

牛首断層帯の長期評価について

平成17年3月9日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

地震調査研究推進本部は、「地震調査研究の推進について ―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―」（平成11年4月23日）を決定し、この中において、「全国を概観した地震動予測地図」の作成を当面推進すべき地震調査研究の主要な課題とし、また「陸域の浅い地震、あるいは、海溝型地震の発生可能性の長期的な確率評価を行う」とした。

地震調査委員会では、この決定を踏まえつつ、これまでに陸域の活断層として、81断層帯の長期評価を行い公表した。

今回、引き続き、牛首断層帯について現在までの研究成果及び関連資料を用いて評価し、とりまとめた。

評価に用いられたデータは量及び質において一様でなく、そのためにそれぞれの評価の結果についても精粗がある。このため、評価結果の各項目について信頼度を付与している。

牛首断層帯の評価

牛首断層帯は、飛騨高地の北部の富山県南部から岐阜県北部にかけて分布する活断層帯である。ここでは、平成 14 年度から平成 15 年度にかけて産業技術総合研究所によって実施された調査をはじめ、これまでに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

牛首断層帯は、富山県上新川（かみにいかわ）郡大山（おおやま）町から、同郡大沢野町、婦負（ねい）郡細入村、岐阜県飛騨市、富山県南砺（なんと）市を経て、岐阜県大野郡白川村に至る断層帯である。長さは約 54 km で、ほぼ北東－南西方向に延びており、右横ずれを主体とする断層帯である（図 1、2 及び表 1）。

2. 断層帯の過去の活動

牛首断層帯の最新活動時期は 11 世紀以後、12 世紀以前と推定される。また、平均活動間隔は約 5 千－7 千 1 百年と推定される（表 1）。

3. 断層帯の将来の活動

牛首断層帯全体が 1 つの活動区間として活動する場合、マグニチュード 7.7 程度の地震が発生すると推定される。その際には、4 m 程度の右横ずれが生じる可能性がある。本断層帯の最新活動後の経過率及び将来この様な地震が発生する長期確率は表 2 に示すとおりである。

4. 今後に向けて

牛首断層帯では、平均的なずれの速度や活動に伴う 1 回のずれの量が十分には明らかになっていない。よって、これらの項目に関し、精度の良い資料を得ることが望ましい。

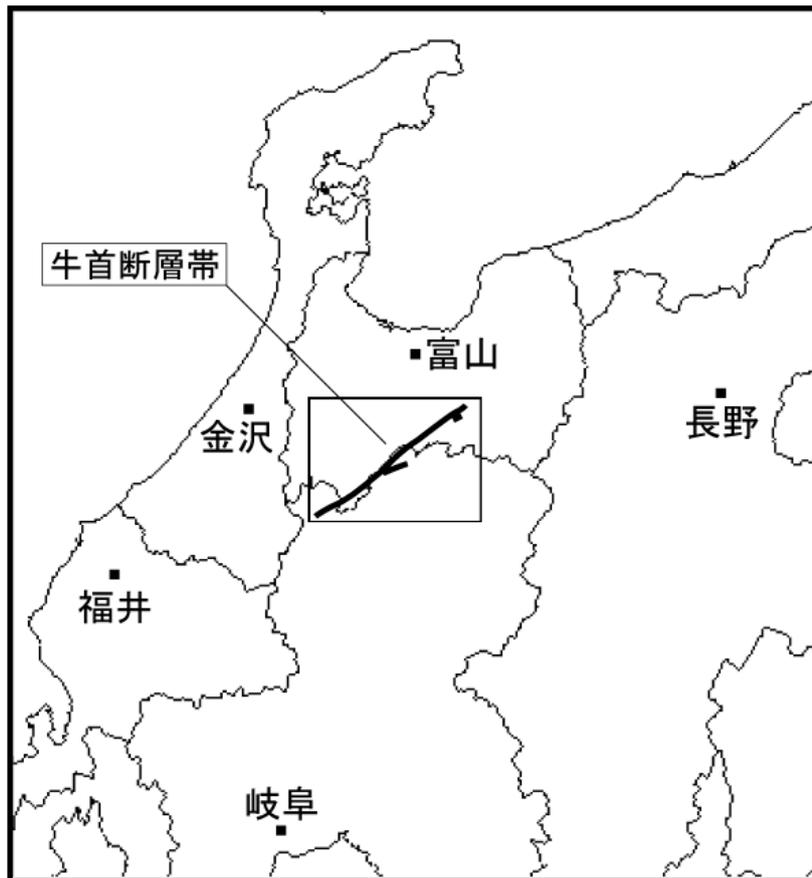


図1 牛首断層帯の概略位置図
(長方形は図2の範囲)

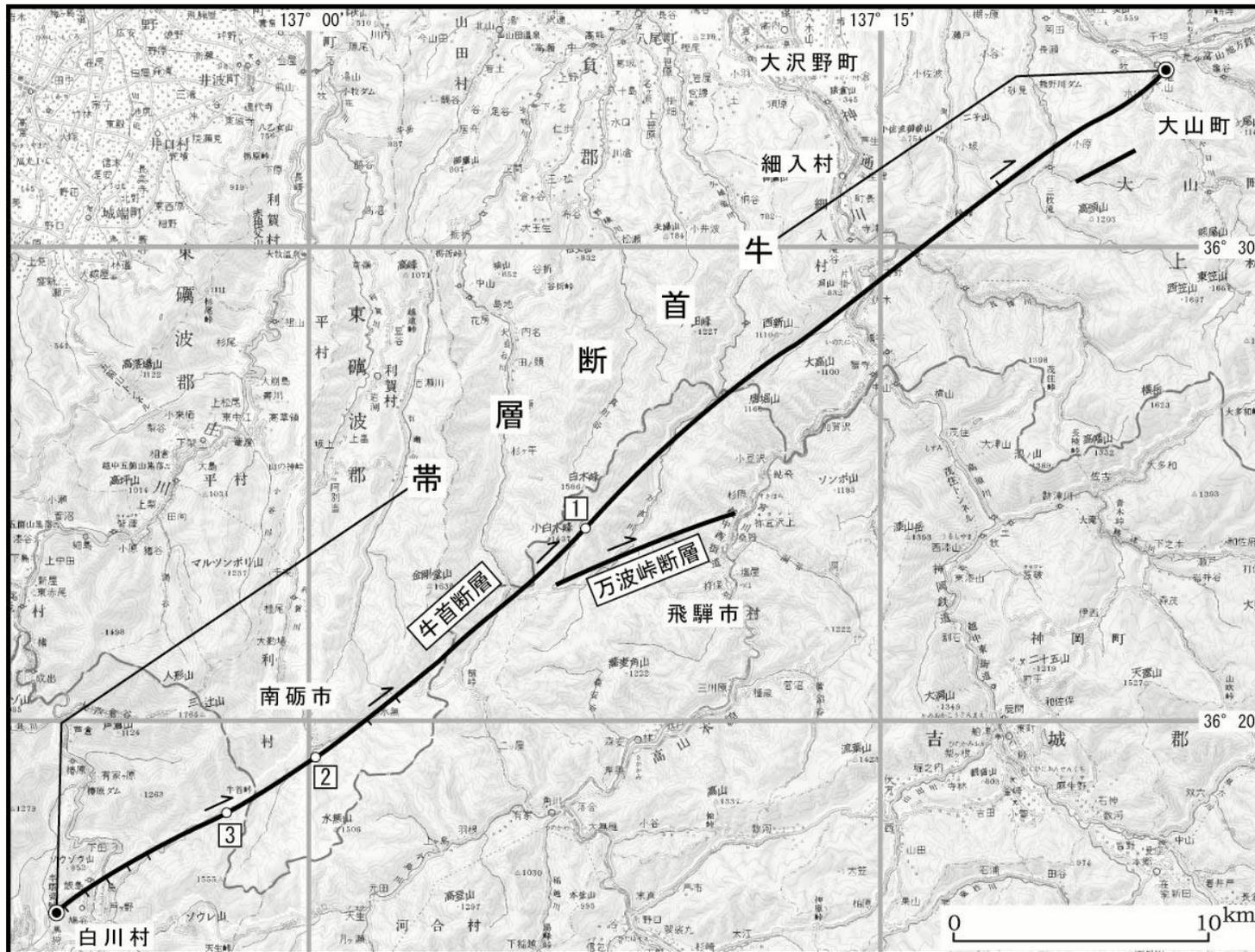


図2 牛首断層帯の位置と主な調査地点

1 : 上白木峰地点 2 : 水無地点 3 : 牛首地点

● : 断層帯の北東端と南西端

断層の位置は文献2に基づく。

基図は国土地理院発行数値地図200000「高山」「金沢」を使用。

表 1 牛首断層帯の特性

| 項目 | 特性 | 信頼度 (注3) | 根拠 (注4) |
|-----------------|---|-----------------------|---|
| 1. 断層帯の位置・形態 | | | |
| (1) 断層帯を構成する断層 | 牛首断層、万波峠（まんなみとうげ）断層 | | 文献2による。 |
| (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 （北東端）北緯 36°34′ 東経 137°22′ （南西端）北緯 36°16′ 東経 136°53′ 長さ 約 54 km | ○ ◎ ○ | 文献2による。 位置及び長さは図2から計測。 |
| | 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 上端の深さ 0 km 一般走向 N50°E 傾斜 ほぼ垂直—高角（地表付近） 幅 15 km 程度 | ○ ◎ ○ ○ ○ | 上端の深さが 0 km であることから推定。 一般走向は、断層の両端を直線で結んだ方向（図2参照）。 傾斜は文献3、4、8などに示された断層露頭、断層の形状などによる。 幅は、傾斜と地震発生層の下限の深さ（約 15 km）から推定。 |
| (3) 断層のずれの向きと種類 | 右横ずれ断層 （北東部では南東側隆起成分、南西部では北西側隆起成分を伴う。） | ◎ | 文献2、7などに示された地形の特徴、断層露頭による。 |
| 2. 断層帯の過去の活動 | | | |
| (1) 平均的なずれの速度 | 不明 （活動度は牛首断層：A—B級、万波峠断層：C級） | | 説明文 2.2(1)参照。 括弧内の活動度（注5）は文献2による。 |

| | | | |
|------------------------|--|--------|---|
| (2) 過去の活動時期 | 活動 1 (最新活動) 11 世紀以後、12 世紀以前 | ○ | 文献 5、6 に示された資料から推定。 |
| | 活動 2 (1 つ前の活動) 約 5 千 6 百年前以後、約 4 千 9 百年前以前 | ○ | |
| | 活動 3 (2 つ前の活動) 約 1 万 5 千年前以後、約 1 万 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 4 m 程度 (右横ずれ成分) 平均活動間隔 約 5 千 - 7 千 1 百年 | △ ○ | 断層の長さから推定。 過去 3 回の活動から推定。 |
| (4) 過去の活動区間 | 断層帯全体で 1 区間 | ○ | 断層の位置関係、形状から推定。 |
| 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 断層帯全体で 1 区間 | ○ | 断層の位置関係、形状から推定。 断層の長さから推定。 断層の長さから推定。 |
| | 地震規模 マグニチュード 7.7 程度 ずれの量 4 m 程度 (右横ずれ成分) | ○ △ | |

表 2 牛首断層帯の将来の地震発生確率等

| 項目 | 将来の地震発生確率等 (注 6) | 信頼度 (注 7) | 備考 |
|-------------------|---------------------|--------------|----------------------|
| 地震後経過率 (注 8) | 0.1-0.2 | | 発生確率及び集積確率は文献 1 による。 |
| 今後 30 年以内の地震発生確率 | ほぼ 0% | a | |
| 今後 50 年以内の地震発生確率 | ほぼ 0% | | |
| 今後 100 年以内の地震発生確率 | ほぼ 0% | | |
| 今後 300 年以内の地震発生確率 | ほぼ 0% | | |
| 集積確率 (注 9) | ほぼ 0% | | |

注 1：我が国の陸域及び沿岸域の主要な 98 の活断層のうち、2001 年 4 月時点で調査結果が公表されているものについて、その資料を用いて今後 30 年間に地震が発生する確率を試算すると概ね以下になると推定される。

98 断層帯のうち約半数の断層帯：30 年確率の最大値が 0.1%未満

98 断層帯のうち約 1/4 の断層帯：30 年確率の最大値が 0.1%以上 - 3%未満

98 断層帯のうち約 1/4 の断層帯：30 年確率の最大値が 3%以上

(いずれも 2001 年 4 月時点での推定。確率の試算値に幅がある場合はその最大値を採用。)

この統計資料を踏まえ、地震調査委員会の活断層評価では、次のような相対的な評価を盛り込むこととしている。

今後 30 年間の地震発生確率(最大値)が 3 %以上の場合 :

「本断層帯は、今後 30 年の間に発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高いグループに属することになる」

今後 30 年間の地震発生確率(最大値)が 0.1%以上 - 3 %未満の場合 :

「本断層帯は、今後 30 年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中ではやや高いグループに属することになる」

注 2 : 1995 年兵庫県南部地震、1858 年飛越地震及び 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) | 六甲・淡路島断層帯 主部淡路島西岸区間 「野島断層を含む区間」 (兵庫県) | 0.02% - 8% | 0.06% - 80% | 約 1.7 - 約 3.5 |
| 1858 年飛越地震 (M7.0 - 7.1) | 跡津川断層帯 (岐阜県・富山県) | ほぼ 0% - 13% | ほぼ 0% - 90%より大 | 約 1.7 - 約 3.6 |
| 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」(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2001) 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 5 千年の場合は 30 年確率の最大値は 5 %程度、7 千年の場合は 30 年確率の最大値は 4 %程度である。

注 3 : 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

注 4 : 文献については、本文末尾に示す以下の文献。

文献 1 : 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001)

文献 2 : 活断層研究会編 (1991)

文献 3 : 宮下ほか (2003a)

文献 4 : 宮下ほか (2003b)

文献 5 : 宮下ほか (2004a)

文献 6 : 宮下ほか (2004b)

文献 7 : 中田・今泉編 (2002)

文献 8 : 竹村・藤井 (1984)

注 5 : 牛首断層帯では、平均的なずれの速度を具体的に示すことはできないが、活断層の活発さの程度、すなわち活動度 (松田, 1975) は推定できるので、それを示した。

- ・ 活動度が A の活断層は、1 千年あたりの平均的なずれの量が 1 m 以上、10 m 未満であるものをいう。
- ・ 活動度が B の活断層は、1 千年あたりの平均的なずれの量が 0.1 m 以上、1 m 未満であるものをいう。
- ・ 活動度が C の活断層は、1 千年あたりの平均的なずれの量が 0.01 m 以上、0.1 m 未満であるものをいう。

注6：評価時点はすべて2005年1月1日現在。「ほぼ0%」は10⁻³%未満の確率値を示す。

注7：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8：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。今回評価した数字のうち0.1は805年を7,100年で割った値であり、0.2は1,005年を5,000年で割った値である。

注9：前回の地震発生から評価時点までの間に地震が発生しているはずの確率。

(説明)

1. 牛首断層帯に関するこれまでの主な調査研究

牛首断層、ならびに周辺に分布する断層に関しては、辻村 (1926)、前田・武南 (1957)、坂本 (1966)、松田 (1966, 1968)、竹村 (1983)、野沢ほか (1975)、野沢 (1978)、藤井・竹村 (1979a, b)、竹村・藤井 (1984) などにより示されてきた。活断層研究会編 (1991) は、これらの研究を総括した形で、牛首断層、万波峠断層及び早乙女岳断層を活断層として図示した。竹村・藤井 (1984)、富山県 (1992) 及び Takeuchi et al. (2003) では、活断層研究会編 (1991) の牛首断層と早乙女岳断層を長さ約 80 km の一連の活断層とした。また、中田・今泉編 (2002) は、活断層研究会編 (1991) の牛首断層とほぼ同等の区間を、存在が確実な活断層として図示している。

牛首断層の活動履歴に関しては、竹村・藤井 (1984) によって更新世末期以降に北西上がりの断層活動が複数回生じた可能性が指摘されている。また、最近になって、宮下ほか (2003a, b, 2004a, b) が空中写真判読調査、断層露頭調査及びトレンチ調査を実施し、活動履歴を含め、牛首断層の諸特性を明らかにしている。

この他にも、牛首断層帯では、本断層帯の南に位置する跡津川断層や茂住祐延断層と併せて断層ガスの連続観測、微小地震観測などが行なわれ、活断層の歪や応力の蓄積過程、破碎帯の形成過程などの研究も進められている (佐竹・林, 1983 ; 佐竹ほか, 1984 ; 和田・伊藤, 1994, 1995 ; 伊藤ほか, 1999 など)。

2. 牛首断層帯の評価結果

2. 1 牛首断層帯の位置及び形態

(1) 牛首断層帯を構成する断層

牛首断層帯は、飛騨高地の北部の富山県上新川 (かみにいかわ) 郡大山 (おおやま) 町から、同郡大沢野町、婦負 (ねい) 郡細入村、岐阜県飛騨市、富山県南砺 (なんと) 市を経て、岐阜県大野郡白川村に至る断層帯で、概ね北東-南西方向に延びる (図 1、2)。

牛首断層帯は、牛首断層と東北東-西南西方向に派生する万波峠 (まんなみとうげ) 断層により構成される。断層帯の位置については、牛首断層に関しては、活断層研究会編 (1991) と中田・今泉編 (2002) とで概ね良い一致をなす。ただし、中田・今泉編 (2002) では、万波峠断層については、最近数十万年間に繰り返し活動したことを示す地形的な特徴は認めていない。ここでは、本断層帯の位置・形態及び名称に関しては、いずれも活断層研究会編 (1991) に基づくこととする。

なお、本断層帯の北東延長には約 8 km の間隔をおいて早乙女岳断層が延びるが、単独では断層長が 20 km に満たず、地震調査研究推進本部 (1997) の基盤的調査観測対象の基準に該当しないことから、詳細な評価の対象とはしないこととした (図 3)。また、本断層帯の南側には約 5-12 km の間隔をおいて跡津川断層と茂住祐延 (もずみすけのぶ) 断層が並走し、本断層帯の南西端付近には白川断層がほぼ南北に横切るが、これらの断層は「跡津川断層帯の評価」及び「庄川断層帯の評価」(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004a, b) において検討済みであるため、ここでは評価は行わない。

(2) 断層面の位置・形状

牛首断層帯の長さと同一般走向は、断層帯の北東端と南西端を直線で結んで計測すると約 54 km、N50°E となる (図 2)。

断層面上端の深さは、変位地形や断層露頭が認められていることから 0 km とした。

断層面の傾斜は、断層露頭やトレンチにおいて 60°からほぼ垂直の断層面が確認されること（竹村・藤井, 1984；宮下ほか, 2003a, b など）、また、断層トレースが直線的であることから地表付近ではほぼ垂直—高角と推定される。

断層面の幅は、地下深部の傾斜も地表付近と同様に高角であるとすれば、地震発生層の下限の深さ（約 15 km：後述）から、15 km 程度と推定される。

（3）断層の変位の向き（ずれの向き）（注 10）

谷地形が右方向へ系統的に屈曲することや低断層崖などの地形の特徴（活断層研究会編 1980, 1991；中田・今泉編, 2002 など）、及び断層露頭やトレンチ壁面の観察結果（竹村・藤井, 1984；宮下ほか, 2003a, b など）に基づくと、牛首断層帯は右横ずれを主体とし、北東部では南東側隆起成分、南西部では北西側隆起成分を伴うと考えられる。

2. 2 牛首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 10）

右横ずれ成分に関する平均変位速度の資料は得られていない。

なお、過去 3 回の活動時期から推定される平均活動間隔（約 5 千—7 千 1 百年：後述）と断層長に基づいた 1 回のずれの量（4.3 m：後述）からは、0.6—0.9 m/千年程度（活動度 B 級上位相当）の平均変位速度（右横ずれ成分）が見込まれる。また、本断層帯による主要河川の右横ずれによる屈曲量は、熊野川で 1 km、神通川で 3 km、万波川で 2.5 km 程度に達する。活断層研究会編（1991）は、牛首断層の活動度を A—B 級、万波峠断層帯の活動度を C 級としている。

上下成分については、本断層帯南西部の富山県南砺市水無地点と岐阜県大野郡白川村牛首地点において、約 2 万 8 千年前に形成された可能性がある段丘面（Ⅲ面）が北西上がり 2—6 m（宮下ほか, 2003b）の変位を示すことから、平均上下変位速度は 0.1—0.2 m/千年程度の可能性がある。

（2）活動時期

a) 地形・地質的に認められた過去の活動

牛首断層帯では、中央部—南西部の 3 地点で 4 つのトレンチが掘削され、活動履歴調査が実施されている（宮下ほか, 2004a, b）。なお、山間部に位置するこれらのトレンチでは、各地層から得られている ^{14}C 年代値に幾らかのばらつきも見られていることから、年代試料がより古い地層からの再堆積である可能性も示唆されている（宮下ほか, 2004a, b）。

① 牛首断層上白木峰地点

断層帯中央部付近の岐阜県飛騨市宮川町の上白木峰地点では、低断層崖の基部に発達する溝状凹地を横切ってトレンチ調査が実施された（宮下ほか, 2004b：図 4）。

トレンチの北東側壁面では、f1 断層及び f2 断層が f 層（シルト・砂礫混在層：上部で 3—4 世紀の ^{14}C 年代値を示す）に変形を与え、1e 層（砂層）に覆われる。一方、これに対応する構造として、トレンチの南西側壁面では、f 層を変形させ、1b 層に覆われる断層が認められる。この f 層から得られた最も若い ^{14}C 年代値は 9—11 世紀を示す。また、1b 層のうち南西側壁面において断層を直接覆う部分からは 11—12 世紀の ^{14}C 年代値が得られている。以上のことから、本地点での最新活動は 9 世紀以後、12 世紀以前に生じたと推定される。なお、北東側壁面においては、1e 層の上位の 1c 層からも ^{14}C 年代値（9—11 世紀）が得られているが、1c 層はその層相と分布状況から、再堆積層の可能性が高いため、ここでは検討に用いなかった。

また、トレンチの南西側壁面では、断層活動により楔状に変形した4a層（礫混じり砂層：約1万1千年前）を、上位の3層（礫混じり砂層）が傾斜不整合で覆っている。この3層の上部と同時異相の関係にある2層からは、再堆積した可能性があるとする試料を除くと（宮下ほか、2004b）、約5千-4千9百年前の¹⁴C年代値が得られている。よって、1つ前の活動は約1万1千年前以後、約4千9百年前以前に生じたと推定される。

さらに、このトレンチでは、下位の礫層中にも2層準において断層活動が認められる。それらは、f3断層が6層のうち少なくとも中部までを切り5層に覆われること、及びf4断層が7層を切り6層に覆われることから認定される。しかし、これらの断層活動は、4a層堆積以前の約1万1千年前以前にあったとしか推定できない。

② 牛首断層水無地点

断層帯南部の富山県南砺市の水無地点では、水無川沿いの段丘面上において、比高3-6mの低断層崖を横切ってトレンチ調査が実施された（宮下ほか、2003b；宮下ほか、2004a：図5）。宮下ほか（2004a）に基づけば、この地点の断層の活動履歴は以下のように評価できる。

トレンチでは、上部で南東側に傾くフラワー構造を示す断層が現れた。このうち主断層面は3層（ローム層）を切り、2層（砂礫層：11-12世紀）に覆われている。したがって、本地点での最新活動は、3層堆積より後、2層堆積より前にあったと考えられる。ただし、3層からは年代試料が得られていないため、この断層活動の下限は4層（腐植質シルト-細粒砂層）から得られた最も若い¹⁴C年代値（約5千6百-5千5百年前）でしか限定できない。したがって、水無地点での最新活動は約5千6百年前以後、12世紀以前に生じたと考えられる。なお、宮下ほか（2004a）は、2層と3層に挟まれる3'層が、この最新活動に伴う崩積性堆積物である可能性を示唆している。

また、3層は、主断層の下盤側にのみ楔状に厚く分布していることから、断層活動に伴う崩積性堆積物であるとみなされる（宮下ほか、2004）。よって、3層の堆積直前に1つ前の断層活動があった可能性がある。ただし、3層の年代が不明であるため、その時期は最新活動と同様に、約5千6百年前以後、12世紀以前としか限定できない。

さらに、トレンチの南西側壁面では、南東側の副断層が、約1万5千年前の¹⁴C年代値を示す8層（砂礫層）を切り、7層（砂礫層）に覆われている。ただし、7層からは年代試料が得られていないため、この活動層準の年代の上限は、上位の4層から得られた最も古い¹⁴C年代値（約6千3百-6千1百年前）より以前であるとし判断できない。したがって、2つ前の活動は約1万5千年前以後、約6千1百年前以前にあったと推定した。なお、6層（砂-シルト層）からは約3千5百年前-15世紀の¹⁴C年代値が得られている。ただし、これらは上位の地層の年代よりも有意に新しいことから、信頼性を欠くとされている（宮下ほか、2004a）。

③ 牛首断層牛首地点

断層帯南西端付近の岐阜県大野郡白川村牛首地点では、牛首谷沿いの段丘面上において、低断層崖の基部に発達する溝状凹地を横切って2つのトレンチが掘削され、調査が実施されている（宮下ほか、2003b；宮下ほか、2004a：図6、7）。宮下ほか（2004a）に基づけば、この地点の断層の活動履歴は以下のように評価できる。

トレンチA：

このトレンチでは、溝状凹地に一致する断層帯が確認された。このうちfa層（腐植質土壌-シルト層：最も若い¹⁴C年代値で11-12世紀）を切る断層は、2c層（腐植質シルト層）及び2a層（腐植質土壌）に覆われる。2a層からは、下位のfa層と層位的に矛盾しない年代として11-12

世紀及び 15–17 世紀といった ^{14}C 年代値が得られている。したがって、トレンチ A では、最新活動は 11 世紀以後、12 世紀以前に生じたと推定される。ただし、宮下ほか (2004a) は、2a 層は溝状凹地を充填する腐植質土壌であり、再堆積した地層である可能性も否定できないとしていることから、年代値の信頼性は若干低くなる可能性もある。

また、断層帯の北西側を限る断層は、4b 層 (砂礫層) の上部までを切り、同層最上部に覆われている (宮下ほか, 2004a)。よって、この断層活動は、断層近傍の 4b 層 (礫層) の中部から得られた ^{14}C 年代値である 1 万 5 千年前以後に起こったことになる。さらに、断層帯の中央部にある複数の断層は fc 層 (約 2 万 4 千年前) を切り、fa 層 (最も古い ^{14}C 年代値で約 3 千 5 百–3 千 4 百年前) に覆われる。宮下ほか (2004a) も指摘するように、この断層活動は、上記の 4b 層の上部までを切り同層最上部に覆われている断層活動と同じイベントとみなされる。よって、1 つ前の活動は約 1 万 5 千年前以後、約 3 千 4 百年前以前にあったと推定される。

トレンチ B :

トレンチの東側壁面では、f2 断層が、最も若い ^{14}C 年代値で 8–9 世紀を示す 2c 層 (腐植質シルト) を切り、2a 層 (腐植質土壌) に覆われている。また、トレンチの西側壁面では、南側の断層が、f 層 (腐植質の砂礫層 : 最も若い ^{14}C 年代値で 8–10 世紀) を切り、1c 層 (腐植質土壌–シルト層) のうち、少なくとも 13 世紀の ^{14}C 年代値を示す部分に覆われている。したがって、本トレンチでの最新活動は 8 世紀以後、13 世紀以前に生じたと推定される。

東側壁面の f1 断層は、断層帯に挟まれる礫層である 4a' 層、4b 層及び 4a 層を切り、2c 層に覆われる。このうち、4a' 層からは約 1 万 1 千年前、2c 層からは 7–8 世紀の ^{14}C 年代値が得られている。また、西側壁面では、中央北よりの f2 断層が、断層帯に挟まれる礫層である 4b' 層 (約 2 万–1 万 7 千年前) を切り、1d 層 (砂礫層) に覆われる。ただし、この 1d 層の年代に関しては、13–14 世紀の ^{14}C 年代値を示す 1b 層下部 (砂礫層) よりも古いとしかわからない。以上のことから、本トレンチでの 1 つ前の活動は約 1 万 1 千年前以後、8 世紀以前であったと推定される。

さらに、西側壁面では、f1 断層が 4b' 層 (約 2 万–1 万 7 千年前) と 4b 層を切り、4a 層に覆われている。このうち、4a 層からは年代が得られていないが、4a 層は西側壁面では Wc 層 (13–14 世紀) に覆われ、さらに東側壁面では Ea 層 (下部 : 7–8 世紀) に覆われていることから、この活動層準は少なくとも 8 世紀よりも古いと判断される。よって、2 つ前の活動は約 2 万年前以後、8 世紀以前であったと推定される。

以上の 3 地点の 4 つのトレンチ調査から、本断層帯の最新活動時期は 11 世紀以後–12 世紀以前、1 つ前の活動時期は約 5 千 6 百年前以後–約 4 千 9 百年前以前、2 つ前の活動時期は約 1 万 5 千年前以後–約 1 万 1 千年前にあったと推定される (図 8)。

b) 先史時代・歴史時代の活動

牛首断層帯の周辺に大きな被害をもたらした地震としては、1586 年 (天正 13 年) の天正地震と 1858 年 (安政 5 年) の飛越地震が知られている (宇佐美, 2003 など)。

1586 年の天正地震 (マグニチュード 7.8 ± 0.1 : 宇佐美, 2003) では、牛首断層帯の西端付近の庄川一帯において大規模な崩壊が幾つか生じたとされている。しかし、牛首断層帯に沿った地域の被害状況は明らかでなく、牛首断層帯の活動と天正地震との関係は不明である。

1858 年の飛越地震 (マグニチュード $7.0-7.1$: 宇佐美, 2003) では、跡津川断層帯が活動したと推定されている (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004b)。なお、飛越地震では、跡津川断層帯の南側では、南方へ向かうほど被害率が急激に小さくなるのに対して、跡津川断層帯の北

側では約 10 km 離れた地域（牛首断層中央部の南側 2–3 km の地域）でも被害率が 50% と大きかったことが報告されている（宇佐美, 2003 など）。また、牛首断層帯の西端付近の庄川沿いでも比較的大きな被害が報告されている。しかし、牛首断層帯に沿った地域での詳しい被害状況は明確ではなく、牛首断層帯の活動と飛越地震との関係は不明である。

（3）1 回の変位量（ずれの量）（注 10）

牛首断層帯では、1 回の活動に伴う変位量に関する具体的な資料は得られていない。

本断層帯の長さは約 54 km と推定されることから、松田（1975）の経験式（1）、（2）を用いると、断層帯全体における 1 回の活動に伴う変位量は約 4.3 m と計算される。したがって、本断層帯の 1 回の活動に伴う右横ずれ変位量は 4 m 程度の可能性があるかと判断する。

用いた経験式は、次の式である。ここで、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、D は 1 回の活動に伴う変位量 (m) である。

$$\text{Log } L = 0.6M - 2.9 \quad (1)$$

$$\text{Log } D = 0.6M - 4.0 \quad (2)$$

（4）活動間隔

牛首断層帯では、最新活動時期が 11 世紀以後–12 世紀以前、1 つ前の活動時期は約 5 千 6 百年前以後–約 4 千 9 百年前以前、2 つ前の活動時期は約 1 万 5 千年前以後–約 1 万 1 千年前以前であったと推定されることから、平均活動間隔は約 5 千–7 千 1 百年であったと推定される。

（5）活動区間

牛首断層帯はほぼ連続的に分布することから、松田（1990）の基準に基づくと、全体が 1 つの活動区間として活動してきたと推定される。

（6）測地観測結果

牛首断層帯周辺における 1994 年までの約 100 年間の測地観測結果では、断層帯の周辺で北西–南東方向の縮みが見られ、西部で北東–南西方向のわずかな伸びが見られる。

また、1985 年からの約 10 年間では、東部で北西–南東方向の縮み、北東–南西方向の伸びが見られる。

最近 5 年間の GPS 観測結果では、西部で南北方向のわずかな伸び、東西方向のわずかな縮みが見られる。

（7）地震観測結果

牛首断層帯周辺の最近約 6 年間の地震観測結果によると本断層帯に沿って微小地震活動が見られるが、地震活動は跡津川断層帯に比べると低調である。地震発生層の下限の深さは約 15 km である。本断層帯周辺で発生した地震の発震機構は、西北西–東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型が多い。

2. 3 牛首断層帯の将来の活動

（1）活動区間と活動時の地震の規模

牛首断層帯は、断層帯全体が 1 つの活動区間として活動する場合、長さが約 54 km と推定されることから、前述の経験式（1）、（2）を用いると、発生する地震の規模はマグニチュード 7.7 程度と推定される。また、その際には 4 m 程度の右横ずれが生じる可能性がある。

(2) 地震発生の可能性

牛首断層帯は、平均活動間隔が約5千–7千1百年であり、最新活動時期が11世紀以後、12世紀以前と推定されることから、平均活動間隔に対する現在における地震後経過率は0.1–0.2となる。また、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001)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年以内及び300年以内の地震発生確率は、いずれもほぼ0%となる。また、現在までの集積確率もほぼ0%となる。表3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。

3. 今後に向けて

牛首断層帯では、平均的なずれの速度や活動に伴う1回のずれの量が十分には明らかになっていない。よって、これらの項目に関し、精度の良い資料を得ることが望ましい。

注10:「変位」を、1頁の本文及び4、5頁の表1では、一般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、本文や表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(たわ)みの成分」よりなる。

注11: 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、原則として1 σ の範囲の数値で示した。このうち2,000年前よりも新しい年代値は世紀単位で示し、2,000年前よりも古い年代値については、百年単位で四捨五入して示した。また、10,000年BPより古い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、四捨五入して千年単位で示した。

文 献

- 藤井昭二・竹村利夫 (1979a) : 富山県とその周辺の活断層. 「富山県地震対策基礎調査報告書」, 39-72.
- 藤井昭二・竹村利夫 (1979b) : 富山堆積盆地とその周辺の活断層. 日本地理学会予稿集, 17, 62-63.
- 池田安隆 (2003) : 中部日本における活断層の発現時期はなぜ新しいのか?. 月刊地球, 25, 907-917.
- 今村明恒 (1929) : 安政五年二月二十六日飛騨越中加賀越前地方大地震に関する史料. 地震, 1, 143-159.
- 伊藤久男・桑原保人・伊藤 忍・今西和俊 (1999) : 牛首断層沿いの歪計で観測されたクリープ現象について (演旨). [地殻内の地震活動とレオロジー, 温度構造] 講演要旨集, 東京大学地震研究所共同利用研究会集会 (平成 11 年度), 東京大学地震研究所, 20-22.
- 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長期評価部会 (1999) : 「(改定試案) 長期的な地震発生確率の評価手法について」. 74p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001) : 「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 (2004a) : 「跡津川断層帯の評価」. 28p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004b) : 「庄川断層帯の評価」. 23p.
- 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.
- 河合正虎・野沢 保 (1958) : 5 万分の 1 地質図幅説明書「東茂住」. 地質調査所, 76p.
- 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.
- 前田四郎・武南 馨 (1957) : 富山県南部の手取層群の層序と構造. 地質学雑誌, 63, 273-288.
- 松田時彦 (1966) : 牛首断層の横ずれ変位. 地震研究所彙報, 44, 1179-1212.
- 松田時彦 (1968) : 活断層・活褶曲の tectonophysics. 災害科学の研究成果とその問題, 132-166.
- 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・藤田和夫・岡田篤正 (1976) : 日本の活断層分布図およびカタログ. 地質学論集, 12, 185-198.
- 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・塚崎朋美・萩谷まり (2000) : 日本陸域の主な起震断層と地震の表—断層と地震の地方別分布—. 活断層研究, 19, 33-54.
- 宮下由香里・吉岡敏和・桑原拓一郎・荻谷愛彦・松浦一樹・吉村実義・高瀬信一 (2003a) : 牛首断層南西部地域の活動履歴調査 (1) —地形地質調査結果—. 活断層・古地震研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, No.3, 47-62.
- 宮下由香里・吉岡敏和・桑原拓一郎・荻谷愛彦・藤田浩司・千葉達朗 (2003b) : 牛首断層南西部地域の活動履歴調査 (2) —トレンチ調査結果 (速報) —. 活断層・古地震研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, No.3, 63-71.
- 宮下由香里・吉岡敏和・桑原拓一郎・斎藤 勝・小林健太・荻谷愛彦・藤田浩司・千葉達朗 (2004a) : 牛首断層南西部地域の活動履歴調査 (3) —牛首, 水無トレンチ調査—. 活断層・古地震研究

- 報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, No.4, 113-130.
- 宮下由香里・吉岡敏和・桑原拓一郎・二階堂学・高瀬信一・橋 徹 (2004b) : 牛首断層北東部地域の活動履歴調査ー上白木峰トレンチ調査結果ー. 活断層・古地震研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, No.4, 131-142.
- 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, DVD-ROM 2 枚・付図 1 葉・60p.
- 長津 聡・岩崎悦夫・豊蔵 勇・佐々木穰・大村一夫 (1983) : 岐阜県庄川中流域 (鳩ヶ谷) における広域テフラの発見について. 日本地質学会第 90 年学術大会講演要旨, 93-93.
- Niklaus, T. R. (1991) : CalibETH version 1.5, ETH Zurich, 2disketts and manual, 151p.
- 野沢 保 (1960) : 5 万分の 1 地質図幅説明書「五百石」. 68p.
- 野沢 保 (1978) : 跡津川断層最近の話題から. 地質ニュース, **283**, 28-36.
- 野沢 保・河田清雄・河合正虎 (1975) : 飛騨古川地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 79p.
- 野沢 保・坂本 亨・加納 隆・稲月恒夫 (1981) : 白木峰地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 85p.
- 大村一夫・伊熊俊幸・藤井昭二・竹内 章・神嶋 (竹村) 利夫・中村俊夫・鈴木三男・竹内貞子 (1990) : 牛首断層東端部に分布する“真川湖成層”の形成年代について. 日本地質学会第 97 年学術大会講演要旨, 231-231.
- 坂本 亨 (1966) : 富山積成盆地南半部の新生界とその構造発達史. 地質調査所報告, **213**, 27p.
- 佐竹 洋・林 美光 (1983) : 牛首断層, 牛首断層における断層ガスの連続観測ー炭酸ガス, 水素についてー. 月刊地球, **5**, 366-372.
- 佐竹 洋・大橋雅彦・水谷義彦 (1984) : 牛首断層・牛首断層における水素放出の同時性. 東京大学理学部地殻化学実験施設彙報, **3**, 55-56.
- 竹村利夫 (1980) : 新たに確認または推定された活断層. 「富山県地震対策基礎調査報告書」. 12-22.
- 竹村利夫 (1983) : 富山県の活断層. 月刊地球, **5**, 431-436.
- 竹村利夫・藤井昭二 (1984) : 飛騨山脈北縁部の活断層群. 第四紀研究, **22**, 297-312.
- 竹内 章 (1983) : 牛首断層のルーツ. 月刊地球, **5**, 373-376.
- 竹内 章 (1998) : 牛首断層と茂住祐延断層. 月刊地球, **20**, 133-136.
- Takeuchi, A. (1999) : Results of Excavation Survey on the Mozumi-Sukenobu Fault of the Atotsugawa Fault System, Central Japan. *Eos Trans. AGU*, **80**, F748.
- Takeuchi, A., Hasbaator, O. and Takebe, A. (2003) : Recurrence interval of big earthquakes along the Atotsugawa fault system, central Japan : Results of seismo-geological survey. *Geophys. Res Letters*, **30**, 8011-8011.
- 富山県 (1992) : 10 万分の 1 富山県地質図および解説書. 内外地図株式会社.
- 東郷正美・佐藤 豊 (1981) : 断層の横ずれ変位と河谷の屈曲. 日本地理学会予稿集, **19**, 38-39.
- 辻村太郎 (1926) : 断層谷の性質並びに日本島一部の地形的断層構造 (予報) 二, 地理学評論, **2**, 192-218.
- 宇佐美龍夫 (2003) : 「最新版 日本被害地震総覧 [416] -2001」. 東京大学出版会, 605p.
- 和田博夫・伊藤 潔 (1994) : 牛首断層付近の地震活動. 日本地震学会講演予稿集, **2**, 151-151.
- 和田博夫・伊藤 潔 (1995) : 牛首断層付近の地震活動. 京都大学防災研究所年報, **38**, B-1, 235-250.

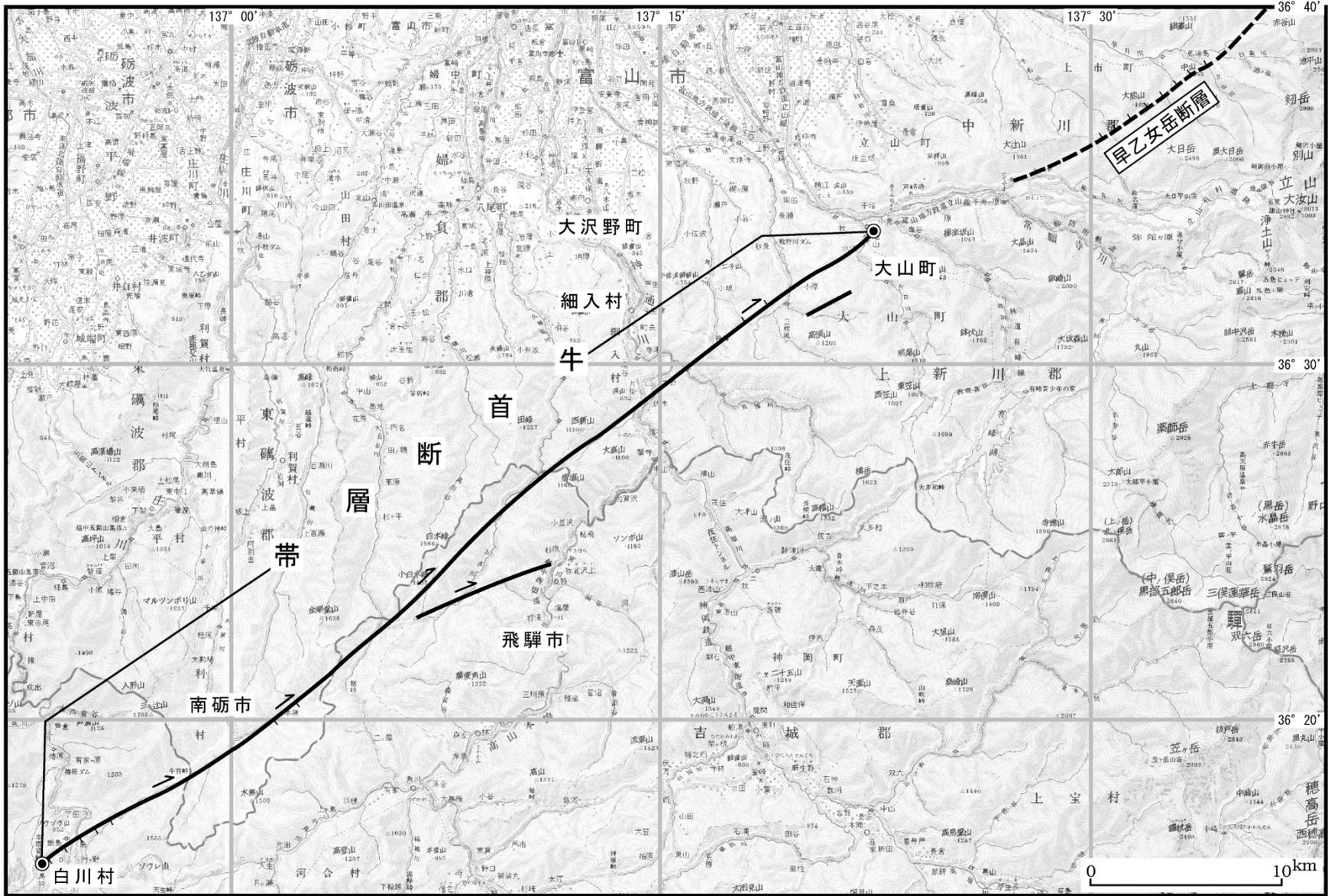


図3 牛首断層帯の評価において考慮した断層

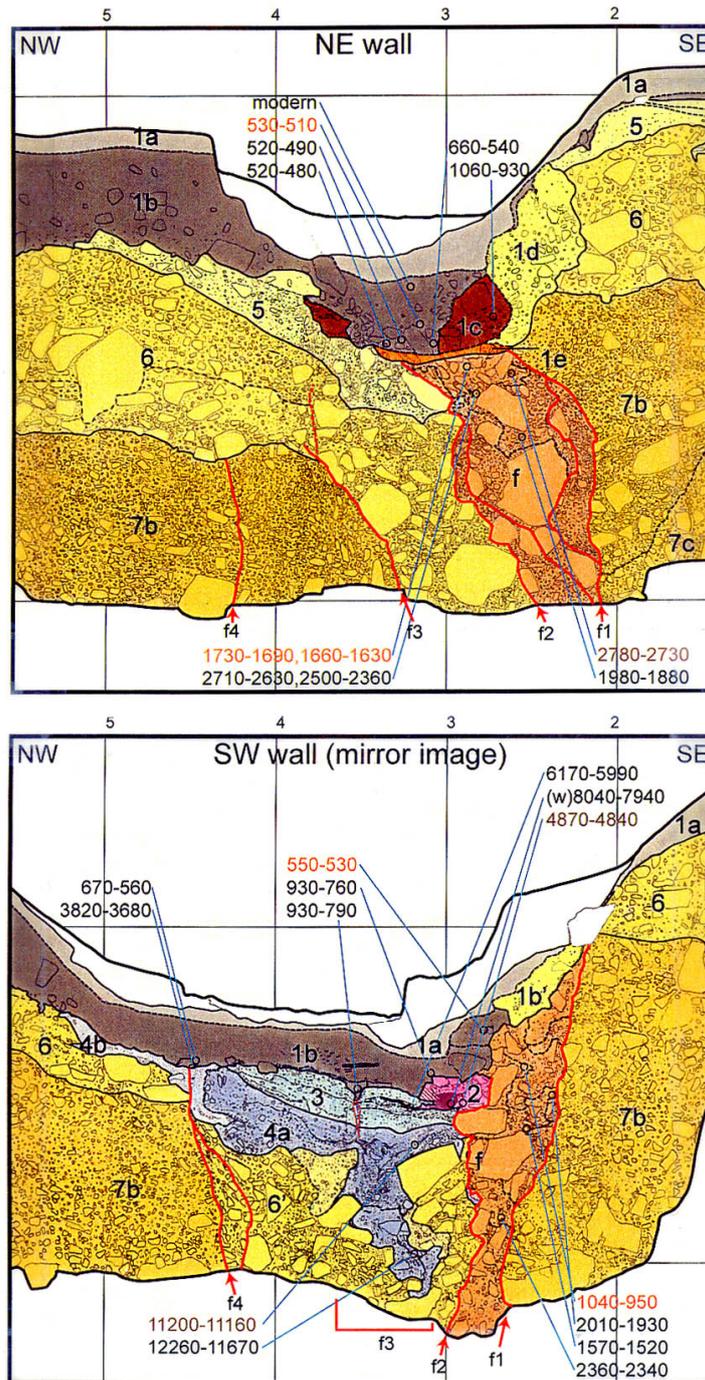
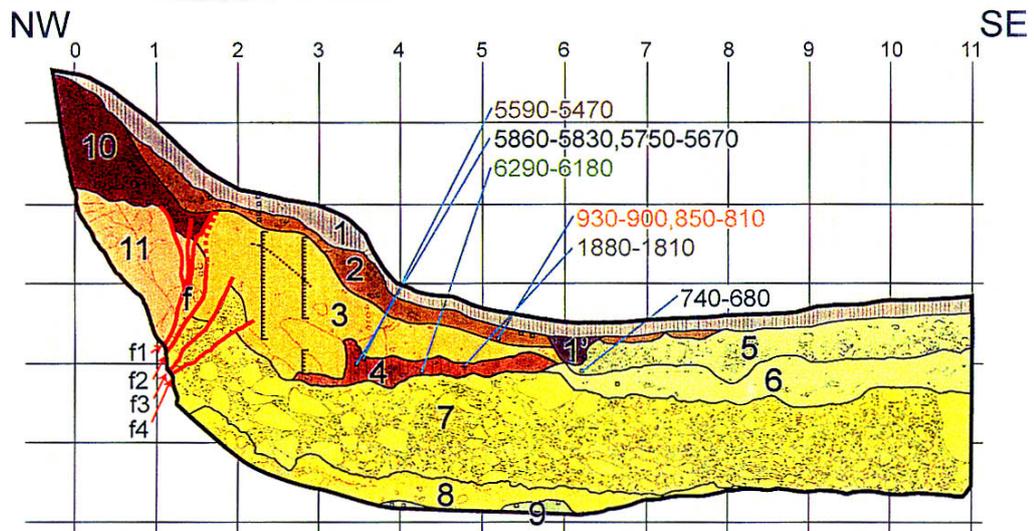


図4 上白木峰地点、トレンチ壁面（北東壁面、南西壁面）のスケッチ（宮下ほか，2004b）

グリッドは1 m間隔。年代値は暦年補正後の放射性炭素同位体年代。評価に用いた年代値を、約1万年前以前のものは Kitagawa and van der Plicht (1998)、約1万年前より後のものは Niklaus (1991) に基づいて暦年補正し、紀元後を世紀単位、紀元前を100年単位（1万年前以前のものは1000年単位）で四捨五入して表示すると以下のようになる。

| | | |
|-------|-------------------------------------|------------------------------|
| 北東壁面： | 660-540 (1b 層) → 14 世紀、 | 1060-930 (1c 層) → 9-11 世紀、 |
| | 1730-1690, 1660-1630 (f 層) → 3-4 世紀 | |
| 南西壁面： | 930-760 (1b 層) → 11-12 世紀、 | 930-790 (1b 層) → 11-12 世紀 |
| | 1040-950 (f 層) → 9-11 世紀、 | 4870-4840 (2 層) → 約5千-4千9百年前 |
| | 11200-11160 (4a 層) → 約1万1千年前、 | 12260-11670 (4a 層) → 約1万1千年前 |

Mizunashi trench, NE wall



Mizunashi trench, SW wall (mirror image)

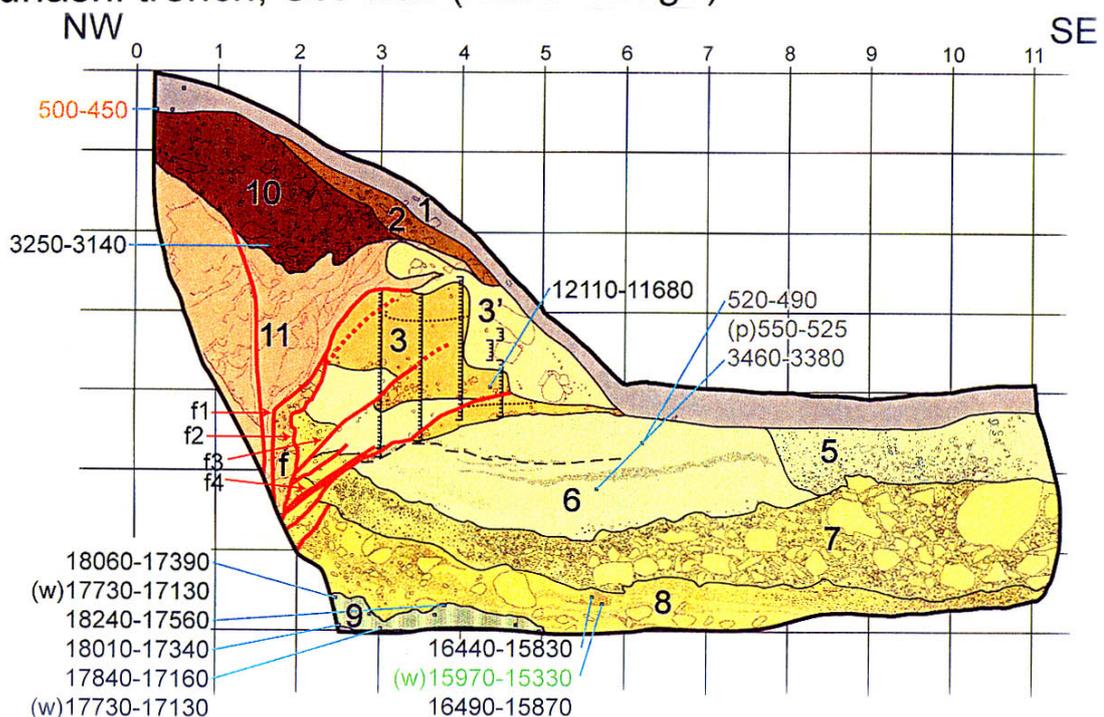


図5 水無地点、トレンチ壁面（北東壁面、南西壁面）のスケッチ（宮下ほか，2004a；一部編集）

グリッドは1 m間隔。年代値は暦年補正後の放射性炭素同位体年代。評価に用いた年代値を、約1万年前以前のものは Kitagawa and van der Plicht (1998)、約1万年前より後のものは Niklaus (1991) に基づいて暦年補正し、100 年単位（1万年前以前のものは 1000 年単位）で四捨五入して表示すると以下ようになる。

北東壁面： 930-900, 850-810（2層）→ 11-12 世紀、 5590-5470（4層）→ 約5千6百-5千5百年前
6290-6180（4層）→ 約6千3百-6千1百年前

南西壁面： 500-450（1層）→ 15-17 世紀、 15970-15330（8層）→ 約1万5千年前

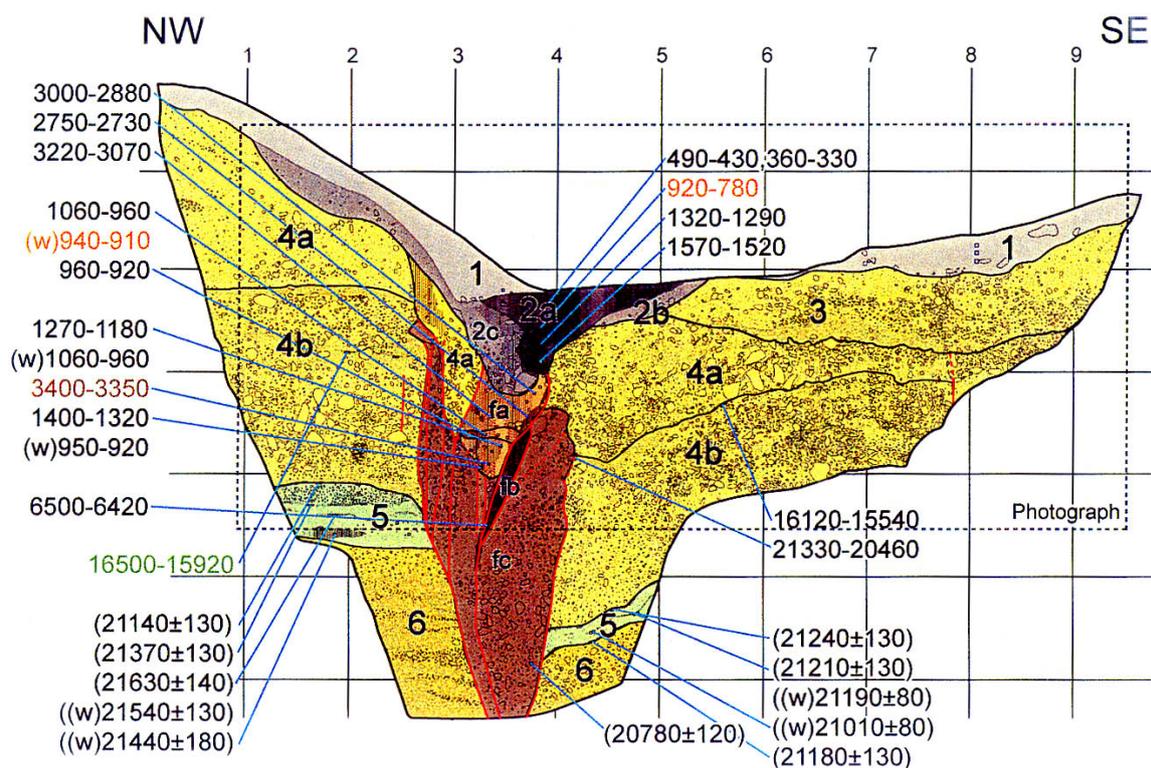


図6 牛首地点、トレンチA壁面（北東壁面）のスケッチ（宮下ほか，2004a）

グリッドは1m間隔、年代値は暦年補正後の放射性炭素同位体年代。評価に用いた年代値を、約1万年前以前のものは Kitagawa and van der Plicht (1998)、約1万年前より後のものは Niklaus (1991) に基づいて暦年補正し、紀元後を世紀単位、紀元前を100年単位（1万年前以前のものは1000年単位）で四捨五入して表示すると以下のようになる。

490-330, 360-330 (2a 層) → 15-17 世紀,

920-780 (2a 層) → 11-12 世紀

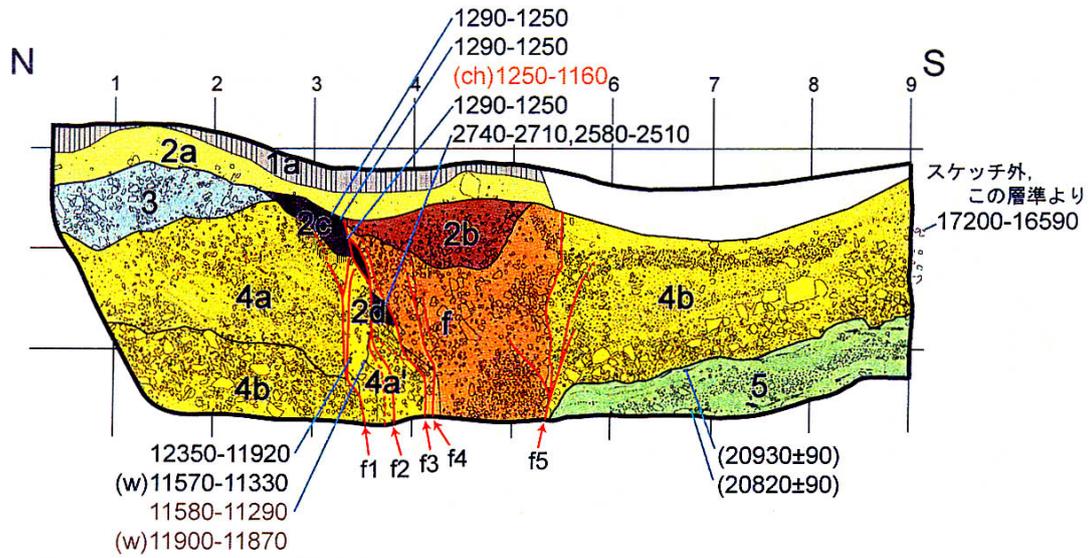
940-910 (fa 層中部) → 11-12 世紀

3400-3350 (fa 層) → 約3千5百-3千4百年前

16500-15920 (4b 層) → 約1万5千年前

20780±120 (fc 層) → 約2万4千年前

Ushikubi B trench, East wall



Ushikubi B trench, West wall (mirror image)

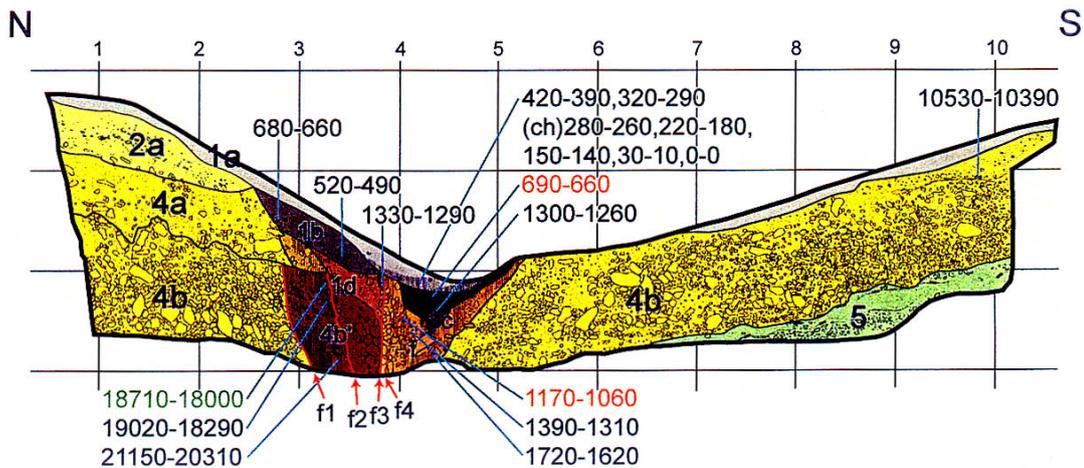


図7 牛首地点、トレンチB壁面（東壁面、西壁面）のスケッチ（宮下ほか，2004a；一部編集）

グリッドは1 m間隔、年代値は暦年補正後の放射性炭素同位体年代。評価に用いた年代値を Niklaus (1991)に基づいて暦年補正し、紀元後を世紀単位、紀元前を100年単位（1万年前以前のものは1000年単位）で四捨五入して表示すると以下ようになる。

| | | |
|------|-------------------------------|--------------------------|
| 東壁面： | 1250-1160 (2c 層) → 8-9世紀、 | 1290-1250 (2c 層) → 7-8世紀 |
| | 11900-11870 (4a' 層) → 約1万1千年前 | |
| 西壁面： | 680-660 (1b 層) → 13-14世紀、 | 690-660 (1c 層) → 13世紀 |
| | 1170-1060 (f 層) → 8-10世紀 | |

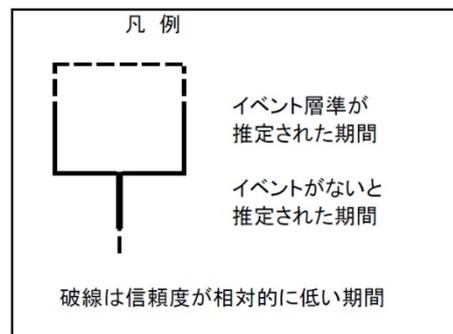
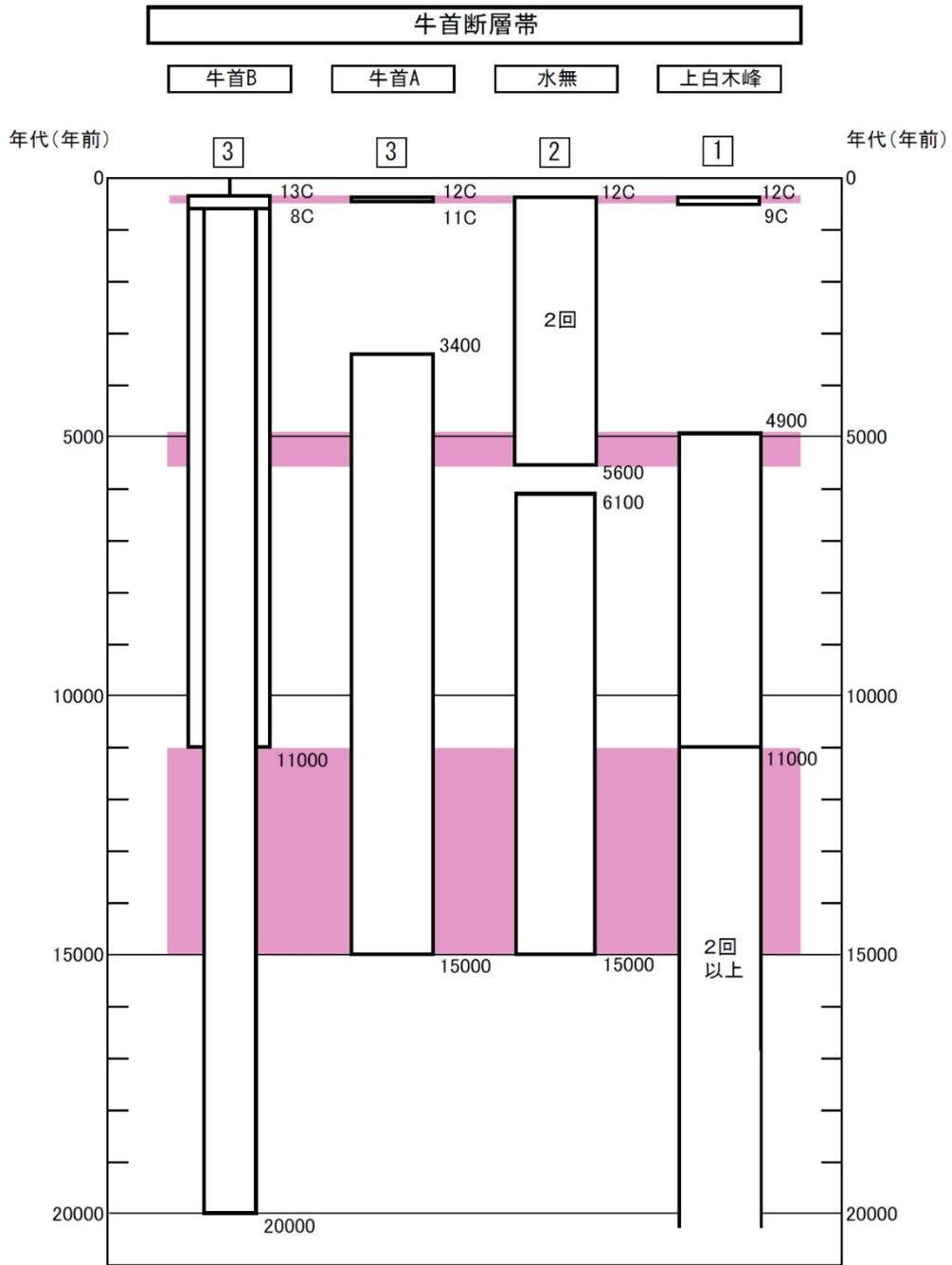


図 8 時空間分布図

表3 牛首断層帯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 | 0.1-0.2 | 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（2001）参照。 |
| 今後30年以内の発生確率 | ほぼ0% | |
| 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% | |
| 集積確率 | ほぼ0% | |
| 指標(1)経過年数比 | マイナス4千2百年-マイナス2千5百年 | 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。 |
| 指標(2) | 0.2-0.3 | |
| 指標(3) | ほぼ0 | |
| 指標(4) | ほぼ0% | |
| 指標(5) | ほぼ0 | |
| | 0.0001-0.0002 | |

注12：評価時点はすべて2005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。

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。

牛首断層帯の場合、ポアソン過程を適用した場合の危険度は5千-7千1百分の1（0.0001-0.0002）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評価時点ではほぼ0であり、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2千5百年から4千2百年を要する。

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を超えるまでの時間をBとした場合において、前者を後者で割った値（A/B）である。

指標(2)：BPT分布モデルを適用した場合と、ポアソン過程を適用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。 |