

北由利断層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、北由利断層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。

北由利断層の評価

北由利断層は、秋田県秋田市から同県由利本荘市にかけての日本海沿岸部に分布する活断層である。ここでは、平成 14－16¹ 年度に秋田県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、この断層の諸特性を次のように評価した。

1. 断層の位置及び形態

北由利断層は、秋田県秋田市沖から同県由利本荘市沖に至る断層である。長さは約 30km 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）。

2. 断層の過去の活動

北由利断層の平均的な上下方向のずれの速度は 0.6m／千年以上の可能性があり、最新活動時期は約 4 千 2 百年前以後であったと推定される。また、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 4 千年程度以下であった可能性がある（表 1）。

3. 断層の将来の活動

北由利断層は、全体が 1 つの区間として活動する場合、マグニチュード 7.3 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（海底）面では、東側が西側に対して相対的に 2－3 m 程度高まる段差や撓みが生じる可能性がある（表 1）。

北由利断層では、最新活動時期及び平均活動間隔は、それぞれ値は求められているものの、いずれも十分絞り込まれていないことから、通常の活断層評価とは異なる手法により地震発生長期確率を求めている。そのため、最新活動後の経過率は不明であり、信頼度は低い。将来このような地震が発生する長期確率を示すと表 2 のとおりとなる。本評価で得られた地震発生確率の長期確率には幅があるが、北由利断層は、今後 30 年の間に地震が発生する確率が、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）。

¹秋田県が地震調査交付金で実施中の平成 16 年度分の調査結果については、2004 年 10 月 18,19 日に行われた交付金調査報告会で中間報告（秋田県，2004b）された内容までを、平成 16 年度末に公表した全国を概観した地震動予測地図に資する目的で本評価に取り入れた。本評価が公表された後に、当該調査の「成果報告書」（秋田県，2005，予定）が公開されることに留意が必要である。

4. 今後に向けて

北由利断層では、平均的なずれの速度や1回のずれの量に関する詳しい資料が得られていない。また、最新活動時期を含めた過去の活動履歴に関する資料も十分とは言えない。したがって、最新活動時期や平均活動間隔を特定するための資料をさらに得る必要がある。

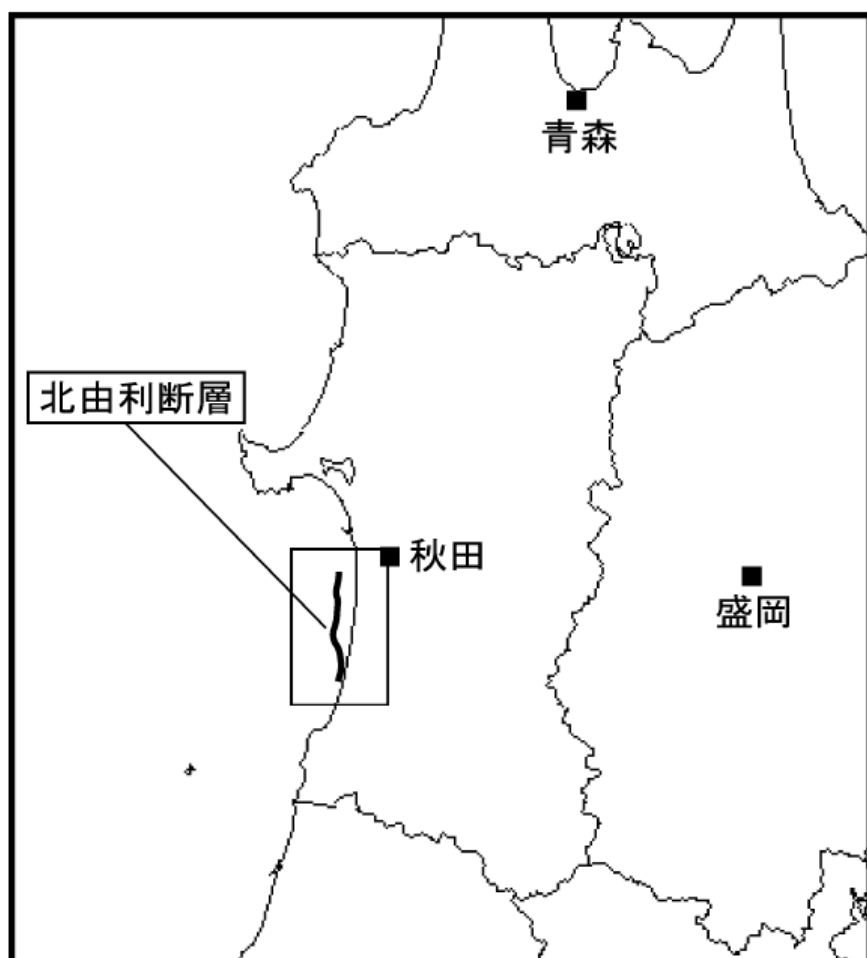


図 1 北由利断層の概略位置図
(長方形は図 2 の範囲)

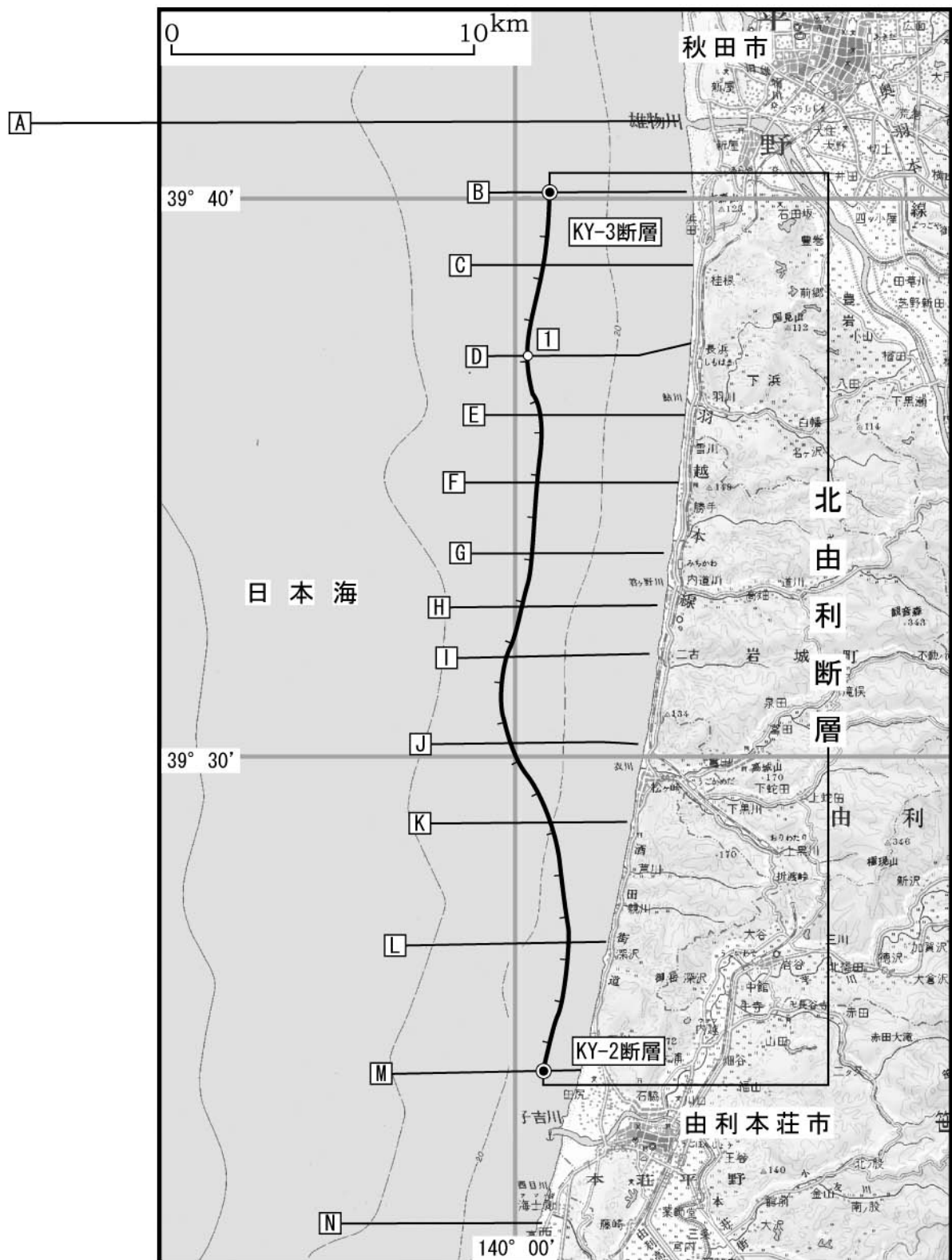


図2 北由利断層の位置と主な調査地点

1 : ボーリング調査地点

A - N : 音波探査測線 (文献1)

● : 断層の北端と南端

断層の位置は文献1に基づく。

基図は国土地理院発行数値地図200000「男鹿」「秋田」を使用。

表 1 北由利断層の特性

項 目	特 性	信頼度 (注4)	根 拠 (注5)
1. 断層の位置・形態			
(1) 北由利断層を構成する断層	北由利断層（KY－3断層、KY－2断層など；注6）		文献1による。
(2) 断層の位置・形状	地表（海域）における断層の位置・形状 断層の位置 （北端）北緯39° 40′ 東経140° 01′ （南端）北緯39° 24′ 東経140° 01′ 長さ 約 30 km	○ △ △	文献1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 N－S 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)。 文献1などに示された既存ボーリング資料による。 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1に示された音波探査結果と既存ボーリング資料による。
2. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	0.6m／千年以上（上下成分）	△	文献1、2に示された資料による。
(2) 過去の活動時期	活動1（最新活動） 約4千2百年前以後	○	文献1、2に示された資料による。
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量 2－3 m程度 （上下成分）	△	断層の長さから推定。
	平均活動間隔 4千年程度以下	△	平均的なずれの速度と1回のずれ量から推定。
(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。 断層の長さから推定。
	地震の規模	マグニチュード 7.3 程度	△	
	ずれの量	2－3 m 程度（上下成分）	△	

表 2 北由利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 7)	信頼度 (注 8)	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	0.7%以上 1 %以上 2 %以上 7 %以上	d	発生確率は、文献 3 による。

注 1：北由利断層では、最新活動時期は約 4 千 2 百年前以後、平均活動間隔は 4 千年程度以下とそれぞれ求められている。しかし、最新活動時期の最近側の値、あるいは平均活動時期の下限値を特定することはできなかったため、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 4 千年の場合は 30 年確率の最大値は 6 %程度である。

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：秋田県 (2004a)

文献 2：秋田県 (2004b)

文献 3：地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001)

注 6：北由利断層は、当初、由利本荘市付近の日本海の海岸線に沿う陸域に伏在する活断層として示された(活断層研究会編, 1980)。一方、秋田県 (2003, 2004a) は、音波探査を行った結果、海域に海底付近まで変形を及ぼす撓曲帯が存在することを示し、これを北由利断層とした。秋田県 (2004a) は、そのうえで、このうち北部のやや急な部分を「KY-3 断層」、中央部の緩やかな部分を「極めて緩やかな変形範囲」、南部のやや急な部分を「KY-2 断層」と呼んでいる。ここでは、秋田県 (2004a) に従い、この撓曲帯を北由利断層と称することとした。

注 7：北由利断層は最新活動時期が十分に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。北由利断層は平均活動間隔が 4 千年程度以下と求められている。この場合の通常の手法による 30 年確率のとり得る範囲の最大値は 6 %以上となる。

注 8：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. 北由利断層に関するこれまでの主な調査研究

北由利断層は、秋田県秋田市から同県由利本荘市にかけての日本海沿岸部に位置する東側隆起の活断層である。

藤岡ほか（1976）は、本地域の新第三系～第四系の地質構造を明らかにし、鮮新統を大きく変位させている北由利衝上断層群の記載を行った。また、大沢ほか（1984）は、能代衝上断層群・北由利衝上断層群・仁賀保衝上断層群・酒田衝上断層群を総括したものを北由利衝上断層系と命名した。活断層研究会編（1980, 1991）及び山崎ほか（1983）は、海岸線に沿う陸域に、伏在する活断層として示した。この北由利衝上断層群を含む北由利衝上断層系について、Awata and Kakimi（1985）が歴史地震との関係について考察を行った。また、栗田（1988）は、活動開始時期や平均変位速度等について議論を行った。

秋田県（2003, 2004a, b）は、北由利断層の総合調査を行い、断層の位置は海岸線より西側の海底であることを明らかにし、沿岸海域での音波探査による海底活断層分布を示した。

2. 北由利断層の評価結果

2. 1 北由利断層の位置及び形態

（1）北由利断層を構成する断層

本断層は、秋田県秋田市沖から同県由利本荘市沖にかけて分布している（図1、2）。

北由利断層は、当初、由利本荘市付近の日本海の海岸線に沿う陸域に、伏在する活断層として示された（活断層研究会編, 1980）。秋田県（2003, 2004a）は、音波探査を行なった結果、海域に海底付近まで変位を及ぼす撓曲帯が存在することを示し、これを北由利断層とした。ここでは、断層の位置及び名称は、秋田県（2004a）にしたがった。そのうえで、秋田県（2004a）が示した撓曲帯の西縁線を、北由利断層の位置とみなして図示した（図2）。

なお、秋田県（2004a）は、本断層の北西方に西側隆起のAK-1断層を示しているが、本断層とは約10km程度離れており、変位の向きも異なる。また、秋田県（2004a）は、海域での音波探査の結果、本断層の数km南西方に東側隆起の撓曲帯を推定しているが、変位が明らかではなく、連続性についても不明である。したがって、これらの断層については、ここでは扱わないこととした。

このほか、本断層の西側に隣接する海域については、「日本海東縁部の地震活動の長期評価について」（地震調査委員会, 2003）で既に評価されている。

（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30 km、N-Sとなる。ここで断層の北端は、秋田県（2004a）の音波探査の結果、B-1測線（図2のB測線）では沖積層と推定される反射面まで撓曲変形が見られるのに対し、その北のA-3測線（図2のA測線）では同様の撓曲変形が見られないとされることから、B-1測線の位置で示した。また、断層の南端は、B-12測線（図2のM測線）まで沖積層と推定される反射面まで撓曲変形が見られることから、B-12測線の位置で示した。これより南のB-13測線（図2のN測線）に撓曲変形は見られないが、断層は、音波探査では確認できない海岸付近を南方へ延びていく可能性もあり、南端の位置については不確さを伴う。

断層面上端の深さは、海底面付近まで東側隆起の撓曲変形が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、秋田県（2004a）の音波探査結果と既存ボーリング資料から東傾斜であると推定される。

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、断層面の幅については、地下深部の傾斜が明らかではないため不明である。

（3）断層の変位の向き（ずれの向き）（注 9）

本断層は、上述のように東側隆起の地質構造が認められ（秋田県，2004a）、断層面は東傾斜と推定されることから、東側が西側に乗り上げる逆断層と考えられる。

2. 2 北由利断層の過去の活動

（1）平均変位速度（平均的なずれの速度）（注 9）

本断層の平均変位速度に関する資料として以下のものがある。

秋田県（2004a）が実施した音波探査の結果、B-3 測線（図 2 の D 測線）で、a 層（沖積層）、b 層（沖積基底層）、H 層（上・中部更新統）が東側隆起で撓曲変形し、G 層（中・下部更新統）は西に急傾斜することが明らかとなった。このうち、b 層（沖積基底層）は東側隆起で少なくとも 6 m 変位しており、変位はその上位の a 層上部にまで及んでいる可能性がある（図 3）。秋田県（2004b）が B-3 測線（図 2 の D 測線）に沿って実施したボーリング調査の結果、b 層から約 1 万 1 千 - 1 万年前、a 層基底付近から約 1 万 1 千 - 1 万年前の ^{14}C 年代値（注 10）が得られていることから、b 層堆積以後の平均変位速度として、0.5 - 0.6 m / 千年が求められる。ただし、本断層の撓曲帯の幅が広いことを考慮すると、平均変位速度はこの値よりも大きくなる可能性がある。

本断層が分布する地域の地質断面図（大沢ほか，1984；栗田，1988）によれば、前期更新世に堆積した天徳寺層上部に断層を挟んで概ね 2000 m の変位が認められることから、本断層の活動度（注 11）は A 級に達している可能性がある。ただし、平均変位速度については、断層の位置や天徳寺層上部の年代及び変位量の見積もりについて不確かな点があることから特定できない。

以上のことから、本断層の平均上下変位速度は、0.6 m / 千年程度以上の可能性がある。

（2）活動時期

a) 地形・地質的に認められた過去の活動

上述したように、海域で実施された音波探査（秋田県，2004a）の結果、東側隆起の撓曲は、a 層上部にまで及んでいる（図 3）。また、ボーリング調査（秋田県，2004b：図 4）の結果、撓曲する a 層上部の ^{14}C 年代値は約 4 千 2 百 - 4 千 1 百年前を示す（注 12）。これらのことから、本断層は、約 4 千 2 百年前以後に活動したと推定される。

b) 先史時代・歴史時代の活動

1644 年（正保元年）の羽後本荘の地震（マグニチュード $6.5 \pm 1/4$ ）は、本荘付近に城郭の大破

などの大きな被害をもたらしたとされているが（宇佐美，2003）、本断層との関係は不明である。

なお、本断層の周辺では、以下の被害地震も知られている。

本断層の南方の海域では、1804 年（文化元年）に象潟地震（マグニチュード 7.0 ± 0.1 ）が発生した。死者 500 人以上、倒壊家屋 5000 棟以上の被害が生じ、本荘付近でも被害の報告があり（宇佐美，2003）、津波も発生している（渡辺，1998）。

以上のことから、本断層の最新活動時期は、約 4 千 2 百年前以後と推定される。

（３）１回の変位量（ずれの量）

本断層の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 30km）から次の松田（1975）の経験式（１）、（２）に基づいて１回の変位量を算出すると、約 2.4m と求まる。

このことから、１回の変位量は 2 – 3 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

本断層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 2.4m）と平均上下変位速度（0.6m／千年程度以上）に基づいて平均活動間隔を算出すると、4 千年程度以下と求まる。

このことから、平均活動間隔は 4 千年程度以下であった可能性がある。

（５）活動区間

本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

最近 5 年間の G P S 観測結果では、本断層の周辺で東西方向のわずかな縮みが見られる。

なお、1981 年までの約 70 年間の測地観測結果では、本断層の東側の陸域で顕著な歪は見られない。

（７）地震観測結果

本断層周辺の最近約 7 年間の地震観測結果によると、本断層付近の地震活動は低調である。本断層周辺の地震発生層の下限の深さは 20 km 程度と推定される。

2. 3 北由利断層の将来の活動

（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）、（2）に基づく、本断層（長さ約30 km）から発生する地震の規模はマグニチュード7.3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、地表（海底）に東側隆起で2－3 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

北由利断層では、最新活動時期は4千2百年前以後、平均活動間隔は4千年程度以下と求められている。しかし、最新活動時期の最近側の値及び平均活動間隔の下限値を特定することはできなかったため、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4千年程度以下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、0.7%以上、1%以上、2%以上及び7%以上となる（表2、注13）。

平均活動間隔の信頼度が低く、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4千年程度以下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%－6%以上となる。

3. 今後に向けて

北由利断層では、平均変位速度や1回の変位量に関する詳しい資料が得られていない。また、最新活動時期を含めた過去の活動履歴に関する資料も十分とは言えない。したがって、最新活動時期や平均活動間隔を特定するための資料をさらに得る必要がある。

注 9 : 「変位」を、1、2 頁の本文及び 5、6 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 10 : 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 1σ 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。

注 11 : 活断層の活動の活発さの程度を示す指標として、活動度が定義されている (松田, 1975)。

- ・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、10m 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 0.1m 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 0.01m 以上、0.1m 未満であるものをいう。

注 12 : 年代測定値を Niklaus (1991) により暦年補正 (注 10) した値から、海水のリザーバ効果を考慮して、池原 (2000) などに基づき、350 年新しくした値を採用した。以下、リザーバ効果について簡単に記す。

放射性炭素同位体年代測定では、宇宙線によって ^{14}C が生成されてから、生物に固定されるまでの時間を考慮する必要がある。 ^{14}C の生成から生物による吸収・固定までの間に ^{14}C が滞留する場所 (海水・極氷など) をリザーバ、滞留期間中に進行する ^{14}C の壊変の結果、生物に固定される際の ^{14}C 濃度が大気中の初生 ^{14}C 濃度に比べて低下することをリザーバ効果とよぶ。大気も一つのリザーバであるが、大気中の炭素 (CO_2) は 1～2 年で拡散・混合されるため、陸上植物が光合成によって固定する ^{14}C の濃度と大気中の初生 ^{14}C 濃度の差 (大気のリザーバ効果) は無視することができる。しかし、貝やサンゴなど海成試料が固定する海水中の炭酸成分に含まれる ^{14}C 濃度は、 CO_2 が海水に溶け込み地球規模で循環する時間 (最大 2000 年) を通じて壊変が進むため、大気の初生 ^{14}C 濃度より低くなる。従って同時に生存した陸上植物と海成生物の ^{14}C 年代を比較すると、海成生物は海洋のリザーバ効果によって陸上植物より古い年代を示す。日本近海の最近数千年間の外洋水では ^{14}C 年代にして 400 年前後に相当する海水のリザーバ効果が知られている。この値は湧昇流の強弱、海流、陸水の混入、また氷期の海水準変動等の影響を受け、空間的にも時間的にも変化する。

注 13 : 北由利断層では、活動度が A 級となる可能性を示唆する資料もある。仮に、平均変位速度を 1 m / 千年とした場合、断層の長さから推定される 1 回の変位量 (上下成分 2.4m) から計算した値に基づく、平均活動間隔は 2 千 4 百年となる。その際、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、 $\alpha = 0.24$) を用いると、今後 30 年以内地震発生確率は 8 % 以下となる。

文 献

- 秋田県 (2003) : 「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金 北由利断層に関する調査成果報告書」.
秋田県.
- 秋田県 (2004a) : 「平成 15 年度 地震関係基礎調査交付金 北由利断層に関する調査成果報告書」.
秋田県.
- 秋田県 (2004b) : 北由利断層に関する評価 (平成 16 年度中間報告). 2004 年活断層調査成果および堆積平野地下構造調査成果報告会予稿集, 秋田県追加資料, 10p.
- Awata, Y. and Kakimi, T. (1985) : Quaternary Tectonics and Damaging Earthquakes in Northeast Honshu, Japan. *Earthq. Predict. Res.*, **3**, 231-251.
- 栗田泰夫 (1988) : 東北日本弧内部内帯の短縮変動と太平洋プレートの運動. 月刊地球, **10**, 586-591.
- 栗田泰夫 (2002) : 第四紀後期の歪み集中帯. 大竹政和・平 朝彦・太田陽子編「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」. 東京大学出版会, 201p.
- 藤岡一男・大沢 穠・池邊 穰 (1976) : 羽後和田地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 65p.
- 藤岡一男・大沢 穠・高安泰助・池邊 穰 (1977) : 秋田地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 75p.
- 畠山 明 (1954) : 秋田県本荘盆地東部の新第三系. 地質学雑誌, **60**, 171-184.
- 深沢 浩 (1988) : 出羽丘陵内部の活断層. 地理学会予稿集, **33**, 2-3.
- 福留高明 (1993) : 秋田県沿岸部における直下型地震と活断層. 秋田大学地下資源研究彙報, 26-52.
- 池原 研 (2000) : 海底堆積物中の浮遊性有孔虫と有機炭素を用いた放射性炭素年代測定値の比較, 地質調査所月報, **51**, 299-307.
- 活断層研究会編 (1980) : 「日本の活断層一分布図と資料」. 東京大学出版会, 363p.
- 活断層研究会編 (1991) : 「[新編] 日本の活断層一分布図と資料」. 東京大学出版会, 437p.
- Kutsuzawa, A. and Kim, C. (1966) : On structural analysis of the Toridame Fault. J. Min. Coll. Akita Univ., Ser. A, **4**, 35-51.
- 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 (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 (2003) : 「日本海東縁部の地震活動の長期評価について」. 62p.
- 中田 高・大槻憲四郎・今泉俊文 (1976) : 東北地方の活断層の諸特徴. 地理予稿集, **11**, 219, 138-139.
- 岡村行信・森尻理恵・佐藤幹夫 (1996) : 海洋地質図 48 秋田西方海底地質図 1:200,000, 同説明書, 36p.
- 大沢 穠・高安泰助・池邊 穰・藤岡一男 (1977) : 本荘地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 50p.
- 大沢 穠・池邊 穰・平山次郎・栗田泰夫・高安泰助 (1984) : 北由利地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 91p.

- 大沢 穠・片平忠実・中野 俊・土谷信之・栗田泰夫（1988）：矢島地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），87p.
- 大沢 穠・土谷信之・片平忠実・菊地芳朗・大口健志（1989）：秋田県南部－山形県北部油田地帯の深部地質構造．地質学論集，**32**，133-142.
- 白石建雄（1993）：海岸砂丘の形成－秋田県の例－．土と基礎，**41**，25-30.
- 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.
- 渡辺偉夫（1998）：「日本被害津波総覧－第 2 版－」．東京大学出版会，238p.
- 山形県（1998）：山形県活断層調査－庄内平野東縁断層帯，山形盆地断層帯，新庄盆地断層帯に関する調査－．第 2 回活断層調査成果報告会予稿集，科学技術庁，221-224.
- 山崎晴雄・栗田泰夫・下川浩一・衣笠善博（1983）：50 万分の 1 活構造図「秋田」．地質調査所.

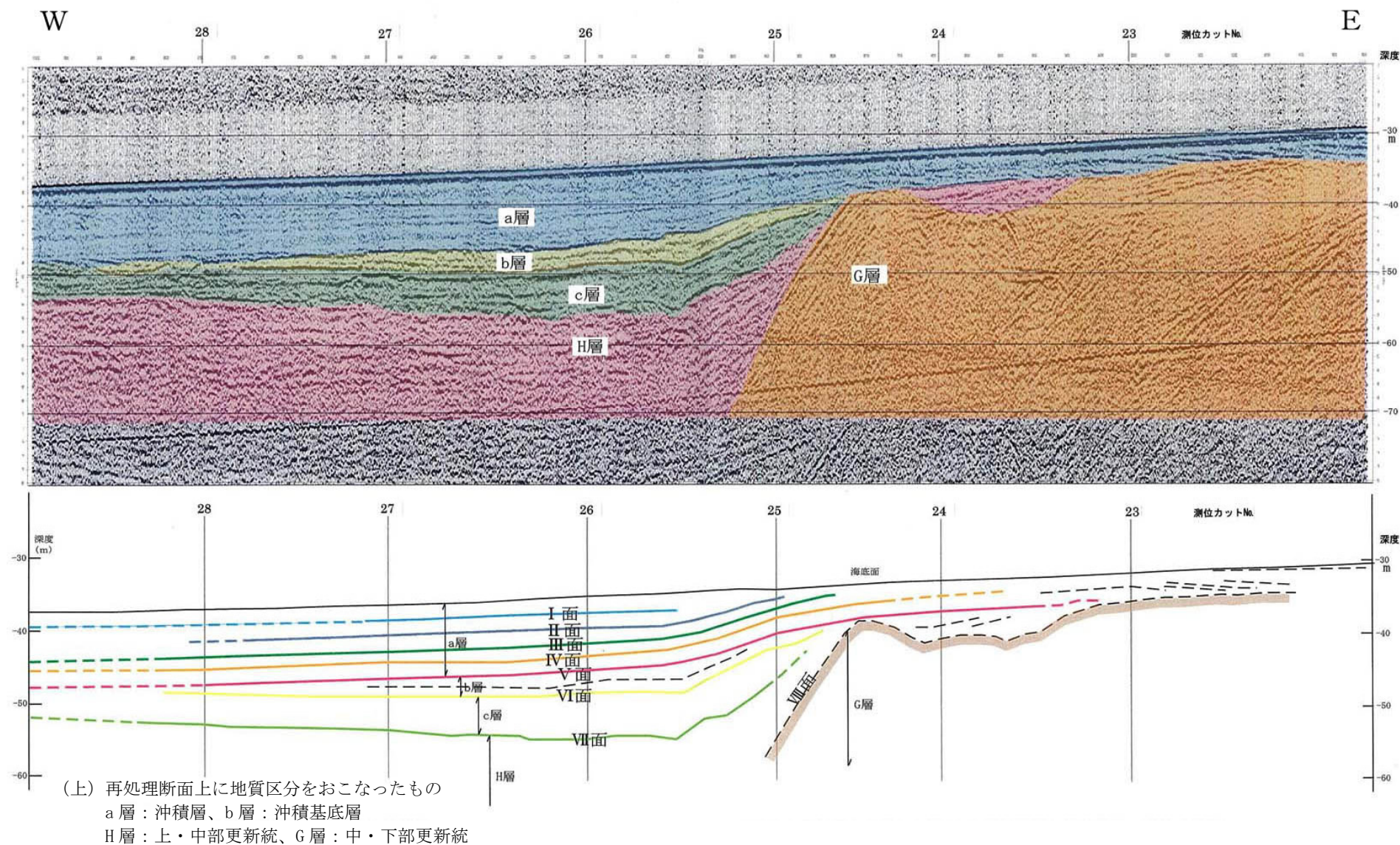
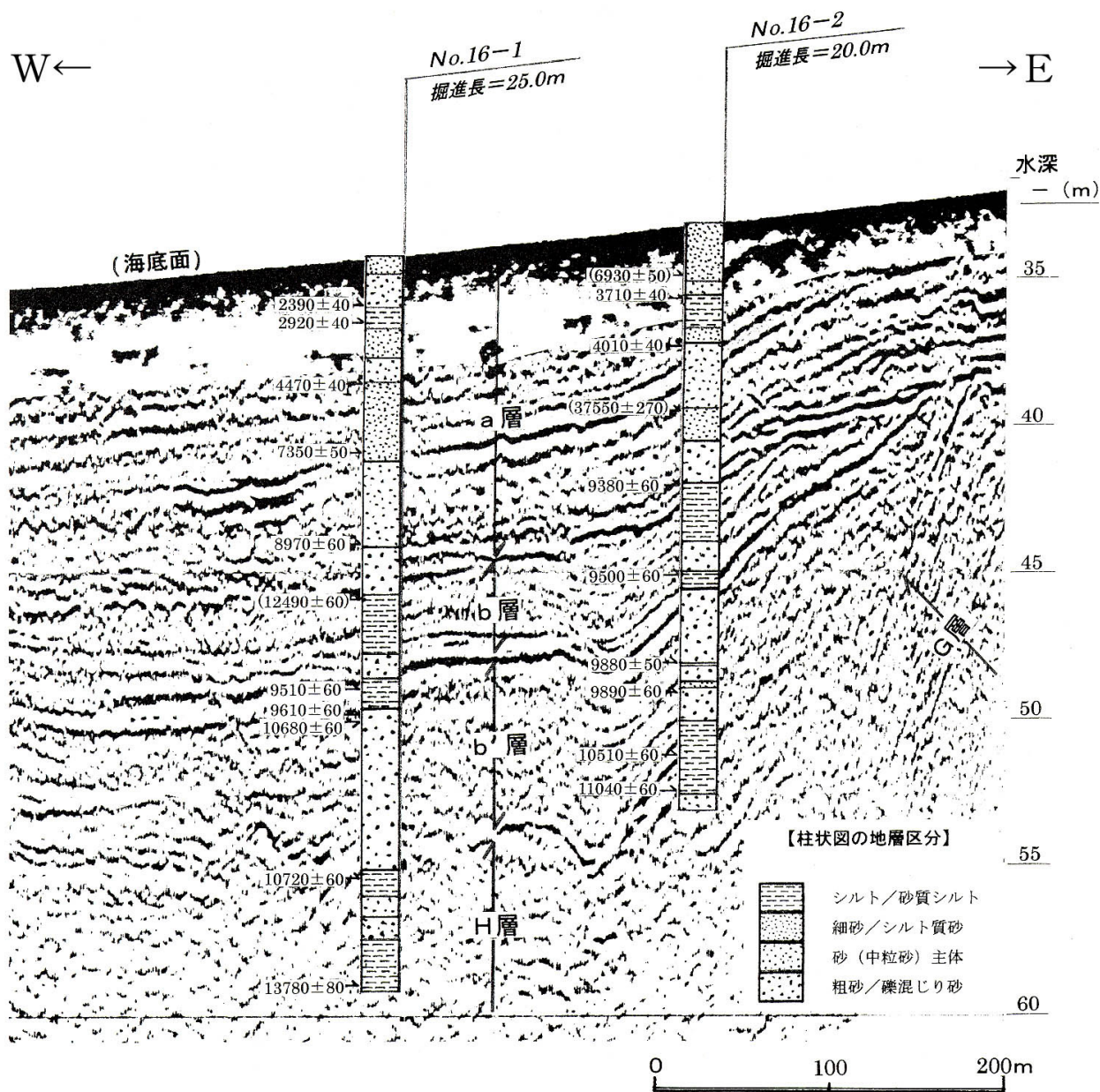


図3 秋田市南西沖での音波探査記録（B－3測線：解釈断面図及び反射面模式図）

秋田県（2004a）に一部加筆

B－3測線は、図2で測線位置記号「D」として示している。



※ () 内年代値 (y. B. P) : 下位の地層の年代値より古い値を示すもの (リワークの可能性)

図4 E-3測線上でのボーリング調査結果(柱状図)

秋田県(2004b)に一部加筆

B-3測線は図2で測線位置記号「D」、ボーリング調査地点は調査地点番号「1」として示している。なお、図中の年代値は、暦年未補正の放射性炭素同位体年代(yBP)。評価に用いた年代値を、Niklaus(1991)に基づいて暦年補正し、さらに、リザーバー効果に伴う補正を行い、100年単位(1万年前以前は1000年単位)で四捨五入して表示すると以下ようになる。

4010±40yBP → 約4千2百-4千1百年前 9500±60yBP → 約1万1千-1万年前
9380±60yBP → 約1万年前

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。