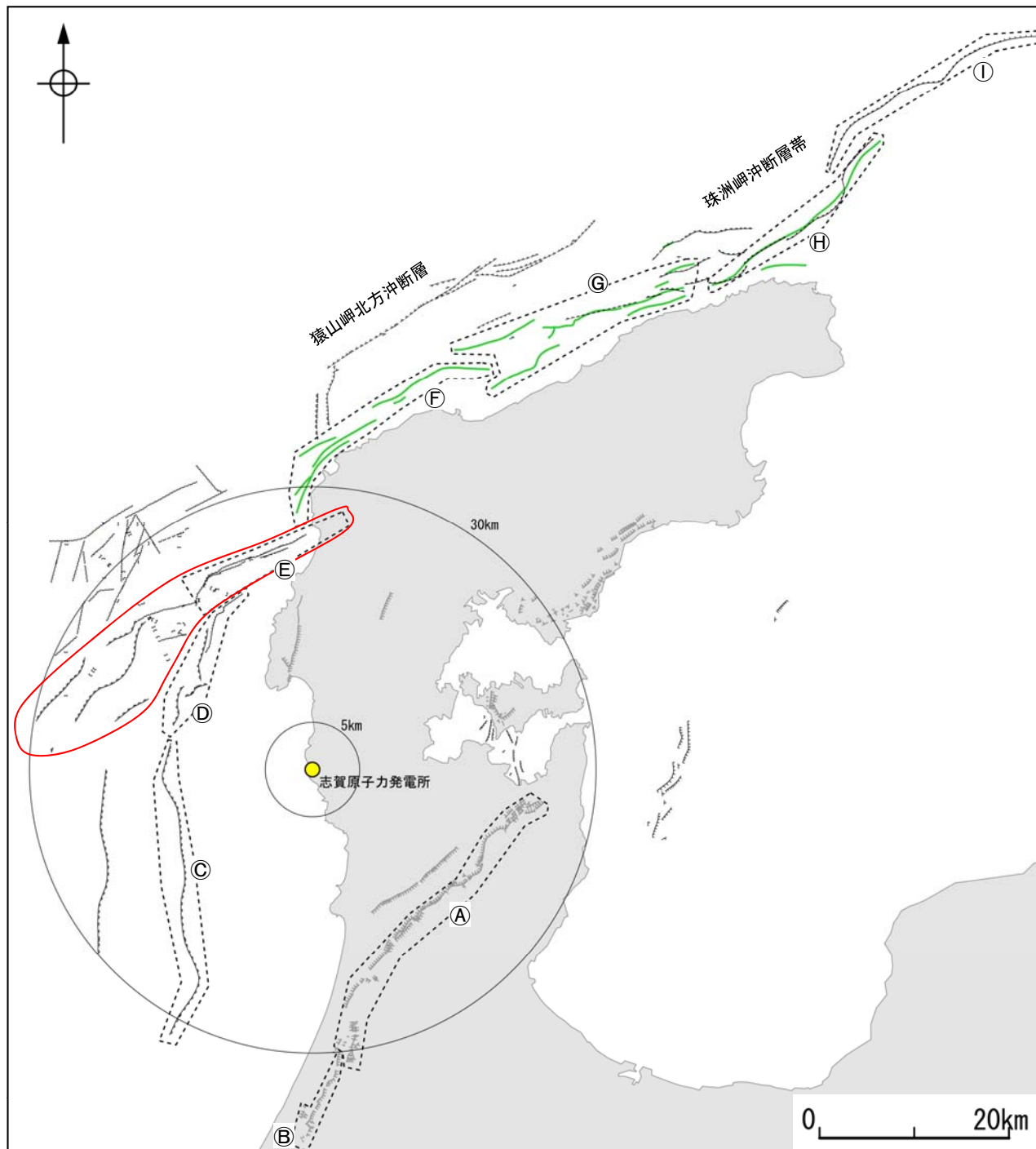


**志賀原子力発電所
活断層の連動に関する検討結果について**

平成24年3月9日

北陸電力株式会社

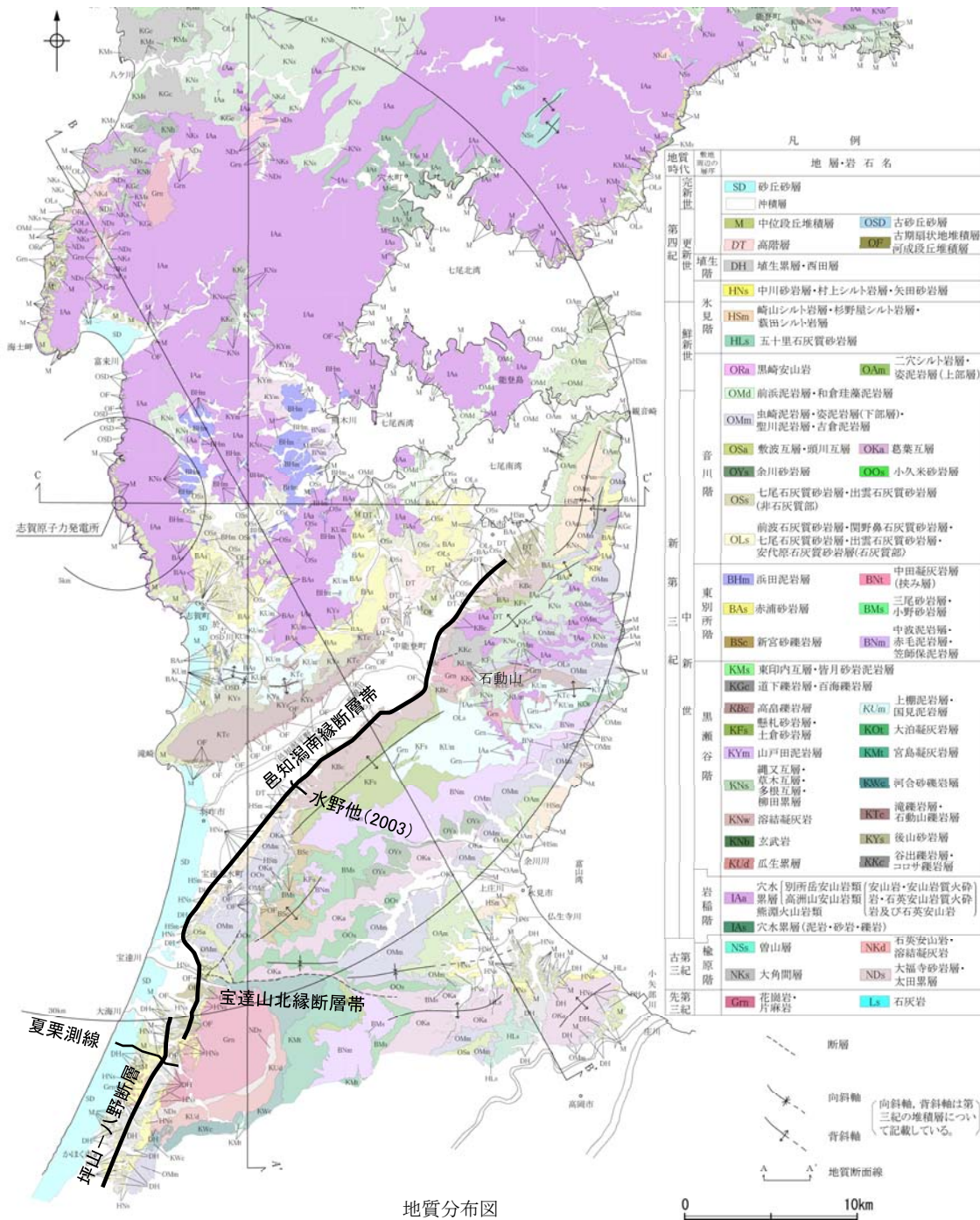


断層名	
Ⓐ	邑知湯南縁断層帯
Ⓑ	坪山一八野断層
Ⓒ	羽咋沖東撓曲
Ⓓ	海士岬沖断層帯
Ⓔ	笹波沖断層帯(東部)
Ⓕ	猿山沖セグメント※1
Ⓖ	輪島沖セグメント※2
Ⓗ	珠洲沖セグメント※2
Ⓘ	禄剛セグメント※3

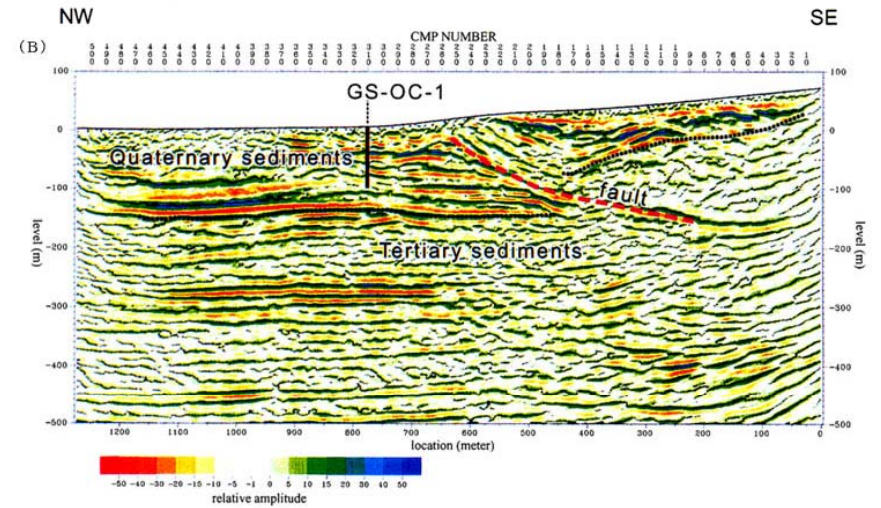
※1:猿山岬北方沖断層の南部付近に示された井上・岡村(2010)の断層セグメント
 ※2:珠洲岬沖断層帯の西部付近に示された井上・岡村(2010)の断層セグメント
 ※3:珠洲岬沖断層帯の東部に位置する禄剛海脚北西縁の断層

— 井上・岡村(2010)により能登半島北岸に示された断層
 ○ 検討用地震(笹波沖断層帯(全長))

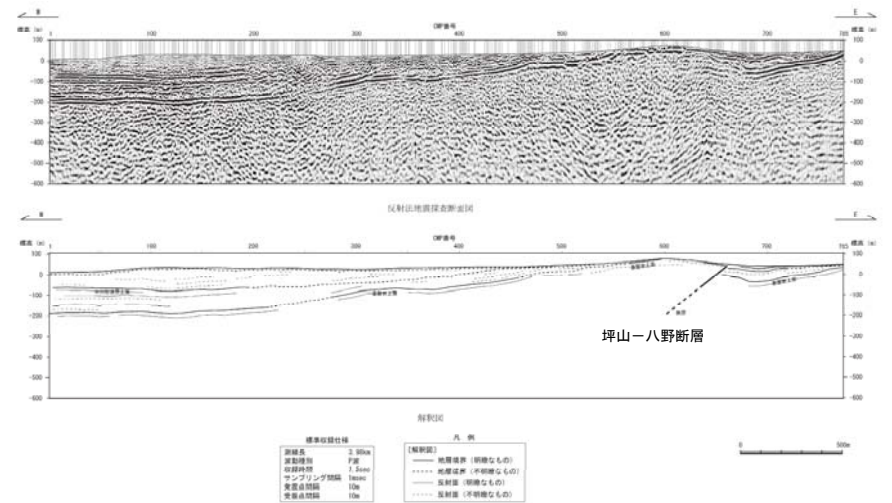
(1)「邑知瀉南縁断層帯」と「坪山－八野断層」



地質分布図

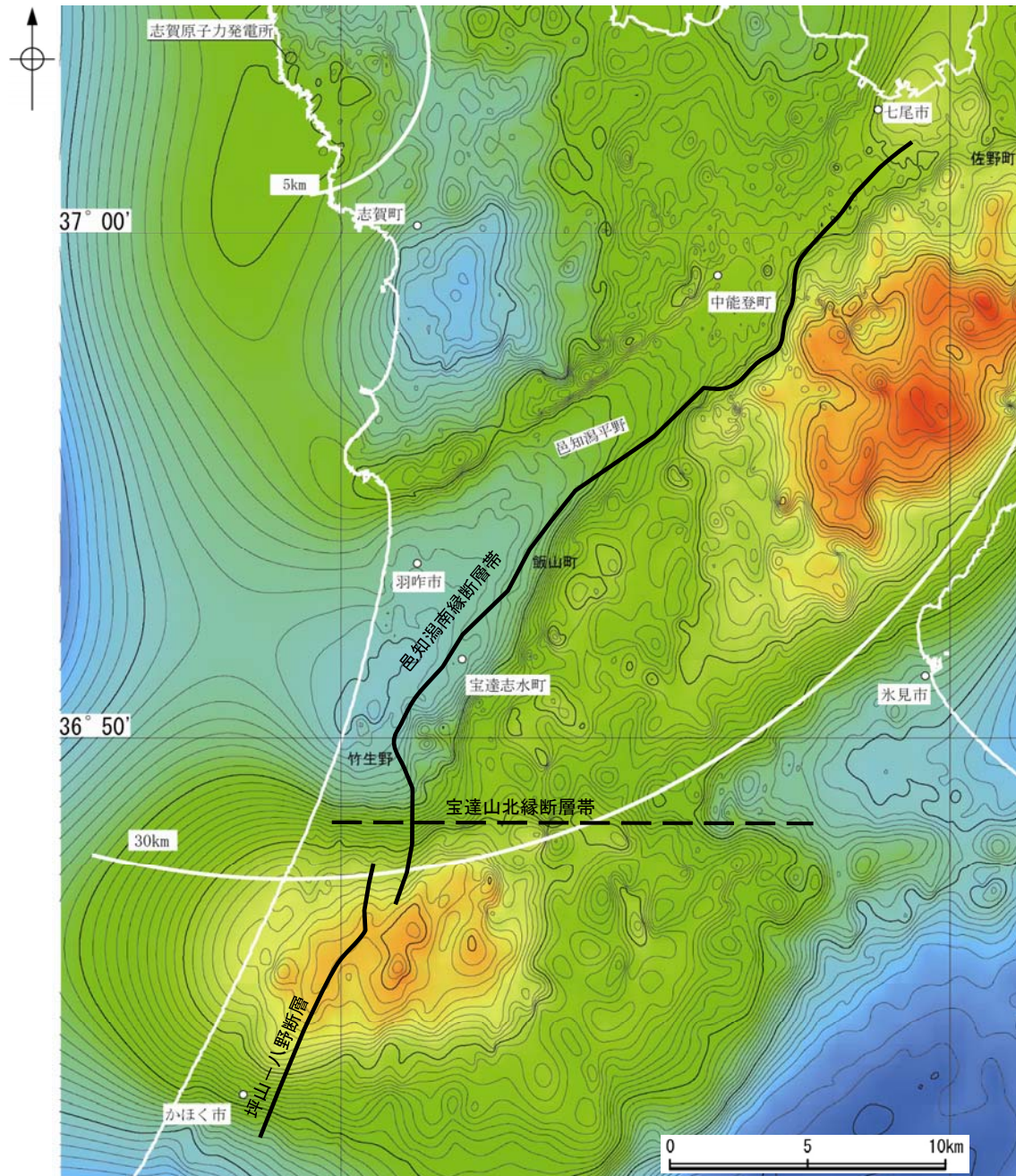


反射法地震探査結果(水野他, 2003: 一部加筆)(地震調査委員会(2005))



反射法地震探査断面図及び解釈図(夏栗測線)

邑知潟南縁断層帯, 坪山一八断層帯周辺の地質分布図及び反射法地震探査結果



この図は、陸域は金沢大学・北陸電力による重力データ、海域は Smith and Sandwell (1997) による重力異常分布を用いて作成したものである。50 km 以上の重力異常長波長成分は除去している。

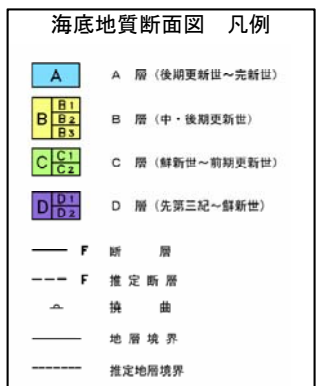
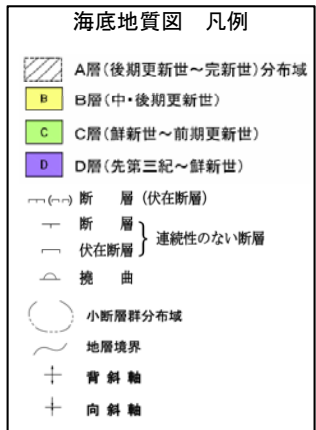
仮定密度 : 2,670kg/m³

コンター間隔 : 1 mGal



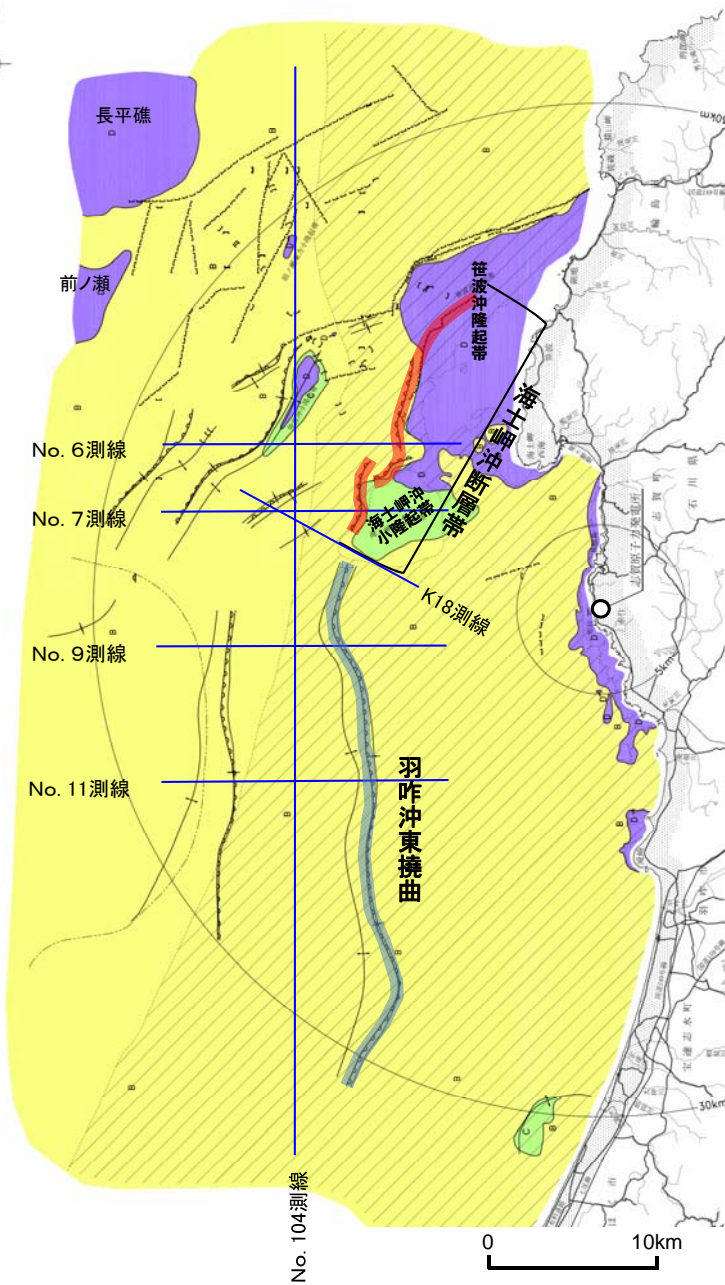
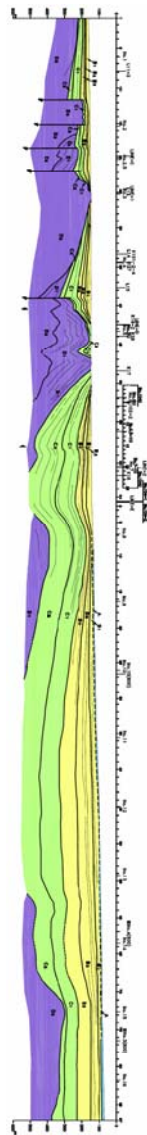
邑知潟南縁断層帯, 坪山一八野断層周辺の重力異常図 (ブーゲー異常図)

(2)「海士岬沖断層帯」と「羽咋沖東撓曲」

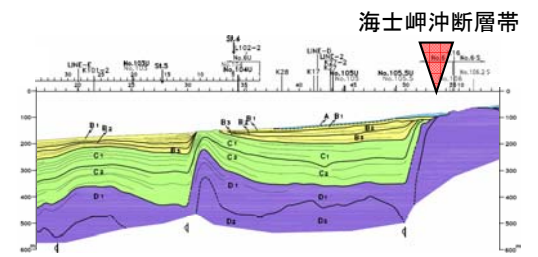


断面図はH:V=1:10

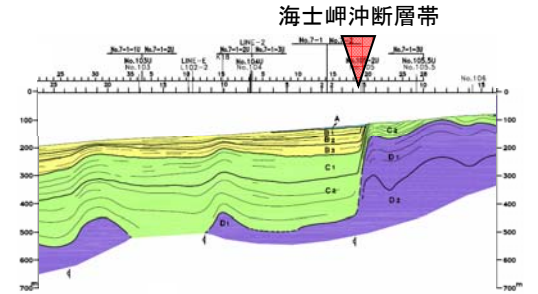
No.104測線



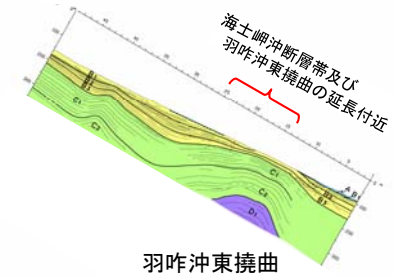
No. 6 測線



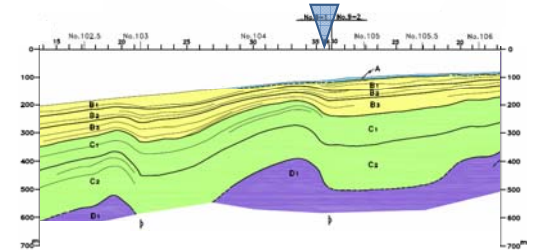
No.7 測線



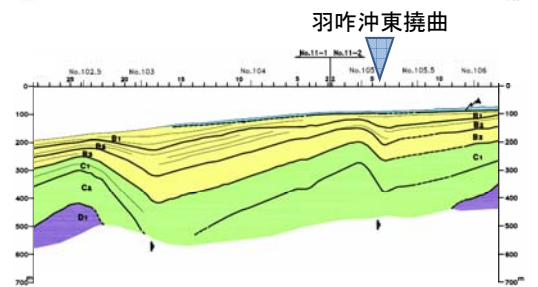
K18 測線



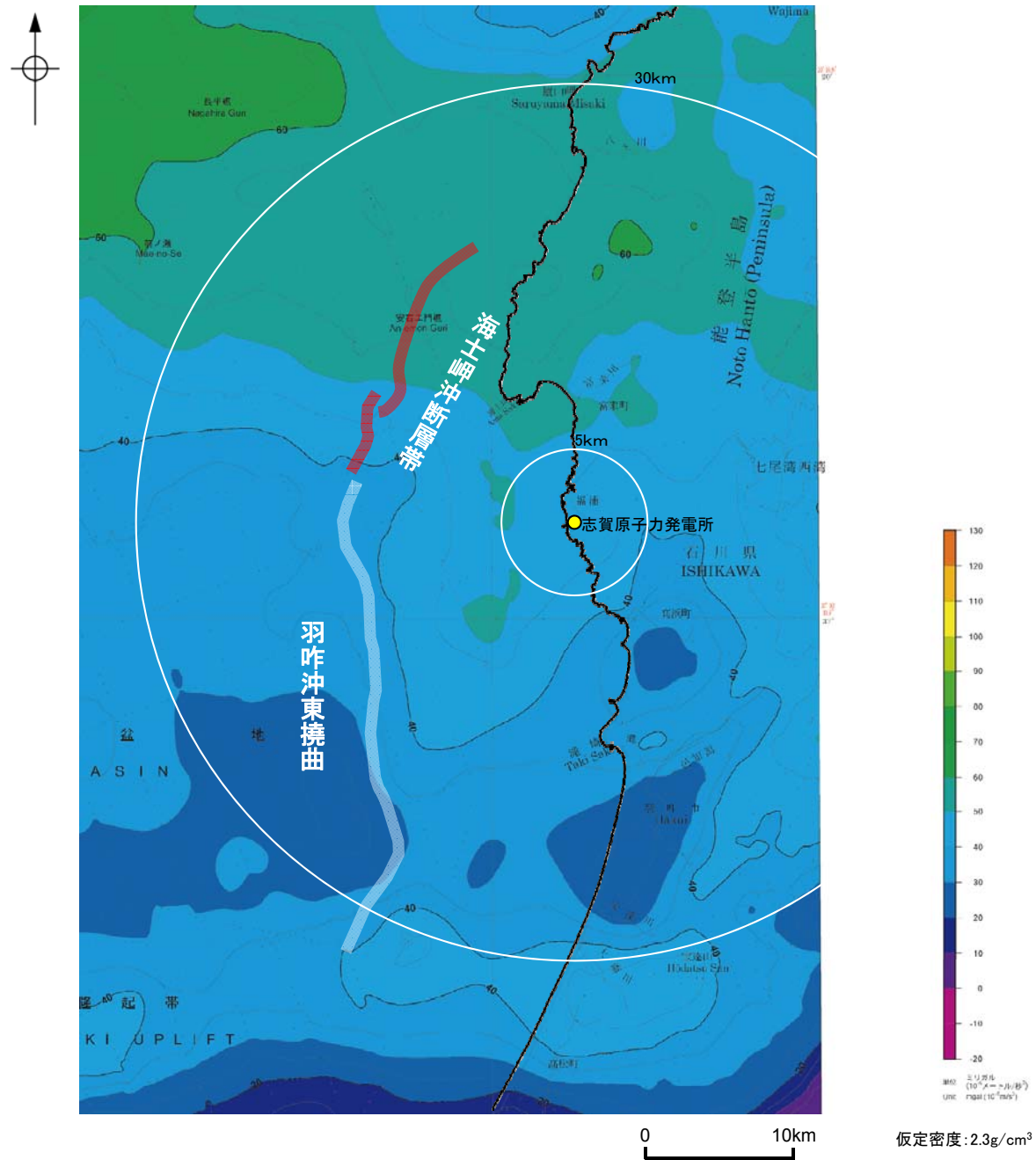
No.9 測線



No.11 測線



海士岬沖断層帯, 羽咋沖東撓曲周辺の海底地質図及び海底地質断面図

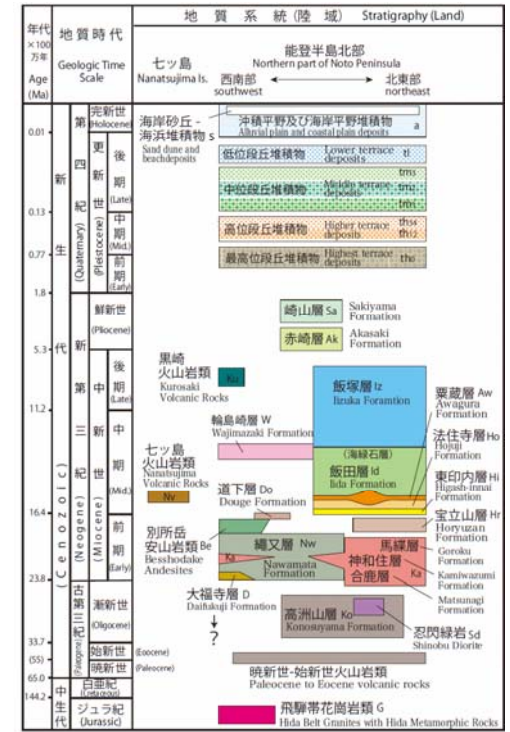
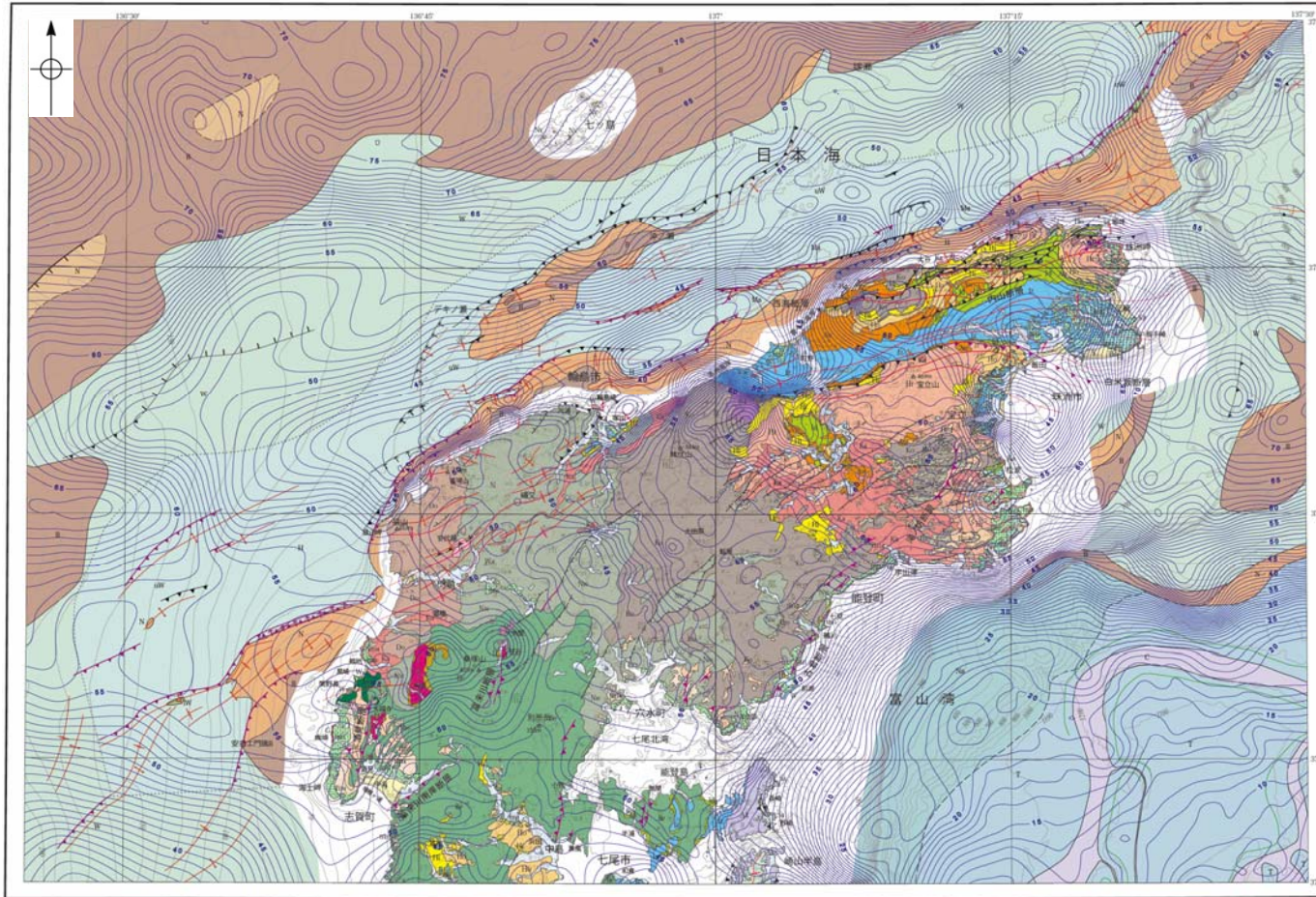


海士岬沖断層帯，羽咋沖東撓曲周辺の重力異常図（ブーゲー異常図）（上嶋他（2007）に加筆）

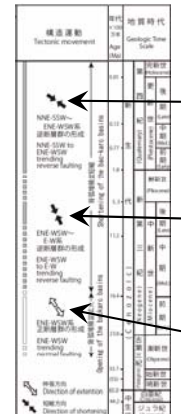
(3)「笹波沖断層帯(東部)」と「猿山沖セグメント」

① 地質・地質構造

能登半島周辺の地質構造形成



地質-重力図(尾崎他, 2010)

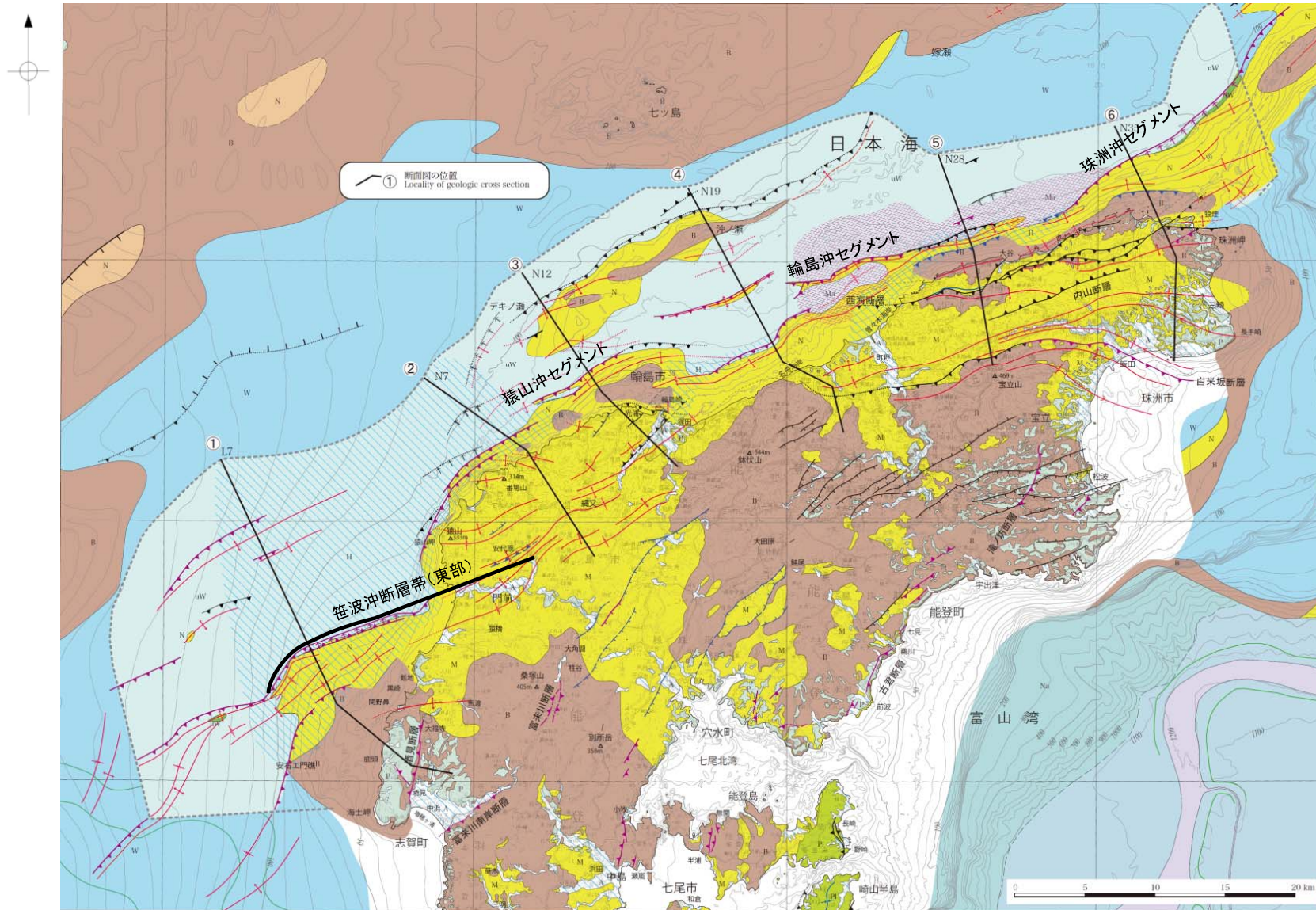


- 後期鮮新世から第四紀(約300 万年前以降)**
- 日本列島全体に東西圧縮応力が広がり、その応力によって能登半島周辺でも南北から北東-南西方向の逆断層及び褶曲構造が成長してきた。これらの断層や褶曲は新潟～秋田沖など日本海東縁に分布するものに比較して規模が小さく、長期的な活動度としてはあまり高くはないと考えられる。
 - そのうちの一つが、今回の能登半島地震の震源断層となったと考えて間違いのないであろう。
- 後期中新世の1000-500 万年前**
- 南北圧縮応力が強まり、西南日本の日本海側沿岸に沿って、東-西から北東-西南西方向の逆断層と褶曲構造が形成され始めた。
 - 能登半島周辺では半島北縁と軸倉島周辺に沿ったリフトの内部に東-西から北東-西南西方向の断層と褶曲が成長した。
 - さらに、能登半島の中部や南部及び西方沖の海底にも、東西方向の断層や褶曲構造が知られている。これらの構造は鮮新世のはじめ頃までには完成したと考えられる。
 - 能登半島の北部はこのころに広範囲に隆起して島となった。
- 今から約2500-1500 万年前(日本海が形成された時期)**
- 日本海や本州の日本海沿岸域は大きく沈降したが、能登半島北部はほとんど沈降せず、高まりとして残っていた。
 - 能登半島の北部にはそのころに噴出した火山岩が広く分布している。能登半島北側の海底にも水深200m より浅い台地状の高まりが幅50km 以上にわたって広がり、それらも能登半島北部と同じような火山岩類からなる高まりであったと考えられる。
 - しかしながら、その中でも小規模な東西から北東-西南西方向に伸びた凹地(リフト)が、能登半島の北縁部および軸倉島付近を中心として形成された。

尾崎他(2010)を編集

岡村(2007b)より引用

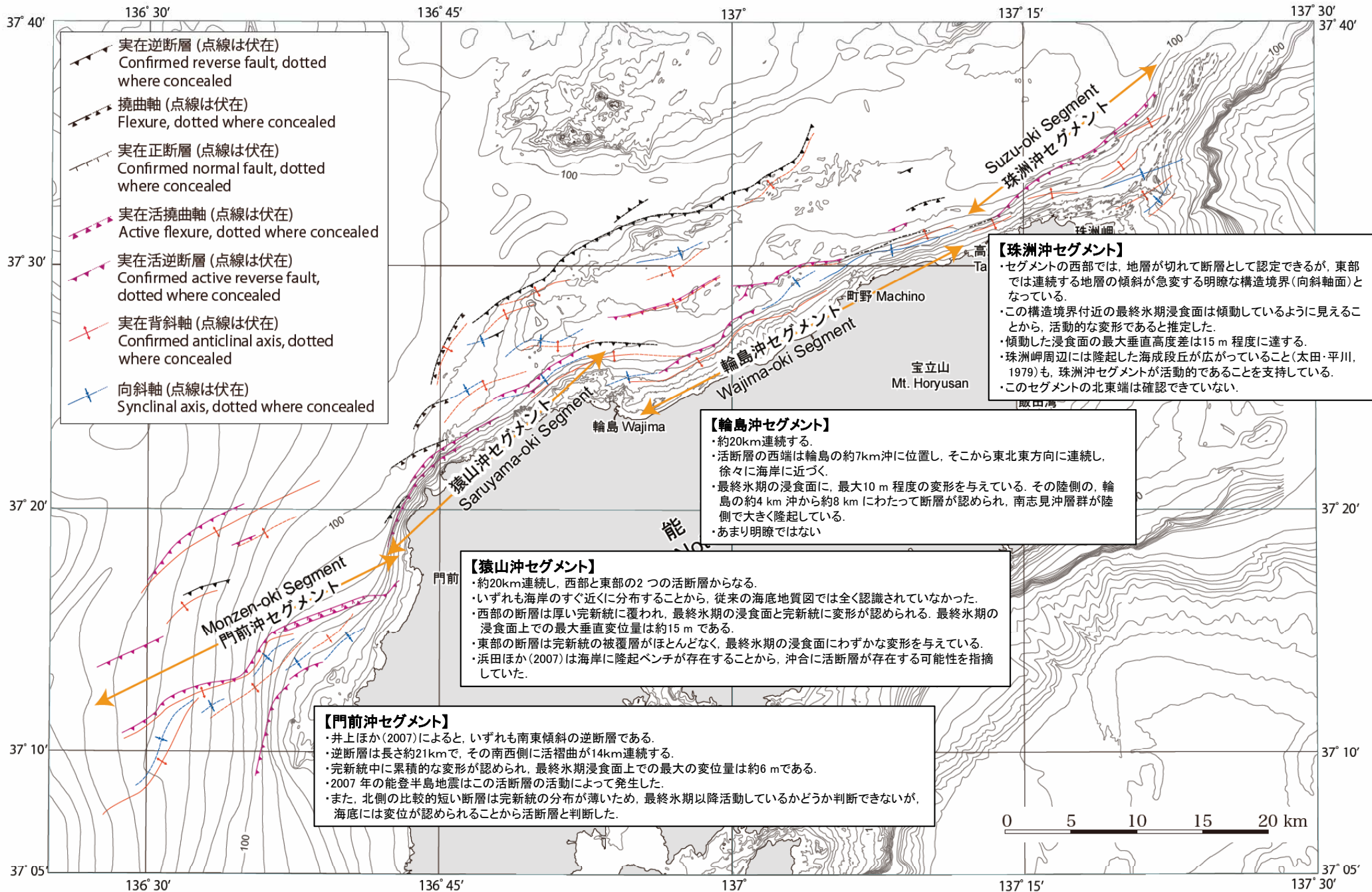
尾崎 正紀・駒澤 正夫・井上 卓彦 (2010) : 能登半島北部及び周辺海域20万分の1地質-重力図及び説明書, 数値地質図 S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター。
 岡村 行信(2007b) : 能登半島周辺の地質構造と地震との関係, 活断層研究センターニュース, 66, 1-3.



地質図(シームレス版) 凡例 Legend of geological map (seamless version)		海域 Offshore	
陸域 On-land		能登半島周辺海底地質図 Marine Geological map around Noto Peninsula	
[A] 更新世堆積物 Holocene deposits	[T] 更新世堆積物 Holocene deposits	[M] 完新世堆積物 Holocene deposits	[C] 2007及び2008年詳細海底地質調査範囲 Detailed geological survey area in 2007 and 2008
[P] 更新世堆積物 Pleistocene deposits	[Na] 鮮新世～更新世堆積物 Pliocene to Pleistocene deposits	[M ₁] 最新更新世堆積物 Latest Pleistocene deposits	[C] チヤネホ堆積物 Channel deposits
[Pl] 鮮新世堆積岩類 Pliocene sedimentary rocks	[W] 鮮新世～更新世堆積物 Pliocene to Pleistocene deposits	[M ₂] 最新更新世堆積物 Latest Pleistocene deposits	[C] 海底谷壁上部 Upper boundary of canyon wall
[M] 中新世堆積岩類 Miocene sedimentary rocks	[N] 中新世堆積岩類 Miocene sedimentary rocks	[M ₃] 鮮新世～更新世堆積物 Pliocene to Pleistocene deposits	[C] 実在逆断層(点線は伏在) Confirmed reverse fault, dotted where concealed
[J] ジュラシ紀～後期中新世火成岩類 Jurassic to Early Miocene igneous rocks	[N] 中新世堆積岩類 Miocene sedimentary rocks	[M ₄] 鮮新世～更新世堆積物 Pliocene to Pleistocene deposits	[C] 推定逆断層(点線は伏在) Inferred reverse fault, dotted where concealed
	[I] 中新世火成岩類 Miocene igneous rocks	[M ₅] 中新世堆積岩類 Miocene sedimentary rocks	[C] 実在活断層(点線は伏在) Confirmed active reverse fault, dotted where concealed
		[M ₆] 中新世火成岩類 Miocene igneous rocks	[C] 推定活断層(点線は伏在) Inferred active reverse fault, dotted where concealed
			[C] 推定逆断層(点線は伏在) Inferred reverse fault, dotted where concealed
			[C] 推定活断層(点線は伏在) Inferred active reverse fault, dotted where concealed
			[C] 実在背斜軸(点線は伏在) Confirmed antiform axis, dotted where concealed
			[C] 推定背斜軸(点線は伏在) Inferred antiform axis, dotted where concealed
			[C] 実在向斜軸(点線は伏在) Confirmed synclinal axis, dotted where concealed
			[C] 推定向斜軸(点線は伏在) Inferred synclinal axis, dotted where concealed

能登半島北部周辺の地質分布図(井上他(2010)に加筆)

能登半島北岸沿岸海域の地質構造と活断層セグメント(井上・岡村, 2010)



- 実在逆断層 (点線は伏在)
 Confirmed reverse fault, dotted where concealed
- 撓曲軸 (点線は伏在)
 Flexure, dotted where concealed
- 実在正断層 (点線は伏在)
 Confirmed normal fault, dotted where concealed
- 実在活撓曲軸 (点線は伏在)
 Active flexure, dotted where concealed
- 実在活逆断層 (点線は伏在)
 Confirmed active reverse fault, dotted where concealed
- 実在背斜軸 (点線は伏在)
 Confirmed anticlinal axis, dotted where concealed
- 向斜軸 (点線は伏在)
 Synclinal axis, dotted where concealed

【珠洲沖セグメント】

- ・セグメントの西部では、地層が切れて断層として認定できるが、東部では連続する地層の傾斜が急変する明瞭な構造境界(向斜軸面)となっている。
- ・この構造境界付近の最終氷期浸食面は傾動しているように見えることから、活動的な変形であると推定した。
- ・傾動した浸食面の最大垂直高度差は15 m 程度に達する。
- ・珠洲岬周辺には隆起した海成段丘が広がっていること(太田・平川, 1979)も、珠洲沖セグメントが活動的であることを支持している。
- ・このセグメントの北東端は確認できていない。

【輪島沖セグメント】

- ・約20km連続する。
- ・活断層の西端は輪島の約7km沖に位置し、そこから東北東方向に連続し、徐々に海岸に近づく。
- ・最終氷期の浸食面に、最大10 m 程度の変形を与えている。その陸側の、輪島の約4 km 沖から約8 km にわたって断層が認められ、南志見沖層群が陸側で大きく隆起している。
- ・あまり明瞭ではない

【猿山沖セグメント】

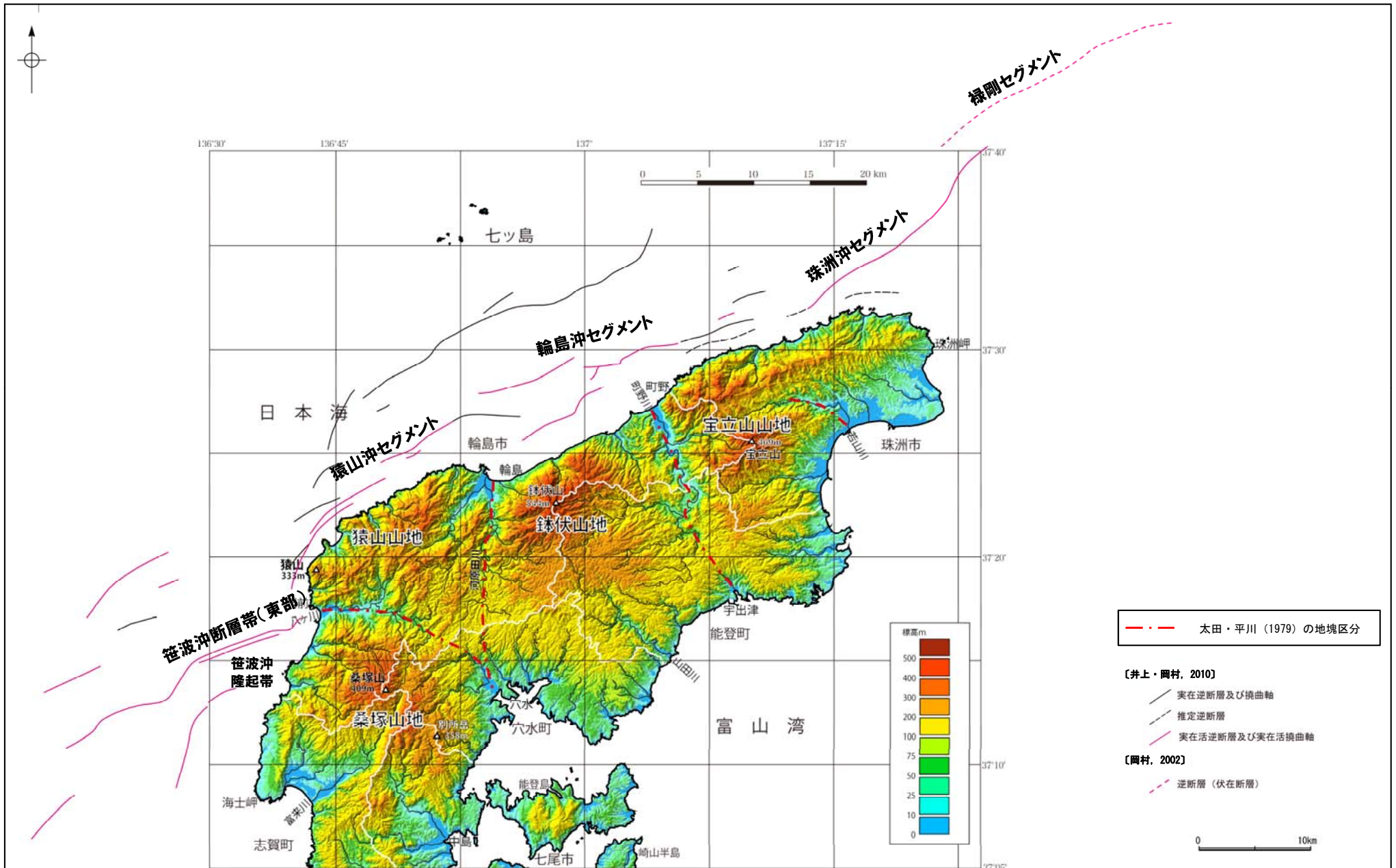
- ・約20km連続し、西部と東部の2つの活断層からなる。
- ・いずれも海岸のすぐ近くに分布することから、従来の海底地質図では全く認識されていなかった。
- ・西部の断層は厚い完新統に覆われ、最終氷期の浸食面と完新統に変形が認められる。最終氷期の浸食面上での最大垂直変位量は約15 m である。
- ・東部の断層は完新統の被覆層がほとんどなく、最終氷期の浸食面にわずかな変形を与えている。
- ・浜田ほか(2007)は海岸に隆起ベンチが存在することから、沖合に活断層が存在する可能性を指摘していた。

【門前沖セグメント】

- ・井上ほか(2007)によると、いずれも南東傾斜の逆断層である。
- ・逆断層は長さ約21kmで、その南西側に活褶曲が14km連続する。
- ・完新統中に累積的な変形が認められ、最終氷期浸食面上での最大の変位量は約6 m である。
- ・2007年の能登半島地震はこの活断層の活動によって発生した。
- ・また、北側の比較的短い断層は完新統の分布が薄いため、最終氷期以降活動しているかどうか判断できないが、海底には変位が認められることから活断層と判断した。

これらの活断層帯は、中新統褶曲帯の北縁部に沿って発達する南東傾斜の逆断層からなり、中新世の逆断層が再活動することによって形成された可能性が高い

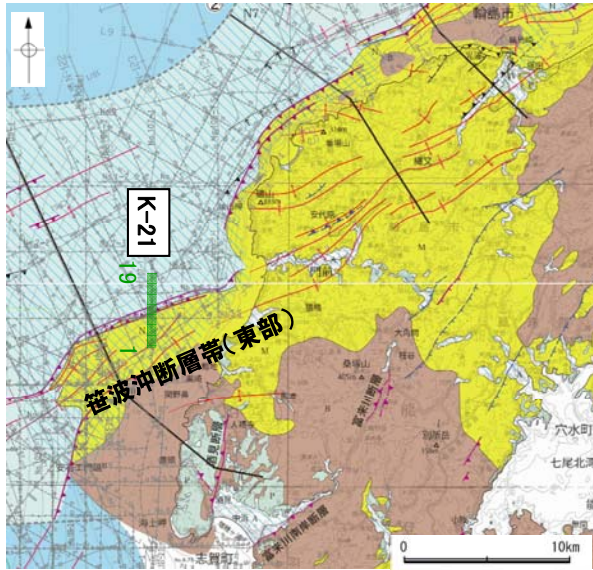
能登半島北部の地形図



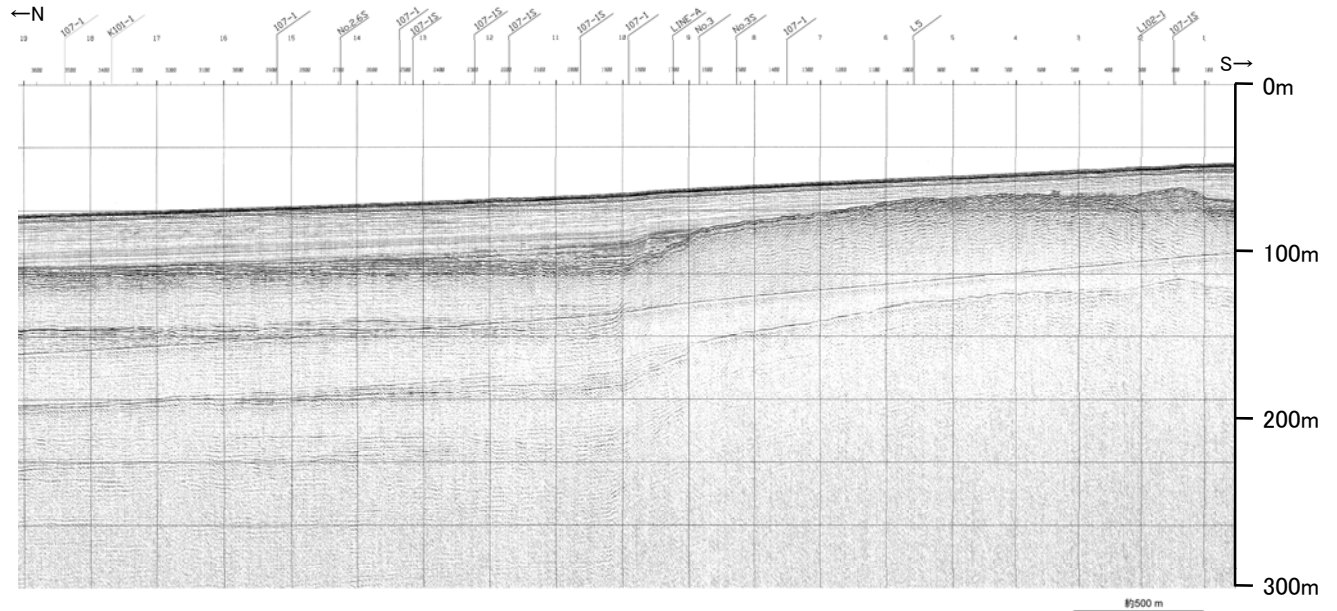
能登半島北部の地形(尾崎(2010)に加筆)

尾崎 正紀 (2010) : 能登半島北部20万分の1地質図及び説明書. 数値地質図 S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.
 太田 陽子・平川 一臣 (1979) : 能登半島の海成段丘とその変形, 地理学評論, Vol. 52, no. 4 .
 井上 卓彦・岡村 行信 (2010) : 能登半島北部周辺20万分の1海域地質図及び同説明書, 数値地質図, S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.
 岡村 行信 (2002) : 20万分の1 能登半島東方海底地質図及び同説明書, 海洋地質図, no. 59 (CD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.

笹波沖断層帯(東部)の音波探査記録及び解釈断面図



位置図 (井上他(2010)に加筆)

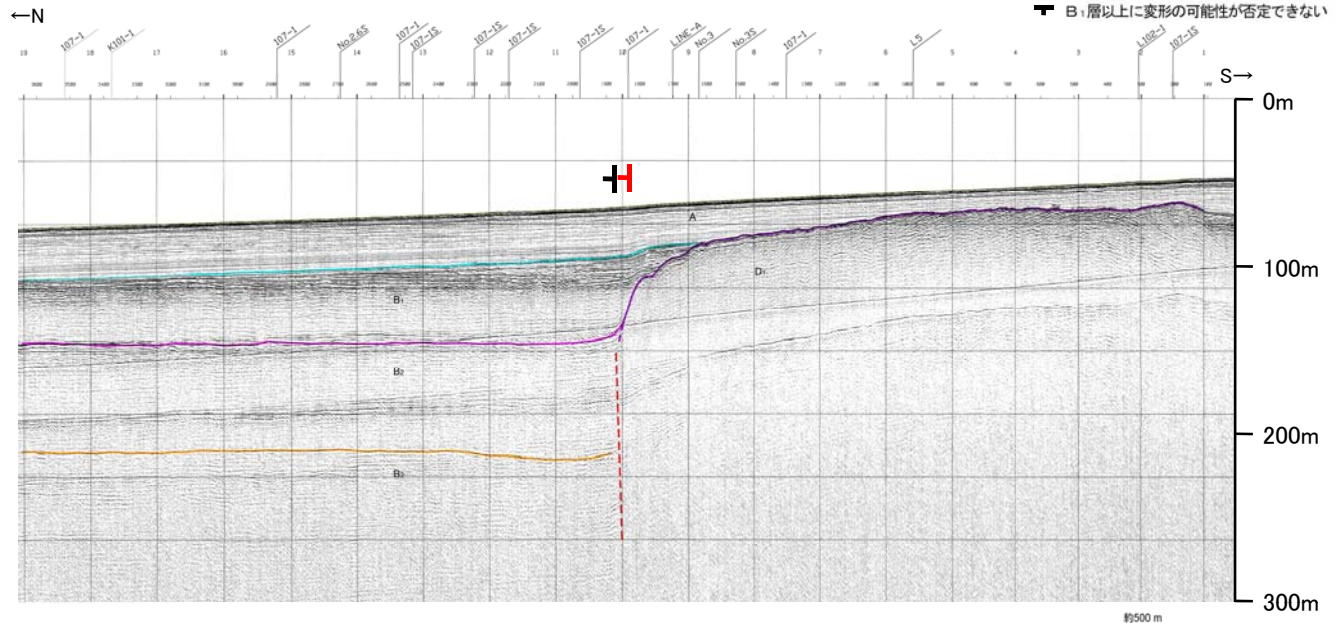
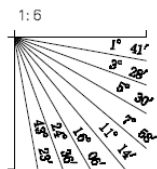


K-21測線 音波探査記録(東大震研ブーマー)

記録掲載範囲

- No.3 → 調査測線(北陸電力: スパークー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
- No.3-S → 調査測線(北陸電力: スパークー・シングルチャンネル・約360ジュール)
- L3 → 調査測線(産業技術総合研究所: ブーマー・マルチチャンネル)
- K20 → 調査測線(東京大学地震研究所: ブーマー・マルチチャンネル)
- LINE-A → 調査測線(東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
- N-135 → 調査測線(地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
- L5 → 調査測線(三洋(1997): ウォーターガン・シングルチャンネル)
- N15 → 調査測線(井上・岡村(2010): ブーマー・マルチチャンネル)

地質時代	地層名
第四紀	完新世 A層
	後期 B ₁ 層
	中期 B ₂ 層
更新世	前期 C ₁ 層
	後期 C ₂ 層
第三紀	D ₁ 層
	D ₂ 層



+ B₁層以上に変位、変形が認められる
+ B₁層以上に変形の可能性が否定できない

※この図面は東京大学地震研究所の海上音波探査の記録を北陸電力が独自に解析・作成したものである

K-21測線 解釈断面図(東大震研ブーマー)

震源断層の断層面

原子力安全委員会
地震・地震動評価委員会
WG2 第5-2号より引用

能登半島地震で
得られた知見

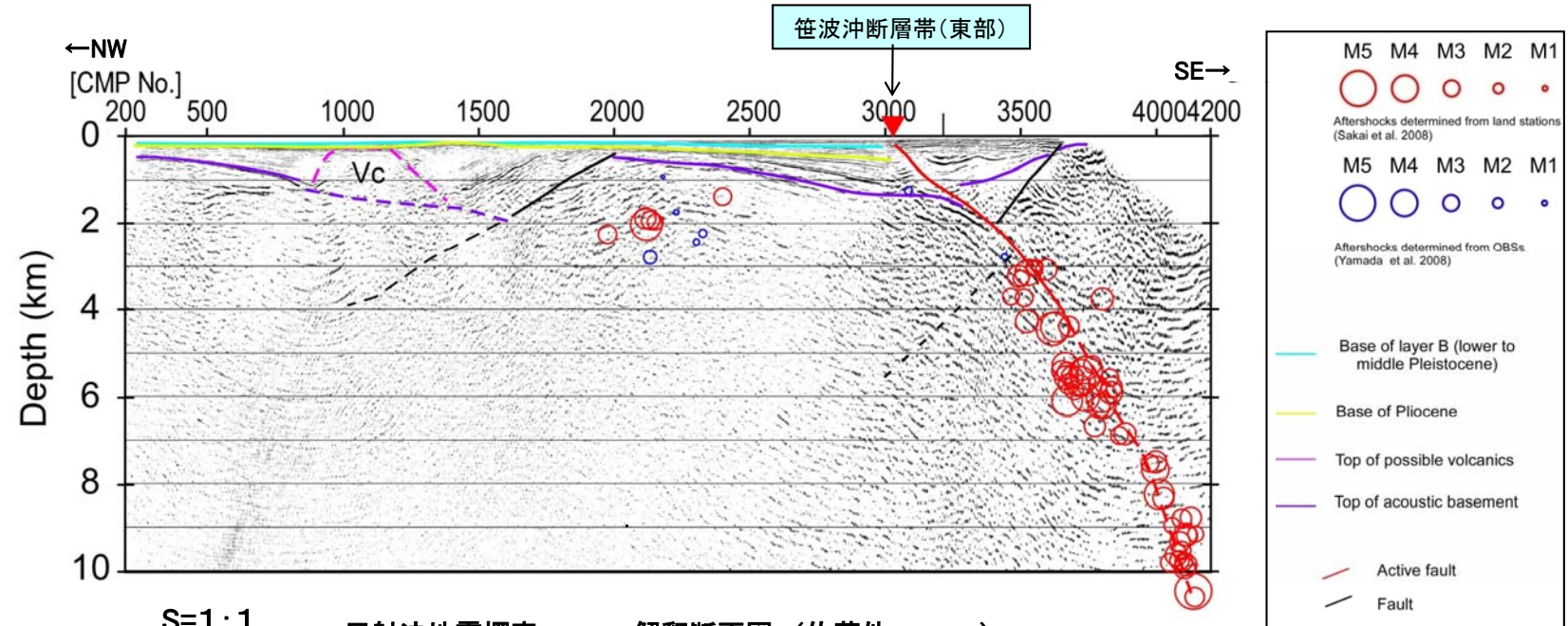
震源断層の断層面

- 断層の上盤側は低下側に比べてリフト期の堆積層の層厚が厚く、中新世の正断層の再活動を示している
 - 反射法地震探査から推定される断層面上に余震が集中
 - 断層の傾斜角は深部では約60度
- 佐藤他(2007a, 2007b)



位置図 (井上他(2010)に加筆)

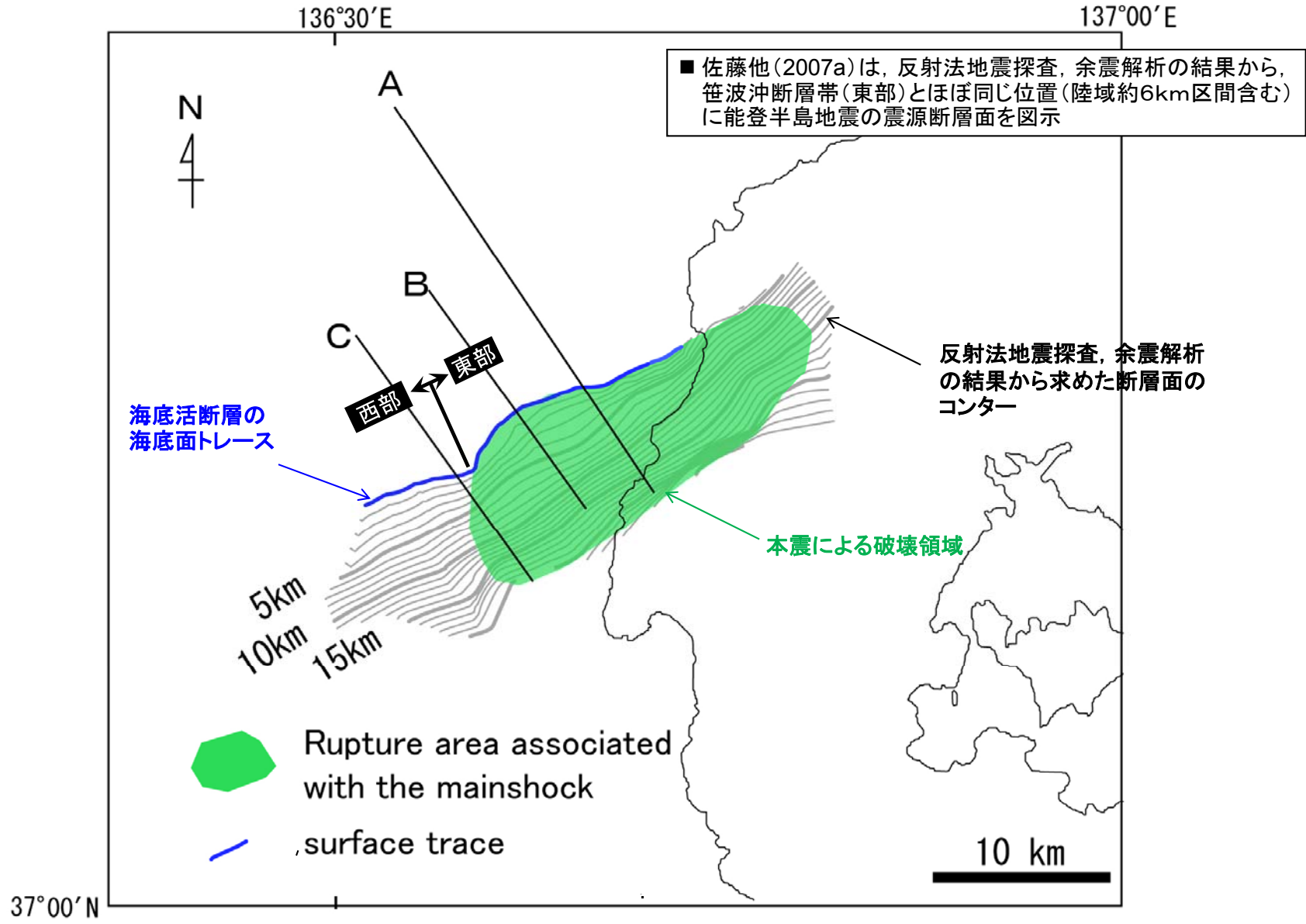
- 記録掲載範囲
- No.3 ○—○— 調査測線(北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
 - No.3-S ○—○— 調査測線(北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約360ジュール)
 - L3 ○—○— 調査測線(産業技術総合研究所: プーマー・マルチチャンネル)
 - K20 ○—○— 調査測線(東京大学地震研究所: プーマー・マルチチャンネル)
 - LINE-A ○—○— 調査測線(東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
 - W-135 ○—○— 調査測線(地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
 - L5 ○—○— 調査測線(三洋(1997): ウォーターガン・シングルチャンネル)
 - N15 ○—○— 調査測線(井上・岡村(2010): プーマー・マルチチャンネル)



S=1:1 反射法地震探査 LINE-A解釈断面図 (佐藤他, 2007a)

佐藤比呂志・岩崎貴哉・金沢敏彦・宮崎真一・宮内高裕・加藤直子・伊藤谷生・平田直(2007a): 反射法地震探査・余震分布・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, 東京大学地震研究所彙報, 82, 369-379.
佐藤比呂志・阿部 進・斎藤秀雄・加藤直子・伊藤谷生・川中 卓(2007b): 二船式による2007年能登半島地震震源域の反射法地震探査, 東京大学地震研究所彙報, 82, 275-299.

震源断層の形状



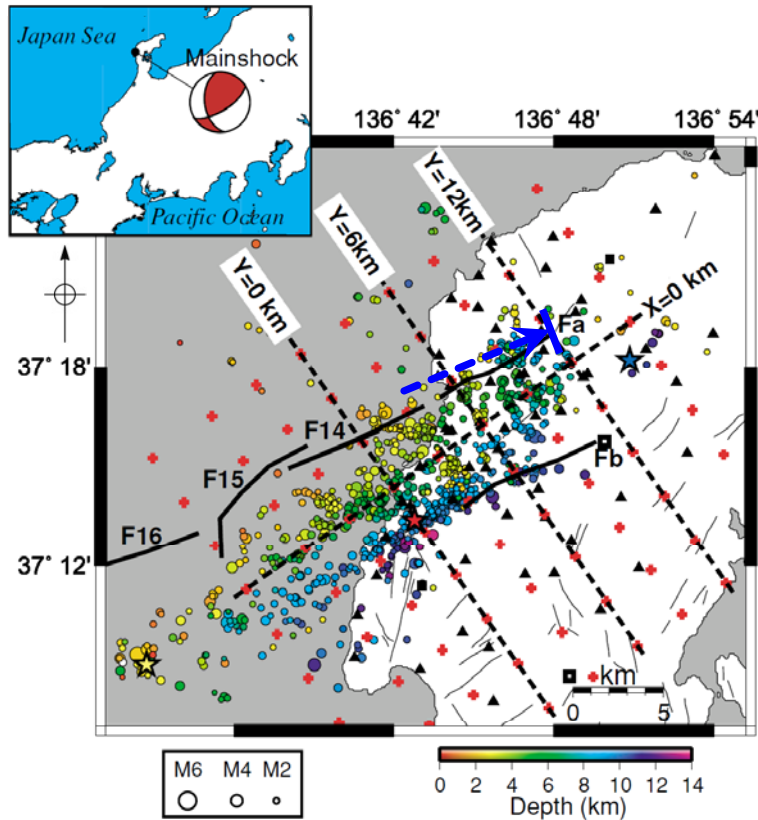
反射法地震探査及び余震分布に基づく断層面の形状(佐藤他, 2007a)に説明文を加筆

震源断層の東端について(1)

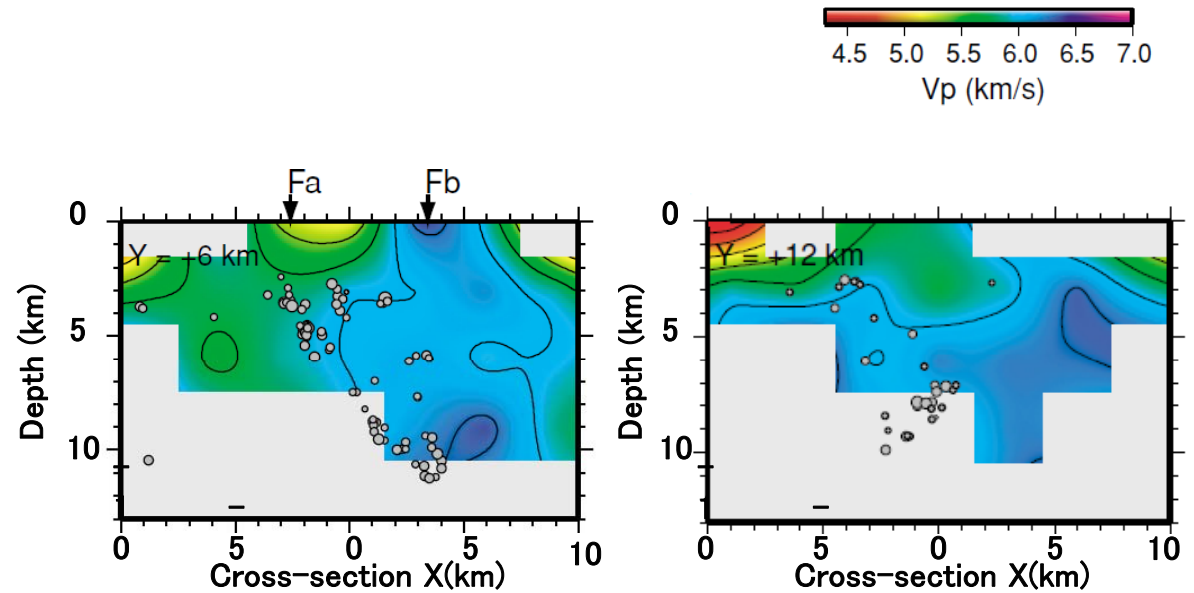
能登半島地震で
得られた知見

原子力安全委員会
地震・地震動評価委員会
WG2 第5-2号より引用

速度構造に関する研究結果 (Kato et al., 2008)



-----> 震源断層東端(佐藤他, 2007a)の位置
余震分布図(Kato et al., 2008)に一部加筆



P波速度構造断面図 (Y=6km, Y=12km)
(Kato et al., 2008)

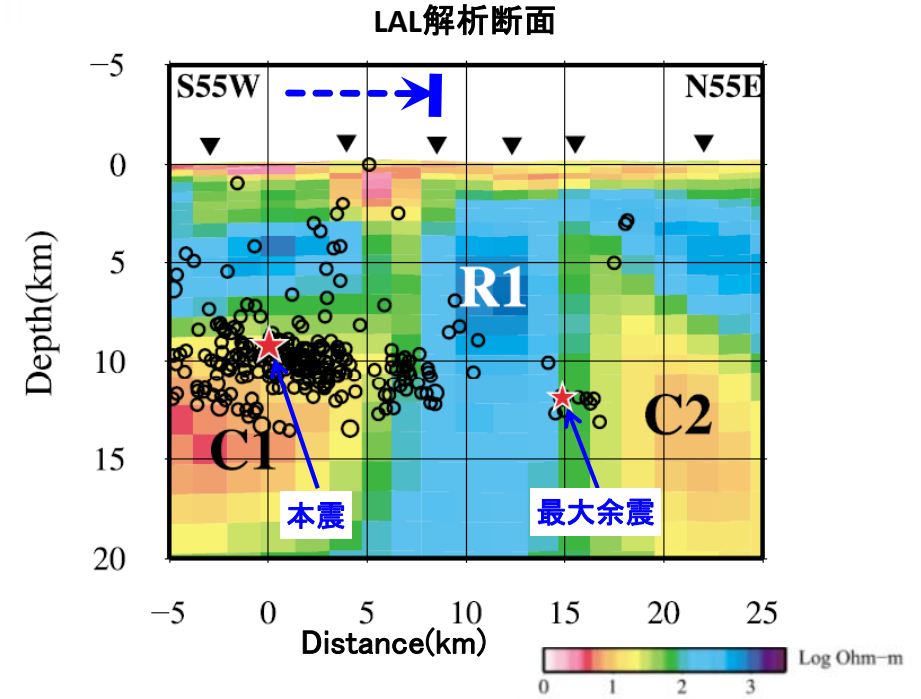
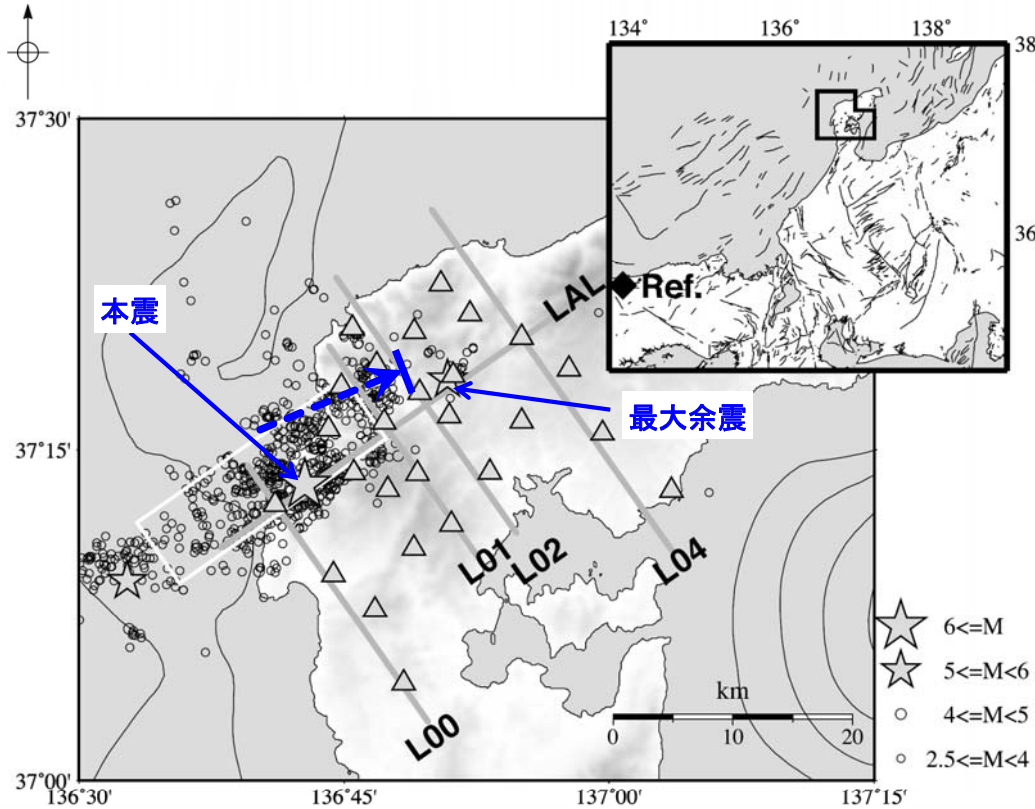
■能登半島地震は低速度域と高速度域の境界で発生し、余震域北東端の余震の空白域の深さ5km以深に存在する高速度域が本震の破壊に対してバリアとして機能した可能性がある(東京大学地震研究所, 2007)

佐藤比呂志・岩崎貴哉・金沢敏彦・宮崎真一・宮内高裕・加藤直子・伊藤谷生・平田直(2007a): 反射法地震探査・余震分布・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, 東京大学地震研究所彙報, 82, 369-379.

Kato, A., S. Sakai, T. Iidaka, T. Iwasaki, E. Kurashimo, T. Igarashi, N. Hirata, T. Kanazawa and Group for the aftershock observations of the 2007 Noto Hanto Earthquake (2008): Three-dimensional velocity structure in the source region of the Noto Hanto Earthquake in 2007 imaged by a dense seismic observation, *Earth Planets Space*, 60.

東京大学地震研究所(2007): 2007年能登半島地震震源域の地震波速度構造, 第173回地震予知連絡会資料

比抵抗構造に関する研究結果(Yoshimura et al., 2008)



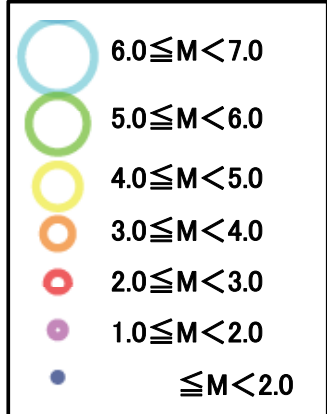
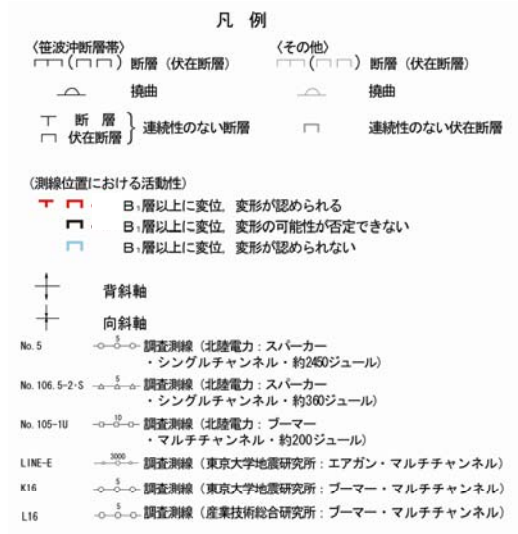
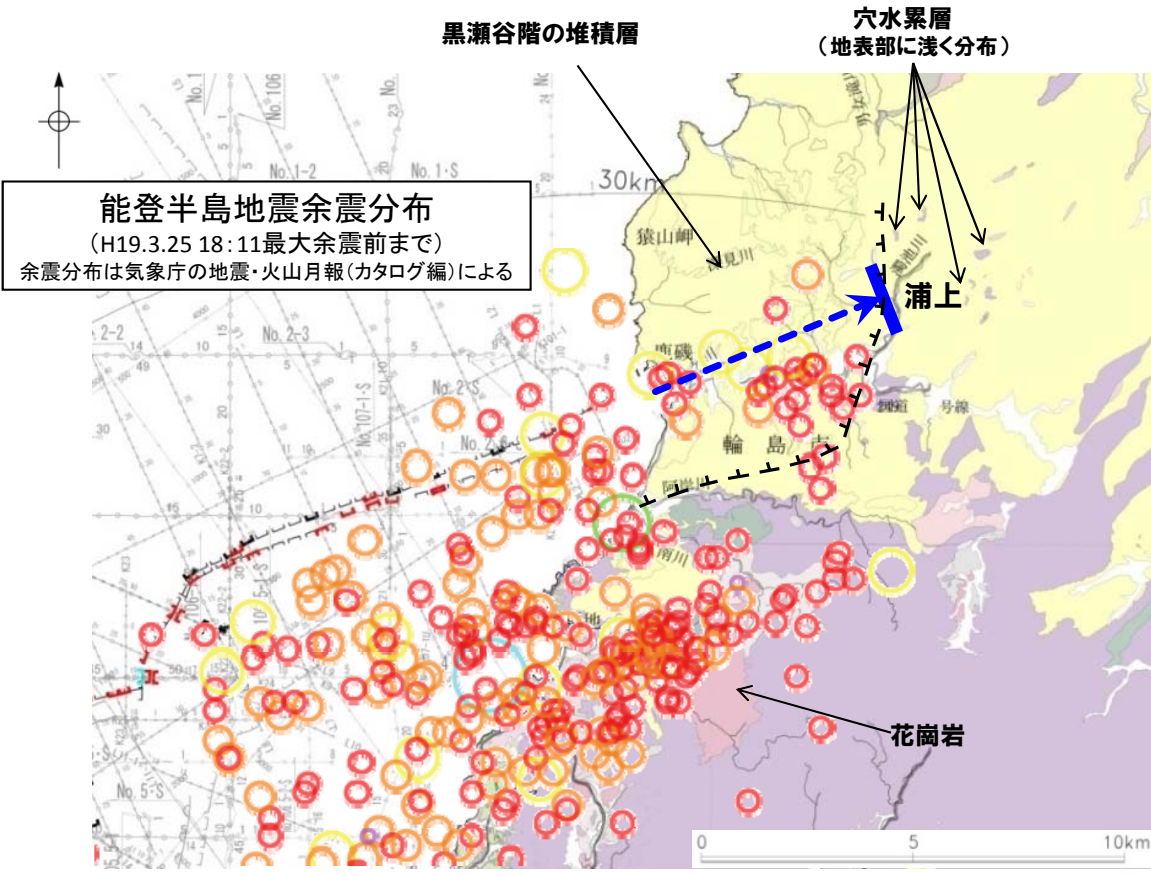
■ 本震と東部の最大余震の間に存在する余震活動の空白域には高比抵抗域が推定され、固着しているセグメントを表している可能性がある(Yoshimura et al., 2008)

△ Magnetotelluric (MT) site locations
 ---➡ 震源断層東端(佐藤他, 2007a)の位置

比抵抗構造解析図(Yoshimura et al., 2008)に一部加筆)

Yoshimura, R., N. Oshima, M. Uyeshima, Y. Ogawa, M. Mishina, H. Toh, S. Sakanaka, H. Ichihara, I. Shiozaki, T. Ogawa, T. Miura, S. Koyama, Y. Fujita, K. Nishimura, Y. Takagi, M. Imai, R. Honda, S. Yabe, S. Nagaoka, M. Tada and T. Mogi (2008): Magnetotelluric observations around the focal region of the 2007 Noto Hanto Earthquake (Mj6.9), Central Japan, *Earth Planets Space*, 60.
 佐藤比呂志・岩崎貴哉・金沢敏彦・宮崎真一・宮内高裕・加藤直子・伊藤谷生・平田直 (2007a): 反射法地震探査・余震分布・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, 東京大学地震研究所彙報, 82, 369-379.

地質に関する研究結果



能登半島地震余震分布
(H19.3.25 18:11最大余震前まで)
余震分布は気象庁の地震・火山月報(カタログ編)による

海域: 断層分布図, 陸域: 地質図

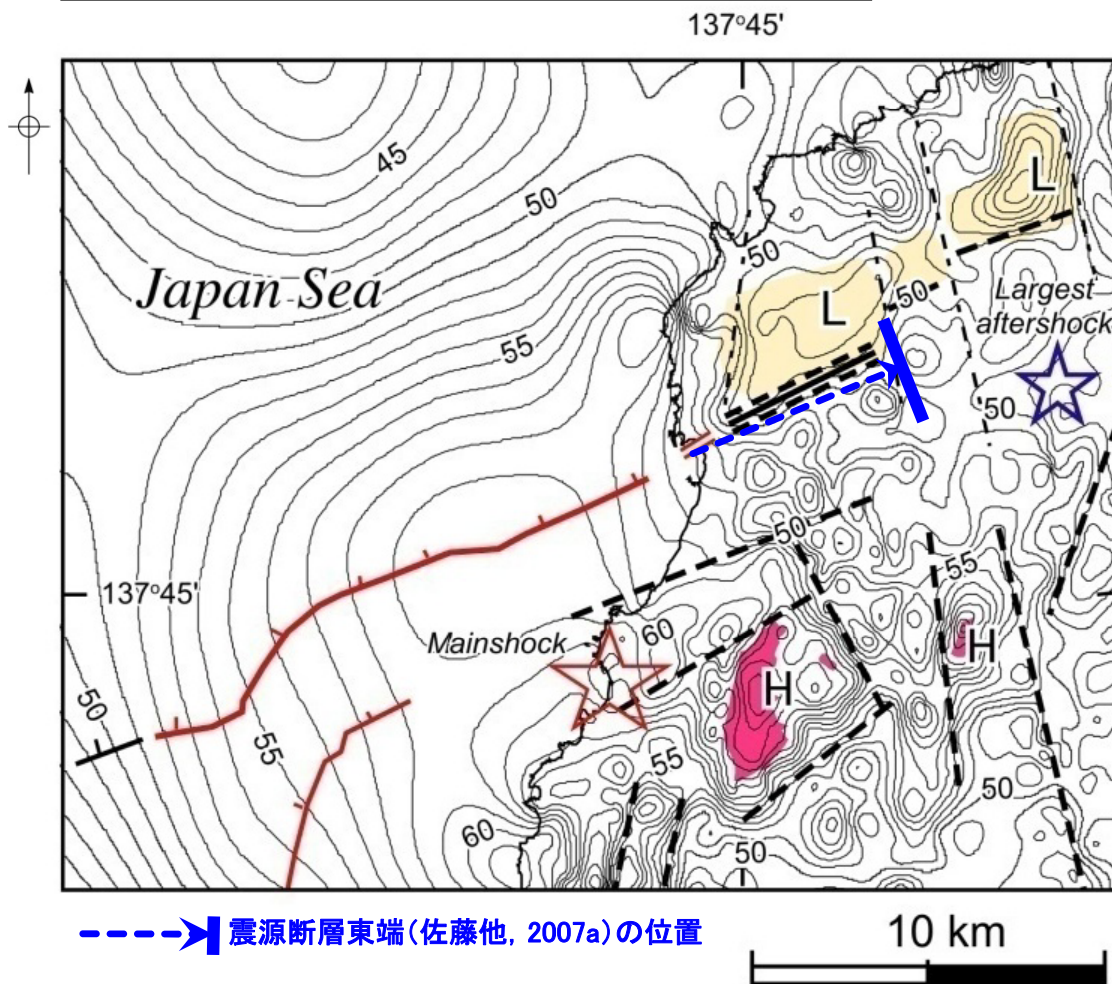
- 黒瀬谷階の堆積層
- 岩稻階: 穴水累層
- 花崗岩

震源断層東端(佐藤他, 2007a)の位置
 syn-rifting, concealed fault (富岡他, 2007)

- 余震分布の東端は浦上付近
- 浦上付近を境にした地質構造の差異
(東方) 穴水累層が地表部に浅く分布
(西方) 黒瀬谷階の堆積岩が厚く分布
(佐藤他, 2007a)

佐藤比呂志・岩崎貴哉・金沢敏彦・宮崎真一・宮内高裕・加藤直子・伊藤谷生・平田直(2007a): 反射法地震探査・余震分布・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, 東京大学地震研究所彙報, 82, 369-379.
富岡伸芳・佐藤比呂志(2007): 2007年能登半島地震の震源域陸域の地質, 東京大学地震研究所彙報, 82, 255-264.

重力異常に関する研究結果(佐藤他, 2007a)



LEGEND

- 50- Contour line of Bouguer anomaly
- H L High and low value in Bouguer anomaly
- Early Miocene sedimentary basin
- Distribution of Granitic rocks
- Active fault after Inoue et al. (2007)
- fault
- Estimated fault
- Probable basin bounding fault
- Concealed fault after seismic reflection survey (Sato et al., 2007)

■ 矩形の低重力異常域は、NNW-SSE方向のトランスファー断層によって境されたハーフグラーベンを示している可能性が高く、初生期の構造に規制されてセグメント境界を形成していると判断される (佐藤他, 2007a)

重力異常図(佐藤他, 2007a)に一部加筆

佐藤比呂志・岩崎貴哉・金沢敏彦・宮崎真一・宮内高裕・加藤直子・伊藤谷生・平田直(2007a): 反射法地震探査・余震分布・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, 東京大学地震研究所集報, 82, 369-379.

- 余震分布から推定された震源断層の東端は、速度構造、比抵抗構造、地質分布、重力異常の各研究結果と良好な一致を見る (佐藤他, 2007a)
- 能登半島地震の震源断層(笹波沖断層帯(東部))の東端は「輪島市門前町浦上付近」と判断される

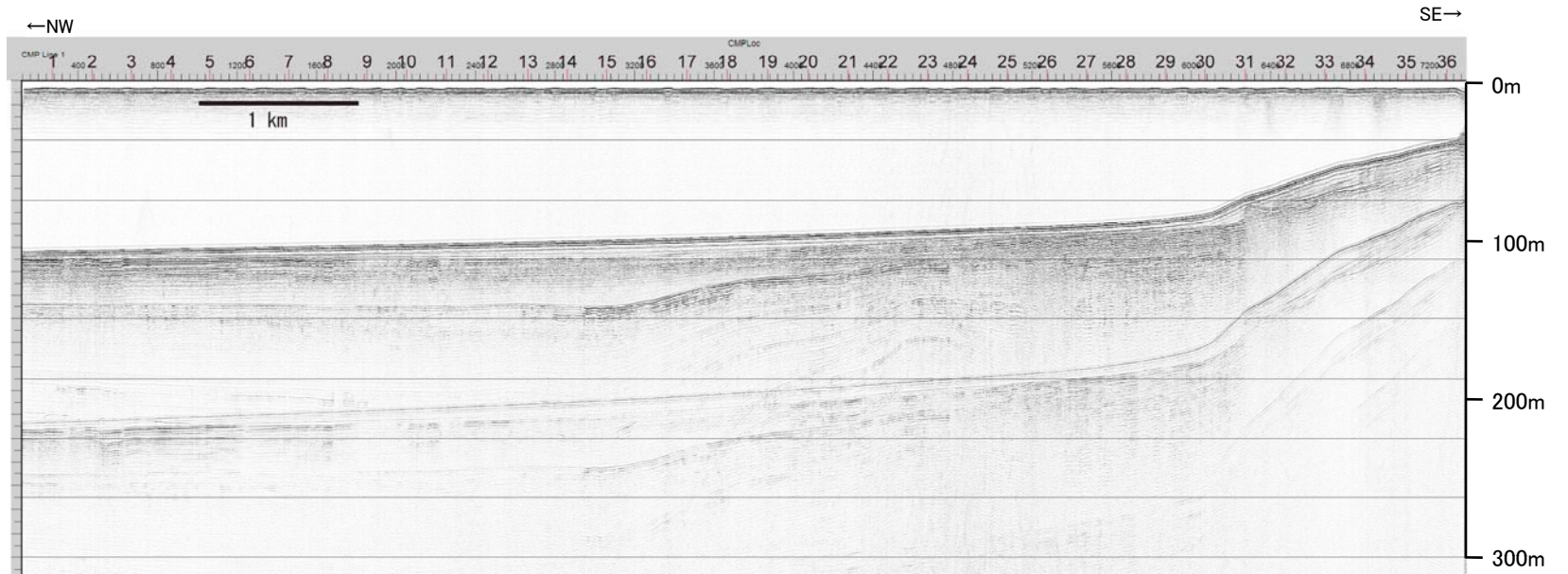
猿山沖セグメントの音波探査記録及び解釈断面図



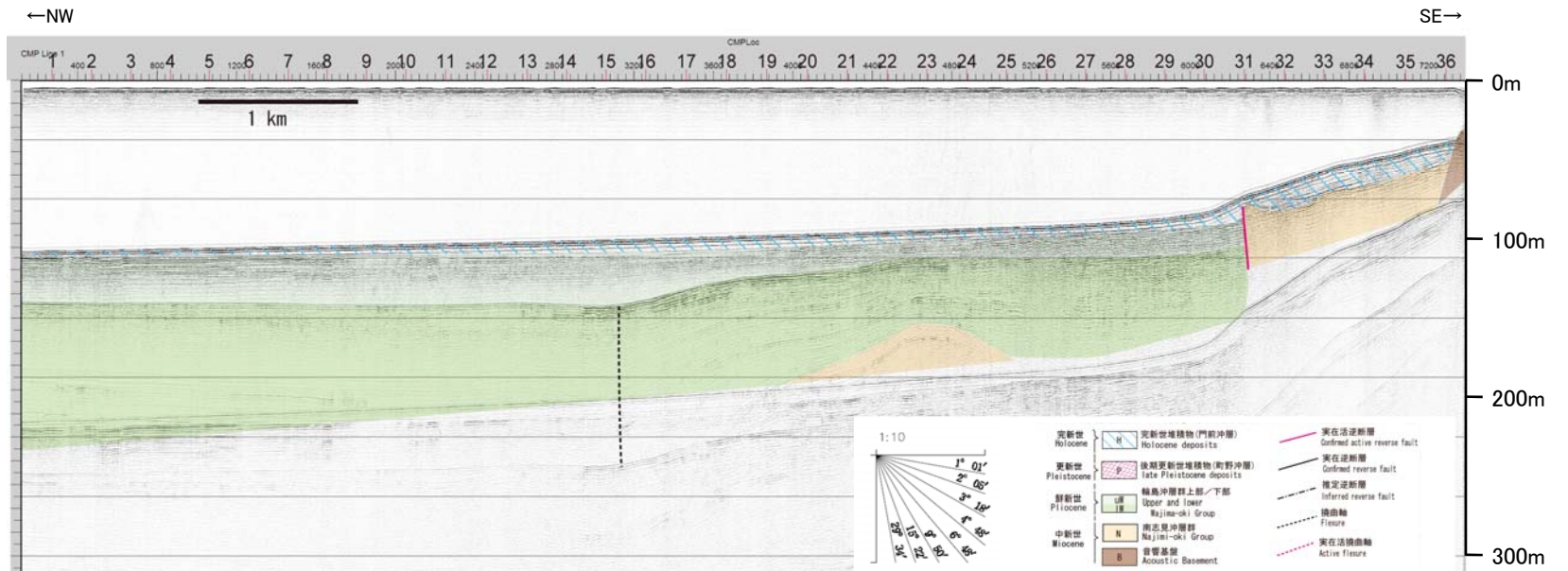
位置図 (井上他(2010)に加筆)

記録掲載範囲

- No. 3 調査測線(北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
- No. 3-S 調査測線(北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約360ジュール)
- L3 調査測線(産業技術総合研究所: ブーマー・マルチチャンネル)
- K20 調査測線(東京大学地震研究所: ブーマー・マルチチャンネル)
- LINE-A 調査測線(東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
- N-135 調査測線(地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
- L5 調査測線(三洋(旧7)) ウォーターガン・シングルチャンネル)
- N15 調査測線(井上・岡村2010: ブーマー・マルチチャンネル)

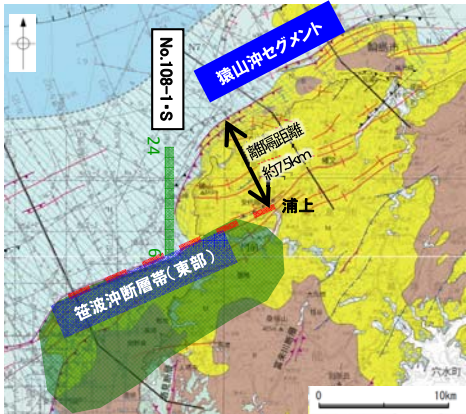


N7測線 音波探査記録(井上・岡村, 2010)



N7測線 解釈断面図(井上・岡村, 2010)

猿山沖セグメントの西端(笹波沖断層帯(東部)との位置関係)

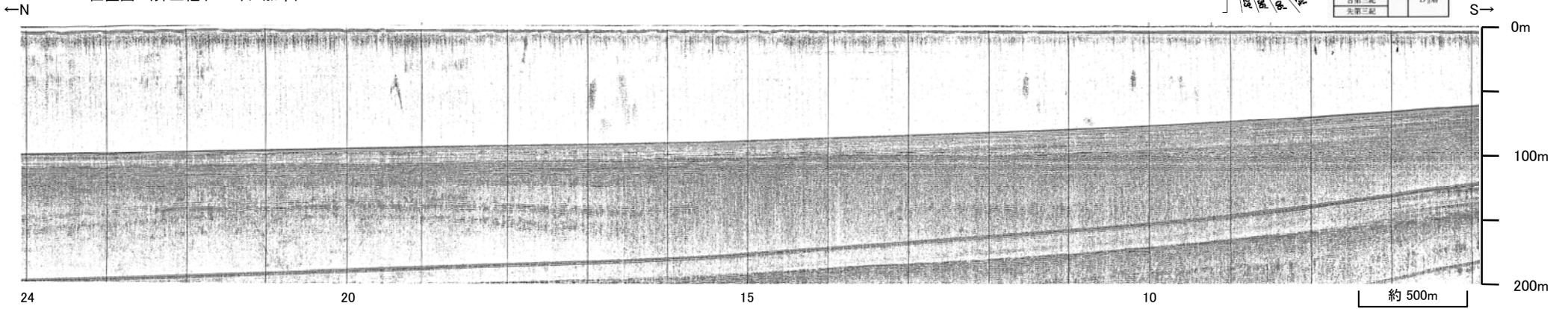


位置図 (井上他(2010)に加筆)

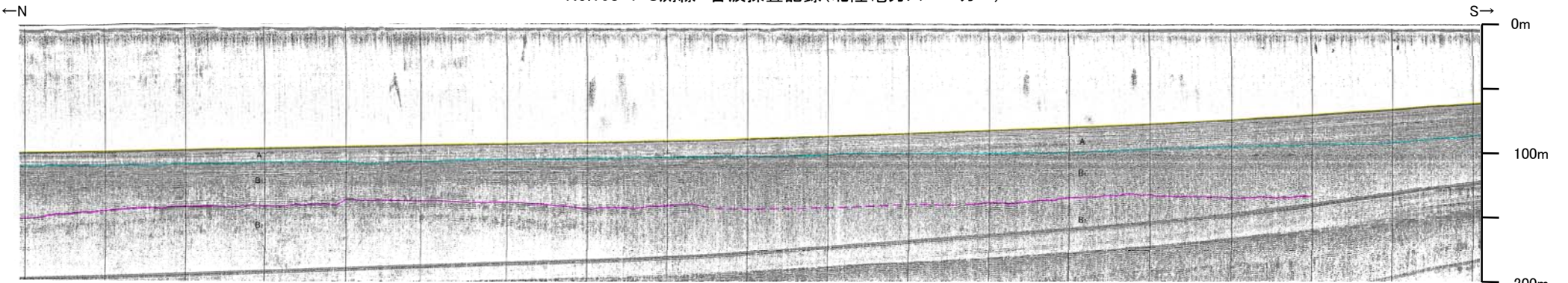
震源断層(佐藤他, 2007a)
記録掲載範囲

- No. 3 ○—○ 調査測線(北陸電力: スパークー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
- No. 3-S ○—○ 調査測線(北陸電力: スパークー・シングルチャンネル・約360ジュール)
- L3 ○—○ 調査測線(産業技術総合研究所: プーマー・マルチチャンネル)
- K20 ○—○ 調査測線(東京大学地震研究所: プーマー・マルチチャンネル)
- LINE-A ○—○ 調査測線(東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
- N-135 ○—○ 調査測線(地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
- L5 ○—○ 調査測線(三澤(1997): ウォーターガン・シングルチャンネル)
- N15 ○—○ 調査測線(井上・岡村(2010): プーマー・マルチチャンネル)

地質時代	地層名
第四紀	A層
	B層
	C層
更新世	B ₁ 層
	B ₂ 層
中新世	C ₁ 層
	C ₂ 層
古第三紀	D ₁ 層
	D ₂ 層
先第三紀	



No.108-1・S測線 音波探査記録(北陸電力スパークー)

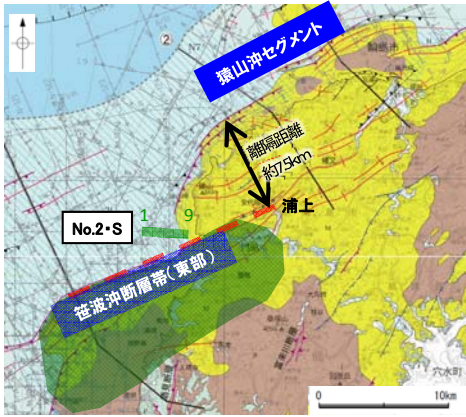


No.108-1・S測線 解釈断面図(北陸電力スパークー)

➤ 猿山沖セグメントの屈曲部の西端延長方向を横断する音波探査記録(No.108-1・S)に断層等は認められない。

井上 卓彦・尾崎 正紀・岡村 行信 (2010) : 能登半島北部域20万分の1海陸シームレス地質図, 数値地質図, S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター。
 佐藤 比呂志・岩崎 貴哉・金沢 敏彦・宮崎 真一・加藤 直子・酒井 慎一・山田 知朗・宮内 崇裕 (2007a) : 反射法地震探査・余震観測・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, 地震研究所彙報, 82, 369-379。
 井上 卓彦・岡村 行信 (2010) : 能登半島北部周辺20万分の1海域地質図及び同説明書, 数値地質図, S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター。

猿山沖セグメントの西端(笹波沖断層帯(東部)との位置関係)

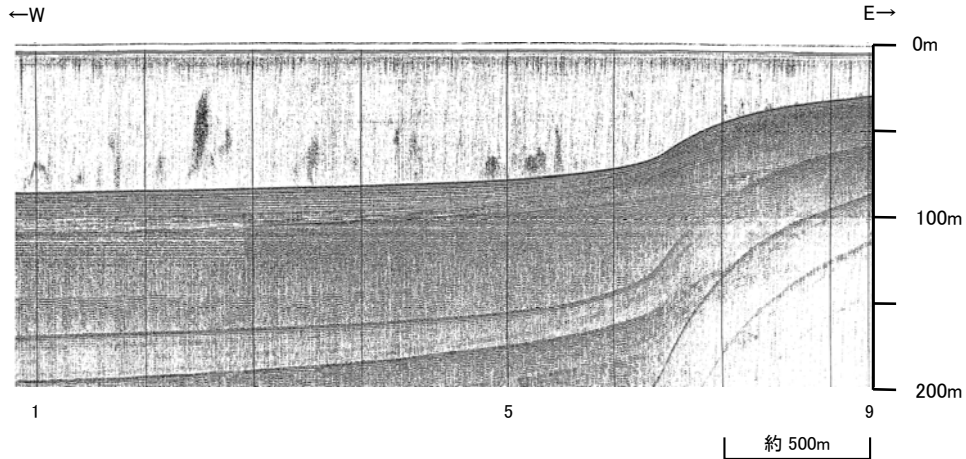
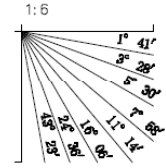


位置図 (井上他(2010)に加筆)

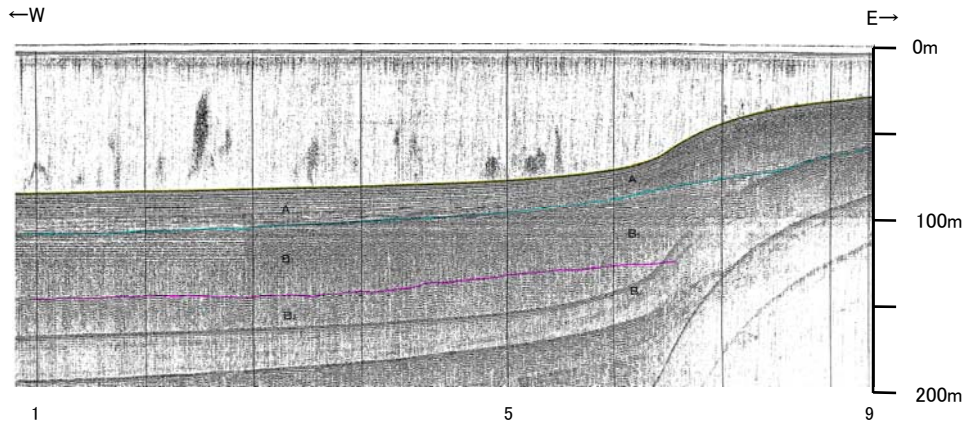
- 震源断層(佐藤他, 2007a)
- 記録掲載範囲

- No. 3 調査測線(北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
- No. 3-S 調査測線(北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約360ジュール)
- L3 調査測線(産業技術総合研究所: プーマー・マルチチャンネル)
- K20 調査測線(東京大学地震研究所: プーマー・マルチチャンネル)
- LINE-A 調査測線(東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
- N-135 調査測線(地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
- L5 調査測線(三澤(1997): ウォーターガン・シングルチャンネル)
- N15 調査測線(井上・岡村(2010): プーマー・マルチチャンネル)

地質時代		地層名
第四紀	更新世	A層
	中世	B ₁ 層
		B ₂ 層
	前期	C ₁ 層
新第三紀	中新世	C ₂ 層
	古第三紀	D ₁ 層
先第三紀		D ₂ 層



No.2・S測線 音波探査記録(北陸電カスパーカー)

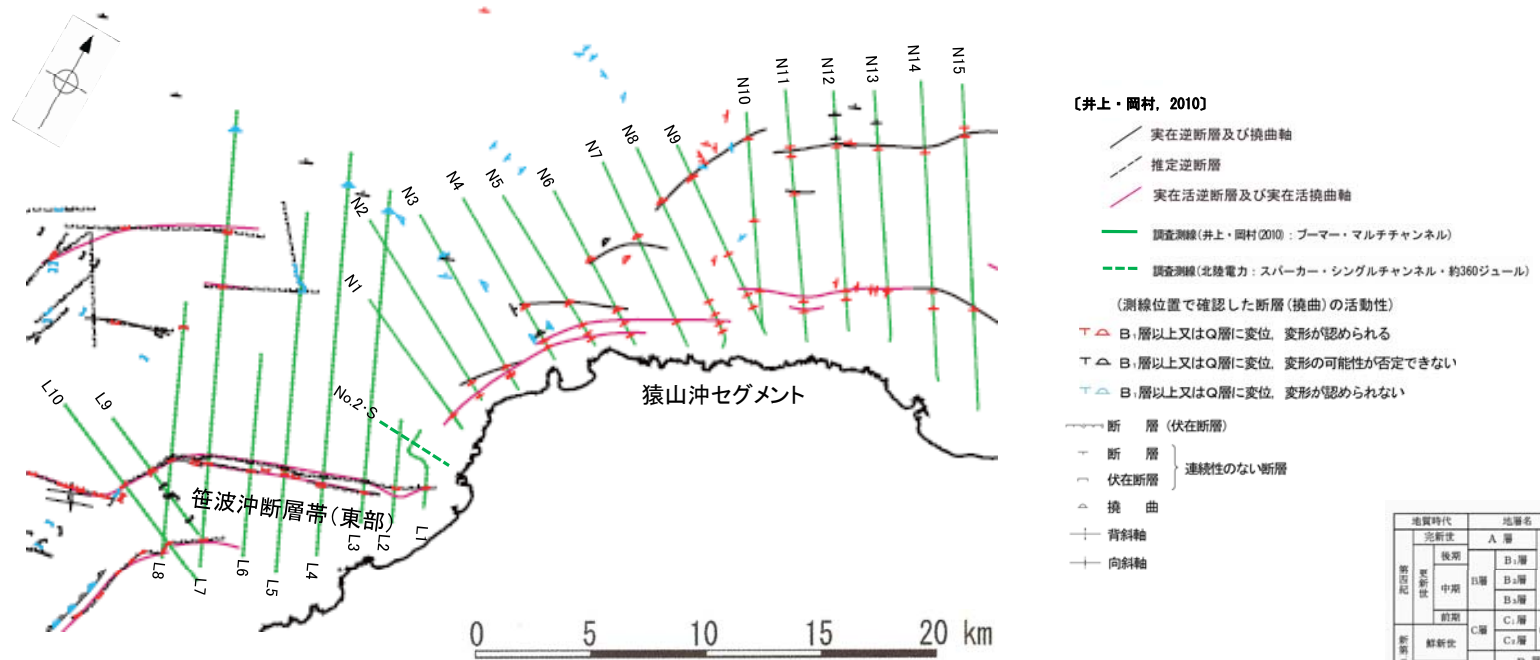


No.2・S測線 解釈断面図(北陸電カスパーカー)

➤ 猿山沖セグメントの屈曲部の西端延長方向を横断する音波探査記録(No.2・S)に断層等は認められない。

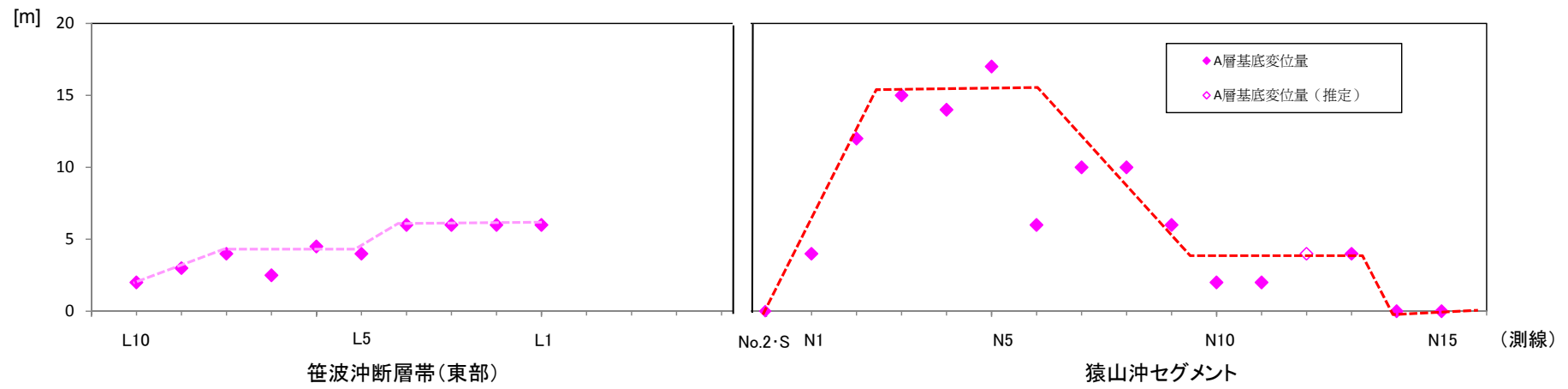
井上 卓彦・尾崎 正紀・岡村 行信 (2010) : 能登半島北部域20万分の1海陸シームレス地質図, 数値地質図, S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター。
 佐藤 比呂志・岩崎 貴哉・金沢 敏彦・宮崎 真一・加藤 直子・酒井 慎一・山田 知朗・宮内 崇裕 (2007a) : 反射法地震探査・余震観測・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, 地震研究所彙報, 82, 369-379。
 井上 卓彦・岡村 行信 (2010) : 能登半島北部周辺20万分の1海域地質図及び同説明書, 数値地質図, S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター。

笹波沖断層帯(東部), 猿山沖セグメントの変位量分布



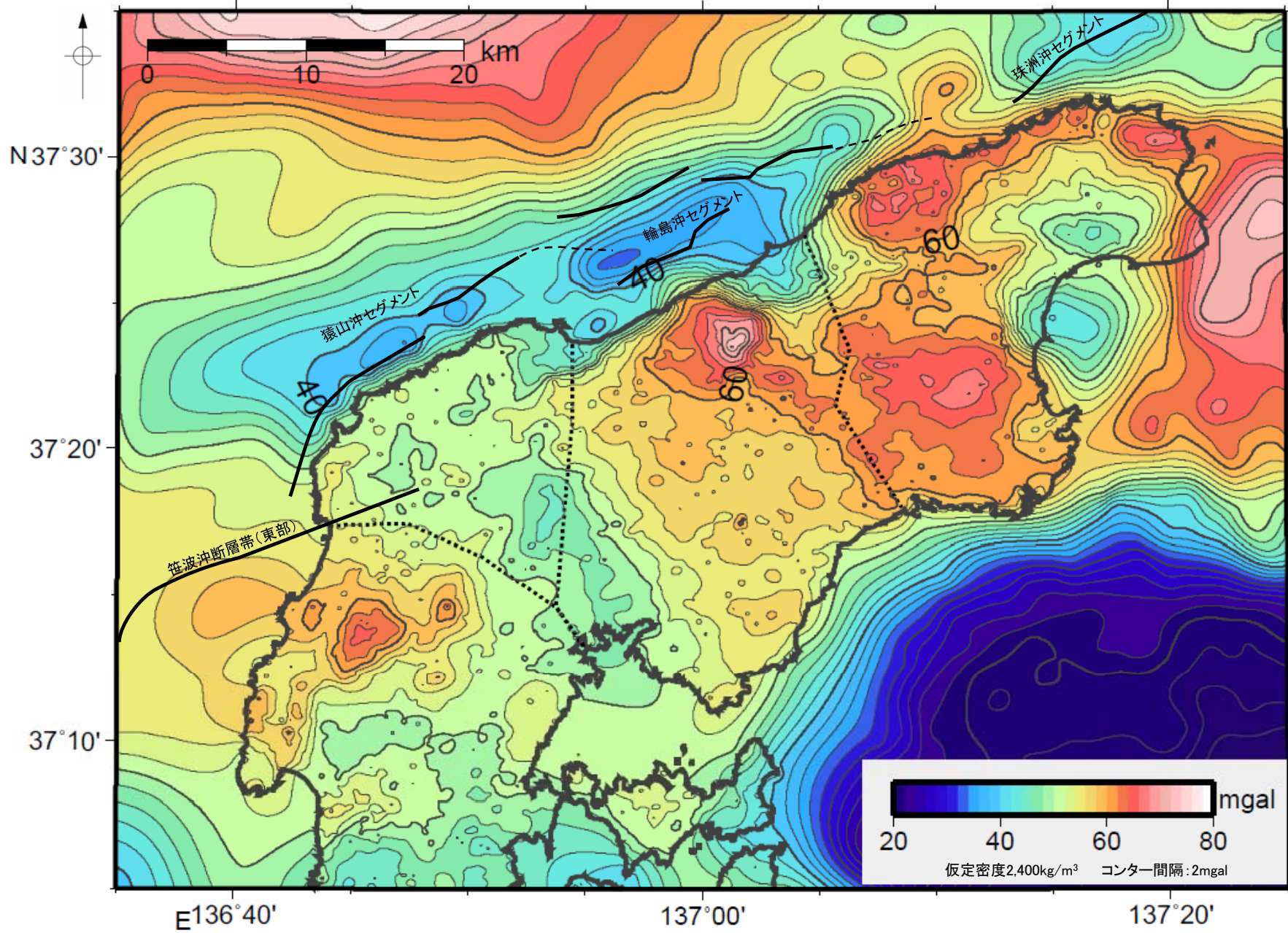
地質時代		地層名	
第三紀	完新世	A層	Q層
	後新世	B層	
	中新世	B ₁ 層	
新第三紀	前新世	B ₂ 層	C層
	中新世	C層	
古第三紀	中新世	D ₁ 層	D ₂ 層
	古第三紀	D ₂ 層	

測線位置図



A層基底の変位量分布

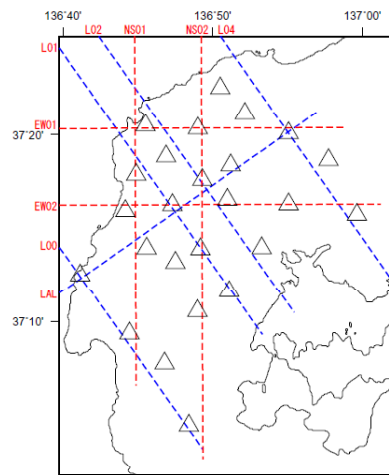
➤ A層基底変位量は, 猿山沖セグメントの端部では小さくなる。



..... 地塊の境界 (太田・平川, 1979)

能登半島北部周辺の重力異常図 (ブーゲー異常図) (澤田他 (投稿中) に加筆)

地下深部の比抵抗構造

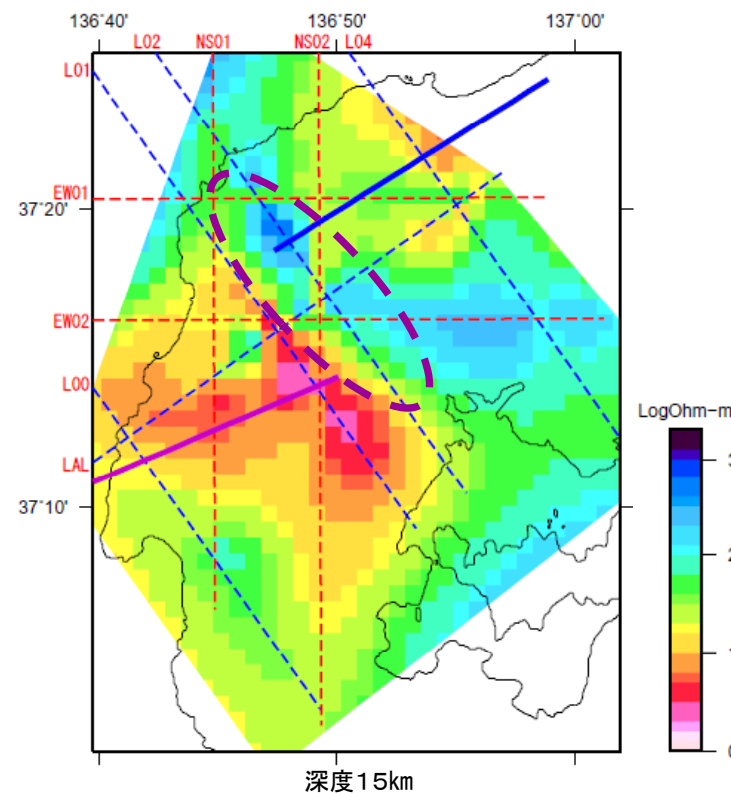
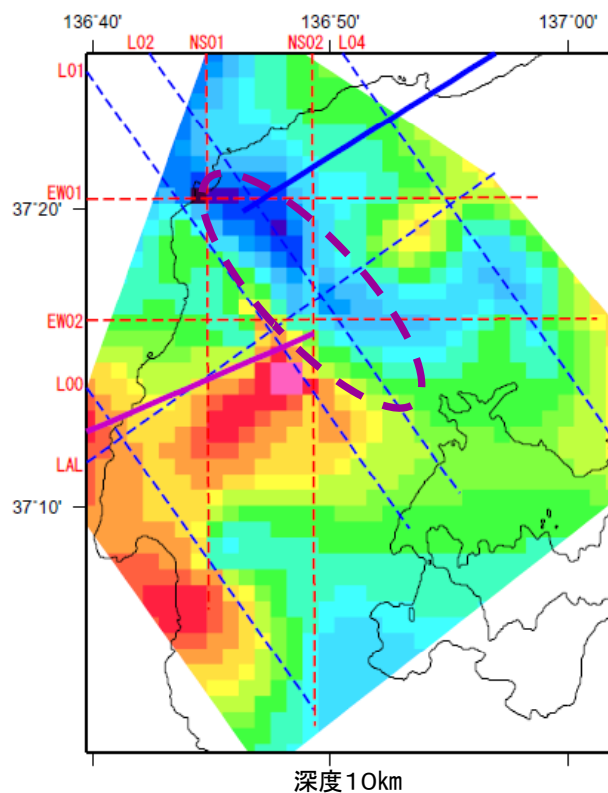
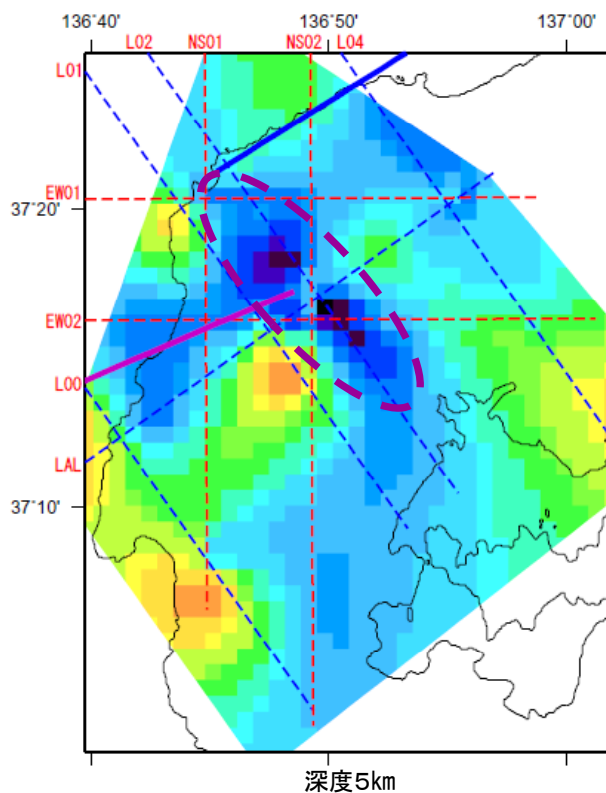


- △ 測点
- - - 解析断面 (Yoshimura et al., 2008)
- - - 追加解析断面 (京都大学防災研究所)

- 2007年能登半島地震発生後に、大学連合により取得されていた広帯域MT観測データを用い、2次元比抵抗構造解析を実施した。
- Yoshimura et al. (2008)の解析断面(5断面)を含めた9断面の2次元解析結果を3次元補完することによって、地下深部の3次元的な比抵抗分布構造を把握した(京都大学防災研究所)。

▶ 地下深部の比抵抗構造によれば、深度5km~15kmにわたって、笹波沖断層帯(東部)の東端付近に認められた高比抵抗ブロックが、北西方向に延長して分布しており、猿山沖セグメントと笹波沖断層帯(東部)との間を横切っている。

広帯域MT観測点分布および2次元比抵抗解析断面



解析結果

- 猿山沖セグメント [傾斜角60°]
- 笹波沖断層帯(東部) [傾斜角60°]

※この図面は、京都大学防災研究所がYoshimura et al. (2008)を含めた9断面の2次元解析結果を3次元補完して作成したものである(断層位置は北陸電力が加筆)

(3)「笹波沖断層帯(東部)」と「猿山沖セグメント」

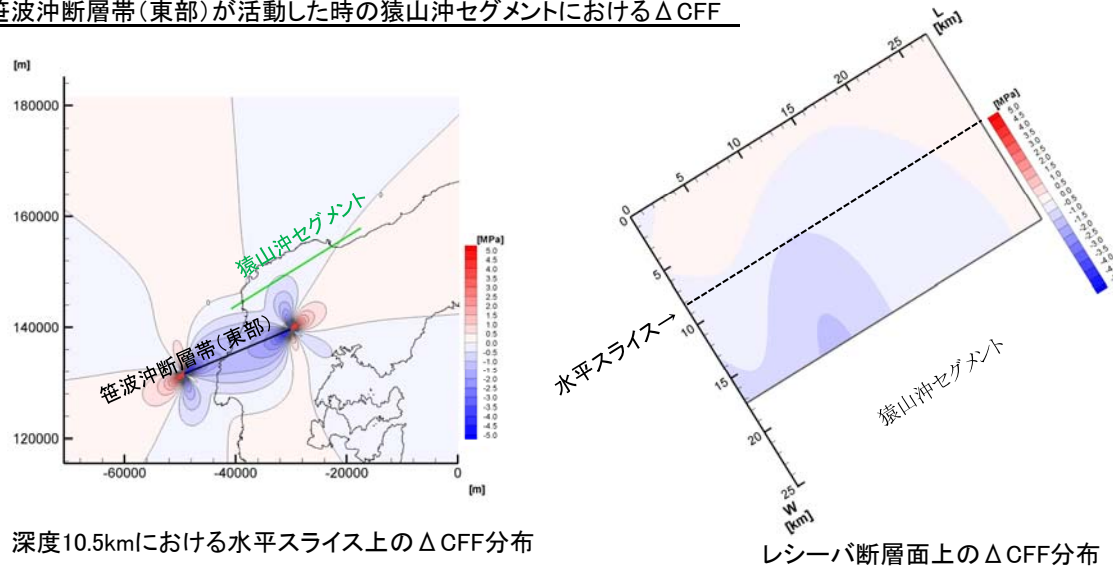
② 応力の状況

力学的相互作用に基づく検討: 笹波沖断層帯(東部) ⇔ 猿山沖セグメント(ケース1)

- ・解析コード: Coulomb3.1
- ・摩擦係数: 0.4
- ・ポアソン比: 0.25
- ・地盤の剛性率: $3.2 \times 10^{10} \text{N/m}^2$
- *各図は活動を想定する断層のすべり量を与えた時の ΔCFF 分布を示す。

	走向	傾斜角	すべり角	すべり量	地震発生層
笹波沖断層帯(東部)	67.1°	60° 南傾斜	160°	1.49m	3-18km
猿山沖セグメント	58.1°	60° 南傾斜	140°	1.98m	

笹波沖断層帯(東部)が活動した時の猿山沖セグメントにおける ΔCFF

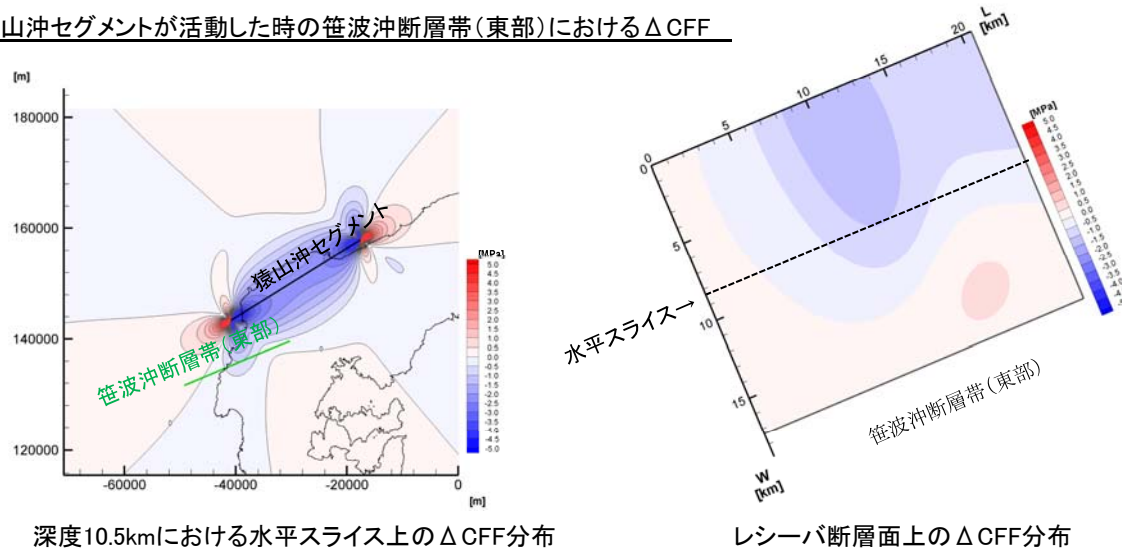


深度10.5kmにおける水平スライス上の ΔCFF 分布

レシーバ断層面上の ΔCFF 分布

活動を想定する断層 (笹波沖断層帯(東部))	→	レシーバ断層上のΔCFF
レシーバ断層 (猿山沖セグメント)		<ul style="list-style-type: none"> ・負となる面積の方が大きく、平均値も約-0.2MPaと負の値を示している。 (正: 約0.05MPa, 負: 約-0.3MPa) ・レシーバ断層面上の活動を想定する断層に近い位置では、ΔCFFは負の領域となっている。 ・最大値は約0.2MPa。

猿山沖セグメントが活動した時の笹波沖断層帯(東部)における ΔCFF



深度10.5kmにおける水平スライス上の ΔCFF 分布

レシーバ断層面上の ΔCFF 分布

活動を想定する断層 (猿山沖セグメント)	→	レシーバ断層上のΔCFF
レシーバ断層 (笹波沖断層帯(東部))		<ul style="list-style-type: none"> ・負となる面積の方が大きく、平均値も約-0.3MPaと負の値を示している。 (正: 約0.2MPa, 負: 約-0.6MPa) ・レシーバ断層面上の活動を想定する断層に近い位置では、ΔCFFは負の領域となっている。 ・最大値は約0.6MPa。

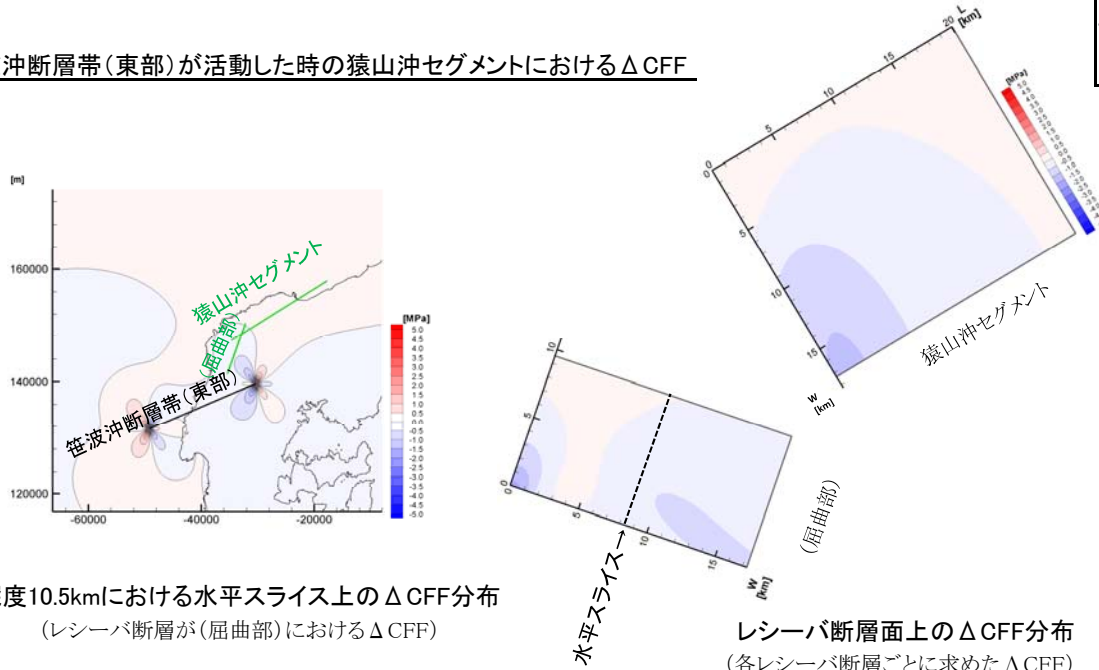
➤ 力学的相互作用の検討の結果、笹波沖断層帯(東部)と猿山沖セグメントは互いに活動を促進する関係にない。

力学的相互作用に基づく検討: 笹波沖断層帯(東部) ⇔ 猿山沖セグメント(ケース2)

- ・解析コード: Coulomb3.1
- ・摩擦係数: 0.4
- ・ポアソン比: 0.25
- ・地盤の剛性率: $3.2 \times 10^{10} \text{N/m}^2$
- *各図は活動を想定する断層のすべり量を与えた時の ΔCFF 分布を示す。

	走向	傾斜角	すべり角	すべり量	地震発生層
笹波沖断層帯(東部)	67.1°	60° 南傾斜	160°	1.49m	3-18km
猿山沖セグメント	58.1°	60° 南傾斜	140°	2.13m	
(屈曲部)	19.7°	60° 東傾斜	85°		

笹波沖断層帯(東部)が活動した時の猿山沖セグメントにおける ΔCFF

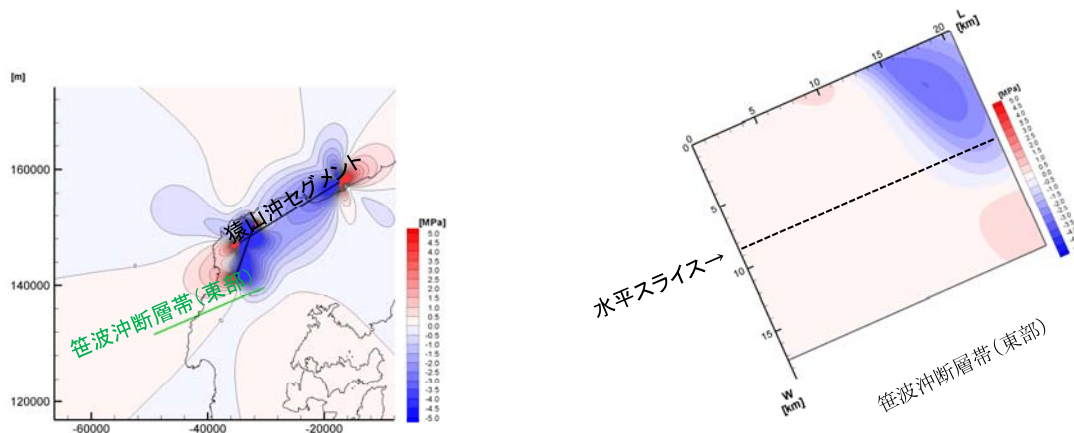


深度10.5kmにおける水平スライス上の ΔCFF 分布
(レシーバ断層が(屈曲部)における ΔCFF)

レシーバ断層面上の ΔCFF 分布
(各レシーバ断層ごとに求めた ΔCFF)

活動を想定する断層 (笹波沖断層帯(東部))	→	レシーバ断層上のΔCFF
レシーバ断層 (猿山沖セグメント)		<ul style="list-style-type: none"> ・負となる面積の方が大きく、平均値も約-0.2MPaと負の値を示している。 (正: 約0.03MPa, 負: 約-0.3MPa) ・レシーバ断層面上の活動を想定する断層に近い位置では、ΔCFFは負の領域となっている。 ・最大値は約0.2MPa。

猿山沖セグメントが活動した時の笹波沖断層帯(東部)における ΔCFF



深度10.5kmにおける水平スライス上の ΔCFF 分布

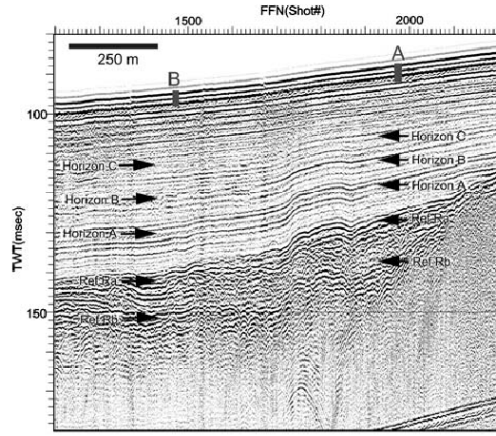
レシーバ断層面上の ΔCFF 分布

活動を想定する断層 (猿山沖セグメント)	→	レシーバ断層上のΔCFF
レシーバ断層 (笹波沖断層帯(東部))		<ul style="list-style-type: none"> ・負となる面積の方が小さいが、平均値は約-0.2MPaと負の値を示している。 (正: 約0.2MPa, 負: 約-1.6MPa) ・レシーバ断層面上の活動を想定する断層に近い位置では、ΔCFFは負の領域となっている。 ・最大値は約1.0MPa。

➤ 力学的相互作用の検討の結果、笹波沖断層帯(東部)と猿山沖セグメントは互いに活動を促進する関係にない。

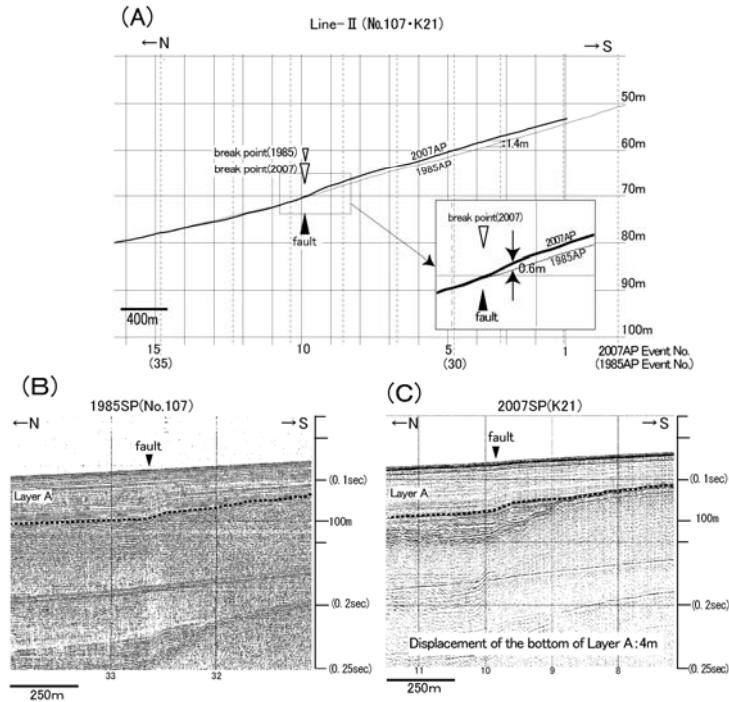
平成19年能登半島地震の再来間隔

池原他(2007)



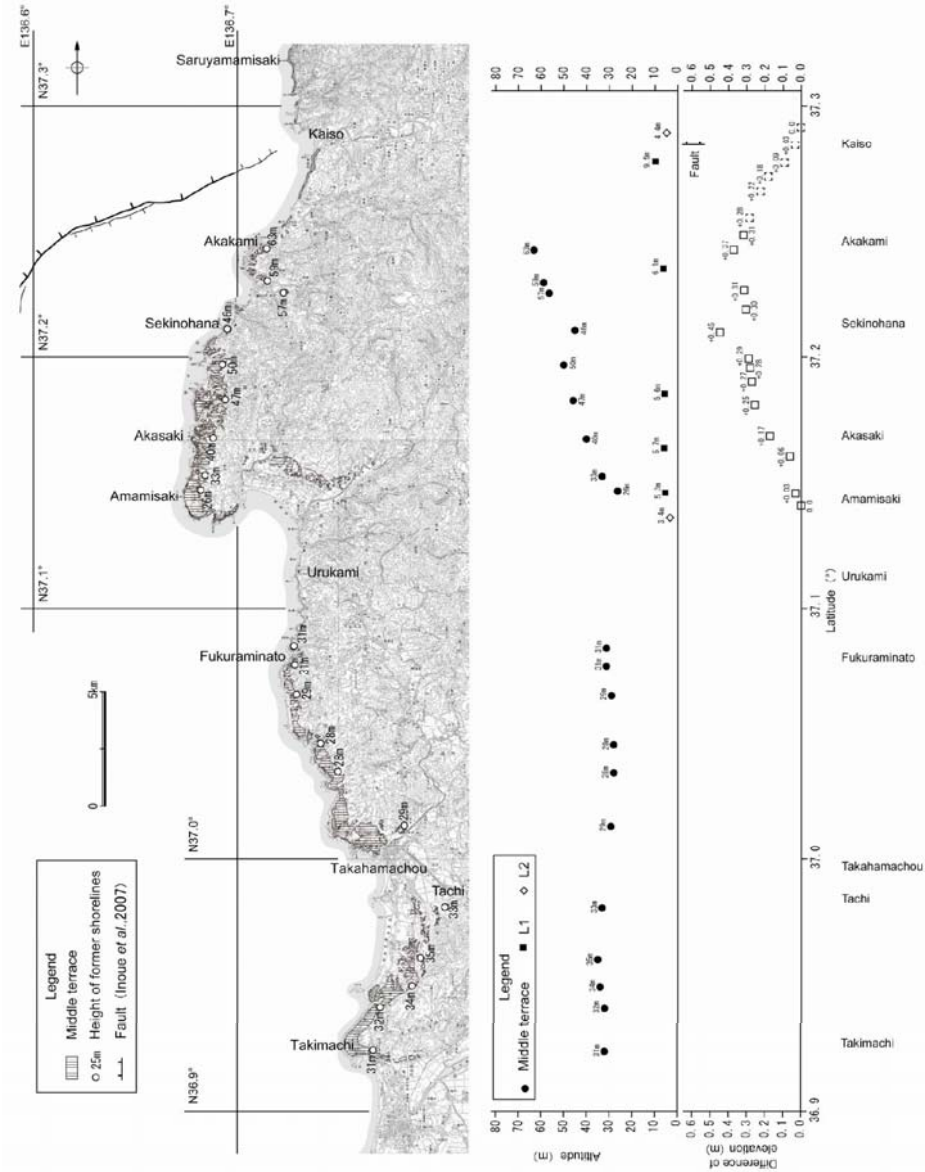
再来間隔: 2,000-3,000年程度

吉田他(2007)



再来間隔: 1,700年 (1,300~2,000年)

浜田他(2007)



再来間隔: 1,500年前後

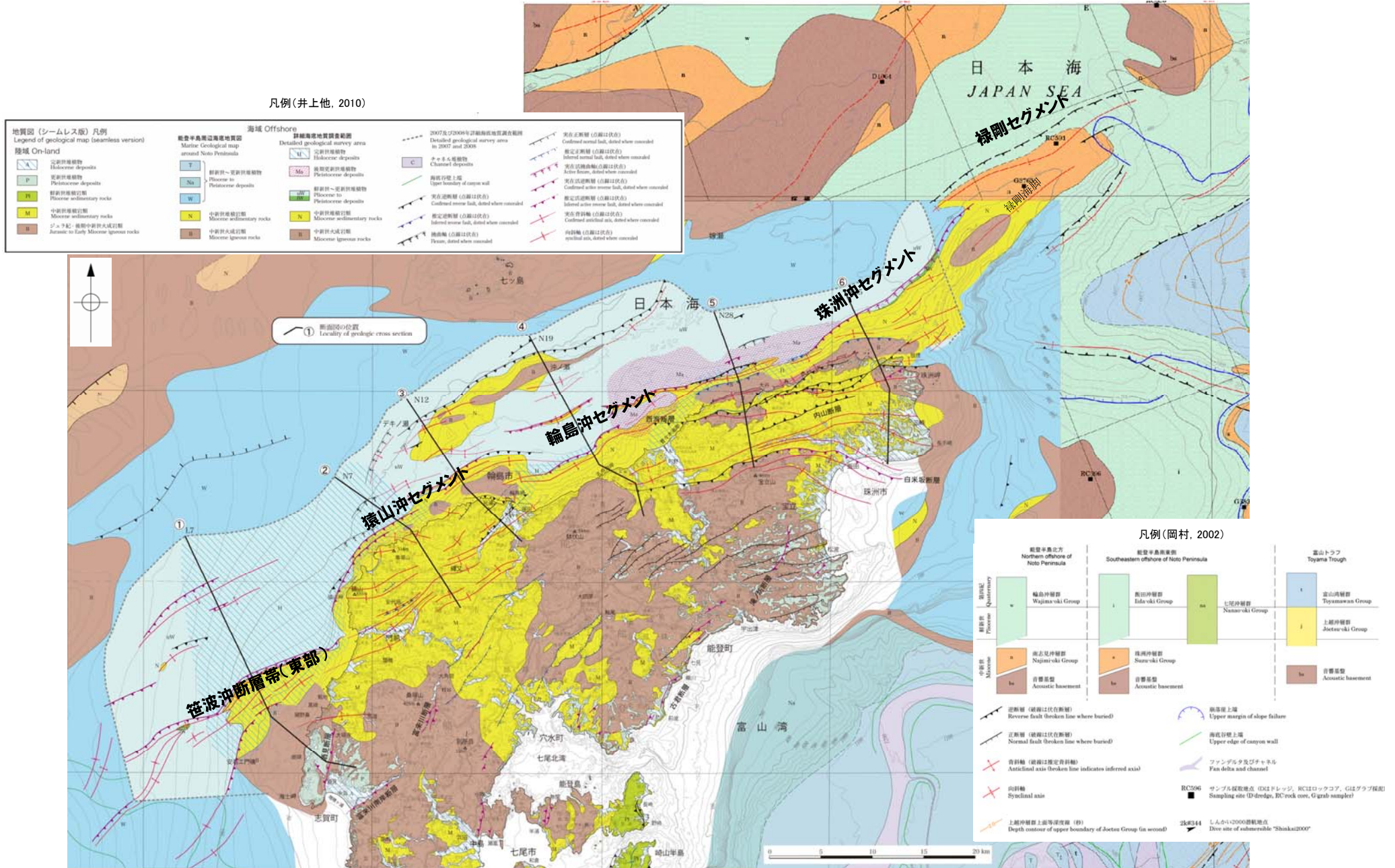
池原 研・井上 卓彦・村上 文敏・岡村 行信 (2007) : 能登半島西方沖の堆積作用・完新世堆積速度と活断層の活動間隔, 東京大学地震研究所集報, 82, 313 - 319.

吉田 進・野口 猛雄・長 貴浩・島崎 裕行・木場 正信・佐藤 比呂志 (2007) : 2007年能登半島地震の海底地殻変動, 東京大学地震研究所集報, 82, 333-344.

浜田 昌明・野口 猛雄・穴田 文浩・野原 幸嗣・宮内 崇裕・渡辺 和喜・山口 弘幸・佐藤 比呂志 (2007) : 2007年能登半島地震に伴う地殻変動と能登半島の海成段丘, 東京大学地震研究所集報, 82, 345-359.

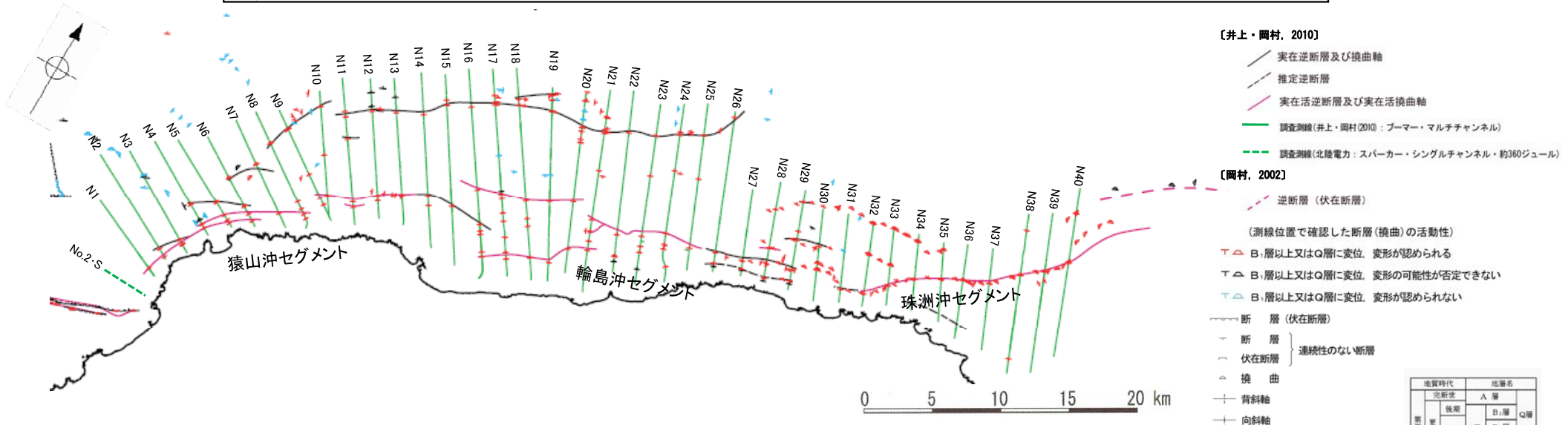
(4)「猿山沖セグメント」と「輪島沖セグメント」と「珠洲沖セグメント」と「禄剛セグメント」

能登半島北部周辺の地質分布(井上他(2010), 岡村(2002))

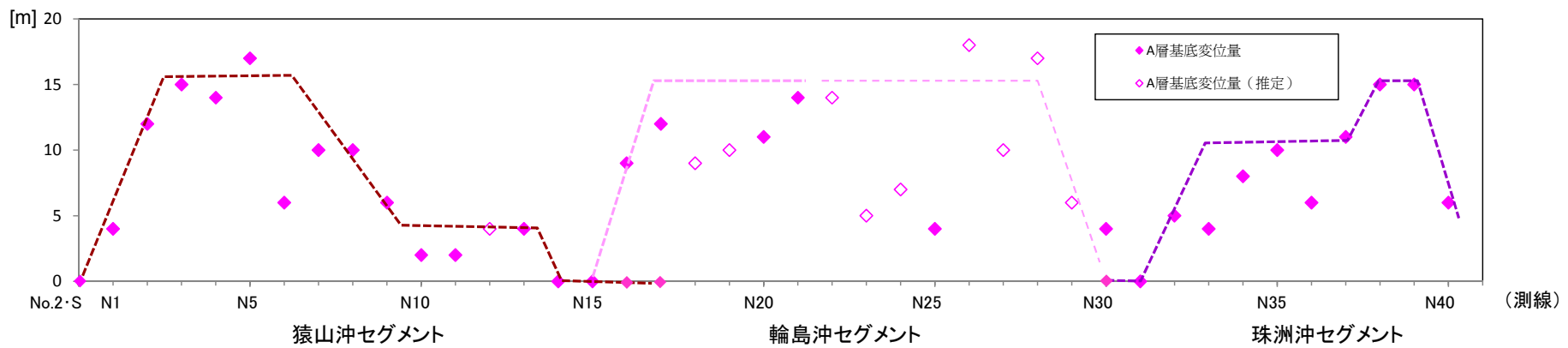


能登半島北部周辺の地質分布図(井上他(2010), 岡村(2002))に加筆

猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメントの変位量分布



測線位置図

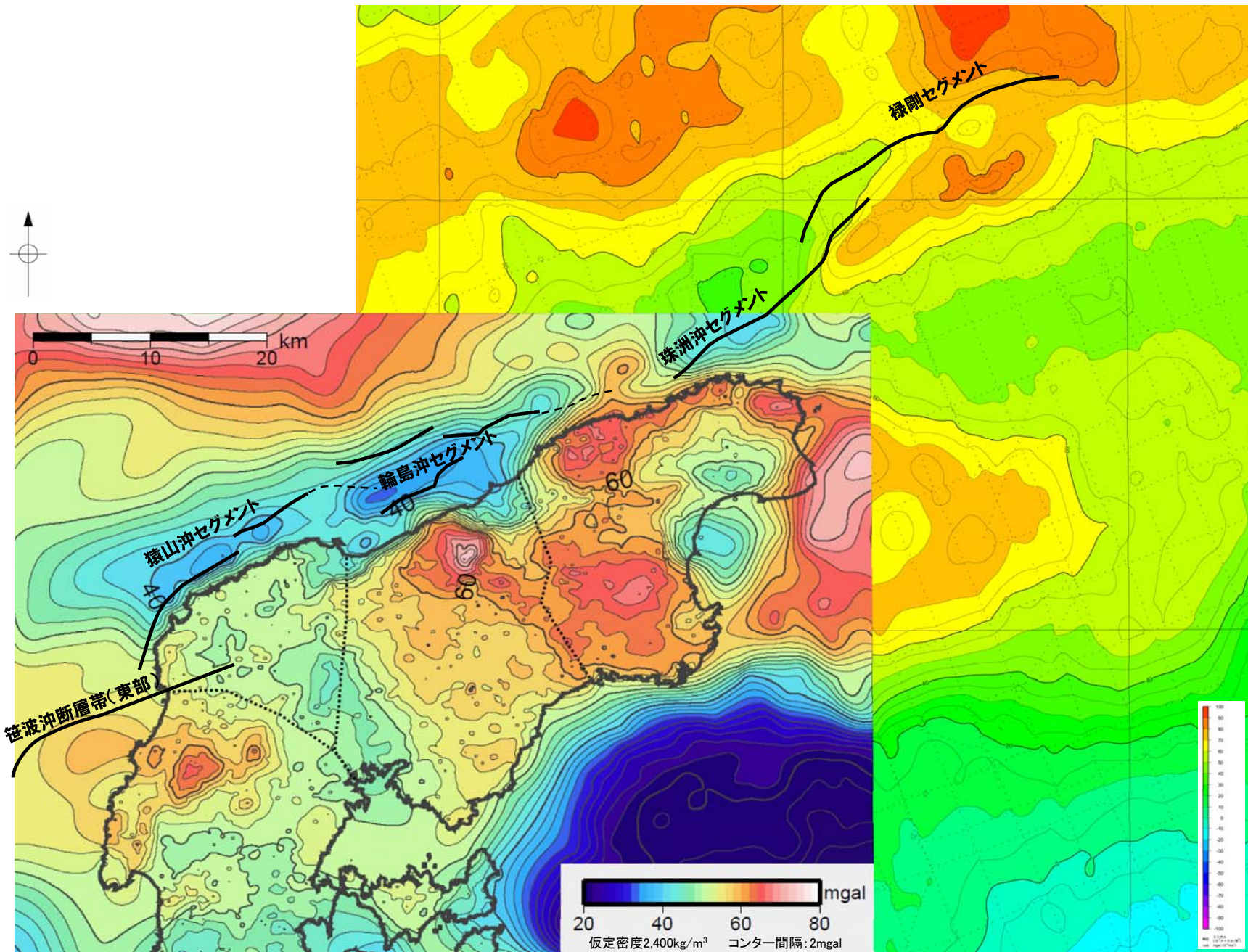


A層基底の変位量分布

➤ A層基底変位量は, 各セグメントの中央付近で大きく, 端部では小さくなる。

井上 卓彦・岡村 行信 (2010) : 能登半島北部周辺20万分の1海域地質図及び同説明書, 数値地質図, S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター。
 岡村 行信 (2002) : 20万分の1 能登半島東方海底地質図及び同説明書, 海洋地質図, no. 59 (CD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター。

能登半島北部の重力異常(澤田他(投稿中), 上嶋他(2002))



澤田他(投稿中), 上嶋他(2002)に加筆

..... 地塊の境界 (太田・平川, 1979)

能登半島北部周辺の過去の地震

1993年
能登半島沖の地震
(M6.6)

1729年
能登・佐渡の地震
(M6.6~7.0)

2007年
能登半島地震
(M6.9)

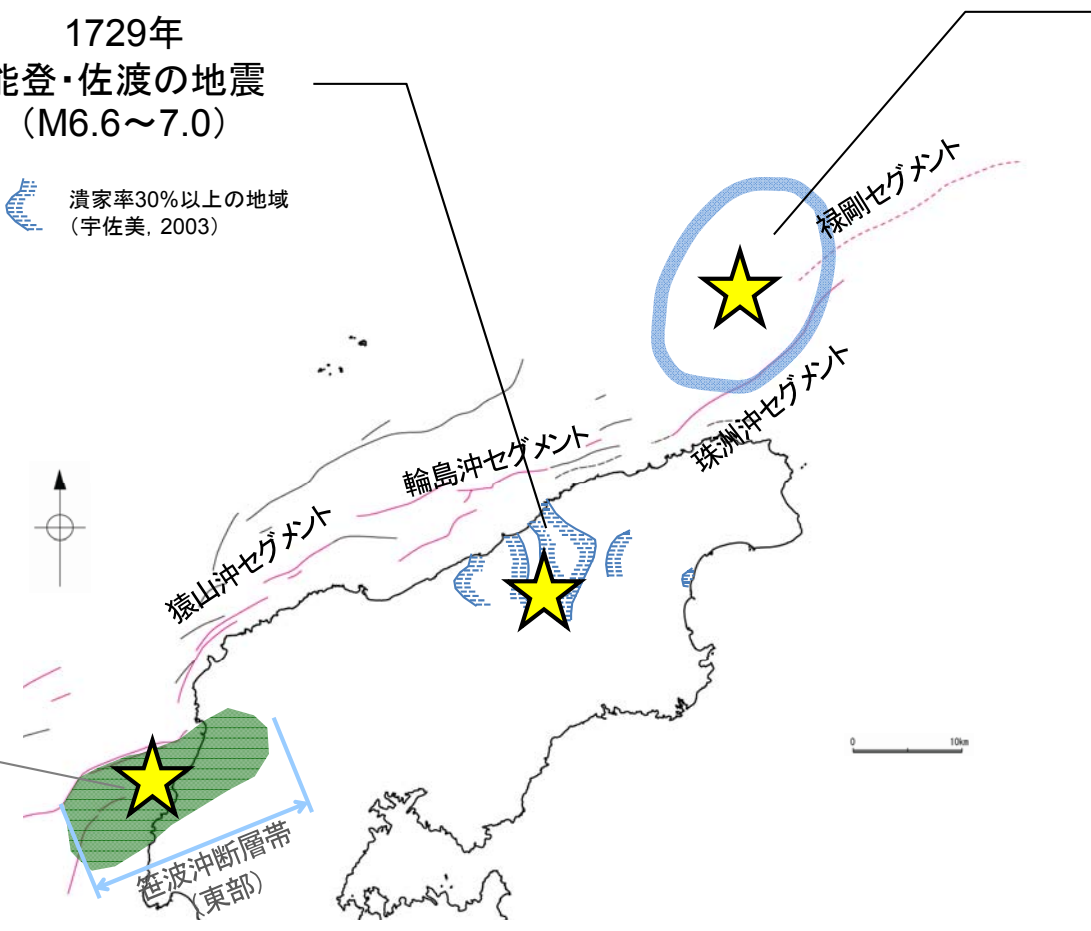
潰家率30%以上の地域
(宇佐美, 2003)

余震範囲
(伊藤他, 1994)

【井上・岡村, 2010】
 実在逆断層及び拗曲軸
 推定逆断層
 実在活断層及び実在活拗曲軸
 【岡村, 2002】
 逆断層 (伏在断層)

震源断層
(佐藤他, 2007a)

> 2007年能登半島地震は笹波沖断層帯(東部)の活動による。



能登半島北部周辺の過去の地震

伊藤 潔・和田 博夫・渡辺 邦彦・堀川 晴央・佃 為成・酒井 要 (1994) : 1993年能登半島沖地震, 京大防災研究所年報, 37B-1, 325-341.
 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
 佐藤 比呂志・岩崎 貴哉・金沢 敏彦・宮崎 真一・加藤 直子・酒井 慎一・山田 知朗・宮内 崇裕 (2007a) : 反射法地震探査・余震観測・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について, 地震研究所彙報, 82, 369-379.
 井上 卓彦・岡村 行信 (2010) : 能登半島北部周辺20万分の1海域地質図及び同説明書, 数値地質図, S-1 (DVD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.
 岡村 行信 (2002) : 20万分の1 能登半島東方海底地質図及び同説明書, 海洋地質図, no. 59 (CD), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.

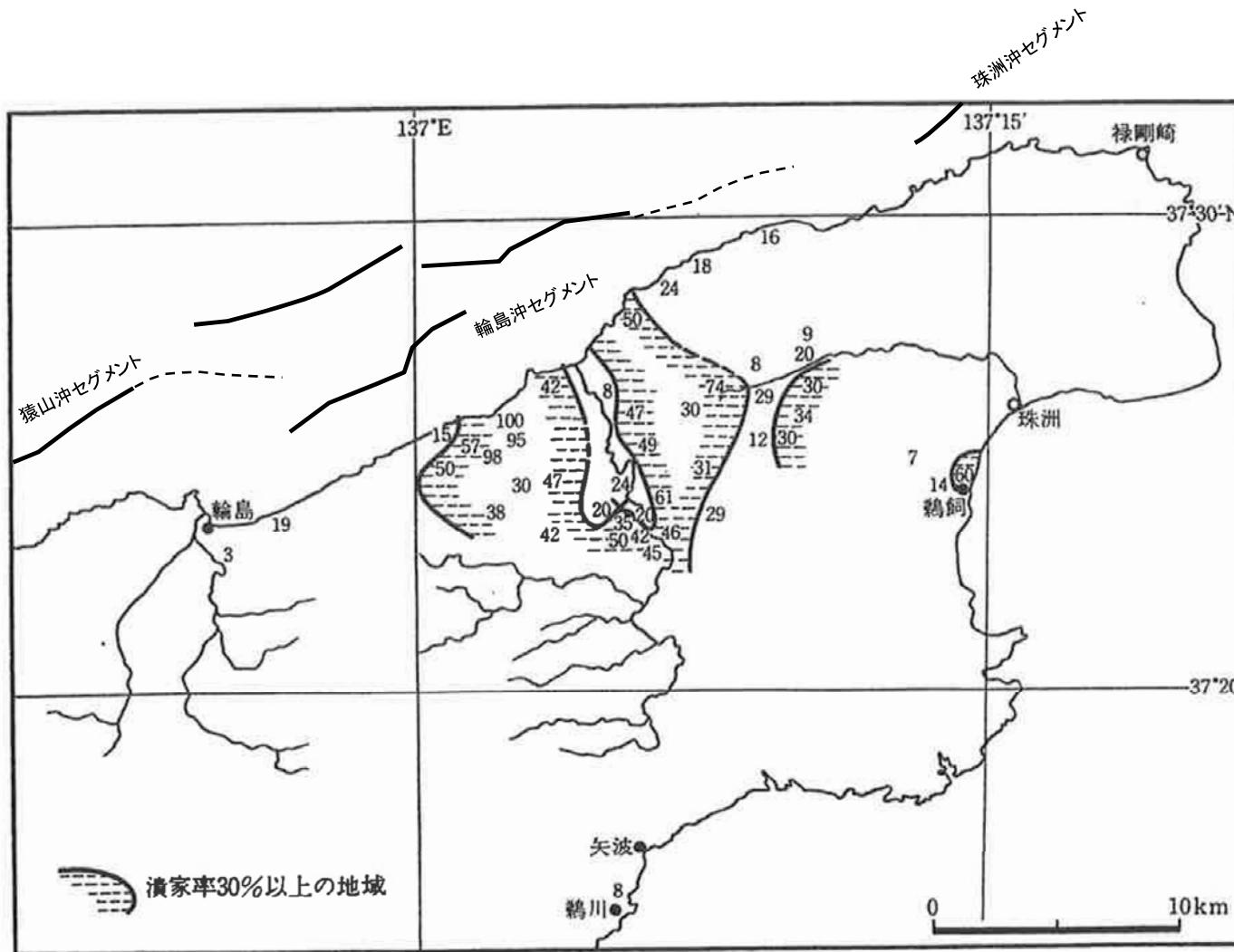


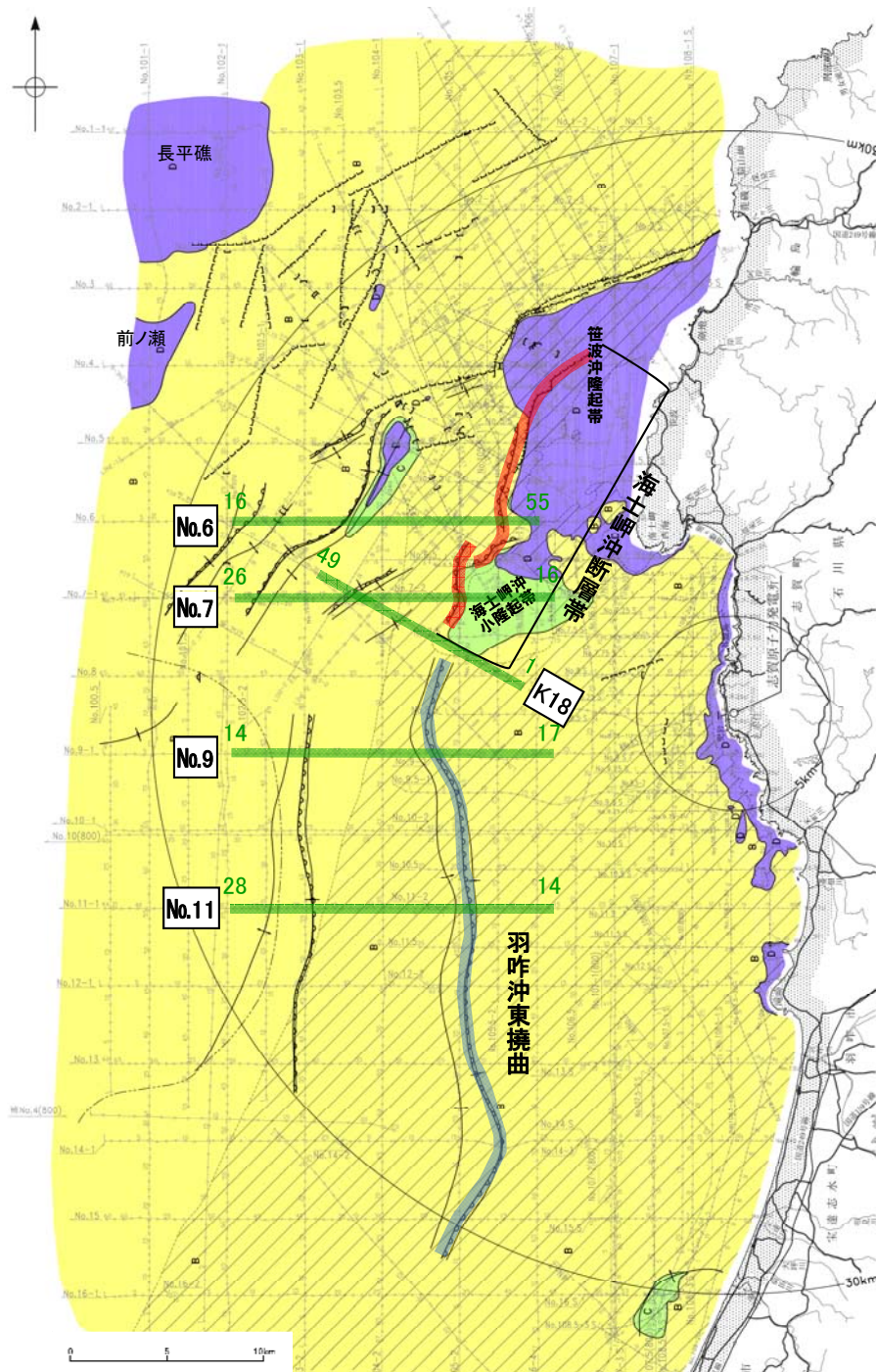
図 172-1 潰家率分布 (数字は%)

172 1729 VIII 1 (享保 14 VII 7) 未刻 能登・佐渡 $\lambda=137.1^{\circ}\text{E}$ $\varphi=37.4^{\circ}\text{N}$ (A) $M=6.6\sim 7.0$ 珠洲郡・鳳至郡で損・潰家 791, 蔵の潰 16, 死 5, 山崩れ 31 ヶ所計 1,730 間. 橋 3 損. 輪島村では総戸数 593 のうち 28 軒潰れ 86 軒半潰. 能登半島先端で被害大. 佐渡・与板で強く感ず. 穴水・七尾間で海岸崩れあり. 地震は 20 日過までつづく. 総計 100 回余, 仲居村 (穴水) で 7 日 34 回, 8 日 13 回, 9 日 9 回, 10 日 3 回の地震. 金沢で被害なきもよう. 佐渡でも潰家および死者ありというも, 具体的被害記録未発見. 一応能登の局地的地震と考えておく. $r_H=15\text{ km}$ とすると $M=7.0$, $r_V=30\text{ km}$ なら $M=6.7$. 図 172-1 中の数字は%で示した潰家率で, 曲線は 30%を示す.

1729年能登・佐渡の地震による潰家率分布 (宇佐美 (2003) に加筆)

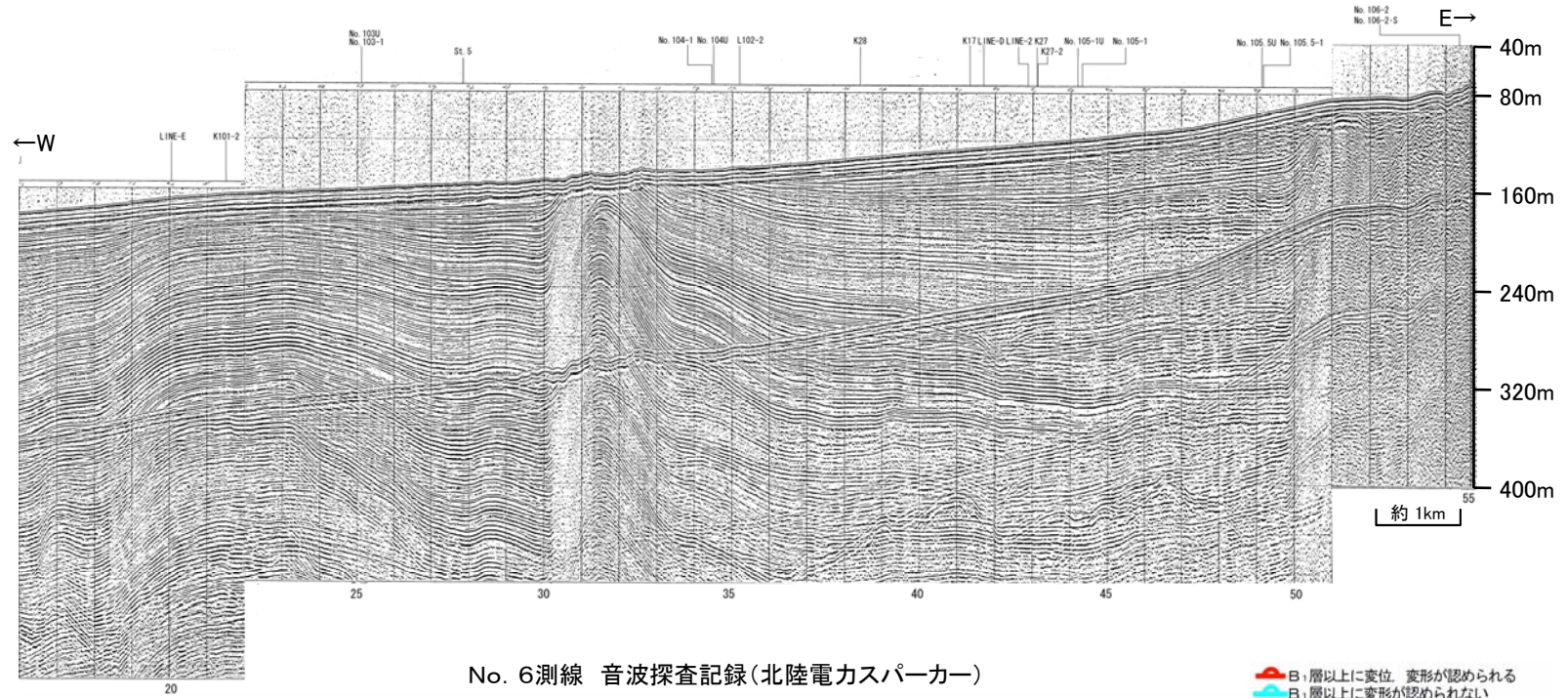
(参考)

海士岬沖断層帯, 羽咋沖東撓曲周辺の音波探査記録測線位置図



凡例

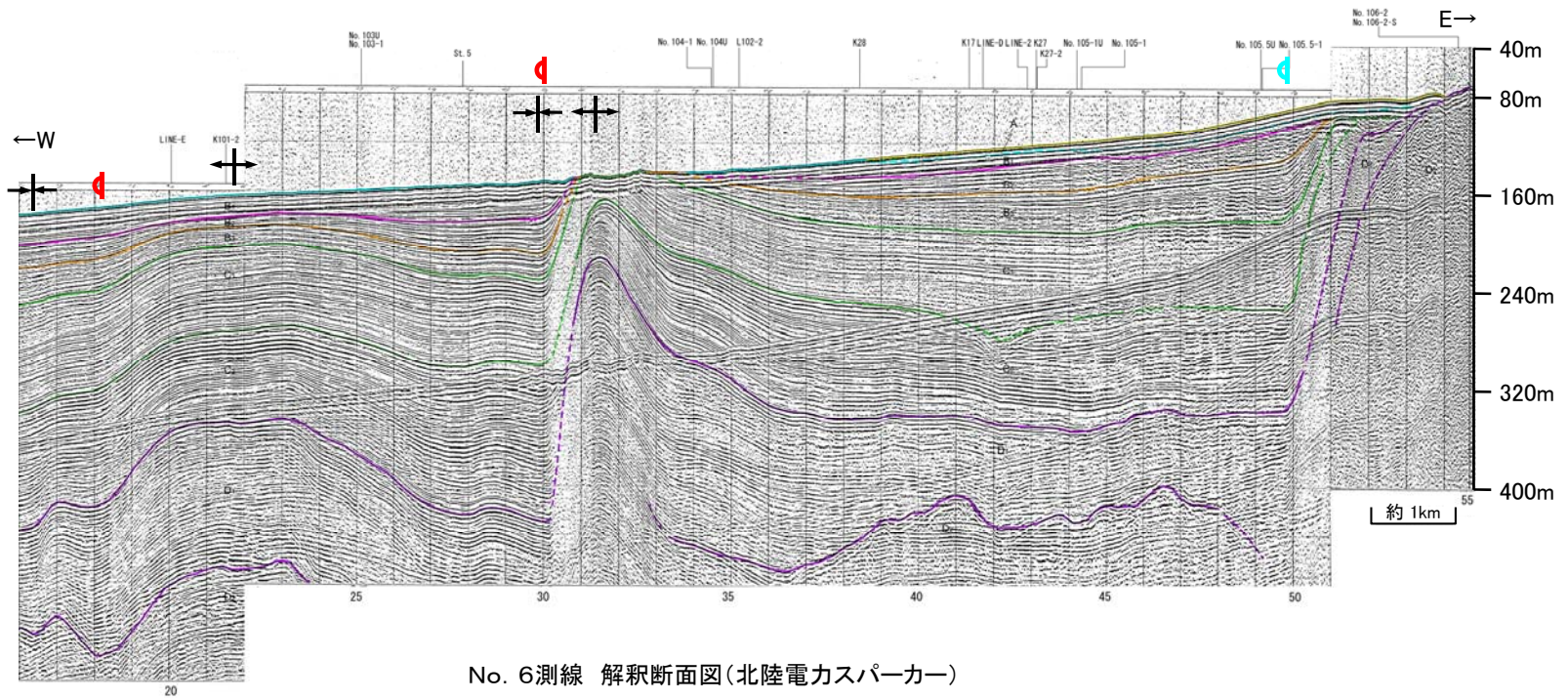
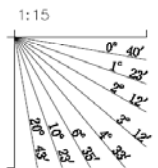
- 記録掲載範囲
- A層(後期更新世~完新世)分布域
 - B層(中・後期更新世)
 - C層(鮮新世~前期更新世)
 - D層(先第三紀~鮮新世)
 - [A層(後期更新世~完新世)を除いた地質図]
 - 断層(伏在断層)
 - 断層
 - 伏在断層 } 連続性のない断層
 - 撓曲
 - 小幡群分布域
 - 地層境界
 - 背斜軸
 - 向斜軸
- No.8 調査測線(北陸電力:スパーカー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
- No.9-S 調査測線(北陸電力:スパーカー・シングルチャンネル・約360ジュール)
- No.8U 調査測線(北陸電力:プーマー・マルチチャンネル・約200ジュール)
- LINE-A 調査測線(東京大学地震研究所:エアガン・マルチチャンネル)
- K17 調査測線(東京大学地震研究所:プーマー・マルチチャンネル)
- L5 調査測線(産業技術総合研究所:プーマー・マルチチャンネル)



No. 6測線 音波探査記録(北陸電カスパーカー)

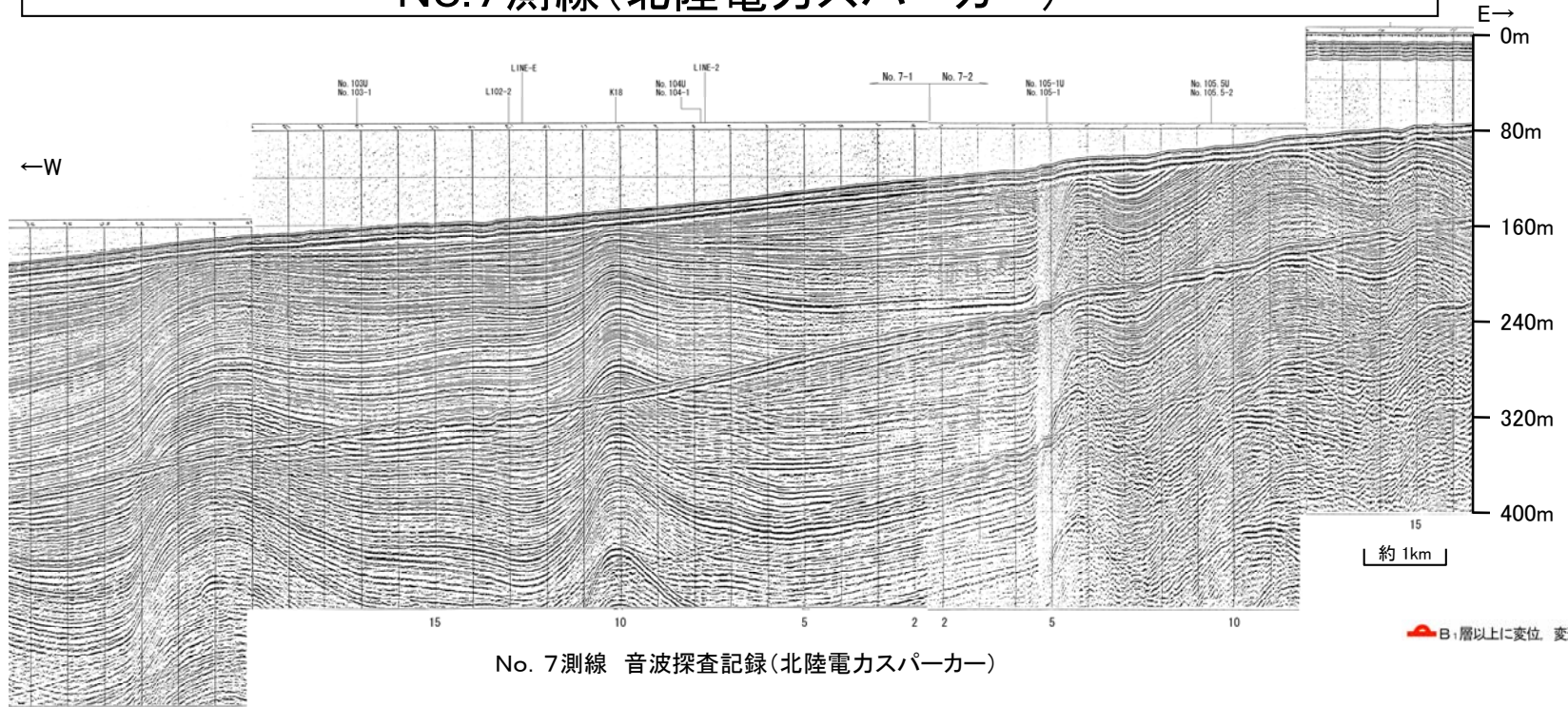
■ B₁層以上に変位、変形が認められる
■ B₁層以上に変形が認められない

地質時代		地層名
第四紀	更新世	A層
	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
第三紀	鮮新世	C ₁ 層
	中新世	C ₂ 層
	古第三紀	D ₁ 層
先第三紀	D ₂ 層	



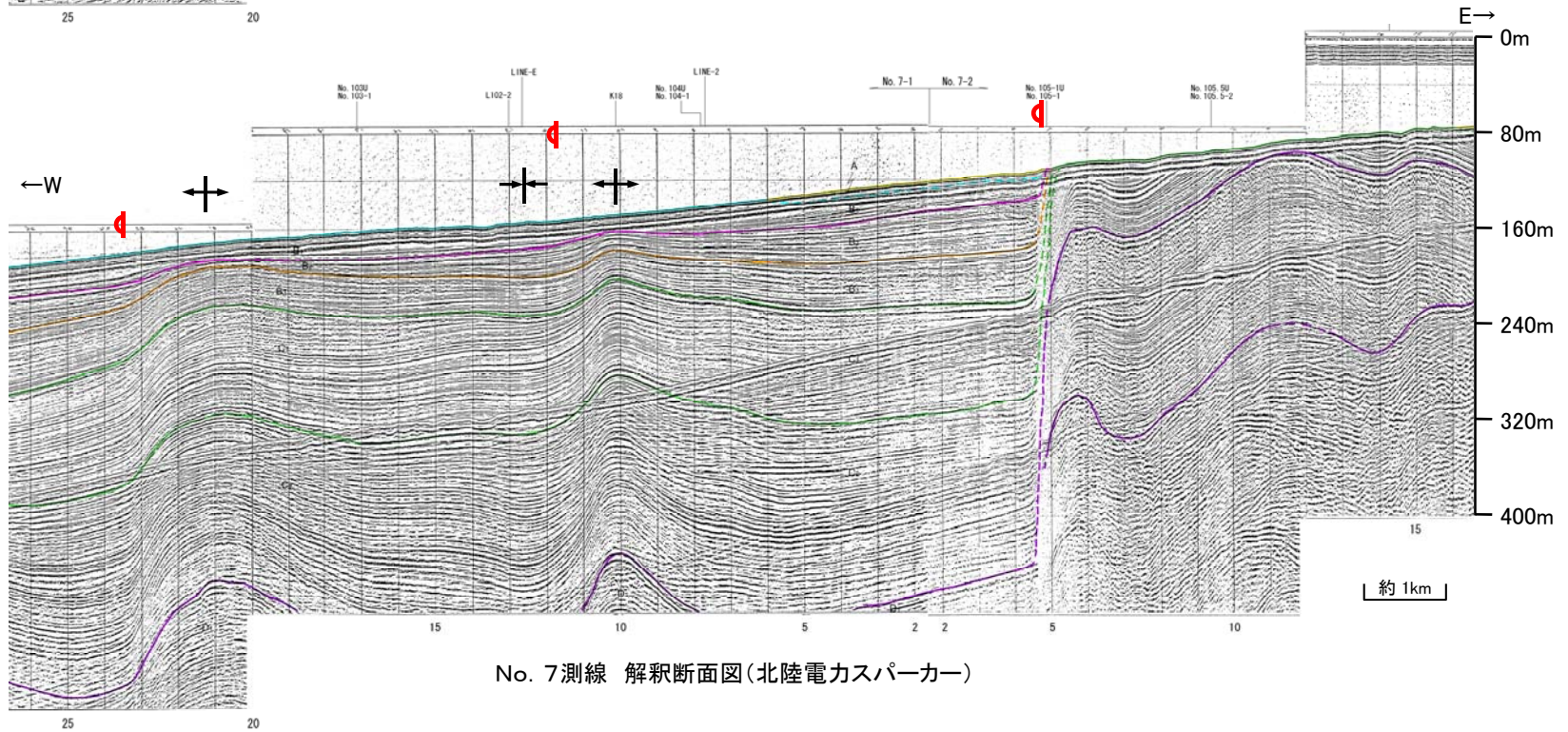
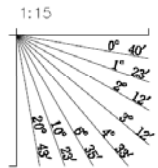
No. 6測線 解釈断面図(北陸電カスパーカー)

No.7測線(北陸電カスパーカー)



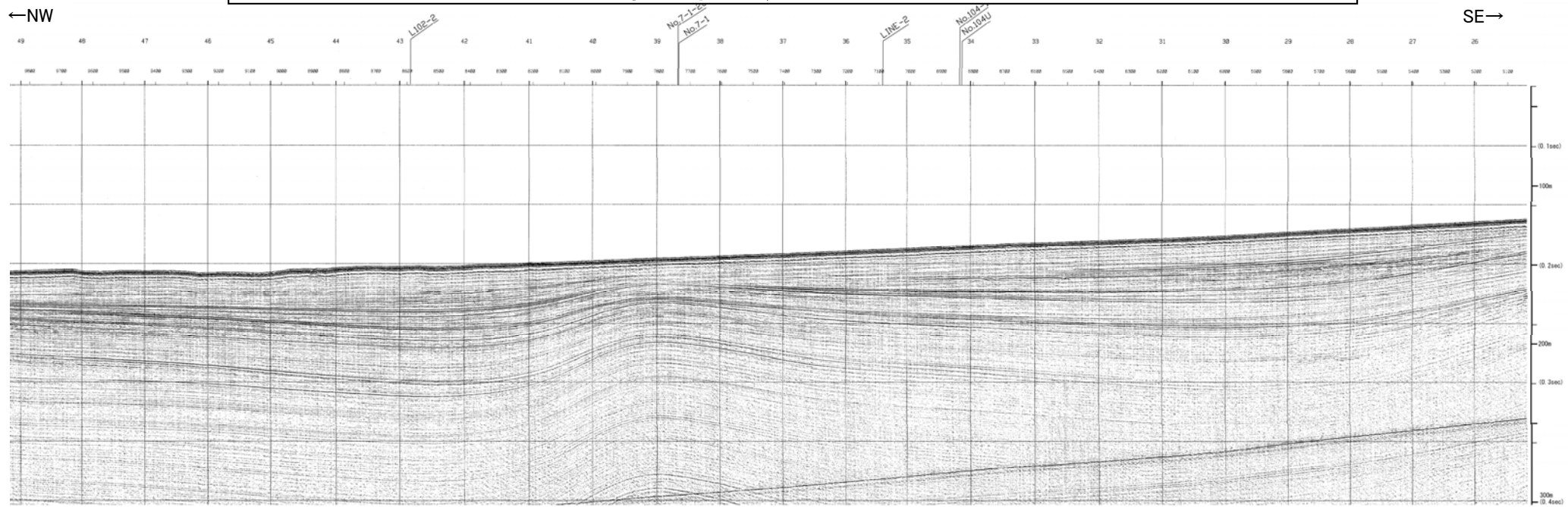
No. 7測線 音波探査記録(北陸電カスパーカー)

地質時代		地層名	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	C ₂ 層	
			D ₁ 層
			D ₂ 層
古第三紀			
先第三紀			



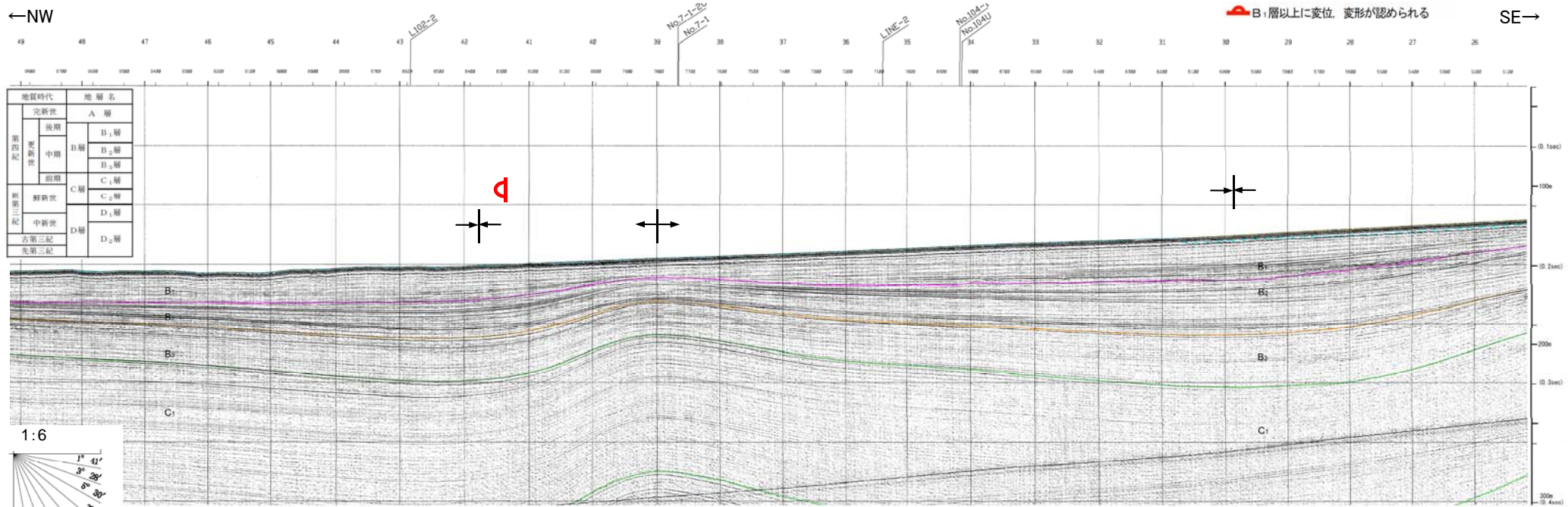
No. 7測線 解釈断面図(北陸電カスパーカー)

K18測線(東大震研ブーマー)(1)



K18測線 音波探査記録(東大震研ブーマー)

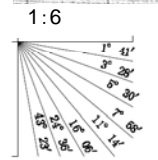
約500 m



K18測線 解釈断面図(東大震研ブーマー)

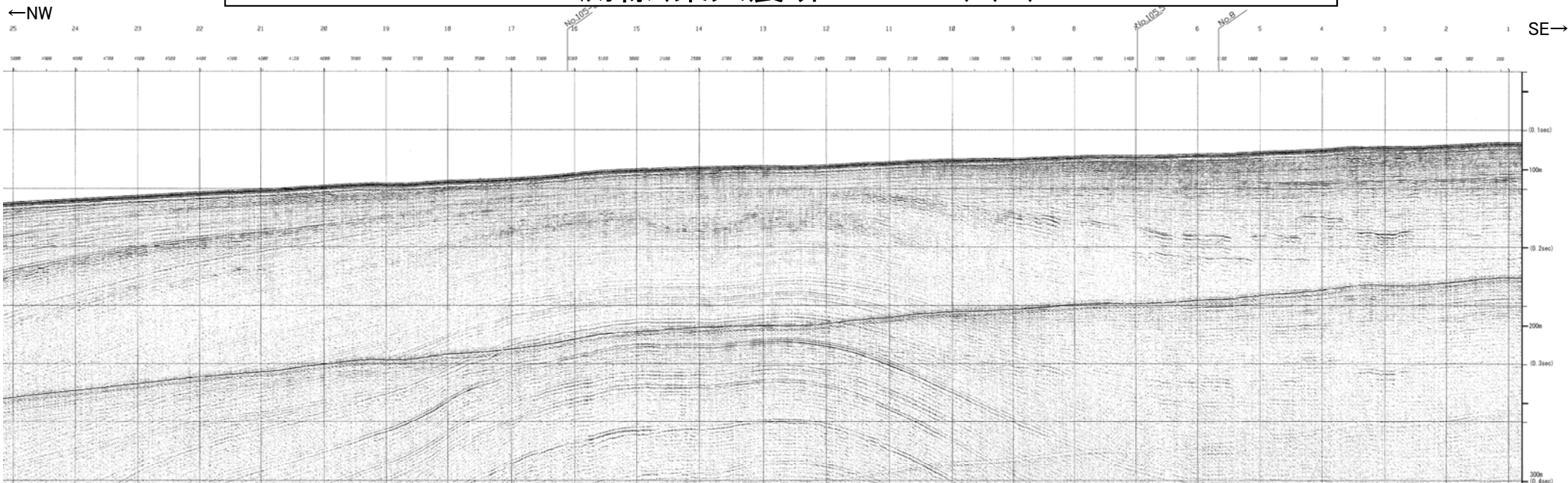
約500 m

地質時代	地層名
第四紀	A層
	後期
	中期
	前期
第三紀	B層
	C層
	D層
白第三紀	B ₁ 層
古第三紀	B ₂ 層
先第三紀	B ₃ 層
	C ₁ 層
	D ₁ 層
	D ₂ 層

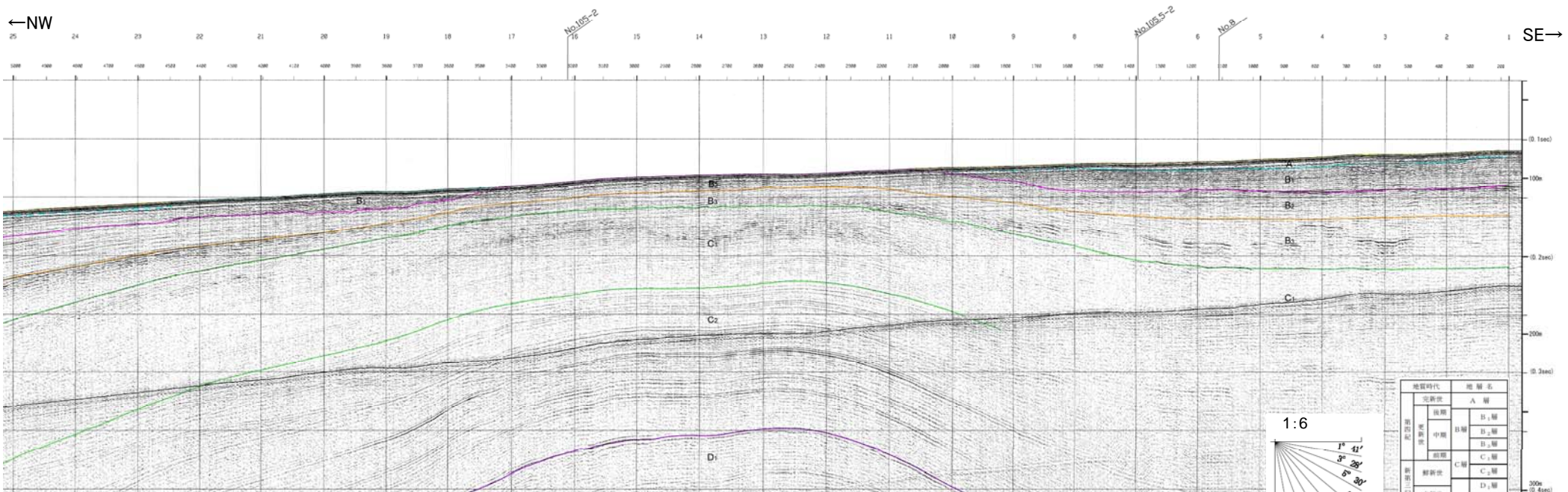


※この図面は、東京大学地震研究所の海上音波探査の記録を北陸電力が独自に解析・作成したものである

K18測線(東大震研ブーマー)(2)



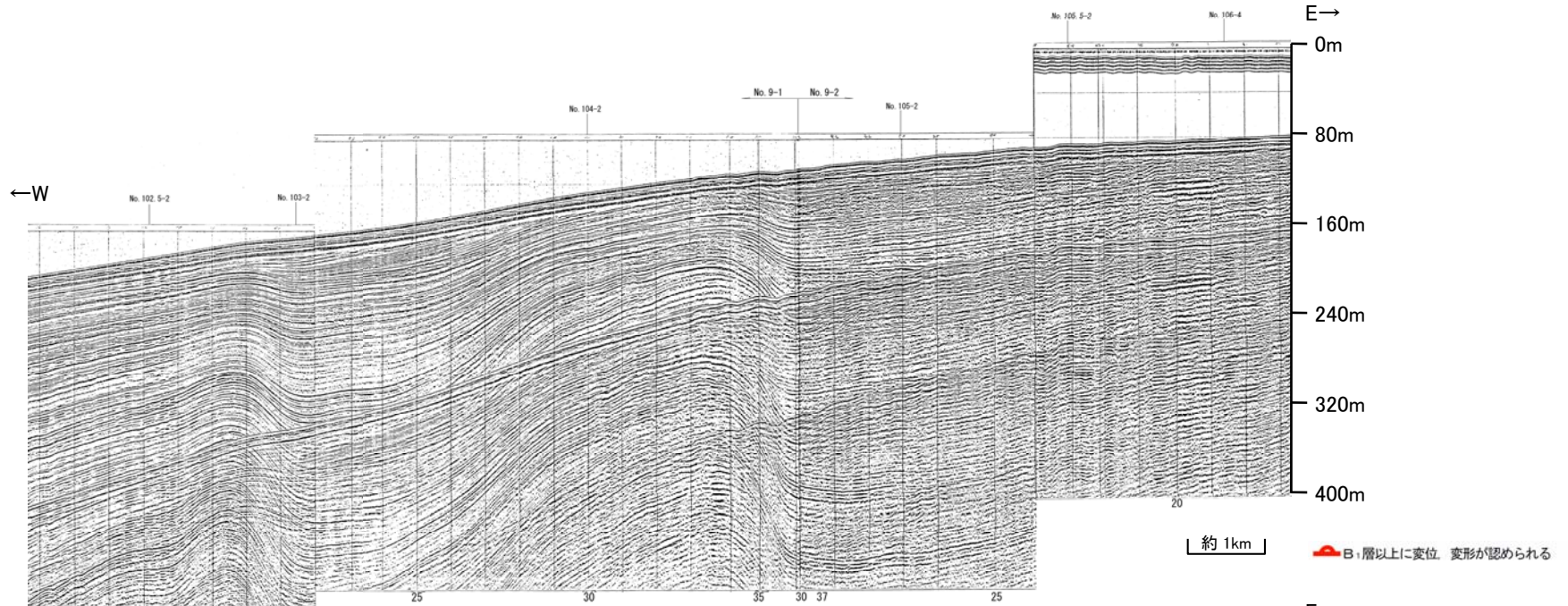
K18測線 音波探査記録(東大震研ブーマー)



地質時代	地層名	
更新世	A層	
第四紀	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	新新世	C ₁ 層
	中新世	D ₁ 層
古第三紀	D ₂ 層	
先第三紀		

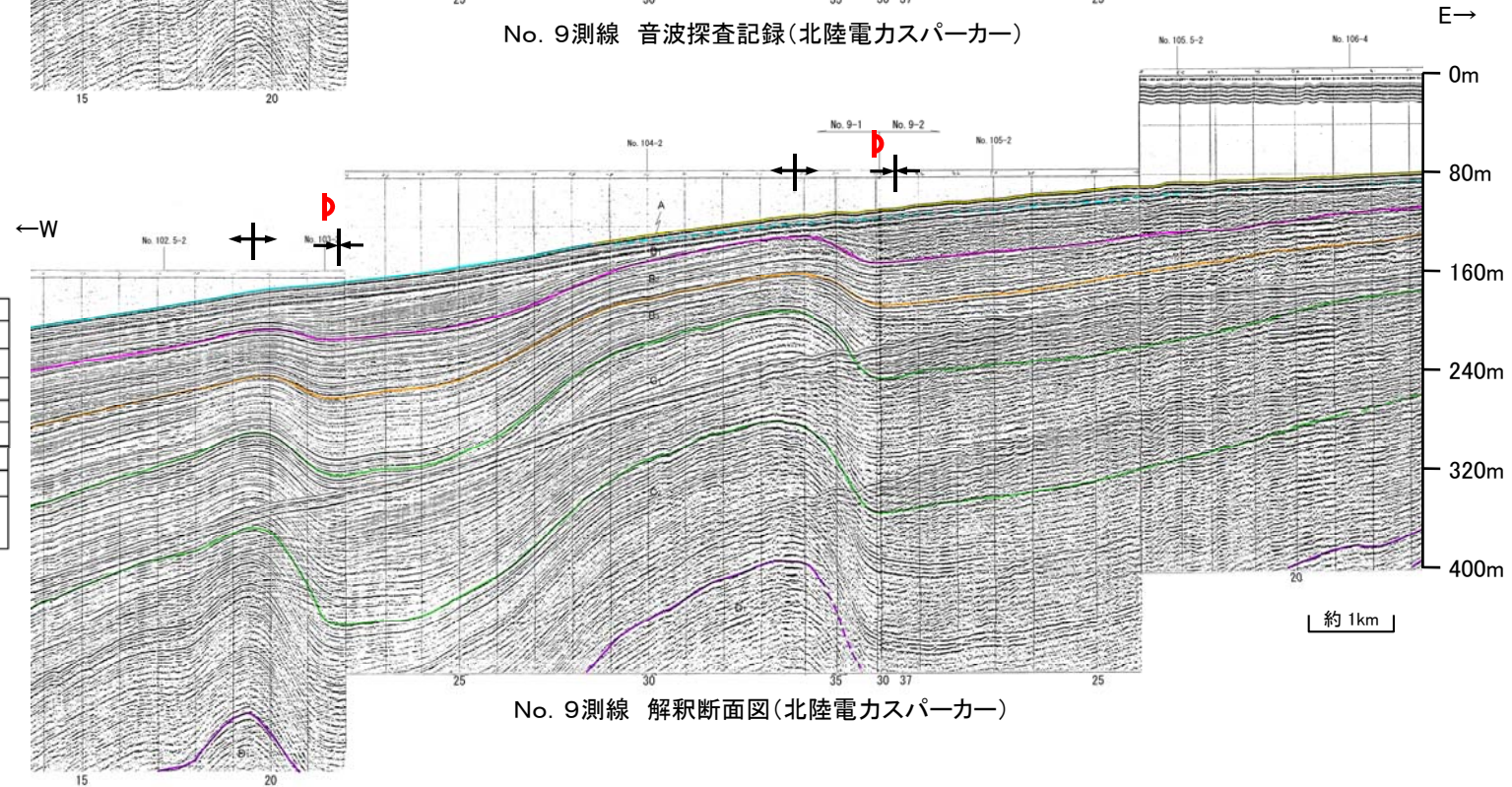
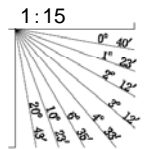
※この図面は、東京大学地震研究所の海上音波探査の記録を北陸電力が独自に解析・作成したものである

K18測線 解釈断面図(東大震研ブーマー)



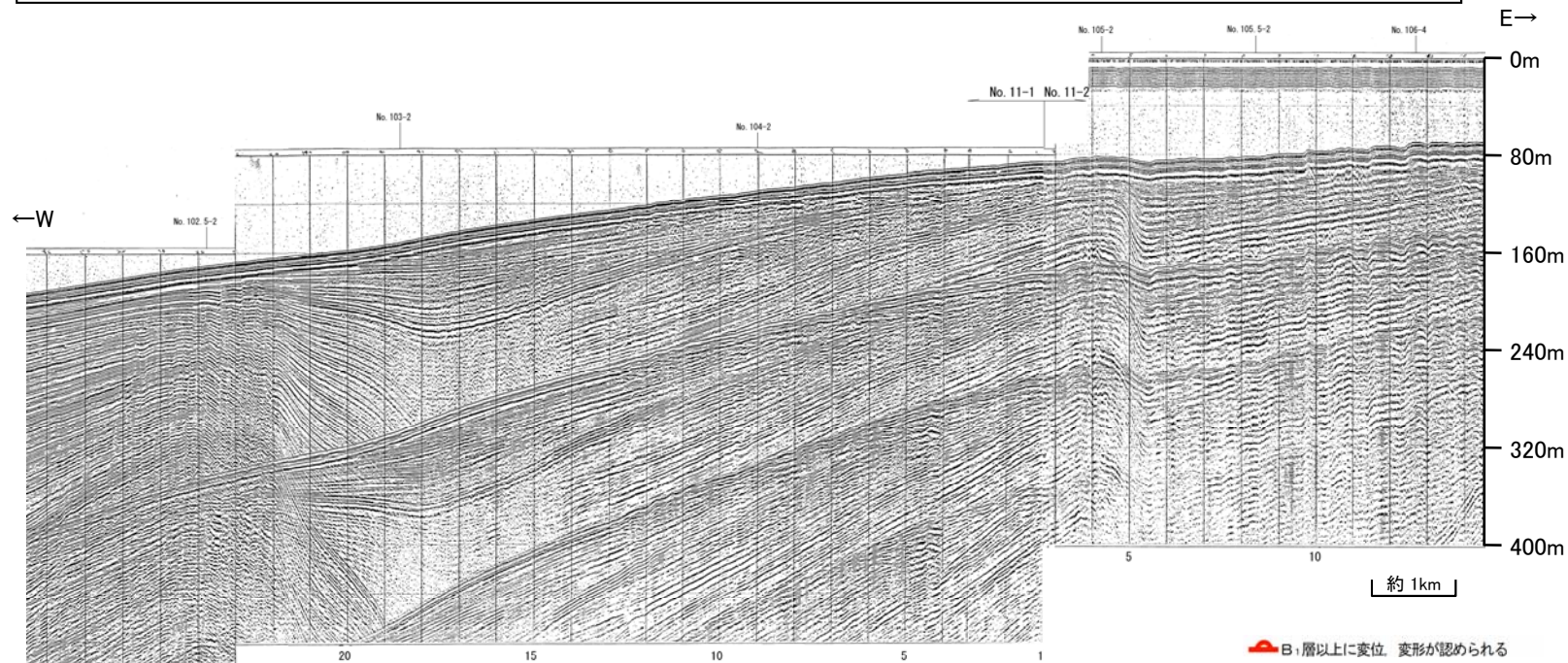
No. 9測線 音波探査記録(北陸電カスパーカー)

地質時代		地層名	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
古第三紀		D ₁ 層	
先第三紀		D ₂ 層	

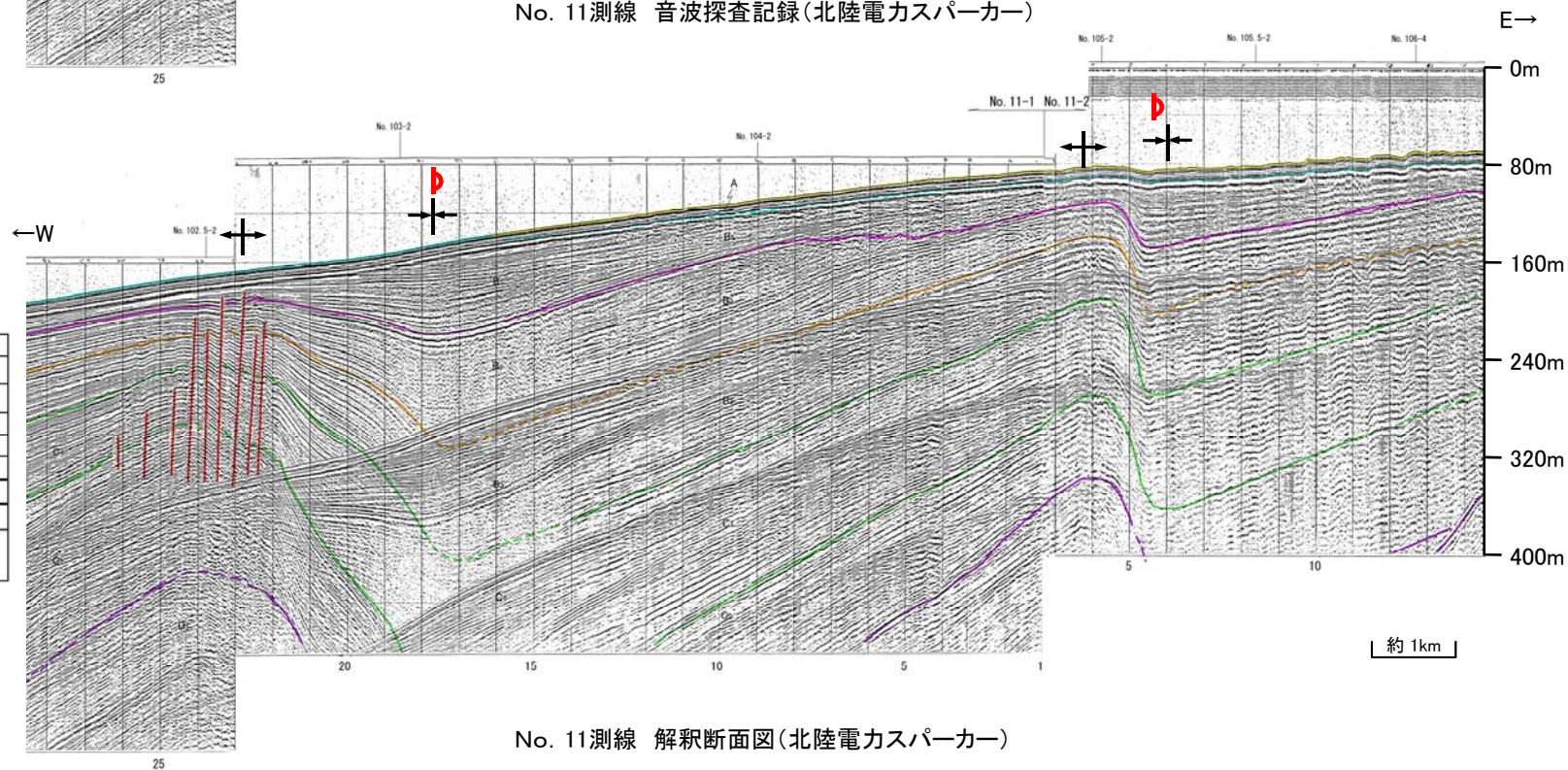
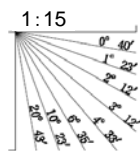


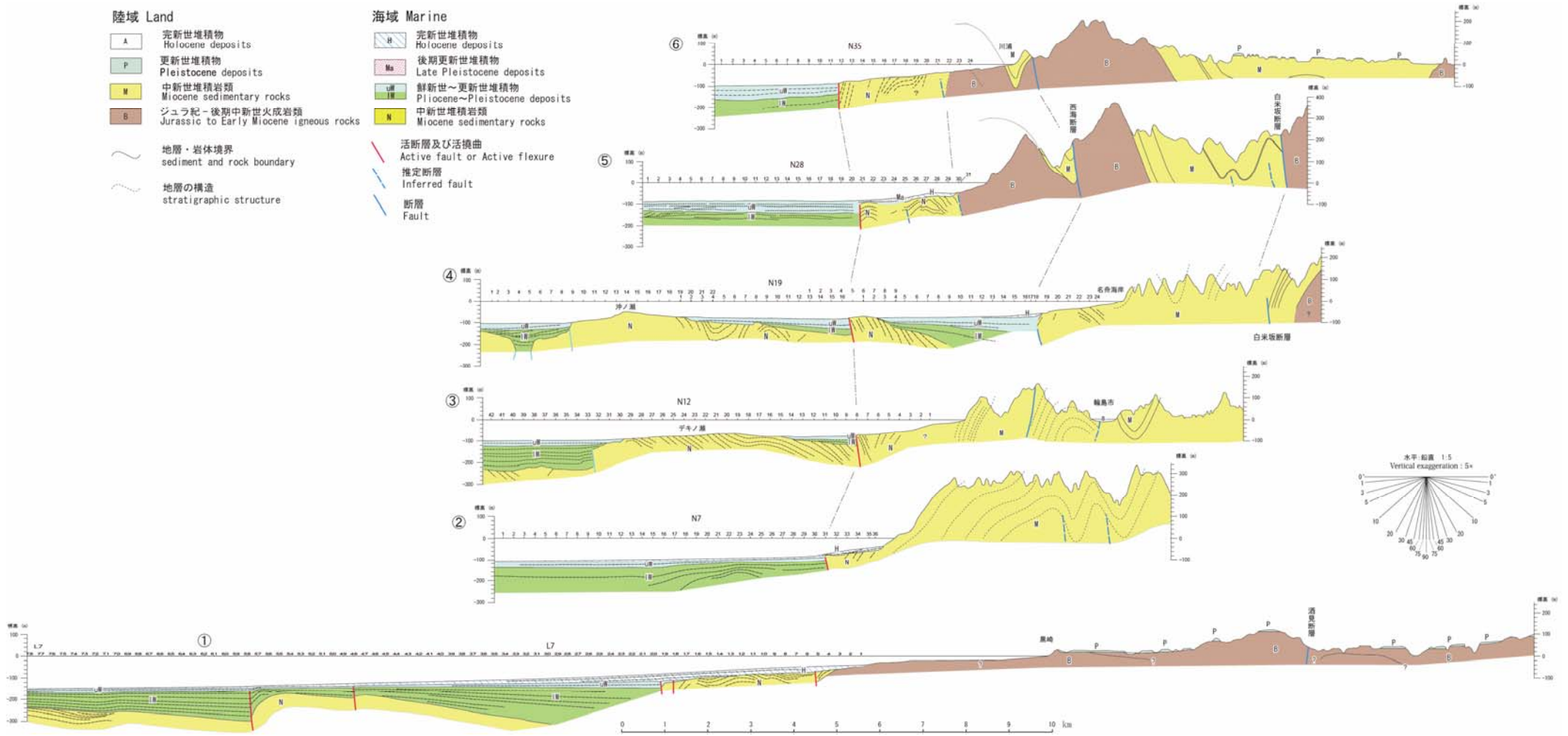
No. 9測線 解釈断面図(北陸電カスパーカー)

No.11測線(北陸電カスパーカー)

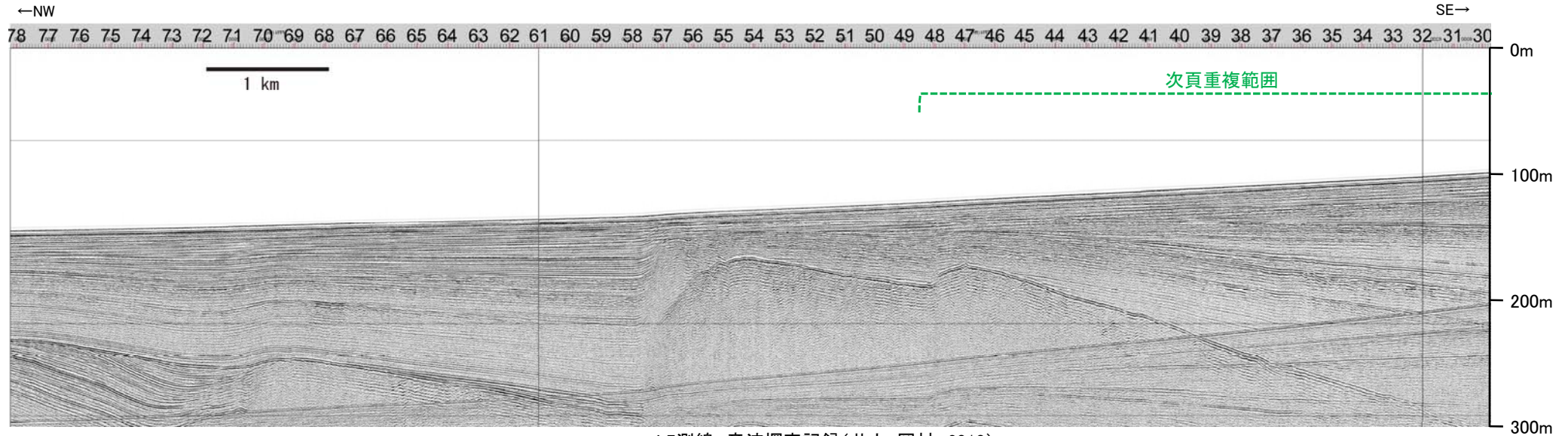


地質時代		地層名
第四紀	完新世	A層
	後期	B ₁ 層
		B ₂ 層
	中期	B ₃ 層
前期	C ₁ 層	
第三紀	鮮新世	C ₂ 層
	中新世	D ₁ 層
		D ₂ 層
古第三紀		
先第三紀		

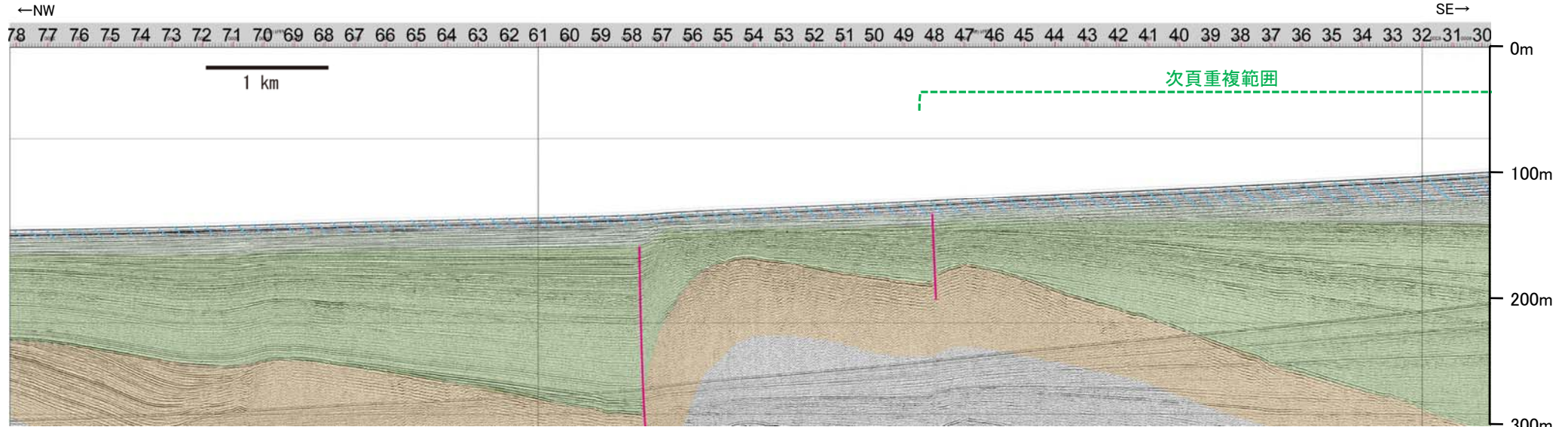




井上 卓彦・尾崎 正紀・岡村 行信 (2010) : 能登半島北部域20万分の1海陸シームレス地質図, 数値地質図, S-1 (DVD) , 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.

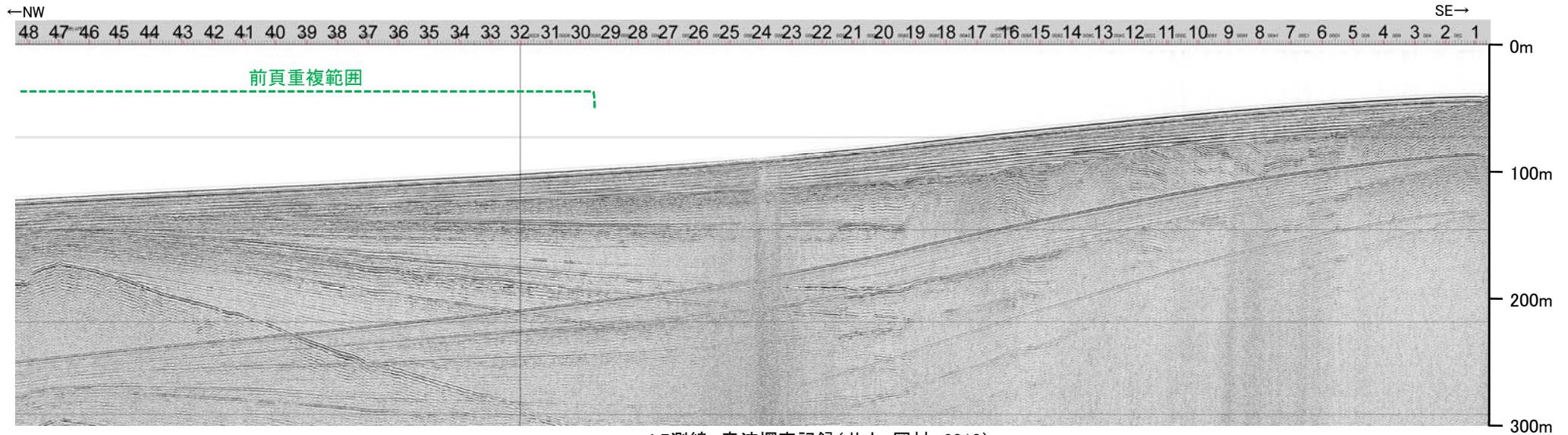


L7測線 音波探査記録(井上・岡村, 2010)

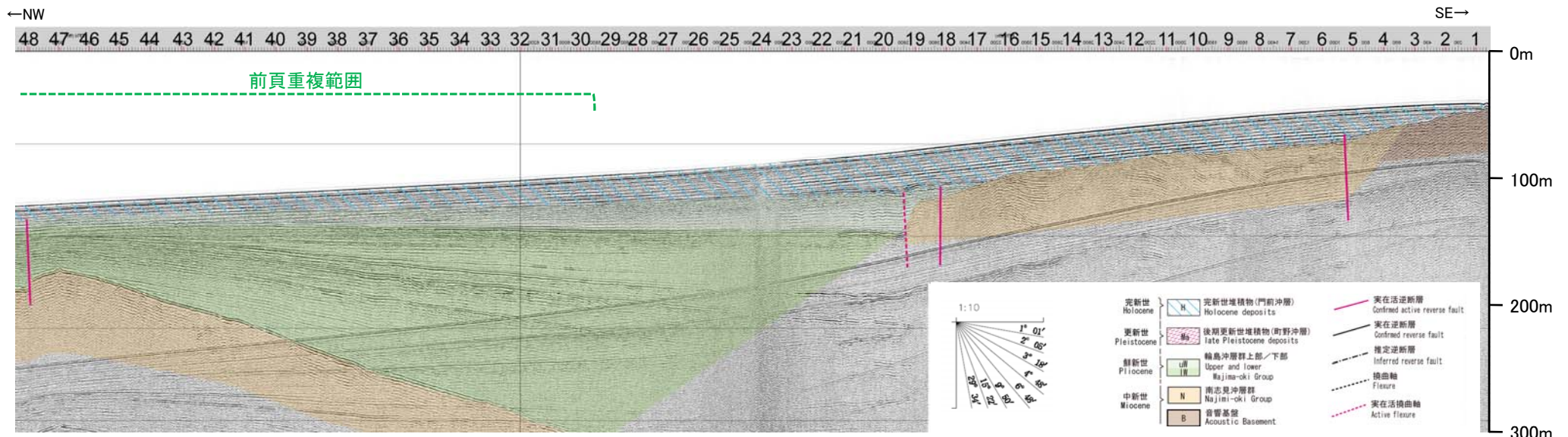


L7測線 解釈断面図(井上・岡村, 2010)

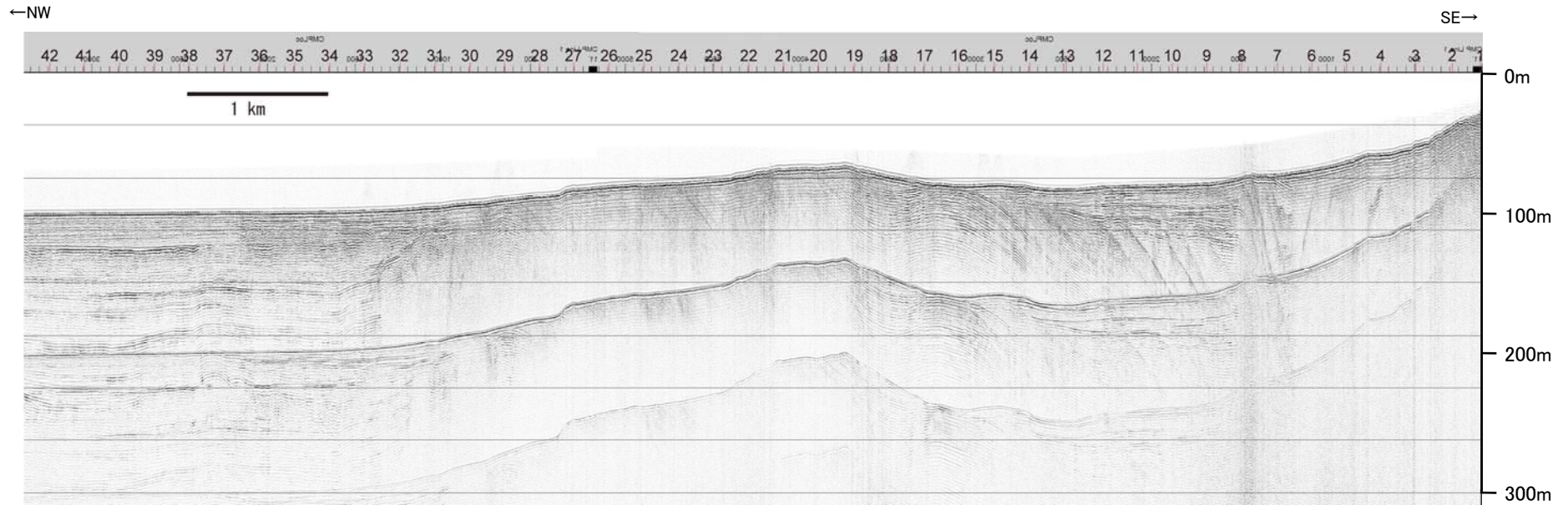




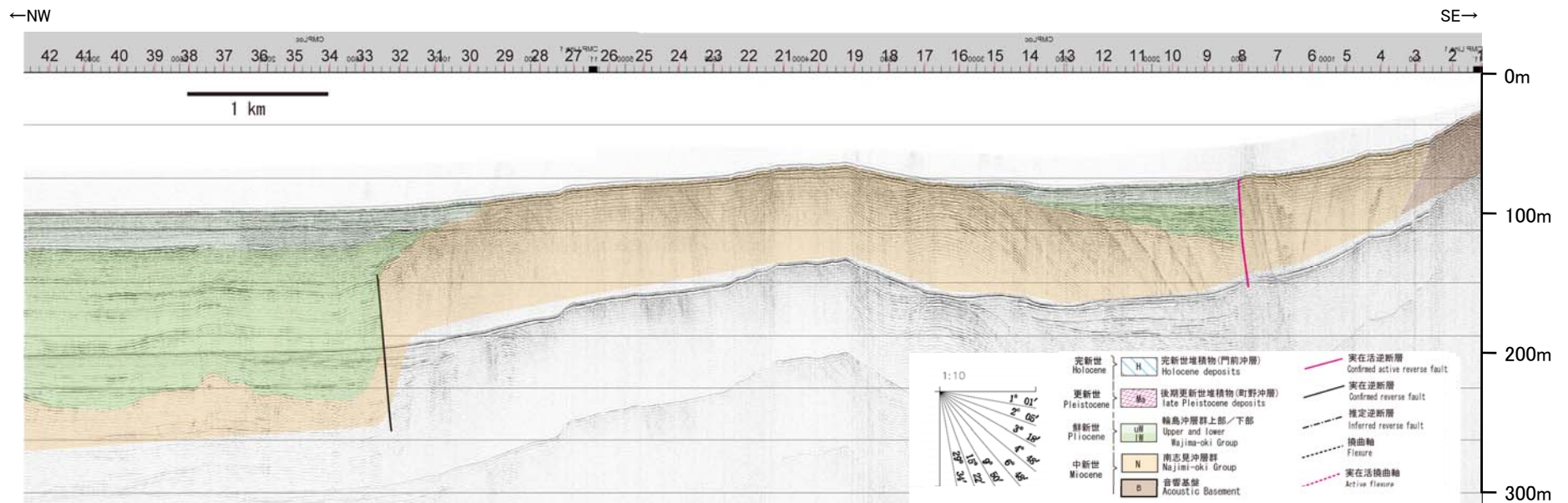
L7測線 音波探査記録(井上・岡村, 2010)



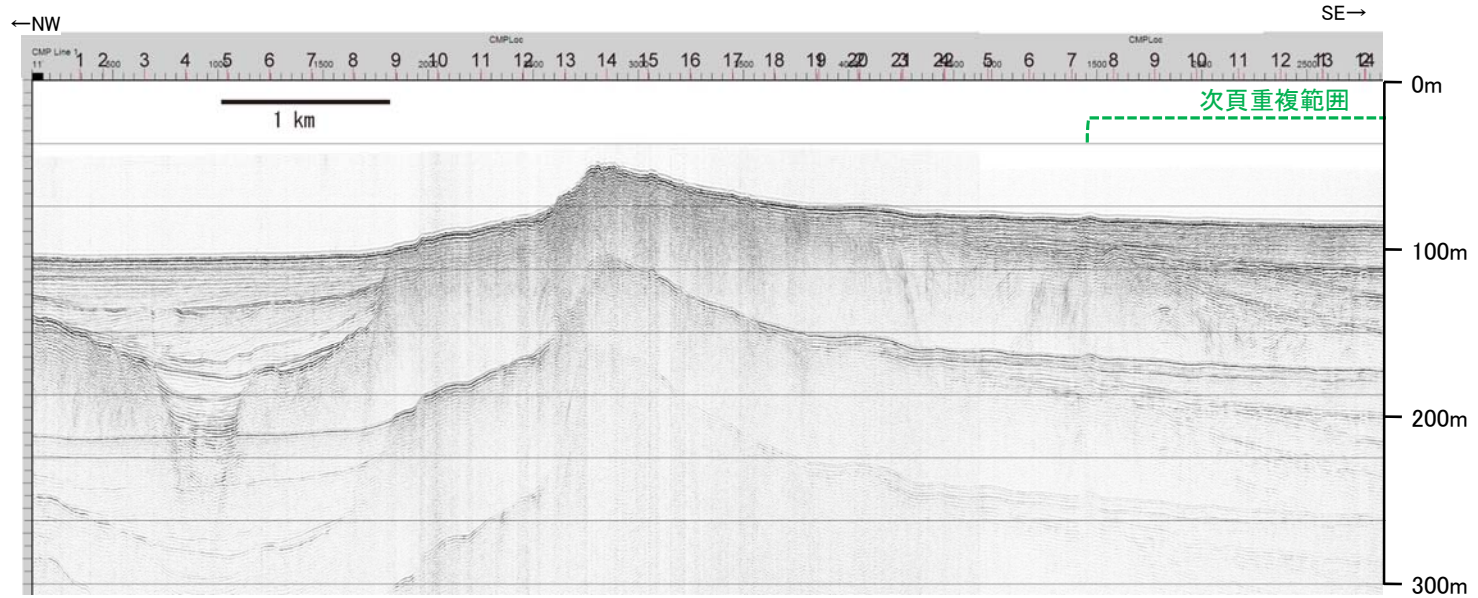
L7測線 解釈断面図(井上・岡村, 2010)



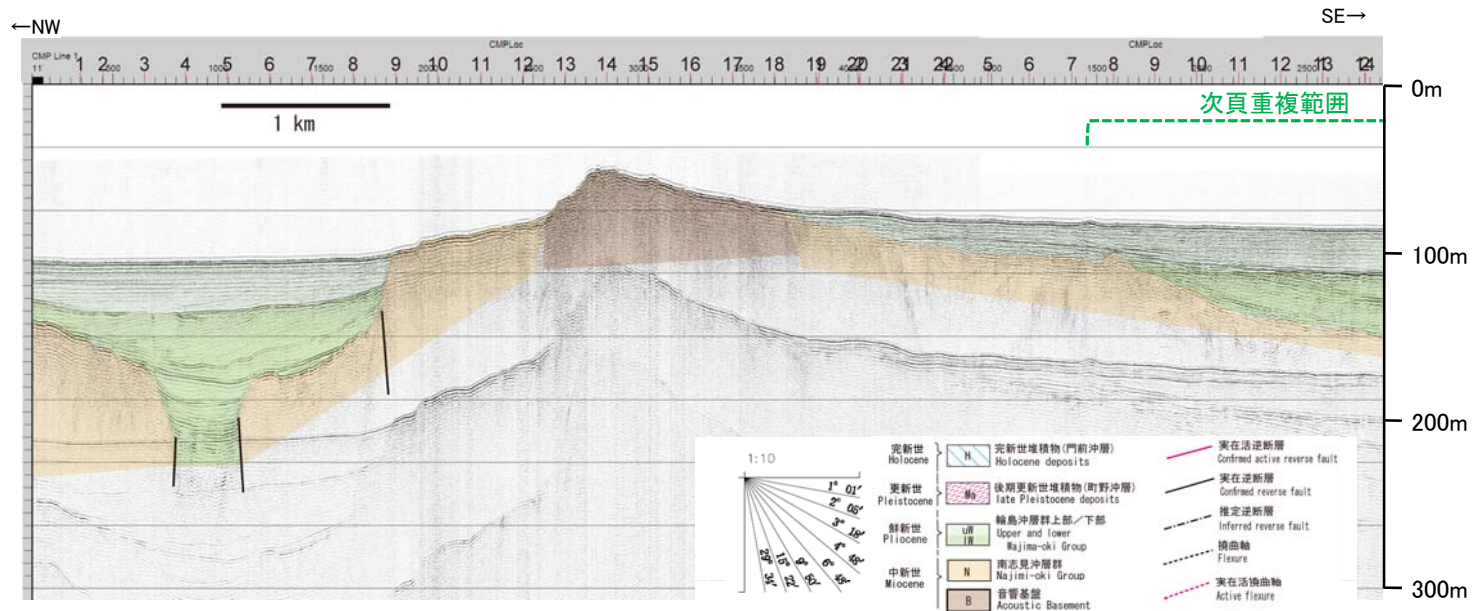
N12測線 音波探査記録(井上・岡村, 2010)



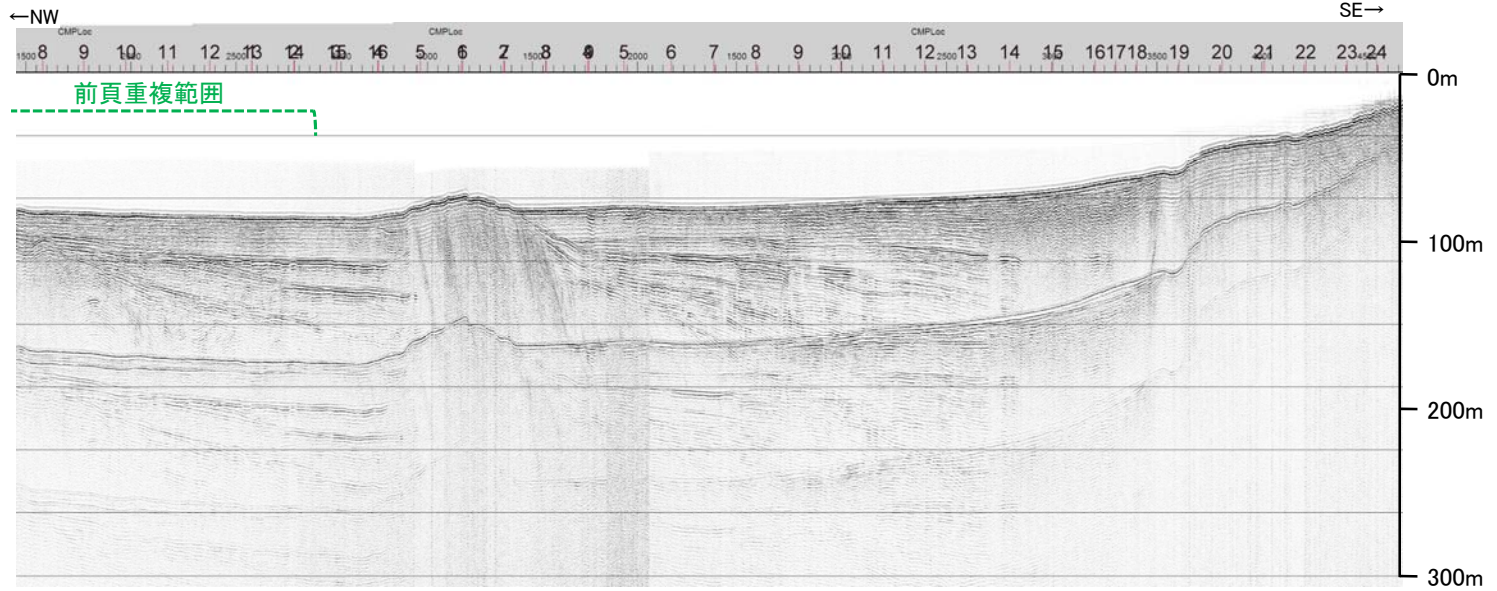
N12測線 解釈断面図(井上・岡村, 2010)



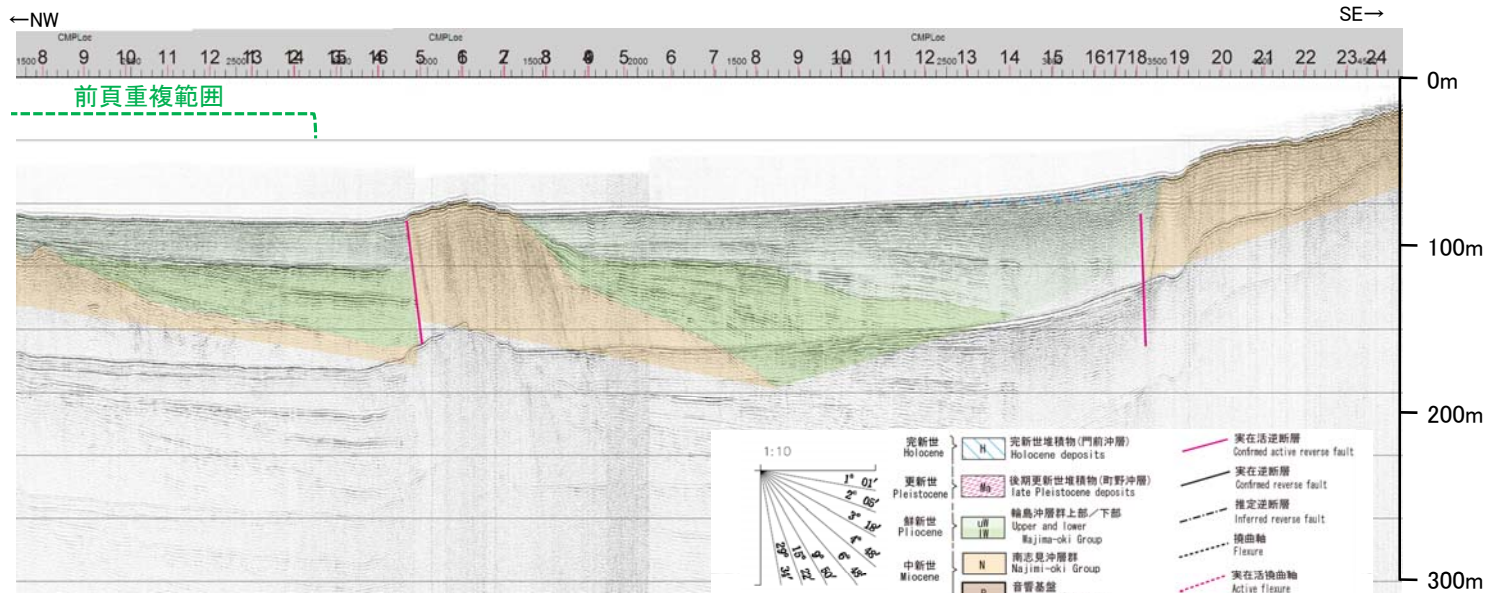
N19測線 音波探査記録(井上・岡村, 2010)



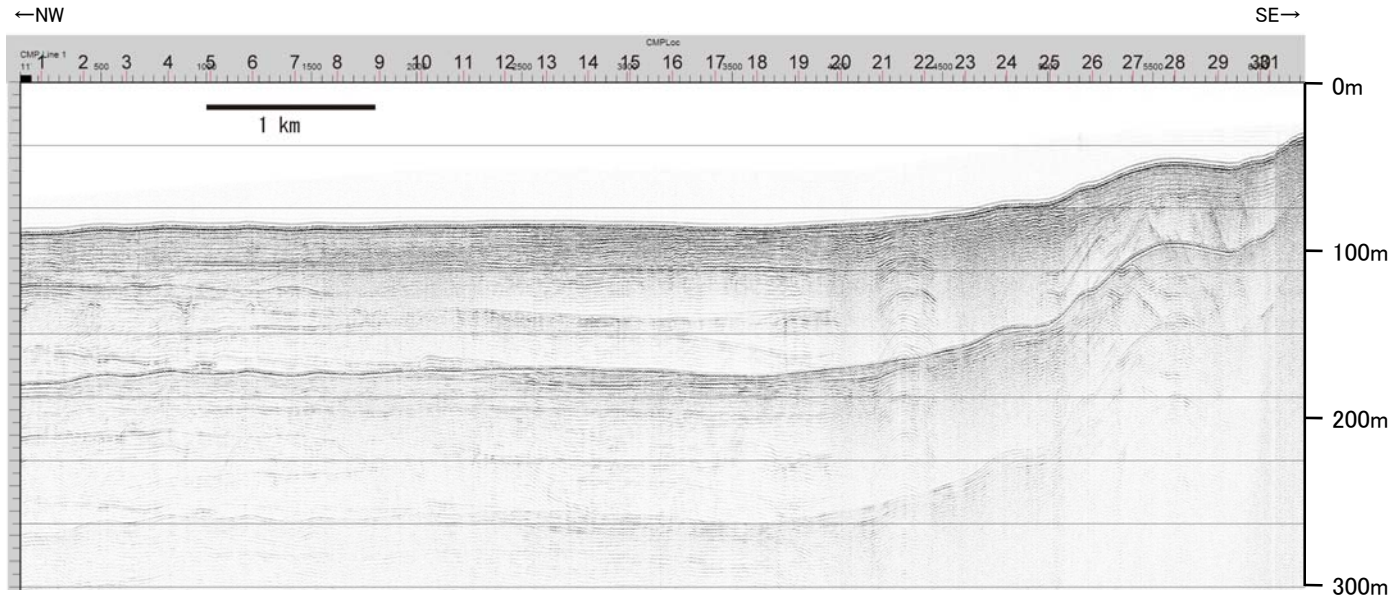
N19測線 解釈断面図(井上・岡村, 2010)



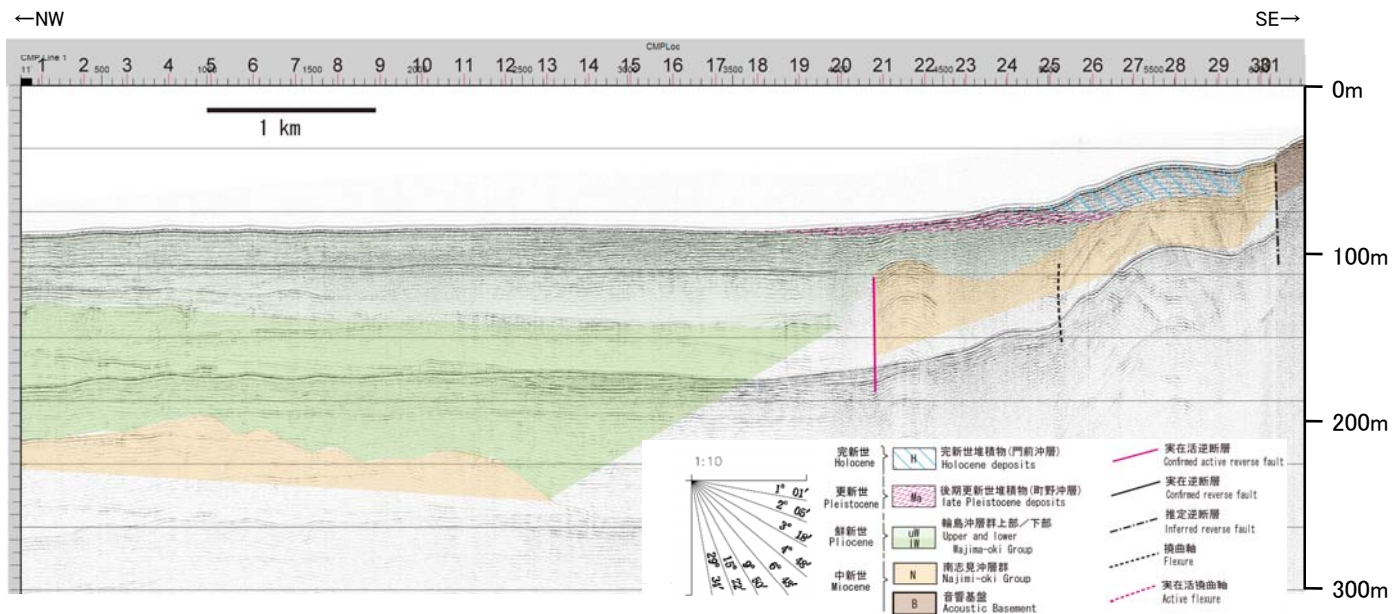
N19測線 音波探査記録(井上・岡村, 2010)



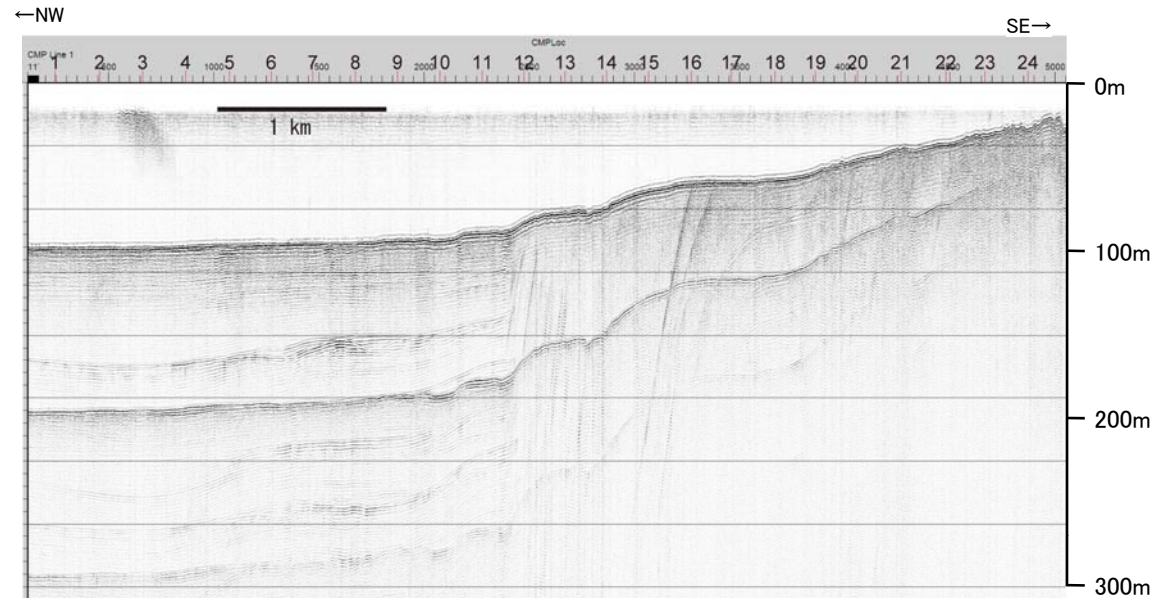
N19測線 解釈断面図(井上・岡村, 2010)



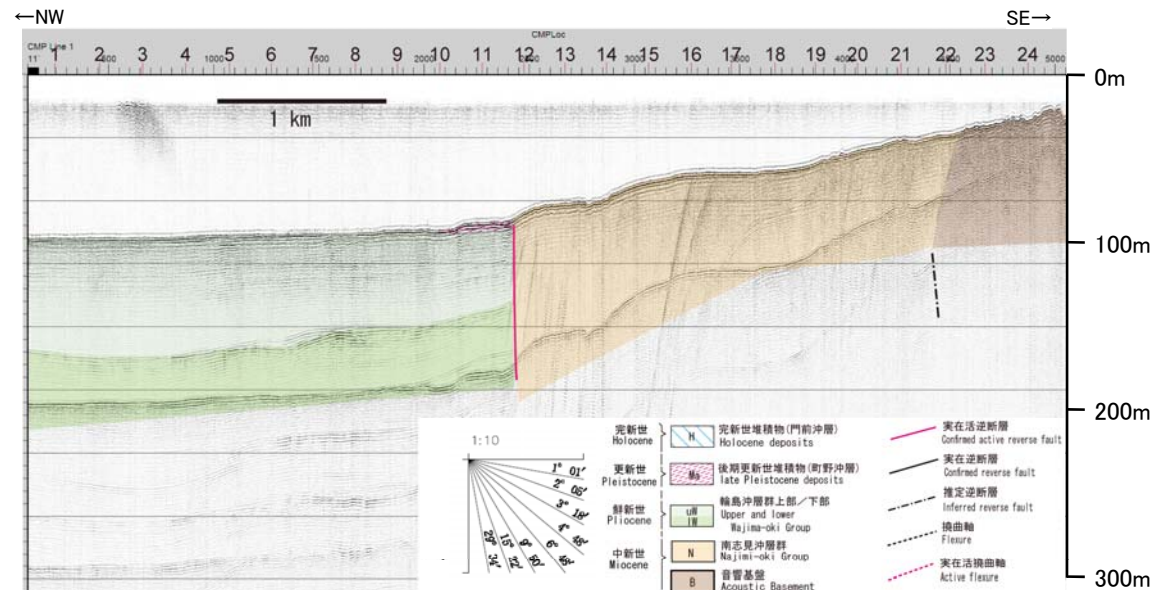
N28測線 音波探査記録(井上・岡村, 2010)



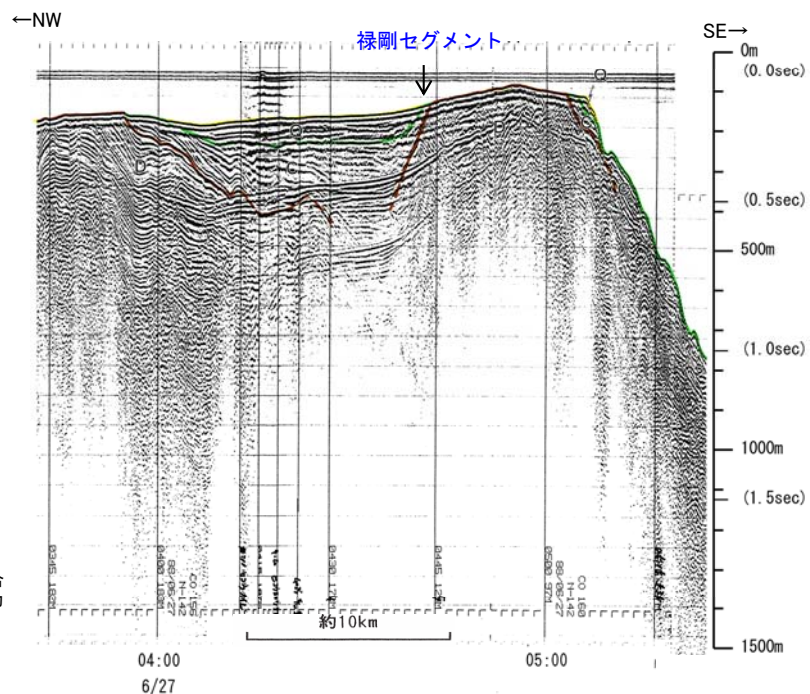
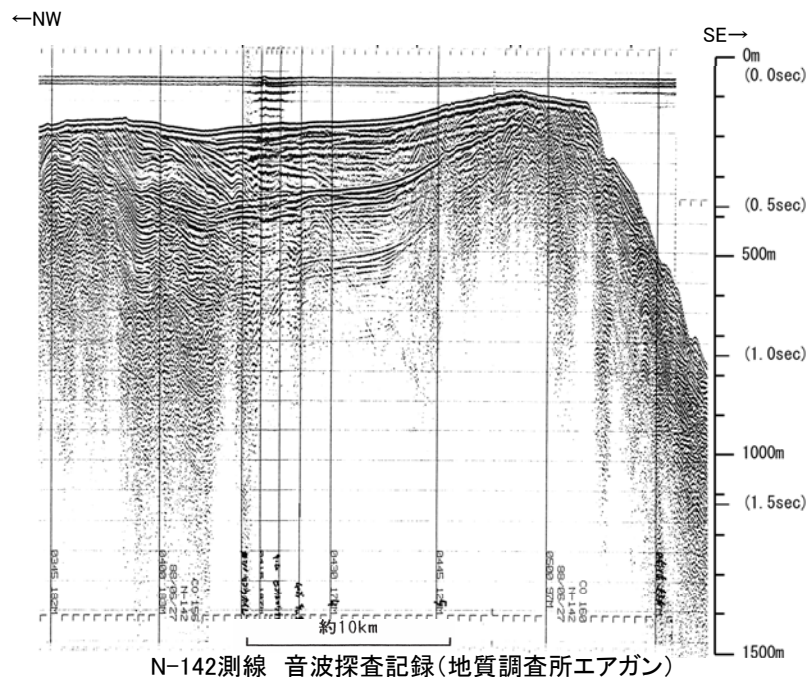
N28測線 解釈断面図(井上・岡村, 2010)



N35測線 音波探査記録(井上・岡村, 2010)



N35測線 解釈断面図(井上・岡村, 2010)



※この図面は、地質調査所(現産業技術総合研究所)の海上音波探査の記録を北陸電力が独自に解析・作成したものである

地質時代	海成の地層	
	琵琶湖北岸沖積層	
第四紀	更新世	Q層
	前期	
	中期	
第三紀	前期	C層
	中期	
	後期	D層
前期		
白垩紀		
第三紀		