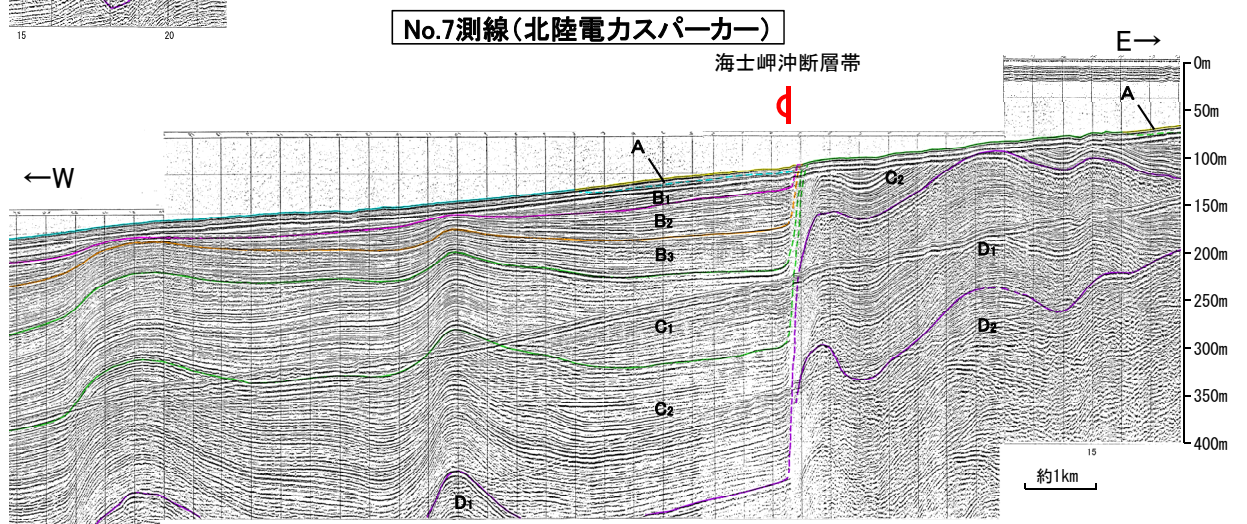
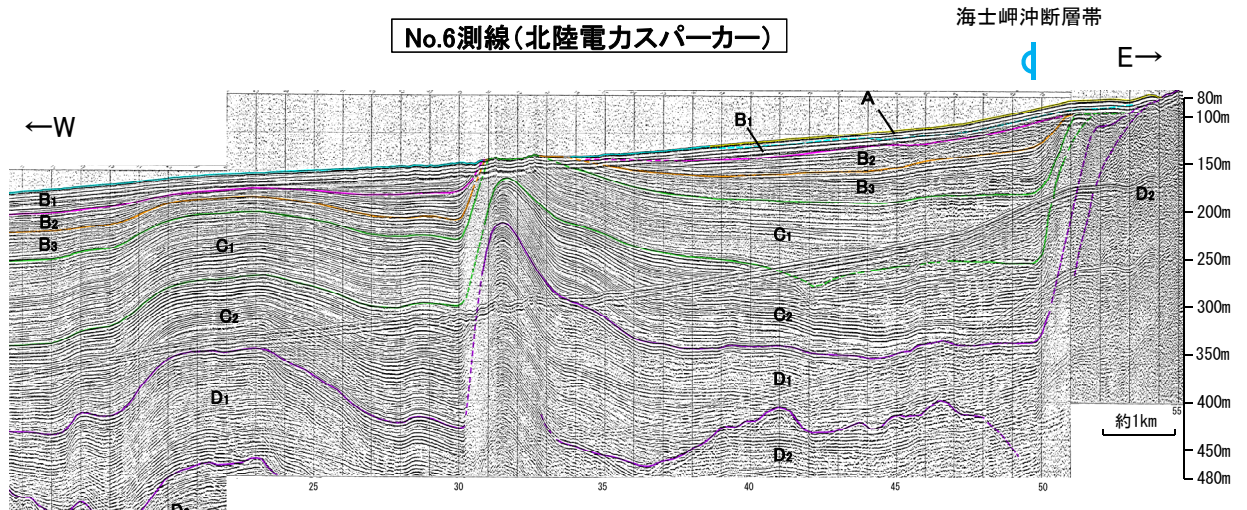
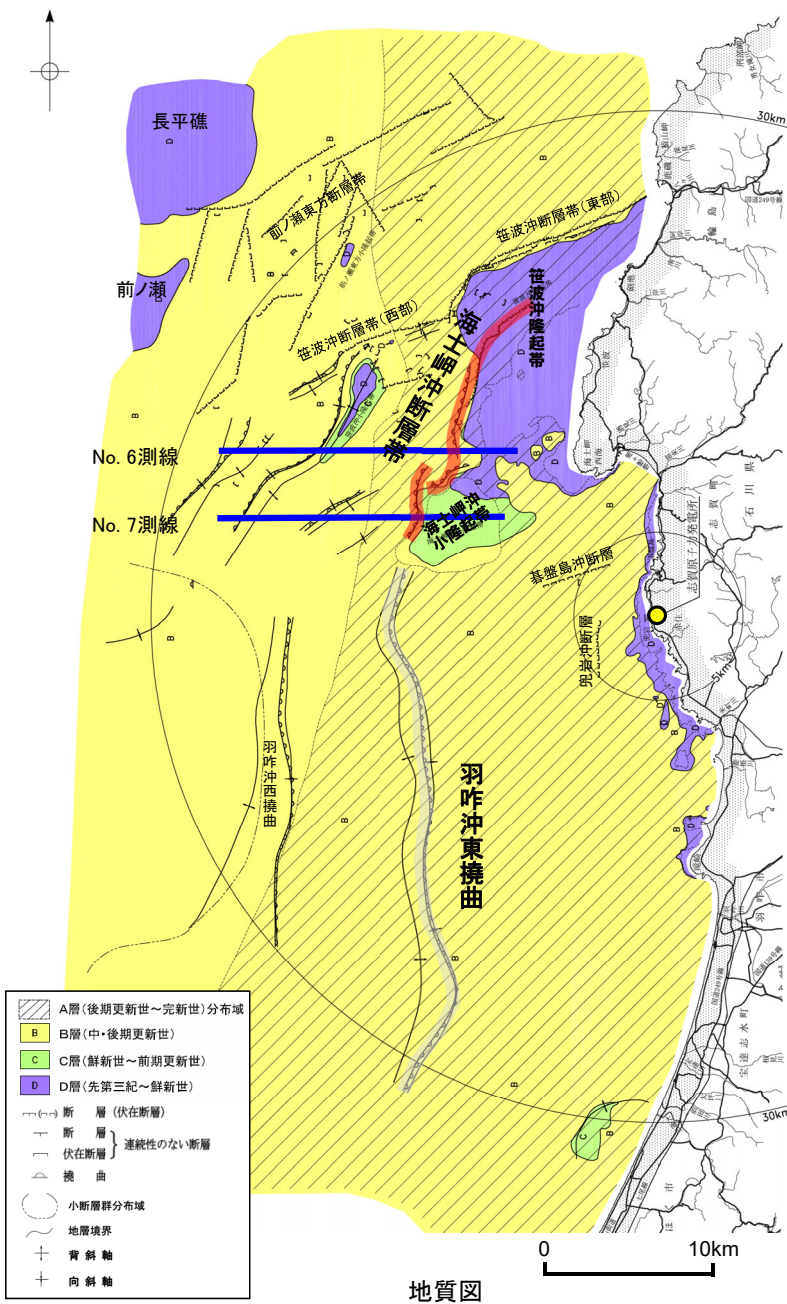
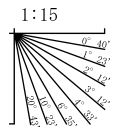


【海士岬沖断層帯周辺の浅部記録(スーパーカー)】

○海士岬沖断層帯の南部付近の浅部の音波探査記録(スーパーカー)からは、西落ちの变形が認められる。

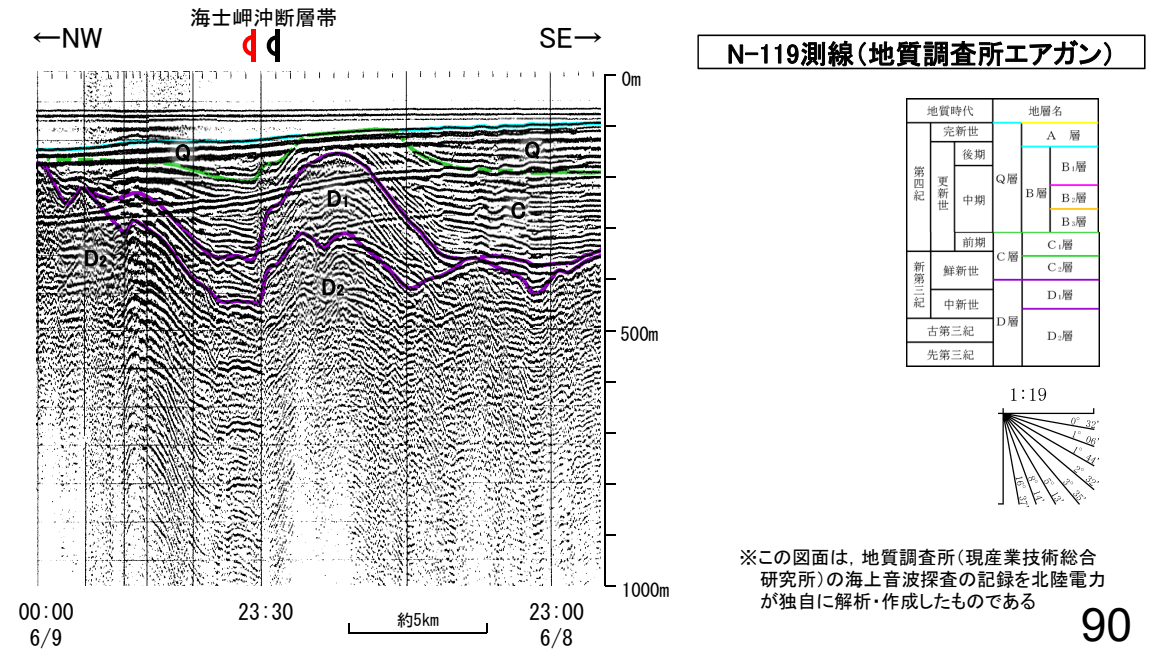
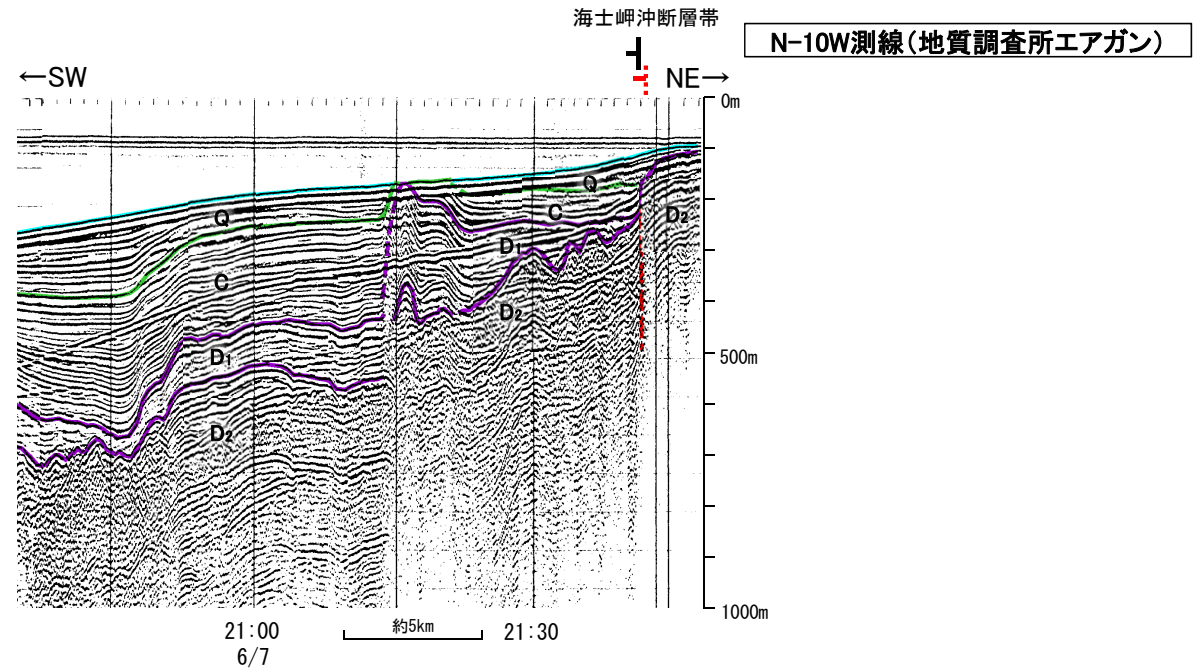
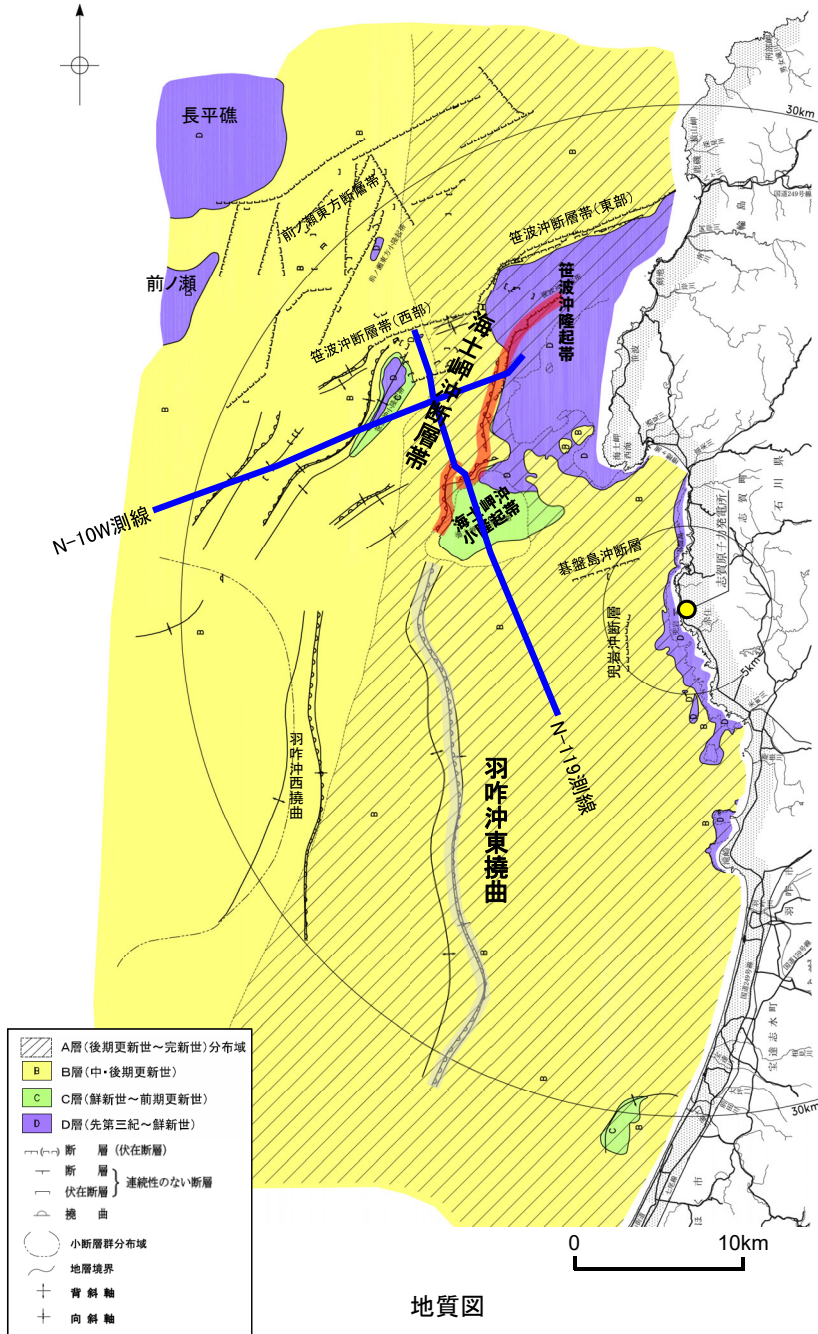


地質時代		地層名
第四紀	更新世	A層
	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
第三紀	鮮新世	C ₁ 層
	中新世	C ₂ 層
先第三紀	古第三紀	D層
	先第三紀	D層



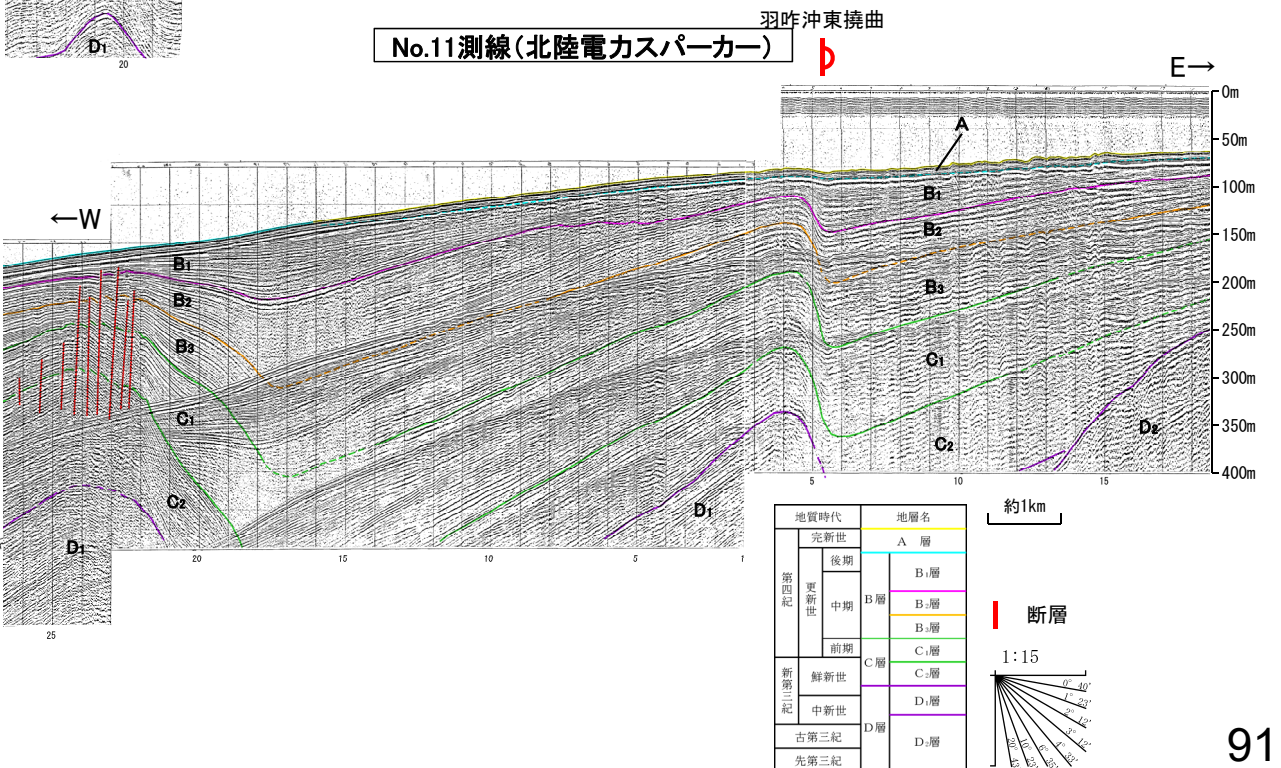
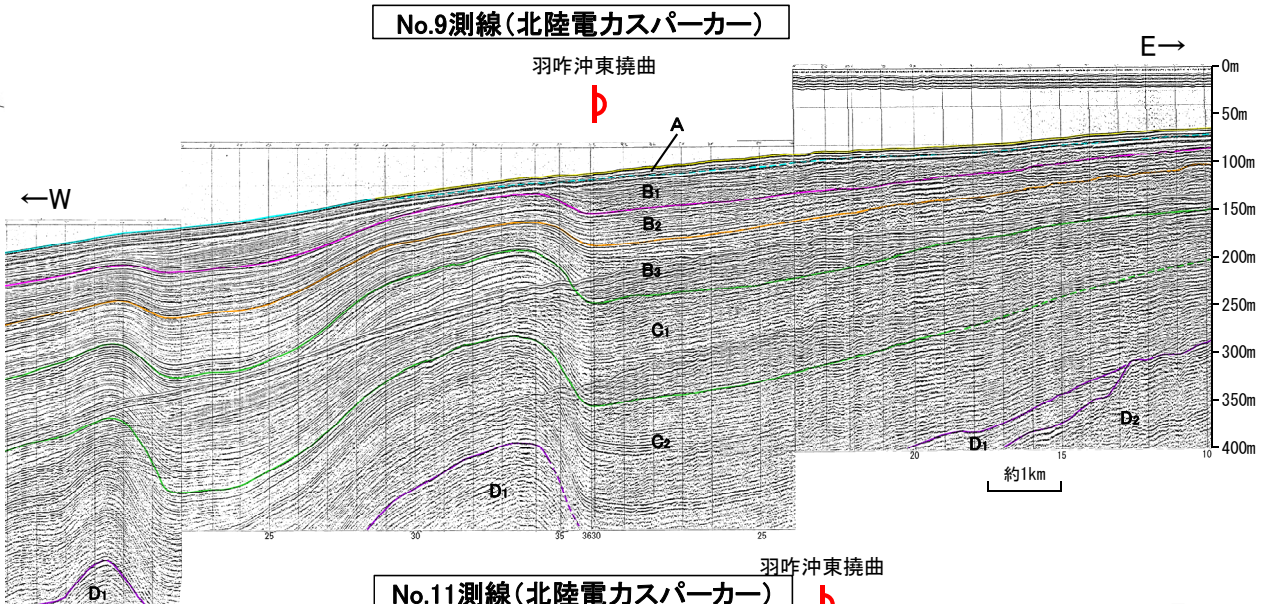
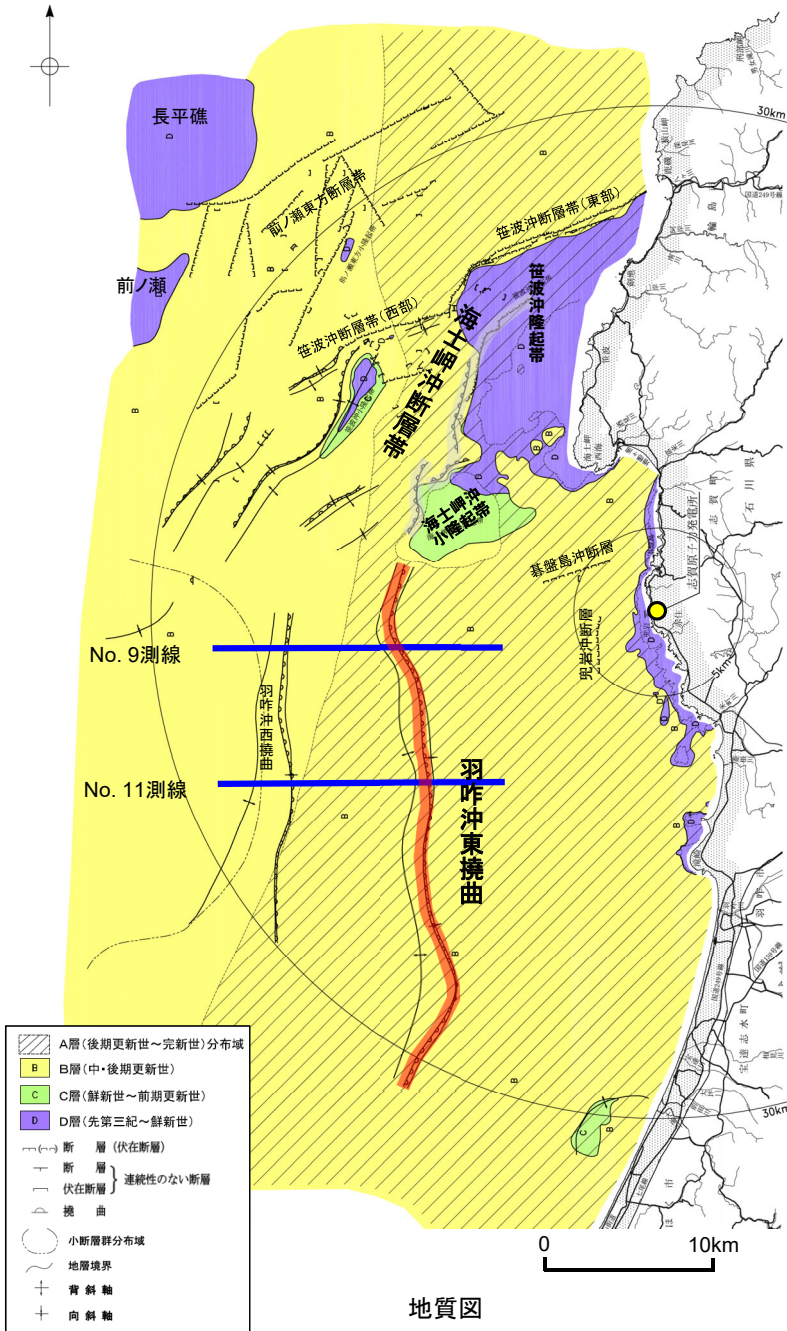
【海士岬沖断層帯周辺の深部記録(エアガン)】

○海士岬沖断層帯の南部付近の深部の音波探査記録(エアガン)からも、西落ちの変位、変形が認められる。



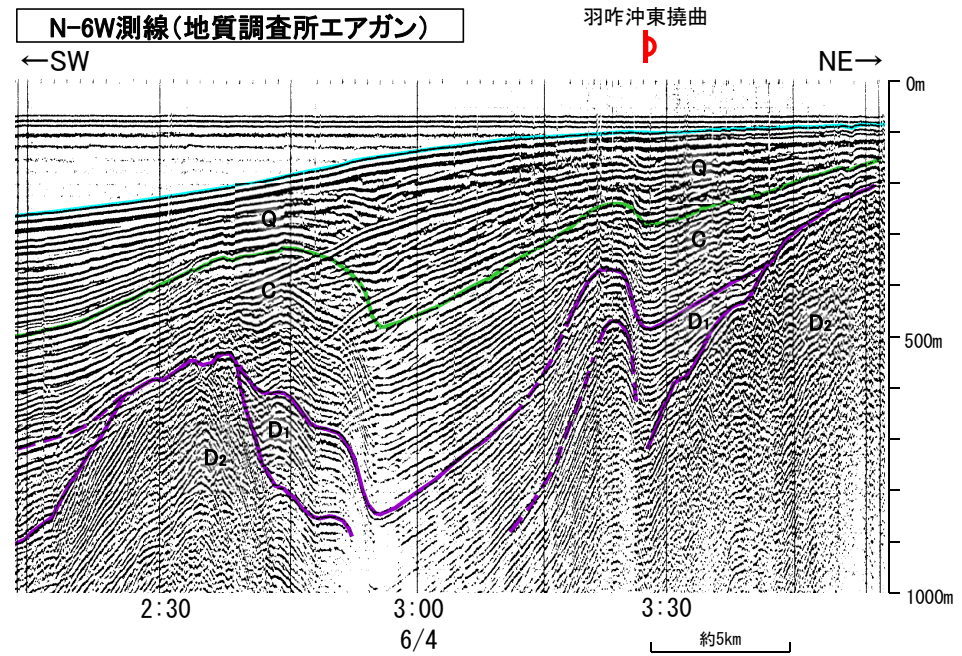
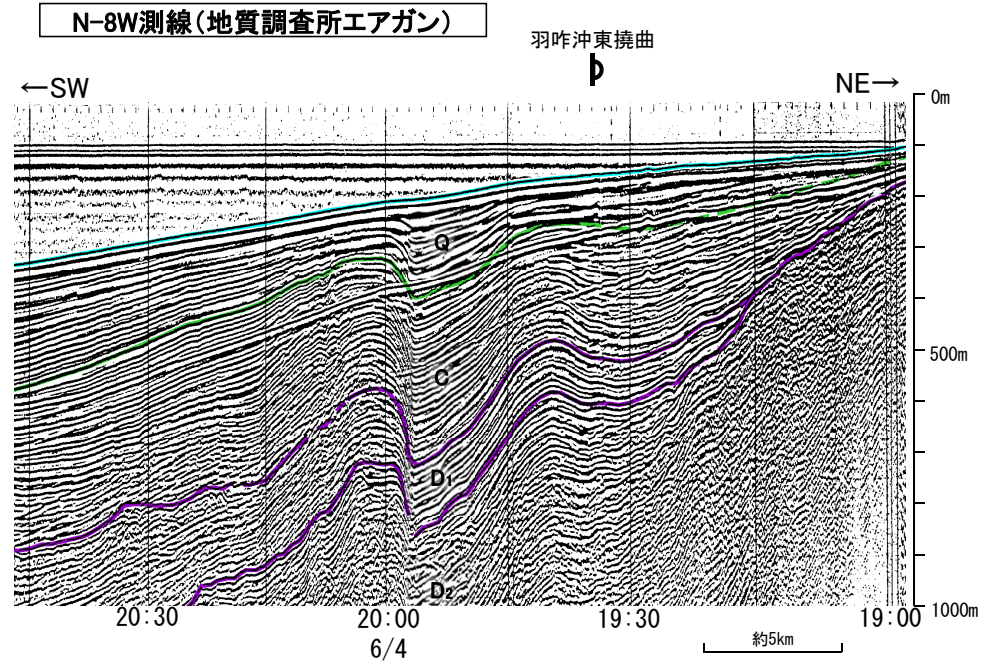
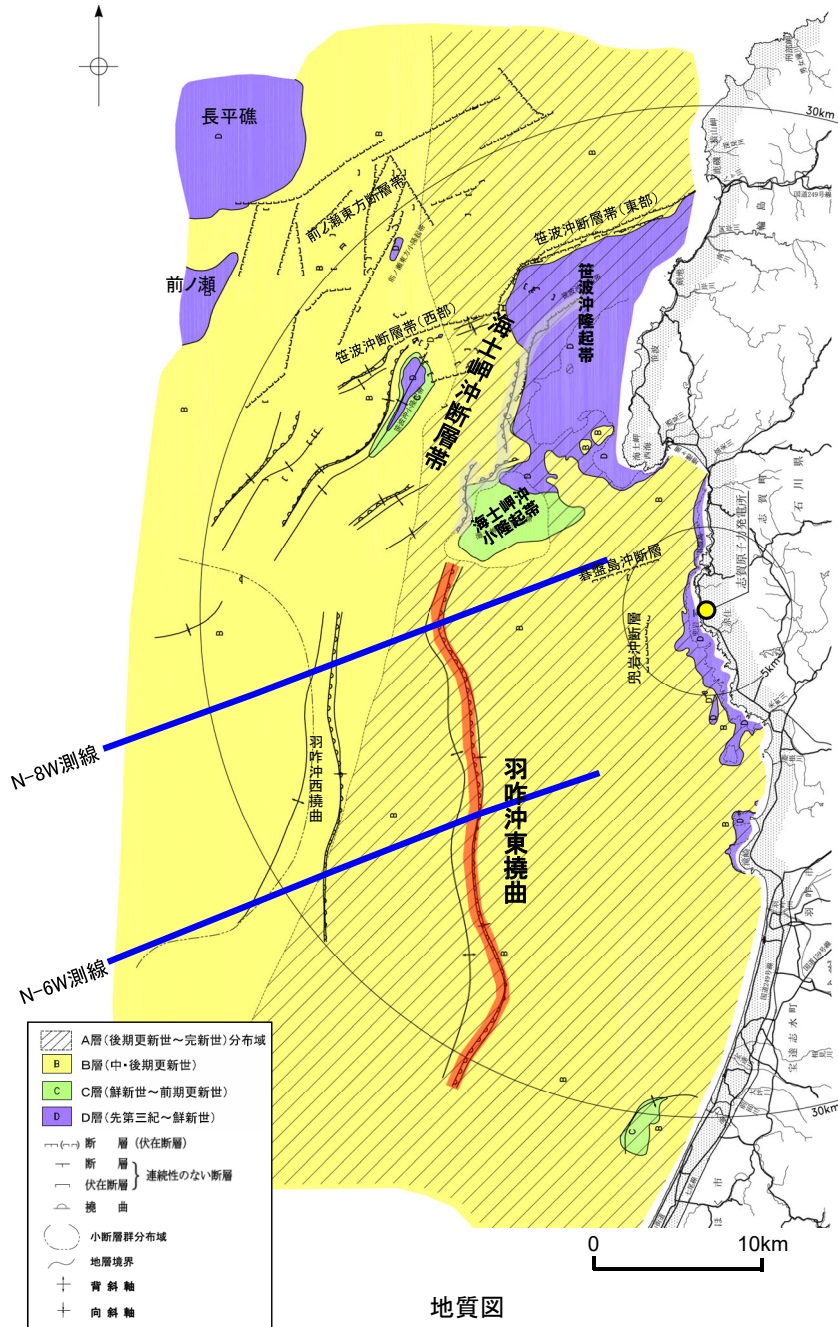
【羽咋沖東撓曲周辺の浅部記録(スパーカー)】

○羽咋沖東撓曲付近の浅部の音波探査記録(スパーカー)からは、東落ちの変形が認められる。



【羽咋沖東撓曲周辺の深部記録(エアガン)】

○羽咋沖東撓曲付近の深部の音波探査記録(エアガン)からは、東落ちの変形が認められる。



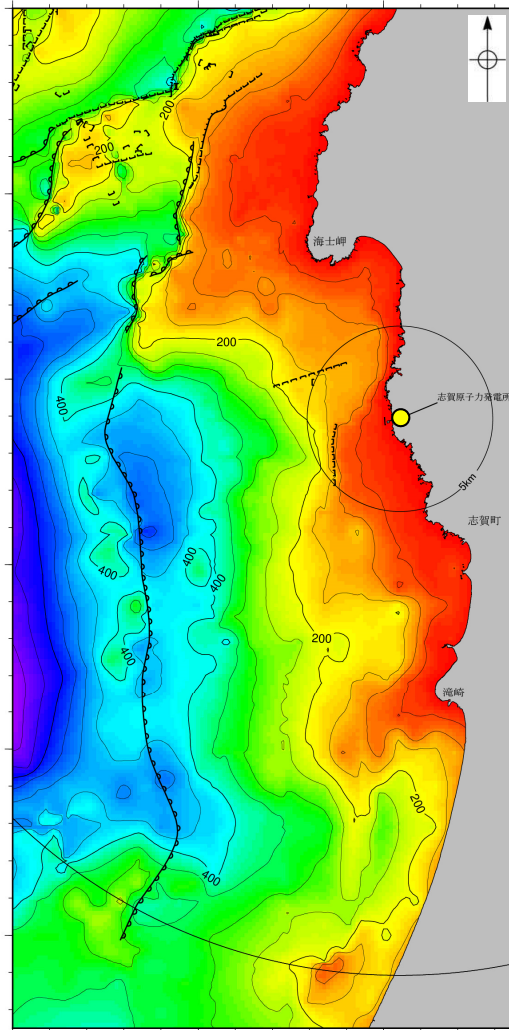
地質時代		地層名	
第四紀	完新世	A層	A層
	更新世	後期	B層
		前期	C層
新第三紀	鮮新世	C層	C層
	中新世	D層	D層
古第三紀		D層	D層
先第三紀		D層	D層

1:19

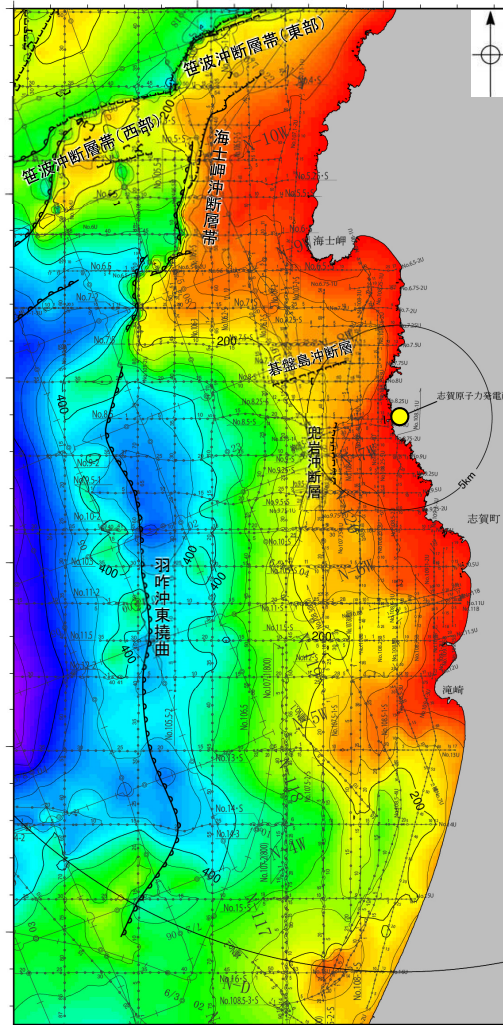
※この図面は、地質調査所(現産業技術総合研究所)の海上音波探査の記録を北陸電力が独自に解析・作成したものである

2.6.2.2 海士岬沖断層帯～羽咋沖東撓曲間の地質構造 –海上音波探査(D層上面深度)–

- 海士岬沖断層帯～羽咋沖東撓曲間において、断層構造の連続性を検討するために、海域のD層上面(陸域の岩稲階の別所岳安山岩類に対比)の形状を確認した。
- 海士岬沖断層帯周辺のD層は、-100～-200m程度に分布し、断層の南東方の標高が高い傾向にある。
- 一方、羽咋沖東撓曲周辺のD層は、-200～-400m程度に分布し、断層の西方の標高が高い傾向にある。
- 以上より、海士岬沖断層帯と羽咋沖東撓曲周辺のD層上面の形状は大きく異なることから、両断層は連続する構造ではないと判断される。

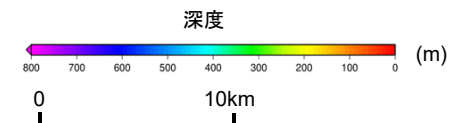


D層等深線図



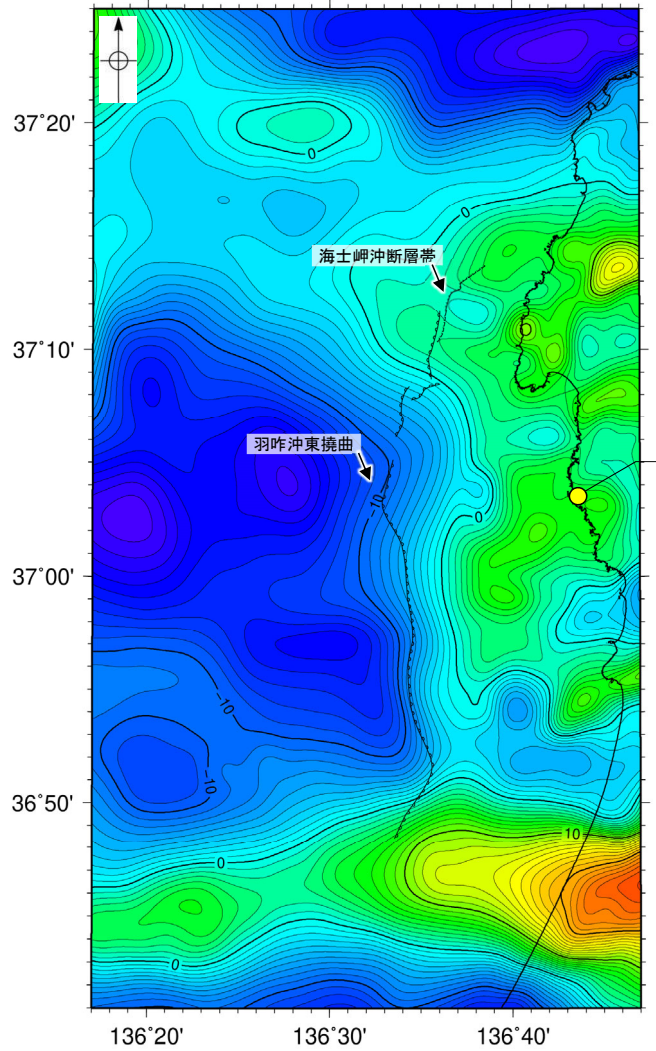
D層等深線図
(音波探査測線等を加筆)

- ・左図は、澤田ほか(2022)を基に、金沢大学・当社が作成したものである。
- ・D₂層の補間処理にあたっては、水深、Q層(A層+B層)、C層、D₁層、D₂層の地層境界深度データから、各層の厚さ分布を作成し、GMT(The Generic Mapping Tools)のsurfaceコマンド(Smith and Wessel, 1990)を使用し、隣接する測線の層厚情報を用いて計算を行った。
- ・D層の上面深度0mの位置は、D層に対応する陸域の地質境界線を0mとした。

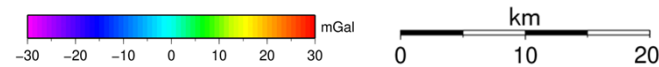


2.6.2.2 海士岬沖断層帯～羽咋沖東撓曲間の地質構造 —重力異常—

○重力異常の等重力線に対して海士岬沖断層帯の走向はほぼ直交するが、羽咋沖東撓曲の走向はほぼ一致しており、両断層で重力異常の連続性は認められない。



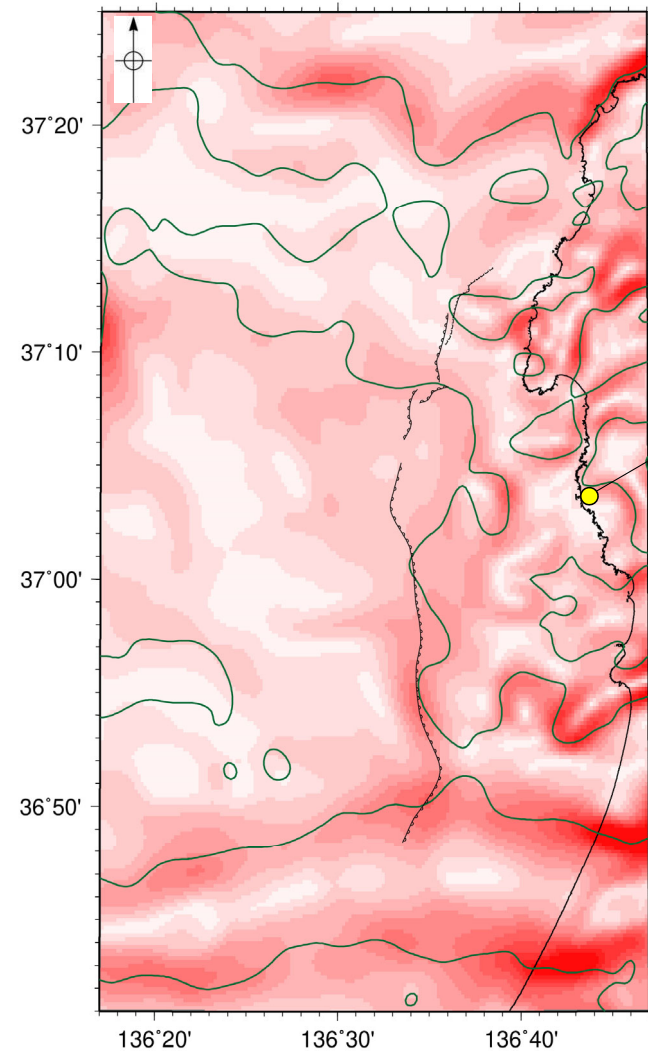
志賀原子力発電所



仮定密度: 2,300kg/m³ コンター間隔: 1mGal (---)断層 (伏在断層)
 (---)撓曲

ブーゲー異常図

・ブーゲー異常図は、対象とする断層の規模、調査密度を考慮し、平面トレンド成分の除去及び遮断波長4kmのローパスフィルター処理を行っている。



志賀原子力発電所



鉛直一次微分値が0mGal/kmの等値線 (---)断層 (伏在断層)
 (---)撓曲

水平一次微分図

・水平一次微分図は、左のフィルター処理後のブーゲー異常図を基に作成した。

・右図は、陸域は本多ほか(2012)、国土地理院(2006)、The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001)、Yamamoto et al. (2011)、Hiramatsu et al. (2019)、海域は産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013)、石田ほか(2018)を用いて、金沢大学・当社が作成した。

2.6.3 羽咋沖西撓曲

2.6.3 (1) 羽咋沖西撓曲の評価結果

【文献調査】(P.97)

- 岡村(2007)は、N-S方向に、第四紀向斜軸・背斜軸を図示し、ハーフグラベンが隆起した盆地反転構造であり、背斜構造の形状から、東翼基部に西傾斜の第四紀逆断層の伏在を推定している。
- 日本海における大規模地震に関する調査検討会(2014)(以下、国交省ほか(2014))は、羽咋沖西撓曲に対応する位置に、断層トレースを図示しているが、断層モデルを設定していない。
- 「日本海地震・津波調査プロジェクト」(文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所, 2015)は、羽咋沖西撓曲に対応する位置に、断層長さ:17.4km、西傾斜60°の断層として、震源断層モデルKZ2を設定している。

【活動性評価】

- 羽咋沖西撓曲は、東翼が急傾斜で幅が狭く、西翼が緩傾斜で幅が広い非対称な褶曲構造である(P.98)。
- 音波探査記録の解析の結果、背斜構造東翼基部のB₁層まで変形が認められる(P.99~101)。

→羽咋沖西撓曲は、文献調査の結果、岡村(2007)から西傾斜の逆断層と推定され、海上音波探査の結果でも、東落ちの変形が認められることから、西傾斜(約60°)の逆断層と推定される。

⇒文献調査、海上音波探査の結果、羽咋沖西撓曲は、走向がN-S方向、傾斜が西傾斜(約60°)の逆断層と推定され、後期更新世以降の活動が否定できないと評価。

【長さの評価】

■北端(P.102, 103)

【海上音波探査】

- No.8測線において、東翼が急傾斜を示す非対称な褶曲構造は認められず、断層等は認められない。
- No.8測線のさらに北方のNo.7-1測線には、笹波沖断層帯(西部)に対応する変形は認められるが、羽咋沖西撓曲に対応する変位、変形は認められない。

→No.8測線を北端と評価。

■南端(P.104, 105)

【海上音波探査】

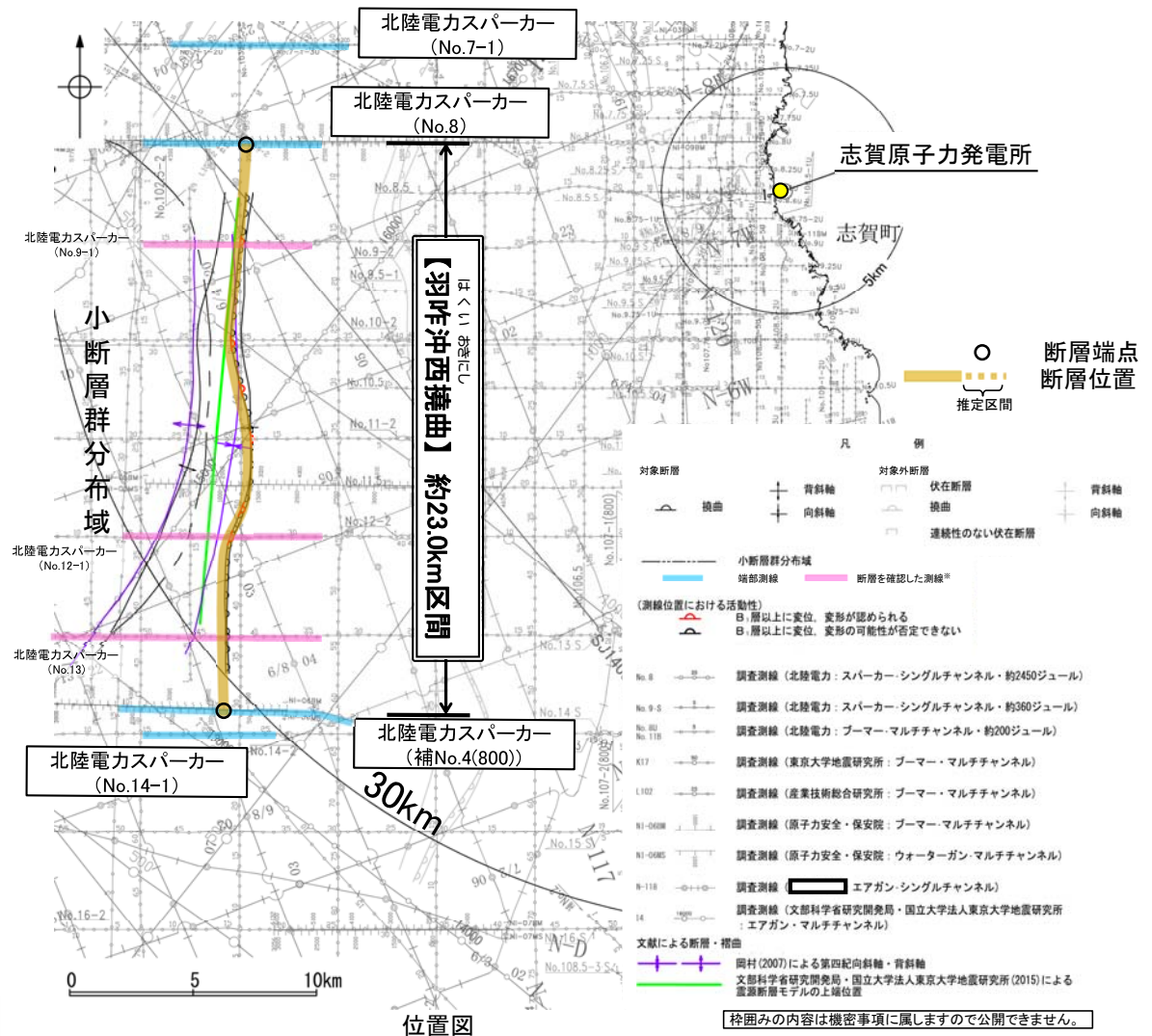
- 補No.4(800)測線、No.14-1測線において、いずれの地層にも変位、変形は認められない。

→補No.4(800)測線を南端と評価。

■重力探査(P.107)

- 羽咋沖西撓曲に対応する重力異常急変部は認められない。

⇒No.8測線(北端)から補No.4(800)測線(南端)までの約23.0km区間を評価。

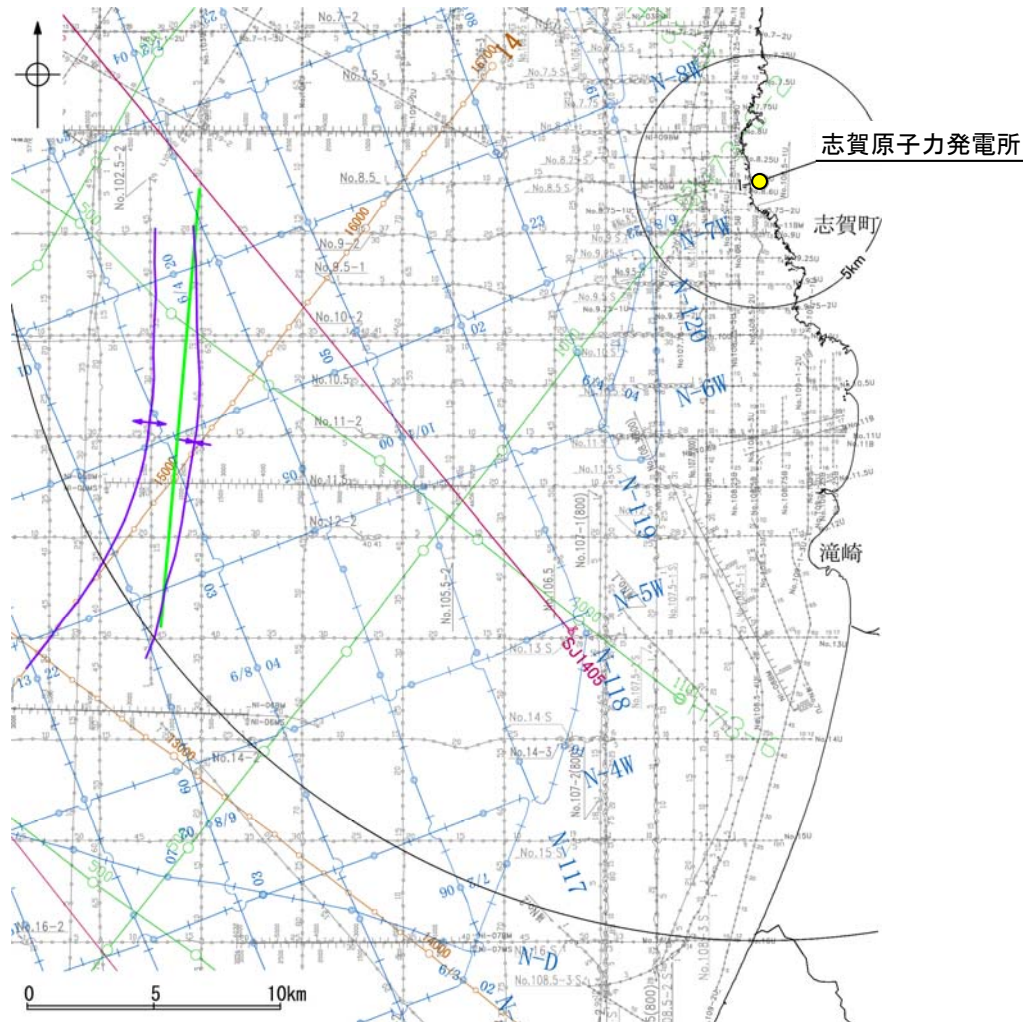


羽咋沖西撓曲は後期更新世以降の活動が否定できず、その長さとして約23.0km区間を評価する。

※: 以外の羽咋沖西撓曲を確認した音波探査記録はデータ集2

2.6.3 (2) 羽咋沖西撓曲の文献調査

- 岡村(2007)は、産業技術総合研究所(地質調査所)による調査(調査測線①)から、N-S方向に、第四紀向斜軸・背斜軸を図示し、ハーフグラベンが隆起した盆地反転構造であり、背斜構造の形状から、東翼基部に西傾斜の第四紀逆断層の伏在を推定している。
- 国交省ほか(2014)は、羽咋沖西撓曲に対応する位置に、断層トレースを図示しているが、断層モデルを設定していない。
- 「日本海地震・津波調査プロジェクト」(文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所、2015)は、同プロジェクトによる調査(調査測線②)の他、産業技術総合研究所による調査結果(調査測線①)、石油開発公団による調査、海洋開発研究機構による調査(調査測線③)の結果から、岡村(2007)が示した構造に対応する位置に、震源断層モデルとしてKZ2(走向:184度、傾斜:60度、断層長さ:17.4km)を設定し、佐藤ほか(2014)の調査と岡村(2007)が示す断層の走向から60°の西傾斜の断層と判断している。文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所(2021)では、活動性の評価を確実性Cクラス(変形を受けている最新期の地層の年代が第四紀前期である可能性がある)としている。

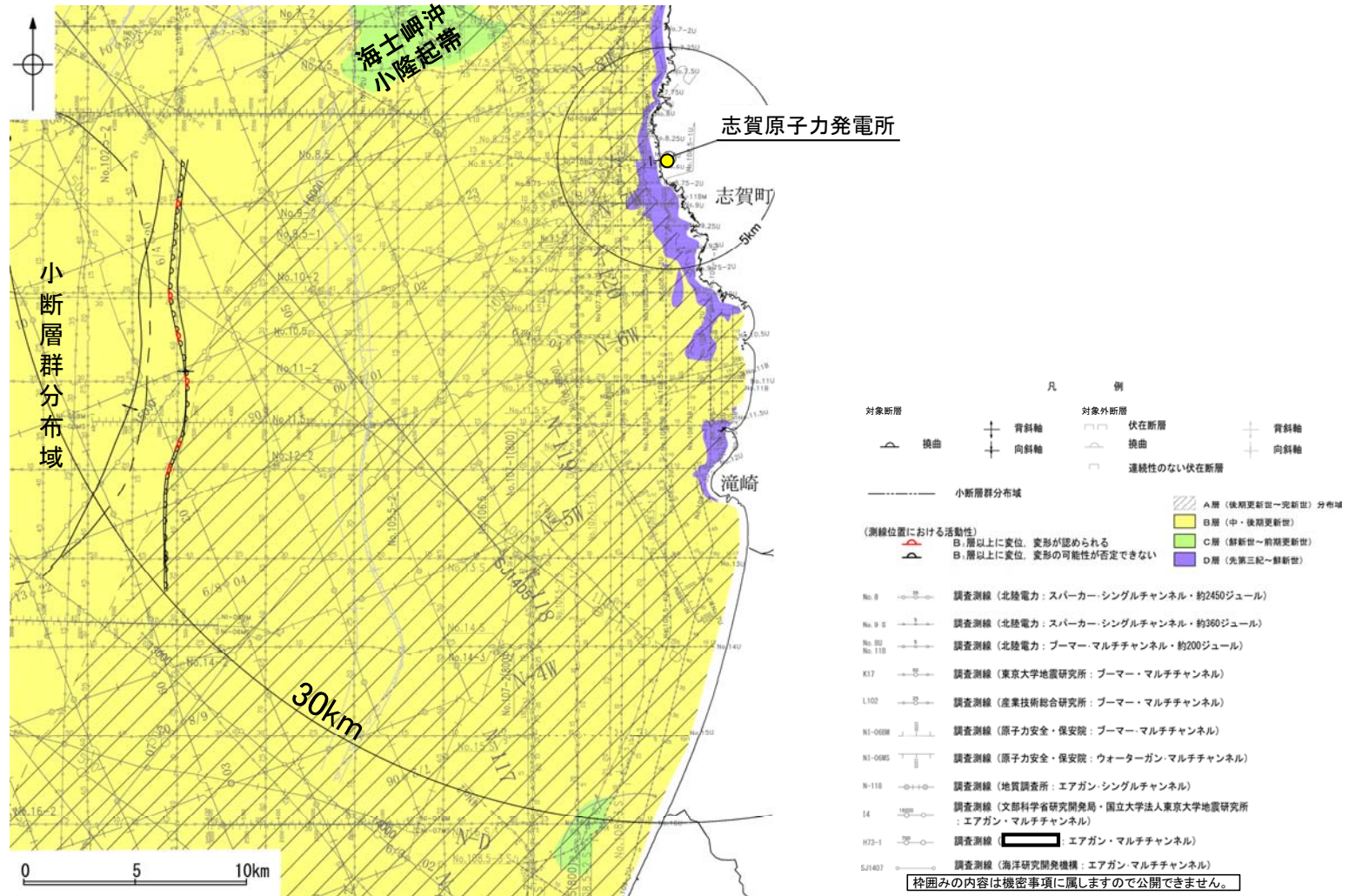


凡 例	
No. 8	調査測線 (北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
No. 9-S	調査測線 (北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約360ジュール)
No. 9U No. 11B	調査測線 (北陸電力: プーマー・マルチチャンネル・約200ジュール)
K17	調査測線 (東京大学地震研究所: プーマー・マルチチャンネル)
L102	調査測線 (産業技術総合研究所: プーマー・マルチチャンネル)
N1-060M	調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル)
N1-060S	調査測線 (原子力安全・保安院: ウォーターガン・マルチチャンネル)
N-118	調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
14	調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
H13-1	調査測線 () エアガン・マルチチャンネル
S1407	調査測線 (海洋開発機構: エアガン・マルチチャンネル)
文献による断層・褶曲 枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。	
	岡村(2007)による第四紀向斜軸・背斜軸
	文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所(2015)による震源断層モデルの上端位置

位置図

2.6.3 (3) 羽咋沖西撓曲の活動性 –羽咋沖西撓曲周辺の地質図–

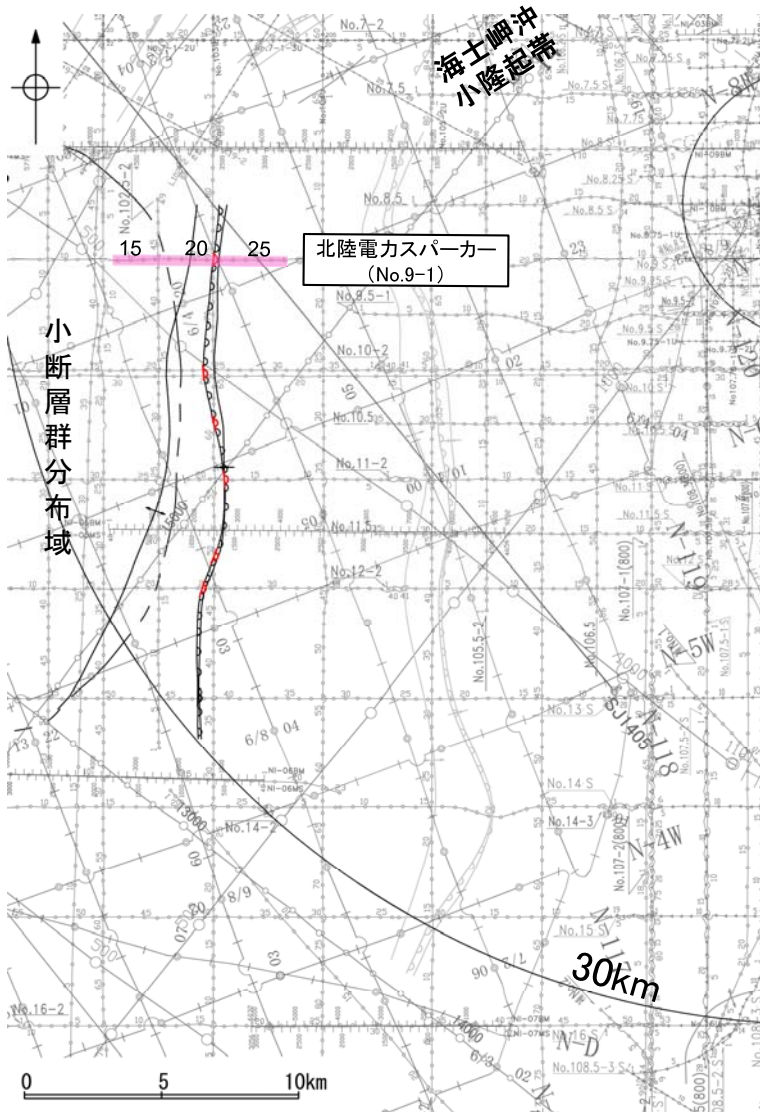
- 羽咋沖西撓曲は、羽咋沖盆地内に分布し、東翼が急傾斜で幅が狭く、西翼が緩傾斜で幅が広い非対称な撓曲構造である。
- 羽咋沖西撓曲周辺には、C層及びB層が厚く堆積し、一部でA層が認められなくなる。



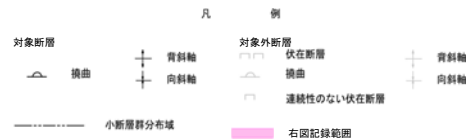
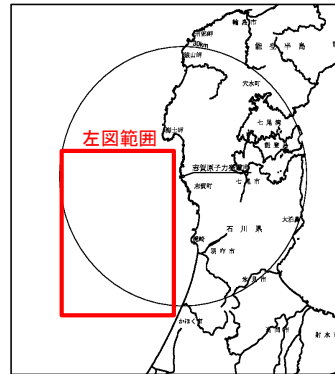
羽咋沖西撓曲周辺の地質図

2.6.3 (3) 羽咋沖西撓曲の活動性 —No.9-1測線—

○No.9-1測線において、B₁層下部、B₂層、B₃層、C₁層、C₂層に変形が認められることから、撓曲を推定した。
○本撓曲は東翼が急傾斜で幅が狭く、西翼が緩傾斜で幅が広い非対称な褶曲である。



位置図

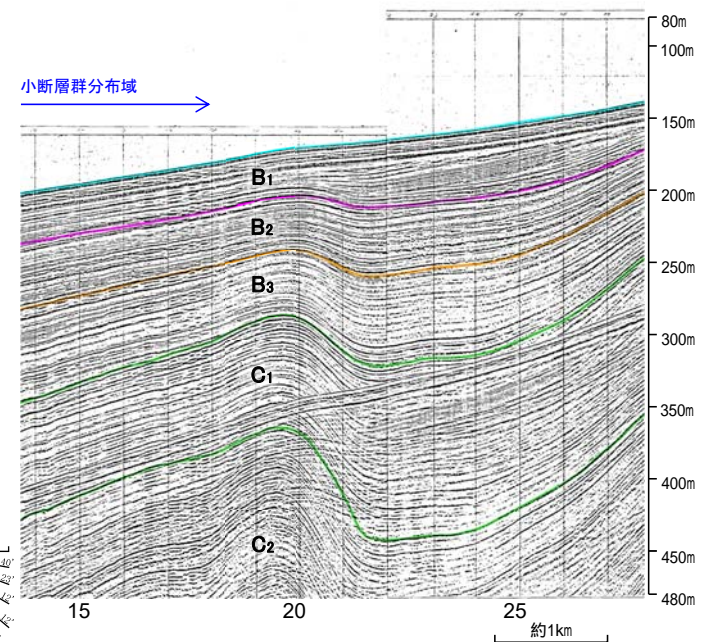
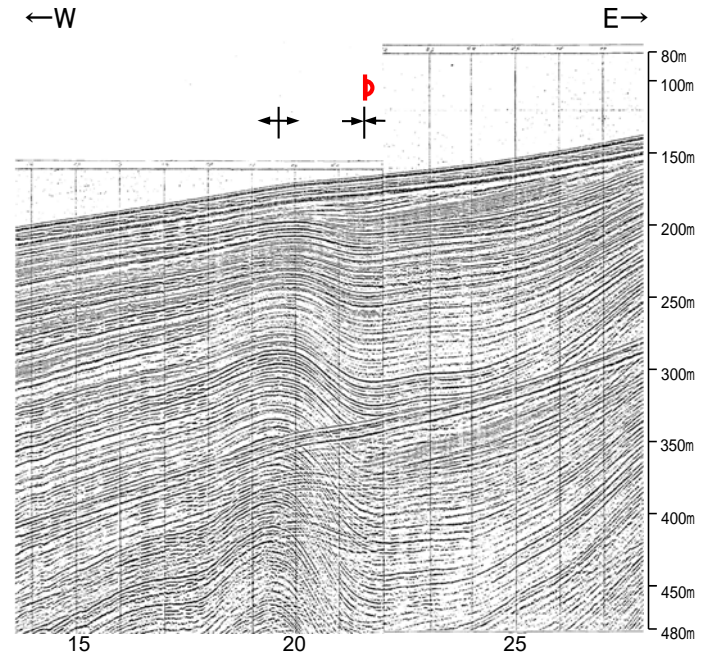
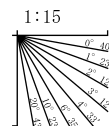


(測線位置における活動性)
 B₁層以上に変位。変形が認められる
 B₁層以上に変位。変形の可能性が否定できない

- | | |
|---------|--|
| No. 8 | 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. 9-0 | 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) |
| No. 10 | 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) |
| E17 | 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) |
| L102 | 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) |
| NI-0098 | 調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル) |
| NI-0085 | 調査測線 (原子力安全・保安院: ウォーターガン・マルチチャンネル) |
| NI-110 | 調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル) |
| 14 | 調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル) |
| 97D-1 | 調査測線 () エアガン・マルチチャンネル |
| SJ1407 | 調査測線 (海洋研究開発機構: エアガン・マルチチャンネル) |

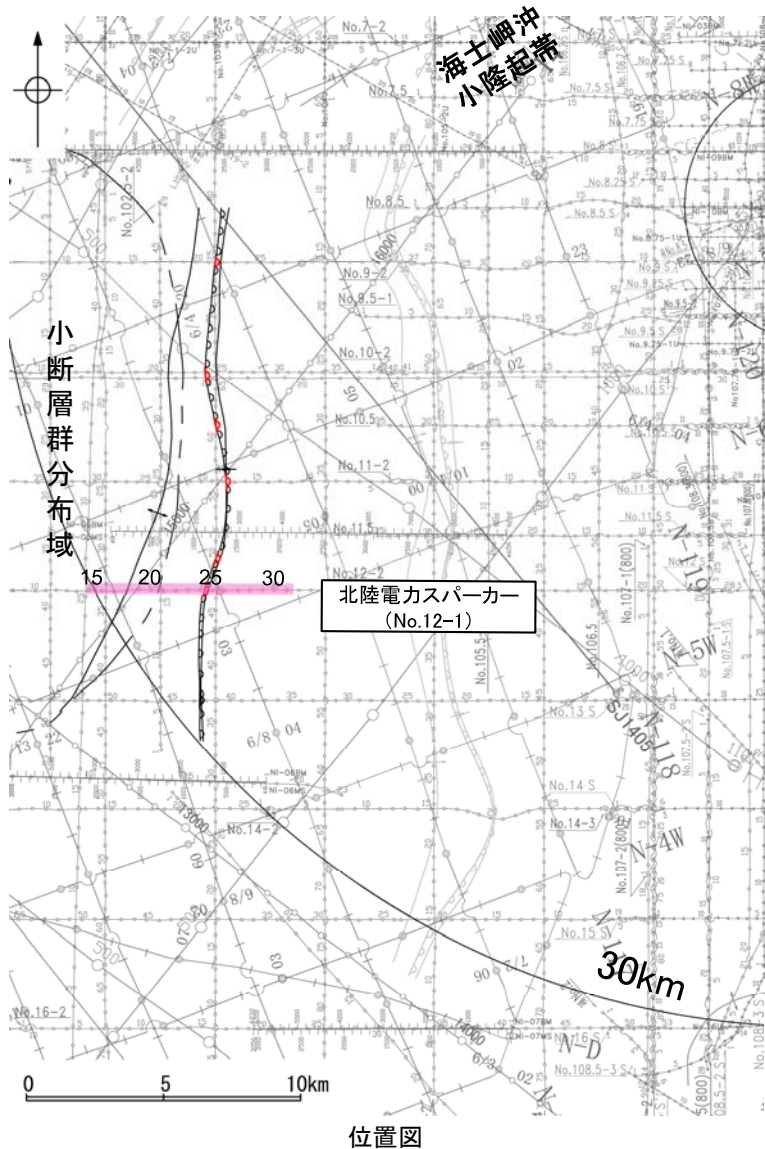
枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

地質時代	地層名
完新世	A層
	B ₁ 層
	B ₂ 層
更新世	B ₃ 層
	C ₁ 層
	C ₂ 層
鮮新世	D ₁ 層
中新世	D ₂ 層
	D ₃ 層
古第三紀	D ₄ 層
先第三紀	D ₅ 層



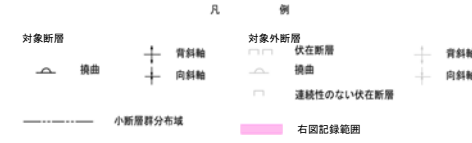
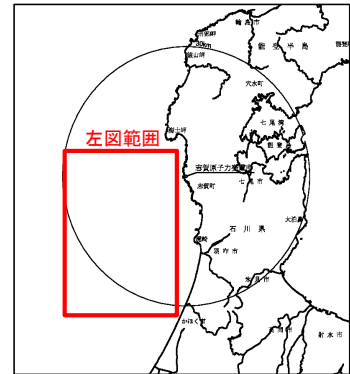
2.6.3 (3) 羽咋沖西撓曲の活動性 —No.12-1測線—

○No.12-1測線において、B₁層下部、B₂層、B₃層、C₁層に変形が認められ、B₁層上部に変形の可能性が否定できないことから、撓曲を推定した。
 ○本撓曲は東翼が急傾斜で幅が狭く、西翼が緩傾斜で幅が広い非対称な褶曲であり、背斜頂部には小断層群が推定される。
 ○なお、測点17~20付近に認められるわずかな地層の変位、変形は、D層まで達しない小断層群であり、隆起運動に伴い、表層付近に生じた局所的な応力により形成されたものと推定され、羽咋沖西撓曲に対応する構造ではないと判断している。



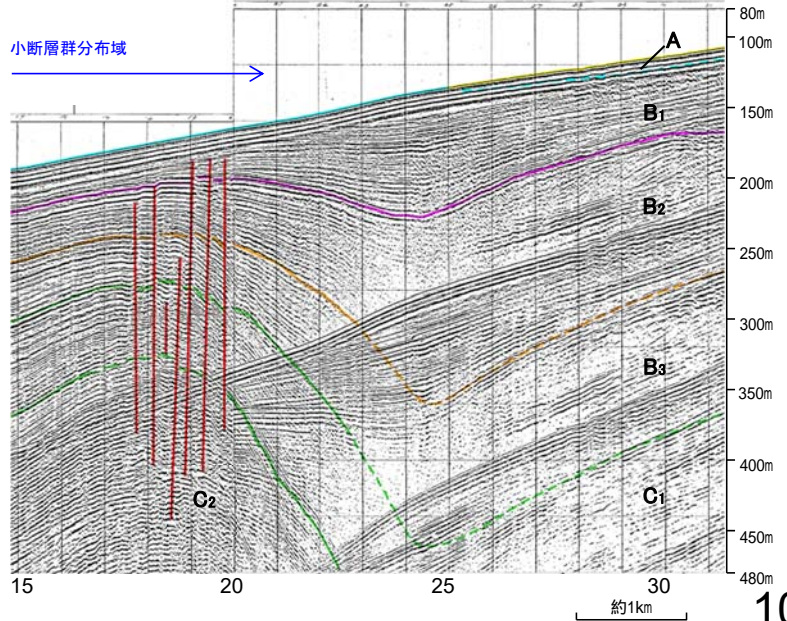
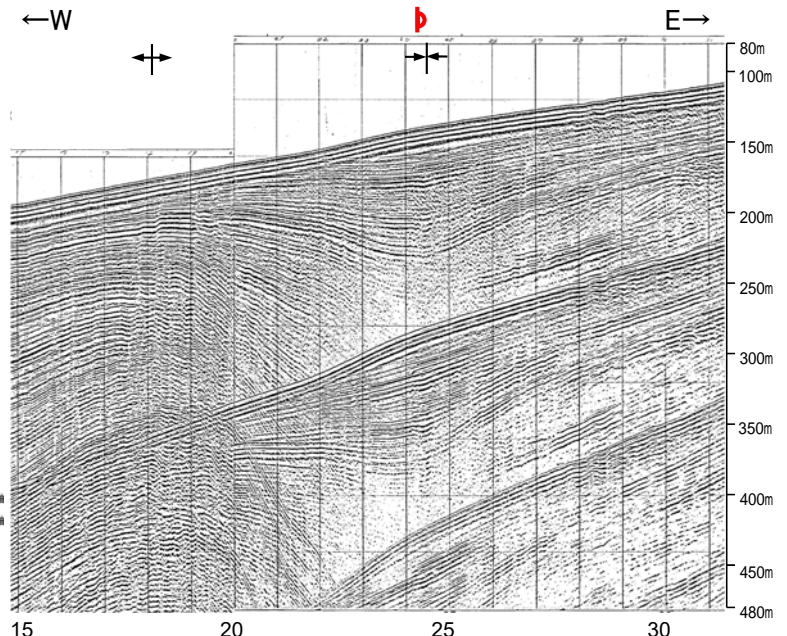
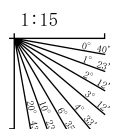
北陸電力スパーカー
(No.12-1)

位置図



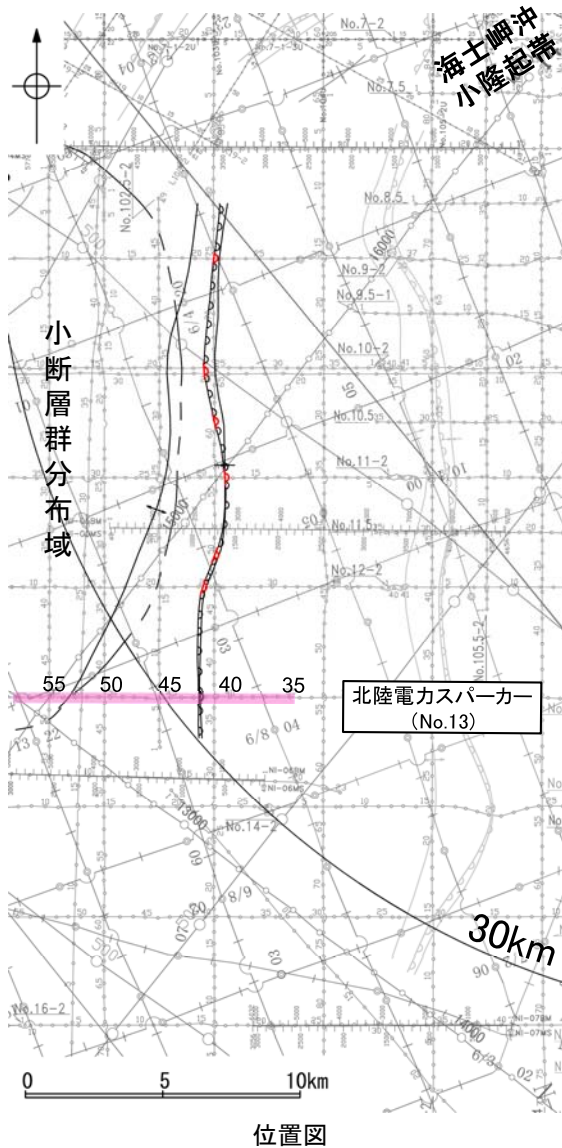
- (測線位置における活動性)
 B₁層以上に変位、変形が認められる
 B₁層以上に変位、変形の可能性が否定できない
- No. 8 調査測線 (北陸電力: スパーカー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
 - No. 9 調査測線 (北陸電力: スパーカー・シングルチャンネル・約360ジュール)
 - No. 10 調査測線 (北陸電力: プーマー・マルチチャンネル・約200ジュール)
 - 617 調査測線 (東大工学部地質研究所: プーマー・マルチチャンネル)
 - L102 調査測線 (産業技術総合研究所: プーマー・マルチチャンネル)
 - NI-0098 調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル)
 - NI-0085 調査測線 (原子力安全・保安院: ウォーターガン・マルチチャンネル)
 - NI-110 調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
 - 14 調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
 - 973-1 調査測線 () エアガン・マルチチャンネル
 - SJ1407 調査測線 (海洋研究開発機構: エアガン・マルチチャンネル)
- 枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

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
	前期	B ₃ 層
	全新世	C ₁ 層
第三紀	中新世	C ₂ 層
	古第三紀	D層
	先第三紀	D層

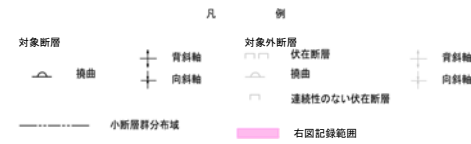


2.6.3 (3) 羽咋沖西撓曲の活動性 —No.13測線—

○No.13測線において、B₂層下部、B₃層、C₁層に変形が認められ、B₁層下部、B₂層上部に変形の可能性が否定できないことから、撓曲を推定した。
 ○一方で、A層、B₁層上部に変位、変形は認められない。
 ○なお、測点53~55付近に認められるわずかな地層の変位、変形は、D層まで達しない小断層群であり、隆起運動に伴い、表層付近に生じた局所的な応力により形成されたものと推定され、羽咋沖西撓曲に対応する構造ではないと判断している。



位置図

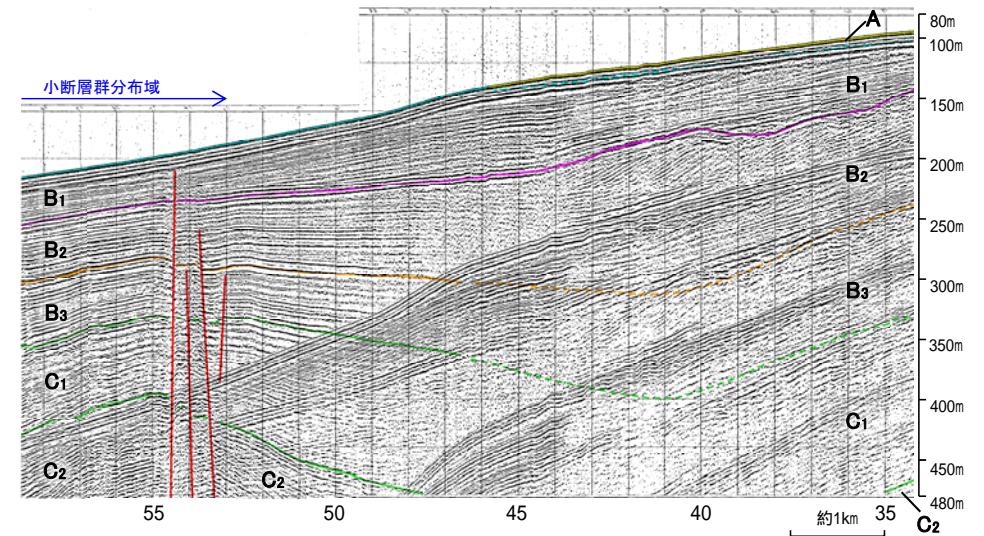
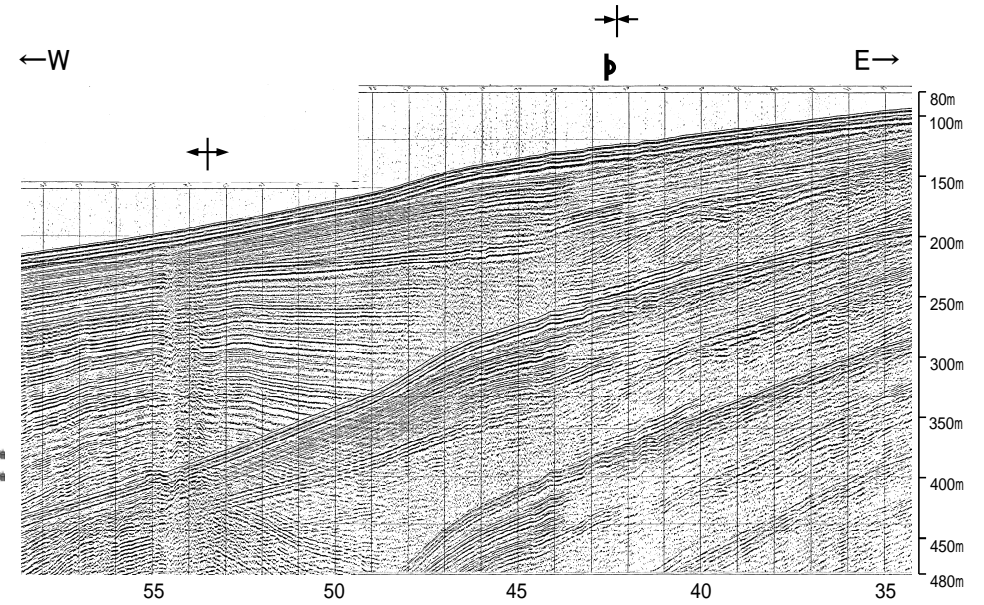
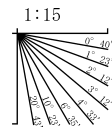


(測線位置における活動性)
 A: 層以上に変位、変形が認められる
 B: 層以上に変位、変形の可能性が否定できない

- No. 8 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. 9 調査測線 (北陸電力: スーパー・シングルチャンネル・約300ジュール)
- No. 10 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)
- K17 調査測線 (東京大学地質研究所: プーマー・マルチチャンネル)
- L102 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)
- NI-0086 調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル)
- NI-0085 調査測線 (原子力安全・保安院: ウォーターガン・マルチチャンネル)
- NI-118 調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
- 14 調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地質研究所: エアガン・マルチチャンネル)
- HT9-1 調査測線 (エアガン・マルチチャンネル)
- SJ1407 調査測線 (海洋研究開発機構: エアガン・マルチチャンネル)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

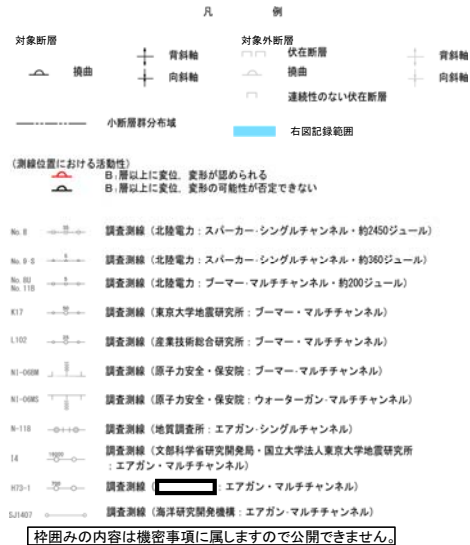
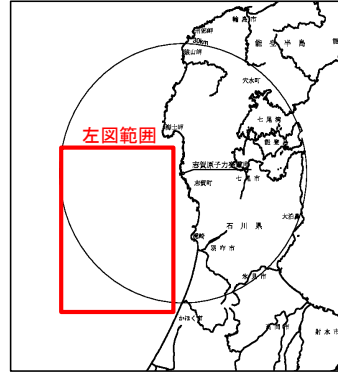
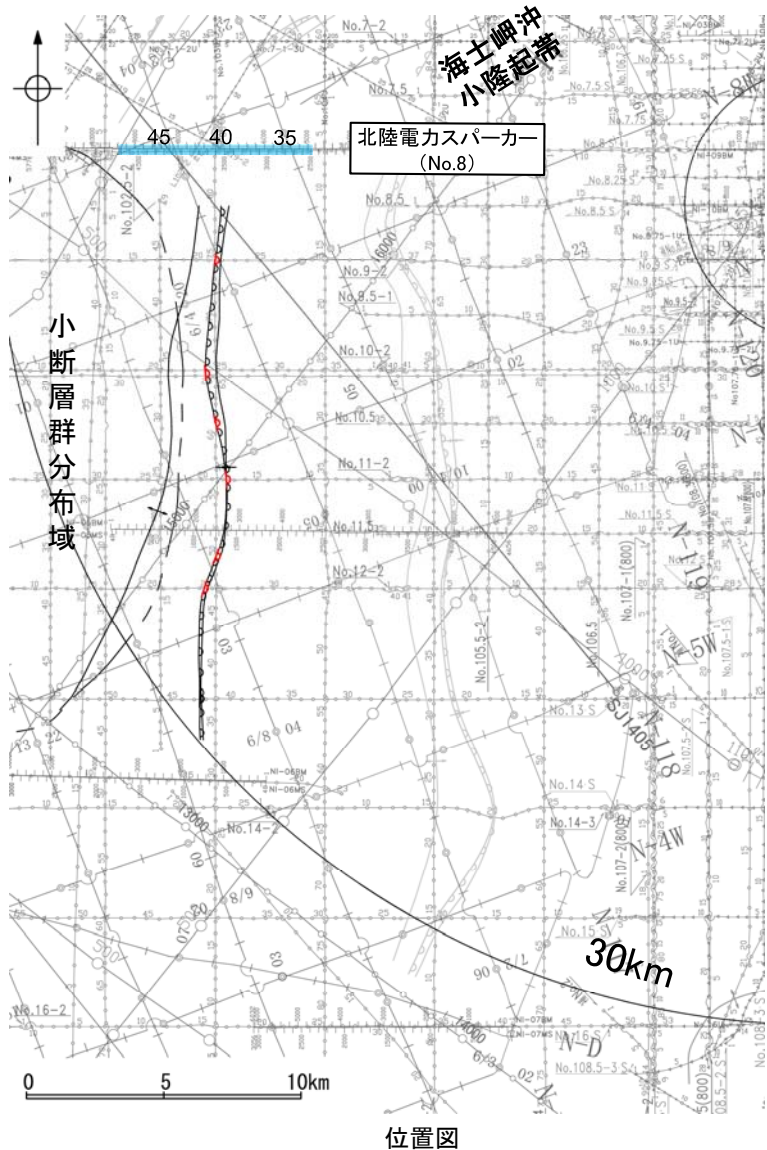
地質時代	地層名
第四紀	完新世 A層
	後期 B ₁ 層
	中期 B ₂ 層
	前期 B ₃ 層
	前期 C ₁ 層
	前期 C ₂ 層
新第三紀	中新世 D ₁ 層
	中新世 D ₂ 層
古第三紀	D層
	D層
先第三紀	D層



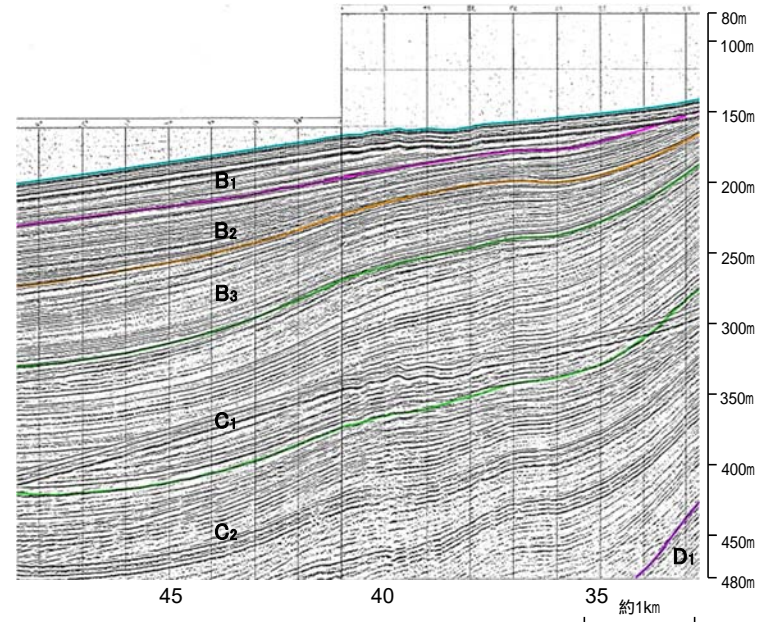
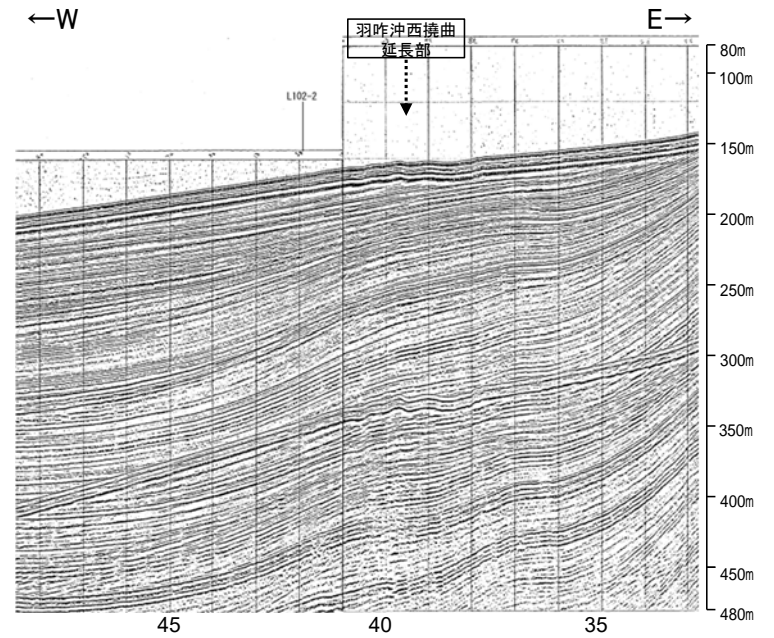
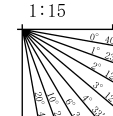
断層

2.6.3 (4) 羽咋沖西撓曲の端部 —北端調査 No.8測線—

○No.9-1測線で撓曲を推定した北方延長にあたるNo.8測線において、いずれの地層にも東翼が急傾斜を示す非対称な褶曲構造は認められない。



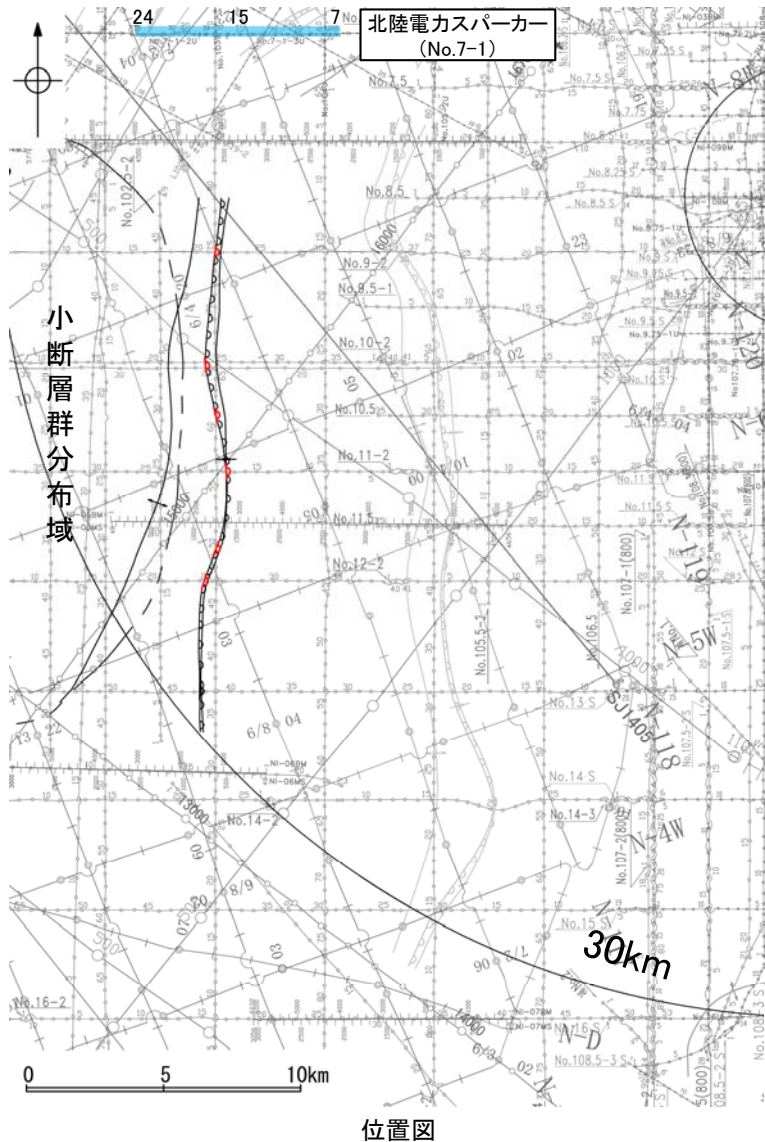
地質時代	地層名
第3紀	完新世 A層
	後期 B ₁ 層
	中期 B ₂ 層
	前期 B ₃ 層
新第三紀	C層
	D層
古第三紀	D層
先第三紀	D層



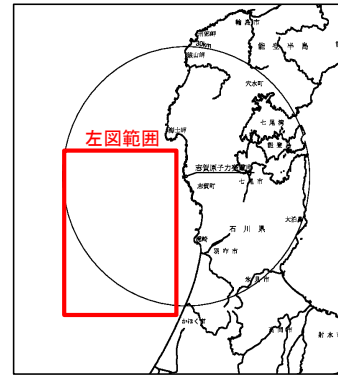
2.6.3 (4) 羽咋沖西撓曲の端部 —北端調査 No.7-1測線—

○No.8測線のさらに北方延長にあたるNo.7-1測線において、羽咋沖西撓曲に相当する東翼が急傾斜を示す非対称な褶曲構造は認められない。
 ○測点12及び測点24付近の西落ちの撓曲は、笹波沖断層帯(西部)として評価している。

※笹波沖断層帯(西部)の評価は、2.6.5



位置図

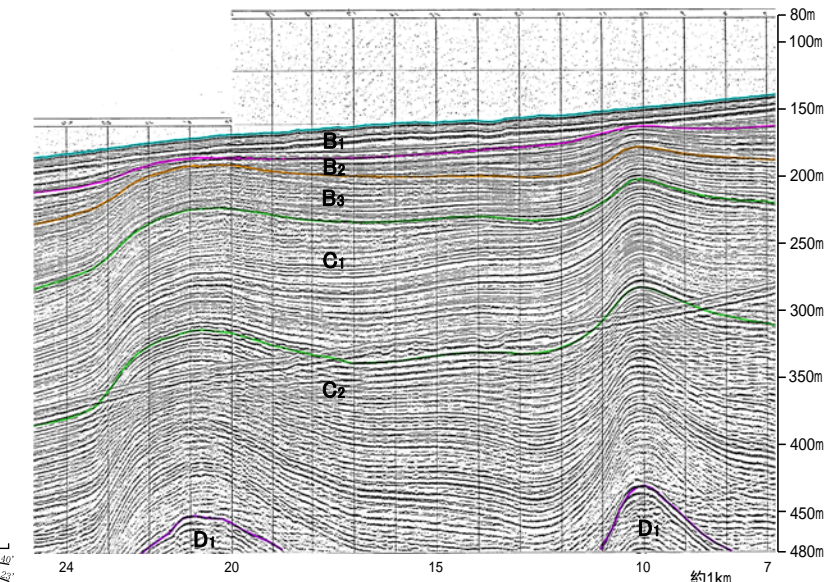
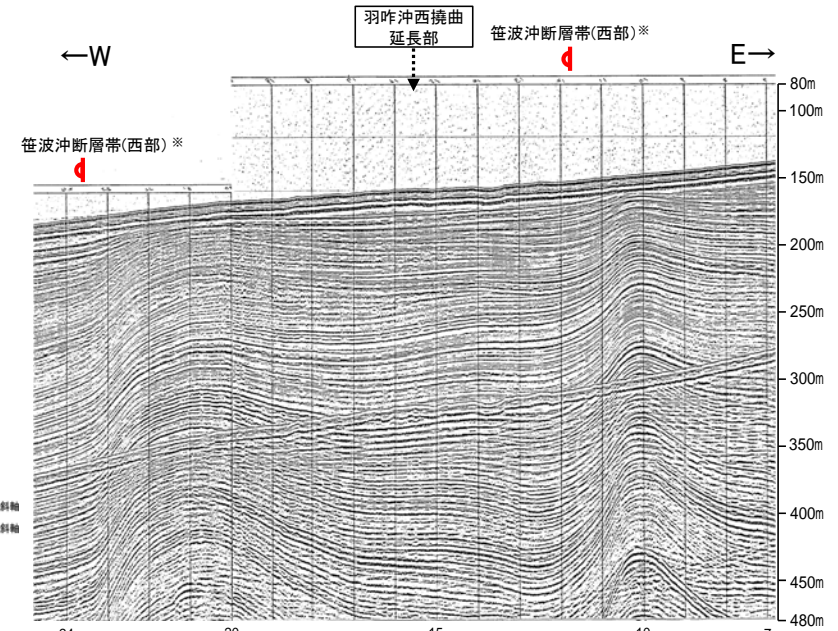
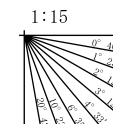


(測線位置における活動性)
 ① B₁層以上に変位、変形が認められる
 ② B₁層以上に変位、変形の可能性が否定できない

- | | |
|--------------------|--|
| No. 8 | 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. 9 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) |
| No. 92
No. 118 | 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) |
| 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) |
| L102 | 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) |
| NI-0908
NI-0905 | 調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル) |
| NI-0905 | 調査測線 (原子力安全・保安院: ウォーターガン・マルチチャンネル) |
| N-118 | 調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル) |
| 14 | 調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル) |
| 910-1 | 調査測線 (エアガン・マルチチャンネル) |
| SJ1027 | 調査測線 (海洋研究開発機構: エアガン・マルチチャンネル) |

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

地質時代	地層名	
第3紀	更新世	A層
	後期	B ₁ 層
		B ₂ 層
		B ₃ 層
	中期	C ₁ 層
前期	C ₂ 層	
	C ₃ 層	
	D ₁ 層	
新第三紀	D ₂ 層	
鮮新世	C ₄ 層	
中新世	D ₃ 層	
古第三紀	D ₄ 層	
先第三紀	D ₅ 層	



2.6.3 (4) 羽咋沖西撓曲の端部 —南端調査 補No.4(800)測線—

○No.13測線で撓曲を推定した南方延長にあたる補No.4(800)測線において、いずれの地層にも褶曲構造は認められない。



位置図

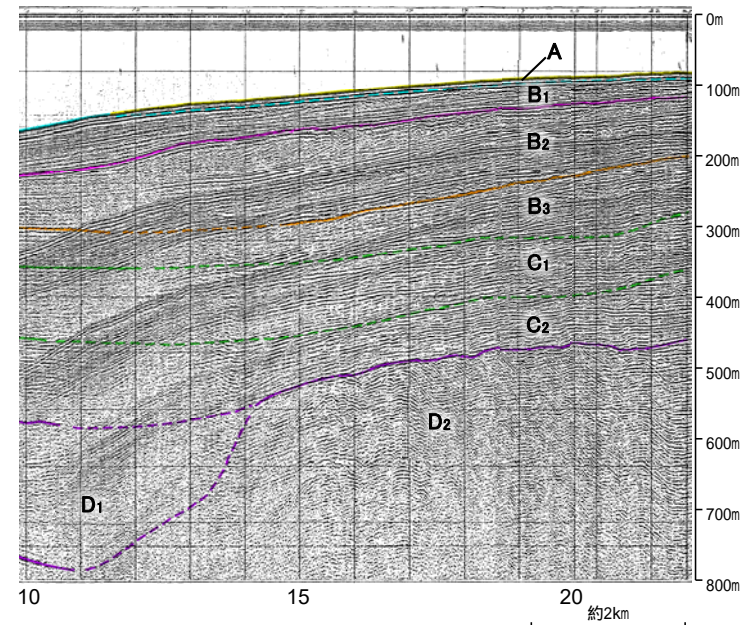
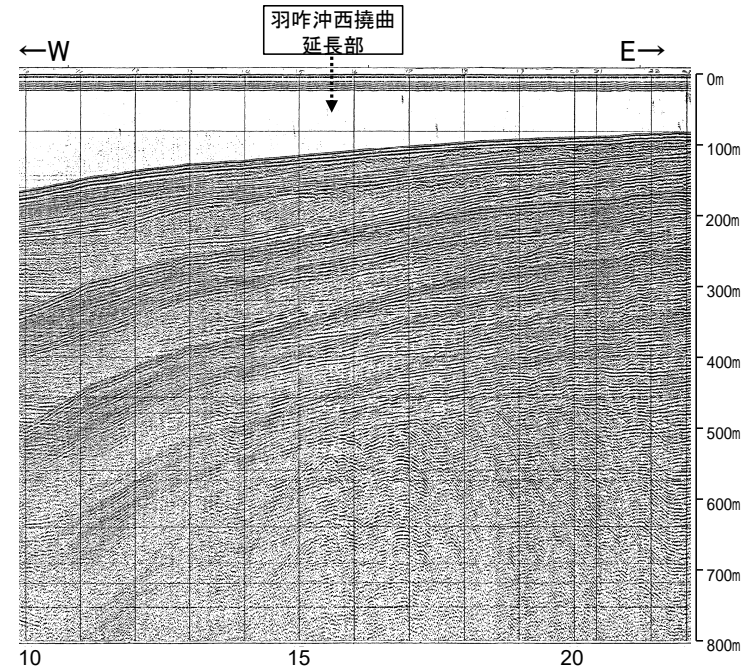
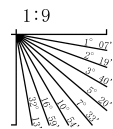


(測線位置における活動性)
 B₁層以上に変位、変形が認められる
 B₂層以上に変位、変形の可能性が否定できない

- No. 8 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. 9 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)
- No. 9B 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)
- 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)
- L102 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)
- NI-0908 調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル)
- NI-0905 調査測線 (原子力安全・保安院: ウォーターガン・マルチチャンネル)
- N-119 調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
- 14 調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
- W3-1 調査測線 (エアガン・マルチチャンネル)
- SJ1407 調査測線 (海洋研究開発機構: エアガン・マルチチャンネル)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

地質時代	地層名
新第三紀	A層
第四紀	B ₁ 層
	B ₂ 層
	B ₃ 層
更新世	C ₁ 層
	C ₂ 層
中新世	D ₁ 層
古第三紀	D ₂ 層
	D ₃ 層
先第三紀	D ₄ 層

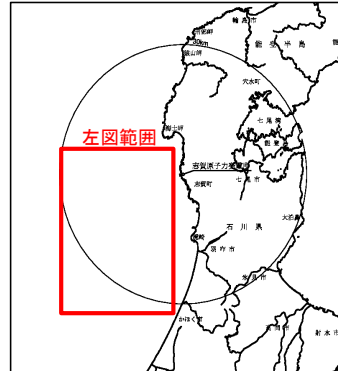


2.6.3 (4) 羽咋沖西撓曲の端部 —南端調査 No.14-1測線—

○補No.4(800)測線のさらに南方延長にあたるNo.14-1測線において、いずれの地層にも褶曲構造は認められない。



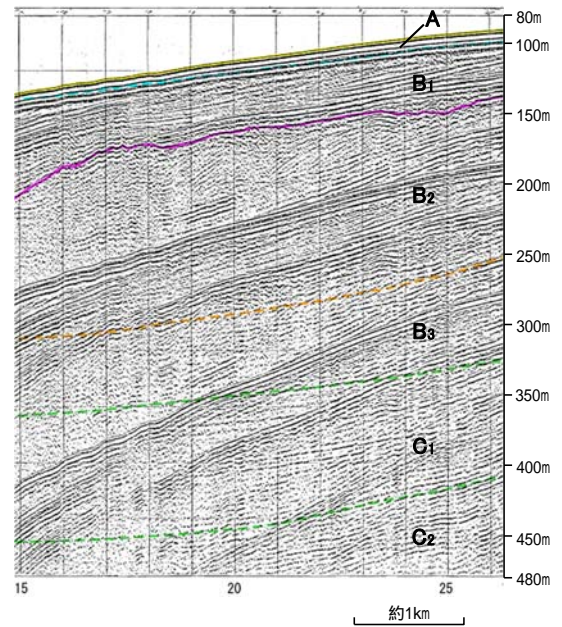
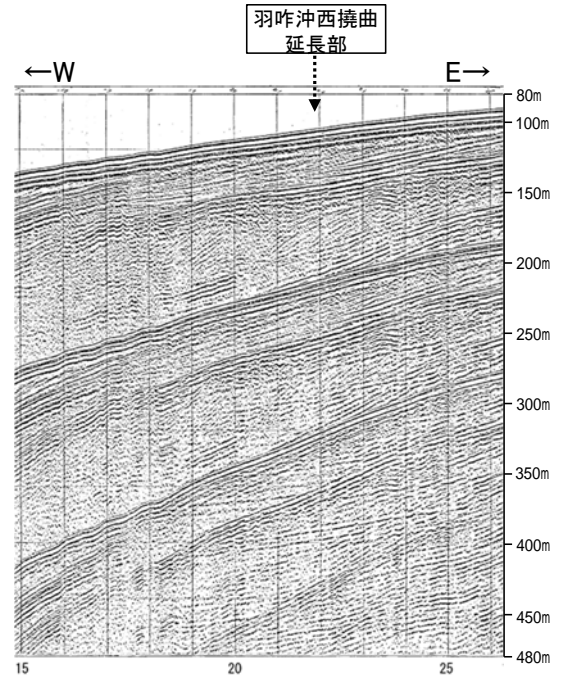
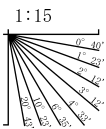
位置図



- (測線位置における活動性)
- B₁層以上に変位、変形が認められる
 - B₁層以上に変位、変形の可能性が否定できない
- 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. 9B 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)
 - 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)
 - L102 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)
 - N1-0908 調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル)
 - N1-0905 調査測線 (原子力安全・保安院: ウォーターガン・マルチチャンネル)
 - N-118 調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
 - 14 調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
 - H13-1 調査測線 (エアガン・マルチチャンネル)
 - SJ1407 調査測線 (海洋研究開発機構: エアガン・マルチチャンネル)

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

地質時代	地層名
更新世	A層
	B ₁ 層
	B ₂ 層
中更新世	B ₃ 層
	C ₁ 層
鮮新世	C ₂ 層
	D層
中新世	D層
古第三紀	D層
先第三紀	D層



2.6.3 (4) 羽咋沖西撓曲の端部 ーまとめー

■北端

○海上音波探査の結果、No.9-1測線で撓曲を推定した北方延長にあたるNo.8測線において、東翼が急傾斜を示す非対称な褶曲構造は認められず、断層等は認められない。

○No.8測線のさらに北方のNo.7-1測線には、笹波沖断層帯(西部)に対応する変形は認められるが、羽咋沖西撓曲に対応する変位、変形は認められない。

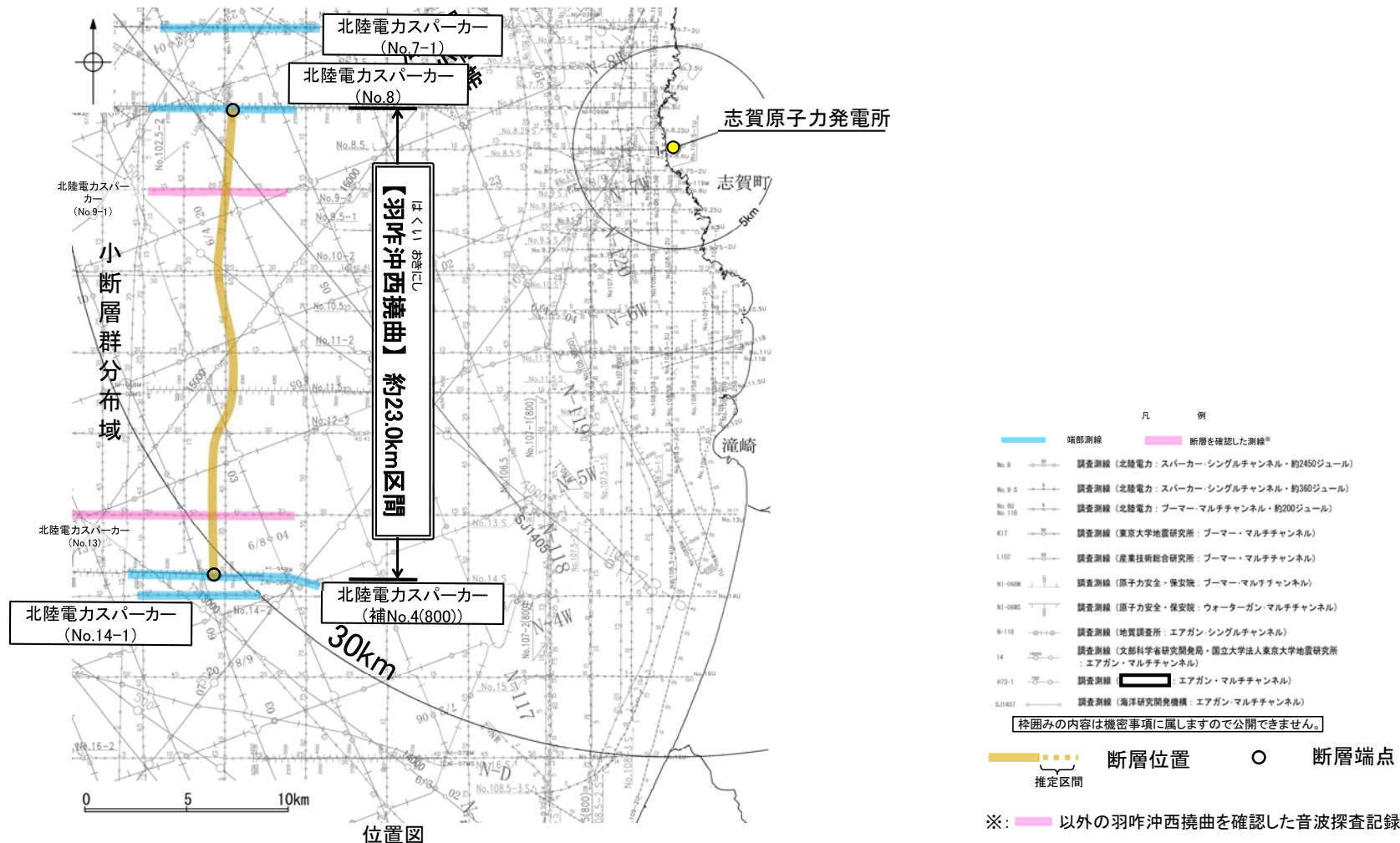
⇒断層構造が認められないことを確実に確認したNo.8測線を羽咋沖西撓曲の北端と評価。

■南端

○海上音波探査の結果、No.13測線で撓曲を推定した南方延長にあたる補No.4(800)測線、No.14-1測線において、いずれの地層にも変位、変形は認められない。

⇒断層構造が認められないことを確実に確認した補No.4(800)測線を羽咋沖西撓曲の南端と評価。

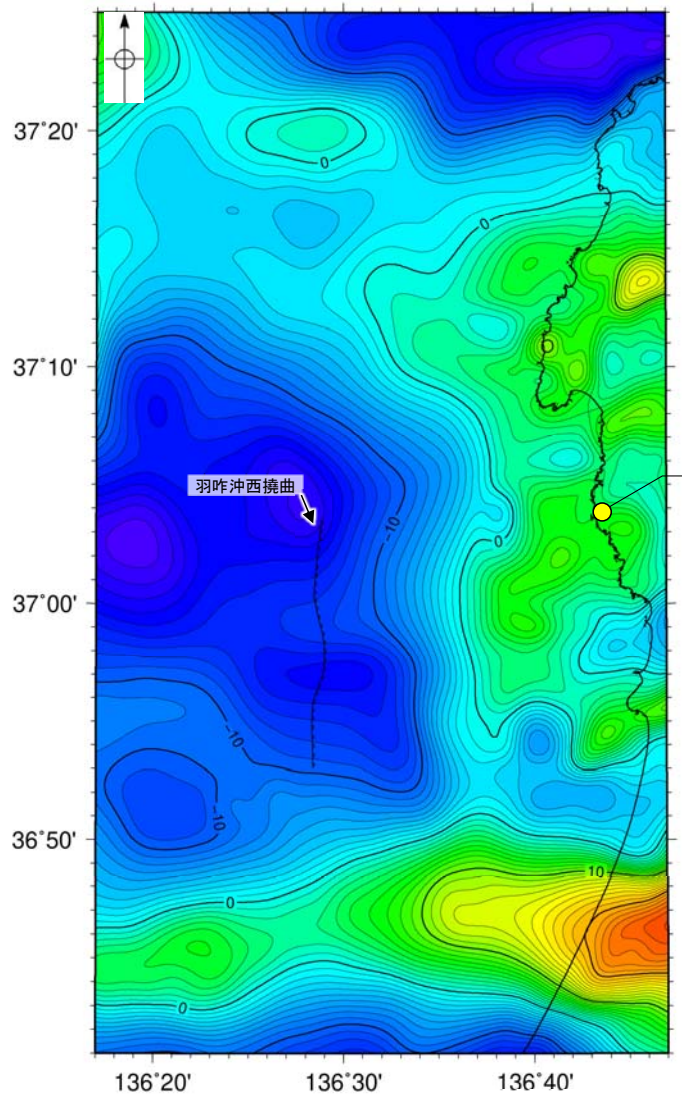
○以上のことから、羽咋沖西撓曲の長さについては、断層構造が認められないことを確認したNo.8測線(北端)から補No.4(800)測線(南端)までの約23.0km区間を評価。



2.6.3 (5) 羽咋沖西撓曲周辺の重力異常

○羽咋沖西撓曲の深部構造を確認するため、ブーゲー異常図、水平一次微分図を作成した。

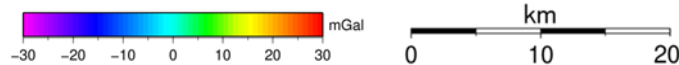
○ブーゲー異常図及び水平一次微分図によれば、羽咋沖西撓曲に対応するN-S走向の重力異常急変部は認められない。



志賀原子力発電所

羽咋沖西撓曲

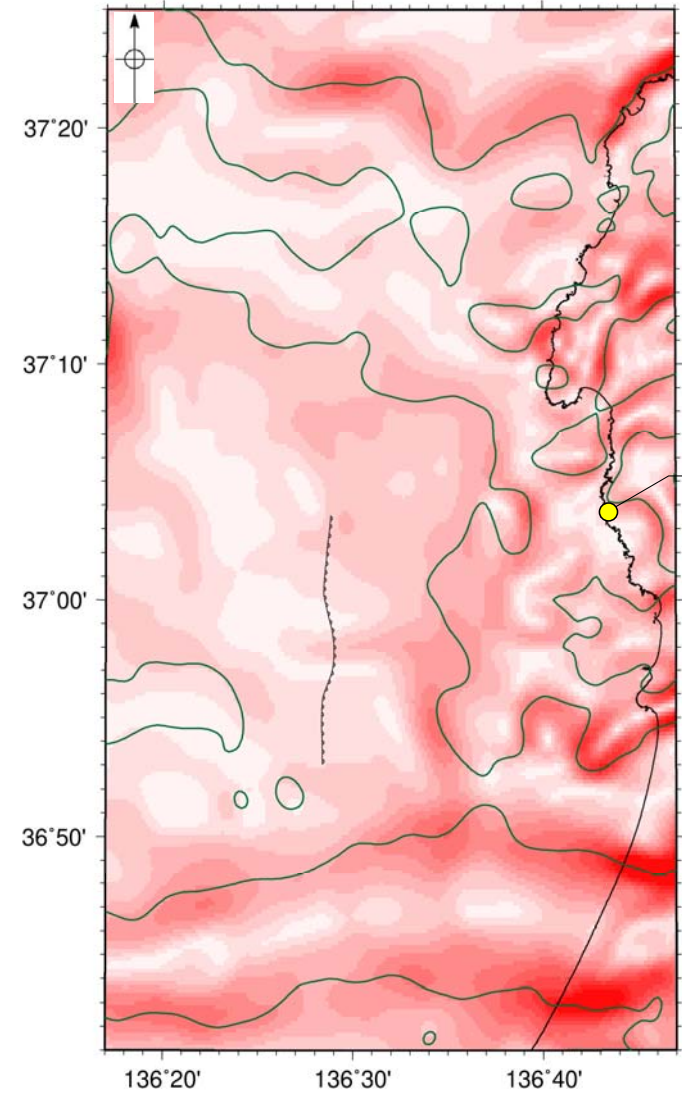
・右図は、陸域は本多ほか(2012)、国土地理院(2006)、The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001)、Yamamoto et al. (2011)、Hiramatsu et al. (2019)、海域は産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013)、石田ほか(2018)を用いて、金沢大学・当社が作成した。



仮定密度: 2,300kg/m³ コンター間隔: 1mGal (---)断層 (伏在断層)
 (---)撓曲

ブーゲー異常図

・ブーゲー異常図は、対象とする断層の規模、調査密度を考慮し、平面トレンド成分の除去及び遮断波長4kmのローパスフィルター処理を行っている。



志賀原子力発電所



鉛直一次微分値が0mGal/kmの等値線 (---)断層 (伏在断層)
 (---)撓曲

水平一次微分図

・水平一次微分図は、左のフィルター処理後のブーゲー異常図を基に作成した。

2.6.4 笹波沖断層帯(東部)

2.6.4 (1) 笹波沖断層帯(東部)の評価結果

【文献調査】(P.110)

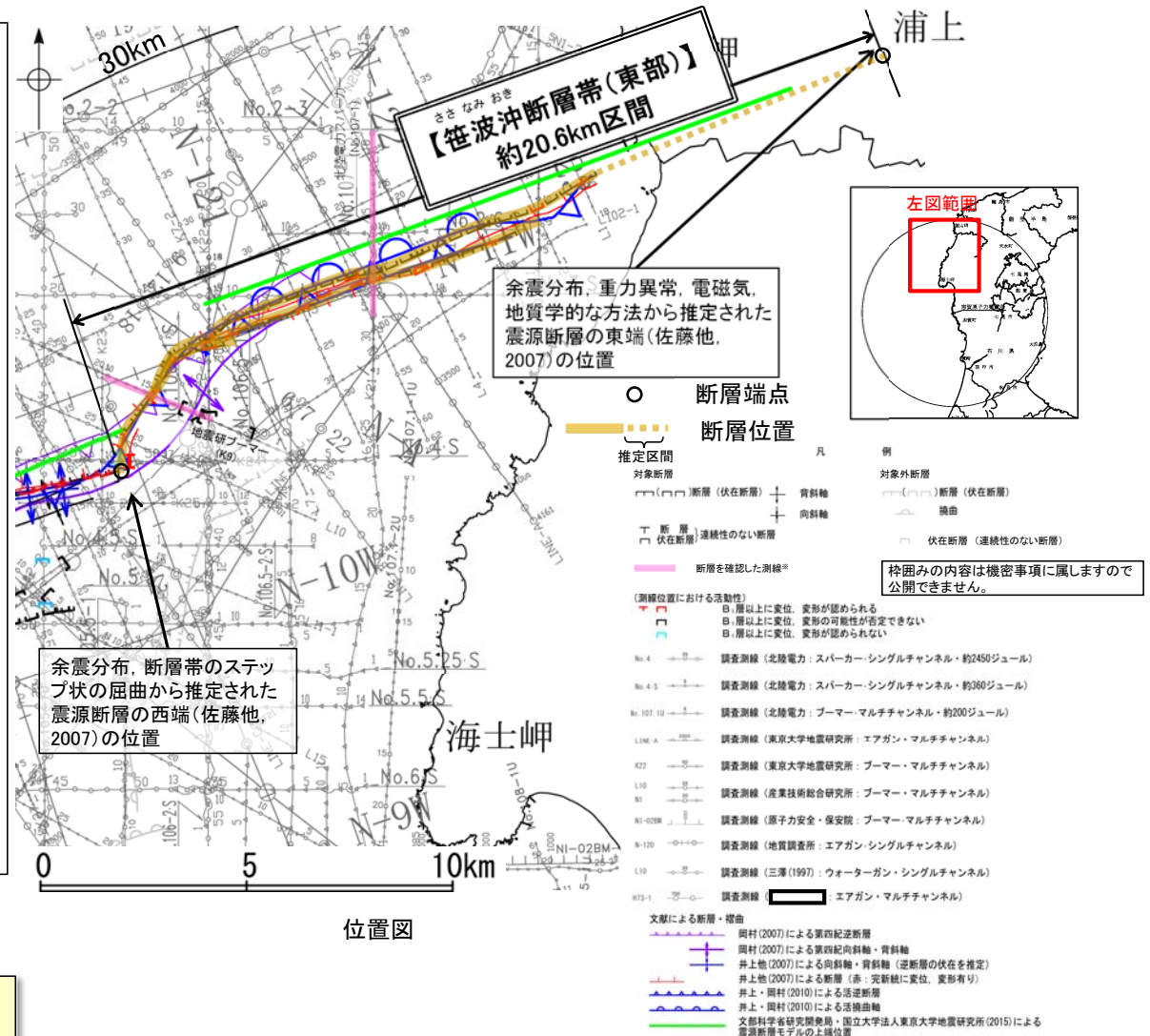
- 岡村(2007)は、笹波沖断層帯(東部)に対応する位置に第四紀向斜軸・背斜軸及び第四紀逆断層を図示している。井上ほか(2007)も、笹波沖断層帯(東部)に対応する位置に断層を図示し、長さ約21kmで、完新統に変位を与えていると記載している。
- 日本海における大規模地震に関する調査検討会(2014)(以下、国交省ほか(2014))は、笹波沖断層帯(東部)に対応する断層として断層トレースを図示しているが、断層モデルを設定していない。
- 「日本海地震・津波調査プロジェクト」(文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所, 2015)は、笹波沖断層帯(東部)に対応する位置に、断層長さ: 15.1km, 南東傾斜 60° の逆断層として、震源断層モデルNT8を設定し、日本海形成時に正断層として形成された傾斜 60° の断層で、能登半島沖地震の際に右横ずれ成分をもつ逆断層として活動したと記載している。

【活動性評価】

- 笹波沖断層帯(東部)は、笹波沖隆起帯北縁に沿って位置する断層及び撓曲群から構成される(P.111)。
- 音波探査記録の解析の結果、笹波沖隆起帯北西縁に沿ってD層上面が北側に急に落ち込む断層とその南東側に並行する断層から構成され、特に南東側の断層が推定される位置のA層に変形が連続的に認められる(P.112, 113)。
- ⇒笹波沖断層帯(東部)は、文献調査の結果、2007年能登半島地震の知見から南東傾斜の逆断層と推定され、海上音波探査の結果でも、主に北落ちの変位、変形が認められることから、南東傾斜(約 60°)の逆断層と推定される。
- ⇒文献調査、海上音波探査の結果、笹波沖断層帯(東部)は、走向がENE-WSW方向、傾斜が南東傾斜(約 60°)の逆断層と推定され、後期更新世以降の活動が否定できないと評価。

【長さの評価】

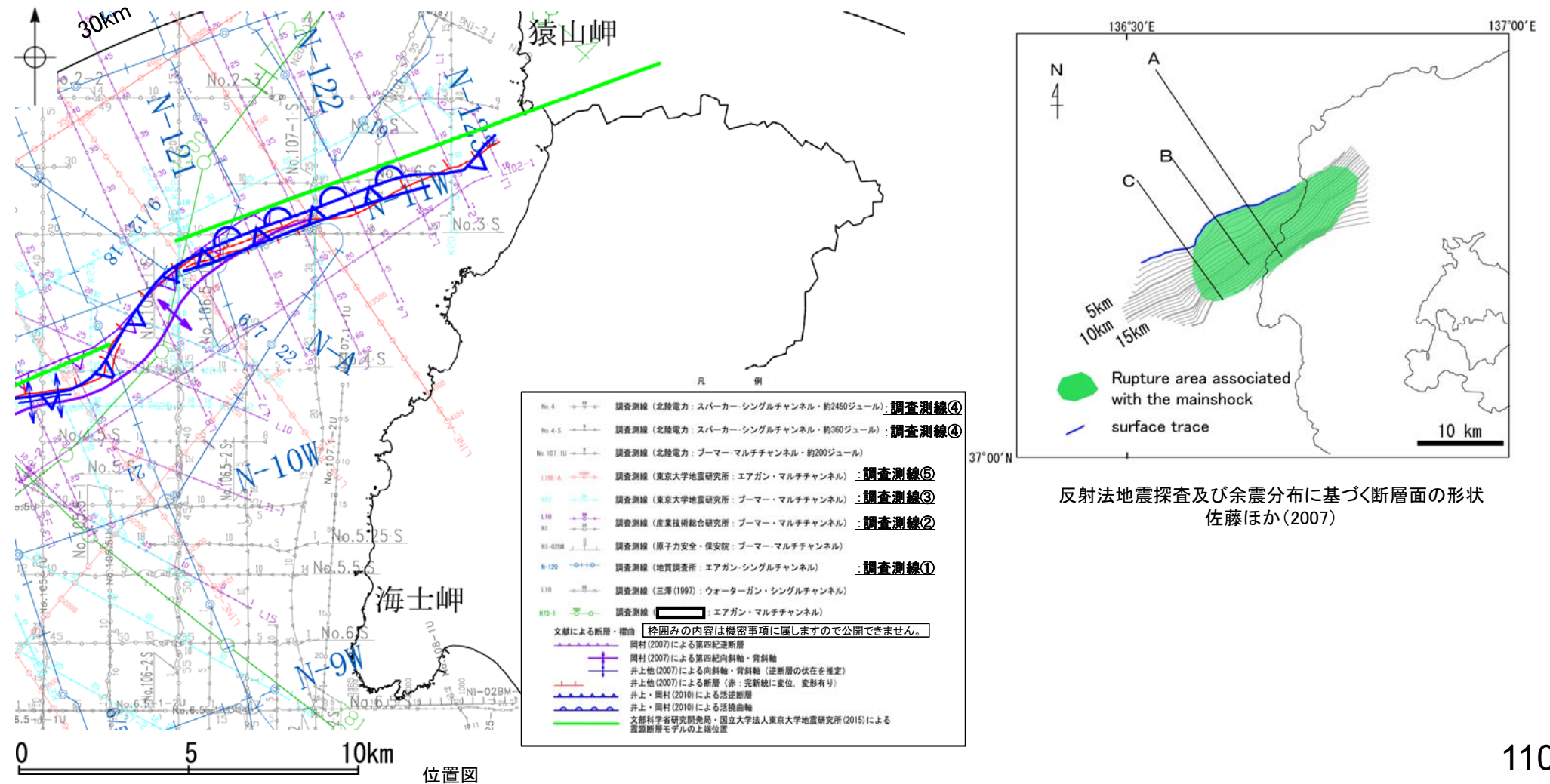
- 笹波沖断層帯(東部) 北東端 (P.118~121)
- 【文献調査】
- 余震分布、重力異常、電磁気、地質学的方法から推定
 - 浦上付近を笹波沖断層帯(東部)の北東端と評価。
- 笹波沖断層帯(東部) 南西端 (P.122)
- 【海上音波探査】
- 笹波沖断層帯(東部)と笹波沖断層帯(西部)の境界は、ステップ状に屈曲する。
- 【文献調査】
- 佐藤ほか(2007)は、能登半島沖地震の余震分布から推定された破壊領域は、海底活断層の地表トレースが大きく屈曲を示す領域に対応するとしている。
 - 走向がステップ状に屈曲する位置を笹波沖断層帯(東部)の南西端と評価。
- ⇒笹波沖断層帯(東部)は、浦上付近(北東端)から断層分布がステップ上に屈曲する位置(南西端)までの約20.6km区間を評価。



笹波沖断層帯(東部)は後期更新世以降の活動が否定できず、その長さとして約20.6km区間を評価する。

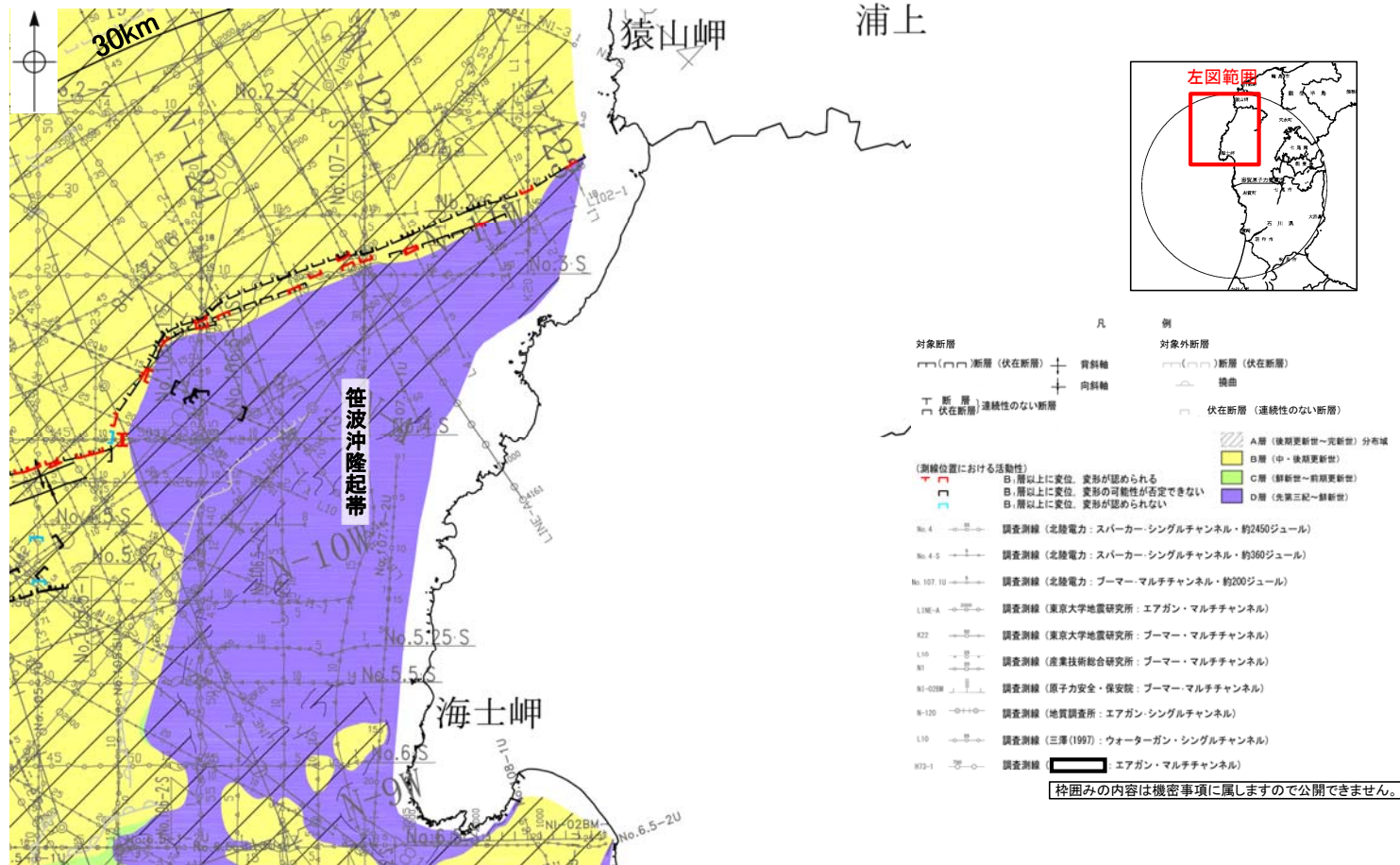
2.6.4 (2) 笹波沖断層帯(東部)の文献調査

- 佐藤ほか(2007)は、2007年能登半島地震の震源断層の形状について、余震分布、反射法地震探査、地震後の他機関の調査データを組み合わせて、統合的に震源断層の形状を示しており、笹波沖断層帯(東部)に対応する(右下図)。
- 地震調査委員会(2010)は、2007年能登半島地震に関連する主要断層帯・活断層として、笹波沖断層帯(東部)と記載している。
- 岡村(2007)は、産業技術総合研究所(地質調査所)による調査(調査測線①)から、第四紀向斜軸・背斜軸及び第四紀逆断層を図示している。
- 井上ほか(2007)は、2007年能登半島地震の産業技術総合研究所による調査(調査測線②)及び東京大学地震研究所による調査(調査測線③)と北陸電力が地震前に実施した音波探査記録(調査測線④)等から、笹波沖断層帯(東部)に対応する位置に断層を図示し、長さ約21kmで、完新統に変位を与えていると記載している。
- 井上・岡村(2010)は、岡村(2007)、井上ほか(2007)の調査結果から、東北東-西南西方向に活逆断層と活撓曲軸を図示している。
- 国交省ほか(2014)は、笹波沖断層帯(東部)に対応する断層として断層トレースを図示しているが、断層モデルを設定していない。
- 「日本海地震・津波調査プロジェクト」(文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所、2015)は、産業技術総合研究所による調査結果(調査測線①)、佐藤ほか(2007)の調査(調査測線⑤)、石油開発団による調査の結果から岡村(2002)、佐藤(2007)が示した構造に対応する位置に、震源断層モデルとしてNT8(走向:69度、傾斜:60度、断層長さ:15.1km)を設定し、日本海形成時に正断層として形成された傾斜60°の断層で、能登半島沖地震の際に右横ずれ成分をもつ逆断層として活動したと記載している。文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所(2021)では、活動性の評価を確実性Aクラス(第四紀後期までの地層が、変形・変位を受けている)としている。



2.6.4 (3) 笹波沖断層帯(東部)の活動性 — 笹波沖断層帯(東部)周辺の地質図 —

- 笹波沖断層帯(東部)周辺には、顕著なD層の隆起が確認でき、志賀町笹波沿岸の隆起帯(笹波沖隆起帯)が認められる。
- 笹波沖断層帯(東部)は、笹波沖隆起帯北縁に沿って位置する断層及び撓曲群から構成される。

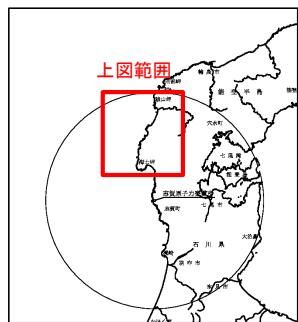
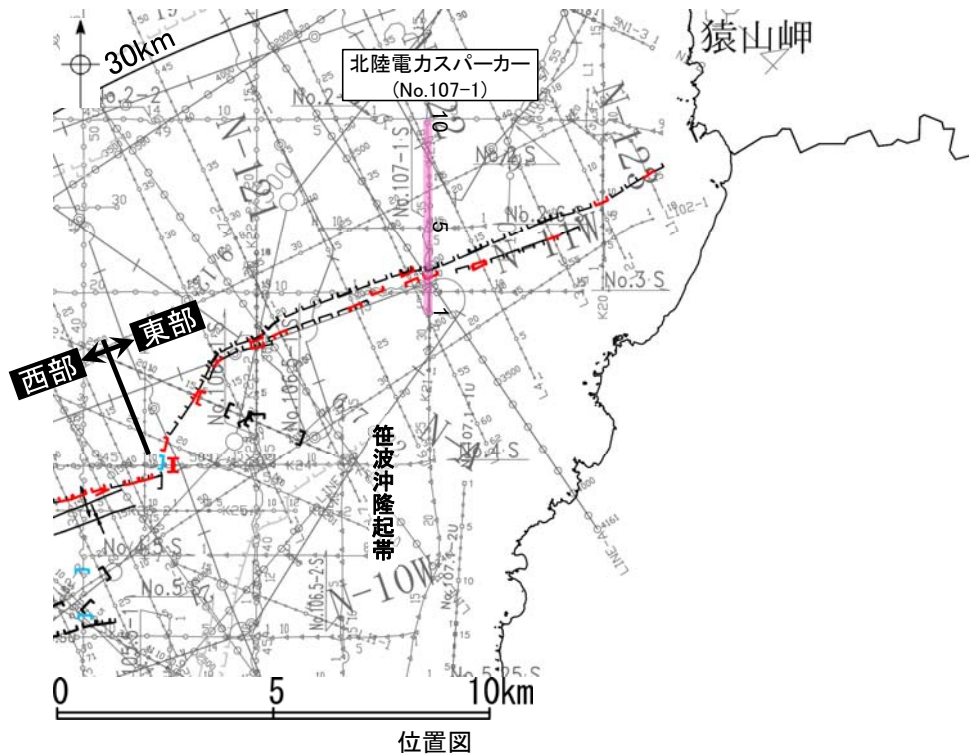


笹波沖断層帯(東部)周辺の地質図

0 5 10km

2.6.4 (3) 笹波沖断層帯(東部)の活動性 —No.107-1測線—

○No.107-1測線において、笹波沖隆起帯北縁に沿って、D層が北側に急に落ち込み、A層下部、B₁層に変形が認められ、B₂層下部、B₃層、C₁層、C₂層、D₁層に変位が認められることから断層を推定した。

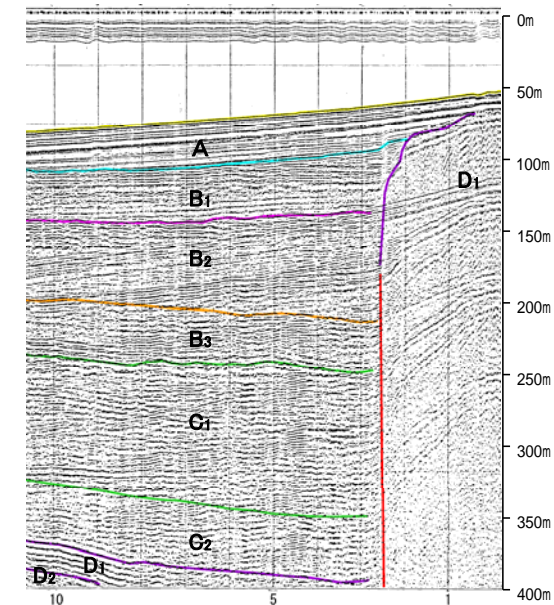
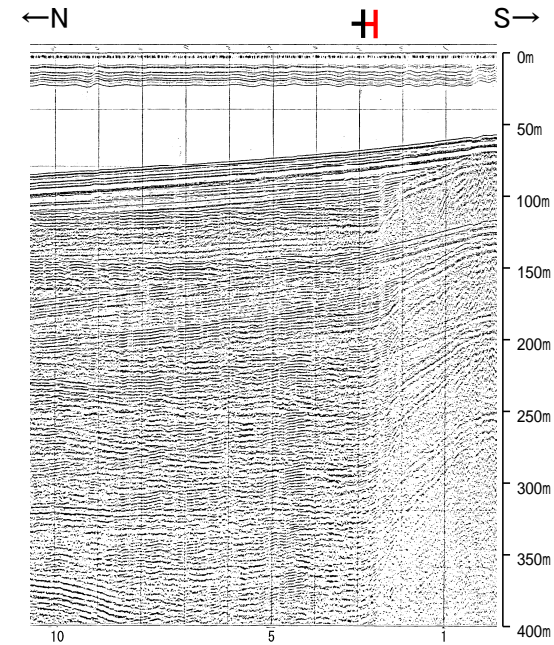
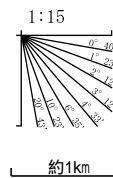


凡		例	
対象断層	断層 (伏在断層)	背斜軸	対象外断層
断層 (伏在断層)	断層 (伏在断層)	向斜軸	断層 (伏在断層)
断層 (連続性のない断層)	断層 (連続性のない断層)	撓曲	撓曲
断層 (連続性のない断層)	断層 (連続性のない断層)	断層 (連続性のない断層)	断層 (連続性のない断層)

(測線位置における活動性)	
+	B ₁ 層以上に変位。変形が認められる
+	B ₁ 層以上に変位。変形の可能性が否定できない
+	B ₁ 層以上に変位。変形が認められない
No. 4	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. 4.5	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)
No. 107.1U	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)
K22	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)
L10	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)
N1	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)
N-120	調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
L10	調査測線 (三澤(1997): ウォーターガン・シングルチャンネル)
H73-1	調査測線 (エアガン・マルチチャンネル)

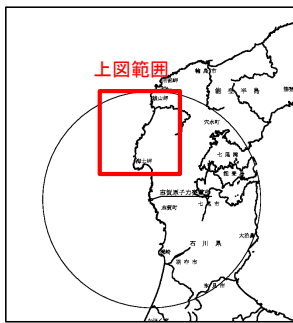
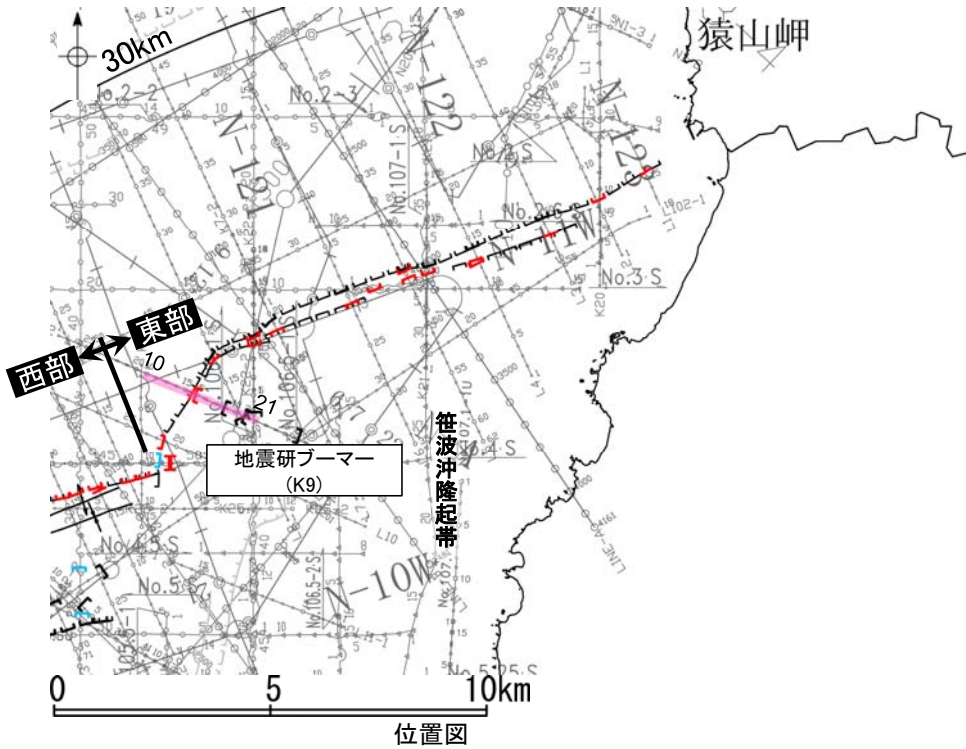
地質時代	地層名		
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
第三紀	新第三紀	C ₁ 層	
	古第三紀	D層	
先第三紀	D層		

断層



2.6.4 (3) 笹波沖断層帯(東部)の活動性 - K9測線 -

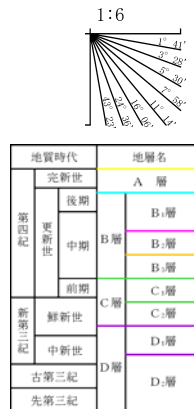
- K9測線において、測点15付近で笹波沖隆起帯北縁に沿って、D層が北側に急に落ち込み、A層下部、B₁層、B₂層、B₃層、C₁層、D₁層に変位が認められることから断層を推定した。
- その他にも、測点18付近、測点20付近でD₁層に南東落ちの変位、変形が認められることから断層を推定した。



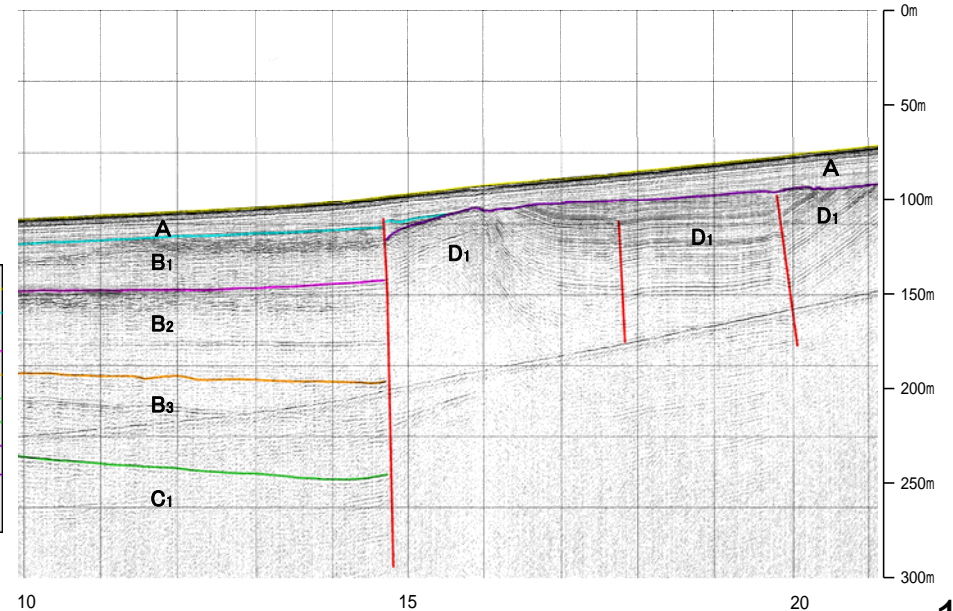
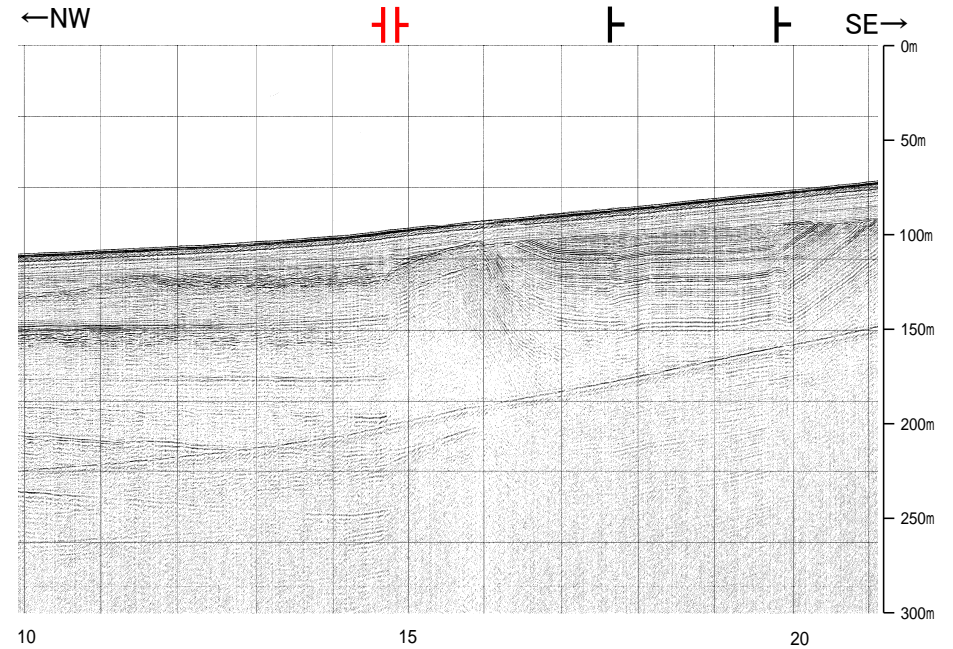
凡	例
対象断層	対象外断層
断層 (伏在断層)	断層 (伏在断層)
背斜軸	背斜軸
向斜軸	向斜軸
断層 (連続性のない断層)	断層 (連続性のない断層)
伏在断層 (連続性のない断層)	伏在断層 (連続性のない断層)
	右図記録範囲

(測線位置における活動性)	
+	B ₁ 層以上に変位、変形が認められる
+	B ₁ 層以上に変位、変形の可能性が否定できない
+	B ₁ 層以上に変位、変形が認められない

No. 4	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. 4.5	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)
No. 107, 110	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)
L1E-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)
K22	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)
L10	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)
M1	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)
N-120	調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
L10	調査測線 (三澤(1997): ウォーターガン・シングルチャンネル)
H73-1	調査測線 (): エアガン・マルチチャンネル)



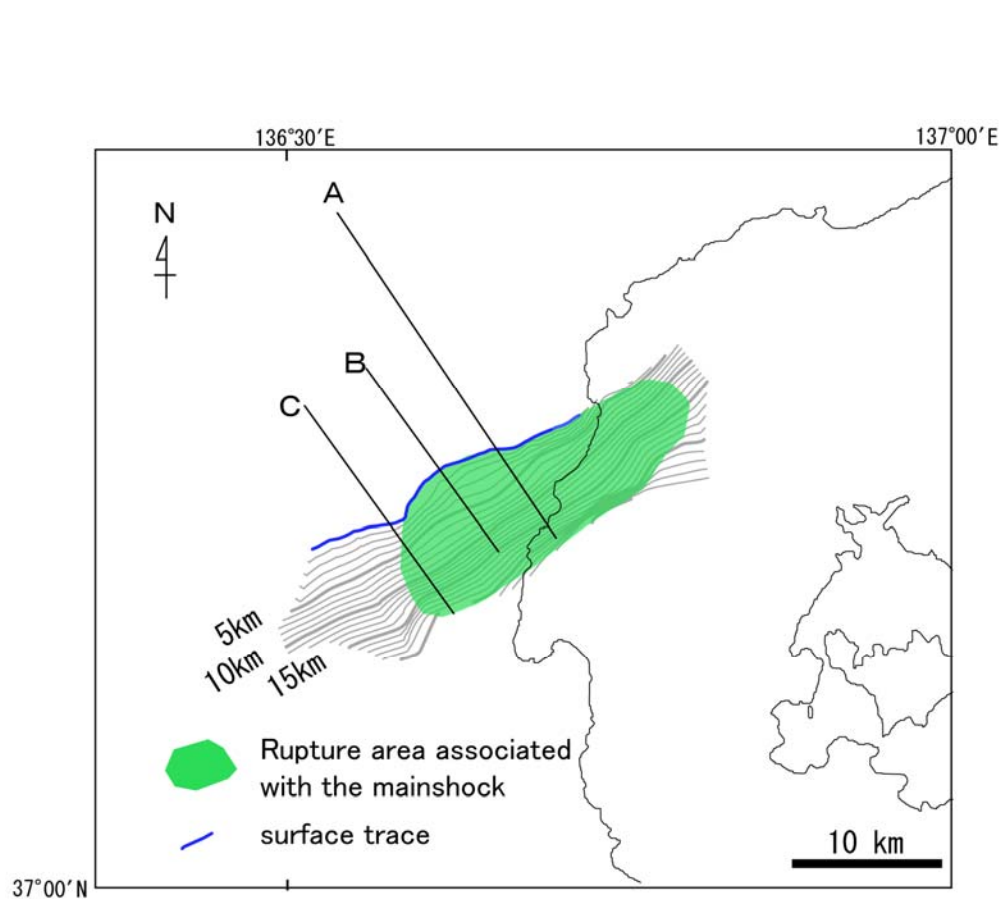
断層
約500m



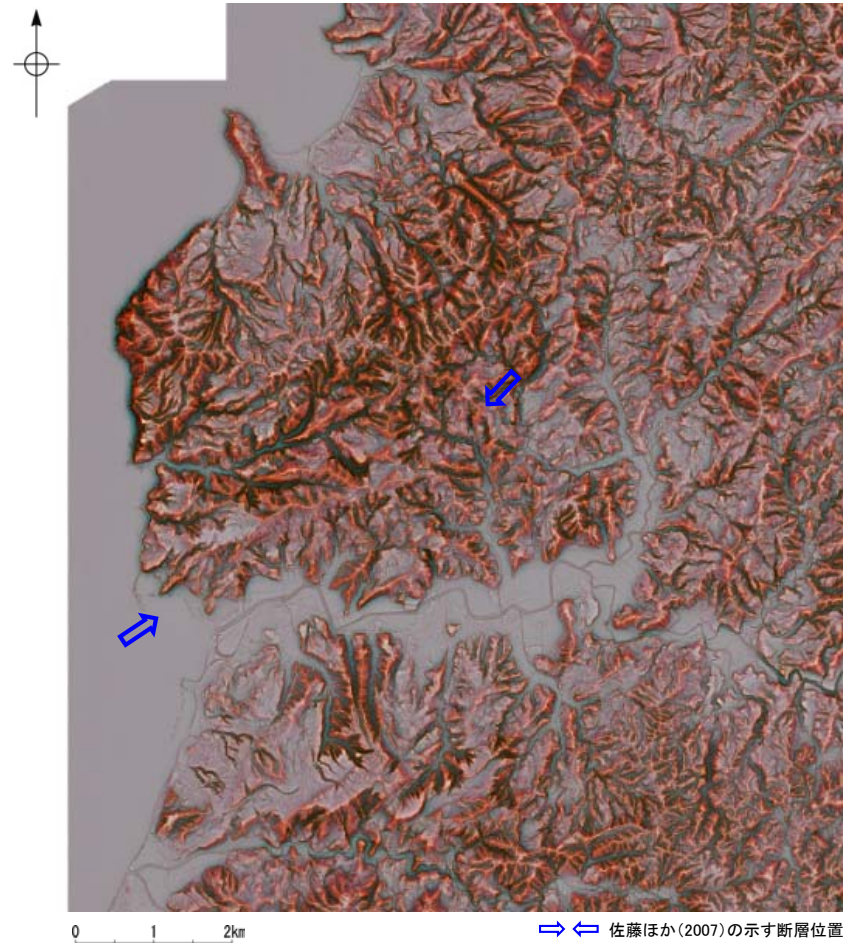
※この図面は、東京大学地震研究所の海上音波探査の記録を北陸電力が独自に解析・作成したものである。

2.6.4 (3) 笹波沖断層帯(東部)の活動性 –陸域調査–

- 笹波沖断層帯(東部)は、2007年能登半島地震の震源断層であるとされ、佐藤ほか(2007)は、2007年能登半島地震後の余震分布、反射法地震探査などを組み合わせて、統合的に震源断層の形状を図示しており、その広がりには陸域にも及んでいる(左下図)。
- 「新編 日本の活断層」(活断層研究会、1991)は、笹波沖断層帯(東部)の陸域周辺に、确实度Ⅱ以上の活断層を図示していない。また、「活断層詳細デジタルマップ[新編]」(今泉ほか、2018)についても、活断層等を図示していない。
- 地形調査の結果、笹波沖断層帯(東部)の陸域周辺に、リニアメント・変動地形は判読されない(右下図)。
- 2007年能登半島地震後に行った地質調査の結果、震源断層の陸域延長位置には、笹波沖断層帯(東部)に対応する断層は認められない(次頁左図)。
- 富岡・佐藤(2007)は、震源域陸域の地質と地質構造について記載しており、地震後に行った地質調査で断層露頭は確認されていないと述べている(次頁右図)。
- また、地震直後の地表変状は、川辺ほか(2007)のトレンチ調査結果によれば、地すべりによる変動によるものである可能性が高いとされ、さらにFukushima et al. (2008)は、SAR干渉画像による地殻変動解析結果から、断層の破壊が地表に到達したとは考えられないと述べている(P.117)。
- 以上のことから、笹波沖断層帯(東部)の陸域部については、地下深部には断層の破壊が推定されるが、2007年能登半島地震による地表地震断層は出現していないと判断される。



反射法地震探査及び余震分布に基づく断層面の形状
佐藤ほか(2007)

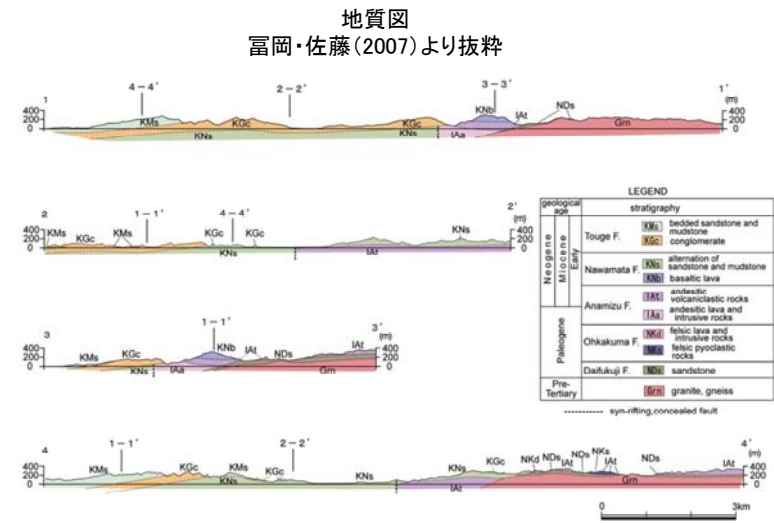
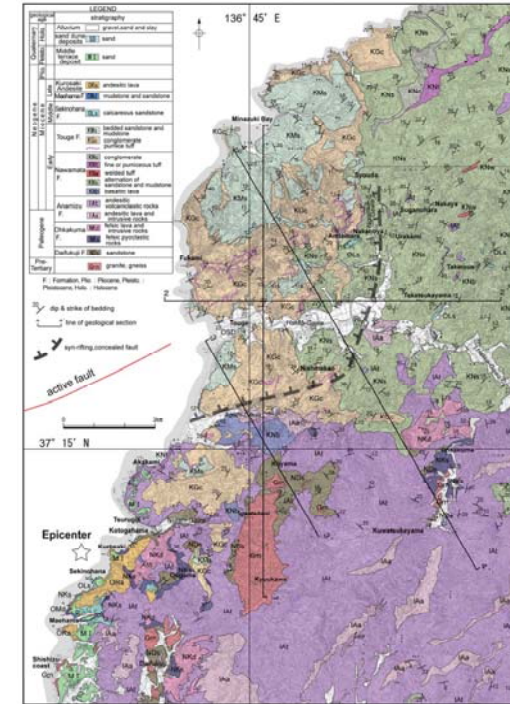
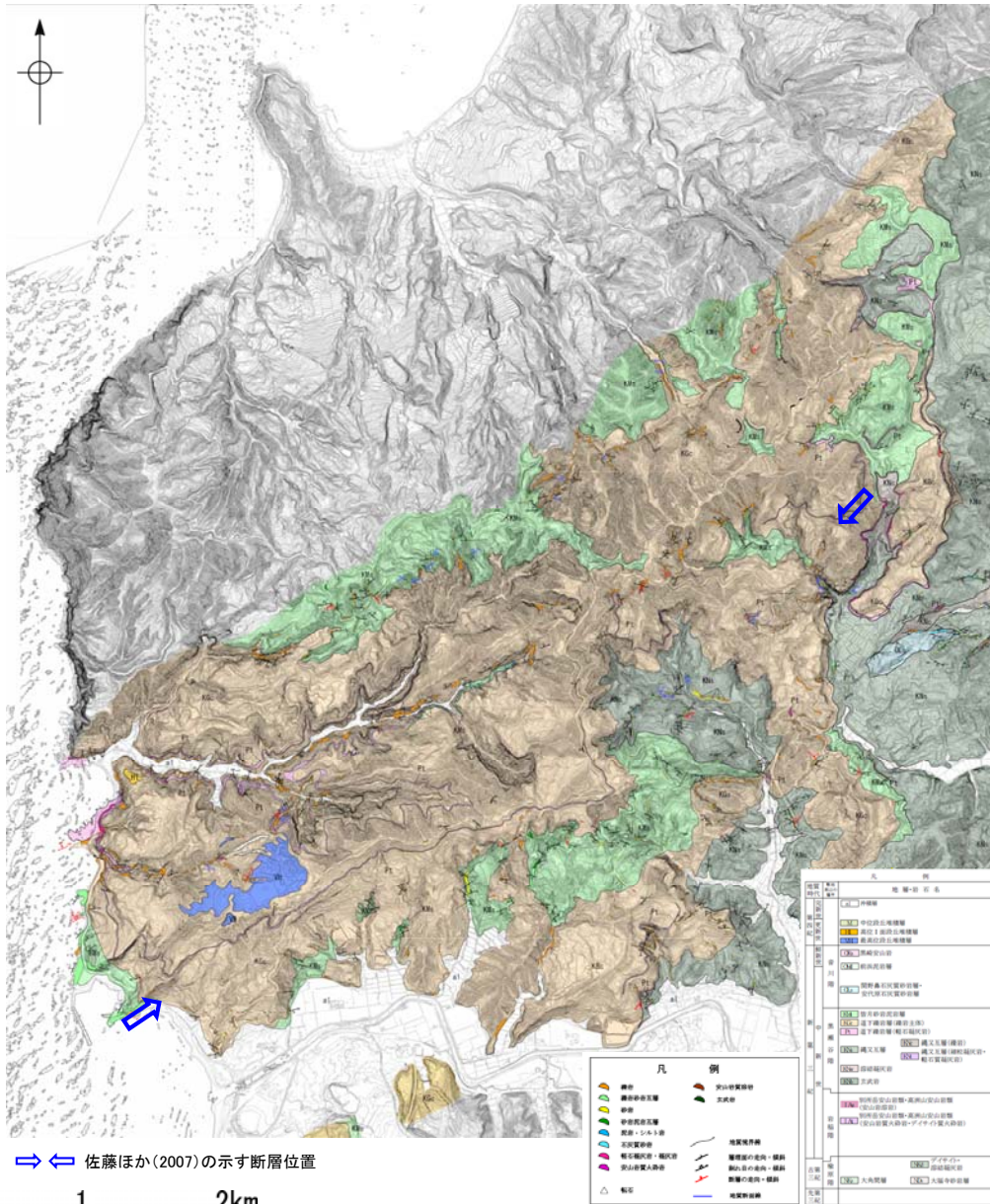


赤色立体地図(航空レーザ計測(2007年実施,地震後)により作成)

⇒ ⇐ 佐藤ほか(2007)の示す断層位置

【地質調査(当社, 富岡・佐藤(2007))】

○2007年能登半島地震後に行った地質調査の結果, 震源断層の陸域延長位置には, 笹波沖断層帯(東部)に対応する断層は認められない(左下図)。
 ○富岡・佐藤(2007)は, 震源域陸域の地質と地質構造について記載しており, 地震後に行った地質調査で断層露頭は確認されていないと述べている(右下図)。

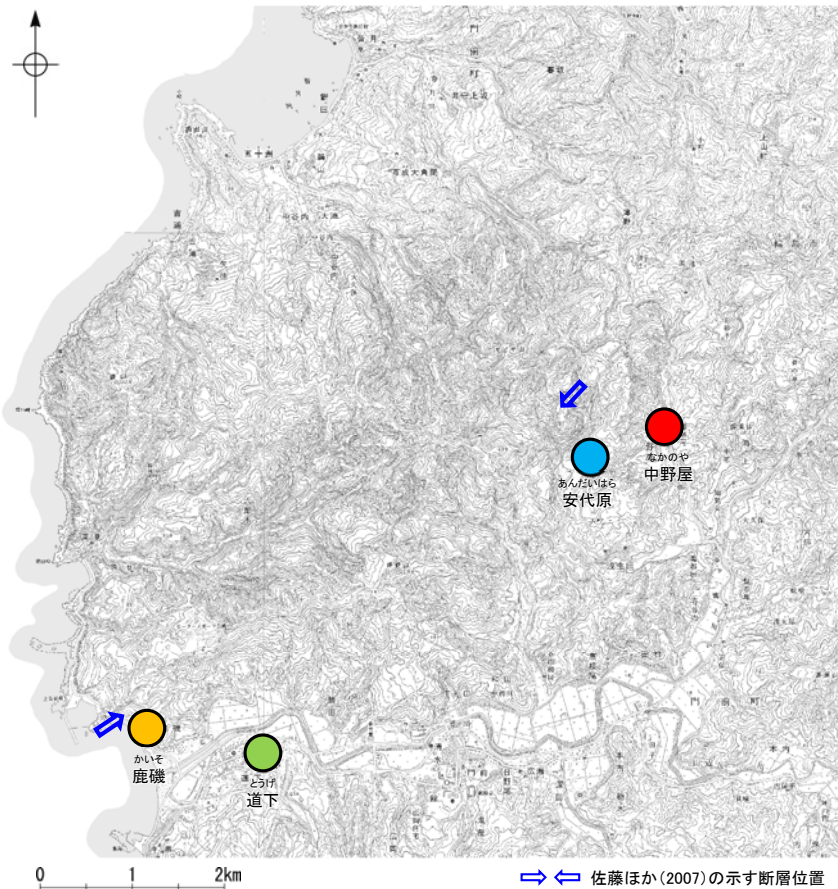


【文献調査(地表変状調査)】

- 2007年能登半島地震直後に、さまざまな研究機関により震源域付近における地表変状に関する報告がなされた(下図表)。
 ○その後の川辺ほか(2007)の調査によれば、上記の地表変状は地すべり堆積物からなる上盤側の重力活動によってできたと述べている(次頁)。
 ○また、Fukushima et al.(2008)によれば、SAR干渉画像による地殻変動解析結果から、断層の破壊が地表に到達していないと述べている(次頁)。

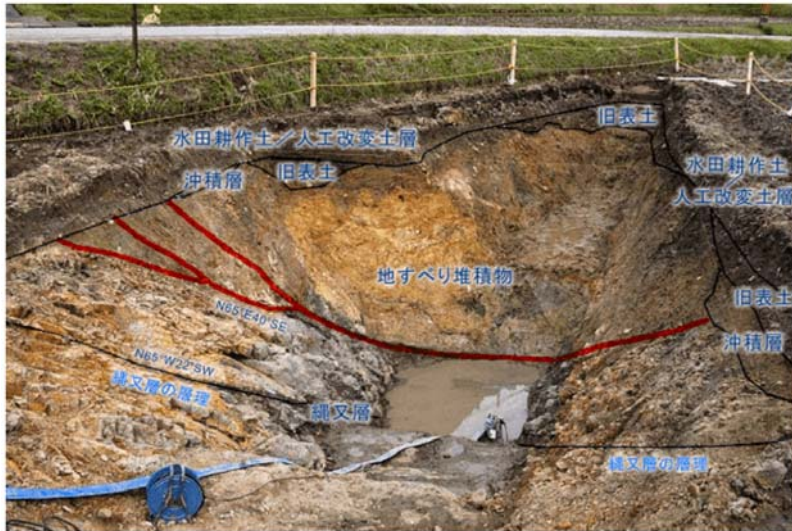
2007年能登半島地震後の主な地表変状の報告内容

機関名	報告内容	地点
金沢大学(2007)	・門前町中野屋地区にて、県道の舗装路面上にN60° Eの亀裂が発生し、亀裂沿いに右横ずれ8cmの変位が認められ、路面上の亀裂の南西延長では、水田に杉型の雁行割れ目が発達し、稲株の配列にも右横ずれが認められたと報告した。	●
	・門前町安代原地区にて、東西方向の断層が道路を横切り、右横ずれ5cmの変位を生じたと報告した。	●
栗田ほか(2007)	・門前町道下地区にて、護岸に圧縮性の亀裂が生じていることを報告し、護岸に生じた亀裂の分布と性状から、これらの亀裂が地下浅部まで達した地震断層によるずれを反映した可能性があるとした。	●
小長井ほか(2007)	・門前町道下地区にて、集落における構造物の変状と噴砂について調査し、同地区の家屋被害が液状化に伴う流動によって増大した可能性を示唆した。	
東京大学地震研究所(2007)	・門前町鹿磯にて、全体としてN65° Eの走向をしめす雁行亀裂が分布し、この延長に位置する道路に右横ずれ4cmの変位が生じていることから、地表地震断層が出現した可能性があると報告した。	●



2007年能登半島地震後の主な地表変状の報告位置

【文献調査(川辺ほか(2007), Fukushima et al.(2008))】



地山の縄文層と地すべり堆積物とを境する断層破碎帯(川辺ほか, 2007)



「断層」とされる道路の割れ目の写真(川辺ほか, 2007)

・川辺ほか(2007)は、門前町中野屋地区でのトレンチ調査で露出した断層破碎帯について、地表付近ほど高角度になるリストリック正断層からなっており、地すべり堆積物からなる上盤側の重力活動によってできたと述べている。
 ・また、「能登地震を発生させた断層の一部が地表に露出している」とする道路の割れ目も、このような地山の縄文層と地すべり堆積物～盛り土堆積物との境界部で、同様な現象が生じてできた可能性が極めて高いと判断している。

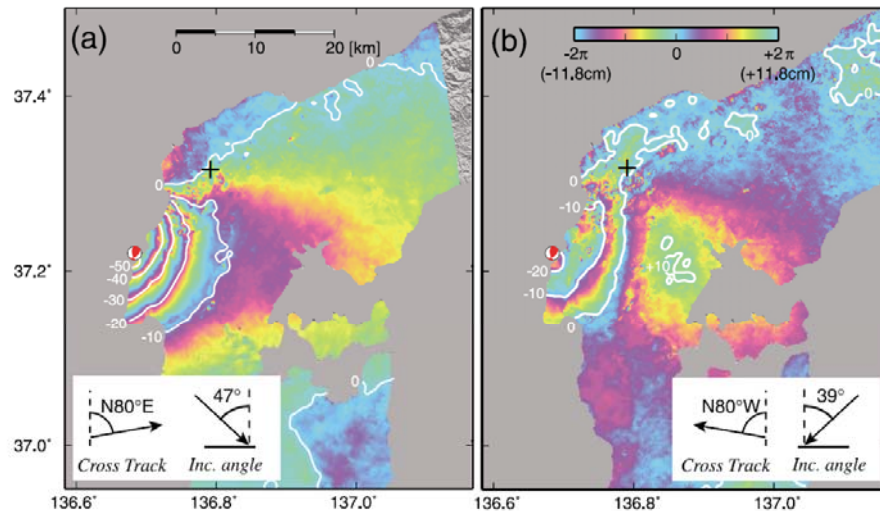


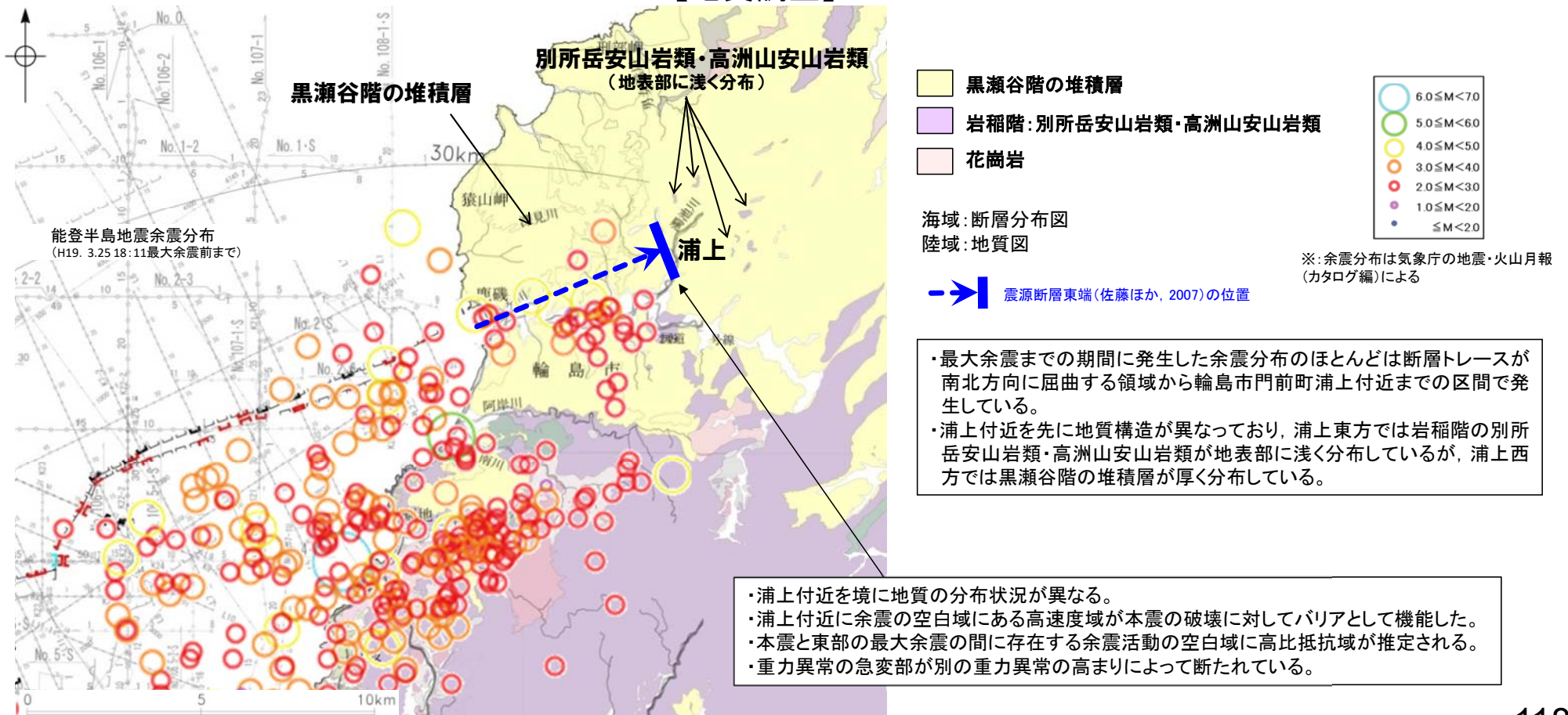
Fig. 2. SAR interferograms computed from PALSAR data. (a) Ascending data, (b) descending data. The displacement contours (white curves) are drawn from unwrapped interferograms with an assumption that the displacements far from the epicenter are zero. One color cycle of blue-green-yellow-purple corresponds to a LOS displacement of 11.8 cm toward the satellite. The location and the mechanism of the mainshock are also shown. Plus signs denote the location of a 8-cm ground crack identified on a road.

・ Fukushima et al.(2008)は、左図のSAR干渉画像が、地表断層の動きに関連するような不連続性を示していないことから、断層の破壊が地表に到達していないと述べている。

2.6.4 (4) 笹波沖断層帯(東部)の端部 —北東端調査—

- 笹波沖断層帯(東部)の北東端については、2007年能登半島地震による地下深部の断層による破壊範囲から推定した。
- 東京大学地震研究所(2007), Kato et al.(2008)は、2007年能登半島地震の余震域の東端付近で速度構造解析を実施している。これらによれば、能登半島地震は低速度域と高速度域の境界で発生したとしている。また、余震域の東端付近には、余震の空白域があり、その深さ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を挙げている(次頁)。
- Yoshimura et al.(2008)は、余震の空白域周辺で比抵抗構造の解析を行っており、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を指摘している(P.120)。
- 佐藤ほか(2007)は、能登半島震源域の稠密な重力異常図(Honda et al., 2008)から、海域の活断層の陸域延長部が重力の急変帯として現れている構造と一致するとしており、このENE方向への延長はNNW-SSE方向別の重力異常の高まりによって断たれるとしている。これは、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している(P.121)。
- 上記のような地下深部のバリア構造が指摘された輪島市門前町浦上付近の東方には別所岳安山岩類・高洲山安山岩類が地表部に浅く分布し、それ以西では黒瀬谷階の堆積岩が厚く分布している(下図)。
- 佐藤ほか(2007)は、上記のデータも含め、余震分布や反射法地震探査などを組み合わせて、統合的に震源断層の形状を図示しており(P.121)、重力異常・電磁気・地質学的方法から推定された震源断層の不連続性は、実際の震源断層の東端と一致していると述べている。なお、地表変状調査の報告(P.116, 117)も含め、佐藤ほか(2007)が示す震源断層よりも北東方に、笹波沖断層帯(東部)に対応する断層を示した知見は認められない。
- 以上のことから、笹波沖断層帯(東部)の北東端は、2007年能登半島地震後の調査データを組み合わせて、統合的に震源断層の形状を示した佐藤ほか(2007)が示す海岸線から約6km内陸の輪島市門前町浦上付近とする。

【地質調査】



地質図(最大余震までの期間に発生した余震分布等を加筆)

【余震分布, P波速度構造】

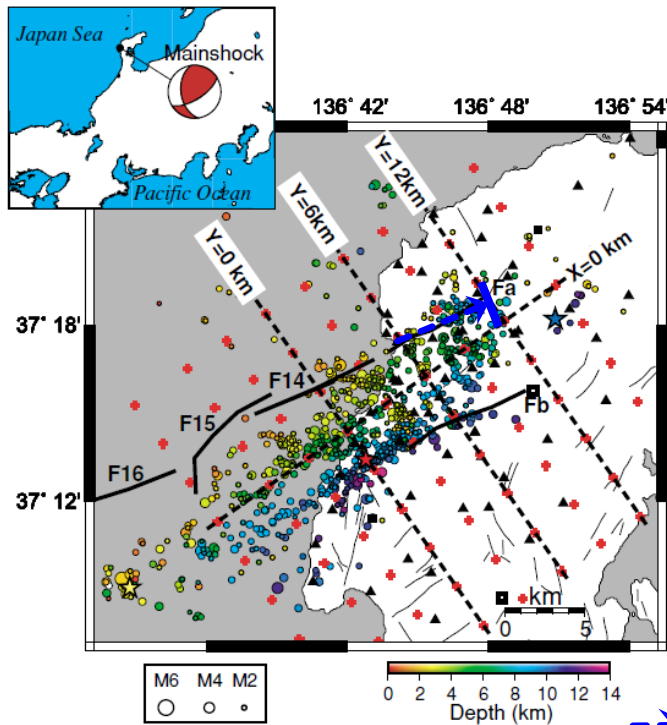


Fig. 1. Map of the relocated aftershock hypocenters determined by double-difference tomography, shown as circles scaled to earthquake magnitude and colored to depth. The red star denotes the epicenter of mainshock, the blue and yellow stars are epicenters of largest aftershocks on land and beneath the ocean. The inset indicates the location of the area studied in investigation with moment tensor for the mainshock determined by NIED. Filled triangles and squares denote temporary seismic stations, and online stations, respectively. Open squares are temporary online stations operated by the Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ (2005). The grid used in the tomography is shown by red crosses. Active- (F_{14} - F_{16}) and geological-faults (F_a , F_b) associated with the present earthquake are drawn as thick solid lines, and the other major active faults are drawn as thin solid lines.

余震分布(上図)及びP波速度構造断面図(右図)(Kato et al.(2008))

- ・東京大学地震研究所(2007), Kato et al.(2008)は, 北東側の最大余震が発生した輪島市門前町浦上付近に余震の空白域があり, その周辺で速度構造解析を行っている。
- ・これらによれば, 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に深さ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としてされている。

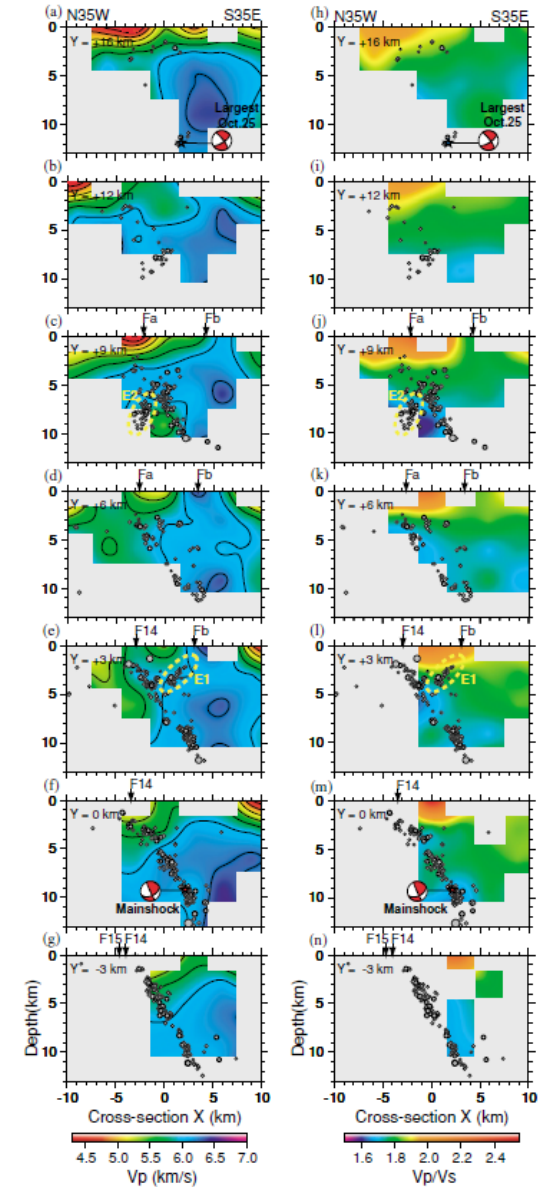


Fig. 2. Depth sections through the V_p (a)-(g) and V_p/V_s ratio model (h)-(n) with superimposed relocated aftershocks distributed within ± 1.5 km of each line. Depth sections are ordered from NE to SW. The white-masked areas correspond to the low-resolution model. The contour line interval is 0.3 km/s. Yellow dashed ellipses (E1, E2) are explained in text. Moment tensor solutions for the mainshock and the largest aftershock (NIED) are shown using a lower hemisphere projection. Arrows at the top of each section denote the approximate surface locations of faults.

【比抵抗構造】

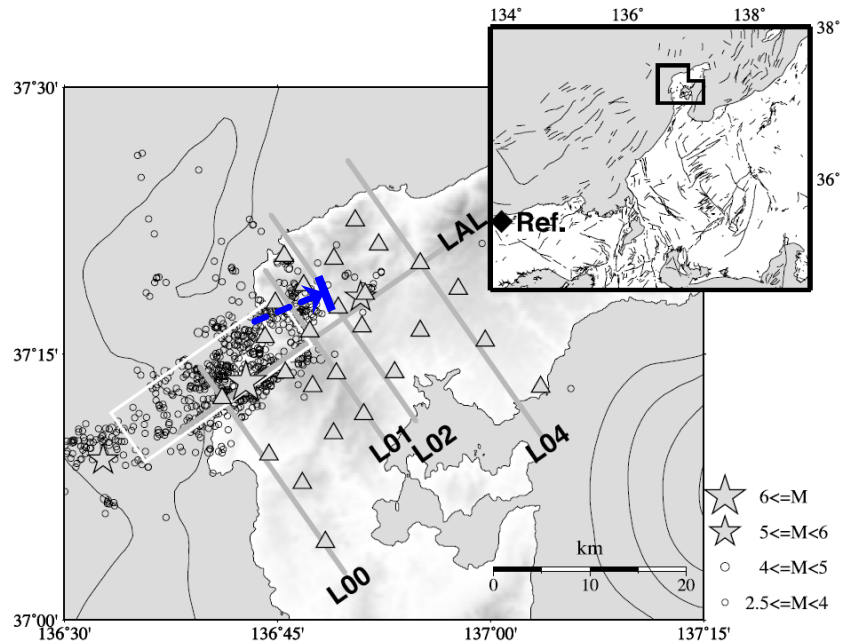


Fig. 1. Magnetotelluric (MT) site locations are shown by gray triangles. The epicenters of the mainshock and the two largest aftershocks indicated by gray stars, have been relocated by Sakai *et al.* (2008). The other aftershocks determined by JMA are plotted as open circles. The fault plane estimated from a GPS analysis (GSI, 2007) is represented as a white rectangle. Two-dimensional inversions of the MT data were carried out for the thick gray lines labeled with the profile ID. Contours in the sea represent the water depth with intervals of 100 m (GINA global grid; Lindquist *et al.*, 2004). An index map is shown at the top right with active faults around Central Japan. A black diamond indicates a far-remote reference site.

→ 震源断層東端(佐藤ほか, 2007)の位置

比抵抗構造解析図(Yoshimura et al.(2008)に一部加筆)

・Yoshimura et al.(2008)は、比抵抗構造の解析の結果、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(右図: R1)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を指摘している。

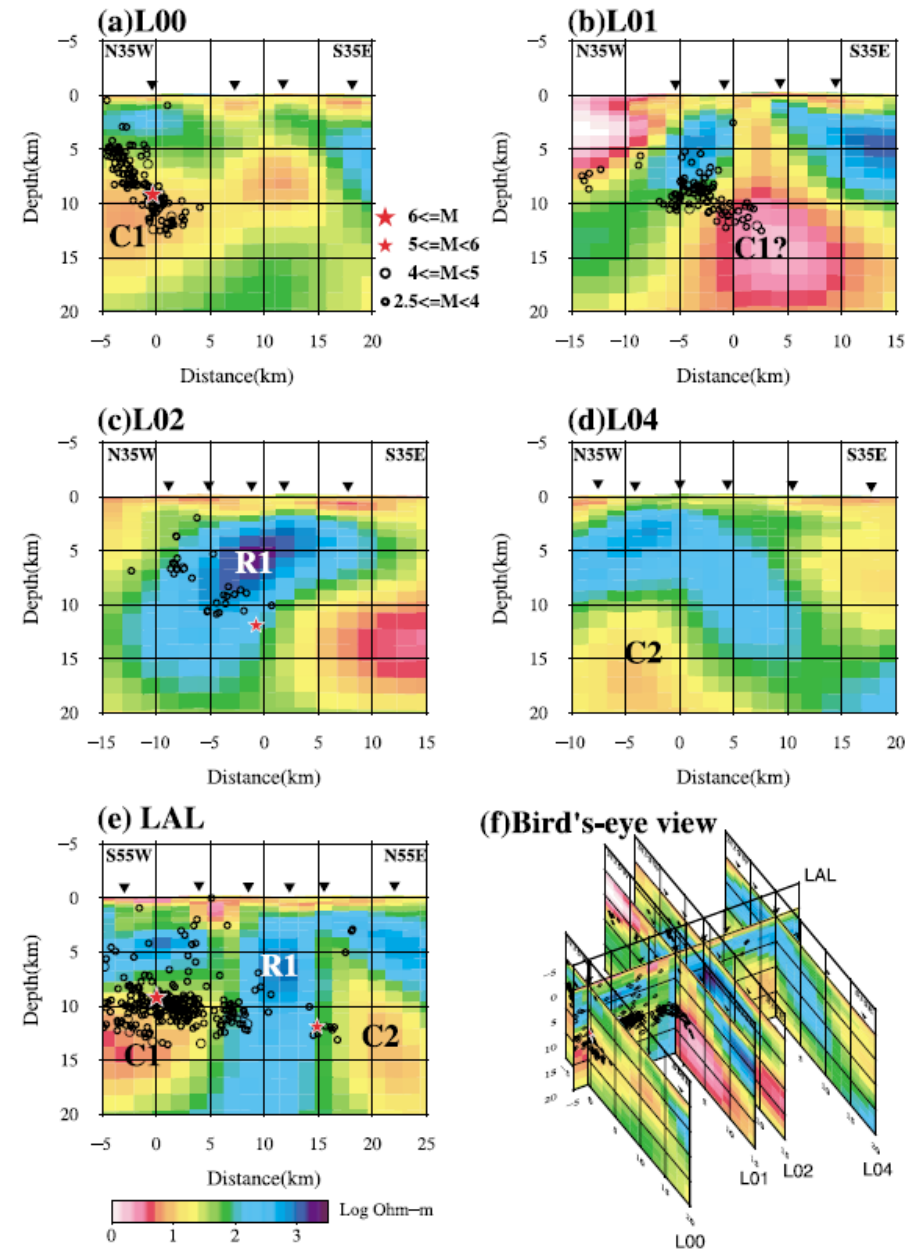
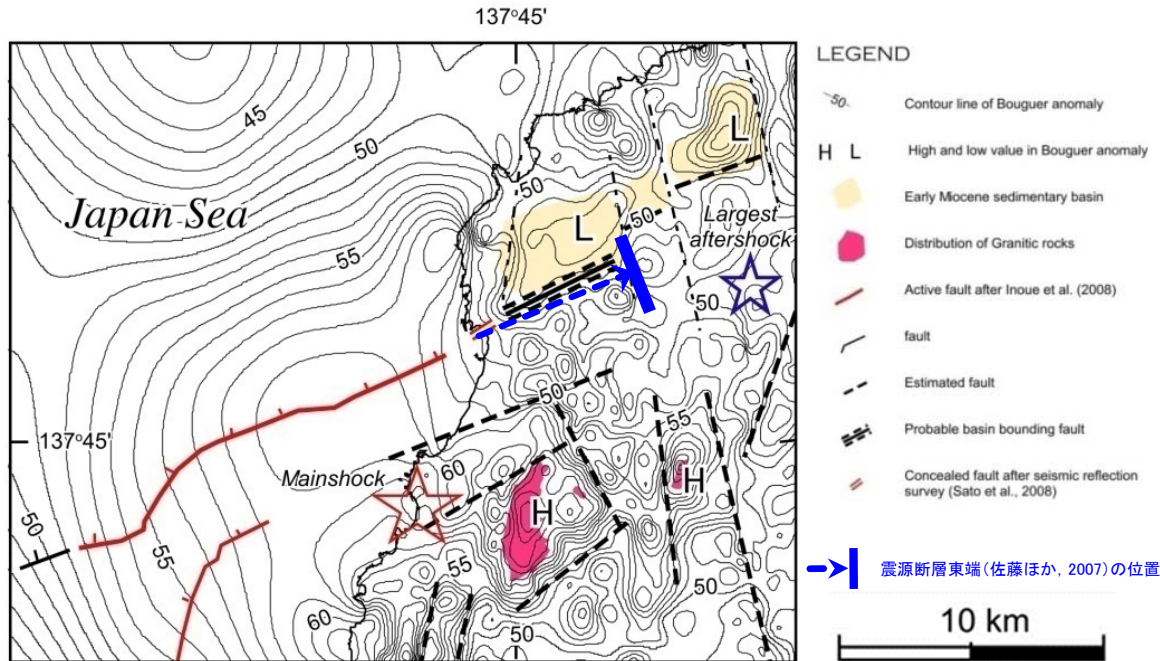


Fig. 2. Obtained resistivity models of the profiles: (a) L00, (b) L01, (c) L02, (d) L04 and (e) LAL, which are represented in Fig. 1. (f) Bird's-eye view of all profiles from the southern direction. Inverted triangles indicate the locations of the MT sites. The mainshock and the largest aftershock are shown as red stars, and other aftershocks in a 4-km wide swath are plotted as open circles on each profile. Features labeled C1, C2, and R1 are discussed in the text.

【重力異常】



重力異常図(佐藤ほか(2007)に一部加筆)

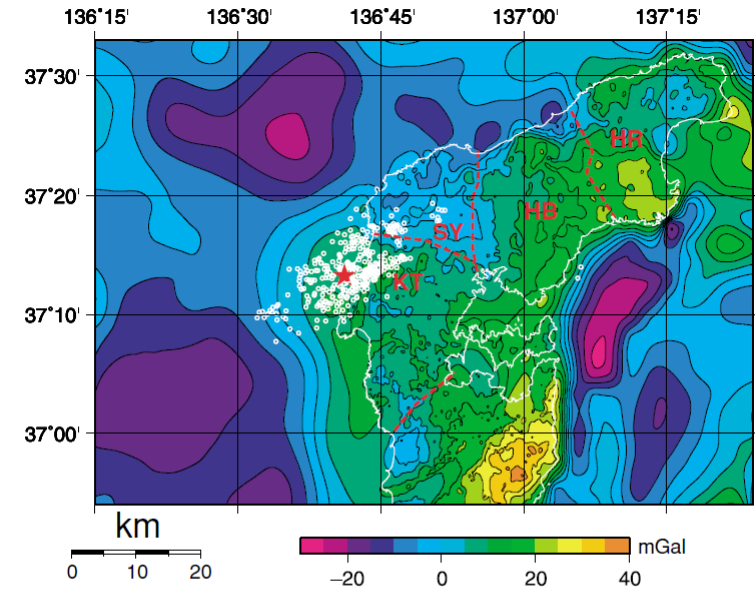


Fig. 5. Filtered Bouguer Anomaly map over the northern Noto peninsula (Kono *et al.*, in preparation) and the block structure of the northern Noto peninsula. Red solid star indicates the epicenter of the mainshock. White open circles indicate aftershocks provided by Japan Meteorological Agency (2007/03/25, 0:00–24:00). Red dashed lines indicate geologic block boundaries proposed by Ohta *et al.* (1976). Geologic blocks indicated by initials are as follows. KT: Kuwatsuka, SY: Saruyama, HB: Hachibuse and HR: Houryu blocks.

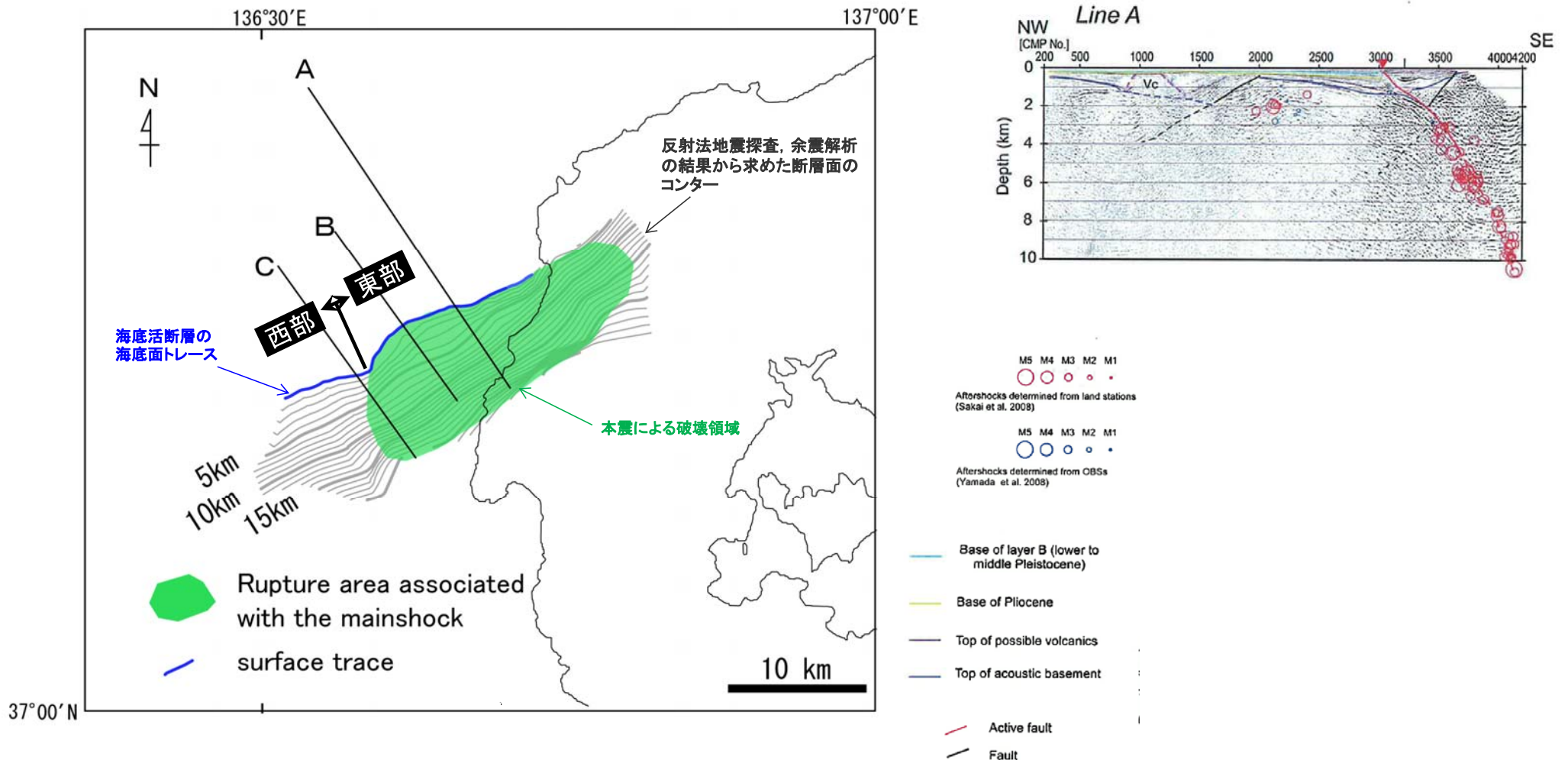
能登半島北部の重力異常図とブロック構造 (Honda *et al.*, 2008)

○佐藤ほか(2007)は、能登半島震源域の稠密な重力異常図から、海域の活断層の陸域延長部が重力の急変帯として現れている構造と一致するとしており、このENE方向への延長はNNW-SSE方向別の重力異常の高まりによって断たれるとしている。これは、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している(左上図)。

○Honda *et al.*(2008)は、能登半島北部の重力異常図を作成している。形態学的、地質学的研究によって特定された4つのブロック境界についても、重力異常図で確認することができ、重力異常、地質構造、余震分布、震源断層の関係から、この地域のブロック構造によって2007年能登半島地震の破壊が制約されたとしている(右上図)。

2.6.4 (4) 笹波沖断層帯(東部)の端部 –南西端調査–

- 笹波沖断層帯(東部)の西方は、断層トレースが大きく南北方向に走向が変化することが報告されている(片川ほか(2005), 岡村(2007), 井上ほか(2007))。
- この屈曲部の深部延長では、佐藤ほか(2007)が余震分布、反射法地震探査の結果から推定した震源断層も屈曲した形状を示している。また、地震波や地殻変動からの断層面上のすべり分布を求めた結果、浅部ですべりが大きい部分は、海底の活断層分布域と一致しており、能登半島地震と類似したすべりが累積的に発生してきたとしている。
- 以上のことから、笹波沖断層帯(東部)の南西端は、2007年能登半島地震の震源断層の西端である断層の走向が屈曲する位置とする。



反射法地震探査及び余震分布に基づく断層面の形状
佐藤ほか(2007)に一部加筆

2.6.4 (4) 笹波沖断層帯(東部)の端部 ーまとめー

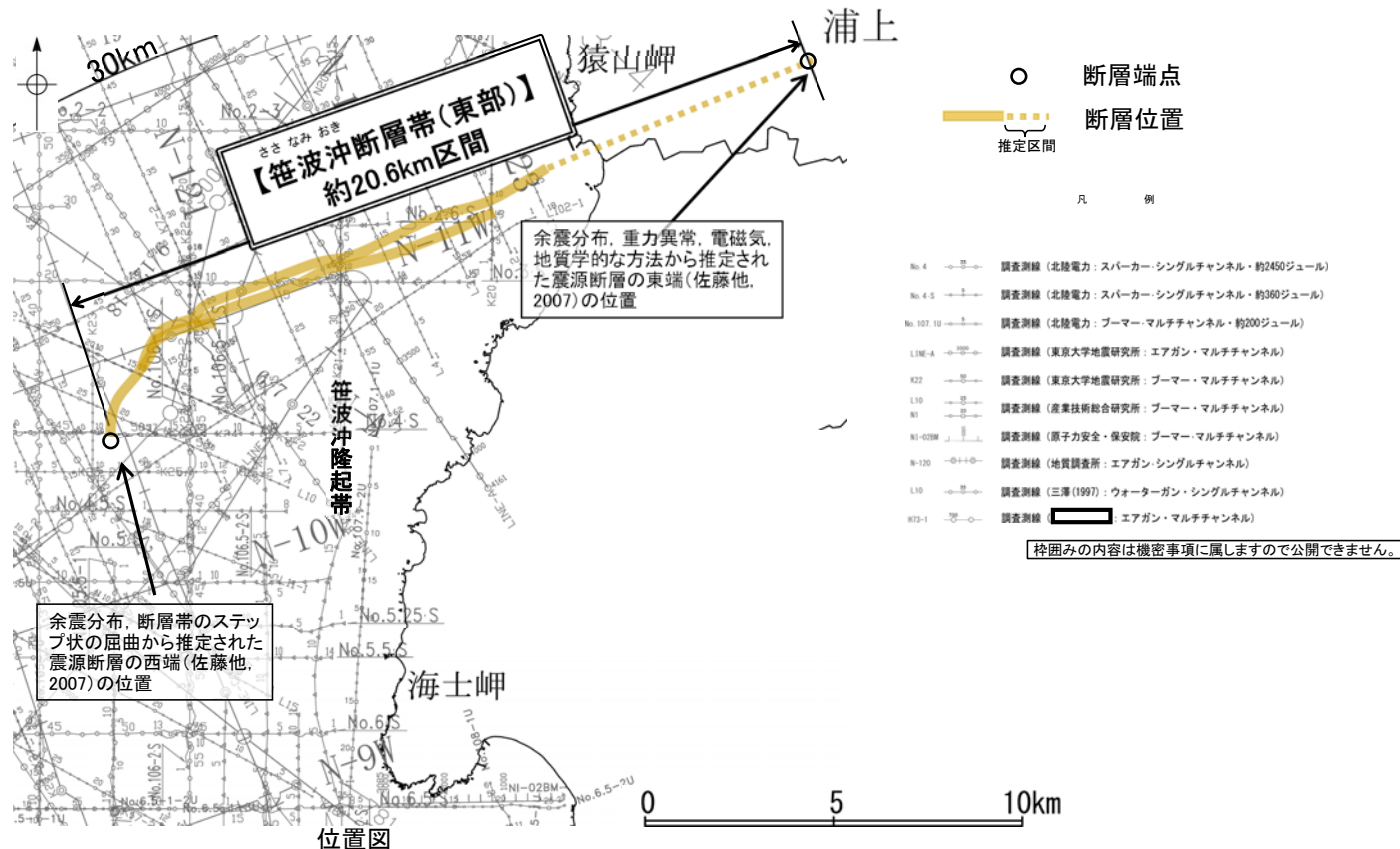
■北東端

- 佐藤ほか(2007)によれば、2007年能登半島地震の震源とされる笹波沖断層帯(東部)の北東端は、陸域に及んでいるとされている。
- 地形調査の結果、海底面トレースの延長付近にリニアメント・変動地形は判読されない。
- 文献調査の結果、各種物理探査によれば、余震域の東端付近まで本震の破壊領域が広がっているとされている。
- ⇒地形調査、地質調査、文献調査によれば、少なくとも地表地震断層は認められないものの、輪島市門前町浦上付近までは断層が伏在していると考えられることから、佐藤ほか(2007)が震源断層の東端として示す輪島市門前町浦上付近を笹波沖断層帯(東部)の北東端と評価。

■西端

- 文献調査の結果、笹波沖断層帯(東部)の南西端付近は、走向が南北方向に大きく変化する。
- ⇒佐藤ほか(2007)が示す2007年能登半島地震の震源断層の西端である断層の走向が屈曲する位置を南西端と評価。

○以上のことから、笹波沖断層帯(東部)の長さについては、2007年能登半島地震の知見から推定された震源断層の東端である輪島市門前町浦上付近(北東端)から走向が南北方向に大きく変化する位置(南西端)までの約20.6km区間を評価。



2.6.5 笹波沖断層帯(西部)

2.6.5.1(1) 笹波沖断層帯(西部)の評価結果

【文献調査】(P.126)

- 岡村(2007)は、笹波沖断層帯(西部)に対応する位置に、第四紀向斜軸・背斜軸及び第四紀逆断層を図示している。井上ほか(2007)は、笹波沖断層帯(西部)に対応する位置に逆断層の伏在が推定される向斜軸・背斜軸を図示し、長さ約14kmで、完新世に活動した可能性があるとしている。
- 日本海における大規模地震に関する調査検討会(2014)(以下、国交省ほか(2014))は、笹波沖断層帯(西部)に対応する断層として断層トレースを図示しているが、断層モデルを設定していない。
- 「日本海地震・津波調査プロジェクト」(文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所、2015)は、笹波沖断層帯(西部)に対応する位置に、断層長さ:10.5km、東傾斜60°の震源断層モデルNT10を設定している。

【活動性評価】

- 笹波沖断層帯(西部)は、笹波沖小隆起帯の北縁から北西縁に沿って分布する断層及び撓曲群から構成され、同隆起帯の北西縁で走向が変わるとともに、断層・撓曲が分岐、屈曲する(P.127)。
- 音波探査記録の解析の結果、笹波沖小隆起帯の北縁でD層上面が北側に急に落ち込む断層及び撓曲が推定され、B₁層またはA層に変位または層理の撓みが認められる(P.128)。
- また、同隆起帯の北西縁では断層及び撓曲が推定され、B₁層に層理の撓みが認められる(P.129, 130)。

⇒笹波沖断層帯(西部)は、文献調査の結果、岡村(2007)、井上・岡村(2010)から南東傾斜の逆断層と推定され、海上音波探査の結果でも、主に北落ちの変位、変形が認められることから、南東傾斜(約60°)の逆断層と推定される。

⇒文献調査、海上音波探査の結果、笹波沖断層帯(西部)は、走向がNE-SW方向、傾斜が南東傾斜(約60°)の逆断層と推定され、後期更新世以降の活動が否定できないと評価。

【長さの評価】

■笹波沖断層帯(西部) 北東端(P.131)

【海上音波探査】

- 笹波沖断層帯(東部)と笹波沖断層帯(西部)の境界は、ステップ状に屈曲する。

【文献調査】

- 佐藤ほか(2007)は、能登半島沖地震の余震分布から推定された破壊領域は、海底活断層の地表トレースが大きく屈曲を示す領域に対応している。
→2007年能登半島地震の震源断層の西端の位置を笹波沖断層帯(西部)の北東端と評価。

■笹波沖断層帯(西部) 南西端(P.132~135)

【海上音波探査】

- 3本の撓曲のうち、中央の撓曲と東側の撓曲はK19測線において認められなくなる。また、西側の撓曲はK19測線のさらに南西方延長であるNo.101測線において認められなくなる(図中①)。

→3本の撓曲が認められなくなる地点のうち、最も南西方に位置するNo.101測線を南西端と評価。

⇒笹波沖断層帯(西部)は、約22km区間を評価。

- しかし、さらに南西方のNo.8測線において、西側低下の変形構造(図中②)が認められる。この変形構造は周辺の測線には認められないものの、図中□の範囲内に連続する可能性は否定できない。

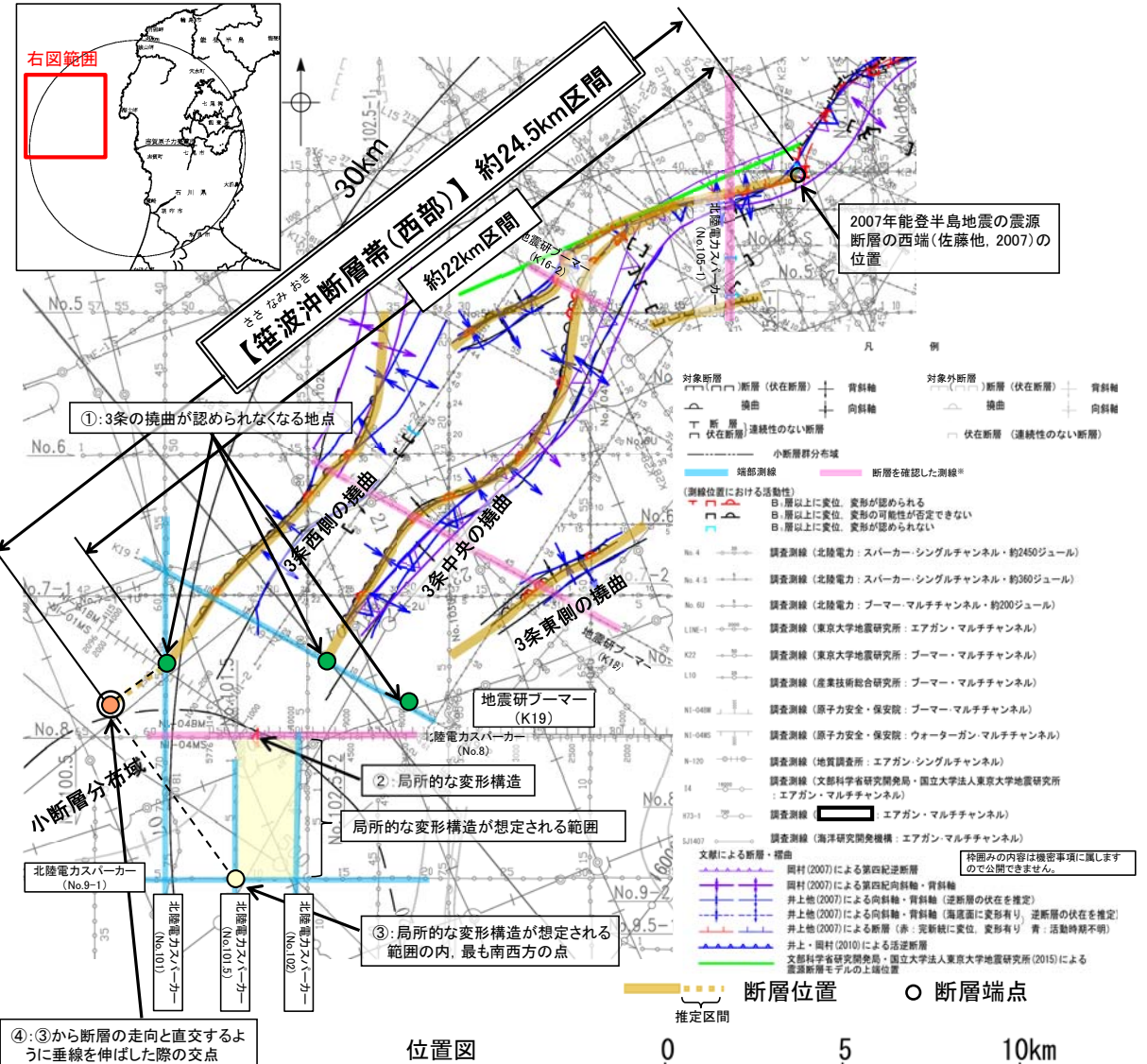
→この変形構造の存在が想定される範囲の内、最も南西方の点(図中③)から断層の走向と直交するように垂線を伸ばした際の交点(図中④)を南西端と評価。

■重力探査(P.137)

- 笹波沖断層帯(西部)に対応する重力異常急変部は認められない。

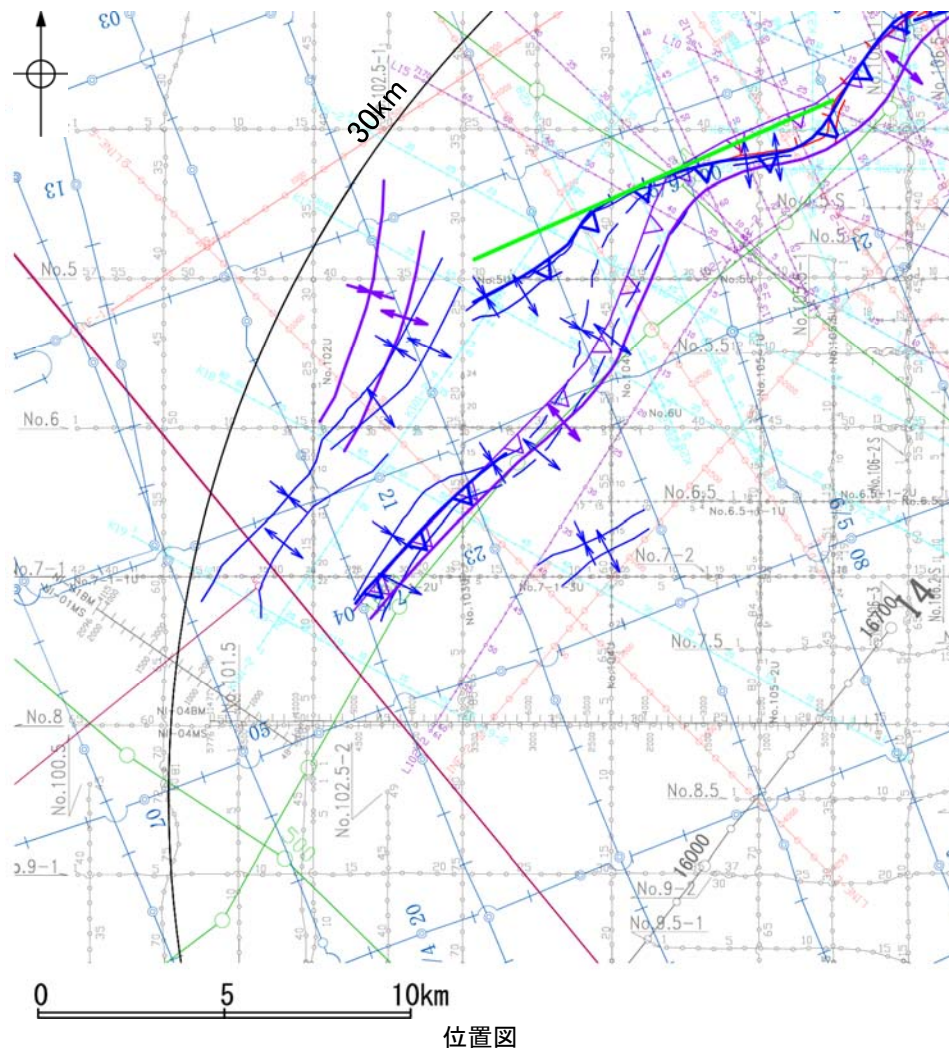
⇒笹波沖断層帯(西部)は、2007年能登半島地震の知見から推定された震源断層の走向が大きく変化する位置(北東端)から、No.101測線までの約22km区間に南西端付近の局所的な変形構造の存在が想定される範囲を含むように走向を延伸させた位置(南西端)までの約24.5km区間を評価。

笹波沖断層帯(西部)は後期更新世以降の活動が否定できず、その長さとして約24.5km区間を評価する。



2.6.5.1(2) 笹波沖断層帯(西部)の文献調査

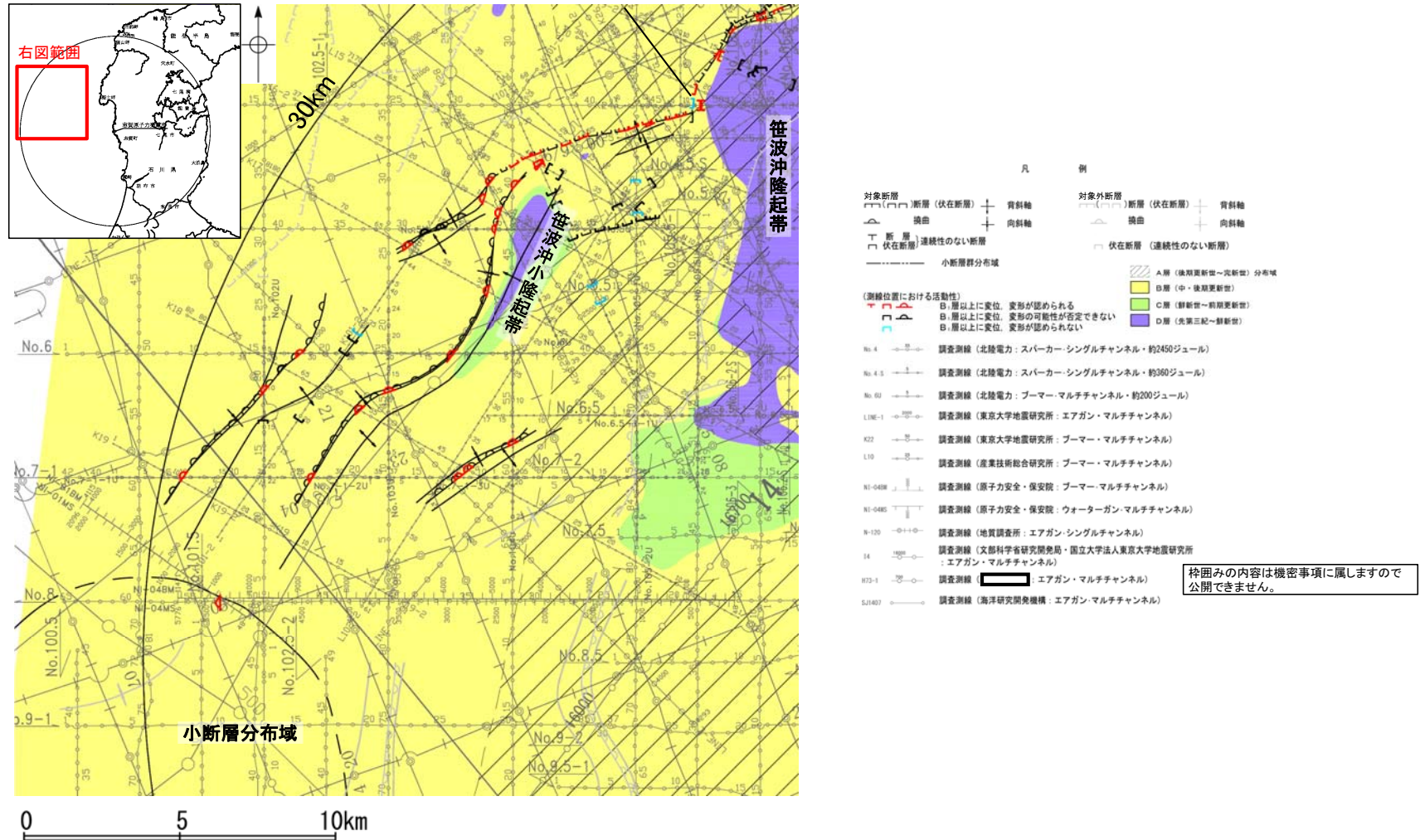
- 岡村(2007)は、産業技術総合研究所(地質調査所)による調査(調査測線①)から、第四紀向斜軸・背斜軸及び第四紀逆断層を図示している。
- 井上ほか(2007)は、2007年能登半島地震の震源域で産業技術総合研究所による調査(調査測線②)及び東京大学地震研究所による調査(調査測線③)と当社が地震前に実施した音波探査記録等から、笹波沖断層帯(西部)に対応する位置に逆断層の伏在が推定される向斜軸・背斜軸を図示し、長さ約14kmで、完新世に活動した可能性があるとしている。
- 井上・岡村(2010)は、岡村(2007)、井上ほか(2007)の調査結果から、東北東-西南西方向に活断層を図示している。
- 国交省ほか(2014)は、笹波沖断層帯(西部)に対応する断層として断層トレースを図示しているが、断層モデルを設定していない。
- 「日本海地震・津波調査プロジェクト」(文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所、2015)は、産業技術総合研究所による調査結果(調査測線①)、佐藤ほか(2007)の調査(調査測線④)、石油開発公団による調査、海洋開発研究機構による調査(調査測線⑤)の結果から岡村(2007)、井上・岡村(2010)が示した構造に対応する位置に、震源断層モデルとしてNT10(走向:65度、傾斜:60度、断層長さ:10.5km)を設定し、佐藤ほか(2007)の二船式反射法地震探査により、60°の東傾斜の断層と判断している。文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所(2021)では、活動性の評価を確実性Bクラス(第四紀後期に相当する地層まで変形を受けている可能性が高いが、年代や断層による変形の幅が広く、第四紀後期に相当する地層までの変形がやや不明瞭)としている。



凡 例	
No. 4	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. 4.5	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)
No. 6U	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-1	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) :調査測線④
L10	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) :調査測線③
NI-04M	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) :調査測線②
NI-04MS	調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル)
N-120	調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル) :調査測線①
14	調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
NT3-1	調査測線 (): エアガン・マルチチャンネル)
SJ1407	調査測線 (海洋研究開発機構: エアガン・マルチチャンネル) :調査測線⑤
文献による断層・褶曲 (枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。)	
	岡村(2007)による第四紀逆断層
	岡村(2007)による第四紀向斜軸・背斜軸
	井上他(2007)による向斜軸・背斜軸 (逆断層の伏在を推定)
	井上他(2007)による向斜軸・背斜軸 (海底面に変形有り、逆断層の伏在を推定)
	井上他(2007)による断層 (赤: 完新統に変位、変形有り 青: 活動時期不明)
	井上・岡村(2010)による活断層
	文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所(2015)による震源断層モデルの上端位置

2.6.5.1 (3) 笹波沖断層帯(西部)の活動性 — 笹波沖断層帯(西部)周辺の地質図 —

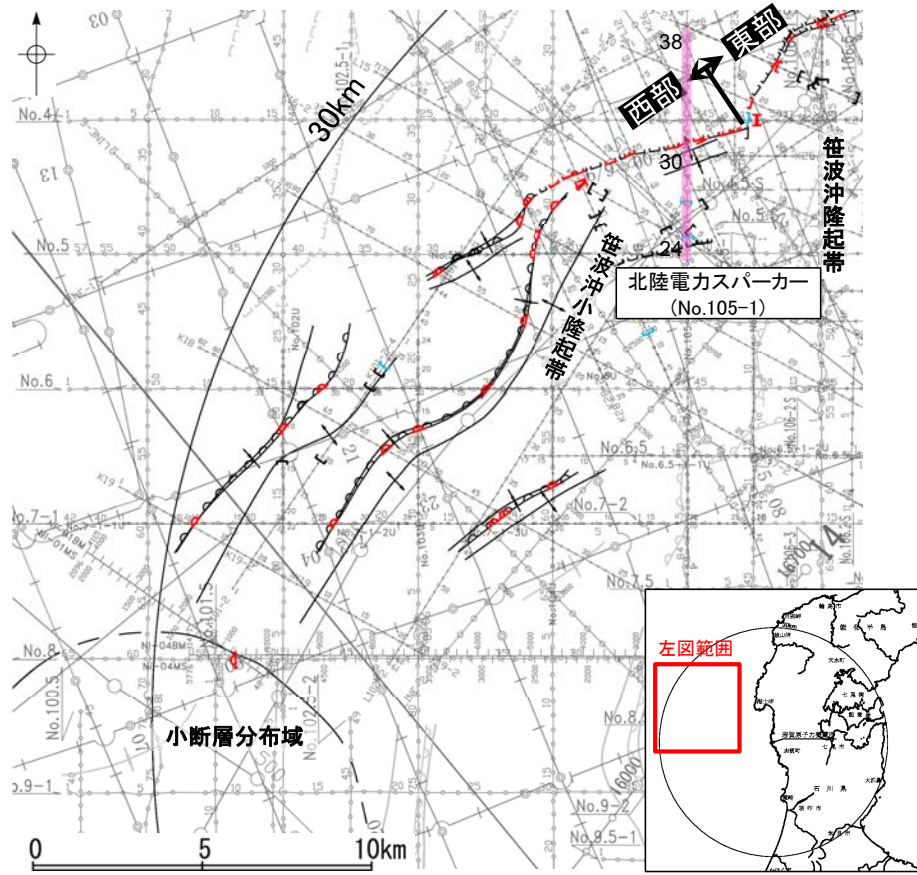
- 笹波沖断層帯(西部)周辺には、顕著なD層の隆起が認められ、志賀町笹波沿岸の隆起帯(笹波沖隆起帯)とその西方に小規模なD層の隆起(笹波沖小隆起帯)が認められる。
- 笹波沖断層帯(西部)は、笹波沖小隆起帯の北縁から北西縁に沿って分布する断層及び撓曲群から構成され、同隆起帯の北西縁で走向が変わるとともに、断層・撓曲が分岐、屈曲する。



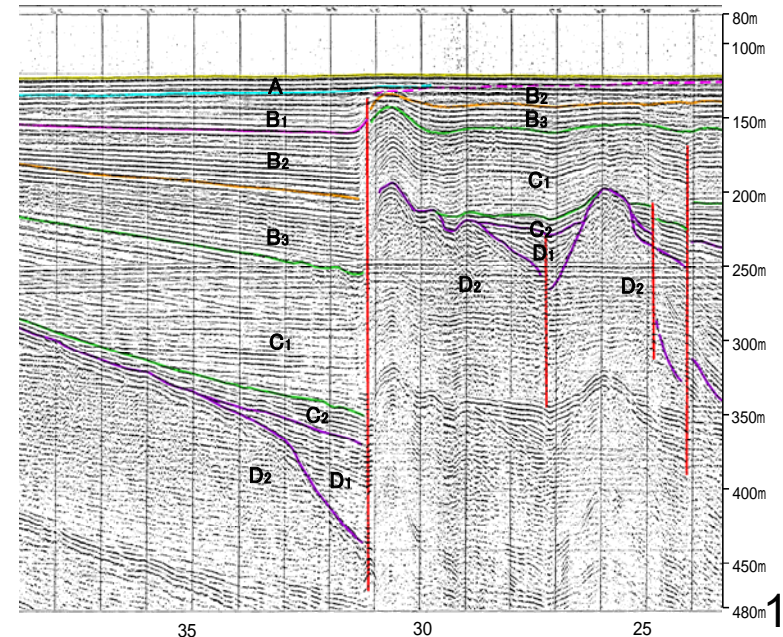
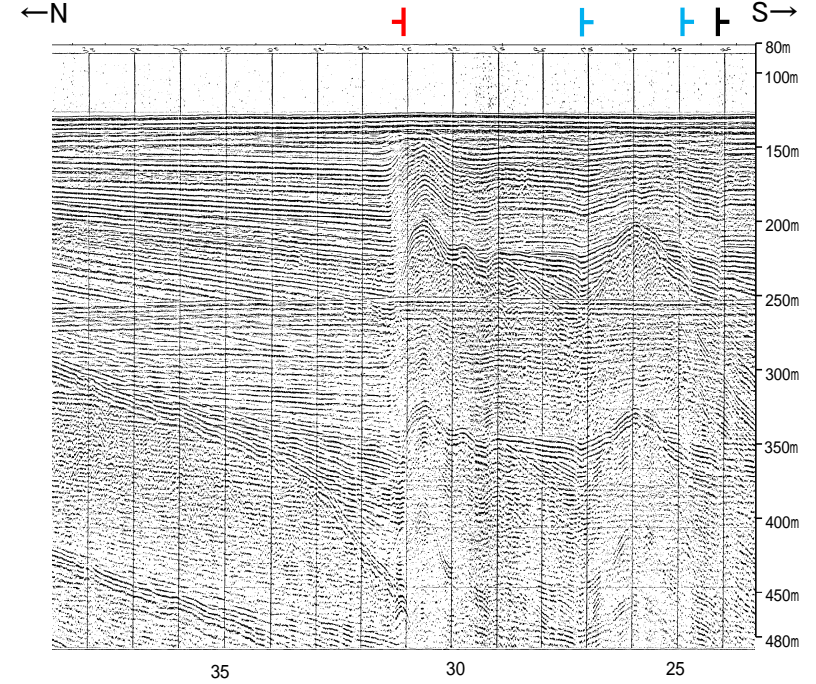
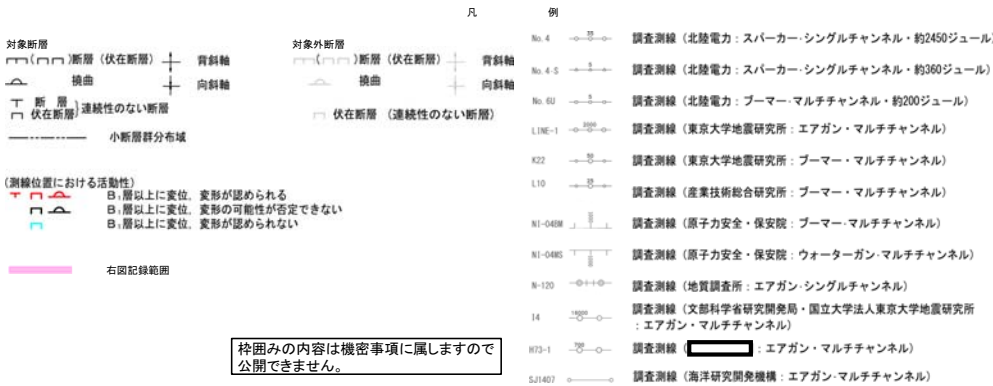
笹波沖断層帯(西部)周辺の地質図

2.6.5.1 (3) 笹波沖断層帯(西部)の活動性 —No.105-1測線—

○No.105-1測線において、測点31付近でD層が北側に急に落ち込み、B₁層下部、B₂層、B₃層、C₁層、C₂層、D₁層、D₂層に変位が認められることから断層を推定した。
 ○その他にも、測点27付近でD₁層、D₂層に南落ちの変位が認められ、測点25付近、測点24付近でC₁層下部、C₂層、D₁層、D₂層に南落ちの変位が認められることから断層を推定した。

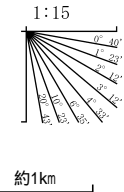


位置図



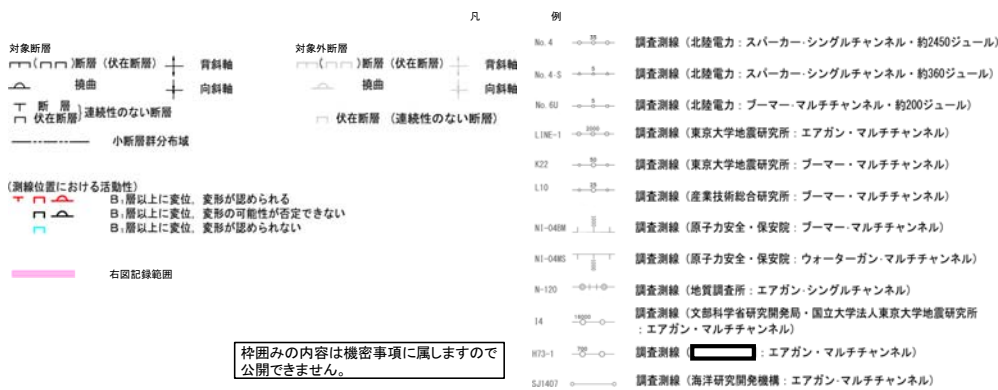
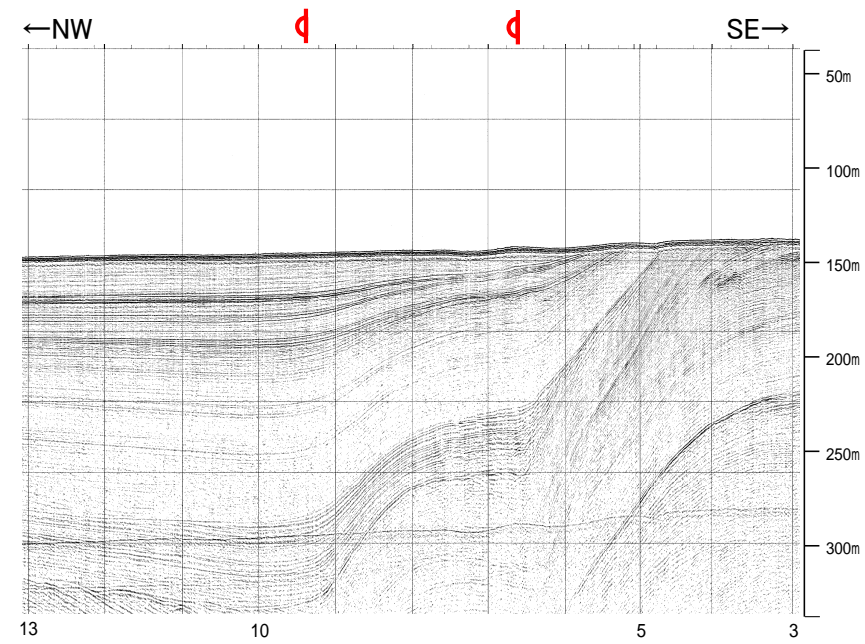
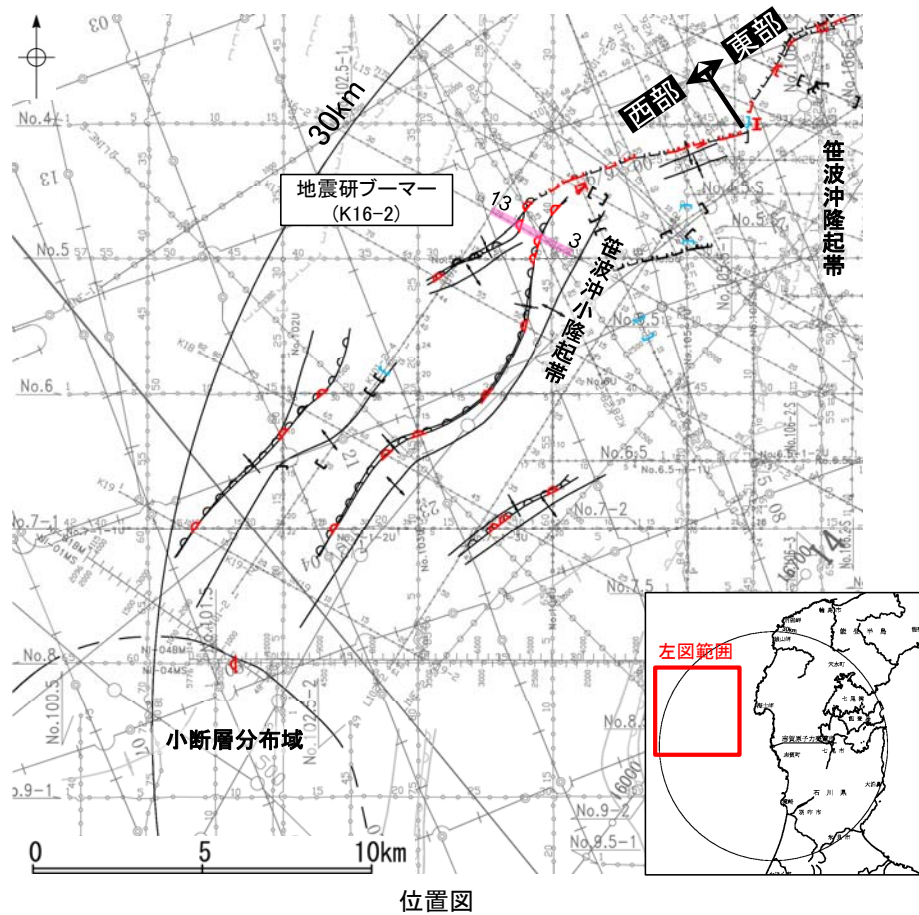
地質時代	地層名
第四紀	完新世 A層
	後期 B ₁ 層
	中期 B ₂ 層
鮮新世	前期 B ₃ 層
	C ₁ 層
中新世	C ₂ 層
	D層
古第三紀	D ₁ 層
先第三紀	D ₂ 層

断層

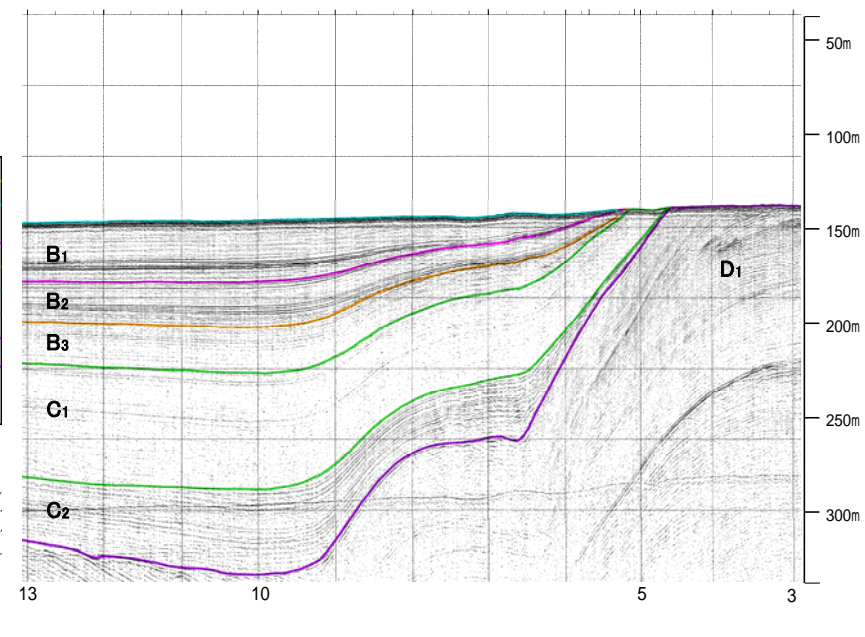


2.6.5.1 (3) 笹波沖断層帯(西部)の活動性 — K16-2測線—

○K16-2測線において、測点7付近でD層が北西側に落ち込み、B₁層、B₂層、B₃層、C₁層、C₂層、D₁層に変形が認められることから撓曲を推定した。
 ○本測線において、測点9付近でもB₁層、B₂層、B₃層、C₁層、C₂層、D₁層に変形が認められることから撓曲を推定した。



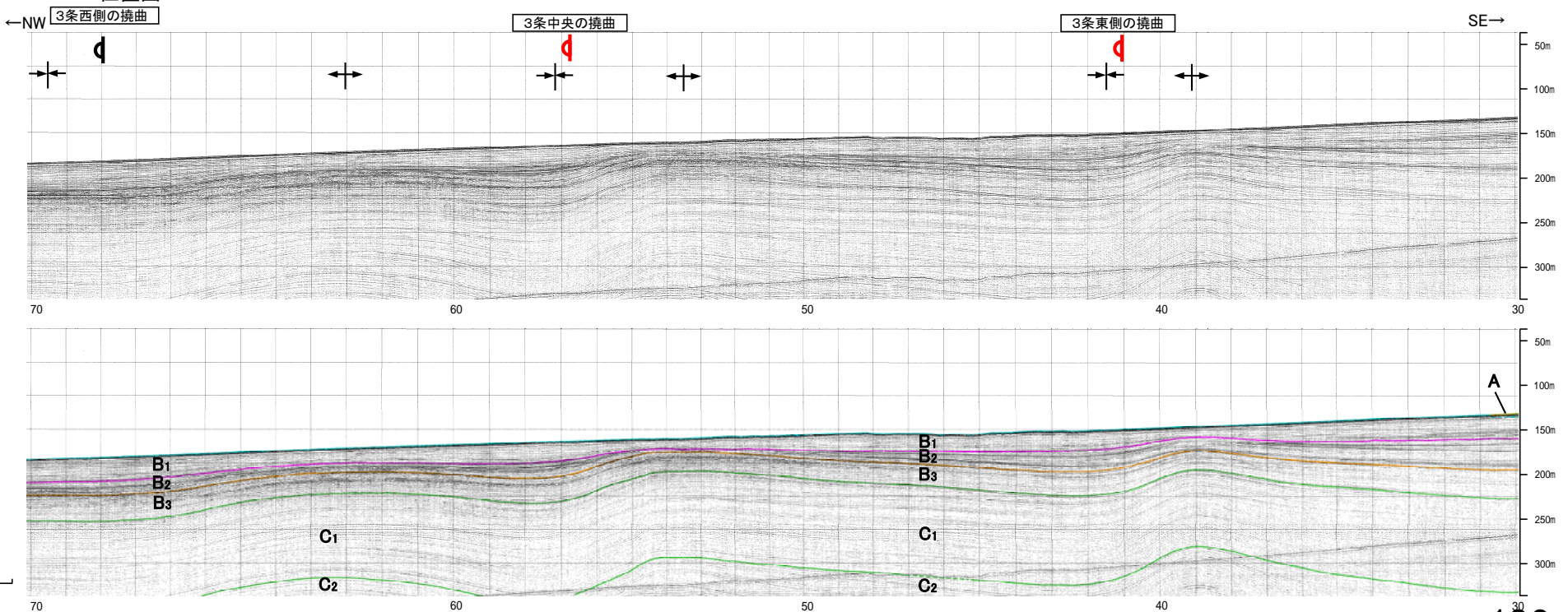
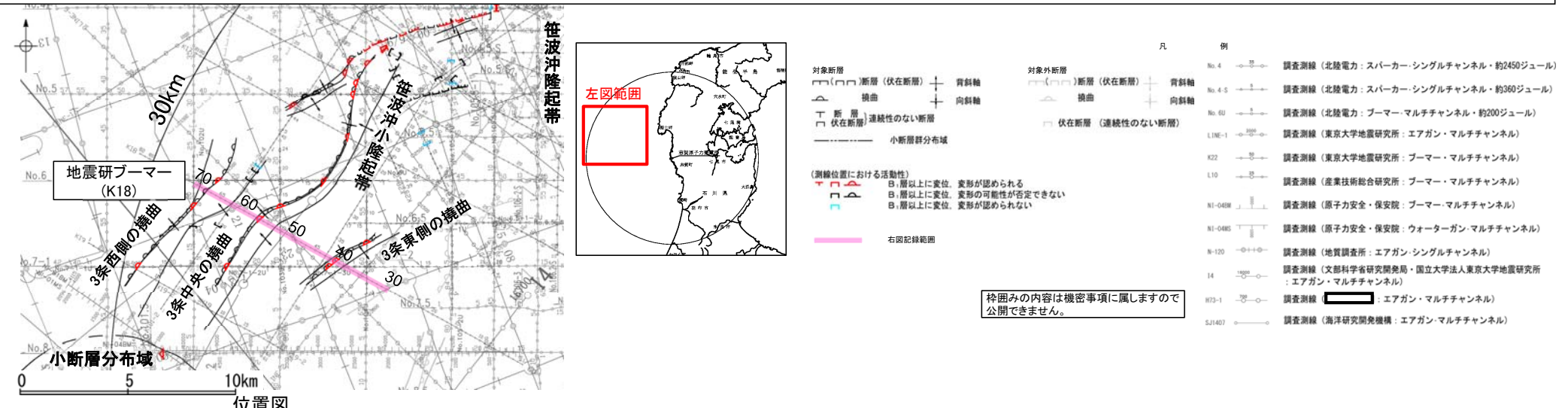
地質時代	地層名	
	第四紀	更新世
第四紀	更新世	B層
	更新世	B ₁ 層
	更新世	B ₂ 層
第四紀	更新世	B ₃ 層
	更新世	C層
第四紀	更新世	C ₁ 層
	更新世	C ₂ 層
第三紀	中新世	D層
	中新世	D ₁ 層
第三紀	古第三紀	D ₂ 層



※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。

2.6.5.1 (3) 笹波沖断層帯(西部)の活動性 —K18測線—

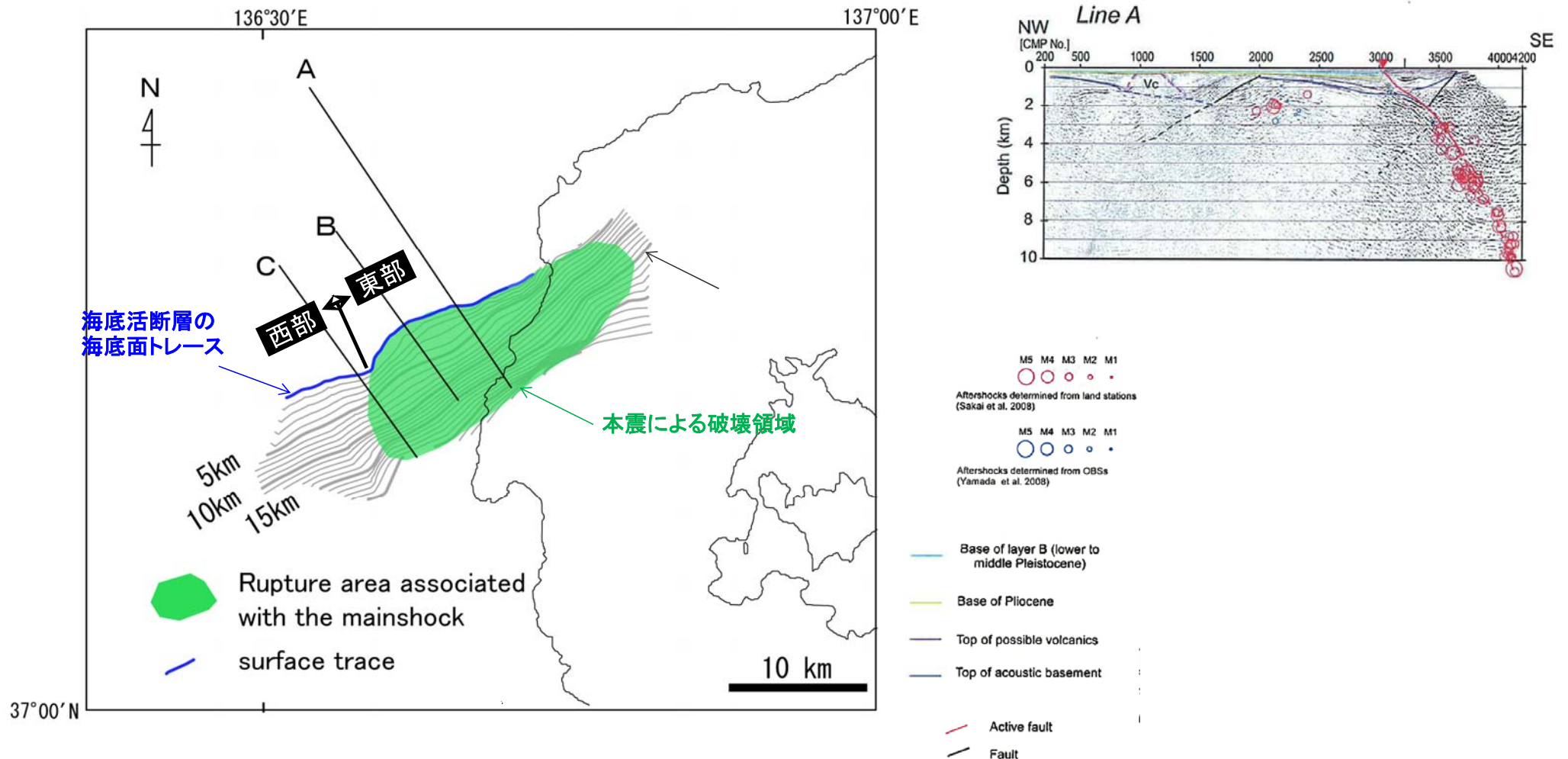
○K18測線において、測点41付近でB₁層、B₂層、B₃層、C₁層、C₂層に変形が認められ、測点57付近でB₁層、B₂層、B₃層、C₁層に変形が認められ、測点68付近でB₂層、B₃層、C₁層に変形が認められることから3条の撓曲を推定した(西側、中央、東側)。
 ○これらの撓曲は西翼が急傾斜で幅が狭く、東翼が緩傾斜で幅が広い非対称な褶曲である。



※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。

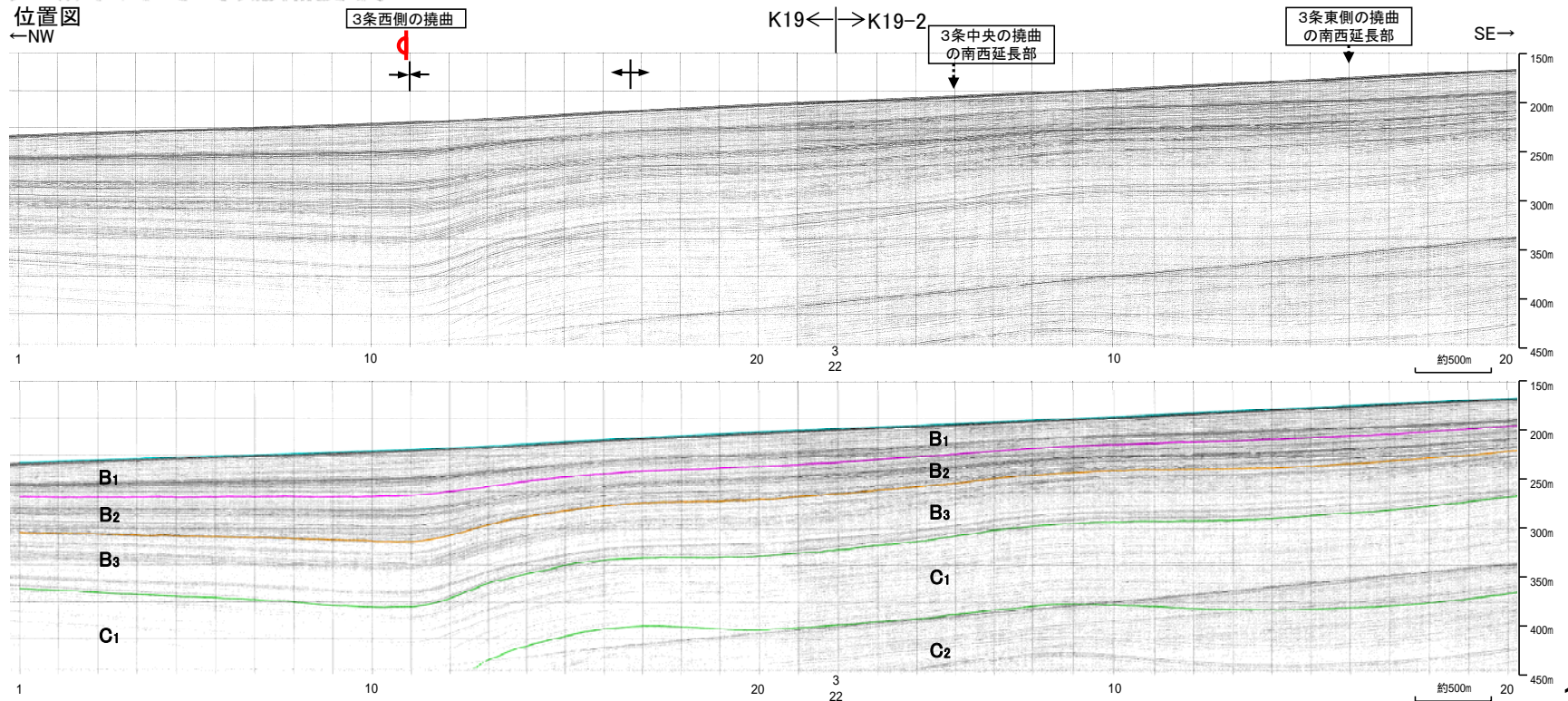
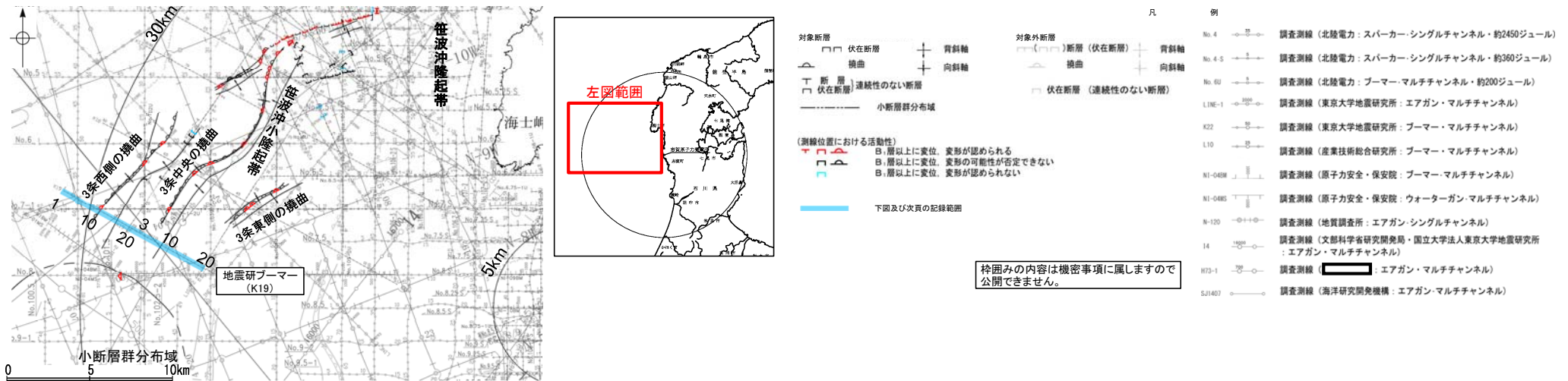
2.6.5.1 (4) 笹波沖断層帯(西部)の端部 —北東端調査—

- 笹波沖断層帯(東部)の西方は、断層トレースが大きく南北方向に走向が変化することが報告されている(片川ほか(2005), 岡村(2007), 井上ほか(2007))。
- 笹波沖断層帯(西部)に隣接して分布する笹波沖断層帯(東部)は、2007年能登半島地震の震源断層であり、走向が屈曲する位置がその西端であるとされている(佐藤ほか(2007), 下図)。
- このことから、笹波沖断層帯(西部)の北東端は、2007年能登半島地震の震源断層の西端である断層の走向が屈曲する位置とする。



2.6.5.1 (4) 笹波沖断層帯(西部)の端部 —南西端調査 K19測線—

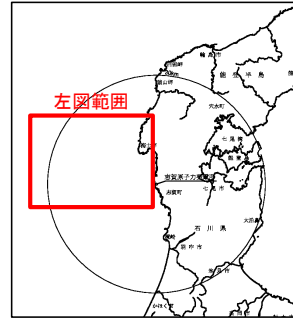
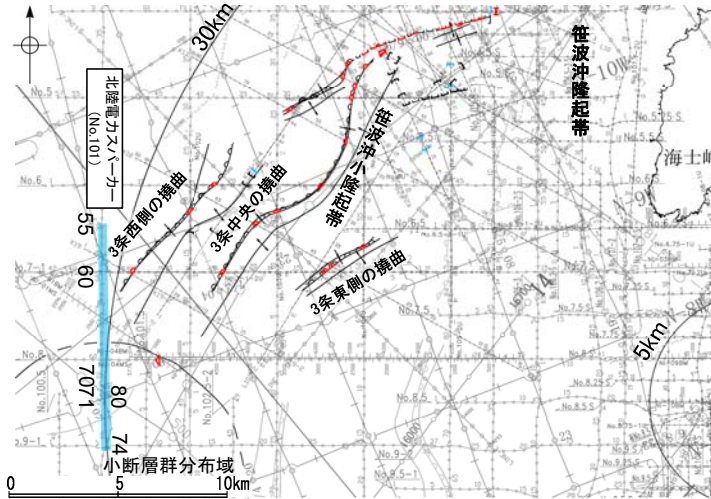
OK18測線で3条の撓曲を推定した南西方延長にあたるK19測線において、3条の撓曲のうち、西側の撓曲の南西延長部にはB₁層下部、B₂層、B₃層、C₁層に変形が認められたが、中央、東側の撓曲の南西延長部はわずかな背斜状を示すものの非対称な構造は認められない。



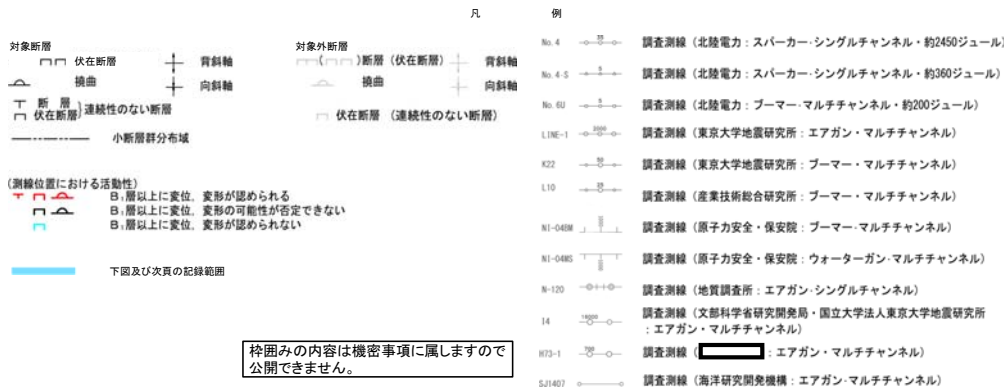
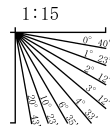
※この図面は、東京大学地震研究所の海上音波探査の記録を北陸電力が独自に解析・作成したものである

2.6.5.1 (4) 笹波沖断層帯(西部)の端部 —南西端調査 No.101測線—

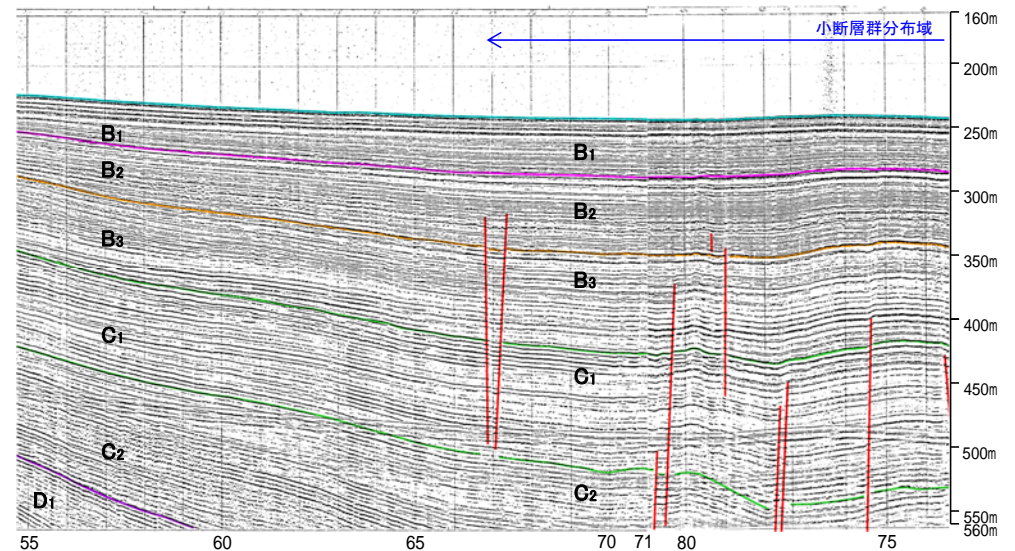
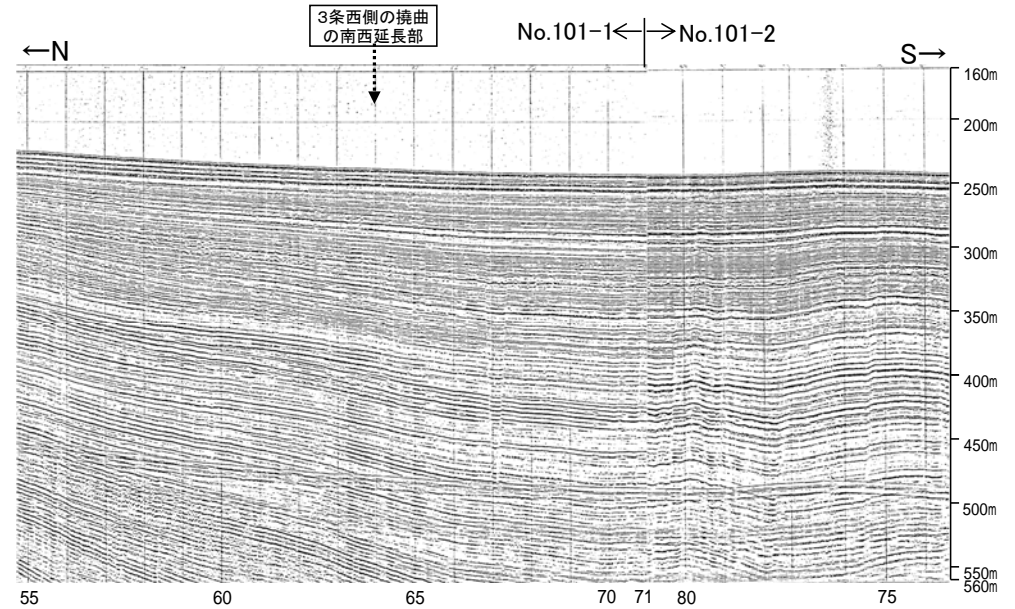
○K19測線に認められた西側の撓曲の南西方延長であるNo.101測線では、撓曲構造は認められない。
 ○なお、No.101-1測線の測点66~71, No.101-2測線の測点74~80付近に認められるわずかな地層の変位、変形は、D層まで達しない小断層群であり、隆起運動に伴い、表層付近に生じた局所的な応力により形成されたものと推定され、笹波沖断層帯(西部)に対応する構造ではないと判断している。



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	B ₃ 層
		C層
第三紀	新新世	C ₁ 層
	中新世	D層
古第三紀		D層
先第三紀		D層

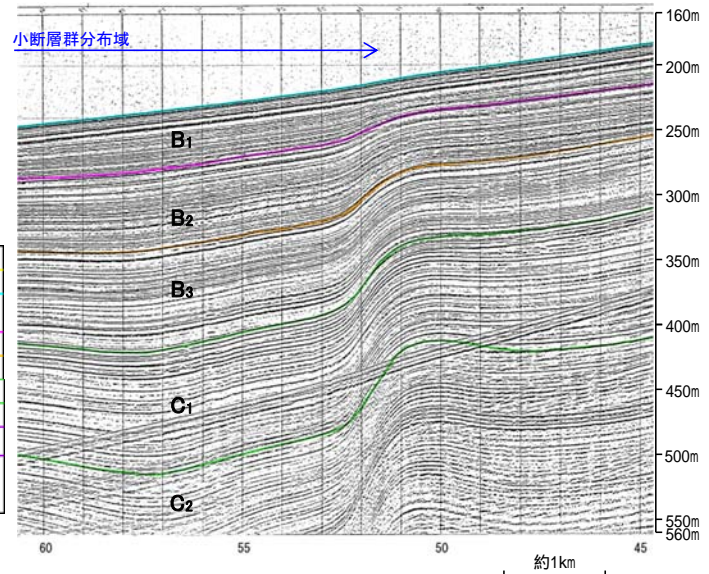
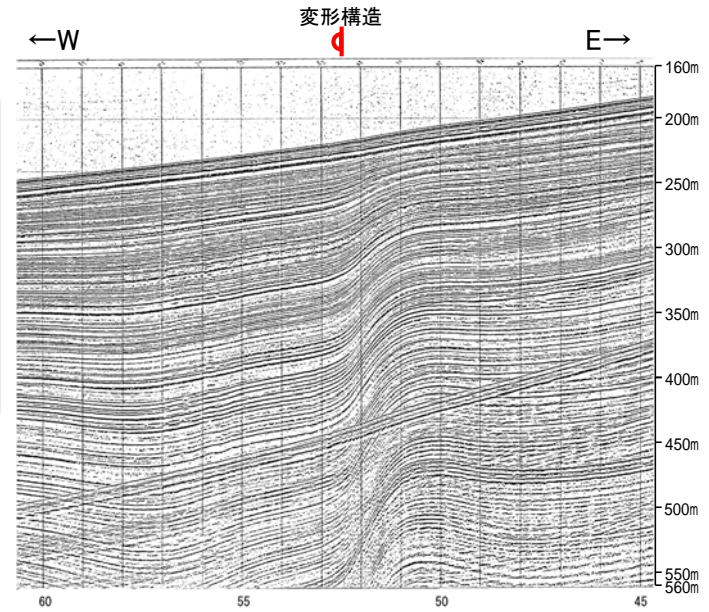
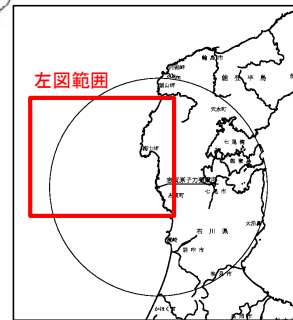
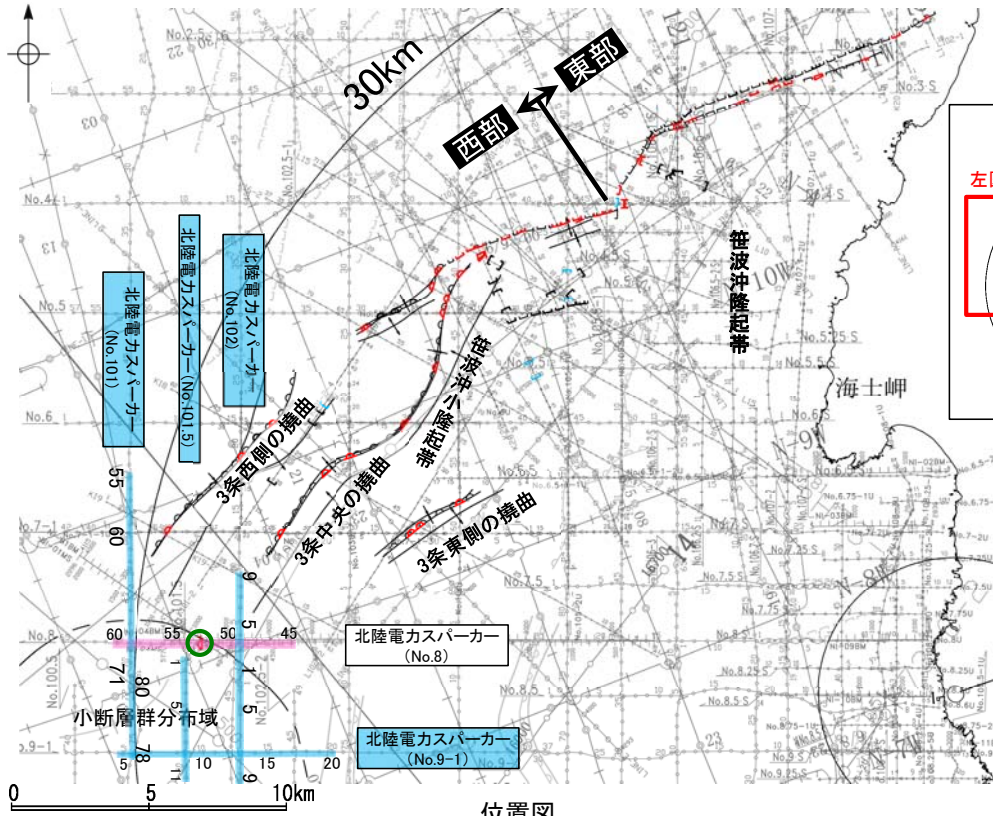


枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。



2.6.5.1 (4) 笹波沖断層帯(西部)の端部 —南西端調査 No.8測線—

- 褶曲の西端付近の後翼側であるNo.8測線において、西側低下の変形構造が認められる(下図)が、その周辺の測線(No.101測線(前頁), No.9-1測線, No.102測線, No.101.5測線(次頁))には認められない。
- この変形構造については、周辺が北部海域と南部海域の地質構造の会合部付近であること、同構造が周辺の測線に連続しないこと等から局所的な変形構造と考えられる。
- なお、No.9-1測線, No.102測線, No.101.5測線に認められるわずかな地層の変位, 変形は、D層まで達しない小断層群であり、隆起運動に伴い、表層付近に生じた局所的な応力により形成されたものと推定され、この変形構造に対応するものではないと判断している。



位置図

対象断層	対象外断層	凡	例
断層 (伏在断層)	断層 (伏在断層)	No. 4	調査測線 (北陸電力: スパーク-シングルチャンネル・約2450ジュール)
換曲	換曲	No. 4.5	調査測線 (北陸電力: スパーク-シングルチャンネル・約360ジュール)
断層 (連続性のない断層)	断層 (連続性のない断層)	No. 6U	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)
伏在断層 (連続性のない断層)	伏在断層 (連続性のない断層)	LINE-1	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)
小断層群分布域		K22	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)
		L10	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)
		NI-048H	調査測線 (原子力安全・保安院: プーマー・マルチチャンネル)
		NI-048S	調査測線 (原子力安全・保安院: ウォーターガン・マルチチャンネル)
		N-120	調査測線 (地質調査所: エアガン・シングルチャンネル)
		14	調査測線 (文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所: エアガン・マルチチャンネル)
		H73-1	調査測線 () : エアガン・マルチチャンネル)
		SJ1407	調査測線 (海洋研究開発機構: エアガン・マルチチャンネル)

(測線位置における活動性)
 B₂層以上に変位。変形が認められる
 B₂層以上に変位。変形の可能性が否定できない
 B₂層以上に変位。変形が認められない

右図記録範囲
 前頁及び次頁の記録範囲
 変形構造の位置 (No.8測線)

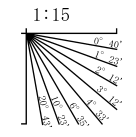
枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

1:15

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	新第三紀	C ₁ 層
	中新世	C ₂ 層
古第三紀	D層	
先第三紀	D層	

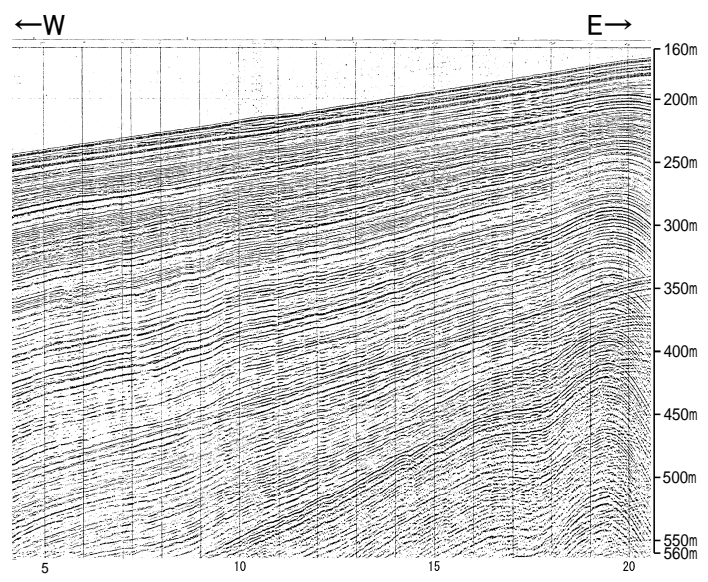
【No.9-1測線, No.102測線, No.101.5測線】

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
新第三紀	鮮新世	C ₁ 層	
	中新世	C ₂ 層	
			D ₁ 層
			D ₂ 層
古第三紀	D ₃ 層		
先第三紀	D ₄ 層		

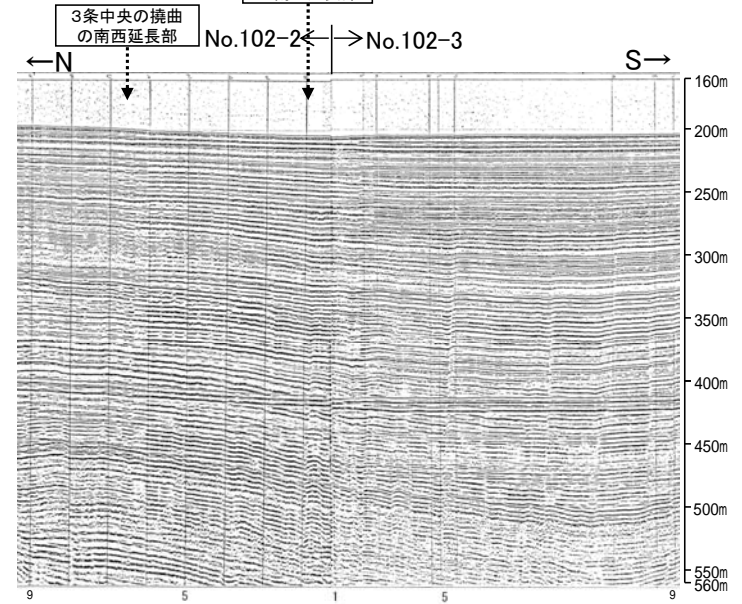


断層

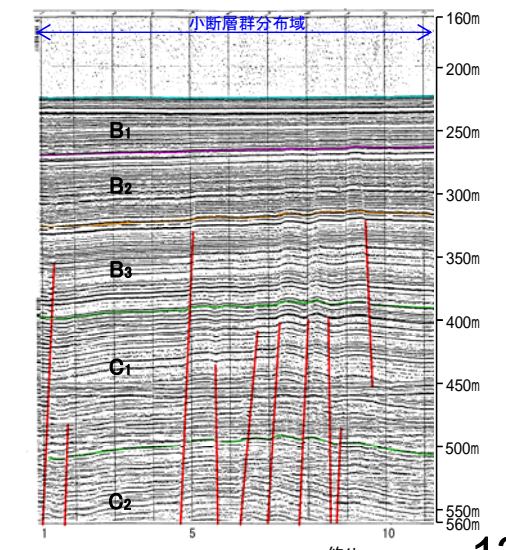
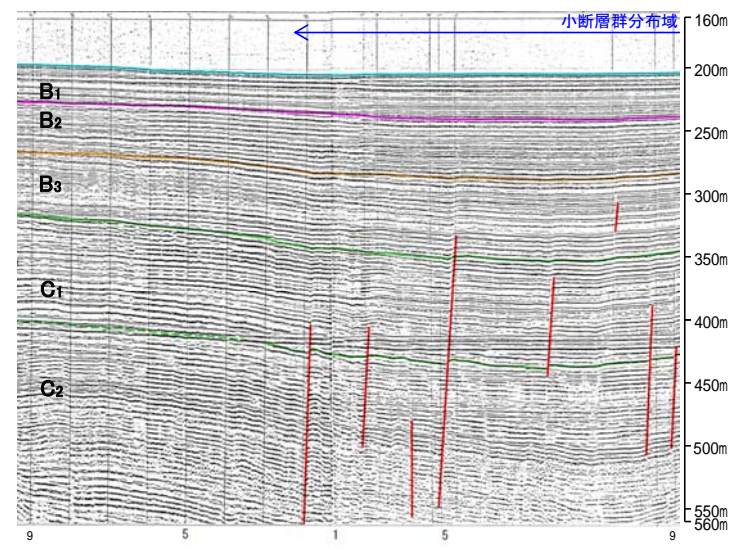
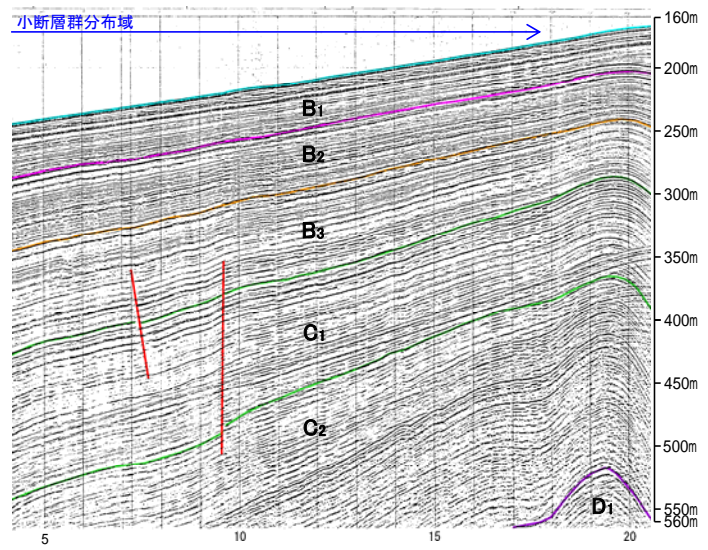
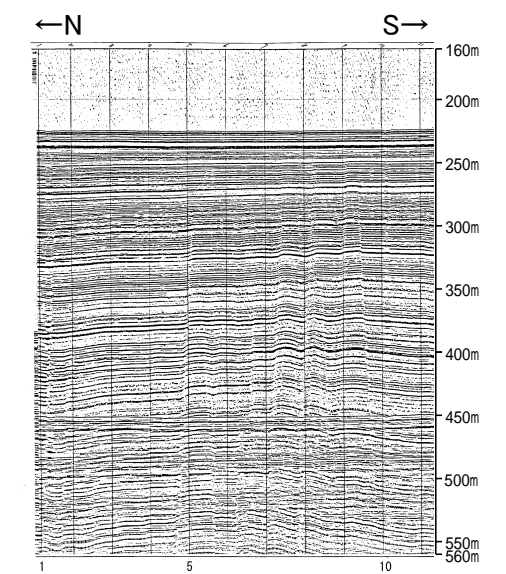
No.9-1測線



No. 102測線



No. 101.5測線

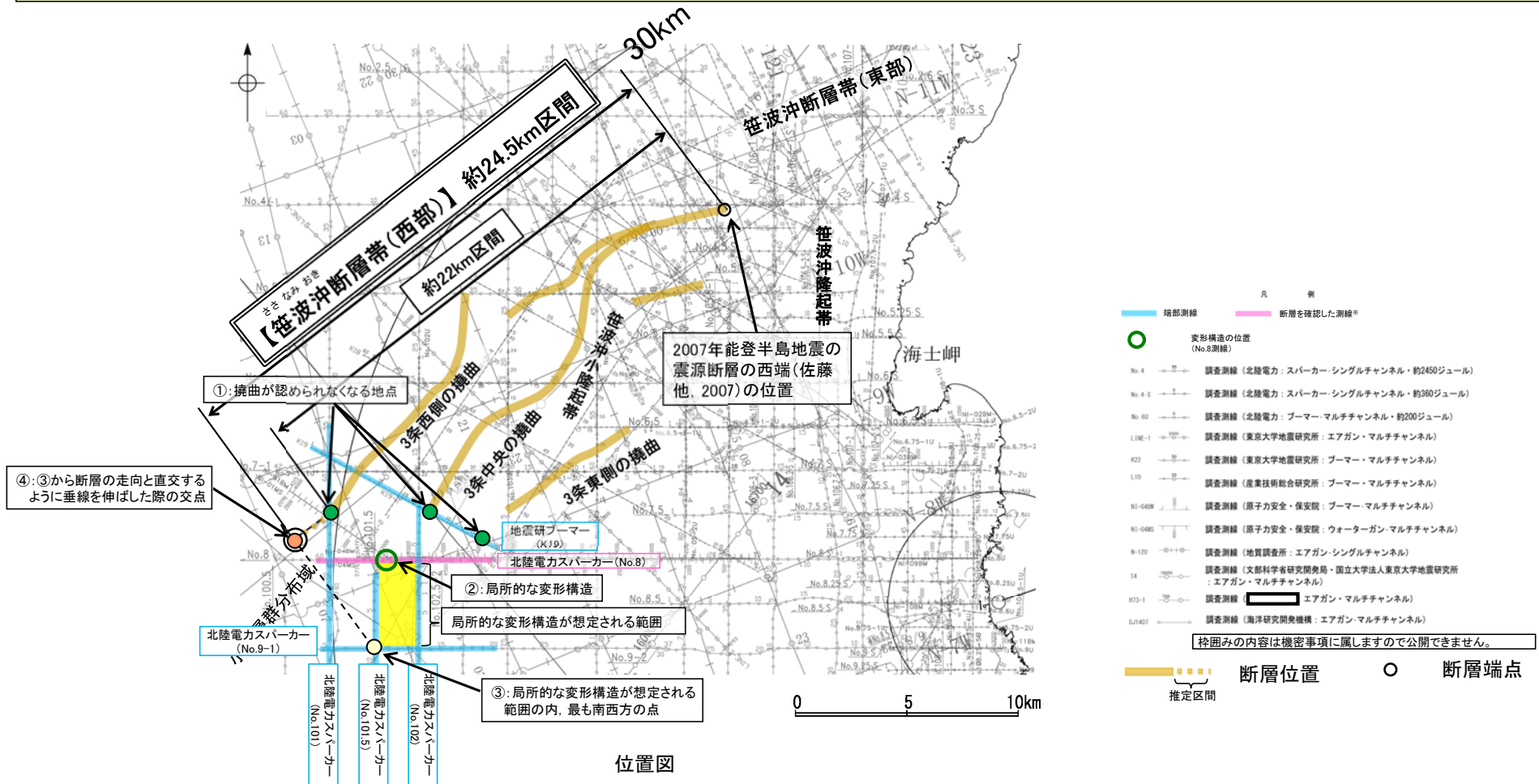


約1km

2.6.5.1 (4) 笹波沖断層帯(西部)の端部 —まとめ—

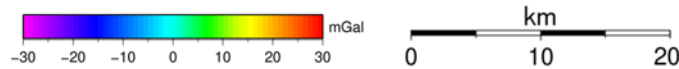
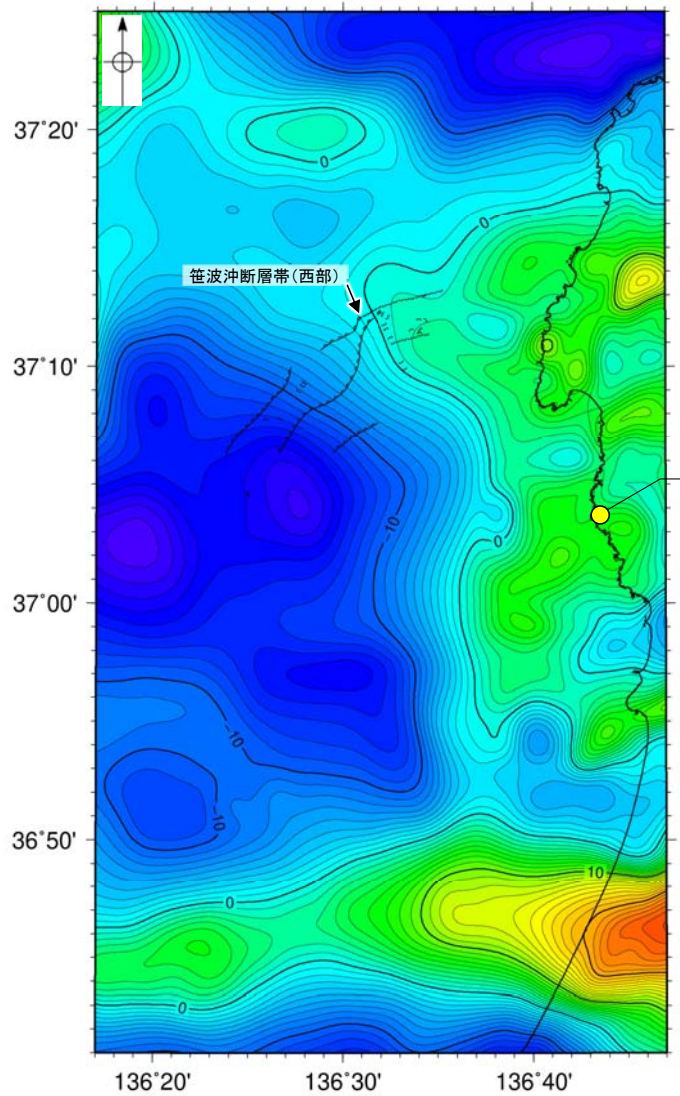
- 北東端
 - 文献調査の結果、笹波沖断層帯(西部)の東端付近は、走向が南北方向に大きく変化する。
 - ⇒笹波沖断層帯(西部)の北東端は、2007年能登半島地震の震源断層(佐藤ほか、2007)の西端である断層の走向が屈曲する位置とする。
- 南西端
 - 海上音波探査の結果、K18測線で推定した3本の撓曲のうち、中央の撓曲と東側の撓曲はK18測線の南西方延長にあたるK19測線において認められなくなる。また、西側の撓曲はK19測線のさらに南西方延長であるNo.101測線において認められなくなる(図中①)。
 - さらに南西方のNo.8測線において、西側低下の変形構造が認められる(図中②)が、その周辺の測線(No.102測線、No.101測線、No.9-1測線、No.101.5測線)には認められないもの、図中(■)の範囲内に連続する可能性は否定できない。
 - ⇒3本の撓曲がいずれも認められないことを確認したNo.101測線が南西端と判断されるが、No.8測線に認められた局所的な変形構造についても、断層端部周辺で局所的な変形が生じる可能性を考慮し、この変形構造の存在が想定される範囲の内、最も南西方の点(図中③)から断層の走向と直交するように垂線を伸ばした際の交点(図中④)を南西端と評価する。

○以上のことから、笹波沖断層帯(西部)の長さについては、2007年能登半島地震の知見から推定された震源断層の走向が大きく変化する位置(北東端)から、No.101測線までの約22km区間に南西端付近の局所的な変形構造の存在が想定される範囲を含むように走向を延伸させた位置(南西端)までの約24.5km区間を評価。



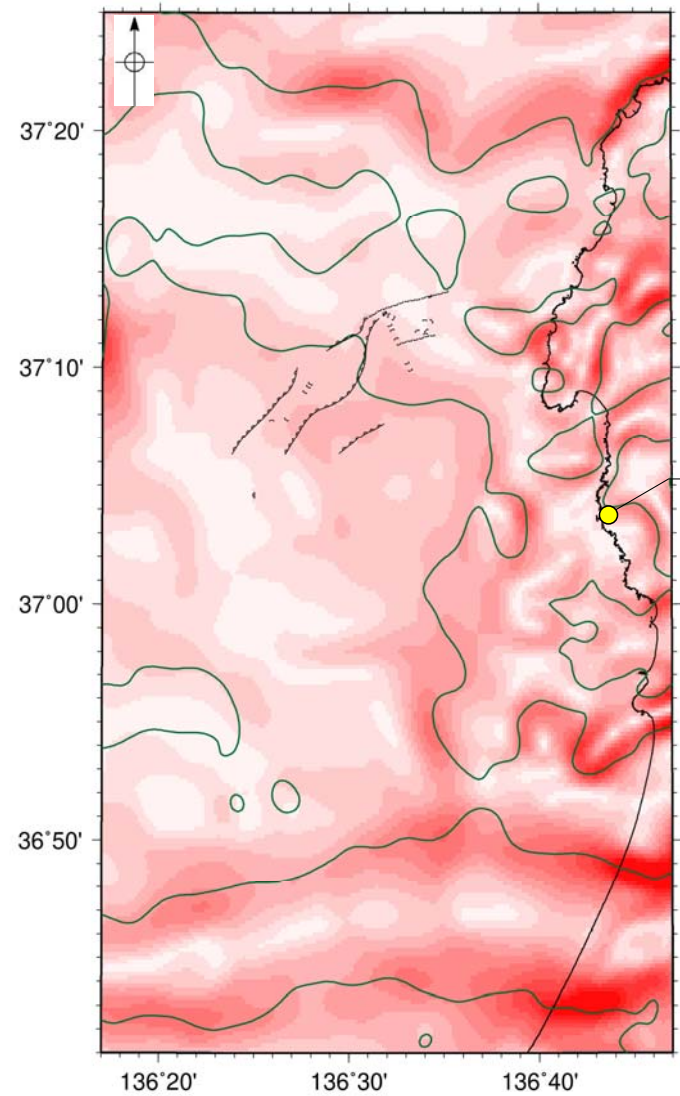
2.6.5.1 (5) 笹波沖断層帯(西部)周辺の重力異常

- 笹波沖断層帯(西部)の深部構造を確認するため、ブーゲー異常図、水平一次微分図を作成した。
- ブーゲー異常図及び水平一次微分図によれば、笹波沖断層帯(西部)に対応するNE-SW走向の重力異常急変部は認められない。



仮定密度: 2,300kg/m³ コンター間隔: 1mGal (---)断層 (伏在断層)
 (---) 横曲

ブーゲー異常図



鉛直一次微分値が0mGal/kmの等値線 (---)断層 (伏在断層)
 (---) 横曲

水平一次微分図

・右図は、陸域は本多ほか(2012)、国土地理院(2006)、The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001)、Yamamoto et al. (2011)、Hiramatsu et al. (2019)、海域は産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013)、石田ほか(2018)を用いて、金沢大学・当社が作成した。

・ブーゲー異常図は、対象とする断層の規模、調査密度を考慮し、平面トレンド成分の除去及び遮断波長4kmのローパスフィルター処理を行っている。

・水平一次微分図は、左のフィルター処理後のブーゲー異常図を基に作成した。

2.6.5.2 笹波沖断層帯(東部)～笹波沖断層帯(西部)の地質構造