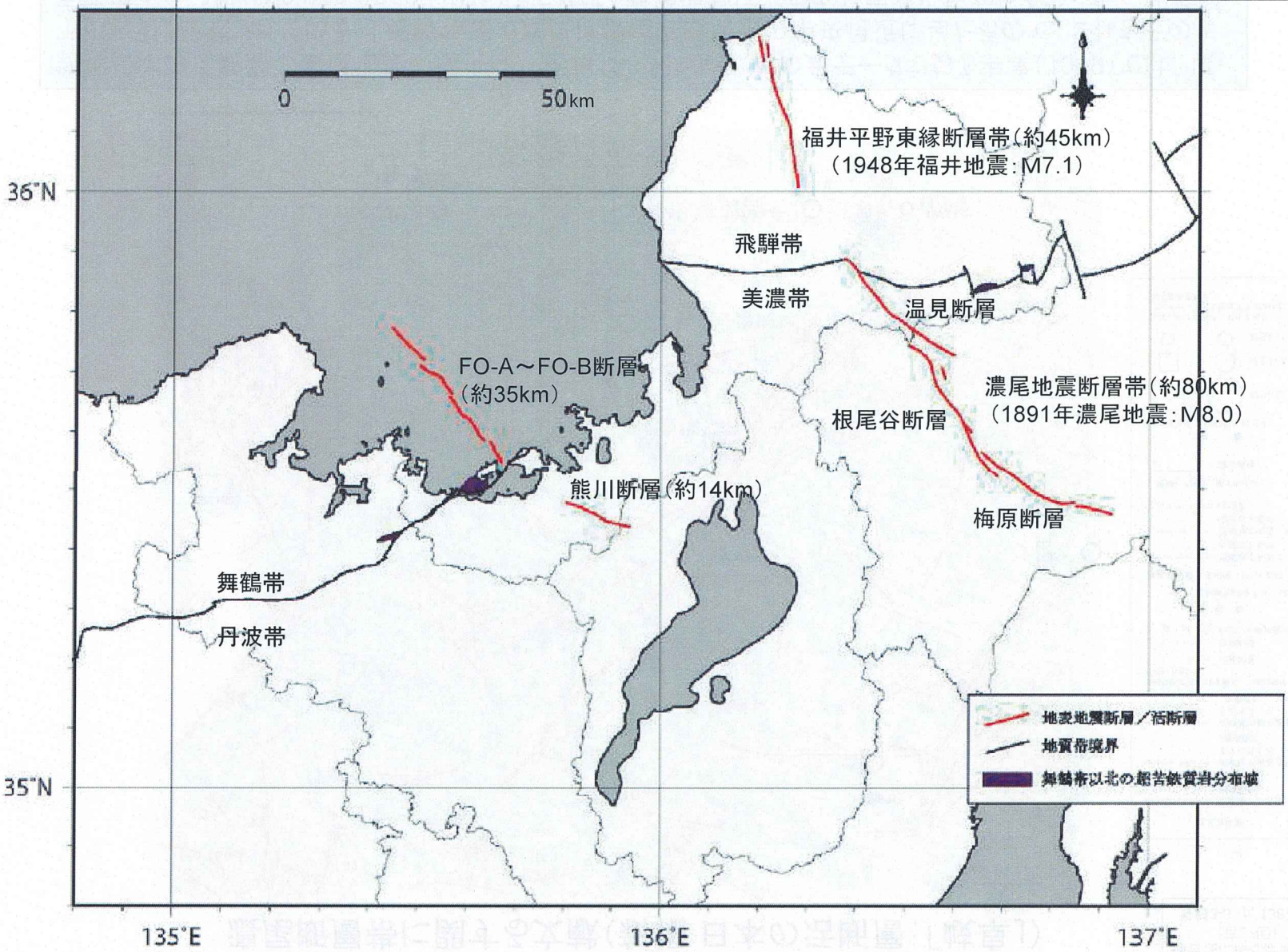
5. 濃尾地震断層帯周辺との比較によるFO－A～FO－B断層と熊川断層の連動に関する検討結果

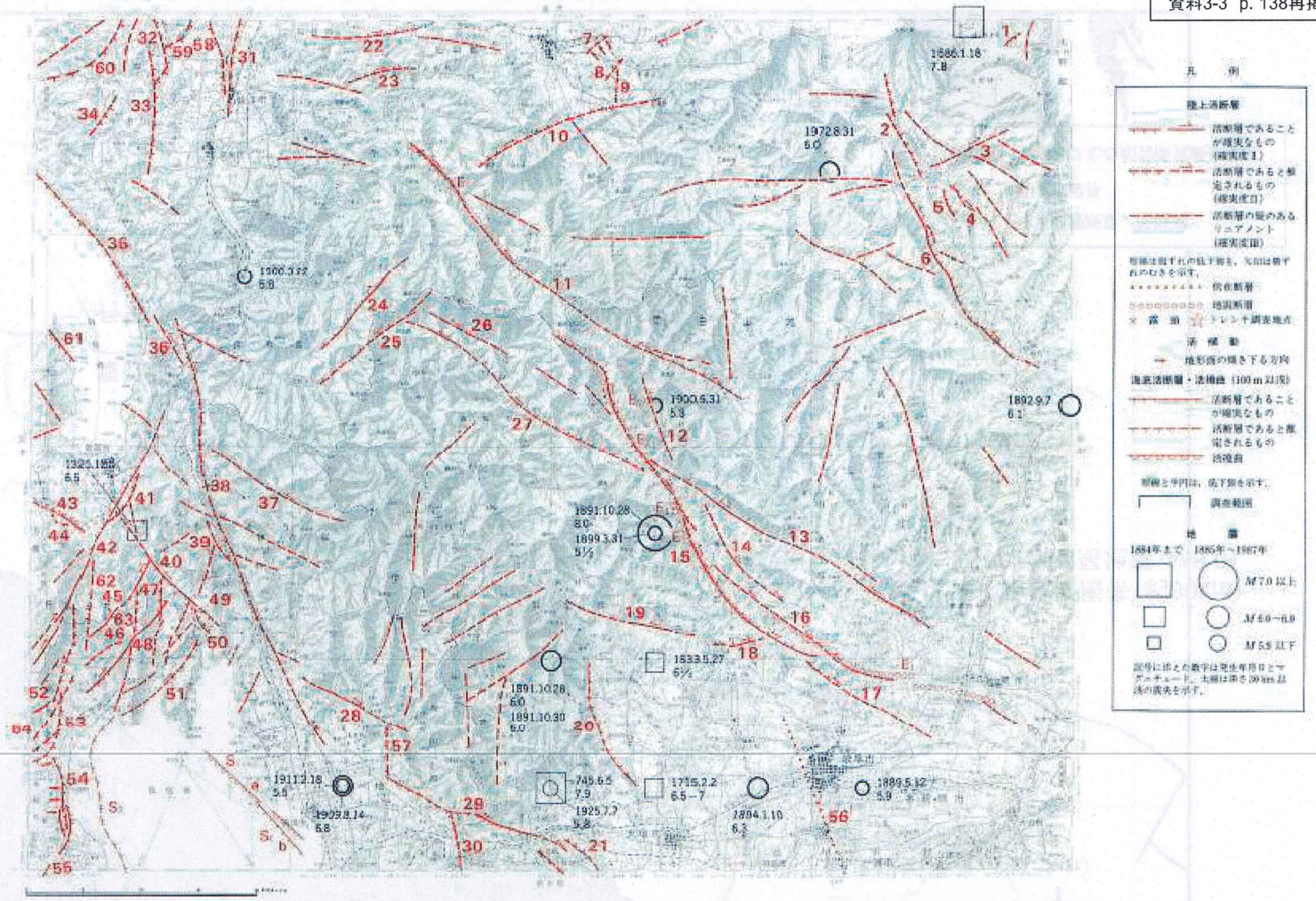
①濃尾地震断層帯の地形・地質構造及び地球物理学的特徴

濃尾断層帯及びFO－A～FO－B断層、熊川断層周辺の地質帯境界

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3　p. 137再掲



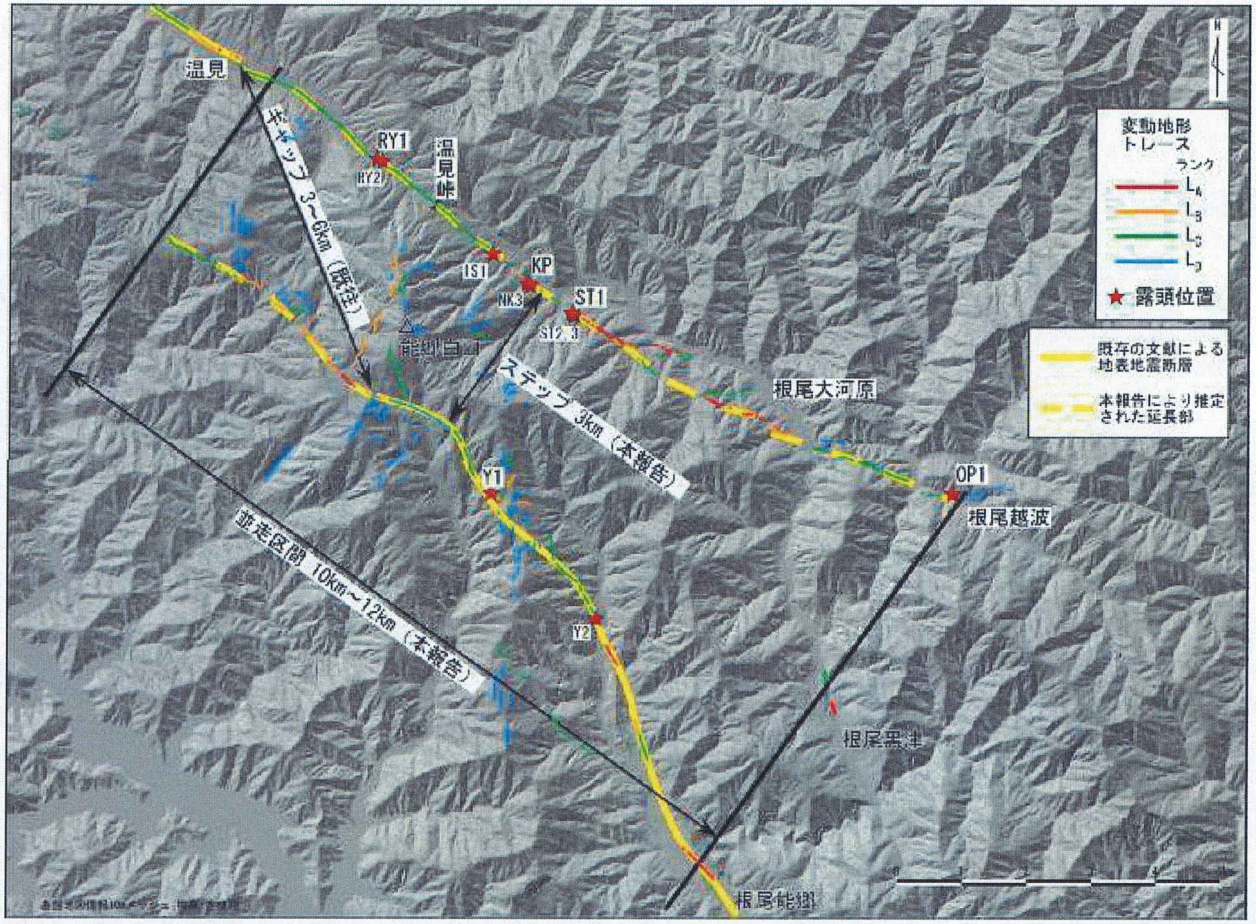
濃尾断層帯に関する文献（新編 日本の活断層：「岐阜」）



新編日本の活断層の濃尾地震の震央は，宇津(1982)による。この元データである宇津（1979）では，以下のように記載されている。「理科年表の震央は根尾谷断層系の中央付近に当たるので，これをそのまま採用する。Mikumo and Ando (1976)によれば，断層運動は北西から南東に広がっていった可能性が大きいので，もし当時観測網が整っていたならば震央は数十km北西に決まったかも知れない。」

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 139再掲

濃尾地震の連動部の地形学的特徴

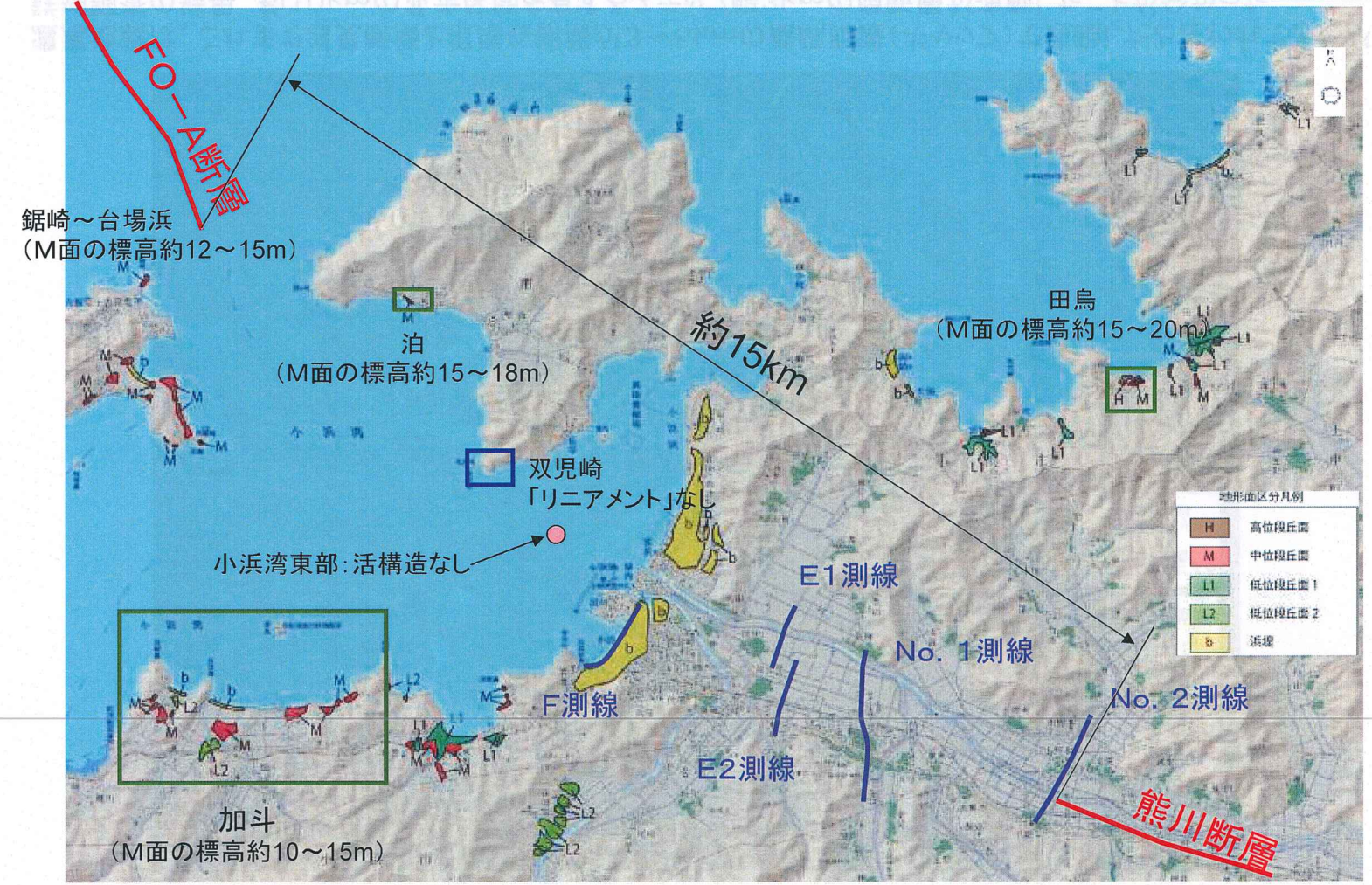


濃尾地震は、これまで温見断層と根尾谷断層が3～6kmの離隔距離（ギャップ）で連動したと言われてきたが、詳細調査の結果、約10kmの並走区間を有するステップ幅3kmの両断層が連動したことが分かった。

※佐々木、上田（2012）

FO－A～FO－B断層南端～熊川断層西端における調査結果

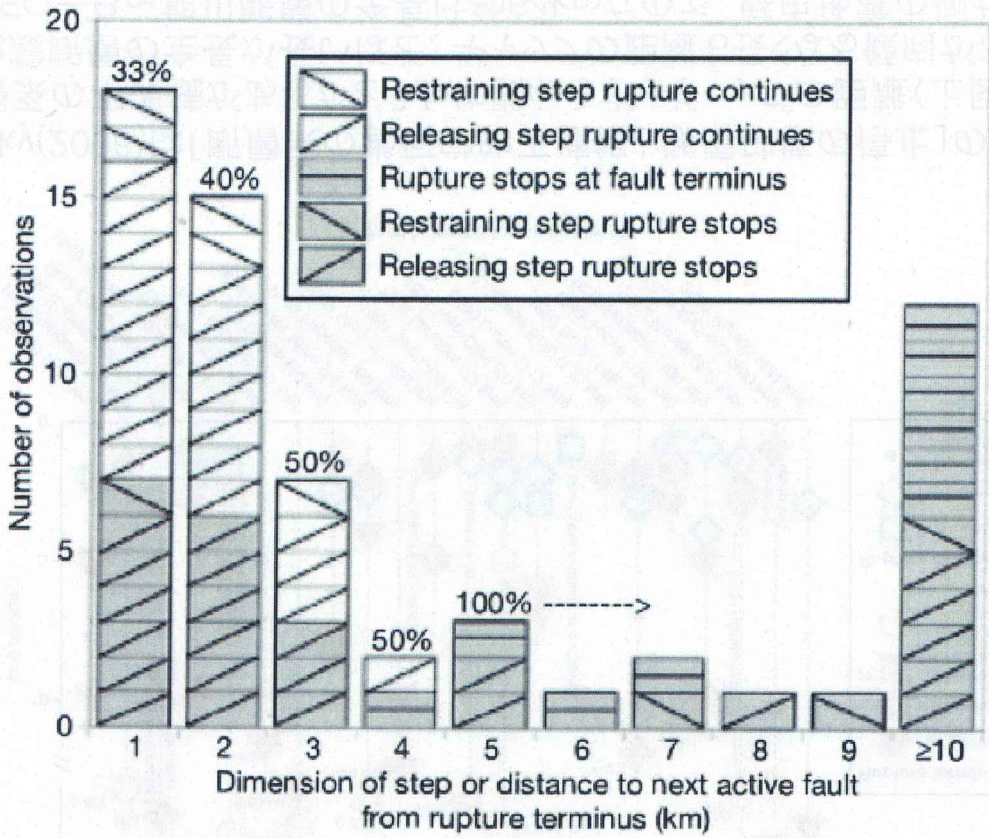
適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 140再掲



・内外海半島の双児崎には、渡辺委員・中田氏の指摘のような「リニアメント」は無い。
・FO－A～FO－B断層の延長部では、渡辺委員の指摘のような東側沈降・西側隆起を示す地形・地質学的な証拠は無い。
・小浜湾東部の指摘箇所（原子力安全・保安院、渡辺委員・中田氏）には活構造は無い。
・熊川断層は、小浜市平野付近以西には延伸していない。（FO－A～FO－B断層と熊川断層の離隔は約15km）

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 141再掲

横ずれ型地表地震断層における破壊の伝播・停止
－断層の離間距離との関係※－
（灰色：破壊が停止した箇所，白：破壊が伝播した箇所）



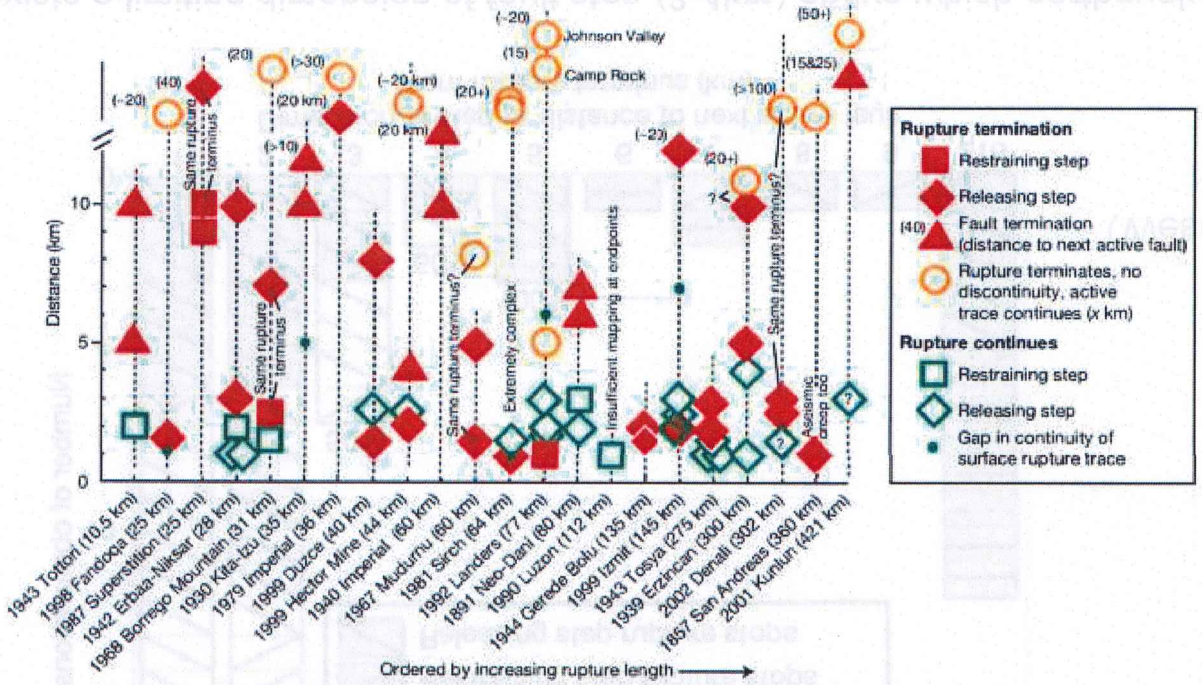
（Wesnousky, 2006 ）

…there exists a limiting dimension of fault step (3-4km) above which earthquake ruptures do not propagate…
（ステップ幅が3～4kmを超えると、地震時の破壊はステップを越えて伝播しない）

横ずれ型地表地震断層における破壊の伝播・停止
－断層の離間距離との関係－

（Wesnousky, 2006 ）

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 142再掲



- Wesnousky(2006)は「断層系の幾何学的不連続と断層破壊の停止」の関係について述べているが、断層系の不連続があるかどうかに関わらず、ギャップの距離（上図の●）に注目してみると、地表地震断層の全長が長いほど、ギャップの距離も長くなる傾向があるが、最長でも7km
- FO－A～FO－B～熊川断層の全長は約64kmなので、歴史地震の例から想定されるギャップの距離を7kmと見積もるのは安全側の評価と考えられる。

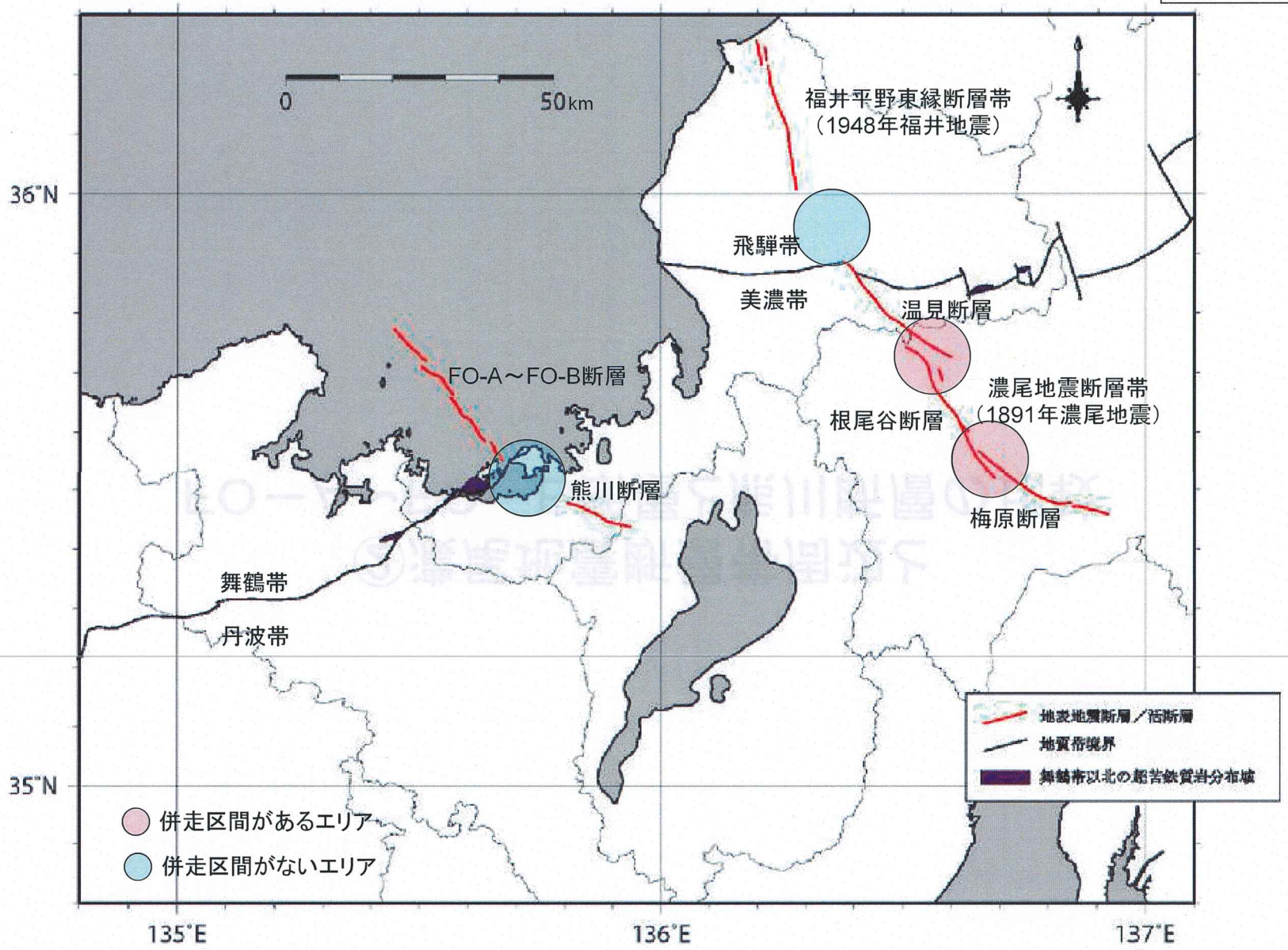
↓

FO－A～FO－Bと熊川断層間のギャップの離間距離は約15kmなので、断層破壊は伝播しないと評価する。

②濃尾地震断層帯周辺と
FO－A～FO－B断層と熊川断層の比較

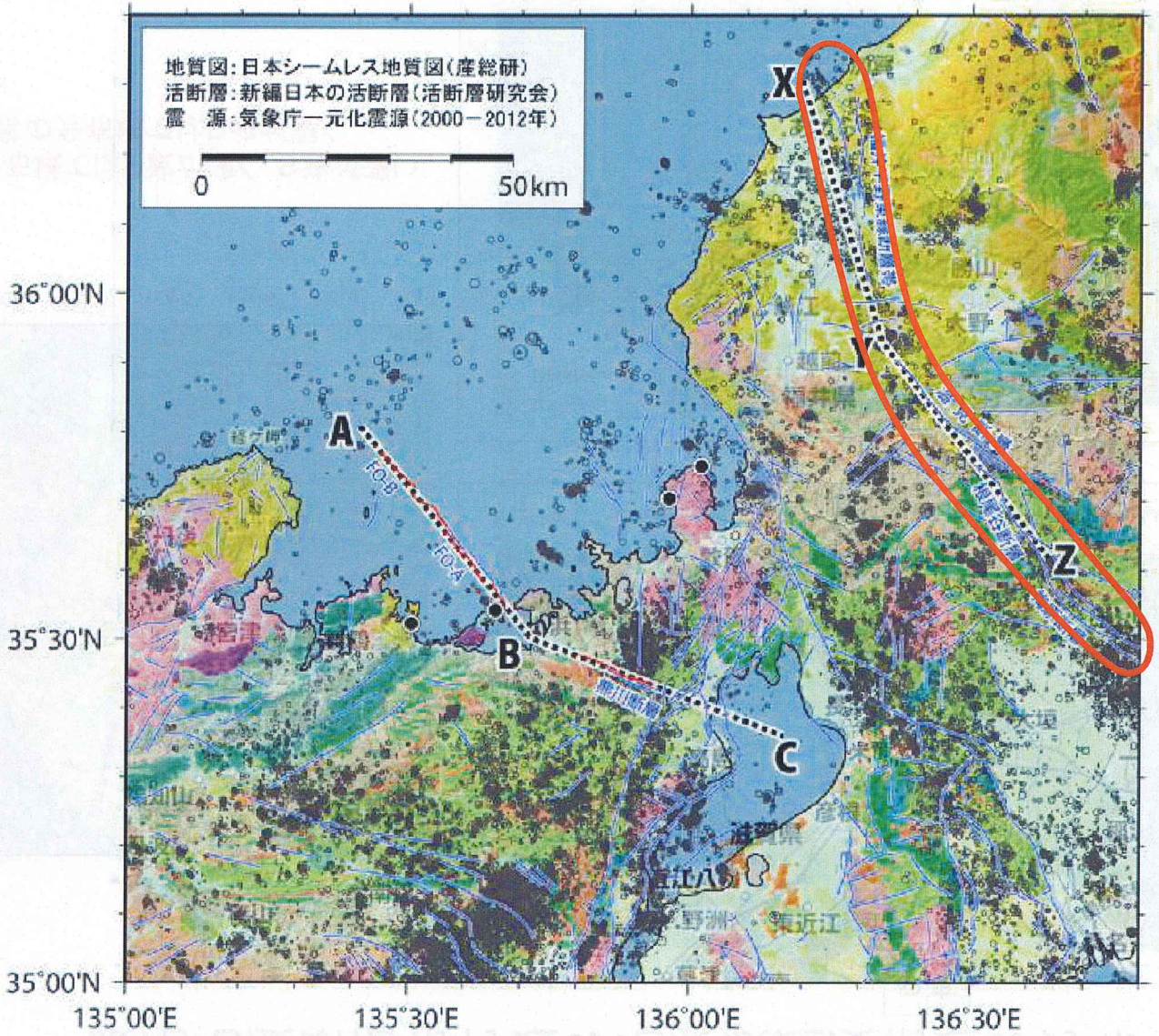
濃尾断層帯及びFO－A～FO－B断層、熊川断層周辺の地質帯境界

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 144再掲



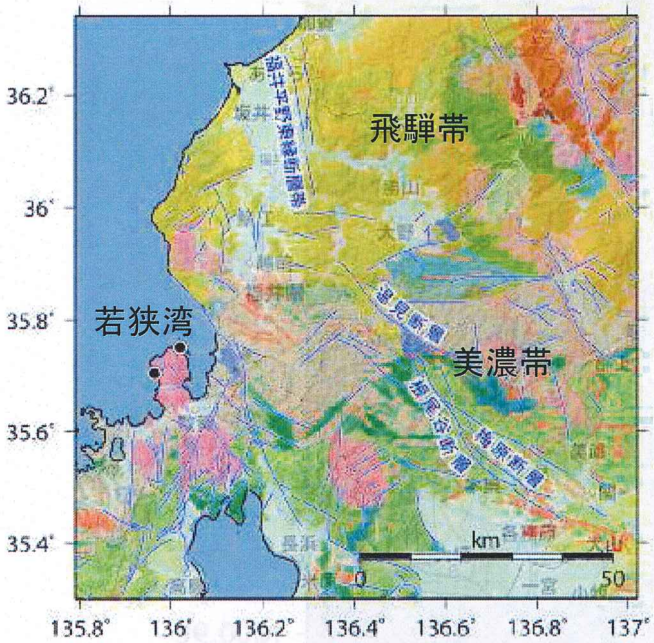
若狭湾周辺及び濃尾地震断層帯周辺の微小地震分布

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 145再掲

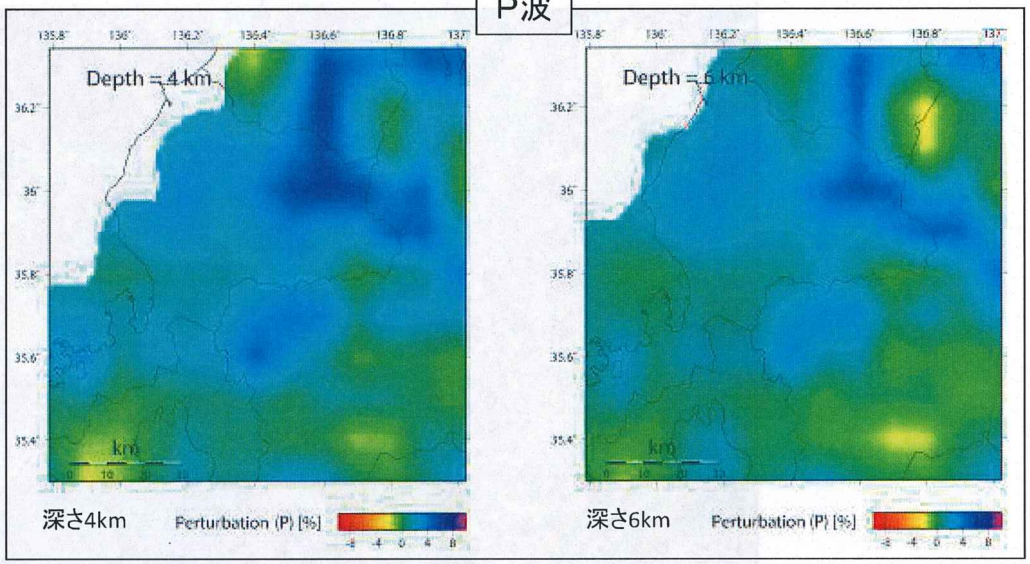


濃尾地震断層帯付近の地震波速度構造の分布

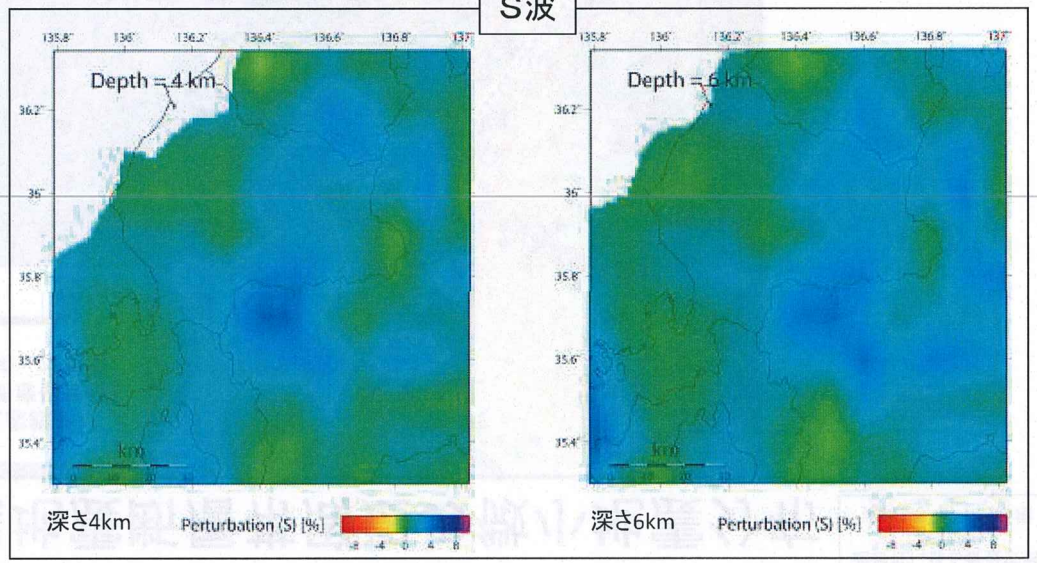
適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 146再掲



P波



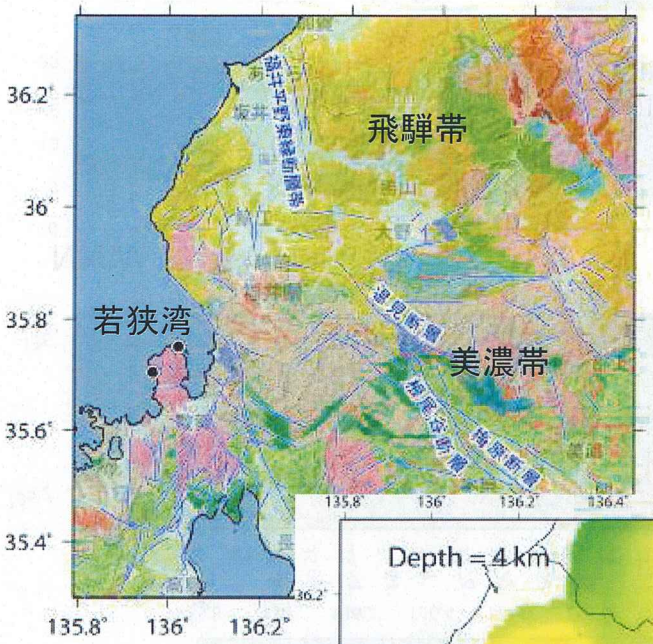
S波



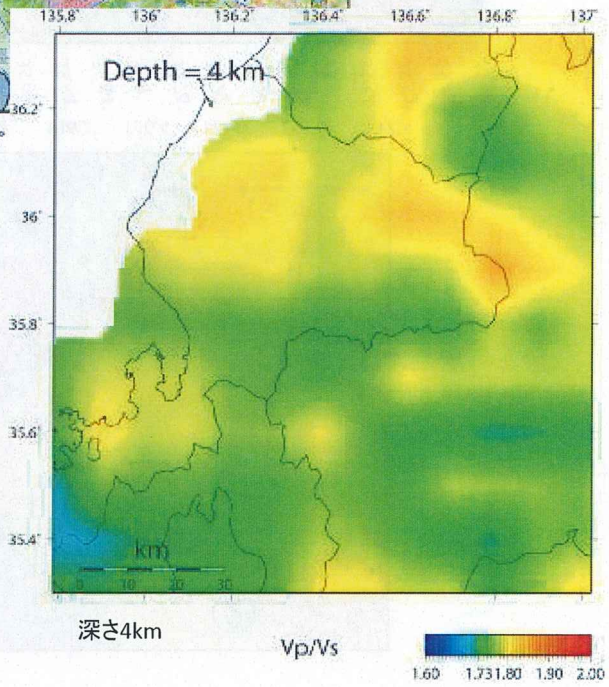
**飛騨帯の分布域ではP波が速く、S波が遅い。
一方、美濃帯の分布域ではP波が遅く、
S波が速い。**

濃尾地震断層帯付近の地震波速度構造の分布（Vp/Vs比）

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 147再掲



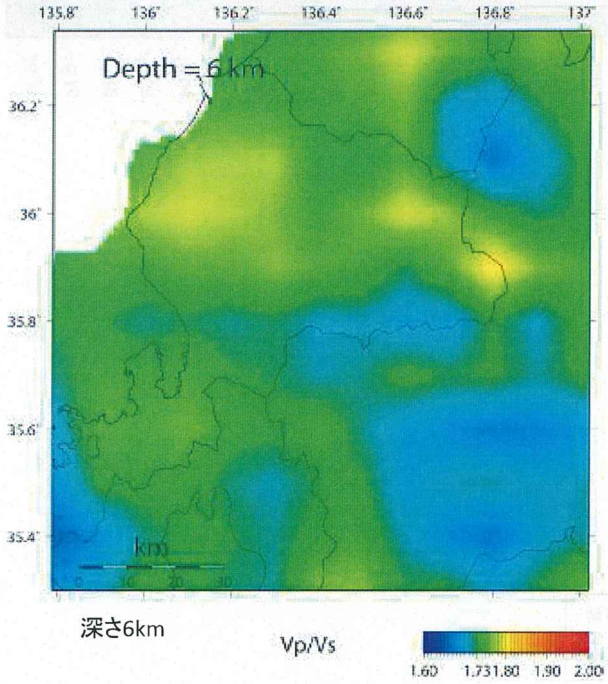
Vp/Vs比は飛騨帯で高く，美濃帯で低い。



深さ4km

Vp/Vs

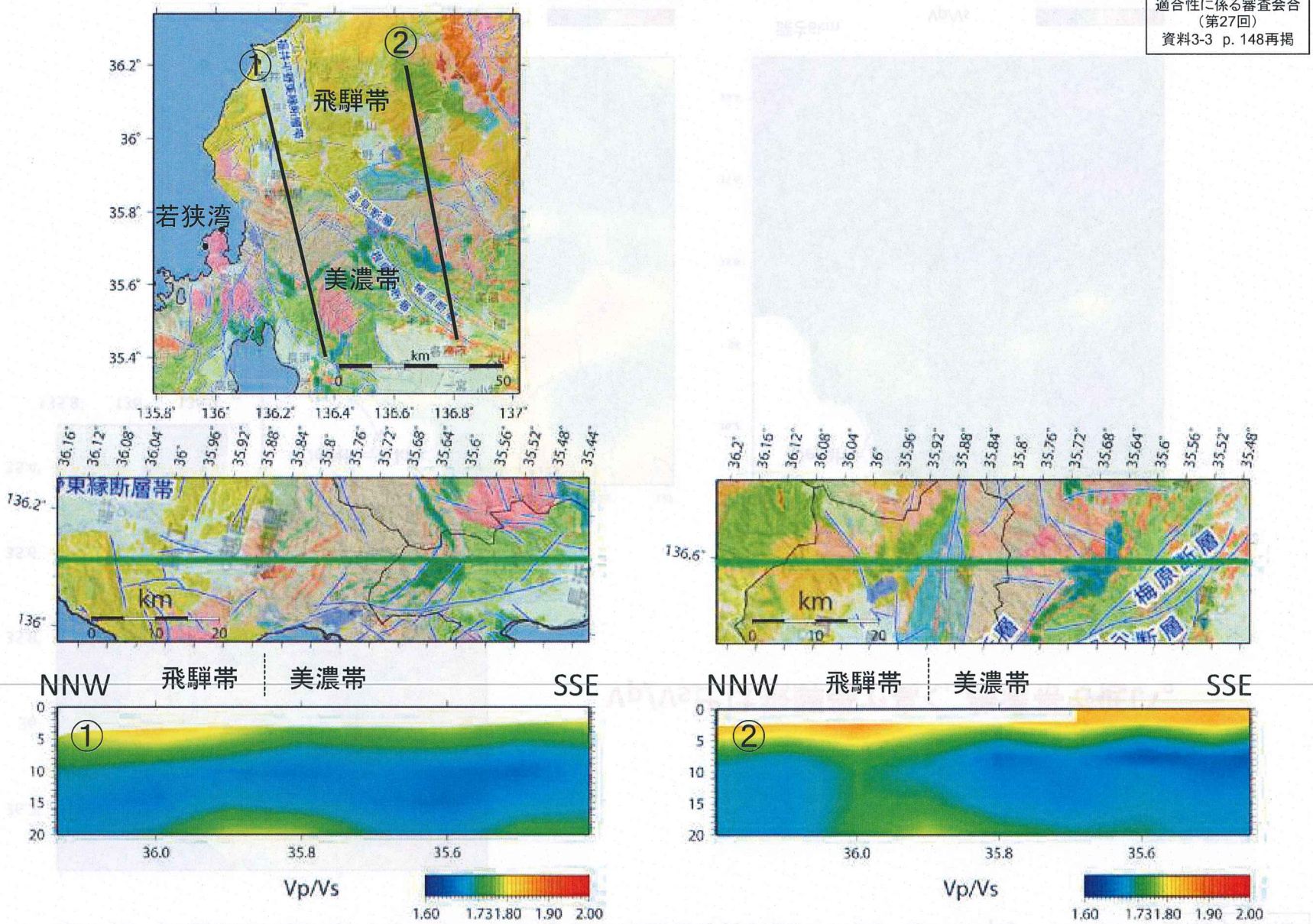
1.60 1.73 1.80 1.90 2.00



深さ6km

Vp/Vs

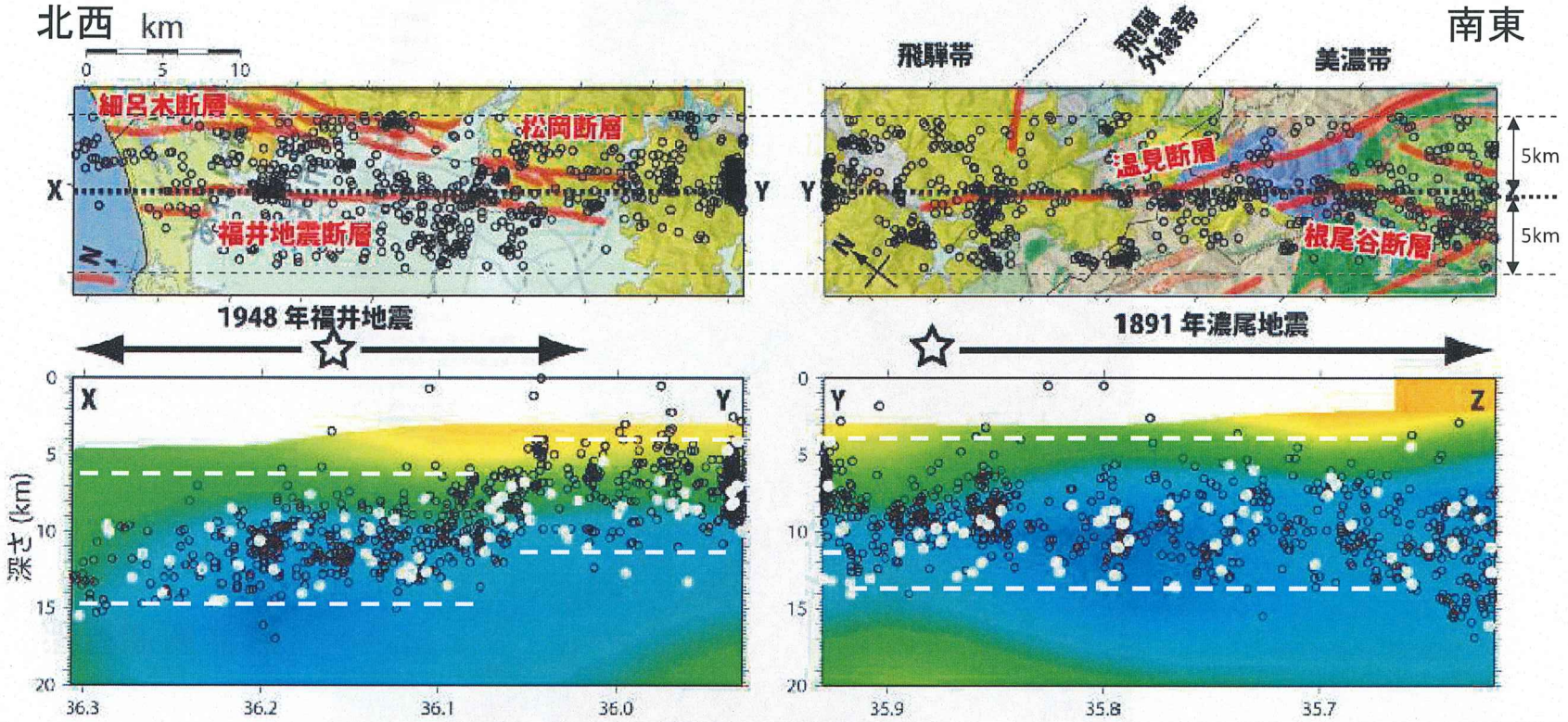
1.60 1.73 1.80 1.90 2.00



Vp/Vs比は飛騨帯で高く，美濃帯で低い。両者の境界は北傾斜。

福井地震断層と濃尾地震断層に沿う地震波速度構造（Vp/Vs比）

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 149再掲



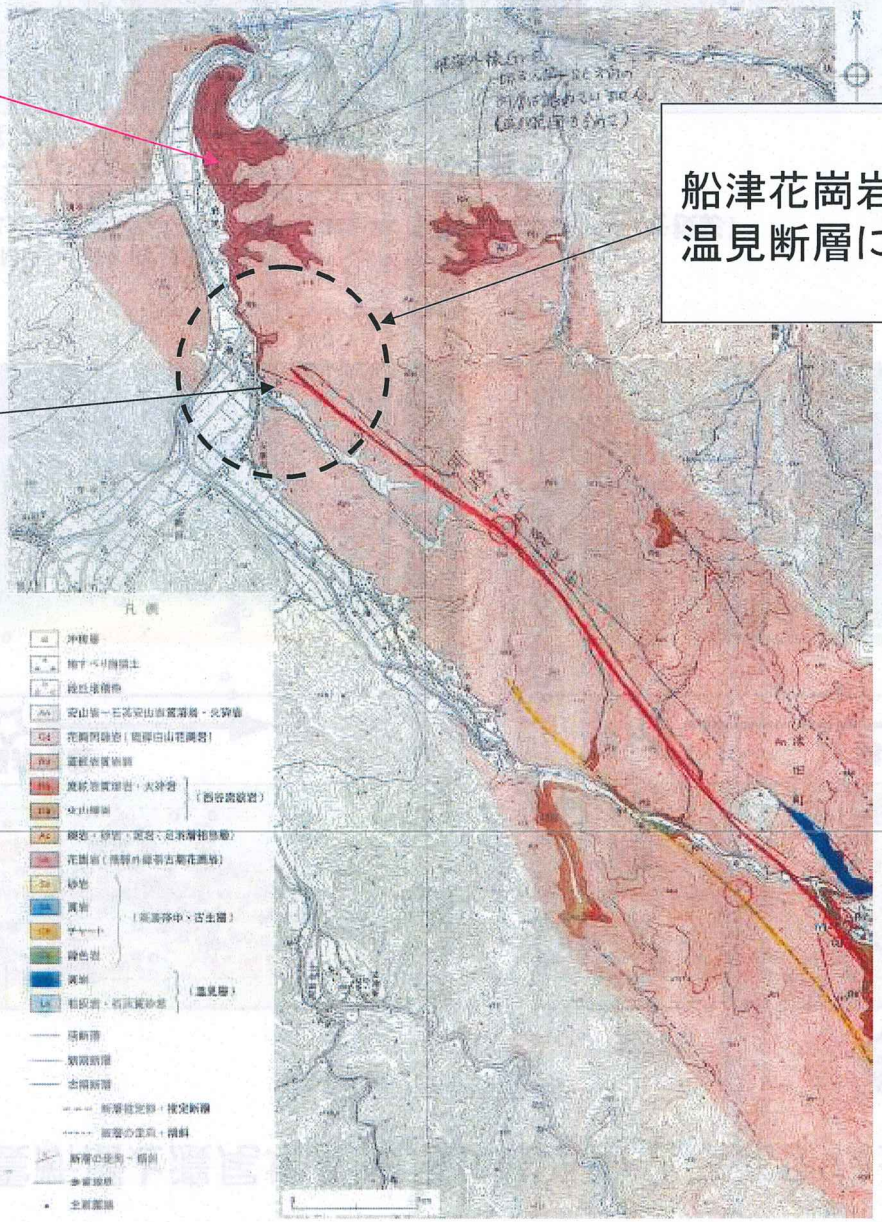
トモグラフィ解析結果：Matsubara et al.(2008)
震源分布：黒丸：気象庁一元化震源 2000 年～ 2012 年（測線から両側 5km を投影）
白丸：トモグラフィ解析によって同時決定された震源（2000-05 年）
地質図：20 万分の1シームレス地質図（産総研，活断層 DB を図示）
破壊開始点：濃尾地震 Mikumo & Ando (1976)，福井地震 Kanamori (1973)

- 北西側（福井地震断層中央部～温見断層北端部）では，地表付近に高Vp/Vs領域が分布する。
- この高Vp/Vs領域は飛騨外縁帯の分布と調和的である。
- 地震発生深度は，福井地震震源域の南部で浅く，濃尾地震震源域の北部で深い。
  → Y付近で大きく食い違っている。

温見断層北端付近の地質図

船津花崗岩

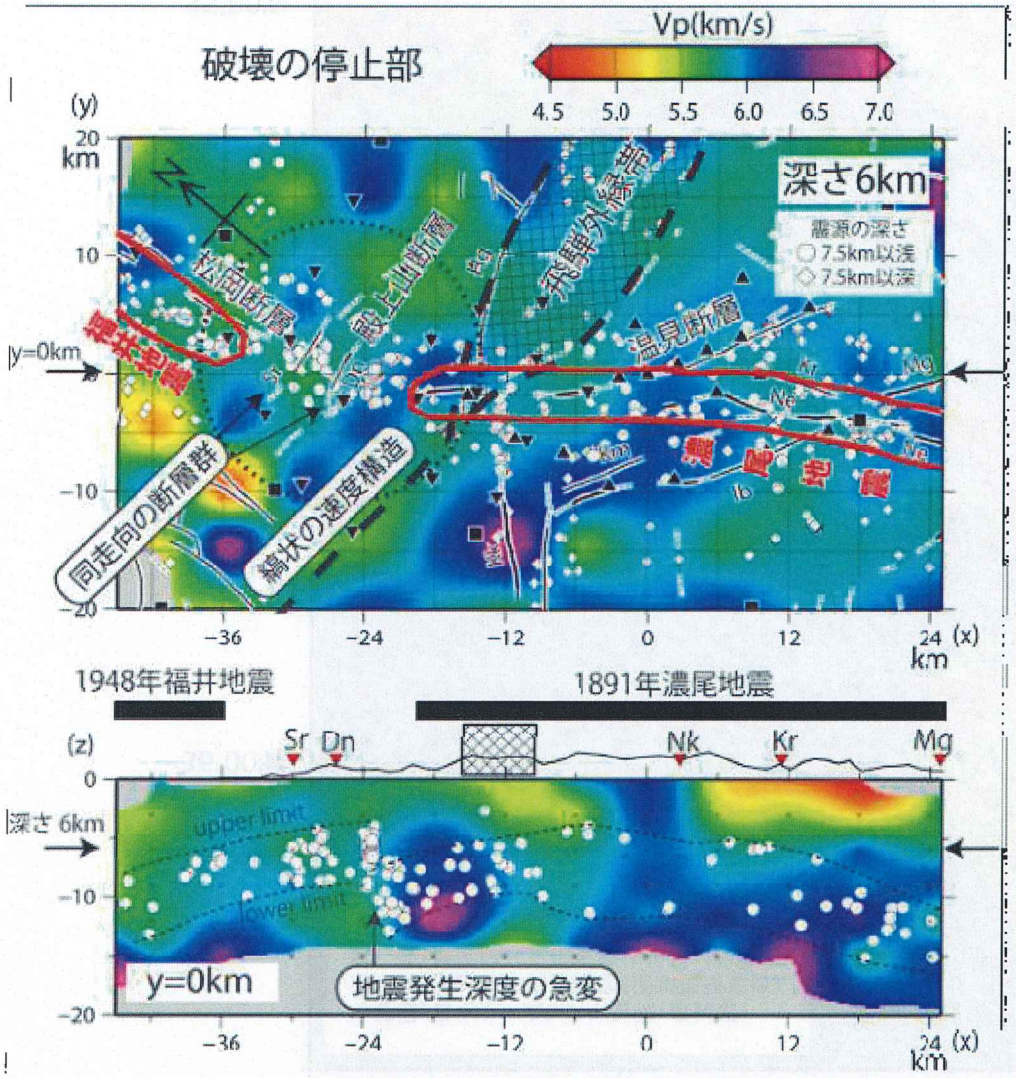
温見断層北端



船津花崗岩（飛騨～飛騨外縁帯）は
温見断層によって切られていない

稠密微小地震観測データに基づく震源域境界部の地震波速度構造

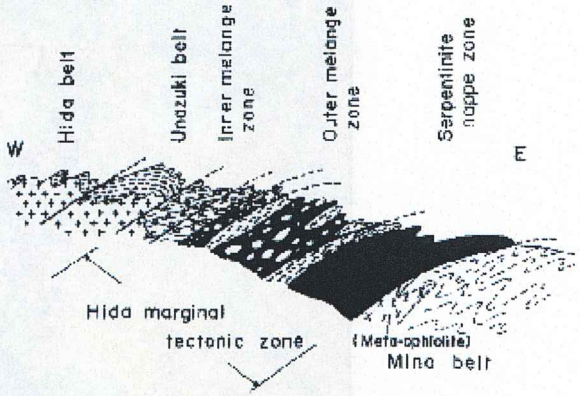
適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 151再掲



地震発生深度において，

- 震源域を横断する速度構造
- 飛騨外縁帯に並行
- それを境に
  - 地震の発生深度が急変
- 直上に同走向の断層群

飛騨外縁帯に関連する既存の横断構造が破壊を停止させた。

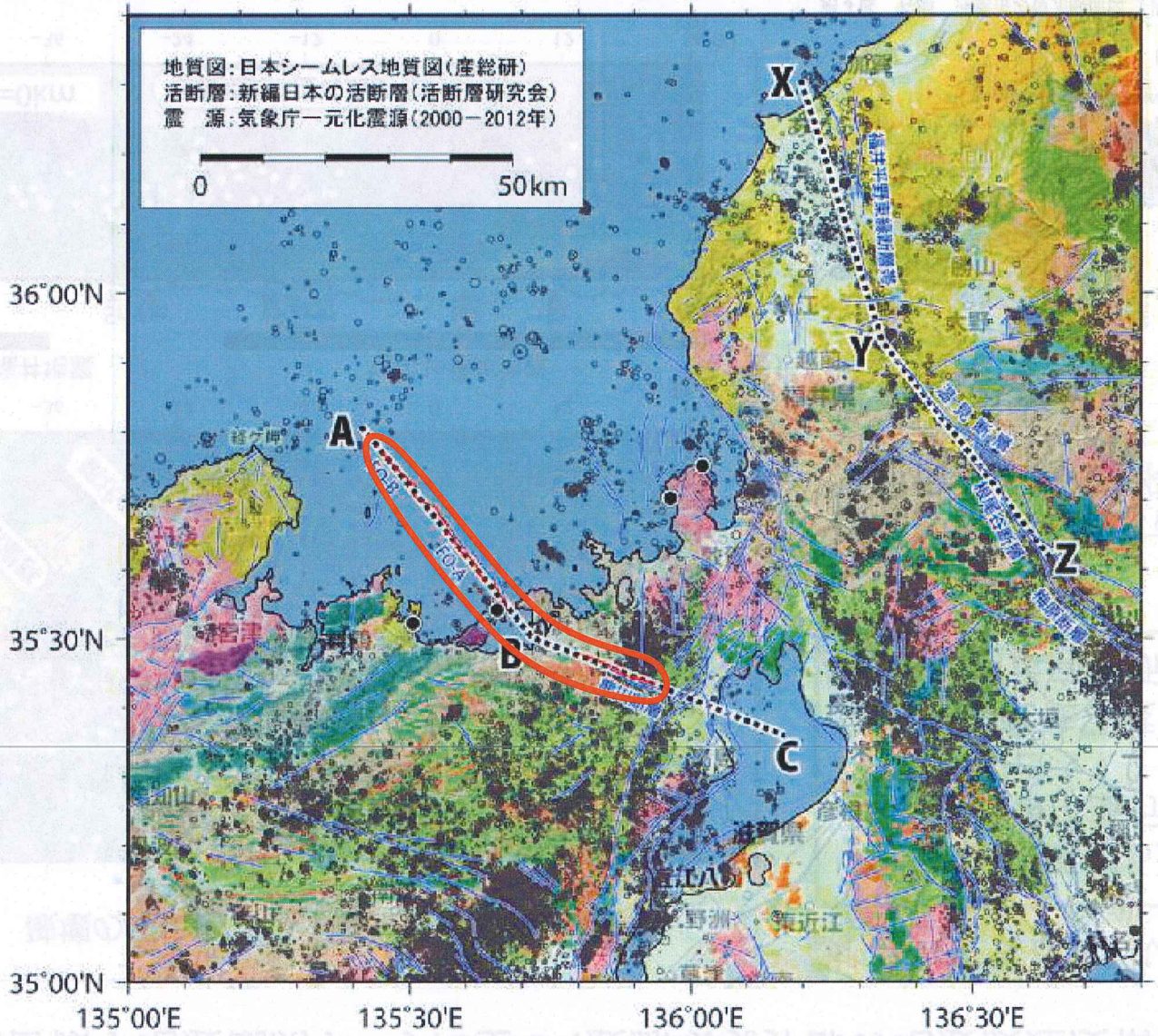


第3図 青海 蓮華帯の復元断面図（茅原・小松, 1982）.

破壊停止部の速度構造と震源分布（青柳, 2012）
上段：深さ6kmのスライス断面図。▲，▼，■は地震観測点。下段：走向方向の深度断面図（y=0km）。

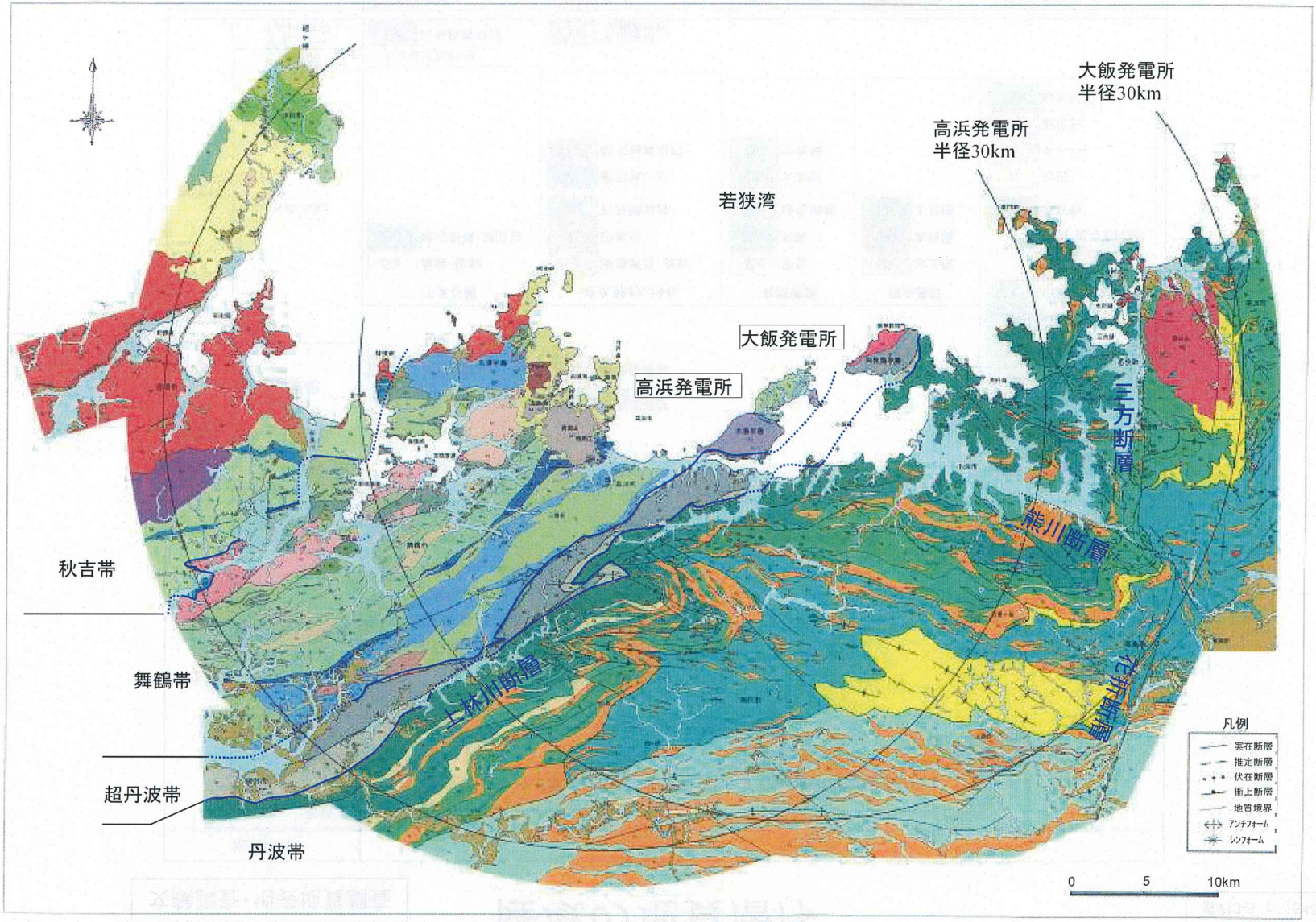
若狭湾周辺及び濃尾地震断層帯周辺の微小地震分布

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 152再掲



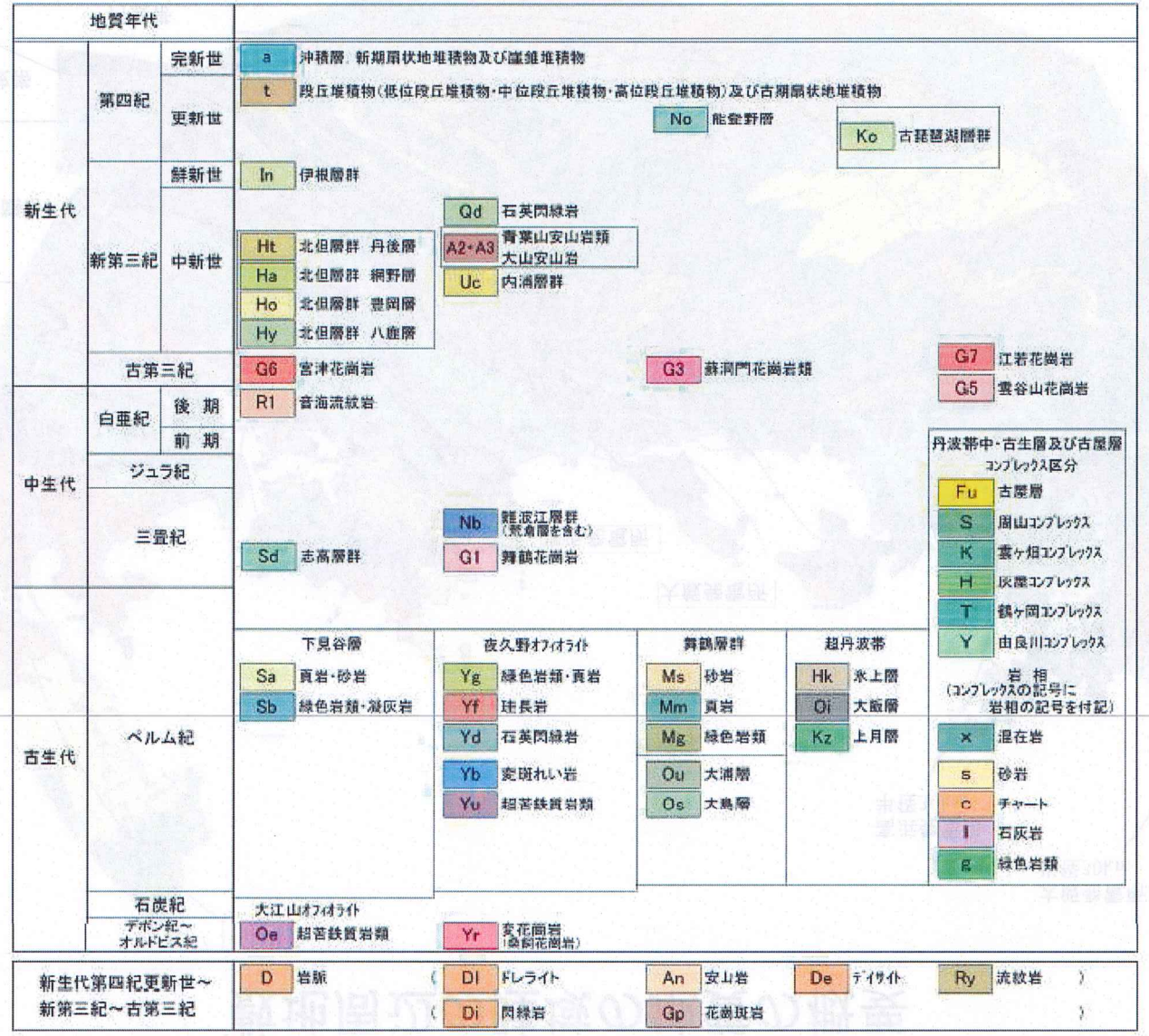
敷地周辺の陸域の地質の概要

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 153再掲



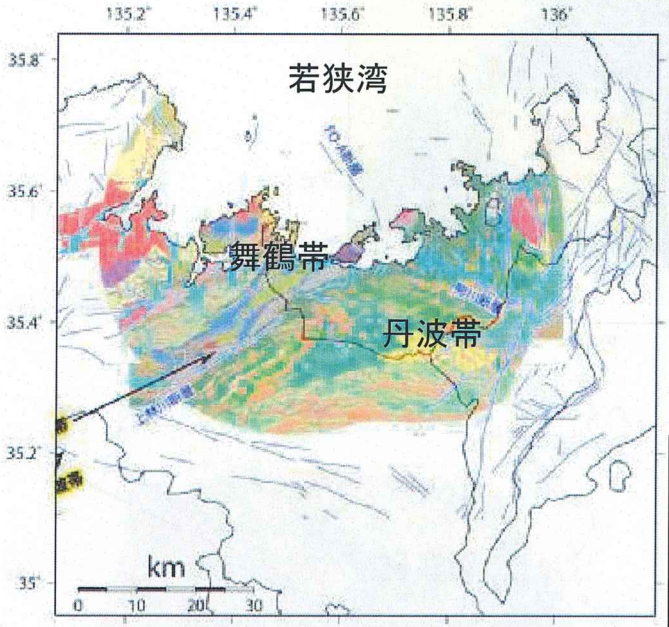
文献調査・地表地質調査

陸域の地質層序



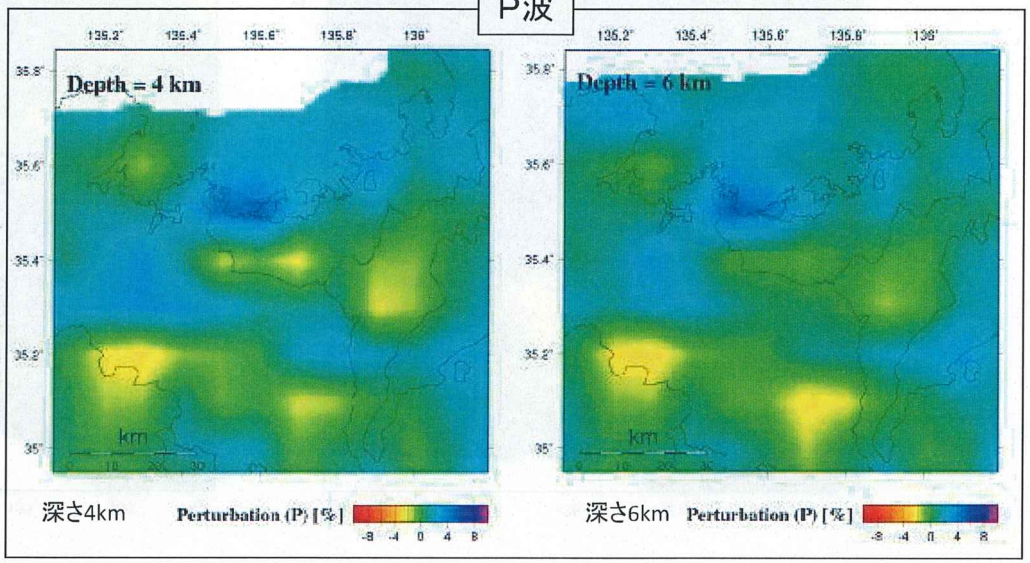
若狭湾付近の地震波速度構造の分布

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 155再掲

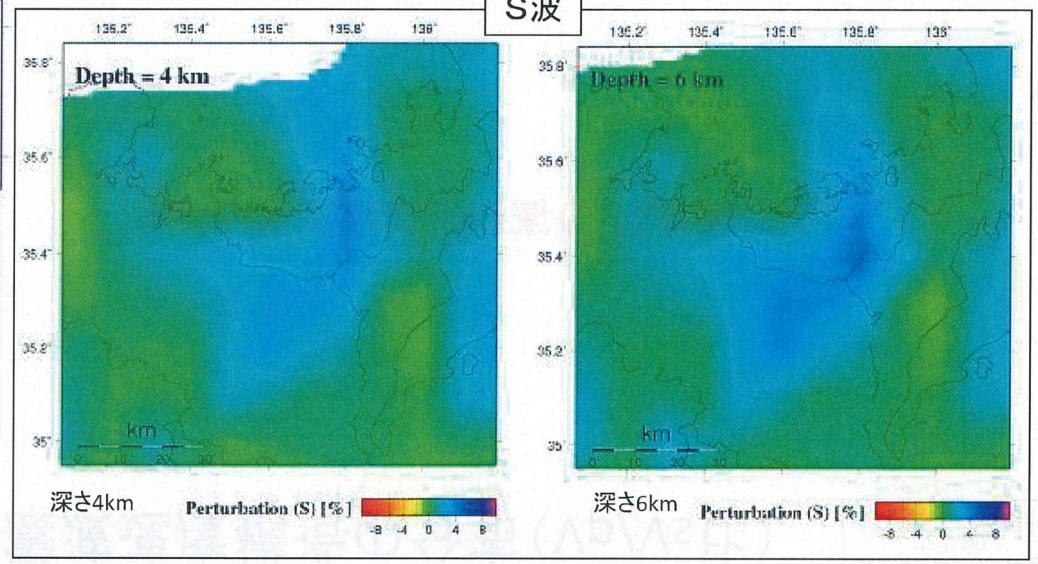


舞鶴帯の分布域ではP波が速く、S波が遅い。
一方、丹波帯の分布域ではP波が遅く、
S波が速い。

P波

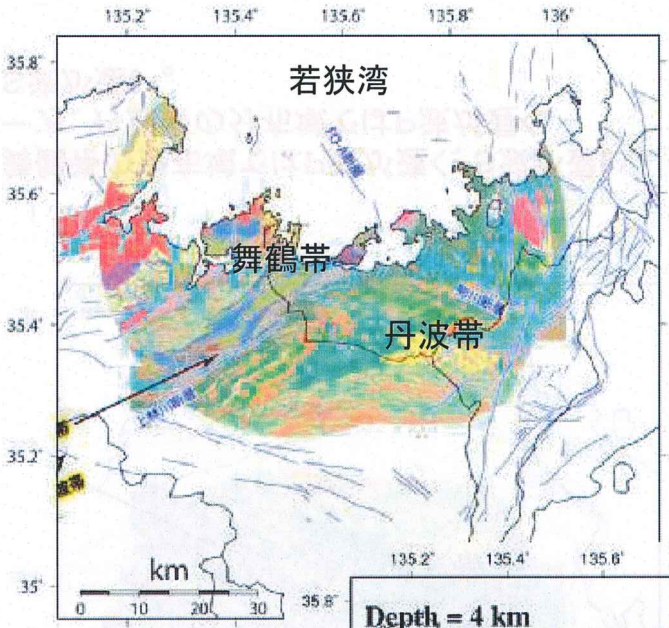


S波

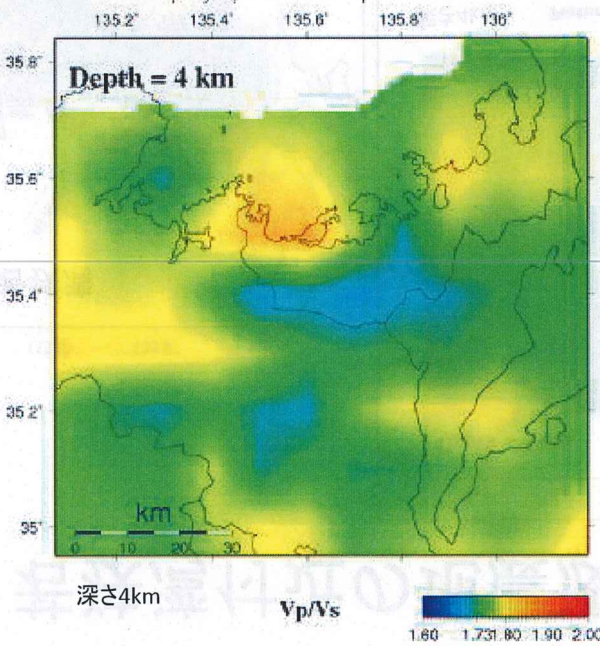


若狭湾付近の地震波速度構造の分布（Vp/Vs比）

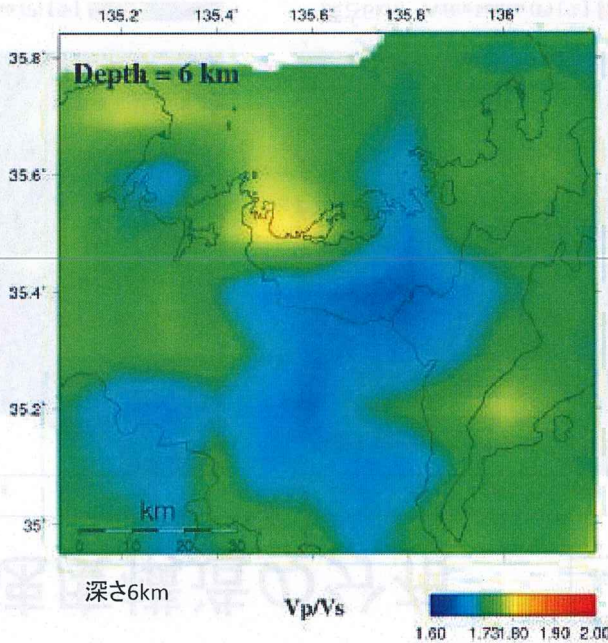
適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 156再掲



Vp/Vs比は舞鶴帯で高く，丹波帯で低い。

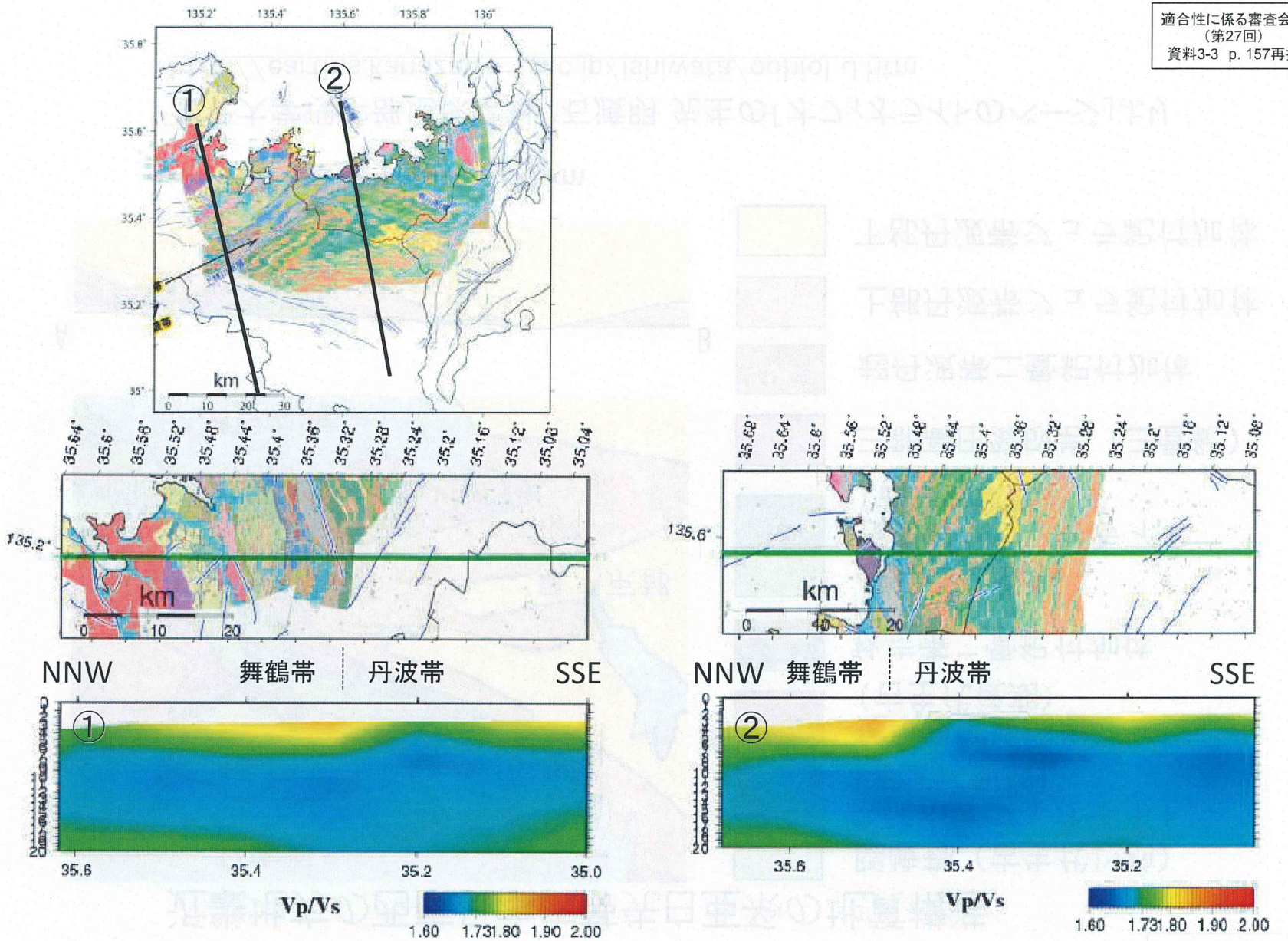


深さ4km



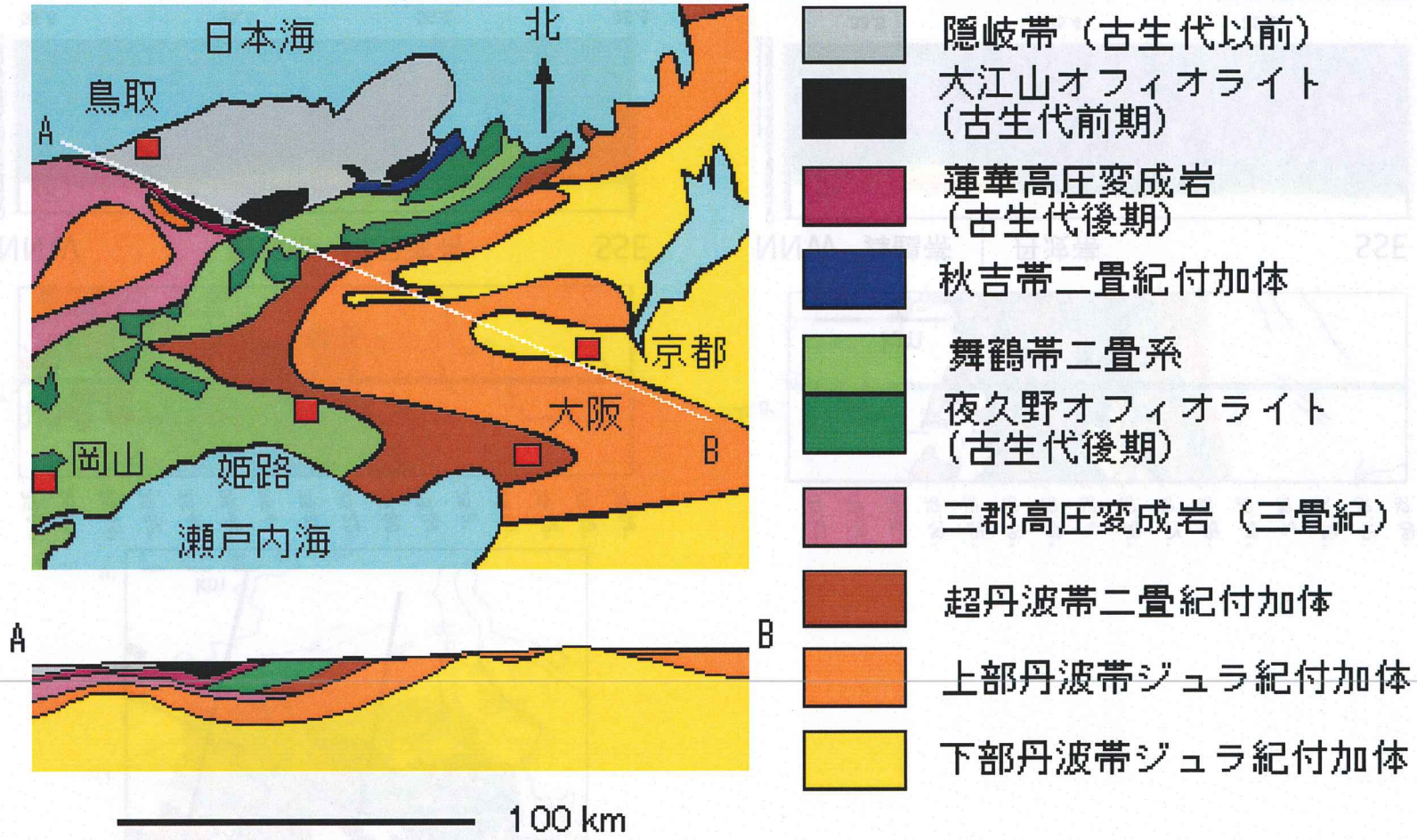
深さ6km

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 157再掲



Vp/Vs比は舞鶴帯で高く，丹波帯で低い。両者の境界は北傾斜。これらの速度構造は次ページの地質構造と整合的。

近畿地方の西南日本内帯先白亜系の地質構造



金沢大学理学部地球学科　石渡明 先生の「オフィオライトのページ」より
http://earth.s.kanazawa-u.ac.jp/ishiwata/ophiol_J.htm

岩石の種類とVp/Vs比の関係

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 159再掲

●岩石の種類と地震波速度，ポアソン比（σ）

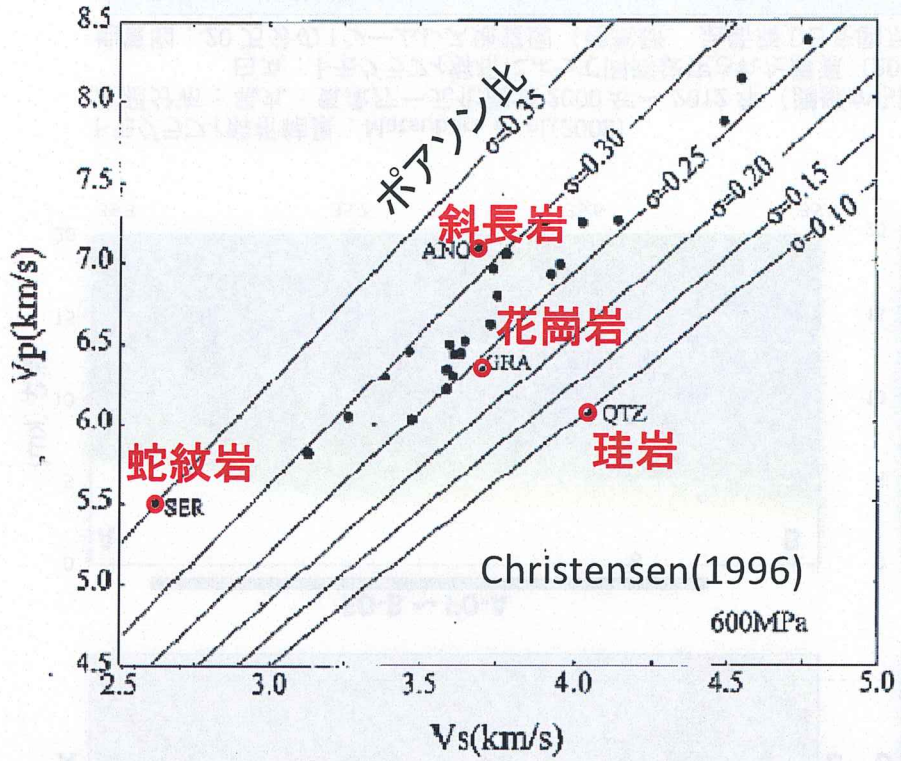
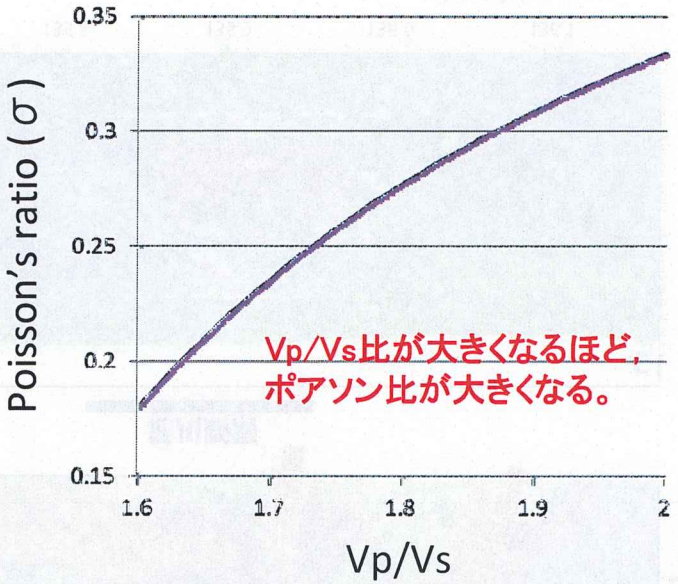


Figure 7. Compressional wave velocities (V_p) versus shear wave velocities (V_s) at 600 MPa for the rock types of Table 2. Four lithologies (serpentinite (SER), anorthosite (ANO), granite-granodiorite (GRA), and quartzite (QTZ)) fall outside the area bounded by Poisson's ratios (σ) between 0.25 and 0.30.

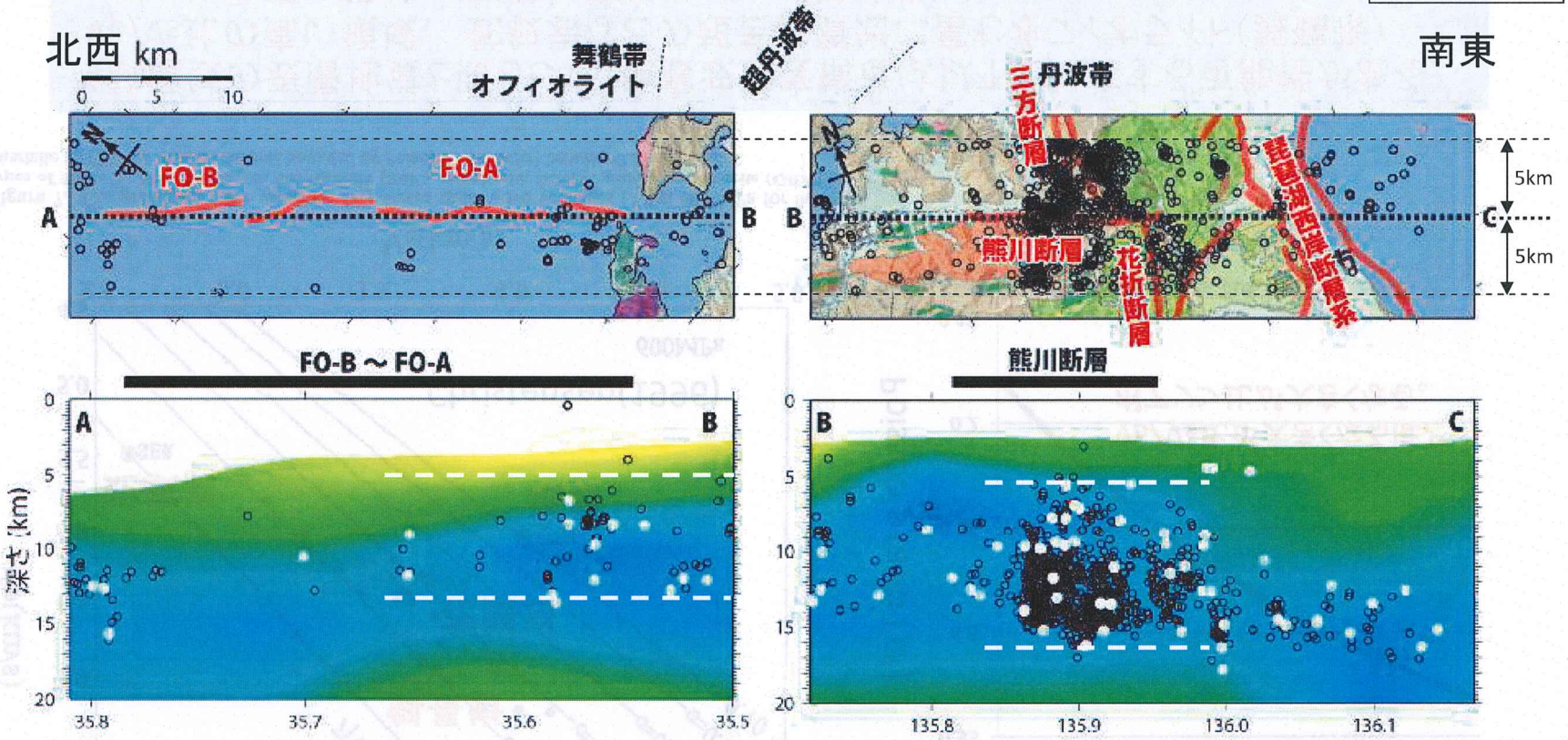
●Vp/Vs比とポアソン比（σ）の関係

$$\frac{Vp}{Vs}=\sqrt{\frac{2(1-\sigma)}{1-2\sigma}}$$



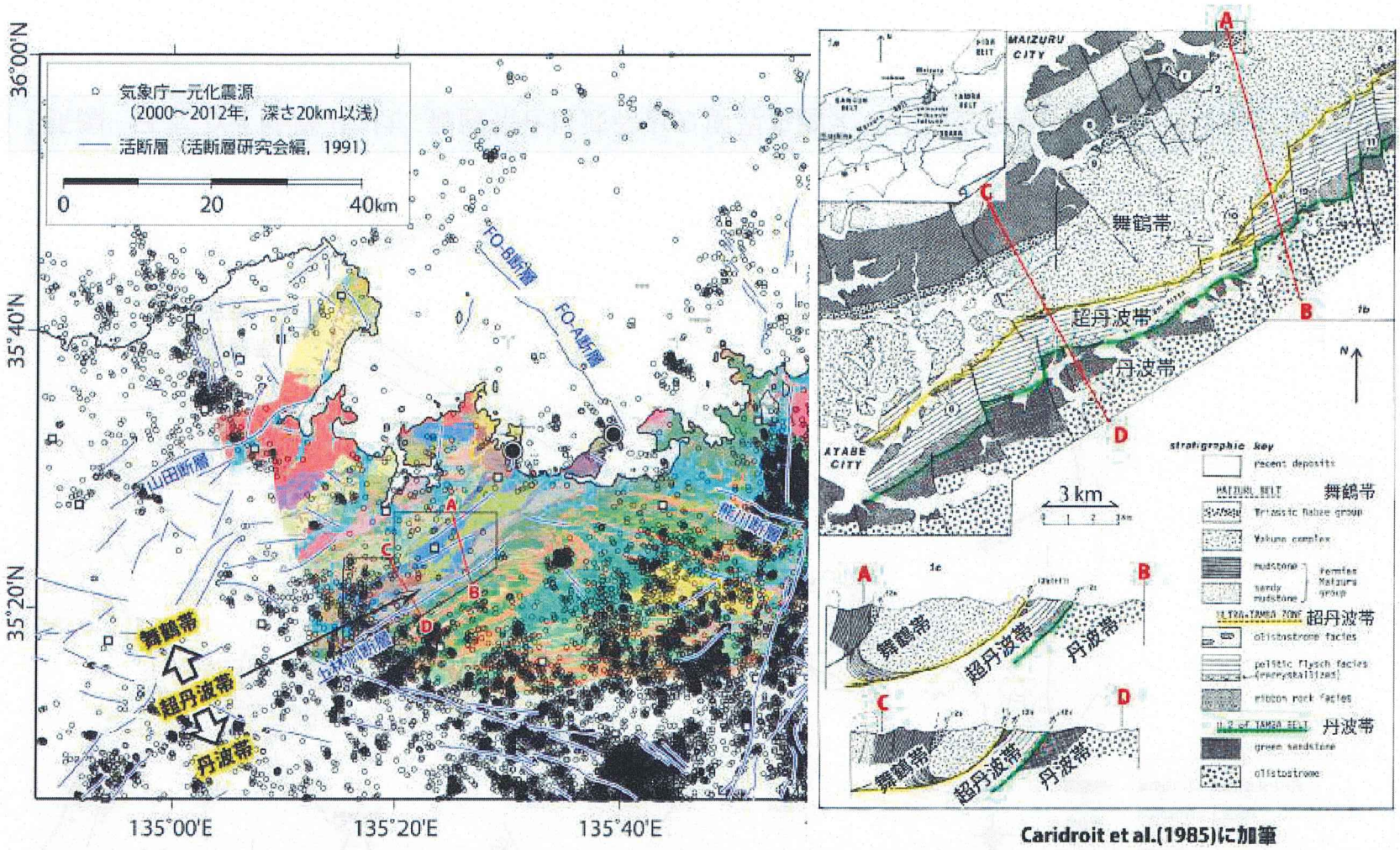
当該領域の表層地質と照らして，地震波速度構造は以下と対応する可能性がある。
- Vp/Vs比の高い領域：　蛇紋岩などの超苦鉄質岩に富むオフィオライト（舞鶴帯）
- Vp/Vs比の低い領域：　石英に富むチャート（丹波帯）

FO－A～FO－B断層と熊川断層に沿う地震波速度構造（Vp/Vs比）



トモグラフィ解析結果：Matsubara et al.(2008)
震源分布：黒丸：気象庁一元化震源 2000 年～ 2012 年（測線から両側 5km を投影）
白丸：トモグラフィ解析によって同時決定された震源（2000-05 年）
地質図：20 万分の1シームレス地質図（産総研，活断層 DB を図示）

- 北西側の若狭湾沿岸では，地表付近に高Vp/Vs領域が広がっており，舞鶴帯の分布と調和的である。
- 南東側の熊川断層付近では，低Vp/Vs領域の上面が高まっており，丹波帯の分布と調和的である。
- 微小地震の発生深度が食い違っている。
- 熊川断層付近には微小地震が多発しているが、熊川断層の西方延長部（小浜湾側）にはほとんど地震活動が見られない。
- FO－A断層とFO－B断層の間では、微小地震の発生深度が食い違っているように見えるが、震源位置の精度上の問題と両断層が近接していることを勘案して、両断層の連動を考慮している。



Caridroit et al.(1985)に加筆

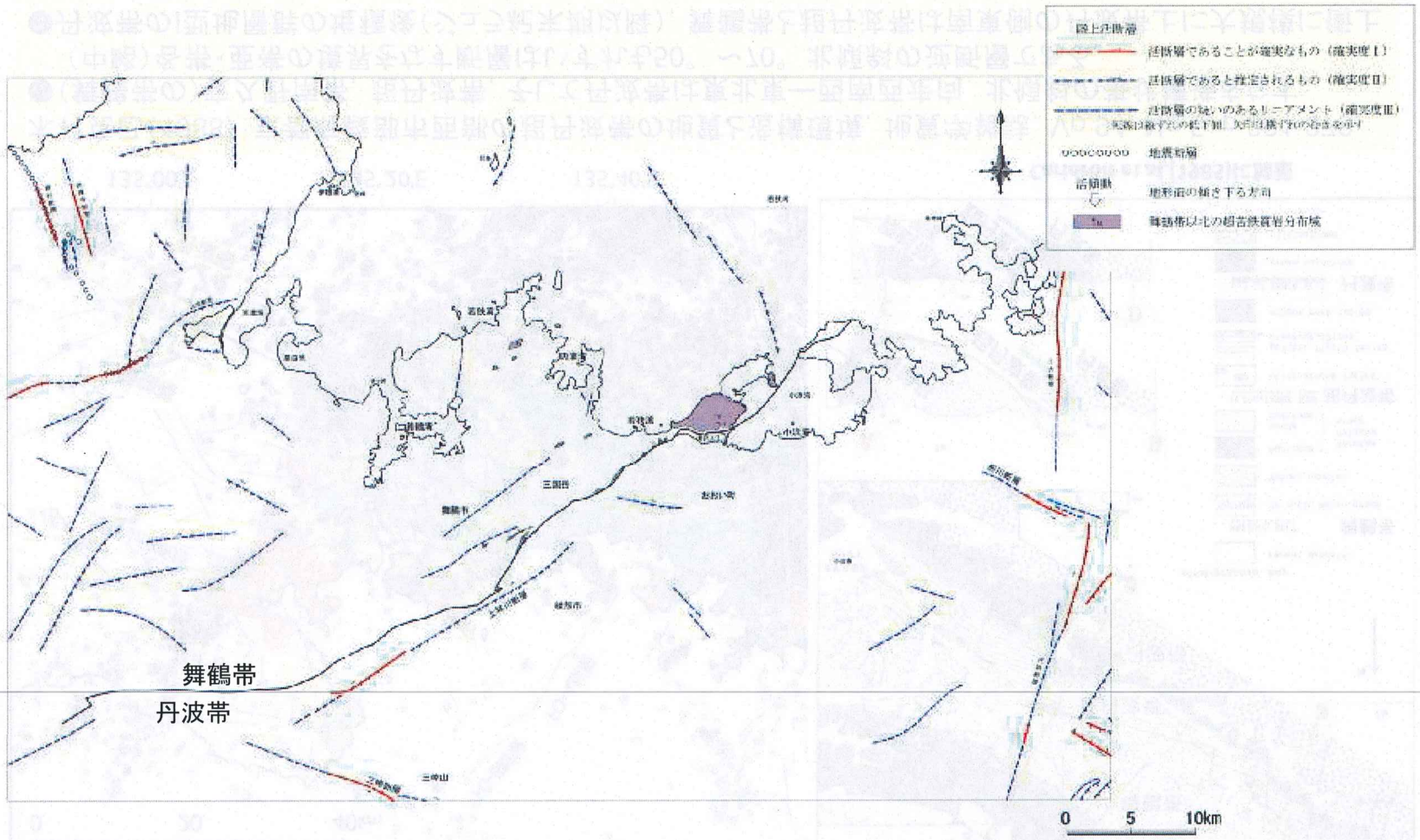
木村克己（1988）：京都府綾部市西部の超丹波帯の地質と造構環境，地質学雑誌，Vo.94, No.5, p.361-379.

●（舞鶴帯の）夜久野南帯，超丹波帯，そして丹波帯は東北東一西南西走向，北傾斜の帯状構造をなす。（中略）各帯・亜帯の境界をなす断層はいずれも50°～70°北傾斜の逆断層である。

●丹波帯のI型地層群の堆積後（ジュラ紀末期以降），舞鶴帯と超丹波帯は南東側の丹波帯上に大規模に衝上し，（後略）

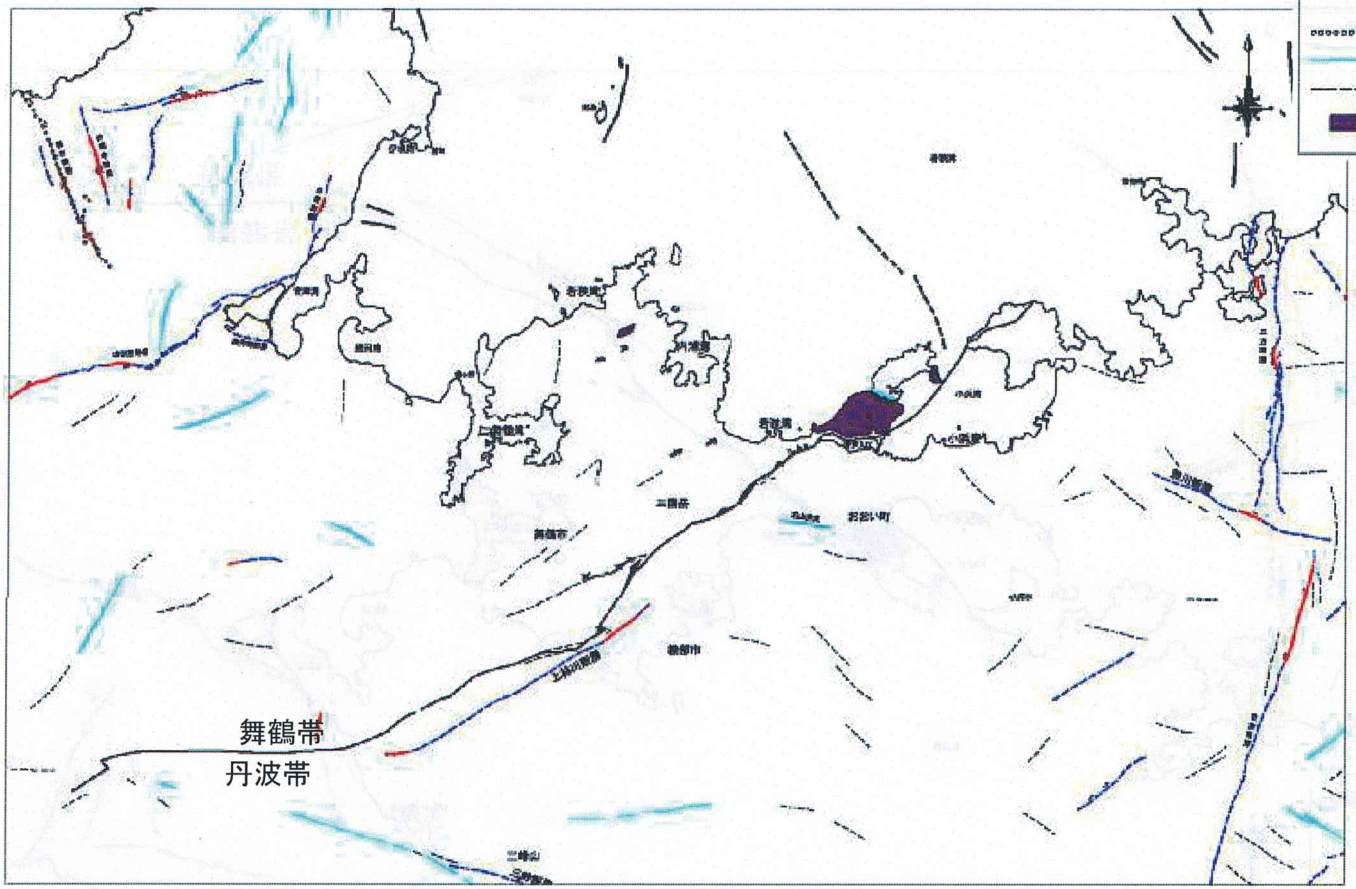
（舞鶴帯、超丹波帯：先ジュラ紀、丹波帯：ジュラ紀）

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 161再掲



「新編　日本の活断層」には、舞鶴帯と丹波帯との境界を越えて延びる活断層は図示されていない。

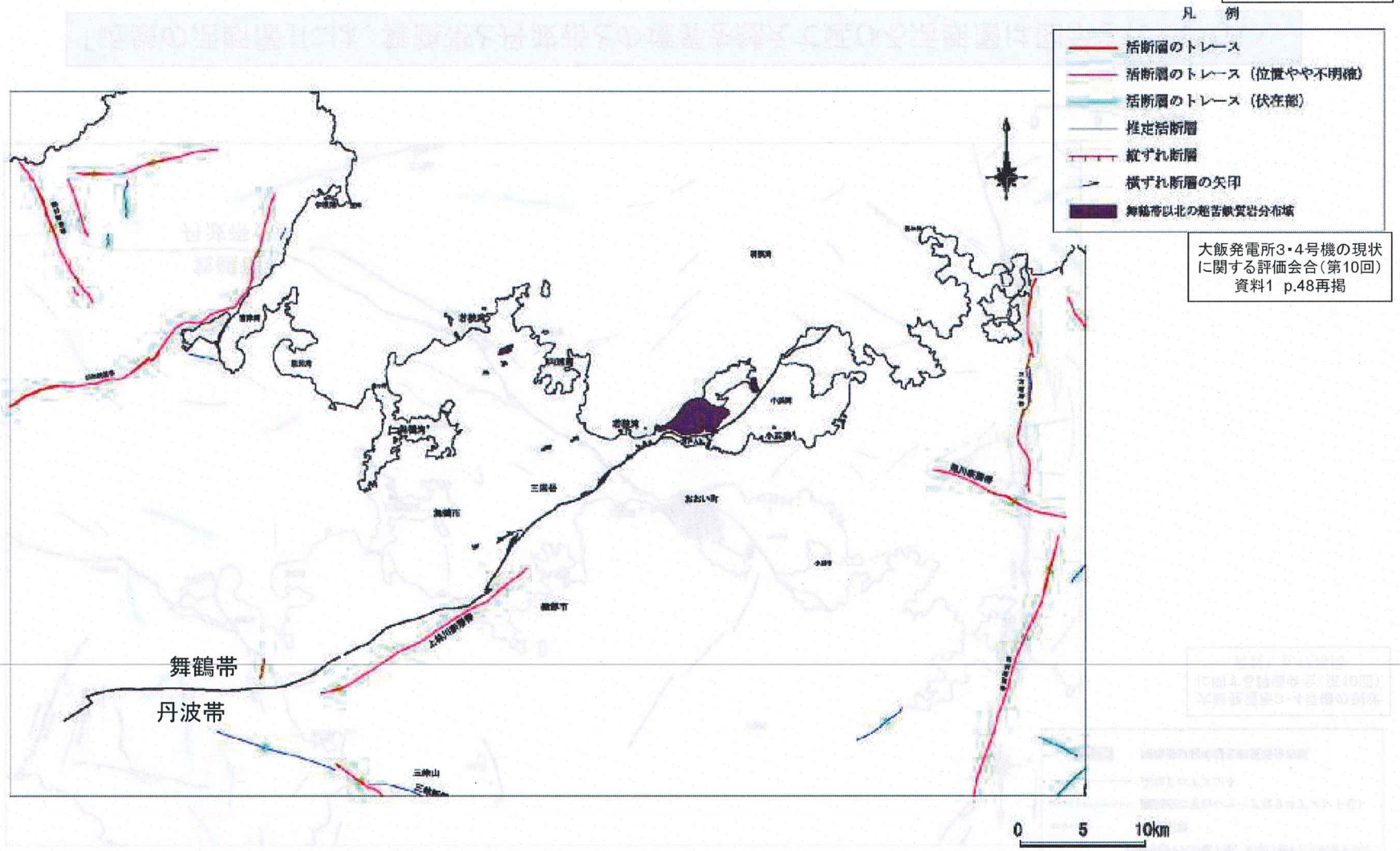
適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3　p. 163再掲



大飯発電所3・4号機の現状
に関する評価会合（第10回）
資料1　p.47再掲

「近畿の活断層」には、舞鶴帯と丹波帯との境界を越えて延びる活断層は図示されていない。

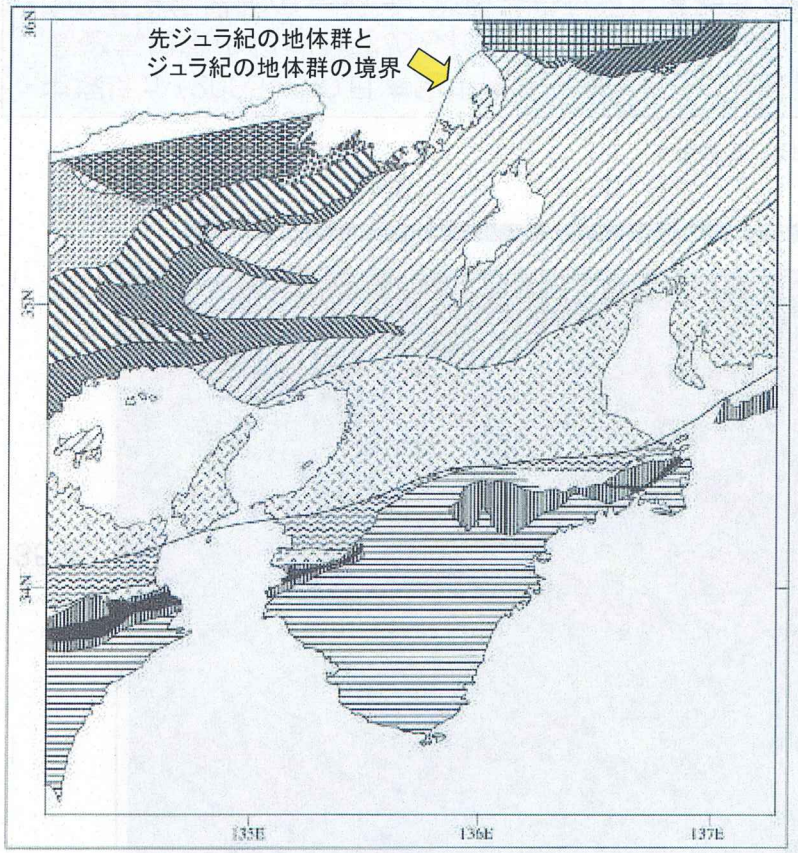
適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 164再掲

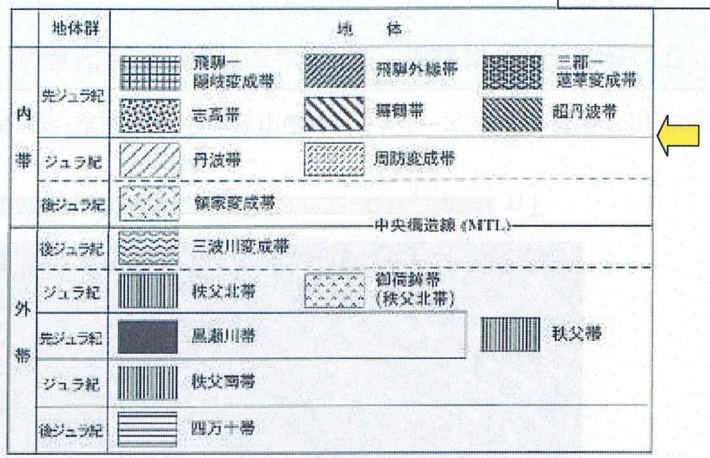


大飯発電所3・4号機の現状に関する評価会合（第10回）
資料1 p.48再掲

「活断層詳細デジタルマップ」には、舞鶴帯と丹波帯との境界を越えて延びる活断層は図示されていない。

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3　p. 165再掲



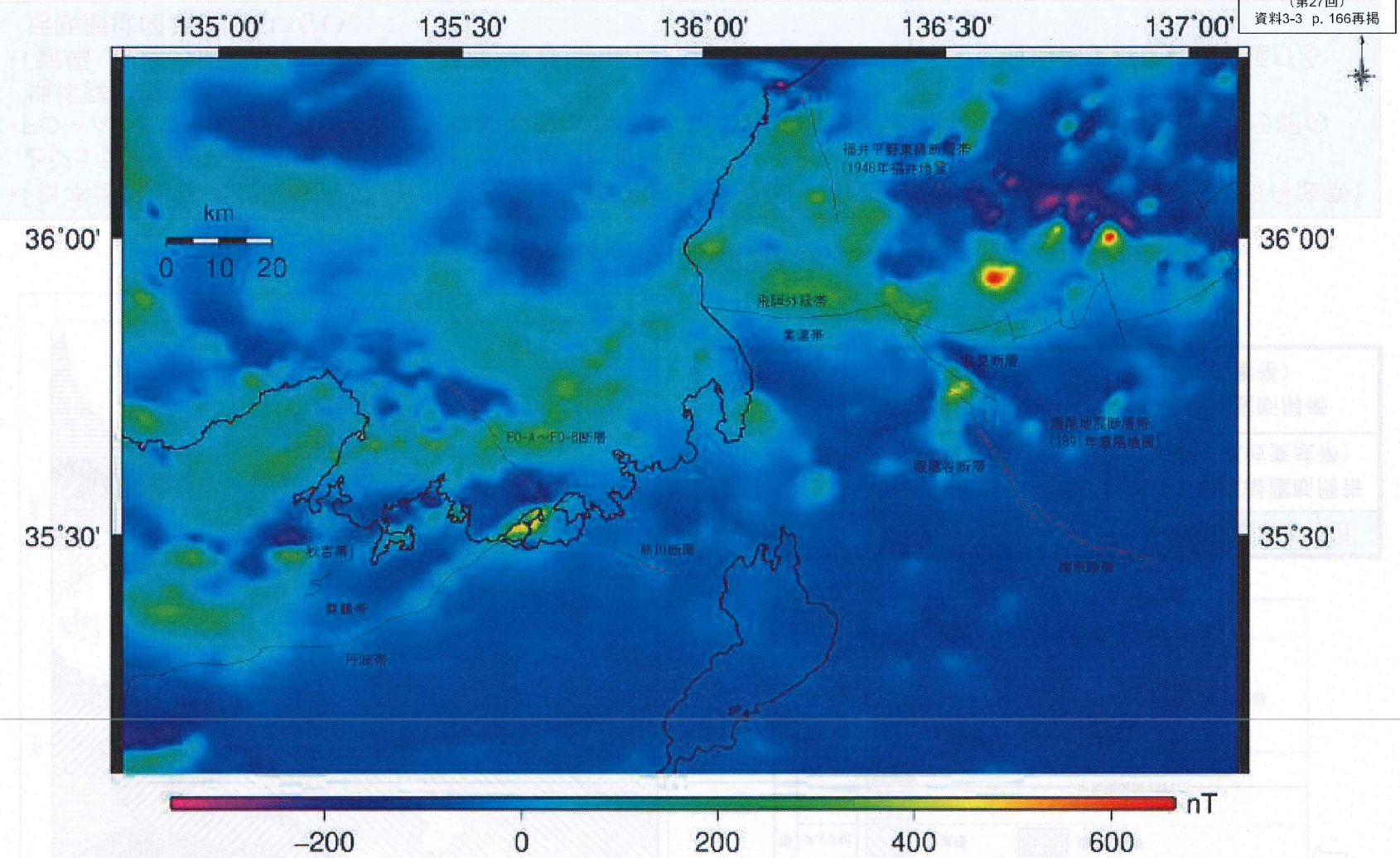


地体群	若狭湾付近	濃尾地震断層帯付近
先ジュラ紀	FO－A～FO－B断層（舞鶴帯）	福井平野東縁震断層帯（飛騨－隠岐変成帯）
ジュラ紀	熊川断層（丹波帯）	濃尾地震断層帯（美濃帯）

図 3.1.1　近畿地方の先第三紀基盤地質体の地体区分

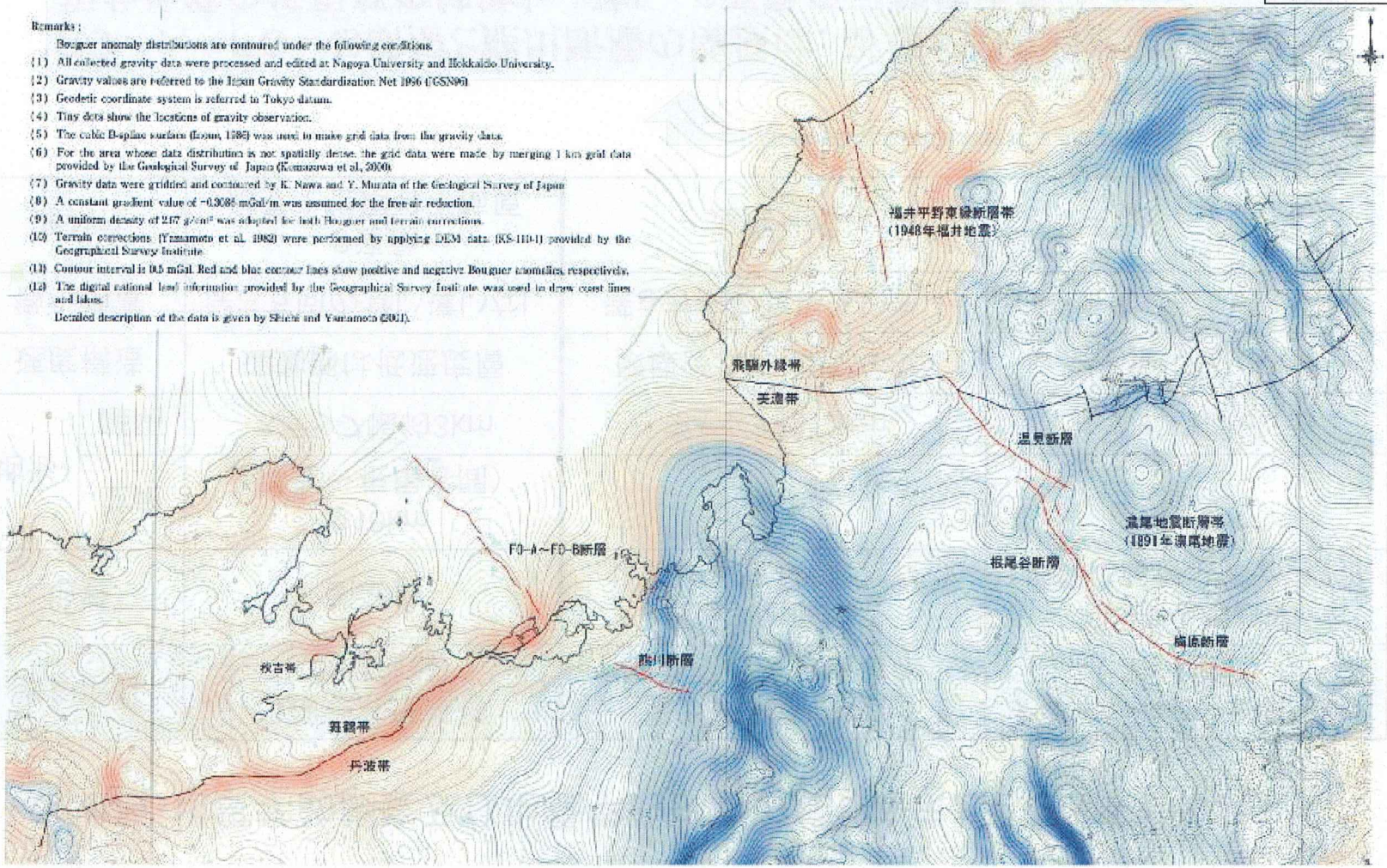
・「日本地質学会編（2009）※p74」には、先ジュラ紀の地体群（飛騨－隠岐変成帯、飛騨外縁帯、舞鶴帯、超丹波帯）とジュラ紀の地体群（丹波帯）との境界が図示されている。
・FO－A～FO－B断層と福井平野東縁断層帯は先ジュラ紀の地体群、熊川断層と濃尾地震断層帯はジュラ紀の地体群に位置する。
・「新編　日本の活断層」、「近畿の活断層」及び「活断層詳細デジタルマップ」には、この地体境界を越えて延びる活断層は図示されていない。

※日本地質学会編（2009）：日本地方地質誌5　近畿地方



※中塚 正・大熊茂雄・牧野雅彦・森尻理恵, 日本空中磁気データベース, 数値地質図(P-6), 2005.

・中塚ほか(2005)※の日本空中磁気データベースより作成した航空磁気異常図によれば、飛騨外縁帯に沿って高磁気異常の領域が認められる。
・この高磁気異常の一部は、大島半島付近に分布する夜久野オフィオライトの超苦鉄質岩と一致している。



※Gravity Database of Southwest Japan（CD-ROM）」:
Gravity Research Group in Southwest Japan（Representatives:Ryuichi Shichi and Akihiko Yamamoto）

・Gravity Database of Southwest Japanより作成したブーゲー重力異常図によれば、FOーA～FOーB断層と熊川断層との間には、舞鶴帯と丹波帯の境界と一致する重力の急変帯が見られる。
・また、福井平野東縁断層帯と濃尾地震断層帯との間には、飛騨外縁帯と美濃帯の境界とほぼ一致する重力の急変帯が見られる。

適合性に係る審査会合
（第27回）
資料3-3 p. 168再掲

濃尾地震断層帯周辺との比較による FO－A～FO－B断層と熊川断層の連動について

○地形・地質学的調査及び地震学的調査の結果をまとめると下表のとおり。

調査項目		濃尾地震断層帯の連動部	濃尾地震断層帯と福井平野東縁断層帯	FO－A～FO－B断層と熊川断層
地質		美濃帯	美濃帯と飛騨帯（境界に超苦鉄質岩含む）	丹波帯と舞鶴帯（境界に超苦鉄質岩含む）
地形	並走	約10km（温見～根尾谷間）	無し	無し
	離隔	ステップ幅約3km	ギャップ約13km	ギャップ約15km
速度構造		連動部は低速度層	破壊停止部は高Vp/Vs	離隔部に高Vp/Vs
微小地震		深さ方向の食い違いなし	深さ方向の食い違いあり	深さ方向の食い違いあり
連動性		3連動 温見＋根尾谷＋梅原	連動せず	－

FO－A～FO－B断層と熊川断層の関係は、破壊が停止した濃尾地震と福井地震の境界部の特徴と一致し、3連動の可能性は無い。