

十勝平野断層帯の長期評価について

平成17年4月13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、88断層帯の長期評価を行い公表した。

今回、引き続き、十勝平野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。

十勝平野断層帯の評価

十勝平野断層帯は、十勝平野にほぼ南北に分布する活断層帯である。ここでは、平成 13－15 年度に北海道によって行われた調査をはじめ、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

十勝平野断層帯は、十勝平野断層帯主部と光地園（こうちえん）断層からなる。

十勝平野断層帯主部は、北海道足寄（あしよろ）郡足寄町から帯広市などを経て広尾郡忠類（ちゅうるい）村に至る断層帯である。長さは約 84 km で、ほぼ南北方向に延びており、断層の東側が相対的に隆起する逆断層である（図 1、2 及び表 1）。

光地園断層は広尾郡大樹（たいき）町から同郡広尾町に至る断層である。長さは約 26 km で、北西－南東方向に延びており、断層の東側が相対的に隆起する逆断層である（図 1、2 及び表 3）。

2. 断層帯の過去の活動

（1）十勝平野断層帯主部

十勝平野断層帯主部の平均的な上下方向のずれの速度は 0.3－0.4m／千年程度の可能性がある。既往の調査研究成果による直接的なデータではないが、経験則から求めた 1 回のずれの量と平均的なずれの速度に基づくと、平均活動間隔は 1 万 7 千－2 万 2 千年程度であった可能性がある（表 1）。

（2）光地園断層

光地園断層の平均的な上下方向のずれの速度は約 0.1－0.2m／千年の可能性がある。活動時には、断層の東側が西側に対して相対的に 1.5m 程度隆起した可能性がある。最新活動と 1 つ前の活動が約 2 万 1 千年前以後にあったと推定されるが、それぞれの活動時期を特定することはできない。また、平均活動間隔は 7 千－2 万 1 千年程度の可能性がある（表 3）。

3. 断層帯の将来の活動

（1）十勝平野断層帯主部

十勝平野断層帯主部は、全体が 1 つの区間として活動する場合、マグニチュード 8.0 程度の地震が発生する可能性がある。その時、断層の近傍の地表面では東側が西側に対して相対的に 6－7 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）。

本断層帯では、過去の活動が十分に明らかではなく、最新活動時期が特定できていないことから、通常の活断層評価とは異なる手法により地震発生の長期確率を求めている。そのため信頼度は低いですが、将来このような地震が発生する確率は表 2 のとおりであり、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 1－3）。

（２）光地園断層

光地園断層は、全体が 1 つの区間として活動する場合、マグニチュード 7.2 程度の地震が発生する可能性があり、その時、断層の近傍の地表面では東側が西側に対して相対的に 1.5m 程度高まる段差や撓（たわ）みが生じる可能性がある（表 3）。本断層では、過去の活動が十分に明らかではなく、最新活動時期が特定できていないことから、通常の活断層評価とは異なる手法により地震発生 of 長期確率を求めている。そのため信頼度は低いですが、将来このような地震が発生する確率は表 4 のとおりであり、本断層は、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 1－3）。

4. 今後に向けて

十勝平野断層帯主部では、活動履歴に関する資料が不足しており、最新活動を含めた過去の活動履歴や 1 回のずれの量が明らかになっていない。また、光地園断層では、最新活動時期が特定できていない。将来の活動を明確にするためには、これらについての精度よいデータを集積させるとともに、平均活動間隔を明らかにする必要がある。

さらに、十勝平野断層帯主部では、地下深部における形状などを明らかにし、活動区間の検討も行う必要がある。

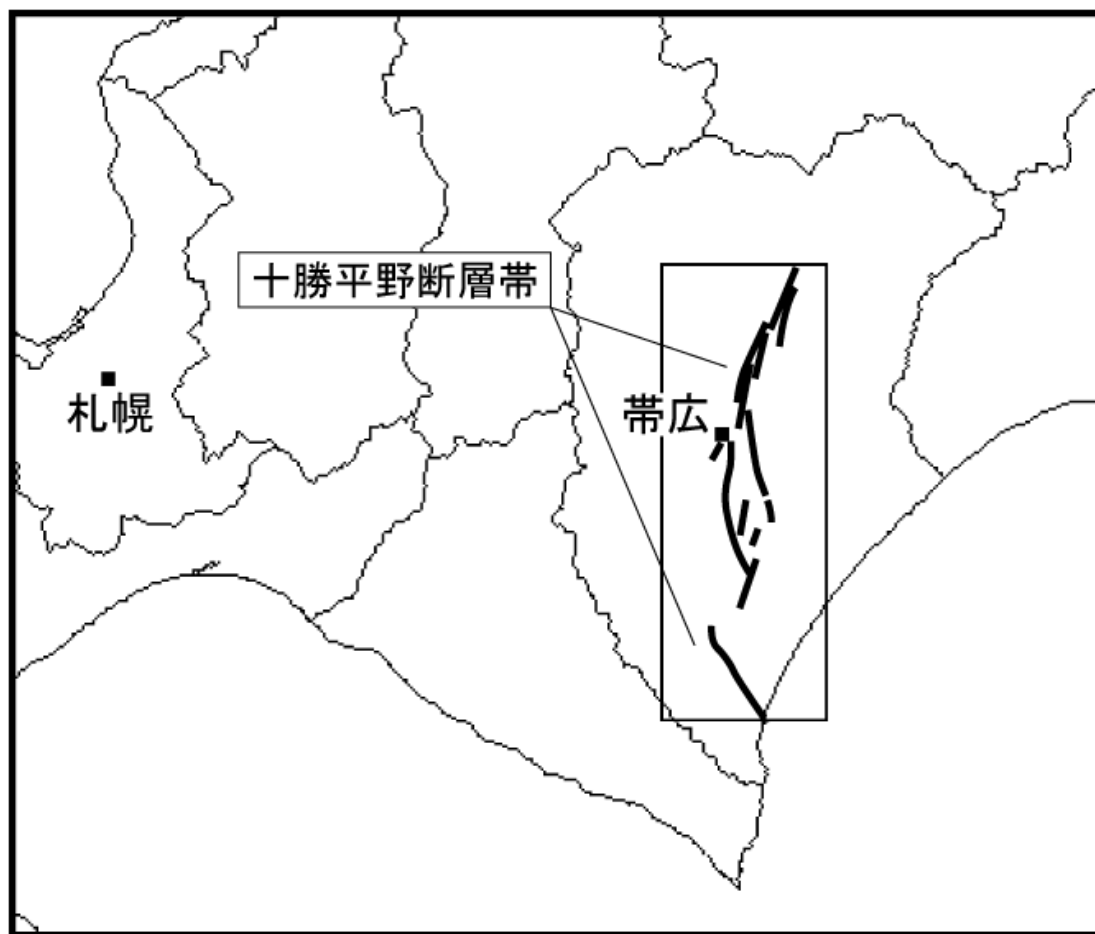


図 1 十勝平野断層帯の概略位置図
(長方形は図 2 の範囲)

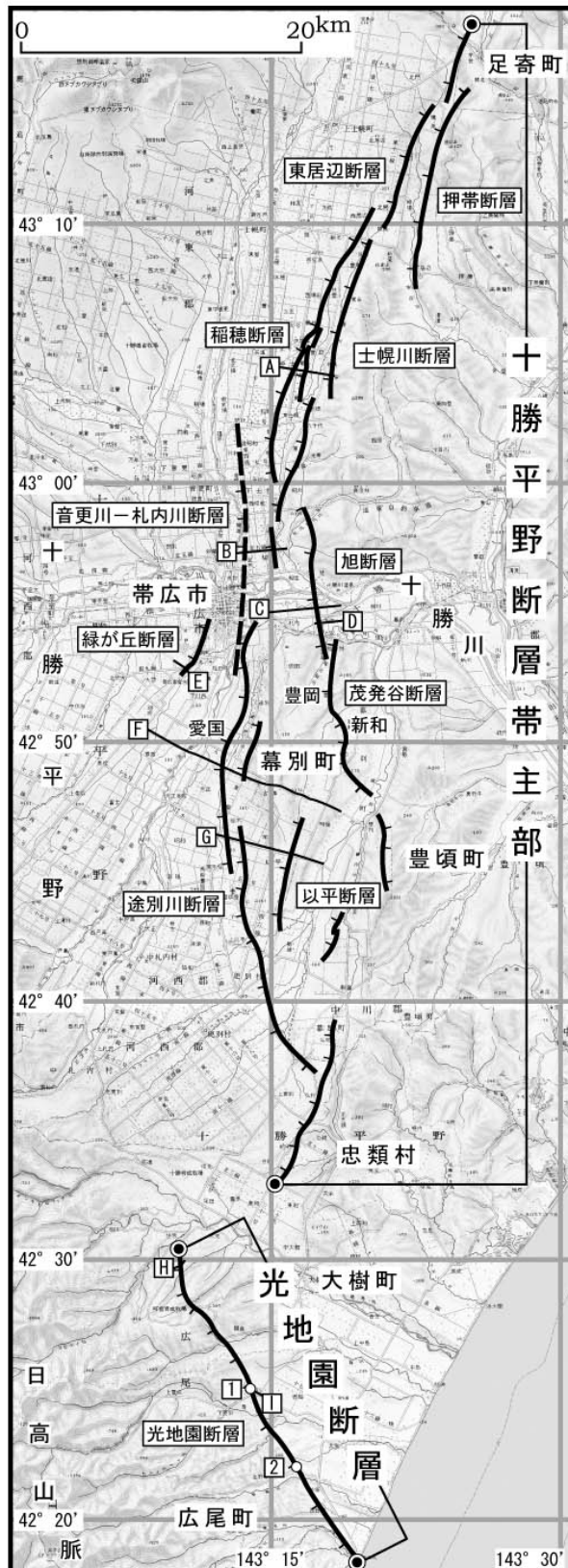


図2 十勝平野断層帯の位置と主な調査地点

1：紋別地点 2：上野塚地点

A-I：反射法弾性波探査測線

A, B：文献3 C, D, H, I：文献2 E：文献4

F：文献9 G：文献1

●：断層帯の北端と南端

断層の位置は文献5及び7に基づく。

基図は国土地理院発行数値地図200000「帯広」「広尾」を使用。

表 1 十勝平野断層帯主部の特性

項 目	特 性	信頼度 (注4)	根 拠 (注5)
1. 断層帯の位置・形態			
(1) 断層帯を構成する断層	押帯(おしょつぷ)断層、東居辺(ひがしおりべ)断層、士幌川(しほろがわ)断層、稲穂断層、音更川－札内川(おとふけがわ－さつないがわ)断層、旭断層、茂発谷(もあちや)断層、途別川(とべつがわ)断層、緑が丘断層、以平(いたいら)断層など		文献 5、7 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 (北端) 北緯 43° 18′ 東経 143° 25′ (南端) 北緯 42° 33′ 東経 143° 15′ 長さ 約 84km	○ ○ ○	文献 5、7 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 N10° E 傾斜 東傾斜 幅 不明	○ ◎ ○ ◎	上端の深さが 0 km であることから推定。 地形の特徴から推定。 一般走向は、断層帯の両端を直線で結んだ方向(図2を参照)。 文献 1－4、8 に示された地形の特徴及び反射法弾性波探査結果から推定。 地震発生層の下限の深さは 20 km 程度。
(3) 断層のずれの向きと種類	東側隆起の逆断層	◎	文献 1－5、8 などに示された地形の特徴から推定。
2. 断層帯の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	0.3－0.4m／千年程度 (上下成分)	△	文献3、4、10 などに示された資料による。
(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 6－7 m程度 (上下成分) 平均活動間隔 1 万 7 千－2 万 2 千年程度	△ △	断層の長さから推定。 平均的なずれの速度と1回のずれの量から推定。
(4) 過去の活動区間	不明		

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	△	断層の長さから推定。 断層の長さから推定。
	地震の規模	マグニチュード8.0程度	△	
	ずれの量	6－7m程度（上下成分）	△	

表2 十勝平野断層帯主部の将来の地震発生確率（ポアソン過程を適用）

項 目	将来の地震発生確率 (注6)	信頼度 (注7)	備 考
今後30年以内の地震発生確率 今後50年以内の地震発生確率 今後100年以内の地震発生確率 今後300年以内の地震発生確率	0.1%－0.2% 0.2%－0.3% 0.5%－0.6% 1%－2%	d	発生確率は、文献6による。

表3 光地園断層の特性

項 目	特 性	信頼度 (注4)	根 拠 (注5)
1. 断層の位置・形態			
(1) 構成する断層	光地園（こうちえん）断層		文献7による。
(2) 断層の位置・形状	地表における断層の位置・形状 断層の位置 （北端）北緯42°31′ 東経143°10′ （南端）北緯42°18′ 東経143°19′ 長さ 約26km	○ △ △	文献5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 0km 一般走向 N30° W 傾斜 東傾斜 幅 不明	○ ◎ ○ ◎	上端の深さが0kmであることから推定。 地形の特徴から推定。 一般走向は、断層の両端を直線で結んだ方向（図2を参照）。 傾斜は地形の特徴と文献3、4に示されたトレンチ調査の結果から推定。 地震発生層の下限の深さは20km程度。

(3) 断層のずれの向きと種類	東側隆起の逆断層	◎	文献 3、4、7 などに示された地形の特徴とトレンチ調査の結果による。
2. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	約 0.1－0.2m／千年（上下成分）	△	文献3、4に示された資料から推定。
(2) 過去の活動時期	活動 1 及び活動 2（最新活動、1つ前の活動） 約 2 万 1 千年前以後に 2 回活動したと推定されるが、それぞれの活動時期は特定できない。		説明文 2. 2(2) 参照
(3) 1 回のずれの量と平均活動間隔	1 回のずれの量 1.5 m 程度（上下成分）	△	文献 3－5、8、10 に示された資料から推定。
	平均活動間隔 7 千－2 万 1 千年程度	△	文献 3、4 に示された資料から推定。
(4) 過去の活動区間	不明		
3. 断層の将来の活動			
(1) 将来の活動区間及び活動時の地震の規模	活動区間 断層全体で 1 区間	△	断層の長さから推定。 過去の活動から推定。
	地震の規模 マグニチュード 7.2 程度	△	
	ずれの量 1.5 m 程度（上下成分）	△	

表 4 光地園断層の将来の地震発生確率（ポアソン過程を適用）

項 目	将来の地震発生確率 （注 6）	信頼度 （注 7）	備 考
今後 30 年以内の地震発生確率	0.1％－0.4％	d	発生確率は、文献 6 による。
今後 50 年以内の地震発生確率	0.2％－0.7％		
今後 100 年以内の地震発生確率	0.5％－1％		
今後 300 年以内の地震発生確率	1％－4％		

注 1：十勝平野断層帯では、最新活動時期が特定できていないため、通常の活断層評価で用いている更新過程（地震の発生確率が時間とともに変動するモデル）により地震発生の長期確率を求めることができない。地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）は、このような更新過程が適用できない場合には、特殊な更新過程であるポアソン過程（地震の発生時期に規則性を考えないモデル）を適用せざるを得ないとしていることから、ここでは、ポアソン過程を適用して断層帯の将来の地震発生確率を求めた。しかし、ポアソン過程を用いた場合、地震発生の確率はいつの時点でも同じ値となり、本来時間とともに変化する確率の「平均的なもの」になっていることに注意する必要がある。

なお、グループ分けは、通常の手法を用いた場合の全国の主な活断層のグループ分け（注 2 参照）と同じしきい値（推定値）を使用して行なった。

注2：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年の間に地震が発生する可能性が、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3：1995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7千年の場合は30年確率の最大値は4%程度、2万年の場合は1%である。

注4：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5：文献については、本文末尾に示す以下の文献。

文献1：越後ほか(2001a)

文献2：北海道(2002)

文献3：北海道(2003)

文献4：北海道(2004)

文献5：池田ほか編(2002)

文献6：地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001)

文献7：活断層研究会編(1991)

文献8：中田・今泉編(2002)

文献9：石油公団(1982)

文献10：東郷(2000)

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。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。十勝平野断層帯は最新活動時期を特定できていないため、通常の手法による確率の値は推定できない。そのかわりとして、長期間の確率の平均値を示した。最新活動時期によってはこの値より大きく、または小さくなるが、その確率値のとり得る範囲は平均活動間隔から求めることができる。十勝平野断層帯主部は平均活動間隔が1万7千－2万2千年程度、光地園断層は平均活動間隔が7千－2万1千年程度と求められているので、この場合の通常の手法による30年確率のとり得る範囲は十勝平野断層帯主部でほぼ0%－2%、光地園断層でほぼ0%－4%となる。

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。

(説明)

1. 十勝平野断層帯に関するこれまでの主な調査研究

十勝平野断層帯は、十勝平野にほぼ南北に延びる東側隆起の活断層帯である。

本断層帯に関しての既存研究として、地質学的な見地から三谷（1964）などが造盆地運動を指摘し、岡（1982）は褶曲帯の存在を報告しこの断層を十勝中央部断層と称した。一方、地形学的な見地から平川・小野（1974）や十勝団体研究会（1978）により第四紀後期に繰り返し活動している断層として十勝平野断層帯の存在が一部示唆された。この断層の全貌については、東郷・小野（1979, 1982）や活断層研究会編（1980）は、断層の全体像を示した。東郷・小野（1994）は、十勝平野の断層群を十勝活断層系と総称し、第四紀中期から後期に活動を開始した平野側に分布する断層と、それ以前から活動している丘陵側に分布する断層に分けられるとした。これらの結果は、東郷（2000）に補足も踏まえてまとめられた。越後ほか（2001b）は、十勝温泉付近の旭断層について、地形発達史から活動時期を考察した。また、越後ほか（2001a）などにより、浅層反射法弾性波探査が実施されている。一方、十勝平野の南方に分布する光地園断層については、東郷（1982）による議論がある。

北海道（2002, 2003, 2004）は、地形地質調査に加え、ボーリング掘削調査、ピット調査、トレンチ調査、反射法弾性波探査、重力探査などの総合的な調査を実施した。

これらの断層の詳細な位置については、活断層研究会編（1991）、池田ほか編（2002）、中田・今泉編（2002）、東郷ほか（2002）、平川ほか（2003）に示されている。

2. 十勝平野断層帯の評価結果

本断層帯は、十勝平野東縁に位置する東側隆起の断層と十勝平野南西縁に位置する東側隆起の断層からなる。両者の間にはほぼ 10 km の隔たりが存在し、それぞれが長さ 20 km 以上であることから、ここでは、これらを別の断層帯と考え、それぞれ十勝平野断層帯主部、光地園断層として評価した。

2. 1 十勝平野断層帯主部

2. 1. 1 十勝平野断層帯主部の位置及び形態

(1) 十勝平野断層帯主部を構成する断層

本断層帯主部は、足寄（あしよ）郡足寄町から帯広市などを経て広尾郡忠類（ちゅうるい）村付近に至る断層帯である（図 1、2）。

本断層帯を構成する断層の位置・形態は、活断層研究会編（1980, 1991）、東郷（2000）、池田ほか編（2002）、中田・今泉編（2002）、東郷ほか（2002）、平川ほか（2003）などに示されており、主要断層の分布についてはほぼ共通する認識が示されている。ここでは、断層の位置は、主として池田ほか編（2002）にしたがい、一部は活断層研究会編（1991）にしたがった。断層の名称は活断層研究会編（1991）及び池田ほか編（2002）にしたがった。十勝平野断層帯主部は、押帯（おしよつぷ）断層、東居辺（ひがしおりべ）断層、士幌川（しほろがわ）断層、稲穂断層、音更川－札内川（おとふけがわ－さつないがわ）断層、旭断層、茂発谷（もあちゃ）断層、途別川（とべつがわ）断層、緑が丘断層、以平（いたいら）断層などによって構成される（図 1、2）。

（２）断層面の位置・形状

本断層帯の長さ及び一般走向は、図 2 に示された断層帯の両端を直線で結んで計測すると、約 84 km、N10° E となる。

断層面上端の深さは、変位が地表に及んでいることから 0 km とした。

断層面の傾斜については、東側隆起の変位地形が認められることや、石油公団（1982）、越後ほか（2001a）、北海道（2002）などによる反射法弾性波探査の結果（図 3）から、東傾斜であると考えられる。

断層面下端の深さは、地震発生層の下限を目安とすると 20 km 程度と推定されるが、断層面の詳細な傾斜が不明なため、断層面の幅は不明である。

（３）断層の変位の向き（ずれの向き）（注 8）

本断層帯は、ふくらみを伴って西へ撓み下がる変位地形や地質構造を形成していること（池田ほか編，2002；東郷，2000）や、断層面が東傾斜であることから判断すると、東側が西側に乗り上げる逆断層と考えられる。

2. 1. 2 十勝平野断層帯主部の過去の活動

（１）平均変位速度（平均的なずれの速度）（注 8）

十勝平野断層帯主部の平均変位速度に関する資料として以下のものがある。

① 本断層帯主部の中央部付近に位置する帯広市の市街地南東方では、途別川断層と茂発谷断層が並走して分布している。このうち、途別川断層に沿う帯広市愛国付近では、上帯広Ⅰ面が西向きの撓曲崖を形成し約 6 m 変位している（東郷，2000）。小池・町田編（2001）に基づけば、上帯広Ⅰ面は 4－6 万年前頃に形成されたと推定されていることから、平均変位速度として、約 0.1－0.15m／千年が導かれる。ただし、上帯広Ⅰ面の分布は限られており、地形面の認定に不確かさを伴っている。次に、ここより東方の茂発谷断層に沿う幕別町豊岡付近では、幕別面が東側隆起で約 35m 変位している（東郷，2000）。また、ここより南方の同町新和付近では、上更別Ⅲ面が東側隆起で 20m 程度変位している（東郷，2000）。小池・町田編（2001）に基づけば、幕別面は 35 万年前頃、上更別Ⅲ面は 13 万年前頃に形成されたと推定されていることから、平均変位速度として、約 0.1－0.15m／千年が導かれる。これらのことから、途別川断層から茂発谷断層にかけての平均変位速度は、0.2－0.3m／千年程度と求まる。

さらに、本断層帯は、幅広い撓曲帯を形成していることが知られており（岡，1982；池田ほか編，2002 など）、途別川断層の西側にも変位が及んでいる可能性もあることから、平均変位速度は、0.2－0.3m／千年以上の可能性がある。

② 既存のボーリング資料に基づけば（岡，1999）、断層帯の下盤側に当たる帯広市の市街地の地表下では、池田層上部の芽登（めとう）凝灰岩の基底が標高約－20m に分布しているのに対し、上盤側では標高約 200m の丘陵地に露出している。撓曲構造はさらに東方へ及んでおり、そこに芽登凝灰岩は認められないが、この地域一帯で芽登凝灰岩の 150m 程度下位に分布することが知られている清澄凝灰岩層（KiT）が、帯広市東方の丘陵の頂部に分布していることから推定すると、芽登凝灰岩の変位量は、370m を大きく超えない可能性がある。芽登凝灰岩については、フ

イッシュントラック法あるいはカリウムアルゴン法による年代測定の結果、約 100 万前後の年代値が得られている（柴田ほか 1975, 1979；十勝団体研究会, 1978；Koshimizu, 1981）。また、十勝団体研究会（1978）によれば、芽登凝灰岩は正帯磁を示すとされている。これらの資料から、芽登凝灰岩の年代は 100 万年前程度と判断され、平均変位速度として 0.4m／千年程度（上下成分）が得られる。なお、熱ルミネッセンス法年代測定により、約 46－47 万年前の年代値の報告もある。

さらに、池田層下部の稲士別凝灰岩（約 280 万年前：柴田ほか, 1975）は、断層帯の下盤側の地下－1300mに分布するのに対し、断層帯の上盤側では、標高－100m程度に推定され、1200mの高度差が見積もられる。この資料から、平均変位速度として約 0.4m／千年（上下成分）が得られる。

以上のことから、十勝平野断層帯の平均上下変位速度は、0.3－0.4m／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

本断層帯の最新活動を含む最近の活動履歴については、関係する資料がないため、明らかではない。

なお、旭断層の栄地点では、低位の地形面が変位しているとの指摘もあるが（越後ほか, 2001b）、北海道（2003）がこの地点で実施したトレンチ調査・ピット調査の結果、断層や断層活動に伴う地層の変位は認められないとしている。

b) 先史時代・歴史時代の活動

十勝平野断層帯主部の活動と直接関係する被害地震は知られていない（宇佐美, 2003）。

（３）１回の変位量（ずれの量）（注 8）

十勝平野断層帯主部の 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。

ただし、断層の長さ（約 84km）から次の松田（1975）の経験式に基づいて 1 回の変位量を算出すると、約 6.7m と求まる。

このことから、1 回の変位量は 6－7 m 程度（上下成分）であった可能性がある。

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

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

ここで、L は 1 回の地震で活動する断層の長さ(km)、D は断層の変位量(m)、M は地震のマグニチュードである。

（４）活動間隔

十勝平野断層帯主部の活動間隔に関する直接的な資料は得られていない。

ただし、断層の長さから推定される 1 回の変位量（上下成分約 6.7m）と平均上下変位速度（0.3－0.4m／千年程度）から計算した値に基づいて平均活動間隔を算出すると、1 万 7 千年－2 万 2 千年程度という値が求まる。

このことから、平均活動間隔は1万7千－2万2千年程度であった可能性がある。

(5) 活動区間

十勝平野断層帯主部の活動区間に関する直接的な資料は得られていない。

(6) 測地観測結果

本断層帯周辺における1994年までの約10年間の測地観測結果では、南部で北東－南西方向の伸び、北西－南東方向のわずかな縮みが見られる。

最近5年間のGPS観測結果では、北部で北西－南東方向のわずかな縮みが見られ、南部で東西方向のわずかな縮みが見られる。

(7) 地震観測結果

最近の7年程度の地震活動を見ると、本断層帯付近の地震活動は低調である。この断層帯に沿ったような顕著な地震活動は見られず、断層帯の北方では15 km程度の深さにややまとまった地震活動が見られる。地震発生層の下限の深さは、本断層帯を含むやや広い地域の地震活動から20 km程度と推定される。

2. 1. 3 十勝平野断層帯主部の将来の活動

(1) 活動区間と活動時の地震の規模

本断層帯全体を1つの活動区間とした場合、前述の松田(1975)の経験式(1)、(2)に基づく、本断層帯(長さ約84 km)から発生する地震の規模はマグニチュード8.0程度の可能性がある。また、このような地震が発生した場合、断層の近傍の地表面に東側隆起で6－7 m程度高まる段差や撓みを生じる可能性がある。

(2) 地震発生の可能性

十勝平野断層帯主部の平均活動間隔は1万7千－2万2千年程度であった可能性がある。しかし、最新活動時期が特定できていないため、上述のような規模の地震が発生する長期確率を通常の評価で用いている更新過程(地震の発生確率が時間とともに変動するモデル)を用いて評価することはできない。

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001)は、地震の発生確率を求めるにあたって、通常の活断層評価で用いている更新過程(地震の発生確率が時間とともに変動するモデル)が適用できない場合には、特殊な更新過程であるポアソン過程(地震の発生時期に規則性を考えないモデル)を適用せざるを得ないとしている。本断層帯では平均活動間隔が1万7千－2万2千年程度であることをもとに、ポアソン過程を適用して地震発生確率を求めると、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、0.1%－0.2%、0.2%－0.3%、0.5%－0.6%及び1%－2%となる(表4)。

平均活動間隔の信頼度が低く、また、値が十分に絞り込まれていないため、地震発生確率にも幅があるが、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。

なお、通常の活断層評価で用いている更新過程によった場合、平均活動間隔が1万7千－2万

2 千年程度と求められているので、30 年確率のとり得る範囲はほぼ 0 %－2 %となる。

2. 2 光地園断層

2. 2. 1 光地園断層の位置及び形態

(1) 構成する断層

本断層は、広尾郡大樹（たいき）町から同郡広尾町に至る断層である（図 1、2）。

本断層の位置・形態は、活断層研究会編（1980, 1991）、東郷（2000）、中田・今泉編（2002）、池田ほか編（2002）などに示されており、断層の分布についてはほぼ共通する認識が示されている。ここでは、断層の位置及び名称は池田ほか編（2002）にしたがった。

(2) 断層面の位置・形状

本断層の長さ及び一般走向は、図 2 に示された断層の両端を直線で結んで計測すると、約 26 km、N30° W となる。ただし、南端部は海岸に達している可能性もあり、その位置については不確かさがある。ちなみに、断層が南方の海域へ延びていることを明らかにした資料は確認されていない。

断層面上端の深さは、断層変位が地表に達していることから 0 km とした。

断層面の傾斜については、変位地形の特徴及び北海道（2003, 2004）によるトレンチ調査の結果から東傾斜であると考えられる。

断層面下端の深さは、地震発生層の下限を目安とすると 15 km 程度と推定されるが、断層面の詳細な傾斜が不明なため、断層面の幅は不明である。

(3) 断層の変位の向き（ずれの向き）（注 8）

本断層は、西へ撓み下がる変位地形を形成していること（池田ほか編，2002 など）や、断層面は東傾斜であることから判断すると、東側が西側に乗り上げる逆断層と考えられる。

2. 2. 2 光地園断層の過去の活動

(1) 平均変位速度（平均的なずれの速度）（注 8）

広尾町上野塚（かみのづか）付近及び同町紋別付近では、尾田面が東側隆起で 3 m 程度変位している（池田ほか編，2002；中田・今泉編，2002）。小池・町田編（2001）に基づけば、尾田面の形成時期は約 2 万年前と推定されていることから、平均変位速度は約 0.1－0.2m／千年（上下成分）と求まる。

これより、本断層の平均上下変位速度は約 0.1－0.2m／千年の可能性はある。

なお、光地園付近では、高位段丘の光地園面は、北東側に緩やかに傾斜して分布しているが、断層を境として約 15m の南東側隆起の高度不連続が認められる（東郷，2000）。ただし、地形面の年代は明確には定まっておらず、平均変位速度を求めることはできない。

(2) 活動時期

a) 地形・地質的に認められた過去の活動

光地園断層の活動時期に関する資料として以下のものがある。

① 広尾町上野塚地点では、尾田面が西向きの撓曲崖を形成して変位している。北海道（2003）は、撓曲崖の基部でトレンチ調査・ピット調査を、撓曲帯を横断してボーリング調査を実施した。トレンチ調査の結果、砂礫層（E層）とこれを覆う砂、シルトなどの細粒堆積物（D層－A層）及び東傾斜の逆断層が露出した（図4）。

南側法面では、E層を変位させる東傾斜の断層が認められる。これより上位で断層は不明瞭となるが、E層より上位のD層及びC層は砂層のずれやシルト層の変形が認められること、これらの地層を覆うB層は撓曲変形していることから、断層活動はB層まで及んでいると判断される。一方、最上位層であるA層と断層活動との関係については不明である。

また、C層は低下側に厚く堆積していることから、D層堆積より後、C層堆積より前に断層活動があったと推定される。

以上のように、上野塚地点では、D層堆積より後、C層堆積より前と、B層堆積後に断層活動があったと推定される。ただし、トレンチではB層－D層から年代試料は得られていない。ここでは、トレンチの近傍で行われたボーリング調査の結果、E層上部から約2万1千年前の¹⁴C年代値が得られていることに基づいて、断層活動は、約2万1千年前以後2回あったと推定する。ただし、これ以上、それぞれの活動時期を絞り込むことはできない。

② 広尾町紋別地点では、尾田面が、西向きの撓曲崖を形成して変位している。北海道（2004）は、この撓曲崖の基部でトレンチ調査を実施した。その結果、下位から、段丘構成層の砂礫層（D層）とこれを覆う細粒堆積物層（C層、B層）及び被覆層（A層）と、C層及びD層に変位を及ぼしている逆断層が露出した（図5）。

北側法面では、断層はD層上面及びC2層（C層中のシルト質細粒砂層）を東側隆起で変位させている。北海道（2004）によれば、剪断面はC1層（C層上部層）まで達するとしている。一方、C層の上位のA4層については、断層活動との関係は不明である。なお、低下側に分布するA3層について、断層変位に伴い形成された凹地を埋積した堆積物の可能性があるとの指摘（北海道，2004）もあるが、その下位の砂礫層（D層）は、低下側では断層を示唆する構造は認められないことから、小河川による浸食後の埋谷堆積物と判断される。

これらのことから、紋別地点では、C層堆積以後に断層活動があったと考えられるが、活動時期を特定できる年代試料は得られていない。

なお、D層上部の斜交層理を伴う砂層中から、約6千－5千8百年前の¹⁴C年代値が得られている（北海道，2004）。しかし、北海道（2004）は、この年代値は花粉分析結果と整合しないとしており、採用しないこととした。

以上のことから、本断層では、約2万1千年前以後、2回の活動があったと考えられるが、それぞれの活動時期については、特定することはできない。

b) 先史時代・歴史時代の活動

光地園断層の活動と直接関係する被害地震は知られていない（宇佐美，2003）。

（３）１回の変位量（ずれの量）（注８）

上野塚地点では、尾田面が約 2.5m 変位している（池田ほか編，2002 など）。また、段丘構成層（E 層）上限面の変位量は約 2.8m（北海道，2003）であり、地形面の変位量と見合っている。一方、断層活動は、段丘構成層（E 層）堆積以後に 2 回あった可能性があることから、1 回の変位量は約 1.3－1.4m と求まる。

また、紋別地点では、地形面が約 3 m 変位しており（池田ほか編，2002；北海道，2003 など）、段丘構成層（D 層）上限面の変位量は約 3.2m（北海道，2004）である。上野塚地点と同様に段丘構成層（D 層）堆積以後、2 回の活動があったとみなすと、1 回の変位量は 1.5－1.6m と求まる。

これらのことから、本断層における 1 回の変位量は、1.5m 程度（上下成分）の可能性がある。

なお、本断層の長さは約 26 km であることから、前述の経験式（１）、（２）に基づくと、1 回の変位量は 2.1m と求められる。この値は、上記の値と比較しても大きな矛盾はない。

（４）活動間隔

本断層では、約 2 万 1 千年前以後 2 回の活動があったと考えられる。このことから、平均活動間隔は、7 千－2 万 1 千年程度の可能性がある。

（５）活動区間

光地園断層の活動区間に関する直接的な資料は得られていない。

（６）測地観測結果

2. 1. 2（６）参照。

（７）地震観測結果

2. 1. 2（７）参照。

2. 2. 3 光地園断層の将来の活動

（１）活動区間と活動時の地震の規模

本断層全体を 1 つの活動区間とした場合、前述の松田（1975）の経験式（１）に基づくと、断層（長さ約 26 km）から発生する地震の規模はマグニチュード 7.2 程度の可能性がある。また、このような地震が発生した場合、過去の活動時と同様に、断層の近傍の地表面に東側隆起で 1.5 m 程度高まる段差や撓みを生じる可能性がある。

（２）地震発生の可能性

光地園断層は、平均活動間隔は 7 千－2 万 1 千年程度、最新活動と 1 つ前の活動が約 2 万 1 千年前以後にあった可能性があるが、最新活動時期をこれ以上限定することができなかった。このため、上述のような規模の地震が発生する長期確率を通常の評価で用いている更新過程（地震の発生確率が時間とともに変動するモデル）を用いて評価することはできない。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）は、地震の発生確率を求めるにあたって、通常

の活断層評価で用いている更新過程（地震の発生確率が時間とともに変動するモデル）が適用できない場合には、特殊な更新過程であるポアソン過程（地震の発生時期に規則性を考えないモデル）を適用せざるを得ないとしている。本断層では平均活動間隔が7千–2万1千年程度であることをもとに、ポアソン過程を適用して地震発生確率を求めると、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、0.1%–0.4%、0.2%–0.7%、0.5%–1%及び1%–4%となる（表3）。

平均活動間隔の信頼度が低く、また、値が十分に絞り込まれていないため、地震発生確率にも幅があるが、本断層は今後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。

なお、通常の活断層評価で用いている更新過程によった場合、平均活動間隔が7千–2万1千年程度と求められているので、30年確率のとり得る範囲はほぼ0%–4%となる。

3. 今後に向けて

十勝平野断層帯主部では、活動履歴に関する資料が不足しており、最新活動を含めた過去の活動履歴や1回の変位量が明らかになっていない。将来の活動を明確にするためには、これらについての精度よいデータを集積させるとともに、平均活動間隔を明らかにする必要がある。

さらに、十勝平野断層帯主部では、地下深部における形状などを明らかにし、活動区間の検討も行う必要がある。

注8：「変位」を、1、2頁の本文及び5–7頁の表1、表3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、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よりも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た値を用いた。

文 献

越後智雄・宮内崇裕・河村知徳・佐藤比呂志・蔵下英司・加藤 一・井川 猛・川中 卓・折戸雅幸・長谷川貴志・伊藤谷生 (2001a)：反射法地震探査による十勝活断層帯中部の浅層構造。東京大学地震研究所彙報，**76**，129-134.

越後智雄・宮内崇裕・今泉俊文・野原 壯・高田圭太 (2001b)：十勝断層帯・旭断層における詳細デジタル地形図の作成と活動履歴について。活断層研究会，**20**，31-39.

平川一臣・小野有五 (1974)：十勝平野の地形発達史。地理学評論，**47**，607-632.

- 平川一臣・東郷正美・千田 昇・越後智雄（2003）：都市圏活断層図「大正」．国土地理院技術資料，D.1-No.416.
- 北海道（2002）：「平成 13 年度 地震関係基礎調査交付金 十勝平野断層帯および当別断層に関する調査 成果報告書」．192p.
- 北海道（2003）：「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金 十勝平野断層帯 富良野断層帯及び標津断層帯に関する調査 成果報告書」．230p, 121p, 56p.
- 北海道（2004）：「平成 15 年度 地震関係基礎調査交付金 十勝平野断層帯 富良野断層帯及び標津断層帯に関する調査 成果報告書」．181p, 109p, 183p.
- 北海道鉱業振興委員会（1992）：十勝地域．北海道の石油・天然ガス資源－その探査と開発－，119-123.
- 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.
- 石井英一・中川光弘・高島 勲・山本明彦（2002）：北海道中～東部火砕流堆積物の層序と TL 年代－十勝三股カルデラの提唱と関連火砕流堆積物－．地球惑星科学関連学会 2002 年合同大会予稿集，G030-005.
- 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.
- Koshimizu, S. (1981) : Fission track ages of pyroclastic flows in the Pliocene Ashoro Formation and the Plio-Pleistocene Ikeda Formation developed in eastern Hokkaido, Japan. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ., **19**, 505-518.
- 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.
- 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.
- 小疇 尚・野上道男・小野有五・平川一臣編（2003）：「日本の地形 2 北海道」．東京大学出版会，384p.
- 小池一之・町田 洋編（2001）：「日本の海成段丘アトラス」．東京大学出版会，105p.
- 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．地震研彙報，**65**, 289-319.
- 松井 愈・松沢逸巳・山口昇一（1970）：十勝平野の前期洪積統一長流枝内層について－．第四紀研究，**9**, 123-127.
- 松井 愈・松沢逸巳（1985）：十勝平野の構造発達史－帯広盆地と幕別台地の分化．第四紀研究，**23**, 233-244.
- 三谷勝利（1964）：北海道主部における鮮新世の層序と造盆地運動について．地下資源調査所報告，**32**, 1-38.
- 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・60p. 付図 1 葉.

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

岡 孝雄 (1976a) : 十勝平野の鮮新・洪積統について (その 1) - 居辺台地南部地域の池田層群上部 - . 地質学雑誌, **82**, 241-258.

岡 孝雄 (1976b) : 十勝平野の鮮新・洪積統について (その 2) - 帯広市付近の池田層群の地質構造について - . 地下資源調査所報告, **48**, 1-19.

岡 孝雄 (1982) : 十勝平野の鮮新・洪積統について (その 3) - 幕別台地の池田層群 - . 地質学雑誌, **88**, 79-100.

岡 孝雄・二間瀬冽・秋田藤夫 (1984) : 十勝平野中央部の深層熱水-地下構造および開発の現況 - . 地下資源調査所報告, **55**, 33-56.

岡 孝雄 (1999) : 十勝平野北部地域地質図及び説明書 (附.露頭.ボ-リング柱状図集) - 上士幌町, 足寄町, 士幌町, 音更町, 鹿追町, 新得町, 清水町 -, 農業農村整備事業関連十勝支庁管内地質.地下資源調査報告書, 240p.

小野有五 (1980) : 日高山脈周辺の活断層について. 筑波大学水理実験センター報告, **4**, 41-53.

石油公団 (1982) : 国内石油天然ガス基礎調査 (基礎物理探査) 「後志沖」「十勝～釧路海域」「オホーツク海」十勝地域調査報告書, 57p.

柴田 賢・山口昇一・佐藤博之 (1975) : 北海道十勝地域における中新統一更新統の K-Ar 年代. 地質調査所月報, **26**, 491-496.

柴田 賢・山口昇一・小久保公司・田中 実 (1979) : 北部十勝の鮮新統一更新統火砕岩の Kr-Ar 年代と古地磁気. 地質調査所月報, **30**, 231-239.

東郷正美 (1982) : 光地園断層について. 「環境科学の諸断面」. 三井教授還暦記念論文集, 土木工学社, 146-152.

東郷正美 (2000) : 「微小地形による活断層判読」. 古今書院, 206 p.

東郷正美・平川一臣・越後智雄・石山達也 (2002) : 都市圏活断層図「帯広」. 国土地理院技術資料, D.1-No.396.

東郷正美・小野有五 (1979) : 十勝平野東縁の活断層について. 日本地理学会予稿集, **17**, 58-59.

東郷正美・小野有五 (1982) : 十勝平野東縁の活断層について (第二報). 日本地理学会予稿集, **21**, 52-53.

東郷正美・小野有五 (1994) : 十勝活断層系およびその活動特性について. 法政大学多摩研究報告, **9**, 1-14.

十勝団体研究会 (1968) : 十勝平野の第四系 (第 II 報) - とくに地形面と層序について - . 第四紀研究, **7**, 1-14.

十勝団体研究会 (1978) : 「十勝平野」. 地団研専報, **22**, 433 p.

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.

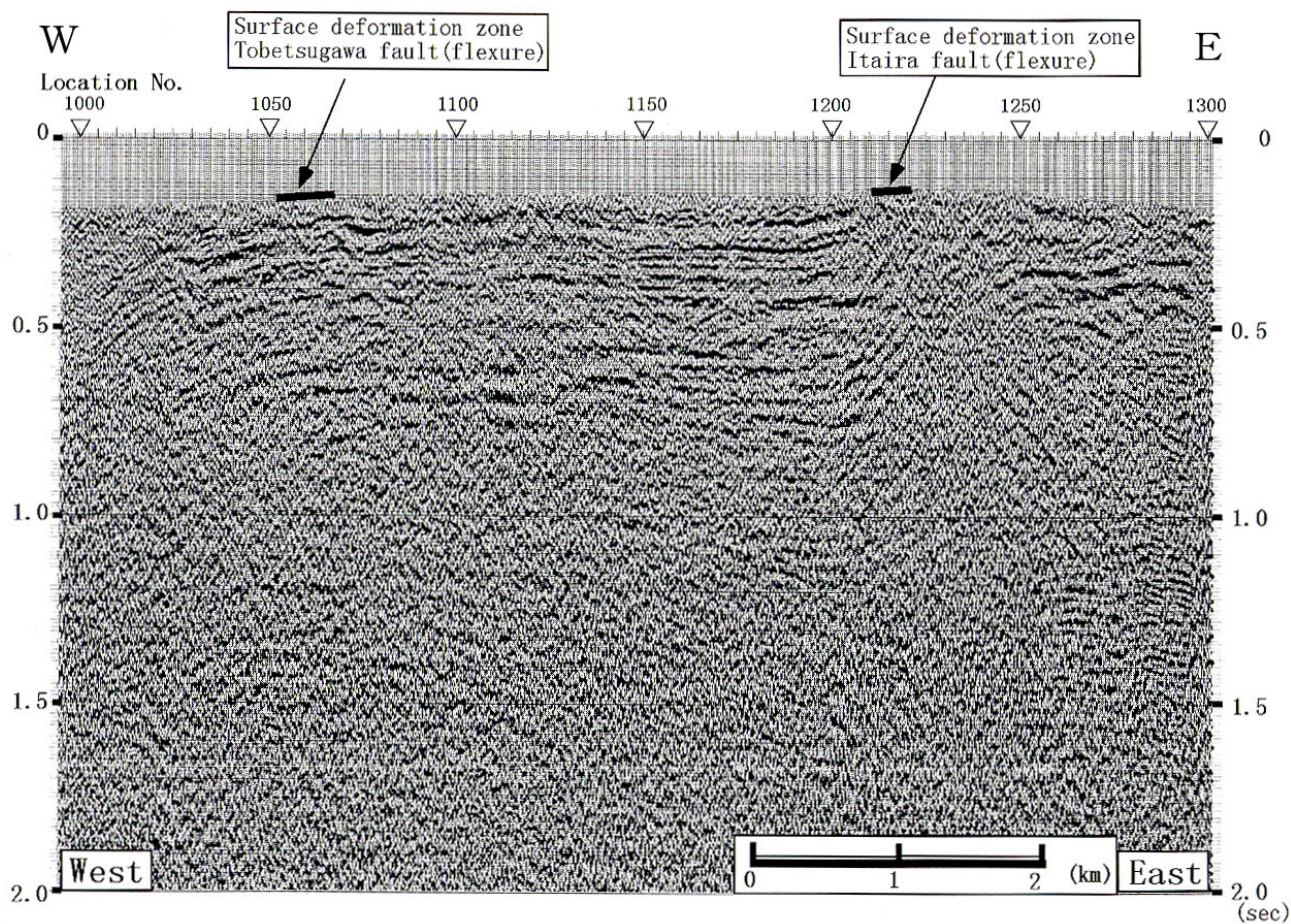


図3 途別川断層～以平断層の反射法弾性波探査断面図（時間断面）
越後ほか（2001a）に一部加筆

図2のG測線に対応する。

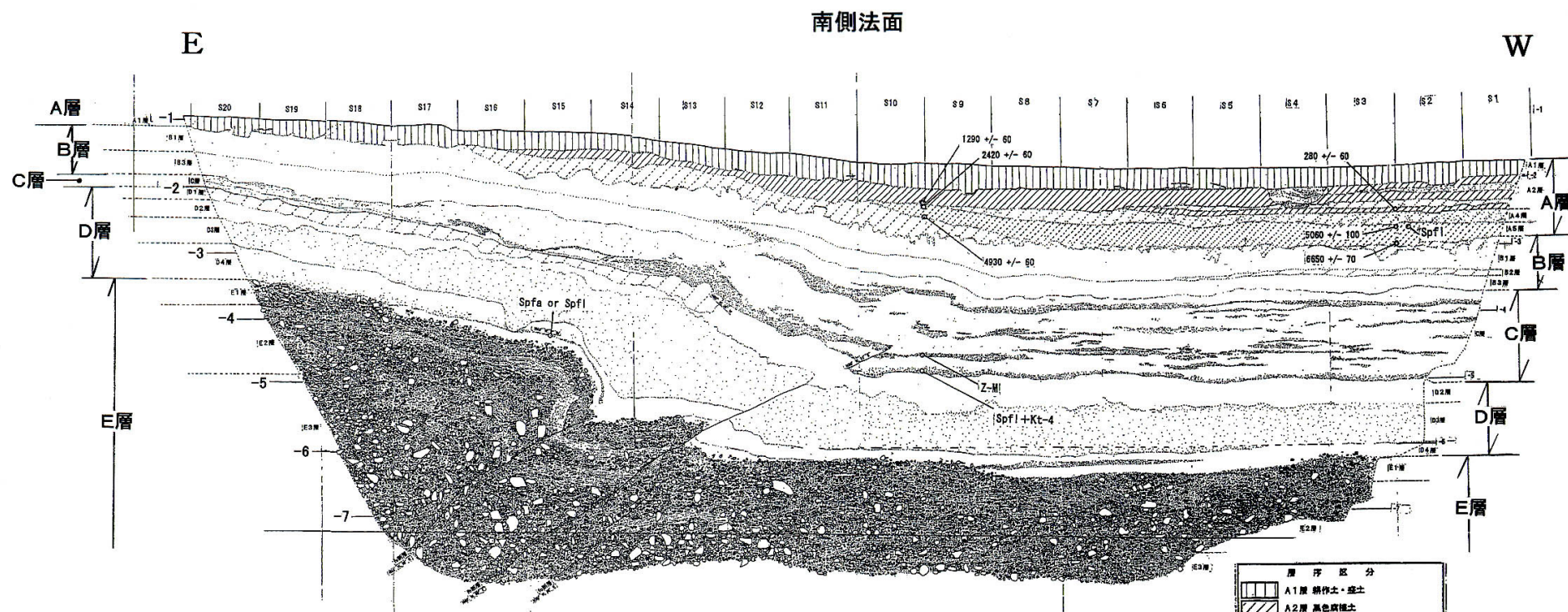


図4 上野塚地点トレンチの法面スケッチ

北海道（2003）に一部加筆

図中の試料の年代値は補正 ^{14}C 年代 (yBP)。

図中の火山灰 (Z-M, Spfa, Spfl, Kt-4) は、火山ガラス及び重鉍物分析の結果により対比される可能性があるもの。なお、これらの火山灰はいずれも再堆積したものであり、年代指標とはならない。

層序区分	
A1層	耕作土・盛土
A2層	黒色腐植土
A3層	腐植土（遺構？）
A4層	腐植質土壌層
A5層	黒色腐植層
B1層	細礫混じりローム層
B2層	腐土混化ローム層
B3層	淡褐色ローム層
C層	ローム質シルト・細粒砂互層
D1層	土混化ローム層
D2層	褐色ローム層
D3層	火山灰質腐熟砂
D4層	褐色ローム層（シルト質）
D5層	礫石混じり中～粗粒砂
E1層	砂混層（マトリックスシルト）
E2層	砂混層（マトリックス砂優勢）
E3層	砂混層（マトリックスシルト）

スケッチ凡例	
	耕作土
	腐植土
	中腐植
	腐植
	砂
	シルト
	ローム層
	土混化ローム層
	礫石
	腐熟火山灰

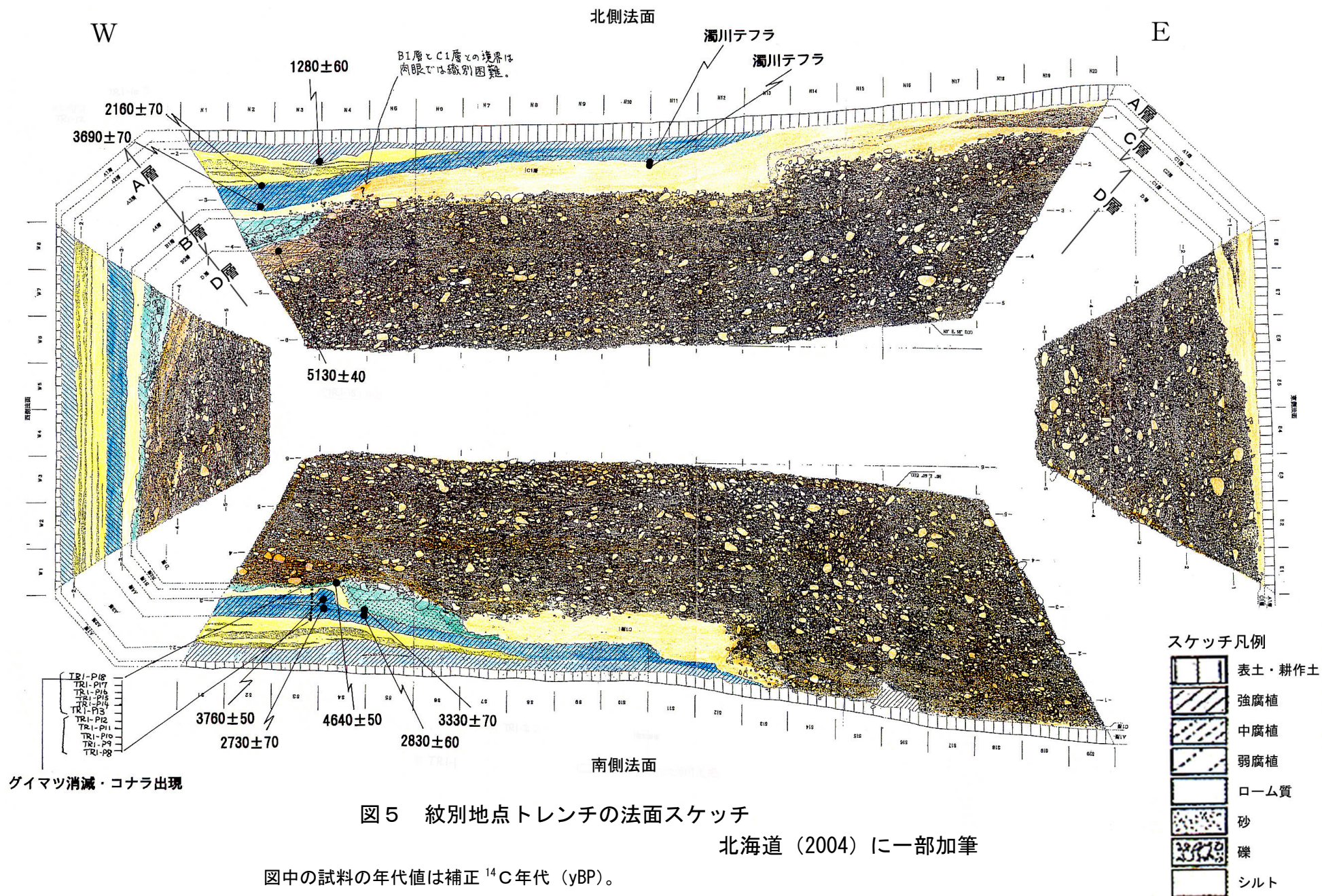


図5 紋別地点トレンチの法面スケッチ

北海道(2004)に一部加筆

図中の試料の年代値は補正 ^{14}C 年代 (yBP)。

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。