

東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所 敷地周辺の地質・地質構造に係わる補足説明

平成20年5月13日
東京電力株式会社



東京電力

本日のご説明内容

【共通】

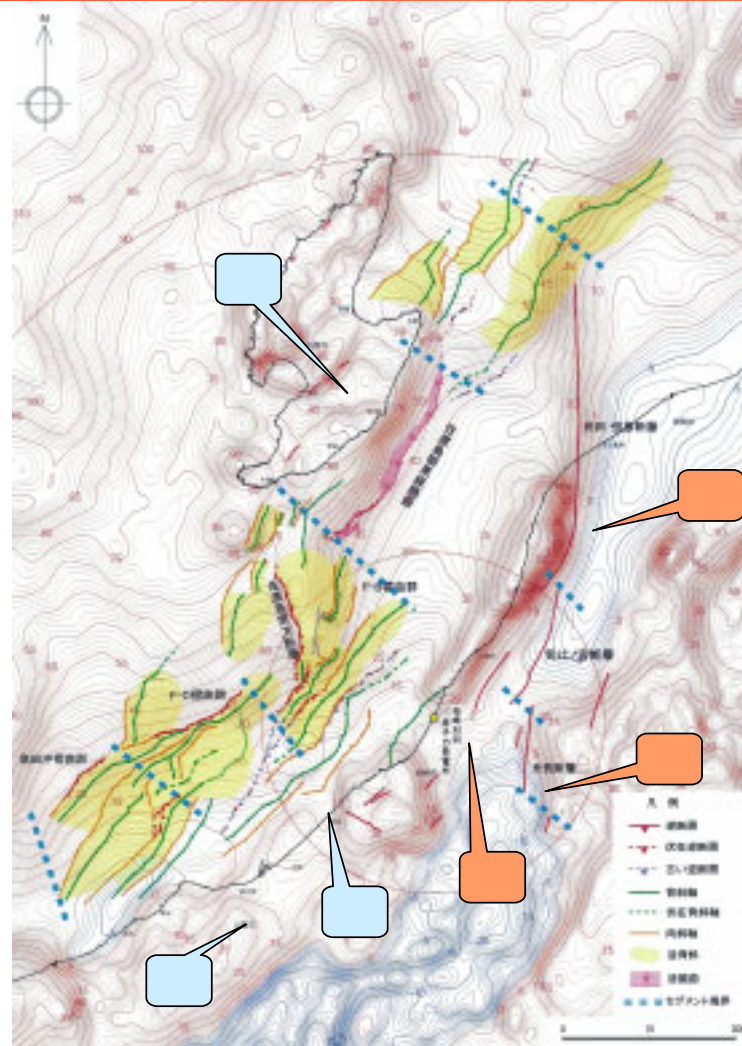
- 敷地周辺陸域～海域のセグメント区分について

【海域】

- 敷地前面海域の地質層序について
- 高田平野西縁断層と海域褶曲群との関係について「 」
- 段丘面の高度と海域褶曲群の活動性について「 」
- 佐渡島棚東縁撓曲の活動性と規模について「 」

【陸域】

- 片貝断層南端付近の活動性について「 」
- 長岡平野西縁断層帯の活動セグメントについて「 」
- 小木ノ城背斜（中央油帯背斜）南部の隆起域について「 」



中間報告の概要：活断層・活褶曲群の評価結果

佐渡島棚東縁撓曲
約37km

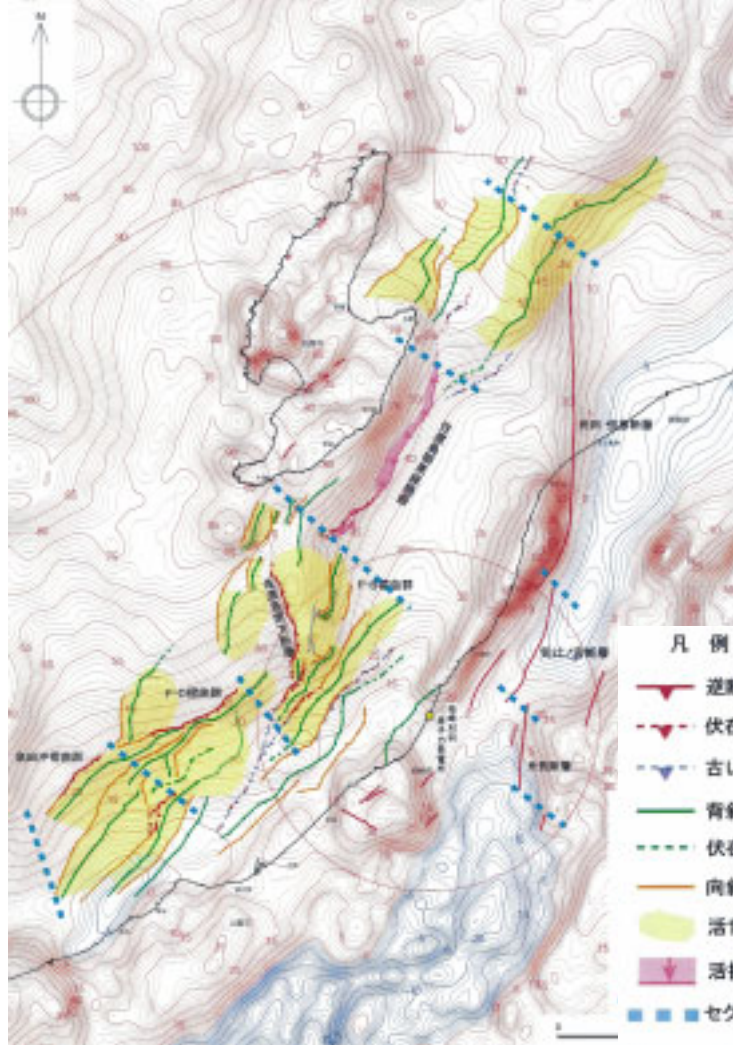
佐渡島南方断層
約29km

F-B褶曲群 約34km

F-D褶曲群 約30km

高田沖褶曲群
約25km

同時活動の考慮
F-D褶曲群 + 高田沖褶曲群
約55km



角田・弥彦断層
約54km

気比ノ宮断層
約22km

片貝断層 約16km

同時活動の考慮
長岡平野西縁断層帯
約90km

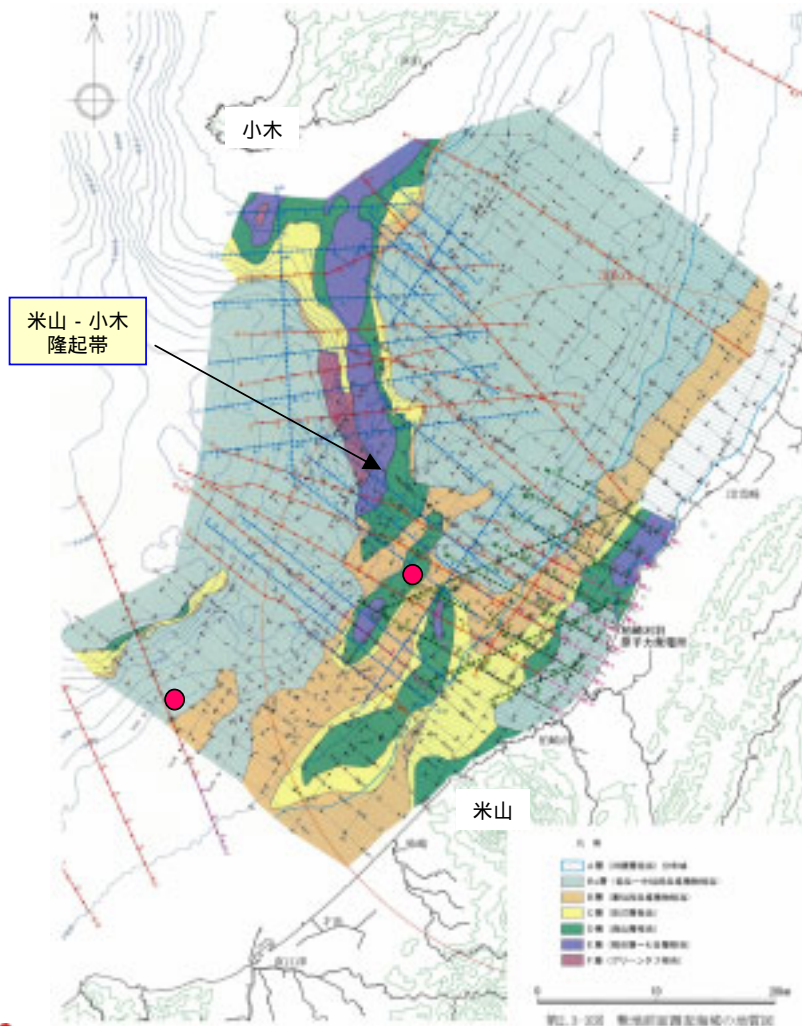
敷地前面海域の地質層序について

敷地前面調査海域の地質層序・地質図

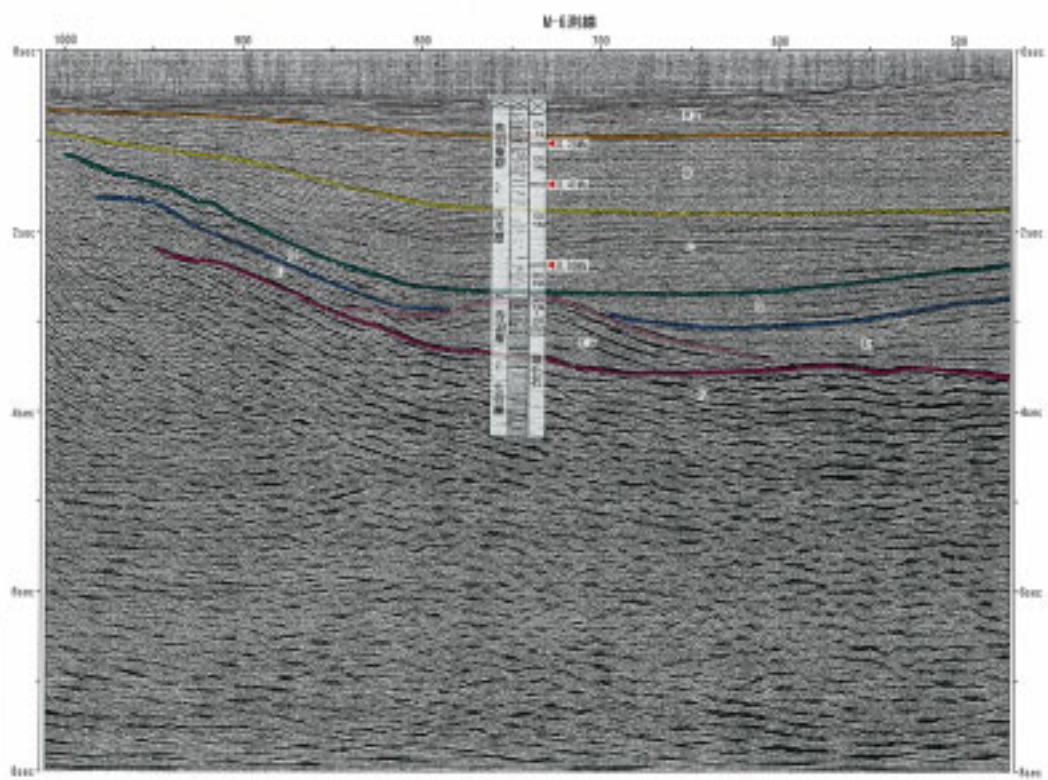
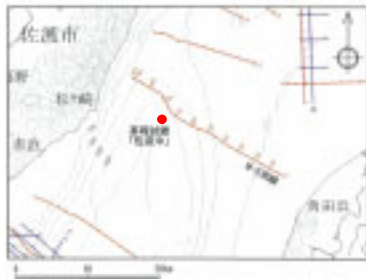
敷地周辺海域と陸域の地層対比表

| 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 |

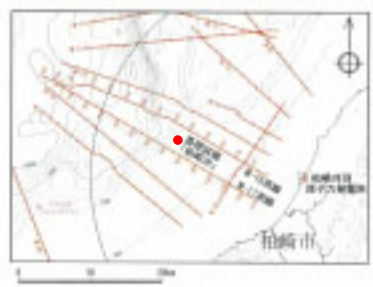
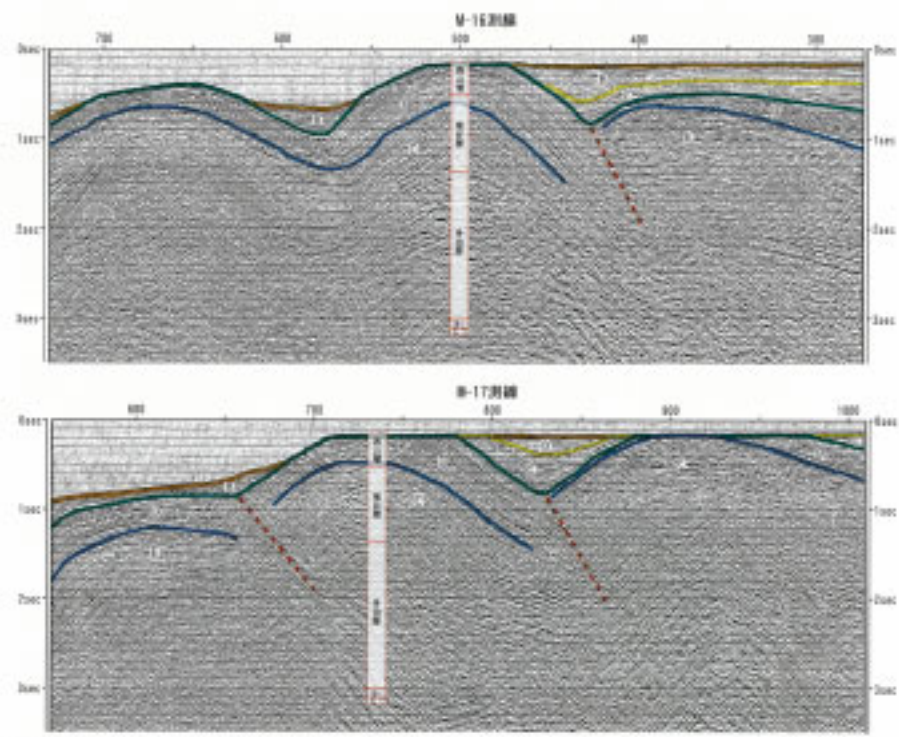
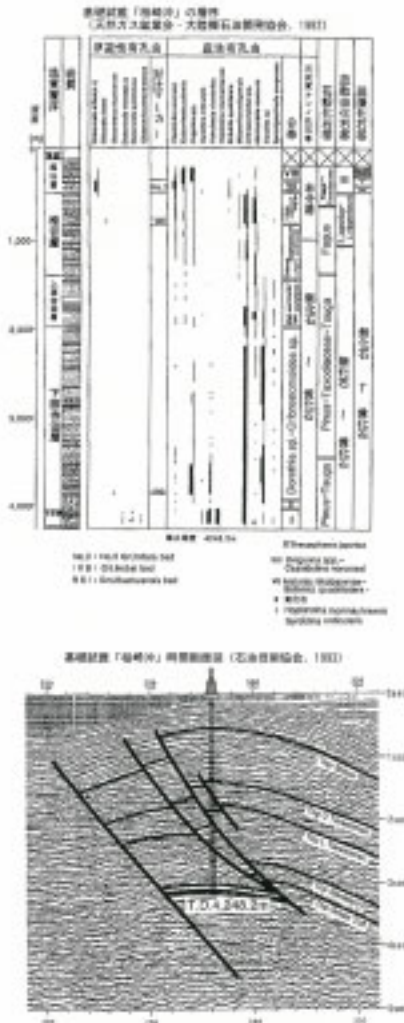
● 基礎試錘



基礎試錘と音波探査記録との対比（１）

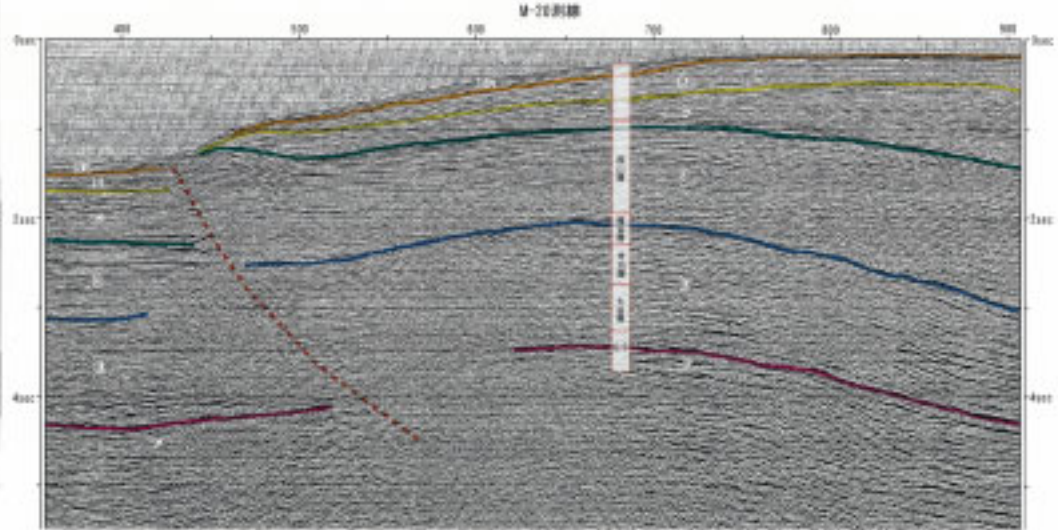


基礎試錘と音波探査記録との対比 (2)

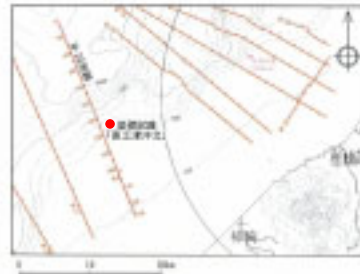
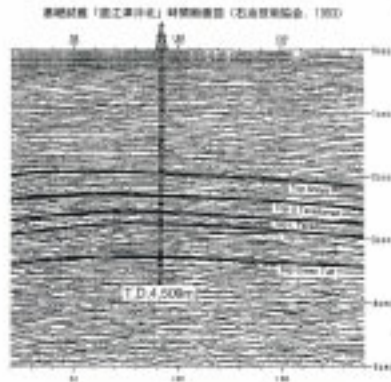


● 基礎試錘「海崎沖」時間断面図から作成した柱状図を転記している。
 (測線番号: M-17 (グリーンマス))

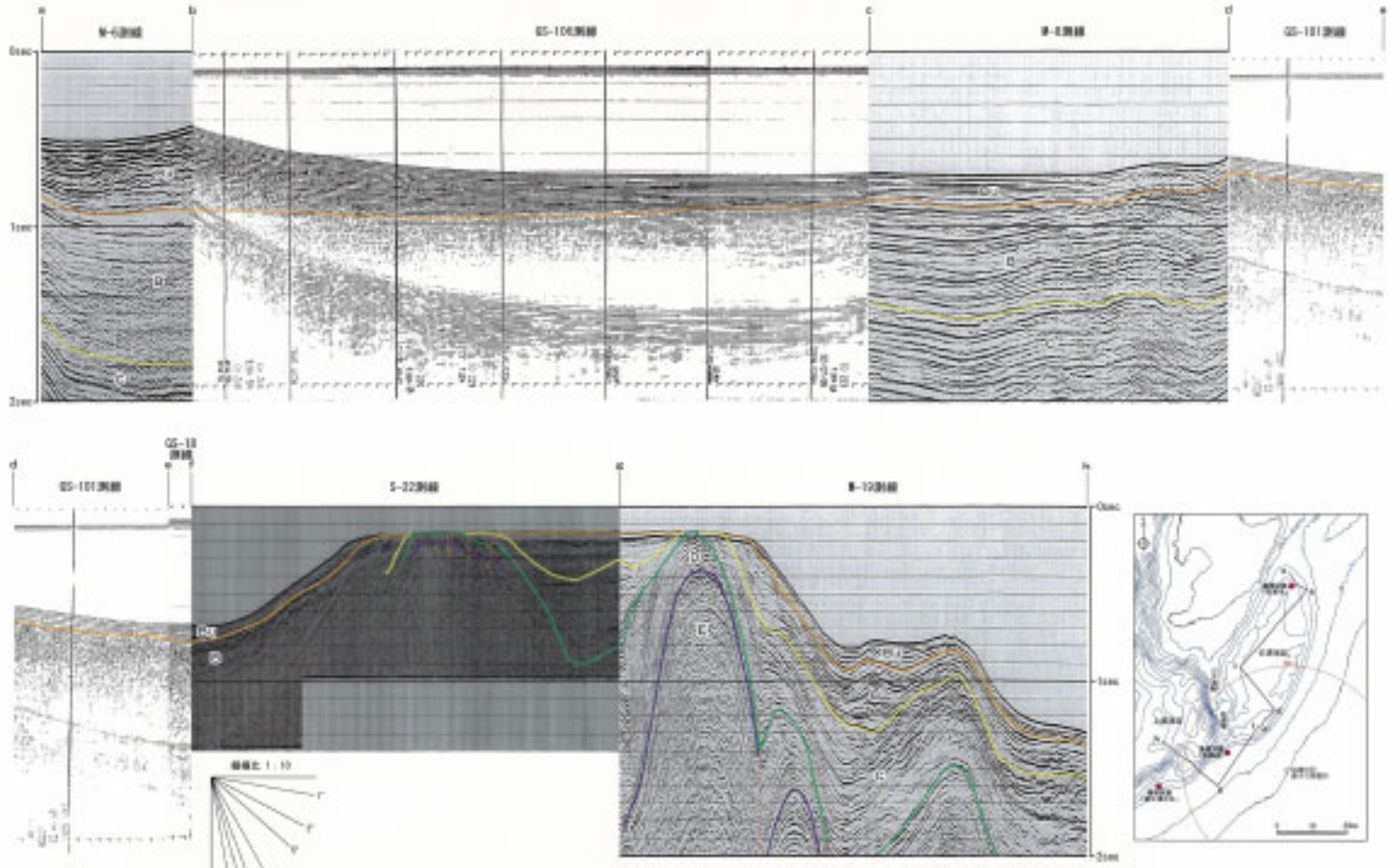
基礎試錘と音波探査記録との対比 (3)



※基礎試錘「高江津沖北」調査結果図から作成した柱状図を基にしている。
 ただし、測線層上層については、基礎試錘の海面図～西山層上層界と
 測線層上層～西山層上層界の深さの比率をそのまま取っている。
 出所：グリーンマップ



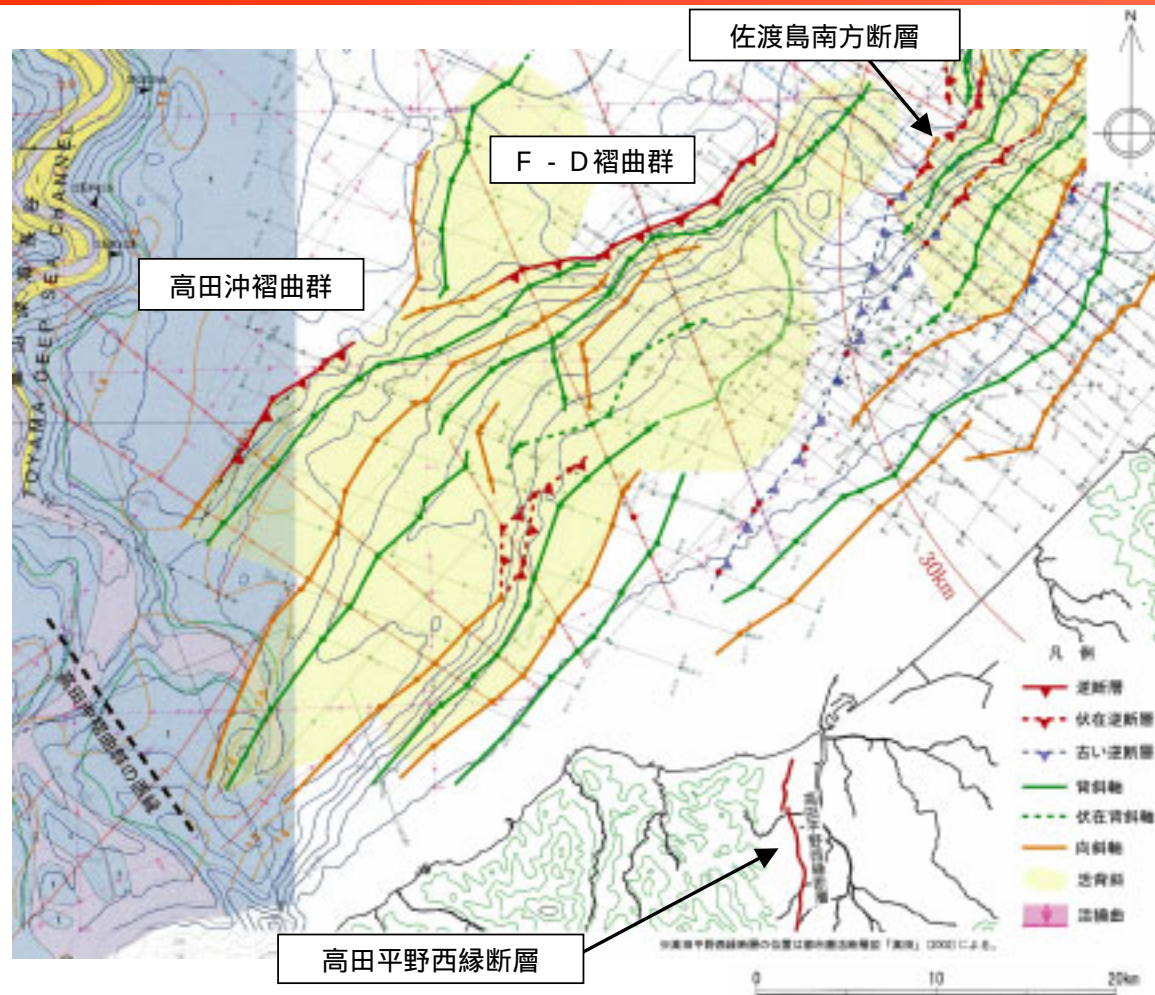
基礎試錘による地層区分の敷地前面海域への展開



この図のうちGS-106測線、GS-101測線及びGS-18測線は、地質調査所（現 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター）が実施した海上音波探査記録を、東京電力が独自に編集・解析したものです。

高田平野西縁断層と海域褶曲群との関係について

高田平野西縁断層と海域褶曲群との関係について



- 高田平野西縁断層の走向はF - D 褶曲群や高田沖褶曲群の走向と大きく異なる
- 佐渡島南方断層延長部がNNE-SSW走向で延びてきているものの、佐渡島南方断層が東上がりなのに対して、高田平野西縁断層は西上がりである
- 以上のことから、高田平野西縁断層と海域褶曲群との同時活動を考慮する必要はないと考えられる

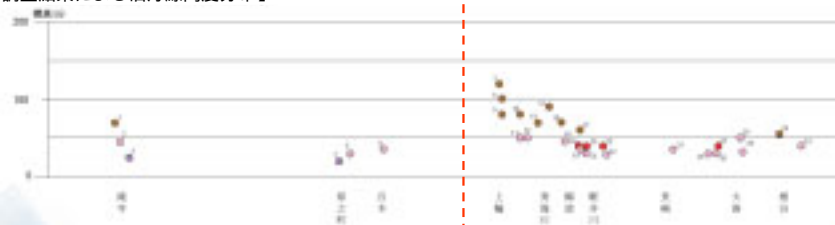
段丘面の高度と海域褶曲群の活動性について

敷地周辺の旧汀線高度分布

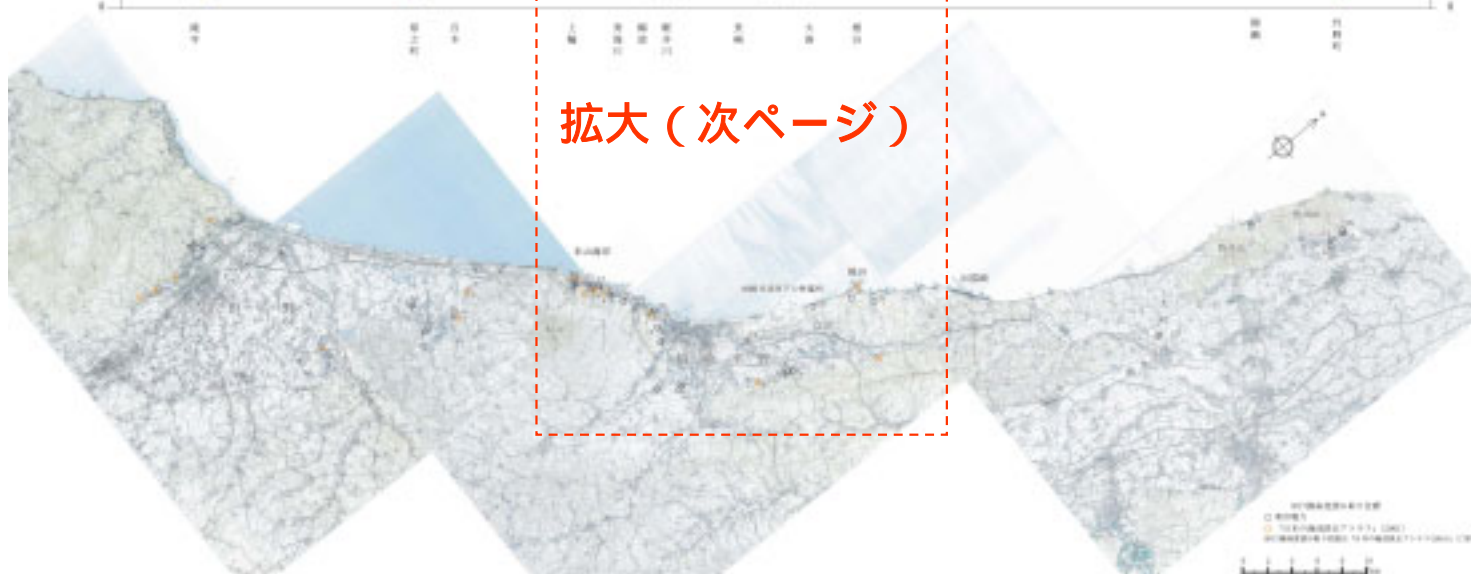
【日本の海成段丘段丘アトラス」(2001)による旧汀線高度分布】



【東京電力調査結果による旧汀線高度分布】



拡大 (次ページ)



敷地周辺の最高位旧汀線高度分布（拡大）

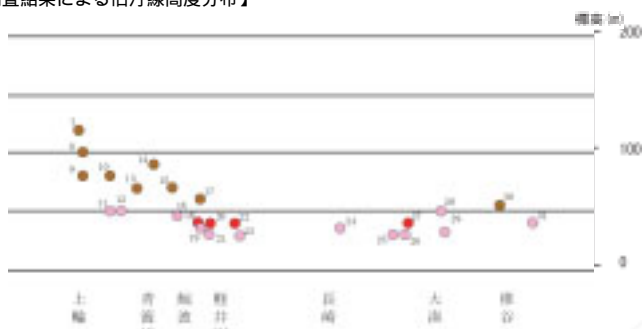
【日本の海成段丘アトラス」（2001）による旧汀線高度分布



旧 高野平野において、「日本の海成段丘アトラス」では平均旧汀線高が約50mに設定されている。
 (地質図の最上段に該当する北沢段丘(旧)の平均高を約50mとした。)
 しかし、青森県は同アトラス(2001)によると、旧汀線(約50m)は旧汀線(約100m)の直下に位置するとされ、従って平均旧汀線高は約50mに設定される。



【東京電力調査結果による旧汀線高度分布】



■角田・弥彦山塊の西海岸から、柏崎平野，米山海岸を経て高田平野西海岸に至る間において、MIS 5 eの最高位旧汀線の高度は標高35m～50mの値を示し、大きな不連続あるいは傾動は認められない

■「日本の海成段丘アトラス」（2001）によると米山海岸の上輪及び青海川付近において局所的（数km区間）にMIS 5 eの旧汀線高度が標高70m～80mの値を示すとされている

■地表地質調査結果によると、この付近の段丘面については、その構成層がクサリ礫層（次ページ写真参照）からなること、礫層は2.5m以上の厚い赤褐色ローム層に覆われることなどから、高位段丘面と判断される

■地表地質調査並びに空中写真判読の結果によると、この付近におけるMIS 5 eの段丘面の旧汀線高度は50m程度の値を示す

米山海岸（上輪付近）の段丘堆積物

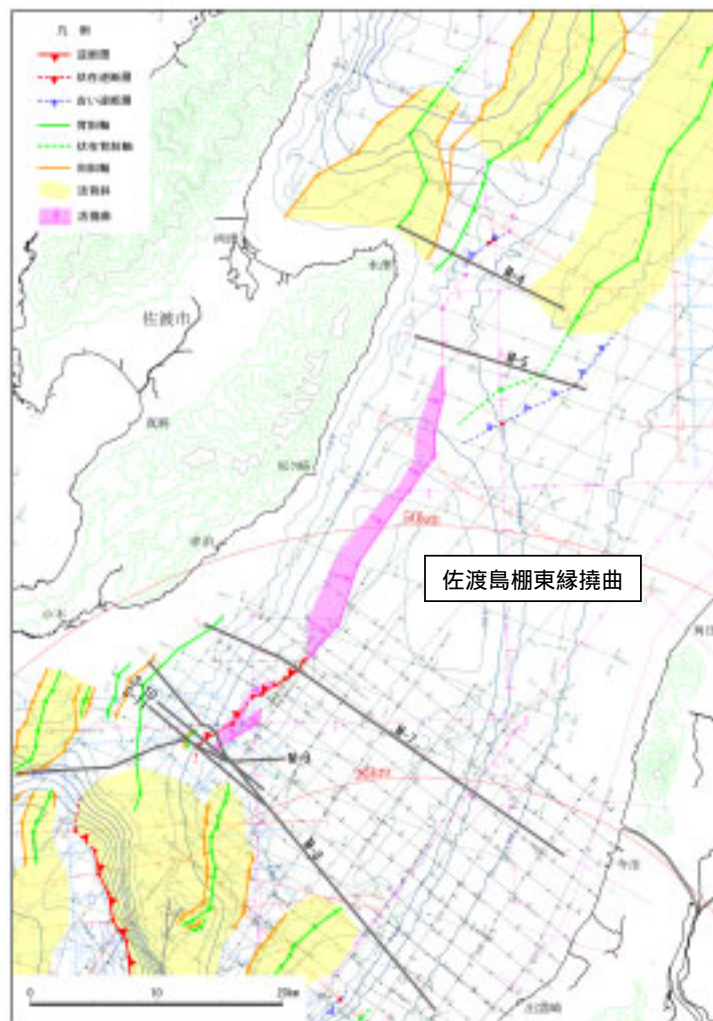


- 礫の多くがクサリ礫となっており，マトリックスも風化が進み，層厚は1.5 m以上である
- 礫層を覆って赤褐色土壌化帯が分布し，その層厚は2.5 m以上である
- 以上のことから，高位段丘堆積物と判断される

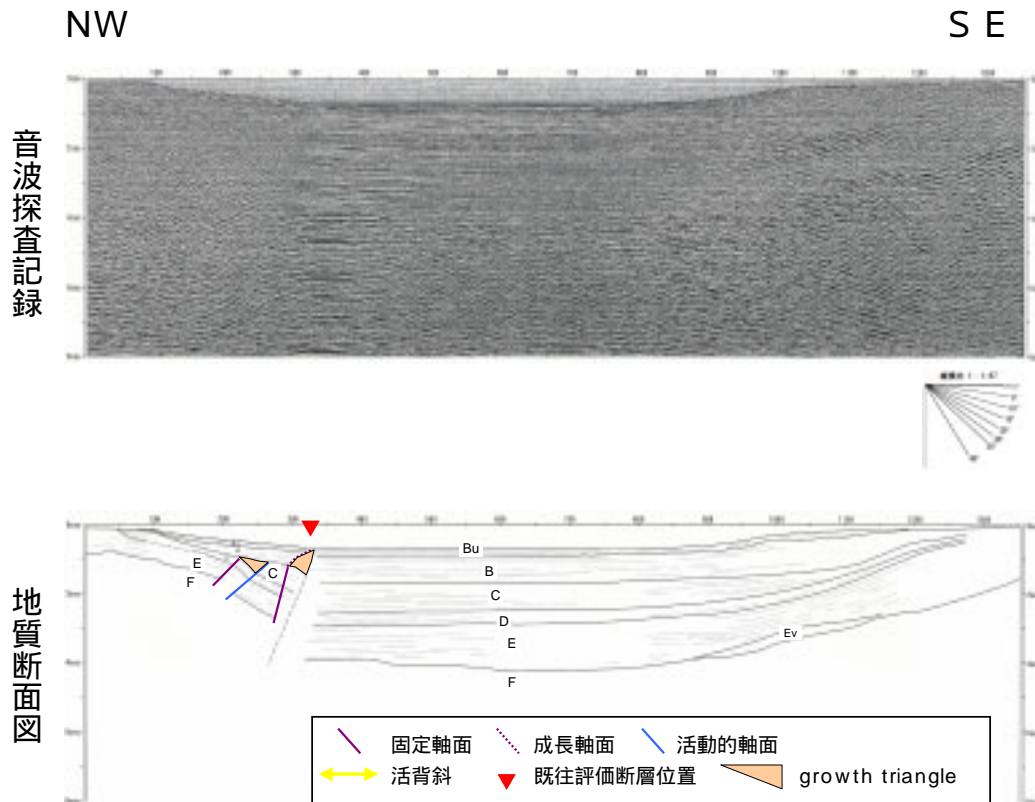


佐渡島棚東縁撓曲の活動性と規模について

佐渡島棚東縁撓曲周辺の地質構造



M-7測線



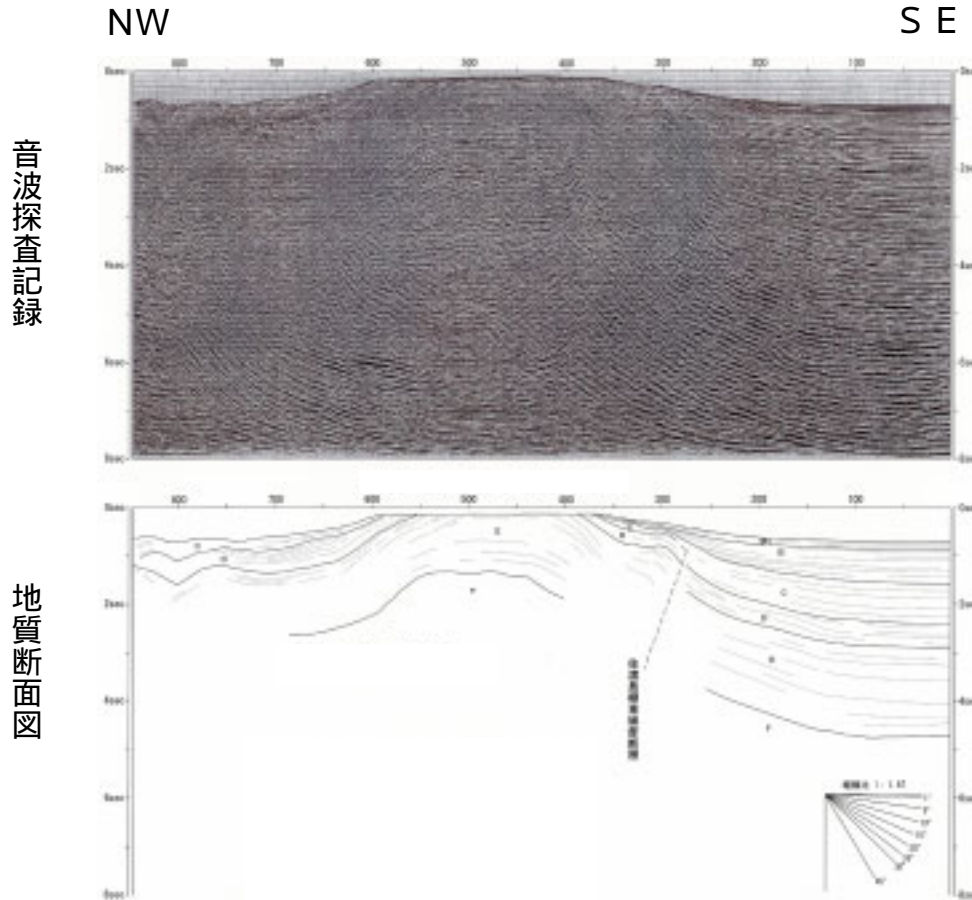
■ M - 7 測線では，佐渡島棚斜面の基部に北西上がりの逆断層が推定され，その上盤側でB層及びBu層に及ぶgrowth triangleが認められることから，B層及びBu層堆積期以降の活動があったものと判断される



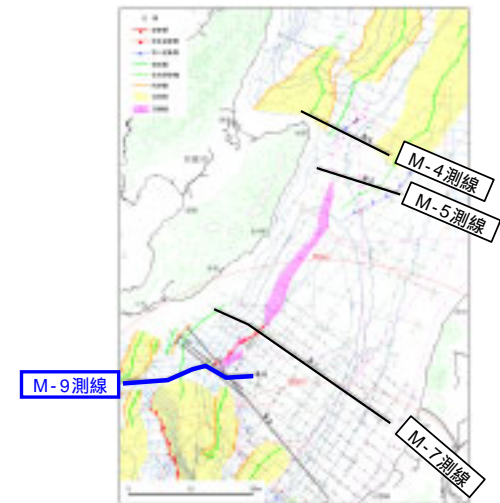
【地質区分】

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 (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-9測線



■ M-9測線では、C層以下の地層に変位を与える逆断層が推定されるものの、B層以上の地層には変形が認められず、その東側には撓曲構造も認められない

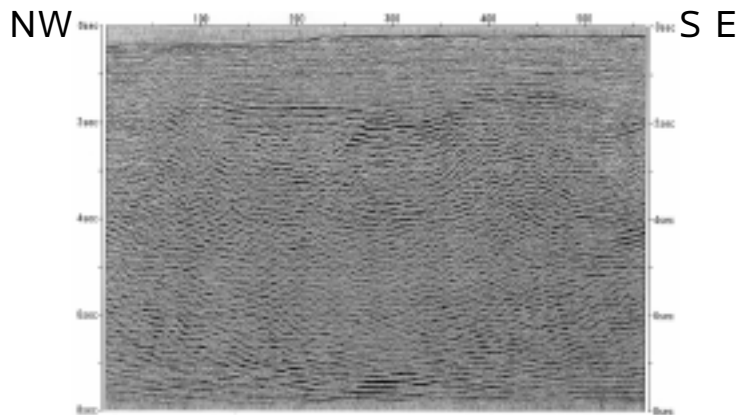


【地質区分】

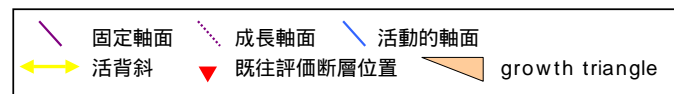
A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

M-5測線

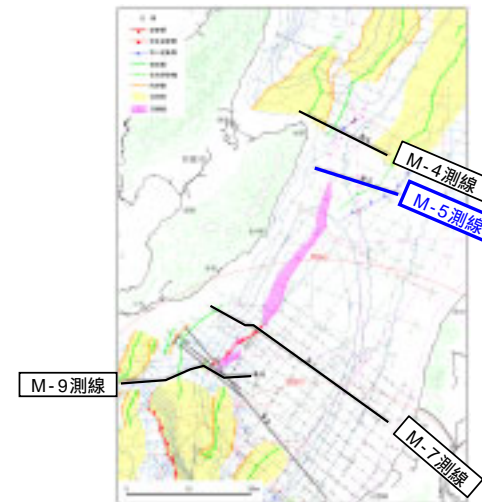
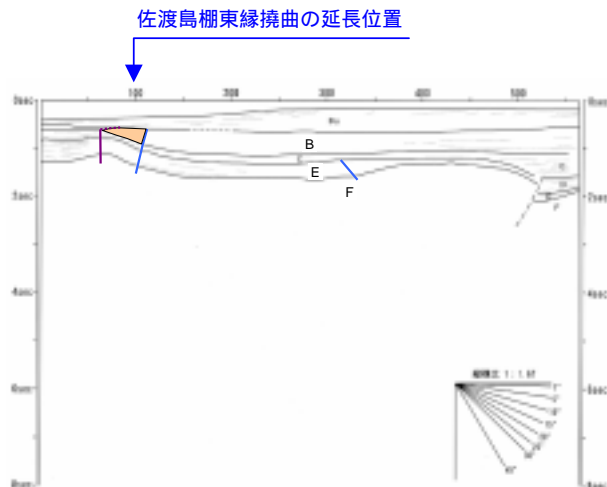
音波探査記録



■ M - 5 測線では、C層以下の地層に撓曲構造が認められるものの、少なくともBu層は水平に堆積しており、Bu層堆積期以降における活動はないものと判断される



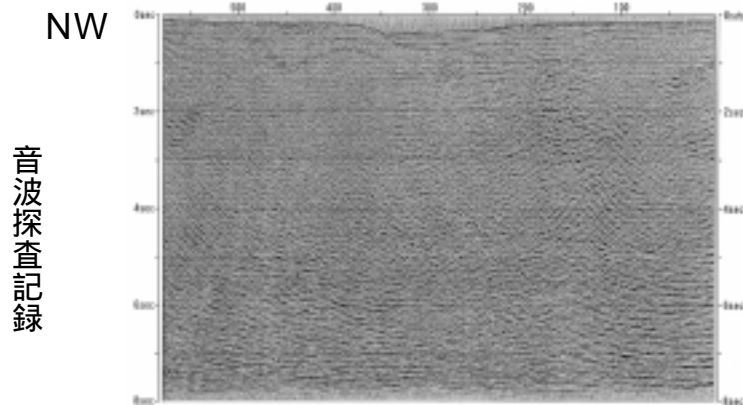
地質断面図



【地質区分】

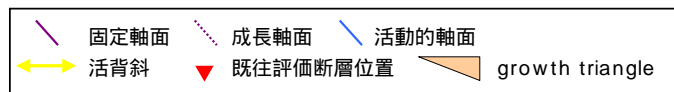
A:沖積層相当層 B:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (Ev:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

M-4測線

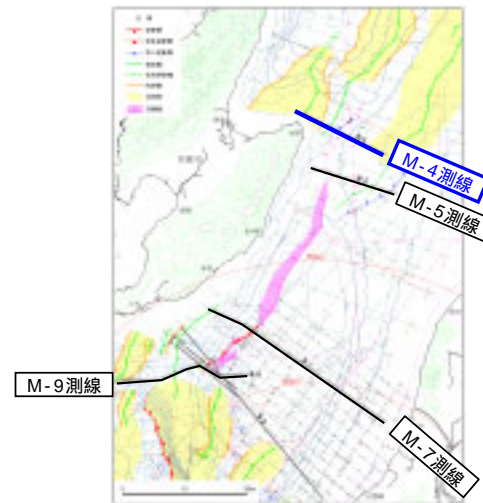
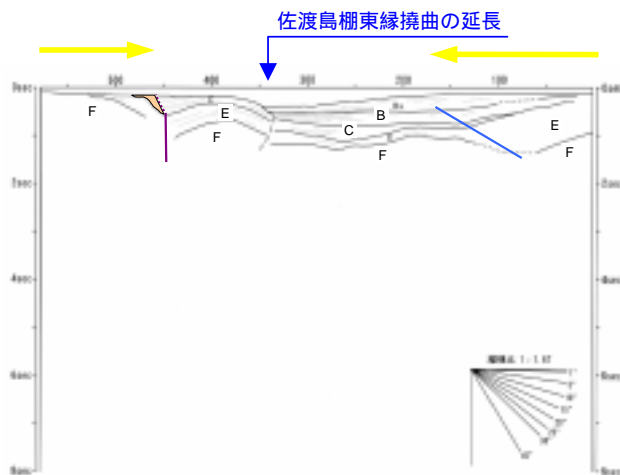


SE

- 北側のM-4測線では、小佐渡の北側に活背斜が認められる（測線左側）
- しかし、佐渡島棚東縁撓曲の延長付近には佐渡島棚東縁撓曲から連続する撓曲は認められるものの、その活動性は認められない



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:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

佐渡島の旧汀線高度の変形様式

- 大佐渡，小佐渡においていずれも南東への傾動を示しており，それぞれ山地西縁部に逆断層が推定される
- 小佐渡の山地西縁部の逆断層と佐渡島棚東縁撓曲の活動により隆起していると考えられるが，小佐渡南西端の小木半島では北への傾動を示し，変動様式が異なっている。これは，小木半島沖のM - 9 測線において佐渡島棚東縁撓曲が認められなくなることと整合的

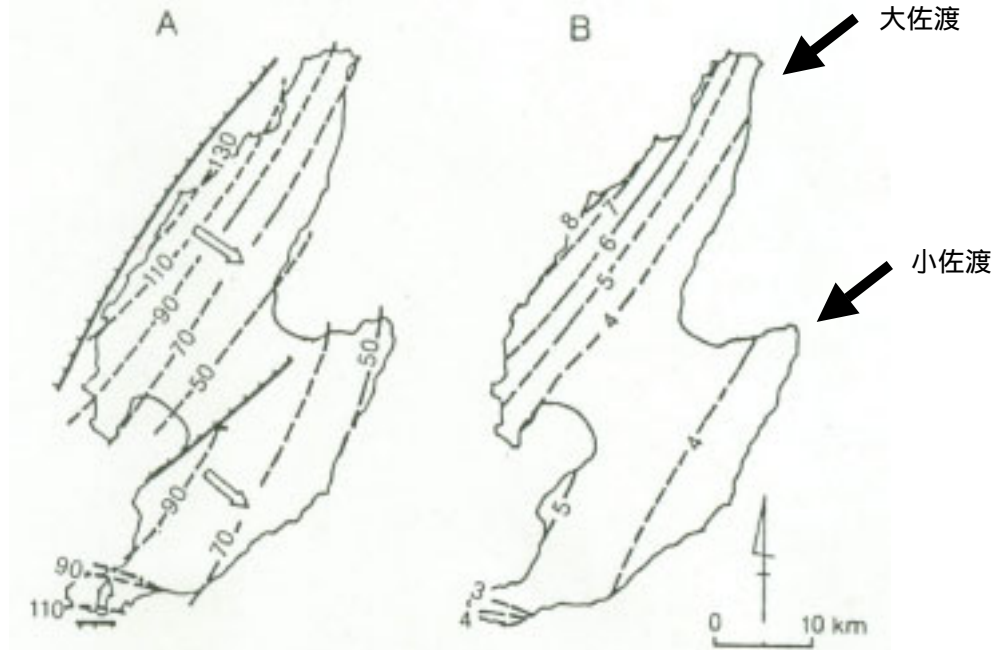


図5 佐渡島の旧汀線高度の変形様式(傾動)を示す図(単位はm)

A：最終間氷期段丘(T₂)の旧汀線高度。矢印は傾動の方向，鎖線は小佐渡と小木半島との異なるむきの傾動の境界(ヒンジライン)を示す。断層のうち，大佐渡，小木半島のは推定されるもの(太田ほか⁴⁾。

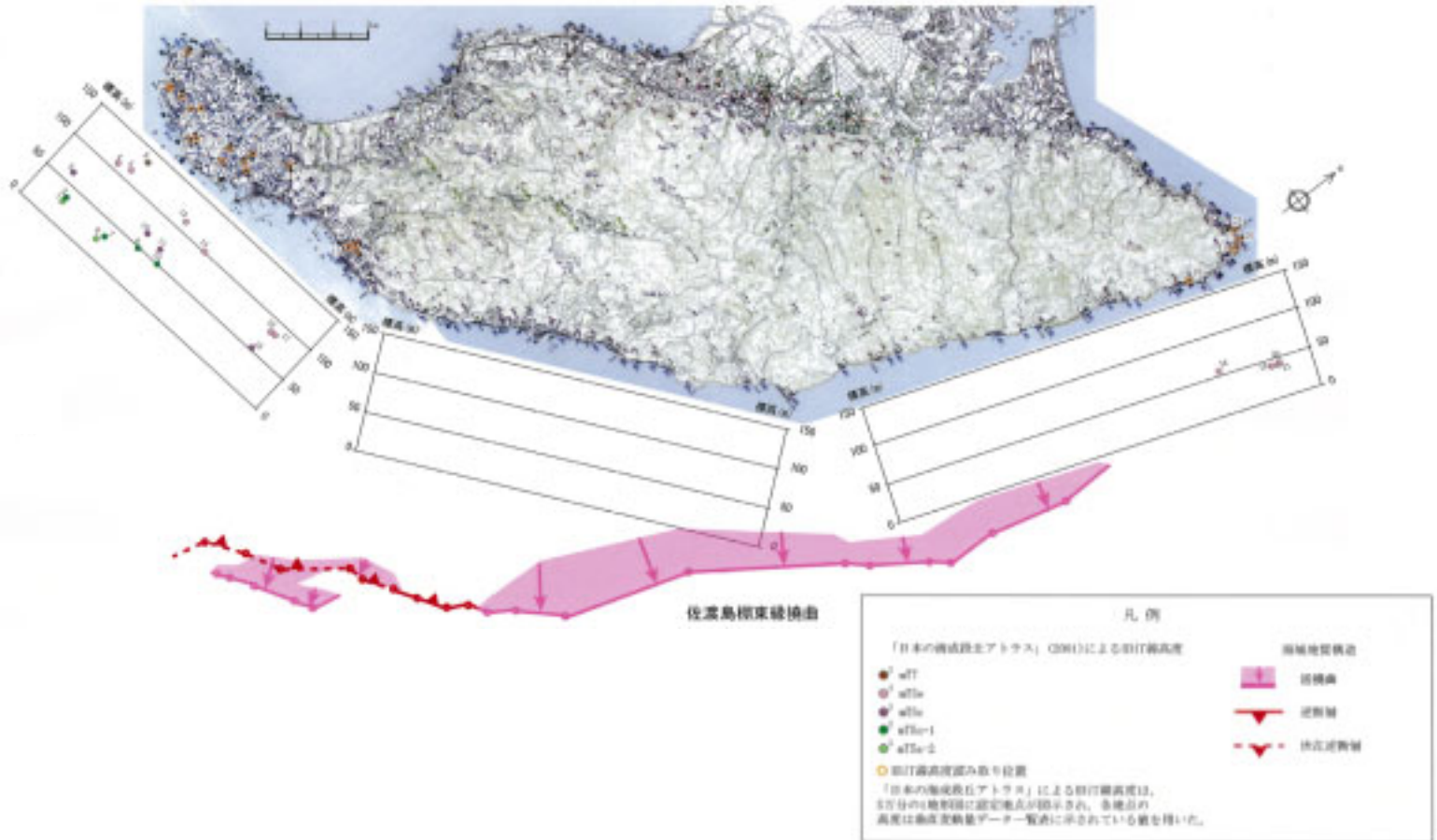
B：完新世段丘の高度分布(田村⁴⁾)。

([新編] 日本の活断層，1991より引用)

佐渡島南東海岸の旧汀線高度分布

- 小佐渡の北端部におけるMIS5eの段丘の旧汀線高度は50m程度であり、本州側とほぼ同じ高度を示し、佐渡島棚東縁撓曲が小佐渡の北端付近で終息していることと整合的

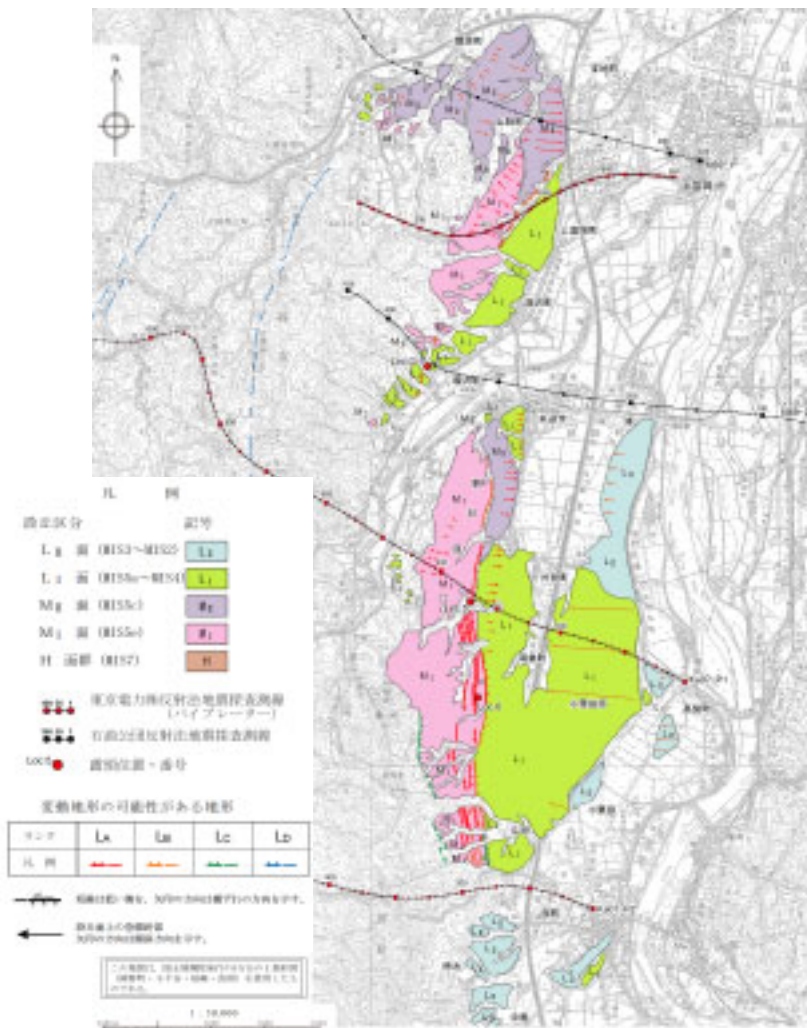
(旧汀線高度の読取り位置は「日本の海成段丘段丘アトラス(2001)」に加筆)



片貝断層南端付近の活動性について

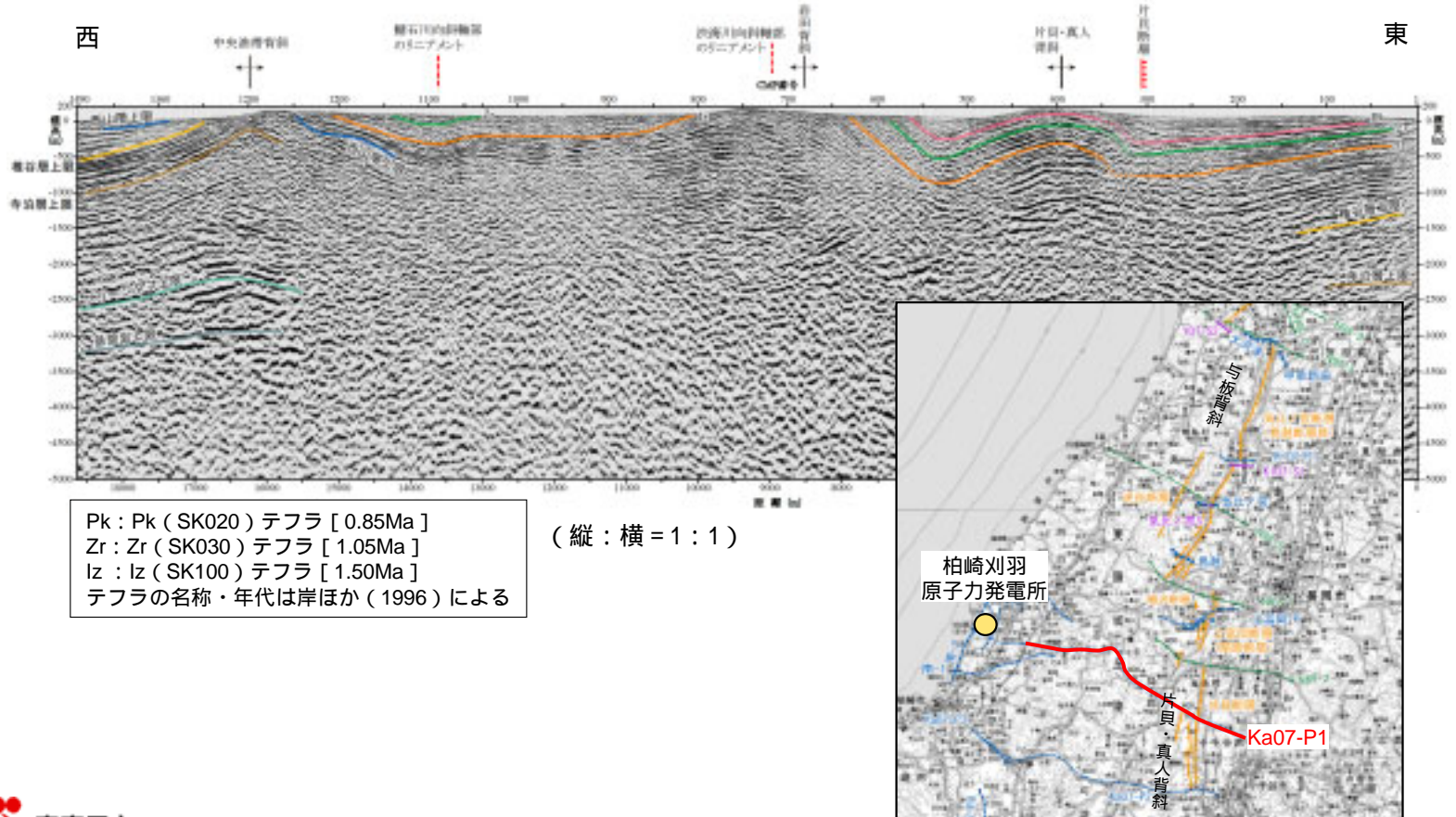
上富岡断層・親沢断層・片貝断層周辺の地形調査結果

- 関原台地においては，M 面及びM 面に2背斜・2向斜の波状変形が認められる
- 上富岡町付近には，L_Bランクの地形が判読され，「[新編]日本の活断層(1991)」等に示されている上富岡断層に相当する
- 上富岡断層の南方延長部に位置する親沢町付近には，M 面及びL 面に東側が高い逆向きのL_Bランクの地形が判読される
- 長岡市来迎寺から小千谷市桜町に至る約9 km間では，「[新編]日本の活断層(1991)」等に示されている片貝断層に対応して，ほぼN-S方向に並走する数条のL_A，L_B及びL_Cランクの地形が判読され，長ドーム状を示すM 面，M 面及びL 面上の傾斜面，崖，逆向きの低崖及び溝状凹地の連続からなる
- 長岡市浦から小千谷市小栗田南西，同市高梨町南西に至る間に判読されるL_Bランクの地形は，西に逆傾斜するL 面及びL 面の連続からなる



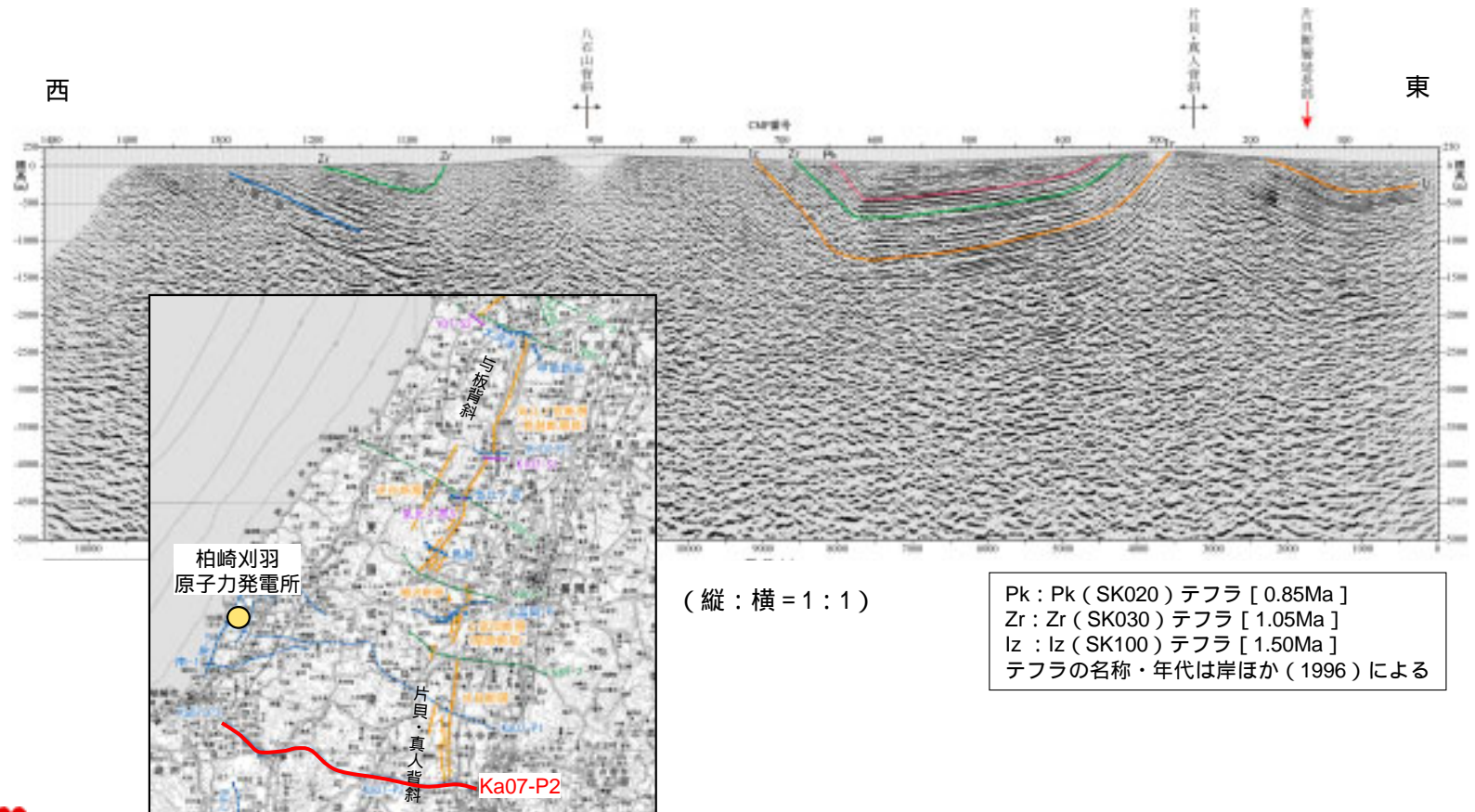
片貝断層の反射法地震探査結果（Ka07-P1測線）

- 片貝断層は撓曲構造となっており，その鉛直変位量はZrテフラ（1.05Ma）で300m程度である
- Pkテフラ（0.85Ma）以下の地層（Zrテフラ，Izテフラの層準）がほぼ同じ層厚を示し，変位の累積が認められないことから，片貝断層の活動開始時期はPkテフラ堆積以降と推定される



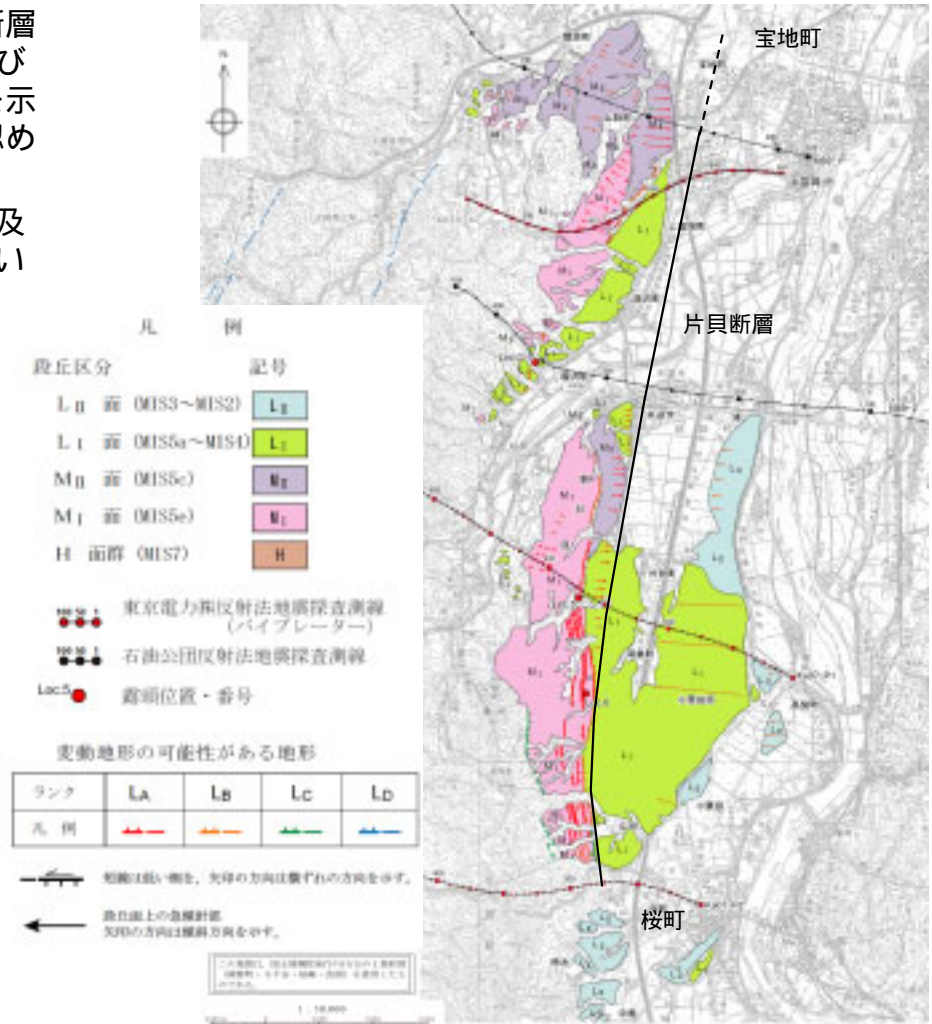
片貝断層の反射法地震探査結果（Ka07-P2測線）

- 片貝断層の南方延長部においては、Izテフラ付近及びそれ以下の地層は東傾斜の同斜構造を示しており、主部（Ka07-P1測線）で確認されたような撓曲構造は認められない



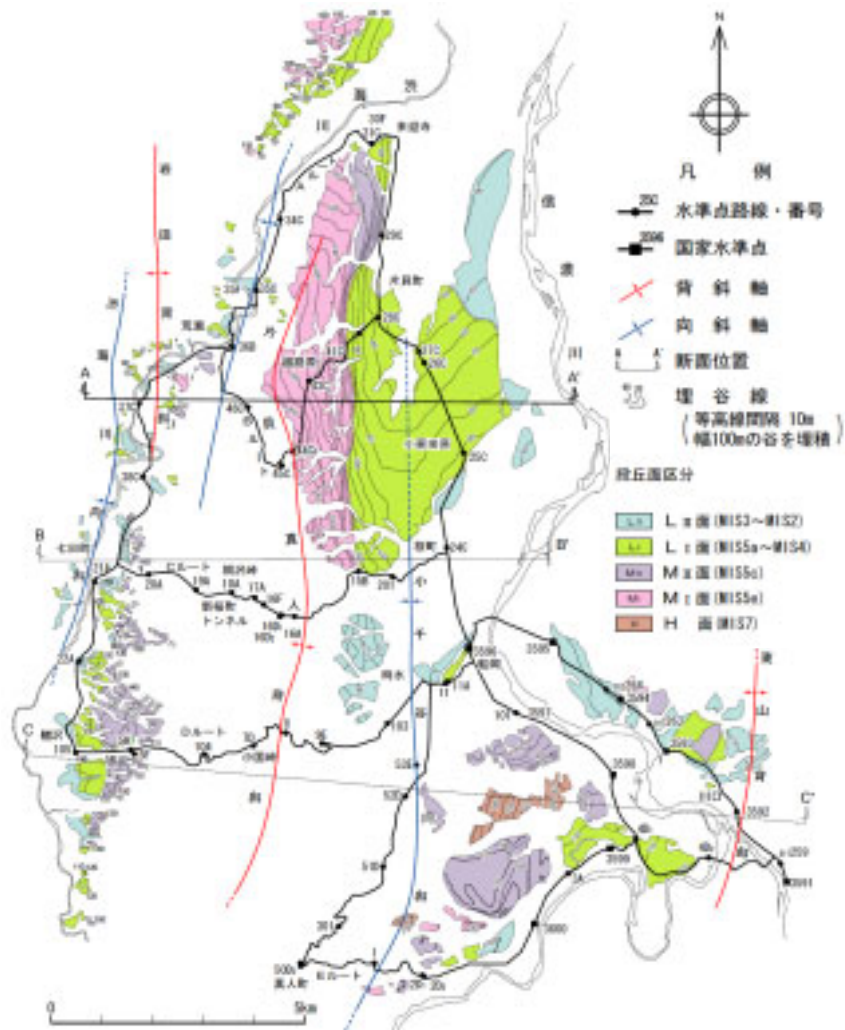
片貝断層南部における活動性

- 反射法地震探査結果によると，片貝断層はKa07-P2測線においてLzテフラ及びそれ以下の地層は東傾斜の同斜構造を示しており，主部のような撓曲構造は認められなくなる
- その南方の桜町付近に分布するL面及びL面には，変動地形は認められない



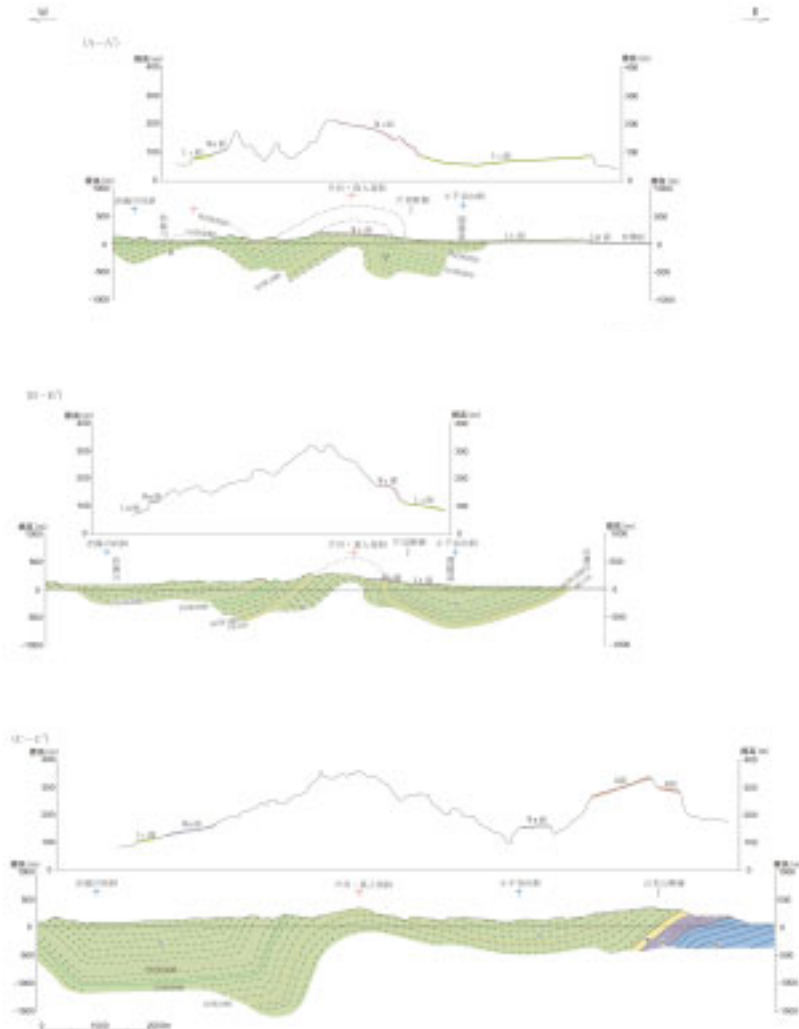
片貝・真人背斜の分布図

- その東翼に片貝断層が位置する片貝・真人背斜は、その軸長が30kmに達する背斜構造である



片貝・真人背斜の地形・地質断面図

- 片貝・真人背斜は，小千谷市桜町付近以北において東翼が急な構造を示し，段丘面の撓曲変形も明瞭であるのに対して，桜町付近以南においては西翼が急な構造を示すが，段丘面に变形は認められない
- したがって，片貝・真人背斜の成長は，桜町付近以北では現在も継続していることに対して，桜町付近以南では中位段丘面形成以前であると考えられることから，桜町付近で片貝断層の活動は終息しているものと判断される



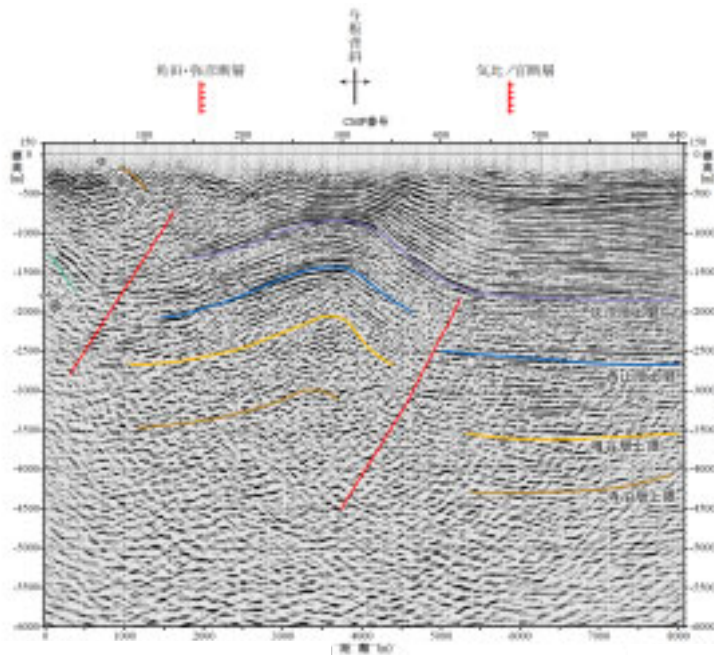
凡 例

| 段丘面区分 | | 地質区分 | |
|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| L₀ | L ₀ 面 (MIS3~MIS2) | U | 扇形層(礫・砂・泥互層) |
| L₁ | L ₁ 面 (MIS5a~MIS4) | W | 和南律層(砂岩) |
| M₀ | M ₀ 面 (MIS5c) | H | 灰川層(砂質泥岩) |
| M₁ | M ₁ 面 (MIS5e) | N | 西山層(塊状泥岩) |
| H | H 面群 (MIS7) | Pk | (580200) 火山灰 |
| | 背斜軸 | Zr | (580300) 火山灰 |
| | 向斜軸 | Iz | (581000) 火山灰 |
| | | SK110 | 火山灰 |

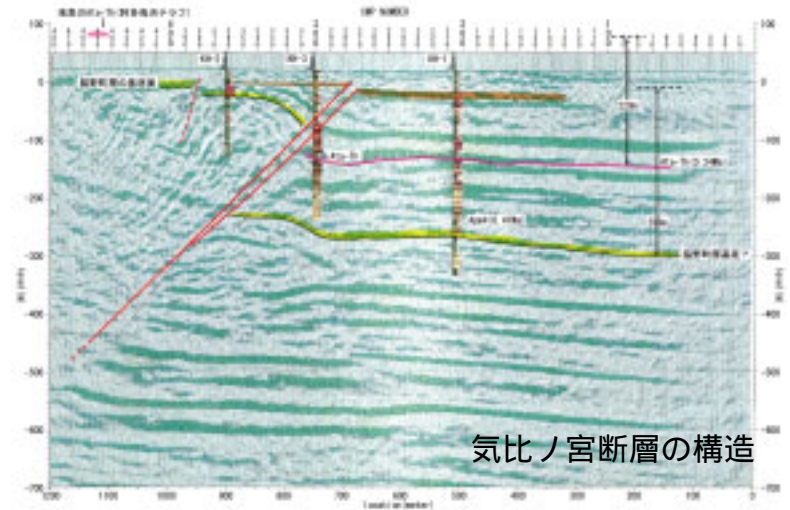
長岡平野西縁断層帯の活動セグメントについて

断層形態

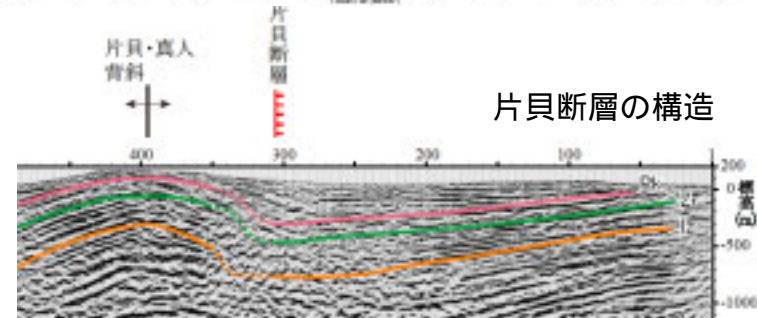
- 角田・弥彦断層，気比ノ宮断層及び片貝断層は，それぞれ異なる丘陵の東翼に位置し，地下構造としても連続しない
- 角田・弥彦断層及び気比ノ宮断層は，鮮新統～下部更新統に数千mの断層変位を与える西上がりの逆断層であるのに対して，片貝断層は，少なくとも地下1,500m以浅には断層変位が及んでおらず撓曲構造が認められるのみである



角田・弥彦断層と気比ノ宮断層の構造



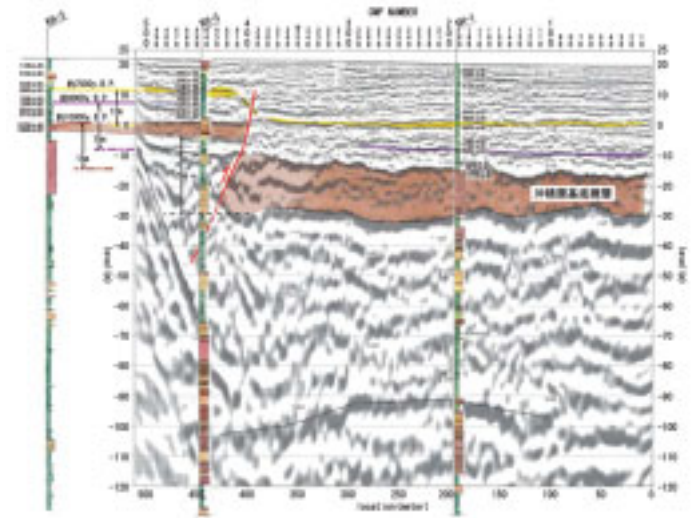
気比ノ宮断層の構造



片貝断層の構造

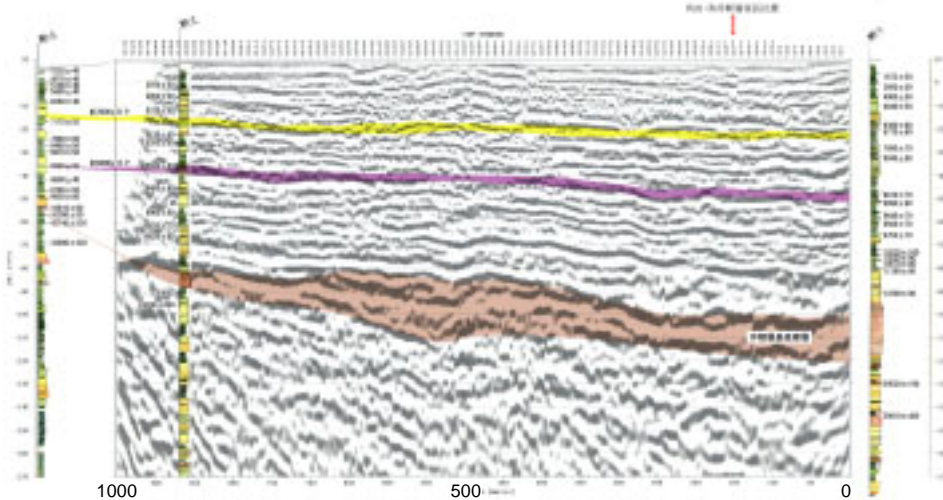
単位変位量・活動史

- 気比ノ宮断層は、沖積層の上面に約15mの鉛直変位が推定され、完新世以降も活動が活発である
- 一方、角田・弥彦断層は、完新世以降の活動はあまり顕著ではなく、沖積層の基底は傾動は否定できないものの、気比ノ宮断層のような断層変位は認められないことから、気比ノ宮断層と比較して活動性が小さいと考えられる



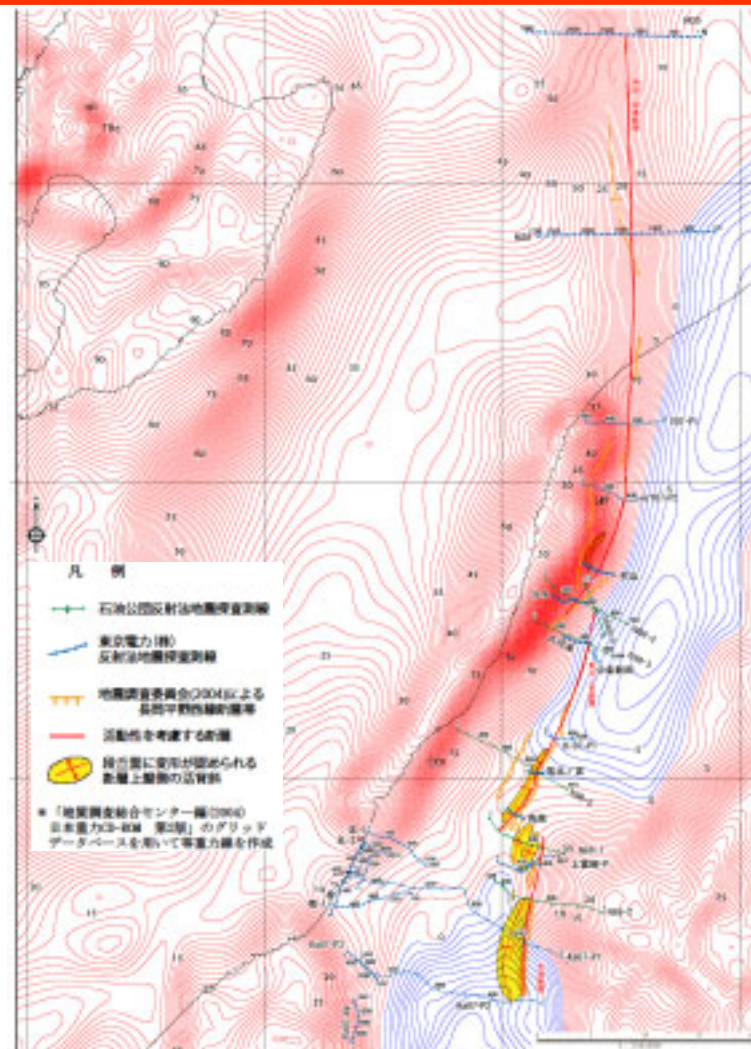
気比ノ宮断層

角田・弥彦断層



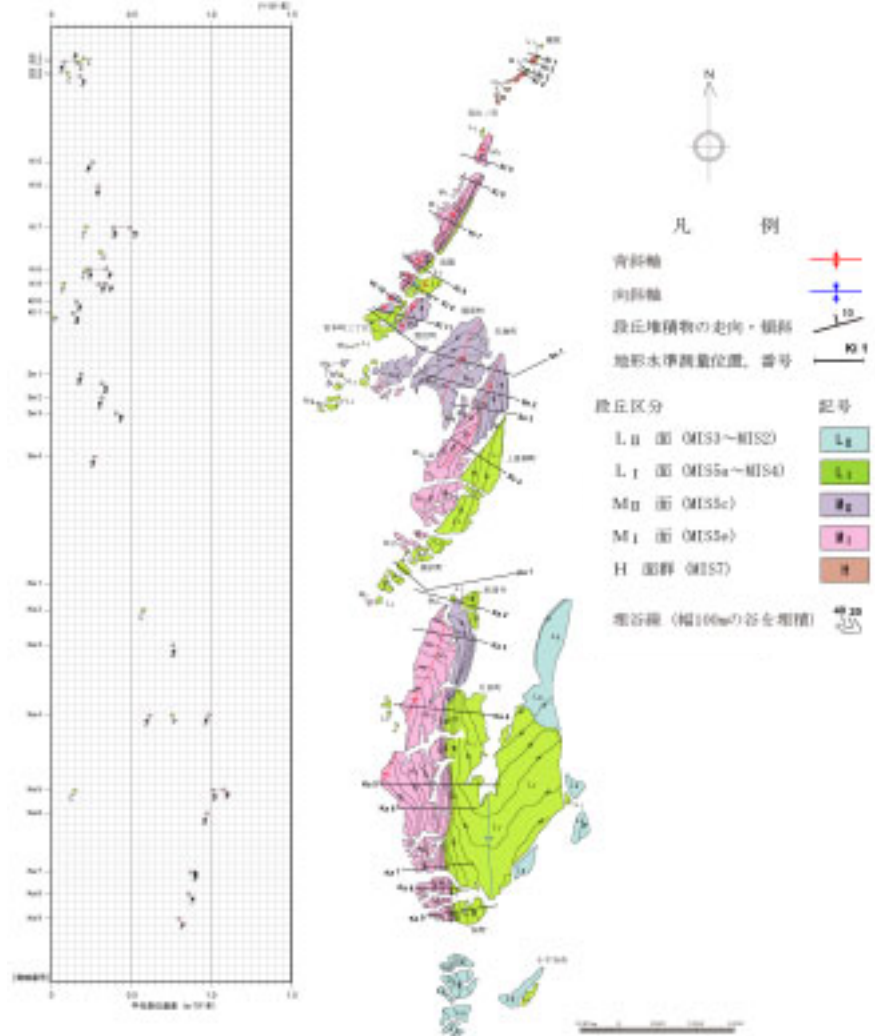
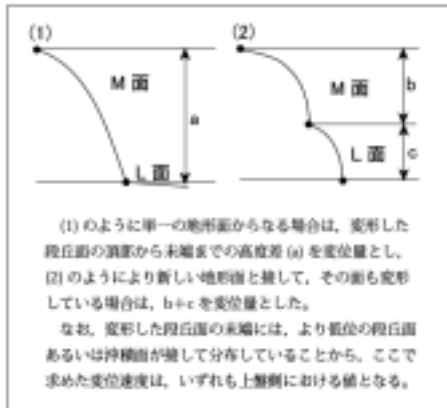
重力異常との関係

- 角田・弥彦断層は、西側の角田・弥彦山塊付近の高重力異常域と東側の低重力異常域との境界部に直線的に連続する重力異常の急変域に位置していることから、比較的古い時代に活発な活動があり、地質構造の形成に寄与したものと推定される
- 気比ノ宮断層は、信濃川沿いの低重力異常域の西縁付近に位置しているものの、急変帯は認められず、等重力線の走向ともやや斜交する
- 片貝断層は、断層の東低下側は高重力異常域、西隆起側は低重力域となっており、重力異常との対応は認められない



平均変位速度

- 気比ノ宮断層及び片貝断層は、断層の上盤側における段丘面の変形が顕著であることに対して、角田・弥彦断層は、その前線が沖積面下に伏在しており、地形上の特徴が異なる
- 気比ノ宮断層及び片貝断層の上盤側における段丘面の変形から両断層の平均変位速度を求めた結果、最大値は気比ノ宮断層の約0.5m/千年に対して、片貝断層は約1.2m/千年の値を示し、大きな差異が認められる



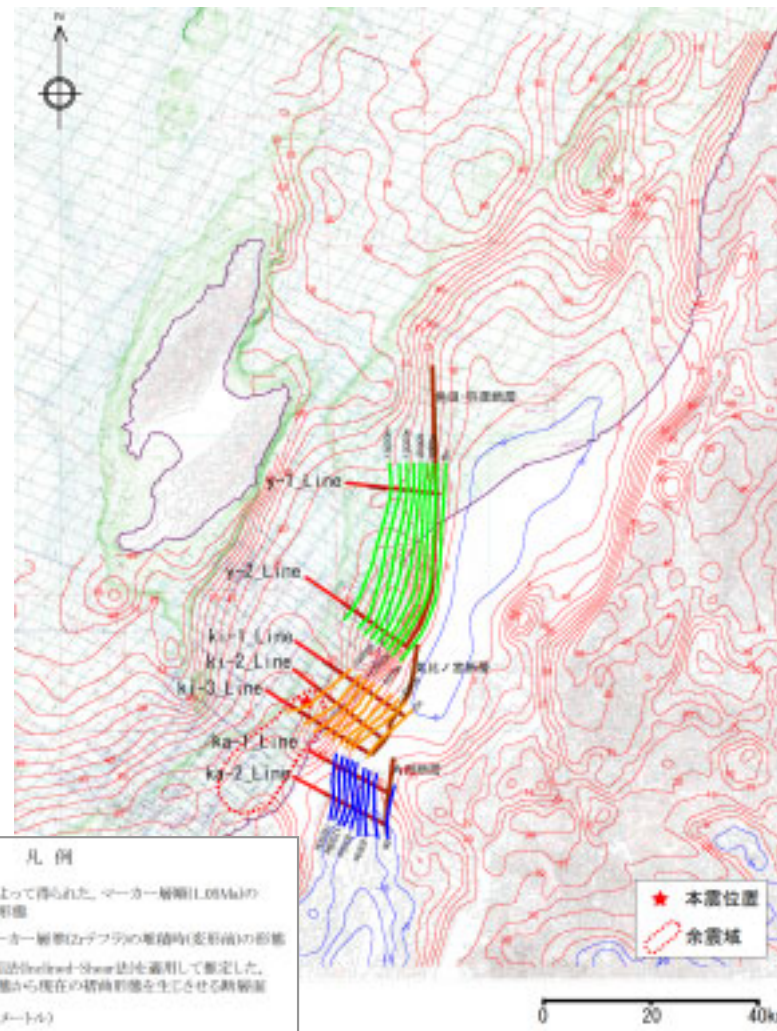
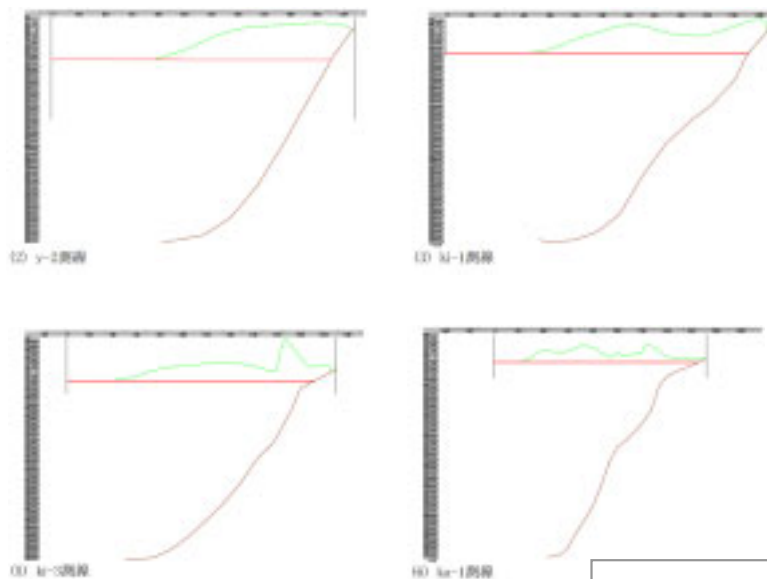
水平変動

- GPS測量結果（基準点数：33点）に基づく2004年新潟県中越地震を挟んだ6年間（1998年～2004年）及び2007年新潟県中越沖地震を挟んだ3年間（2004年～2007年）の水平変動パターンは、角田・弥彦断層、気比ノ宮断層及び片貝断層のそれぞれの境界付近で差異が認められることから、基盤ブロックの境界に対応している可能性がある



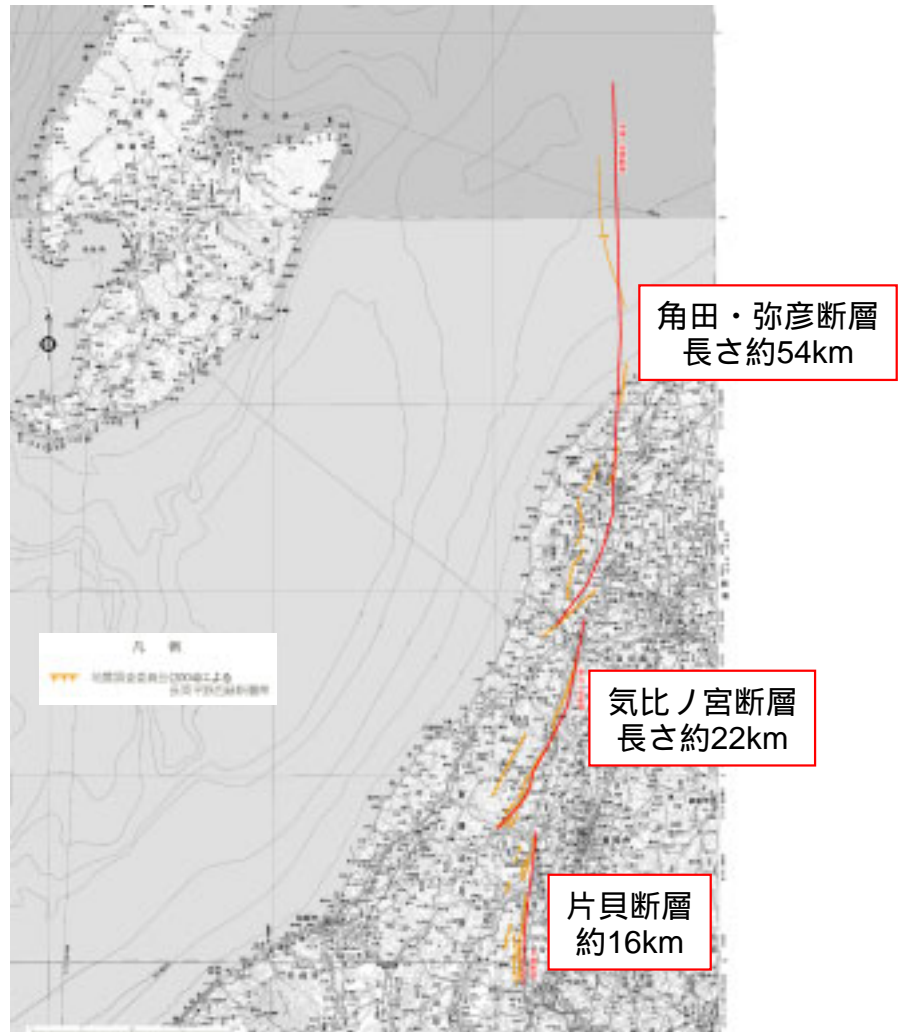
バランス断面法による地下深部構造

- 地表地質調査結果，反射法地震探査結果等に基づき，バランス断面法による地下深部の断層構造の推定を試みた
- 角田・弥彦断層，気比ノ宮断層及び片貝断層のいずれの断層面も地下深部においても連続しない結果が得られた



長岡平野西縁断層帯の評価

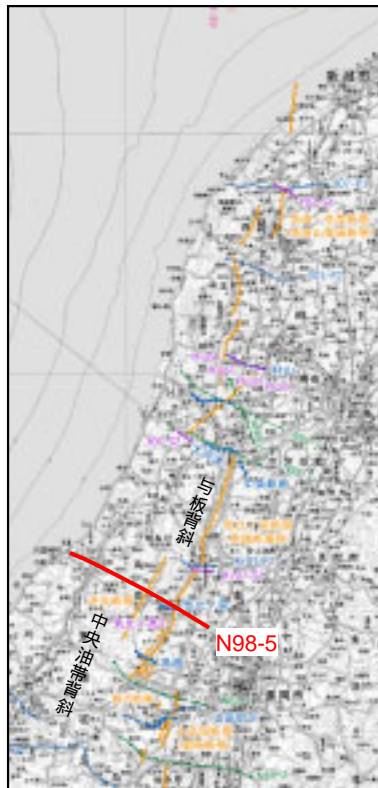
- 角田・弥彦断層，気比ノ宮断層及び片貝断層との関係について，反射法地震探査結果，測地データ，地球物理学的データ等に基づき検討した
- その結果，主活動時期，活動開始時期，平均的な変位速度，重力異常との対応性等がそれぞれ異なることが把握された
- このことから，角田・弥彦断層，気比ノ宮断層及び片貝断層は，それぞれ個別の断層として評価することを基本とする
- なお，これらの断層の同時活動についても不確かさの検討として，念のため，考慮することとし，その長さは約90kmとする



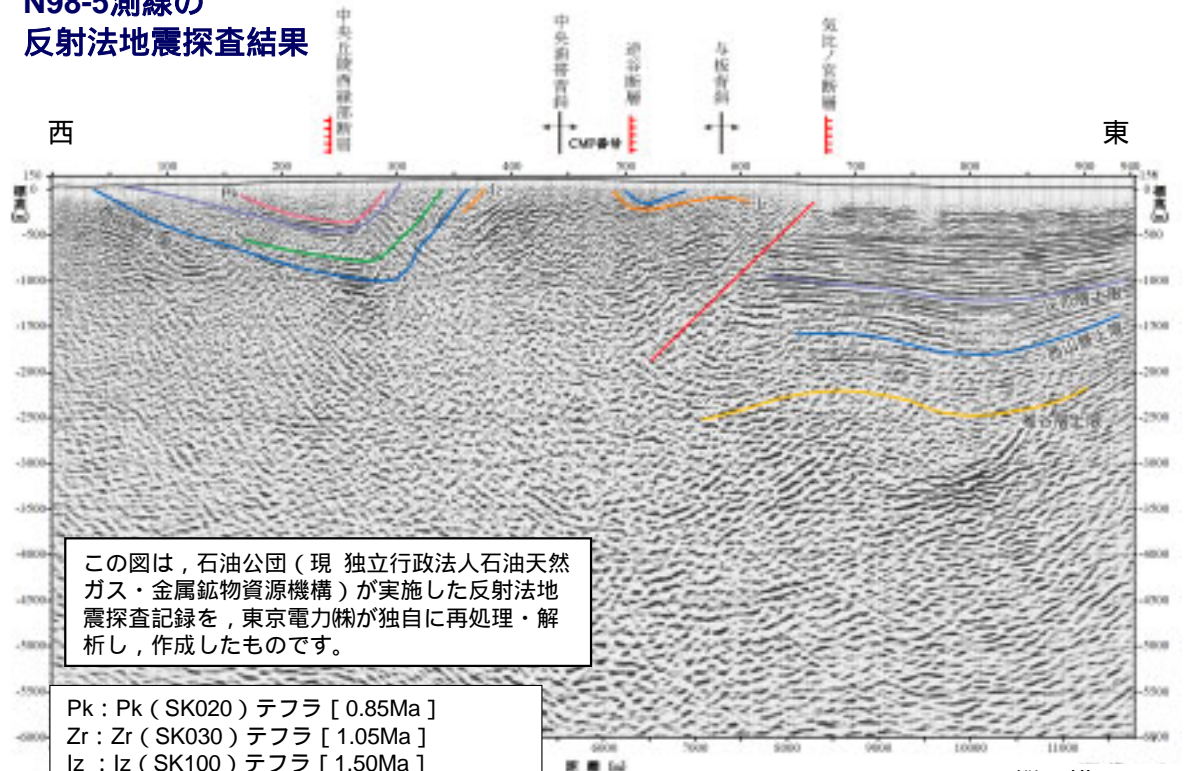
小木ノ城背斜（中央油帯背斜）南部の隆起域について

気比ノ宮断層に関連した褶曲群

- 気比ノ宮断層は、与板背斜東翼に分布する西上がりの逆断層であり、西山層上限面での鉛直変位量が1,500m程度に達する長岡平野西縁断層帯の主要な活断層の1つである
- 気比ノ宮断層の上盤側（西側）には、気比ノ宮断層に関連した褶曲構造が分布し、中央油帯背斜の西翼部には中央丘陵西縁部断層が、中央油帯背斜と与板背斜との間には逆谷断層が示されている



N98-5測線の
反射法地震探査結果

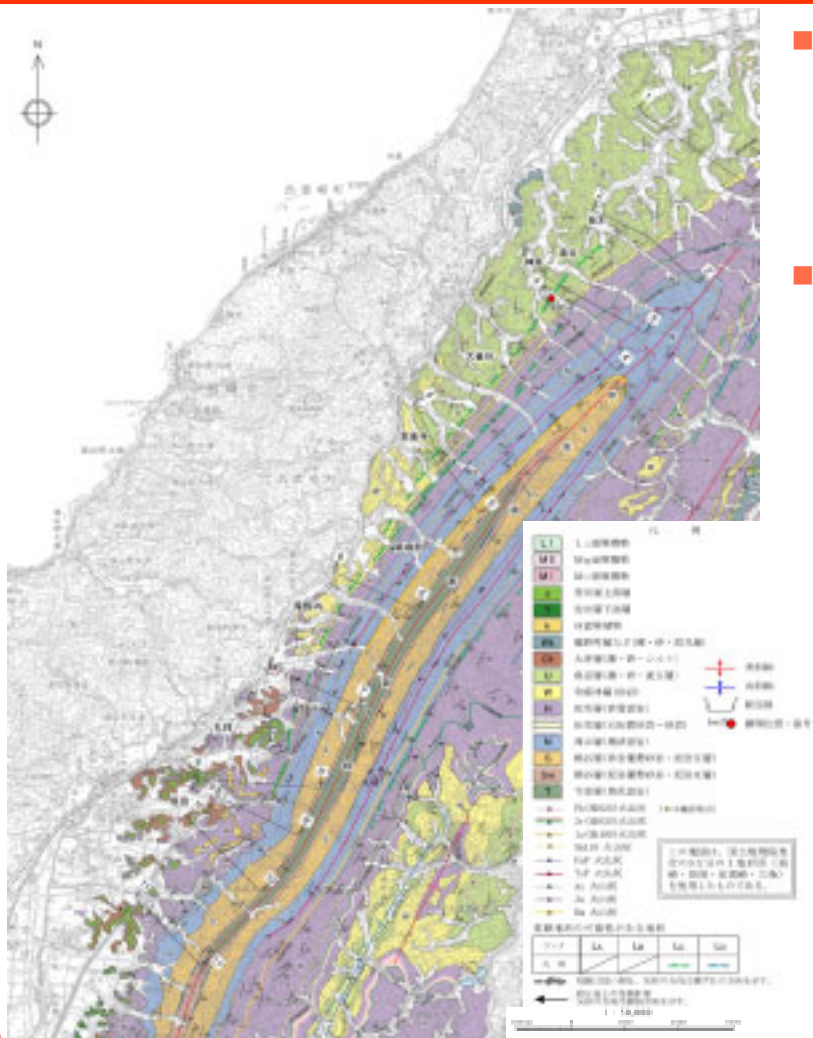


この図は、石油公団（現 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）が実施した反射法地震探査記録を、東京電力㈱が独自に再処理・解析し、作成したものです。

Pk : Pk (SK020) テフラ [0.85Ma]
 Zr : Zr (SK030) テフラ [1.05Ma]
 lz : lz (SK100) テフラ [1.50Ma]
 テフラの名称・年代は岸ほか (1996) による

(縦 : 横 = 1 : 1)

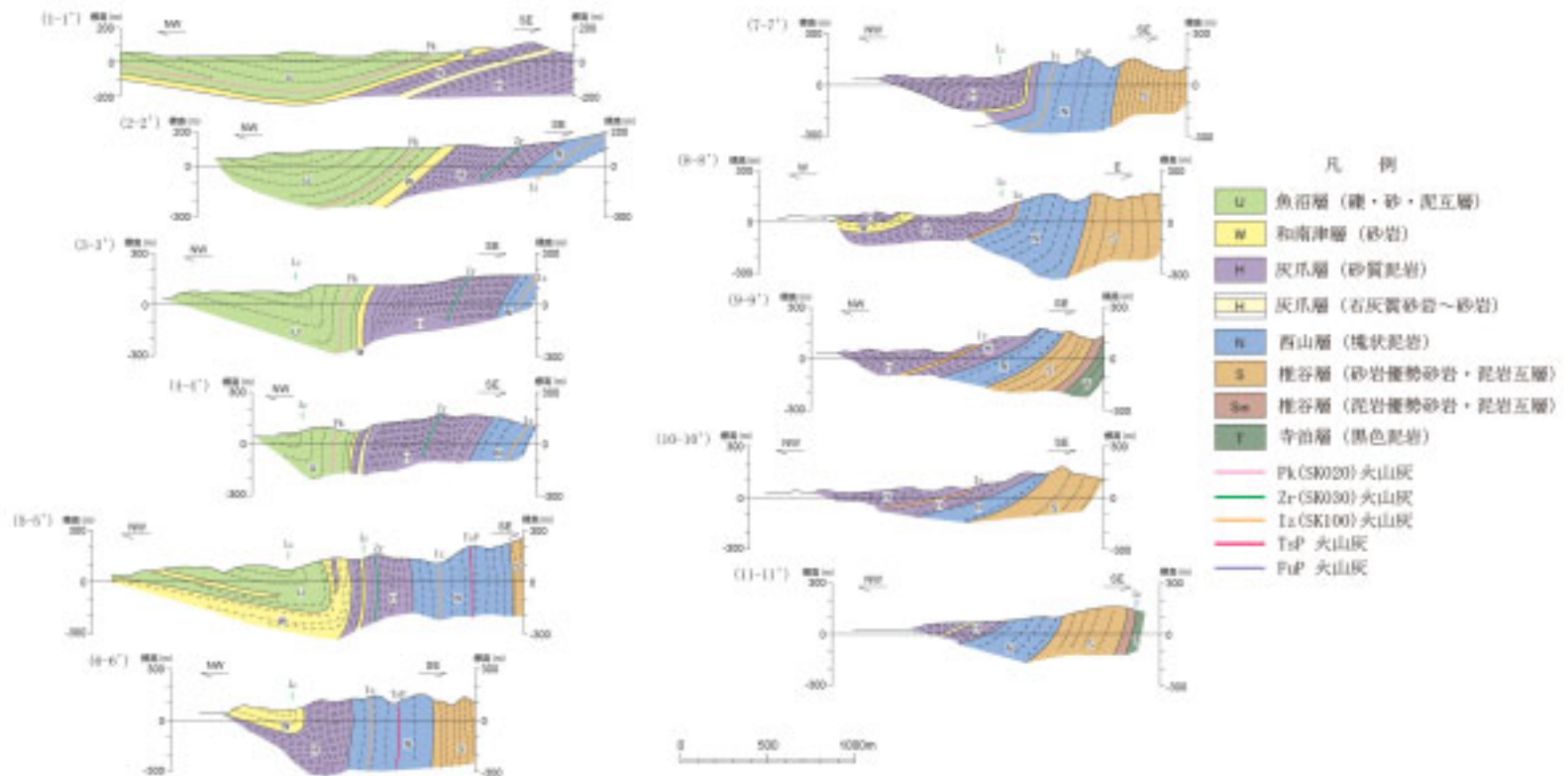
中央丘陵西縁部断層周辺の変動地形・地表地質調査結果



- 中央丘陵西縁部の出雲崎町柿木から西山町坂田に至る約12.5km間において、2条のNNE-SSW方向のLcランクの地形が判読され、丘陵内あるいは丘陵と段丘分布域の境界の西側が低い高度不連続を伴う崖、鞍部等の直線的な連続からなる
- 中央丘陵西縁部には、下位より椎谷層、西山層、灰爪層、魚沼層等が分布する

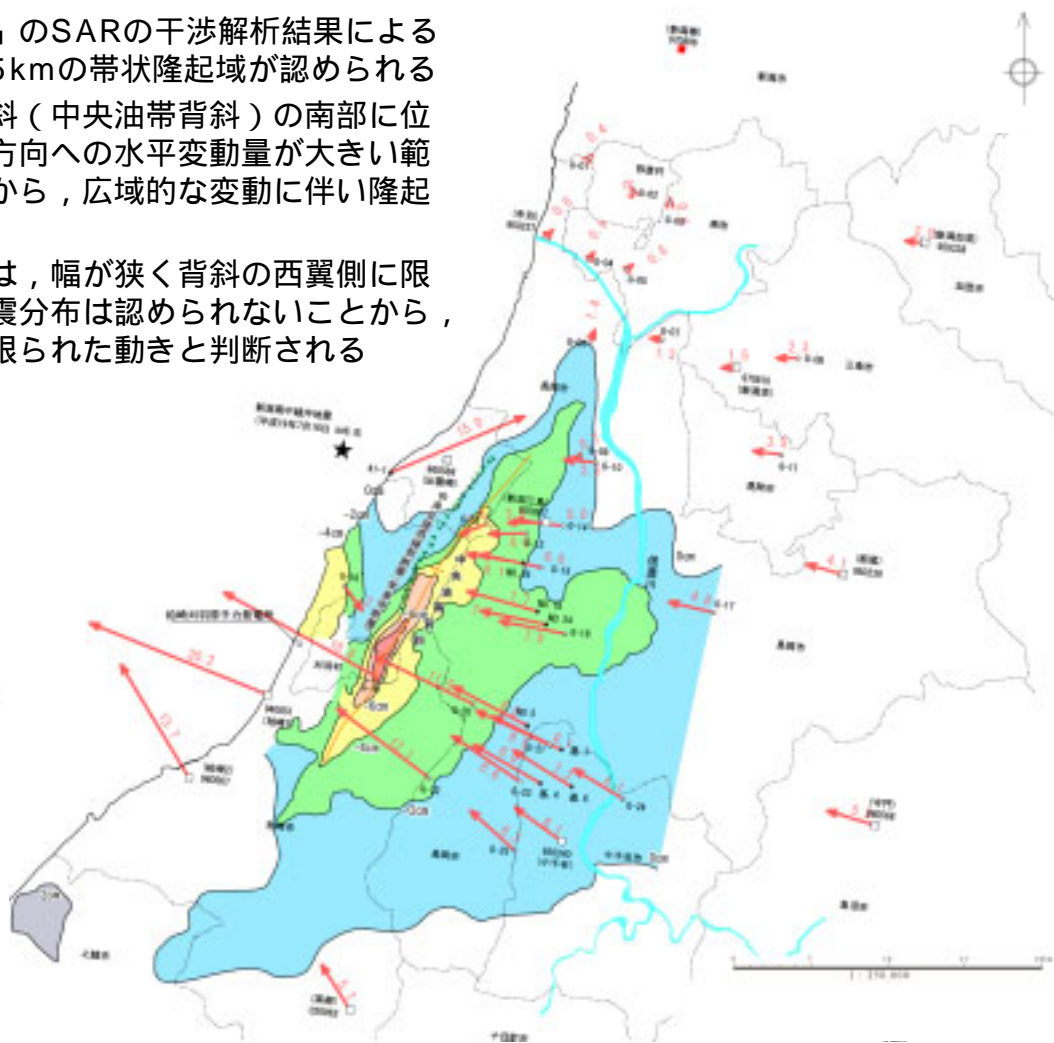
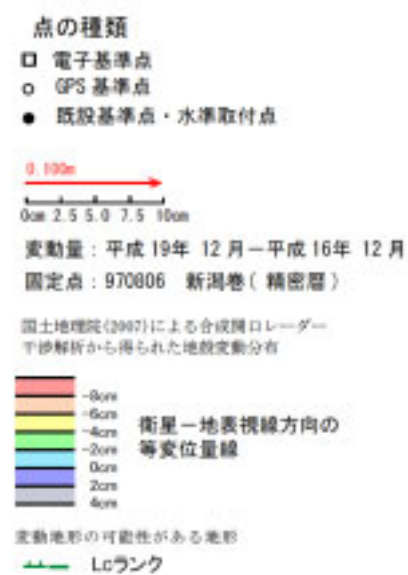
中央丘陵西縁部断層周辺の地表地質調査結果（地質断面図）

- 中央丘陵西縁部断層（常楽寺断層）が指摘される位置は向斜構造となっており，この向斜の東側に分布する気比ノ宮断層の活動に伴う断層関連褶曲と判断される
- 中央油帯背斜西翼部に判読されるLcランクの地形は，撓曲構造の層理面の屈曲部にほぼ対応している
- 柿木（2-2'）以北においては，緩やかな波状の褶曲構造となっており，撓曲構造は認められず，坂田（9-9'）以南においては，層理面屈曲部を伴わない西傾斜の同斜構造を示す



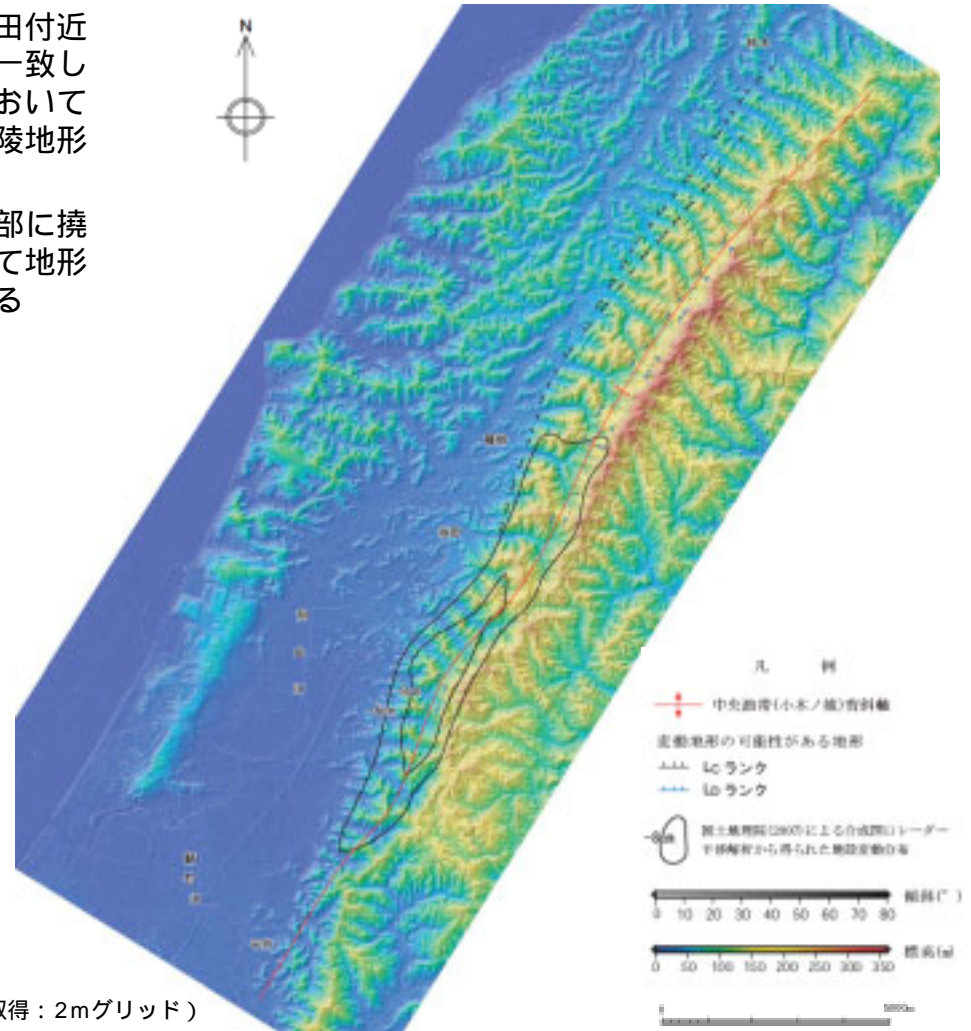
小木ノ城背斜（中央油帯背斜）南部の隆起域

- 陸域観測技術衛星「だいち」のSARの干渉解析結果によると、長さ約15km、幅約1.5kmの帯状隆起域が認められる
- この隆起域は、小木ノ城背斜（中央油帯背斜）の南部に位置しており、地震時の北西方向への水平変動量が大きい範囲にほぼ対応していることから、広域的な変動に伴い隆起したものと考えられる
- 比較的隆起量の大きい範囲は、幅が狭く背斜の西翼側に限られること、その付近に余震分布は認められないことから、地震を伴わない表層付近に限られた動きと判断される



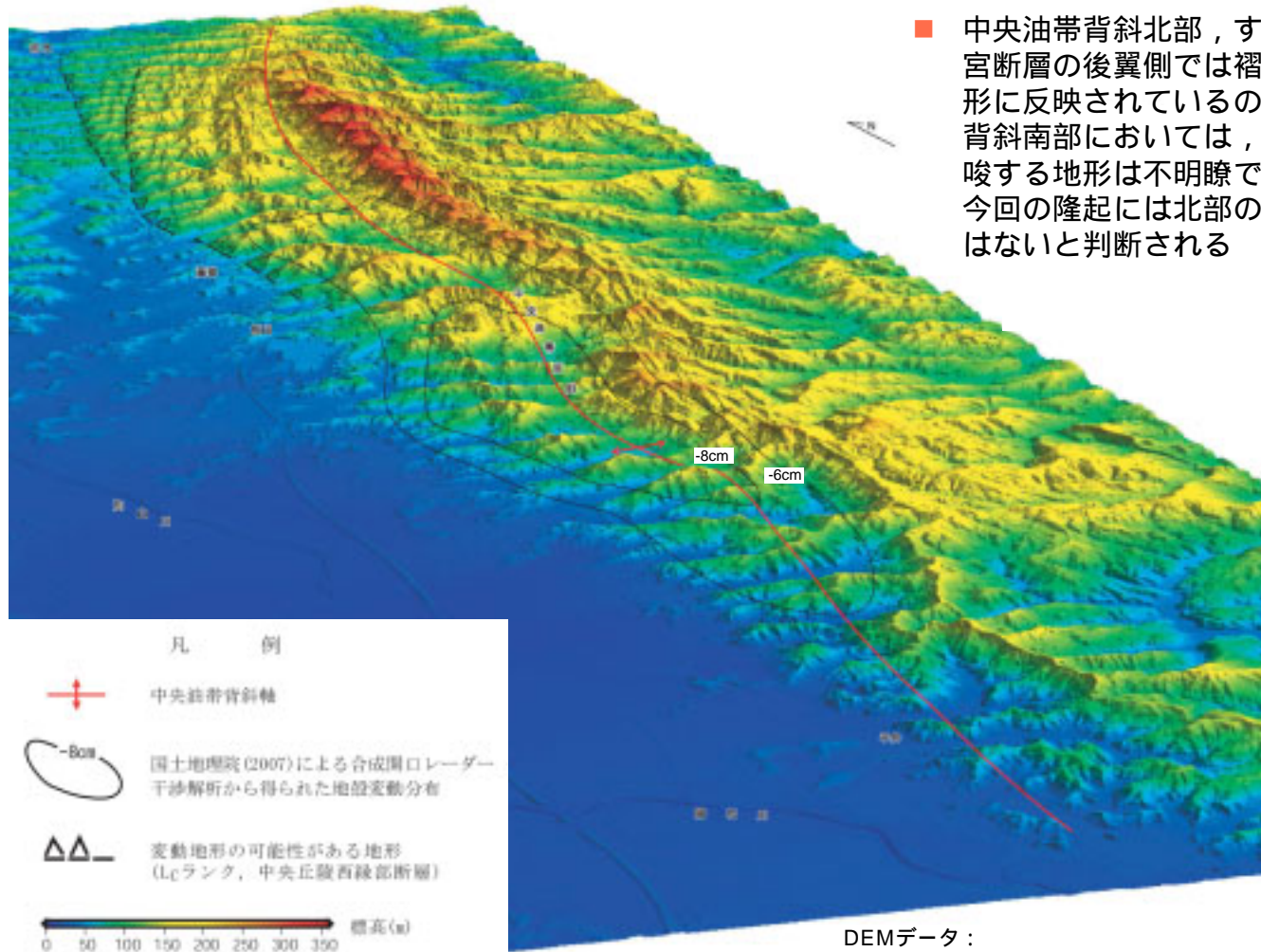
中央油帯背斜付近の地質構造と地形との関係

- 中央油帯背斜の背斜軸は，北部（坂田付近以北）において丘陵の分水嶺とほぼ一致しているが，南部（坂田付近以南）においては必ずしも一致せず，背斜構造と丘陵地形との対応は不明瞭となる
- 中央油帯背斜北部においては，西翼部に撓曲構造が認められ，同構造に対応して地形上，中央丘陵西縁部断層が推定される






DEMデータ：
(財)電力中央研究所（平成19年9月19日取得：2mグリッド）

中央油帯背斜における変動域と地形との対応



■ 中央油帯背斜北部，すなわち気比ノ宮断層の後翼側では褶曲の成長が地形に反映されているのに対して，同背斜南部においては，その成長を示唆する地形は不明瞭であることから，今回の隆起には北部のような累積性はないと判断される

凡 例

-  中央油帯背斜軸
-  国土地理院(2007)による合成開口レーダー干渉解析から得られた地殻変動分布
-  変動地形の可能性がある地形 (Lcランク，中央丘陵西縁部断層)

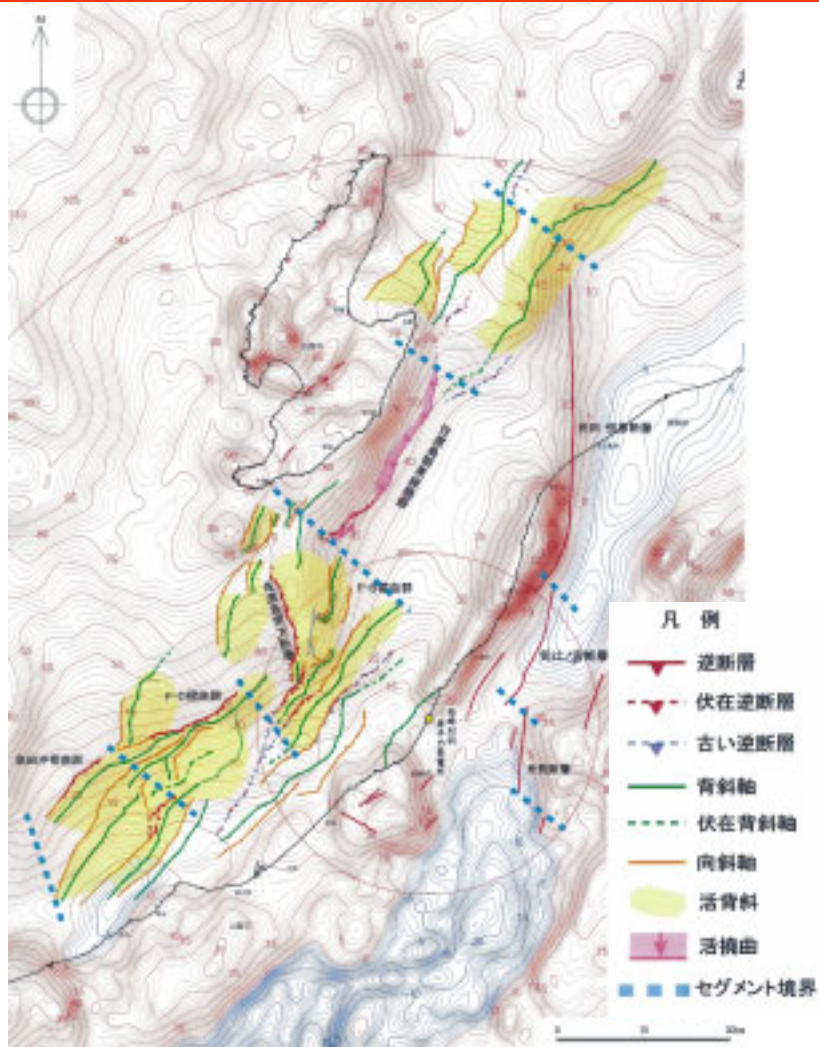
0 50 100 150 200 250 300 350 標高(m)

DEMデータ：
 (財)電力中央研究所(平成19年9月19日取得：2mグリッド)

敷地周辺陸域～海域のセグメント区分について

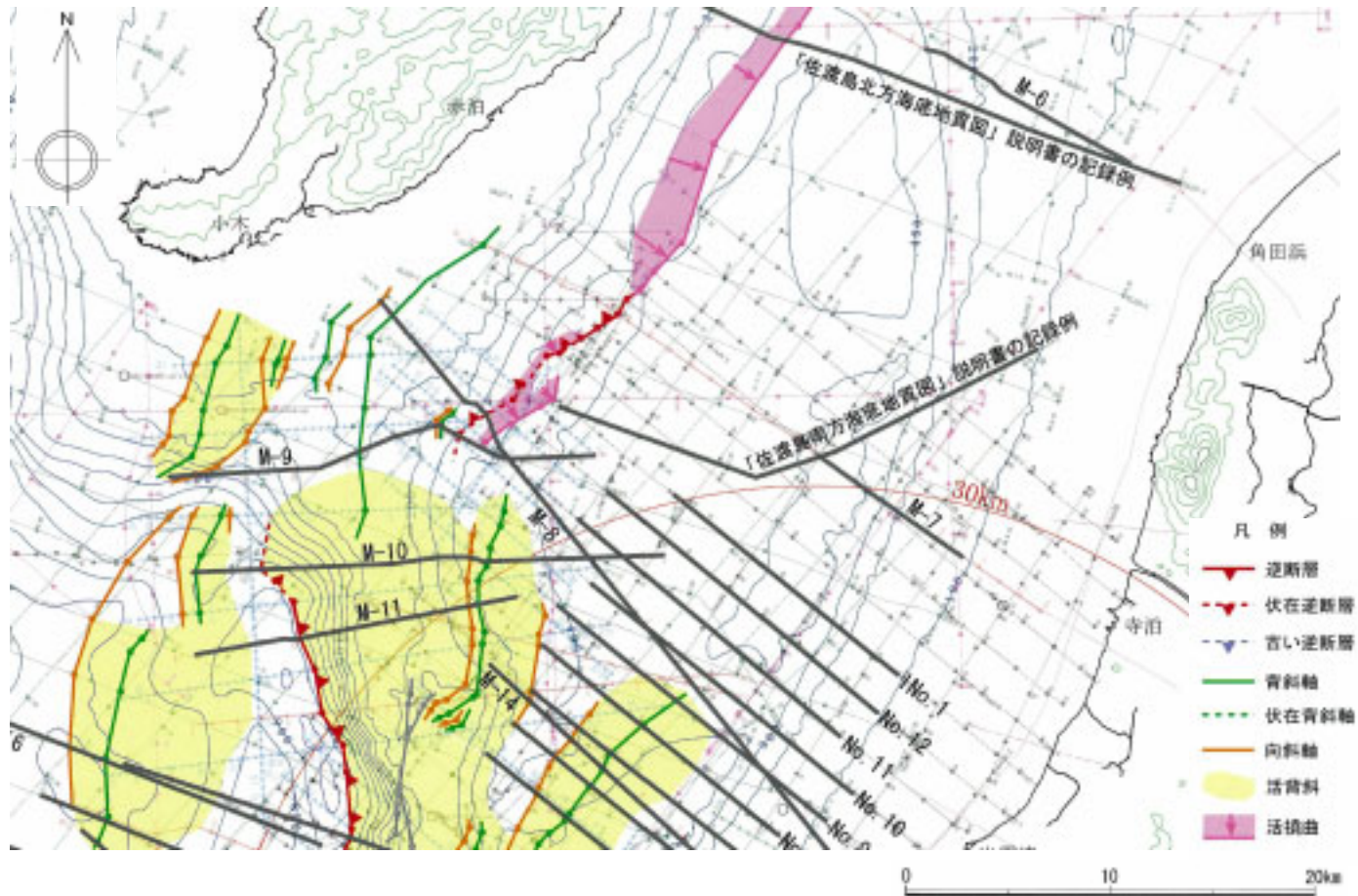
敷地周辺海域～陸域のセグメント境界

- 今回評価した主な活断層（活褶曲群）と重力異常図を比較し，陸域及び海域における活構造のセグメント区分について検討した
- 敷地周辺陸域及び海域における調査結果から考えられるセグメント幅は30km程度であり，その区分は概ね重力異常図とも整合的である

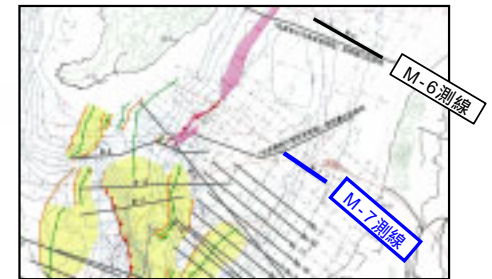
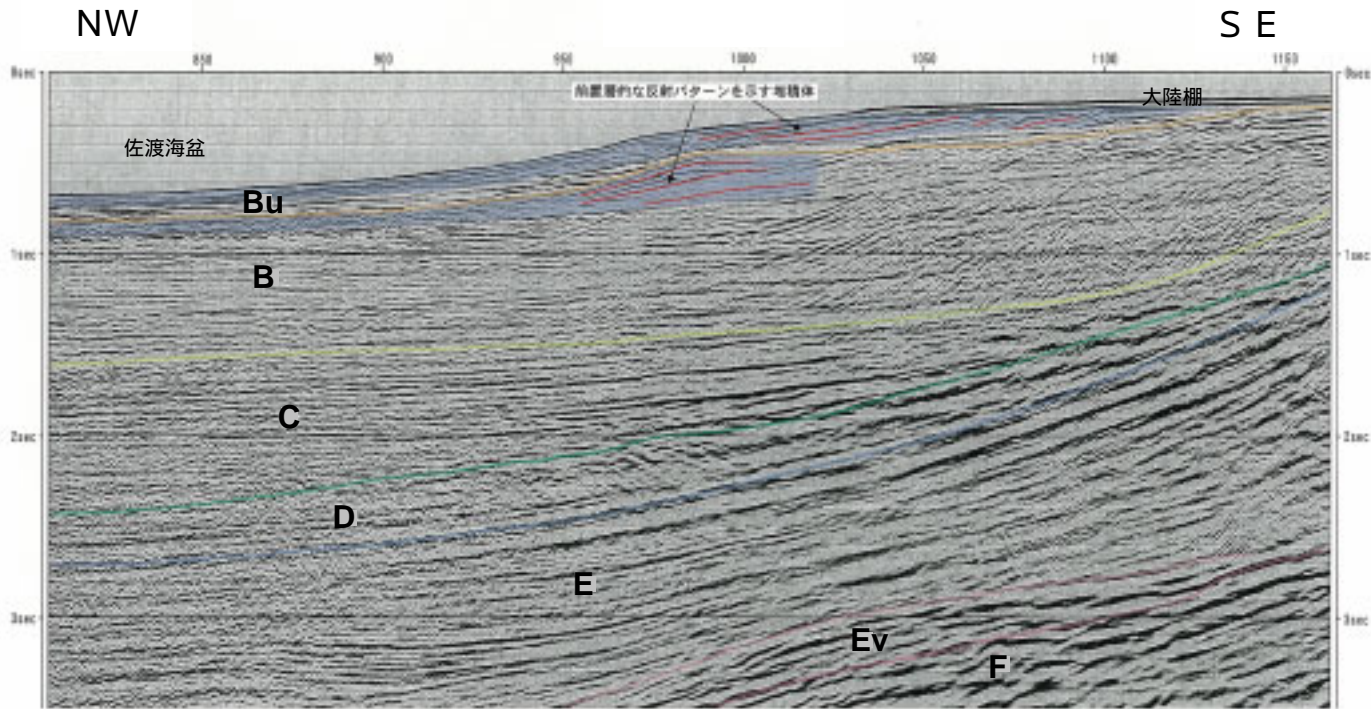


F - B 褶曲群北部の大陸棚斜面の形成について (第7回合同WG報告)

F - B 褶曲群北部の地質構造図



M-7測線（大陸棚斜面部拡大）



M-6測線（大陸棚斜面部拡大）

