

柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-地0116-1
提出年月日	平成29年11月29日

柏崎刈羽原子力発電所 6号炉及び7号炉

地質に関するコメント回答 (長岡平野西縁断層帯の評価について)

平成29年11月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 長岡平野西縁断層帯の評価

「日本活断層図」(1978)⁽¹⁾、「信越地域活構造図」(1979)⁽²⁾、「活構造図—新潟」(1984)⁽³⁾、「[新編]日本の活断層」(1991)⁽⁴⁾、「活断層詳細デジタルマップ」(2002)⁽⁵⁾、「第四紀逆断層アトラス」(2002)⁽⁶⁾、「都市圏活断層図「長岡」・「小千谷」・「十日町」」(2001)^{(7), (8), (9)}等の文献によると、信濃川左岸には北から角田山東縁断層(以下「角田・弥彦断層」という。), 鳥越断層群(以下「気比ノ宮断層」という。), 逆谷断層, 関原断層(以下「上富岡断層」という。), 親沢断層及び片貝断層が示されている(図1)。これらの断層は、地震調査委員会(2004)⁽¹⁰⁾により長岡平野西縁断層帯を構成するとされている。また、産業技術総合研究所(2015)⁽¹¹⁾においても、長岡平野西縁断層帯は、弥彦、鳥越及び片貝の3つの活動セグメントからなるとされている(図2)。

1. 1 角田・弥彦断層(図3)

角田山東麓の巻町稲島付近から弥彦山東麓を経て分水町国上付近に至る約14km間において、主にN-S方向ないしNNE-S SW方向の L_C 及び L_D リニアメント、一部 L_B リニアメントが断続的に判読される。

巻町竹野町西に比較的広く分布する M_I 面は、全体的な地形の傾斜方向とは逆の西方に傾斜しており、傾動している。

地表地質調査結果によると、矢作丘陵に認められる背斜西翼において、 M_I 面堆積物基底面に鉛直約5mの変位を与える逆断層が認められる。

反射法地震探査結果によると、角田・弥彦断層は下部更新統に2,000m~3,000mの西あがりの変位を与える西傾斜の逆断層である。

以上のことから、角田・弥彦断層は、後期更新世以降に活動したと評価した。

1. 2 気比ノ宮断層(図4)

中央丘陵東縁の長岡市与板町榎原から同市宮本町三丁目に至る約8km間において、NNE-S SW方向に並走する数条のリニアメントが判読される。気比ノ宮断層では、断層の上盤側における段丘面の変形が顕著であり、地形的に明瞭である。

地表地質調査結果によると、気比ノ宮断層の断層上盤側では魚沼層上部層が60°程度まで上下が逆転する過褶曲変形を示しており、魚沼層堆積以降の活発な活動が認められる。

反射法地震探査結果によると、気比ノ宮断層は灰爪層基底以上の地層に、それぞれ累積的な変位を与え、逆断層変位が地表近くの完新統まで達しており、下部更新統に1,000m~2,000mのいずれも西あがりの変位を与える西傾斜の逆断層である。

以上のことから、気比ノ宮断層の活動は完新世に及んでいると評価した。

1. 3 片貝断層（上富岡断層，親沢断層，片貝断層）（図5）

上富岡断層，親沢断層，片貝断層が指摘される宝地町から小千谷市桜町にいたる約16km間においてN-S方向に並走する数条のリニアメントが判読される。これらの断層では，断層の上盤側における段丘面の変形が顕著であり，地形的に明瞭である。

来迎寺から小千谷市時水に至る約10km間においては，片貝・真人背斜東翼部に分布する魚沼層は東西幅100m～300mにわたって東急傾斜を示し，撓曲構造を形成している。段丘堆積物は魚沼層の構造と調和的に15°から最大40°まで東方に向かって傾斜を増しており，この傾斜は長ドーム状を呈する段丘面東縁の撓み状の崖あるいは傾斜面に対応している。

反射法地震探査結果によると，片貝断層中央部に位置するKa07-P1測線においては，地表部の撓曲構造と調和的にPk凝灰岩（以下「Pkテフラ」という。）（約0.85Ma）以下の地層がほぼ平行な撓曲構造を示すことから，同断層の活動開始時期は約0.85Ma以降と判断される。

以上のことから，片貝断層は，後期更新世以降に活動したと評価した。

上記の検討から，3断層は後期更新世以降の活発な活動が確認できることに加え，地震調査委員会(2004)及び産業技術総合研究所(2015)による評価も踏まえて，長岡平野西縁断層帯については，これを構成する3断層の同時活動について考慮するものとし，その長さを約91kmと評価した。

なお，地震動の影響は敷地に近いほど大きくなるため，より敷地に近い長岡平野西縁断層帯南部における地震規模と敷地への影響について以下に検討した。

2. 長岡平野西縁断層帯南部の地形，地質・地質構造

2. 1 文献調査

岸・宮脇(1996)⁽¹²⁾は，前述の断層が分布する東頸城丘陵北部における鮮新世から中期更新世の示標テフラを時間軸として形成史について検討を行い，同地域における褶曲は，特定の時期に一斉に形成されたものではなく，全域的には穏やかな褶曲の中で，激しい変形（褶曲の最盛期）が場所を変えながら断続的に発生し，その結果として全域が強い変形域に達したものであるとしている。また，この意味において，現在，信濃川左岸において進行している活褶曲は，過去において別の場所で進行した現象の繰り返しとみなすことができ，これらの褶曲域は互いに重複することなく，褶曲運動は，鮮新世以降では，その最盛期を西から東へ移動させながら進行しているようにみえるとしており（図6），現在は信濃川左岸すなわち気比ノ宮断層及び片貝断層の分布域において活発な活動が行われていると判断される。

2. 2 地形

気比ノ宮断層に対応するリニアメントと上富岡断層，親沢断層及び片貝断層に対応するリニアメントの走向はやや異なっているものの，それぞれのリニアメントは1~2km程度の離隔で平行もしくは雁行して分布する（図7）。

気比ノ宮断層の南方走向延長方向には，中位面及び低位面が分布するがリニアメントは判読されない。

宮本町三丁目の東方では，幅4km程度の区間において主に中位面にリニアメントが判読される。このリニアメントは，主に段丘面の変形からなり，その東縁は片貝断層（上富岡断層）に対応しており，同断層の平均変位速度は気比ノ宮断層と同程度となっている（図8；測線Ki7~Se4間）。

このことから宮本町三丁目以南においては，後期更新世以降の活動は東方の片貝断層（上富岡断層）にステップしているものとみなせる。

2. 3 地質構造

気比ノ宮断層を横断する石油公団によるN98-5測線においては，西傾斜の逆断層が認められる。断層面の傾斜は，低下側の反射面の不連続から45°程度西傾斜と推定される。西山層上限面での鉛直変位量は1,500m~2,000m程度であり，鮮新世~前期更新世における活発な活動が確認される（図9，10）。

また，片貝断層中央部に位置するKa07-P1測線においては，地表部の撓曲構造と調和的にIzテフラ層準以上の地層に鉛直変位量が数百m程度の西上がりの撓曲構造が認められ，前期更新世以降の活発な活動が確認される（図9，11）。

一方で，気比ノ宮断層の南方延長位置にあたる洪海川向斜から鯖石川向斜の間においては，地表地質調査結果からも反射法地震探査結果からもIzの分布標高はほぼ同程度であり，前期更新世以降の活発な活動は認められず，気比ノ宮断層の活動はその南方延長には及んでいないと判断される（図12）。

2. 4 長岡平野西縁断層帯南部において想定する地震規模

長岡平野西縁断層帯南部の活動に関する評価は，以下の通り。

- ① 気比ノ宮及び片貝断層に対応するリニアメントは走向が若干異なるものの，いずれも5km以下の離隔で近接して平行または雁行してランクの高いリニアメントがほぼ連続的に判読される。
- ② 気比ノ宮及び片貝断層境界付近には，類似した変動地形が認められ，平均変位速度も同程度である。
- ③ 気比ノ宮断層南方延長に分布する中位面及び低位面にリニアメントが判読されない。

- ④ 気比ノ宮断層が鮮新世～前期更新世にかけて非常に活発な活動をしている一方、その南方延長ではその活動が認められない。
- ⑤ 片貝断層が前期更新世以降、気比ノ宮断層と同様に活発な活動をしている。

以上のことから、長岡平野西縁断層帯南部の活動は、気比ノ宮断層からその南方延長ではなく、片貝断層へステップしていると考えられ、両断層の同時活動を考慮するのが当該地域の最大地震規模と判断される。

なお、上記評価は、地震調査委員会（2004）および産業技術総合研究所（2015）による長岡平野西縁断層帯の評価と整合的である。

3. 基準地震動への影響評価

気比ノ宮断層～片貝断層の連動を対象に、陸域の地震の検討用地震の選定に与える影響を検討した。

気比ノ宮断層～片貝断層の連動は、現状の検討用地震である長岡平野西縁断層帯による地震より敷地に与える影響が小さいため、検討用地震として選定されないことを確認した（資料-2）。

したがって、気比ノ宮断層～片貝断層の連動は、基準地震動の策定に対して影響しない。

以上

4. 参考文献

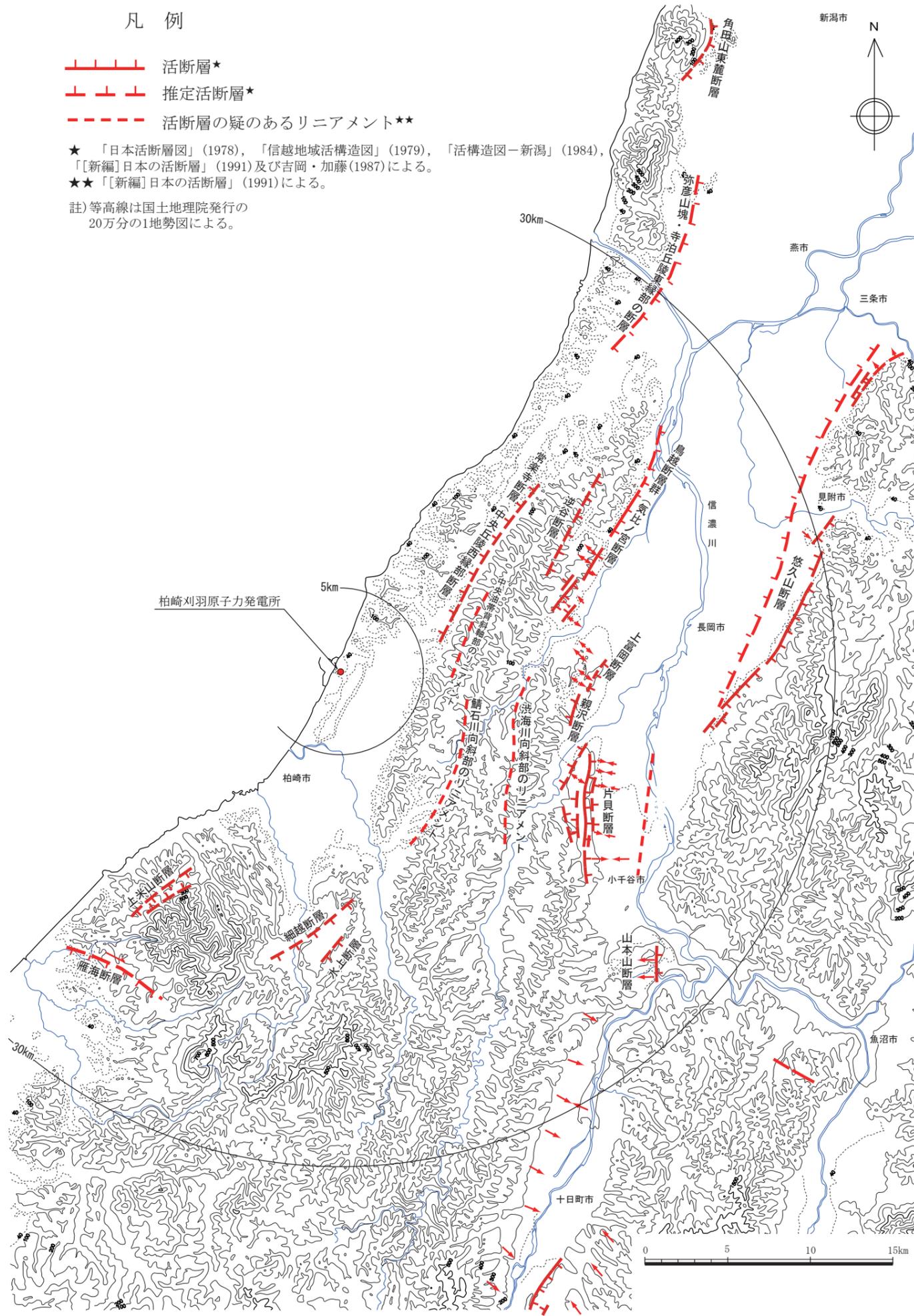
- (1) 垣見 俊弘・衣笠 善博・加藤 碩一 (1978) : 日本活断層図 (1/200 万). 地質調査所.
- (2) 加藤 碩一・山崎 晴雄 (1979) : 信越地域活構造図 (1/20 万). 地質調査所.
- (3) 加藤 碩一・栗田 泰夫・下川 浩一 (1984) : 活構造図-新潟 (1/50 万). 地質調査所.
- (4) 活断層研究会編 (1991) : [新編] 日本の活断層. 東京大学出版会.
- (5) 中田 高・今泉 俊文編 (2002) : 活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会.
- (6) 池田 安隆・今泉 俊文・東郷 正美・平川 一臣・宮内 崇裕・佐藤 比呂志 (2002) : 第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会.
- (7) 堤 浩之・東郷 正美・渡辺 満久・金 幸隆・佐藤 尚登 (2001) : 1/25,000 都市圏活断層図「長岡」. 国土地理院技術資料, D・1-No. 388.
- (8) 渡辺 満久・堤 浩之・鈴木 康弘・金 幸隆・佐藤 尚登 (2001) : 1/25,000 都市圏活断層図「小千谷」. 国土地理院技術資料, D・1-No. 450.
- (9) 鈴木 康弘・東郷 正美・渡辺 満久・金 幸隆・佐藤 尚登 (2001) : 1/25,000 都市圏活断層図「十日町」. 国土地理院技術資料, D・1-No. 388.
- (10) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) : 長岡平野西縁断層帯の長期評価について. 地震調査委員会 (平成 16 年 10 月 13 日).
- (11) 産業技術総合研究所 (2015) : 活断層データベース 2015 年 8 月 11 日版. 産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報データベース, 産業技術総合研究所.
https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html
- (12) 岸 清・宮脇 理一郎 (1996) : 新潟県柏崎平野周辺における鮮新世～更新世の褶曲形成史. 地学雑誌, vol.105, pp.88-112.

凡例

-  活断層★
-  推定活断層★
-  活断層の疑のあるリニアメント★★

★ 「日本活断層図」(1978), 「信越地域活構造図」(1979), 「活構造図—新潟」(1984), 「[新編]日本の活断層」(1991)及び吉岡・加藤(1987)による。
 ★★ 「[新編]日本の活断層」(1991)による。

註)等高線は国土地理院発行の20万分の1地勢図による。



凡例

「活断層詳細デジタルマップ」(2002)

- | | | | |
|------------|--|---|--|
| 断層位置・形質の表現 |  確実
 不確か
 不明
 推定活断層 |  横ずれ
 活拗曲
 促進・人工改変
 伏在
 積動 |  (赤)
 (黄緑)
 (紫)
 (黄緑) |
|------------|--|---|--|

「第四紀逆断層アトラス」(2002)

-  活断層 (破線は推定断層)
- 「都市圏活断層図」〔「長岡」「小千谷」「十日町」(2001)〕
-  活断層
-  推定活断層

註)等高線は国土地理院発行の20万分の1地勢図による。

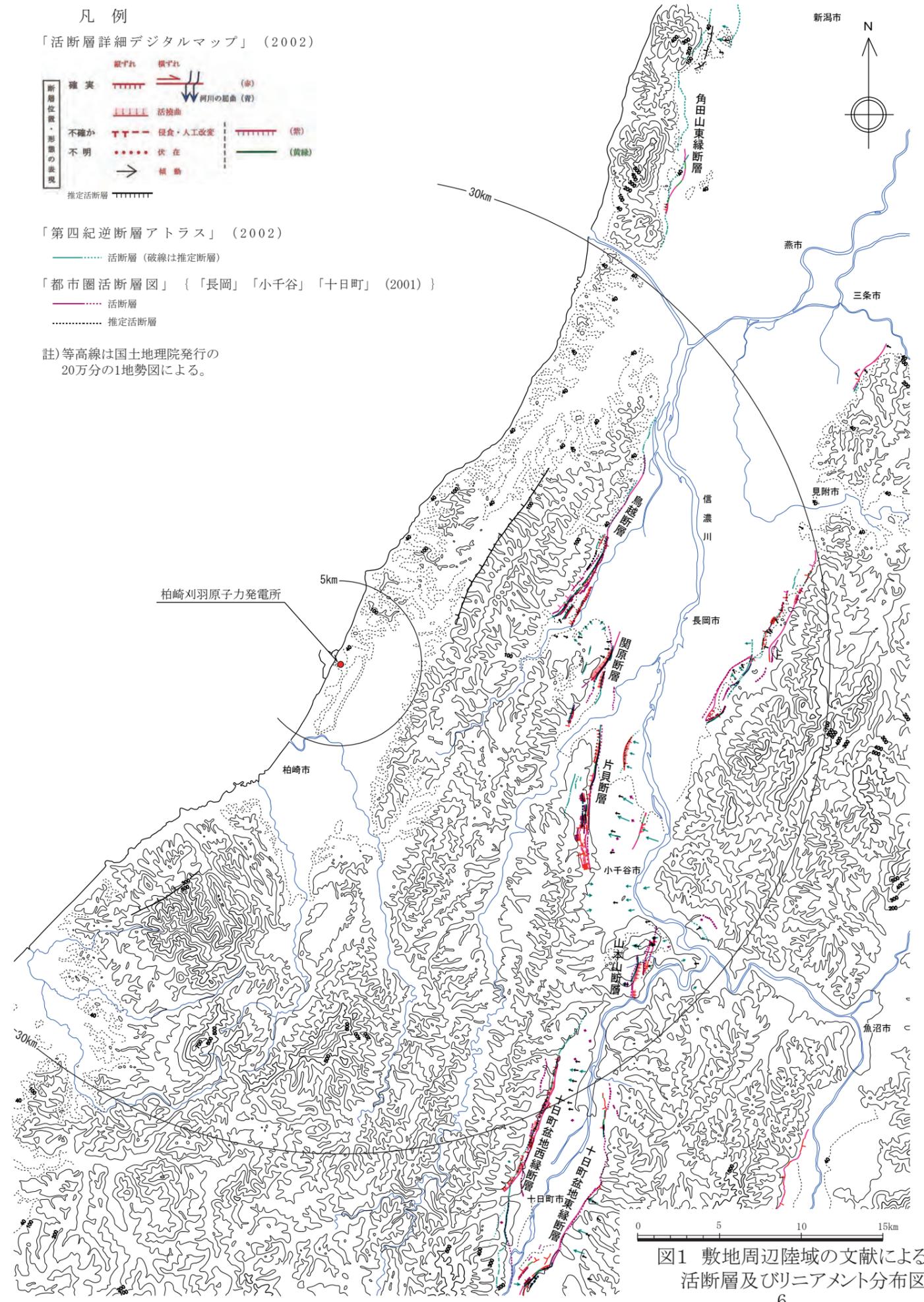


図1 敷地周辺陸域の文献による活断層及びリニアメント分布図



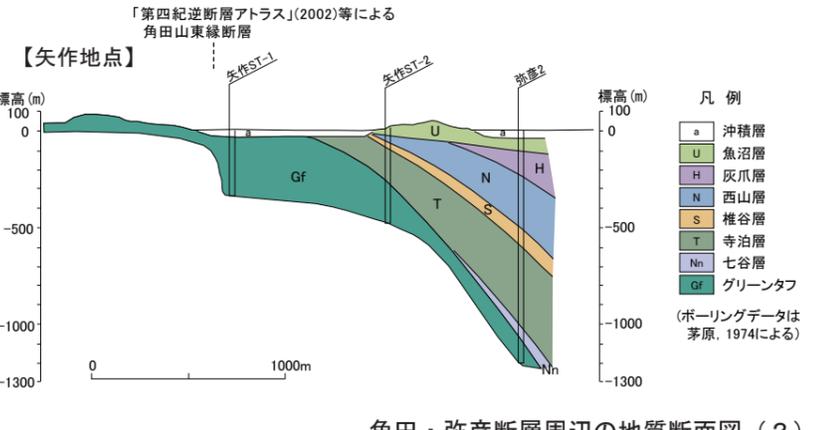
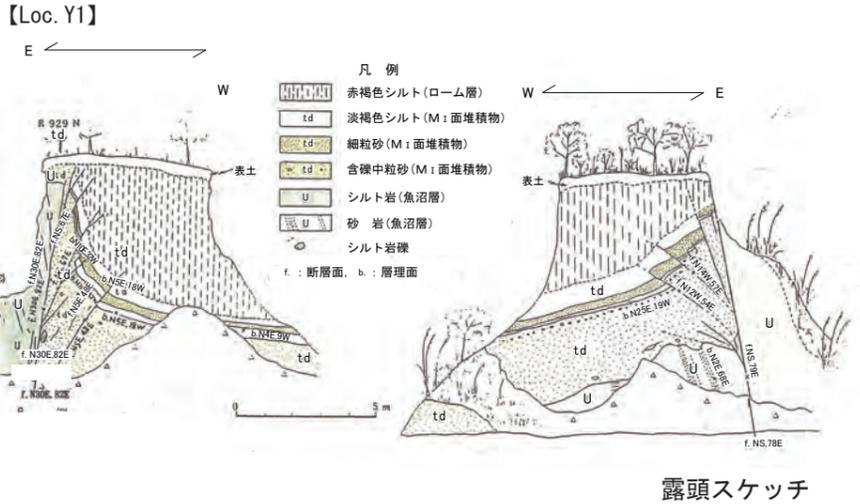
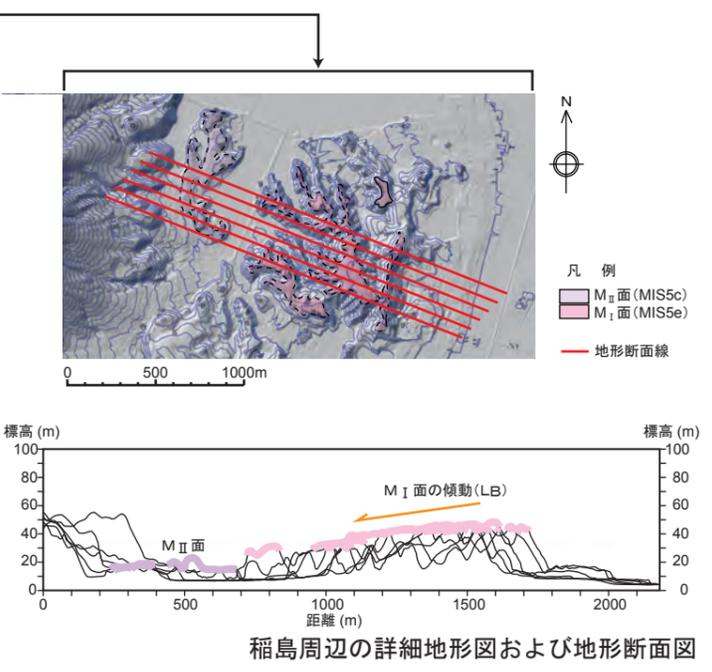
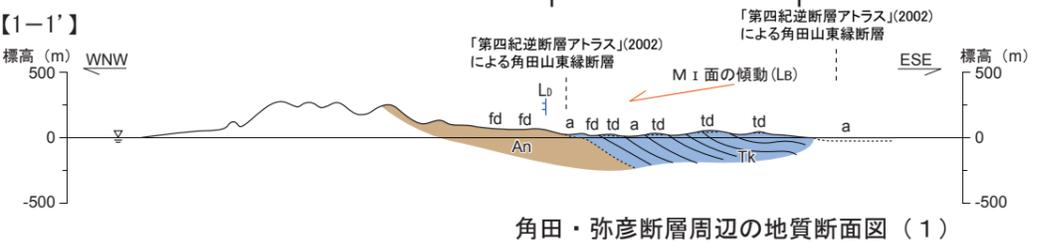
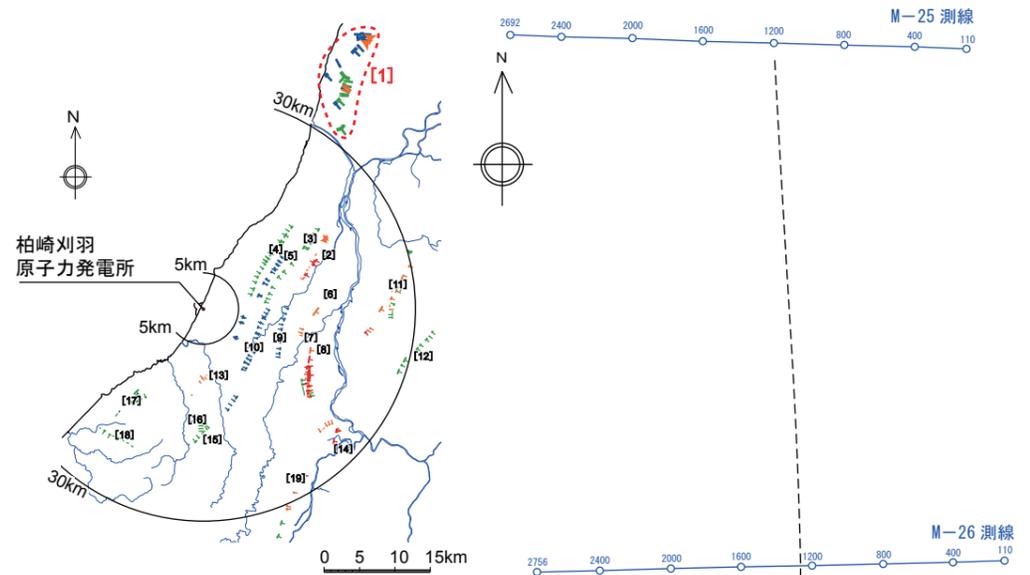
1：鳥越地点 2：宮本町地点
 A-J：反射法弾性波探査測線
 A-C：文献5 D, E：文献6 F-J：文献7
 ●：断層帯の北端と南端
 断層の位置は文献1, 3及び4に基づく。
 ただし、文献6, 7により断層の延長が確かめられるa, b, cの部分
 を、反射法弾性波探査で明らかになった断層の位置を結ぶようにして追加した。
 基図は国土地理院発行数値地図200000「相川」「長岡」「高田」を使用。

地震調査委員会（2004）による長岡平野西縁断層帯

活断層データベースによる長岡平野西縁断層帯の評価

活動セグメント名	一般走向	一般傾斜	長さ(km)	断層型	変位の向き(隆起側)	平均変位速度(m/千年)	単位変位量(m)	平均活動間隔(千年)	最新活動時期(西暦)野外調査結果
弥彦	N20°E	45°W	48	逆	W	5.9	5.6	1.0	
鳥越	N30°E	45°W	20	逆	W	3.1	4.3	1.4	1234~1868年
片貝	N10°E	45°W	15	逆	W	1.2	1.7	1.4	

図2 他機関による長岡平野西縁断層帯の評価

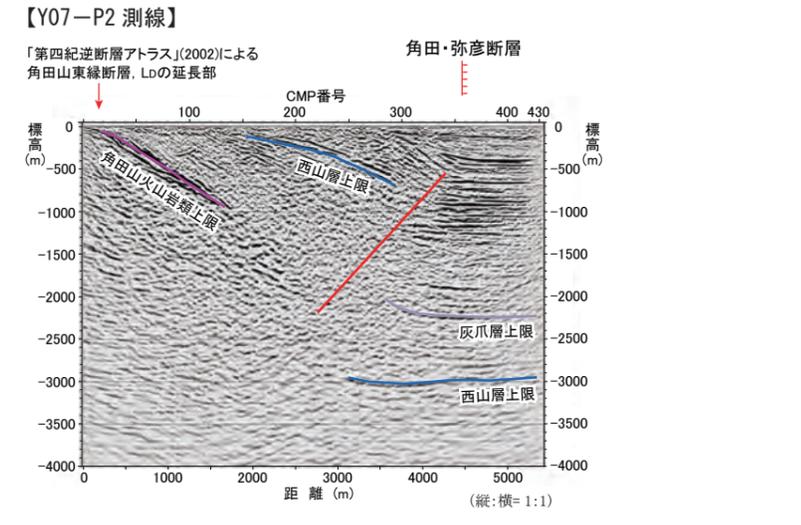
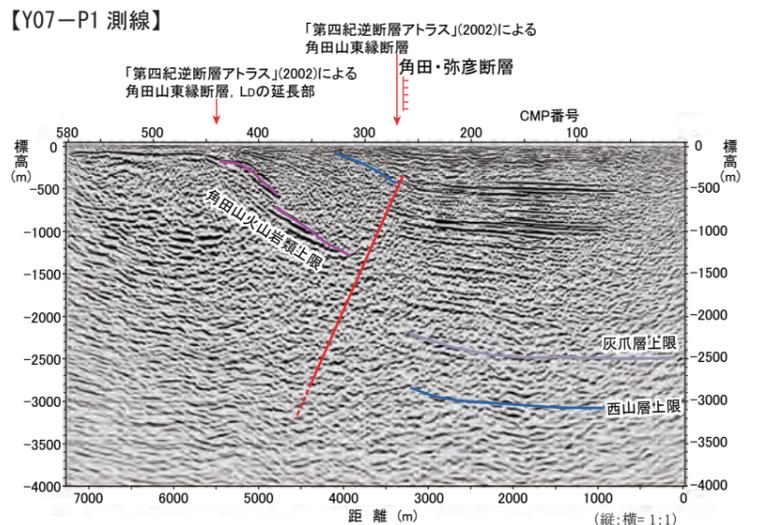


凡例

地質時代	地質系	記号	層相および岩相
完新世	沖積層	a	砂、礫、シルト
	段丘堆積物及び堆積物	fd	砂、角礫、シルト
	砂丘砂層(新潟砂丘)	ds	砂
第四紀	段丘堆積物(不整合)	td	砂、円礫
	魚沼層	U	砂、礫、シルト
更新世	灰爪層	H	砂質シルト岩、砂岩
	西山層	N	泥岩～泥岩優勢互層
	椎谷層	S	砂岩～砂岩優勢互層
第三紀	寺泊層	T	流紋岩質岩類
	弥彦層	Yh	黒色頁岩
	寺泊層	Bs	玄武岩質岩類
第三紀	寺泊層	Yh	硬質頁岩
	群	Ry	硬質頁岩

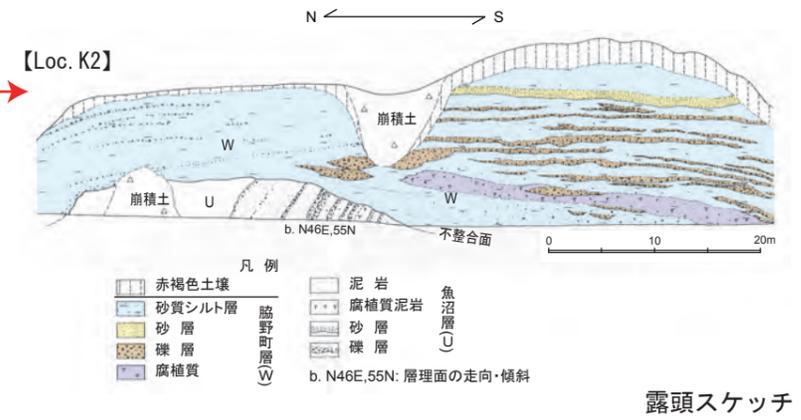
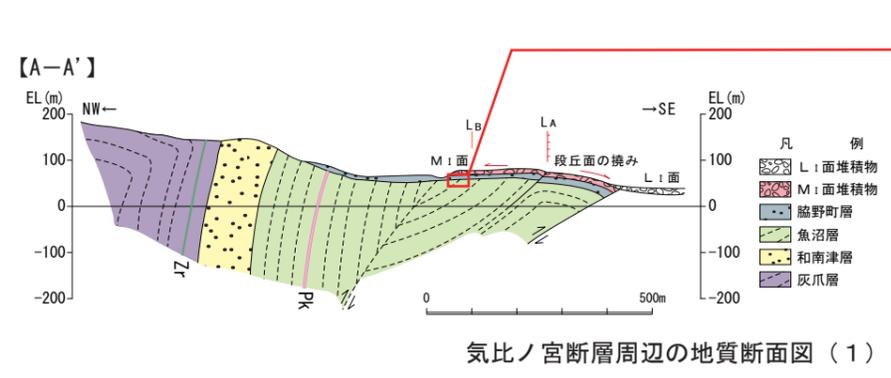
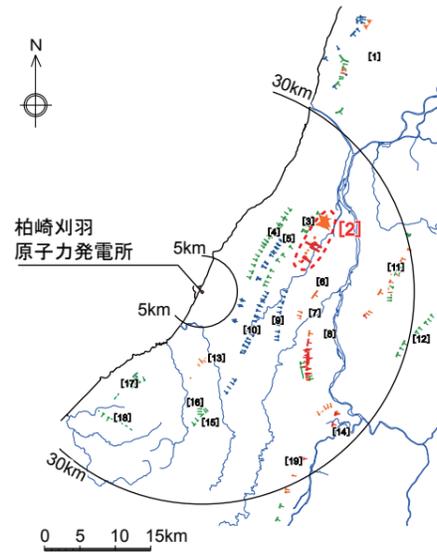
短線は低い側を、矢印の方向は横ずれの方向を示す。
 段丘面上の急傾斜部 矢印の方向は傾斜方向を示す。

角田・弥彦断層周辺の地質図および調査位置図



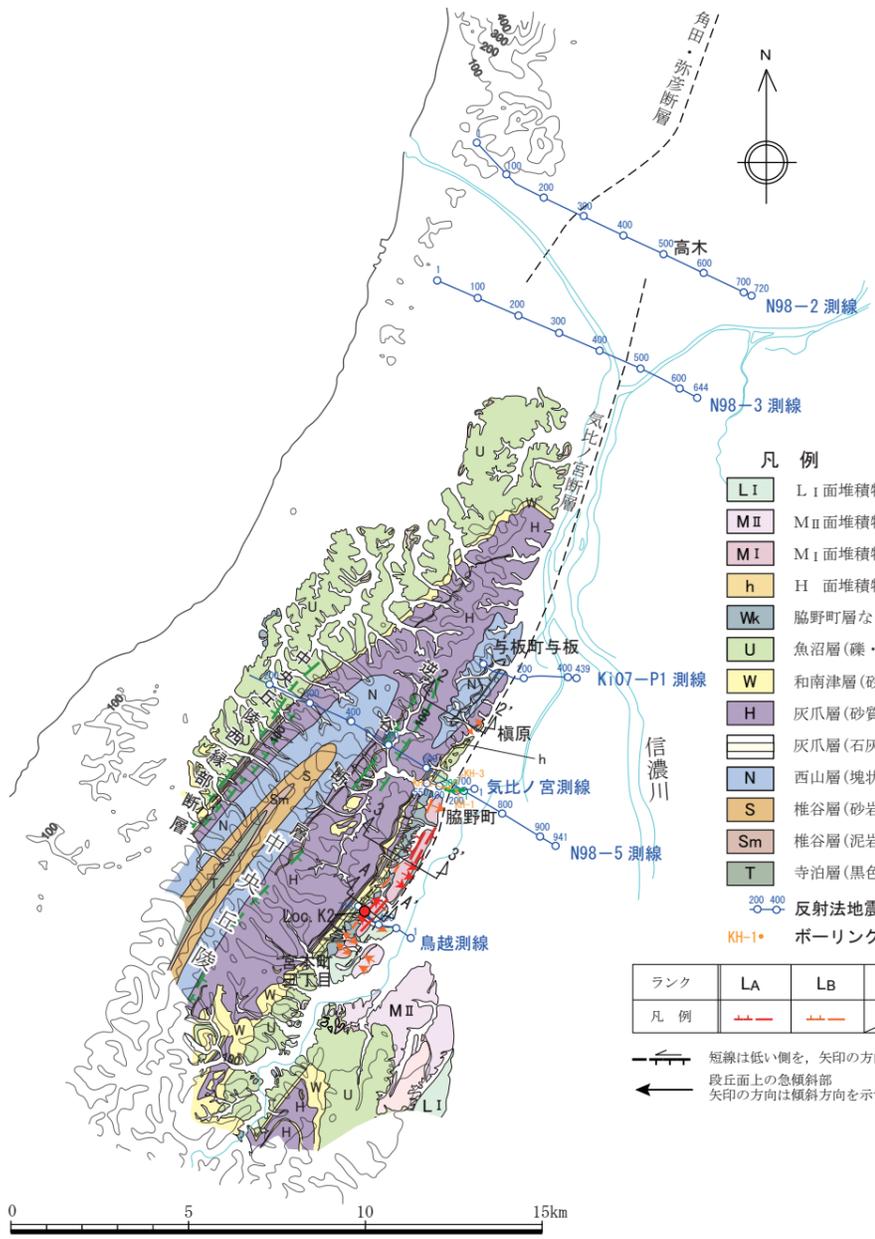
反射法地震探査結果

図3 角田・弥彦断層の調査結果

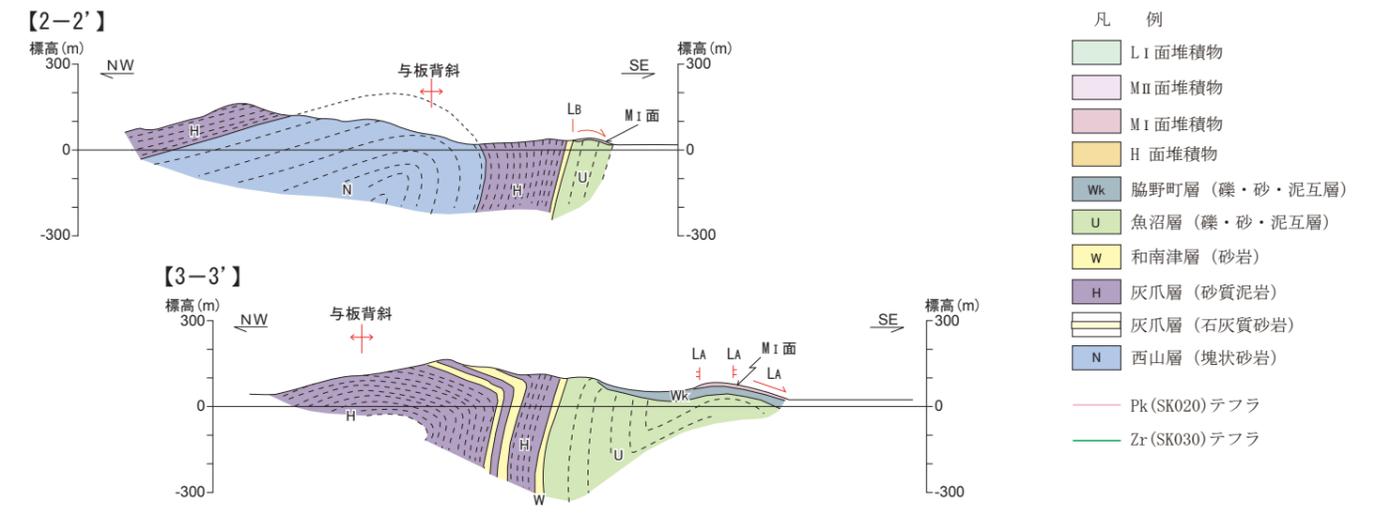


気比ノ宮断層周辺の地質断面図 (1)

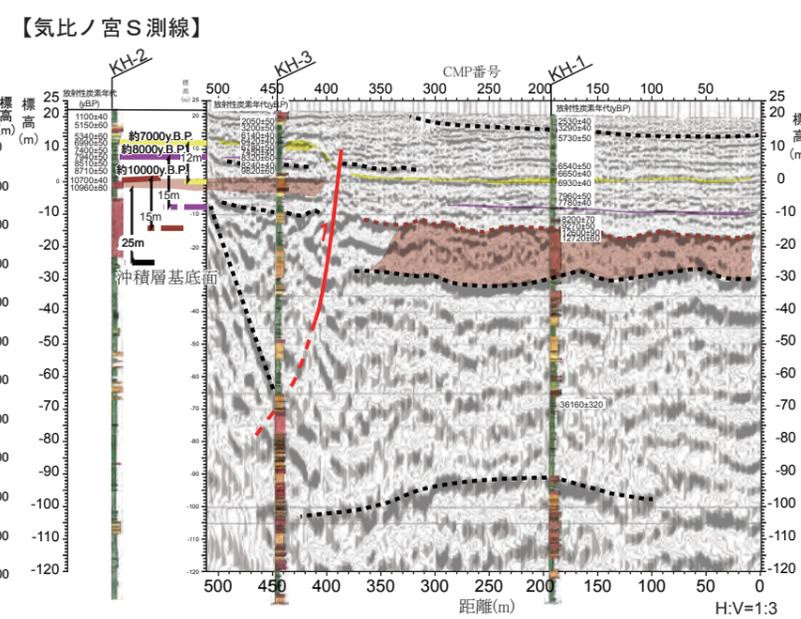
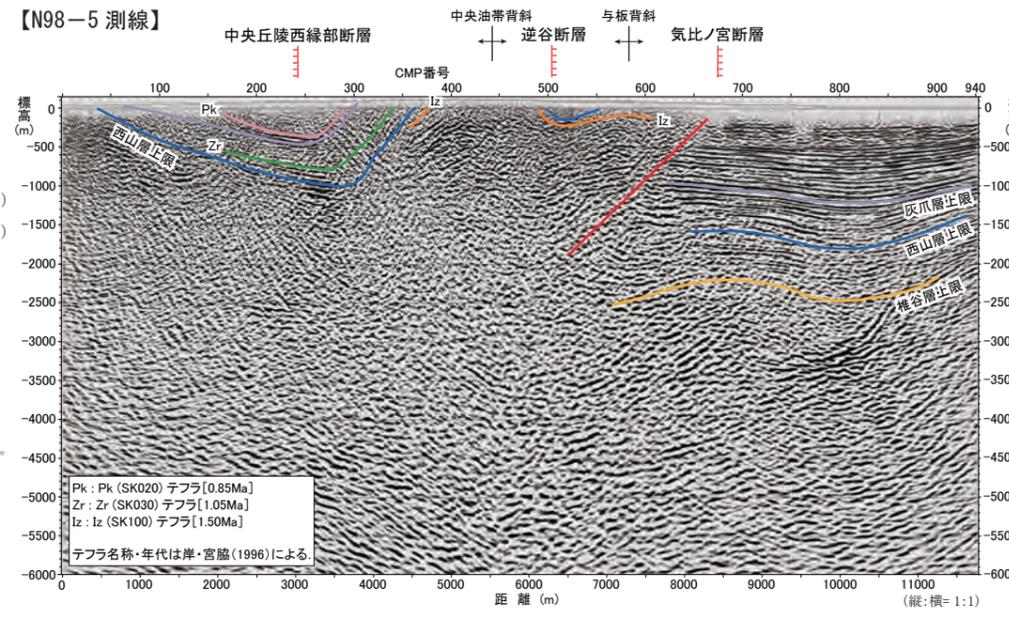
露头スケッチ



気比ノ宮断層周辺の地質図および調査位置図

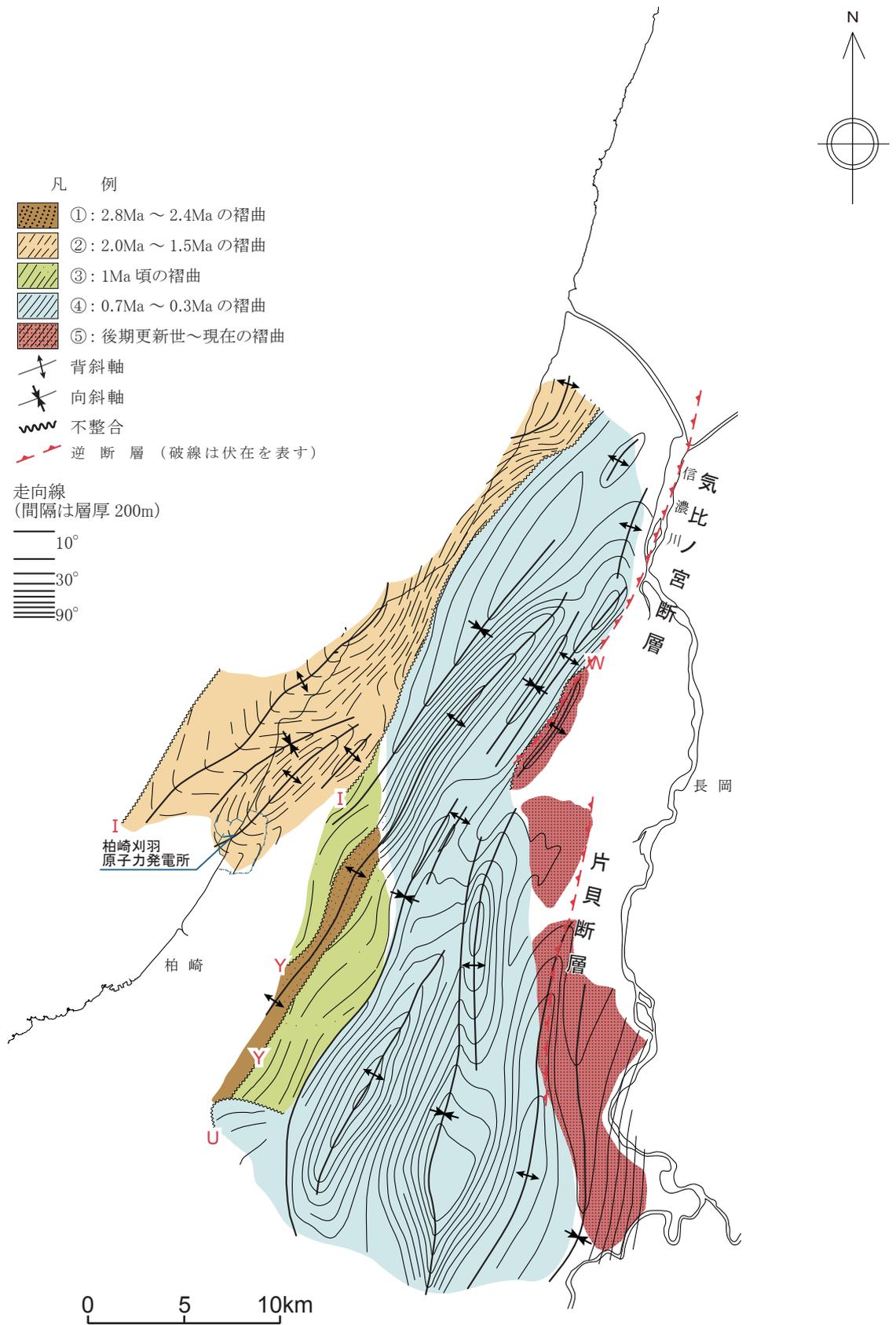


気比ノ宮断層周辺の地質断面図 (2)



反射法地震探査結果

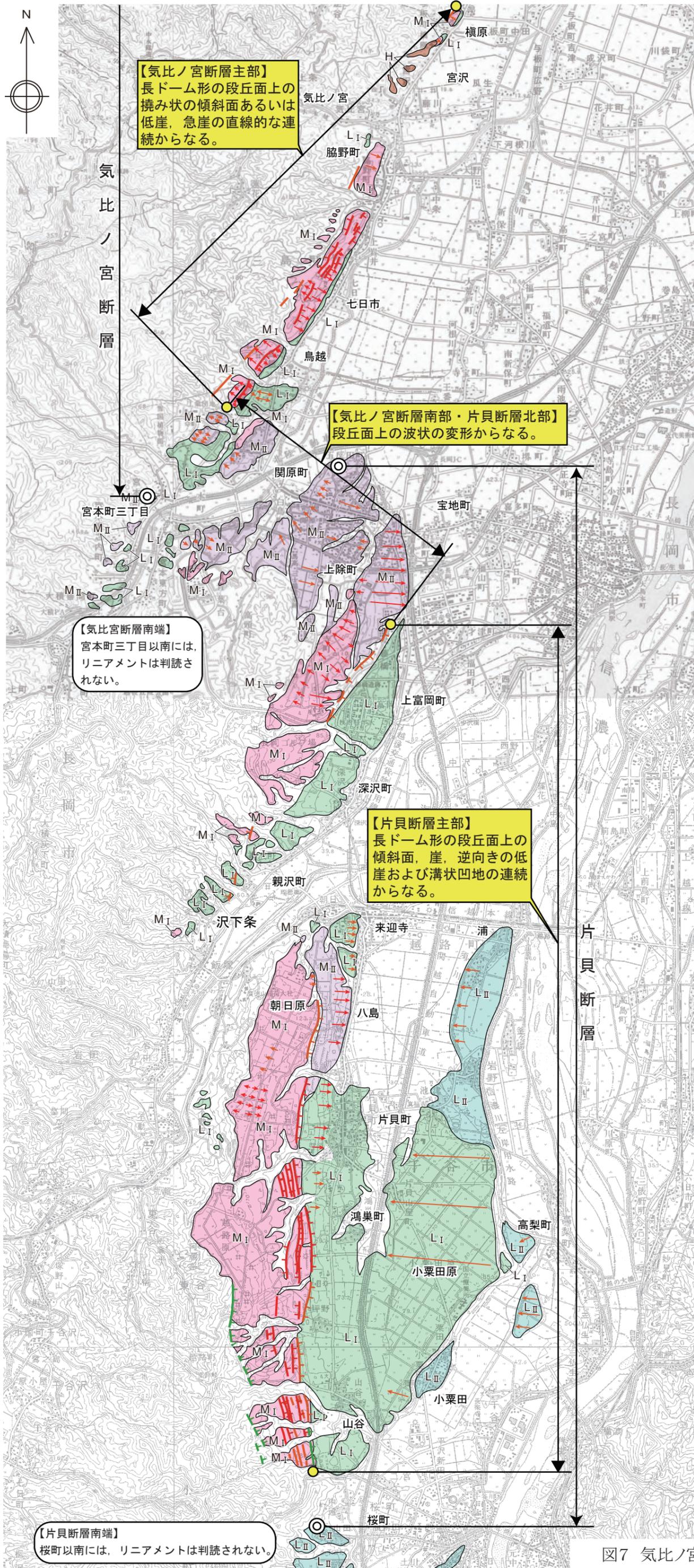
図4 気比ノ宮断層の調査結果



走向線は、褶曲期別の実線、破線等で示した。

W: 和島層、脇野町層及びその相当層基底の不整合
U: 魚沼層基底の不整合 I: 稲川不整合 Y: 吉井不整合

図6 柏崎平野周辺地域における褶曲場の変遷



【気比ノ宮断層主部】
長ドーム形の段丘面上の
撓み状の傾斜面あるいは
低崖、急崖の直線的な連
続からなる。

【気比ノ宮断層南部・片貝断層北部】
段丘面上の波状の変形からなる。

【気比宮断層南端】
宮本町三丁目以南は、
リニアメントは判読さ
れない。

【片貝断層主部】
長ドーム形の段丘面上の
傾斜面、崖、逆向きの低
崖および溝状凹地の連続
からなる。

【片貝断層南端】
桜町以南には、リニアメントは判読されない。

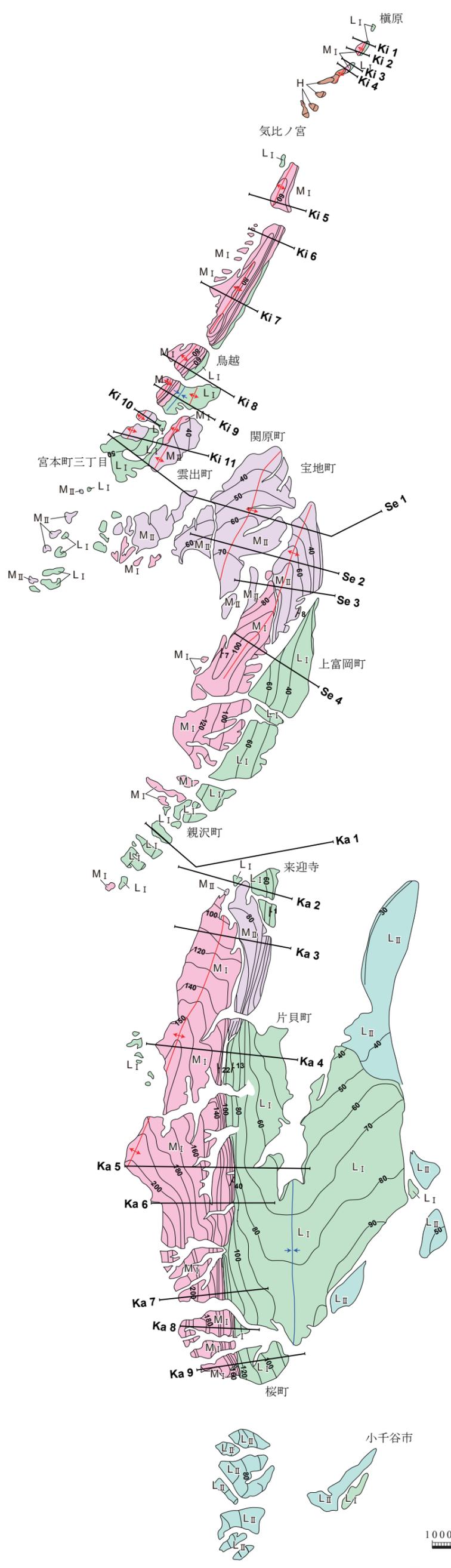
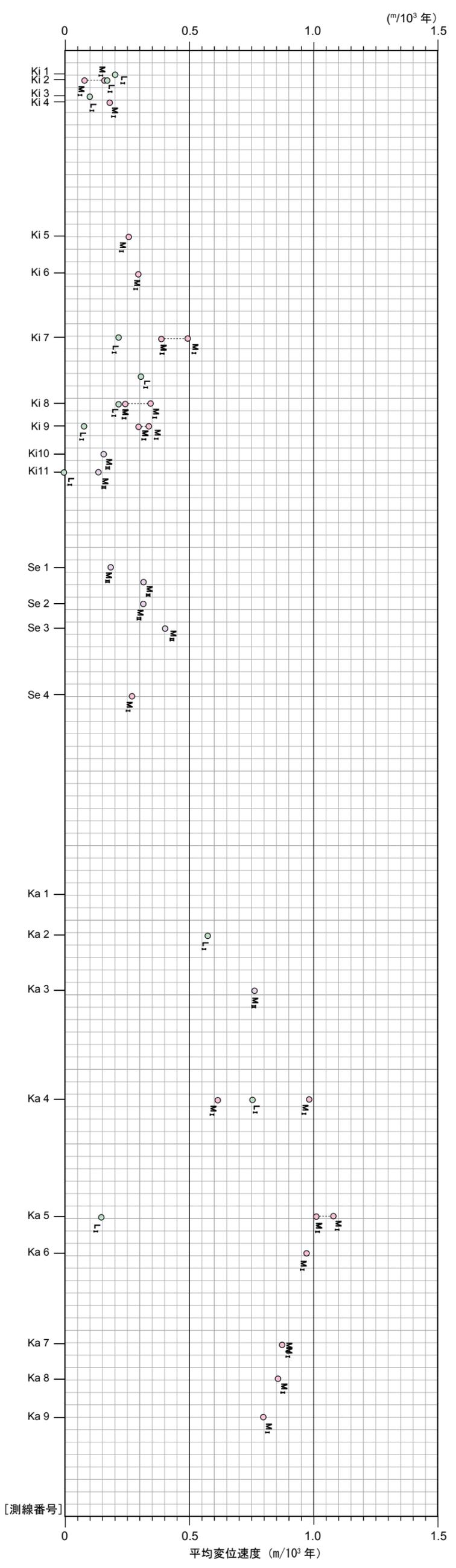
凡	例		
段丘区分	記号		
L _I 面 (MIS5a~MIS4)	L _I		
M _{II} 面 (MIS5c)	M _{II}		
M _I 面 (MIS5e)	M _I		
H 面群 (MIS7)	H		
リニアメント			
ランク	LA	LB	LC
凡 例			

短線は低い側を、矢印の方向は横ずれの方向を示す。
 段丘面上の急傾斜部
 矢印の方向は傾斜方向を示す。

この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図（柏崎・長岡・出雲崎・三条・岡野町・小千谷）を使用したものである。



図7 気比ノ宮断層および片貝断層周辺の空中写真判読図



凡 例

背斜軸

向斜軸

段丘堆積物の走向・傾斜

地形水準測量位置, 番号

段丘区分 記号

L_{II} 面 (MIS3~MIS2)

L_I 面 (MIS5a~MIS4)

M_{II} 面 (MIS5c)

M_I 面 (MIS5e)

H 面群 (MIS7)

埋谷線 (幅100mの谷を埋積)

(1)

(2)

(1) のように単一の地形面からなる場合は、変形した段丘面の頂部から末端までの高度差 (a) を変位量とし、(2) のようにより新しい地形面と接して、その面も変形している場合は、b+c を変位量とした。

なお、変形した段丘面の末端には、より低位の段丘面あるいは沖積面が接して分布していることから、ここで求めた変位速度は、いずれも上盤側における値となる。

図8 気比ノ宮断層及び片貝断層の平均変位速度分布図

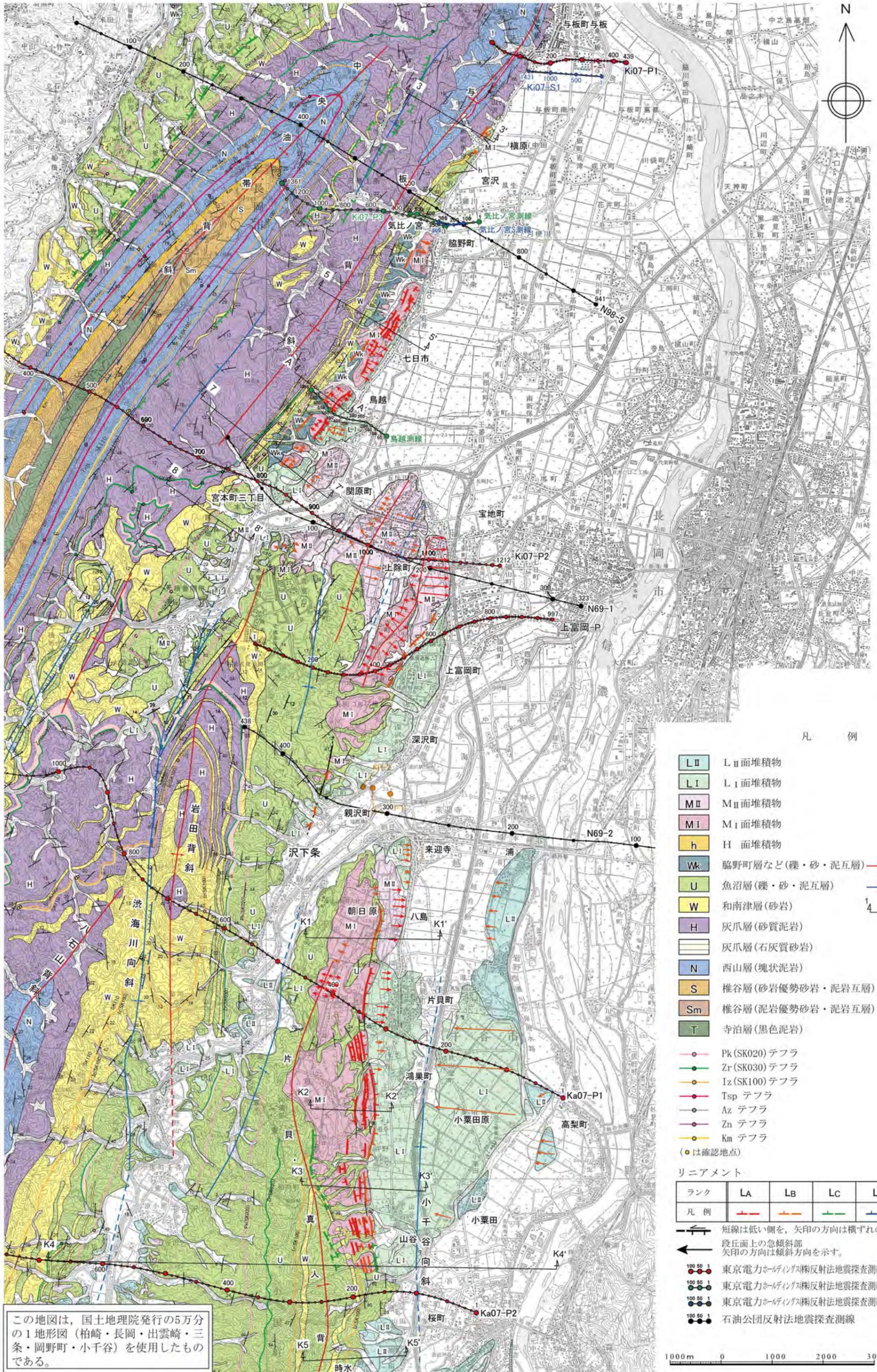
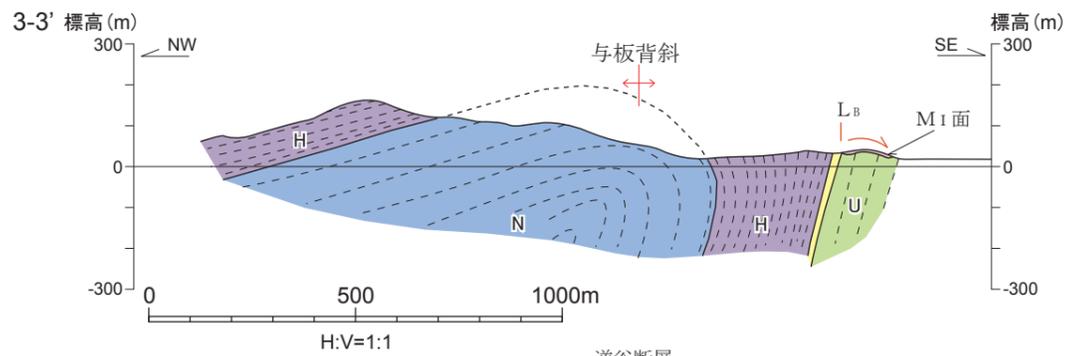
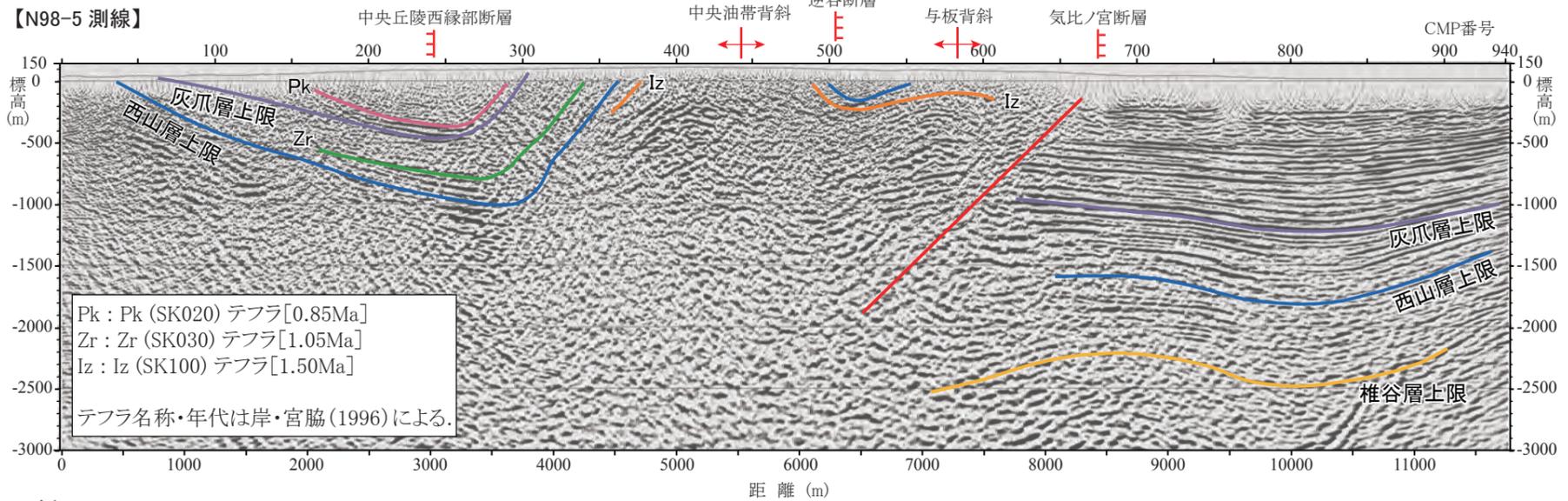


図9 気比ノ宮断層および片貝断層周辺の地質図

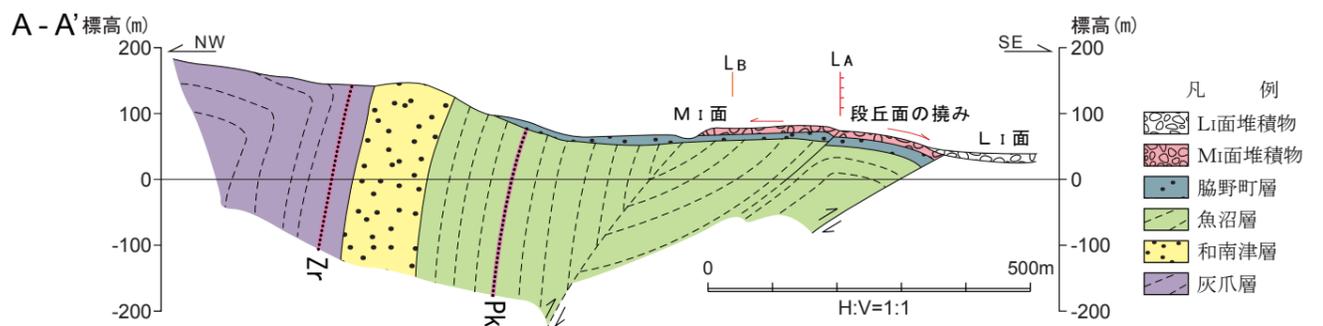
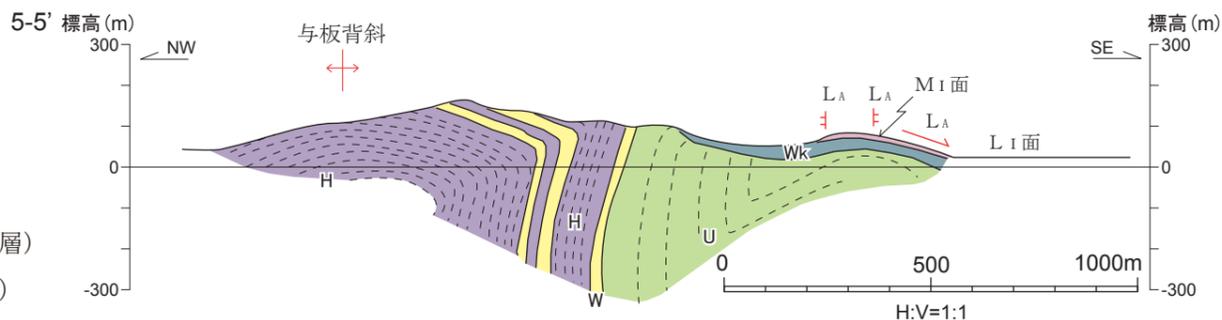


【N98-5 測線】

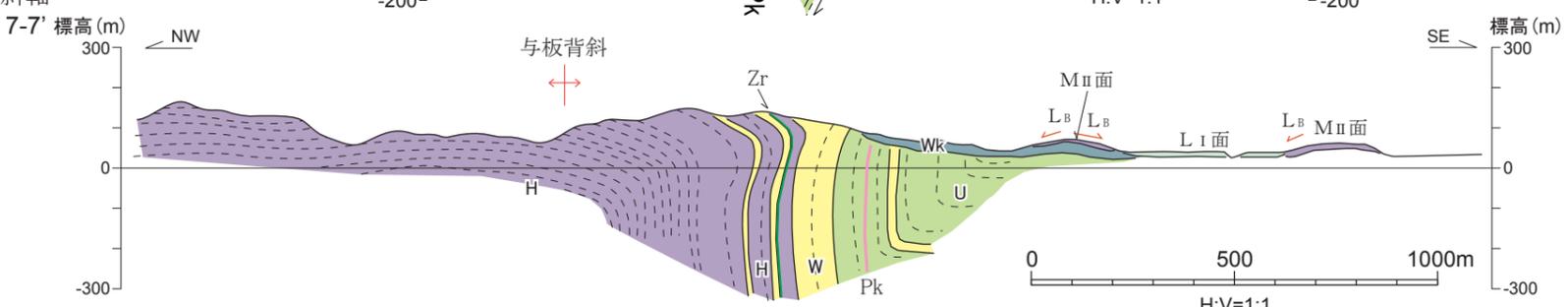


凡 例

- LI面堆積物
- MII面堆積物
- MI面堆積物
- H面堆積物
- Wk 脇野町層 (礫・砂・泥互層)
- U 魚沼層 (礫・砂・泥互層)
- W 和南津層 (砂岩)
- H 灰爪層 (砂質泥岩)
- 灰爪層 (石灰質砂岩)
- N 西山層 (塊状砂岩)
- Pk (SK020) テフラ
- Zr (SK030) テフラ
- 背斜軸



- LI面堆積物
- MII面堆積物
- 脇野町層
- 魚沼層
- 和南津層
- 灰爪層



【Ki07-P2 測線】

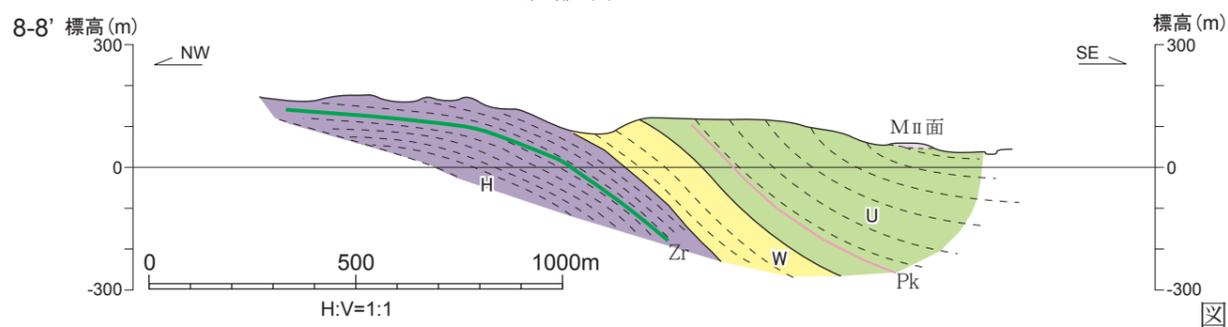
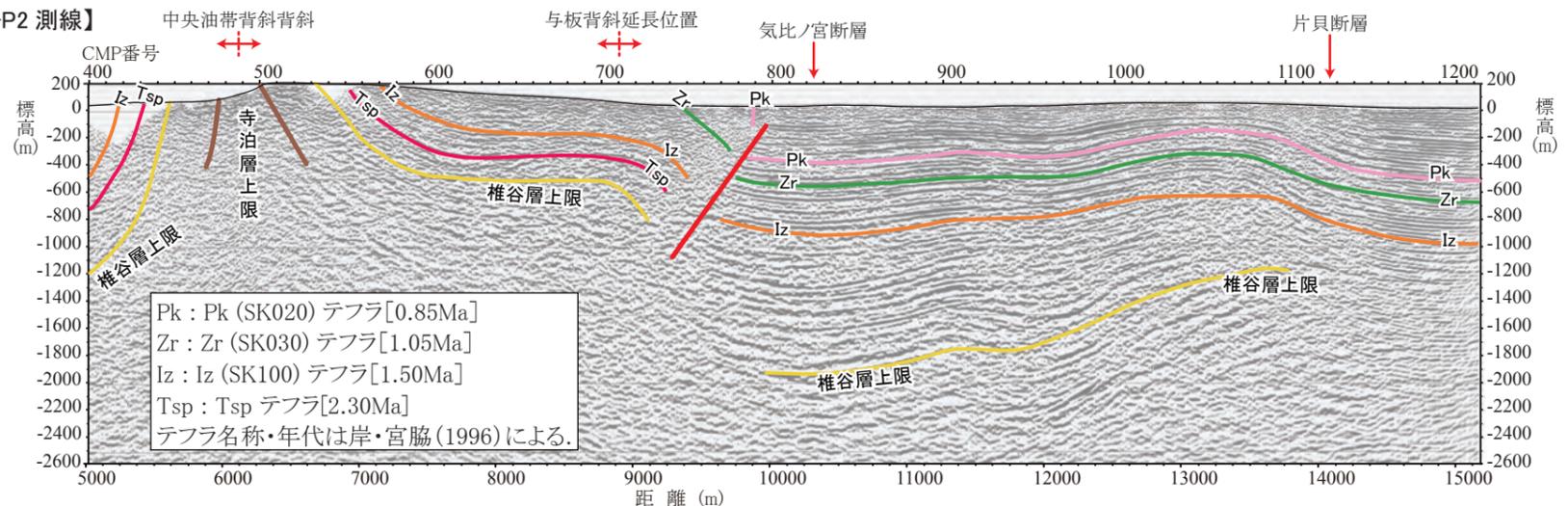


図 10 気比ノ宮断層周辺の地質構造

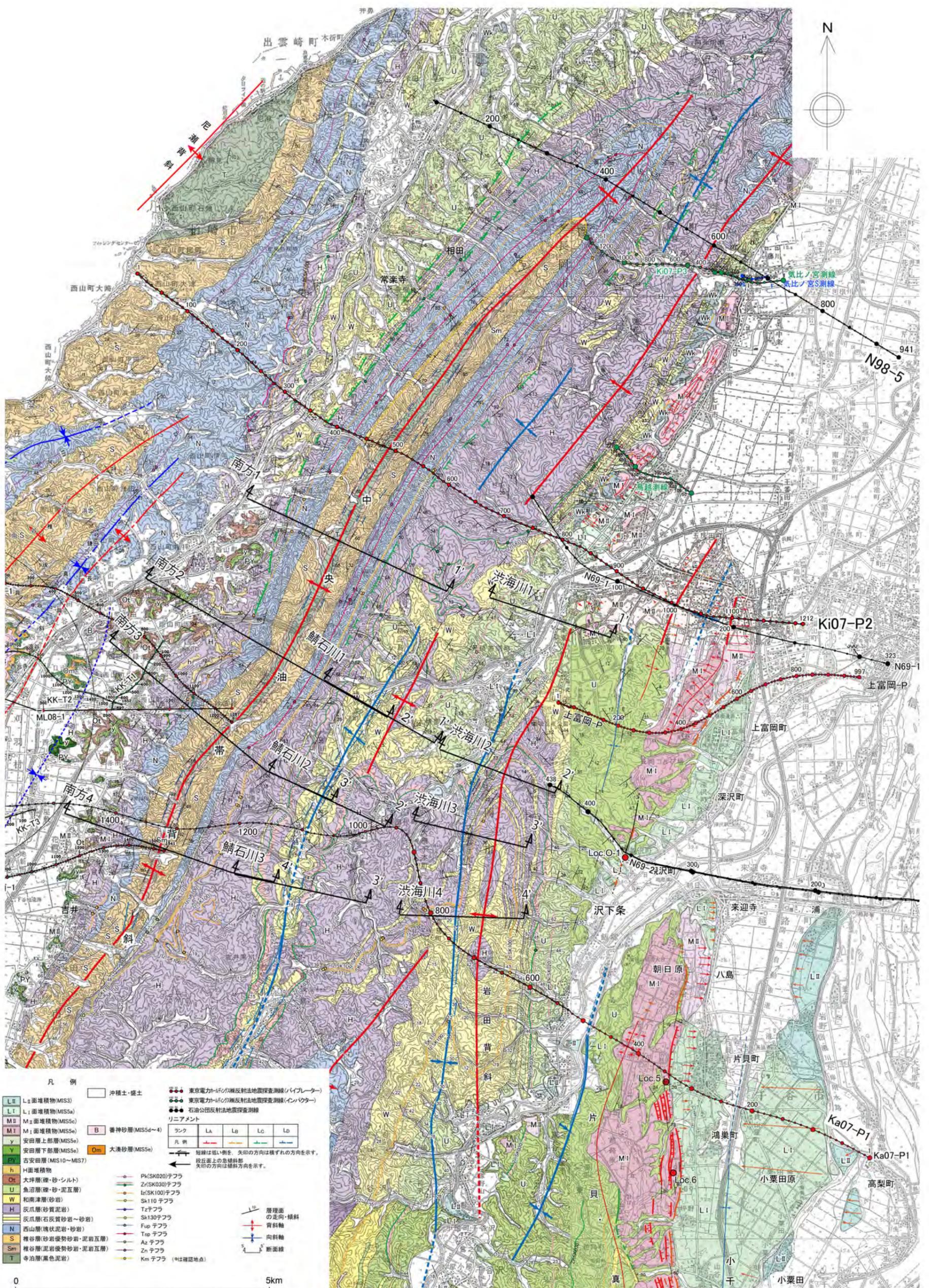
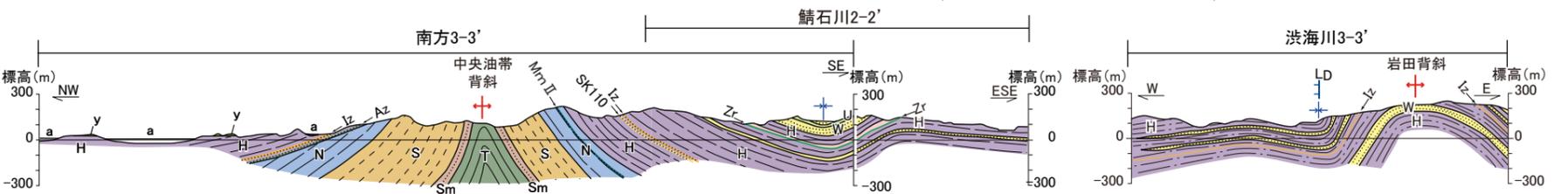
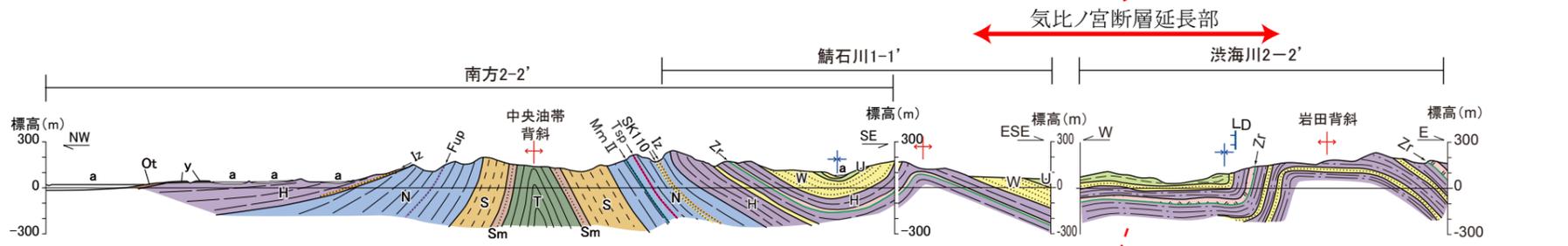
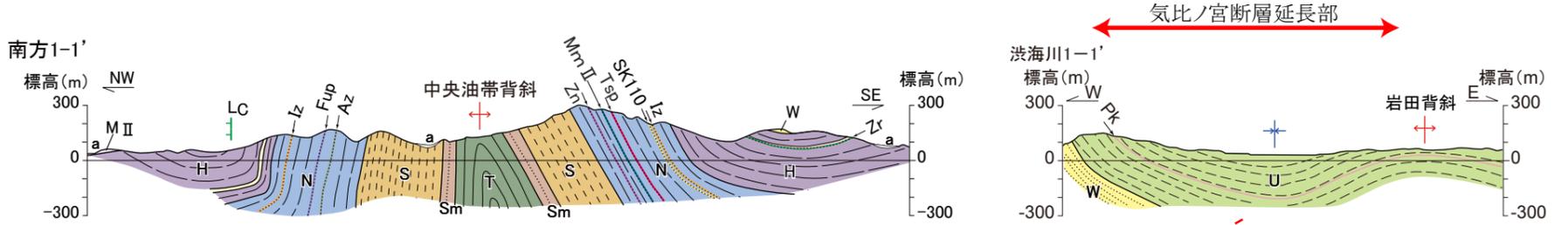
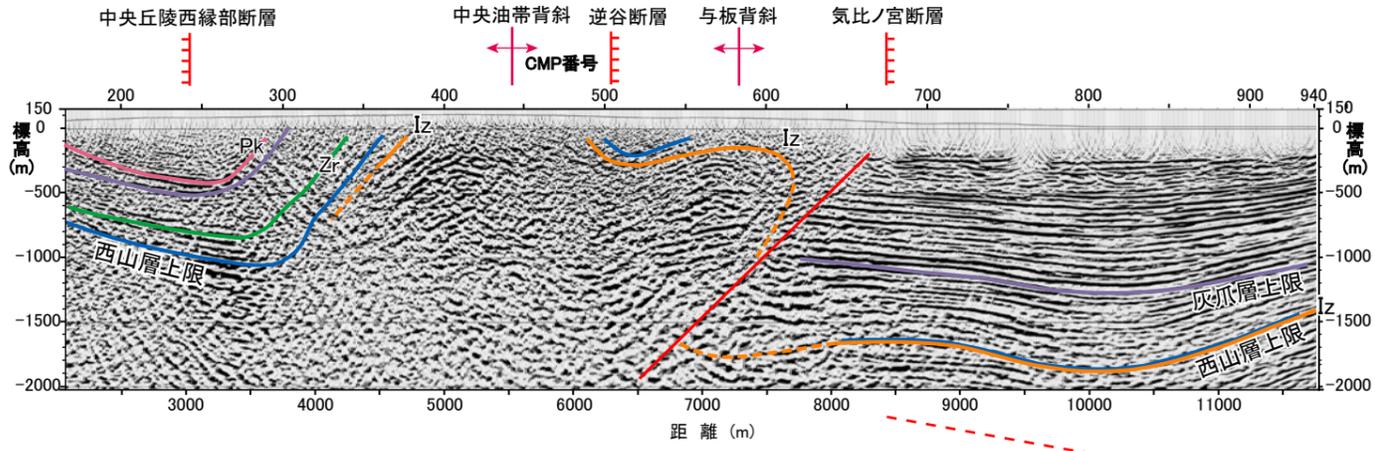
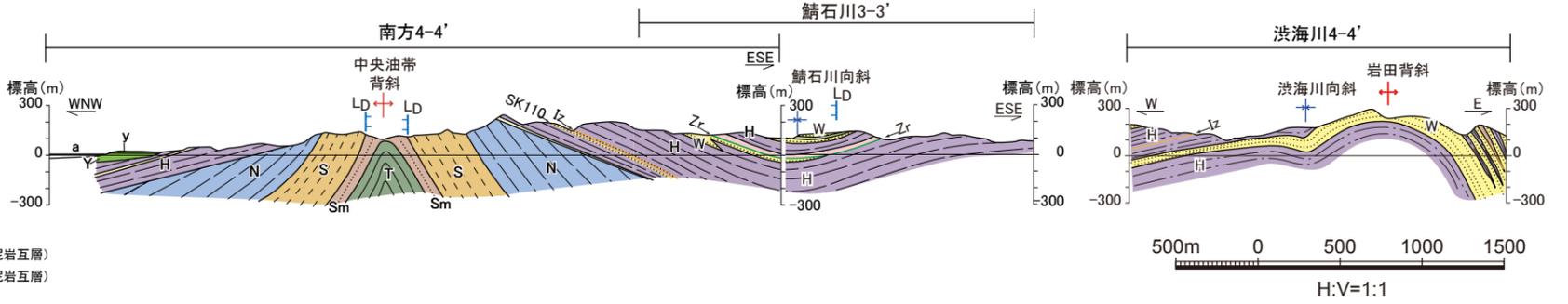
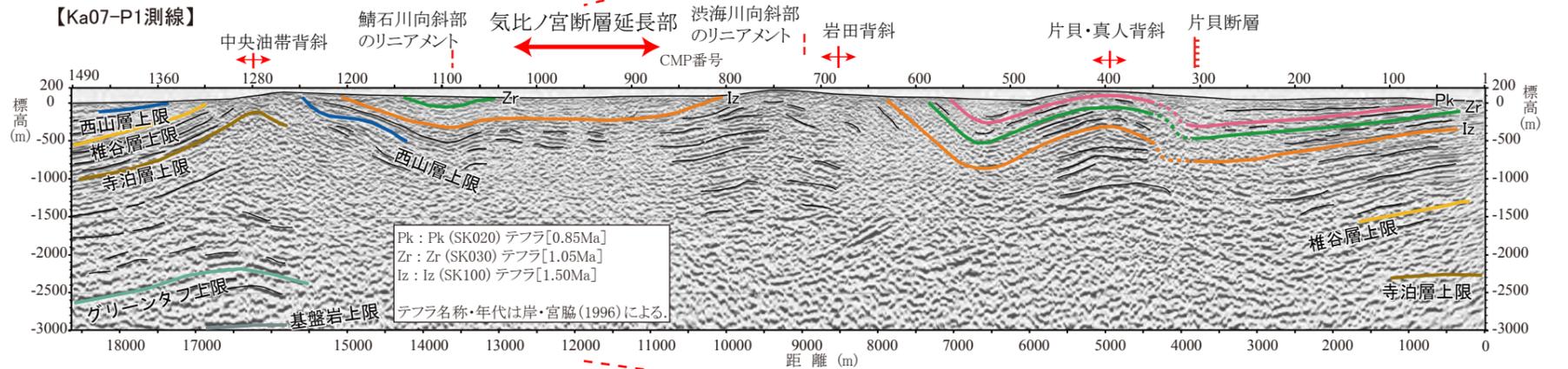


図12(1) 気比ノ宮断層南方延長部周辺の地質図

【N98-5測線】



【Ka07-P1測線】



- 凡例
- a 沖積土・盛土
 - y 安田層上部層(MIS5e)
 - Y 安田層下部層(MIS5e)
 - Ot 大坪層(礫・砂・シルト)
 - U 魚沼層(礫・砂・泥互層)
 - W 和南津層(砂岩)
 - H 灰爪層(砂質泥岩)
 - N 西山層(塊状泥岩・砂岩)
 - S 椎谷層(砂岩優勢砂岩・泥岩互層)
 - Sm 椎谷層(泥岩優勢砂岩・泥岩互層)
 - T 寺泊層(黒色泥岩)

図12(2) 気比ノ宮断層南方延長部周辺の地質構造