

新潟県中越沖地震に対する柏崎刈羽原子力発電所の
耐震安全性の検討状況について
敷地周辺海域の地質調査結果

平成20年3月27日
東京電力株式会社



東京電力

海域地質調査

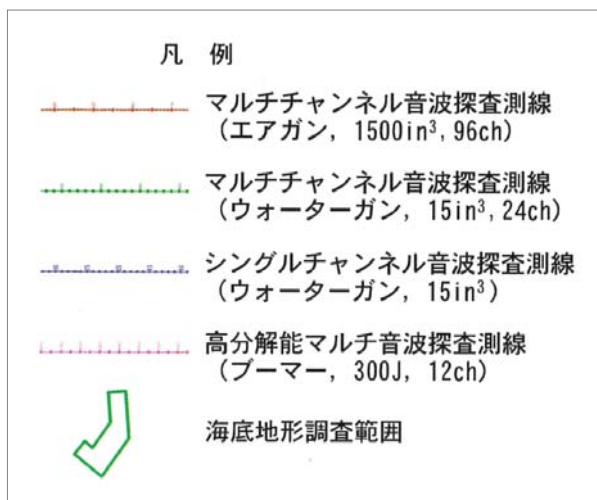
■ 海上音波探査

海岸線と平行方向に約140km，海岸から沖合い方向に約50kmの範囲

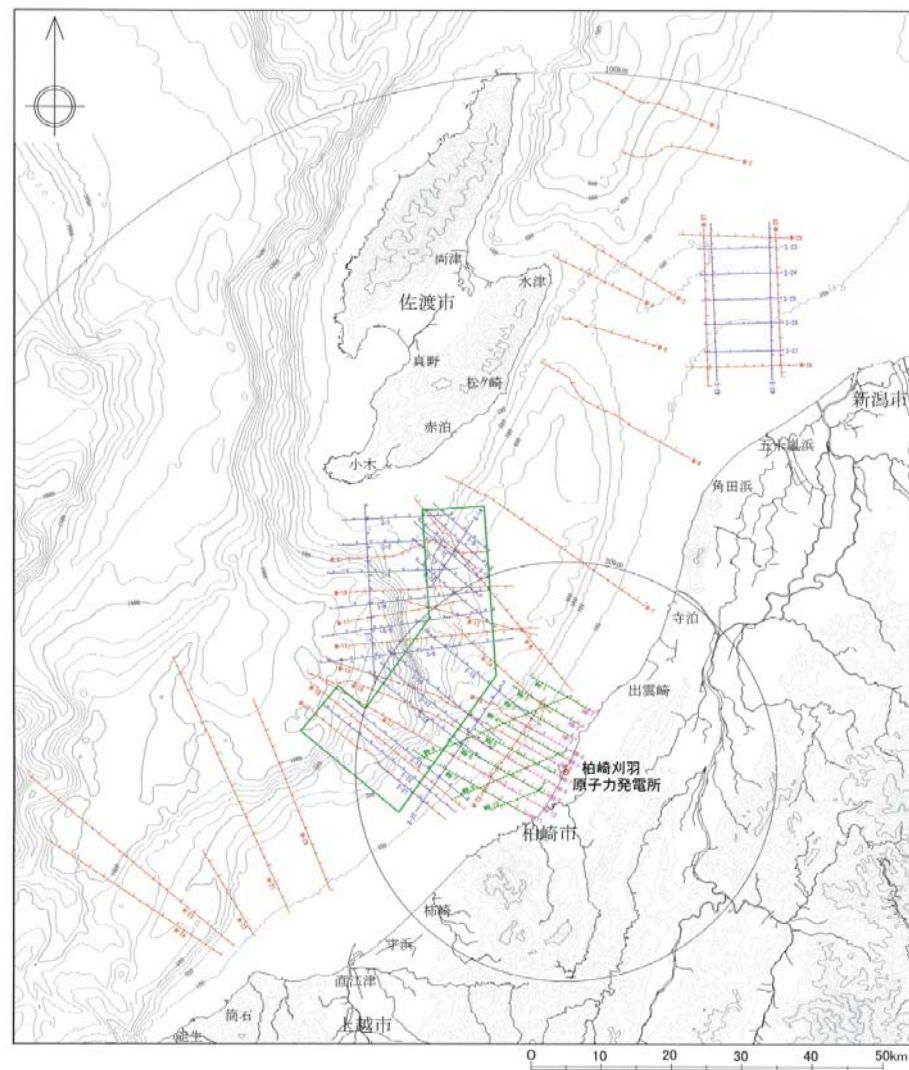
■ 海底地形調査

他機関実施の既存音波探査記録なども含めて総合的に周辺海域の地下構造の評価を実施

調査期間：平成19年8月～11月



■ 海上音波探査測線図



海域の地質層序・区分

- 申請書の地質区分をもとに、基礎試錘「佐渡沖」, 「柏崎沖」および「直江津北沖」(天然ガス工業会・大陸棚石油開発協会, 1992)と当社海上音波探査記録とを対比するなどして、敷地周辺海域の地質区分は右表のとおり評価した

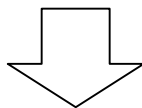
※基礎試錘と音波探査記録との対比については参考資料参照

| 地質名 | 地層区分 |
|--------------------|-------|
| 沖積層 | A層 |
| 低位～中位段丘堆積物相当層 | Bu層 |
| 高位段丘堆積物相当層 | B層 |
| 灰爪層相当層 | C層 |
| 西山層相当層 | D層 |
| 椎谷層～七谷層相当層 | E層 |
| (グリーンタフより上位の火山噴出物) | (Ev層) |
| グリーンタフ相当層 | F層 |

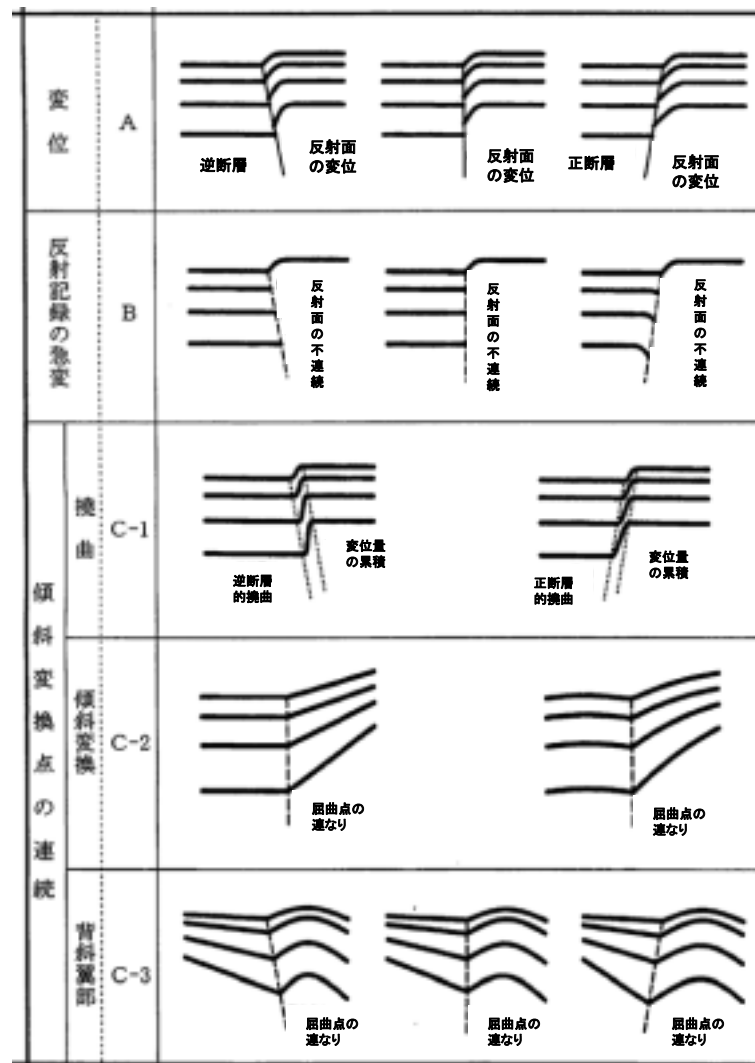
海域活断層に関する評価基準(1)

H15年当時の海域活断層評価基準

- 岡村（2000），泊3号炉安全審査の知見等を踏まえ、海域活断層の再評価を実施するため、活断層の認定基準を自社基準として新たに作成
- 断層による変位に加えて、断層による地層の変形についても活断層の可能性があると評価



今回もこの基準に則り
活断層評価を実施



海域活断層に関する評価基準(2)

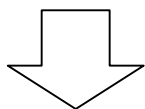
- 岡村（2000）の知見を踏まえ、断層関連褶曲の考え方をより厳密に適用
- H15年の評価基準に加えて、褶曲の成長に伴う堆積構造により断層による活動性を評価
- 評価の代表例

| | 概念図 | 代表的な音波探査結果例 |
|-------|-----|-------------|
| 活動性あり | | |
| 活動性なし | | |

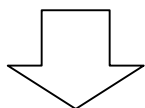
海域活断層に関する評価基準(3)

■ 評価の一例

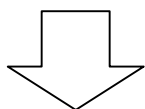
growth triangleなどの褶曲の成長に伴う堆積構造が連続して認められる範囲を活背斜と評価



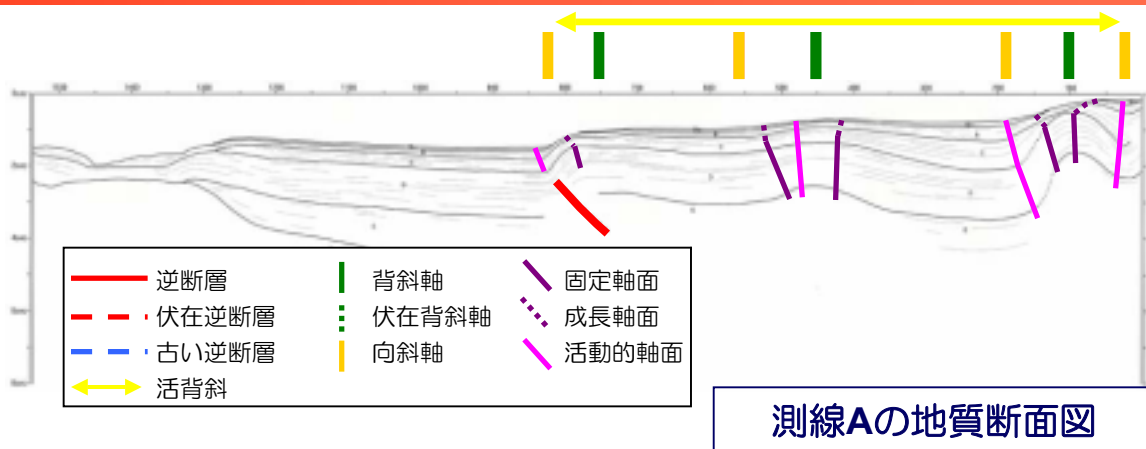
各測線の評価を元に、活背斜の連続性を考慮して右図のように平面的に活背斜と評価



活背斜の範囲、および活断層が認められる範囲から、総合的に活動性を評価

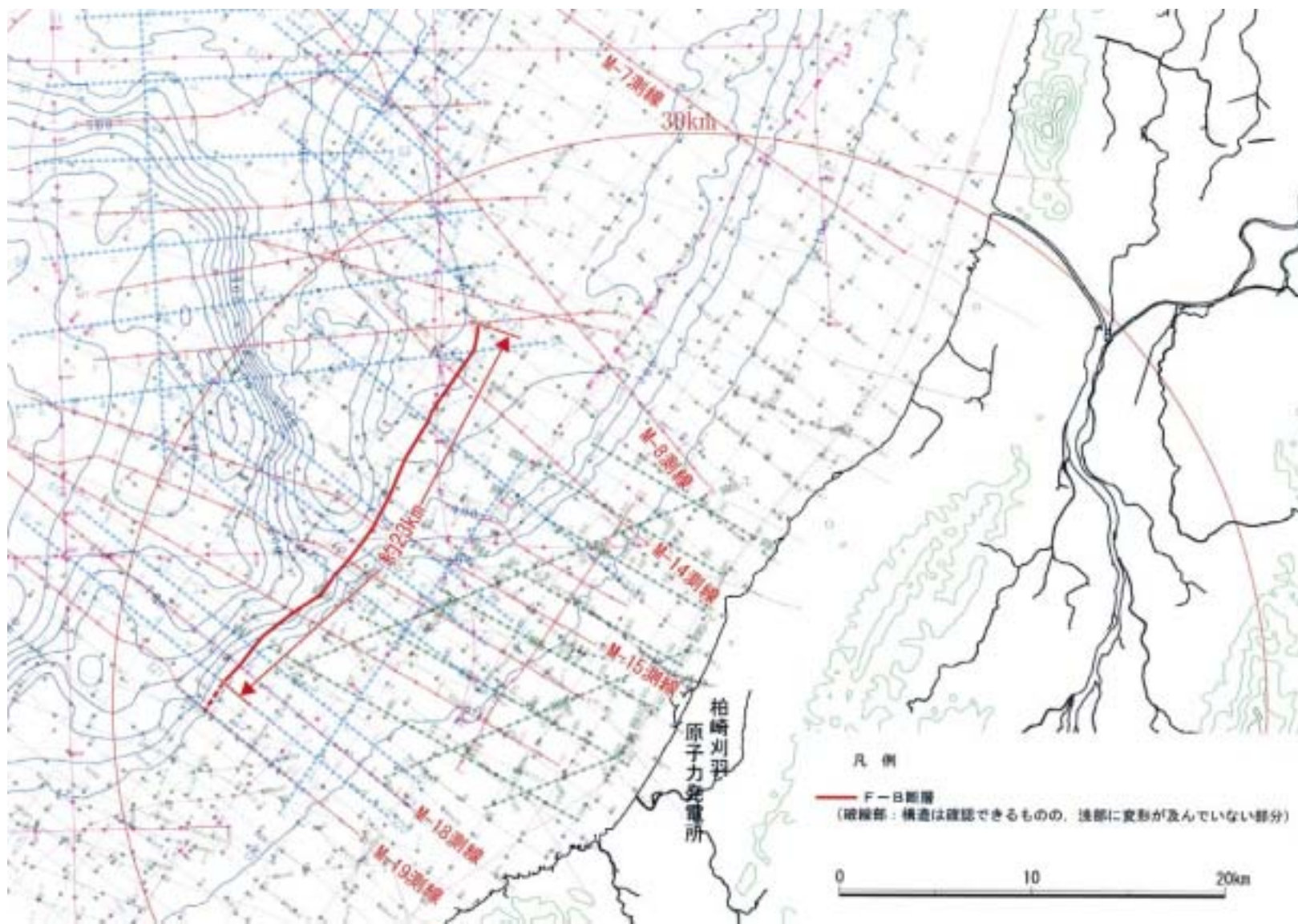


上記評価にバランス断面法による地下構造の推定なども加えて総合的に検討し、震源モデルを設定する

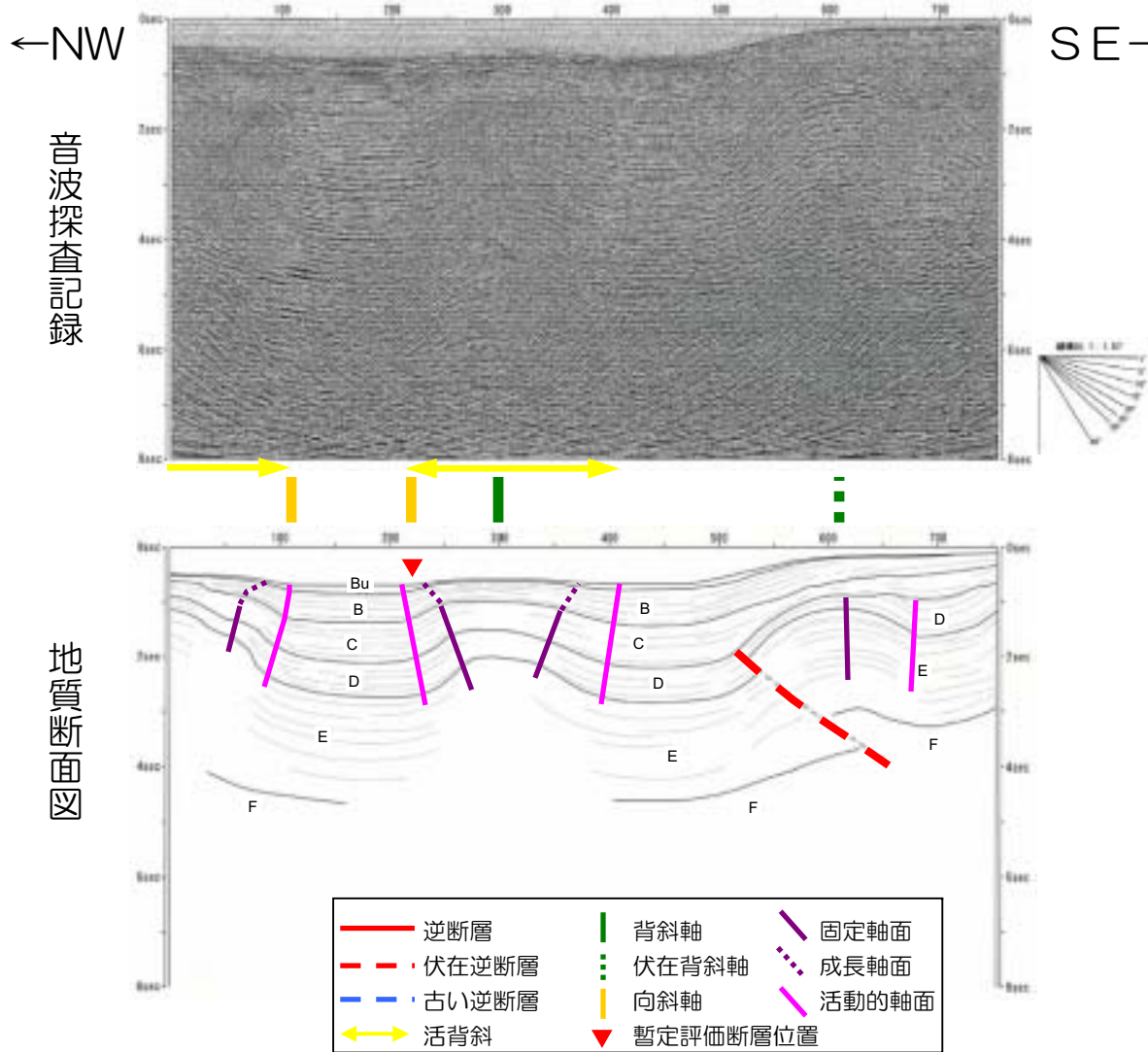


F-B断層に関する評価 (F-B断層を含む褶曲(群)の評価)

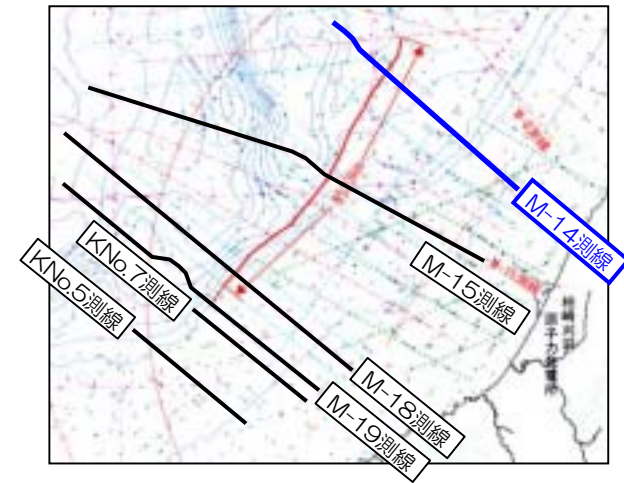
H19年12月時点のF-B断層暫定評価



M-14測線



- F-B断層暫定評価の主部の北側に位置する測線
- 背斜軸1列，向斜軸2列と伏在する背斜軸1列
- いずれの向斜付近にも海底に達するgrowth triangleが認められることから，左図のように活背斜帯を設定
- SE側(陸側)の伏在背斜にはD層まで及びgrowth triangleが認められるもののC層堆積期以降の活動性はないものと判断される



【地質区分】

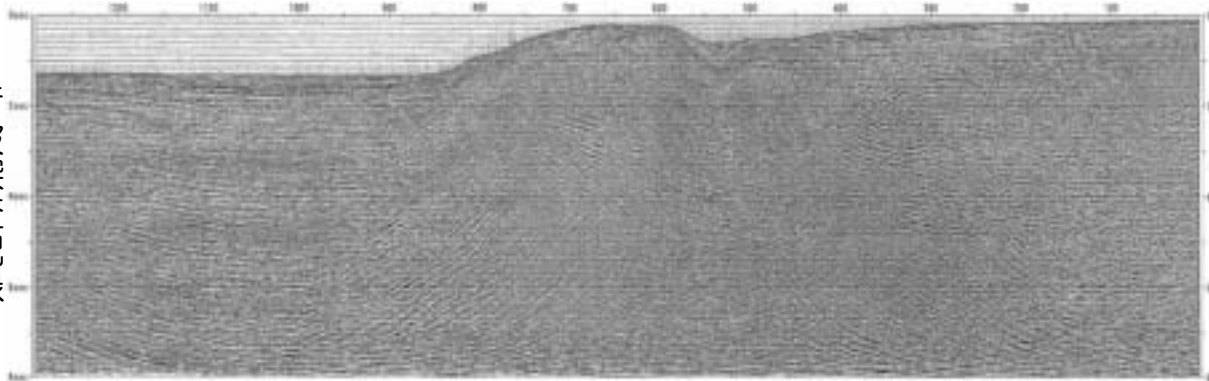
A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E:グリーン7より上位の火山噴出物) F:グリーン7相当層

M-15測線

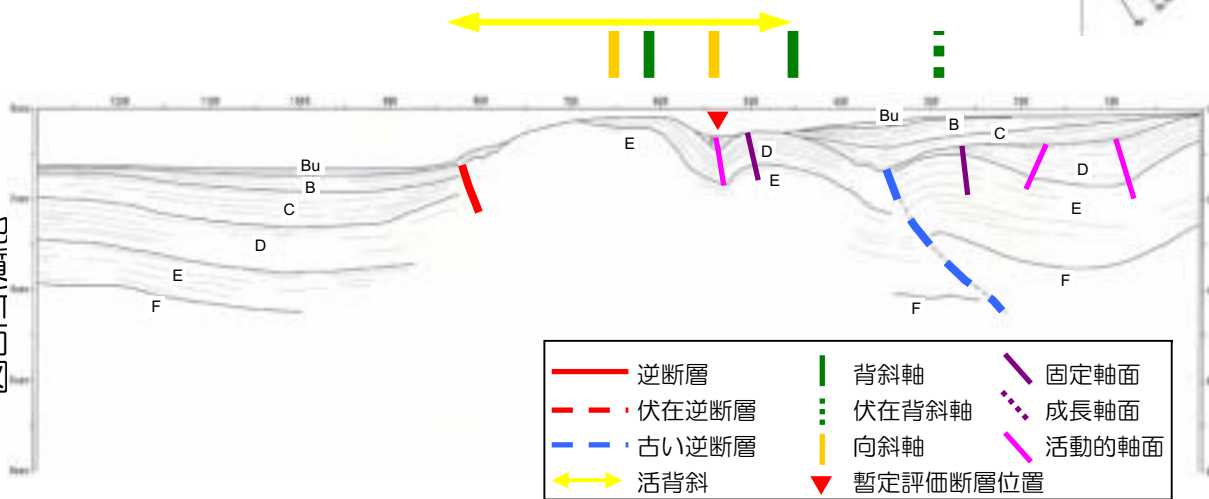
←NW

SE→

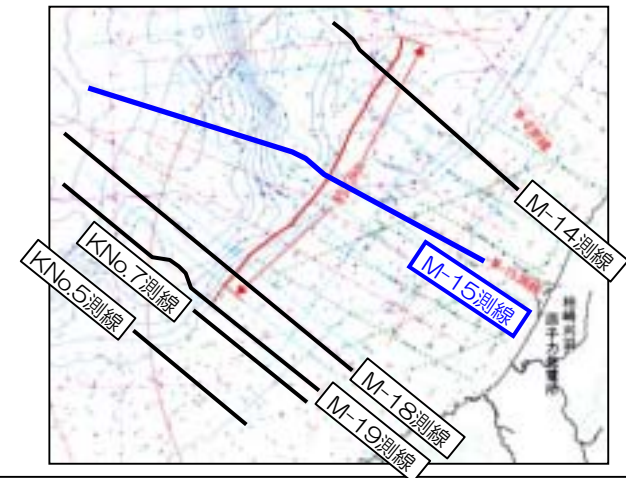
音波探査記録



地質断面図



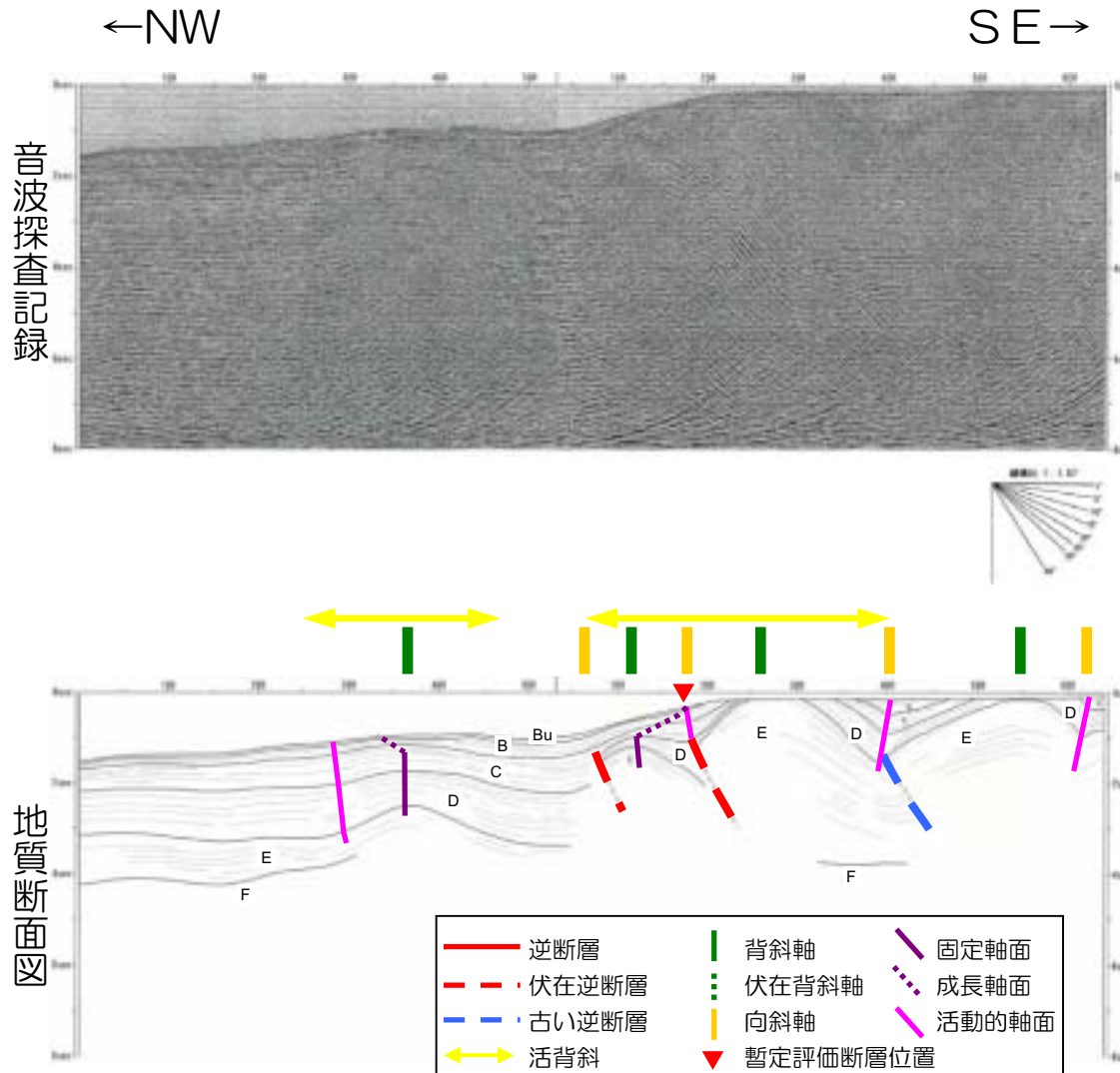
- F-B断層暫定評価の主部の南側に位置する測線
- 背斜軸2列，向斜軸2列と伏在背斜軸1列
- SE側(陸側)の向斜に海底に達するgrowth triangleが認められること，そのNW側(沖側)に逆断層が認められることから，左図のように活背斜帯を設定
- SE側(陸側)の伏在背斜にはD層まで及びgrowth triangleとその下部に伏在する断層が認められるもののC層堆積期以降の活動性はないものと判断される



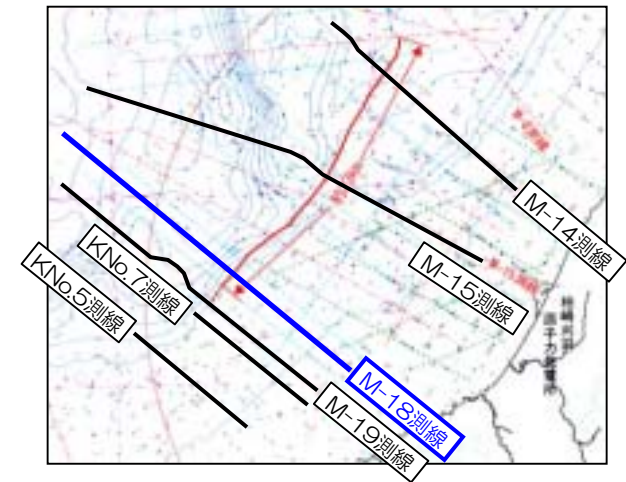
【地質区分】

A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

M-18測線



- F-B断層暫定評価南端付近の測線
- 背斜軸4列, 向斜軸4列
- SE側(陸側)の背斜・向斜にはgrowth triangleは認められない
- 中央の2つの背斜軸に海底に達するgrowth triangleと伏在逆断層が認められることから左図のように活背斜帯を設定
- NW側(沖側)の背斜にも地表に達するgrowth triangleが認められることから活背斜帯を設定
- 2つの活背斜帯の間はほぼ水平な堆積構造を示し, 地質構造は異なると判断される



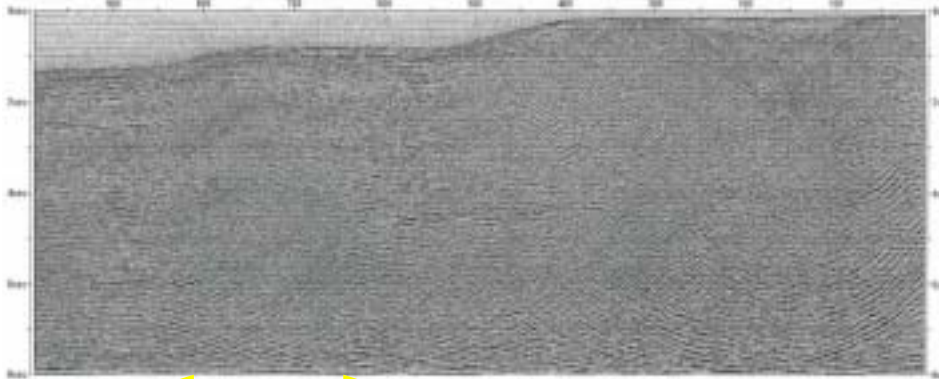
【地質区分】

A:沖積層相当層 B:低位~中位段丘堆積物相当層 C:高位段丘堆積物相当層 D:灰爪層相当層 E:椎谷層~七谷層相当層 (Ev:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

M-19測線

←NW

音波探査記録

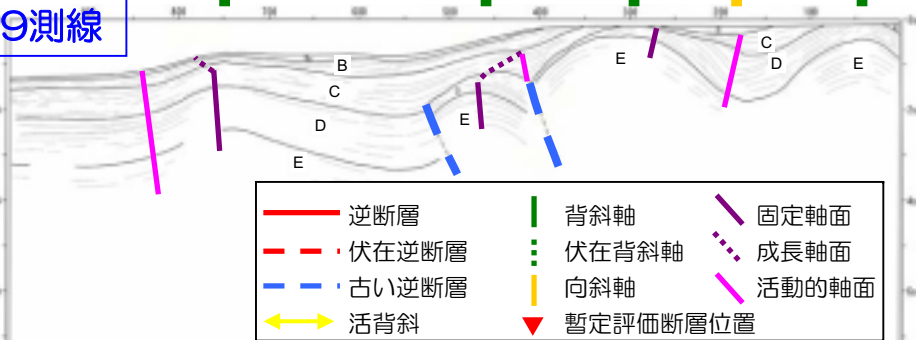


SE→

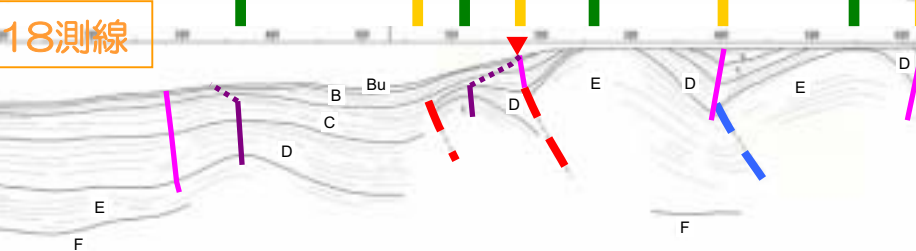
- F-B断層暫定評価よりも南の測線
- 背斜軸3列，向斜軸2列と伏在背斜軸1列
- SE側(陸側)に2つのgrowth triangleが認められるもののB層がC層を，ほぼ水平に不整合に覆っており海底には達していないことからB層堆積期以降の活動性はないものと判断される
- NW側(沖側)の背斜には上限面に達するgrowth triangleが認められることから左図のように活背斜帯を設定
- SE側(陸側)の地下構造はM-18測線と類似しているものの，活動時期は異なる

M-19測線

地質断面図

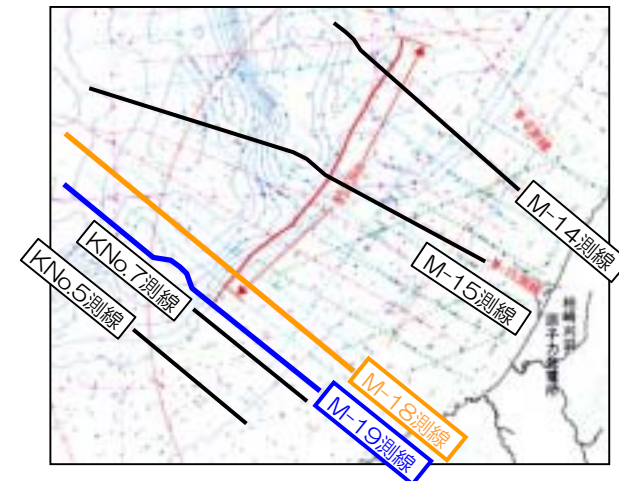


M-18測線



【地質区分】

- A: 沖積層相当層
- Bu: 低位～中位段丘堆積物相当層
- B: 高位段丘堆積物相当層
- C: 灰爪層相当層
- D: 西山層相当層
- E: 椎谷層～七谷層相当層 (Ev: グリーンツツより上位の火山噴出物)
- F: グリーンツツ相当層



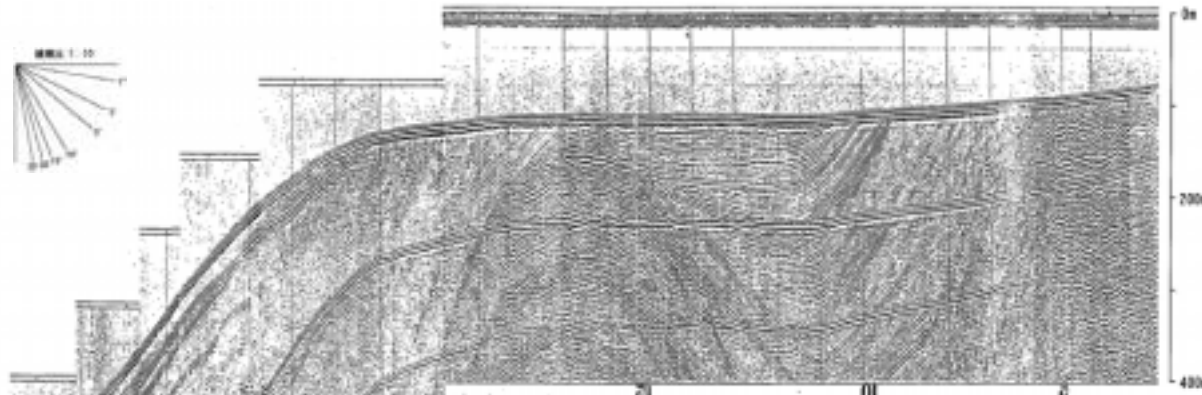
KNo.7測線（当社既存シングルチャンネル探査記録）

←NW

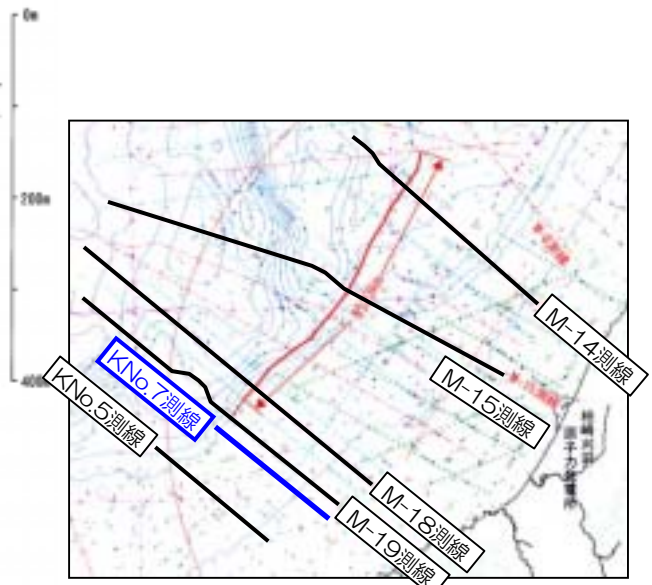
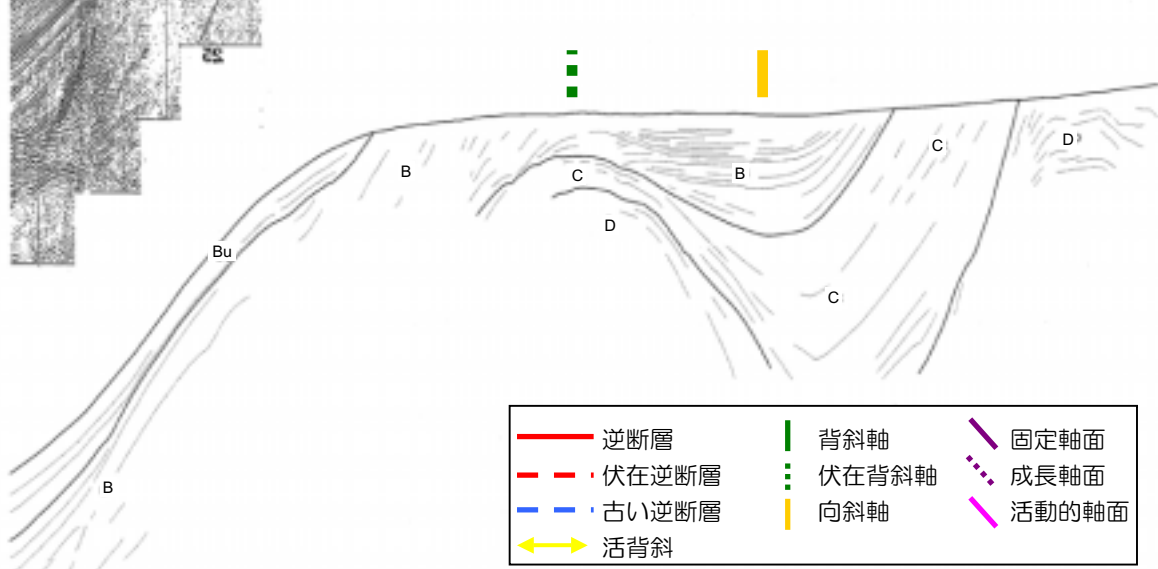
SE→

- M-18測線の南西約4kmに位置する測線
- 伏在する背斜の南西側の翼部で水平に堆積しており，少なくともB層堆積期以降における背斜構造の活動はないものと判断される

音波探査記録



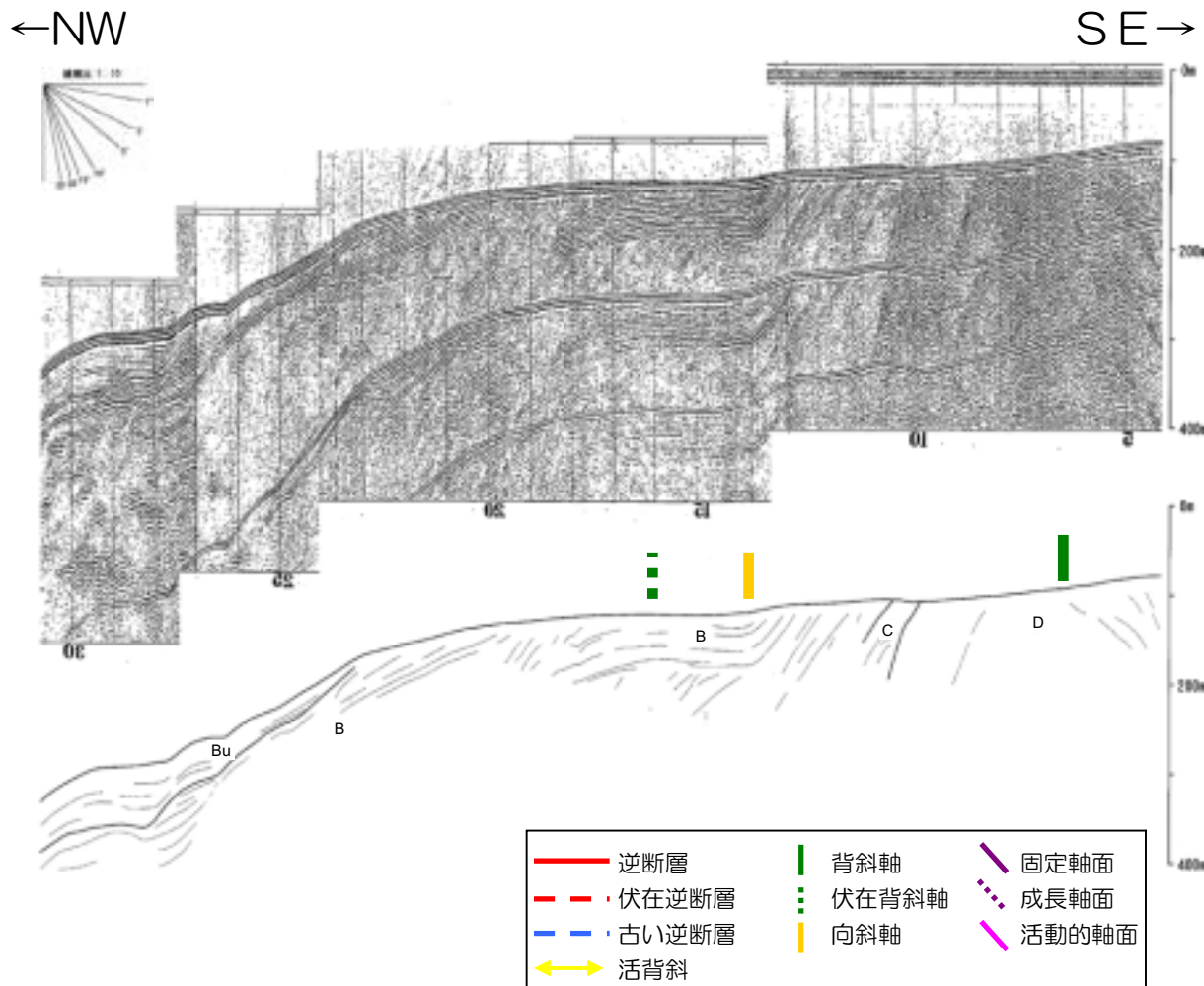
地質断面図



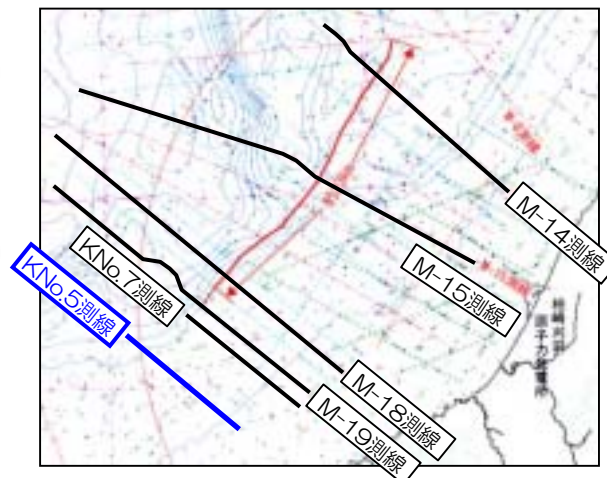
【地質区分】

A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

KNo.5測線（当社既存シングルチャンネル探査記録）



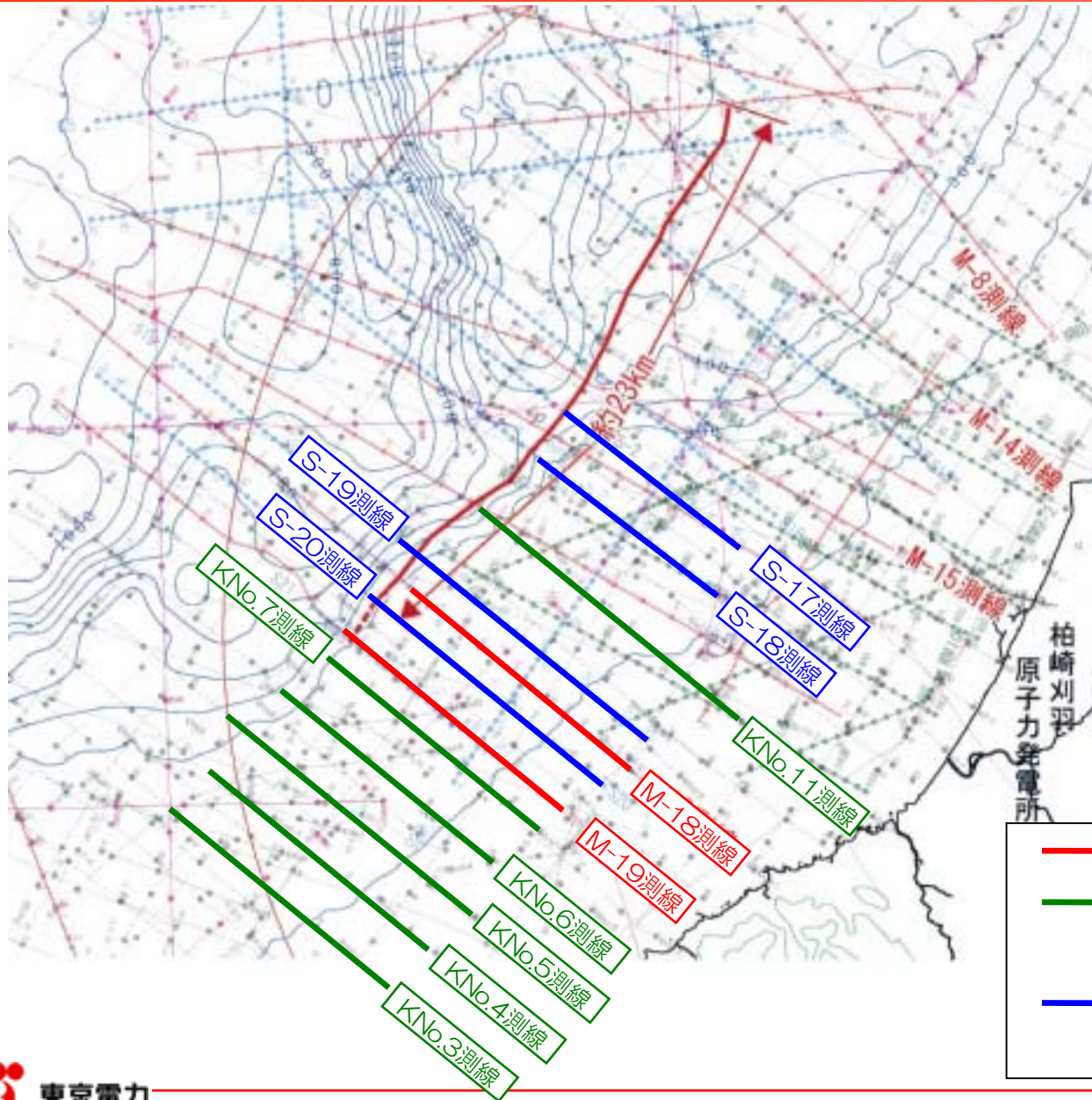
- M-18測線の南西約8kmに位置する測線
- 伏在する背斜付近のB層はほぼ水平に堆積しており、少なくともB層堆積期以降における背斜構造の活動はないものと判断される



【地質区分】

A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

F-B断層南方の海底地形の比較（1）

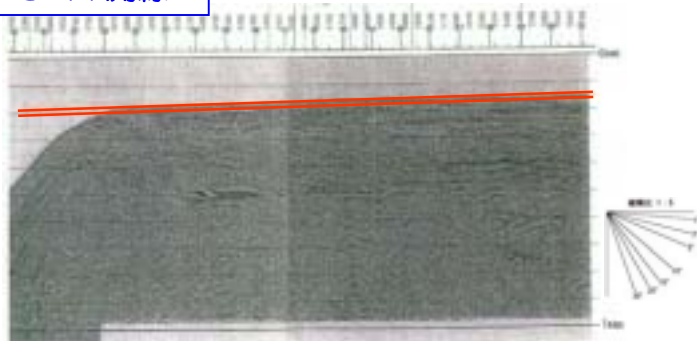


- F-B断層暫定評価の南方付近の海底地形を連続的に比較
- 次に示す音波探査記録によれば、活動性が認められるM-18測線より北では海底面に褶曲による隆起が確認されるが、南下するに従いその隆起が小さくなり、KNo.6より南では認められない

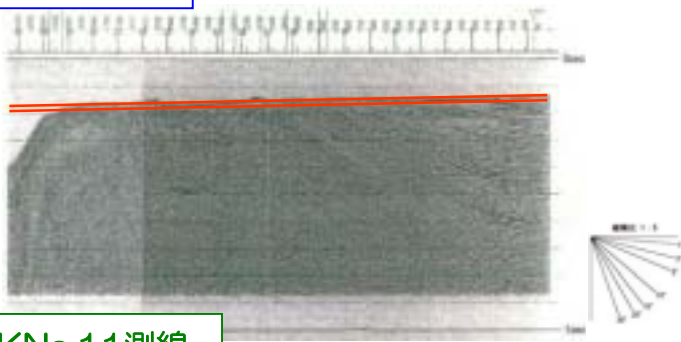
- マルチチャンネル音波探査測線
- シングルチャンネル音波探査測線
(ウォーターガン)
- 既存シングルチャンネル音波探査測線
(スパーカー)

F-B断層南方の海底地形の比較（2）

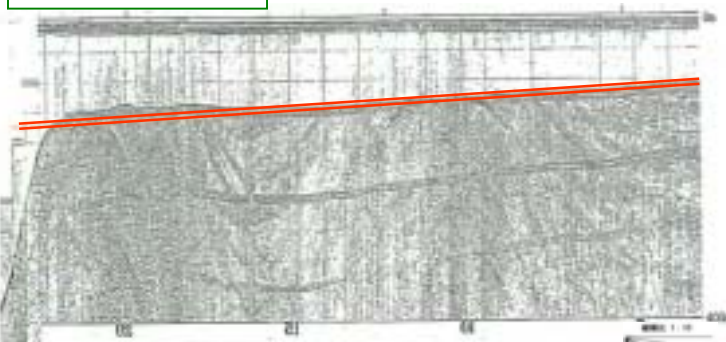
S-17測線



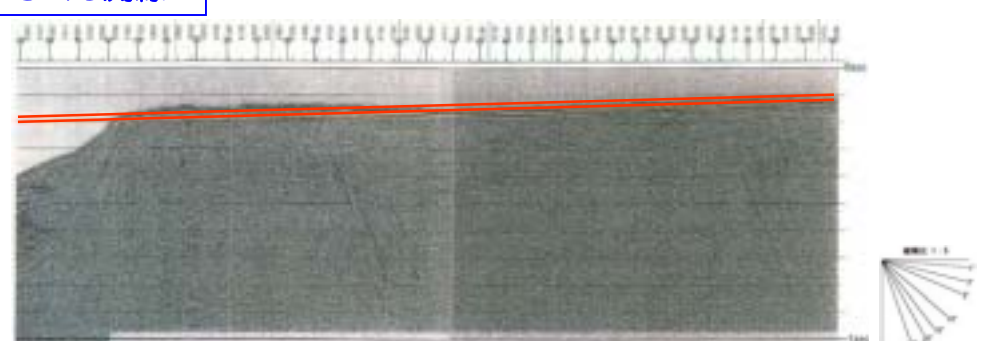
S-18測線



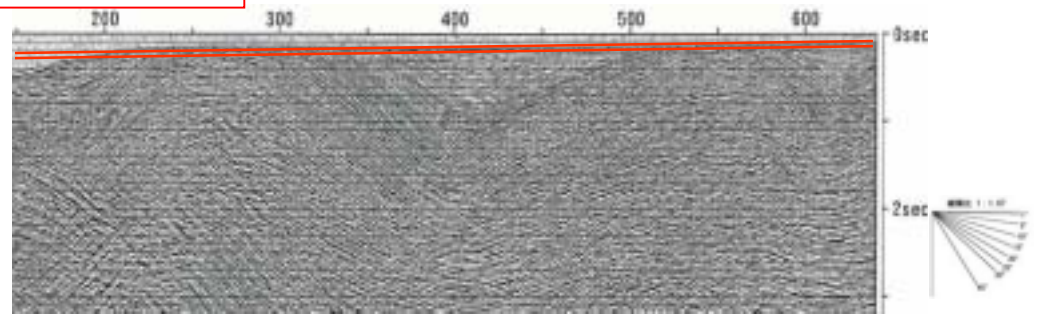
KNo.11測線



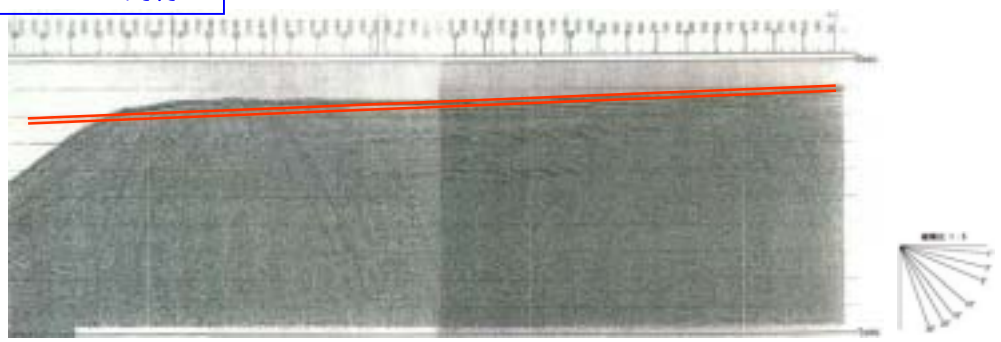
北 S-19測線



M-18測線

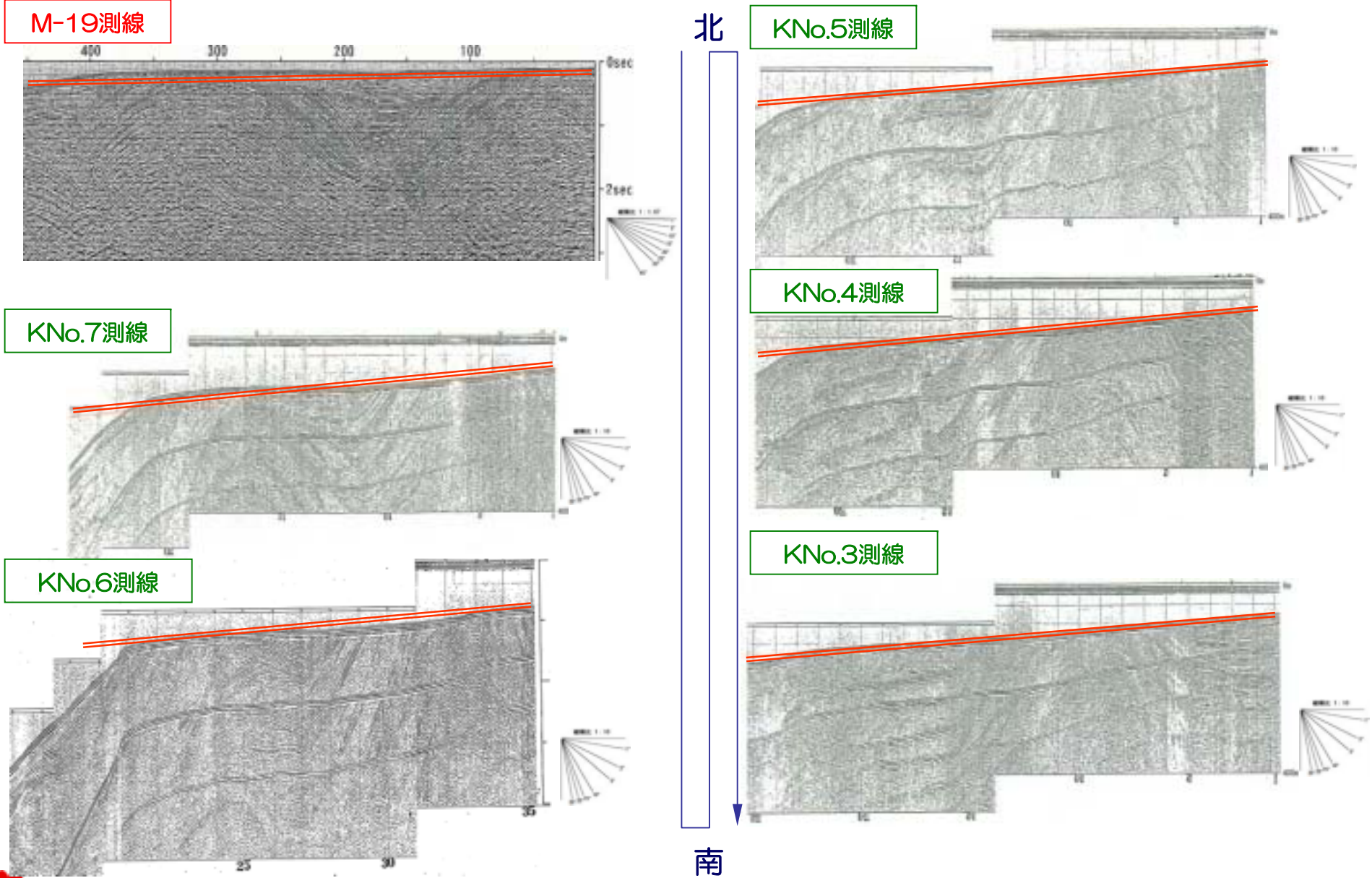


S-20測線

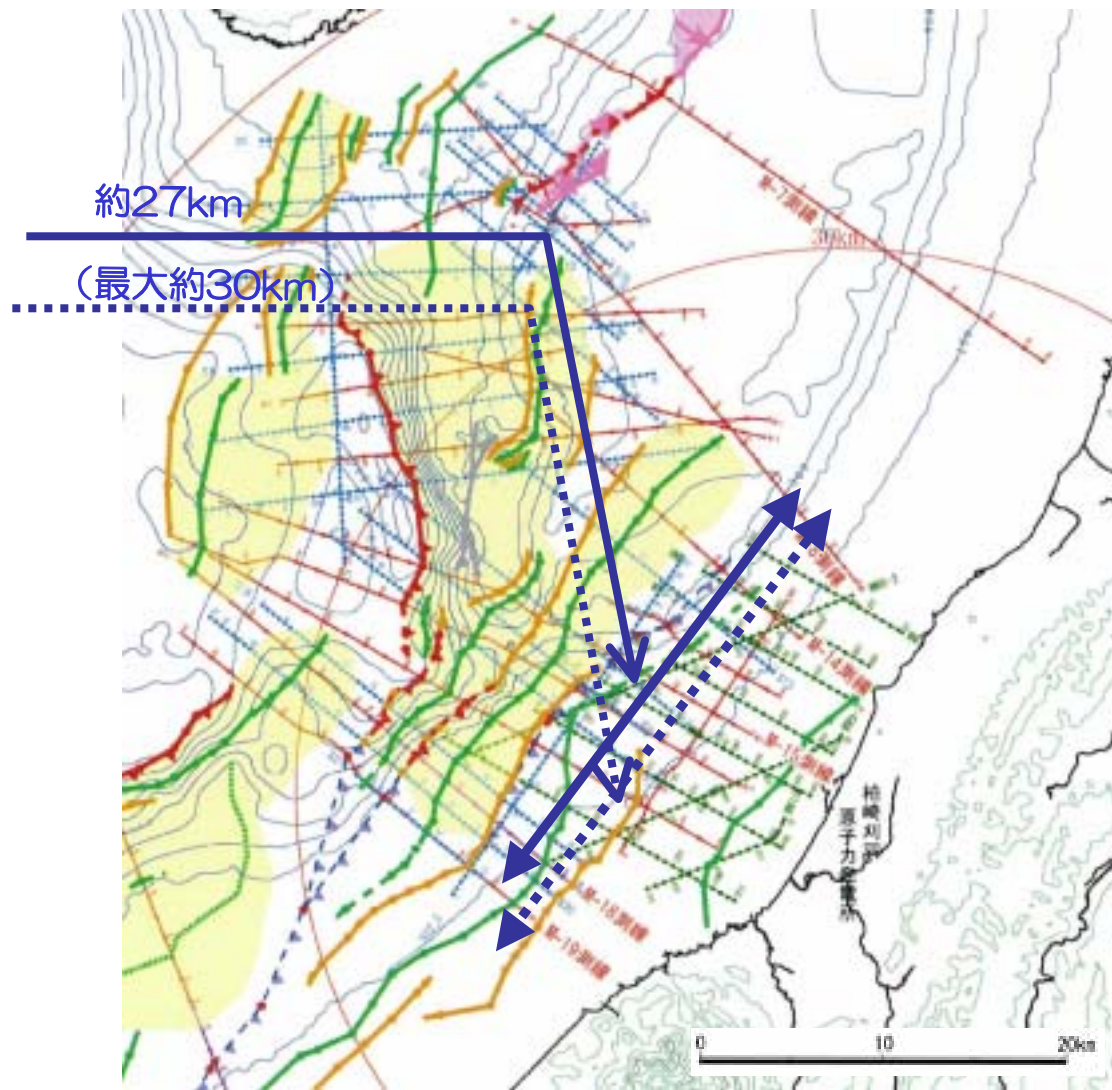


南

F-B断層南方の海底地形の比較（3）



F-B断層の評価結果



- 北部では幅20km程度の範囲に、複数の背斜、向斜が認められる
- 南部では幅10km程度に狭まる構造となっており、地下深部には南東傾斜の逆断層が認められる
- 褶曲の成長に伴う堆積構造が認められる範囲を活背斜とし、長さ約27kmのF-B褶曲(群)として評価
- ただし、海底地形を考慮すると最大約30kmとなる

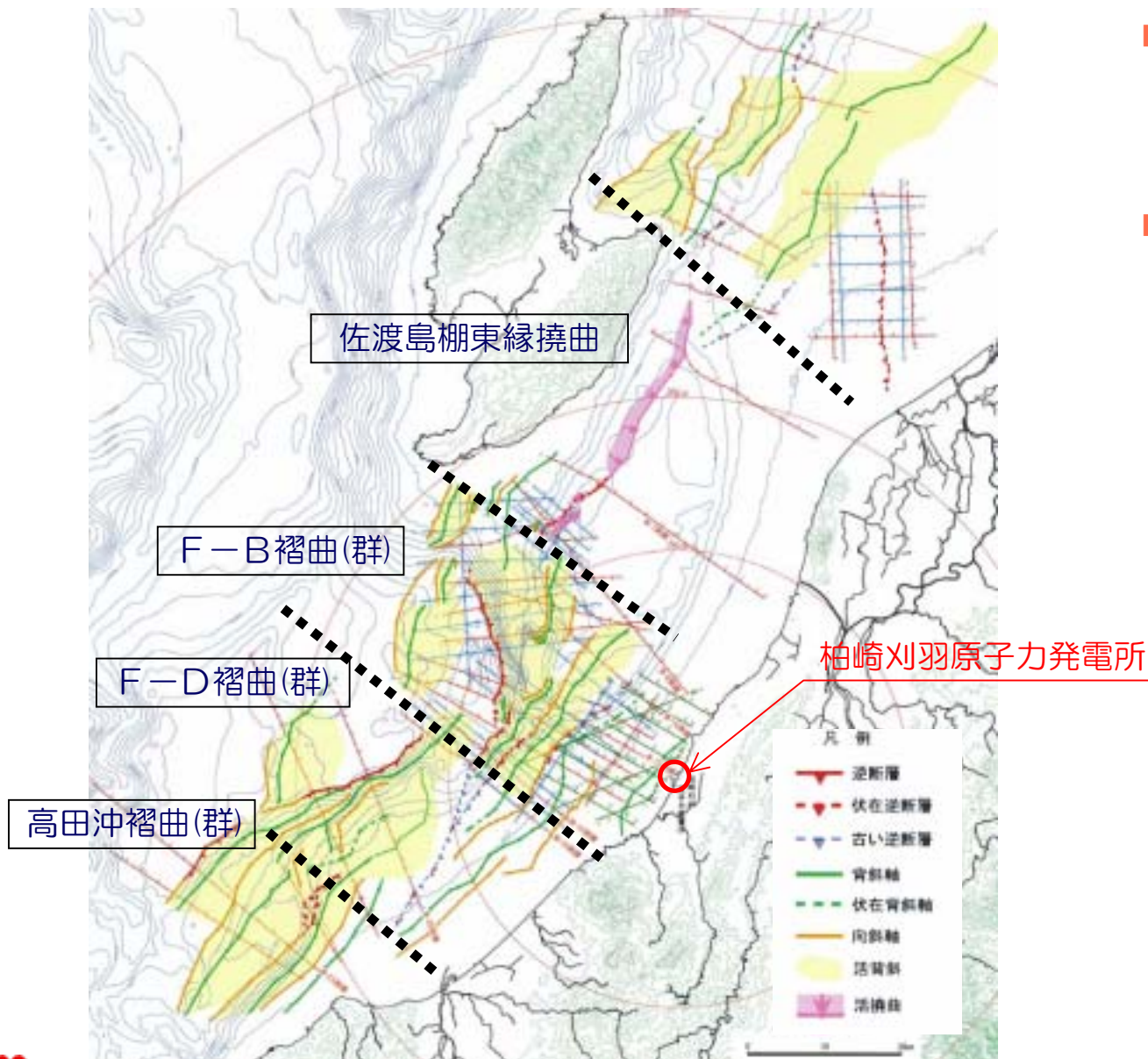


バランス断面法による地下構造の推定

- M-15測線の音波探査記録から、バランス断面法を用いて地下構造を下図のように推定
- 新潟県中越沖地震の余震分布に概ね一致
- 活背斜帯のそれぞれの背斜構造を形成時期(例：ケース1とケース2の断層)なども考慮して検討を進めていく
- 今後、同手法を用いて他の断層の地下構造や、断層の連続性などの推定に活用していく

| | 設定条件 | バランス断面法による地下構造推定 | |
|------|---|------------------|-----|
| ケース1 | ①NW(沖側)にある逆断層が褶曲構造を作っていると仮定 ②オレンジ色の地層境界が、断層活動開始前には赤色の位置にあったと仮定 | ←NW | SE→ |
| ケース2 | ①ほぼ中心にある逆断層が褶曲構造を作っていると仮定 ②断層活動開始前にオレンジ色の地層境界が赤色の位置にあったと仮定 | ←NW | SE→ |

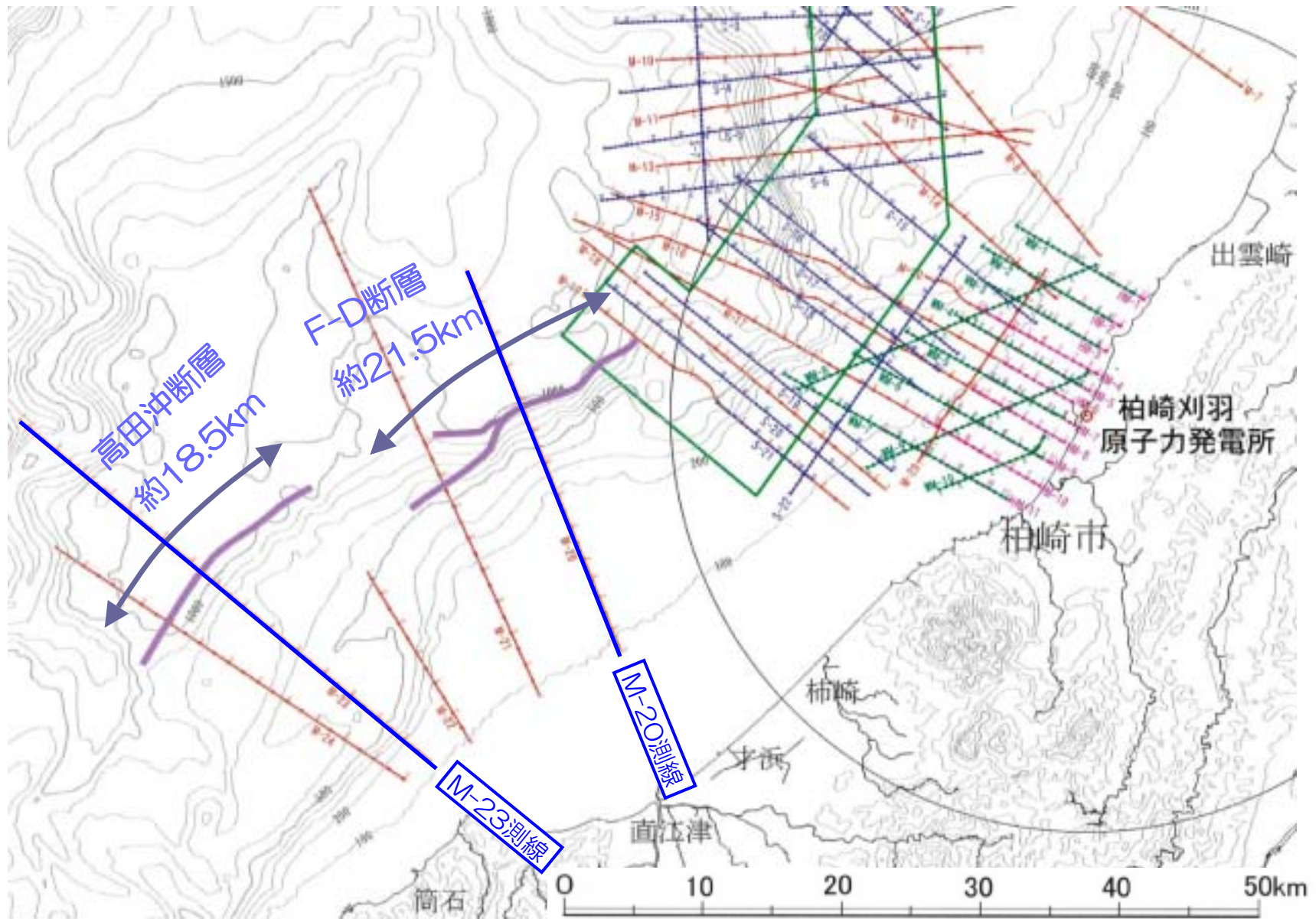
敷地周辺海域全体の地質構造



- 断層関連褶曲の考え方にに基づき，F-B 褶曲(群)と同様に褶曲(群)を左図のように設定
- F-B 褶曲(群)のほか，3つの褶曲(群)，および撓曲に区分
 - ★佐渡島棚東縁撓曲
 - ★F-D 褶曲(群)
 - ★高田沖褶曲(群)

F-D褶曲(群)と高田沖褶曲(群)に関する評価

H15年当時のF-D断層と高田沖断層の評価

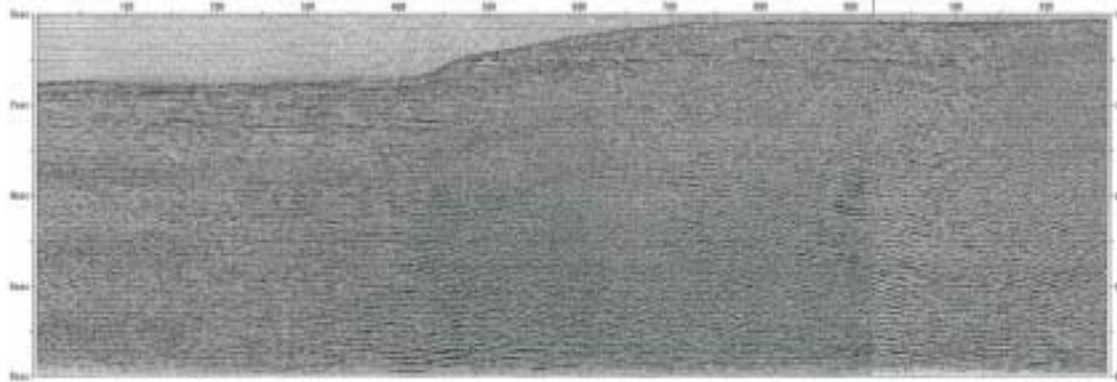


F-D断層 (M-20測線)

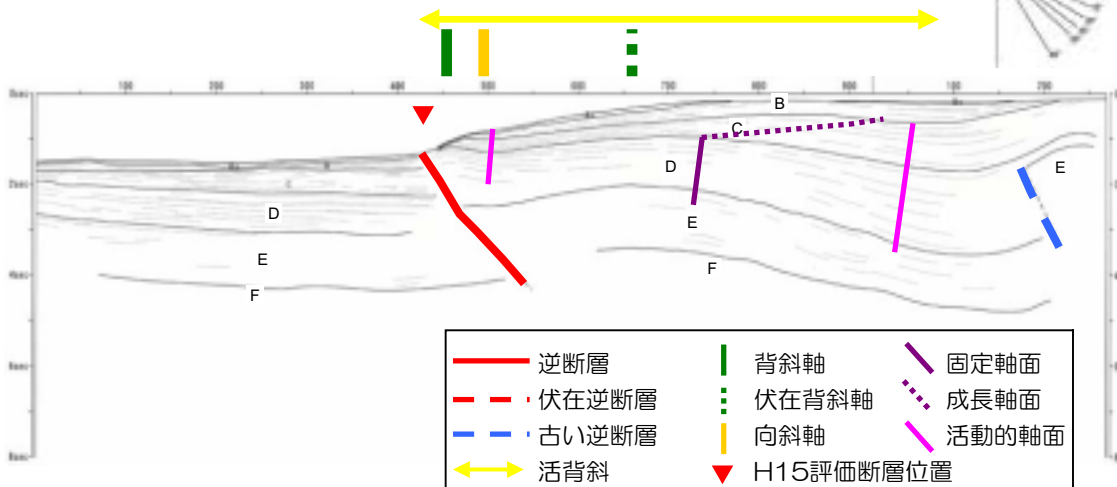
←NW

SE→

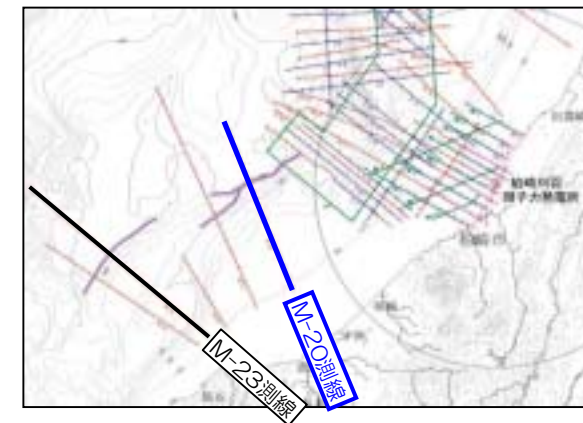
音波探査記録



地質断面図



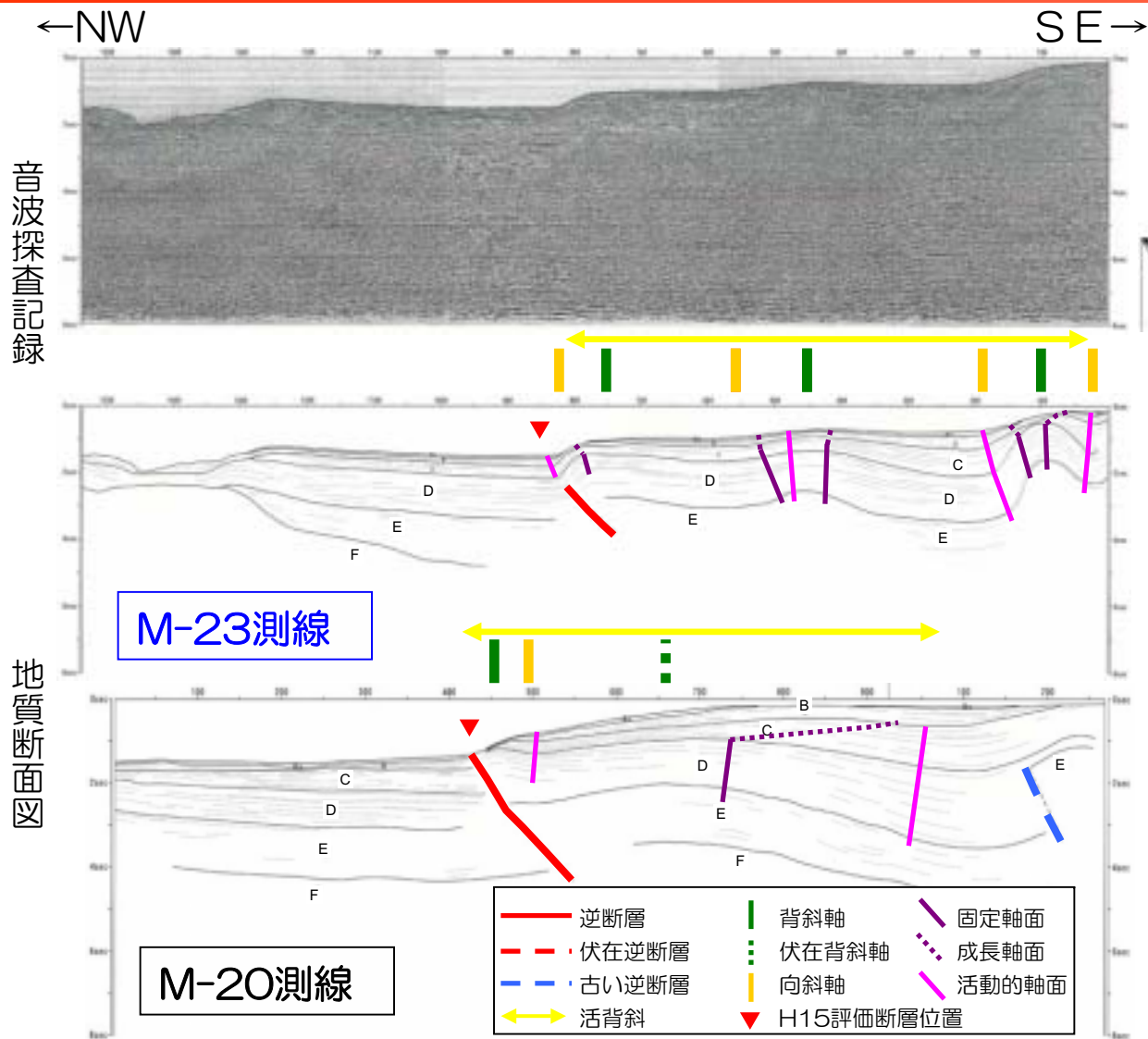
- 背斜軸1列, 向斜軸1列と, 伏在背斜軸1列
- NW側(沖側)の背斜近傍には南東傾斜の断層が認められる
- 一方, SE側(陸側)の伏在背斜近傍のgrowth triangleはB層には認められないものの, 緩やかな長波の褶曲が認められる
- 以上より左図のとおり活背斜帯を設定



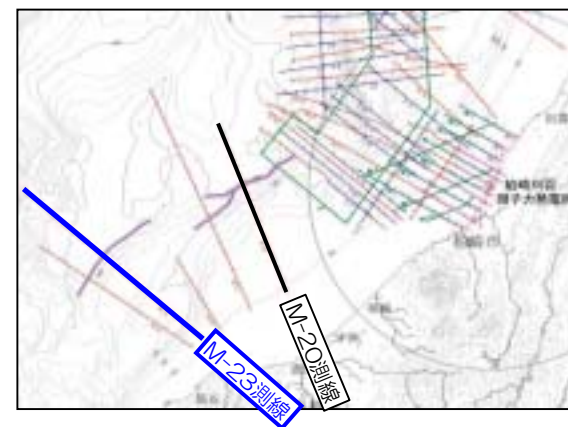
【地質区分】

A:沖積層相当層 B_u:低位~中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層~七谷層相当層 (E_v:グリーンリッジより上位の火山噴出物) F:グリーンリッジ相当層

高田沖断層 (M-23測線)



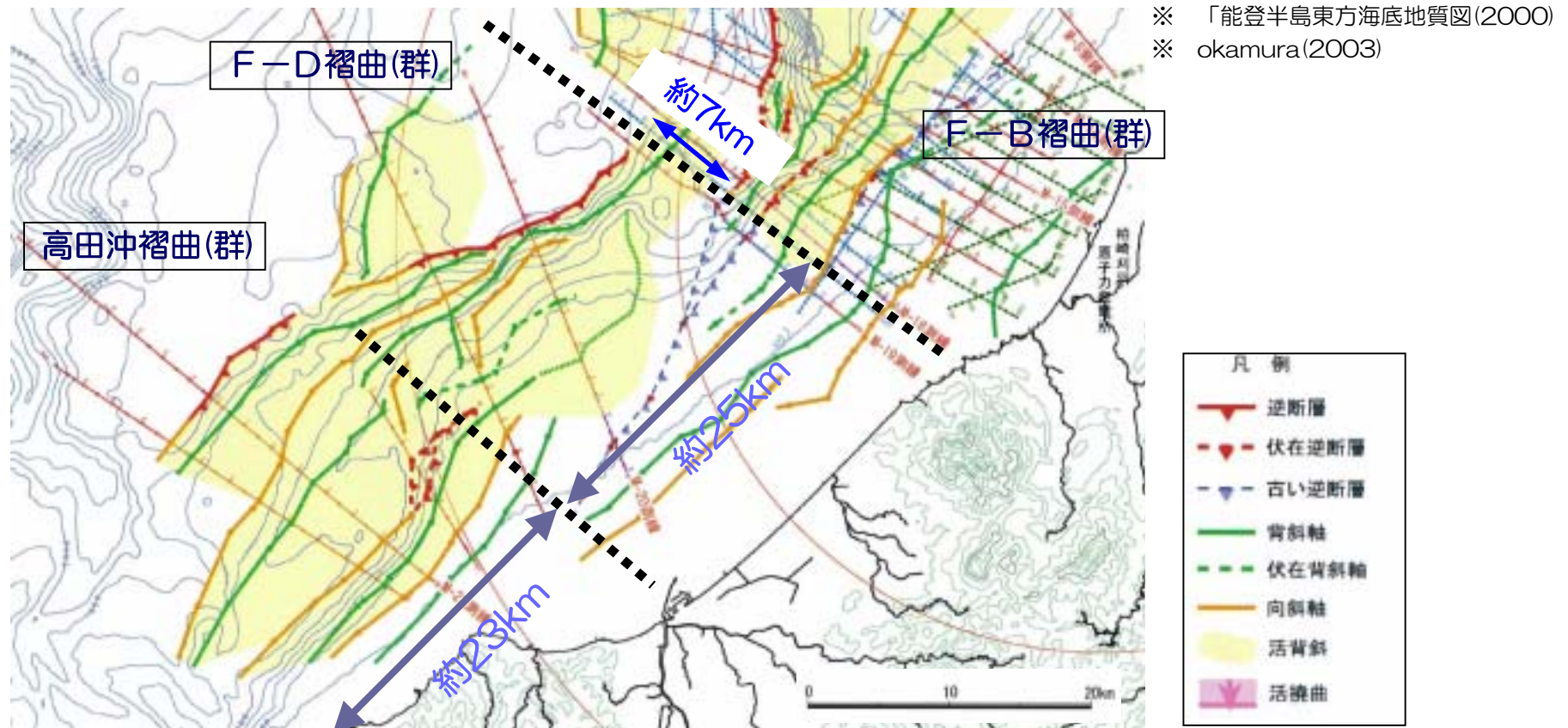
- 背斜軸3列，向斜軸4列
- NW側(沖側)の褶曲には南東傾斜の断層が認められる
- 海底に達するgrowth triangleが認められる短い波長の褶曲が3つ認められ，同じ時期に活動してきたとみられる
- M-20測線とは，波長の違いなど褶曲の様子が異なることから，地下構造は異なると判断される



【地質区分】
 A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンノツより上位の火山噴出物) F:グリーンノツ相当層

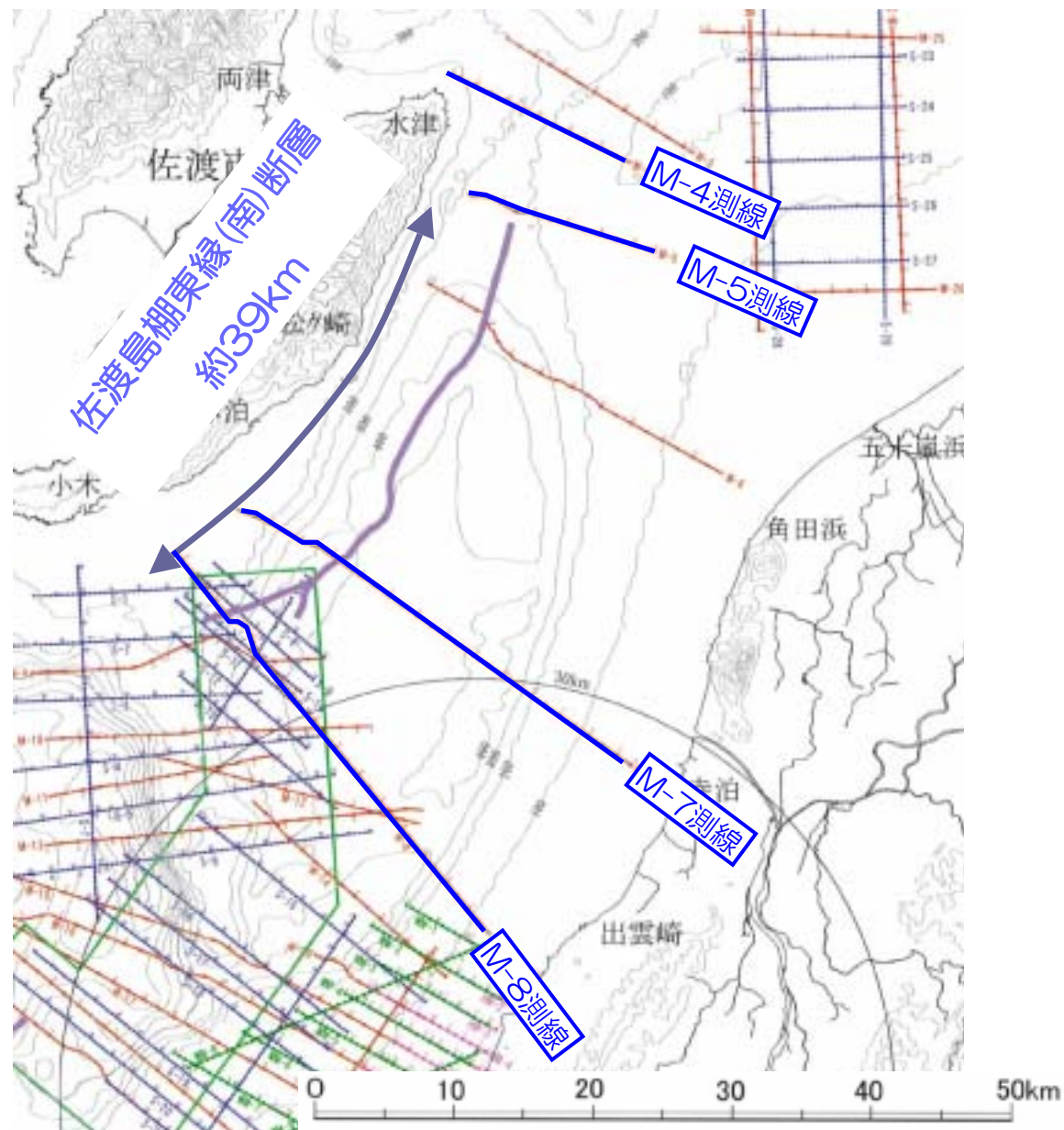
F-D褶曲(群)と高田沖褶曲(群)のセグメント評価

- 調査結果より、それぞれに活断層と関連する活背斜の範囲を褶曲帯として下図のとおり設定
- 地下構造の違いからF-D褶曲(群)と高田沖褶曲(群)の間にセグメントが推定される
- F-B褶曲(群)とF-D褶曲(群)は、両褶曲の活背斜最前面の離隔が7km程度であることから下図のとおりセグメント境界が推定される
- いずれの境界も陸域における地形地質の境界に概ね対応する
- 高田沖褶曲(群)の南方には文献に示された断層※があるが、10km以上の離隔がある



佐渡島棚東縁撓曲に関する評価

H15年当時の佐渡島棚東縁(南)断層の評価

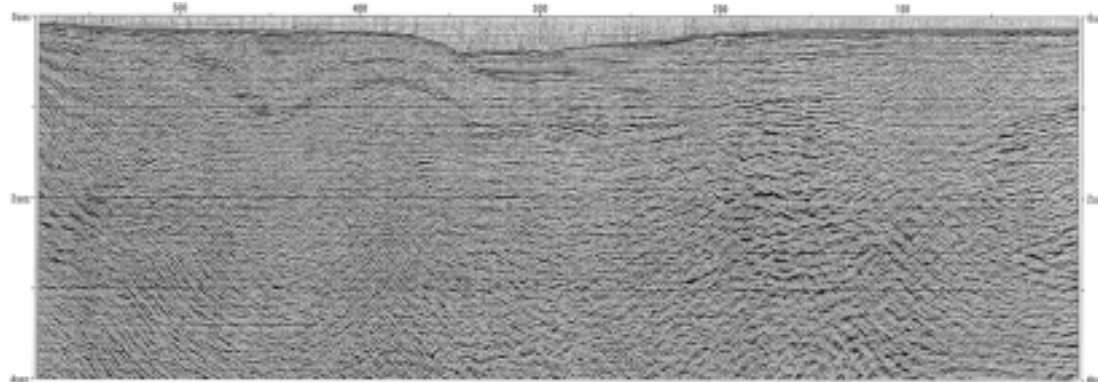


M-4測線

←NW

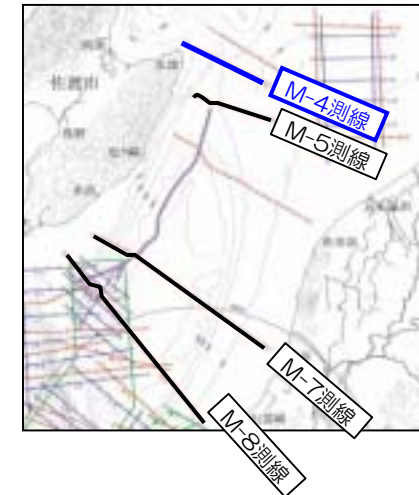
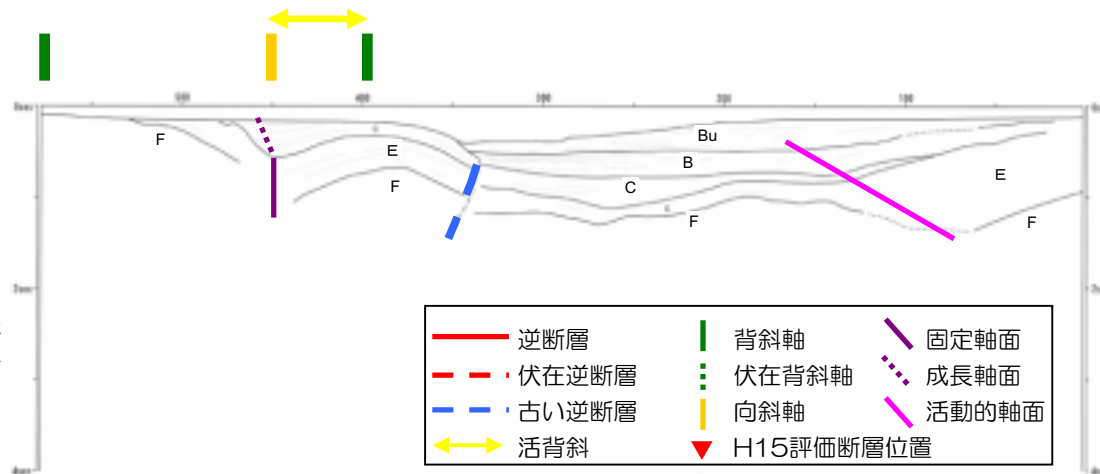
SE→

音波探査記録



- SE側(沖側)の背斜の南東の翼に逆断層が認められるが、B層以降はほぼ水平にC層にアバットして堆積しており、活動性は認められない
- NW側(佐渡島側)の背斜には海底に及びgrowth triangleが認められることから活背斜帯を左図のように設定

地質断面図



【地質区分】

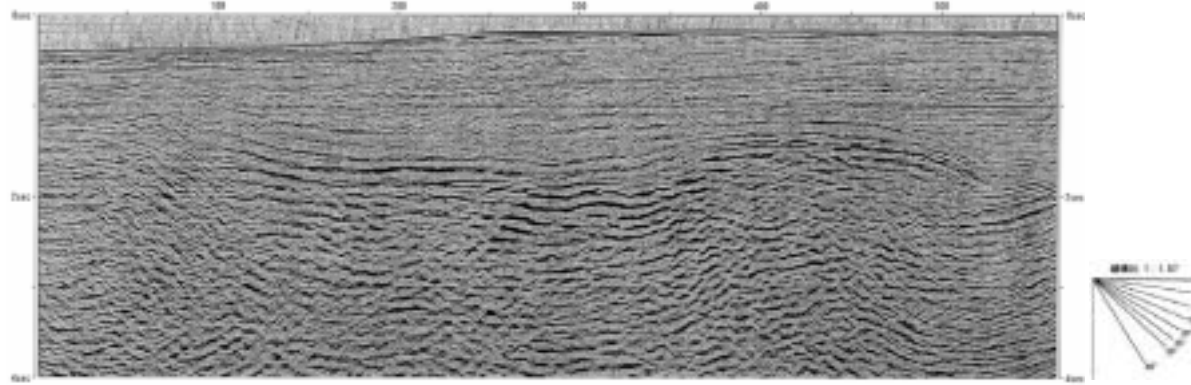
A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンリッジより上位の火山噴出物) F:グリーンリッジ相当層

M-5測線

←NW

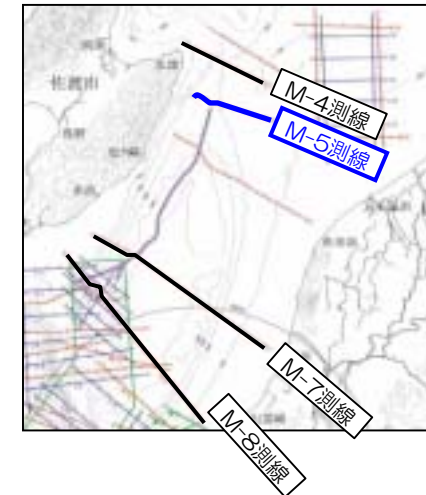
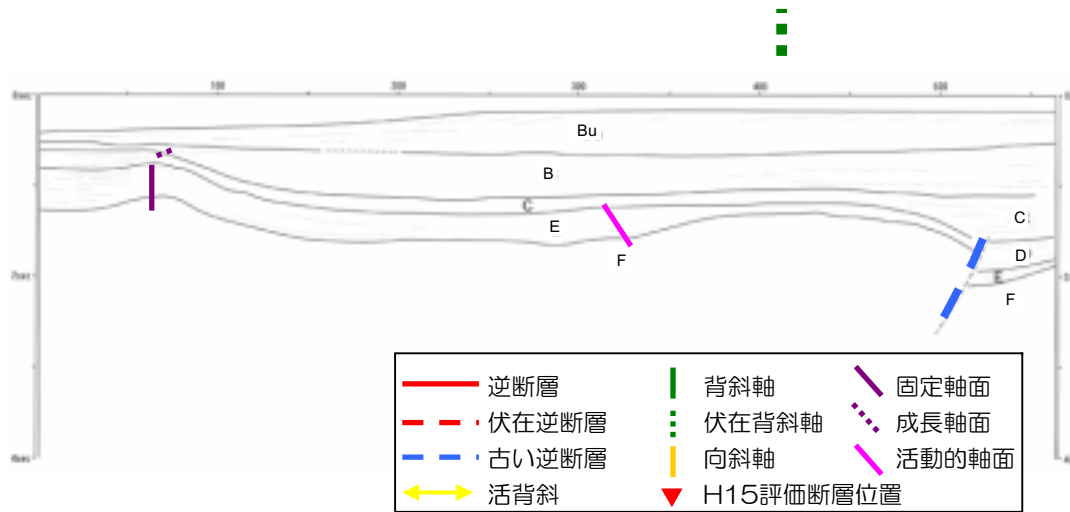
SE→

音波探査記録



- SE側(沖側)には古い逆断層が認められる
- NW側(佐渡島側)にはB層におよびgrowth triangleが認められるがBu層堆積期以降の活動性はないものと判断される

地質断面図



【地質区分】

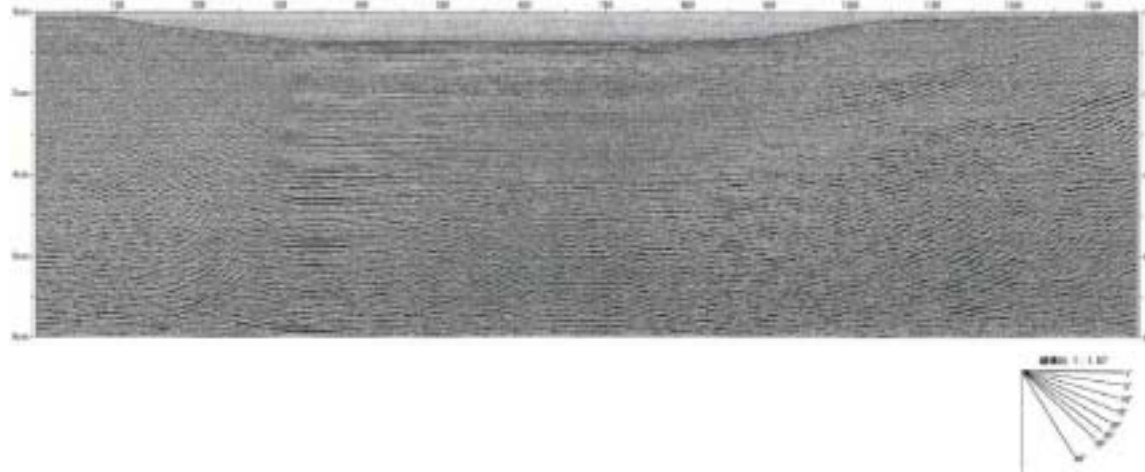
A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンリッジより上位の火山噴出物) F:グリーンリッジ相当層

M-7測線

←NW

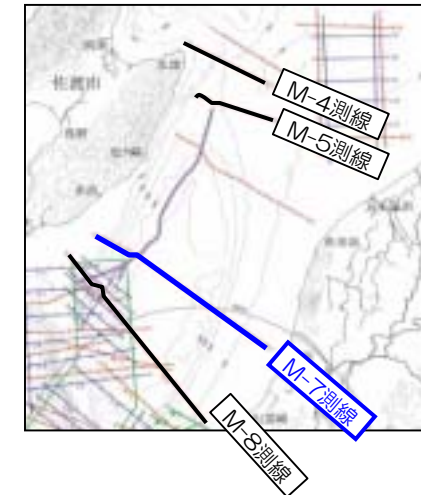
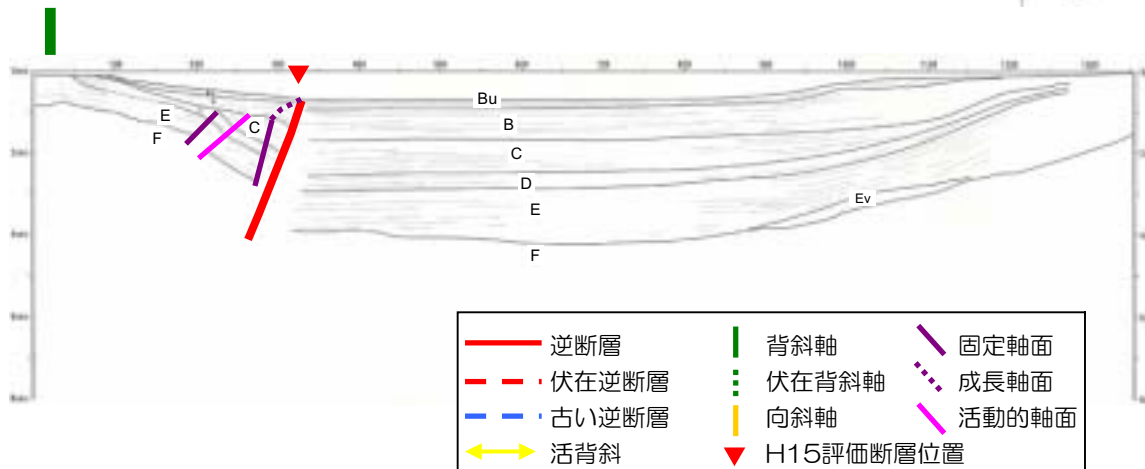
SE→

音波探査記録



- 海底の極浅部まで及ぶ北西傾斜の逆断層が認められる
- それよりSE側(本州陸側)には活断層の存在を示唆する地質構造や褶曲構造は認められない

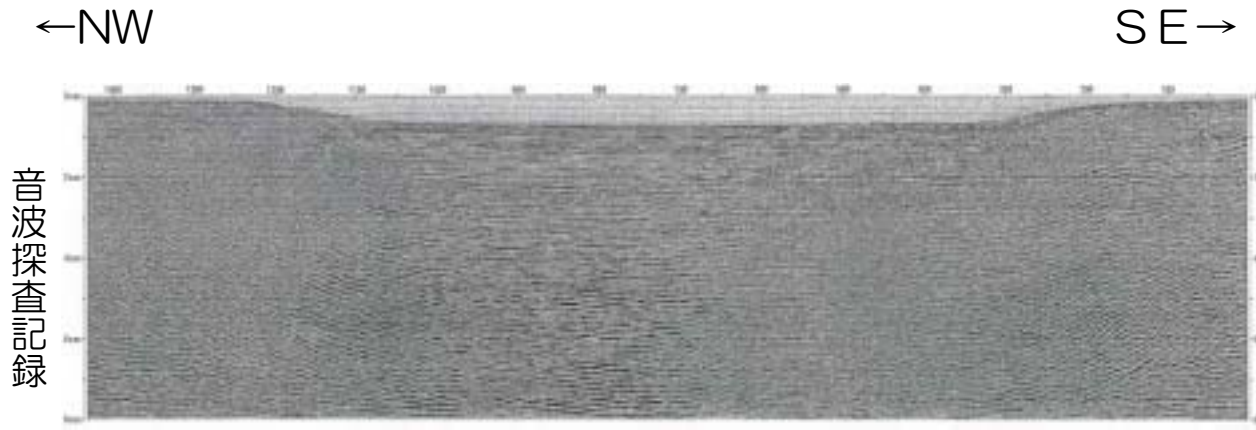
地質断面図



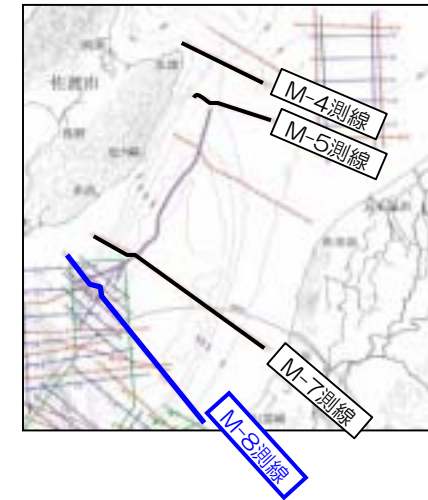
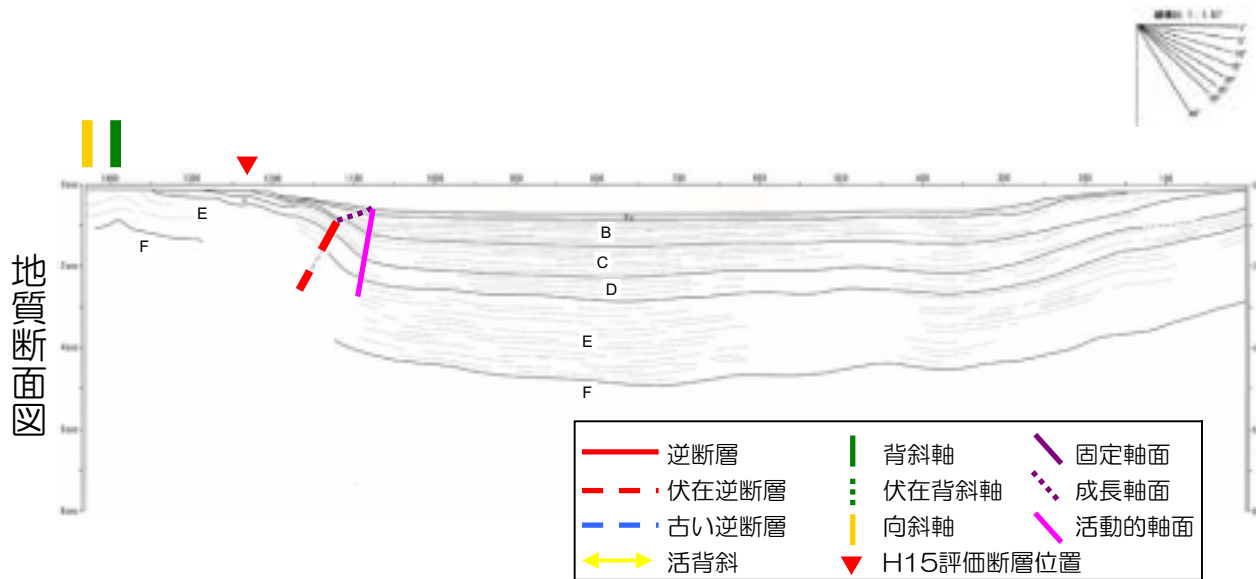
【地質区分】

A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンターより上位の火山噴出物) F:グリーンター相当層

M-8測線

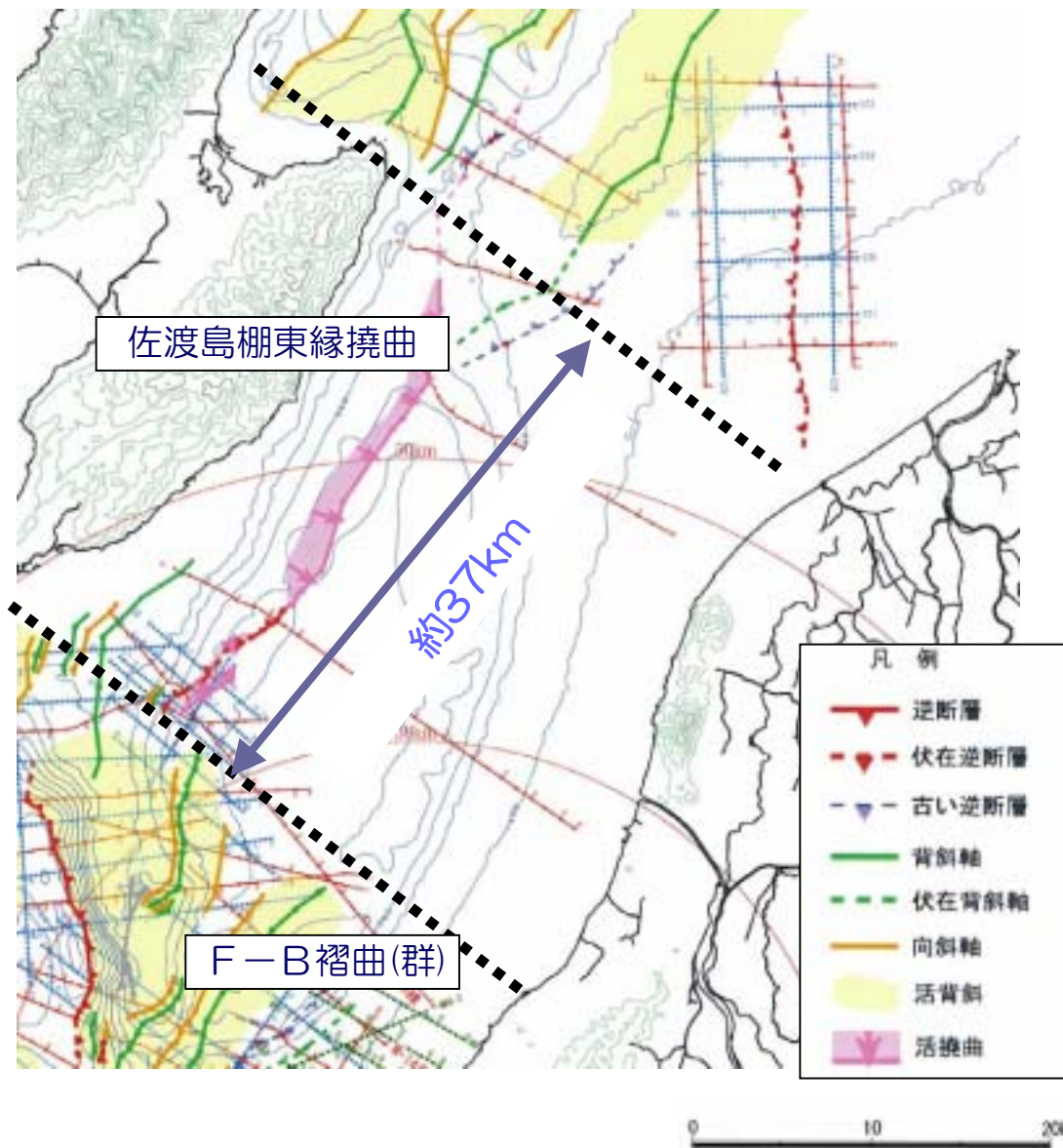


- 海底に達するgrowth triangleが認められ、その近傍に北西傾斜の伏在逆断層が認められる
- それよりSE側(本州陸側)には活断層の存在を示唆する地質構造や褶曲構造は認められない



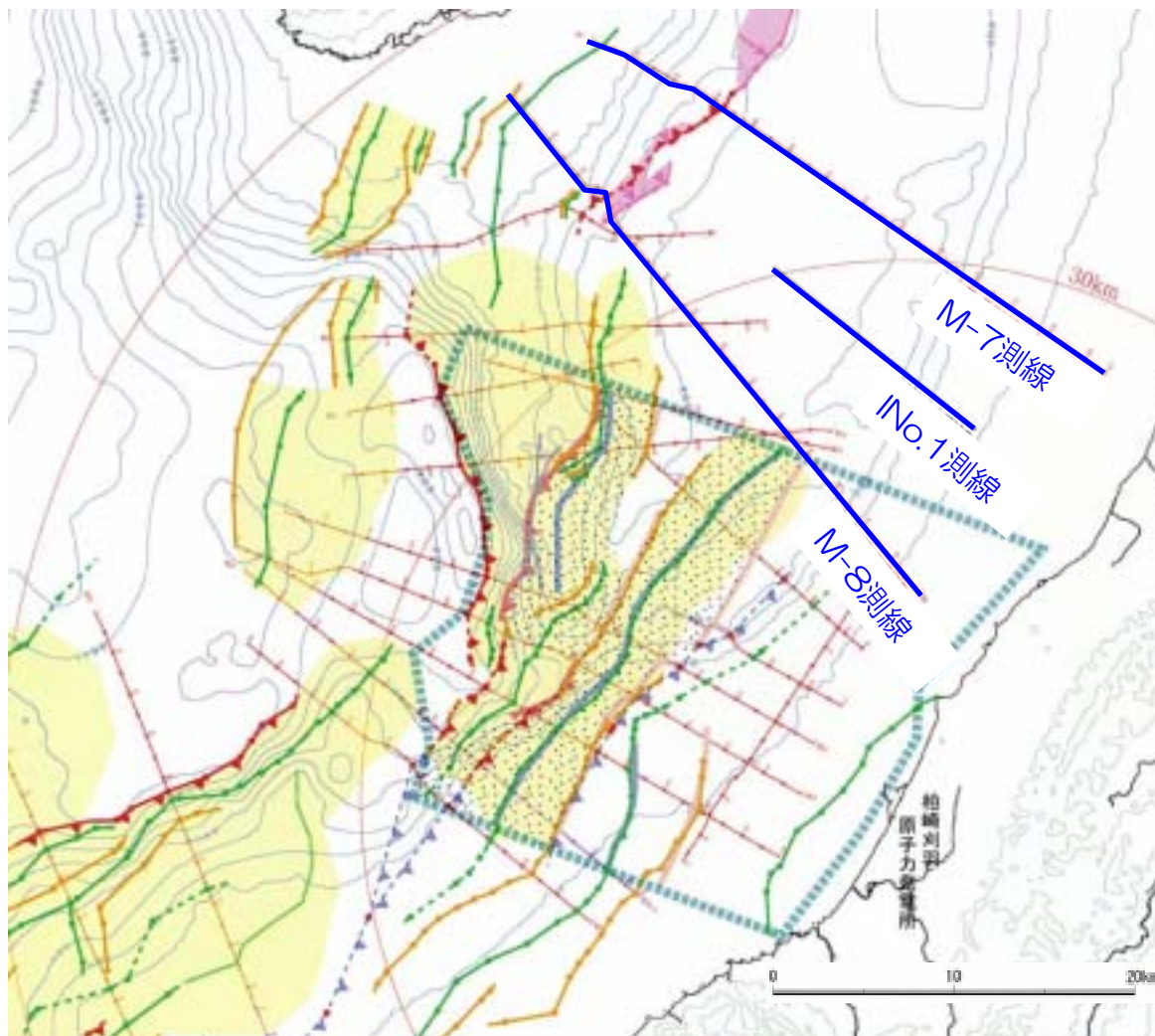
【地質区分】
 A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E:グリーンターより上位の火山噴出物) F:グリーンター相当層

佐渡島棚東縁撓曲のセグメント評価

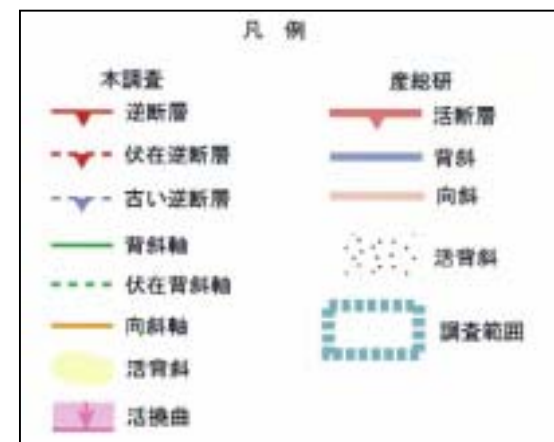


- 調査結果より、左図のように北西傾斜の逆断層が海底下浅部まで及び活撓曲が認められる
- 南側のセグメント境界は、F-B 褶曲(群)とは地下構造が大きくことなること、推定される断層の傾斜方向が異なることから、左図のように推定される
- 北側のセグメント境界は、北方の褶曲(群)とは地下構造が大きくことなること、活背斜の最前面との離隔が5km以上あることから左図のように推定される

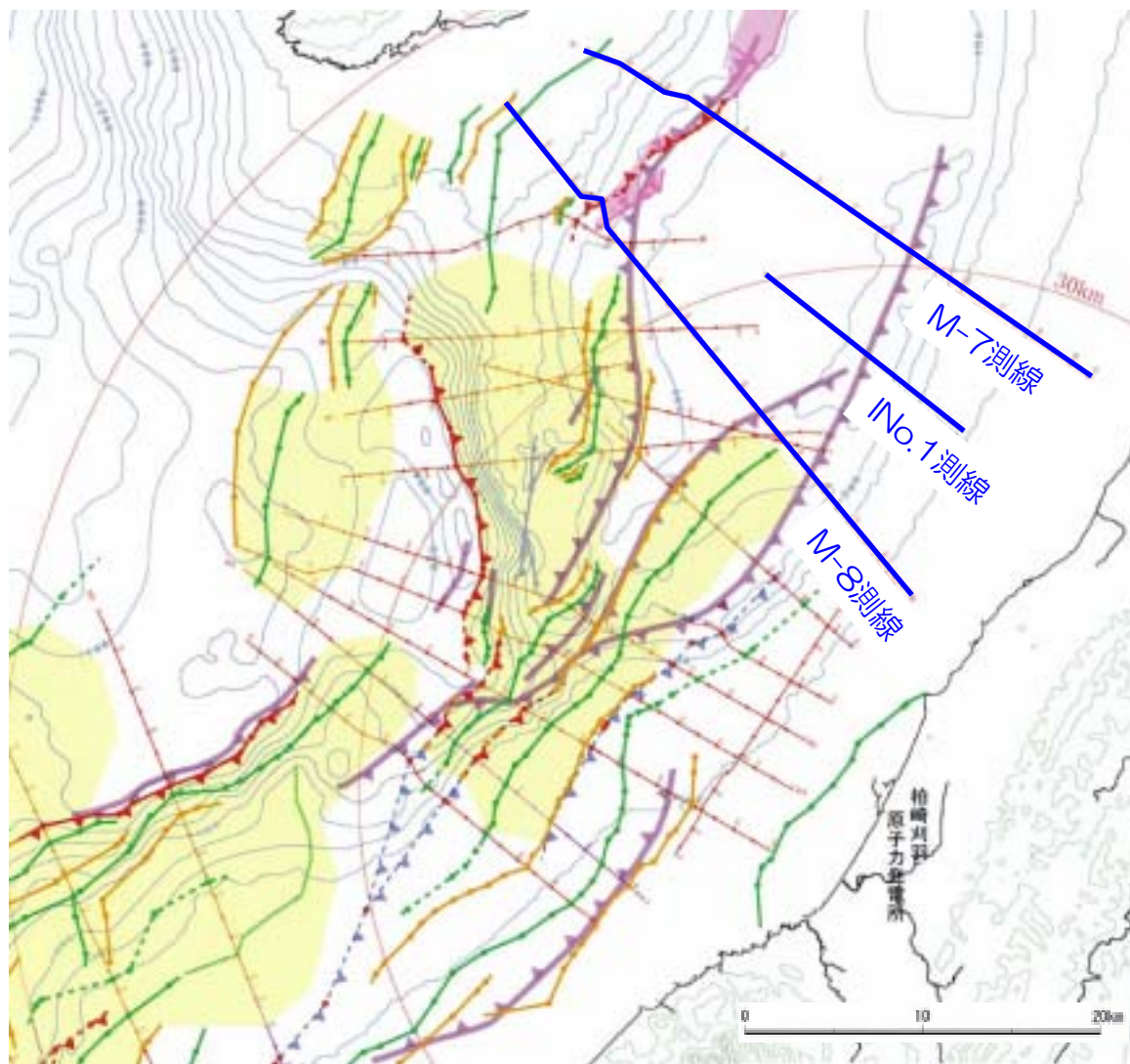
他機関による活断層評価



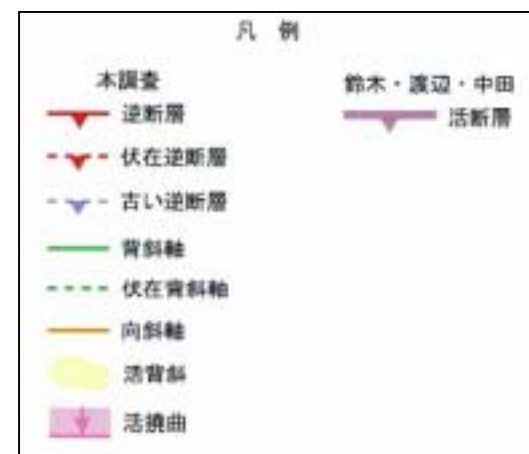
- 当社が評価したF-B褶曲(群)の近傍で、産業技術総合研究所(以下、産総研)が活背斜、および活断層を左図のとおり評価している
- 産総研が評価した活背斜帯は、当社の評価と概ね一致する



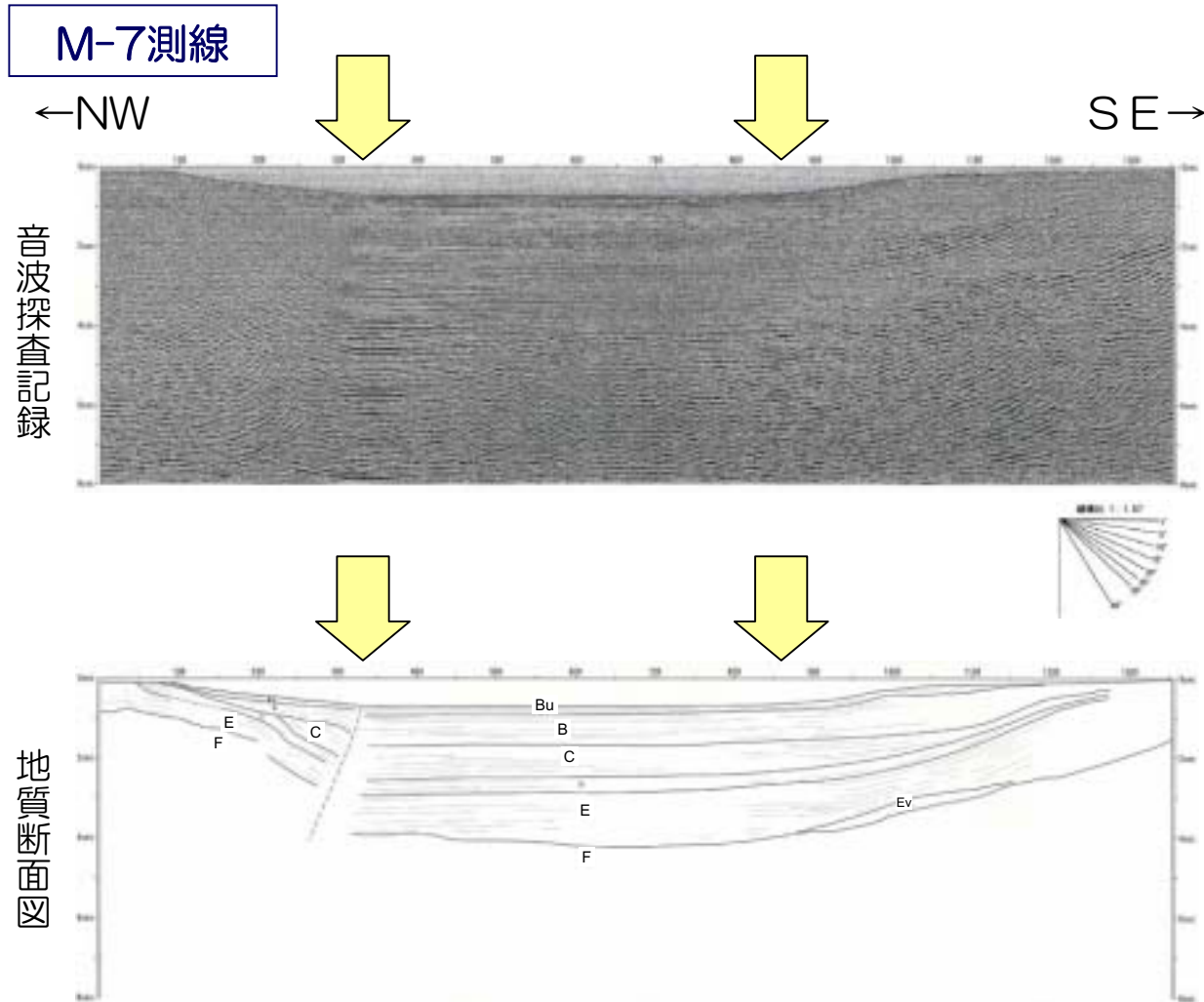
他研究グループによる活断層評価



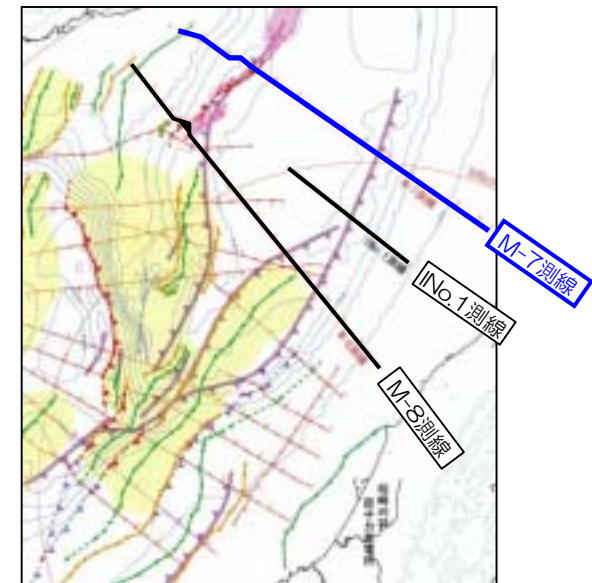
- 当社が評価したF-B褶曲(群)の近傍で、渡辺・鈴木・中田(2007)が、それぞれ活断層を左図のとおりに評価している
- 当社と渡辺他が評価した活断層とは、F-B褶曲(群)北方の評価が大きく異なる
- しかし、左図に示す音波探査測線のいずれの記録からも活断層と推定される地質構造はみられない



F-B褶曲(群)北方の地質断面図(1)



渡辺他が評価・推定した活断層の位置



【地質区分】

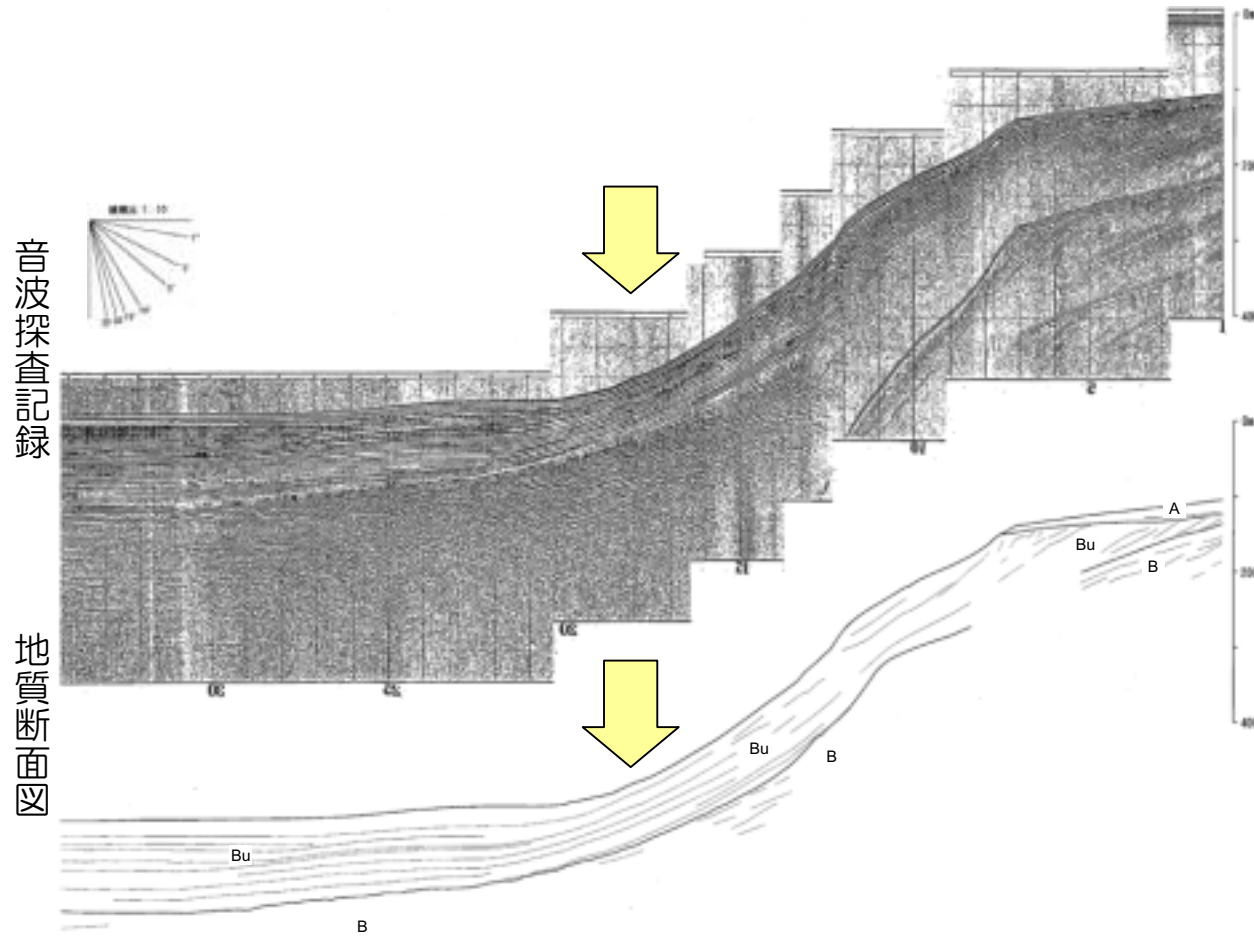
A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

F-B褶曲(群)北方の地質断面図(2)

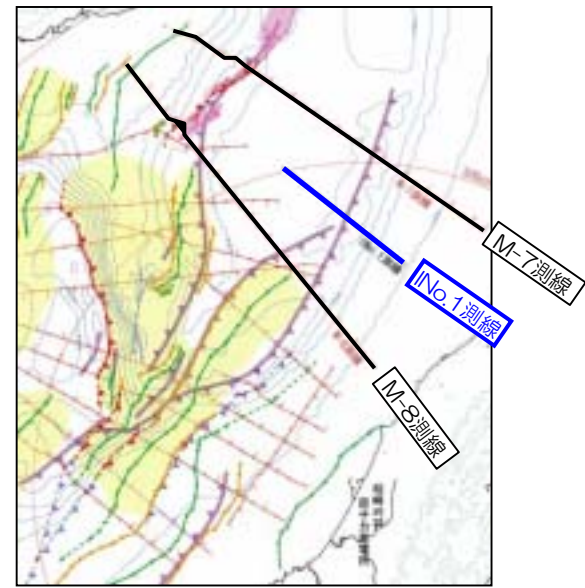
I No.1測線(当社既存シングルチャンネル探査記録)

←NW

SE→

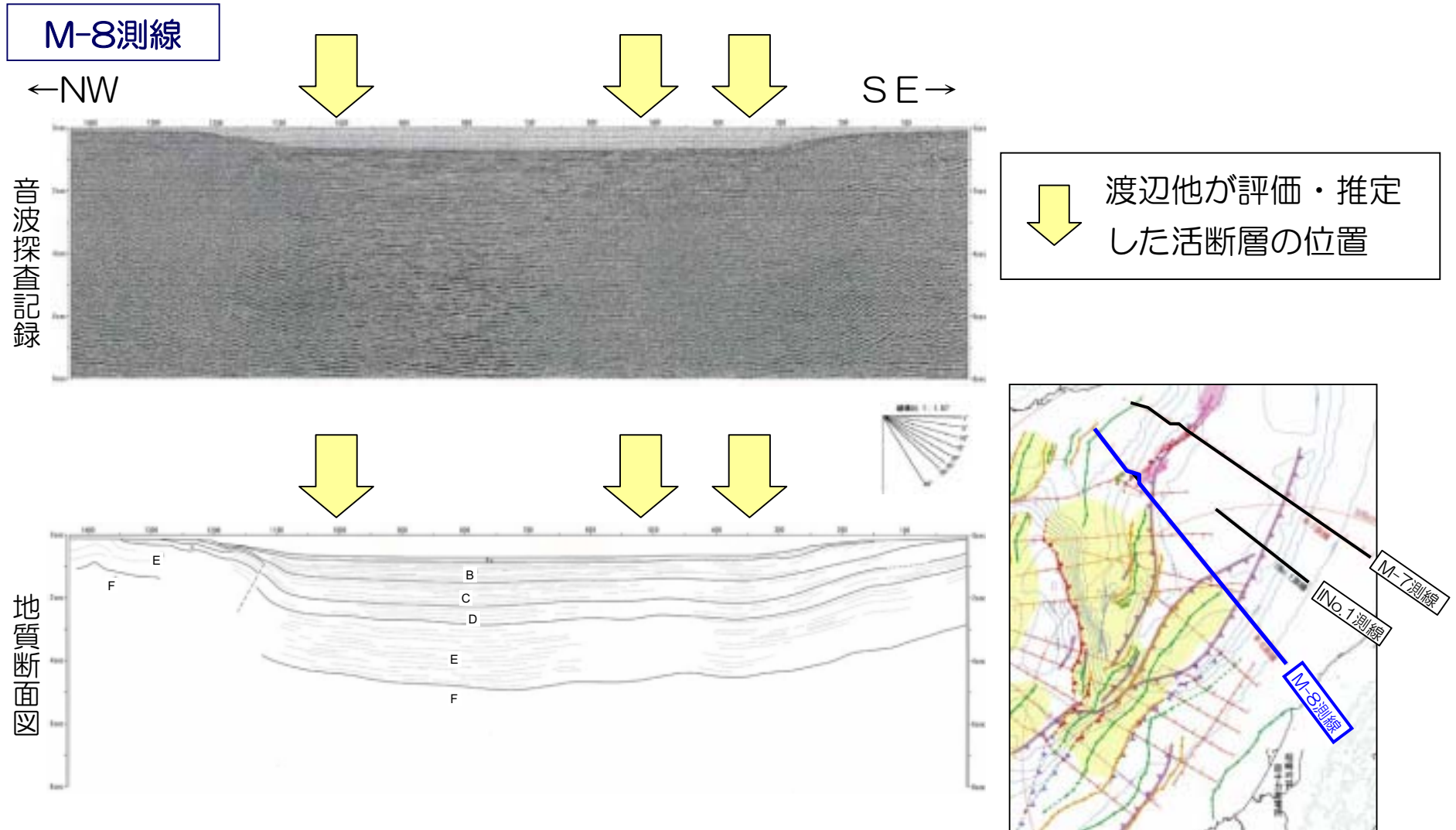


渡辺他が評価・推定した活断層の位置



【地質区分】
 A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンリッジより上位の火山噴出物) F:グリーンリッジ相当層

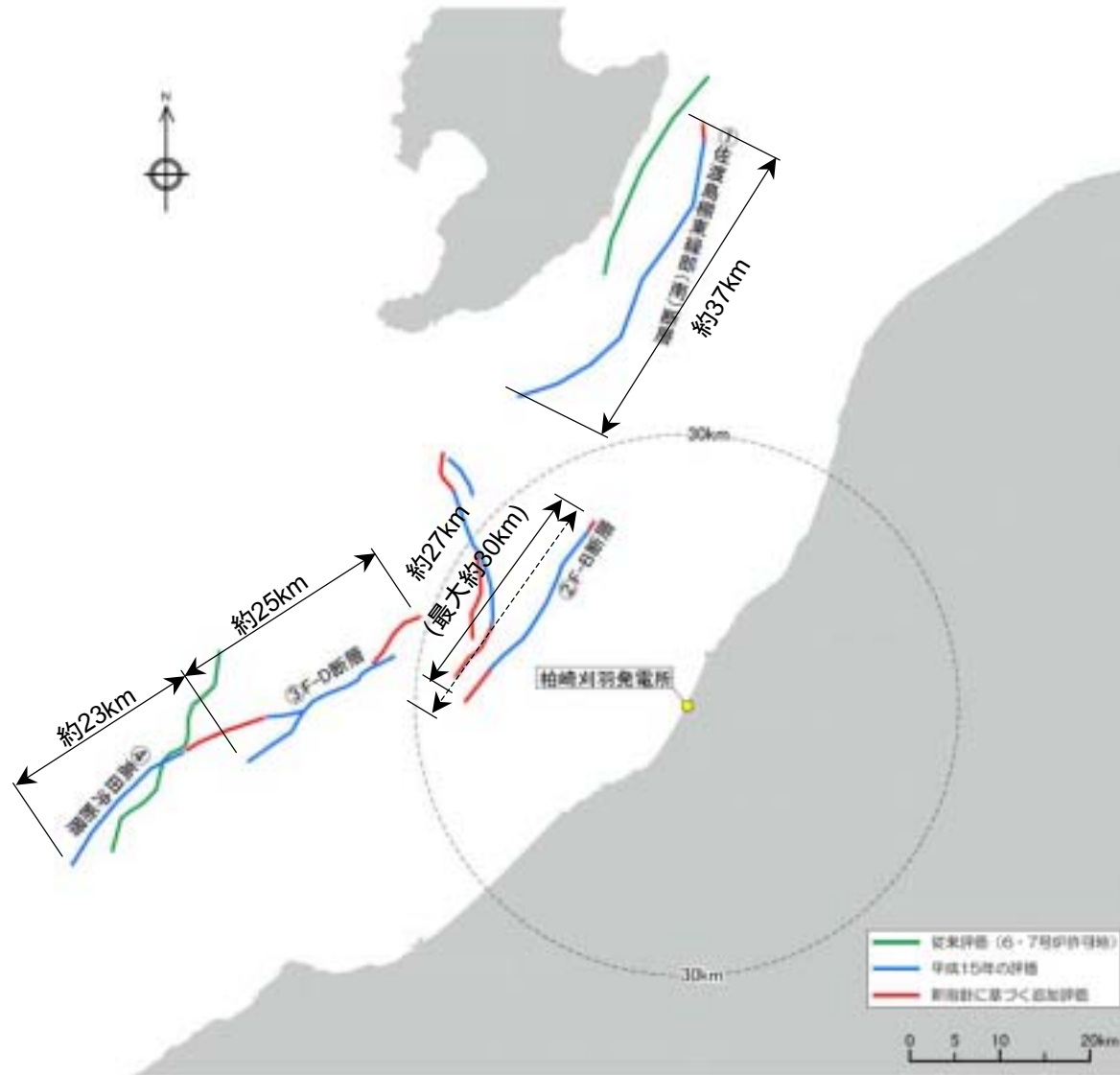
F-B褶曲(群)北方の地質断面図(3)



【地質区分】

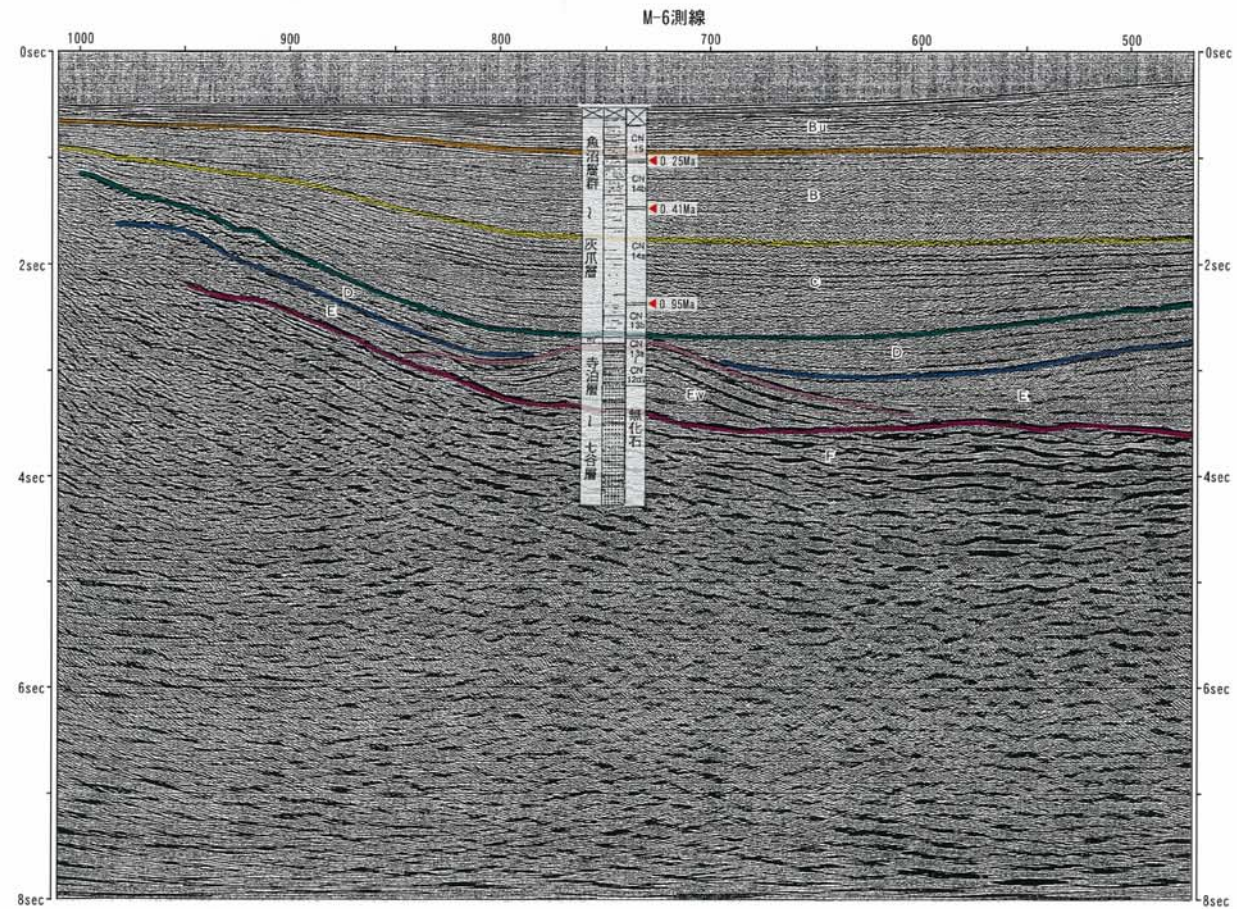
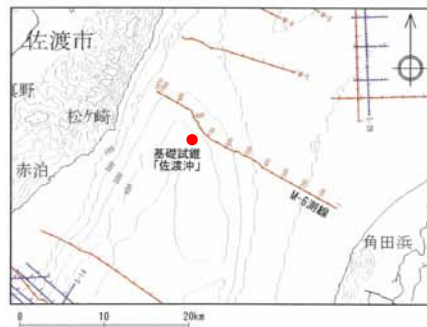
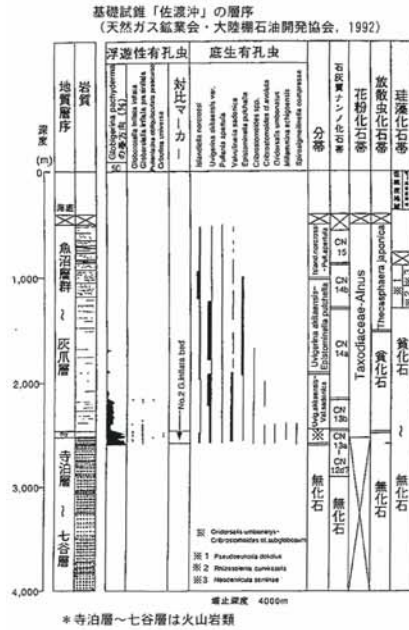
A:沖積層相当層 B_u:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E_v:グリーンリッジより上位の火山噴出物) F:グリーンリッジ相当層

海域断層評価まとめ



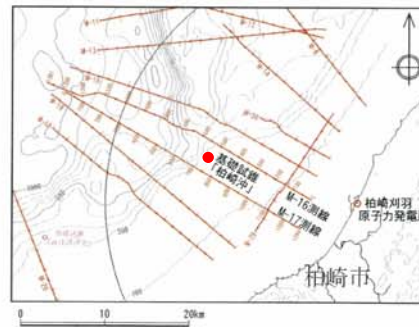
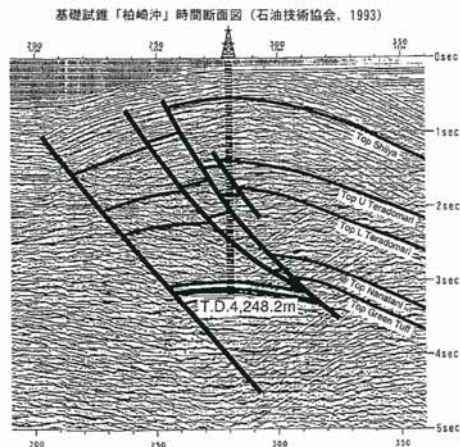
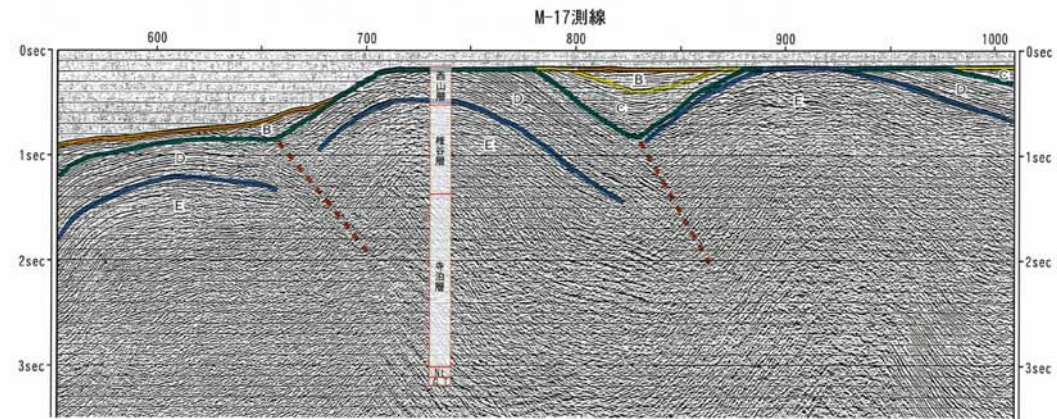
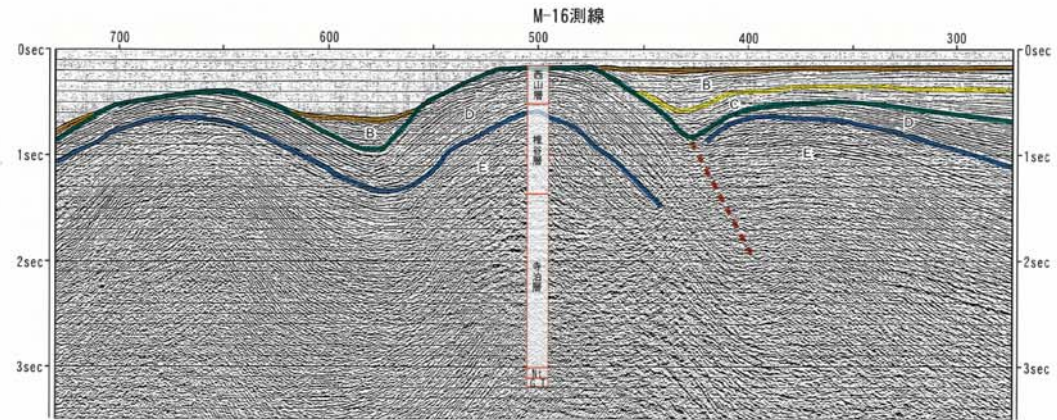
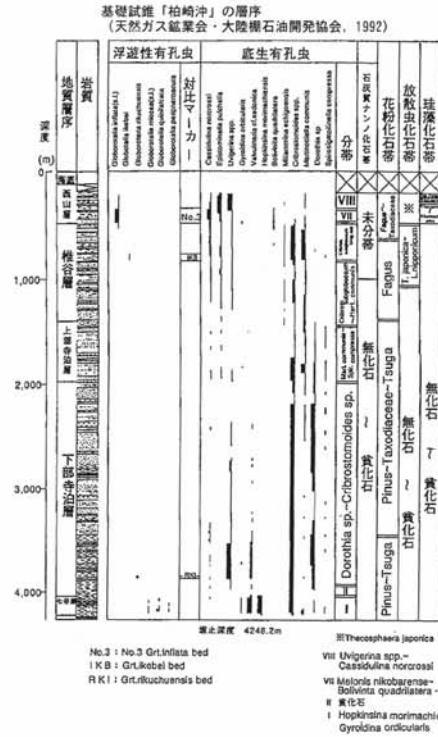
- 佐渡島棚東縁部(南)断層, F-B断層, F-D断層, および高田沖断層は, それぞれ個別の断層として評価することを基本とする
- なお, F-D断層と高田沖断層の同時活動性についても不確かさの検討として, 念のため考慮する

(参考) 基礎試錘と音波探査記録との対比 (1)



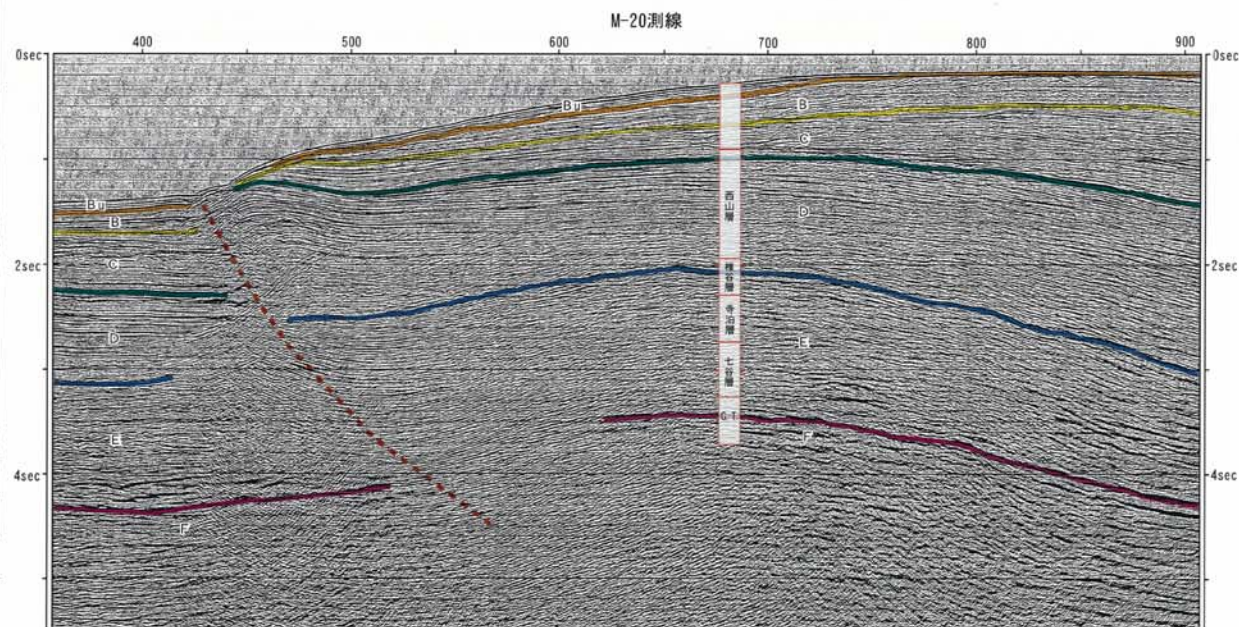
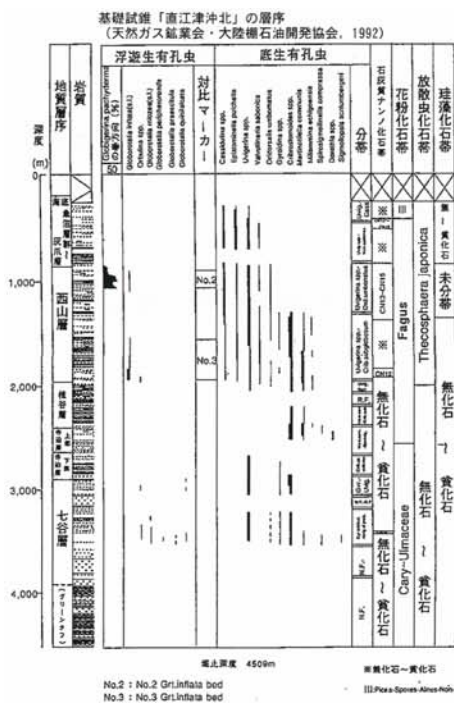
* M-6測線に認められるマウンド状の反射が、基礎試錘「佐渡沖」で確認されている火山岩類に対比できるものとして、柱状図を貼込んでいる。
* 石灰質ナノ化石帯の境界に付した年代値は高山ほか(1995)による。

(参考) 基礎試錘と音波探査記録との対比 (2)

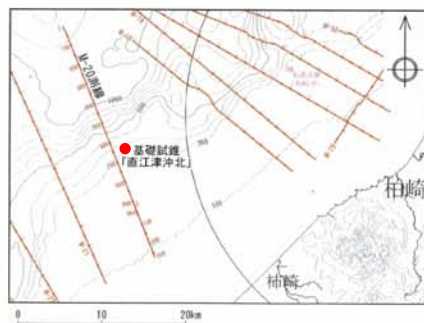
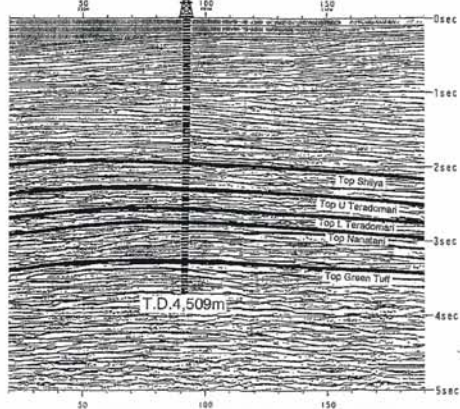


* 基礎試錘「柏崎沖」時間断面図から作成した柱状図を貼んでいる。
(N1: 七谷量, G.T.: グリーンタフ)

(参考) 基礎試錘と音波探査記録との対比 (3)



基礎試錘「直江津沖北」時間断面図 (石油技術協会, 1993)



* 基礎試錘「直江津沖北」時間断面図から作成した柱状図を貼込んでいる。
ただし、西山層上限については、試錘層序の海底面－西山層上限間と
西山層上限－権谷層上限間の厚さの比率をそのまま用いている。
(G.T.グリーンタフ)