平成 13 年 11 月 14 日
地震調査研究推進本部
地 震 調 査 委 員 会

養老－桑名－四日市断層帯の評価

養老－桑名－四日市断層帯は、養老山地の東縁に発達する活断層帯である。ここでは、平成９－10 年度に地質調査所（現：産業技術総合研究所）によって行われた詳細なボーリング調査をはじめ、これまでこの断層帯に関して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

養老－桑名－四日市断層帯は、岐阜県垂井町から三重県桑名市を経て四日市市まで、ほぼ養老山地と濃尾平野の境界及び養老山地の南に続く丘陵地の東縁に沿って延びる、長さ約 60km の断層帯である。この断層帯は、宮代断層、養老・桑名断層及び四日市断層と、これらに付随する断層から構成され、断層の西側が東側に乗り上げる逆断層である。横ずれ成分は認められない（図１、２及び表１）。

２　断層帯の過去の活動

養老－桑名－四日市断層帯は活動度の高い（Ａ級）断層帯である。１回の活動によるずれの量が約６ m（上下成分）と推定されることから、過去にマグニチュード８程度の大地震を繰り返し発生させたと推定される（表１）。

この断層帯では、断層によるずれが地表では撓（たわ）みとしてのみあらわれているために、過去の活動の時期を調べることが難しい。この断層帯は、過去２千年間に２回活動したと推定される。最新の活動は 13 世紀以後－16 世紀以前、一つ前の活動は７世紀以後－11 世紀以前であった可能性がある。過去約１万年間の平均活動間隔は１千４百－１千９百年であった可能性がある。しかし、最新と一つ前の活動の時間間隔はそれより有意に短かったらしい（表１）。

３　断層帯の将来の活動

養老－桑名－四日市断層帯では、断層帯全体が一つの区間として活動し、マグニチュード８程度の地震が発生すると推定される（表１）。その際、断層の近傍の地表面には撓みが生じて、西側が東側に対して相対的に約６ m 高まると推定される。本断層帯の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。本評価で得られた地震発生の長期確率には幅があるが、その最大値をとると、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１、２）。

４　今後に向けて

養老－桑名－四日市断層帯について、より一層信頼度の高い評価を行うためには、平均活動間隔や最新活動時期をさらに精度よく明らかにする必要がある。

図１　養老－桑名－四日市断層帯の概略位置図
長方形は図２の範囲

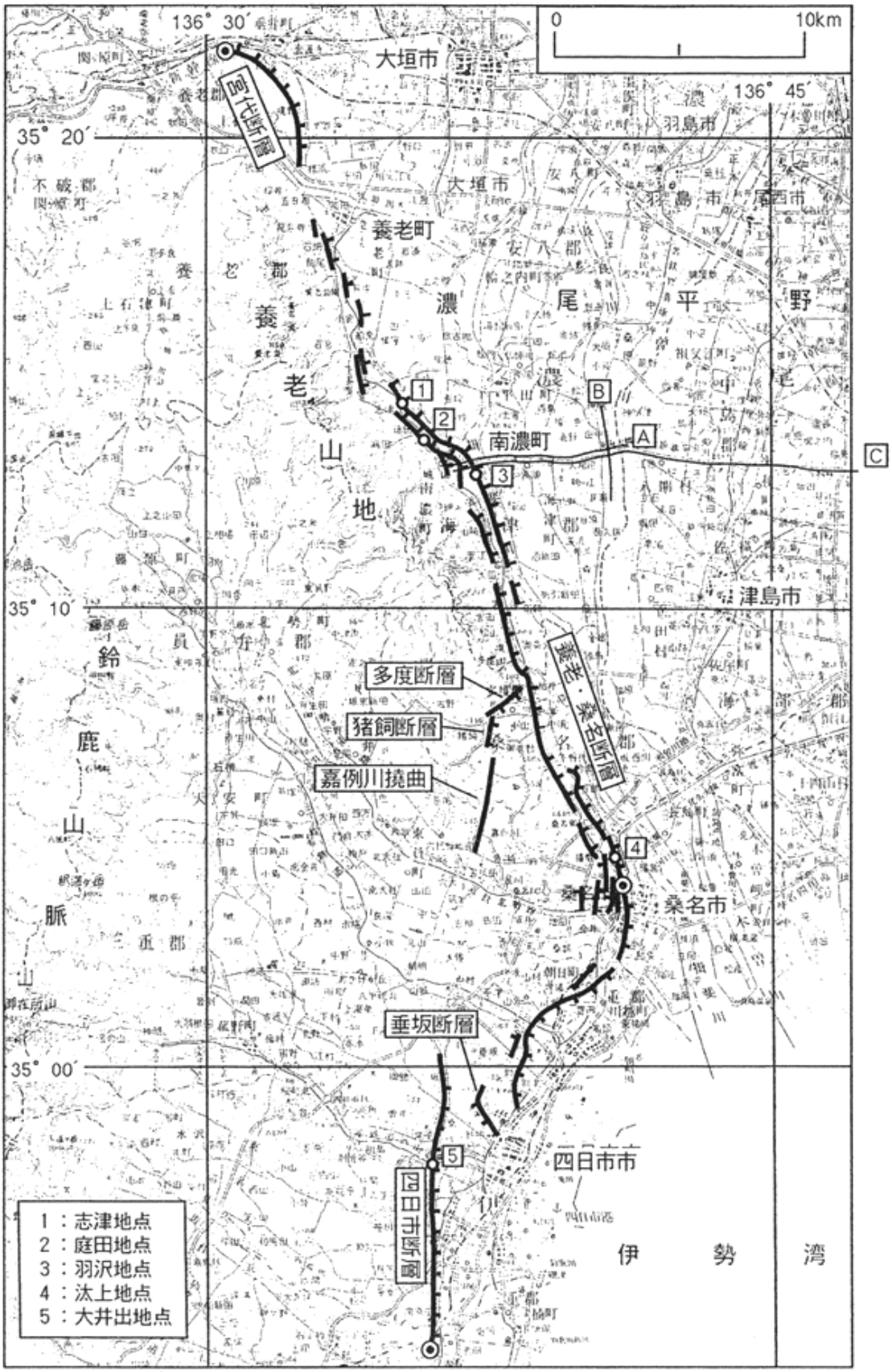

図２　養老－桑名－四日市断層帯の活断層位置と調査地点

活断層の位置は岡田・東郷編（2000）に基づく.

1－5：主な調査地点.　　細線は反射法弾性波探査測線.　A：東西測線,

B：南北測線,　C：濃尾平野中部測線.

◉：断層帯の北端，南端及び屈曲点.

基図は国土地理院発行 1:200,000 地勢図「名古屋」及び「岐阜」を使用.

表１　養老－桑名－四日市断層帯の特性

項　　目	特　　性	信頼度（注３）	根　　拠
１．断層帯の位置・形態			
(1) 養老－桑名－四日市断層帯を構成する断層	宮代断層 養老・桑名断層 付随する副断層：多度断層、猪飼（いかい）断層、嘉例川（かれがわ）撓曲、垂坂（たるさか）断層 四日市断層		文献２、３、９、10、11（注４）に示された断層の位置・形状から推定。
(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 （北端）　北緯 35°22’、東経 136°31’ （屈曲点）北緯 35°04’、東経 136°41’ （南端）　北緯 34°54’、東経 136°36’ 長さ　　約　60km 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　（北部）北北西－南南東 （南部）南南西－北北東 傾斜　地下約 500m より浅いところでは約 30°で西に傾斜。 幅　約 30－40km	 ◎ ◎ ○ ◎ ○ △	文献２、３、９、10、11 による。数値は図２から計測。形状は図２を参照。 長さは、北端、屈曲点及び南端を折れ線で結んで計測。 上端の深さが０ km であることから推定。 傾斜は地下約 500m までの構造（文献 4）から推定。 断層面の幅は、断層面の傾斜を 30°、下端の深さを地震発生層の下限として推定。
(1) 断層のずれの向き	西側隆起の逆断層	◎	文献２、３、５、11 等に示された変位地形、反射法弾性波探査結果及びボーリング調査結果による。
２．断層帯の過去の活動			
(1) 平均的な断層のずれ速度	３－４ｍ／千年（上下成分）	○	文献３、４、５、６、７、８による

	(2)過去の活動時期	活動１（最新活動）　西暦13世紀以後 －16世紀以前 活動２（一つ前の活動）西暦７世紀以後 －11世紀以前	△ △	活動時期は文献６、７、８、13記載の資料より判断。
	(3) １回のずれの量と平均活動間隔	１回のずれの量　５－７ｍ（上下成分） 平均活動間隔　１千４百－１千９百年	○ △	文献６、７、８記載の資料より判断（注５）。
	(4) 過去の活動区間及び地震の規模	活動区間　断層帯全体で１区間 地震の規模　マグニチュード８程度	○ ○	断層の位置関係・形状などから推定。 活動区間の長さと、１回のずれの量などから推定。
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 地震の規模　マグニチュード ８程度	○ ○	断層の位置関係・形状などから推定。 活動区間の長さと、１回のずれの量などから推定。

表２　将来の地震発生確率等

項　　目	将来の地震発生確率等(注６)	備　　考
地震後経過率（注７）	0.2　－　0.6	
今後 30 年以内の地震発生確率	ほぼ０％　－　0.6％	発生確率及び集積確率は文献１による。
今後 50 年以内の地震発生確率	ほぼ０％　－　１％	
今後 100 年以内の地震発生確率	ほぼ０％　－　３％	
今後 300 年以内の地震発生確率	0.001％　－　20％	
集積確率（注８）	ほぼ０％　－　１％	

注１：我が国の陸域及び沿岸域の主要な 98 の活断層帯のうち、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のよう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 年確率及び集積確率(うち、1995 年兵庫県南部地震と 1858 年飛越地震については「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）による暫定値)は以下のとおりである。

地震名	地震を引き起こした活断層	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（M 7.3）	野島断層（兵庫県）	0.4%－８ %	２%－80 %	約 1.8－約 3.0
1858 年飛越地震（M 7.0－7.1）	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（M 7.4）	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：岡田・東郷編（2000）
文献 4：太田・寒川（1984）
文献 5：須貝・杉山（1998）
文献 6：須貝ほか（1998）
文献 7：須貝ほか（1999a）
文献 8：須貝ほか（1999b）
文献 9：鈴木ほか（1996a）
文献 10：鈴木ほか（1996b）
文献 11：鈴木ほか（1996c）
文献 12：東郷ほか（1999）
文献 13：宇佐美（1996）

注５：平均活動間隔は、約１万年前以後のずれの量を最新２回の平均のずれの量で割って活動回数を推定し、約１万年前以後の活動間隔の平均値として求めた。

注６：評価時点はすべて 2001 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と最新活動時期の信頼度は低い（△）ことに留意されたい。

注７：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。今回の評価の数字のうち、0.2 は 414 年（西暦 2000 年－西暦 1586 年）を 1900 年で割った値であり、0.6 は 800 年を 1400 年で割った値。

注８：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　養老－桑名－四日市断層帯に関するこれまでの主な調査研究

養老－桑名－四日市断層帯のうち養老・桑名断層では、養老山地東縁に沿って北北西－南南東走向の断層地形が認められており、その南南東延長の桑名市付近では新しい時代の断層地形が知られていた（貝塚，1950）。太田・寒川（1984）は、桑名市付近での変動地形調査により、養老・桑名断層の南部は活動度Ｂ級の活断層であるとした。また、彼らは四日市市西方の変動地形調査から、四日市断層を活動度Ｂ級の活断層とした。

飯田（1980，1987）は、「養老断層・桑名断層」は、その南南東延長部に位置する伊勢湾断層とともに、濃尾平野南西部一帯に甚大な被害をもたらした 1586 年の天正地震の震源断層である可能性を指摘した。これを間接的に支持する証拠として、粟田・吉田（1991）は、桑名市付近での変動地形調査により、養老・桑名断層の南部では沖積面が 10m 以上変位していることを明らかにするとともに、その活動度がＡ級である可能性を示唆した。また、彼らは四日市市西方で沖積面の変位地形を調査した結果、縄文海進時以後における変位量が約５ m 以上であることから、四日市断層が活動度Ａ級である可能性を示唆した。その後、養老・桑名断層の南部では、変位した沖積面の年代が 2000 年前前後であることが報告された（杉山ほか，1994；森ほか，1996）。

須貝ほか（1998，1999a，b）は、群列ボーリング調査とピット調査を行い、養老－桑名－四日市断層帯が最近 2000 年間に２回活動しており、それらの活動は 1586 年の天正地震と 745 年の天平地震に該当する可能性が高いことを明らかにした。さらに彼らは、１回の地震時の上下変位量が５ m に達することから、マグニチュード 7.5 程度の大地震を発生させる可能性が高いことを明らかにした。また、須貝ほか（1998）及び愛知県（2000）は、養老山地東麓の濃尾平野に伏在するとされた「大藪－津島線」と「大垣－今尾線」を横切る反射法弾性波探査を実施した。

２　養老－桑名－四日市断層の評価結果

２－１　断層帯の位置・形状

（１）養老－桑名－四日市断層帯を構成する断層

養老－桑名－四日市断層帯は、ほぼ養老山地と濃尾平野の境界及び養老山地の南に続く丘陵地の東縁に沿って延びており、岐阜県垂井町から養老町、三重県桑名市を経て、四日市市西部に至る断層帯である（図１及び２）。この断層帯の位置・形態については、「都市圏活断層図」（鈴木ほか，1996a，b，c）と「近畿の活断層」（岡田・東郷編，2000）、「新編日本の活断層」（活断層研究会，1991）、 及び杉山ほか（1994）とは良い一致を示す。

この断層帯の主断層は、宮代断層、養老・桑名断層及び四日市断層と、これらに付随する断層から構成される（図２）。それらの断層は、松田（1990）の基準にしたがって、一つの起震断層として扱う。断層帯全体の長さは約 60km である。この断層による変位（ずれ）（注９）は、地表では、最大幅約１ km の撓曲構造を形成している。

宮代断層は、岐阜県垂井町付近に分布する北西－南東走向の長さ７ km の断層である。この断層と２ km の間隔をおいて、長さ 41km の養老・桑名断層が、岐阜県養老町から三重県桑名市付近までは北西－南東に延び、そこから向きを変えて四日市市北部まで南北～北東－南西方向に連続する。さらに、その南端付近から西へ約３ km の間隔をおいて、ほぼ南北走向に延びる長さ約 11km の四日市断層が分布している。

養老・桑名断層に付随する副断層として、多度町から長さ２ km の多度断層が分岐し、その南に長さ 1.5km の猪飼（いかい）断層及び長さ 3.8km の嘉例川（かれがわ）撓曲が南に延びる。養老・桑名断層の南端部の西側隆起部には、幅２ km にわたって、長さ２ km 程度の複数の断層が平行する断層群（桑名断層群）が分布する。また養老・桑名断層と四日市断層の間には、北西－南東走向の長さ 2.5km の垂坂（たるさか）断層が分布する（図２）。

「養老断層」（養老・桑名断層の北部）の南方延長については、伊勢湾内の伊勢湾断層に続くという見解（桑原ほか，1972）と、桑名－四日市方面へ連続するという見解（鈴木ほか，1996c）があるが、変位地形や地下の地質構造、平均変位速度の分布の連続性から、後者が支持される。

なお、活断層研究会編(1991)によって伏在断層として図示された「大藪－津島線」と「大垣－今尾線」については、須貝・杉山（1998）及び愛知県（2000）が実施した反射法弾性波探査による反射断面を検討した結果（図３、４及び５）、断層の存在が認められなかったので、ここでは評価の対象としなかった。

（２）断層面の位置、形状

地下の断層面の位置及び形状は、地表における断層の位置及び形状と地下の断層構造等から推定した。

断層面の位置及び一般走向は、桑名市付近を境に、北部は北北西－南南東走向、南部は北北東－南南西走向となる二つの断層面で近似する。二つの断層面の長さは合計約 60km である。

断層面上端の深さは、断層による変位（注９）が地表に達していることから０ km とする。断層面の傾斜は、反射法弾性波探査の結果（図３；須貝・杉山，1998）から、約 500m 以浅では約 30°で西に傾斜するものと推定する。断層面の深部形状については十分な資料がないが、断層面下端の深さを地震発生層の下限である 15－20km と推定し 、断層面の傾斜を 30°として、断層面の幅を 30－40km と求めた。

（３）断層の変位の向き（ずれの向き）（注９）

養老－桑名－四日市断層帯は、活断層研究会編（1991）、鈴木ほか（1996a，b，c）、須貝・杉山（1998）、岡田・東郷編（2000）に示された変位地形や地質構造からみて、西側が東側に乗り上げる逆断層と考えられる。横ずれ成分は知られていない。地表部では、副次的な逆断層として、主断層の西側に、断層面が東傾斜で、東側が西側に乗り上げる逆断層を伴うことがある。

２－２　断層帯の過去の活動

（１）平均変位速度（平均的な断層のずれの速度）（注９）

＜養老・桑名断層＞

岐阜県南濃町における、養老・桑名断層を横断する反射法弾性波探査及び大深度ボーリング調査の結果から、この断層による過去 90 万年間の沈降速度は 1.1m／千年と見積もられる（図３、須貝・杉山，1998，1999）。断層活動による養老山地の隆起も考慮して、養老・桑名断層の過去約 90 万年間の平均変位速度を、1.1m／千年以上と推定する。

南濃町羽沢（はざわ）及び庭田では、群列ボーリング調査と層序ピット調査の結果、ほぼ水平に堆積したと考えられる地層が断層運動によって変形しているとされている（図６、７；須貝ほか，1999b）。このうち、羽沢では、約 1 万年前に堆積した砂層の頂面が撓曲構造を含む断層帯を境に上下に約 35m、４千５百年前に堆積した泥層の頂面が上下に 15m、１千６百年前に堆積した砂層が上下に 10m 変位していると推定できる（図６）。これらのことから、南濃町付近での養老・桑名断層の上下方向の平均変位速度はそれぞれ 3.5m／千年、3.3m／千年、及び 6.3m／千年と計算されるが、最後の値は平均を求める期間が短いため、実際より大きくなっている可能性がある。

桑名市汰上（ゆりあげ）では、幅約１ km の撓曲帯での群列ボーリング調査とピット調査により、２千年前のマガキ化石床が上下に 13m 変位しており、また、この断層帯のうち断層近傍の幅約 300m の範囲では、約１万年前の砂層の堆積頂面が上下に 21 m変位しているとされている（図９；須貝ほか，1999a）。これらのことから、桑名市汰上での養老・桑名断層の上下方向の平均変位速度はそれぞれ 6.5m／千年、2.1m／千年以上と計算されるが、前者は平均を求める期間が短いため、実際

より値が大きくなっている可能性がある。
以上のデータから、養老・桑名断層の過去約１万年間の平均変位速度を、3.3－3.5m／千年（上下方向）と推定する。

＜四日市断層＞
四日市市大井出での層序ピット調査とボーリング調査により、四日市断層では２千年前以後に６m の上下変位が生じたことが明らかにされている（図 11；須貝ほか，1998）。この変位から、四日市断層の上下方向の平均変位速度を３ m／千年と求められるが、この値は平均を求める期間が短いので誤差は大きいと考えられる。

なお、養老・桑名断層の副断層である多度断層、猪飼断層及び嘉例川撓曲については、平均変位速度、活動時期等に関するデータは得られていない。しかしながら、これらの副断層は、主断層である養老・桑名断層に近接して分布し、３断層合わせても長さ７ km 程度であることから、以下ではこれらの副断層は主断層とともに活動するものとして評価した。また、桑名市付近の副断層群及び垂坂断層についても、ここでは同様に養老・桑名断層に含めて評価するものとした。

（２）活動時期

○地形地質的に認められた過去の活動

＜養老・桑名断層＞
養老・桑名断層については、４地点で行われた詳細な群列ボーリング調査及びピット調査など（須貝ほか．1998，1999b；東郷ほか，1999）のデータから、過去２回の活動時期を以下のように判断する。
南濃町庭田では、撓曲崖の幅 200m 区間において、群列ボーリング調査とピット調査が行われている（須貝ほか，1999b）。ここでは、約４－５千年前以後にほぼ水平に堆積したと考えられる地層（須貝ほか，1999b）が撓曲により変位している（図７、８）。 このうち調査範囲の地下約１－５m以浅には、土石流堆積物（U4a 層）を含むシルト層・泥炭層（U4b 層；紀元前後から紀元後７－８世紀の年代を示す）と、その上位のシルト層・洪水氾濫堆積物・泥炭層（U5a、b、c 層；９－11 世紀から 13 世紀）が分布している。U4b 層及び U5a、b、c 層は、揖斐川などの氾濫原堆積物と推定され、現在の地形面との比較から、ほぼ水平に堆積した地層と推定される。
U5a、b、c 層は、撓曲崖の中－下部にかけて概ね崖の地表面に沿って分布し（図７）、崖の中部において詳しく調査された範囲（図８）では３%の傾斜を示すことから、撓曲により変形していると推定できる。したがって、U5c 層堆積後に最新の断層活動があったと推定され、その時期は、地層の放射性炭素同位体年代値の一部に下位層から再堆積した古い試料の年代値が含まれている可能性があることを考慮すると、13 世紀以後であった可能性があると判断する（注 10）。
U4b 層は、撓曲崖の上部から下部にかけて概ね崖の地表面に沿って分布し（図７）、かつ崖の中部において詳しく調査された範囲（図８）では６－７%の傾斜を示している。上位の U5a、b、c 層は撓曲崖の中－下部にのみ分布しており（図７）、撓曲崖に緩やかにアバットして堆積した地層と推定される。これらのことから、U4b 層は、U5a、b、c 層の堆積前にも変形を受けており、U4b 層堆積後－U5a 層堆積前に、一つ前の断層活動があったと推定される。その時期は、炭素同位体年代値に若返り（注 11）はないものとみなし、一方でその一部に再堆積した古い試料の年代値が含まれている可能性を考慮して、７世紀以後－11 世紀以前であった可能性があると判断する。
桑名市汰上では、断層近傍の幅約 300m の範囲において、詳細な群列ボーリング調査とピット調査が行われている（図９，10；須貝ほか，1998b）。この調査範囲においては、約２千年前に堆積したマガキ化石床が上下に約７m変位しており、約２千年前以降に少なくとも１回以上の活動があ

ったと推定される。なお、須貝ほか（1998b）は、12－13 世紀の年代試料を産出する泥層（最上部泥層：ＴＭ層）が上下に 3.5 ｍ変位していると推定して、約２千年前以降に２回の断層活動があったと推定している。しかし、隆起側にわずかに分布するＴＭ層は、限られたボーリング調査から層相の対比によって区分されたものであり、直接に地層の連続性は確認されていない。したがって、ここではＴＭ層が変形しているかどうか確認することは困難であると判断した。

このほか南濃町志津において、東郷ほか（1999）は地層抜き取り調査を実施し、ほぼ水平に堆積したと考えられる地層の変形から、一つ前の活動は８－９世紀以後かつ 11－12 世紀以前であり、最新の活動は 11－12 世紀以後であったとしている。また南濃町羽沢では、４千５百年前の泥層が 15m、１千６百年前の砂層が 10m と異なった上下変位量を示すことから、４千５百年前－１千６百年前と１千６百年前以後に、それぞれ断層活動があったとされている（図６；須貝ほか，1999b）。これら２地点で報告されている断層の活動時期は、南濃町庭田で可能性が認められた最新及び一つ前の活動時期等と概ね調和的である。しかし、これらの地点では断層活動の時期を詳しく特定する調査結果が示されていないことから、ここでは調査結果を参考として示すにとどめる。

以上のことから、地形地質的に認められた過去の活動として、養老・桑名断層の最新活動時期は 13 世紀以後の可能性があり、一つ前の活動時期は７世紀以後－11 世紀以前の間の可能性がある。

＜四日市断層＞

四日市市大井出では、四日市断層が２千年前以後に活動したことが明らかにされている（図 11；須貝ほか，1998）。ここでは約２千年前以後に断層活動があったと推定されるが、その間の活動回数及び詳細な活動時期は不明である。

○先史時代・歴史時代の活動

1586 年の天正地震（マグニチュード 8.2（飯田，1980）もしくは 7.8（宇佐美，1996））では、養老－桑名－四日市断層帯の周辺の濃尾平野から鈴鹿山脈西方にかけての広い地域で震度７に相当する被害が生じている（図 12、飯田，1987）。この被害状況と、本断層帯の最新活動時期が 13 世紀以後の可能性があることから、1586 年の天正地震が本断層帯の最新活動に該当するとの指摘もある（須貝ほか，1999b、飯田，1987）。しかし、この地震に関する史料が限られていることから、この地震と養老－桑名－四日市断層帯の関係については判断できない。

養老－桑名－四日市断層帯の一つ前の活動時期は、７世紀以後－11 世紀以前であり、745 年の天平地震（マグニチュード 7.9、震央は美濃国府の垂井付近（宇佐美， 1996））がこれに該当する可能性も指摘されている（須貝ほか，1998b）。しかし、この地震に関する史料はわずかしかなく、養老－桑名－四日市断層帯の活動との関係については判断できない。

なお、この断層帯付近では、1586 年の天正地震より後には、この断層帯から発生した可能性のある地震は記録されていないので、少なくとも最近約 400 年間はこの断層帯は活動しなかったと考えられる。

（３）１回の変位量（ずれの量）

＜養老・桑名断層＞

南濃町庭田での撓曲構造の沈降側（東側）における地層の傾斜量は、最新の１回の断層活動で３%、最新２回の活動で合計６－７%と推定され、１回の断層活動毎の地層の傾斜量はそれぞれ等しい。したがって、南濃町羽沢では、１千６百年前の地層面の上下変位量 10m が最新２回の断層活動の累積結果であることから、ここでの上下変位量が、庭田での地層の傾動量と同じく１回の断層活動毎にそれぞれ等しいと推定して、１回の上下変位量を５ｍと計算した。

桑名市汰上では、断層を含む変形帯で２千年前のマガキ化石床が上下に 13m 変位しており（図 10、須貝ほか，1999a）、それが２回分の変位量に相当することから、ここでの１回の断層活動による上下変位量は６－７ m と推定できる。

これらのことから、養老・桑名断層の１回の変位量を５－７ m（上下成分）と推定する。

（４）活動間隔

＜養老・桑名断層＞

南濃町羽沢では、１回の変位量が５ m と推定される。ここでは１万年前の地層面の上下変位量は約 35 mであることから、約１万年前以後ほぼ７回の活動があったことになる。最新活動時期を後述のように西暦 1586 年とすると、それを含めた７回の活動の平均活動間隔は１千４百－１千６百年と計算される。

桑名市汰上では、断層近傍の幅約 300m の範囲においては、最新２回の活動による上下変位量が７mである。このことから、この範囲での１回の変位量は 3.5m と計算される。その範囲では、約１万年前の地層面の上下変位量が 21m であることから（図９；須貝ほか，1998）、断層活動毎の変位量及び変位のパターンを一定と仮定すると、約１万年前以後ほぼ６回の活動があったことになる。ここでは、最新活動時期を西暦 1586 年とすると、それを含めた６回の活動の平均活動間隔は１千６百－１千９百年と計算される。

これらのことから、養老・桑名断層では１万年前以後における平均活動間隔は１千４百－１千９百年の可能性がある。

（５）活動区間及び地震規模

養老・桑名断層では、断層が連続して分布している。また、宮代断層及び四日市断層は、いずれも養老・桑名断層のほぼ延長上に近接して分布し、養老・桑名断層と同じ変位のセンスをもつ。これらのことから、松田(1990）の定義に従って、養老－桑名－四日市断層帯は、断層帯全体が一つの起震断層として同時に活動したと推定する。

養老－桑名－四日市断層帯は、断層帯全体（長さ約 60km）が一つの区間として活動したと推定されることから、経験式（1）によると、発生した地震のマグニチュードは 7.8 と求まる。また、１回の変位量が５－７ m（上下成分）であったと推定されることから、経験式（2）によると地震のマグニチュードは 7.8－8.1 と求まる。これらのことから、養老－桑名－四日市断層帯で発生した地震の規模はマグニチュード８程度と推定する。

用いた経験式は松田（1975,1990）に基づく次の式である。ここでＬは１回の地震で活動する断層の長さ（km）、Ｄはその時の変位量（m）、Ｍはその時のマグニチュードである。

(1) Ｍ ＝（log Ｌ＋2.9）／0.6

(2) Ｍ ＝（log Ｄ＋4.0）／0.6

また、断層面の長さ（約 60km）、幅（約 30－40km）及び１回の変位量（上下成分５－７ m）から、この断層帯で発生する地震の規模は、地震モーメントがＭｏ＝ 5.4×10^{20} － 1.3×10^{21}Nm と求まり、これをモーメントマグニチュードに換算するとＭｗ 7.8－8.0 となる。こここで用いた式は次の式（3）及び（４）（Kanamori，1977）である。ここでＳは断層面の面積（Ｓ＝ＬＷ）、Ｌは断層面の長さ、Ｗは断層面の幅である。Ｄは断層面上での平均くいちがい量で、地表付近における１回の上下変位量と断層面の傾斜（30°）から 10－14m とした。また、μは剛性率であり上部地殻についての値（μ＝３－４×10^{10} N/m^2）を用いた。

(3) Ｍｏ ＝ μＤＳ

(4) Ｍｗ ＝（ log Ｍｏ － 9.1 ）／1.5

（６）測地観測結果

明治以来の三角測量によれば、養老－桑名－四日市断層帯の分布する岐阜・三重県境周辺は、長期的、広域的に東西方向の縮みが観測されている。最近のＧＰＳ観測でも、この地域では西北西－東南東方向の縮みが観測されている。

（７）地震観測結果

養老－桑名－四日市断層帯付近では、地震活動は活発で、この地震活動から推定される地震発生層の厚さは、約 15－20km である。また、1998 年４月 22 日にはＭ 5.4 の地震が発生し、この地震の初動から推定される発震機構は、ほぼ東西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。

２－３　断層帯の将来の活動

（１）活動区間と地震の規模

養老－桑名－四日市断層帯は、断層帯全体（長さ約 60km）が一つの区間として活動すると推定される。これにともなって発生する地震の規模はマグニチュード８程度、変位量は上下成分が約６ｍと推定される。

（２）地震発生の可能性

養老－桑名－四日市断層帯の平均活動間隔は、長期的にみれば１千４百－１千９百年の可能性があり、最新の活動時期が 13 世紀以後－西暦 1586 年の天正地震以前であった可能性がある。この断層帯では、最新活動後、評価時点（2001 年）までの経過時間は 414－800 年で、平均活動間隔の２－６割の時間が経過していることになる。また、信頼度の低い平均活動間隔と最新活動時期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（2001）に示された手法（ＢＰＴ分布モデル、α=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％－0.6％、ほぼ０％－１％、ほぼ０％－3％、0.001％－20％となる。また現在までの集積確率はほぼ０％－１％となる（表３）。なお、表３には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。

２－４　今後に向けて

以上のように、養老－桑名－四日市断層帯の活動に関して質の高いデータが蓄積されつつある。その結果、この断層帯は過去に大規模な地震を繰り返し発生してきたことがわかった。しかし、この断層帯について、より一層信頼度の高い評価を行うためには、平均活動間隔や最新活動時期をさらに精度よく明らかにする必要がある。また、最新活動が西暦 1586 年の天正地震であり、一つ前の活動が 745 年の天平地震であったとすると、その活動間隔は 841 年となり、この値は平均活動間隔（１千４百－１千９百年）に比べて４－６割程度と有意に短かったことになる。さらに、宮代断層及び四日市断層については、養老・桑名断層と同時に活動したのかどうか等を正確に検討する資料が不足している。今後、平均活動間隔とくにそのばらつきや、最新活動時期、１回の活動における活動区間および変位量等に関するより精度の高い資料を得る必要である。

注９：「変位」を、１ページの本文及び 4－5 ページの表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 10：図 7（20 ページ）の横に添付した表には U5c 層から 14-15 世紀の年代値が得られていることが示されている。これを用いると最新活動の時期は 14 世紀以後となる。しかし、図 7 において U5c 層と U6 層の境界が破線で示されているように、その両層の境界位置は必ずしも明確ではない可能性がある。このため、本評価ではこの年代値は採用せず、最新活動時期として下位の U5b 層から得られた年代値を採用し、13 世紀以後とした。

注 11：炭素同位体年代値の試料が地層に含まれた後などに汚染され、地層ができた年代よりも新しい年代を示すこと。

注 12：10000 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。西暦紀元以後の年代については暦年補正値のうち 1 σ の推定幅の上限値もしくは下限値、また紀元以前の年代については calibrated age の年代値を用いた。

文　献

愛知県（2000）：濃尾平野の地下構造調査．第 1 回堆積平野地下構造調査成果報告会予稿集，61－70.

粟田泰夫・吉田史郎（1991）：桑名断層および四日市断層の完新世における活動．活断層研究，**9**，61－68.

飯田汲事（1980）：天正地震（1586）・明応地震（1498）の地震と津波災害について．自然災害試料解析，**7**，170－182.

飯田汲事（1987）「天正大地震誌」．名古屋大学出版会，552p.

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

貝塚爽平（1950）：桑名市西部の断層地形．地理学評論，**22**，352－356.

Kanamori, H.（1977）：The energy release in great earthquakes. Jour. Geophys. Res., **82**, 2981－2987.

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.

桑原　徹・松井和夫・吉野道彦・高田康秀（1972）：伊勢湾と周辺地域の埋没地形と第四系．地質学論集，**7**，61－76.

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，**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.

森　勇一・海津正倫・鬼頭　剛・川瀬久美子（1996）：三重県桑名断層に伴う活構造についての一考察．活断層研究，**15**，17－22.

Niklaus, T. R.（1991）CalibETH version 1.5, ETH, Zurich, 2 disketts and manual. 151p.

岡田篤正・東郷正美編（2000）：「近畿の活断層」．東京大学出版会，395p.

太田陽子・寒川　旭（1984）：鈴鹿山脈東麓地域の変位地形と第四紀地殻変動．地理学評論，**57A－4**，237－262.

須貝俊彦・粟田泰夫・下川浩一（1998）：桑名断層・四日市断層の活動履歴調査．地質調査所速報，**EQ/98/1**，75－90.

須貝俊彦・粟田泰夫・下川浩一（1999a）：三重県・桑名断層及び四日市断層の活動履歴調査．地震予知連絡会会報，**61**，455－460.

須貝俊彦・伏島祐一郎・粟田泰夫・吾妻　崇・苅谷愛彦・鈴木康弘（1999b）：養老断層の完新世

後期の活動履歴－1596 年天正地震・745 年天平地震震源断層の可能性.
地質調査所速報，EQ/99/3，89－102.
須貝俊彦・杉山雄一（1998）：大深度反射法地震探査による濃尾平野の活構造調査．地質調査所速報，EQ/98/1，55－65.
須貝俊彦・杉山雄一（1999）：深層ボーリング（GS－NB－1）と大深度地震探査に基づく濃尾傾動盆地の沈降・傾動速度の総合評価．地質調査所速報，EQ/99/3，77－87.
杉山雄一・粟田泰夫・吉岡敏和（1994）：柳ヶ瀬－養老断層系ストリップマップ．構造図 10，地質調査所.
鈴木康弘・千田　昇・渡辺満久（1996a）：1:25,000 都市圏活断層図「津島」．国土地理院技術資料 D.1－333.
鈴木康弘・千田　昇・渡辺満久（1996b）：1:25,000 都市圏活断層図「四日市」．国土地理院技術資料 D.1－333.
鈴木康弘・千田　昇・渡辺満久・岡田篤正（1996c）：1:25,000 都市圏活断層図「桑名」．国土地理院技術資料 D.1－333.
東郷正美・今泉俊文・佐藤比呂志・岡田篤正・竹村恵二・石山達也・中西利典・大石　超・田中ゆかり・中田　高・宮内崇裕・宍倉正展・池田安隆・田力正好・御竿健太郎・平野信一・澤祥・八木浩司・水本匡起・金田平太郎・原口　強（1999）：養老断層の最新変位地形とその構造．日本第四紀学会講演要旨集，82－83.
宇佐美龍夫（1996）：新編日本被害地震総覧．東京大学出版会，493p.

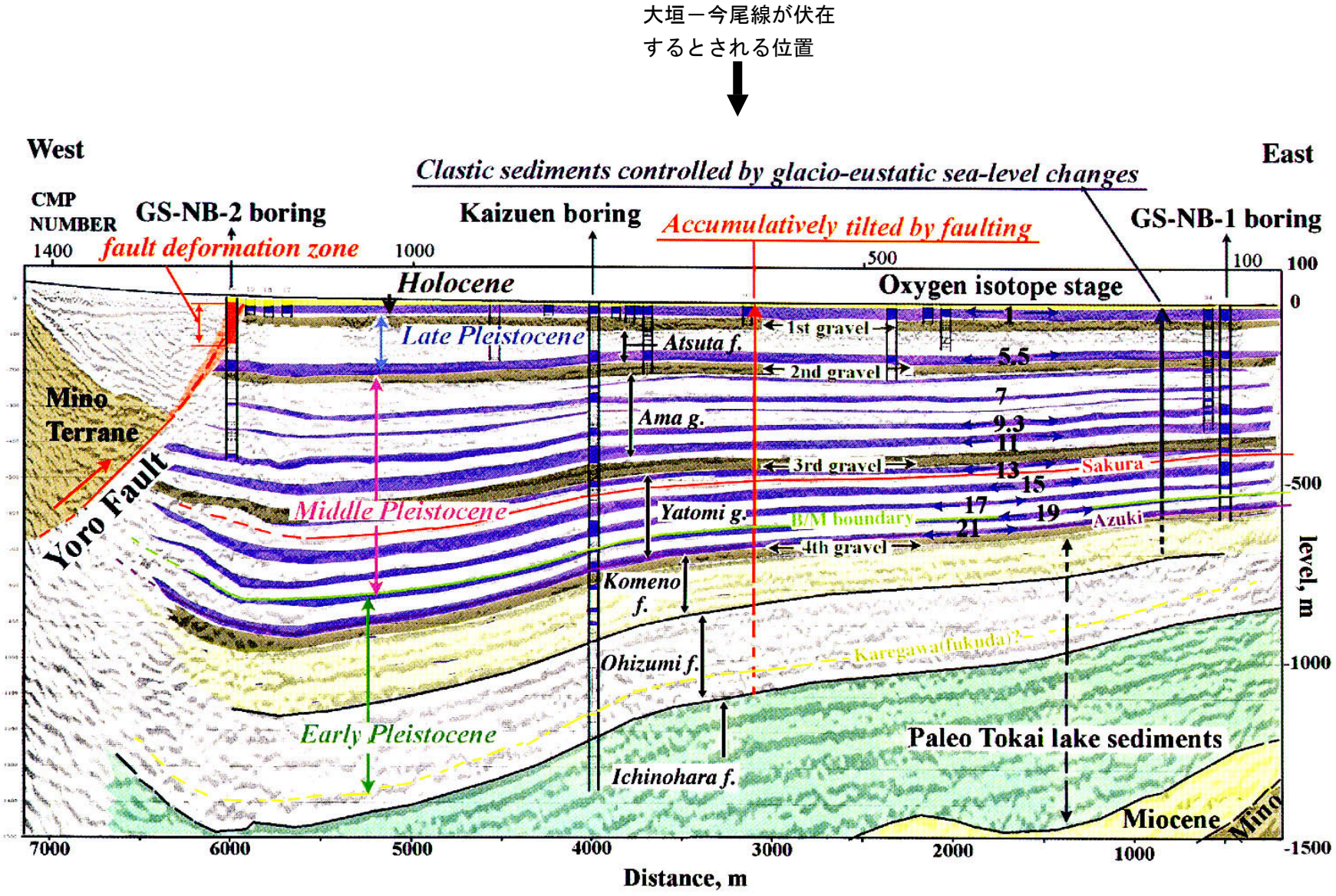

図３　東西測線における反射法弾性波探査による断面解釈図

（須貝・杉山，1999）に加筆

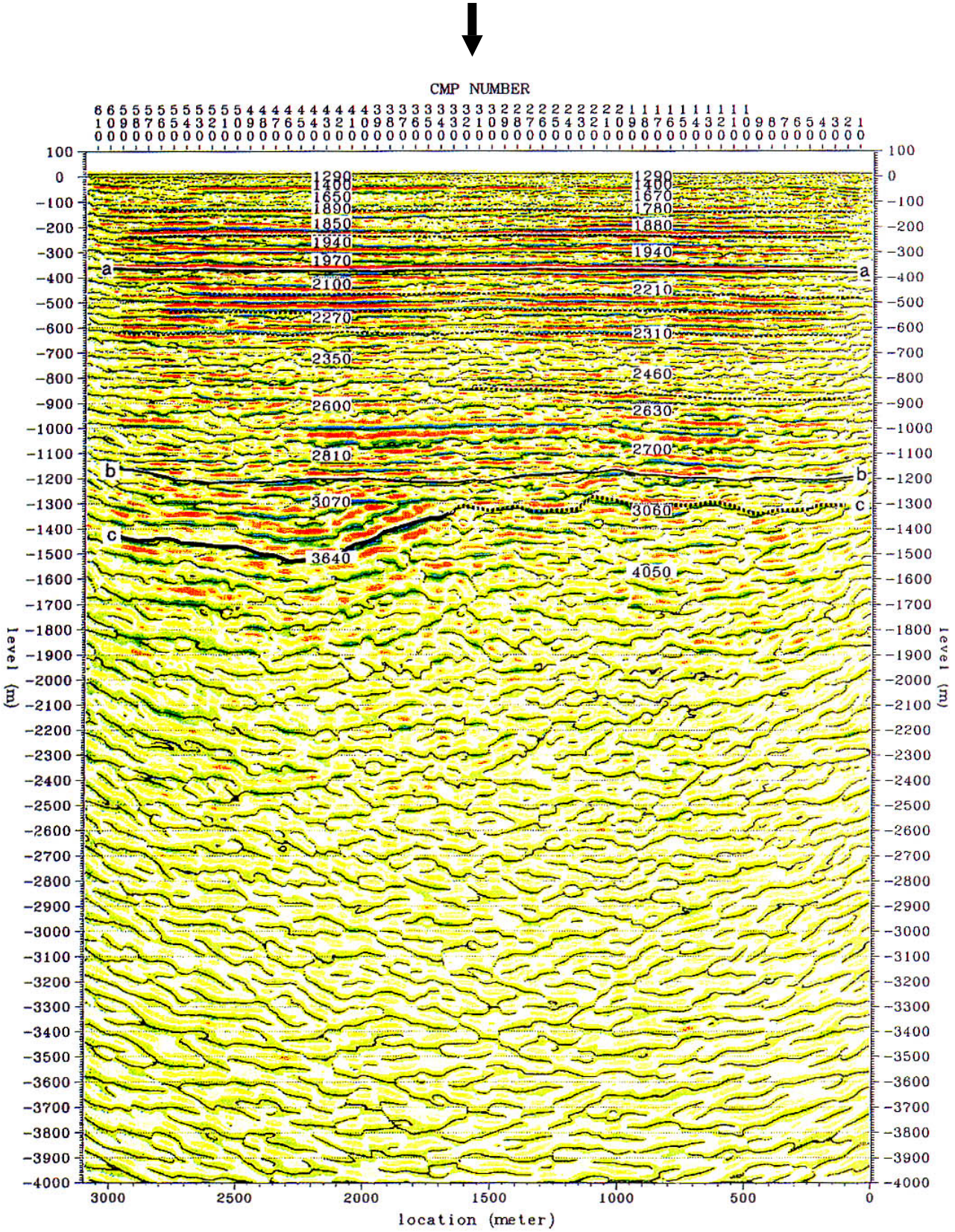

図４　南北測線における反射法弾性波探査による断面図

（須貝・杉山，1999）に加筆

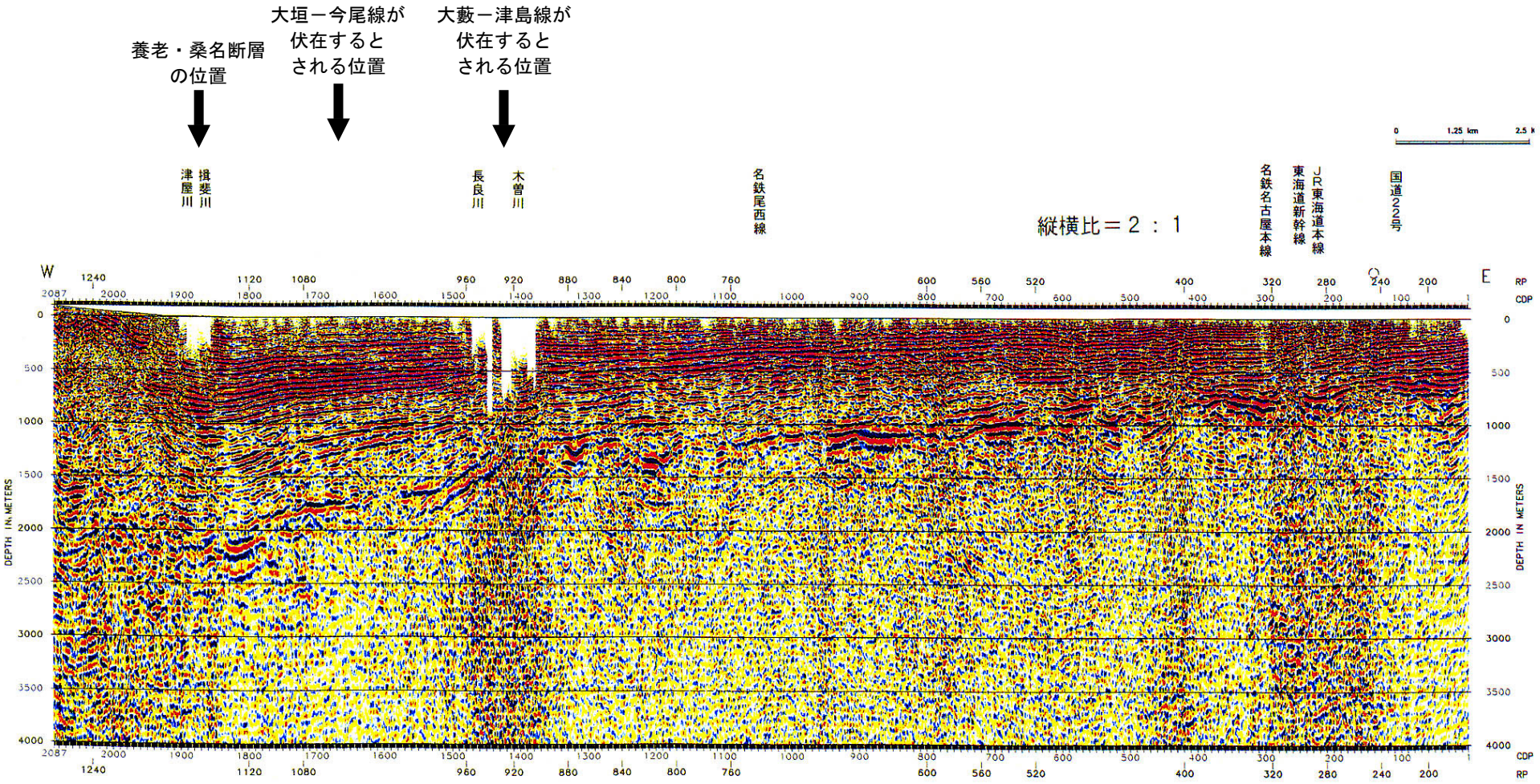

図５　濃尾平野中部測線における反射法弾性波探査による断面図

（愛知県，2000）に加筆

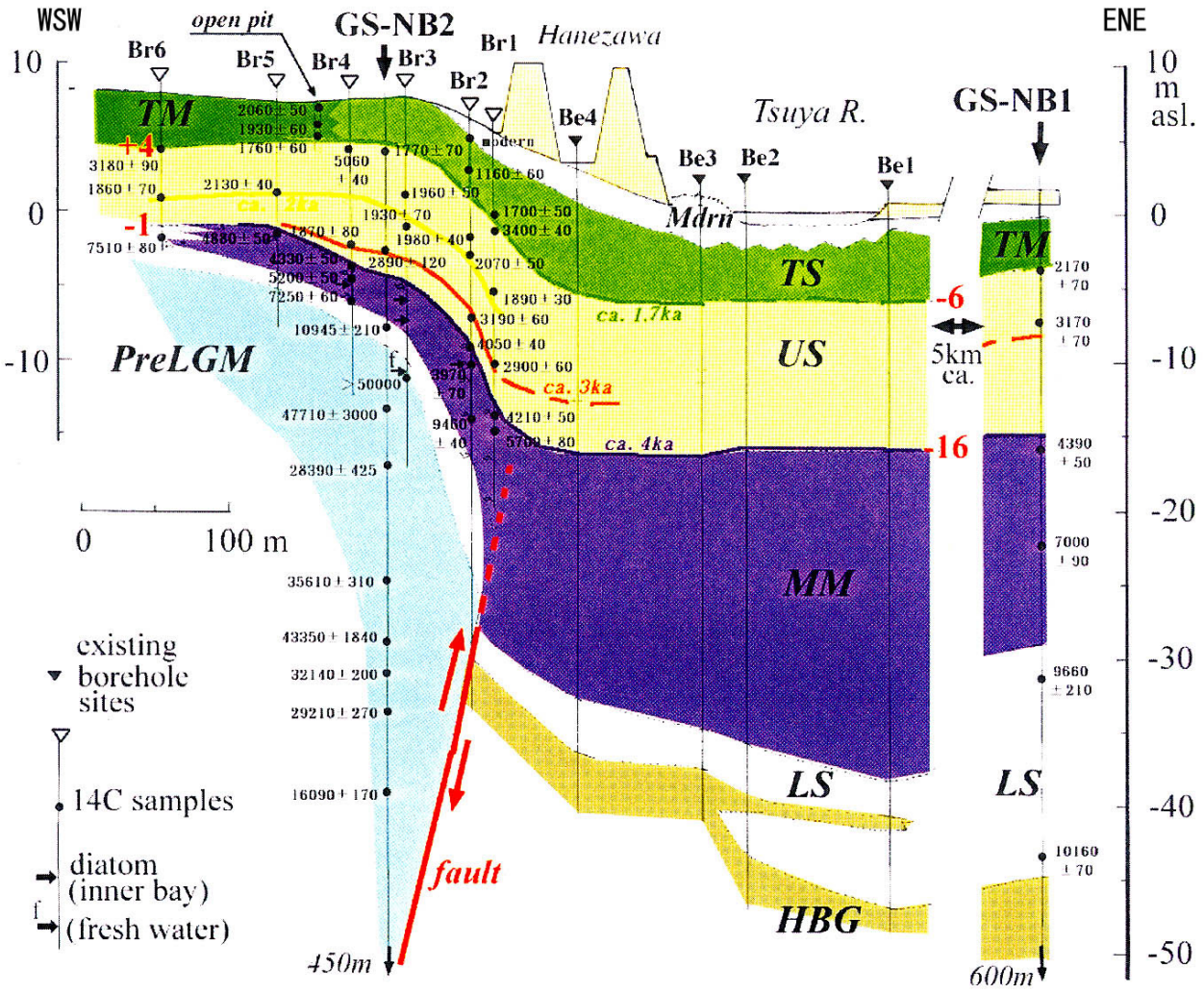

図６　羽沢地点のボーリング調査による地質断面図

（須貝ほか，1999b）

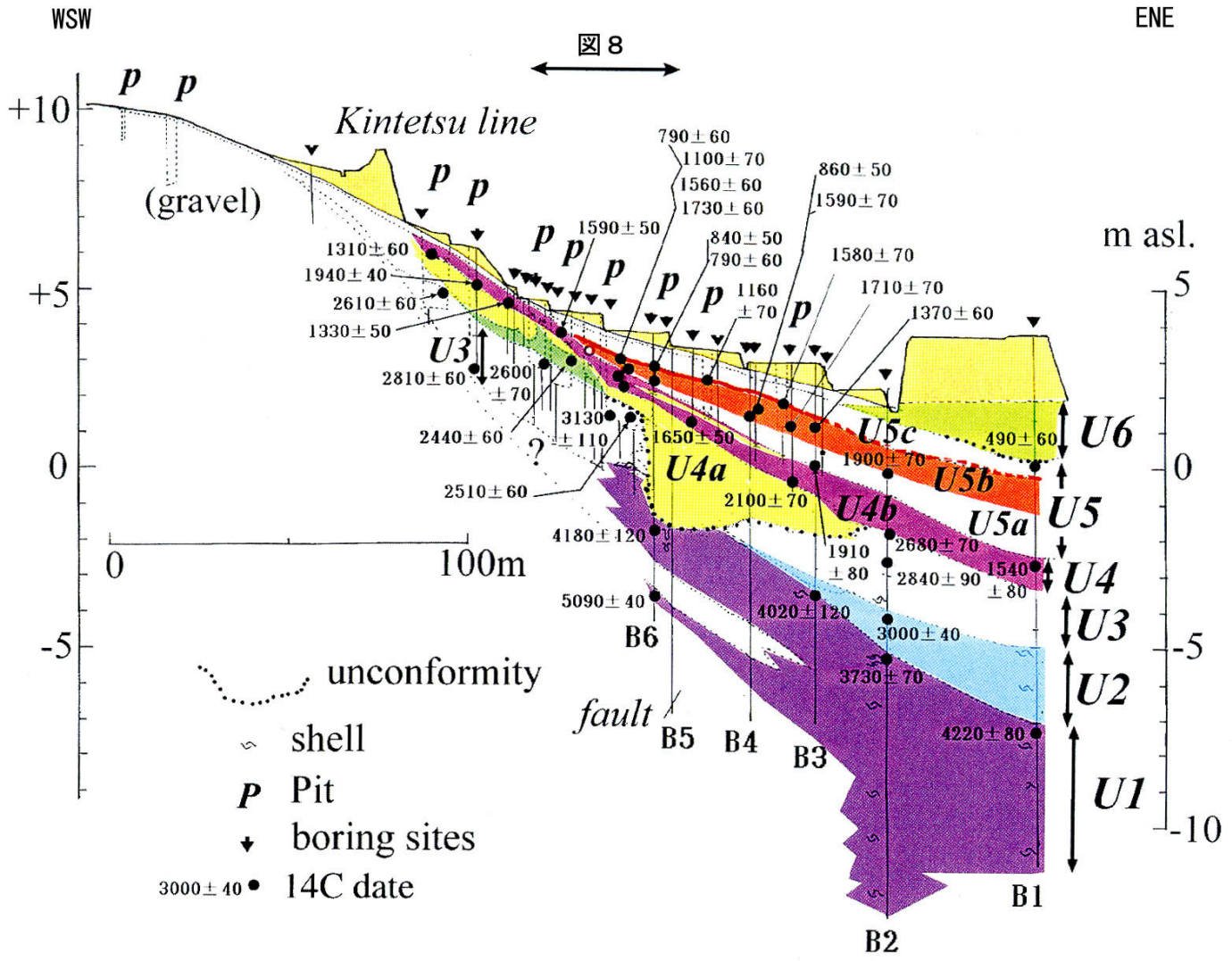

図７　庭田地点のボーリング・ピット調査による地質断面図

（須貝ほか，1999b）

図７中の ^{14}Ｃ年代値とその暦年補正値

(U4 層及びこれより上位の地層から得られた年代値)

地層名	補正 ^{14}C 年代値	暦年補正
U5c	490±60	14-15 世紀
U5b	790±60	13 世紀
	790±60	13 世紀
	840±50	12-13 世紀
	860±50	11-13 世紀
	1160±70	9-10 世紀
	1370±60	7-8 世紀
	1580±70	5-6 世紀
	1590±70	5-6 世紀
	1710±70	3-5 世紀
U5a	1100±70	9-11 世紀
	1900±70	1-3 世紀
	1910±80	1-3 世紀
U4b	1310±60	7-8 世紀
	1330±50	7-8 世紀
	1540±80	5-7 世紀
	1560±60	5-6 世紀
	1590±50	5-6 世紀
	1650±50	4-6 世紀
	1730±60	3-4 世紀
	1940±40	1-2 世紀
	2100±70	前 2-前 1 世紀

暦年補正は、Niklaus (1991) に基づく。

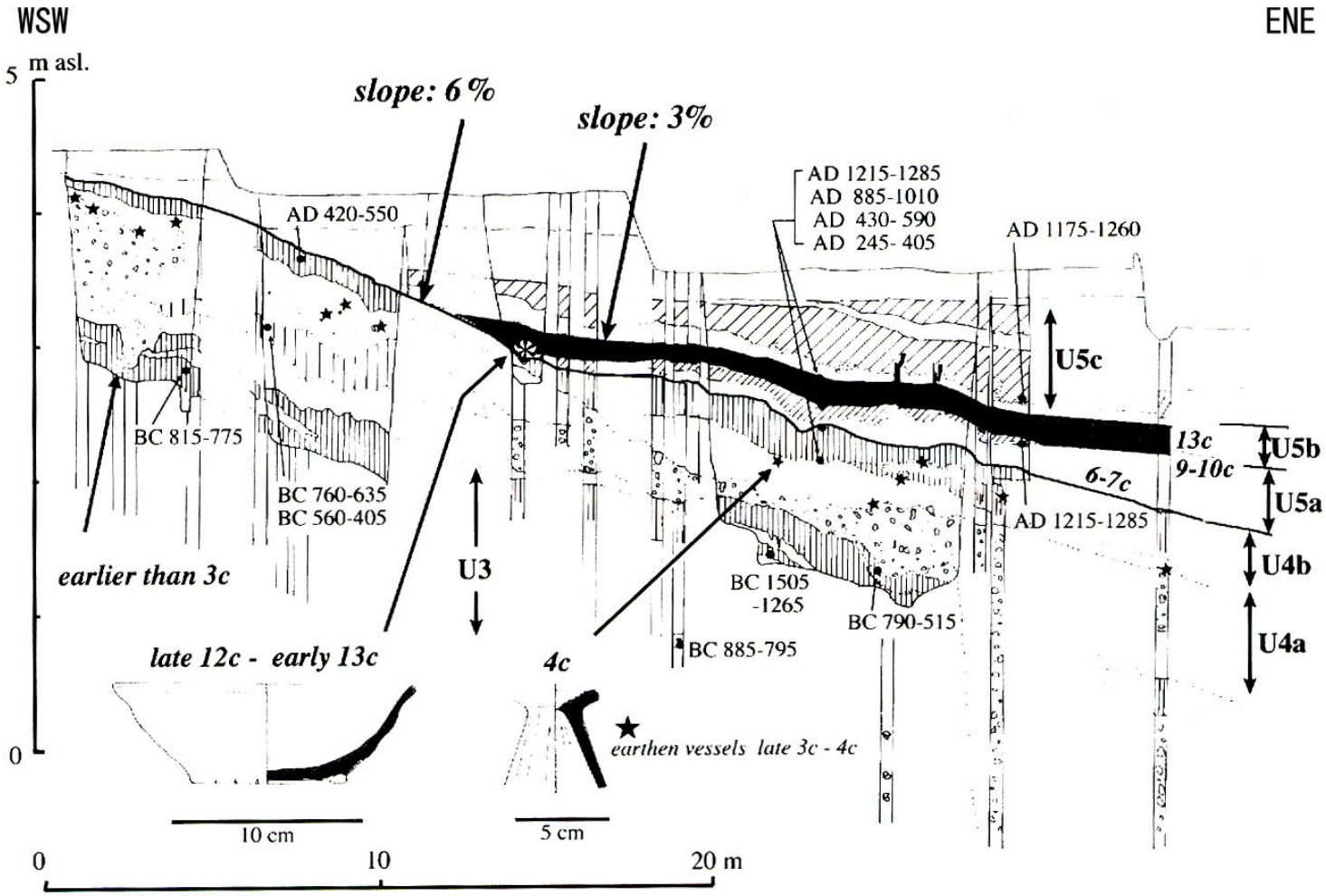

図８　庭田地点のボーリング・ピット調査による詳細地質断面図

（須貝ほか, 1999b を一部補正、加筆）

図中に示された年代値は、活断層評価で通常行っている Niklaus(1991)とは異なる手法によって暦年補正されたものである。図７に添付した表には、Niklaus(1991)の手法により暦年補正した結果を世紀に直して示した。暦年補正法の違いによる差はごくわずかで、評価結果に違いは生じない。

須貝ほか(1999)では、図の縦：横スケールの比が４：１となっているが、須貝私信によれば、縦：横＝５：１が正しい。このため、ここでは正しいスケール比に修正したものを示した。

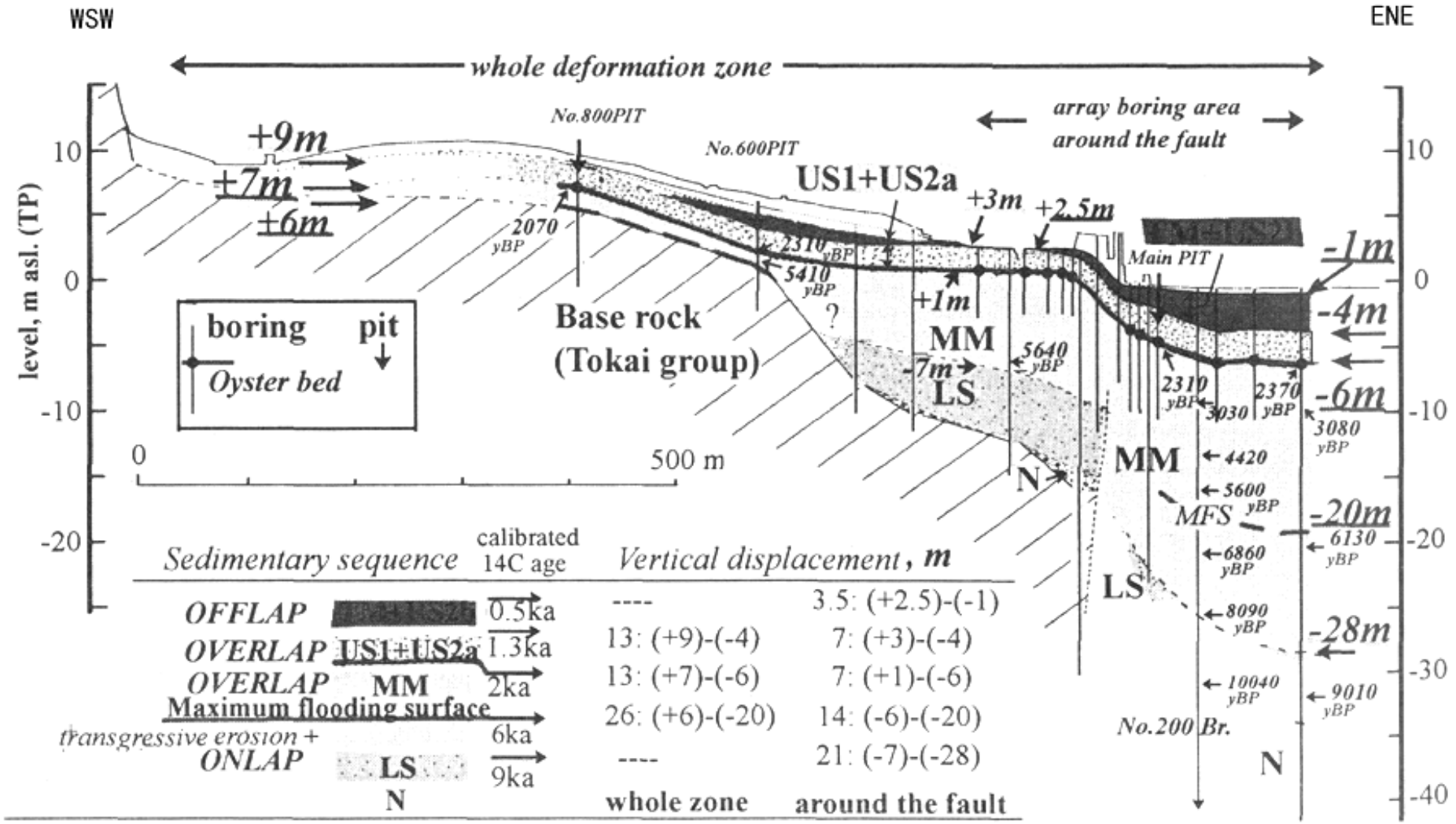

図９　汰上地点のボーリング・ピット調査による地質断面図

（須貝ほか，1999a）

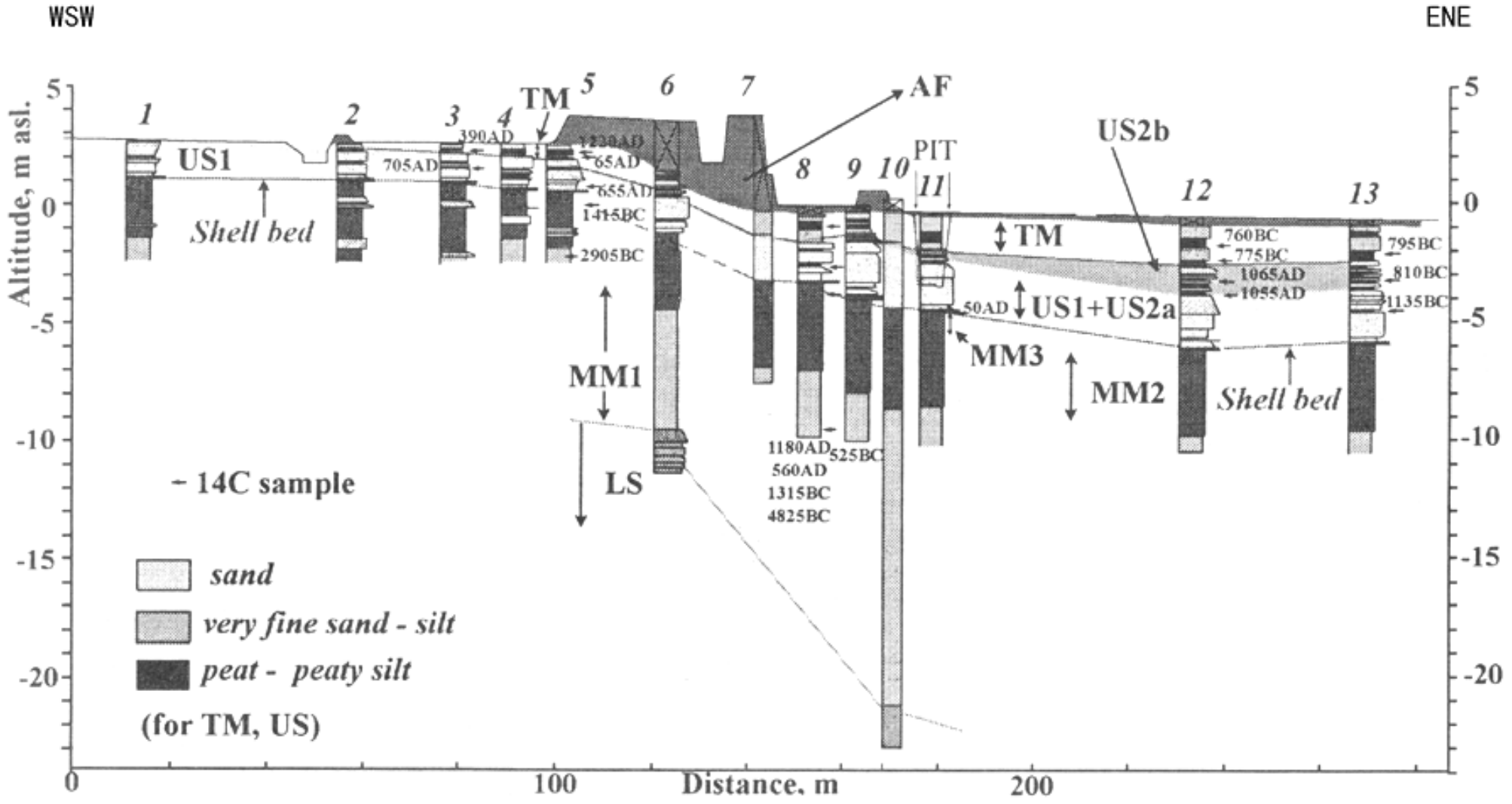

図 10　汰上地点のボーリング・ピット調査による詳細地質断面図
（須貝ほか，1999a）

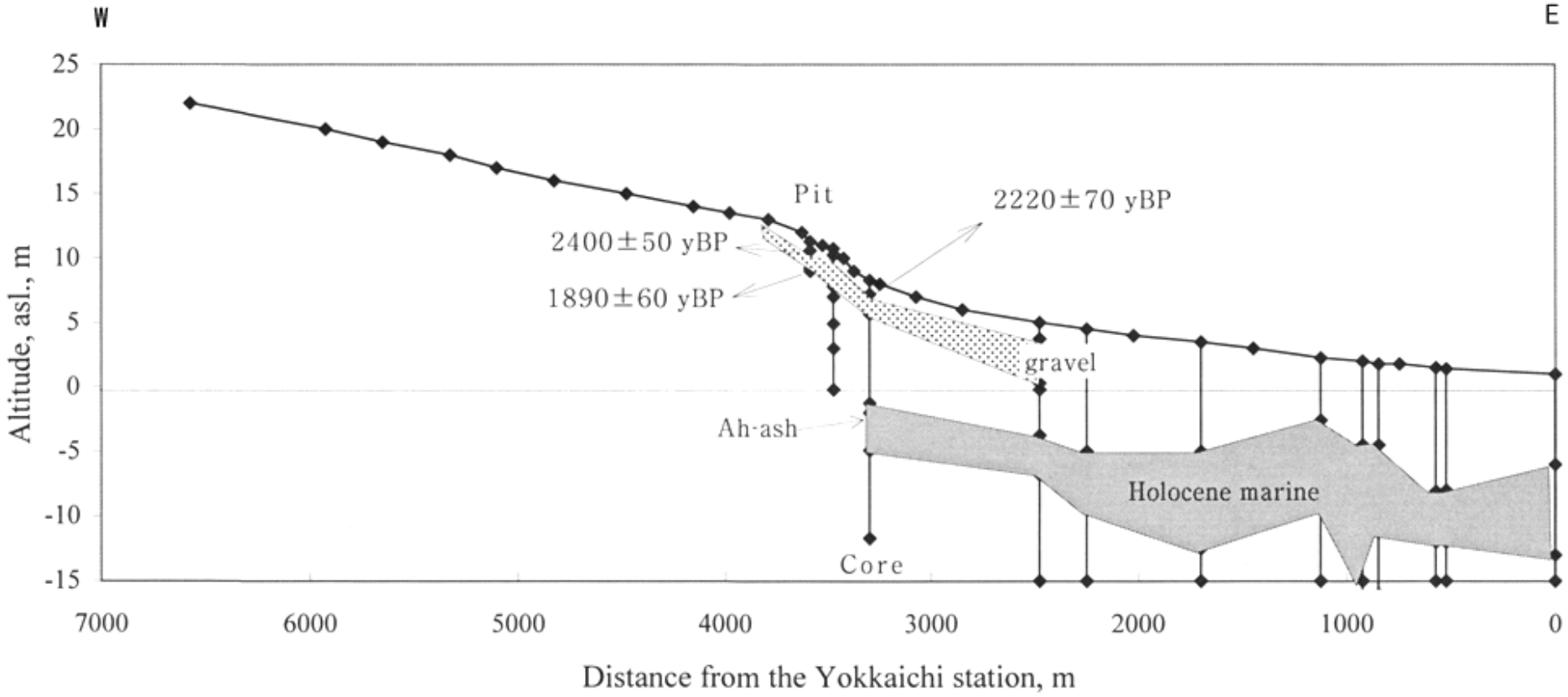

図 11　大井出地点のボーリング調査等による地質断面図

（須貝ほか，1998）

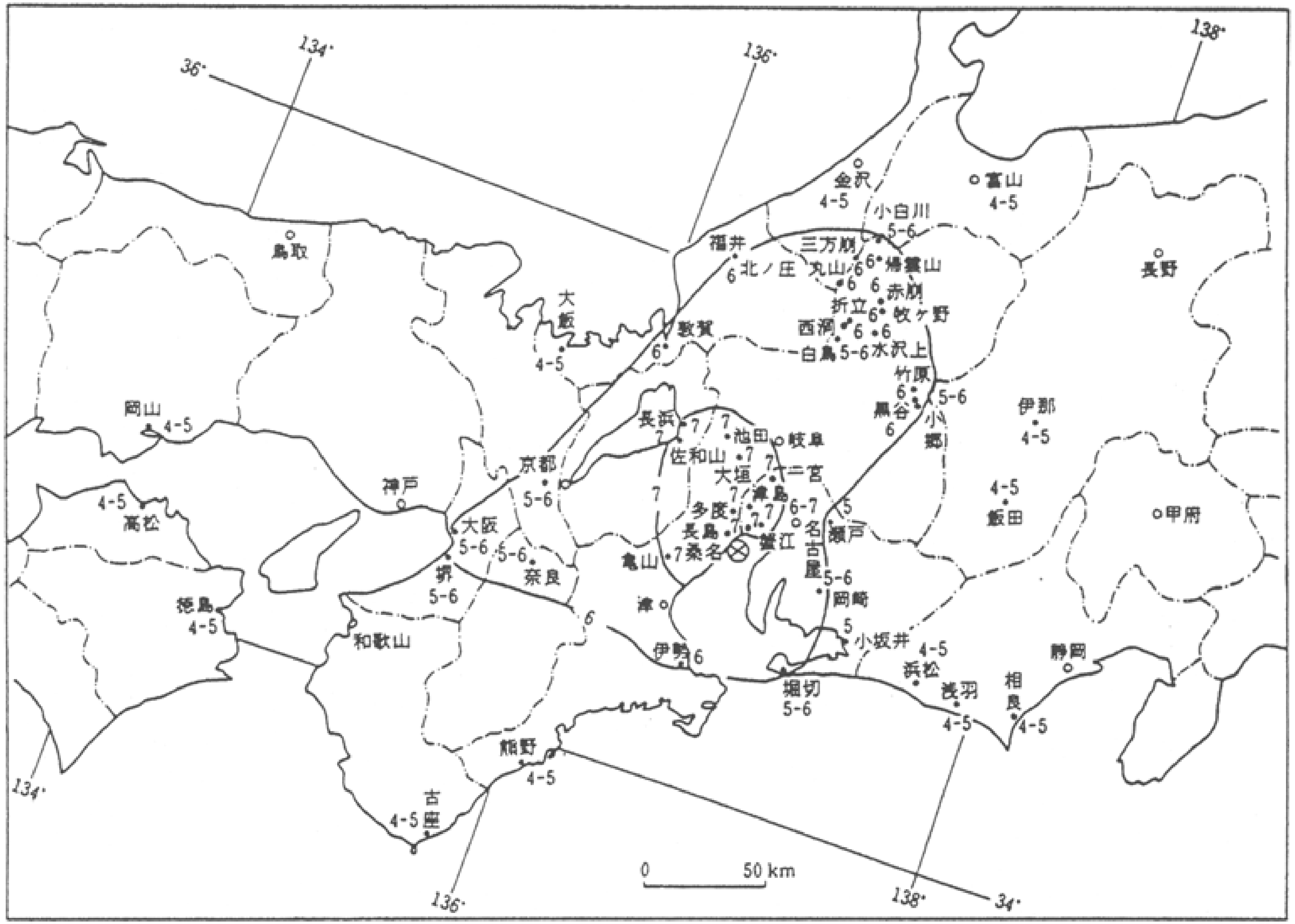

図 12　1586 年天正地震の被害史料から推定される震度分布

（飯田，1987）

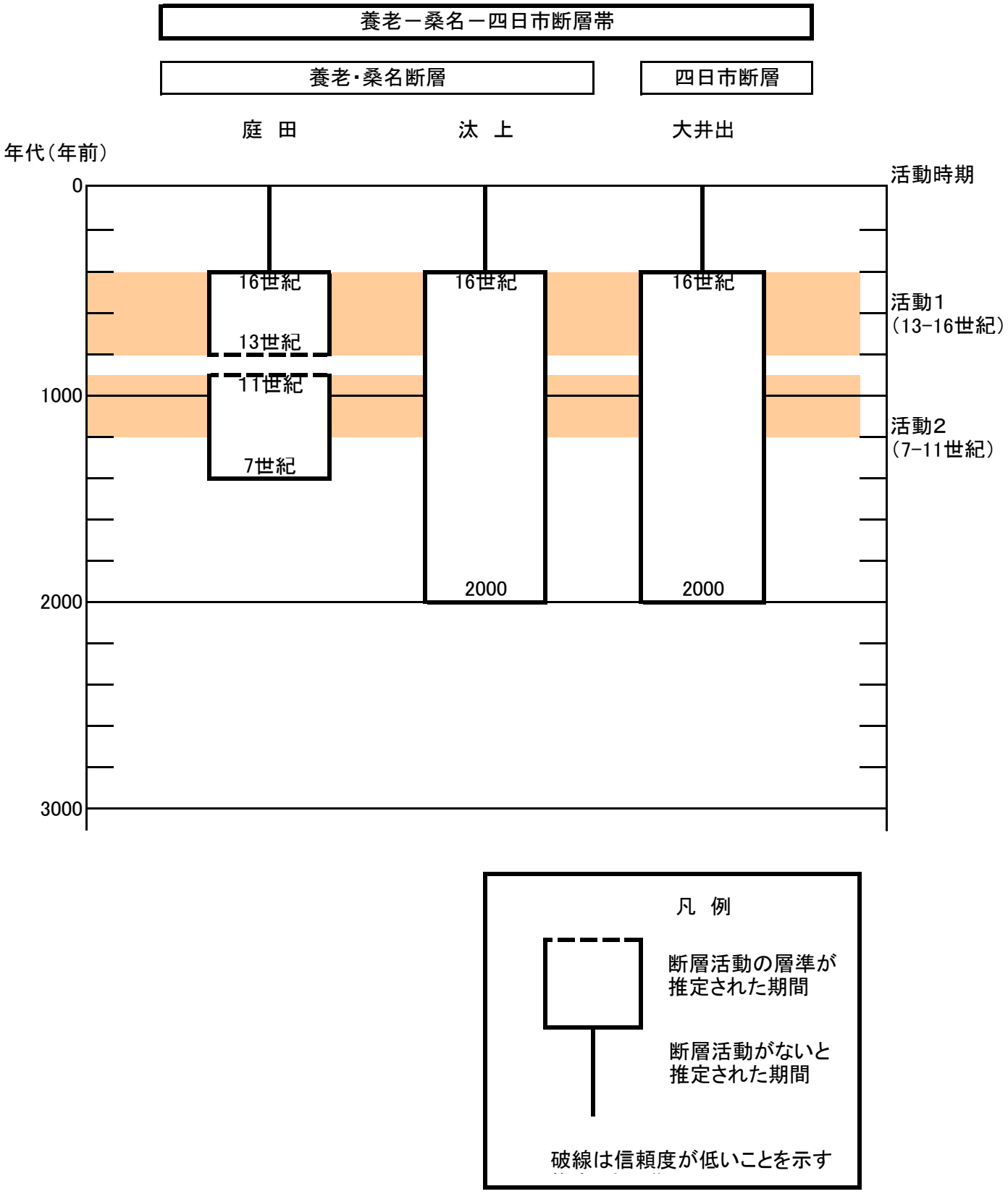

図13　養老－桑名－四日市断層帯の活動の時空間分布図

表３　将来の地震発生確率及び参考指標

項　　目	将来の地震発生確率等	備　　考
地震後経過率	0.2　－　0.6	
今後 30 年以内の発生確率	ほぼ０％　－　0.6％	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（2001）参照.
今後 50 年以内の発生確率	ほぼ０％　－　１％	
今後 100 年以内の発生確率	ほぼ０％　－　３％	
今後 300 年以内の発生確率	0.001％　－　20％	
集積確率	ほぼ０％　－　１％	
指標(1)経過年数	－９百年　－　－２百年	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	0.3　－　0.8	
指標(2)	ほぼ０　－　0.2	
指標(3)	ほぼ０％　－　１％	
指標(4)	ほぼ０　－　0.04	
指標(5)	0.0005　－　0.0007	

注 13：評価時点はすべて 2001 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)経過時間：当該活断層があることによって大地震発生の危険率（１年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（ここでは BPT 分布モデルを適用した場合を考える）。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にあたる）。この指標は、BPT 分布モデルによる危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率を越えた後の経過年数である．マイナスの値は、前者が後者に達していないことを示す。後者の危険率は１千４百分の１（0.0007）回－１千９百分の１（0.0005）回であり、時間によらず一定である。前者は評価時点で 10 万分の１回以下（ほぼ０回）であり、時間とともに増加する。前者が後者の回数に達するには今後２百年－９百年を要することになる。

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越えるまでの時間を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年あたりの地震発生回数）。