の南端部に近接する長野市の篠ノ井遺跡では、地震動に起因する地盤の液状化により発生したと推定される砂脈が発見されており、その観察結果から、液状化をもたらした地震の発生時期について、概ね1千3百―1千1百年前(佃ほか, 1991)あるいは約1千2百―1千1百年前(気象庁地震観測所, 1991)と推定されている(図12)。

これらのことから、少なくとも飯山―千曲区間は、A級活断層として千年に一度程度の活動を、縄文後期、概ね1千3百年前―1千1百年前、1847年と繰り返してきたと推定される。

なお、史料からの情報が少なく、当時信濃の国府であった松本が仮の震央とされている841年信濃の地震(宇佐美ほか, 2013)は、飯山―千曲区間の概ね1千3百年前―1千1百年前の活動に対応することから、同区間で発生した可能性もある。ただし、同区間の1つ前の活動は5―7世紀に限定されるという報告(杉戸ほか, 2011)もある。

(7) 測地観測結果

本断層帯とその周辺における2004年から6年間のGNSS連続観測結果(図13-1)及び1994年までの約100年間の測地観測結果(図13-2)では、周囲に比べ断層帯近傍で大きな縮みが見られ、その方向はおおむね西北西―東南東方向である。この縮みが大きい領域は、新潟―神戸ひずみ集中帯として知られており、本断層帯はその中に位置している。

(8) 地震観測結果

本断層帯の周辺では、いくつかの地震活動の高まりが見られる。断層帯と千曲川を挟んで対岸側の中央隆起帯では、火成活動に伴うM6程度の被害地震がしばしば発生する。その代表格は1965―1967年に発生した松代群発地震であるが、本断層帯の活動ではない。飯山―千曲区間でも1847年善光寺地震の余震活動と見られるM4クラスの地震が何カ所かで発生している。最近の地震活動から、地震発生層の深さの下限は15km程度と推定される(図14)。

2-3. 断層帯の将来の活動

(1) 活動区間と地震の規模

飯山―千曲区間(約59km)は1つの活動区間と考えられることから、下記の経験式によりM7.8程度の地震が発生すると算出される。一方、飯山―千曲区間で発生した1847年善光寺地震の規模はM7.4とされている(宇佐美ほか, 2013)。これらに基づくと、飯山―千曲区間で発生する地震の規模はM7.4―7.8程度と推定される。

用いた経験式は次の式である(松田, 1975, 1990)。Lは1回の地震で活動する断層の長さ(km)、Mはその時のマグニチュードである。

$$M = (\log L + 2.9) / 0.6 \quad (2)$$

上記のような地震が発生した場合、1847年善光寺地震時の上下変位量に基づくと、北西側隆起で2―3m程度の段差や撓みを伴う変形が生じる可能性がある。

麻績区間(約15km)が1つの活動区間として活動した場合、経験式(2)からM6.8程度の地震が発生し、その際に経験式(1)から断層近傍で2m程度(全体)の変位が生じる可能性がある。

飯山―千曲区間と麻績区間はそれぞれ別々に活動すると推定され、実際、これまでに両区間が同時に活動した証拠は発見されていない。しかし、両区間の断層トレース、及び、一般走、地下形状を考慮すると、本断層帯全体が同時に活動する可能性も否定できない。本断層帯全体

(約74km) が同時に活動した場合、経験式(2)から、M7.9程度の地震が発生する可能性もある。

(2) 地震発生の可能性

飯山一千曲区間で得られた資料によると、平均活動間隔は約8百-2千5百年、最新の活動以後の経過時間は168年である。これによれば、平均活動間隔に対する現在における地震後経過率は0.07-0.2となる。また、信頼度の低い平均活動間隔を用いた計算であることに留意する必要があるが、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001a)に示された手法(BPT分布モデル、 $\alpha=0.24$)によると、今後30年以内、50年以内、100年以内、300年以内の地震発生確率は、それぞれ、ほぼ0%、ほぼ0%、ほぼ0%、ほぼ0%-2%となる。また、現在までの集積確率は、ほぼ0%となる(表2)。表4に、これらの確率値の参考指標(地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会, 1999)を示す。

一方、麻績区間については、過去の活動に関する資料がないため、検討できない。

断層帯全体が同時に活動する場合の地震発生確率も求めることはできないが、各区間が単独で活動する確率より大きくなることはないと考えられる。

2-4. 今後に向けて

長野盆地西縁断層帯の最新の活動は1847年善光寺地震であるが、その前の活動履歴や平均変位速度及び平均活動間隔は十分に解明できていない。本断層帯に関して、より信頼度の高い評価を行なうためには、それらを精度良く求めるための調査研究を継続して行なう必要がある。

今回の評価では、長野盆地西縁断層帯の南部地域における研究成果を取り入れることにより、断層帯に麻績区間の活動区間を追加した。また、長野盆地西縁断層帯の地下構造に関するデータが得られたことにより、従来不明であった同断層帯の傾斜を評価することができた。しかし、現状では麻績区間の平均的なずれの速度や過去の活動に関するデータが得られておらず、地震発生確率を算出するうえで、これらのデータを取得するための調査が必要である。また、地下構造においても、特に地震発生層では地表と反対の南東傾斜となっている可能性が指摘されていることから、地下における断層面の位置・形状などについて調査研究を進め、飯山一千曲区間と麻績区間の関連性を明らかにする必要がある。

注8: 「変位」を、1頁の本文及び4-5頁の表1では、一般的にわかりやすいように「ずれ」という言葉で表現している。ここでは、専門用語である「変位」が表1の「ずれ」に対応するものであることを示すため、両者を併記した。以下、文章の中では「変位」を用いる。なお、活断層の専門用語では、「変位」は切断を伴う「ずれの成分」と、切断を伴わない「撓みの成分」よりなる。

注9: 10,000年BPよりも新しい炭素同位体年代については、Niklaus(1991)に基づいて暦年補正した値を用いた。また、10,000年BP-45,000年BPの炭素同位体年代については、Kitagawa and van der Plicht(1998)のデータに基づいて暦年補正した値を用いた。

文献

- 赤羽貞幸(1982): 長野盆地西縁部における地質構造と丘陵の形成過程. 地学団体研究会専報, 24, 169-179.
- 赤羽貞幸・加藤禎一・富樫茂子・金原啓司(1992): 中野地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 地質調査所, 106p.
- 栗田泰夫・奥村晃史・佃栄吉(1987): 善光寺地震断層系に関する史料と地震断層の現況. 歴史地震, 3, 166-174.
- 栗田泰夫・佃栄吉・池田国昭・奥村晃史・渡辺和明・宮崎純一(1990): 善光寺型地震の再来間隔と地震時の断層変位量. 地震学会講演予稿集, No. 1, 12.
- Elouai, D., Sato, H., Hirata, N., Kawasaki, S., Takeshita, T., Kato, N. and Takeda, T. (2004): Deep seismic reflection profiling across the Northern Fossa Magna: The ERI 1997 and JNOC 1996 seismic lines, active faults and geological structures. *Earth Planet Space*, 56, 1331-1338.

- 早津賢二 (1985) : 「妙高火山群—その地質と活動史—」. 第一法規出版, 344p.
- 早津賢二 (2004) : 飯縄火山—牟礼岩屑なだれの発生時期. 軽石学雑誌, 第11号, 1-9.
- 早津賢二・渡辺満久・新井房夫・望月静雄 (1999) : 飯山盆地北部における縄文時代後期生活面の断層変位. 地学雑誌, **108**(1), 76-84.
- 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.
- Imamura, A. (1930) : Topographical changes accompanying earthquakes or volcanic eruptions. Publications of the Earthquake Investigation Committee in Foreign Languages, **25**, 1-143.
- 石山達也・加藤直子・佐藤比呂志・蔵下英司・越谷信・豊島剛志・小林健太・戸田茂 (2013) : 長野盆地西縁・飯山断層における高分解能反射法地震探査. ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究(平成24年度)成果報告書, 269-273.
- 地震調査研究推進本部 (1997) : 「地震に関する基盤的調査観測計画」. 38p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001a) : 「長期的な地震発生確率の評価手法について」. 46p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001b) : 「信濃川断層帯(長野盆地西縁断層帯)の評価」. 22p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会 (1999) : (改訂試案) 「長期的な地震発生確率の評価手法について」. 74p.
- 加藤碩一・赤羽貞幸 (1986) : 長野地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 120p.
- 活断層研究会編 (1980) : 「日本の活断層—分布図と資料—」. 東京大学出版会, 363p.
- 活断層研究会編 (1991) : 「[新編]日本の活断層—分布図と資料—」. 東京大学出版会, 437p.
- 気象庁地震観測所 (1991) : 松代付近の遺跡の発掘現場で発見された地震跡. 気象庁地震観測所技術報告, **11**, 47-64.
- Kitagawa, H. and van der Plicht, J. (1998) : Atmospheric radiocarbon calibration to 45,000yrB.P. : Late Glacial fluctuations and cosmogenic isotope production. *Science*, **279**, 1187-1190.
- 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, 第2 輯, **28**, 269-283.
- 松田時彦 (1990) : 最大地震規模による日本列島の地震分帯図. 地震研究所彙報, **65**, 289-319.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田 高・今泉俊文 (1980) : 1896年陸羽地震の地震断層. 地震研究所彙報, **55**, 795-855.
- 宮内崇裕・東郷正美・堤 浩之・金 幸隆・武田大典・宇根 寛・小田切聡子 (2000) : 1:25,000 都市圏活断層図「飯山」. 国土地理院技術資料D. 1-NO. 375.
- 宮内崇裕・武田大典 (2004) : 長野盆地西縁断層帯北部、飯山盆地周辺の断層変位地形と第四紀後期の発達過程. 活断層研究, **24**, 77-84.
- 森本良平・村井勇・松田時彦・中村一明・恒石幸正・吉田鎮男 (1966) : 松代群発地震地域とその周辺地方の地質. 地震研究所彙報, **44**, 423-445.
- 文部省震災予防評議会編 (1941) : 増訂大日本地震史料. 第3 卷.
- 長森英明・古川竜太・早津賢二 (2003) : 地域地質研究報告 5万分の1地質図幅「戸隠」新潟 (7) 第84号. 地質調査総合センター
- 長野県防災会議 (調査・環境科学研究会) (1979) : 長野県地震対策基礎調査報告書—地学的基礎条件に関する調査. 35-83.
- 中田 高・今泉俊文編 (2002). 活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会.
- 仁科良夫・松島信幸・赤羽貞幸・小坂共栄 (1985) : 長野県の活断層—活断層分布図と資料. 信州大学理学部紀要, **20**, 171-198.
- 大石 超・岡田篤正・野原 壯 (2001) : 長野盆地西縁断層帯活断層系の後期完新世断層活動. 活断層研究, **20**, 52-58.
- 岡田真介・池田安隆・越後智雄・戸田 茂・木村治夫・加藤 一・石山達也・楮原京子・森下信人・奥田里奈・渡邊太樹・小田 晋 (2006) : 長野盆地西縁断層帯における反射法地震探査 :

- データ取得と処理. 地震研究彙報, **81**, 171-180.
- Okada, S. and Y. Ikeda (2012): Quantifying crustal extension and shortening in the back-arc region of Northeast Japan. *J. Geophys. Res.*, **117**, 1-28, doi:doi:10.1029/2011jb008355.
- 大森房吉 (1913) : 本邦大地震概説. 震災予防調査会報告, **68**(2), 1-80.
- Panayotopoulos, Y., N. Hirata, H. Sato, A. Kato, K. Imanishi, Y. Kuwahara, I. Cho, T. Takeda, Y. Asano (2014) : Investigating the role of the Itoigawa-Shizuoka tectonic line towards the evolution of the Northern Fossa Magna rift basin. *Tectonophysics*, 2014, 615-616, 12-26.
- Sato, H., T. Iwasaki, S. Kawasaki, Y. Ikeda, N. Matsuda, T. Takeda, N. Nirata, T. Kawanaka (2004a). Formation and Shortening deformation of a back-arc rift basin revealed by deep seismic profiling, central Japan. *Tectonophysics*, 388, 47-58.
- Sato, H. T. Iwasaki, Y. Ikeda, T. Takeda, N. Matsuda, T. Imai, E. Kurashimo, N. Hirata, S. Sakai, and D. Elouai, T. Kawanaka, S. Kawasaki, S. Abe, T. Kozawa, T. Ikawa, Y. Arai, and N. Kato (2004b) : Seismological and geological characterization of the crust in the southern part of northern Fossa Magna, central Japan. *Earth Planets Space*, **56**, 1253-1259.
- 佐藤比呂志・岩崎貴哉・石山達也・蔵下英司・加藤直子(2012) : (2-1) 飯山-小谷測線地殻構造探査, 制御震源を用いた地殻構造探査. ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト(平成24年度成果報告書), 文部科学省研究開発局, 228-268.
- 佐山 守・河角 広(1973):古記録による歴史的大地震の調査(第一報)(弘化四年三月二十四日善光寺地震). 東京大学地震研究所速報, **10**(2), 1-50.
- Sugito, N., A. Okada, and H. Tsutsumi (2010) : Geologic Evidence for Surface Rupture Associated with the 1847 M 7.4 Zenkoji Earthquake at Dannohara, Nagano City, Japan. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 100, No. 4, 1678-1694, doi: 10.1785/0120090171.
- 杉戸信彦・松多信尚・廣内大助・石村大輔・斉藤真・丸山陽央(2011) : 1847年善光寺地震に先立つ長野盆地西縁断層帯の3回の活動間隔. 日本活断層学会2011年度秋季大会講演予稿集.
- 田力正好・松多信尚(2005) : 糸魚川-静岡構造線活断層系北部の活動に関連した犀川丘陵の変動地形. 活断層研究, **25**, 63-73.
- 田力正好・水本匡起・松田時彦・中田高・後藤秀昭(2013) : 犀川丘陵南部における断層変位地形の発見とそのテクトニックな意義. 日本活断層学会2013年度秋期学術大会, P-4.
- Takeda, T., Sato, H., Iwasaki, T., Matsuda, N., Sakai, S., Iidaka, T. and Kato, A. (2004) : Crustal structure in the northern Fossa Magna region, central Japan, modeled from refraction/wide-angle reflection data. *Earth Planets Space*, **56**, 1293-1299.
- 東郷正美(2002) : 小松原断層沿いにおける1847年善光寺地震時の地表変位. 活断層研究, **22**, 45-54.
- 東郷正美・堤 浩之・宮内崇裕・大石 超・宇根 寛・小田切聡子(2000) : 都市圏活断層図「長野」. 国土地理院技術資料D.1-N0. 375.
- 豊野層団研究グループ(1977):長野盆地の西縁部の第四系-長野盆地の形成史に関する研究. 地質学論集, 14, 79-92.
- 佃 栄吉・栗田泰夫(1986) : 先善光寺地震と長野盆地西縁断層系. 地震学会講演予稿集, No. 2, 129.
- 佃 栄吉・栗田泰夫・奥村晃史(1990) : 長野断層系から発生する善光寺型地震の再来間隔と断層変位量の推定-ボーリングおよびトレンチ発掘調査報告. 地震予知連絡会会報, **44**, 408-414.
- 佃 栄吉・寒川 旭・桧皮久義・黒磯彰夫・宮下健司(1991) : 長野県の遺跡発掘調査で発見された善光寺地震(1847年)及び先善光寺地震の地震跡. 地震学会講演予稿集, No. 2, 270.
- 佃 栄吉・栗田泰夫・奥村晃史(1995) : 1988年長野活断層系荒舟断層(荒舟地区)トレンチ発掘調査. 日本の活断層発掘調査[56], 活断層研究, **13**, 72-79.
- 辻村太郎(1932) : 東北日本の断層盆地(中). 地理学評論, **8**, 747-760.

- 堤 浩之・東郷正美・宮内崇裕・大石 超・宇根 寛・小田切聡子（2000）：都市圏活断層図「中野」．国土地理院技術資料D. 1-NO. 375.
- 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子（2013）：「日本被害地震総覧599-2012」．東京大学出版会，694p.
- 八木貞助（1947）：弘化四年の善光寺地震に随伴したる陸地変形に就いて．帝国学士院記事，**5**，180－186.
- 八木貞助（1948）：地震学より見た善光寺地震．善光寺地震百年忌記念善光寺地震誌，2-10.
- 八木貞助・八木健三（1958）：「上水内郡地質誌」．上水内教育会，480p.
- 柳沢幸夫・金子隆之・赤羽貞幸・栗田泰夫・釜井俊孝・土谷信之（2001）：飯山地域の地質．地域地質研究報告(5 万分の1 地質図幅)，地質調査所，144p.

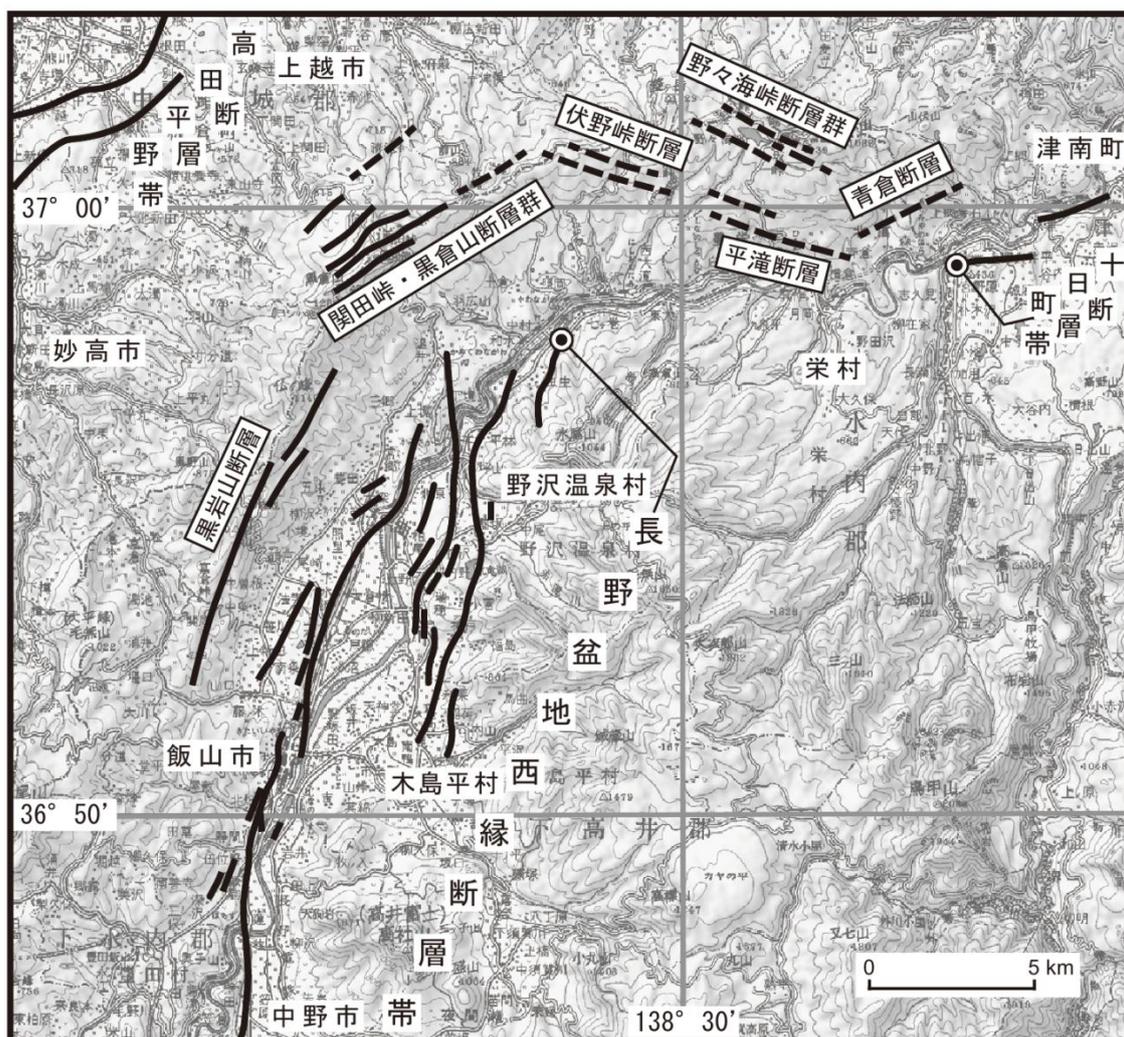


図3 長野盆地西縁断層帯から北方及び北東方に分布する断層
断層の位置は文献11、15、28に、名称は文献11による。
基図は国土地理院発行数値地図200000「高田」を使用。

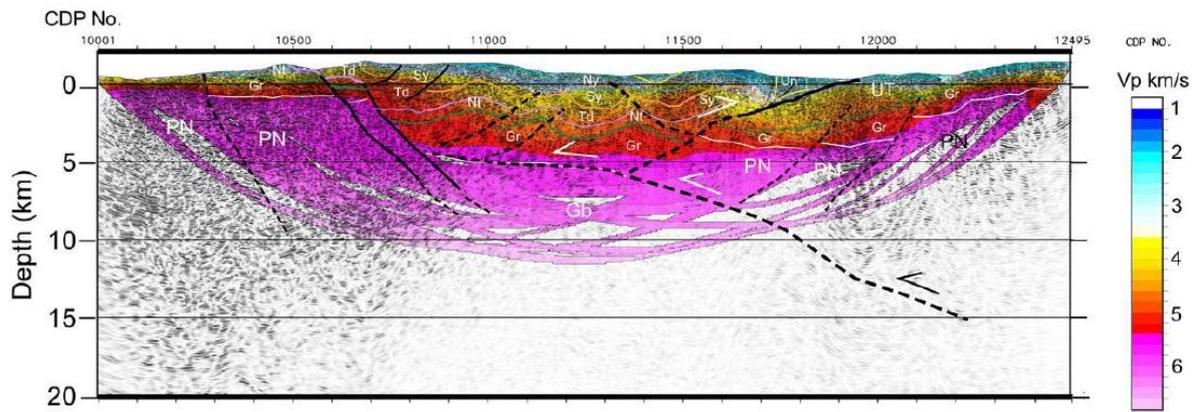


図4 飯山ー小谷測線の反射法弾性波探査結果とトモグラフィ解析結果の地質学的解釈
(佐藤ほか, 2012)

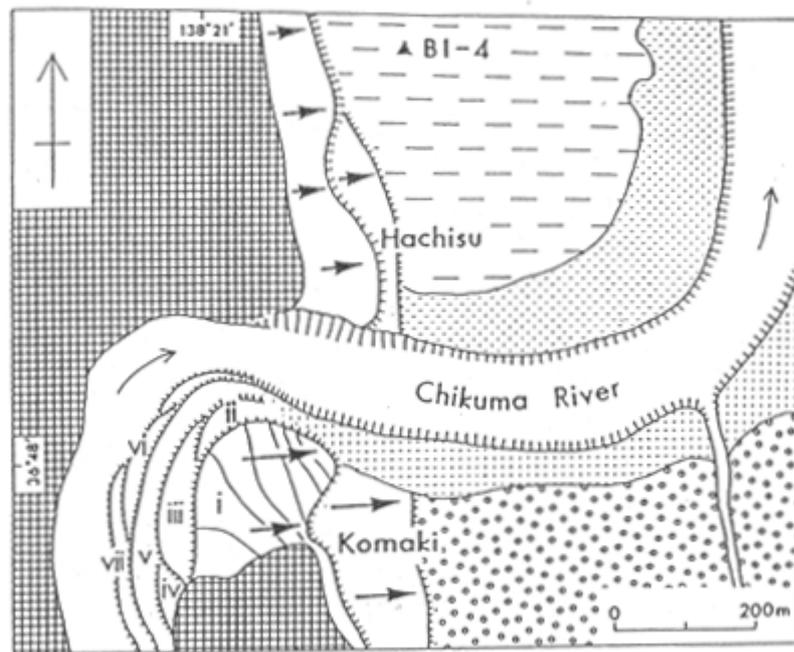


図5 古牧付近の累積変形を受けた段丘面群と蓮のボーリング地点 (BI-4)
(佃ほか, 1990)

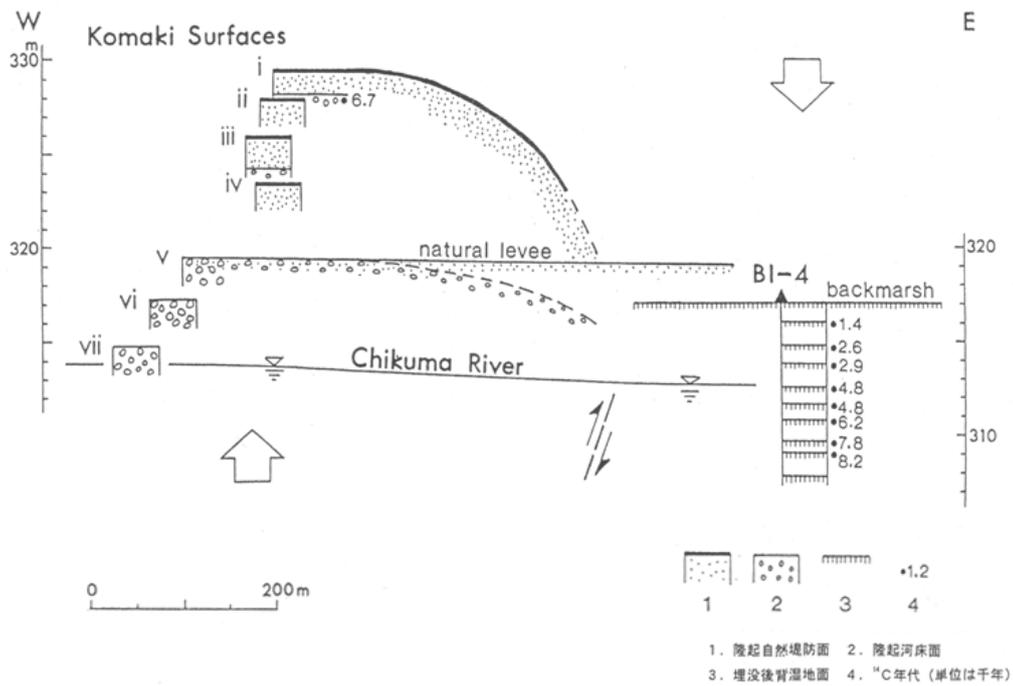


図6 古牧付近の断層隆起を示す完新世段丘群と沈降を示す沖積堆積物 (佃ほか, 1990)

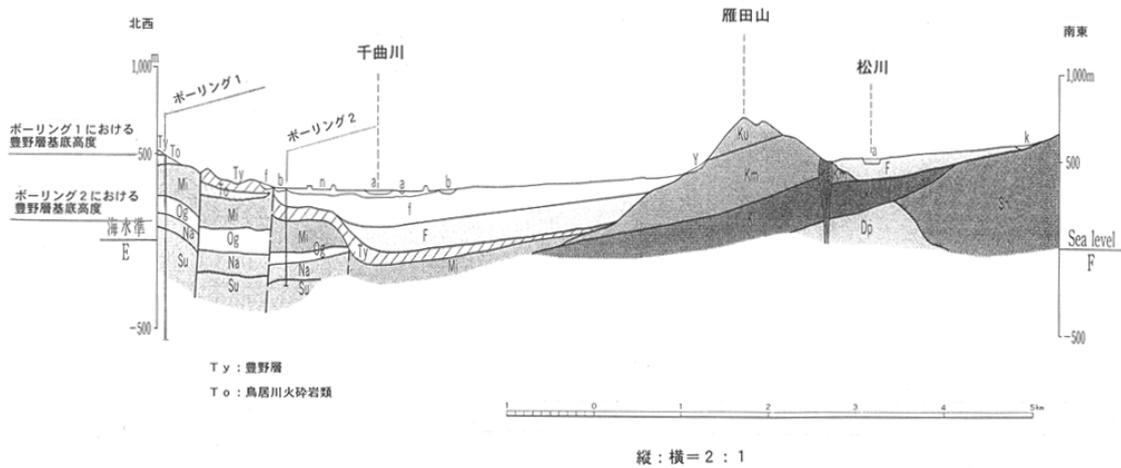
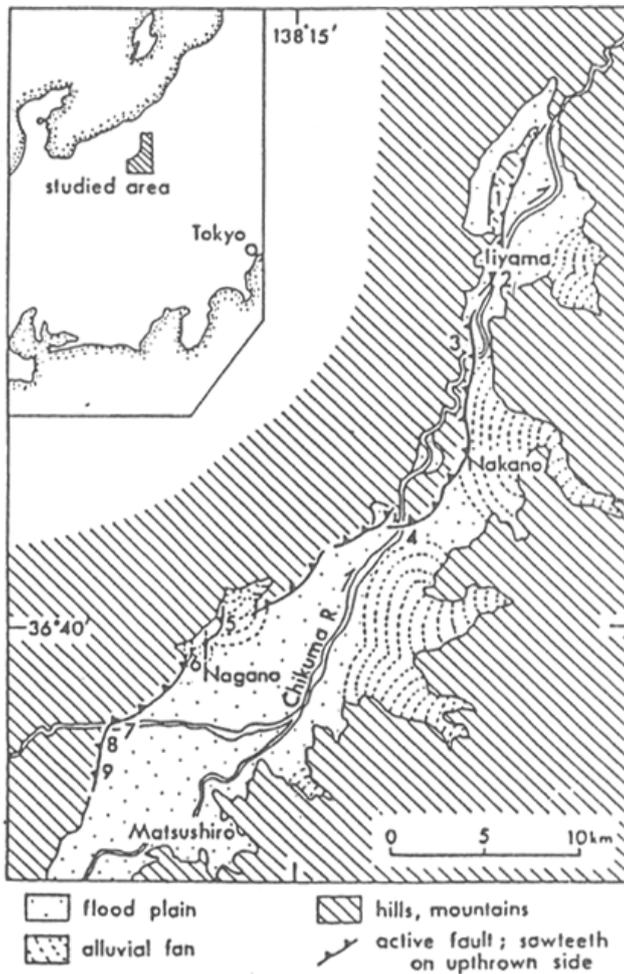


図7 長野市豊野町付近の地質断面図 縦：横＝2：1
赤羽ほか (1992) に加筆



各地点の変位量

- ①長峰山麓
1.8-3.0m (6-7尺から1丈程)
- ②飯山市街地
2.1-3.0m (7尺から1丈余)
- ③飯山市静間
詳細不明
- ④中野市立ヶ花
約3mと推定される
- ⑤長野市三輪北方
2-4m 1回の変位量かどうか不明
- ⑥長野市妻科・長野市小柴見
2.1-2.4m (7-8尺)
- ⑦長野市小市
2.4-2.7m (8-9尺)
- ⑧長野市小松原
1.8-2.1m (6-7尺)
- ⑨長野市小松原南方
3.0m余 (1丈余)

図8 善光寺地震に伴う地震断層が記録された地点と長野盆地西縁断層帯
粟田ほか(1987)に加筆



図9 荒舟地域の地形と断層の分布
 (佃ほか, 1995) AとBはトレンチ調査地, Zは断層露頭を示す.

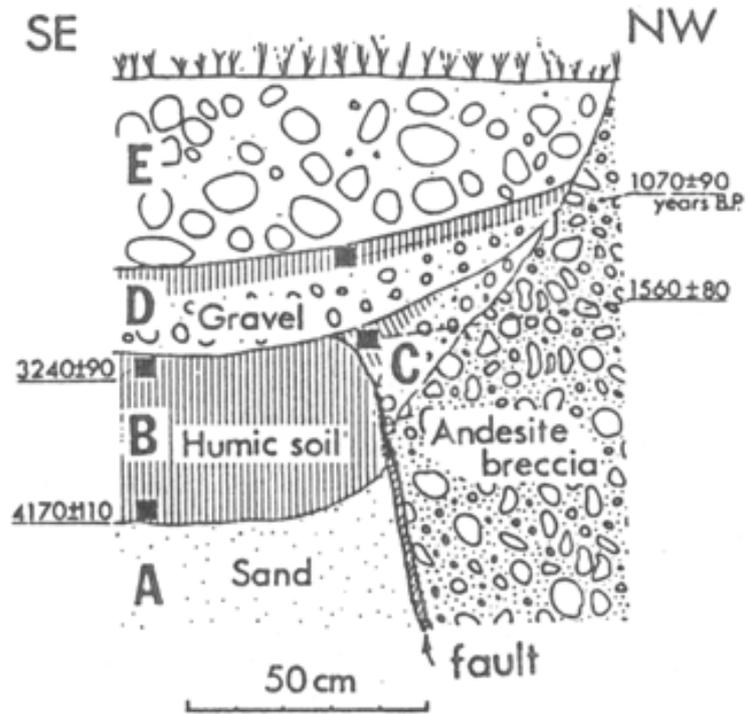
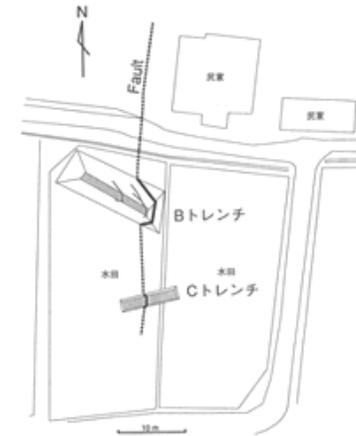
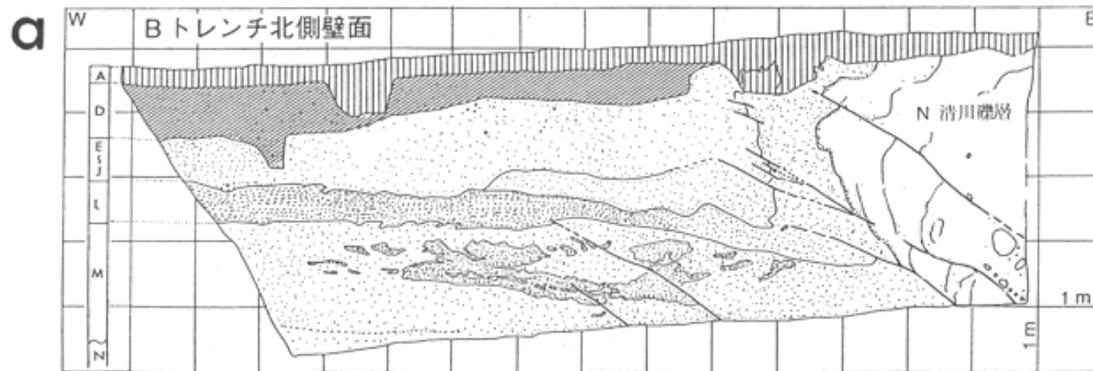


図10 飯山市荒舟の断層露頭
 (佃ほか, 1986) 数字は¹⁴C年代



B, Cトレンチ掘削地の平面図

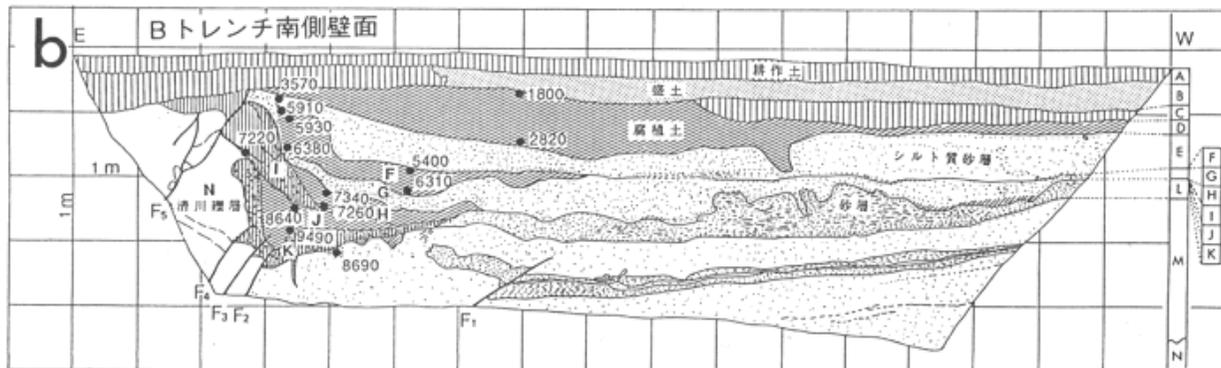


図11 飯山市荒舟のBトレンチスケッチ
(佃ほか, 1995)

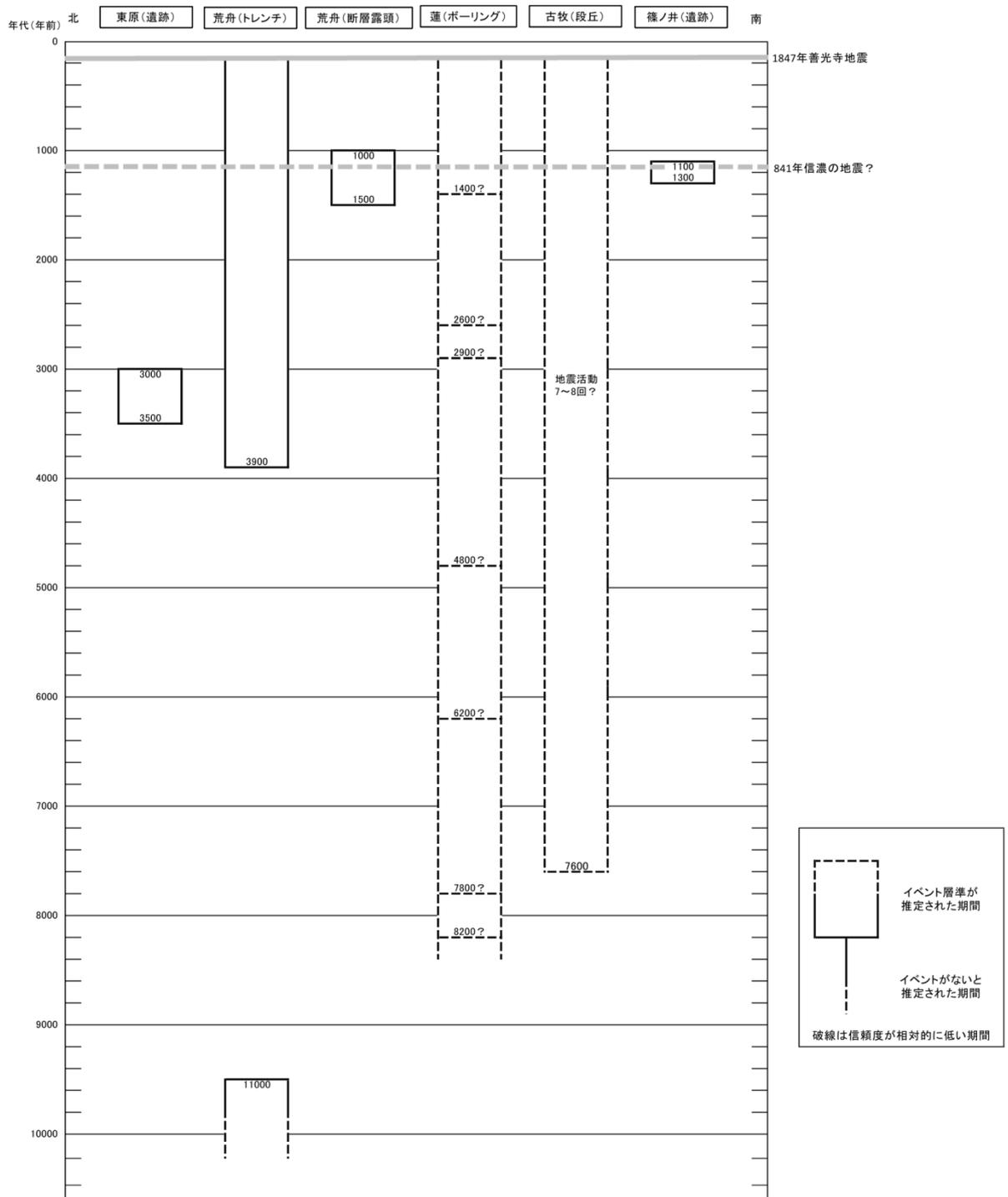


図12 飯山-千曲区間の活動の時空間分布

基準期間：2004年11月01日 - 2005年02月28日
 比較期間：2010年11月01日 - 2011年02月28日

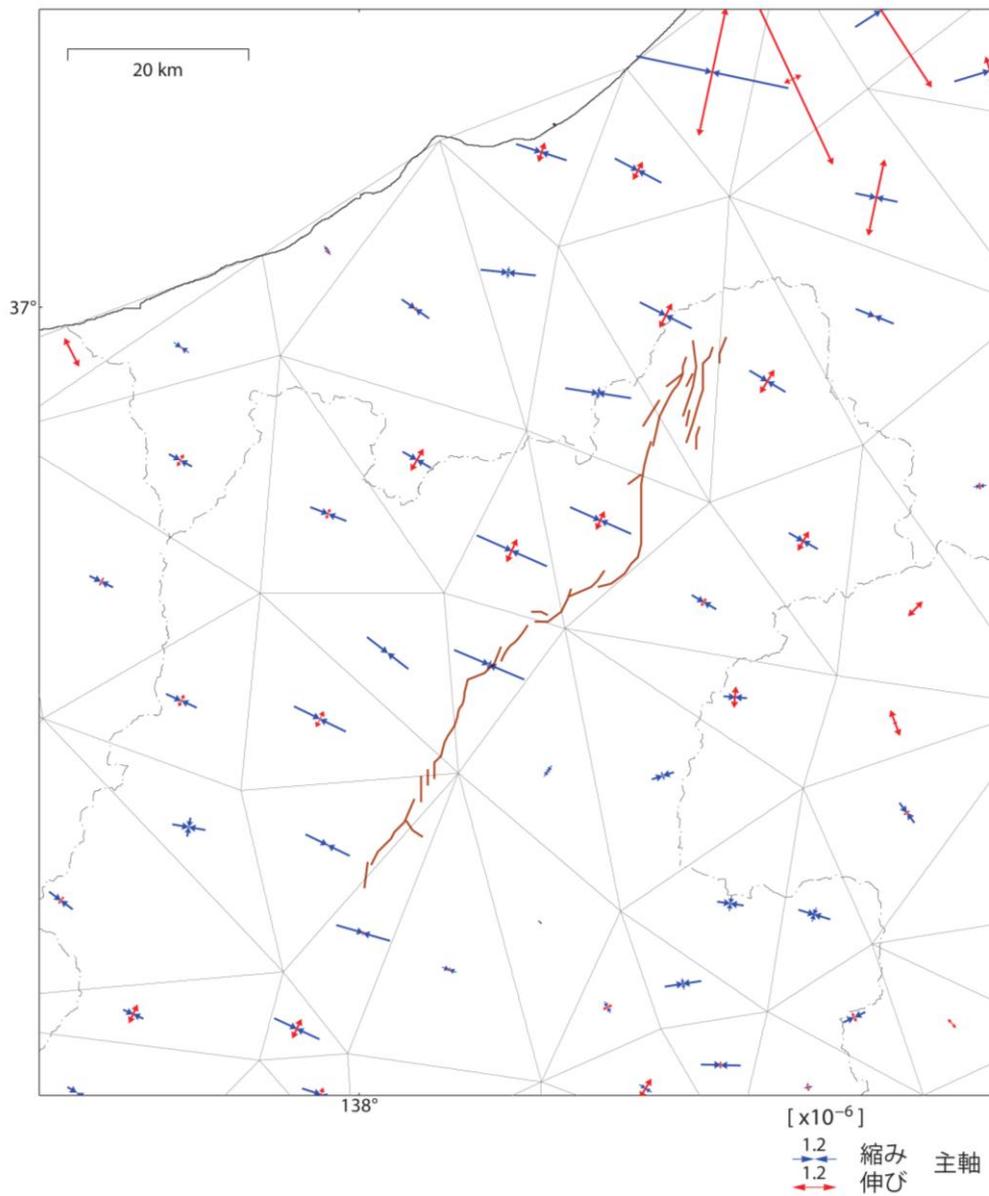


図13-1 2004年11月から2011年2月までのGNSS連続観測による長野盆地西縁断層帯周辺の水平ひずみ分布（国土地理院作成）
 スケールは 1.2×10^{-6} 。年間あたりのひずみ速度に換算すると、スケールは 0.2×10^{-6} /年となる。

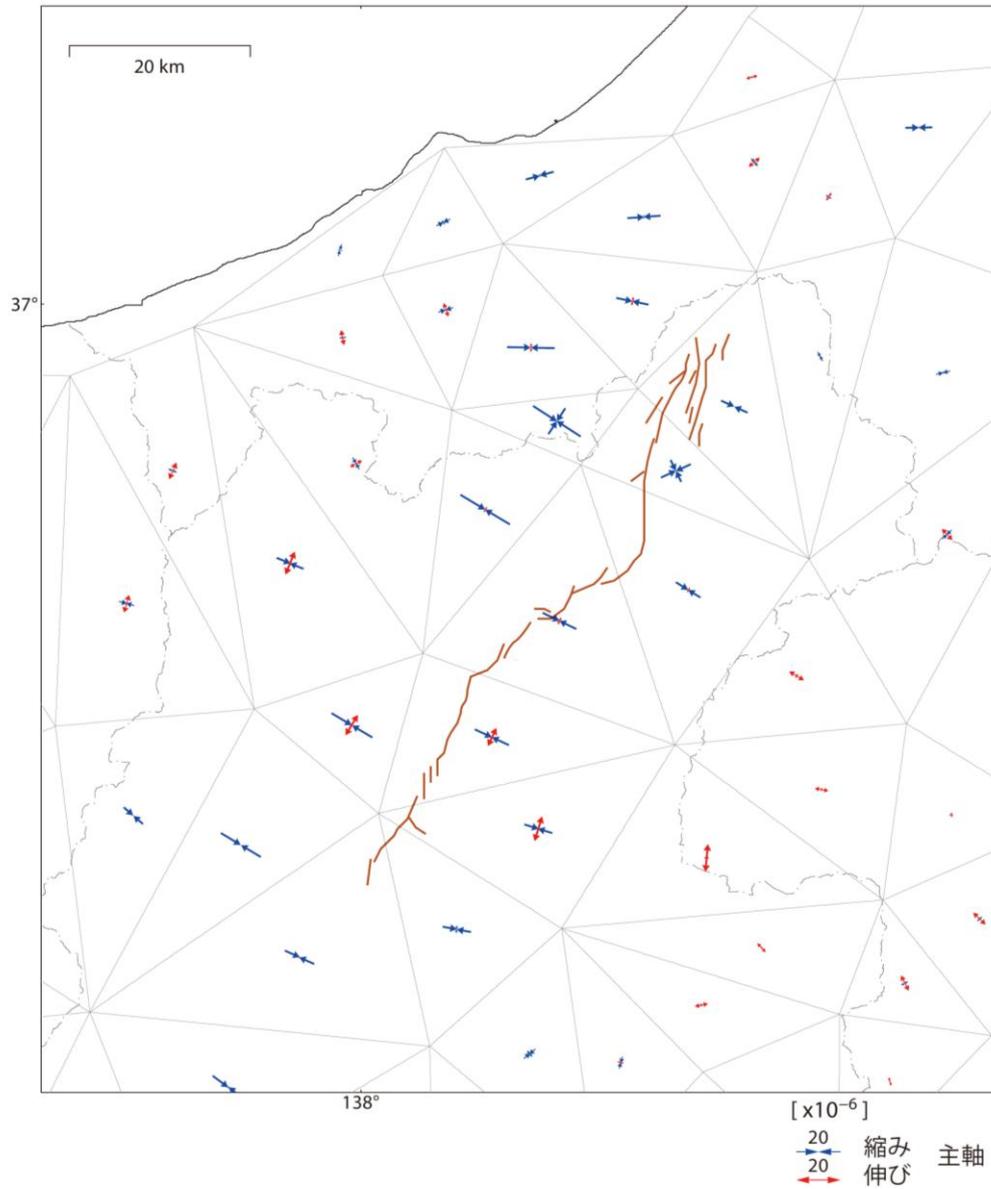


図 13-2 約 100 年間 (1883 年~1994 年) の測地観測による長野盆地西縁断層帯周辺の水平ひずみ分布 (国土地理院作成)
 スケールは 20×10^{-6} 。年間あたりのひずみ速度に換算すると、図 13-1 のスケール ($0.2 \times 10^{-6}/\text{年}$) とほぼ等しい。

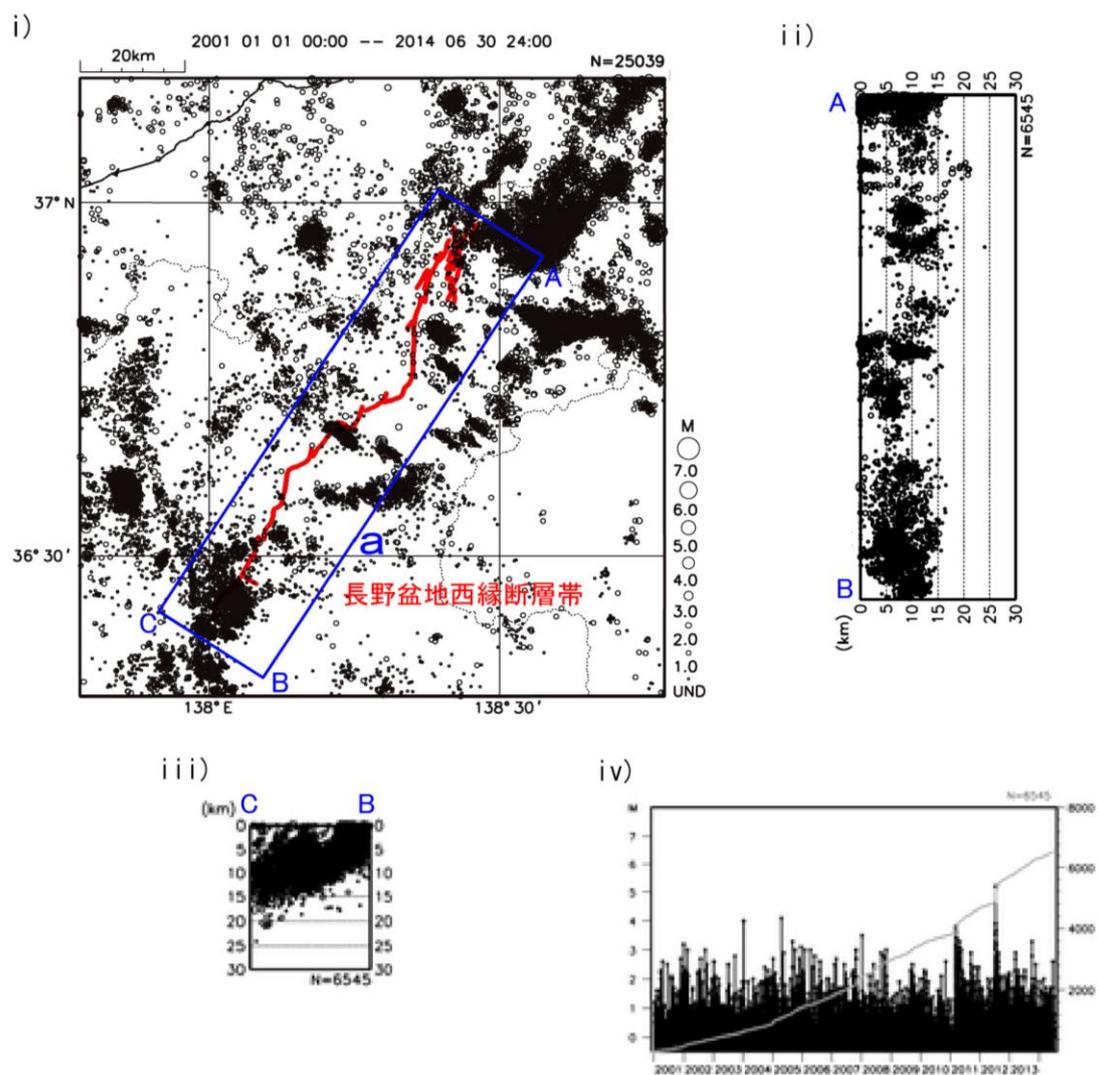


図14-1 長野盆地西縁断層帯周辺の地震活動（気象庁作成）

i) 長野盆地西縁断層帯周辺の震央分布（2001年1月1日～2014年6月30日）。深さ30km以浅。Mすべて。ii) 領域a内のA-B投影の断面図。iii) 領域a内のB-C投影の断面図。iv) 領域a内のM-T図及び回数積算図（地震活動経過図）。

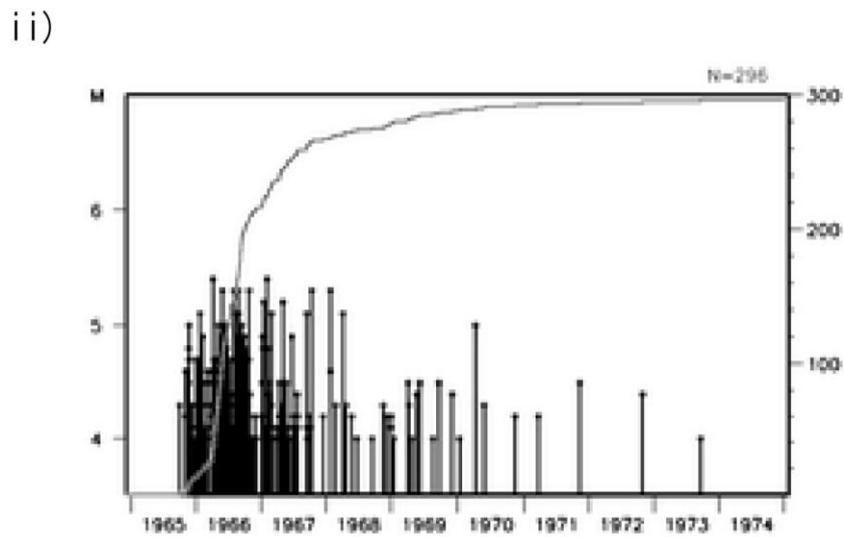
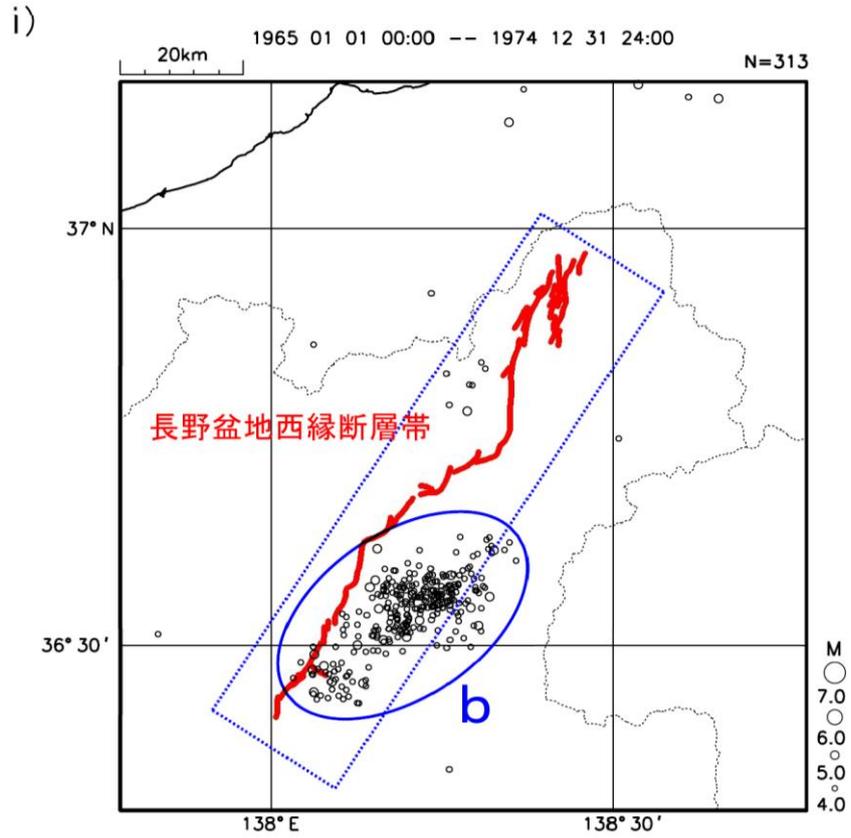


図14-2 長野盆地西縁断層帯の南方で発生した松代群発地震の活動（気象庁作成）
 i) 松代群発地震の震央分布（1965年1月1日～1974年12月31日）。深さ30km以浅。
 $M \geq 4.0$ 。ii) 領域b内のM-T図及び回数積算図（地震活動経過図）。

表 4 長野盆地西縁断層帯（飯山—千曲区間）の地震発生確率及び参考指標

項目	数 値	備 考
地震後経過率	0.07 — 0.2	
今後 30 年以内の発生確率	ほぼ 0%	発生確率及び集積確率は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001a）参照。
今後 50 年以内の発生確率	ほぼ 0%	
今後100 年以内の発生確率	ほぼ 0%	
今後300 年以内の発生確率	ほぼ 0% — 2%	
集積確率	ほぼ 0%	
指標(1)経過年数	-1 千 6 百年 — -4 百年	地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会（1999）参照。
比	0.1 — 0.3	
指標(2)	ほぼ 0	
指標(3)	ほぼ 0%	
指標(4)	ほぼ 0	
指標(5)	0.0004 — 0.001	

注10：評価時点はすべて2015年1月1日現在。「ほぼ0%」は 10^{-3} %未満の確率値を、「ほぼ0」は 10^{-5} 未満の数値を示す。なお、計算に用いた平均活動間隔の信頼度は低い（△）ことに留意されたい。

指標(1)経過年数：当該活断層での大地震発生の危険率（1年間あたりに発生する回数）は、最新活動（地震発生）時期からの時間の経過とともに大きくなる（BPT 分布モデルを適用した場合の考え方）。一方、最新活動の時期が把握されていない場合には、大地震発生の危険率は、時間によらず一定と考えざるを得ない（ポアソン過程を適用した場合の考え方）。この指標は、BPT 分布モデルを適用した場合の危険率が、ポアソン過程を適用した場合の危険率の値を超えた後の経過年数である。値がマイナスである場合は、BPT 分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率に達していないことを示す。長野盆地西縁断層帯飯山—千曲区間の場合、ポアソン過程を適用した場合の危険率は、2千5百分の1から8百分の1（0.0004—0.001）であり、いつの時点でも一定である。BPT 分布モデルを適用した場合の危険率は、時間とともに増加する。BPT分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率に達するには、今後4百年から1千6百年を要する。

指標(1)比：最新活動（地震発生）時期から評価時点までの経過時間をAとし、BPT 分布モデルによる危険率がポアソン過程とした場合のそれを超えるまでの時間をBとする。前者を後者で割った値（A/B）。

指標(2)：BPT 分布モデルによる場合と、ポアソン過程とした場合の評価時点での危険率の比。

指標(3)：評価時点での集積確率（前回の地震発生から評価時点までに地震が発生しているはずの確率）。

指標(4)：評価時点以後30年以内の地震発生確率をBPT 分布モデルでとりうる最大の確率の値で割った値。

指標(5)：ポアソン過程を適用した場合の危険率（1年間あたりの地震発生回数）。

付表

地震発生確率等の評価の信頼度に関する各ランクの分類条件の詳細は以下のとおりである。

ランク	分類条件の詳細
a	発生確率を求める際に用いる平均活動間隔及び最新活動時期の信頼度がいずれも比較的高く（◎または○）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性が高い。
b	平均活動間隔及び最新活動時期のうち、いずれか一方の信頼度が低く（△）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性が中程度。
c	平均活動間隔及び最新活動時期の信頼度がいずれも低く（△）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性がやや低い。
d	平均活動間隔及び最新活動時期のいずれか一方または両方の信頼度が非常に低く（▲）、発生確率等の値は信頼性が低い。このため、今後の新しい知見により値が大きく変わる可能性が高い。または、データの不足により最新活動時期が十分特定できていないために、現在の確率値を求めることができず、単に長期間の平均値を確率としている。

〈付録〉

信濃川断層帯（長野盆地西縁断層帯）について重力異常や大学グループなどの調査による情報を取り込んで断層の位置及び形態などについて改訂を行った。以下に改訂となった項目とその値について、前回の評価と今回の評価の対比表を示す。なお、評価にあたっては、下表に示す数値のほか各値を求めた根拠についても改訂していることに留意されるとともに、その詳細については評価文を参照されたい。

長野盆地西縁断層帯の活動区間についての新旧対比表

項目	前回の評価 (平成13年11月14日)	今回の評価 (平成27年4月24日)
活動区間	主部	飯山－千曲区間
	－	麻績区間

飯山－千曲区間の評価についての新旧対比表*

項目	前回の評価 (平成13年11月14日)	今回の評価 (平成27年4月24日)
1. 断層帯位置・形態		
(1) 長野盆地西縁断層帯を構成する断層	長野盆地西縁断層、重地原（じゅうちはら）断層、北竜湖（ほくりゅうこ）断層	長野盆地西縁断層、重地原（じゅうちはら）断層、北竜湖（ほくりゅうこ）断層
(2) 断層帯の位置・形状等	地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置 （北端）北緯 36° 57′ 東経 138° 28′ （南端）北緯 36° 33′ 東経 138° 06′ 長さ 約58km 一般走向 N35° E 傾斜角 不明（西傾斜） 地下における断層面の位置・形状 傾斜角 不明（西傾斜）	地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置 （北端）北緯 36° 57.9′ 東経 138° 27.8′ （南端）北緯 36° 31.5′ 東経 138° 05.8′ 長さ 約59km 一般走向 N34° E 傾斜角 北西傾斜 20－40° 程度 地下における断層面の位置・形状 傾斜角 北西傾斜 20－40° 程度 （深さ 4 km以浅）

麻績区間の評価についての新旧対比表*

項目	前回の評価 (平成13年11月14日)	今回の評価 (平成27年4月24日)
1. 断層帯位置・形態		
(1) 長野盆地西縁断層帯を構成する断層	－	麻績（おみ）断層

(2) 断層帯の位置・形状等	—	地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置 (北端) 北緯36° 31.6' 東経138° 05.2' (南端) 北緯36° 24.6' 東経138° 00.6' 長さ 約15km 一般走向 N28° E 上端の深さ 約0 km 傾斜角 北西傾斜 地下における断層面の位置・形状 傾斜角 北西傾斜 (地表付近)	○ ○ ○ ○ ◎ ○ ○
2. 断層帯の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	—	不明	
(2) 過去の活動時期	—	不明	
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	—	1回のずれの量 (撓みを含む) 2 m 程度 (全体) 平均活動間隔 不明	△
(4) 過去の活動区間	—	活動区間全体で1区間	○
3. 断層帯の将来の活動			
(1) 将来の活動区間及び活動時の地震の規模	—	活動区間 活動区間全体で1区間 地震の規模 マグニチュード 6.8 程度 ずれの量 (撓みを含む) 2 m程度 (全体) 長野盆地西縁断層全体が同時に活動する場合 マグニチュード7.9程度	○ △ △ ▲

*変更が生じた項目のみ表示