

12. 四国東部中央構造線活断層系の荒川低角度断層の構造と活動様式

Structure and movement type of the Arakawa Low Angle Fault
of the Median Tectonic Line active fault system in eastern Shikoku, southwest Japan

○ 加藤 弘徳 (㈱荒谷建設コンサルタント)
中野 浩 (㈱創研技術)・横山 俊治 (高知大学)

1. はじめに

四国東部の徳島県域における中央構造線活断層系は、和泉層群からなる讃岐山脈とその南麓の平地との境界付近を走っている。これらの活断層系は右横ずれ運動をなし、断層面の傾斜が 60° 以上の高角度断層である、と一般には考えられている¹⁾。しかし、断層面の傾斜が 45° 以下という低角度断層も以前から知られていて、低角度化の原因について議論されてきたが、合意に至っていない^{1)~8)}。

本論文では、詳細な地質踏査と露頭観察の結果に基づき、従来は高角度の断層とされてきた荒川断層^{1), 7), 8)}が低角度断層であることを示す。そして、その構造から断層の低角度化の原因を議論し、荒川断層の活動様式を明らかにする。

なお、本論では断層の移動方向に関する用語を山下⁹⁾に従う。

2. 中央構造線沿いの低角度断層の分布

既存文献^{2)~7)}に基づき、四国東部における中央構造線活断層系の低角度断層露頭の分布を図-1に示す。個々の紹介は割愛するが、低角度断層はいずれも高角度断層の一部分で発生している。その傾斜は一部を除き $25^\circ \sim 45^\circ$ の範囲にあり、水平傾斜移動の長さは $50 \sim 300$ m の範囲にある。

低角度断層の重要な特徴は、土柱層の分布域を断層が通過するところで発生し、和泉層群が土柱層に北から衝上していることである。このうち一部では、断層上盤の和泉層群はその上に堆積した土柱層を載せた状態で衝上していることが確認されている^{5), 7)}。

3. 調査地の概要

3.1 地形・地質に関する一般的事項

徳島県北部の吉野川低地の北縁に沿って、東北東-西南西方向に中央構造線活断層系が存在しており^{6), 10)}、その北側には標高 $600 \sim 1,000$ m の讃岐山脈がそびえている(図-1)。讃岐山脈は中生代白亜紀の海成層である和泉層群からなる山脈である。

調査地は徳島県美馬市中上~荒川にかけての地域で、吉野川低地の北縁に位置している(図-1)。ここでは讃岐山脈の山麓に沿って標高 $100 \sim 300$ m の丘陵が広がっている。この丘陵には、吉野川北岸を中心に広く分布する上部鮮新統~下部更新統の土柱層¹¹⁾が分布している。土柱層は主に未~半固結状の礫層で構成されており、近畿地方の大阪

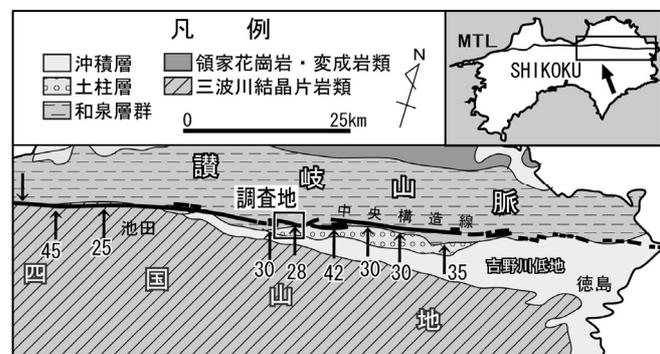


図-1 四国北東部の地質概要と中央構造線沿いの低角度断層露頭の位置^{2)~7)}

中央構造線位置は水野ほか¹⁰⁾に基づく。矢印は低角度断層の位置、数値はその傾斜角度を示す。

層群に相当する地層である。本地域の土柱層には、層厚数十 cm～数 m の礫層中に層厚数 cm 程度のシルト層や中砂層が挟在している。

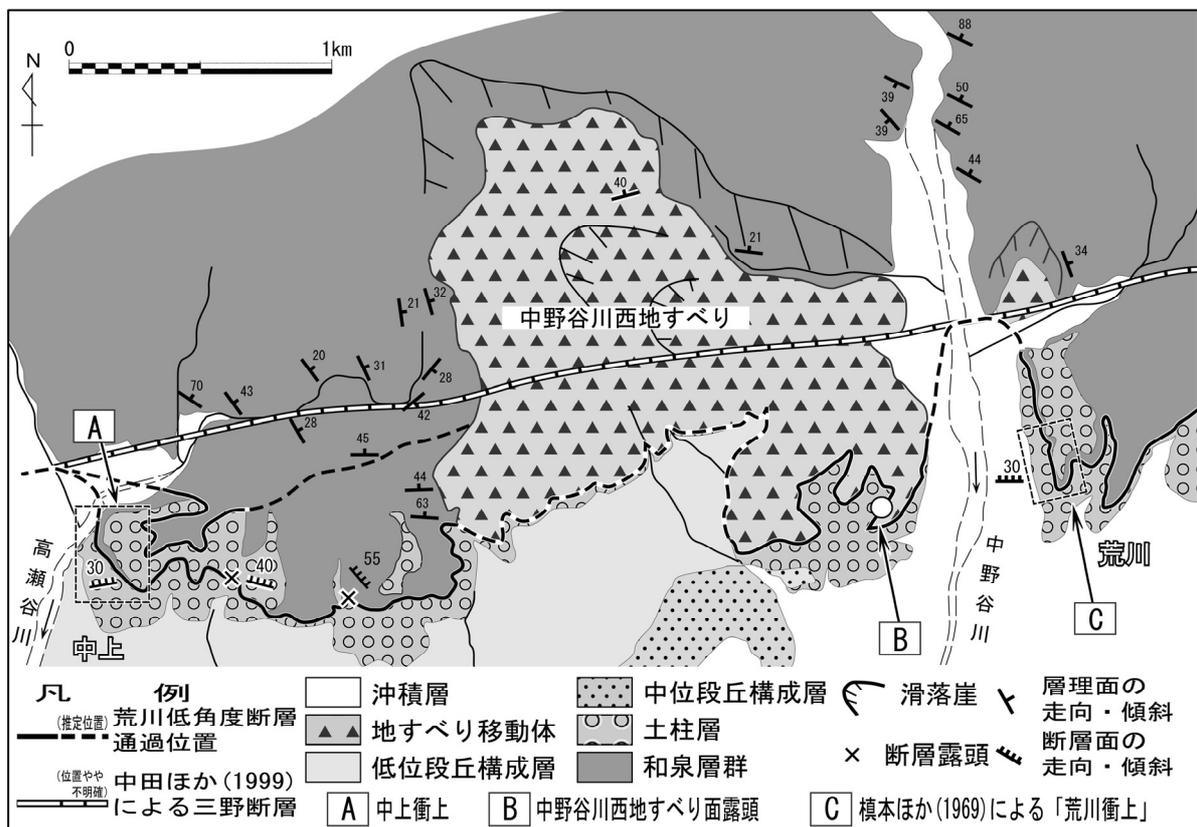
本地域には、讃岐山脈に発し、山脈や丘陵を開析しながら吉野川低地に流下する中野谷川や高瀬谷川などの河川が存在する（図－2）。中野谷川右岸の山麓部には、大規模な地すべり地形の存在が知られている¹⁰。本論では、この地すべりを「中野谷川西地すべり」と命名する。

3.2 中央構造線活断層系

榎本ほか¹²は、中野谷川左岸（東側）に位置する美馬市荒川の土取場跡の大露頭（図－2の C 地点）において、和泉層群が南に分布する土柱層上に乗り上げている低角度断層を記載し、荒川衝上と命名した。一方で岡田⁶や水野ほか¹⁰は、美馬市中上から上記の荒川衝上¹²付近を経てその東方へ至る断層を記載した。これが荒川断層¹⁰である。この断層の地表トレースは地形に関係なく概ね直線状に描かれており、荒川断層は大局的に高角度であると考えられている^{6,10}。

筆者らは、高瀬谷川左岸に位置する中上地域の土取場跡の大露頭（中上露頭：図－2の A 地点）において和泉層群が南に分布する土柱層上に乗り上げている低角度断層を新たに記載し、これを中上衝上と命名する。さらに中上衝上と荒川衝上の間は和泉層群と土柱層の分布によって断層の位置を推定した。その結果、高角度断層の荒川断層は存在せず、断層はほぼ全域に渡って低角度であることが明らかになったので、中上衝上から荒川衝上に至る低角度断層を荒川低角度断層と命名する。荒川低角度断層は荒川衝上のさらに東にも延びているが、どこまで連続するかは不明である。

荒川断層の北方の讃岐山脈斜面には、全長約 15km に及ぶ三野断層が分布している（図－2）が^{1), 6), 10), 13)}、荒川低角度断層と三野断層の関係は明らかになっていない。筆者らは、中上衝上北東方の高瀬谷川上流をはじめ、三野断層が通過するとされる地点の地質踏査を実施したが、大規模な断層の存在を示す破碎状況を確認することはできなかった。



図－2 調査地の地質図

4. 荒川低角度断層の構造

4.1 高瀬谷川左岸，中上地域

中上地域の荒川低角度断層は平均走向 EW，傾斜 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}N$ で，和泉層群が土柱層に北方から衝上している．確認された水平傾斜移動の長さは約 300m である．中上衝上の断層露頭（図-2 の A 地点）では，荒川低角度断層が水平傾斜移動の長さにして約 100m 露出している（図-3）．断層上盤の和泉層群は走向 EW，傾斜 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ の砂岩泥岩互層からなり，先端部ほど破砕が進んでいる．和泉層群の下底面には泥岩を起源とする黒色粘土質断層ガウジが 10cm から数十 cm の層厚をもって広がっており，そこから分岐した黒色粘土質断層ガウジは砂岩の角礫を取り込みながら南フェルゲンツで斜め上方に延びている（図-3）．衝上している和泉層群は先端部ほど薄くなり，先端部での層厚は約 3.5m である．この和泉層群を土柱層が不整合に覆っている．この土柱層は，和泉層群の砂岩のほかに三波川結晶片岩類を含む円礫層からなる．土柱層の層厚は 5~10m 以上で，不整合面はほぼ水平である．さらにこの土柱層の上位に，北方の和泉層群が衝上する低角度断層が存在する（図-2）．

荒川低角度断層下盤の土柱層は，和泉層群の砂岩のほかに三波川結晶片岩類を含む円礫層を主体とし，シルト層や中砂層の薄層を挟在する．礫の配列や挟在する薄層の層理面はほぼ水平である．遠望でも断層が礫層を斜めに横切っている箇所があることはわかるが，露頭崖が高いことと露頭表面に付着した土砂によって，断層の引きずりによるドラッグ褶曲が断層面直下の土柱層に形成されているかどうかを明らかにすることはできなかった．断層上盤の和泉層群がシルト層に沿って衝上しているところがある．図-3 の b はその延長であるが，断層上盤の和泉層群の先端

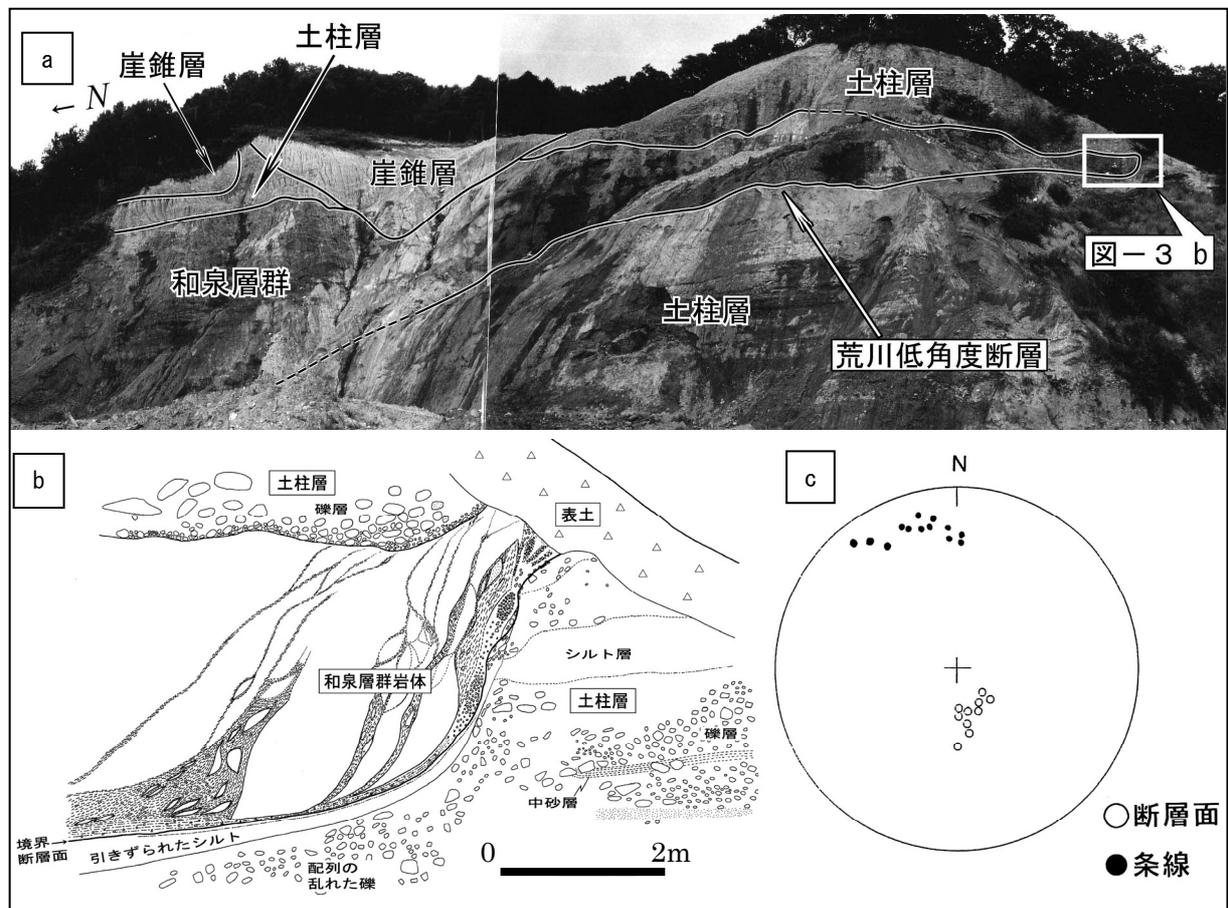


図-3 a：中上衝上の全景，b：同露頭スケッチ，c：境界断層面の走向・傾斜および条線の集中度（シュミットネット下半球投影）

部では、シルト層は和泉層群に引きずられて和泉層群とシルト層よりも上位の礫層と間に分布するようになり、これらの礫層も断層面から1~2mの範囲で礫の配列が破壊されている。このようなシルト層の引きずりや礫層の圧縮による破壊は断層上盤の和泉層群のブルドーシングによって生じたものと考えている。

荒川低角度断層の運動様式は断層面に刻まれた条線（削痕）の方向から推定できる。複数箇所の測定結果は同じ傾向を示す。その一例を図-3のcに示す。断層の走向はEW~N70°E、傾斜は20°~30°Nである。そして条線はN~NW 40°の方向に、約10°~30°でプランジしている。この測定結果は、荒川低角度断層は右横ずれ成分をもつ低角度逆断層であることを示している。

4.2 中上の東方~中野谷川西地すべりの西方

中上衝上の東方延長は、和泉層群と土柱層の分布から断層の分布が推定された。この区間では2箇所断層露頭が確認され（図-2）、そのひとつは水野¹¹⁾も確認している。測定された断層は40°~55°とやや高角度の部分もあるが、荒川低角度断層全体としてみると、20~30°と低角度である。また測定された断層の条線は中上衝上と同様に右横ずれ成分をもっている。

4.3 中野谷川西地すべり

中野谷川西地すべりは和泉層群の層構造が北に傾斜した受け盤斜面の地すべりである（図-2）。地すべり移動体の和泉層群には、地すべりを示唆する開口亀裂が多数発達している。

中野谷川西地すべりの末端では、和泉層群からなる地すべり移動体が土柱層の上を滑っている。図-2のB地点には、中野谷川西地すべりのすべり面が露出している。すべり面は、和泉層群の断層破碎帯である黒色粘土質断層ガウジからなり、細礫混じりシルト層からなる土柱層の上を滑っている。すべり面は走向EW、傾斜20°Nであるので、地すべり末端部のすべり面は地すべり頭部に向かって傾斜していることになる。このことと、地すべり移動体の尖端の形態は荒川低角度断層の分布とほぼ一致することから、中野谷川西地すべりは、末端部において、荒川低角度断層の断層破碎帯をすべり面として滑動したと考えられる。

4.4 中野谷川左岸、荒川地域

当地域の荒川低角度断層は走向EW、傾斜25°~30°Nで、和泉層群が土柱層に北から衝上している。沖積層で被覆されていない部分で荒川低角度断層の水平傾斜移動の長さを求めると、その長さは約500mである。そのうち、荒川衝上断層露頭¹²⁾（図-2のC地点）には、水平傾斜移動の長さにして約150mが露出している。断層上盤の和泉層群は断層破碎帯の産状が中上衝上と類似している。すなわち、黒色粘土質断層ガウジは断層面に沿って分布すると共に、そこから分岐した黒色粘土質断層ガウジは南フェルゲンツで斜面上方に延びている。荒川低角度断層はシルト層に沿って走り、そのシルト層の中にも荒川低角度断層に平行な剪断面が多数発達している。

5. 荒川低角度断層の活動様式

中央構造線活断層系の断層の多くは、岡田¹⁾などによる地形学的研究によって、右横ずれを示す走向移動方向の移動量が顕著な高角度断層であることが明らかにされている。したがって、須鎗・阿子島⁷⁾のように、中央構造線はほとんど走向移動方向の変位をもたない高角度傾斜移動断層であるとする見解は誤りである。また、中川・中野^{2), 3)}のように、中央構造線は地表から深部まで低角度であるとする見解も誤りである。

岡田^{1), 6)}や須鎗・阿子島⁷⁾は、地すべりや斜面葡行によって高角度断層が後生的に低角度になったのが低角度断層であると考えている。しかし、これらの見解も誤りである。なぜなら、高角度の断層面を低角度化するには、高角度断層よりも斜面下方の地質体を取り除くか、その地質体を

短縮させなければならないが、地すべりや斜面葡行によってそのようなことが起こっているという証拠がないし、具体的に現象を説明することができないからである。

筆者らは、断層が通過している地質体に着目し、高角度断層と低角度断層の分布および両者の関係を次のように考えている。四国東部の中央構造線活断層系において、和泉層群中や和泉層群と三波川結晶片岩類との境界といった岩盤の中を通過するところでは、断層は高角度である。しかし、土柱層の分布域を断層が通過するところでは、硬質な岩盤からなる和泉層群が軟質な未～半固結堆積物からなる土柱層に衝上して、断層は低角度になる。高角度断層と低角度断層は連続していると考えている。

それでは、土柱層の存在が断層の低角度化にどのように影響しているのだろうか。近畿地方では、山地側の花崗岩や丹波層群と平地側の大坂層群（土柱層と同時代の未～半固結堆積物）との境界を走る境界逆断層において、ドラッグ褶曲の形成による断層沿いの大坂層群の短縮により断層の低角度化が生じている¹⁴⁾。四国東部の中央構造線活断層系において、低角度断層沿いで土柱層のドラッグ褶曲を筆者らが観察したのは、芝生衝上だけで、しかも小規模である。中上衝上や荒川衝上の事例は、シルト層に生じた層面断層に沿って断層上盤が衝上したことを示している。おそらく、シルト層だけでなく、含礫シルト層（中野谷川西地すべりの例）やシルトマトリクスに富む礫層、砂層に沿っても層面断層が形成され、それに沿って和泉層群は衝上したと考えられる。また、層面断層が形成されにくい礫層のところでは、中上衝上で観察されたように、ブルドーリングによって土柱層を削りながら衝上したかもしれない。傾斜移動の長さが 100m を越える低角度断層は土柱層の短縮で説明することが難しい。

中上衝上や荒川衝上では、断層上盤の和泉層群の上位に堆積した土柱層がほぼ水平の状態に残っている。ドラッグ褶曲による断層下盤の土柱層の短縮によって断層面が低角度化したとすると、土柱層は南に大きく傾いてしまうので、それは事実と反する。岡田^{1),6)}や須鎗・阿子島⁸⁾が主張する斜面葡行による斜面の垂れ下がり説や、須鎗・阿子島⁸⁾が主張する押し被せ断層説も断層上盤の土柱層の産状を説明することはできない。

中野谷川および高瀬谷川沿いでは、荒川低角度断層は沖積層に被覆され、三野断層との関係を示す露頭はないが、荒川低角度断層が地下で繋がる高角度断層は三野断層である可能性が高いと考えている（図-2）。荒川低角度断層と三野断層が繋がると仮定して、荒川低角度断層の各種移動量を見積もってみる。荒川低角度断層の走向・傾斜の平均値を EW, 27° N とする。図-3のcに示した中上衝上における断層ガウジに示された条線方向を平均すると、NW16°の方位に、20°Nでプランジする結果が得られる。この条線のプランジ方位は、断層運動に伴う実移動の方向を表している。中上衝上で断層上盤の尖端が露出しているので、荒川低角度断層の尖端から三野断層が通過するとされる位置までの実移動の長さは約 380m である。荒川低角度断層の各種移動量は、実移動量：約 380m、垂直移動量：約 166m、走向移動量（右横ずれ量）：約 105m となる。垂直移動量は走向移動量の約 1.6 倍となり、はるかに大きい。高角度断層から同じ横ずれセンスの低角度断層が延びるためには、須鎗・阿子島⁸⁾が指摘しているように、垂直変位量が著しく小さい純粋な走向移動断層では難しいであろう。岡田^{1),4),6)}他、活断層研究者は、中央構造線活断層系の高角度断層について走向変位量を強調するが、垂直変位量も無視できない右逆移動断層（右横ずれ成分をもつ斜め移動断層）であると見るのが正確であろう。

荒川低角度断層は、土柱層分布域の外側地域や土柱層の基盤以深では、高角度断層に連続するが、ここで問題になるのは、低角度断層の山側で高角度断層の延長が地表まで延びているかどうか、すなわち、地下の高角度断層は高角度のまま地表に到達した断層と、低角度で土柱層に衝上

している断層の両方が存在するかどうかという点である。荒川低角度断層の山側には三野断層が延びているとされているが、断層鞍部とされている地形が存在するだけで¹⁰⁾、断層露頭の確認が必要である。

6. 結論

本論文の結論は、以下のとおりである。

- (1)これまで高角度断層とされてきた荒川断層はほぼ全域が低角度で、高角度断層は存在しない。この低角度断層を荒川低角度断層と命名した。荒川低角度断層が繋がる高角度断層は三野断層の可能性が高い。
- (2) 荒川低角度断層の例のように、四国東部の中央構造線活断層系の断層は、和泉層群等の岩盤中を通過するときは高角度であるが、土柱層分布域を通過するところでは、硬質な岩盤からなる和泉層群が軟質堆積物である土柱層に低角度で衝上する可能性が高い。低角度断層はシルトのような弱層に生じた層面断層に沿って衝上する。
- (3)低角度断層の活動時期は、それが繋がっている高角度断層のそれと同じと考えるのが合理的である。低角度断層の活動時期については再考を要する。

引用文献

- 1) 岡田篤正 (1973) : 中央構造線の第四紀断層運動について, 中央構造線, 東海大学出版会, pp.46-89.
- 2) 中川 典, 中野光雄 (1964a) : 讃岐山脈中部南麓に発達する“中央構造線”, 地質学雑誌, Vol.70, No.821, pp.52-58.
- 3) 中川 典, 中野光雄 (1964b) : 阿波池田西部の“中央構造線”, 地質学雑誌, Vol.70, No.831, pp.580-585.
- 4) 岡田篤正 (1968) : 阿波池田付近の中央構造線の新时期断層運動, 第四紀研究, Vol.7, No.1, pp.15-26.
- 5) 榎本五郎, 中川 典, 中野光雄 (1968) : 徳島県美馬郡脇町でみられる“中央構造線”, 地質学雑誌, Vol.74, pp.479-484.
- 6) 岡田篤正 (1970) : 吉野川流域の中央構造線の断層変位地形と断層運動速度, 地理学評論, Vol.43, pp.1-21.
- 7) 須鎗和巳・阿子島 功 (1977) : 吉野川沿岸のネオテクトニクス of 諸問題, MTL, No.2, pp.17-27.
- 8) 須鎗和巳・阿子島 功 (1978) : 吉野川流域の中央構造線活断層系の第四紀後期の変位量, MTL, No.3, pp.37-42.
- 9) 山下 昇 (1967) : 地球科学序説 (新版), 築地書館, 東京, 251p.
- 10) 水野清秀, 岡田篤正, 寒川 旭, 清水文健 (1993) : 2.5 万分の 1 中央構造線活断層系ストリップマップ解説書, 構造図(8), 地質調査所, 63p.
- 11) 水野 (1987) : 四国及び淡路島の中央構造線沿いに分布する鮮新・更新統について (予報), 地質調査所月報, Vol.38, No.4, pp.171-190.
- 12) 榎本五郎, 中川 典, 中野光雄 (1969) : 徳島県美馬郡内の“中央構造線”, 地理科学, Vol.11, pp.31-38.
- 13) 中田 高, 後藤秀昭, 岡田篤正, 堤 浩之, 丹羽俊二, 小田切聡子 (1999) : 1:25,000 都市圏活断層図「脇町」, 国土地理院技術資料, 日本地図センター.
- 14) 横山俊治 (2000) : 大阪平野周辺の境界断層, 山地の地形工学 (日本応用地質学会編), pp.93-94.