

柏崎刈羽原子力発電所  
敷地周辺の地質・地質構造に関する補足説明

平成20年6月27日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# 本日のご説明

---

バランス断面法による検討結果について

F - B 褶曲群北方の大陸棚西縁の斜面部の地質構造について

片貝・真人背斜の西側翼部の地質構造について

---

# バランス断面法による検討結果について

# バランス断面法による検討の位置付け

## 断層モデル

地質調査の結果に基づき断層の端点を設定

地質調査の結果や地震調査研究推進本部による長岡平野西縁断層帯の長期評価（陸域）、新潟県中越沖地震の余震分布（海域）等に基づき、断層面の傾斜角を設定  
海域： $35^{\circ}$  ， 陸域： $50^{\circ}$

上記に基づき、地震発生層（深さ6km～17km）を飽和するように、断層面を設定

両者を比較・検討

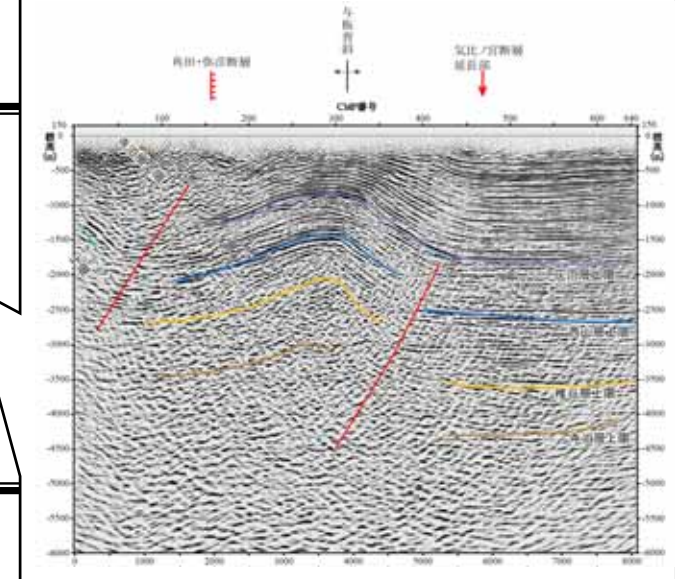
地質調査の結果として得られる傾斜に関する情報

海上音波探査，反射法地震探査記録における傾斜角  
海域： $(30^{\circ} \sim 55^{\circ})$  ， 陸域： $50^{\circ} \sim 65^{\circ}$   
海上音波探査記録の時間断面における値

バランス断面法による検討結果

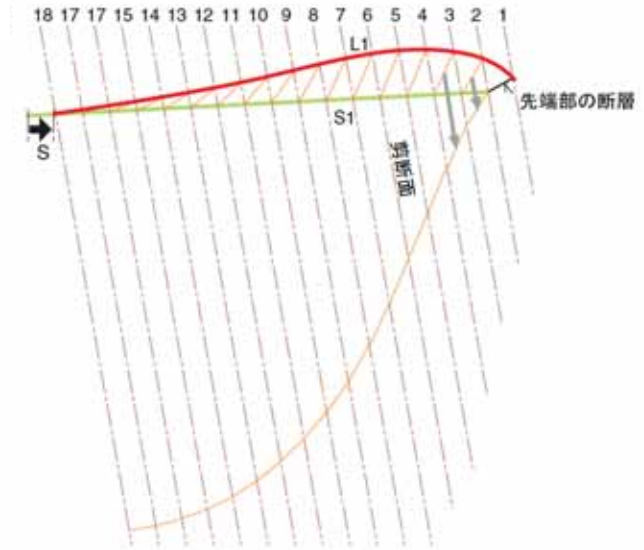
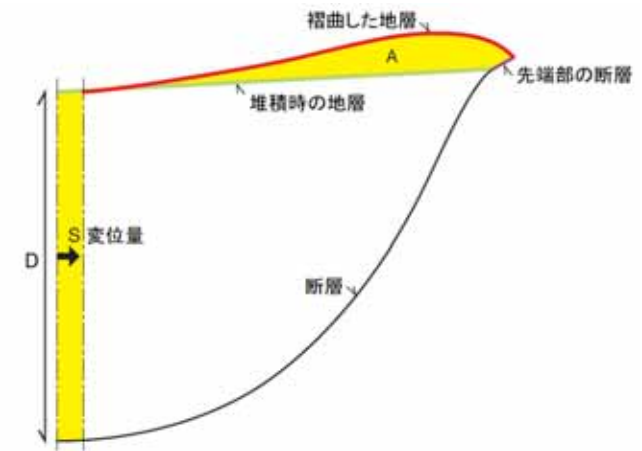
海域： $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$  ， 陸域： $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$

反射法地震探査結果例



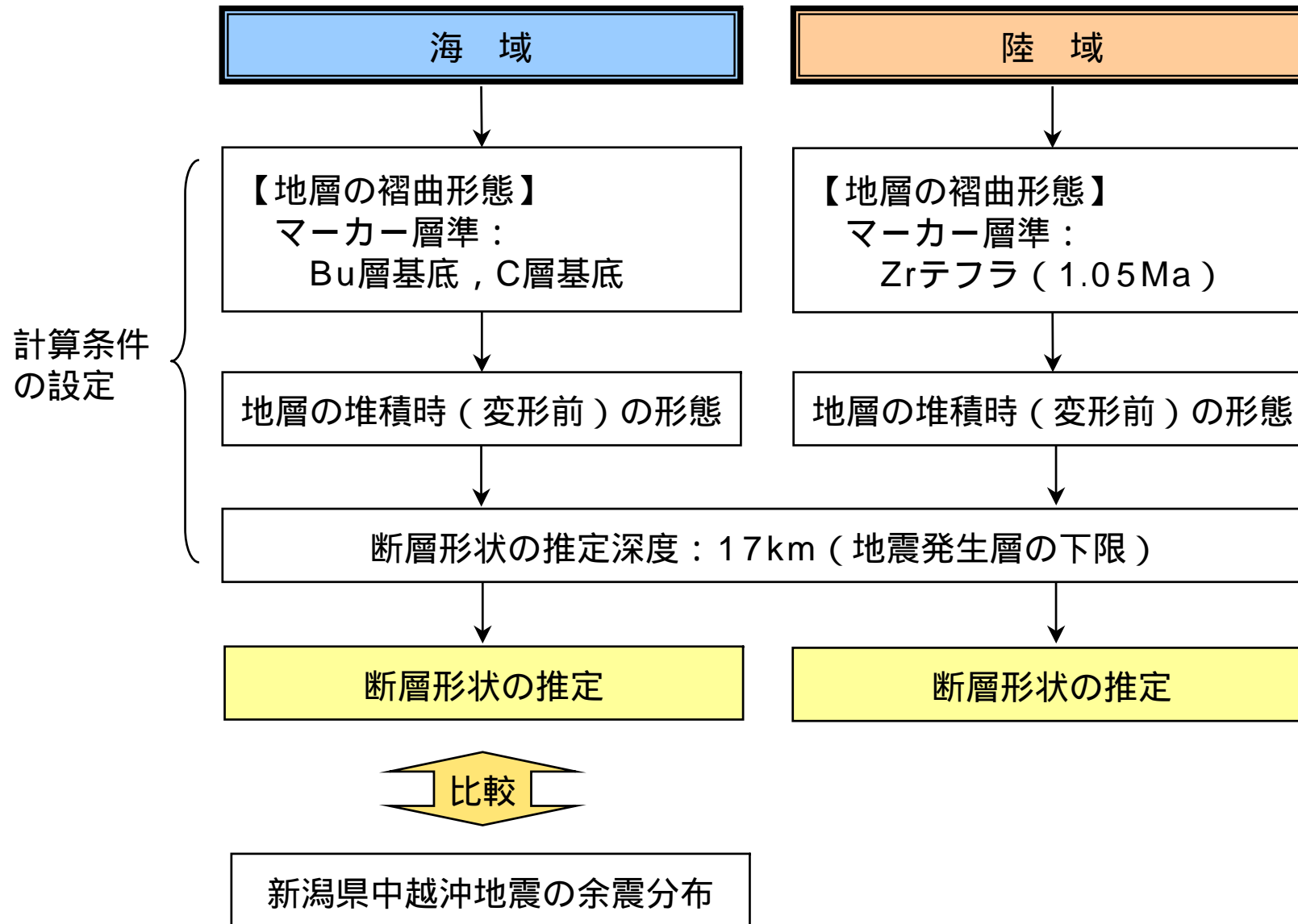
# バランス断面法の概要

- 岡村・石山（2005）を参考に，海上音波探査，反射法地震探査，地表地質調査等の結果に基づく褶曲構造の形態から地下深部までの断層面の形状を推定
- 褶曲による変形前の地層はほぼ水平に堆積し，断層変位や褶曲の成長により地層の体積（二次元断面の場合は面積）や長さが変化しないという前提で地層を変形させる（右図）
- 断層上盤の変形様式：  
Inclined-shear（右図）
- 使用した解析ソフト：  
英国Midland Valley社 2D-MOVE

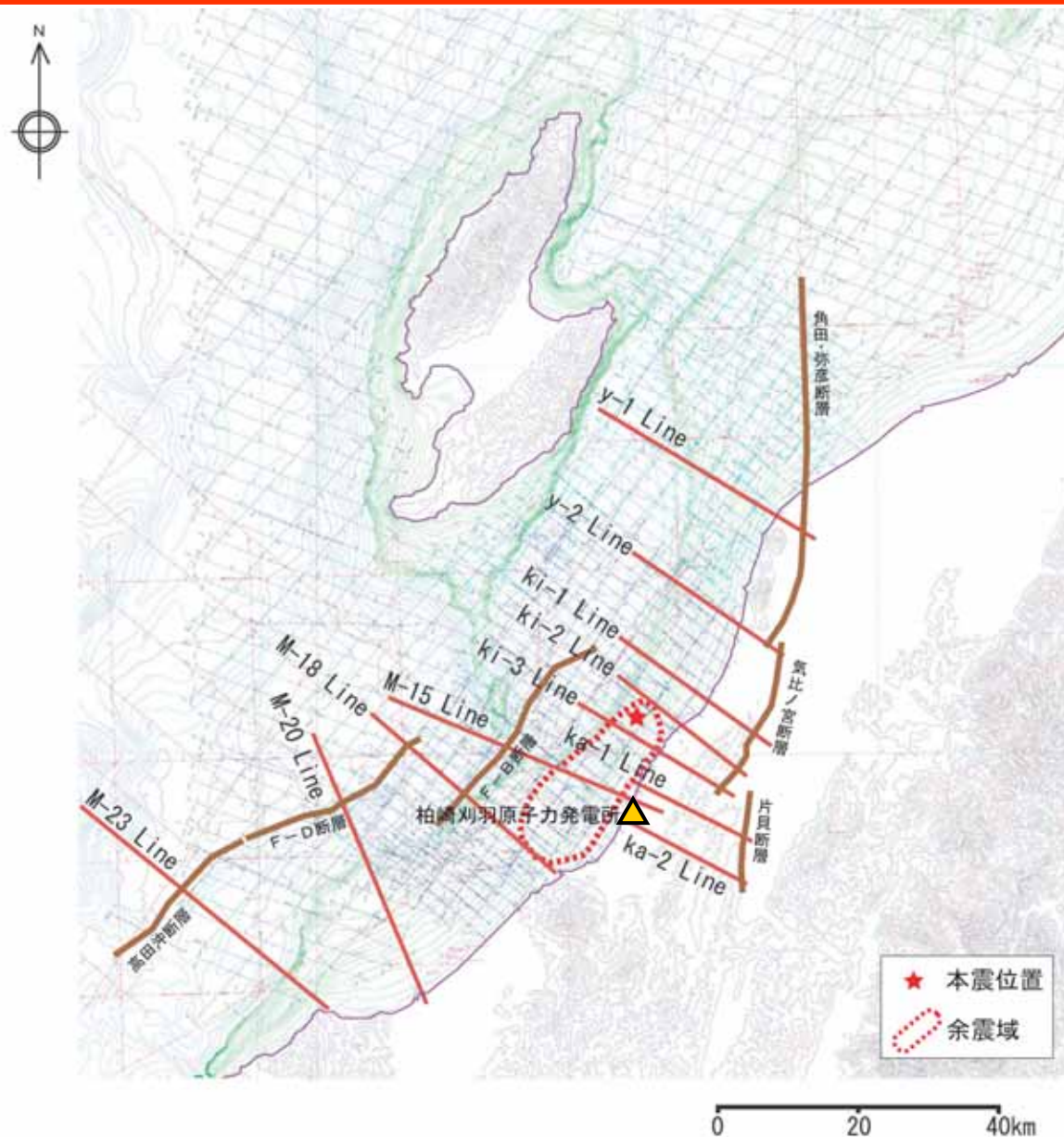


岡村・石山（2005）より

# バランス断面法による検討フロー



# バランス断面法による検討位置図



---

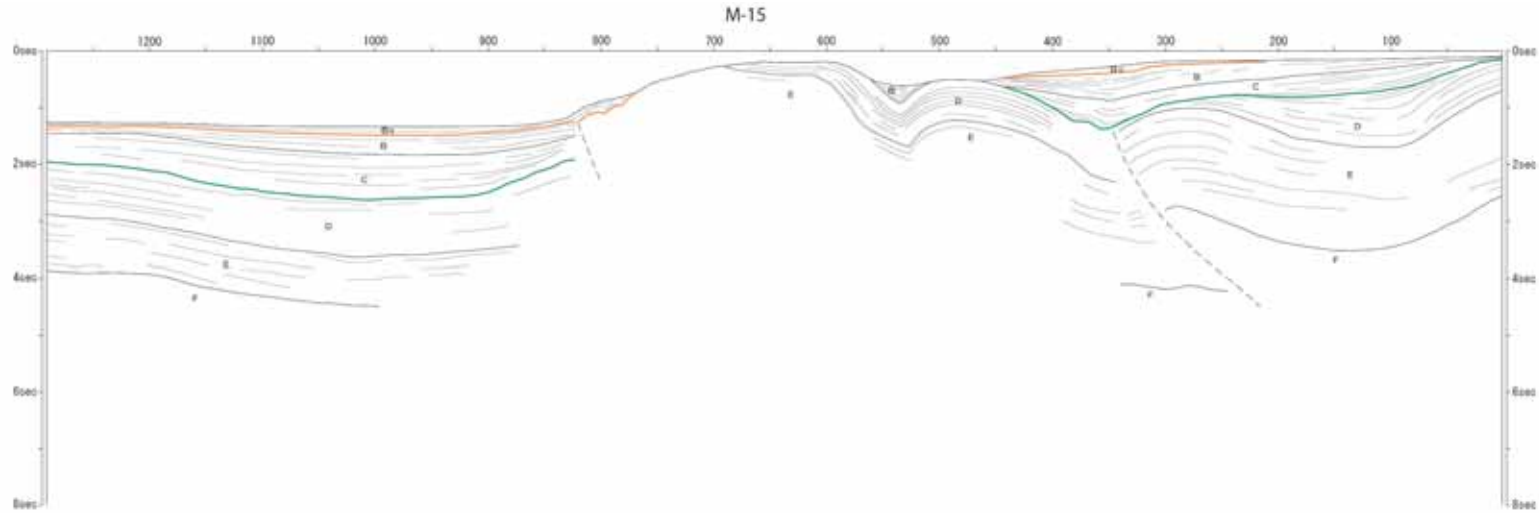
# 海域断層（ F - B 断層 , F - D 断層 ・ 高田沖断層 ） のバランス断面法による検討



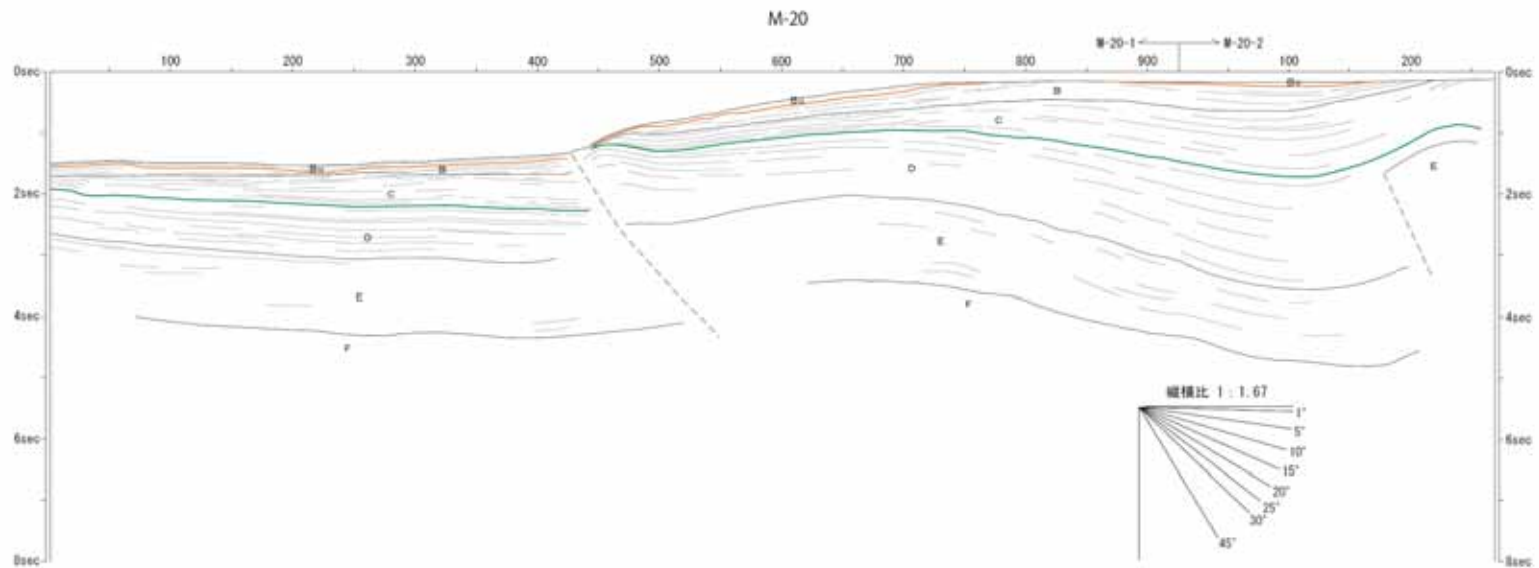
# 海域断層のマーカ層準の選定

- マーカー層準には、新しい時代の層準の褶曲形態を示すBu層基底，より古い時代の層準の褶曲形態を示すC層基底の2つを選定

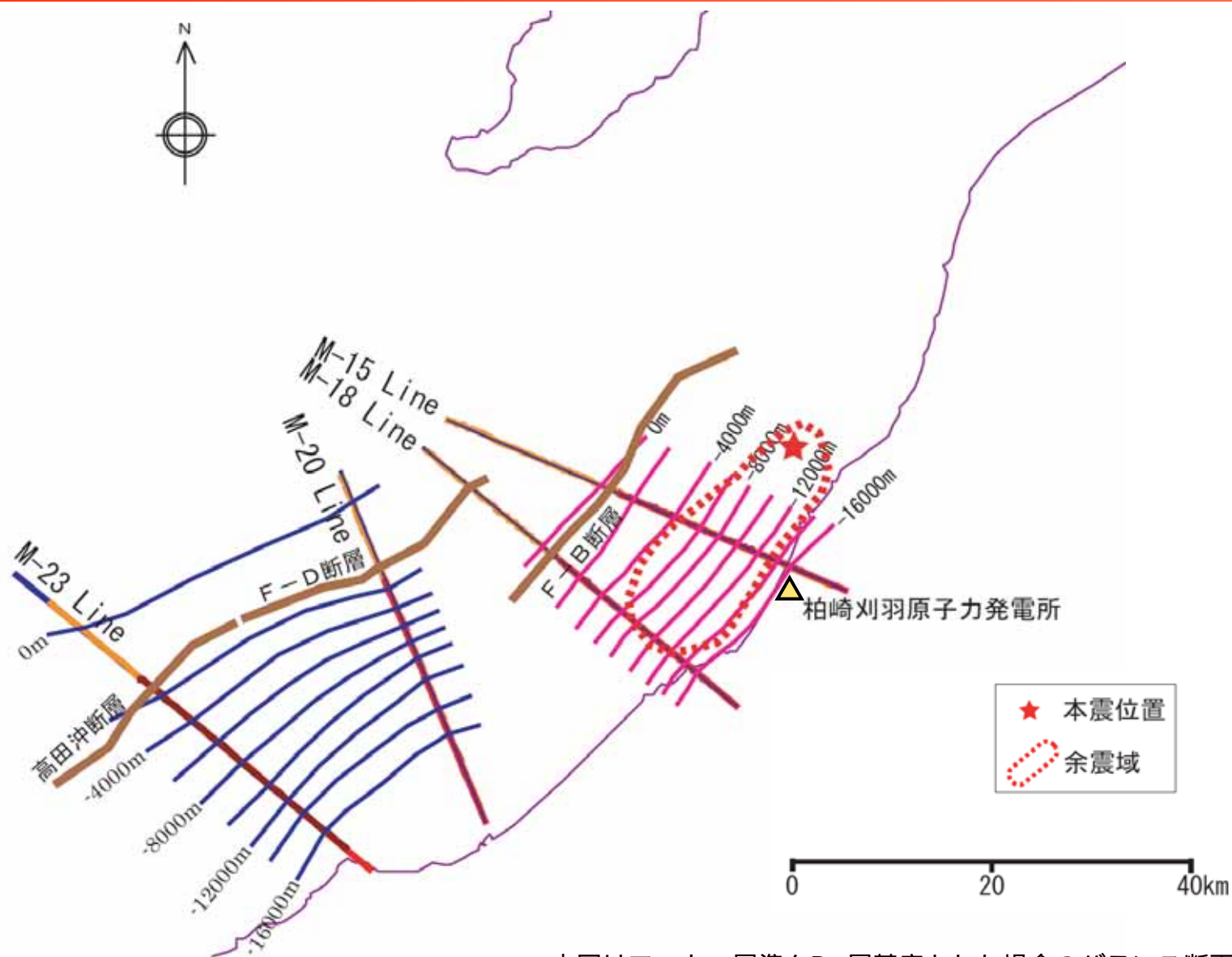
F - B 断層  
( M-15 測線 )



F - D 断層  
( M-20 測線 )



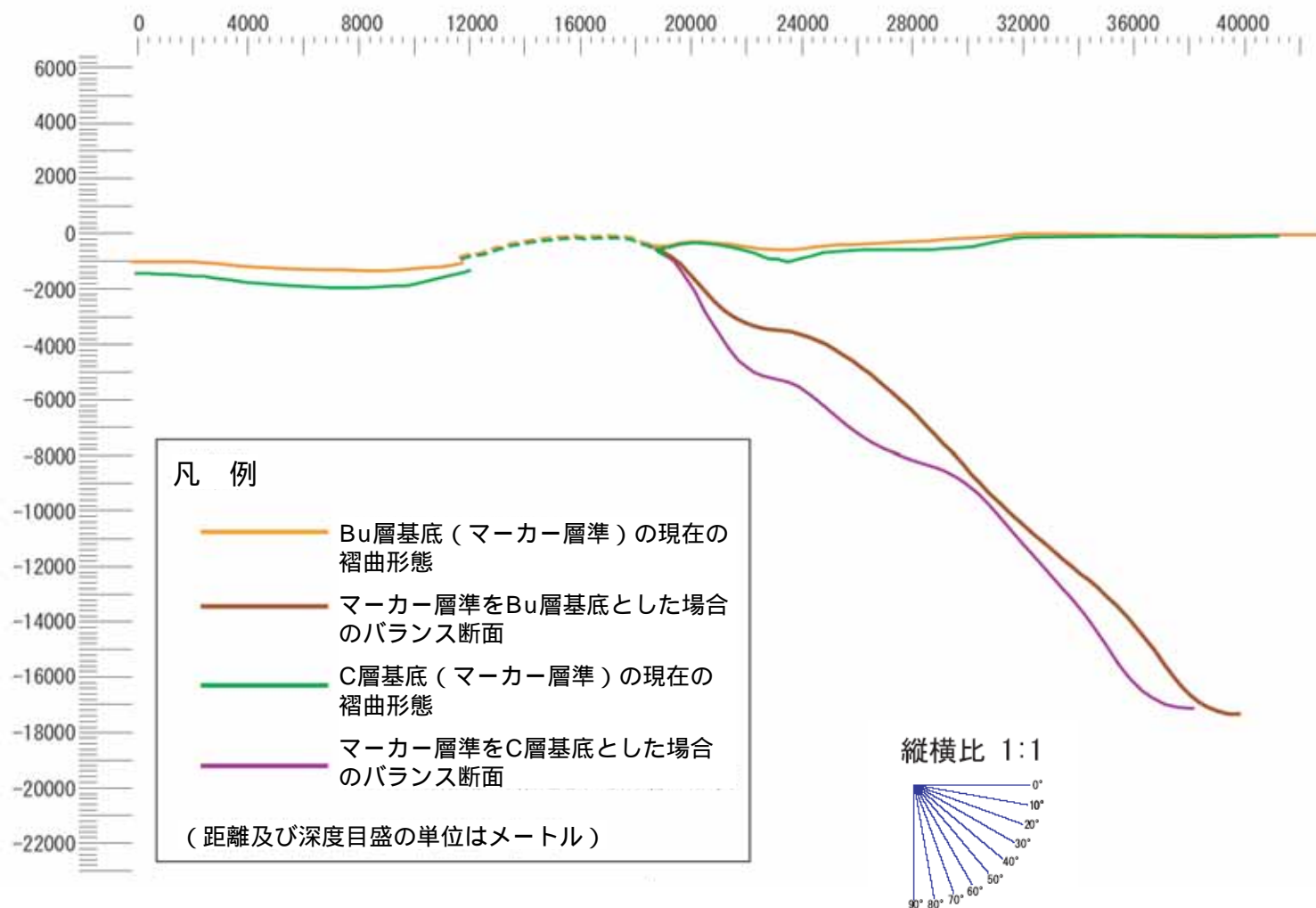
# F - B断層, F - D断層・高田沖断層のバランス断面



本図はマーカー層準をBu層基底とした場合のバランス断面である

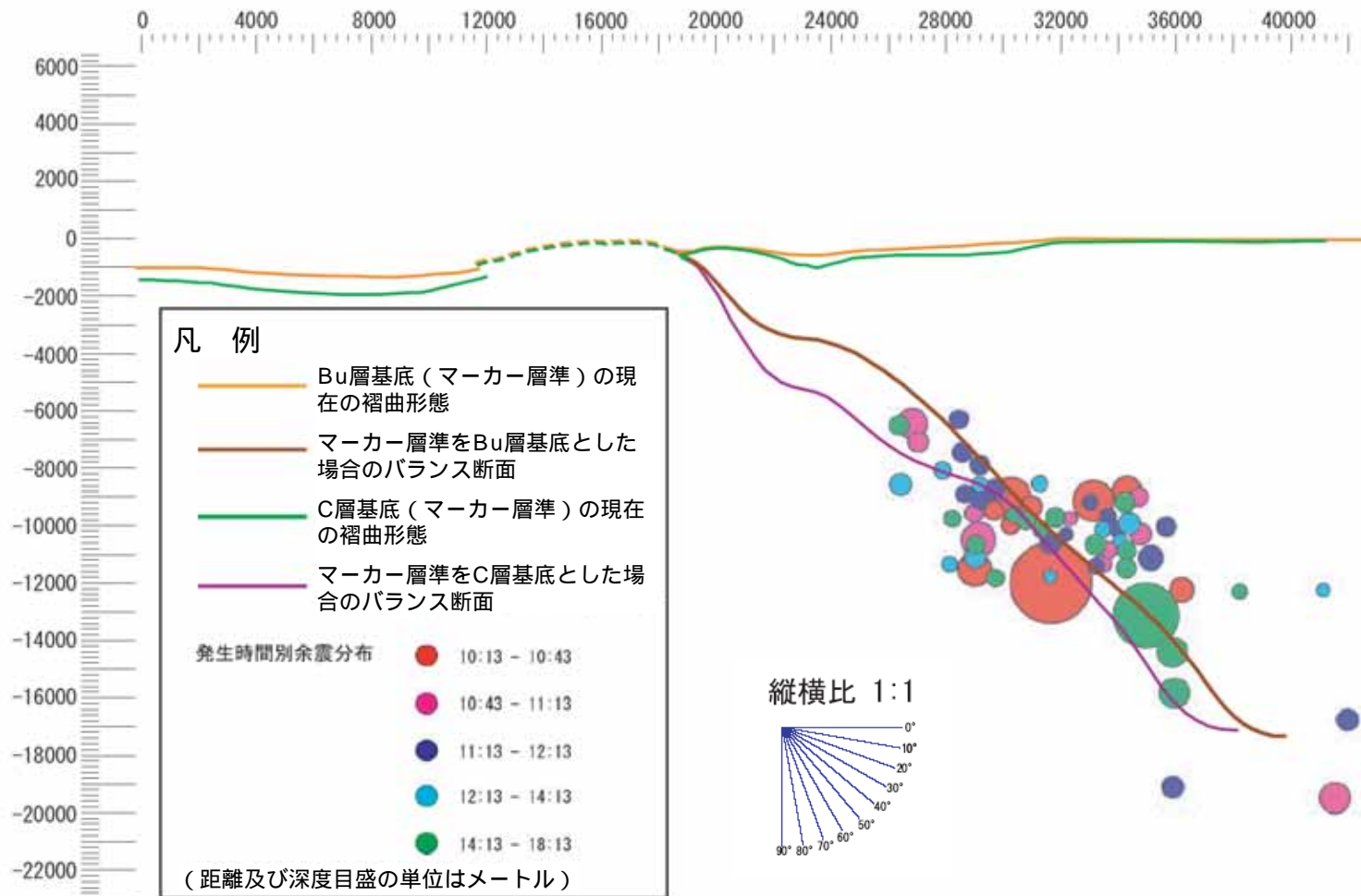
## F - B 断層のバランス断面 (M-15 測線)

- マーカー層準をC層基底とした場合，推定される断層面は背斜構造に対応する箇所では高角度になるが，概ね同様の形状となっている



# F - B断層のバランス断面と余震分布との比較 (M-15測線)

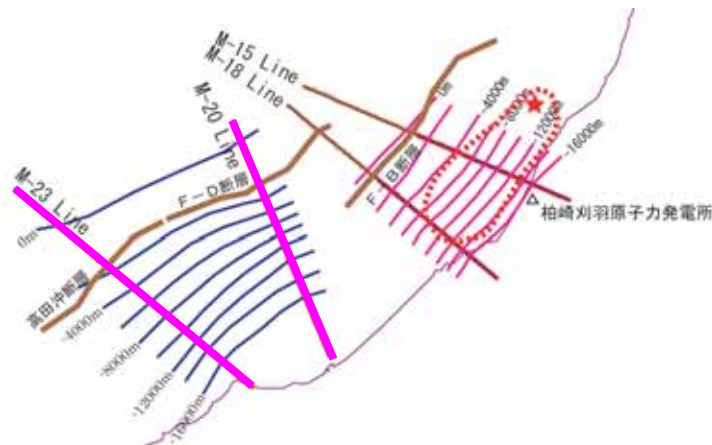
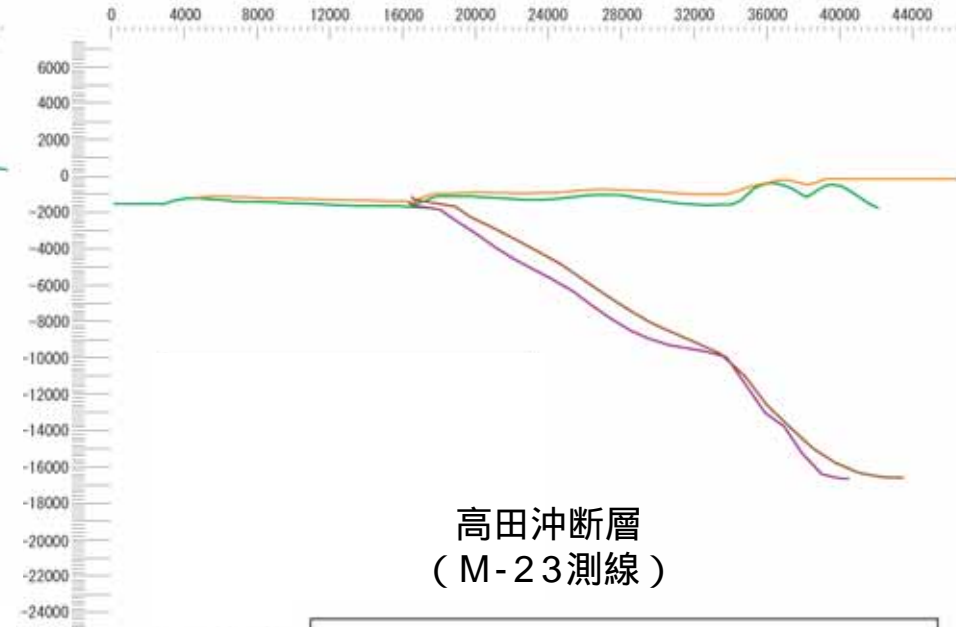
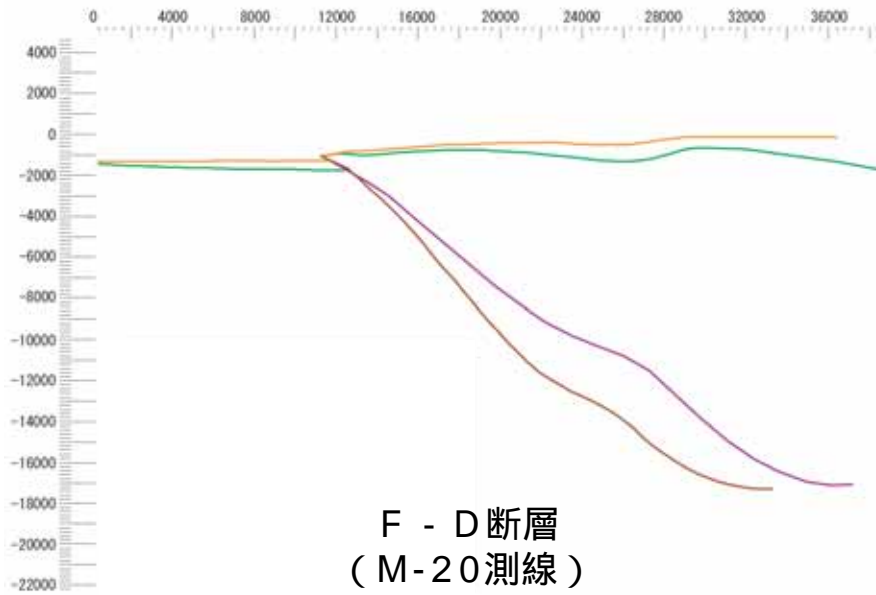
- 推定された断層面は、マーカー層準をBu層基底，C層基底としたいずれの場合も余震分布の広がりの中に位置している



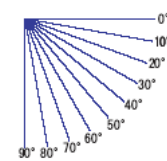
余震分布は安全研究フォーラム2008講演資料による

# F - D断層・高田沖断層のバランス断面 (M-20, 23測線)

- 推定された断層面は、マーカー層準をBu層基底，C層基底としたいずれの場合も概ね同様の形状となっている



縦横比 1:1

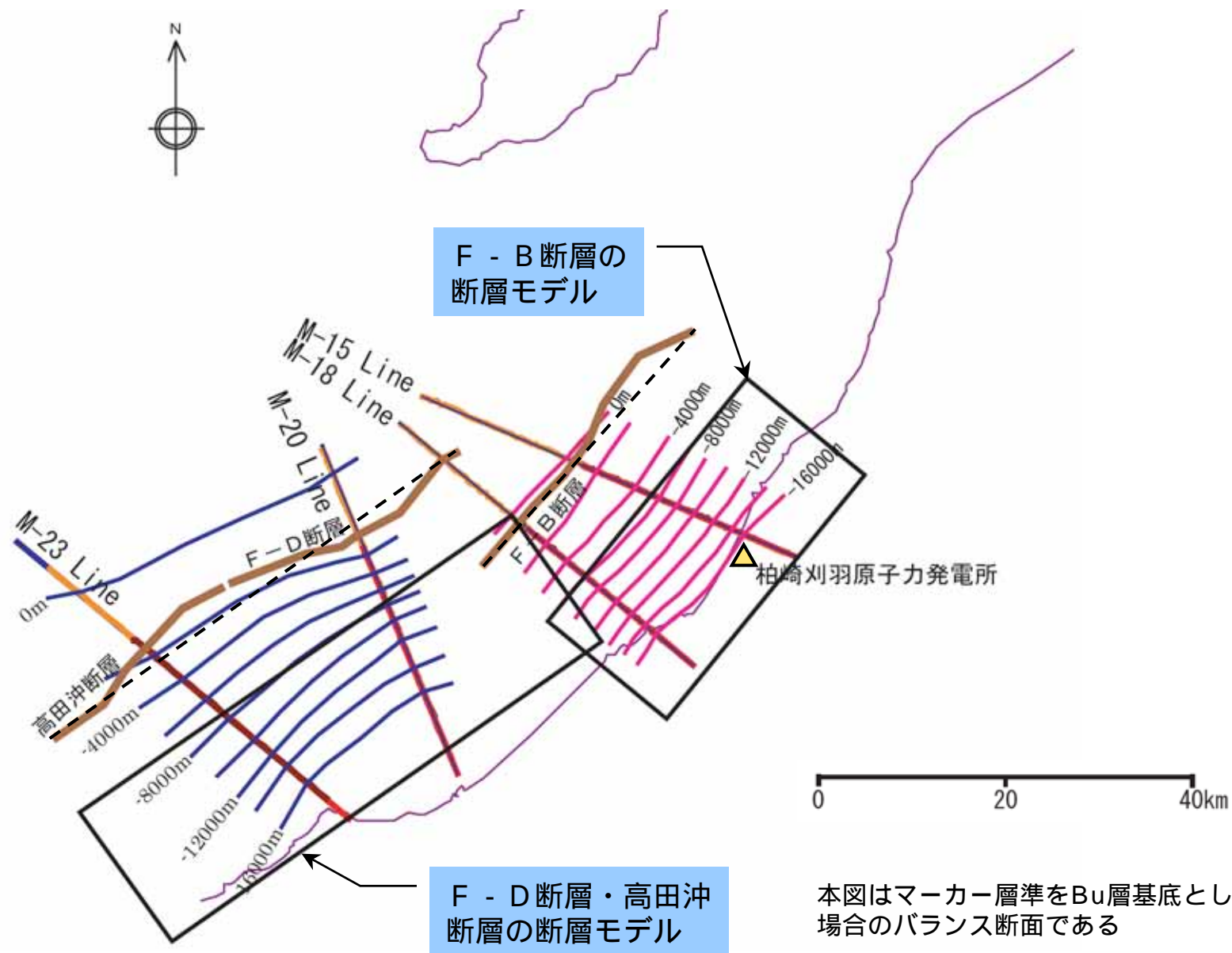


凡 例

- Bu層基底 (マーカー層準) の現在の褶曲形態
- マーカー層準をBu層基底とした場合のバランス断面
- C層基底 (マーカー層準) の現在の褶曲形態
- マーカー層準をC層基底とした場合のバランス断面

(距離及び深度目盛の単位はメートル)

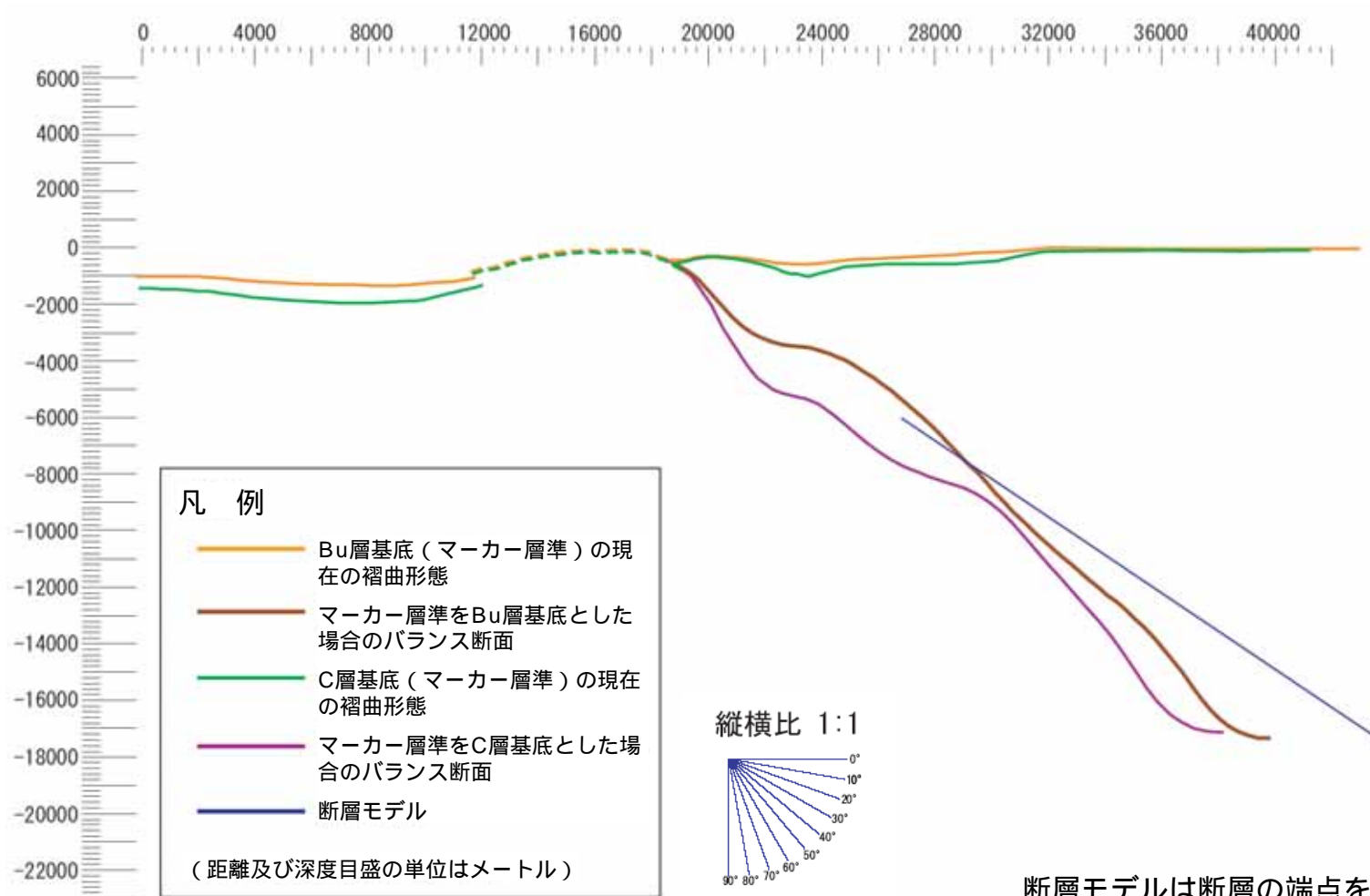
# 海域断層のバランス断面と断層モデルとの比較



本図はマーカー層準をBu層基底とした場合のバランス断面である

# F - B 断層のバランス断面と断層モデルとの比較 (M-15測線)

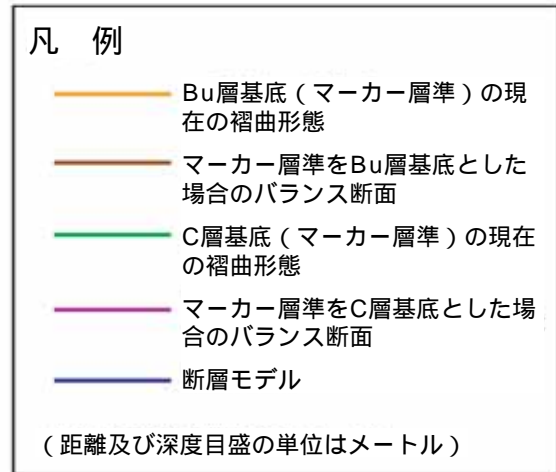
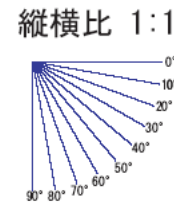
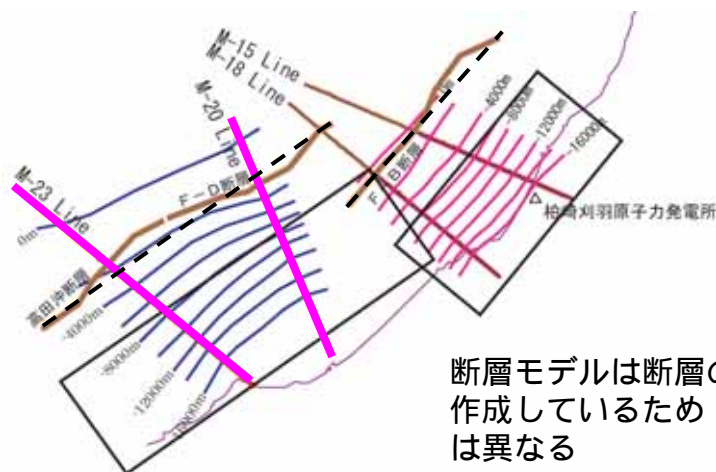
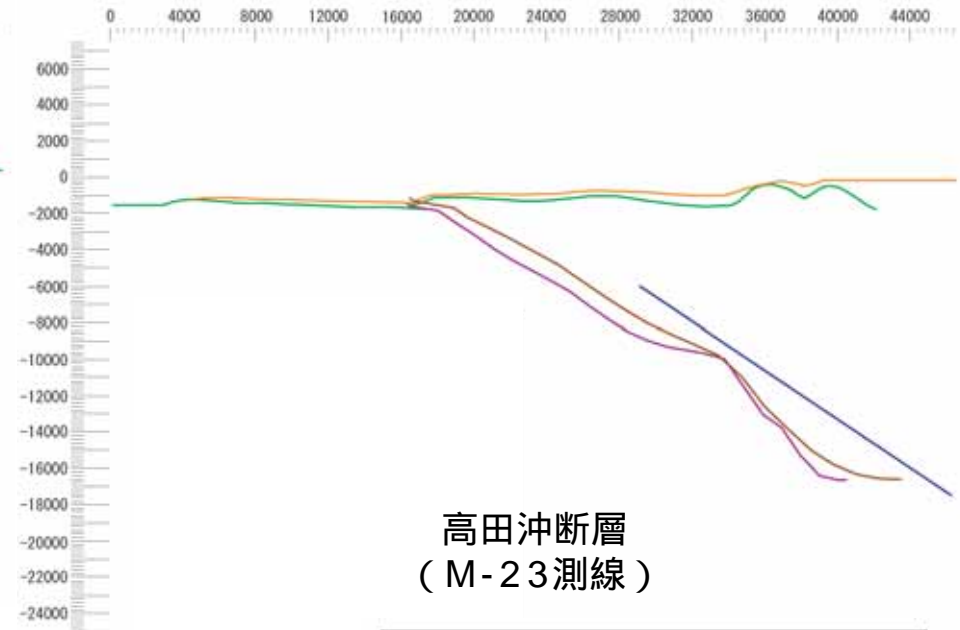
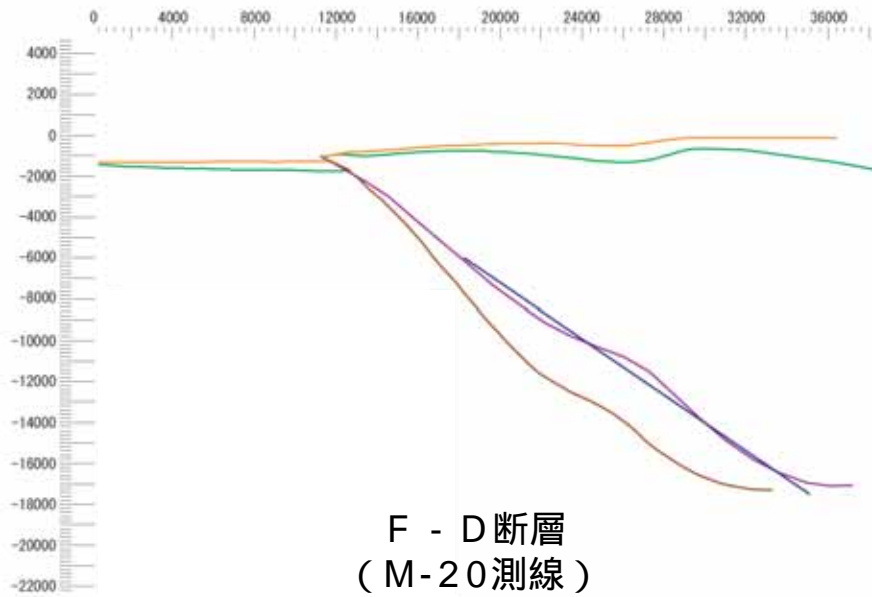
- 推定された断層面の傾斜は，断層モデルとほぼ同様の角度となっている



断層モデルは断層の端点を直線で結んで作成しているため，海底延長部での位置は異なる

# F - D断層・高田沖断層のバランス断面と断層モデルとの比較

- 推定された断層面の傾斜は，断層モデルとほぼ同様の角度となっている





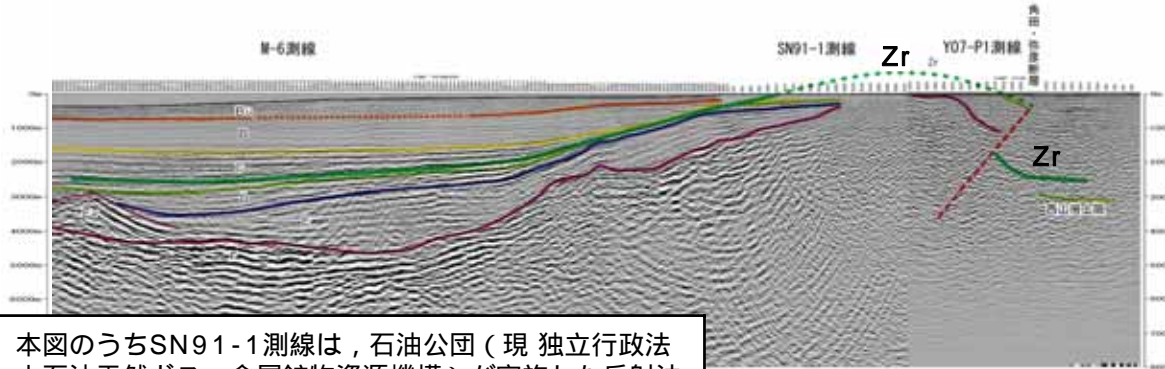
---

長岡平野西縁断層帯（角田・弥彦断層，気比ノ宮断層，  
片貝断層）のバランス断面法による検討

# 長岡平野西縁断層帯のマーカ層準の選定

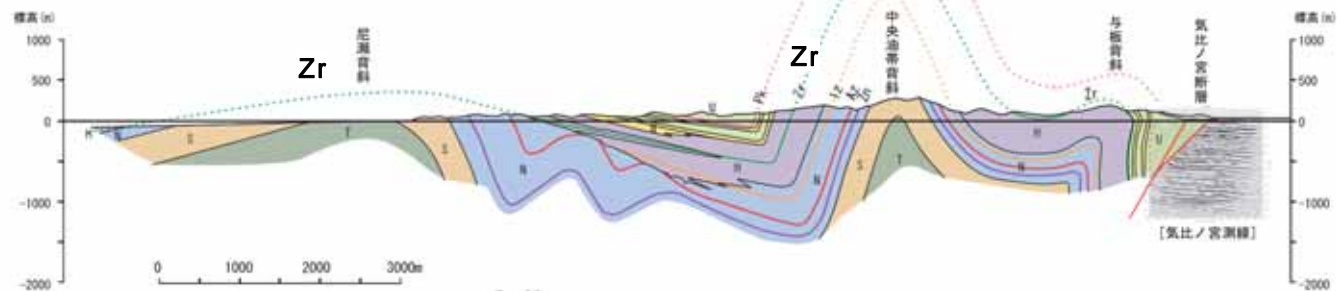
- マーカー層準は，広域で連続的に分布が確認されているZrテフラ（1.05Ma）を選定

角田・弥彦断層  
(y-1測線)



本図のうちSN91-1測線は，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（株）が独自に再処理・解析し，作成したものです。

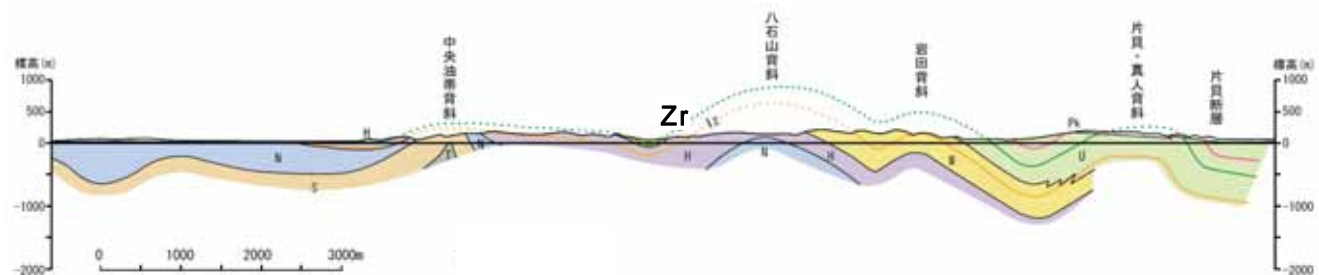
気比ノ宮断層  
(ki-2測線)



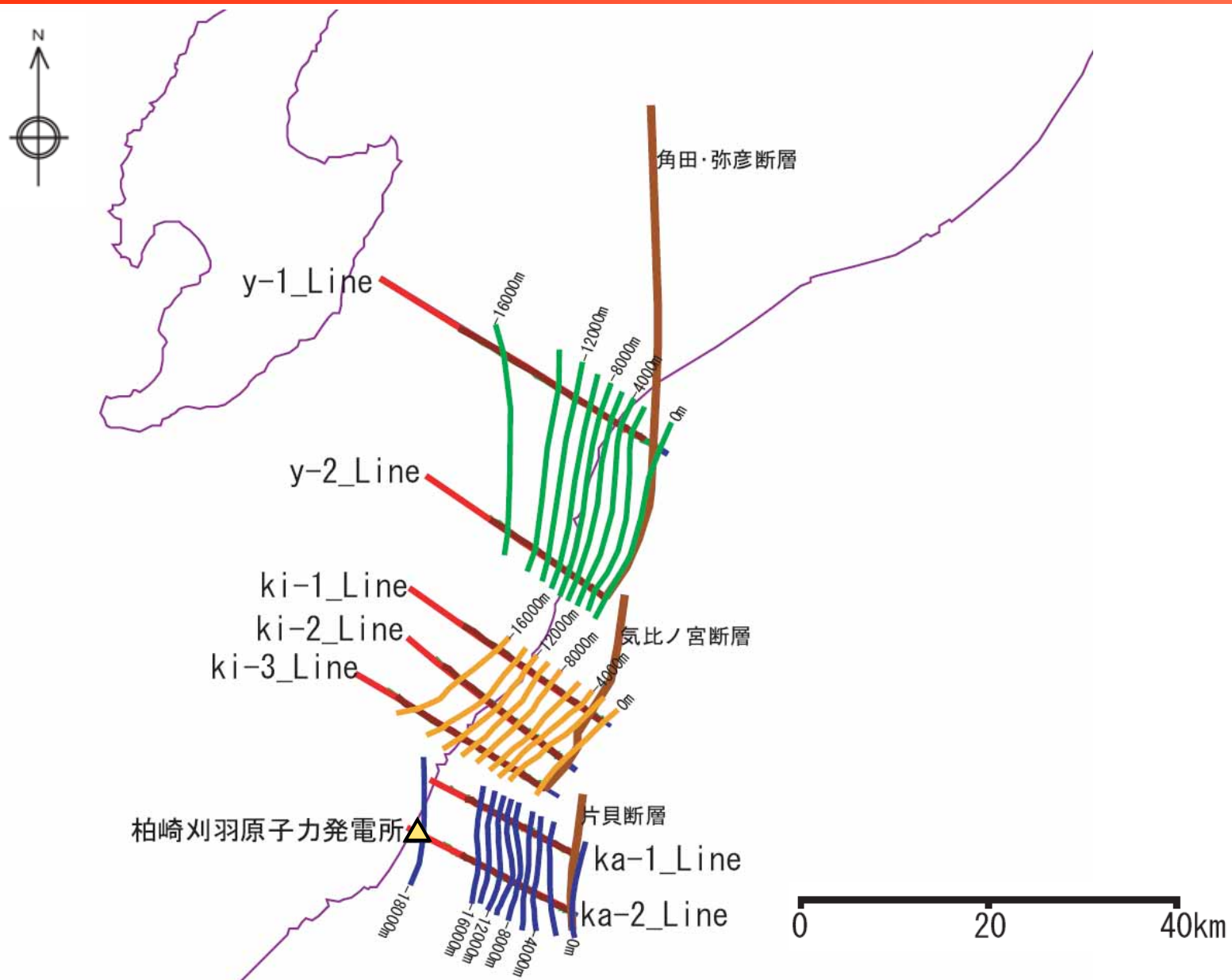
凡 例

- U 魚沼層
- W 和南津層
- H 灰爪層
- N 西山層
- S 椎谷層
- T 寺泊層

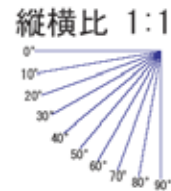
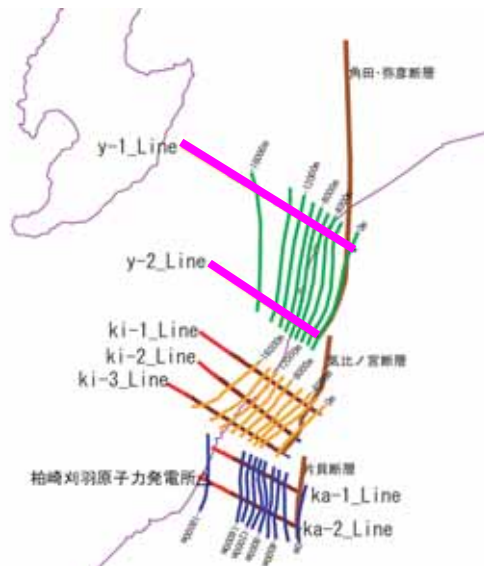
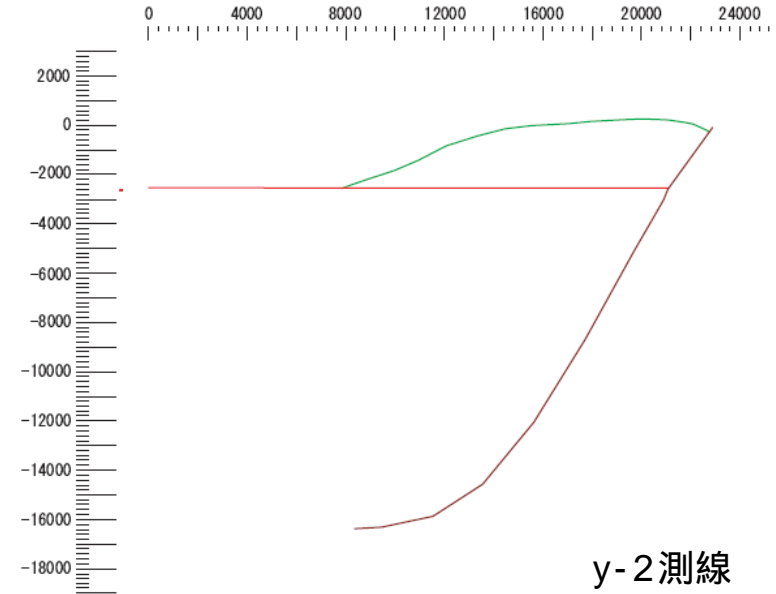
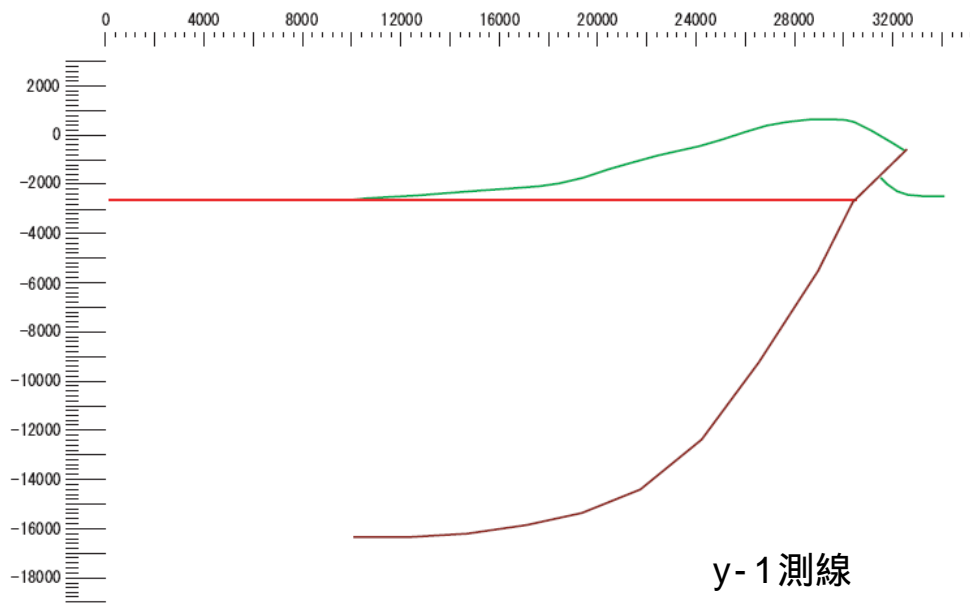
片貝断層  
(ka-2測線)



# 長岡平野西縁断層帯のバランス断面



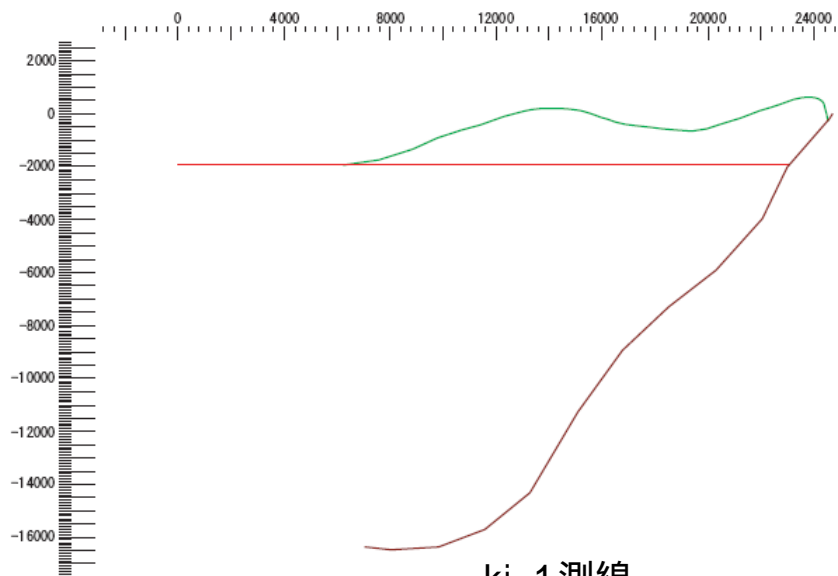
# 角田・弥彦断層のバランス断面



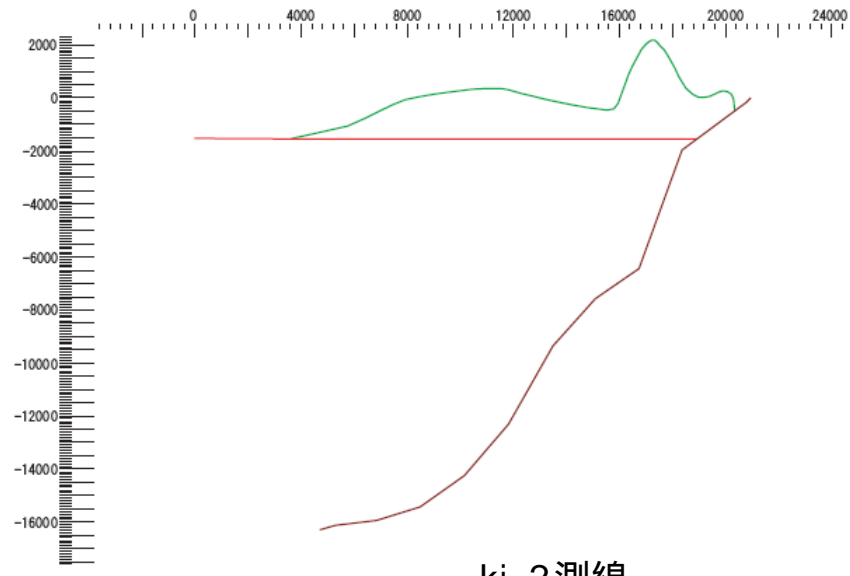
## 凡例

- マーカー層準 (Zrテフラ； 1.05Ma) の現在の褶曲形態
- 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
- バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断面 (距離及び深度目盛の単位はメートル)

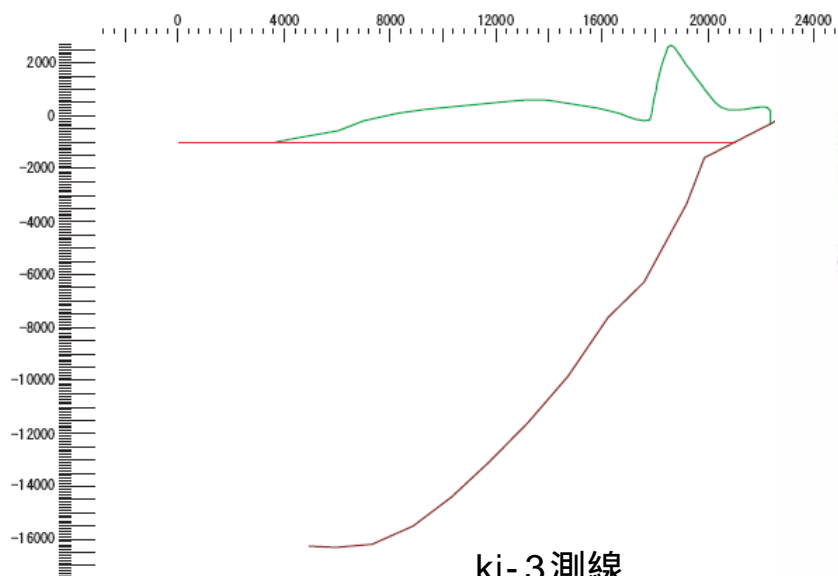
# 気比ノ宮断層のバランス断面



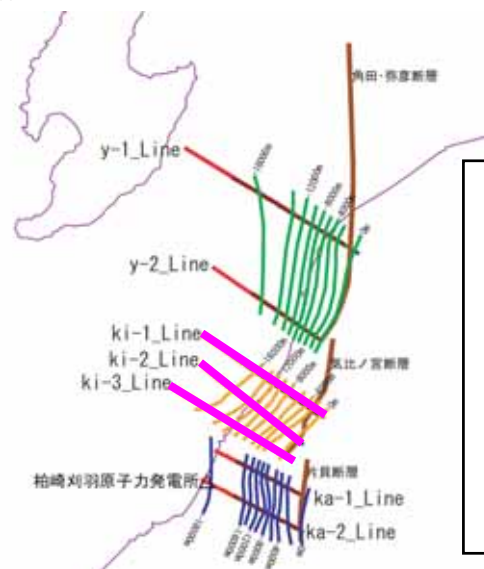
ki-1 測線



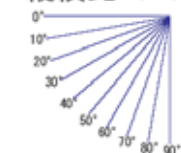
ki-2 測線



ki-3 測線



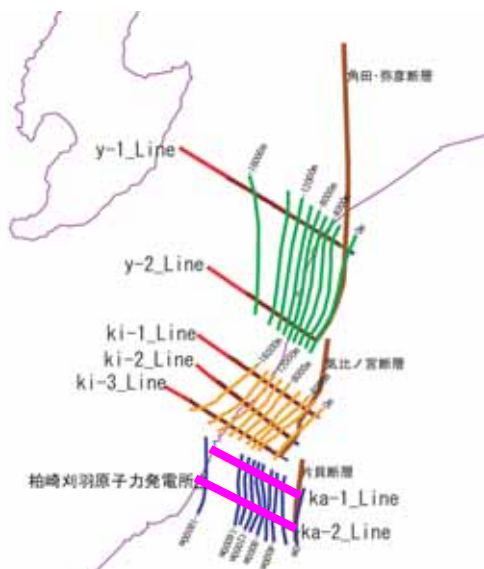
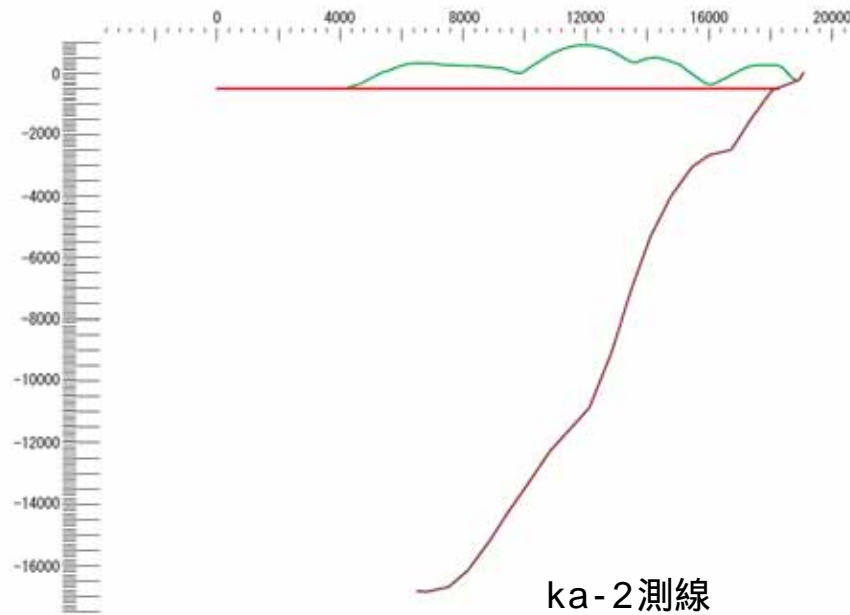
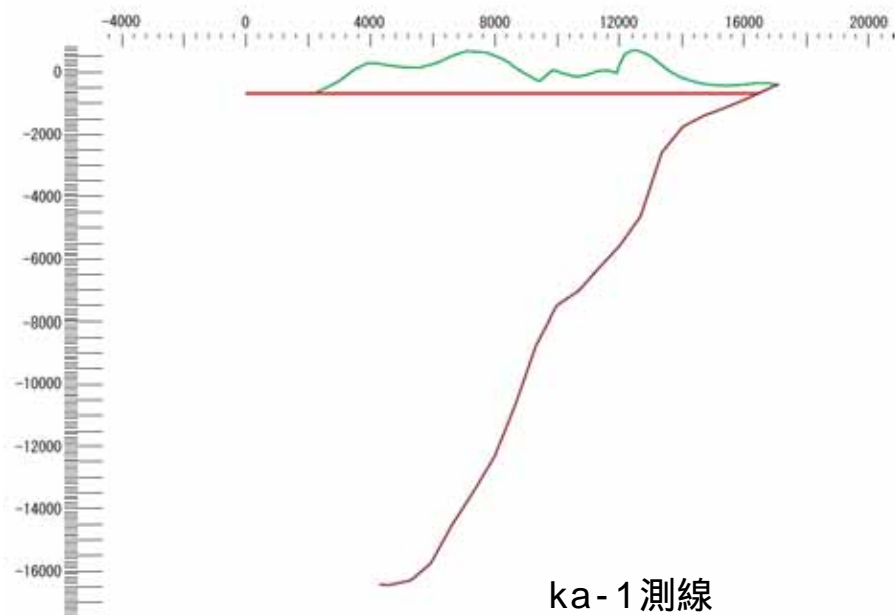
縦横比 1:1



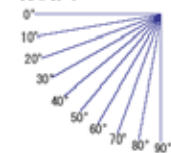
## 凡 例

- マーカー層準 (Zrテフラ ; 1.05Ma) の現在の褶曲形態
- 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
- バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断面層面  
(距離及び深度目盛の単位はメートル)

# 片貝断層のバランス断面



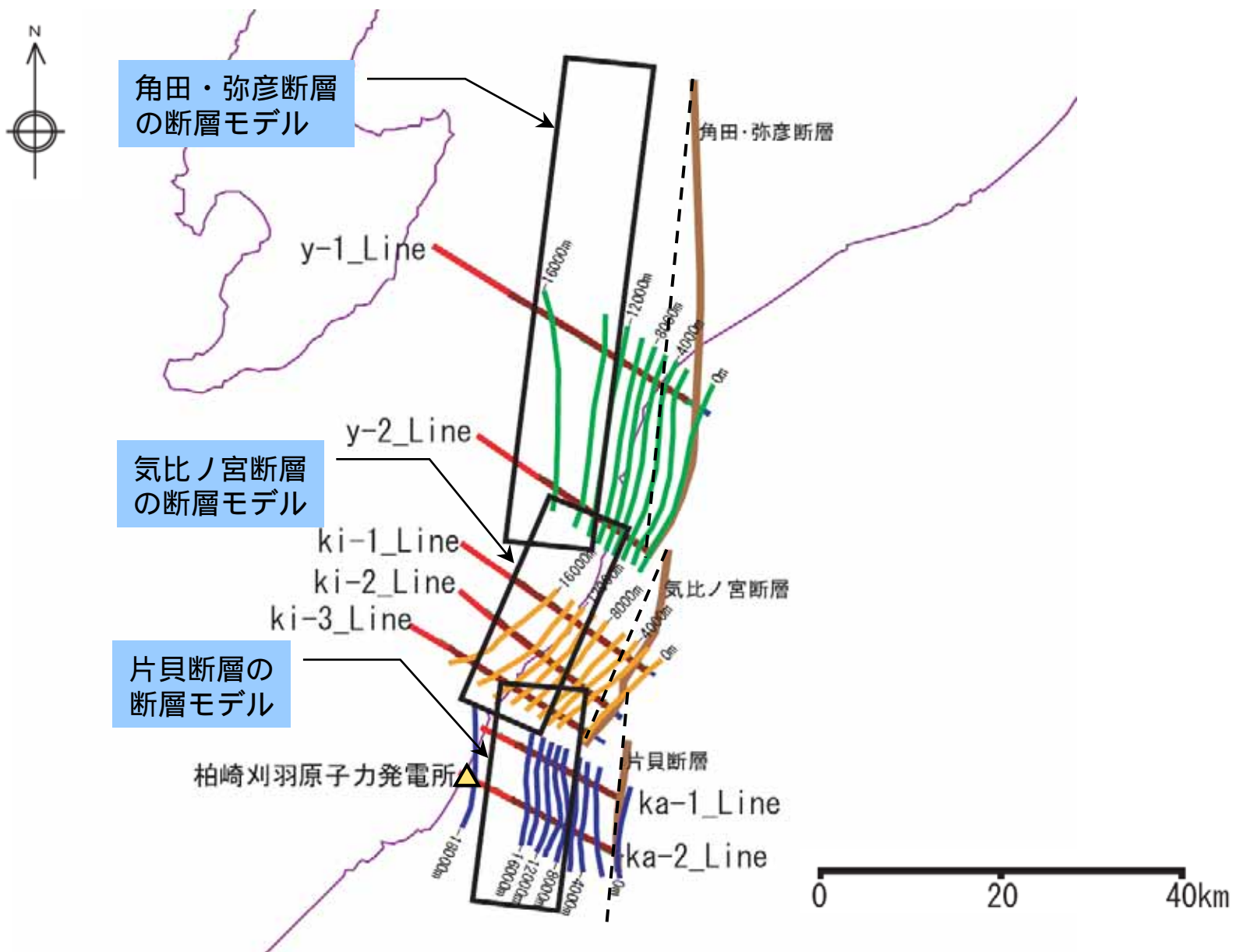
縦横比 1:1



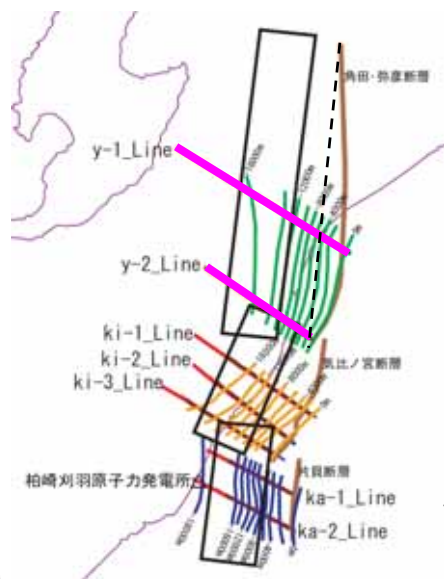
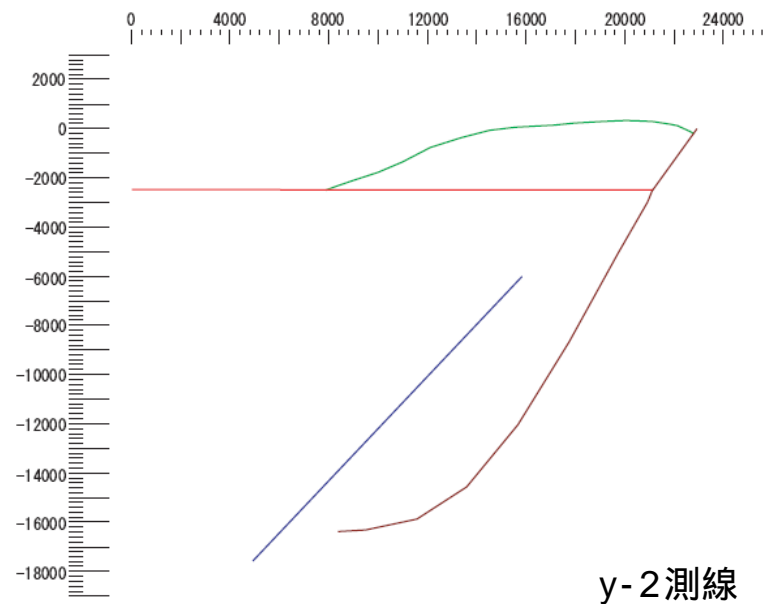
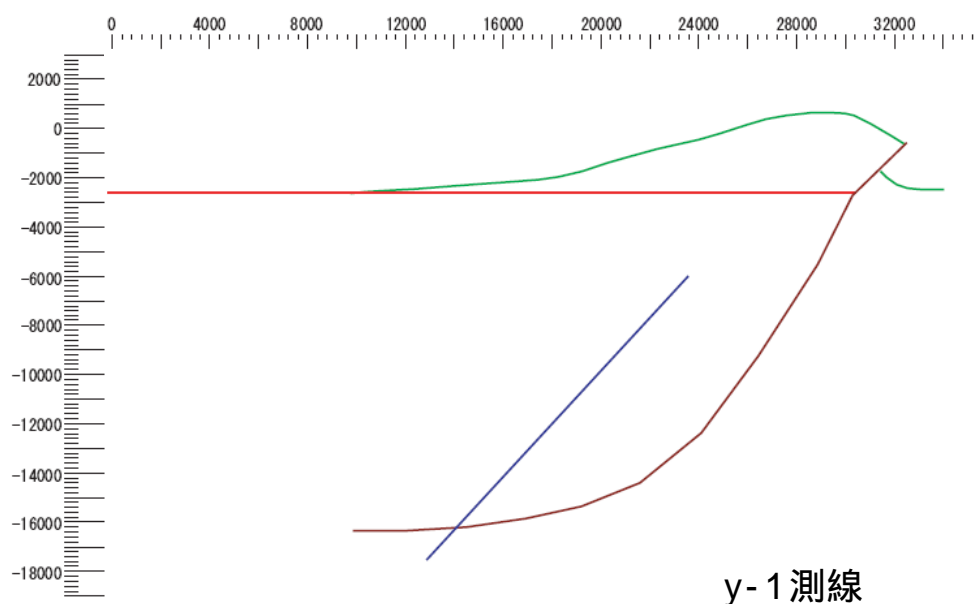
## 凡例

- マーカー層準 (Zrテフラ ; 1.05Ma) の現在の褶曲形態
- 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
- バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断面 (距離及び深度目盛の単位はメートル)

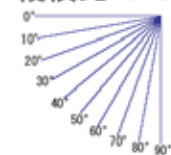
# 角田・弥彦断層，気比ノ宮断層，片貝断層の断層モデルとの比較



# 角田・弥彦断層のバランス断面と断層モデルとの比較



縦横比 1:1



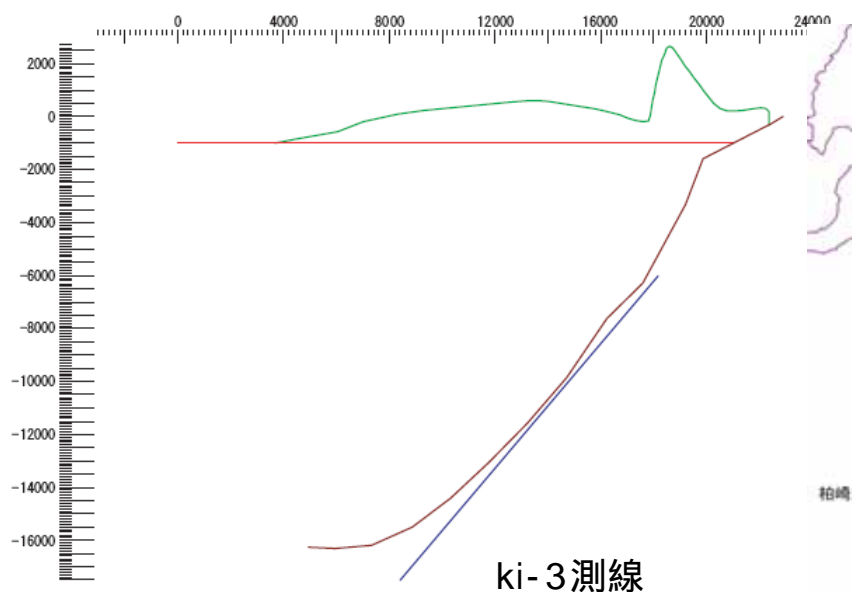
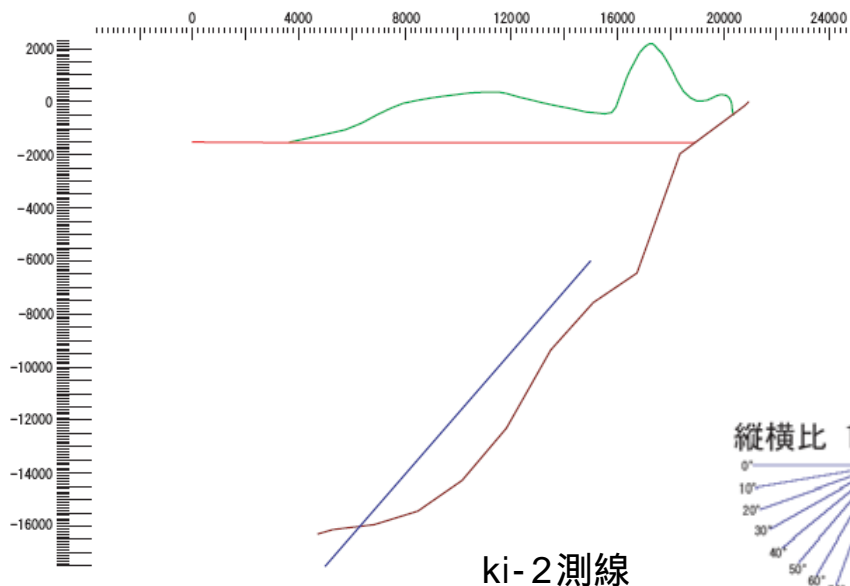
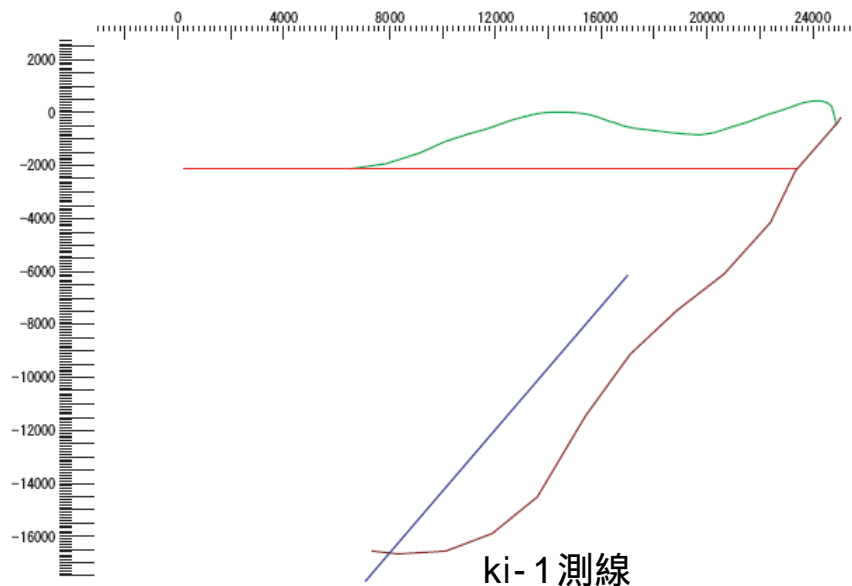
## 凡例

- マーカー層準 (Zrテフラ; 1.05Ma) の現在の褶曲形態
  - 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
  - バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断層面
  - 断層モデル
- (距離及び深度目盛の単位はメートル)

断層モデルは断層の端点を直線で結んで作成しているため、地表延長部での位置は異なる



# 気比ノ宮断層のバランス断面と断層モデルとの比較



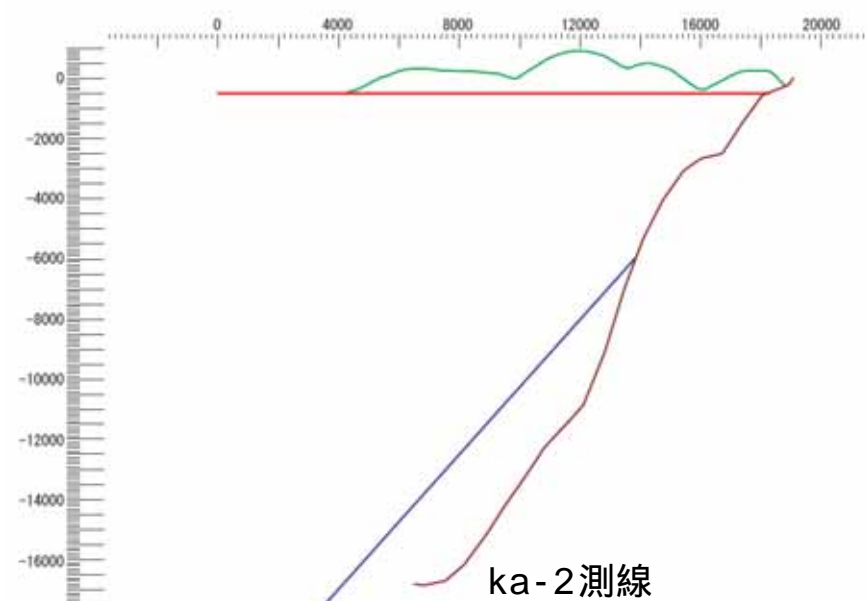
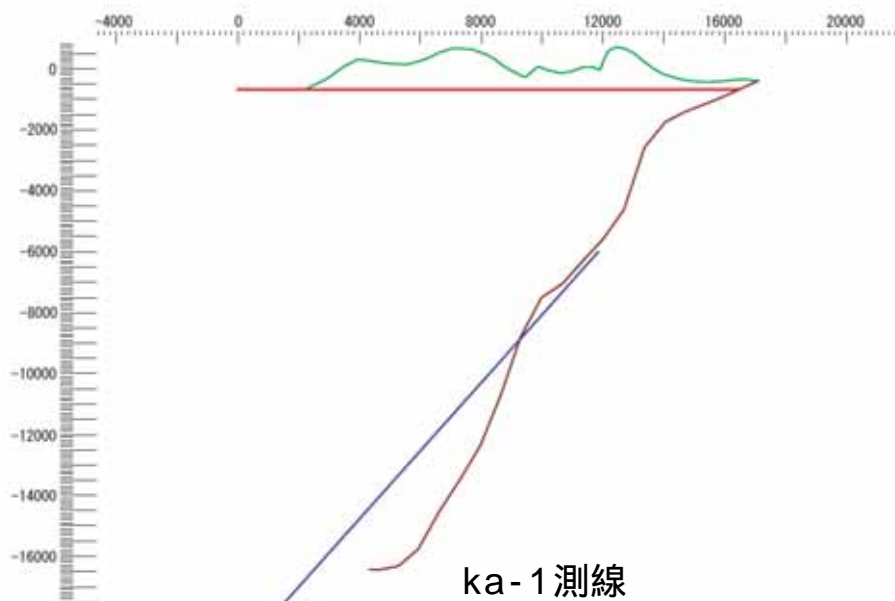
断層モデルは断層の端点を直線で結んで作成しているため、地表延長部での位置は異なる

凡 例

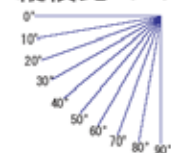
- マーカー層準 (Zrテフラ; 1.05Ma) の現在の褶曲形態
- 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
- バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断層面
- 断層モデル

(距離及び深度目盛の単位はメートル)

# 片貝断層のバランス断面と断層モデルとの比較



縦横比 1:1

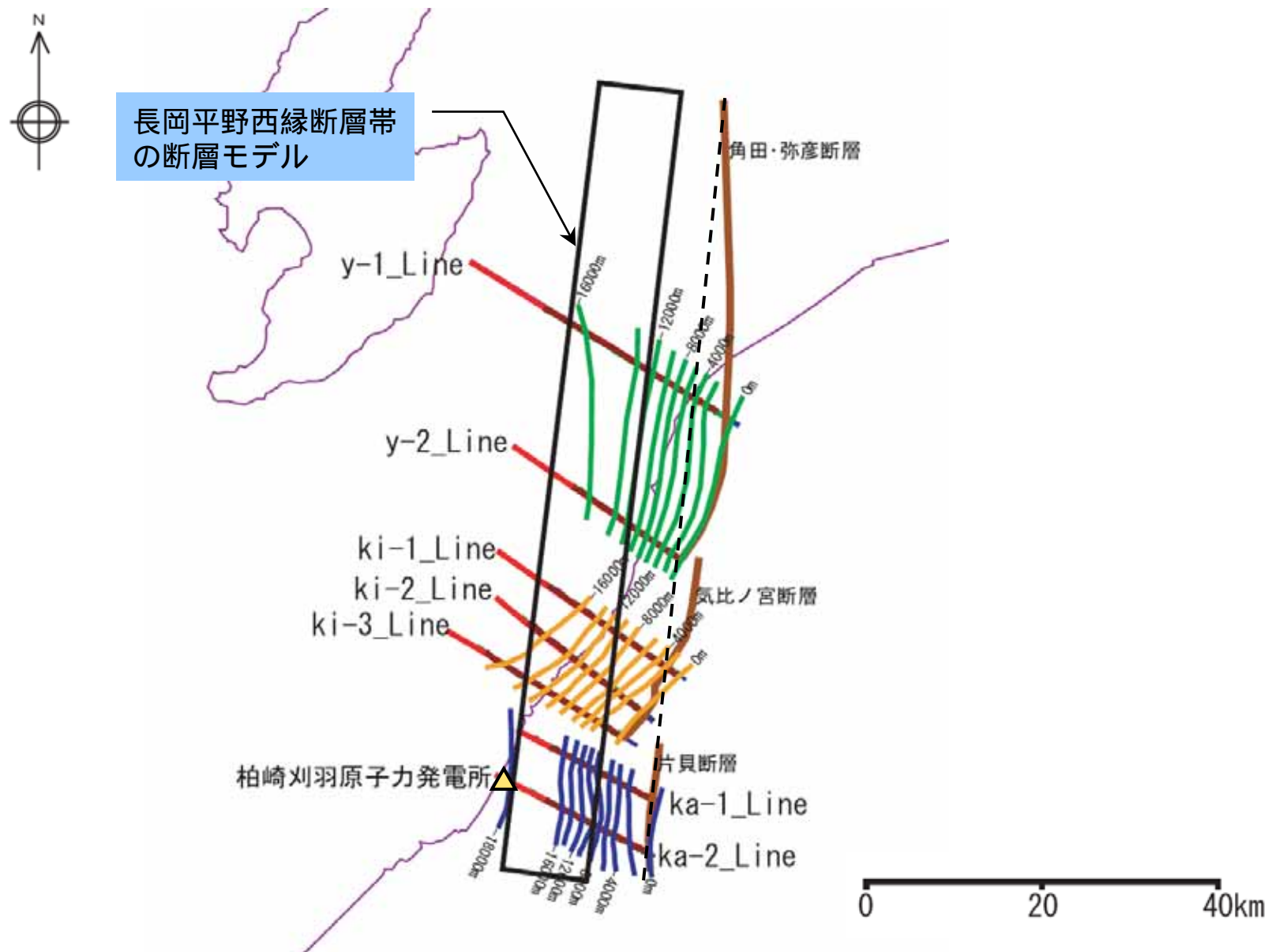


凡 例

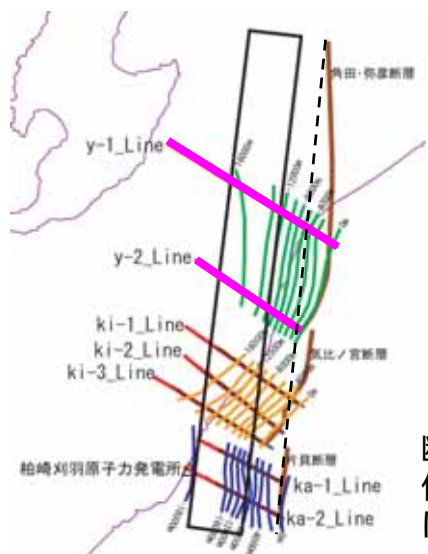
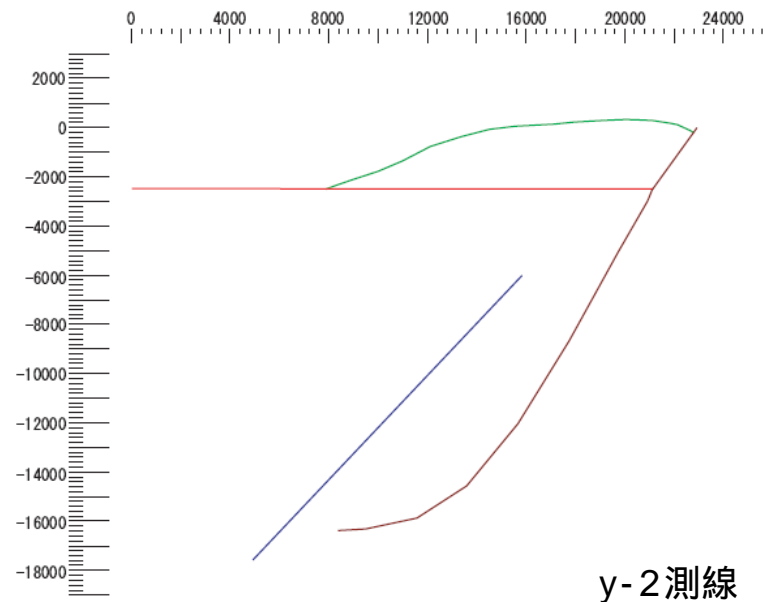
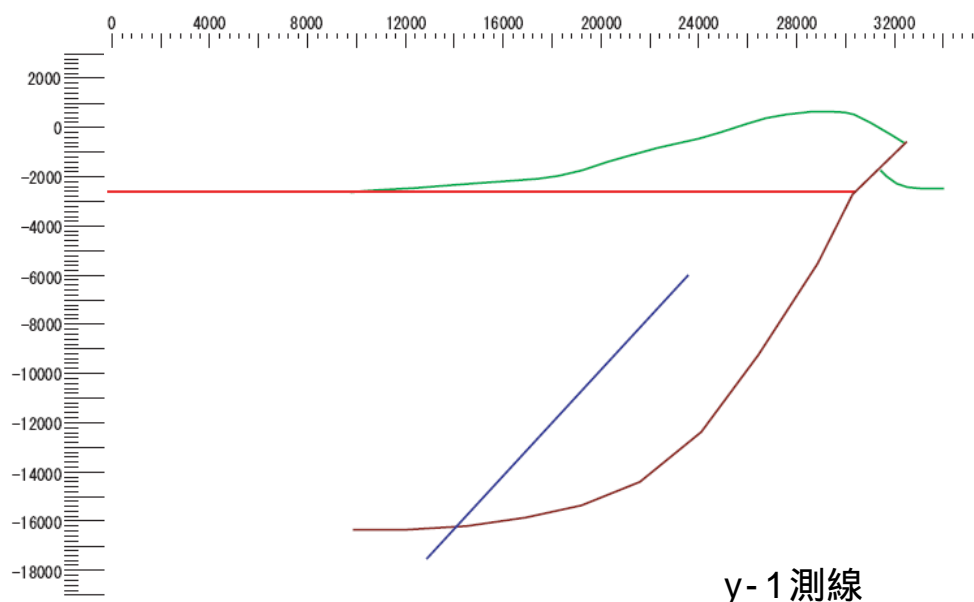
- マーカー層準 (Zrテフラ ; 1.05Ma) の現在の褶曲形態
  - 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
  - バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断層面
  - 断層モデル
- (距離及び深度目盛の単位はメートル)

断層モデルは断層の端点を直線で結んで作成しているため、地表延長部での位置は異なる

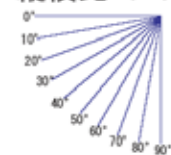
# 長岡平野西縁断層帯のバランス断面と断層モデルとの比較



# 角田・弥彦断層のバランス断面と断層モデルとの比較



縦横比 1:1

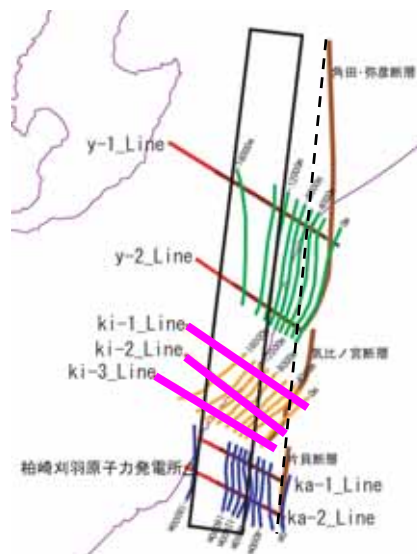
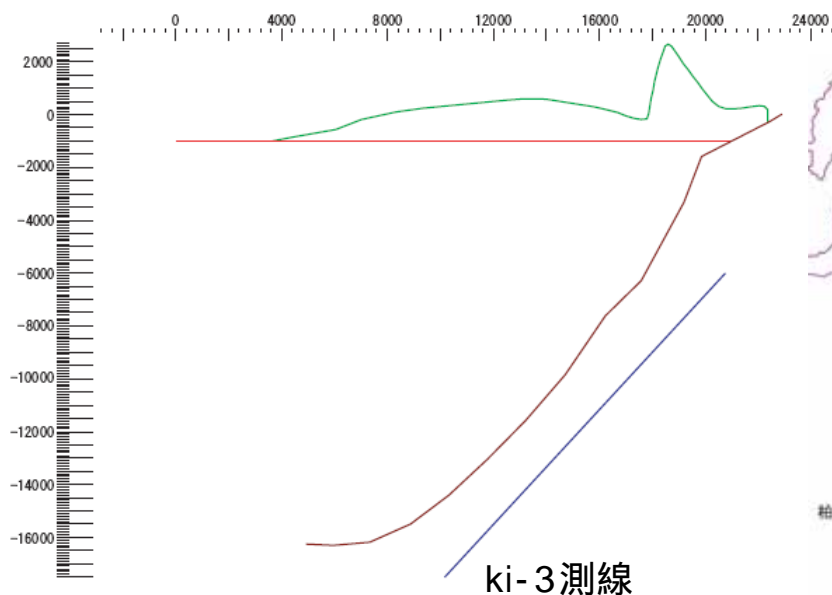
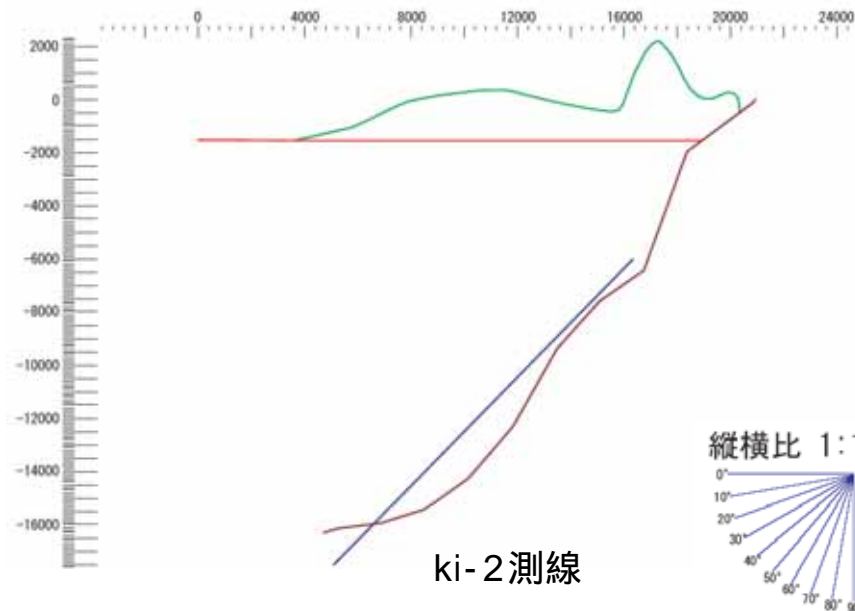
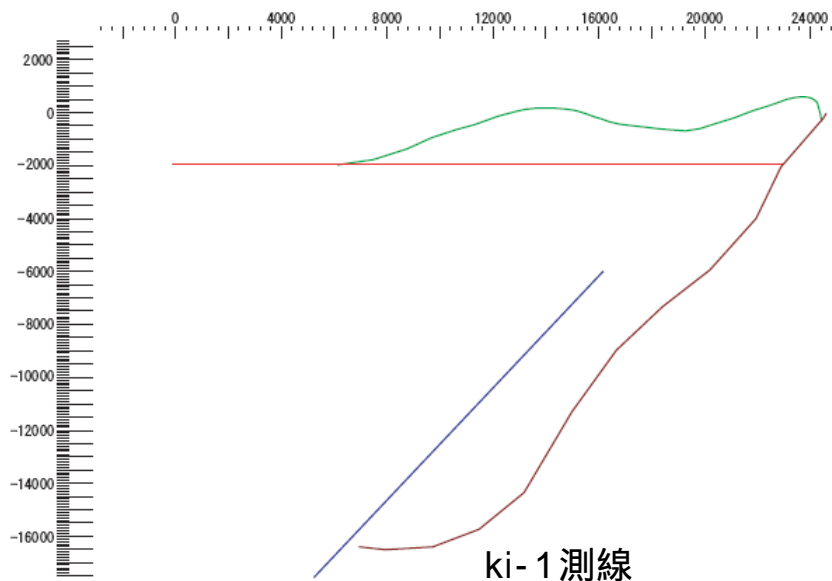


## 凡例

- マーカー層準 (Zrテフラ ; 1.05Ma) の現在の褶曲形態
  - 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
  - バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断層面
  - 断層モデル
- (距離及び深度目盛の単位はメートル)

断層モデルは断層の端点を直線で結んで作成しているため、地表延長部での位置は異なる

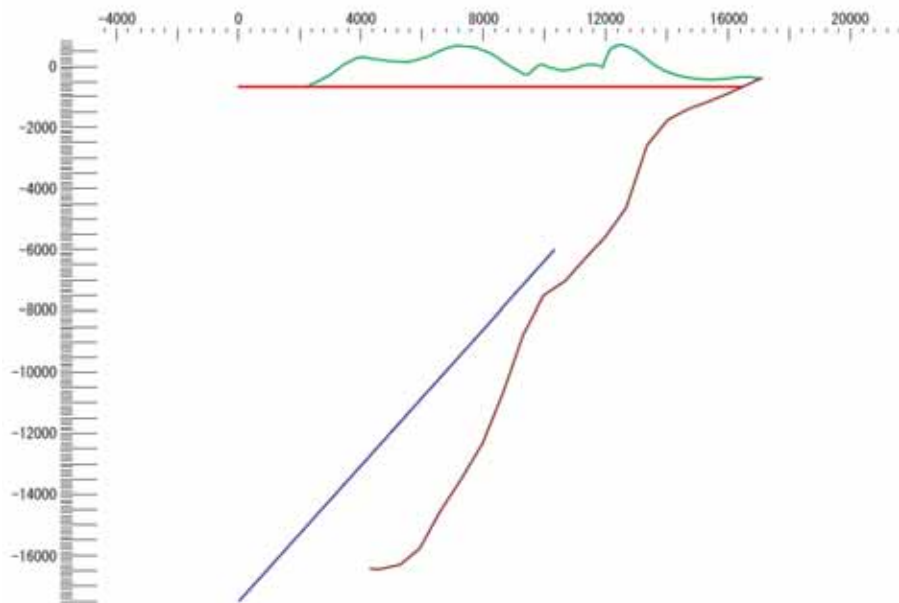
# 気比ノ宮断層のバランス断面と断層モデルとの比較



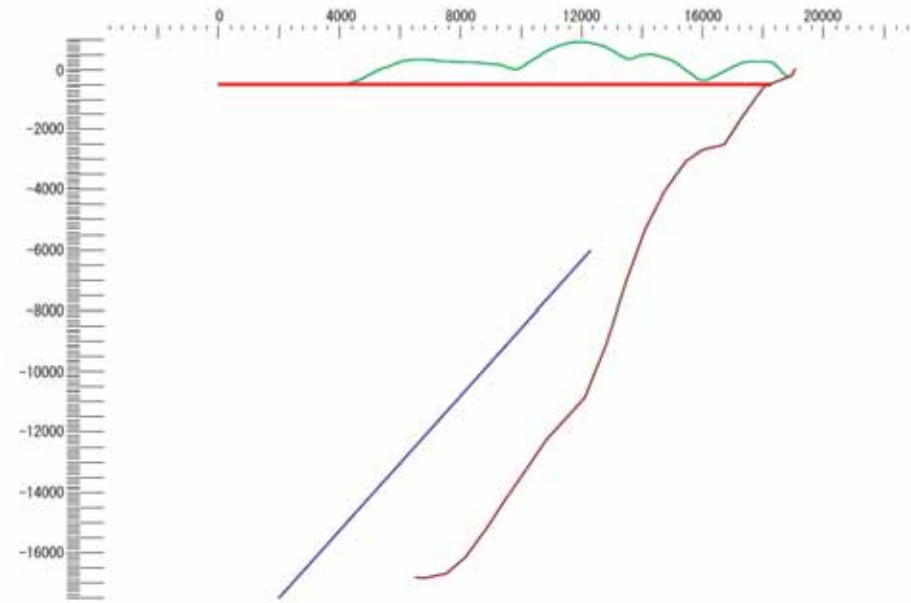
断層モデルは断層の端点を直線で結んで作成しているため、地表延長部での位置は異なる

- 凡 例
- マーカー層準 (Zrテフラ; 1.05Ma) の現在の褶曲形態
  - 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
  - バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断層面
  - 断層モデル
- (距離及び深度目盛の単位はメートル)

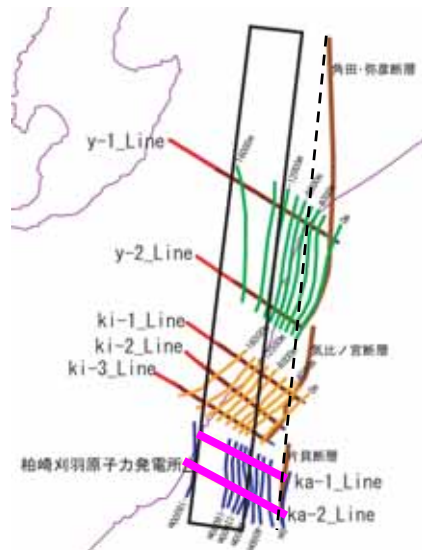
# 片貝断層のバランス断面と断層モデルとの比較



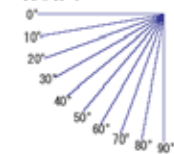
ka-1 測線



ka-2 測線



縦横比 1:1



## 凡 例

- マーカー層準 (Zrテフラ ; 1.05Ma) の現在の褶曲形態
  - 仮定したマーカー層準 (Zrテフラ) の堆積時 (変形前) の形態
  - バランス断面法 (Inclined-shear法) により推定した断層面
  - 断層モデル
- (距離及び深度目盛の単位はメートル)

断層モデルは断層の端点を直線で結んで作成しているため、地表延長部での位置は異なる

## まとめ

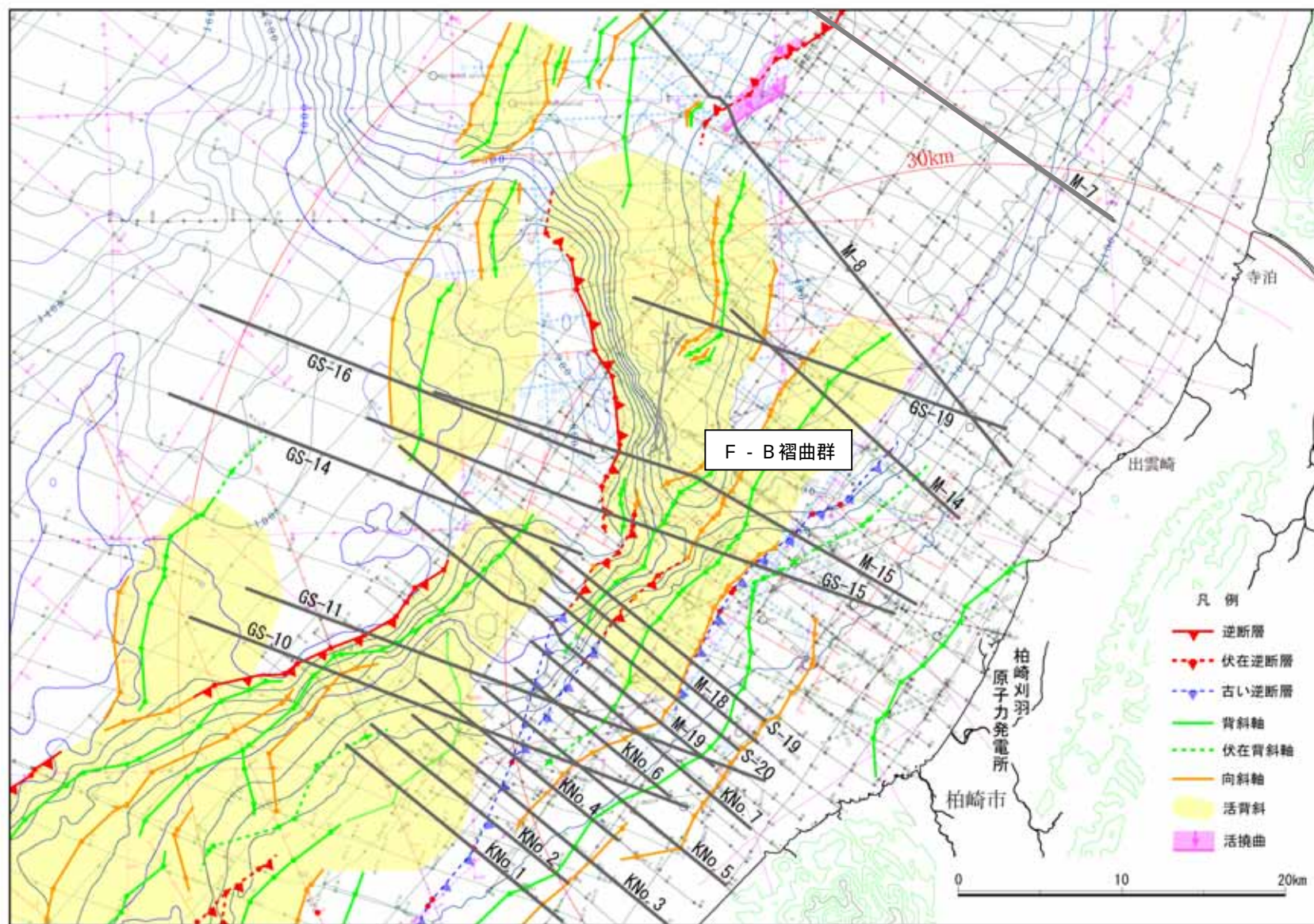
- バランス断面法を用いて、海域のF - B断層、F - D断層及び高田沖断層、陸域の長岡平野西縁断層帯（角田・弥彦断層、気比ノ宮断層及び片貝断層）について、地下深部までの断層面の形状を推定した
- F - B断層について、マーカー層準をBu層基底とC層基底としたパラスタを実施した結果、推定された断層面は概ね同様の結果となった
- また、新潟県中越沖地震の余震分布域を通るM-15測線で推定された断層面は、余震分布の広がりの中に位置する結果が得られた
- F - D断層・高田沖断層について、マーカー層準をBu層基底とC層基底としたパラスタを実施した結果、推定された断層面は概ね同様の結果となった
- 長岡平野西縁断層帯（角田・弥彦断層、気比ノ宮断層、片貝断層）について、断層面を推定した結果、断層上盤（後翼）の背斜の規模や数が増えると高角度になるが、いずれの断層も傾斜角は $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 程度である
- 基準地震動策定における断層モデルは、地質調査結果、地震調査研究推進本部による長岡平野西縁断層帯の長期評価（陸域）、新潟県中越沖地震の余震分布（海域）、地震発生層、バランス断面法による検討結果等を総合的に踏まえて設定している

---

## F - B 褶曲群北方の大陸棚西縁の斜面部の地質構造について

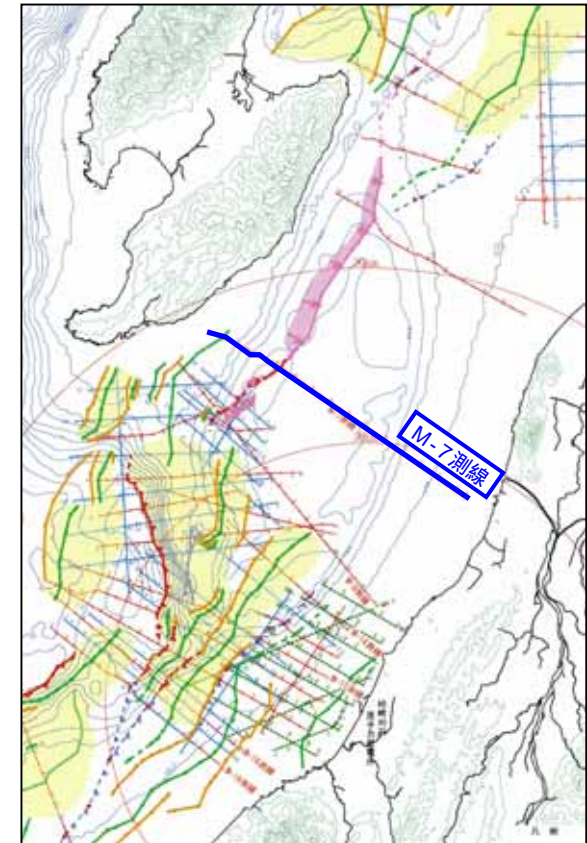
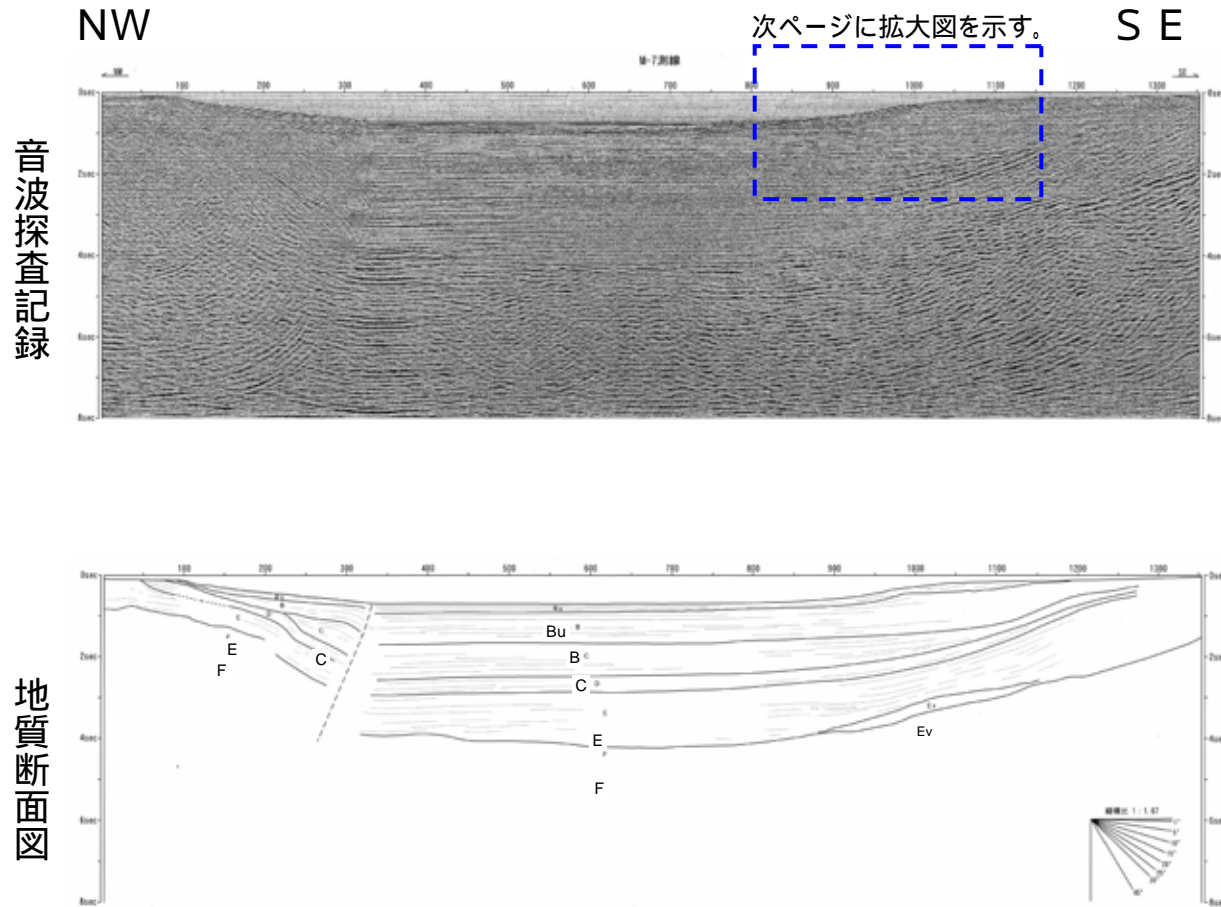


# F - B 褶曲群周辺の地質構造



# M-7測線

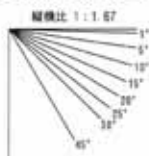
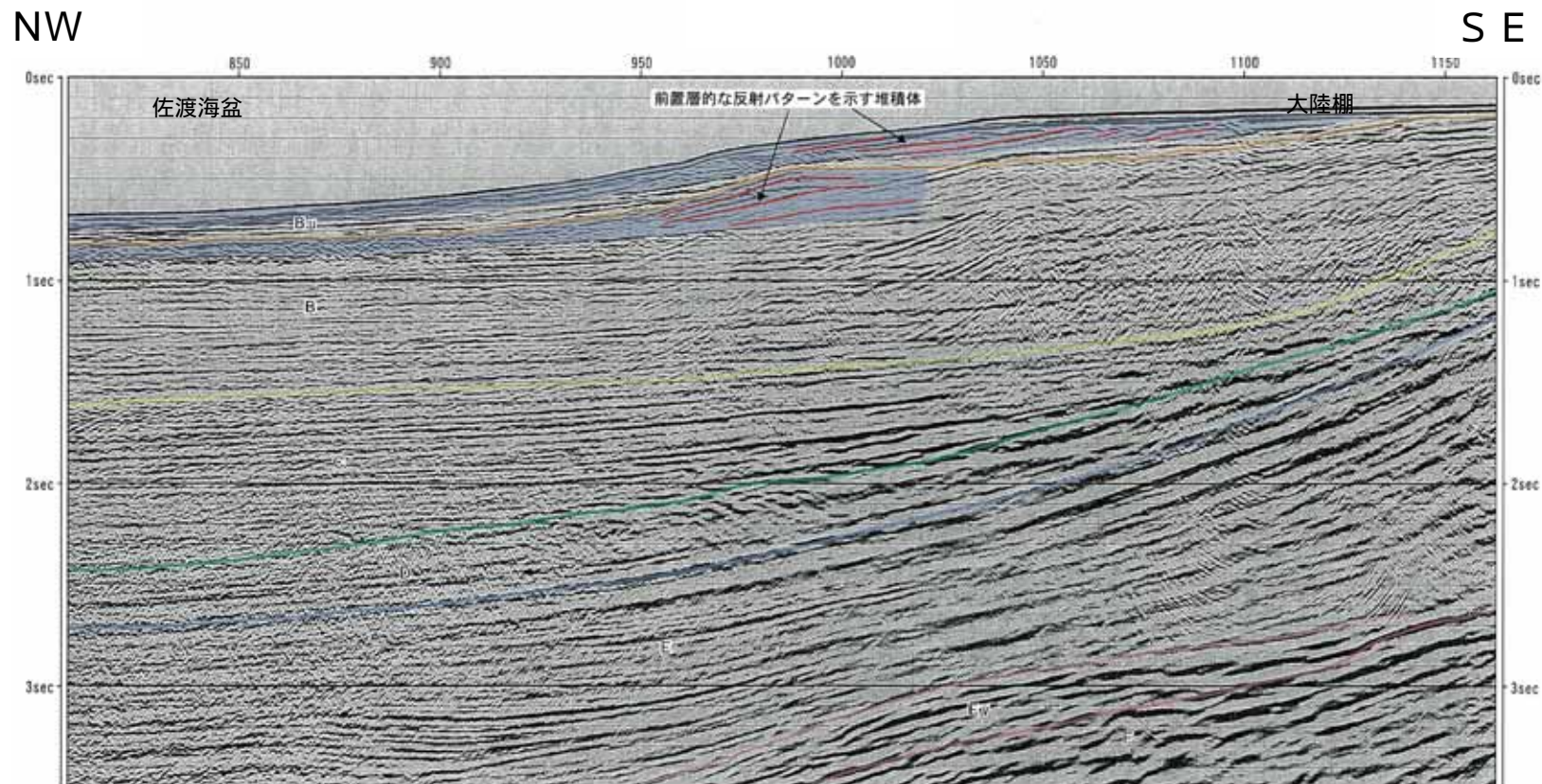
## M-7測線



### 【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 (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-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B u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】

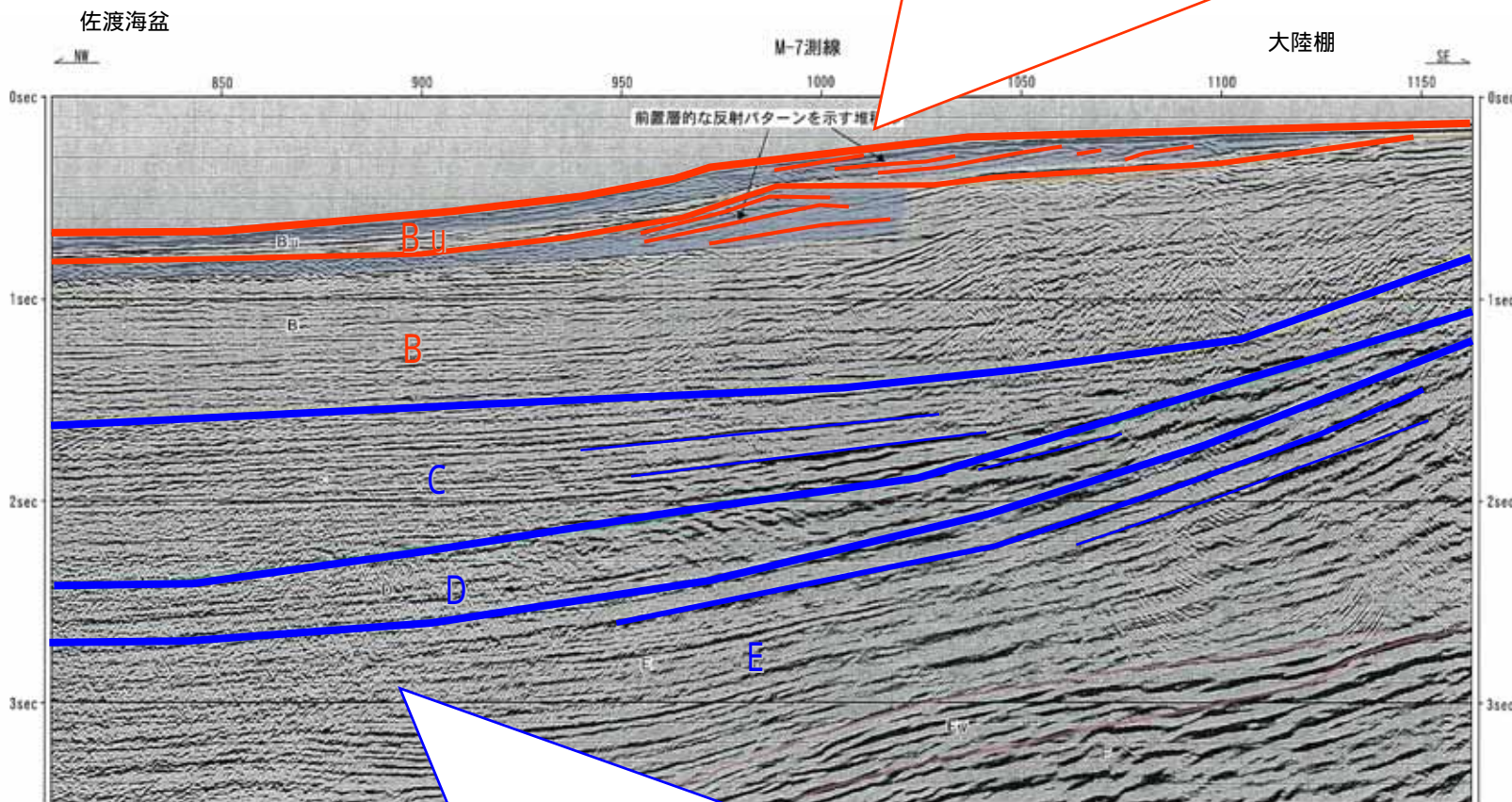
A:沖積層相当層 B u:低位～中位段丘堆積物相当層 B:高位段丘堆積物相当層 C:灰爪層相当層 D:西山層相当層 E:椎谷層～七谷層相当層 (E v:グリーンツツより上位の火山噴出物) F:グリーンツツ相当層

# M-7測線（大陸棚部拡大）

NW

: Bu層, B層は, Progradationによるforeset bed構造を示す

SE

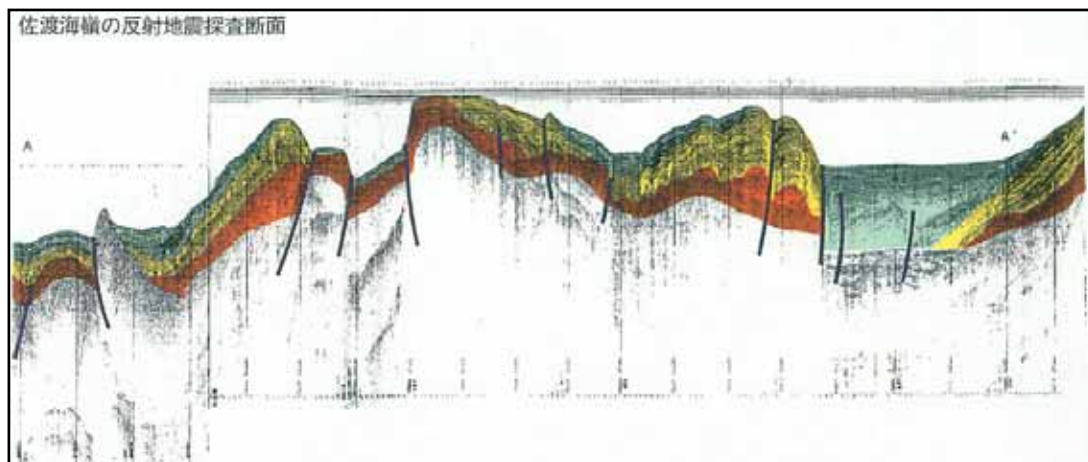


: C層, D層, E層以下の地層は, 緩やかに西に傾斜する構造  
断層は認められない  
構造(緩やかな凹状)は, Bu層, B層の構造と調和的でない  
Bu層, B層の構造は, 地下の断層活動によるものではない

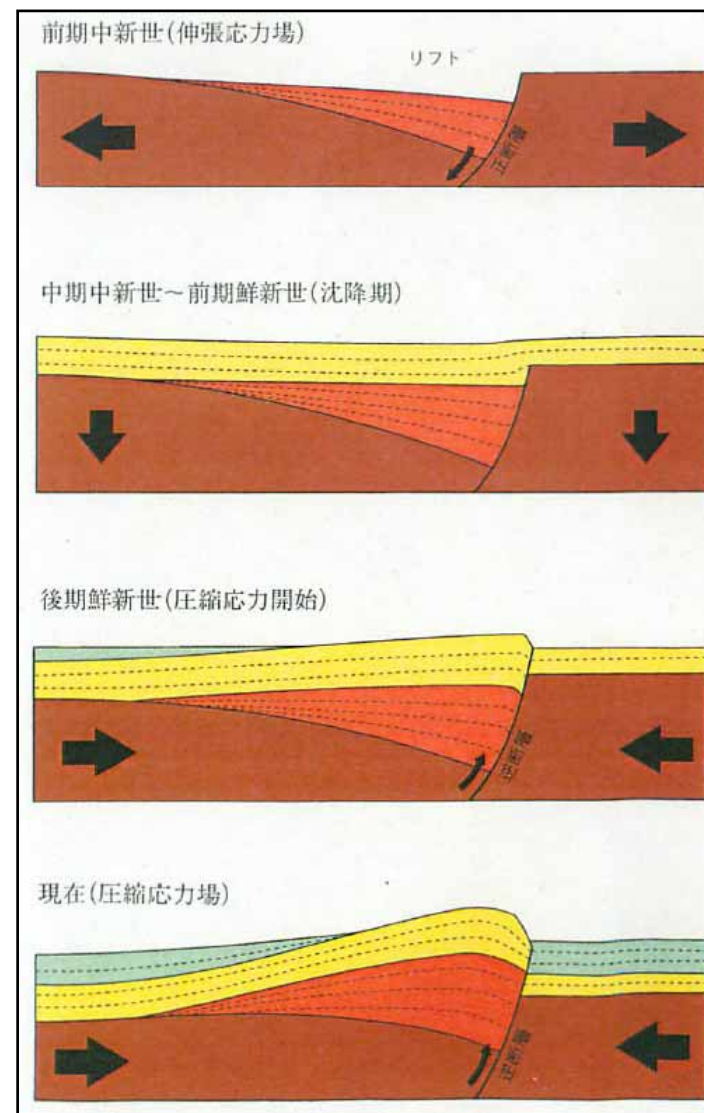
# 大陸棚～大陸棚斜面の深部の構造について(1)

文献調査：日本列島の地質編集委員会 編(1996)による

- 文献によれば「盆地は日本海の形成時期と同時に伸張応力によって形成されたリフト(地溝)で、周囲を正断層によって限られたが、後期鮮新世から第四紀にかけて圧縮応力が強まることによって、正断層が逆断層として再活動し始めたためにリフトが隆起し、現在見られるような地質構造と地形が形成されたと考えられている」としている。



佐渡海嶺の反射地震探査断面(佐渡島北方の断面図)

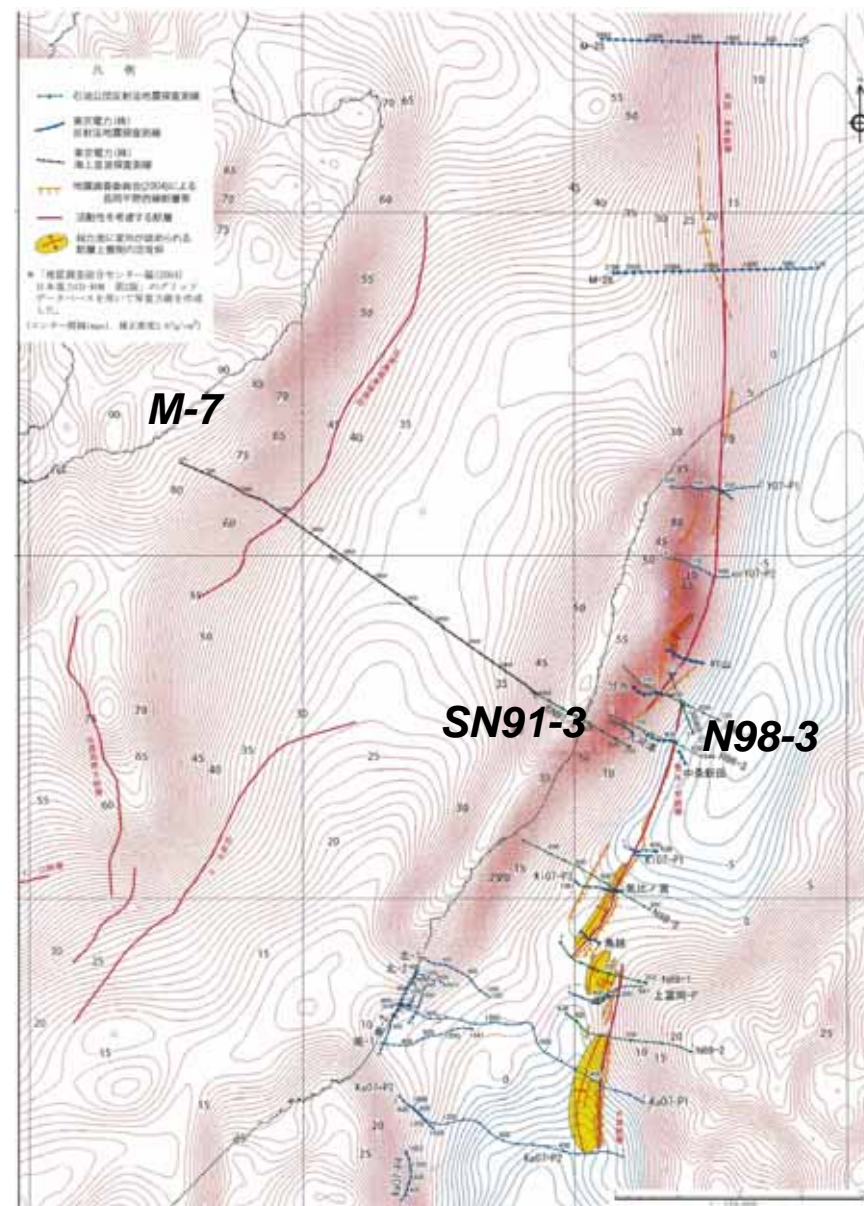


小海嶺の構造発達史

図は、日本列島の地質編集委員会 編(1996)による

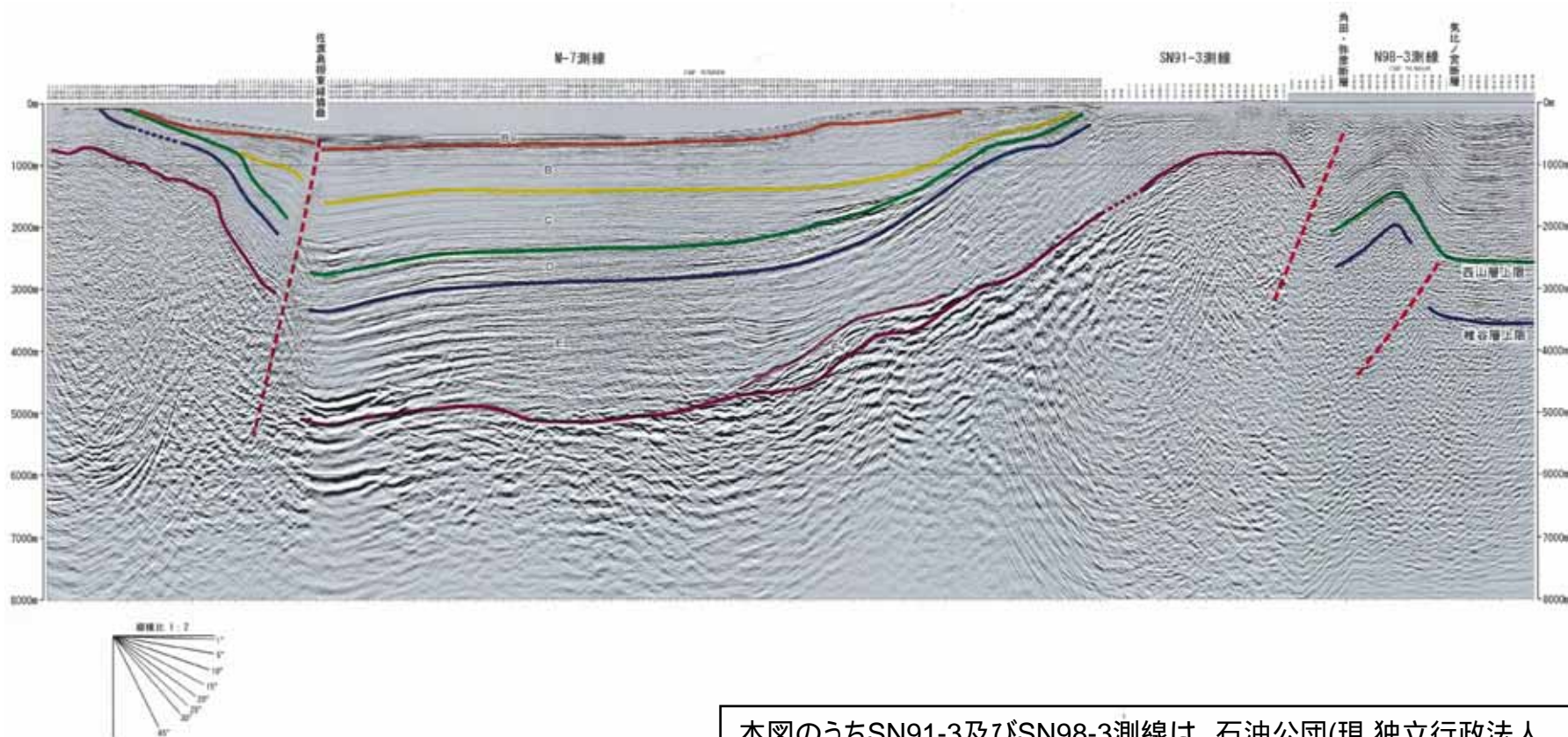
# 大陸棚～大陸棚斜面の深部の構造について（２） 海域～陸域の探査測線位置

- 重力異常図に，海域から陸域にかけて連続させた探査測線の位置を重ね描いて示す。



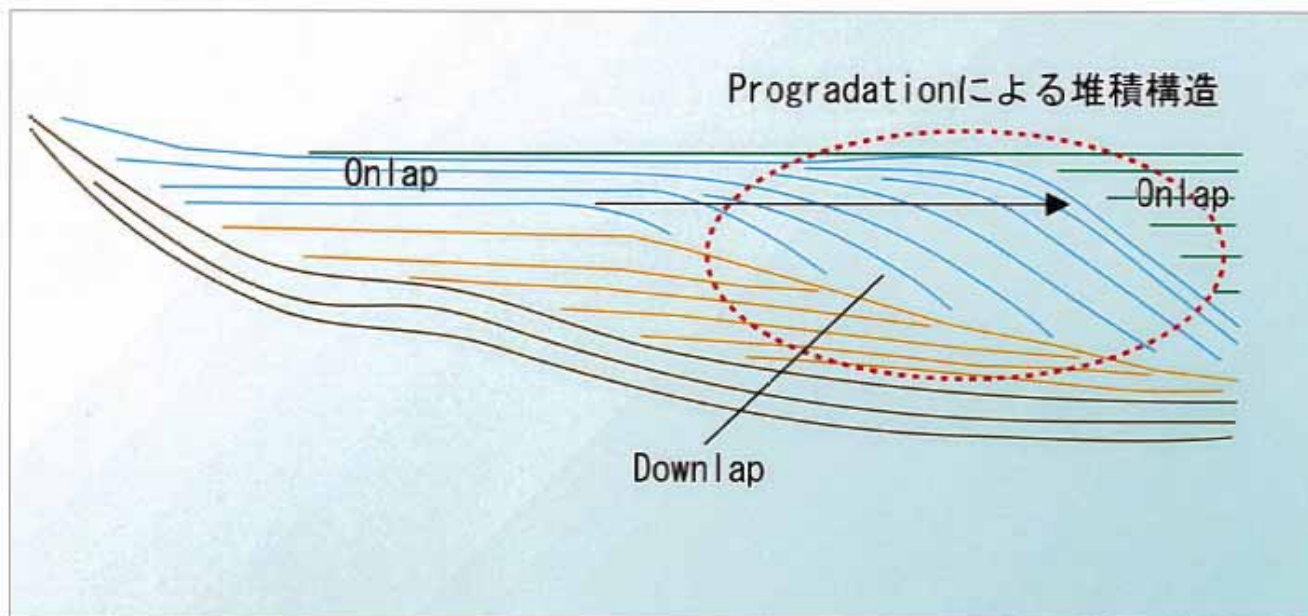
# 大陸棚～大陸棚斜面の深部の構造について(3) 海域～陸域の探査記録 M-7~SN91-3~N98-3

- 日本列島の地質編集委員会 編(1996)による「小海嶺の構造発達史」にみられる構造と類似した構造が認められる。



本図のうちSN91-3及びSN98-3測線は、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(株)が独自に再処理・解析し、作成したものです。

## 参考：Progradation の模式図



第2-6図 Progradation の模式図

(注1) 図は Schlumberger のホームページ (<http://www.glossary.oilfield.slb.com/DisplayImage.cfm?ID=161>) に掲載されているものに加筆して作成した。

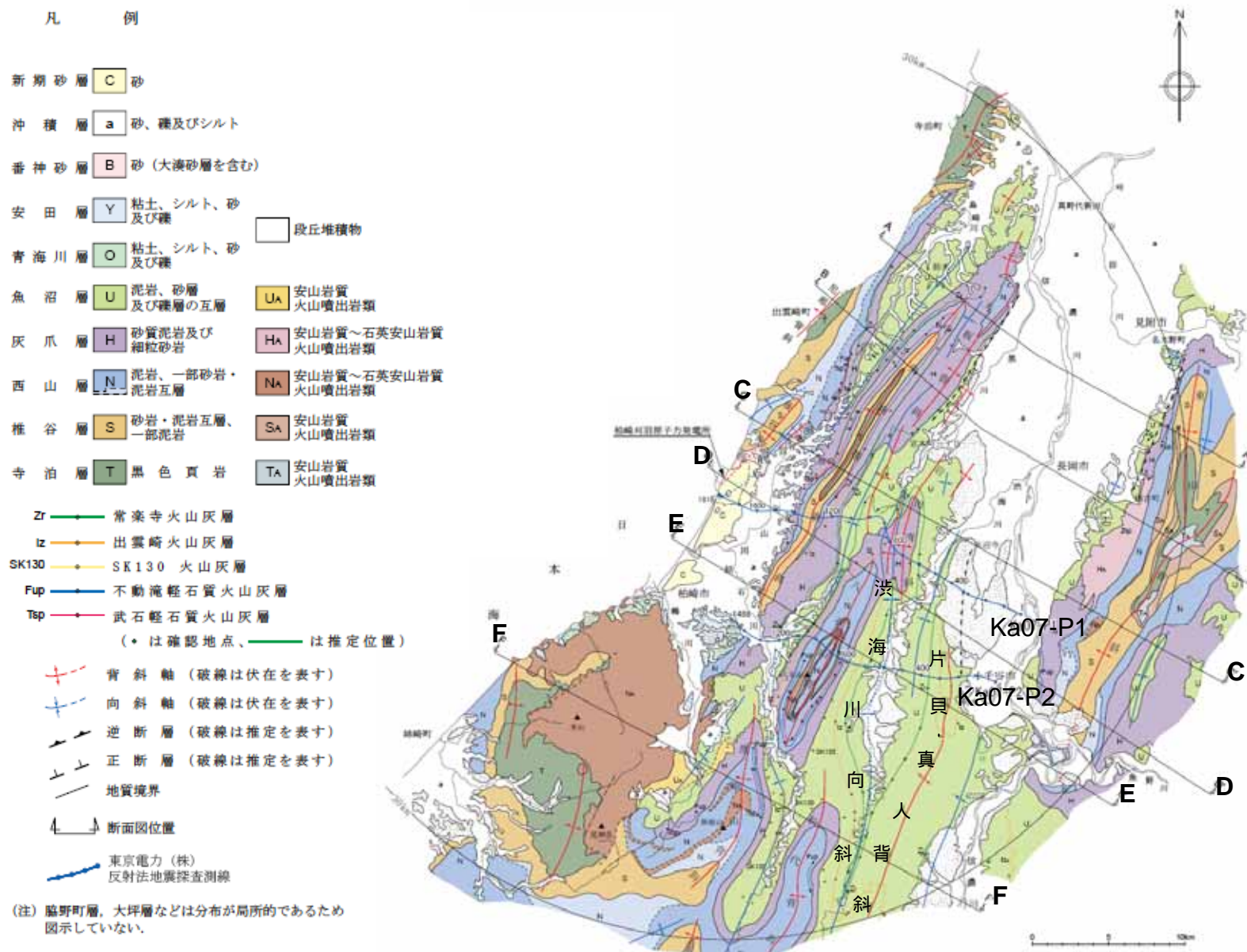
(注2) 海岸に堆積が生じ、陸地が広がって海岸線が海の方へ前進することを progradation という。堆積空間に対して堆積物の供給量が上回ると、堆積物はより海の方に運ばれることになるため、砂礫の供給が多い河口付近などで生じやすい。沖合に向かって傾斜しており、前置層的な堆積構造を成す。



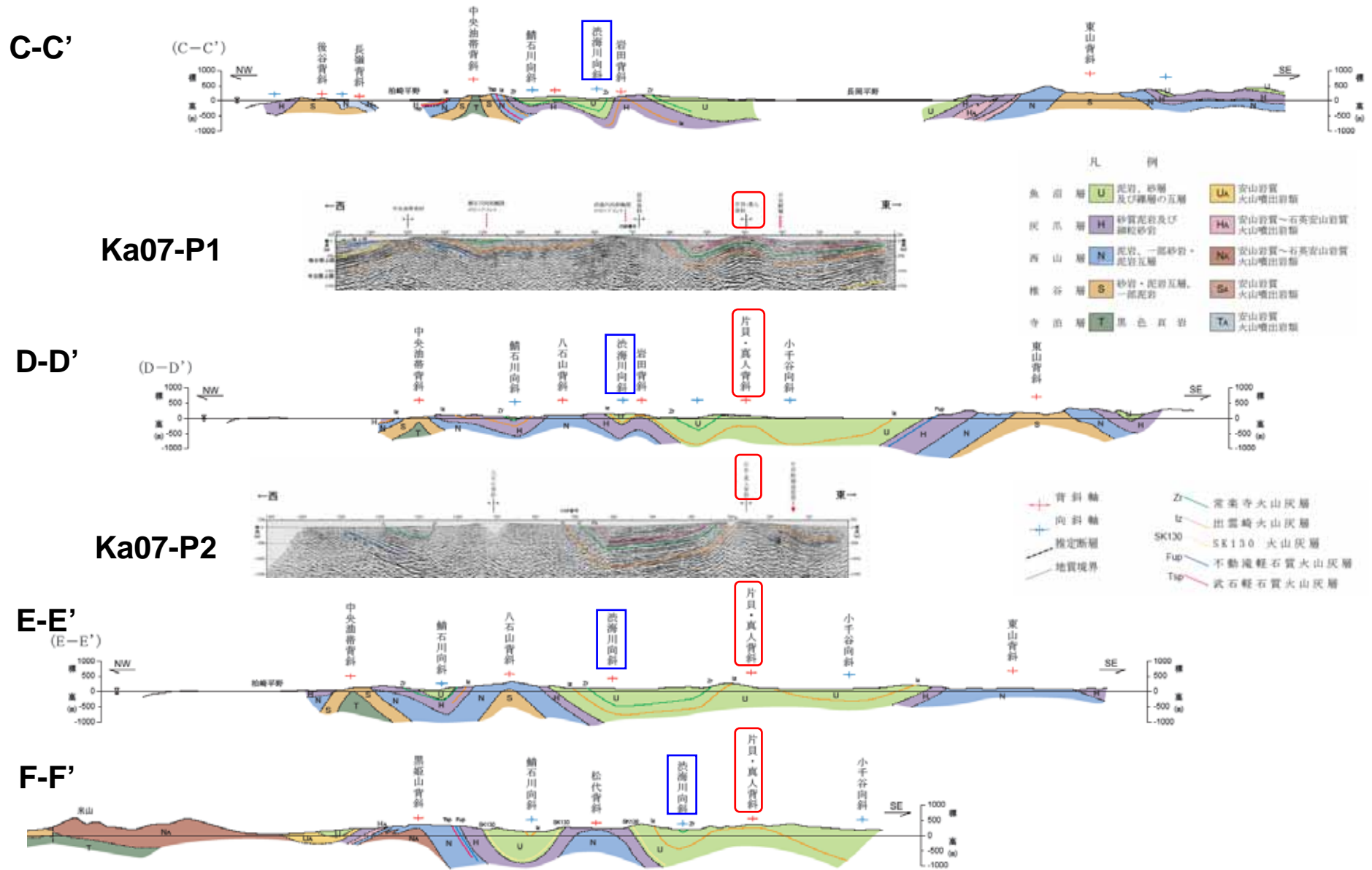
---

## 片貝・真人背斜南部の西側翼部の地質構造について

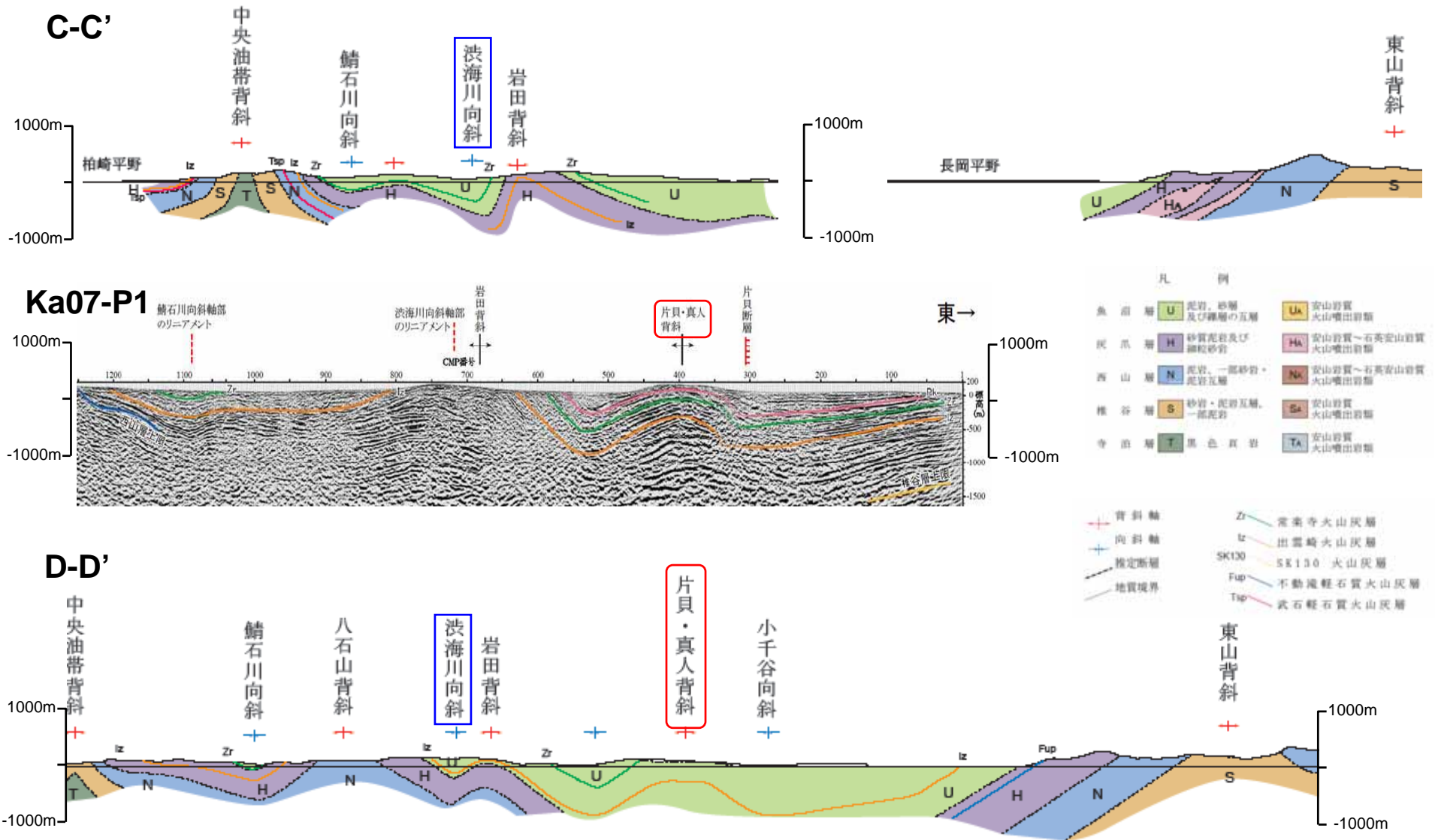
# 敷地周辺陸域の地質図



# 敷地周辺陸域の地質断面及び反射断面（1）



# 敷地周辺陸域の地質断面及び反射断面（2）



# 敷地周辺陸域の地質断面及び反射断面（3）

