

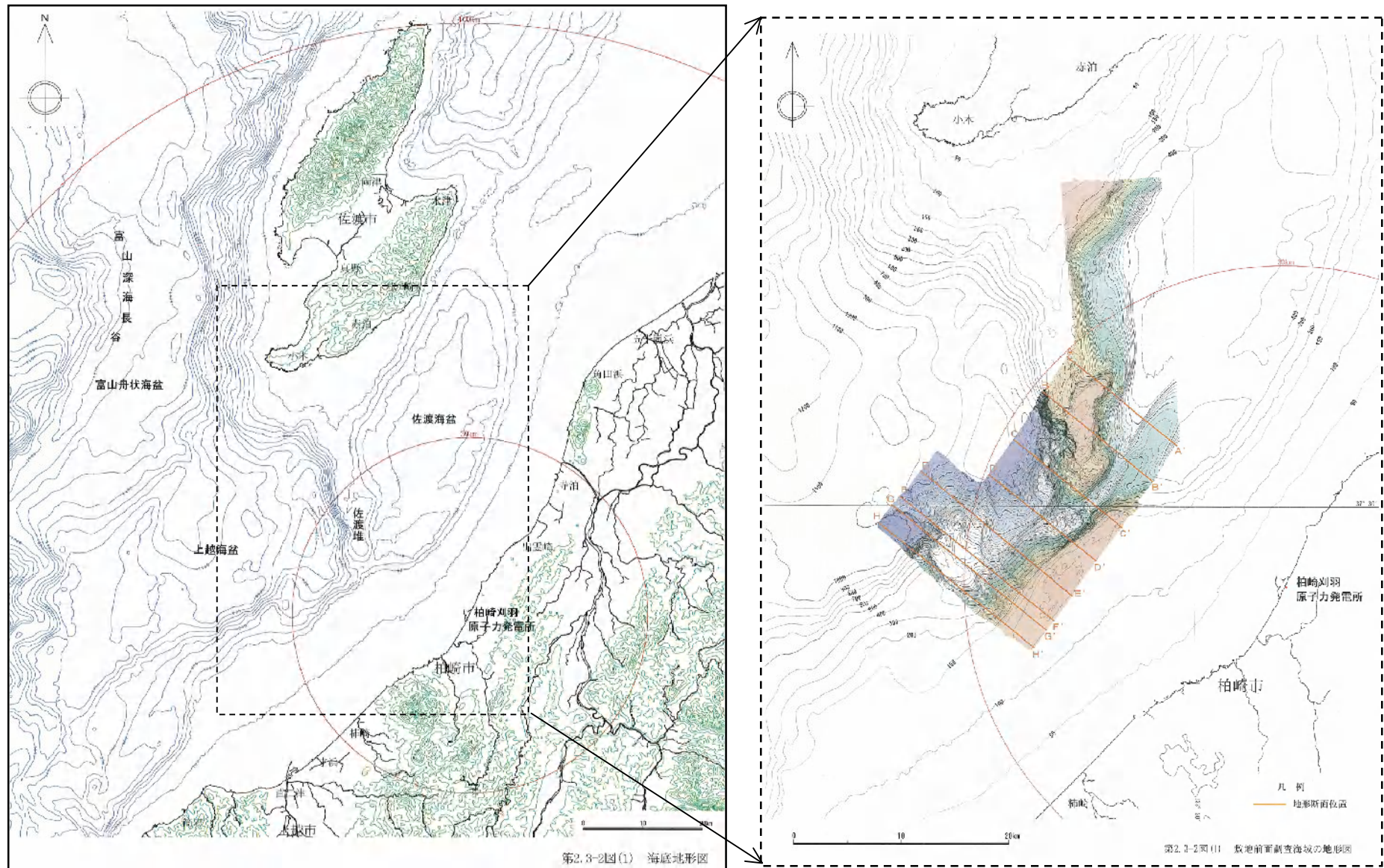
東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所
敷地周辺海域の地質・地質構造

平成20年4月18日
東京電力株式会社



東京電力

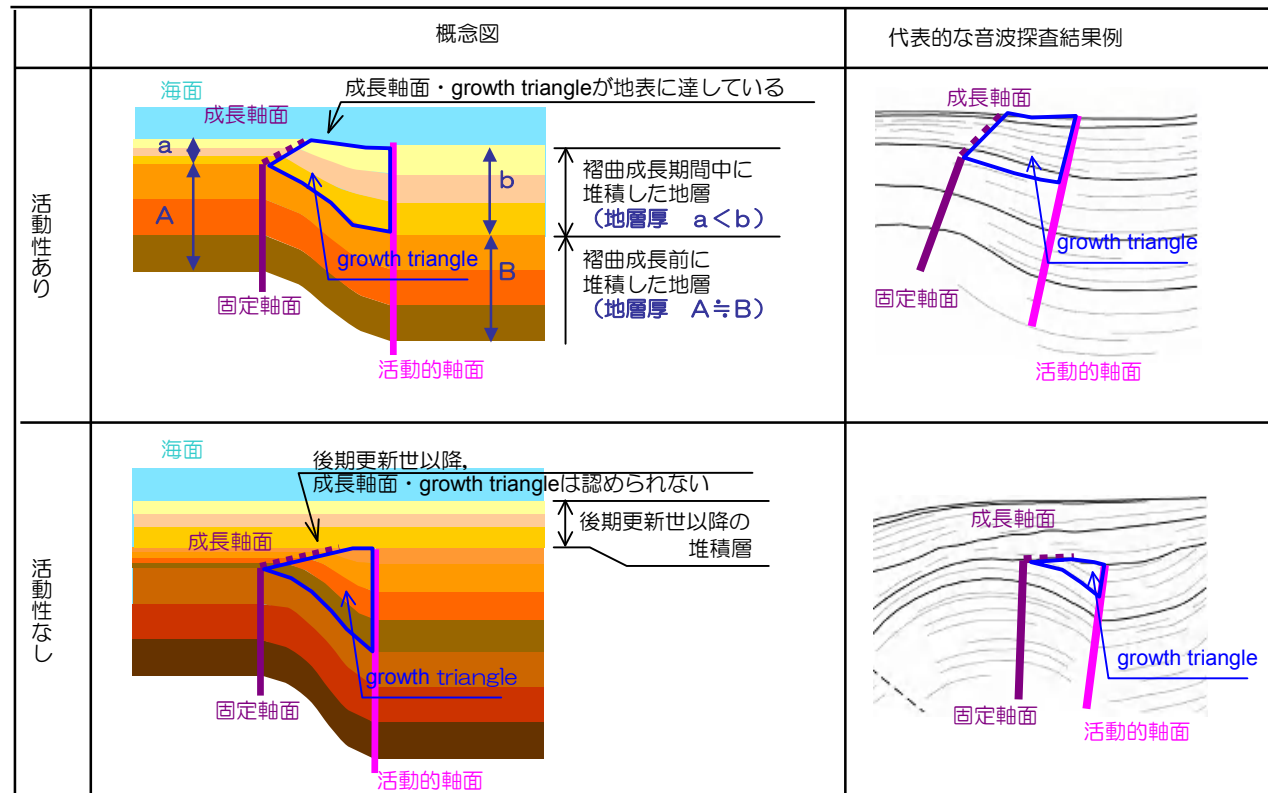
海底地形（敷地周辺海域・敷地前面調査海域）



海域活断層に関する評価基準

- 断層の評価にあたっては、断層構造のみでなく断層運動に伴って形成される撓曲を含む褶曲構造も対象とした。
- 断層運動に伴う褶曲構造の解析においては、岡村(2000)に基づき、褶曲構造の成長過程に伴って形成される growth triangle 及び growth strataと呼ばれる特徴的な構造に着目して評価を行った。

■ 評価の例



(陸域の活断層評価)

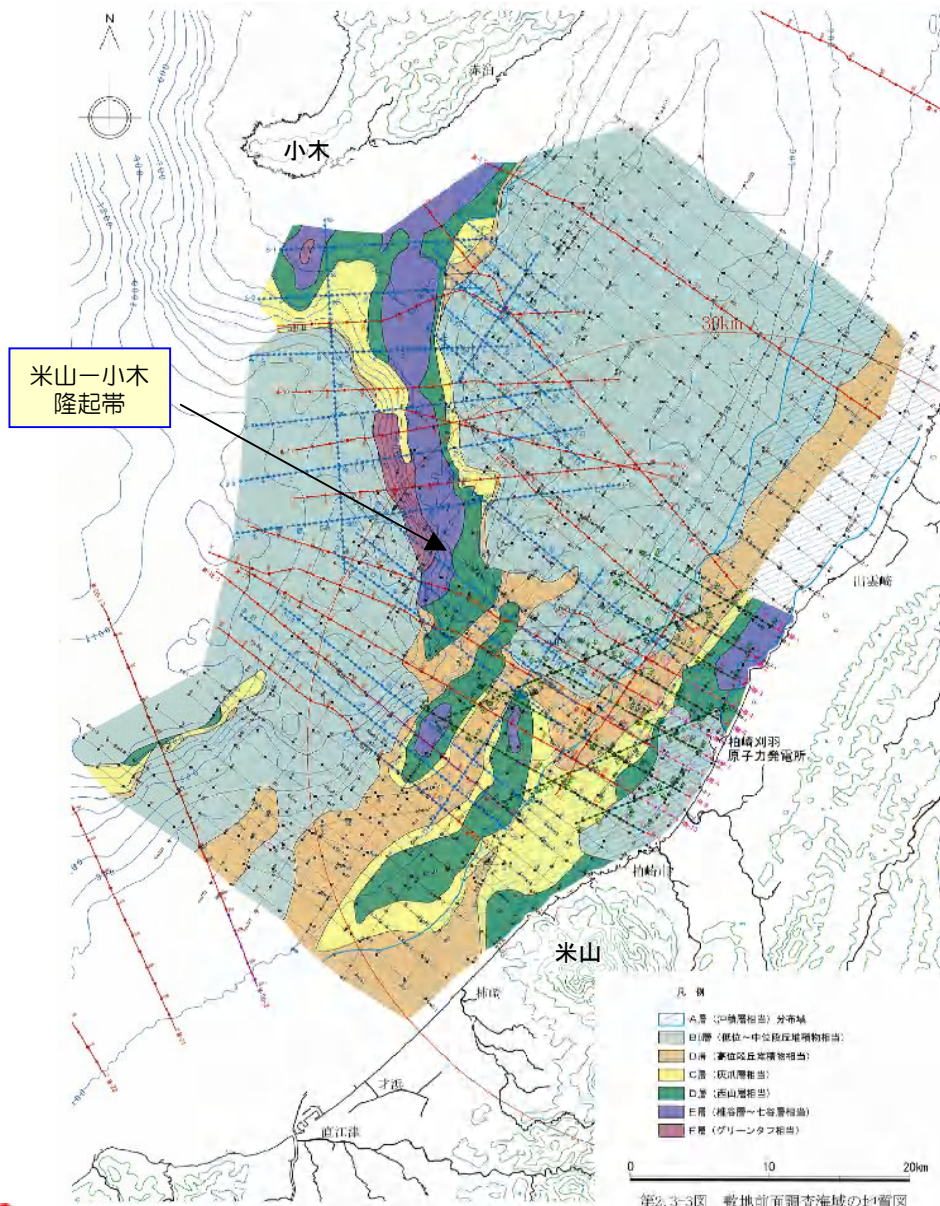
・海域は基本的に堆積環境にあるため、地層が堆積中に变形を受け、その履歴が growth triangle (strata) として記録される。

・一方、陸域では侵食環境にあるため、最近の活動については、海域と同様に growth triangle (strata) に着目した評価が難しい場合も少なくないが、活動履歴は変位地形となって認識することができる。

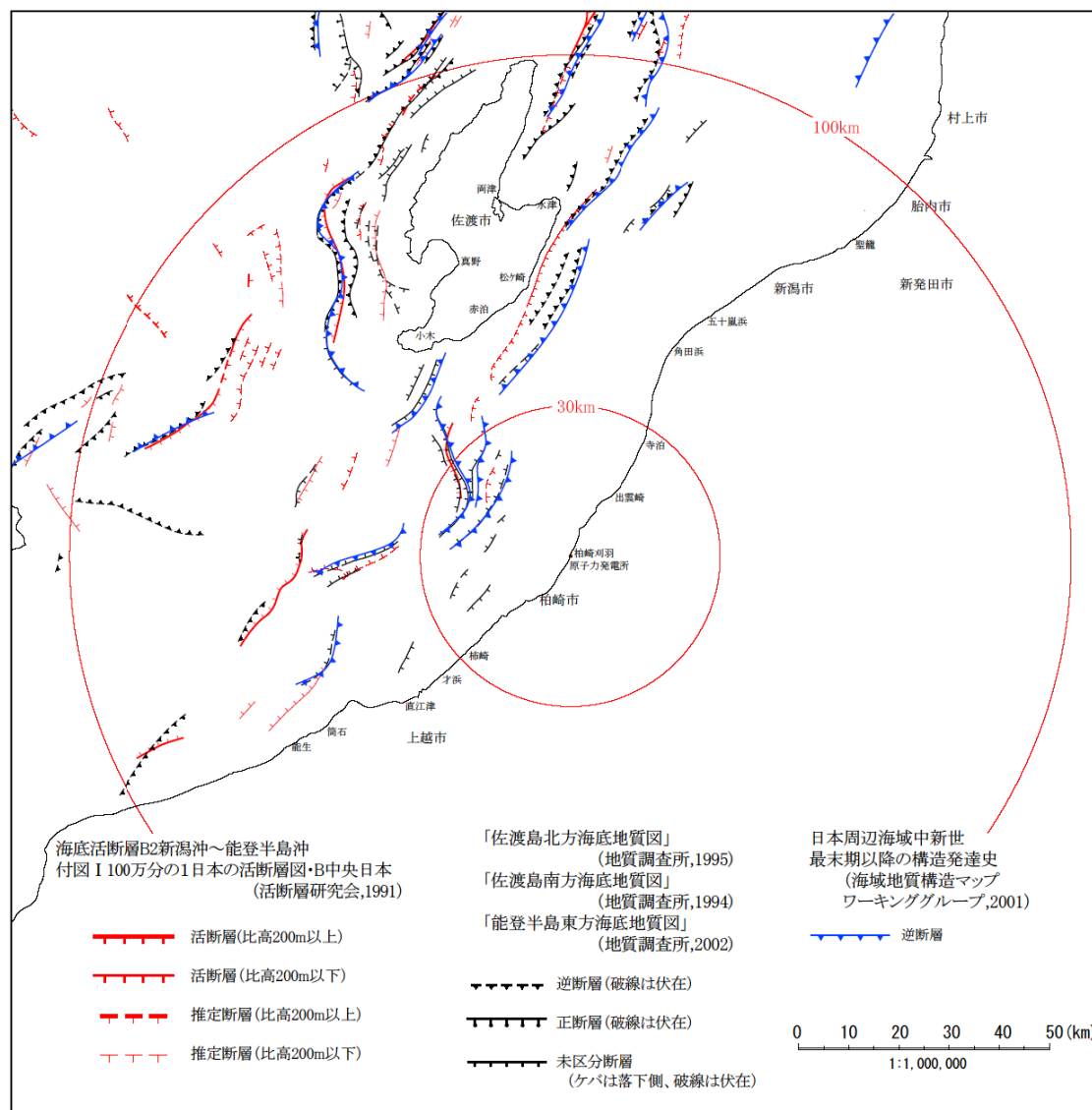
敷地前面調査海域の地質層序・地質図

敷地周辺海域と陸域の地層対比表

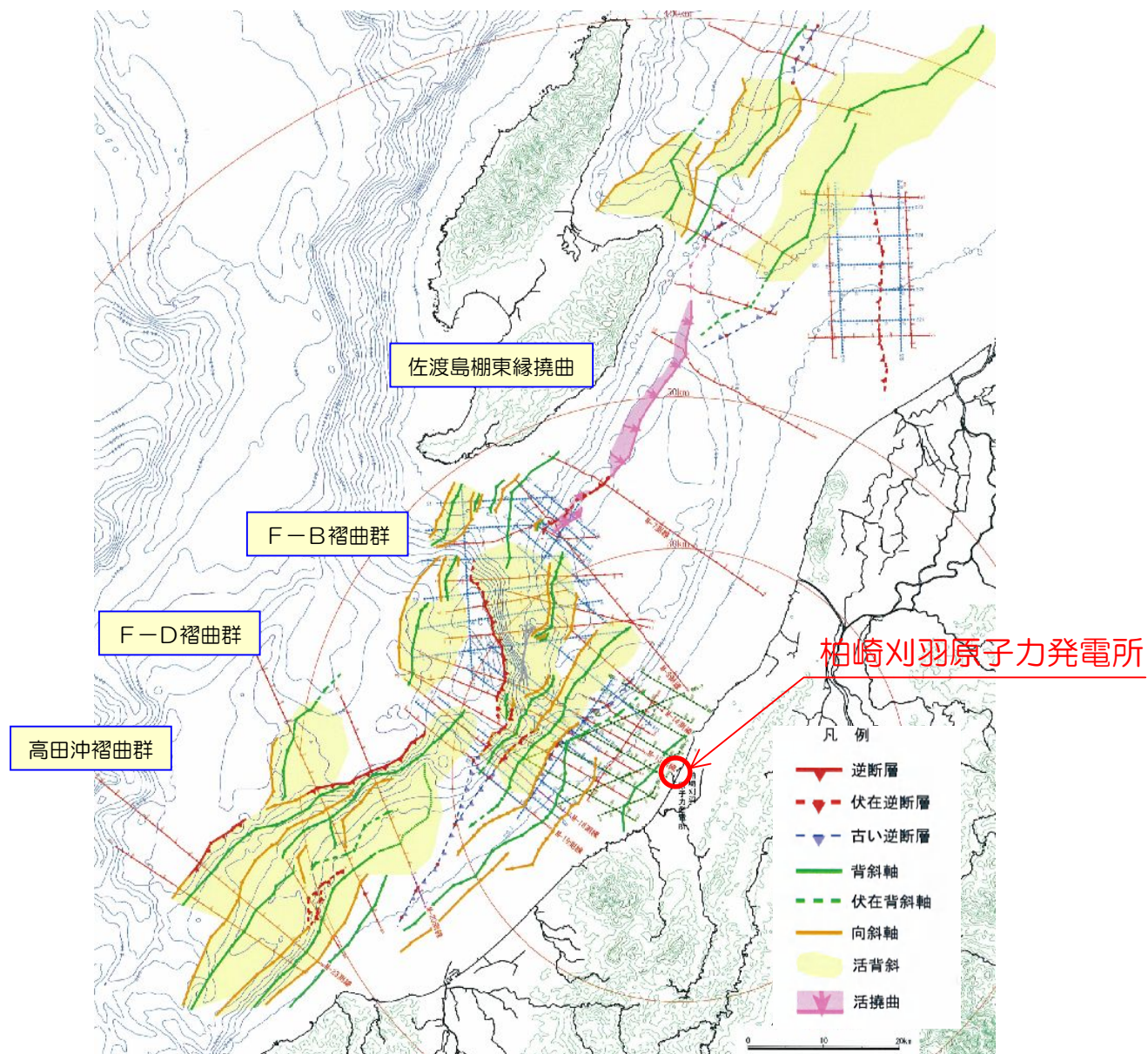
地質名	地層区分
沖積層	A層
低位～中位段丘堆積物相当層	Bu層
高位段丘堆積物相当層	B層
灰爪層相当層	C層
西山層相当層	D層
椎谷層～七谷層相当層 (グリーンタフより上位の火山噴出物)	E層 (Ev層)
グリーンタフ相当層	F層



文献断層

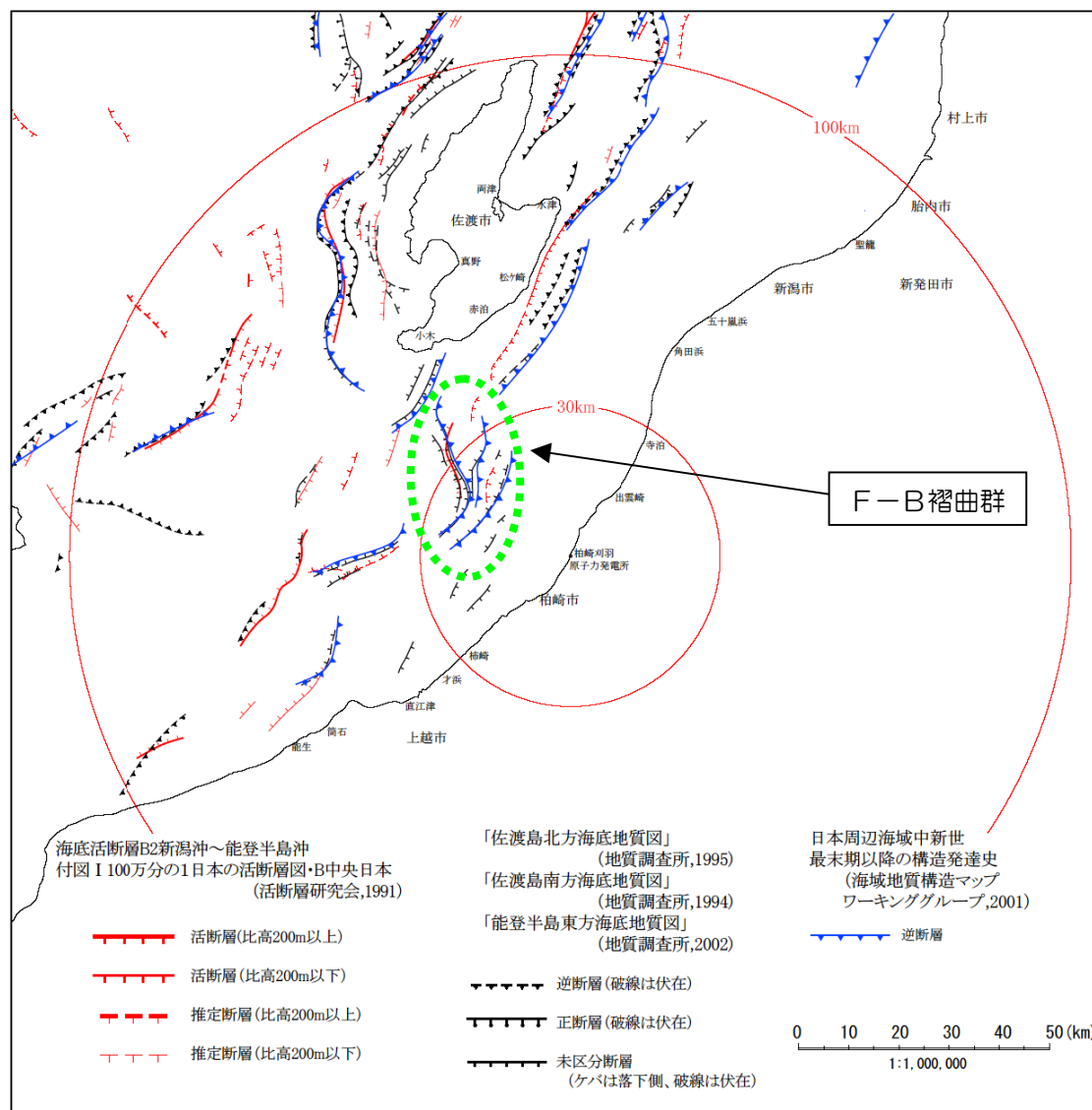


敷地周辺海域の地質構造

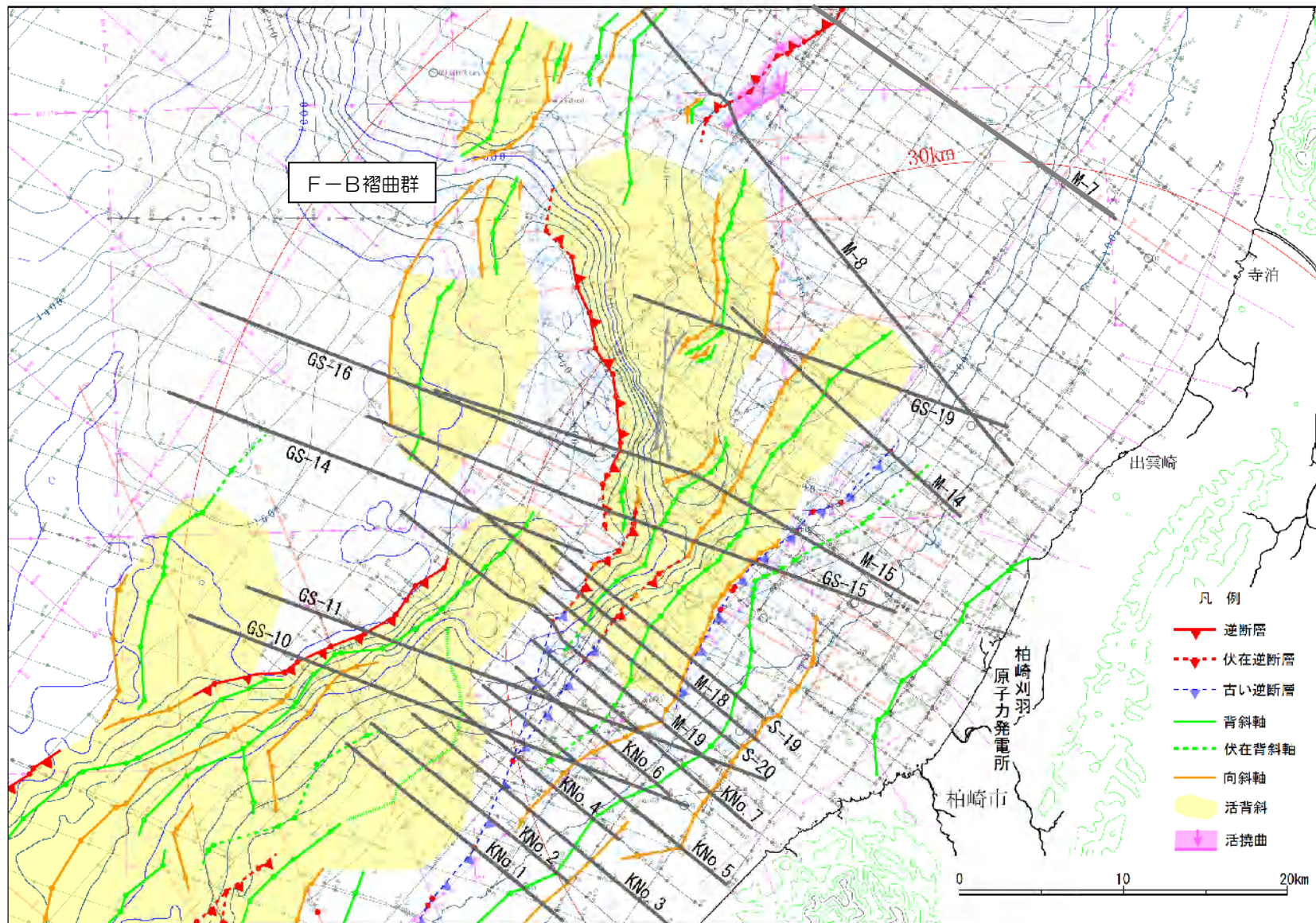


F-B褶曲群の評価

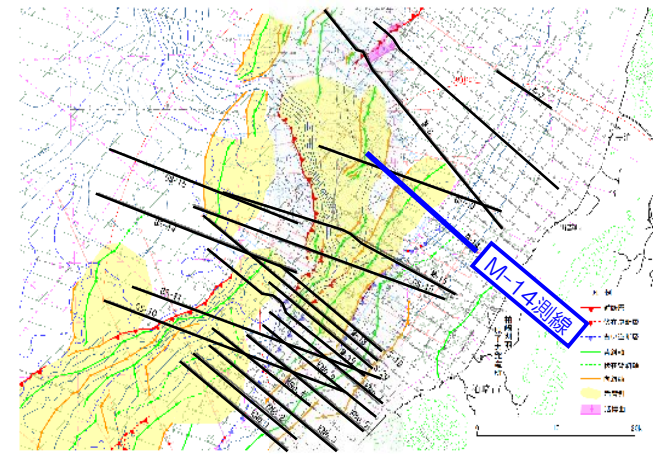
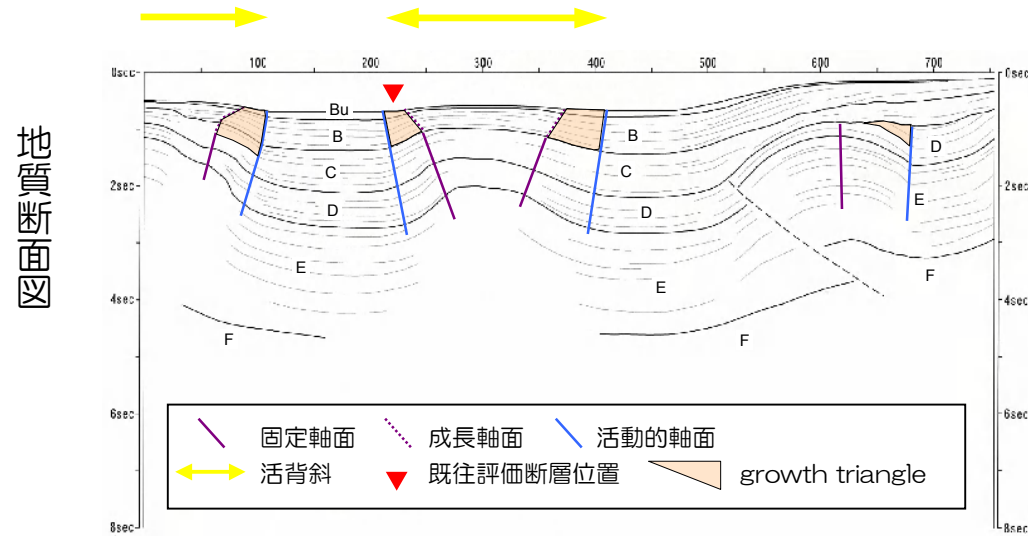
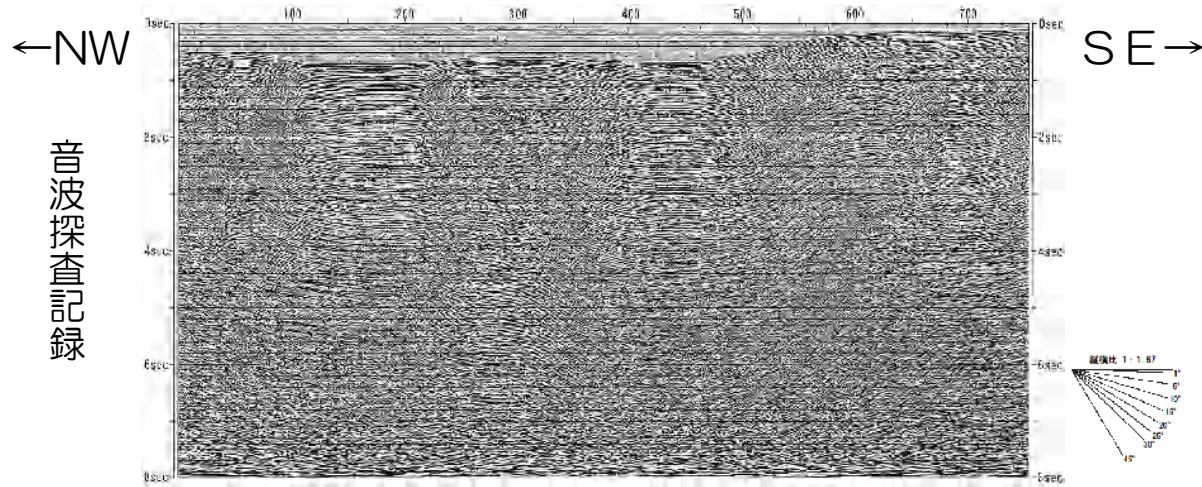
文献断層



F-B褶曲群周辺の地質構造

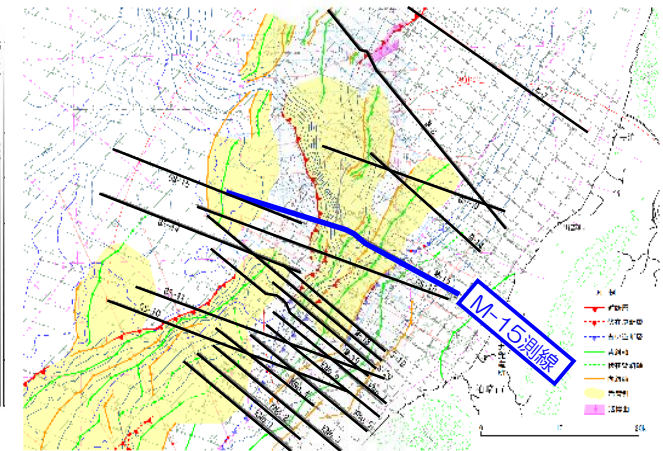
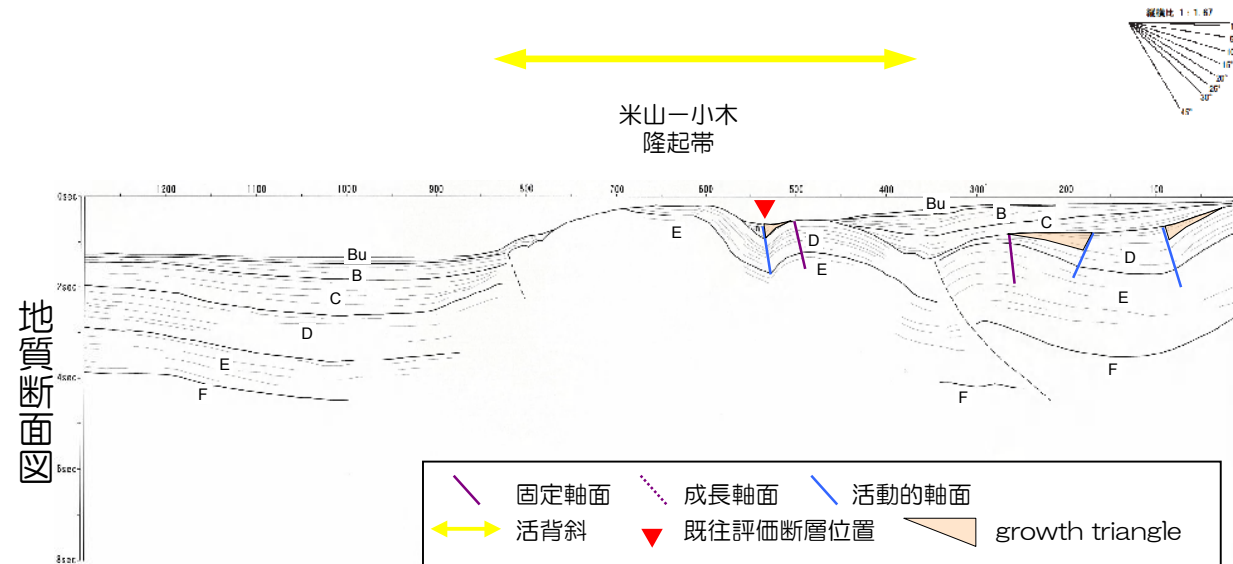
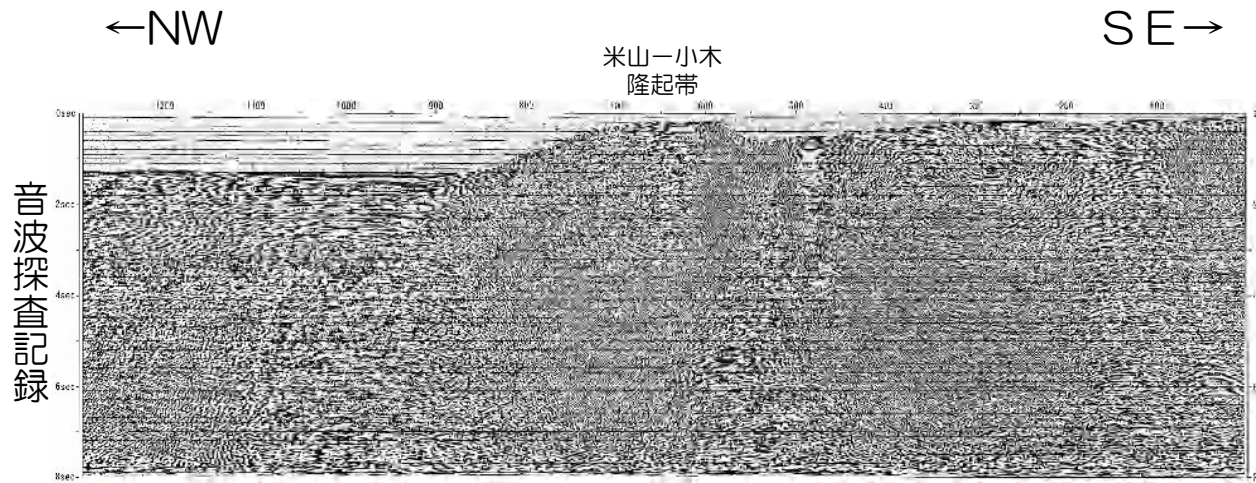


M-14測線



【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

M-15測線



【地質区分】

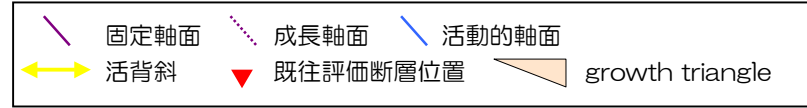
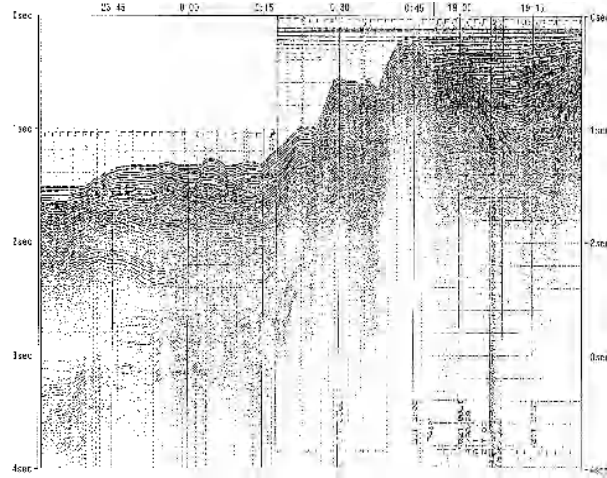
A:沖積層相当層 Bu:低位~中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層~七谷層相当層 (Ev:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

GS-15測線

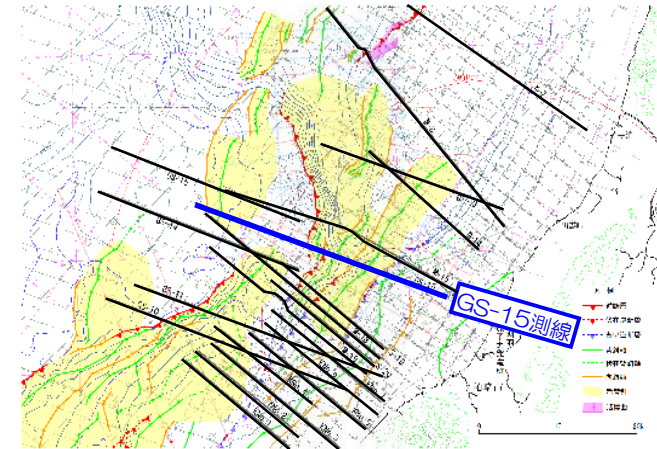
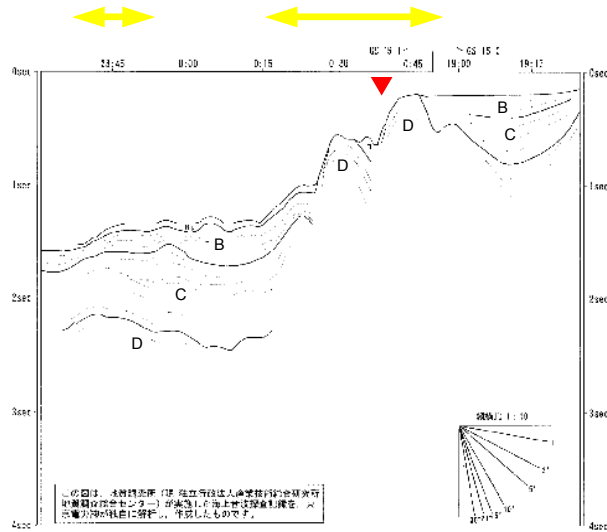
←NW

SE→

音波探査記録



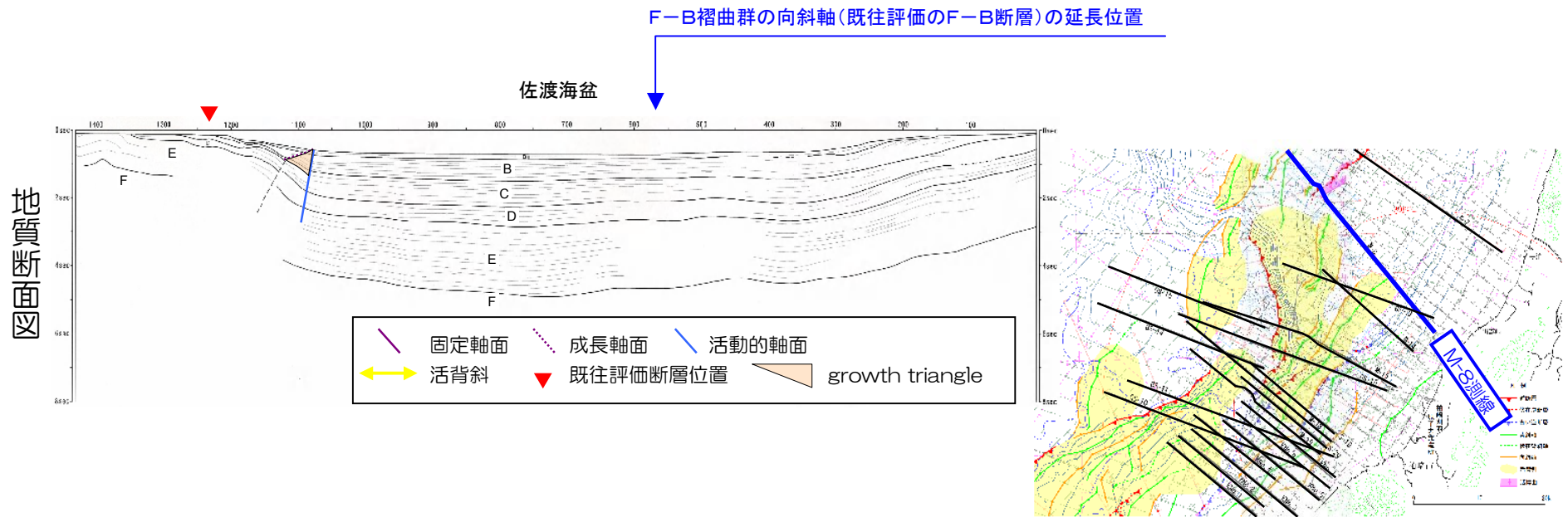
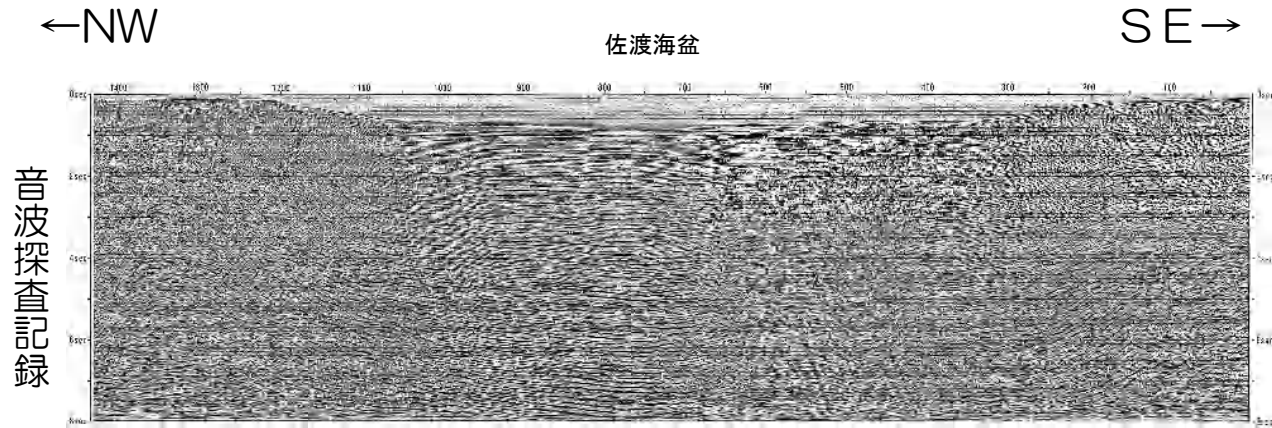
地質断面図



【地質区分】

A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 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

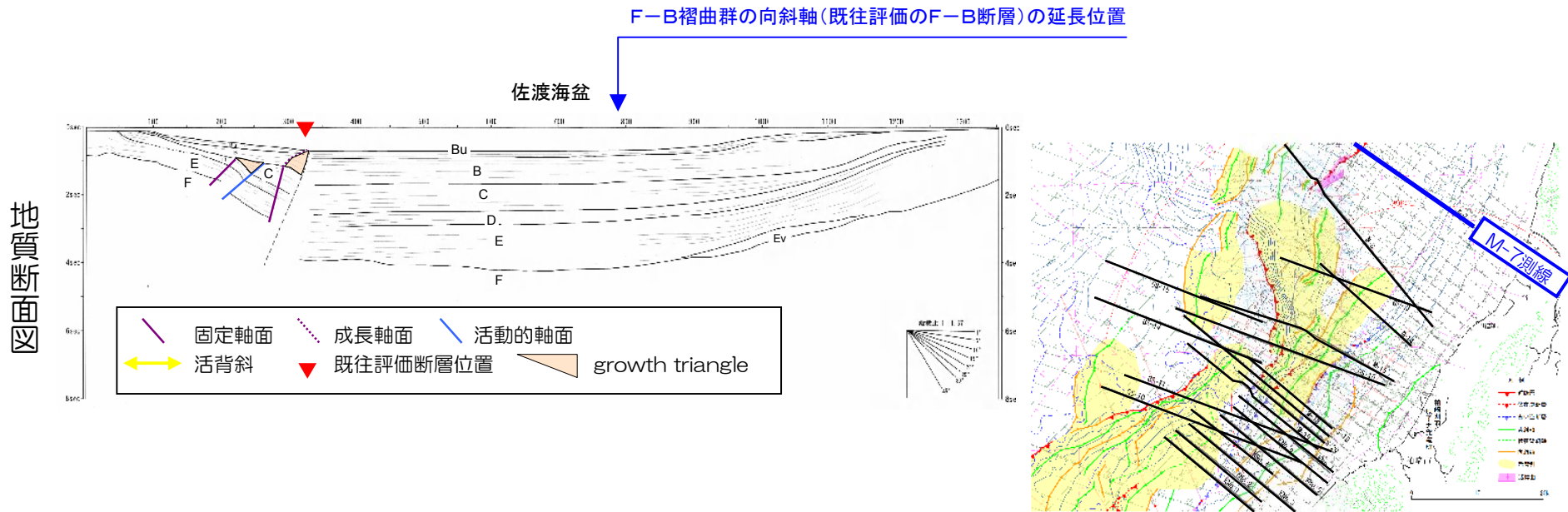
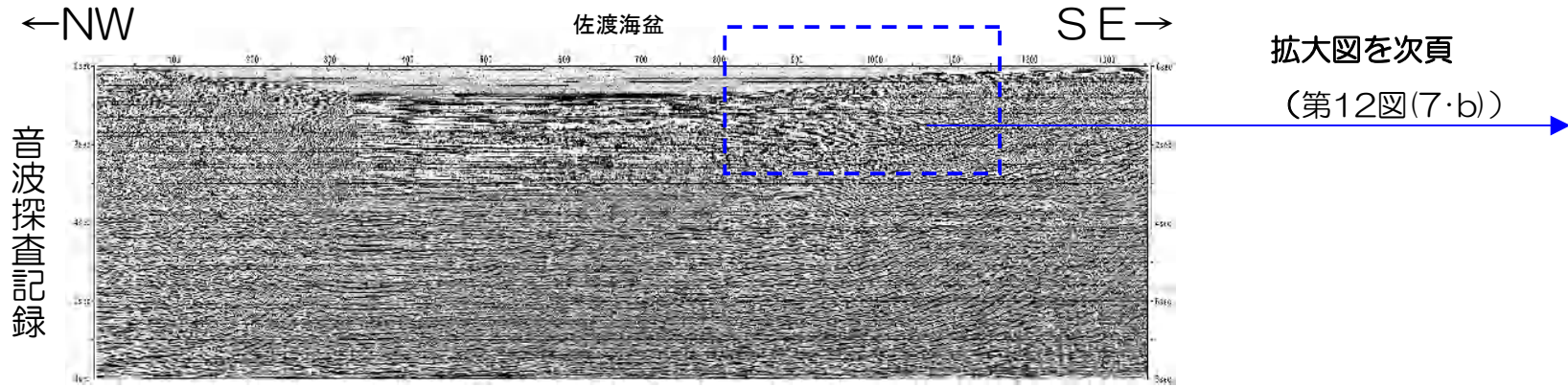
M-8測線



【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:グリーンタフより上位の火山噴出物) F:グリーンタフ相当層

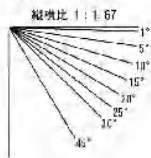
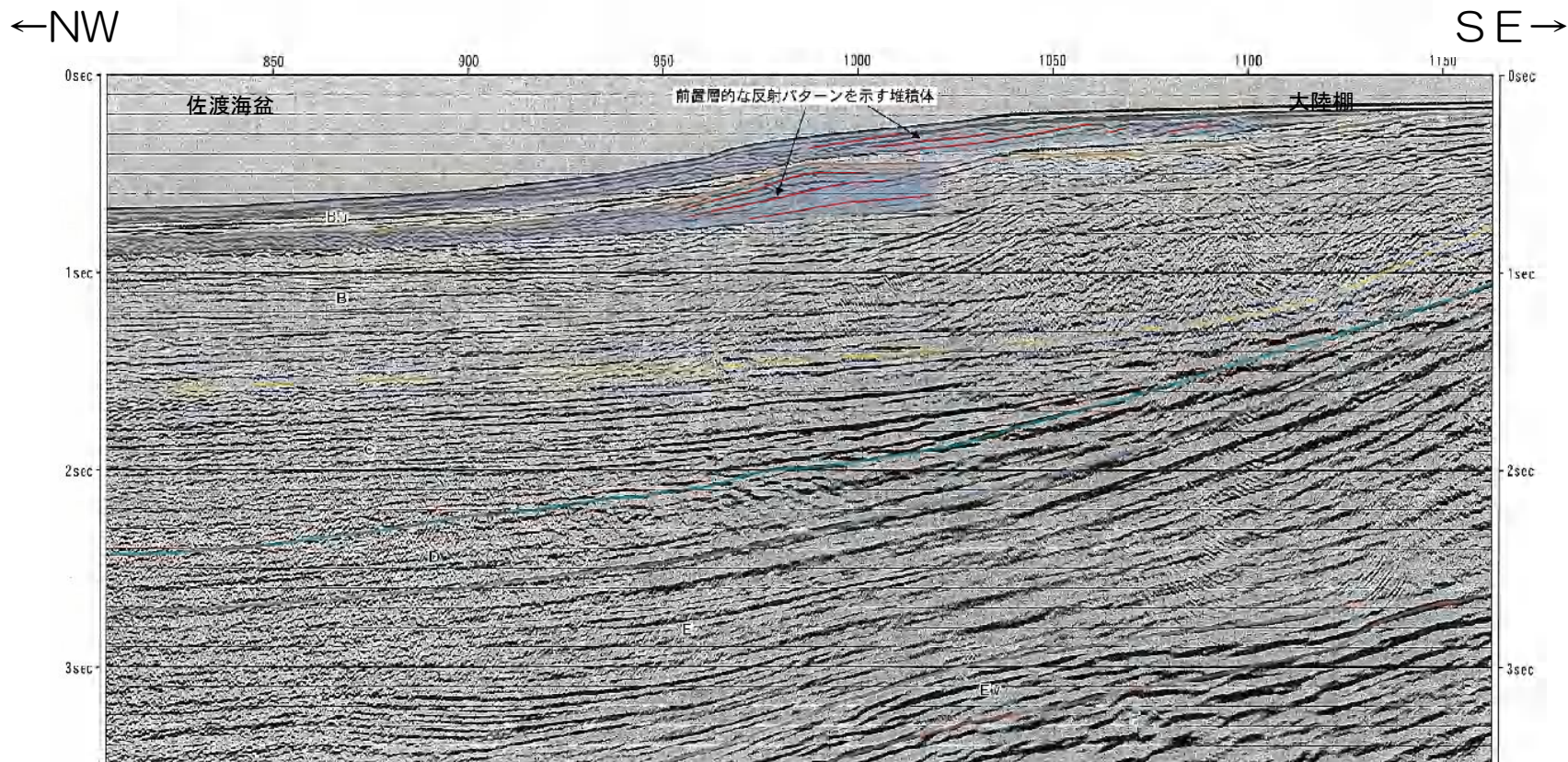
M-7測線



【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:グリーンタフより上位の火山噴出物) F:グリーンタフ相当層

M-7測線（大陸棚部拡大）

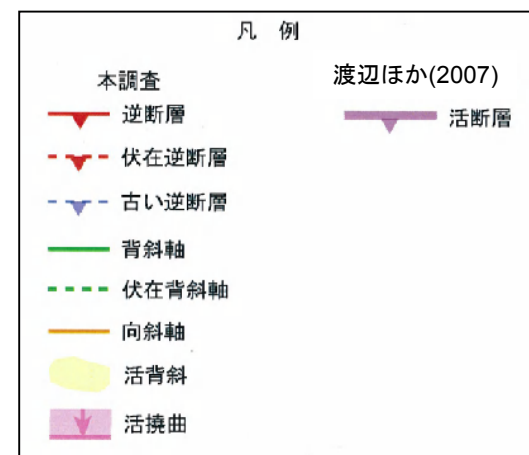
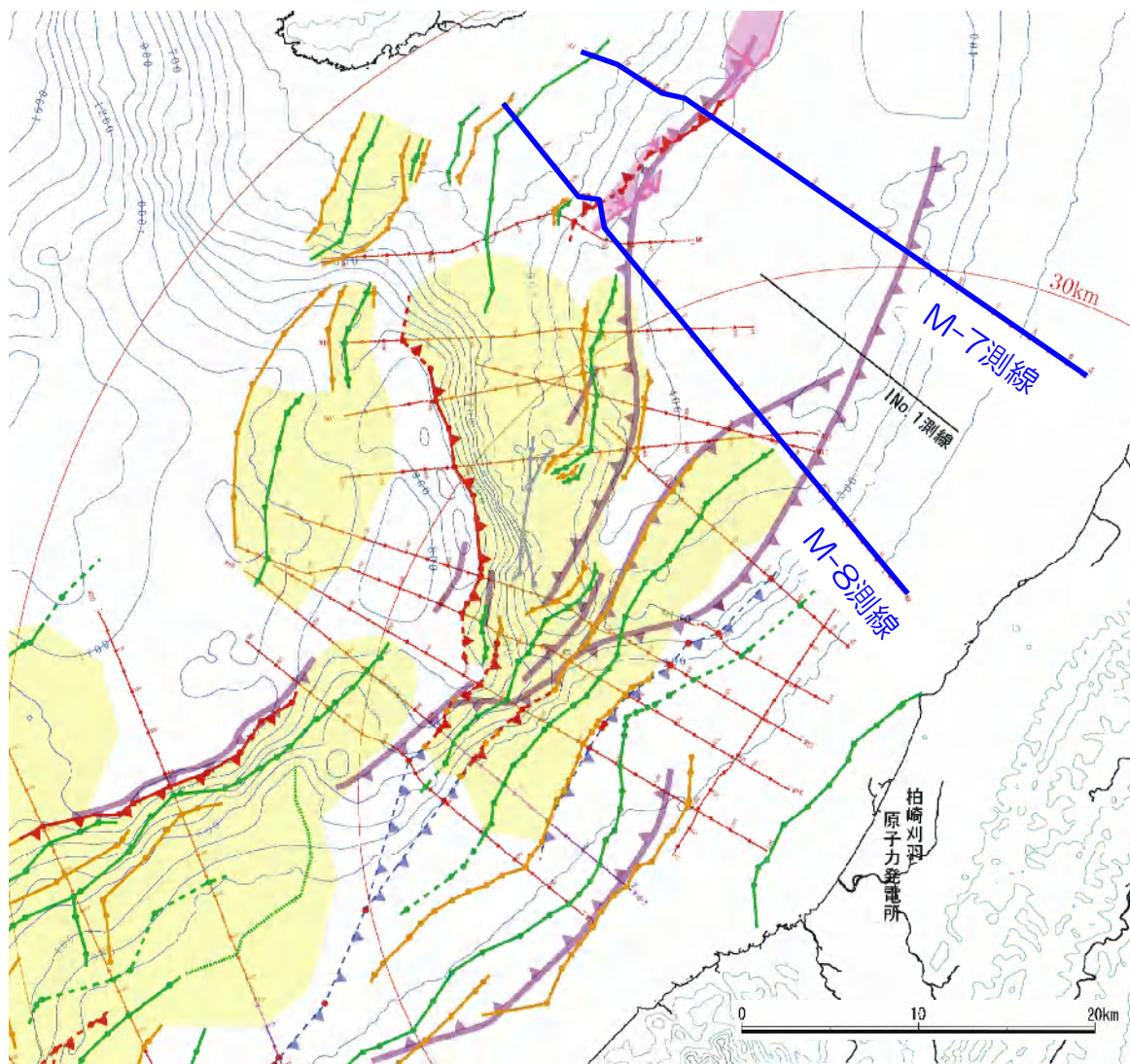


- 大陸棚斜面に緩やかに傾斜した地質構造が認められるものの、南側の測線で認められるような短波長の褶曲構造は認められない。
- 非常に緩やかな長波長の構造であって、growth triangle などの活構造の存在を示唆する地質構造は認められない。
- 大陸棚外縁部の斜面の形態は、その付近においてB層及びBu層の上部に前置層的な反射パターンを示し、堆積構造を反映したものであると判断される。

【地質区分】

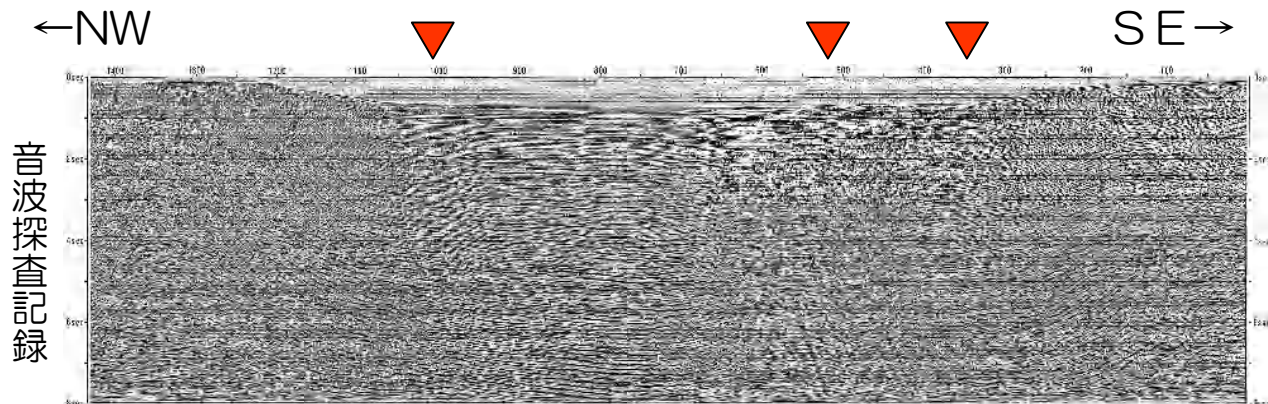
A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ew:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

他研究グループによる活断層評価

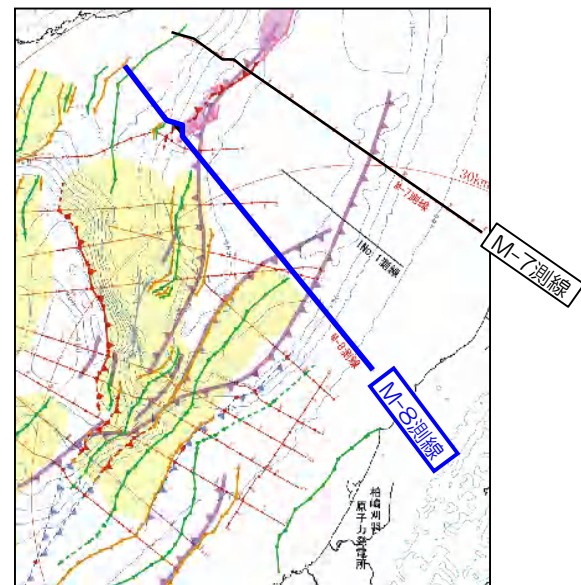
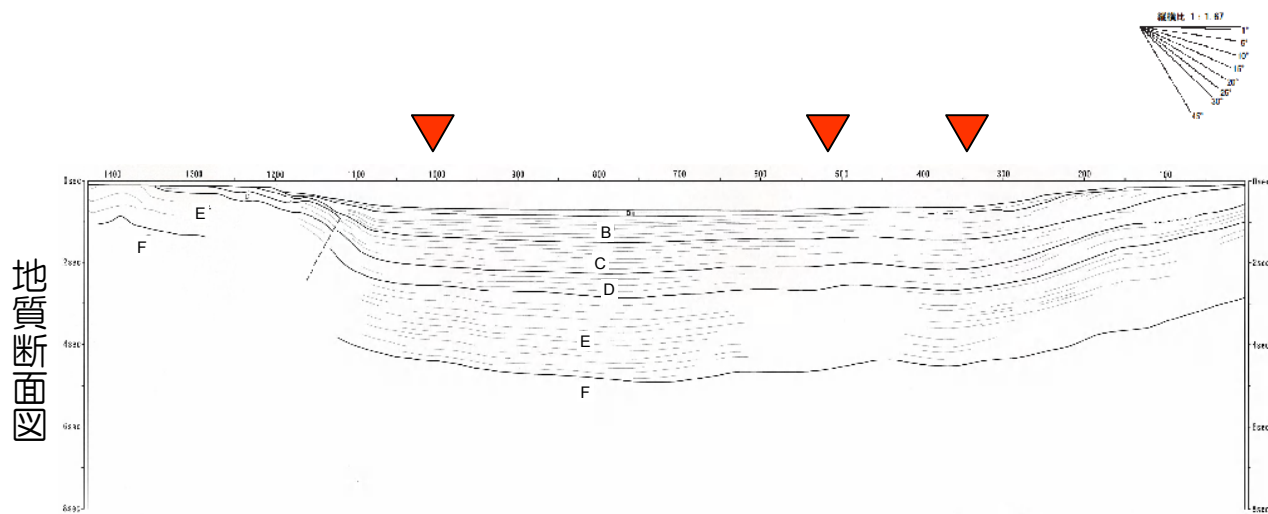


F-B褶曲群の北方の地質断面図(1)

M-8測線



▼ 渡辺ほか(2007)が示す活断層の位置

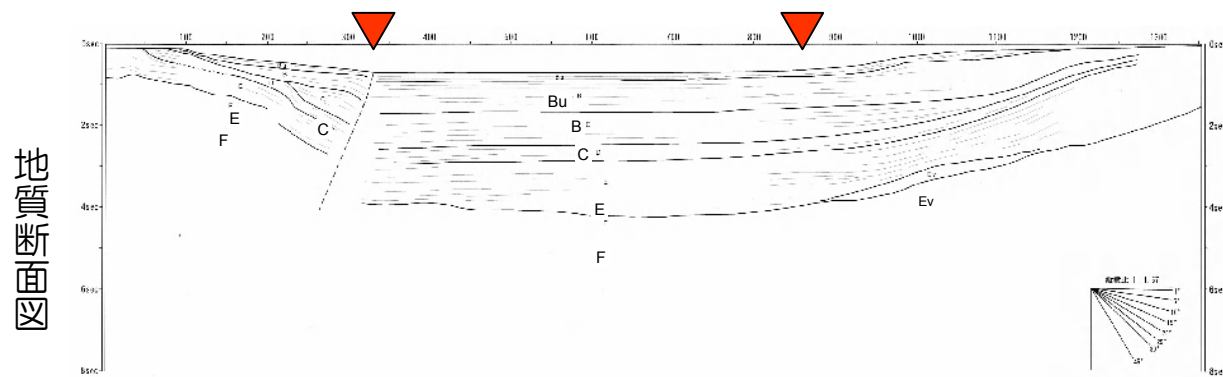
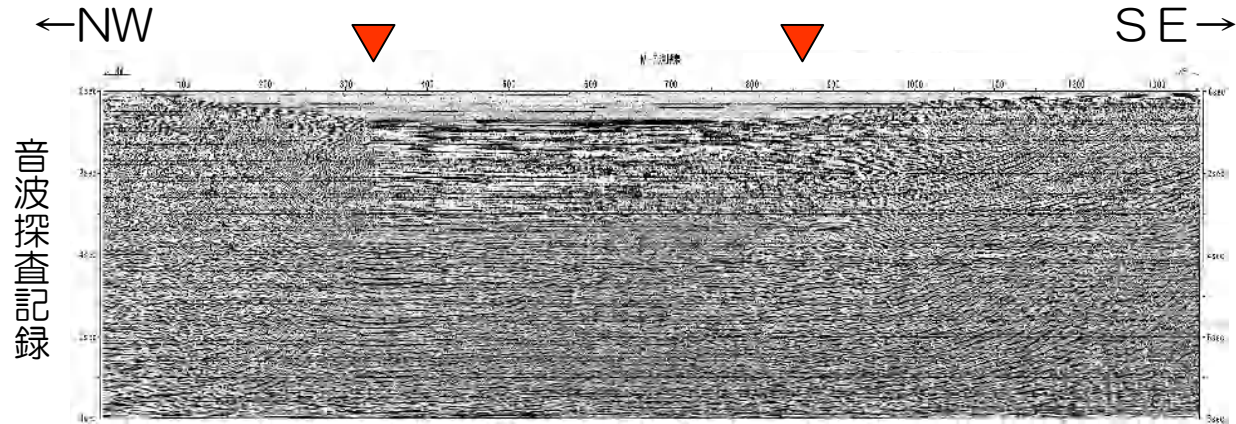


【地質区分】

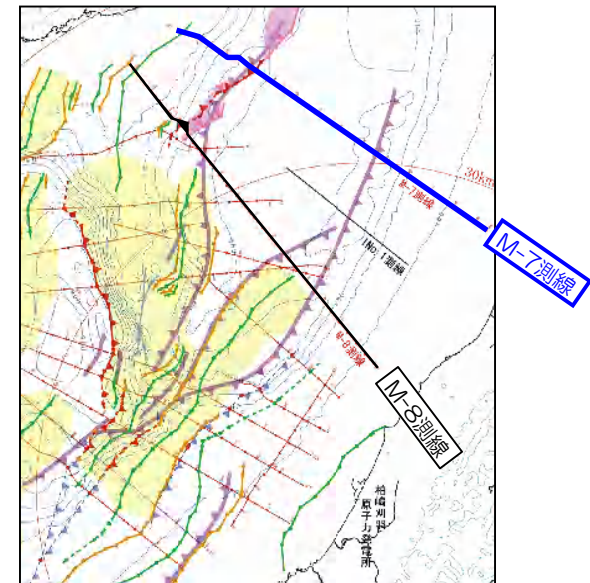
A:沖積層相当層 B_u:低位～中段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E_v:グリーンタフより上位の火山噴出物) F:グリーンタフ相当層

F-B褶曲群の北方の地質断面図(2)

M-7測線

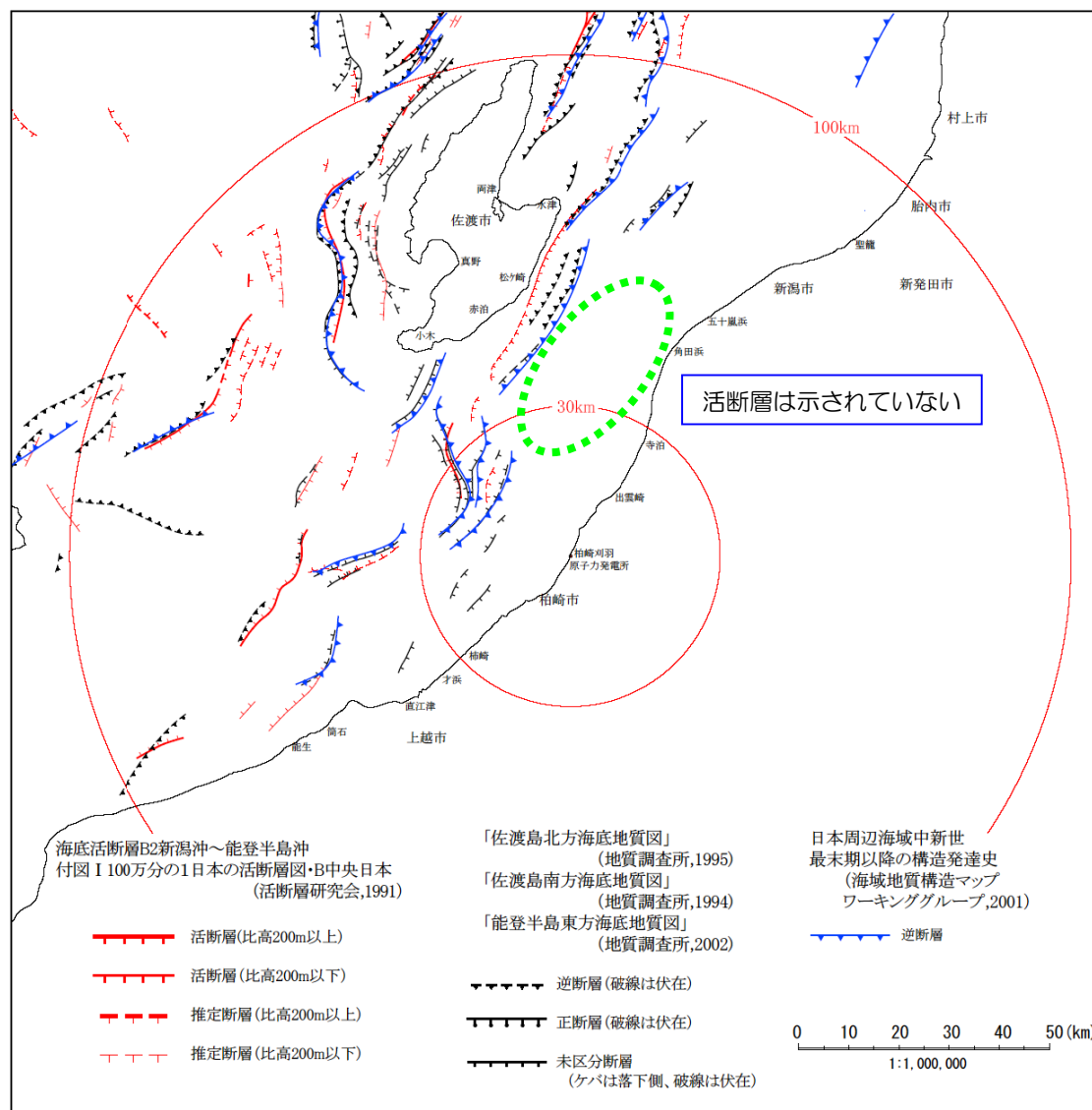


▼ 渡辺ほか(2007)が示す活断層の位置

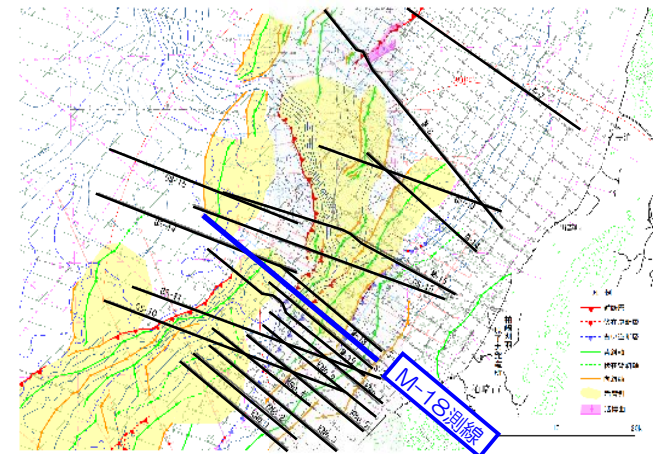
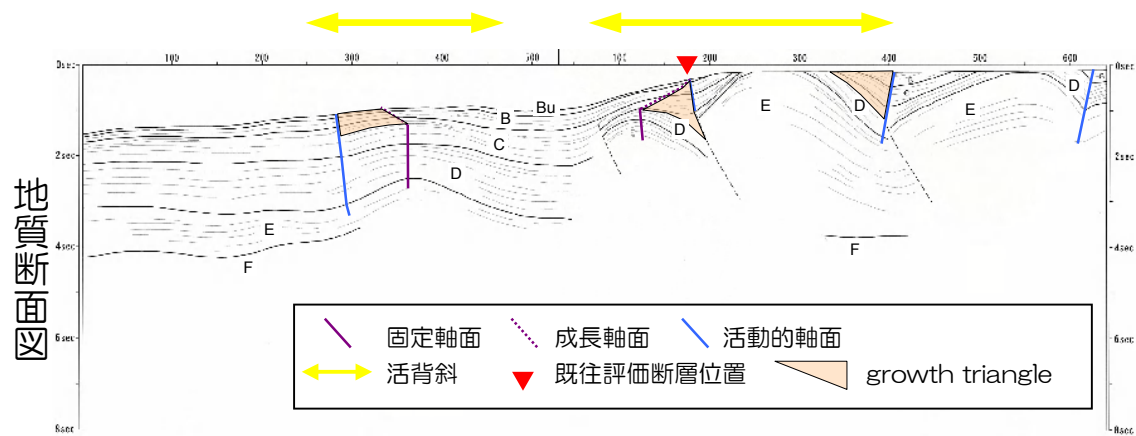
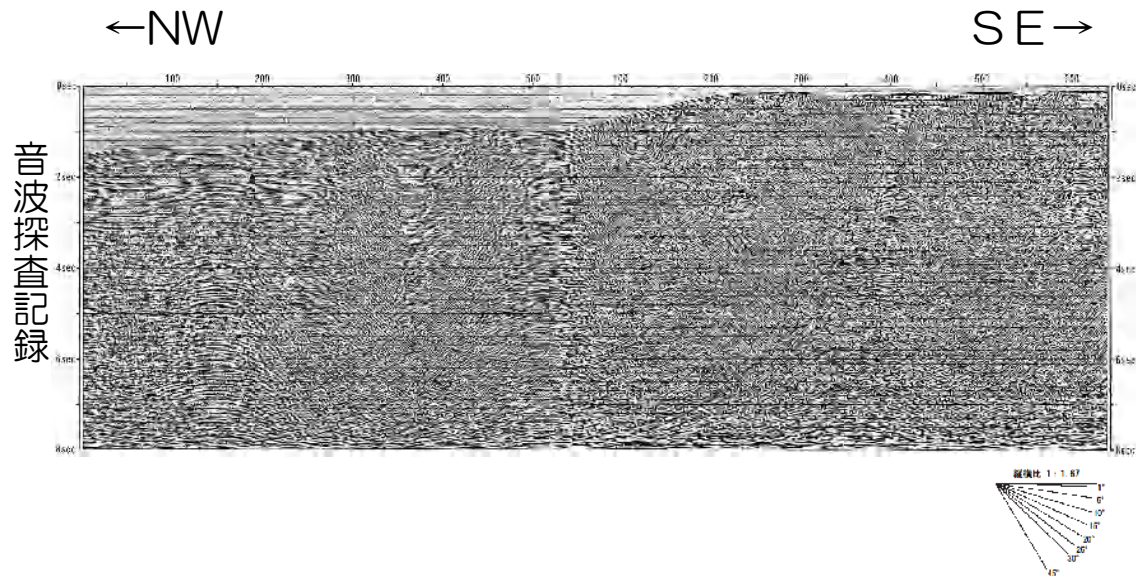


【地質区分】
 A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンタフより上位の火山噴出物) F:グリーンタフ相当層

文献断層



M-18測線



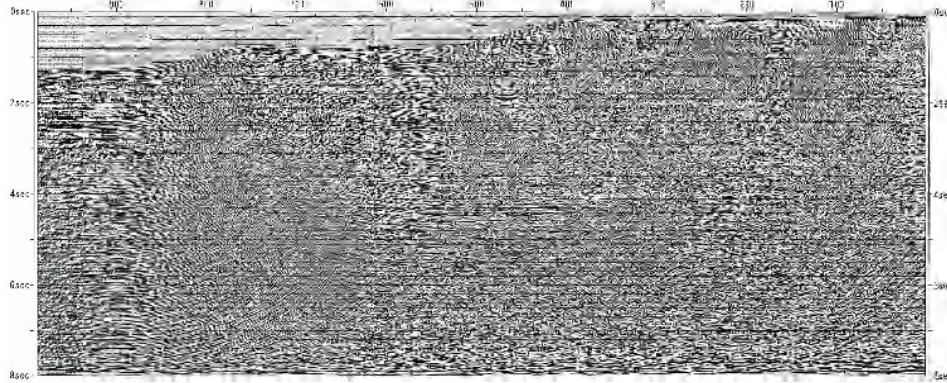
【地質区分】
 A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

M-19測線

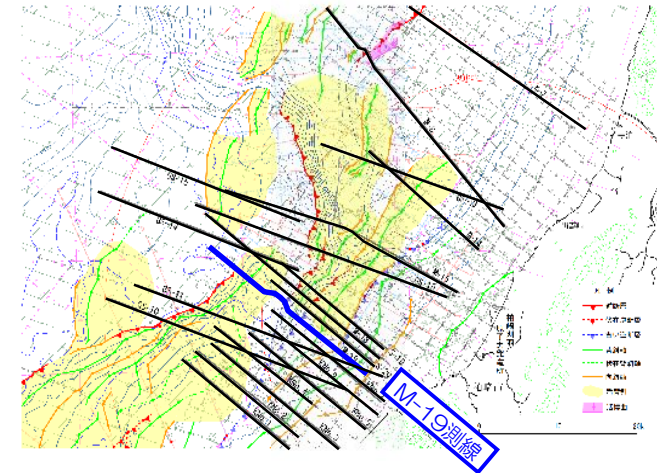
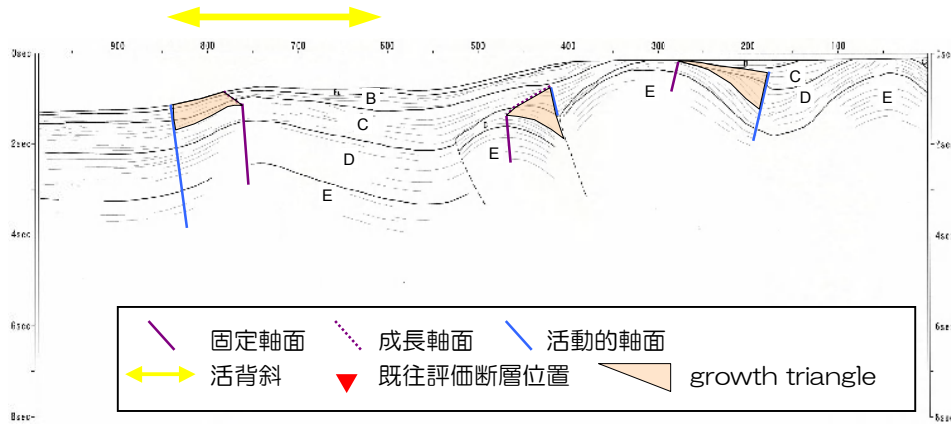
←NW

SE→

音波探査記録



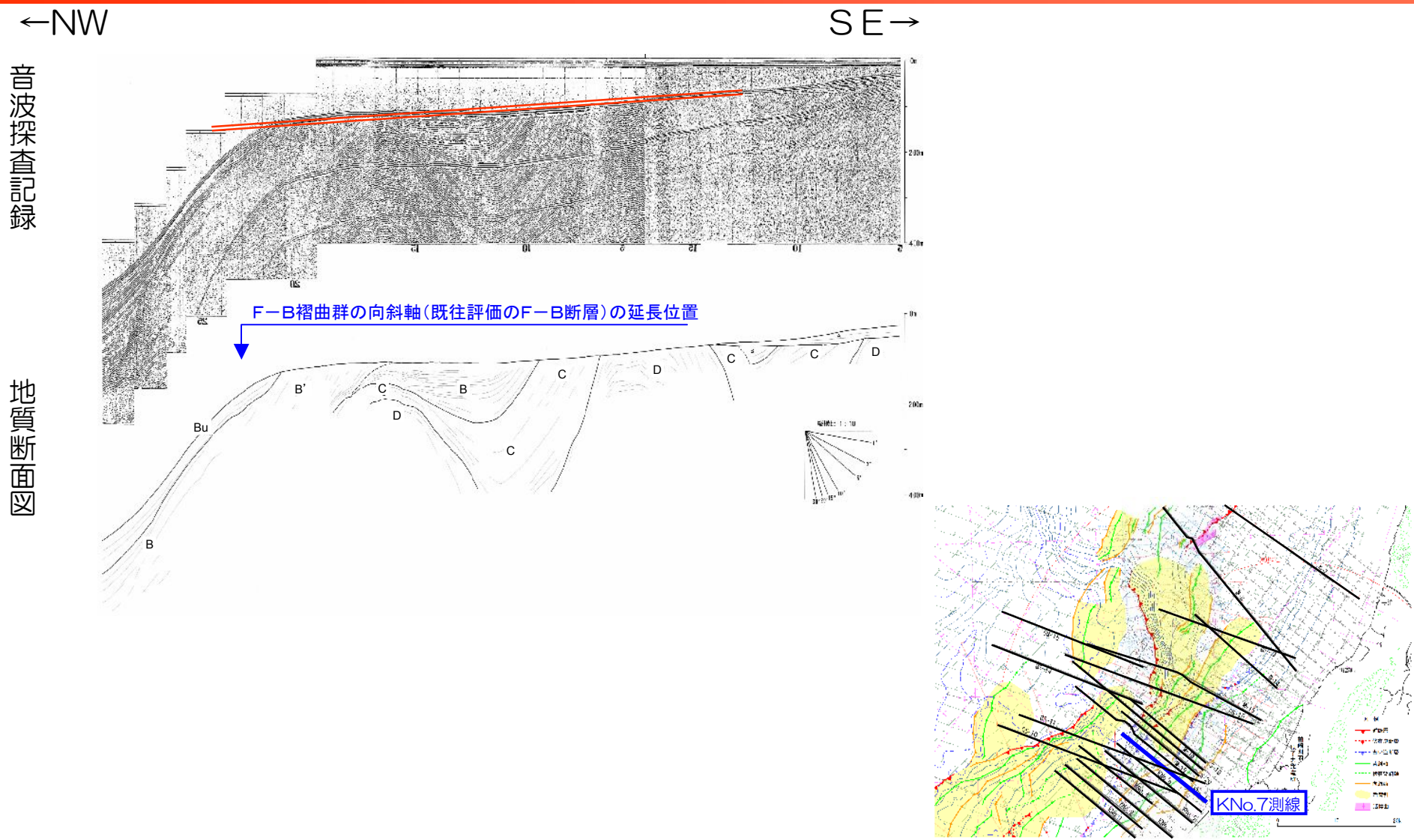
地質断面図



【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 (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.7測線



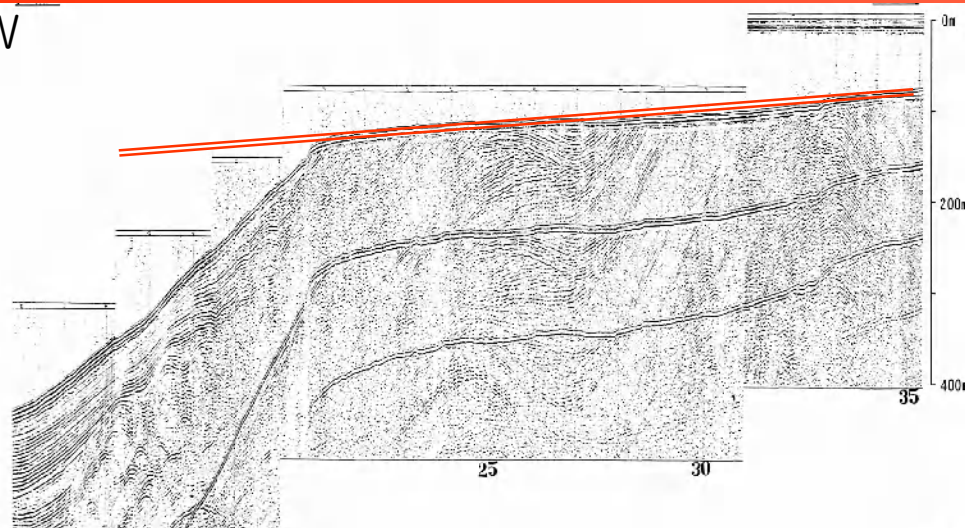
【地質区分】
 A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 B':高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

KNo.6測線

←NW

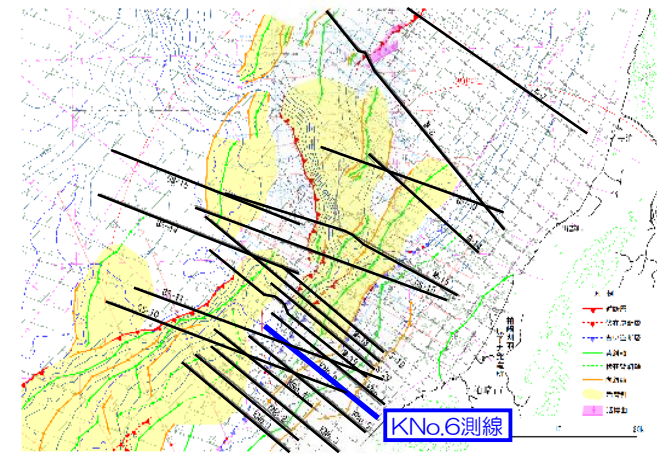
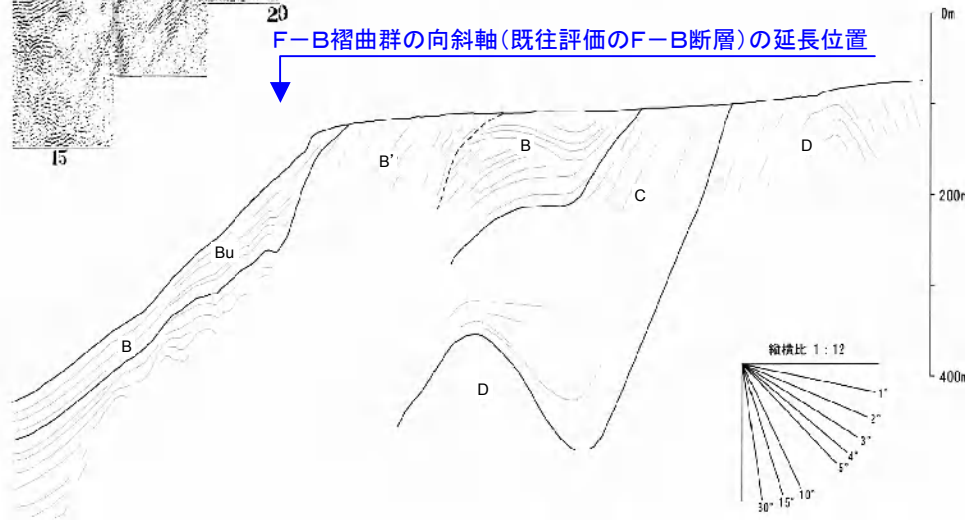
SE→

音波探査記録



F-B褶曲群の向斜軸(既往評価のF-B断層)の延長位置

地質断面図



【地質区分】

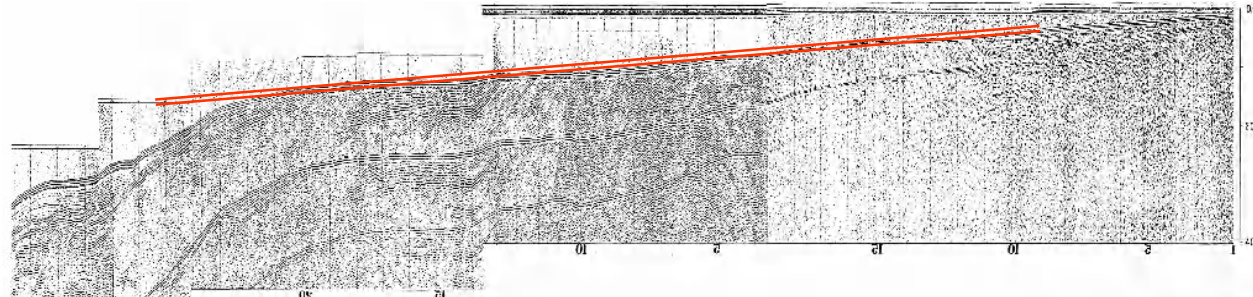
A:沖積層相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層~七谷層相当層 (E:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

KNo.5測線

←NW

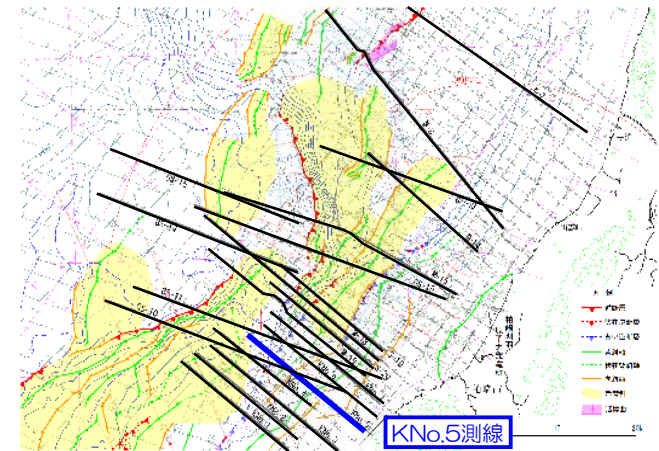
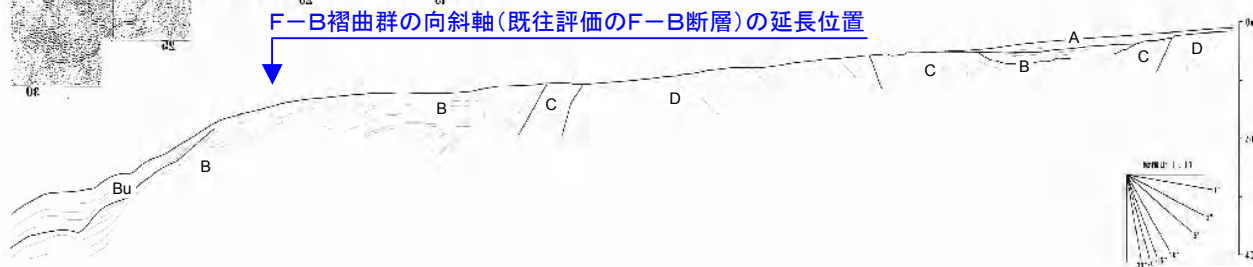
SE→

音波探査記録



F-B褶曲群の向斜軸(既往評価のF-B断層)の延長位置

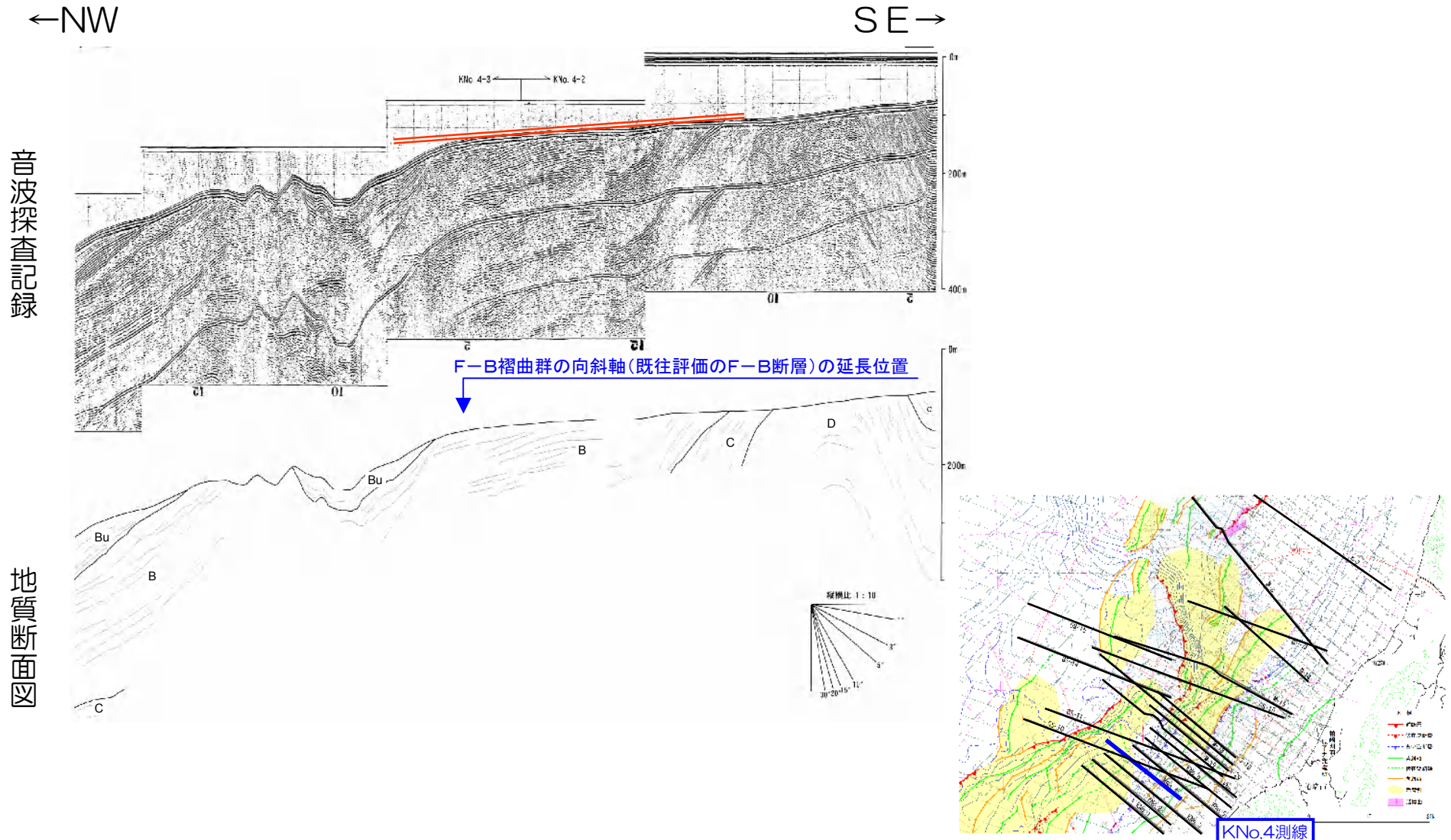
地質断面図



【地質区分】

A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 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

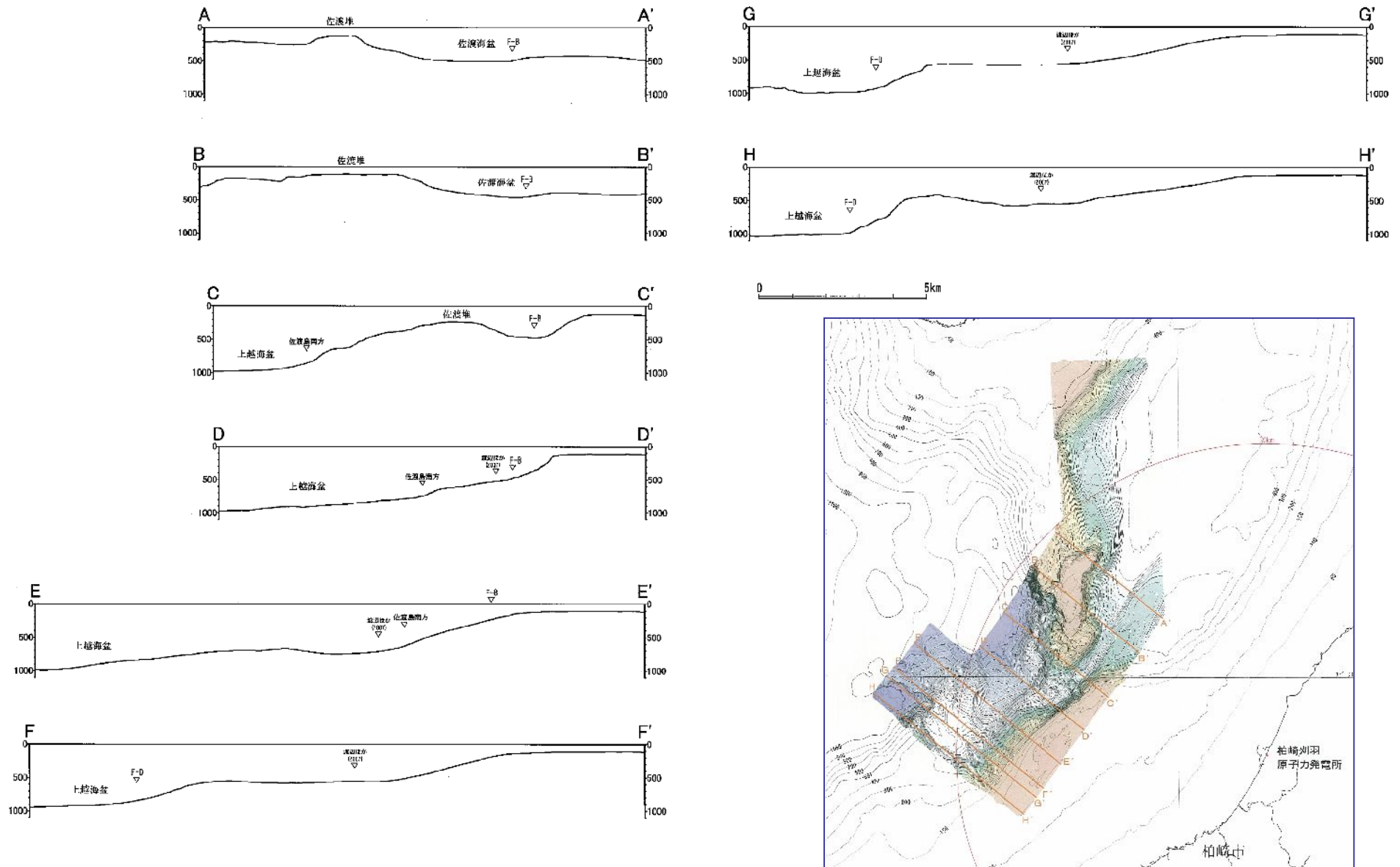
KNo.4測線



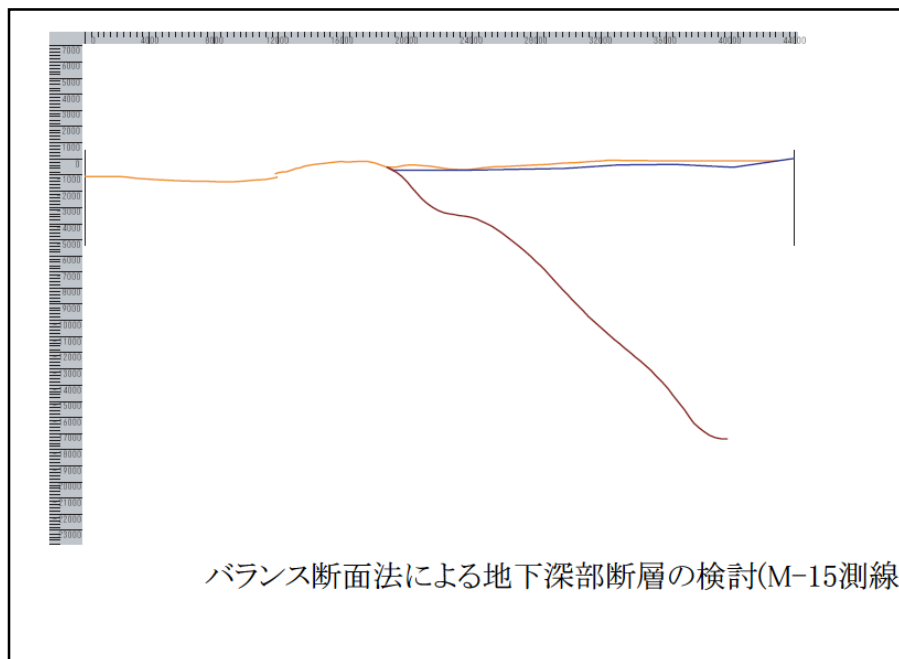
【地質区分】

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

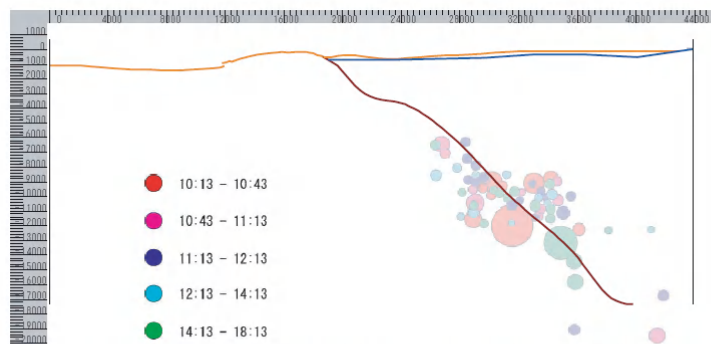
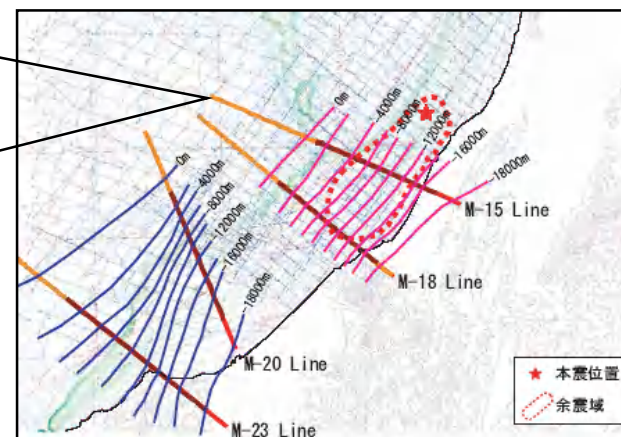
F-B褶曲群周辺の海底地形



バランス断面法による地下深部の断層の検討① (F-B褶曲群)



- バランス断面法 (Inclined-Shear法) により検討
- バランス断面法適用時の仮定条件
 - ◆ B層をマーカー層準とした (オレンジ色の線)
 - ◆ マーカー層準の変形前, つまり堆積時の地形を仮定 (青色の線)



バランス断面法による地下深部断層の検討
(M-15測線のバランス断面に震源再決定した余震分布を投影)

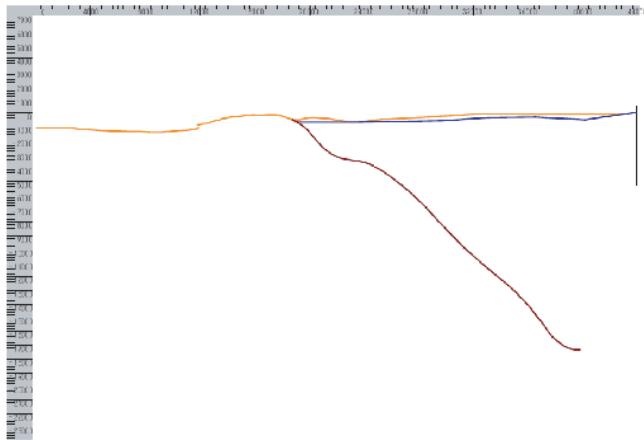
(余震分布は安全研究フォーラム2008講演資料による)

バランス断面図の説明

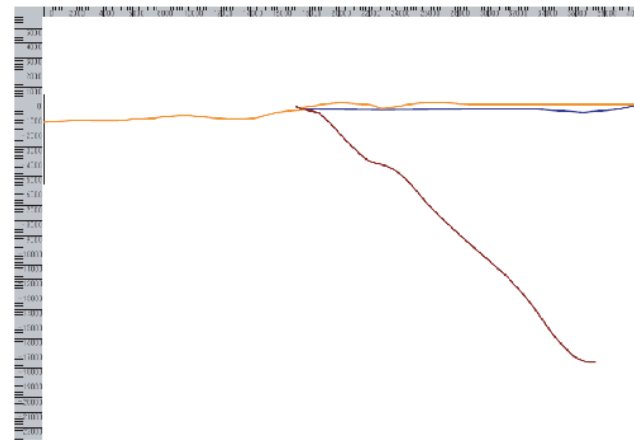
- 地質解釈によって得られた, マーカー層準の現在の褶曲形態
- 仮定した, マーカー層準の堆積時(変形前)の形態
- バランス断面法(Inclined Shear法)を適用して推定した, 堆積時の形態から現在の褶曲形態を生じさせる断層面

(距離及び深度目盛の単位はメートル)

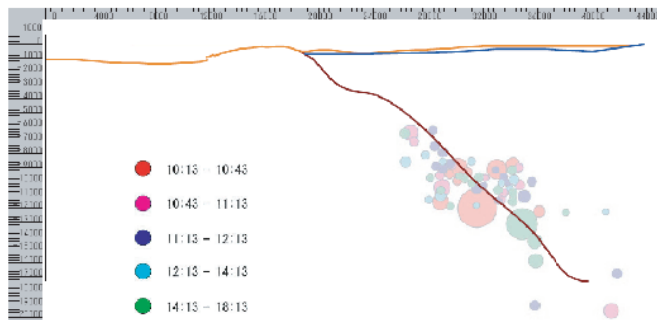
バランス断面法による地下深部の断層の検討② (F-B褶曲群)



バランス断面法による地下深部断層の検討(M-15測線)



バランス断面法による地下深部断層の検討(M-18測線)



バランス断面法による地下深部断層の検討
(M-15測線のバランス断面に震源再決定した余震分布を投影)

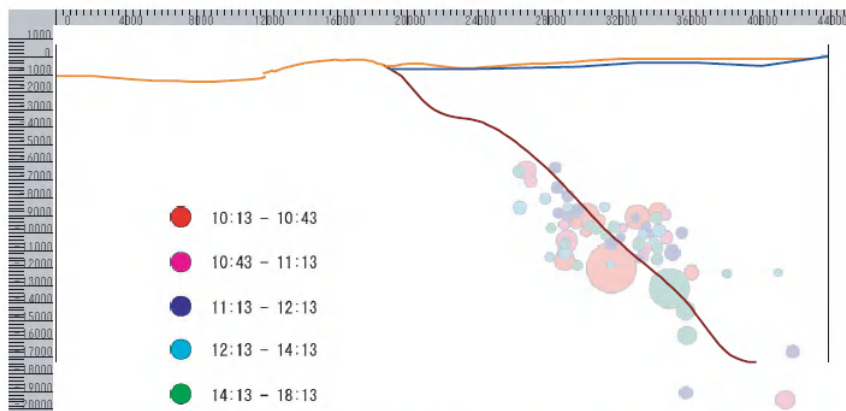
(余震分布は安全研究フォーラム2008講演資料による)

バランス断面図の説明

- 地質解釈によって得られた、
マーカー層準の現在の褶曲形態
- 仮定した、
マーカー層準の堆積時(変形前)の形態
- バランス断面法(Inclined Shear法)
を適用して推定した、
堆積時の形態から現在の褶曲形態を
生じさせる断層面

(距離及び深度目盛の単位はメートル)

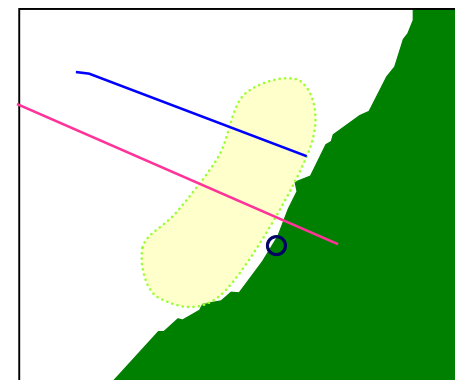
バランス断面法による地下深部の断層の検討③ (他機関の公表内容との対比)



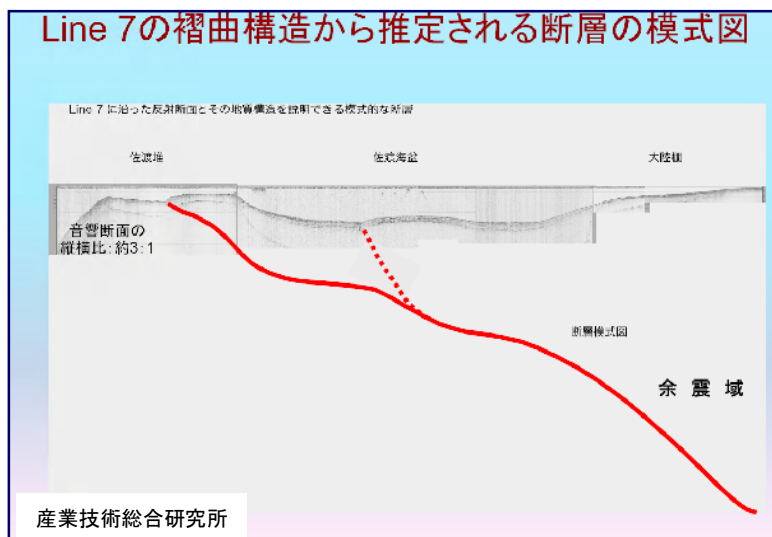
バランス断面法による地下深部断層の検討
(M-15測線のバランス断面に震源再決定した余震分布を投影)

(余震分布は安全研究フォーラム2008講演資料による)

— :M-15(TEPCO)
— :Line7(AIST)



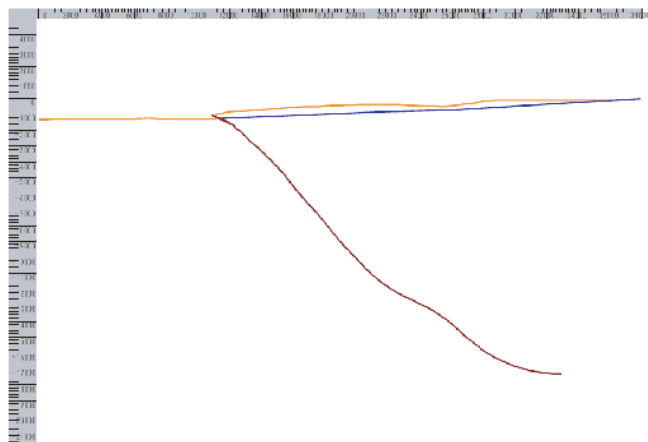
概略位置図



(安全研究フォーラム2008講演資料による)

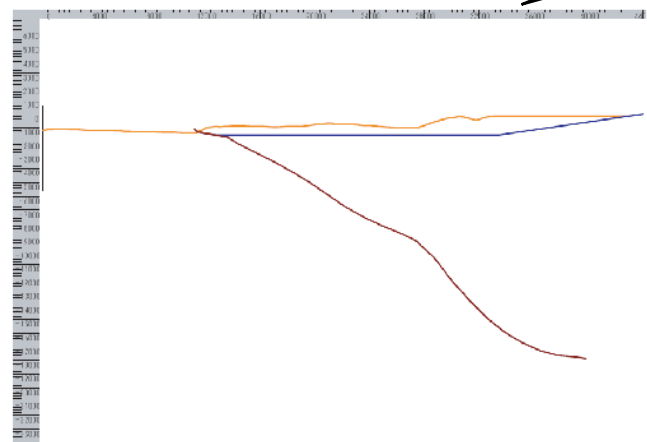
バランス断面法による地下深部の断層の検討④ (F-D褶曲群～高田沖褶曲群)

F-D
褶曲群主部



バランス断面法による地下深部断層の検討(M-20測線)

高田沖
褶曲群主部



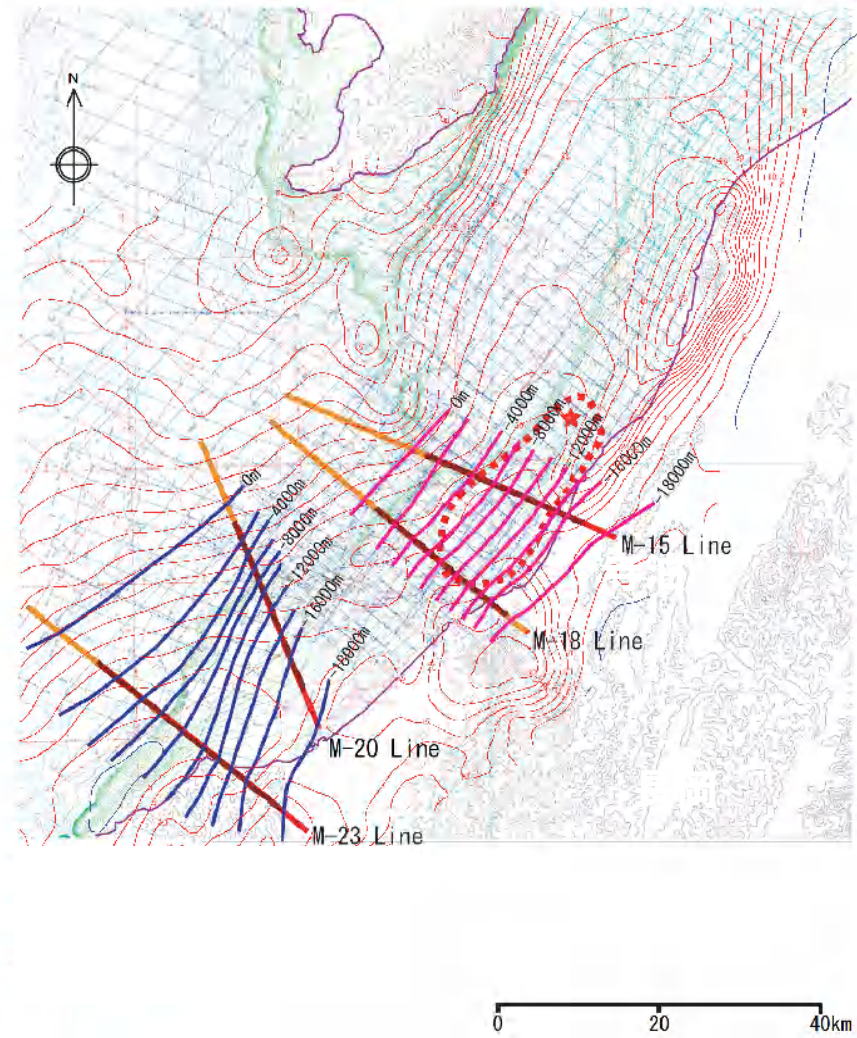
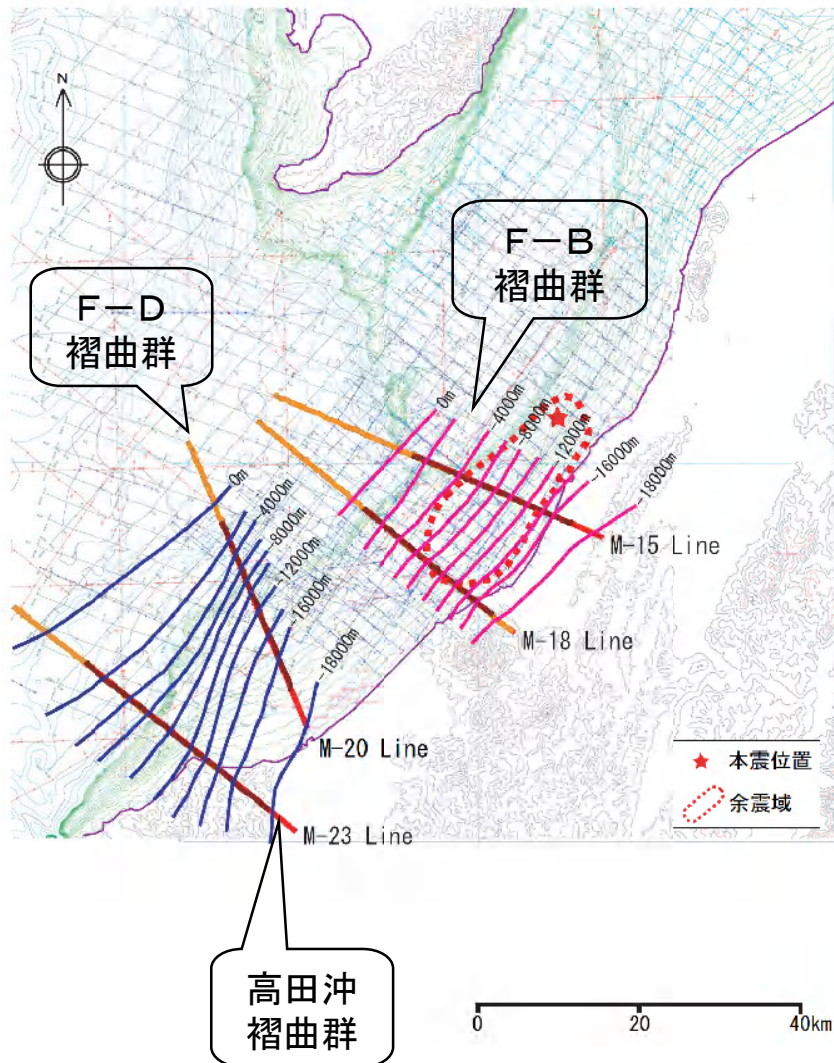
バランス断面法による地下深部断層の検討(M-23測線)

バランス断面図の説明

- 地質解釈によって得られた、
マーカー層準の現在の褶曲形態
- 仮定した、
マーカー層準の堆積時(変形前)の形態
- バランス断面法(Inclined Shear法)
を適用して推定した、
堆積時の形態から現在の褶曲形態を
生じさせる断層面

(距離及び深度目盛の単位はメートル)

バランス断面法による地下深部の断層の検討⑤ (F-B褶曲群, F-D褶曲群~高田沖褶曲群)



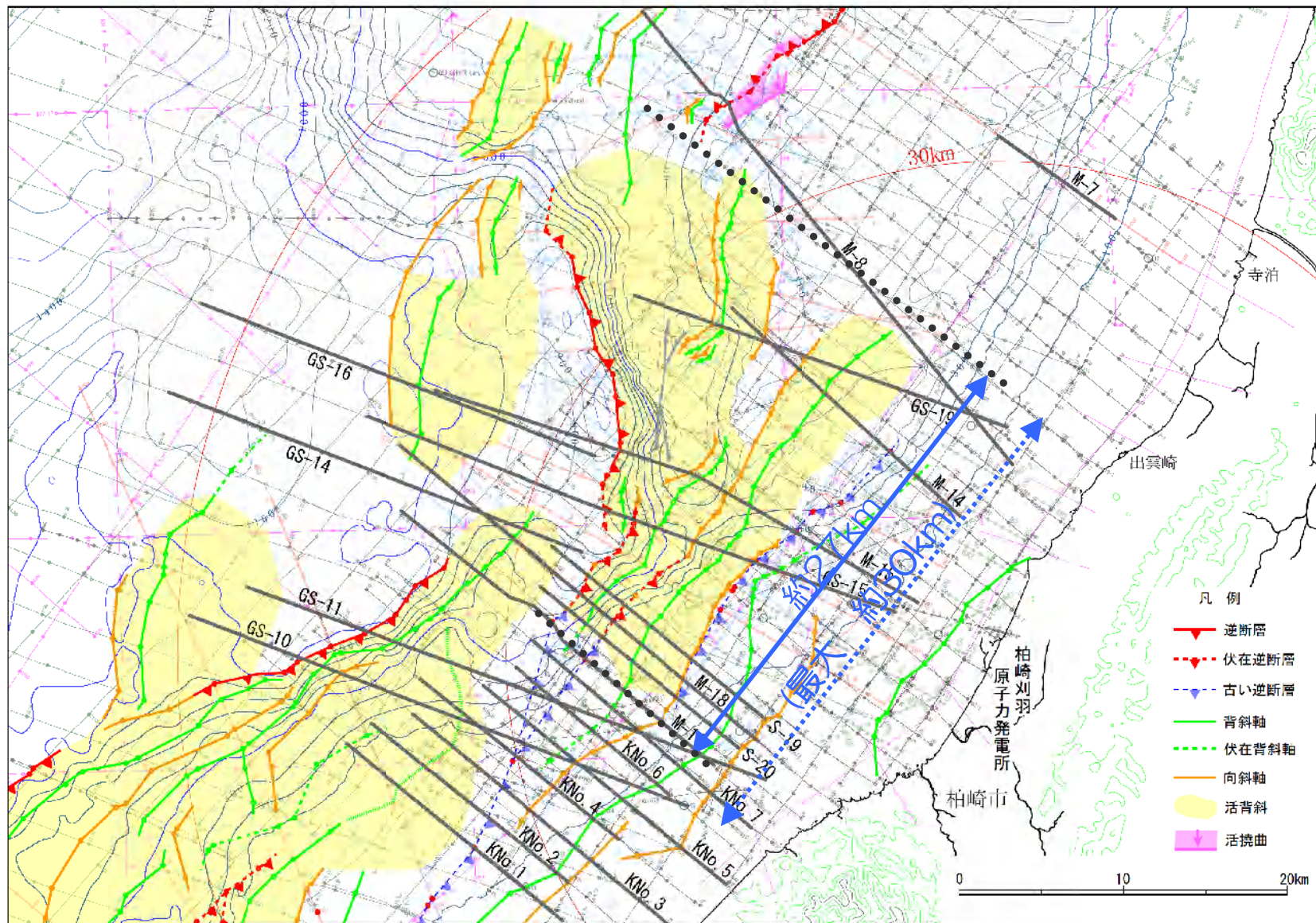
F-B褶曲群の評価（1）

- F-B褶曲群については、主部では海底面下の極浅部のBu層に growth triangle等の褶曲の成長を示唆する構造が認められることから、本褶曲群はBu層堆積期以降にも活動している活褶曲と判断され、その区間は約27kmである（この範囲は新潟県中越沖地震の余震分布ともおおむね対応する）。
- 本褶曲帯では、北西側の翼が急な非対称な背斜構造が卓越しており、海底地形も北西側が低くなることから、地下深部に南東傾斜の逆断層が想定される。
- 本褶曲帯の南側に位置するM-19測線、KNo.7測線では、大陸棚外縁付近に伏在する背斜構造に調和的な海底面の若干の高まりが認められることから、安全評価上、大陸棚の海底地形と伏在する背斜構造との対応が認められなくなるKNo.6測線付近までの活動性を考慮することとし、その長さを約30kmと評価する。

F－B褶曲群の評価（2）

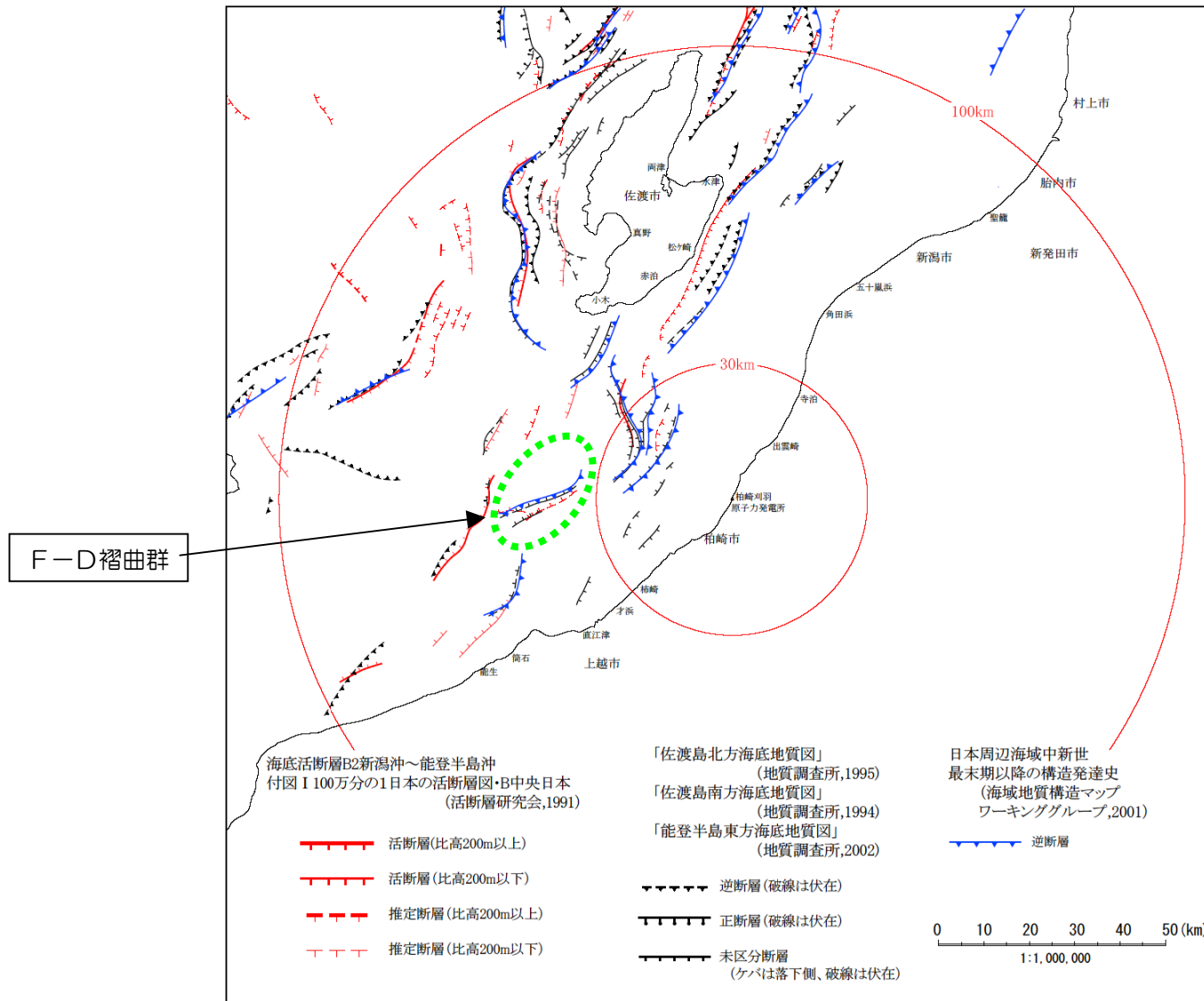
- F－B褶曲群の北方に位置する佐渡島棚東縁撓曲との関係については、佐渡島棚東縁撓曲は断層面が北西傾斜の逆断層であり、F－B褶曲群を形成した地下深部の断層は断層面の傾斜が南東傾斜の逆断層と推定され、地下構造が大きく異なることから、両者は異なる活動セグメントであると判断される。
- F－B褶曲群の南端部及びその南方には、2条の背斜構造が連続しており、当社の既往検討においては、東側の背斜東翼の米山沖断層を評価した。両背斜では、いずれもB層に撓曲構造が認められるものの、西側の背斜構造はB層上部に、東側の背斜構造はB_u層にそれぞれ不整合に覆われていることから、当該地域においては、少なくともB_u層堆積以降における断層あるいは褶曲の活動はないものと判断される。
- また、当社の既往検討においては、F－B褶曲群の分布範囲内に長さが約2.5kmのF－C断層を推定し、その活動性は不明としたが、当地域における主要な活構造としてはF－B褶曲群を考慮する。

F-B褶曲群の評価

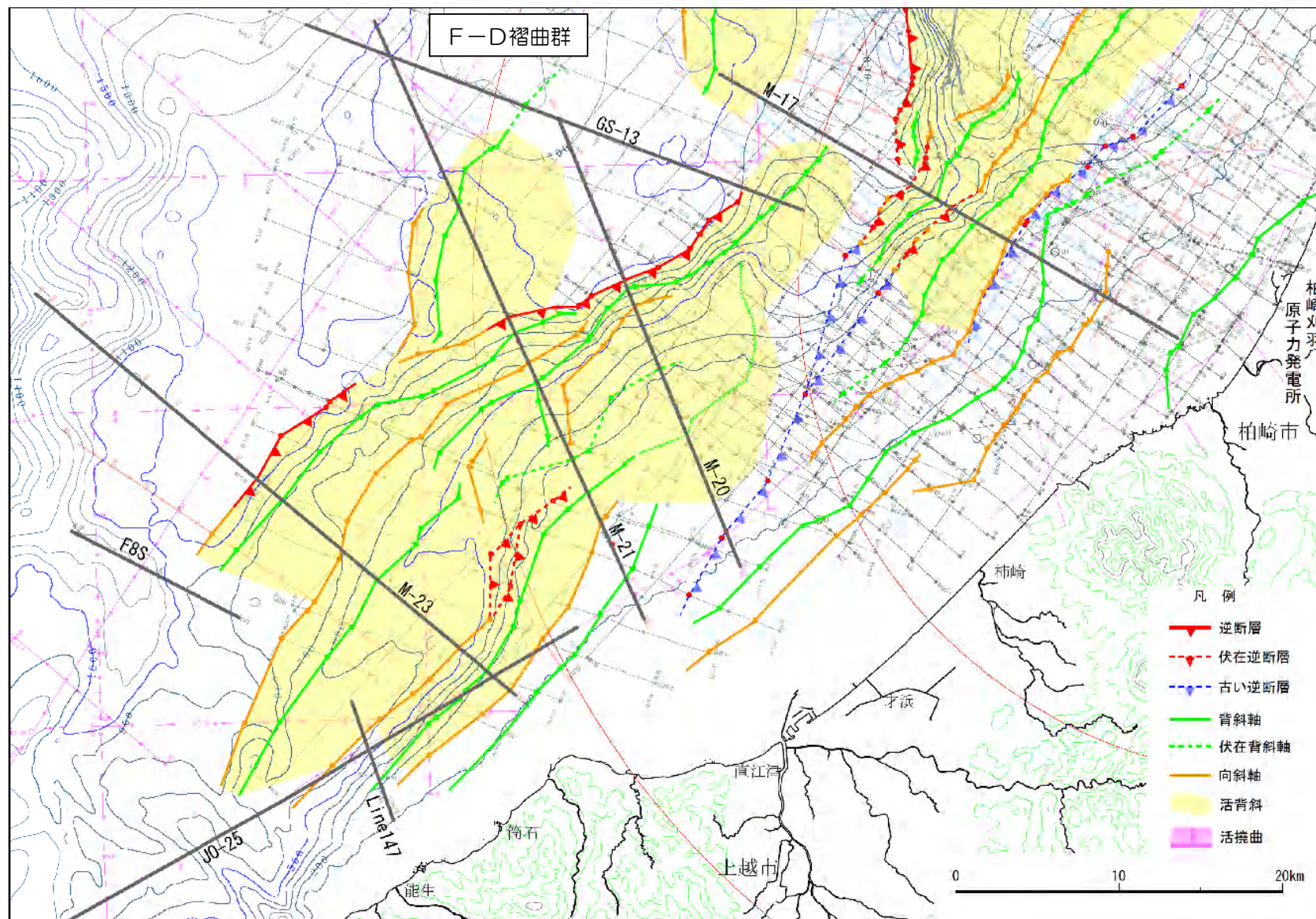


F-D褶曲群に関する評価

文献断層



F-D褶曲群周辺の地質構造

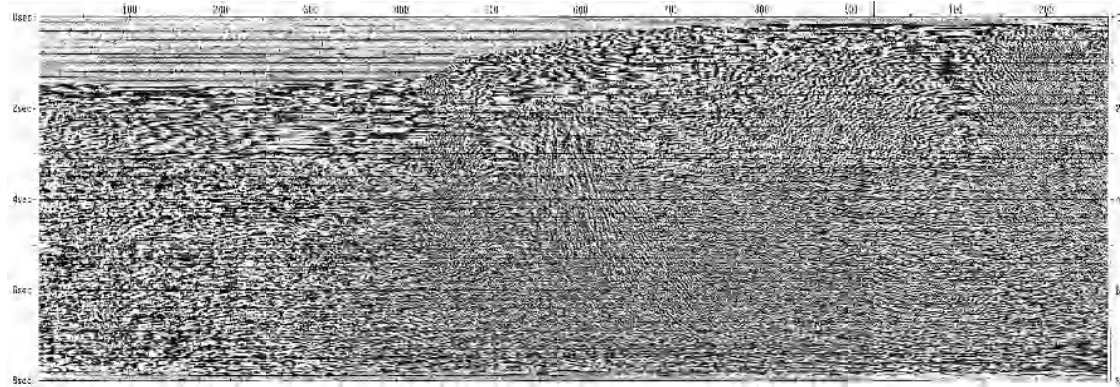


M-20測線

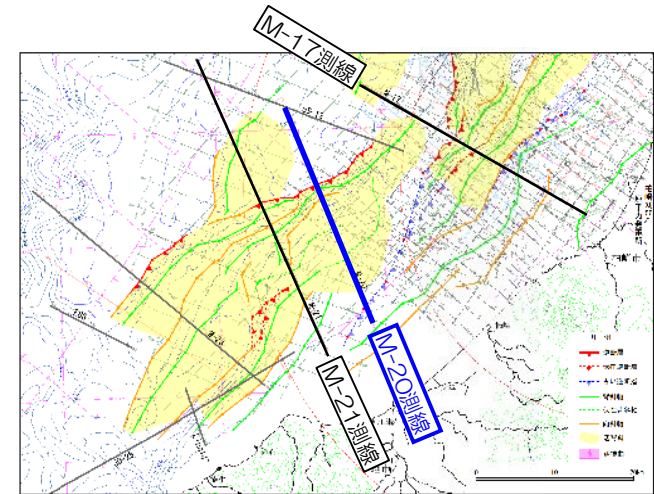
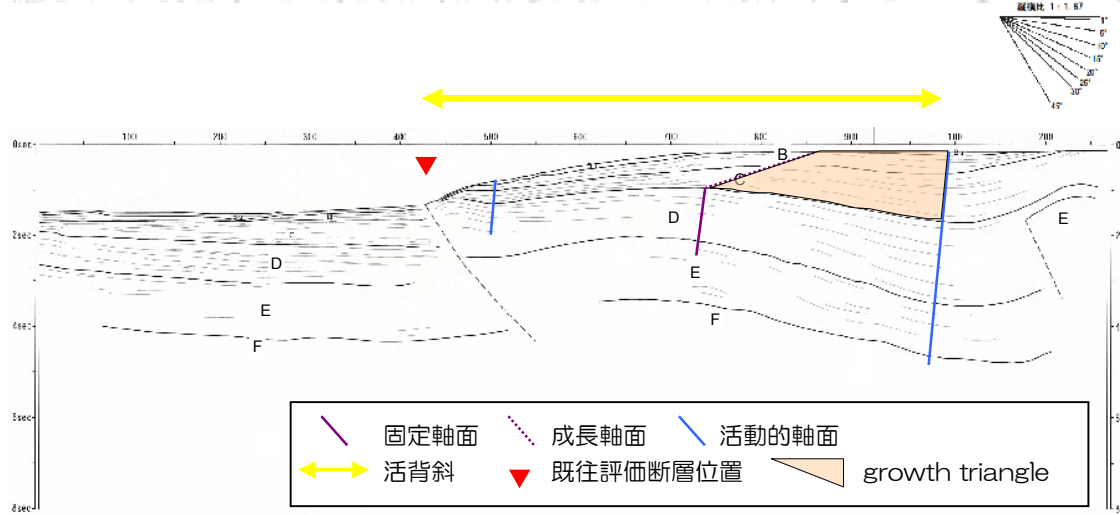
←NW

SE→

音波探査記録



地質断面図

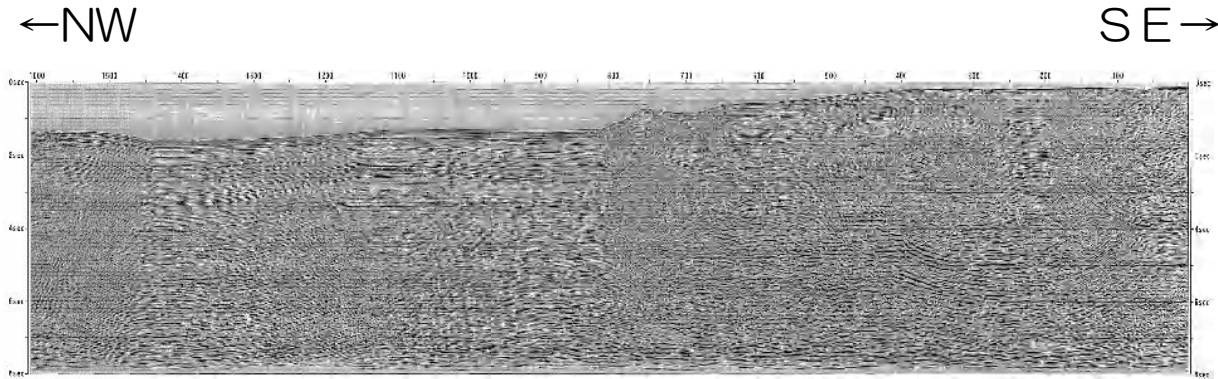


【地質区分】

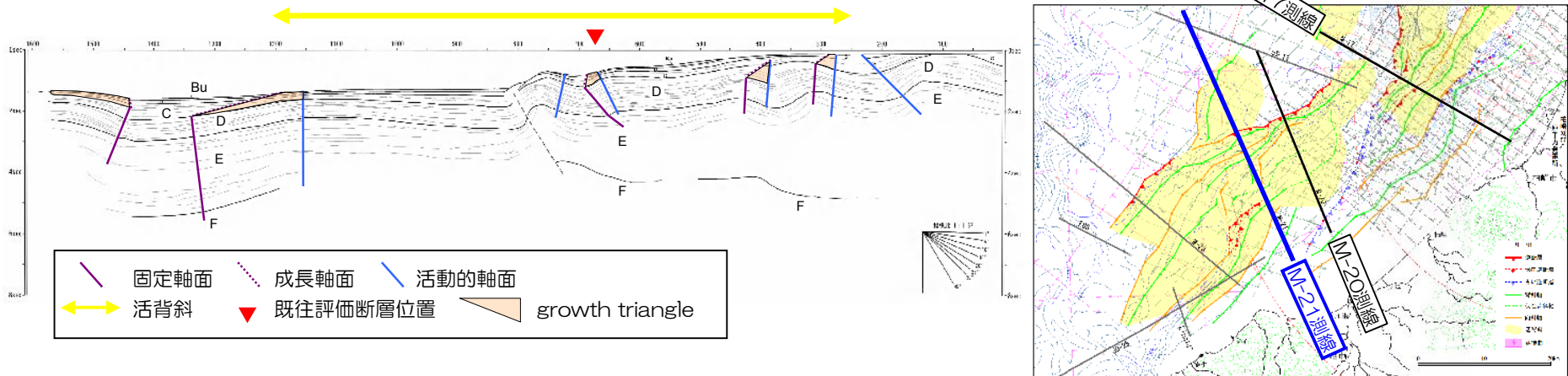
A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E:グリーンタツより上位の火山噴出物) F:グリーンタツ相当層

M-21測線

音波探査記録



地質断面図



【地質区分】

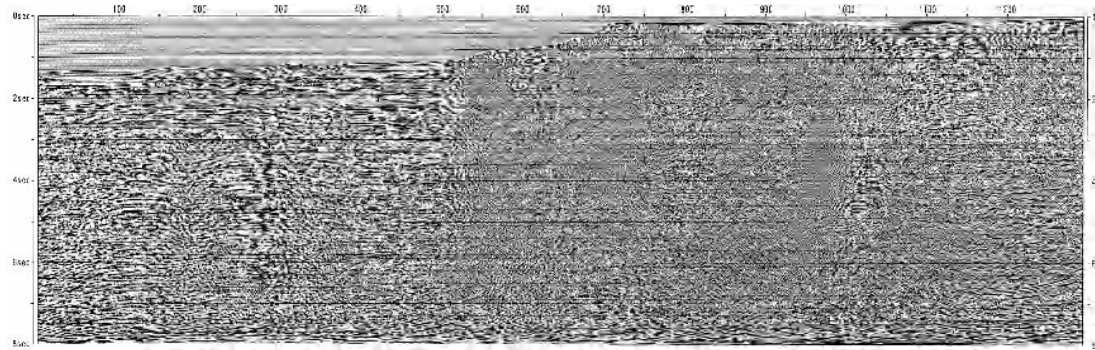
A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E:グリーンタフより上位の火山噴出物) F:グリーンタフ相当層

M-17測線

←NW

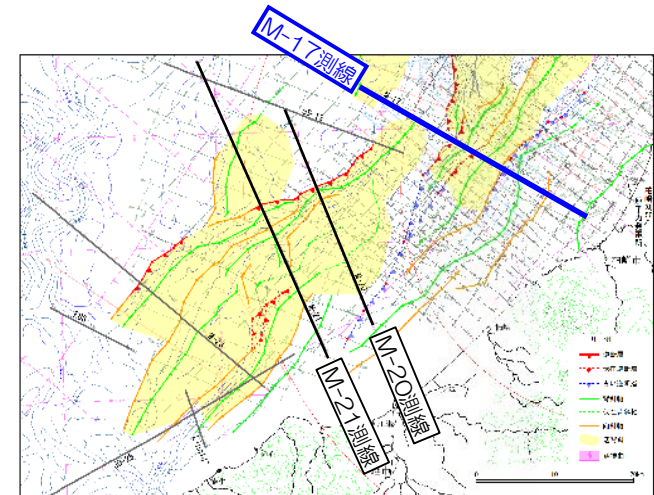
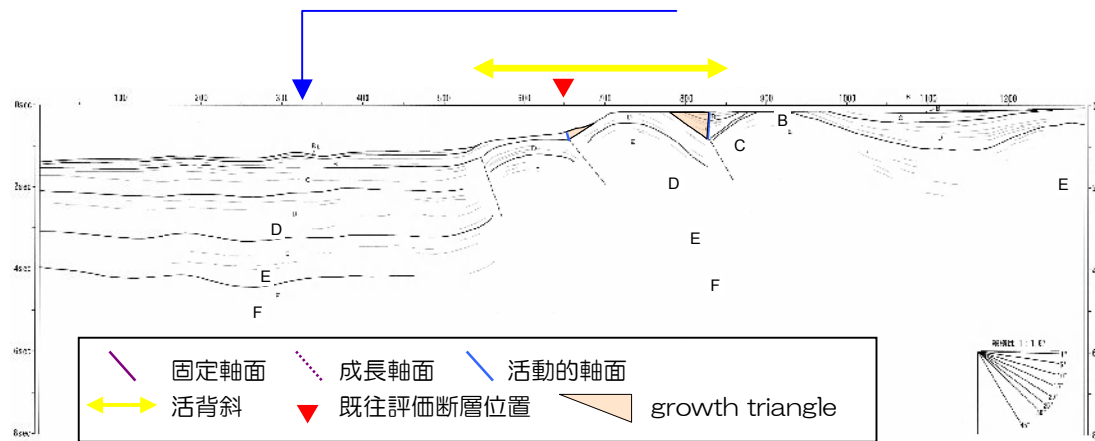
SE→

音波探査記録



F-D褶曲群の背斜軸の延長位置

地質断面図



【地質区分】

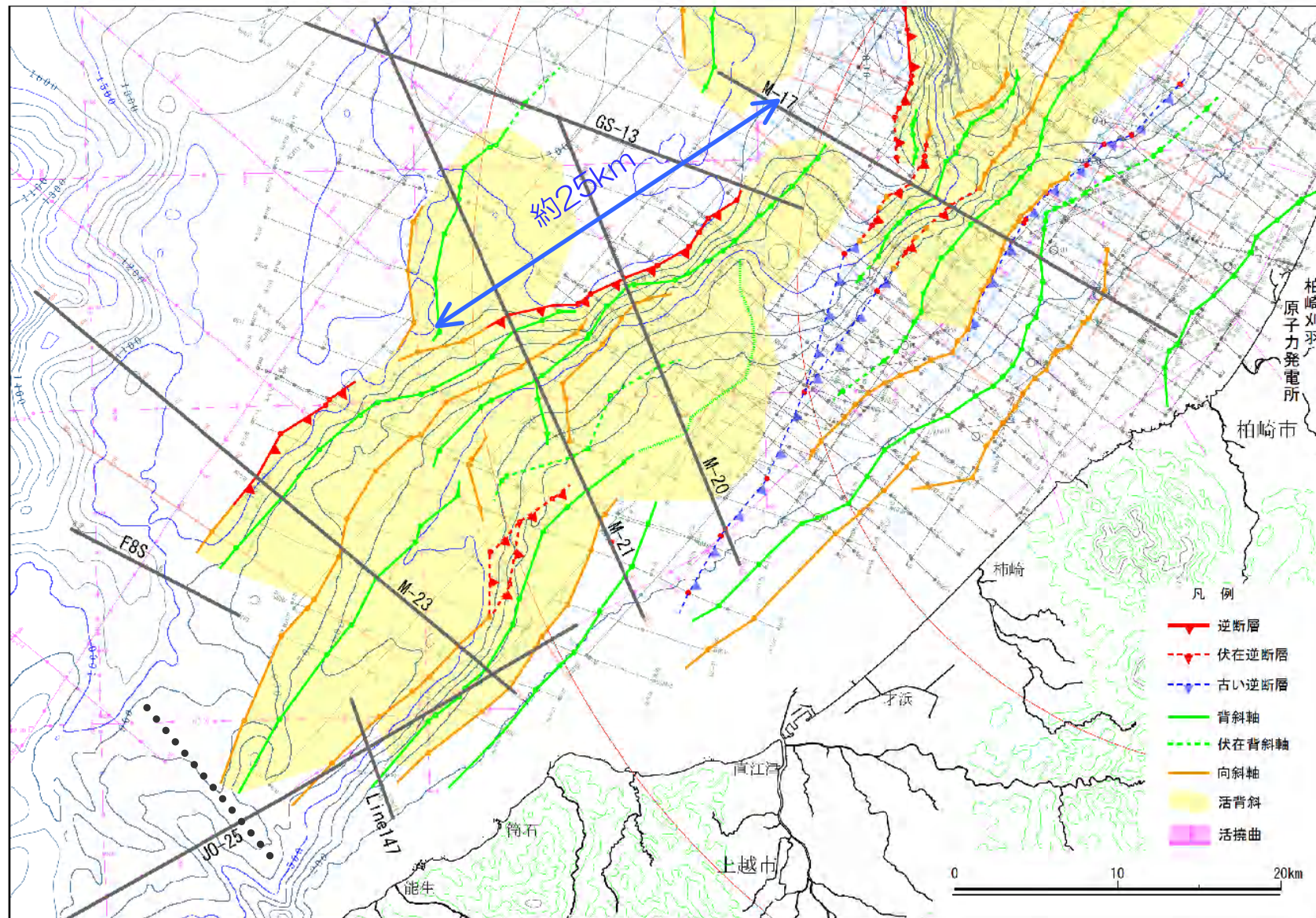
A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンタツより上位の火山噴出物) F:グリーンタツ相当層

F-D褶曲群の評価(F-D褶曲群とF-B褶曲群との関係)

- F-D褶曲群については、主部では海底面下の極浅部まで及び逆断層が認められ、その南東側の背斜部ではB層及びBu層に緩やかな変形がみられる。
- Bu層堆積期以降の活動が認められることから、Bu層の変形が認められる区間の活動性を考慮することとし、その長さをM-17測線からGS-7測線までの約25kmと評価する。
- F-D褶曲群とその北東側のF-B褶曲群との関係については、
 - ① F-D褶曲群の北西端とF-B褶曲群の南西端との離隔は7km程度であること
 - ② バランス断面法により推定した両褶曲群の地下深部における断層面は深部でも連続しない結果が得られたこと
 - ③ 両褶曲群の境界付近において、ほぼNE-SW方向に連続する低重力異常域に不連続が認められ、低重力異常域の方向もやや斜交しており、地下構造の差異が推定されること
 - ④ F-B褶曲帯では短波長かつ翼部が急な褶曲が発達し、F-D褶曲帯では長波長かつ緩やかな褶曲となっており、断層上盤側の変形形態が異なること

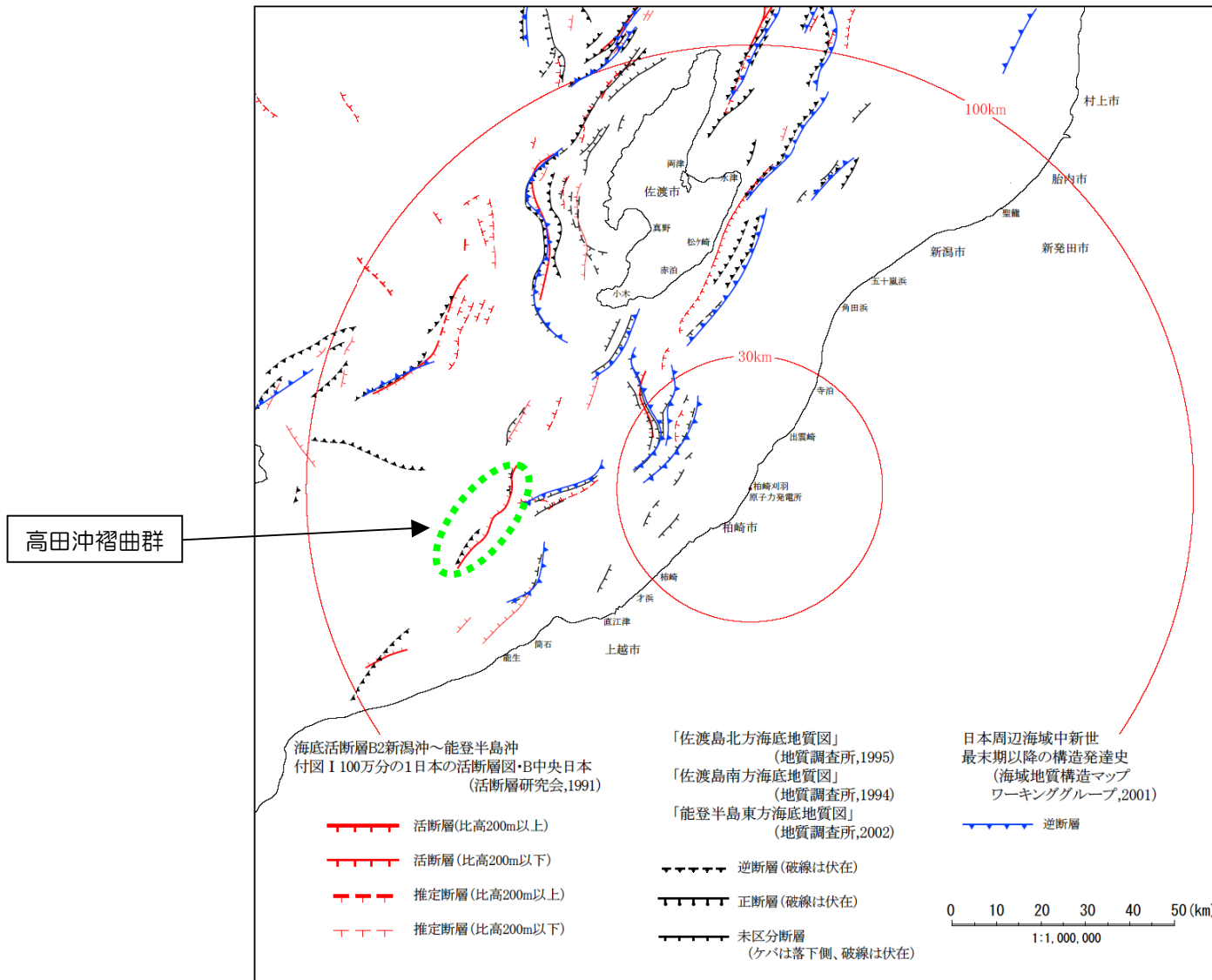
以上から、F-D褶曲群とF-B褶曲群は異なる活動セグメントであると判断される。

F-D褶曲群の評価

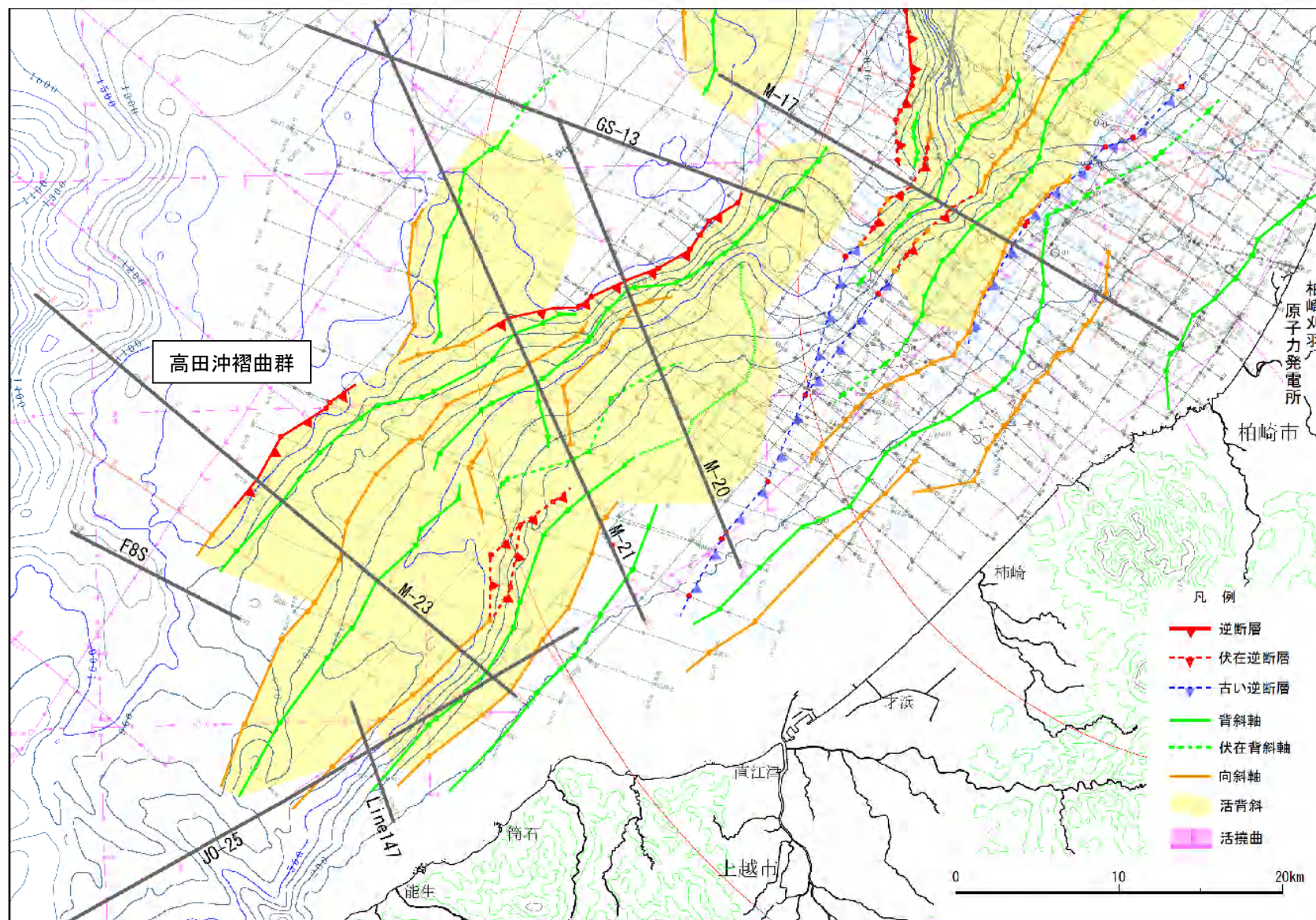


高田沖褶曲群に関する評価

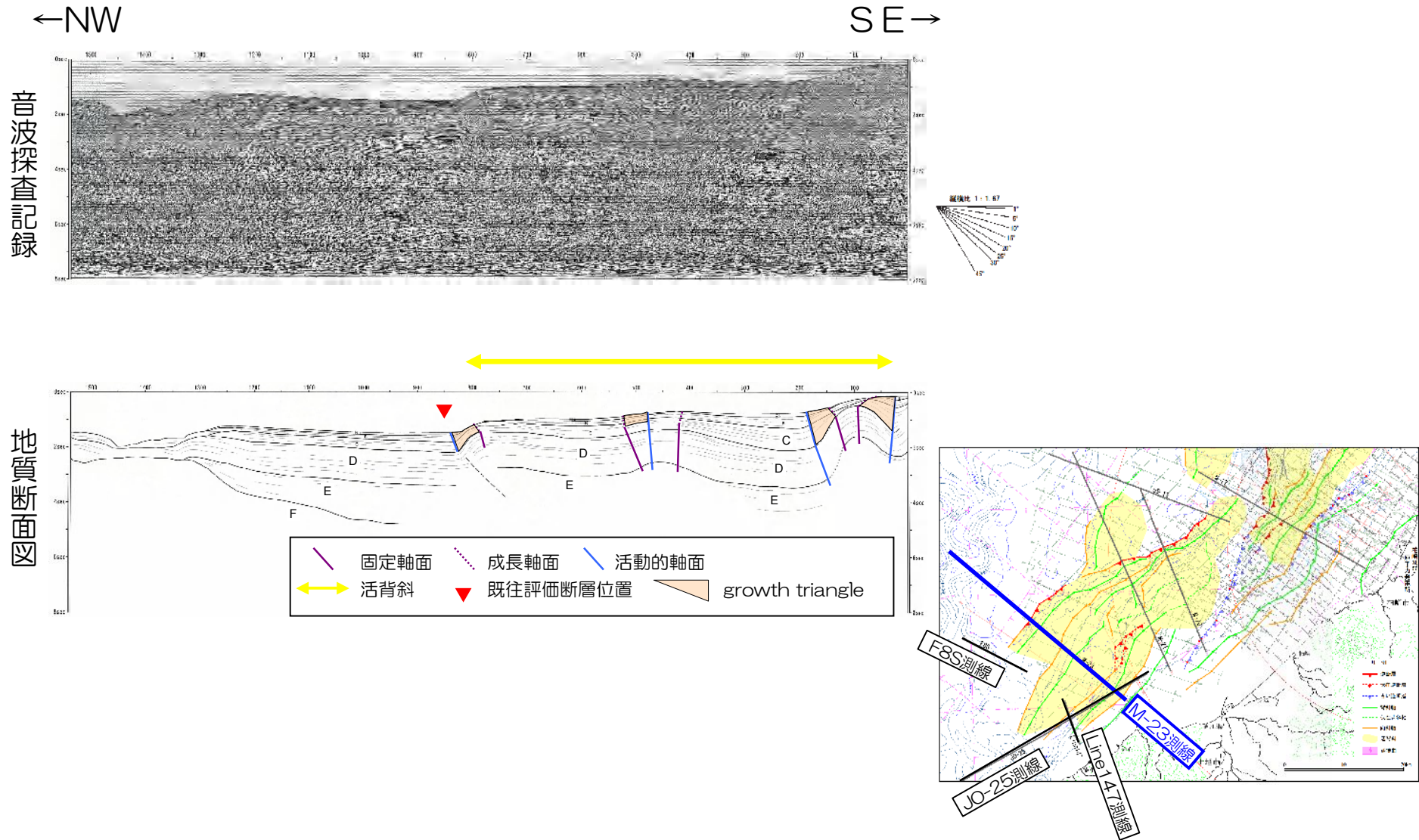
文献断層



高田沖褶曲群周辺の地質構造



M-23測線



【地質区分】

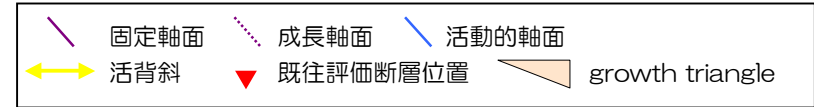
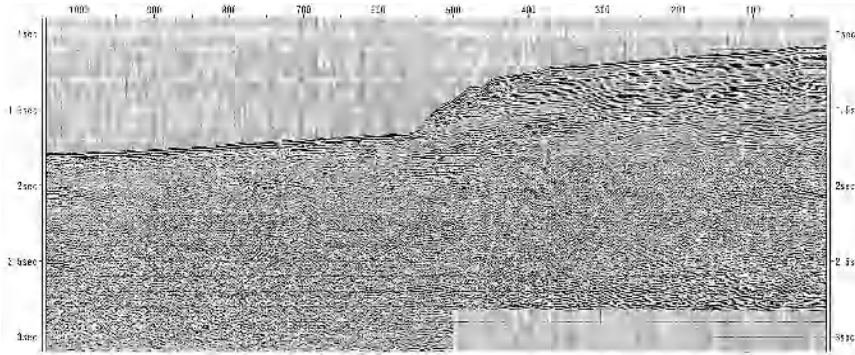
A:沖積層相当層 B:低位~中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層~七谷層相当層 (Ev:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

F8S測線

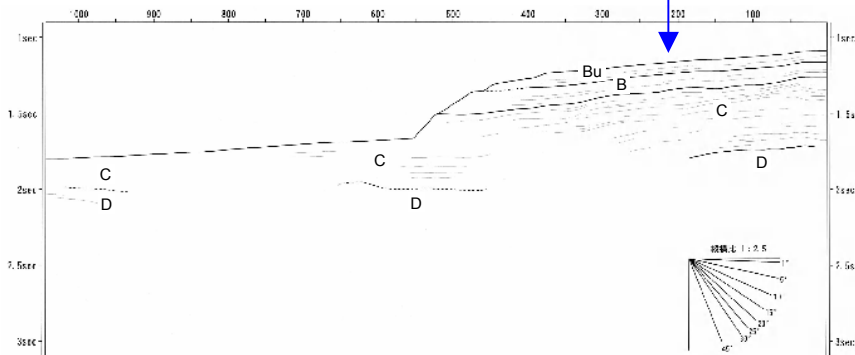
←NW

SE→

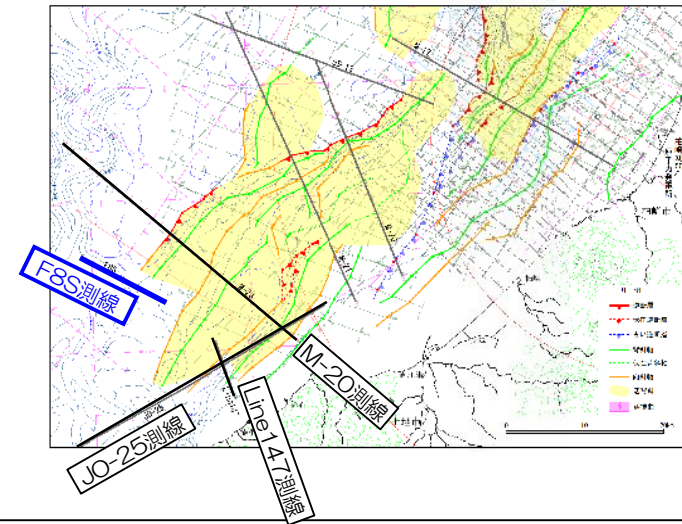
音波探査記録



地質断面図



高田沖褶曲群の背斜軸の延長位置



【地質区分】

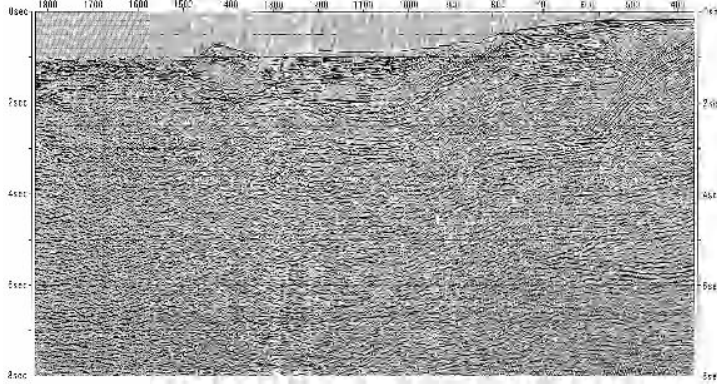
A:沖積層相当層 Bu:低位～中段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンタフより上位の火山噴出物) F:グリーンタフ相当層

JO-25測線

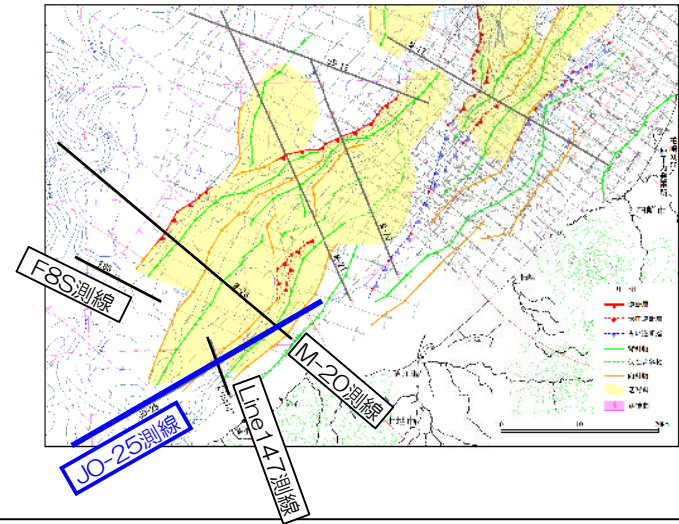
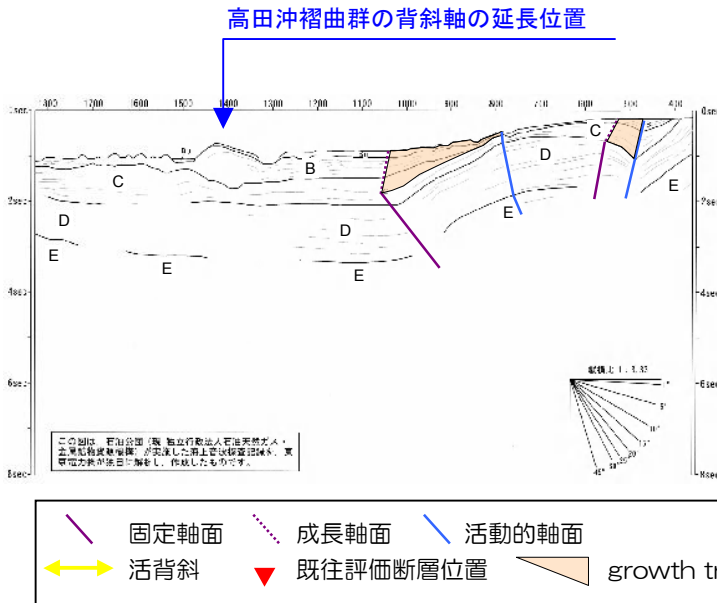
←NW

SE→

音波探査記録



地質断面図



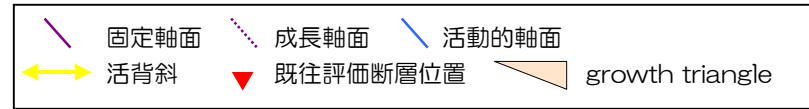
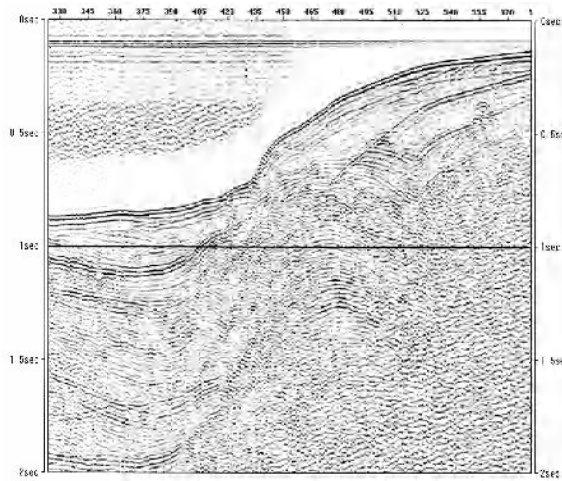
【地質区分】

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

Line147測線

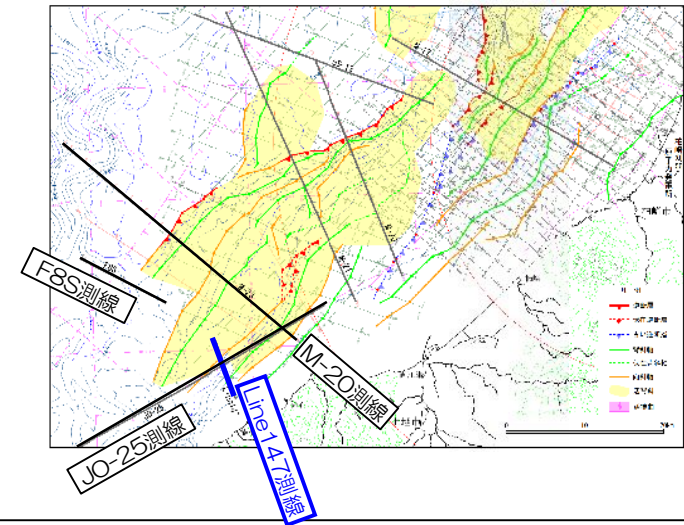
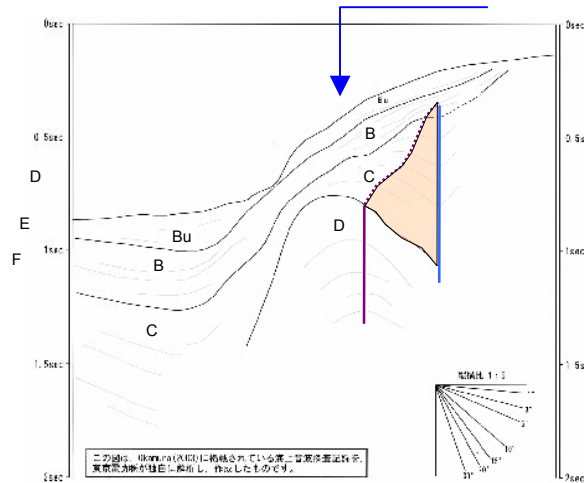
←NW SE→

音波探査記録



高田沖褶曲群の背斜軸の延長位置

地質断面図



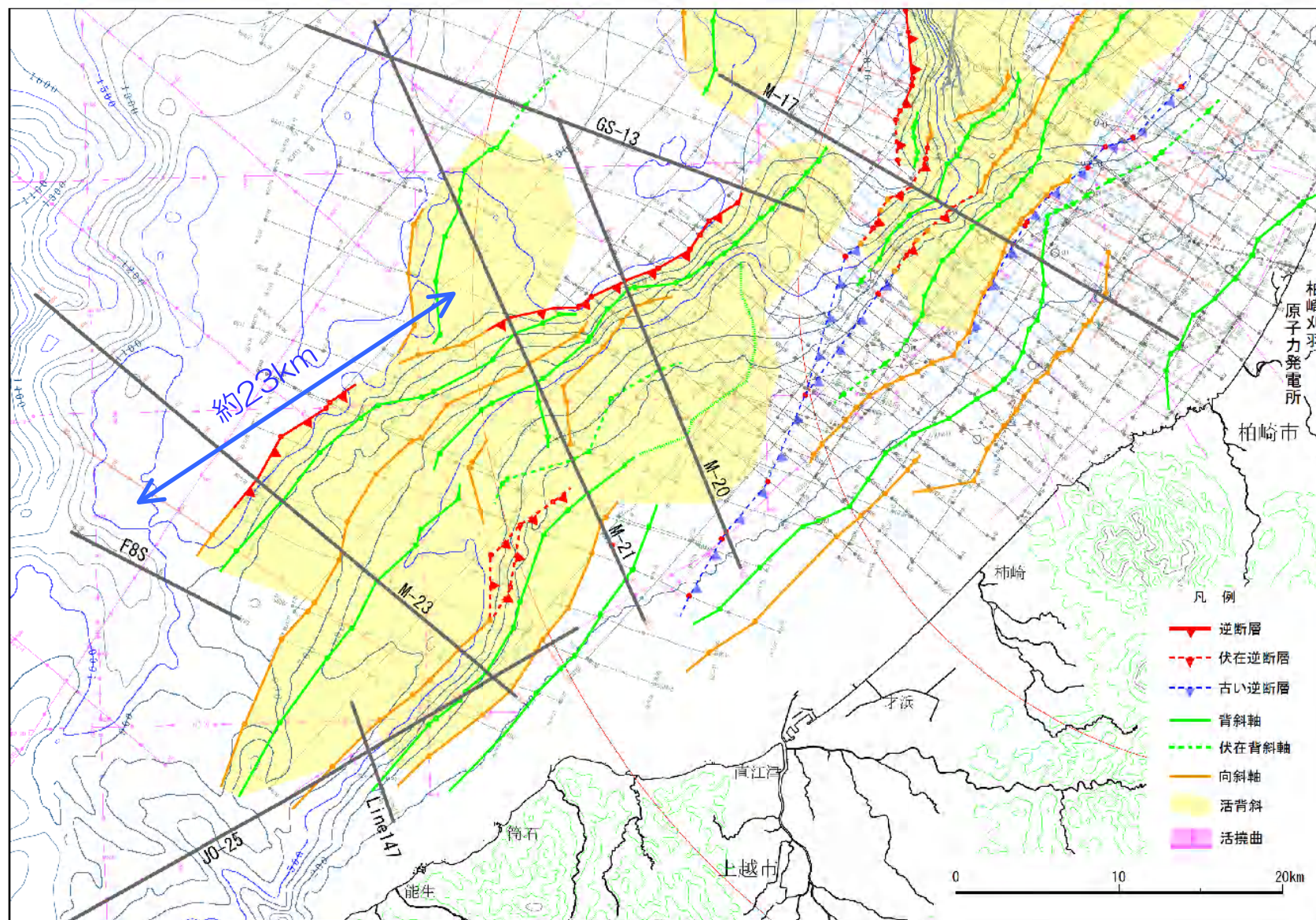
【地質区分】

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:グリーンタフより上位の火山噴出物) F:グリーンタフ相当層

高田沖褶曲群の評価(高田沖褶曲群とF-D褶曲群との関係)

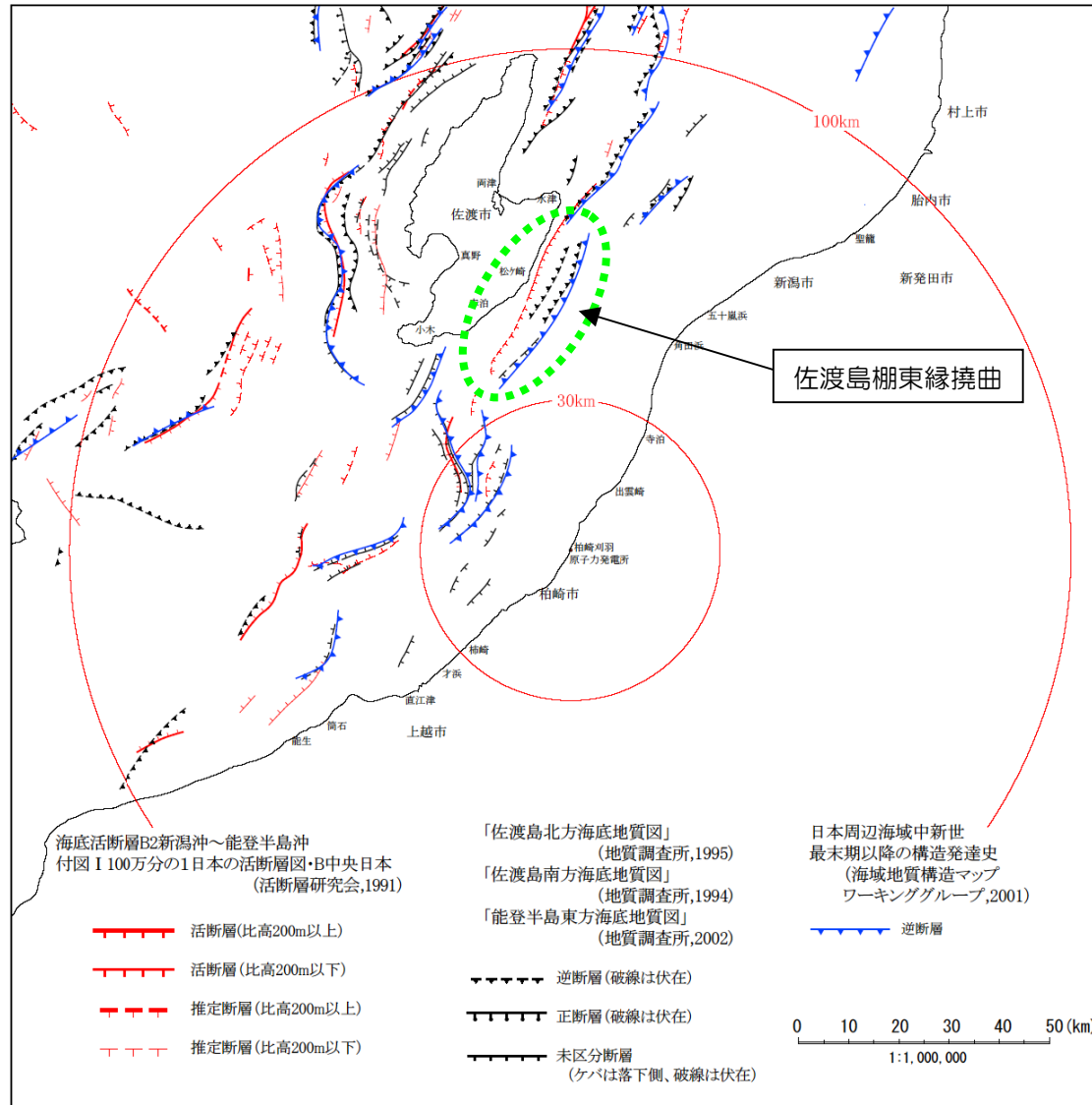
- 高田沖褶曲群については、主部では海底面下の極浅部に及び逆断層が認められ、その南東側には短波長の褶曲が連続し、Bu層に変形がみられ、Bu層堆積期以降の活動が認められる
- Bu層の変形が認められる区間の活動性を考慮することとし、その長さを約23kmと評価する。
- 高田沖褶曲群とその北東側のF-D褶曲群との関係については、
 - ① F-D褶曲帯では西側の比較的短波長の褶曲が活動的であり、その後翼には比較的長波長のやや古い褶曲がみられ、一方、高田沖褶曲群では3条の並走する比較的短波長の褶曲みられ、それらはほぼ同様な活動性を示しており、両褶曲群の形成過程に差異が認められること
 - ② 褶曲軸の走向は、高田沖褶曲帯ではNE-SW方向、F-D褶曲帯ではENE-W SW方向を示し、やや斜交すること
 - ③ 両褶曲帯の境界付近において、多くの背斜・向斜に不連続あるいは軸の屈曲が認められること
 - ④ Okamura (2003) も両褶曲帯の境界付近にセグメント境界を示していること以上から、F-D褶曲群と高田沖褶曲群とは異なる活動セグメントであると判断される。
- 南西方向の延長海域においては、「能登半島東方海底地質図」(2002)及びOkamura (2003) がNE-SW方向に伸びる親不知海脚を形成する背斜の北東側翼部に断層を示しているが、高田沖褶曲群との離隔は10km以上である。

高田沖褶曲群の評価

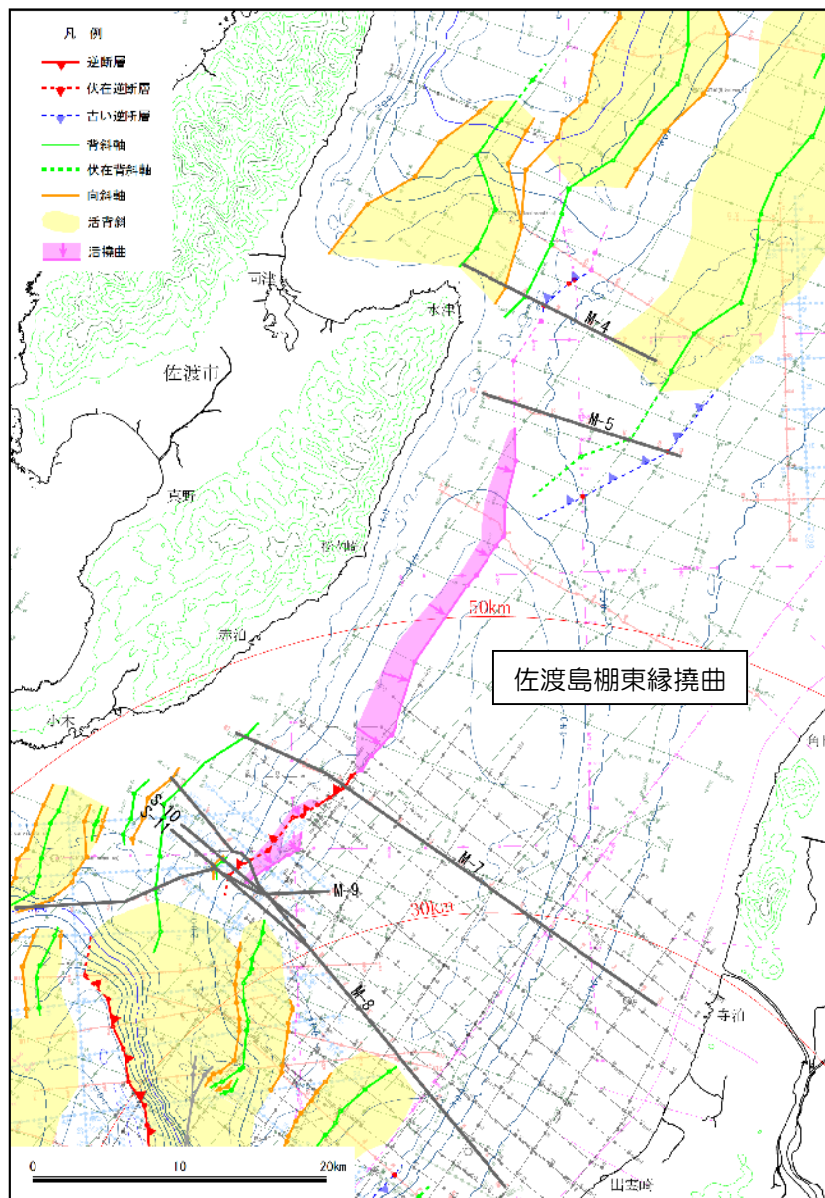


佐渡島棚東縁撓曲に関する評価

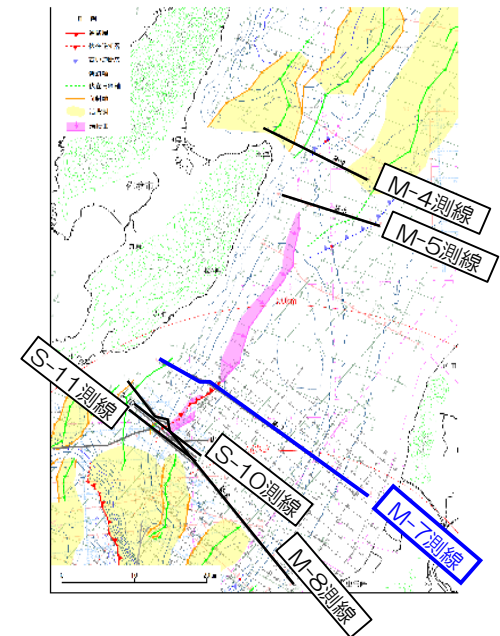
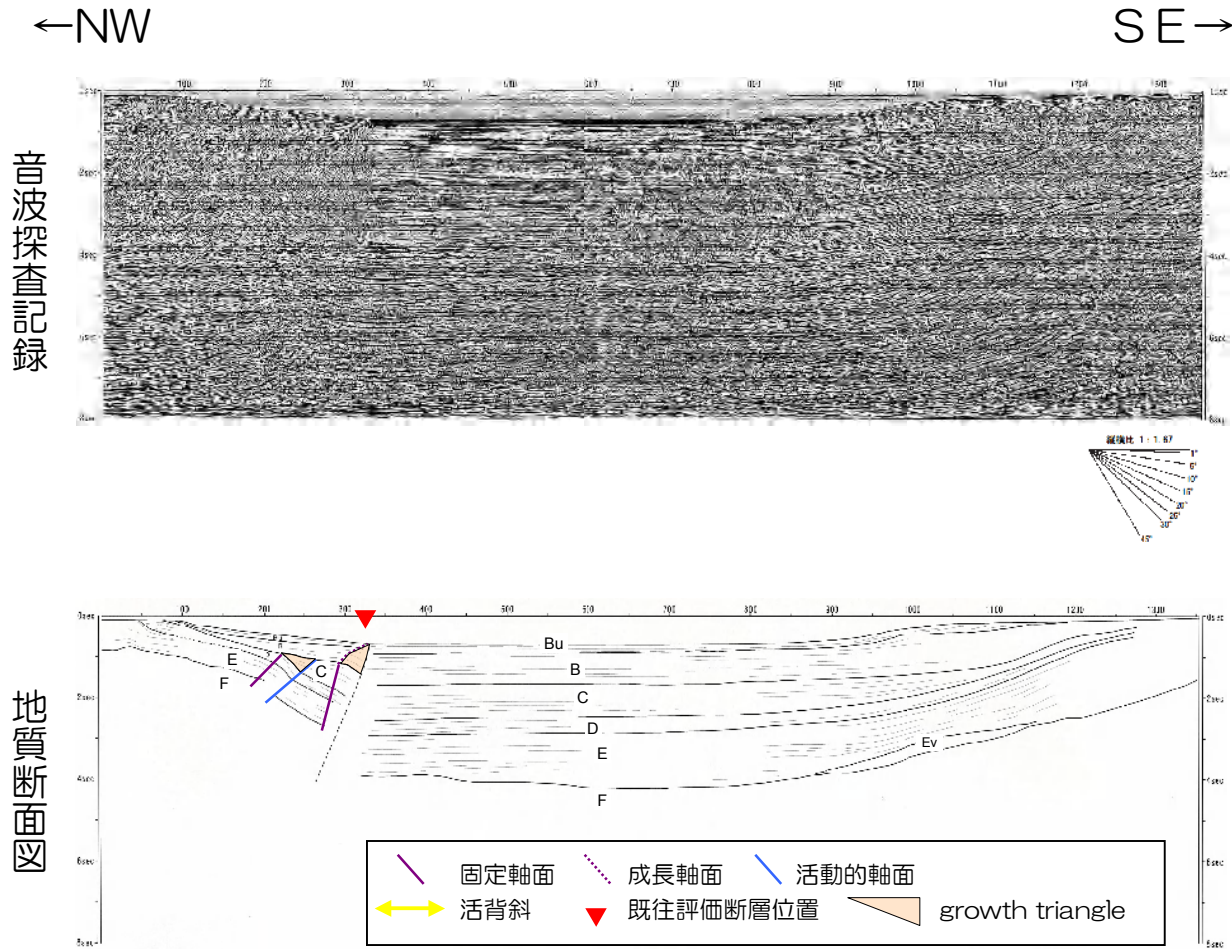
文献断層



佐渡島棚東縁撓曲周辺の地質構造



M-7測線



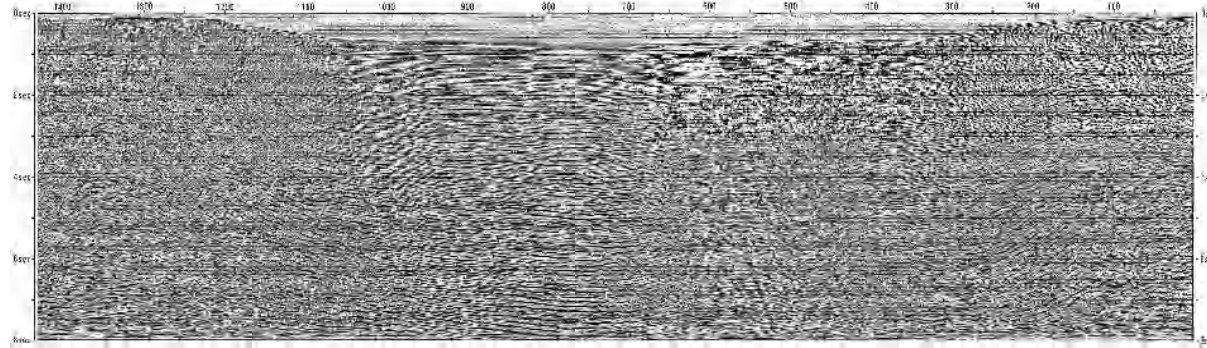
【地質区分】
 A:沖積層相当層 Bu:低位～中段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンタツより上位の火山噴出物) F:グリーンタツ相当層

M-8測線

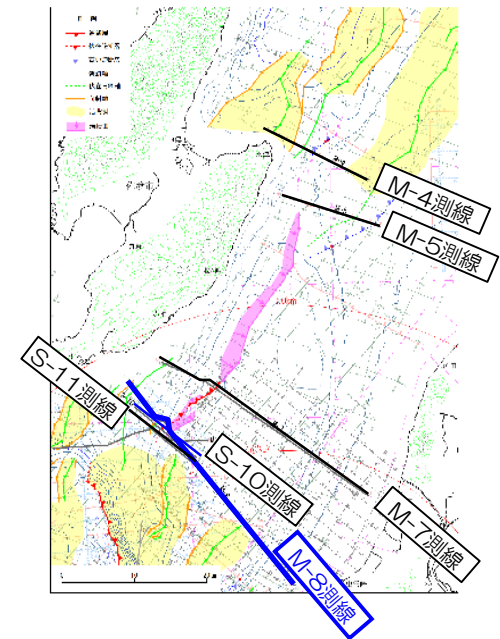
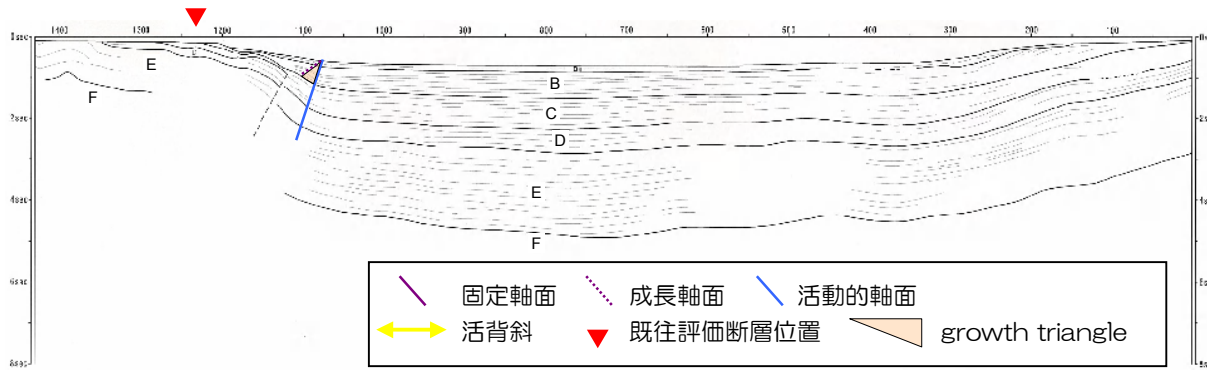
←NW

SE→

音波探査記録



地質断面図



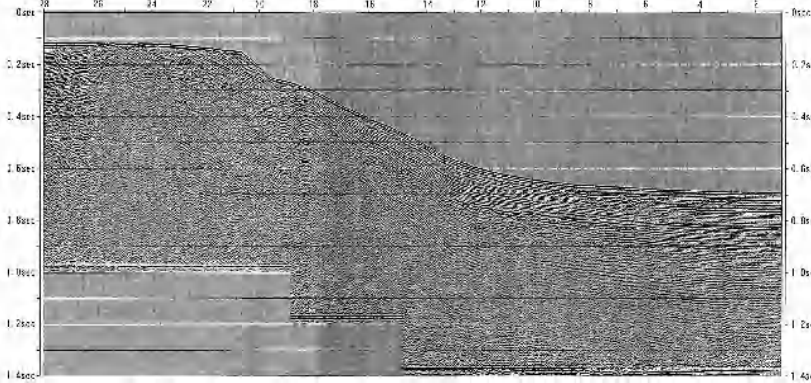
【地質区分】

A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 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:グリーンタツより上位の火山噴出物) F:グリーンタツ相当層

S-10測線

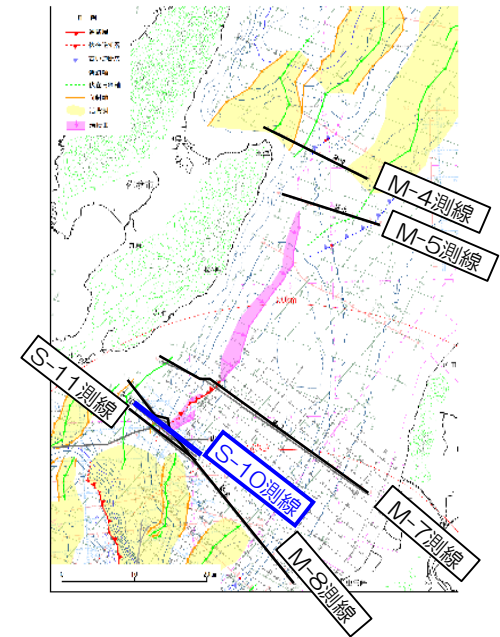
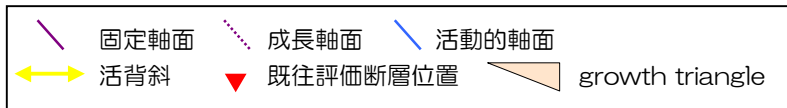
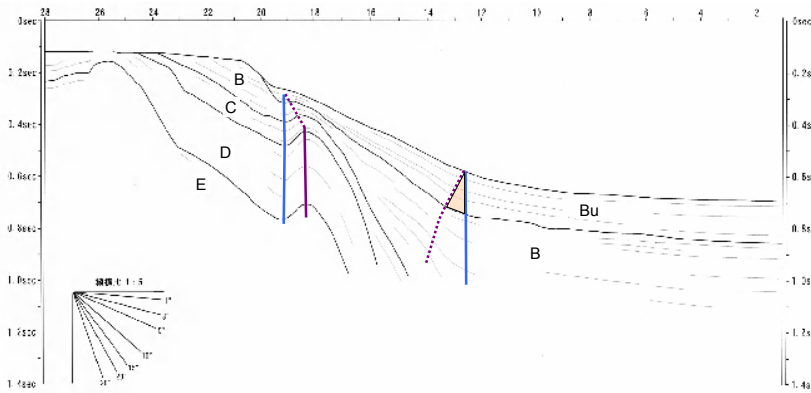
←NW

音波探査記録



SE→

地質断面図

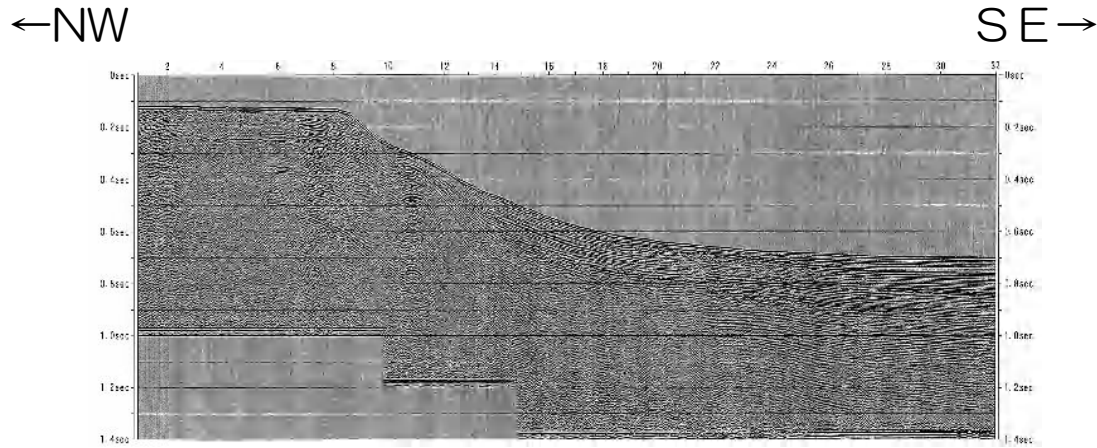


【地質区分】

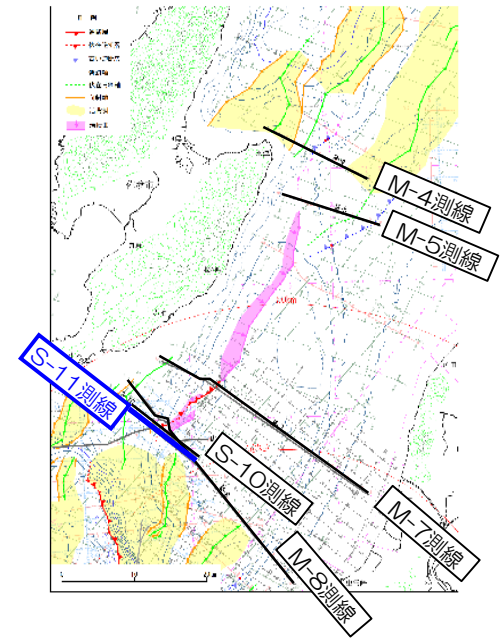
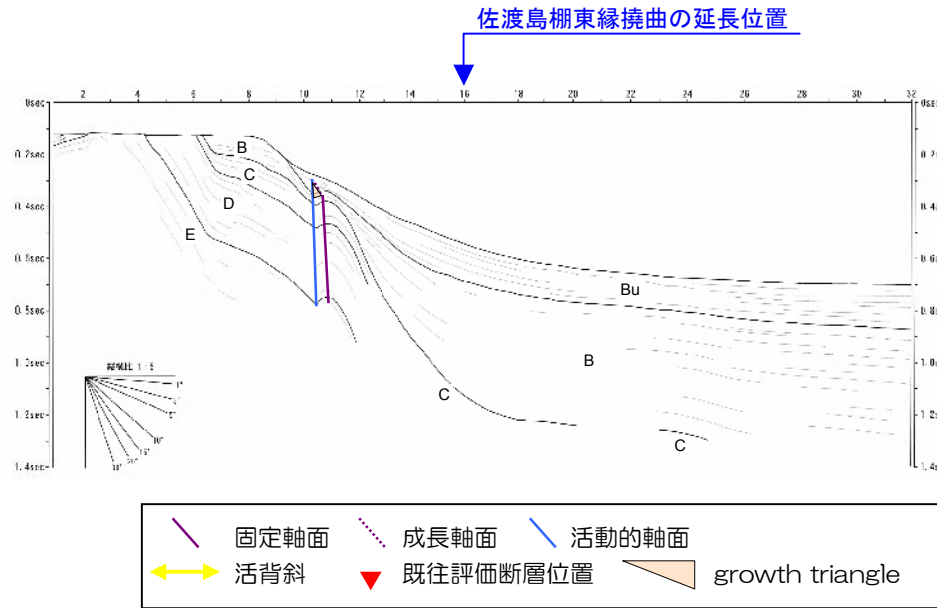
A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E:グリーンタツより上位の火山噴出物) F:グリーンタツ相当層

S-11測線

音波探査記録



地質断面図

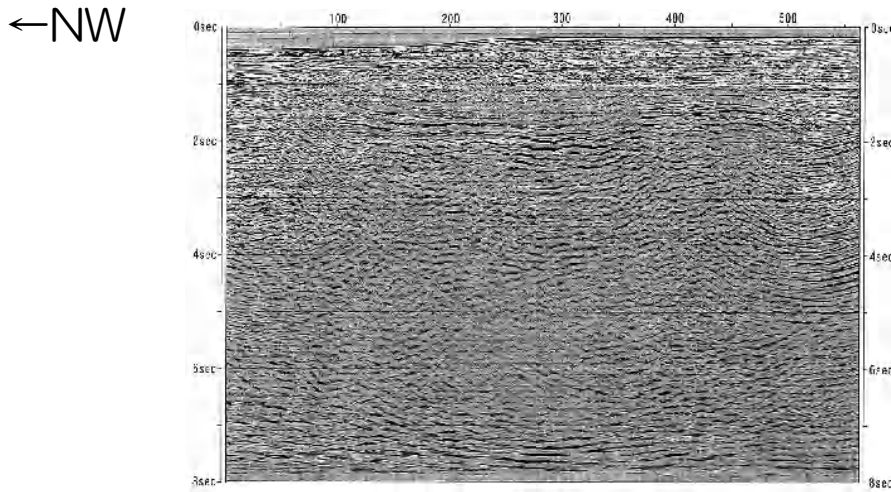


【地質区分】

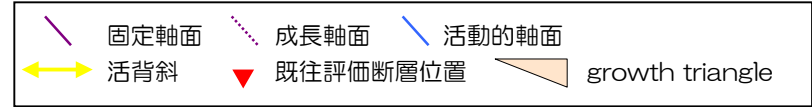
A:沖積層相当層 Bu:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンタツより上位の火山噴出物) F:グリーンタツ相当層

M-5測線

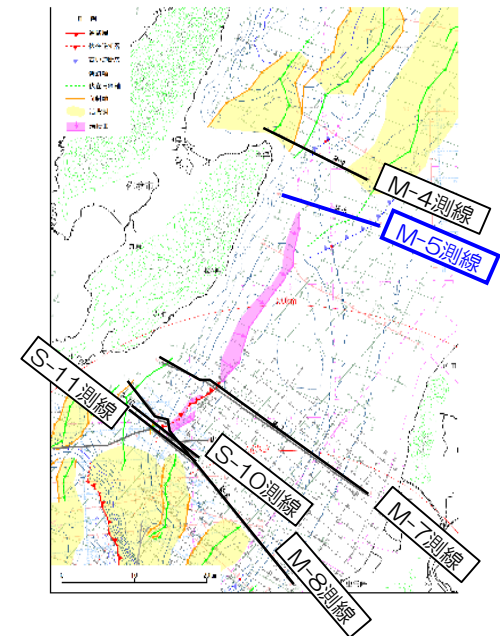
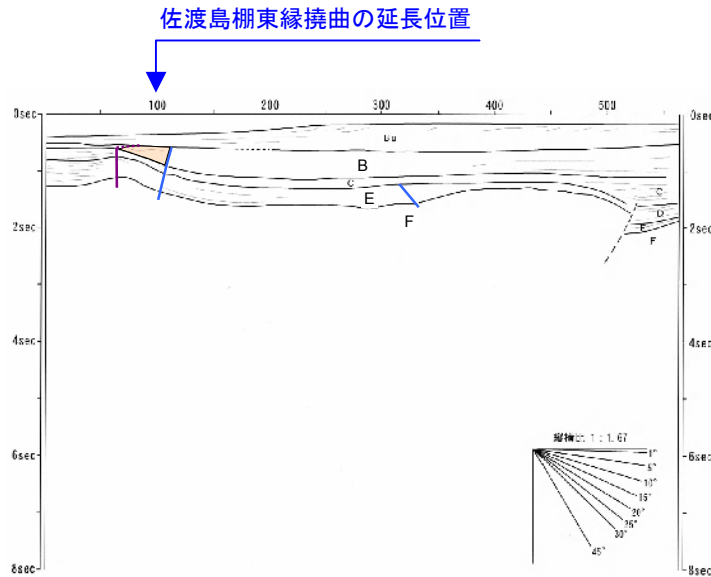
音波探査記録



SE →



地質断面図



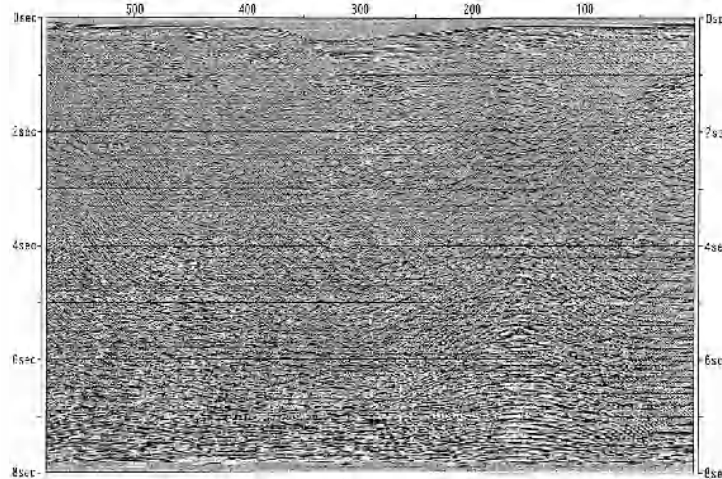
【地質区分】

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 (Ev:グリーンタツより上位の火山噴出物) F:グリーンタツ相当層

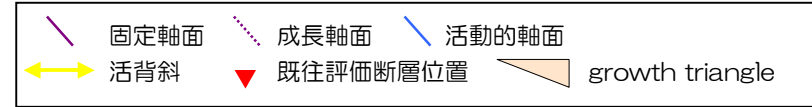
M-4測線

←NW

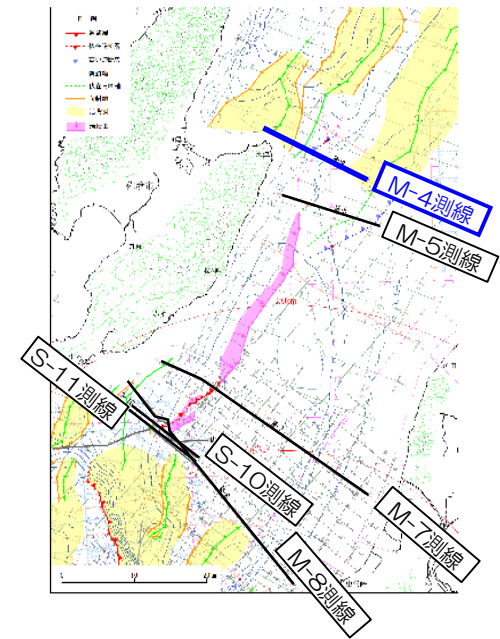
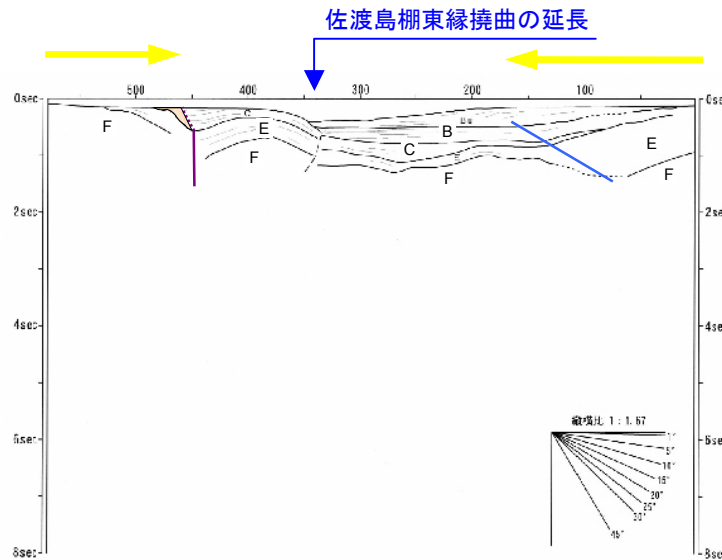
音波探査記録



SE→



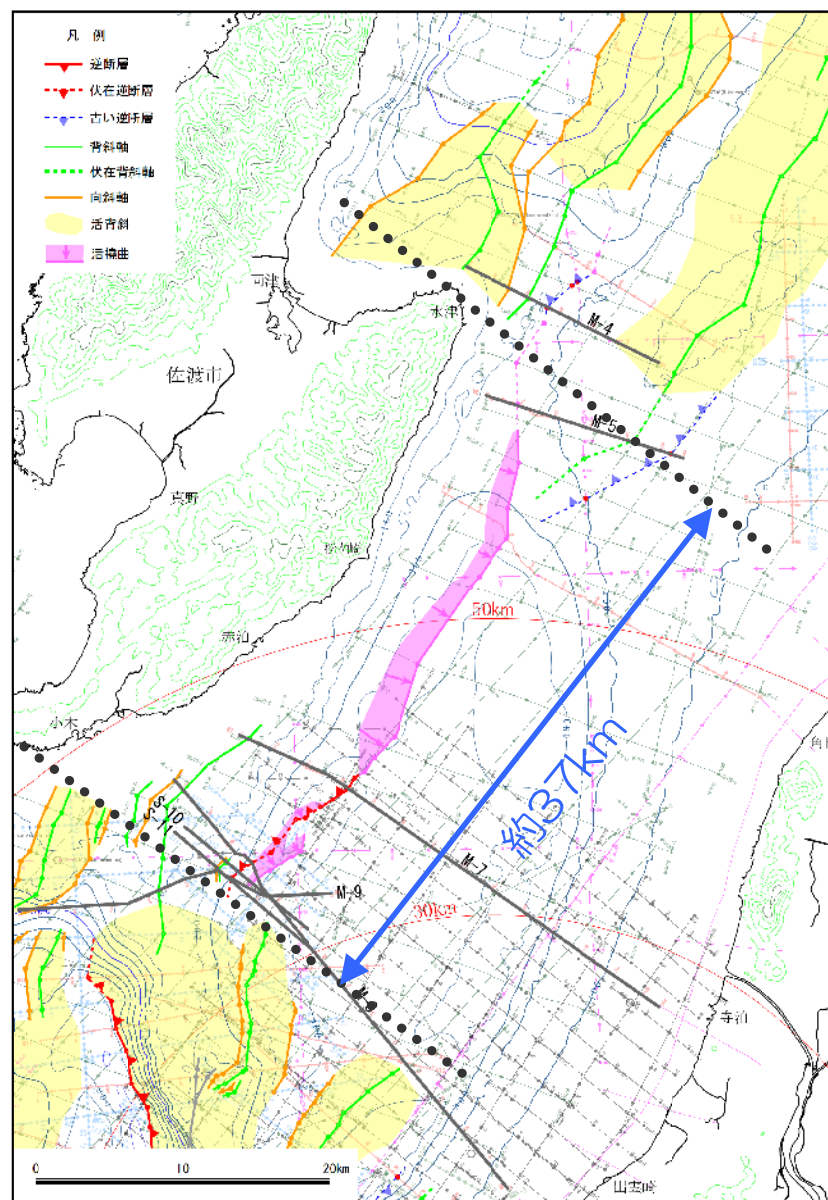
地質断面図



【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:グリーンタツより上位の火山噴出物) F:グリーンタツ相当層

佐渡島棚東縁撓曲の評価



佐渡島棚東縁撓曲の評価

- 佐渡島棚東縁撓曲については、主部では変位が海底面下の極浅部まで及び北西傾斜の逆断層が認められ、その他でもB u層堆積期における断層関連褶曲が認められる。
- B u層に変位・変形が認められる区間の活動性を考慮することとし、その長さをM-5測線からM-9測線までの約37kmと評価する。
- 佐渡島棚東縁撓曲の北方には、本撓曲の西側に背斜構造が認められるが、幾何学的に不連続であること、地下構造が異なることから、両者は異なる活動セグメントと評価する。
- なお、佐渡島棚東縁撓曲の北西側に並走する位置には海上保安庁水路部（1970，1971）が断層を示しており、既往の評価ではこの断層の活動性を考慮していたが、当該地域における主要な活構造として佐渡島棚東縁撓曲を考慮する。