

目次

1. 敷地周辺陸域の調査結果
2. 敷地周辺陸域の活断層評価の概要
- 3. 旭山撓曲・須江断層**
4. 2003年宮城県中部の地震南部セグメント断層
5. 加護坊山－笥岳山断層

3. 1 文献調査結果 【2003年宮城県中部の地震①】

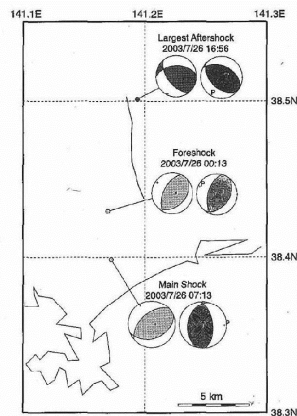


Fig. 3. Focal mechanisms of $M_{5.6}$ foreshock, main shock and the largest aftershock projected on lower focal hemispheres (OKADA *et al.*, 2003). Focal mechanisms determined by P-wave polarities are shown on the left, and moment tensor solutions determined by waveform inversions on the right. All focal mechanisms are reverse fault types. However, directions of P axes are classified into three groups (see text).

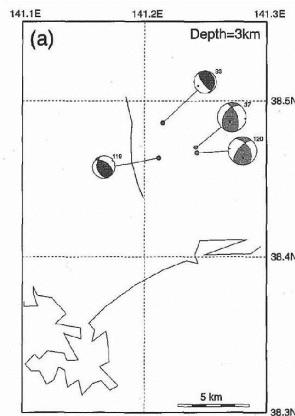


Fig. 4. Focal mechanisms of aftershocks determined by P-wave polarities. Gray colors in lower focal spheres denote three types of focal mechanisms (see text). Numerals attached to individual events are earthquake number allocated to aftershocks in chronological order. (a) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 3 km.

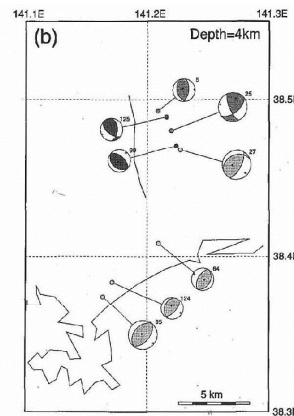


Fig. 4. Continued. (b) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 4 km.

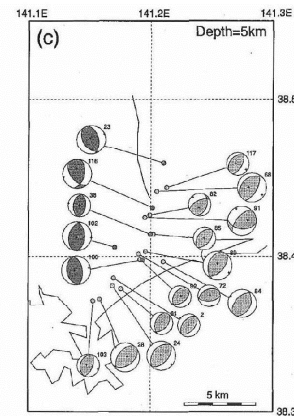


Fig. 4. Continued. (c) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 5 km.

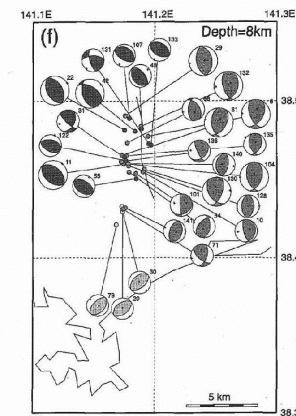


Fig. 4. Continued. (f) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 8 km.

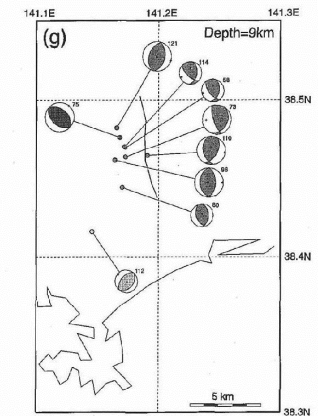


Fig. 4. Continued. (g) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 9 km.

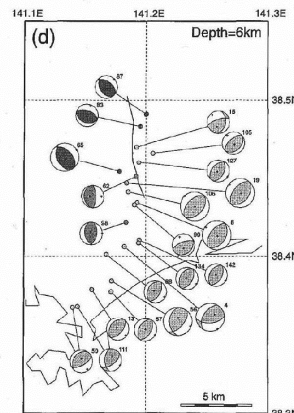


Fig. 4. Continued. (d) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 6 km.

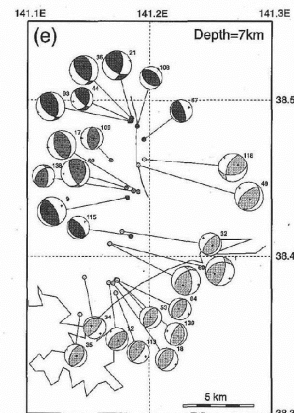


Fig. 4. Continued. (e) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 7 km.

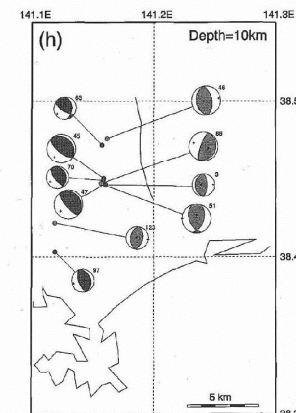


Fig. 4. Continued. (h) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 10 km.

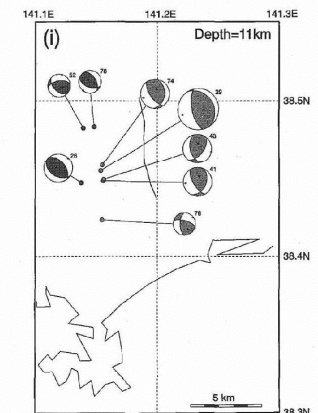


Fig. 4. Continued. (i) Focal mechanisms of aftershocks with focal depths of 11 km.

海野ほか(2004)による2003年宮城県中部の地震の前震・本震・最大余震及びP波初動メカニズム解の各深度の分布

- 海野ほか(2004)によれば、2003年宮城県中部の地震の前震、本震及び最大余震の発震機構は、いずれも逆断層型のメカニズム解を示すが、それぞれ主応力軸の方向に相違がみられるとしている。

3. 1 文献調査結果 【2003年宮城県中部の地震②】

- 海野ほか(2004)によれば、余震分布に基づき、北緯38.44度付近を境に、北側領域ではほぼ西側に約50° 傾斜した面、南側領域ではほぼ北西方向に約40° 傾斜した面が認められるとしている。

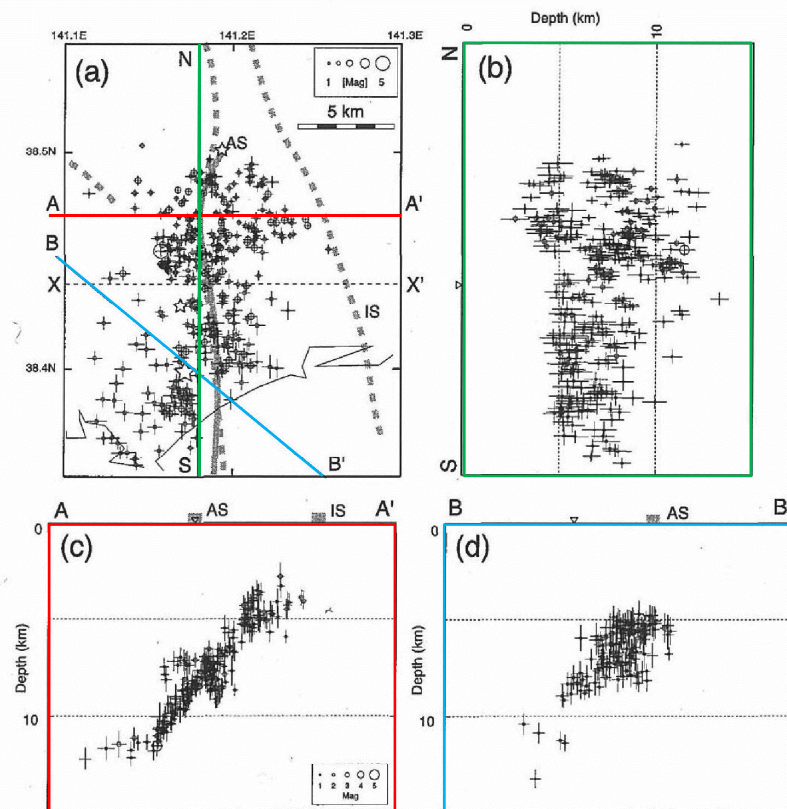


Fig. 2. Distribution of aftershocks determined by temporary observation data. Locations of aftershocks and standard deviations of them are shown by open circles and thin lines, respectively. Thick gray line AS denotes Asahiya flexure (Active Fault Research Group, 1991). Gray dashed line IS shows the location of Ishinomaki-wan fault (Nakamura, 1992). (a) Map view. (b) NS vertical cross section. (c) Vertical cross section along line AA' in (a). Aftershocks in the northern part (north of XX' in (a)) of the aftershock area are shown. (d) Vertical cross section along line BB' in (a). Aftershocks in the southern part (south of XX' in (a)) of the aftershock area are shown. Epicenters of M5.6 foreshock, main shock and the largest aftershock determined by Okada *et al.* (2003) are shown by open stars.

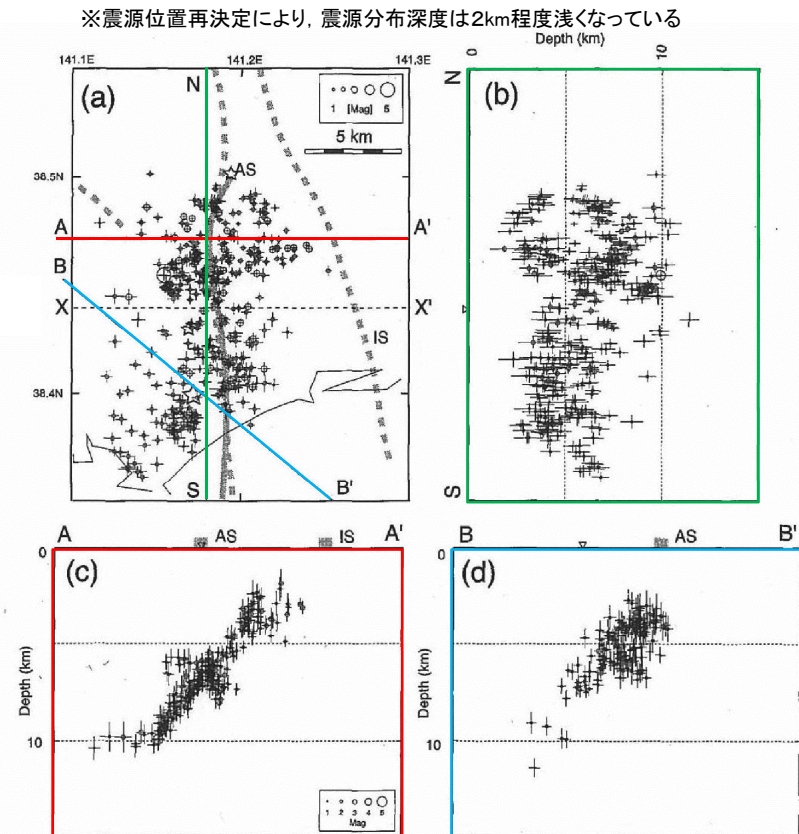


Fig. 6. Distribution of aftershocks relocated with station corrections. Others are the same as in Fig. 2.

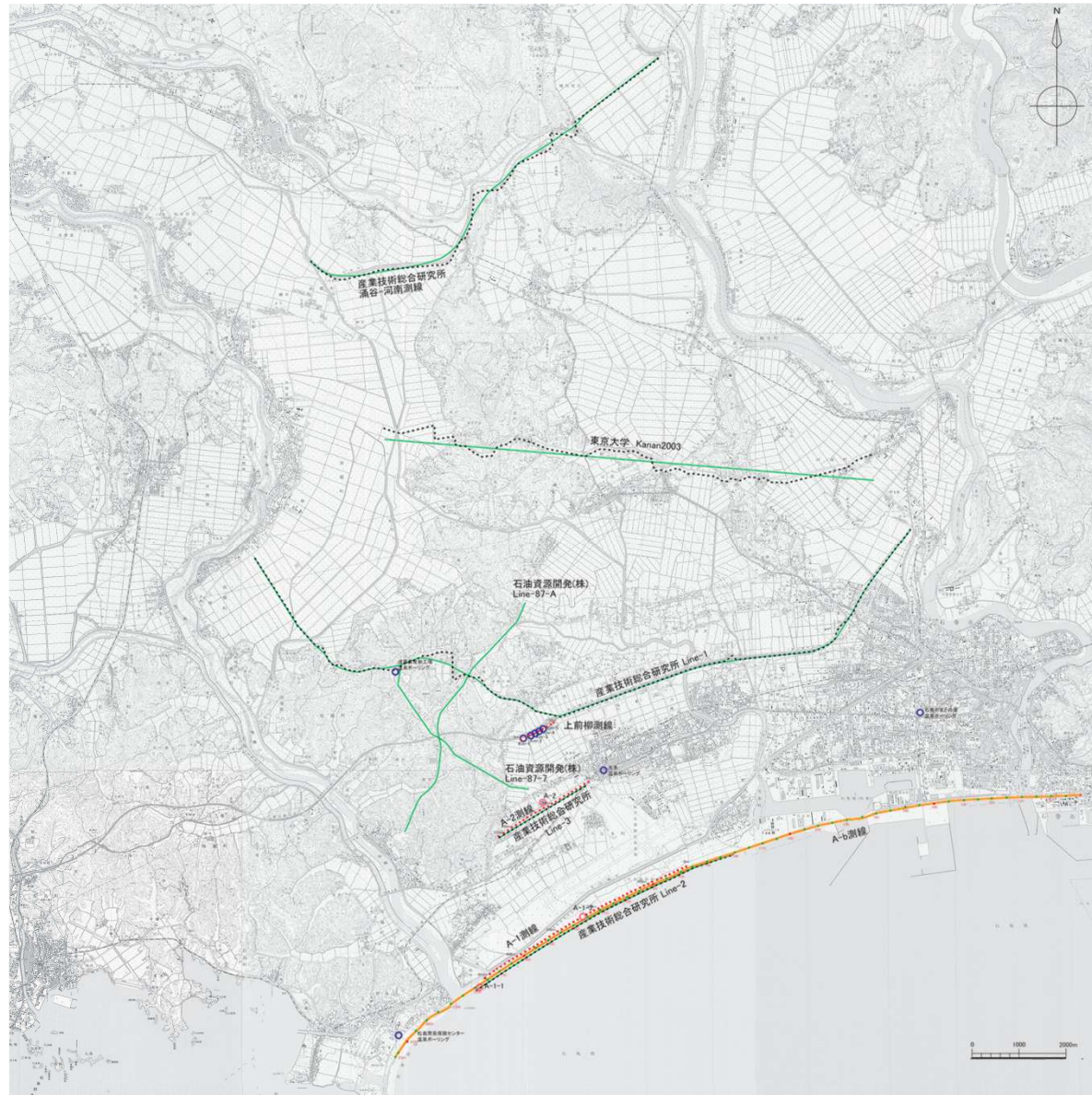
2003年宮城県中部の地震の余震分布(海野ほか(2004))

Fig.2(左図): 観測データ

Fig.6(右図): 観測点補正値に基づく震源位置再決定

※海野ほか(2004)では、ASは旭山撓曲、ISは石巻湾断層を示すが、本資料では、ASは旭山撓曲、ISは須江断層に相当する。

3. 1 文献調査結果 【地下構造調査:位置図】



- 旭山丘陵及び周辺地域の地下地質構造調査として、反射法地震探査及びボーリング調査を実施した。

【浅部探査】

- ・A-1測線, A-2測線

【深部探査】

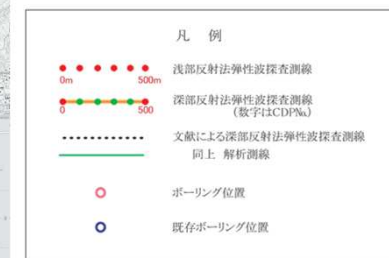
- ・A-b測線

【ボーリング調査】

- ・A-b測線(A-1測線含む)上:2箇所
- ・A-2測線上:1箇所

- 一方、他機関の調査として、以下の結果も総合して検討を実施した。

- ・Kato et al. (2004,2006): 東京大学Kanamori 2003
- ・産業技術総合研究所(2004)
- ・石油資源開発による反射法地震探査結果
- ・既往温泉ボーリングデータ



この地図は、国土院発行の2万5千分の1地形図(旭野川・湯谷・小半田・湯島台・広瀬・右衛門・小野・松島)を使用したものである。

3. 1 文献調査結果 【地下構造調査: 東京大学Kanan2003測線】

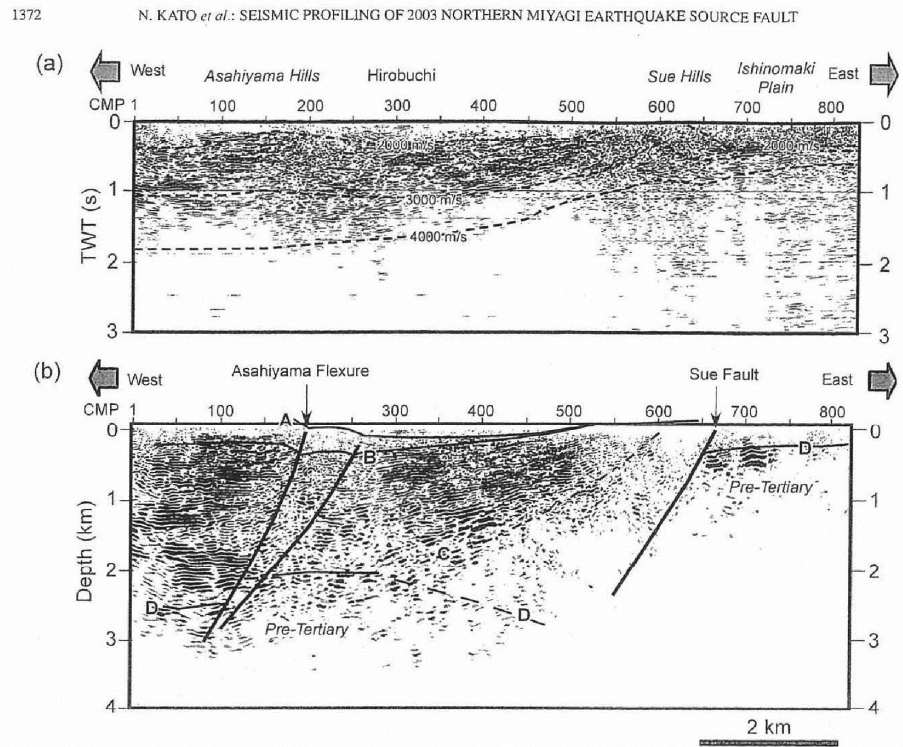


Fig. 3. (a) Stacked seismic section and stacking velocity. (b) Post-migrated, depth converted seismic section of the Kanan 2003 seismic survey and geologic interpretation.

Kato *et al.* (2004)

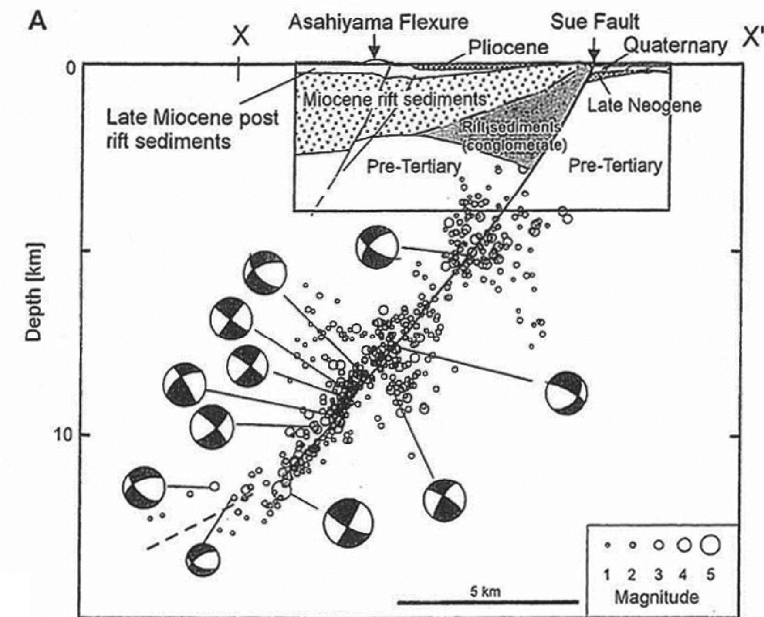


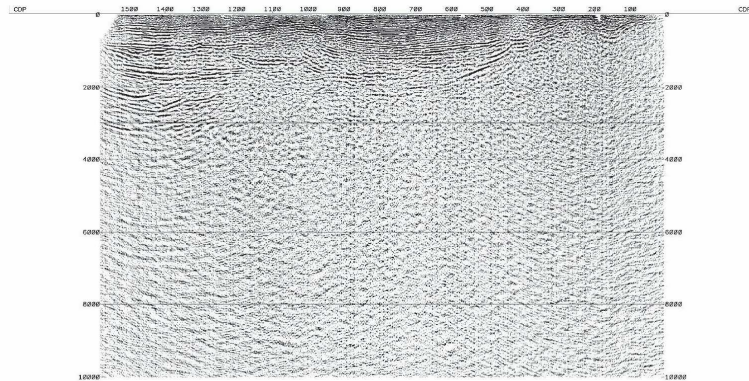
Fig. 7. Schematic diagrams showing the relationship between aftershock distribution and geological structure in the Ishinomaki and Tsukidate areas. (a) Relationship between geological structure and aftershock distribution of the 2003 Northern Miyagi earthquake. Location X-X' is shown in Figs. 3 and 4. Locations of aftershocks are shown by open circles. Vertical cross section of fault plane solutions of the aftershocks is shown using equal-area projection onto a wall-side hemisphere (after Umino *et al.*, 2003).

Kato *et al.* (2006)

東京大学Kanan2003測線の地質構造と2003年宮城県中部の地震の余震分布との関係

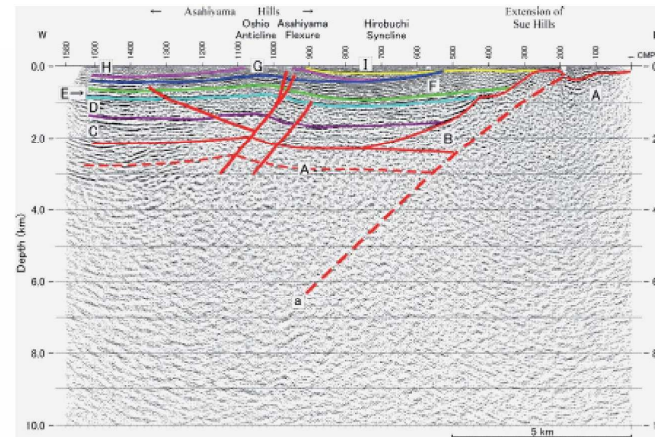
- Kato *et al.* (2004, 2006) 等によれば、須江断層は、断層面の深部への延長が2003年宮城県中部の地震の余震分布から想定される震源断層にほぼ一致することから、震源断層の地表延長部に相当する可能性が高いとしている。

3. 1 文献調査結果 【地下構造調査:産業技術総合研究所Line-1】



Line-1 反射断面

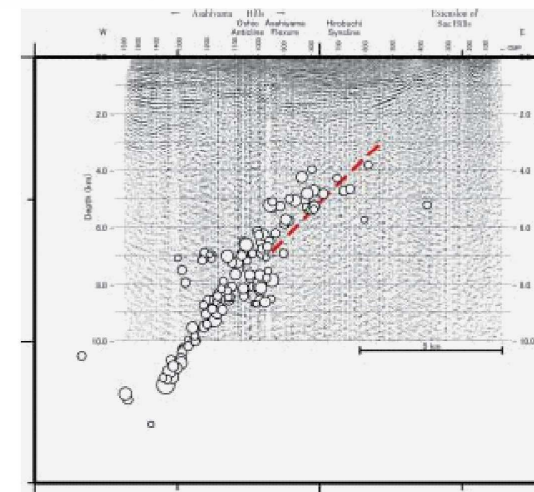
※この記録は、産業技術総合研究所が実施した反射法地震探査の記録を、東北電力が独自に編集したものである。



顕著な反射面と断層 (産業技術総合研究所(2004) 図17; 縦:横≒5:4)

a: 石巻湾断層, A: 先第三系基盤, B: 松島湾層群佳景山層, C: 松島湾層群の下部, D: 松島湾層群松島層, E および F: 松島湾層群大塚層, G: 志田層群根古層, H: 志田層群三ツ谷層, I: 鮮新統およびそれ以新.

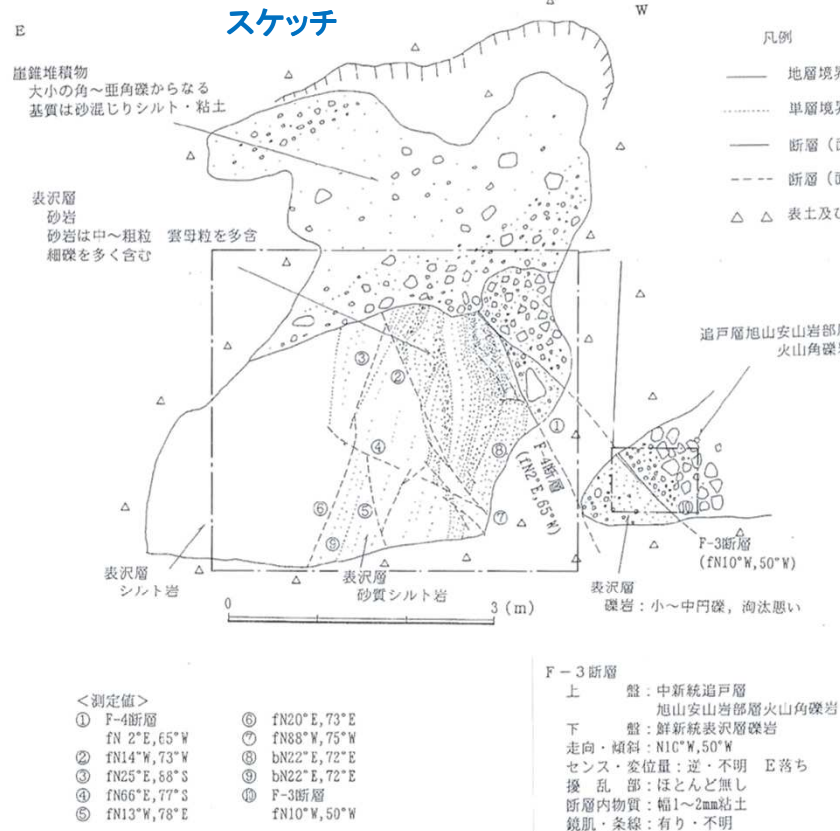
- 産業技術総合研究所(2004)によれば, Kato et al.(2004, 2006)等とほぼ同様に, 旭山撓曲に対応する2本の断層と, 須江丘陵東縁の南方延長地下に伏在する須江断層を示している。
- また, 各反射断面に対応する地質の検討を行った上で, インバーションの開始時期, 須江断層の活動開始時期等について論じている。



東西方向に投影した反射断面と測線周辺の5km幅の余震分布 (産業技術総合研究所(2004) 図19; 縦:横≒5:4)

深部の傾斜反射面と余震分布は良い一致を示す。

3.2 地表地質調査【旭山北東方：ルートマップ及び露頭スケッチ】



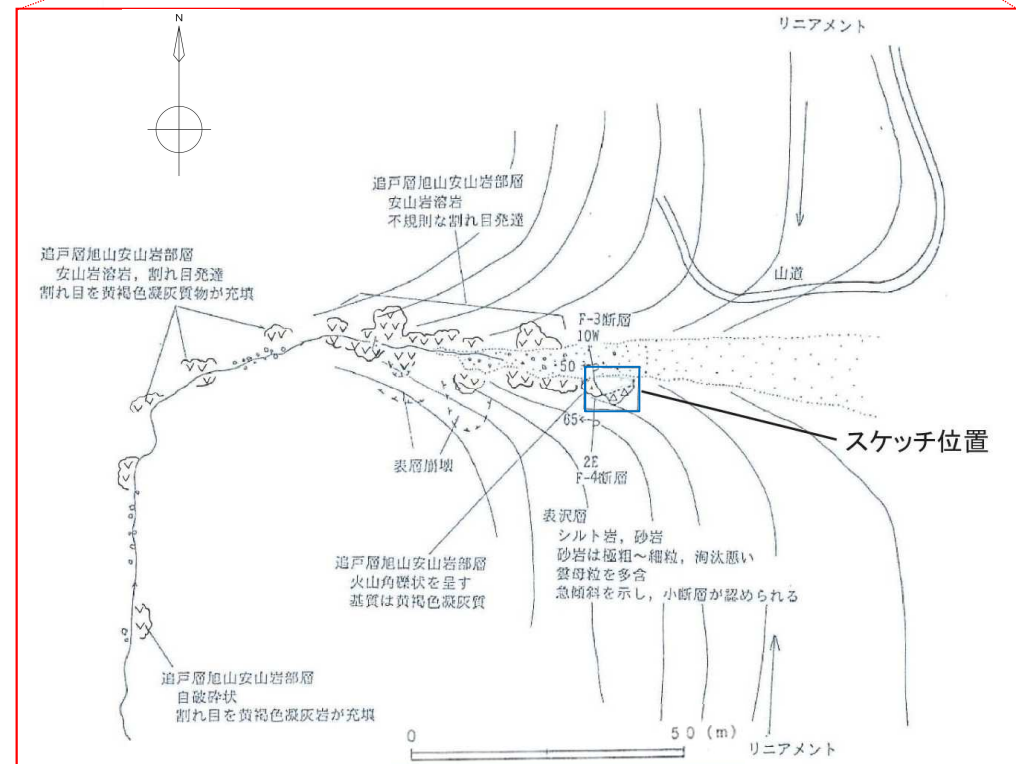
この露頭には、上流側に追戸層旭山安山岩部層の火山角礫岩が、下流側に表沢層のシルト岩、砂岩、礫岩が分布し、これらを不整合に置つて崖線堆積物の角〜亜角礫層が分布する。

追戸層旭山安山岩部層の火山角礫岩は、大小の安山岩からなり、黄褐色の凝灰質物質が充填している。上流側へ10数mで安山岩溶岩となる。

表沢層のシルト岩は下流側で黄白色で塊状無層理であり、上流側で砂質シルト岩となる。砂岩は粗〜細粒で強い葉理が認められ、雲母粒を多含し細礫を多く混じえ淘汰がやや悪い。礫岩は安山岩類のほか中・古生層の小円礫岩を混じえ淘汰が悪い。

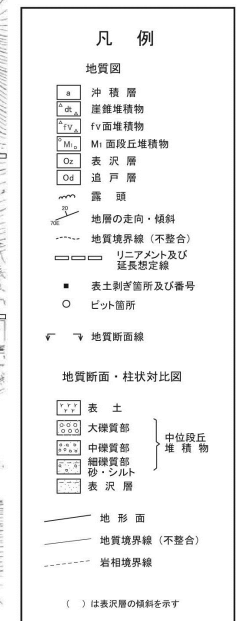
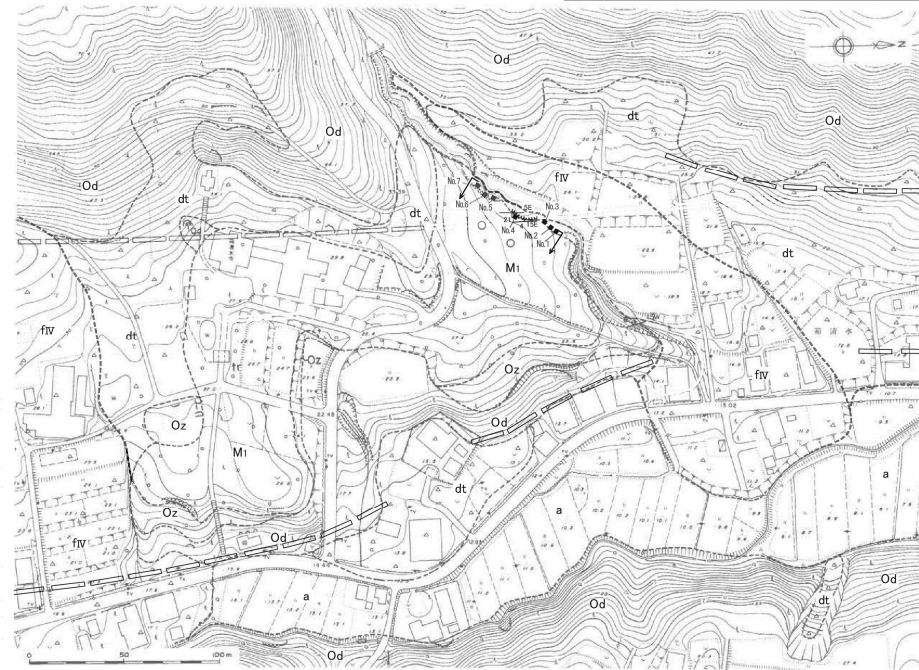
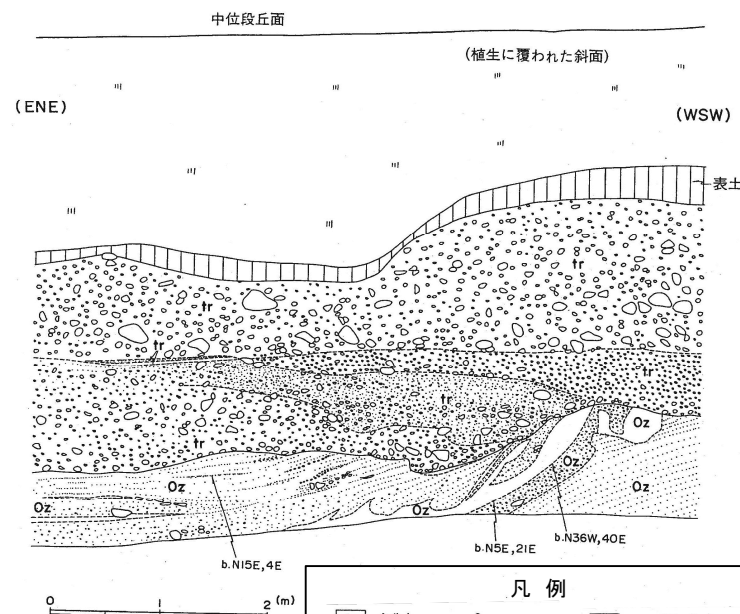
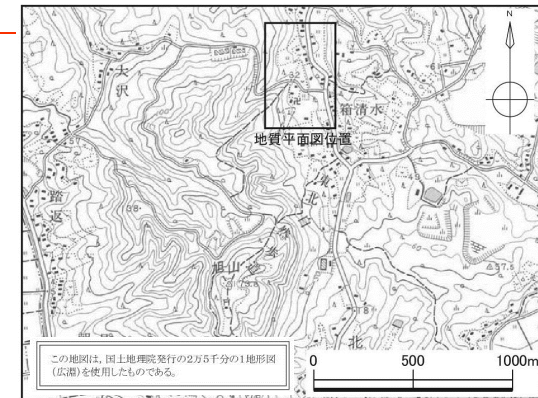
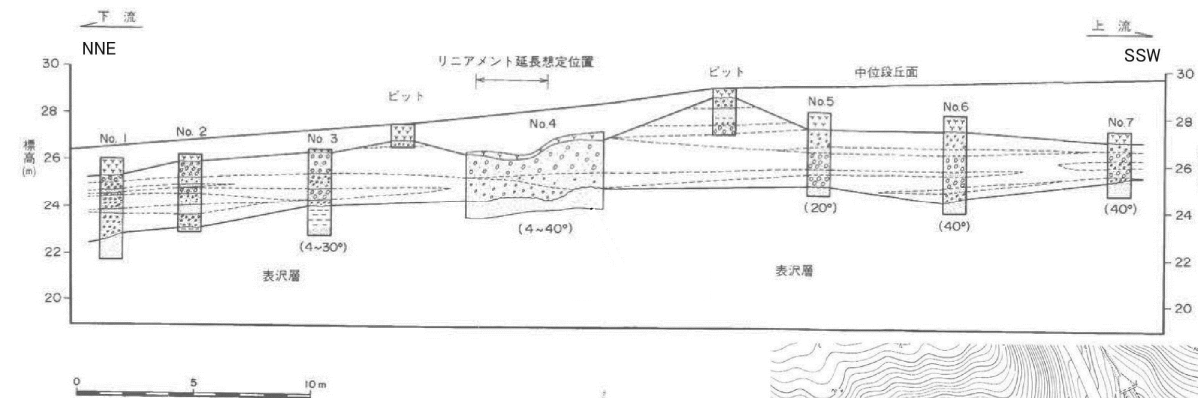
追戸層旭山安山岩部層火山角礫岩と表沢層砂岩とは断層（F-3断層と呼称）関係で接する。この断層は走向N10°W、傾斜50°Wで東落ち・西傾斜の逆断層であり、これに会合する走向N 2°E、傾斜65°Wの逆断層（F-4断層と呼称）も認められる。表沢層の構造は、急傾斜で、これらの断層の近傍では西に急傾斜して一部で逆転している。断層面の総着した小断層（いわゆる面なし断層）が多く認められ、一部は逆断層を示す。F-3断層は、追戸層旭山安山岩部層と表沢層を不整合に覆う崖線堆積物の亜角礫層を要位させていない。

リニアメントは、これら断層の下流側約35m付近に位置し、ほぼN-S方向に判読される。



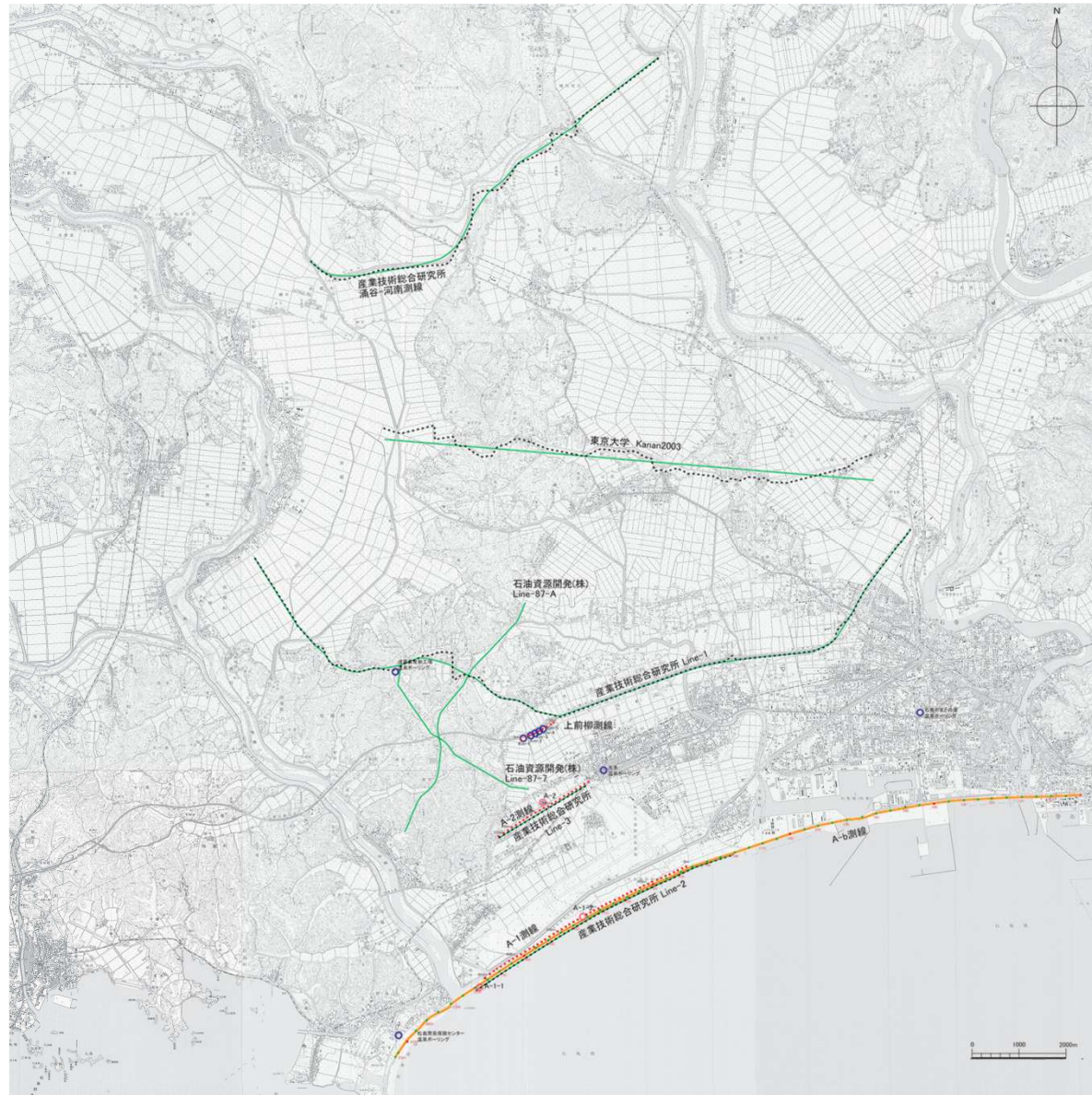
➤ 旭山撓曲の位置に、鮮新統を変位させている連続性の乏しい逆断層が認められる。

3.2 地表地質調査【箱清水付近：地質図及び地形断面・柱状対比図】



- 中新統との境界付近で東側に20~40° 傾斜した鮮新統表沢層が分布している。
- 旭山撓曲は旭山山麓に沿ってこの付近までN-S方向に連続していると考えられる。
- ほぼ水平な砂礫層からなる中位段丘堆積物が、旭山撓曲により変形を受けている鮮新統表沢層を不整合に覆って分布している。

3. 3 地下地質構造調査【調査位置図】



➤ 旭山丘陵及び周辺地域の地下地質構造調査として、反射法地震探査及びボーリング調査を実施した。

【浅部探査】

・A-1測線, A-2測線

【深部探査】

・A-b測線

【ボーリング調査】

・A-b測線(A-1測線含む)上:2箇所

・A-2測線上:1箇所

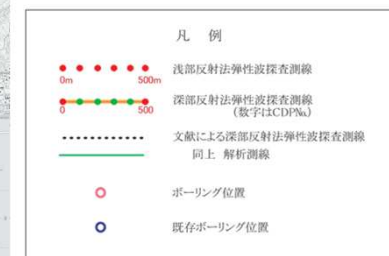
➤ 一方、他機関の調査として、以下の結果も総合して検討を実施した。

・Kato et al. (2004,2006): 東京大学Kanan2003

・産業技術総合研究所(2004)

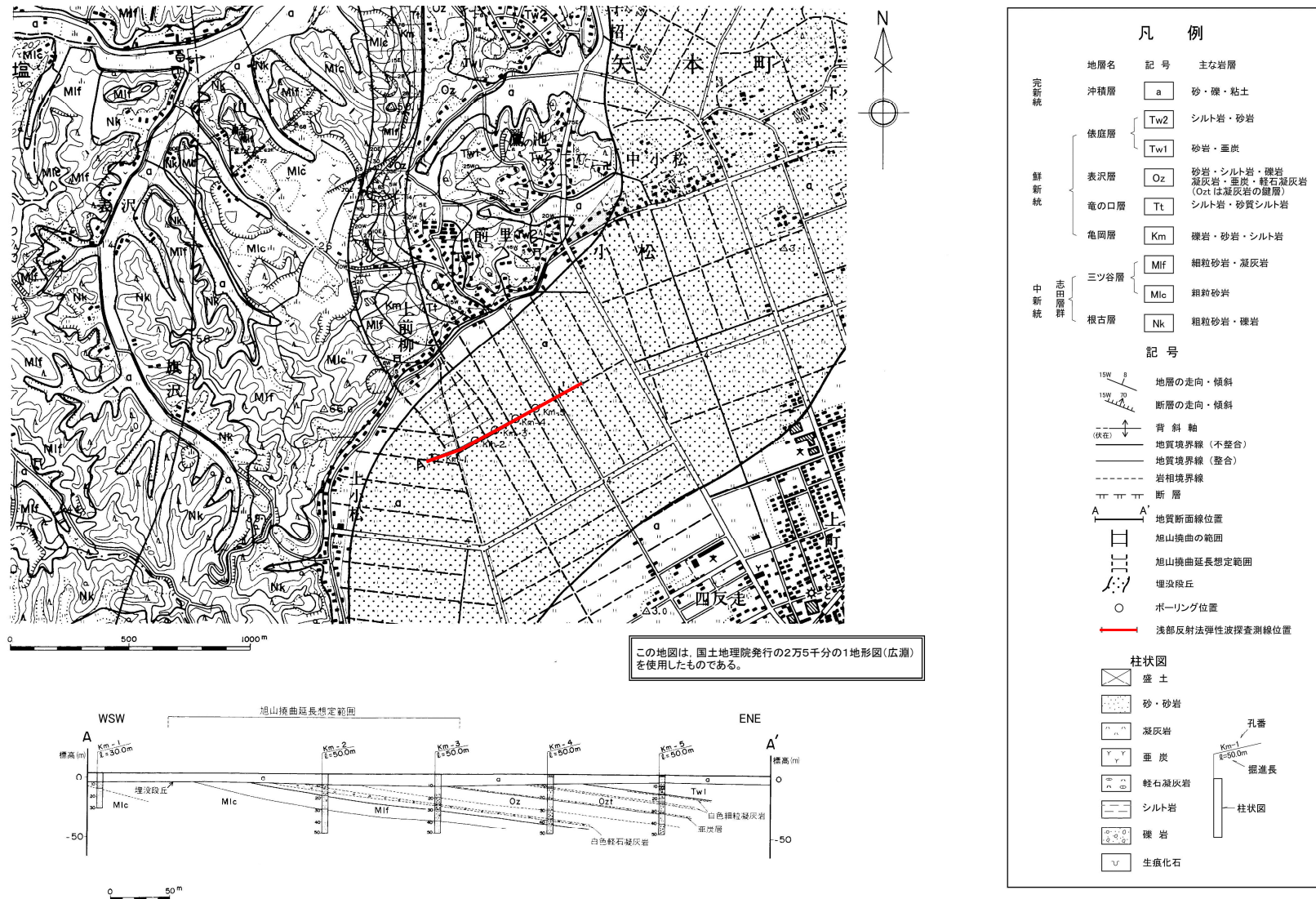
・石油資源開発による反射法地震探査結果

・既往温泉ボーリングデータ



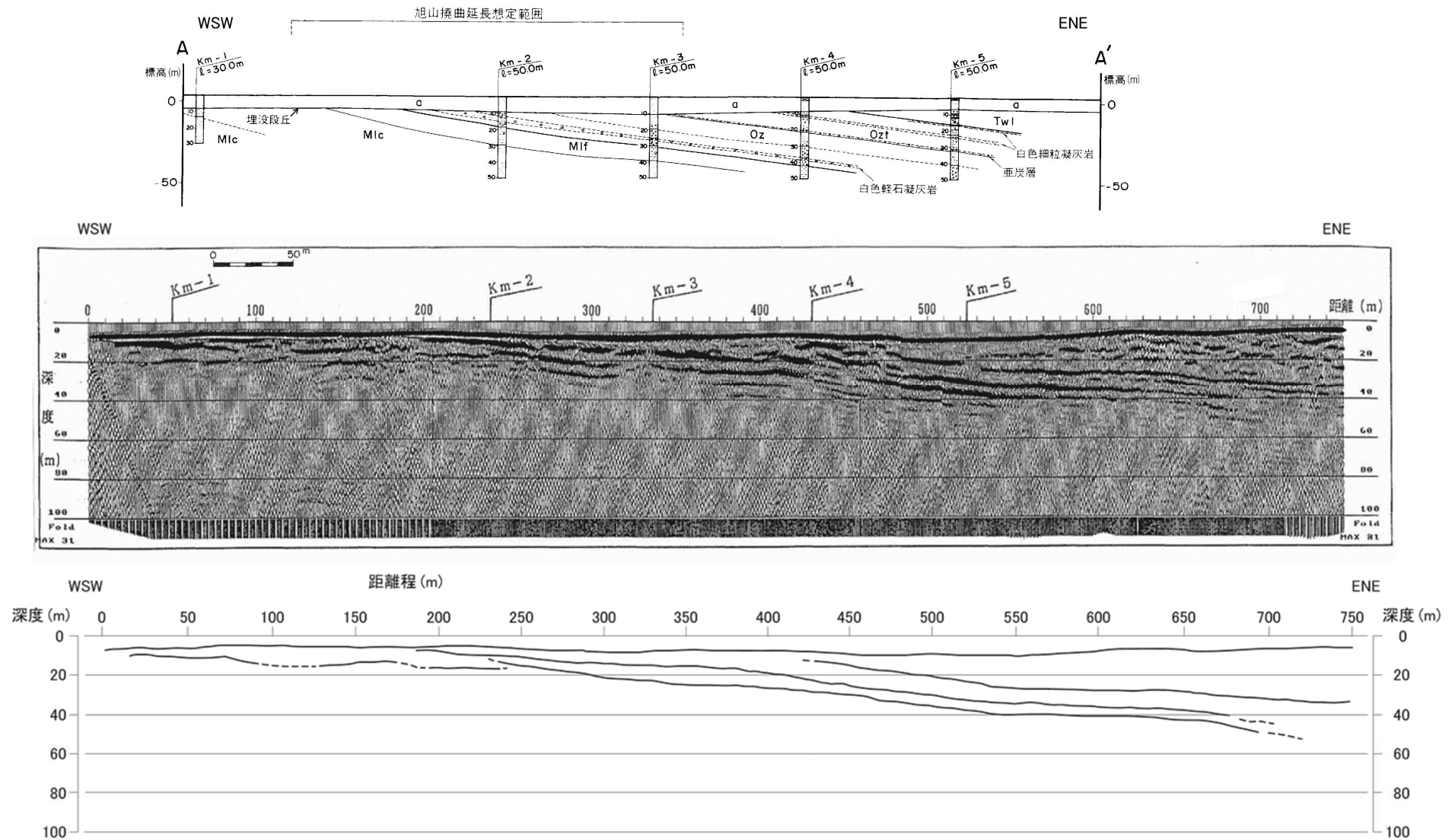
この地図は、国土院発行の2万5千分の1地形図(旭野川・湯谷・小半田・鶴島台・広瀬・右衛門・小野・松島)を使用したものである。

3.3 地下地質構造調査【上前柳周辺：地質平面図及び断面図】



- 旭山撓曲は、南部において南方ほど傾斜が緩くなり、幅が広くなる傾向が認められる。
- 旭山撓曲の南方延長にあたる上前柳南方500mの沖積平野下では、中新統と鮮新統がともに東側に非常に緩く傾斜しており、撓曲構造は認められない。

3.3 地下地質構造調査【東北電力上前柳測線：浅部反射断面図】

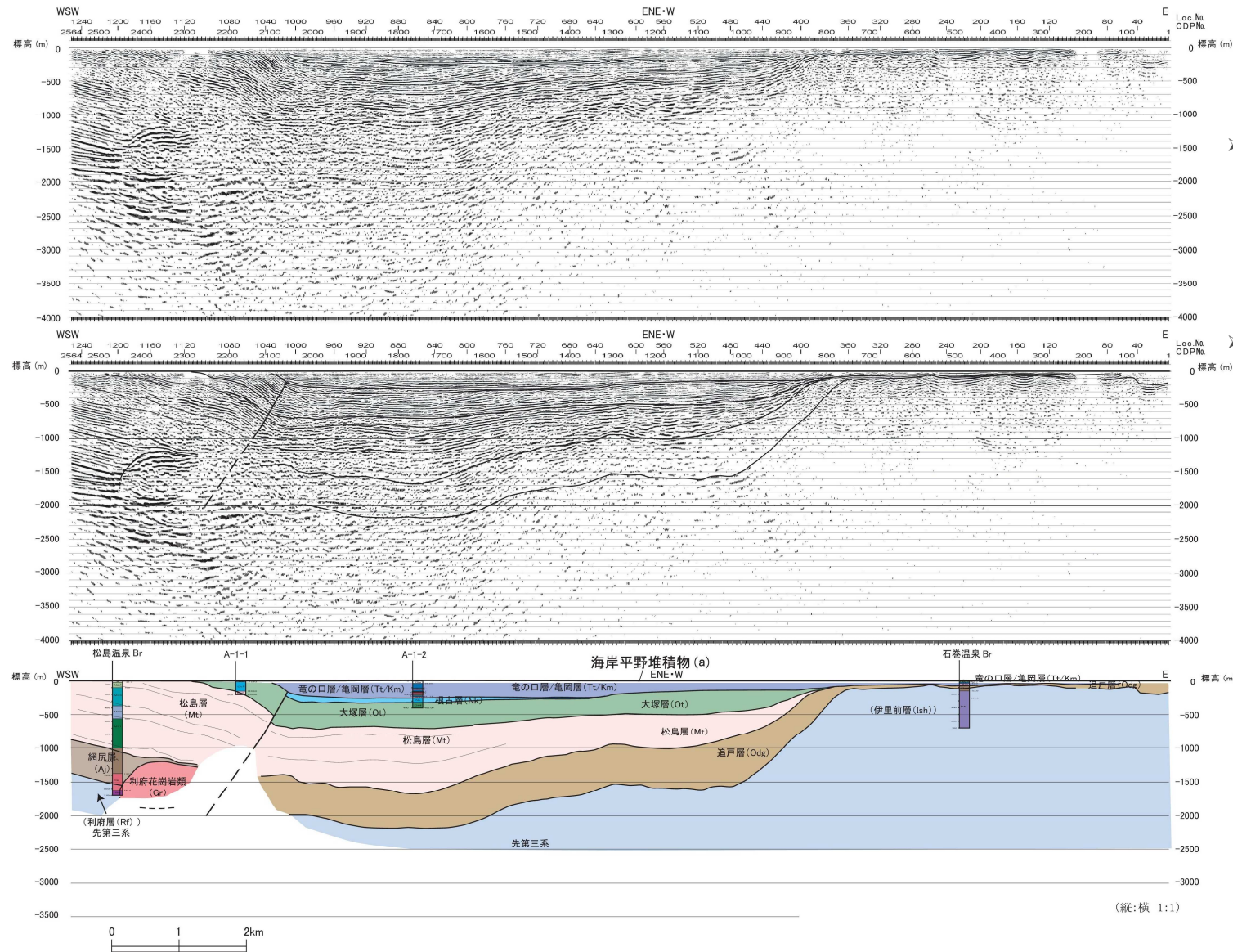


- 旭山撓曲の南方延長にあたる上前柳南方500mの沖積平野下では、中新統と鮮新統がともに東側に非常に緩く傾斜しており、撓曲構造は認められない。

0 50 100m

3.3 地下地質構造調査

【東北電力A—b測線深部反射断面及び地質解析断面図】



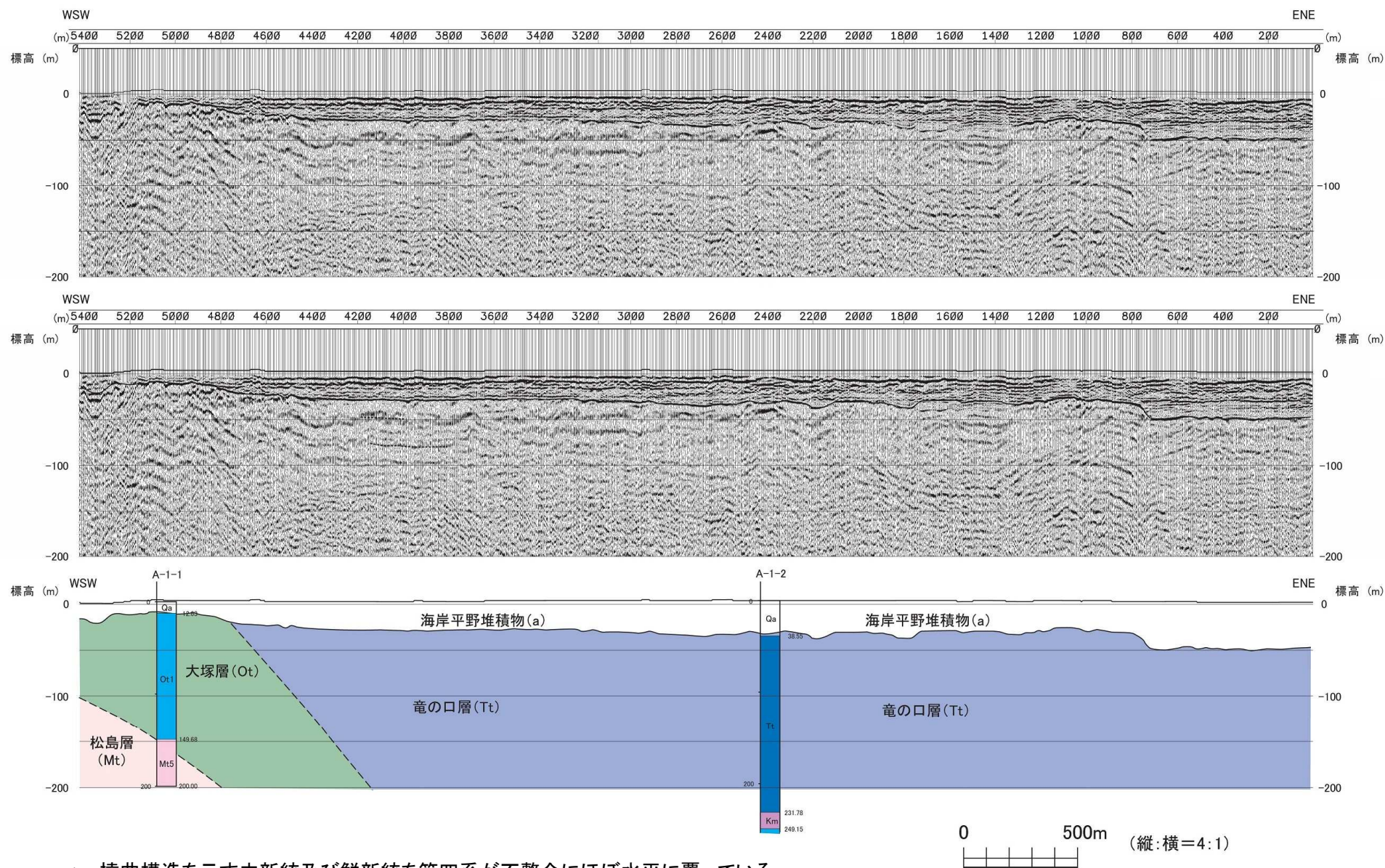
➤ CDP700付近は重力異常急変帯の分布等から須江断層の南方延長に相当する位置にあるが、浅部まで基盤をなす先第三系が分布しており、断層は認められない。

➤ 測線西部のCDP2100付近において新第三系中新統に背斜構造の東翼をなす最大傾斜 50° 程度の撓曲構造が認められる。

- ・撓曲構造の深部では西傾斜の逆断層が推定され、新第三系から中新統まで変位または変形している。
- ・鮮新統は下部において、中新統の撓曲構造の変形の影響が及んでいる可能性があるものの、上部では中新統にほぼ水平にアバットして堆積している。

3.3 地下地質構造調査

【東北電力A-1測線浅部反射断面及び地質解析断面図】



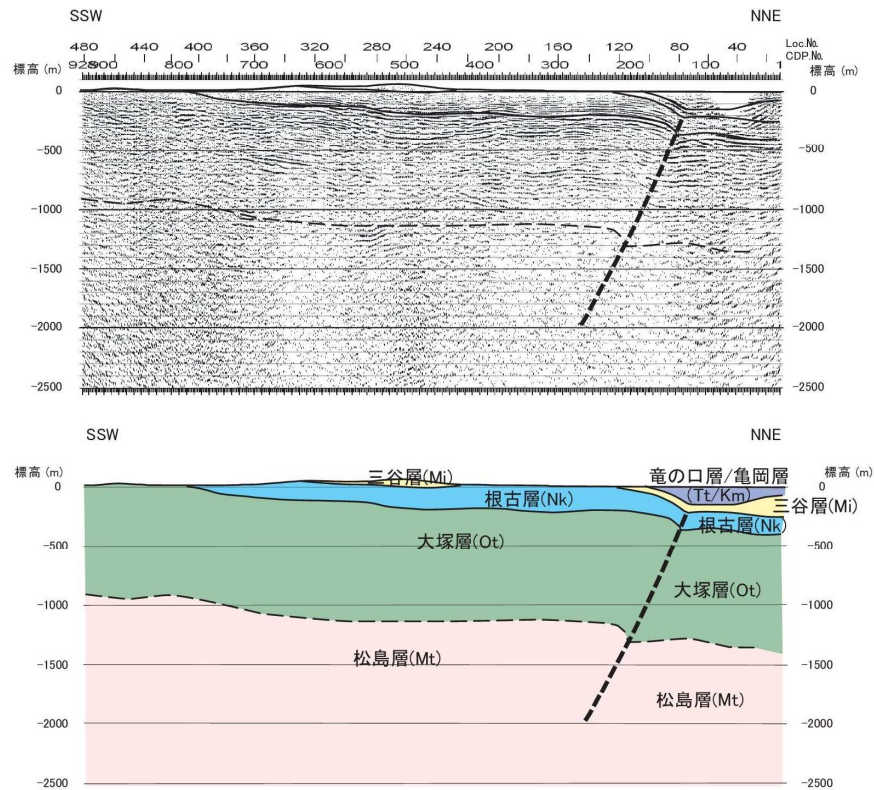
➤ 撓曲構造を示す中新統及び鮮新統を第四系が不整合にほぼ水平に覆っている。

3. 旭山撓曲・須江断層

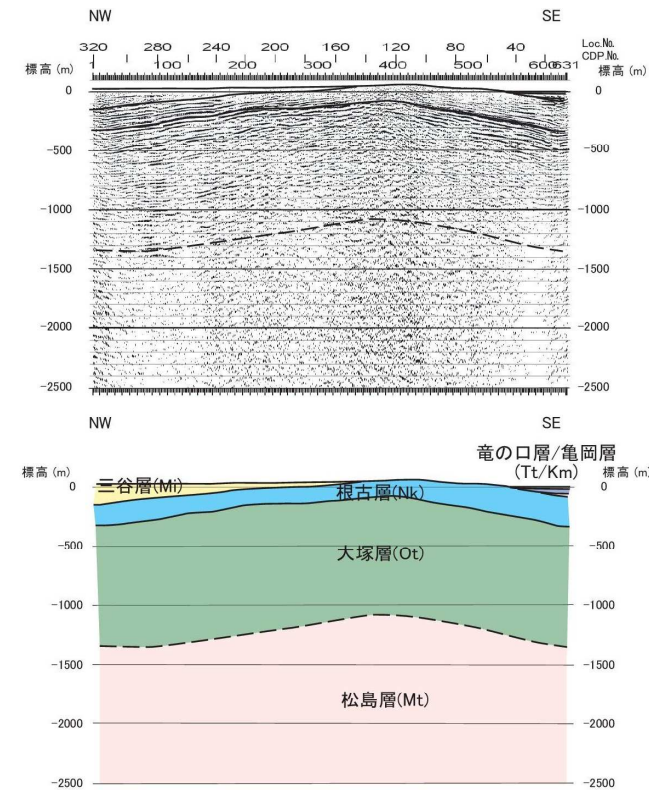
3.3 地下地質構造調査

【石油資源開発(株)Line-87-A測線, Line-87-7測線深部反射断面及び地質解析断面図】

100



Line-87-A



Line-87-7



※本資料は、石油資源開発(株)Line-87-A, Line-87-7に東北電力(株)が独自に解釈を加えたものである。

- Kato et al.(2004, 2006), 産業技術総合研究所(2004)等と同様に、丘陵軸部に大塩背斜が認められ、地表で旭山撓曲が確認された位置付近においては、背斜東翼部の概ね300m以深に断層が認められ、浅部においては撓曲構造を成している。

- 丘陵軸部付近に大塩背斜が認められるものの、その東翼部の旭山撓曲延長位置付近には、少なくとも断層あるいは撓曲構造は認められない。

目次【補足説明資料】

1. 敷地周辺陸域の調査結果
2. 敷地周辺陸域の活断層評価の概要
3. 旭山撓曲・須江断層
- 4. 2003年宮城県中部の地震南部セグメント断層**
5. 加護坊山－笥岳山断層

4. 1 文献調査結果 【2003年宮城県中部の地震】

Table 1. Preliminary hypocenters, magnitudes, maximum intensities and mechanisms of the foreshock, mainshock and largest aftershock (JMA, 2003; NIED, 2003). The uncertainty of the mechanism solutions is discussed in Fukuyama *et al.* (1998).

Time	Latitude	Longitude	Depth	M_{JMA}	Maximum intensity	CMT solution					Fault plane solution			
						strike	dip	rake	depth	M_W	strike	dip	rake	
00:13:08.3	38°25.9'	141°10.1'	12 km	5.6	6-	209°	54°	92°	5 km	5.6	207°	58°	76°	
07:13:31.5	38°24.1'	141°10.5'	12 km	6.4	6+	186°	52°	88°	5 km	6.4	232°	45°	112°	
16:56:44.5	38°29.8'	141°11.6'	12 km	5.5	6-	131°	39°	101°	5 km	5.5	153°	49°	153°	

Table 3. Assumed fault parameters for the inversion.

	Strike	Dip	Length (km)	Width (km)
Foreshock	N220°E	45°	10	10
Mainshock (South)	N220°E	45°	6	10
(North)	N186°E	52°	12	10
Aftershock	N131°E	39°	6	6

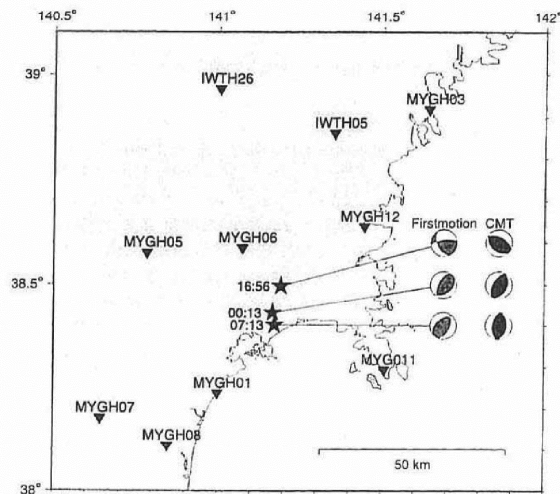


Fig. 1. The JMA epicenters of the 2003 Miyagi-ken Hokubu earthquake sequence (stars) and the stations of KiK-net and K-NET used for waveform inversion (reverse triangles). The origin times are written by the side of the epicenters. The fault plane solutions from first motion data and the CMT solutions determined by NIED (2003) are also plotted. MYG011 belongs to K-NET and the others are KiK-net stations.

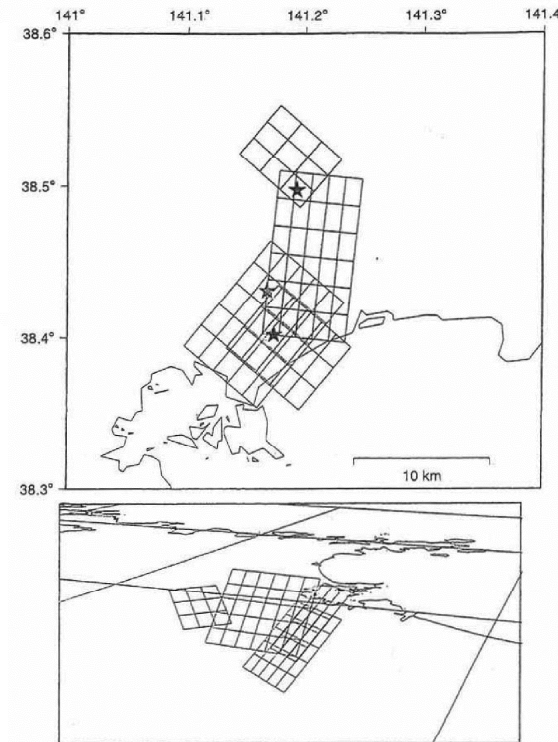


Fig. 2. Upper: surface projection of the assumed fault planes for the inversion analysis. The stars denote epicenters. Green, red and blue colors indicate the foreshock, the mainshock and the largest aftershock, respectively. Lower: bird's-eye view of the fault planes from SW direction.

➤ 余震分布とメカニズム解の対応関係から、以下の傾向が示されている。

【震源域の北側】

NE-SW方向の主圧力軸でNW-SE方向の走向をもつ南西傾斜の面をなす。

【震源域の中央】

東西方向の主圧力軸でN-S方向の走向を持つ西傾斜の面をなす。

【震源域の南側】

北西-南東方向の主圧力軸でNE-SW方向の走向を持つ北西傾斜の面をなす。

➤ Hikima and Koketsu (2004)は、波形インバージョンにより震源過程を求めており、これらの面と同様な3方向の断層面を推定している。