

関東山地北東縁部上部白亜系栃谷層の褶曲構造と基底断層

Fold structures and basal fault of the Upper Cretaceous Tochiya Formation in the northeastern Kanto Mountains

近重史朗*
Shirou Chikashige*

Abstract : Geological structures of the Upper Cretaceous Tochiya Formation, once regarded as one of the member of the Atokura Nappe, were carefully investigated in order to clarify the geotectonic evolution of the Yorii-Ogawa area in the northeastern Kanto Mountains. A macroscopic overturned anticline verging northward was recognized as well as upright folds. Their axes trend N80°–85°W and plunge 5°–10°. A basal thrust between the allochthonous Tochiya Formation and the underlying Mikabu greenstones cuts the fold structures and exhibits fault-rock fabrics, suggesting a top to the north sense of shear. These evidences for the northward movement suggest that the Tochiya Formation in the study area was a different nappe from the southward-verging Atokura Nappe of the type locality.

Key words : Tochiya Formation, Atokura Nappe, overturned fold, basal fault, paleocurrent

はじめに

関東山地北縁～北東縁部の群馬県下仁田地域、埼玉県金沢地域、および埼玉県寄居-小川地域には、起源と年代を異にする二疊紀から古第三紀の異地性の地質体が三波川帯御荷鉢緑色岩類の構造的上位に定置し、それらは「跡倉ナップ」と総称されている (Fig. 1) (牧本・竹内, 1992; 埼玉総会中・古生界シンポジウム世話人会, 1995)。これらの異地性地質体の形成過程は、日本列島の中軸部の発達史を考える上で大変重要であり、これまでに多くの研究が行われている (藤本ほか, 1953; 新井ほか, 1963, 1966; 小勝ほか, 1970; 内田, 1978; 小坂, 1979; 高木・藤森, 1989など)。1990年前後から、岩相・化学組成、放射年代、Sr 同位体比初生値によりこれらの地質体の帰属が明らかにされた (小野, 1983; 柴田・高木, 1989; 高木・藤森, 1989; 高木ほか, 1989; 端山・柴田, 1990; 竹内・牧本, 1991; 竹内・牧本, 1995など)。さらにナップの基底断層の断層岩の構造解析によって下盤に対する上盤の相対的な移動センスが求められ (ウォーリスほか, 1990; 小林, 1991; 小林, 1995; Kobayashi, 1996など), 「跡倉

ナップ」の主要な構成メンバーである跡倉層の南方への押被せ褶曲が報告されている (新井・高木, 1998)。

寄居-小川地域の跡倉層相当層とされる栃谷層 (前田, 1954) は、下仁田地域の跡倉層に比べて良好な露頭が少なく褶曲構造や基底断層の構造解析などの検討が進展していない。最近、栃谷層分布域の中・西部地域で採石場の稼働が進み大露頭が出現し、地質構造の調査に有利な状況が現出した。本研究では、石井ほか (1990) により中新統とされる地域を除く栃谷層分布域の中・西部地域を対象にして、褶曲構造および関連する断層を中心とした調査・検討を行った。その結果、上部白亜系栃谷層は跡倉層とは異なる運動像を有するナップ (「栃谷ナップ」) であることが明らかになったので報告する。

寄居-小川地域の地質概略

寄居-小川地域の地質概略図を Fig. 2 に示す。この地域では、北から三波川帯御荷鉢緑色岩類、寄居溶結凝灰岩類、寄居層、御荷鉢緑色岩類と金勝山石英閃綠岩、栃谷層、秩父帯の岩石・地層が分布している。これらの岩石・地層のうち寄居溶結凝灰岩類、寄居層、金勝山石英閃綠岩、栃谷層は御荷鉢緑色岩類の上にナップとして移動してきた異地性岩体であり、下仁田地域、金沢地域とともに「跡倉ナップ」を構成してい

2000年7月4日受付。2000年11月15日受理。

* 日本大学大学院理工学研究科地理学専攻
Geography Major, Graduate School of Science and Technology, Nihon University, 3-25-40 Sakurajosui, Setagaya-ku, Tokyo 156-8550, Japan

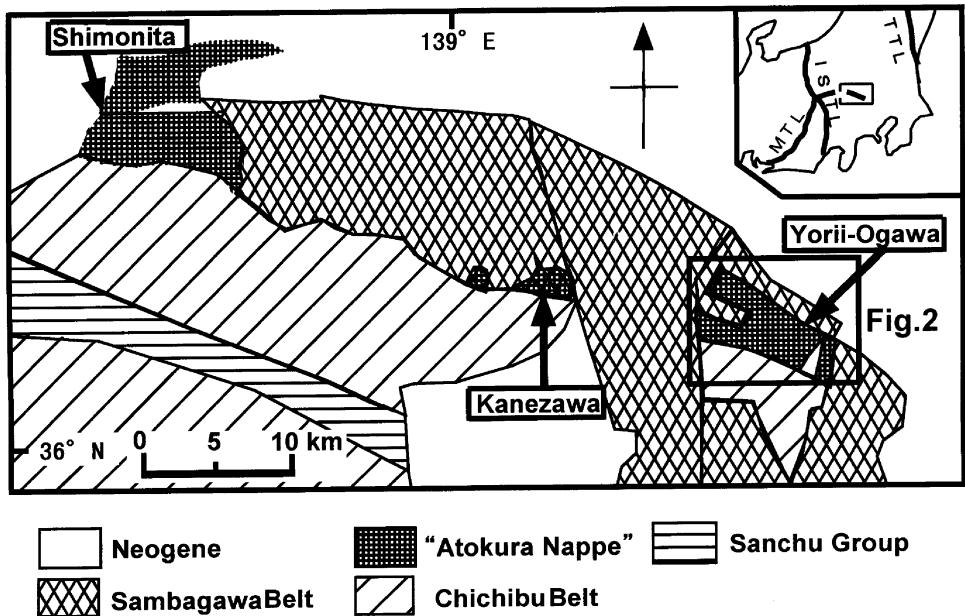


Fig. 1 Geological sketch map of the northern Kanto Mountains. Simplified after the Geological Sheet Map 1 : 200,000 "Nagano" (1998) and "Utsunomiya" (1990) of the Geological Survey of Japan. MTL : Median Tectonic Line. ISTL : Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line. TTL : Tanagura Tectonic Line.

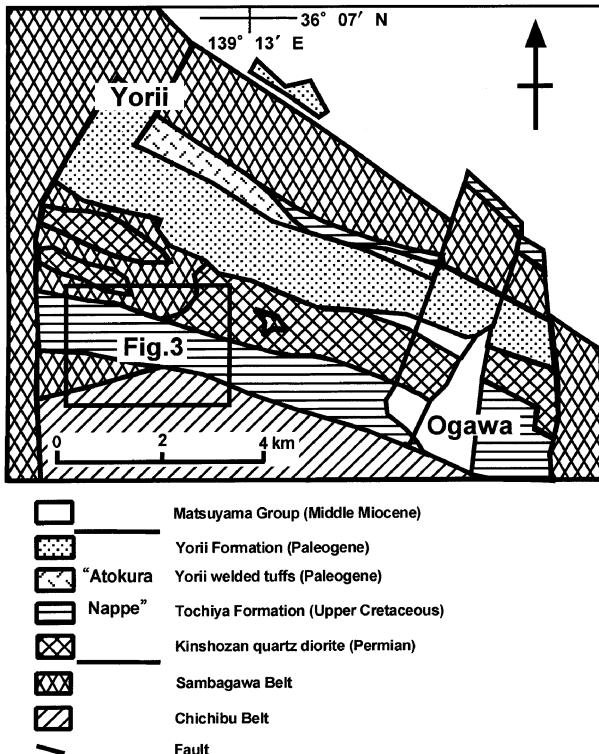


Fig. 2 Geological outline of the Atokura Nappe in the Yorii-Ogawa area. Simplified after Makimoto and Takeuchi (1992).

る（牧本・竹内, 1992）。「跡倉ナップ」の各岩体は三波川帯の構造的上位に存在するが（高木・藤森, 1989), WNW-ESE 方向と N-S 方向の高角断層でブロック化しているため岩石・地層相互の層序・構造関

係は明らかではない（牧本・竹内, 1992）。なお、栃谷層については、原地性とする説（渡部ほか, 1950; 前田, 1954; 小勝ほか, 1970; 石井ほか, 1990）がある。

金勝山石英閃緑岩の放射年代は、251 Ma（小野, 1983）あるいは 252 Ma（端山・柴田, 1990）で二疊紀を示し、岩体の分布状態から御荷鉢緑色岩類の上位に低角断層でのると推定される（小坂, 1979; 平島, 1984; 牧本・竹内, 1992）。栃谷層は、礫岩、砂岩および砂岩泥岩互層からなるタービダイトである（牧本・竹内, 1992）。互層中の泥岩から白亜紀後期のアンモナイト化石、放散虫化石を産し（竹内ほか, 1990; 渡辺ほか, 1990），堆積した地質年代は Turonian~Campanian（およそ 90~74 Ma）と考えられている（埼玉総会中・古生界シンポジウム世話人会, 1995）。また、栃谷層はぶどう石-パンペリ石相の弱変成作用を受けている（小坂, 1979; 平島, 1984）。寄居溶結凝灰岩類は、流紋岩質溶結凝灰岩であり、ジルコンのフィッショングラフト年代は 59.6 Ma を示す（竹内・牧本, 1991）。寄居層は、基底部の鉢形礫岩部層と主部からなる海成層であり、鉢形礫岩部層は礫岩から、主部は礫岩および砂岩からなる（牧本・竹内, 1992）。寄居層主部の下部に挟在する凝灰岩のジルコンのフィッショングラフト年代は 65.4 Ma を示すが、寄居溶結凝灰岩類との層序関係を考慮すれば、寄居層の地質年代は白亜紀末-暁新世であろうとされている（牧本・竹内, 1992）。緑色岩メランジュが栃谷層の北側に分布し（牧本・竹内, 1992），南側の秩父帯と接する部分にも分布する（平島, 1984; 牧本・竹内, 1992）。緑色岩メランジュの角閃岩から 402 Ma の K-Ar 年代が得ら

れている（竹内・牧本, 1995）。

「跡倉ナップ」の構成地質体については、三波川帯御鉢緑色岩類の構造的上位にのる「跡倉層と前期白亜紀花崗岩-変成岩複合岩体から構成される跡倉ナップ」と、その上にのる「金勝山石英閃緑岩から構成される金勝山ナップ（小林・高木, 1991）」の二つのナップからなるとする見解（新井・高木, 1998）と、金勝山石英閃緑岩および角閃岩、栃谷層、緑色岩メランジュのグループと寄居溶結凝灰岩類、寄居層のグループとに分ける見解（牧本・竹内, 1992）がある。

「跡倉ナップ」の形成時期については、ナップを構成する最も新しい地層が寄居層であり、また同ナップが中新統松山層群により不整合に覆われることから、晩新世（約 60 Ma）から中期中新世（16 Ma）の間である（牧本・竹内, 1992）。また、同ナップを構成する岩石・地層のうち寄居溶結凝灰岩類と寄居層は、岩相、放射年代から西南日本内帯に属する地質体と判断されている（牧本・竹内, 1992）。さらに金勝山石英閃緑岩、跡倉層は黒瀬川帯の一員とする見解（平島, 1984）、跡倉層の起源を黒瀬川帯に求める見解（ウォーリスほか, 1990；小林, 1993）、跡倉層は秩父帯から移動したとする見解（Kobayashi, 1996）緑色岩メランジュは黒瀬川帯に属するとする見解（平島, 1984；竹内・牧本, 1995）、金勝山石英閃緑岩・異地性の花崗岩類は南部北上帯・阿武隈帯に属するという見解（柴

田・高木, 1989）もあって、それらの帰属については意見の一致に至っていない。

栃谷層の地質

栃谷層は、渡部ほか（1950）により跡倉層と命名され、前田（1954）は分布域を拡大して栃谷層と命名した。小勝ほか（1970）はさらに分布域を拡大して栃谷層を再定義し、下仁田地域の上部白亜系跡倉層（新井ほか, 1963）と対比した。栃谷層の分布域の範囲について岩相と花粉化石から区分して東半分を中新統とする見解（石井ほか, 1990）があることを考慮して、本研究では中・西部地域で褶曲、断層などの地質構造について調査を行った。

栃谷層は、南限は秩父帯、北限は三波川帯、あるいは金勝山石英閃緑岩とそれぞれ高角の断層で接し、南北約 1~2 km の幅で WNW-ESE 方向に約 8 km の狭長な分布を示す。調査の対象にした中・西部地域は東西約 3 km の範囲であり、本層の走向は分布の方向に平行で N 70°~80°W である（Fig. 3）。

調査地 埼玉県寄居町山居地区採石場、寄居町五ノ坪地区の五の坪川（Fig. 3）

分 布 この地域の栃谷層は、北限および南限とも断層によって緑色岩メランジュと接する。

層 厚 山居地区、五ノ坪地区とも正常層部で 400 m

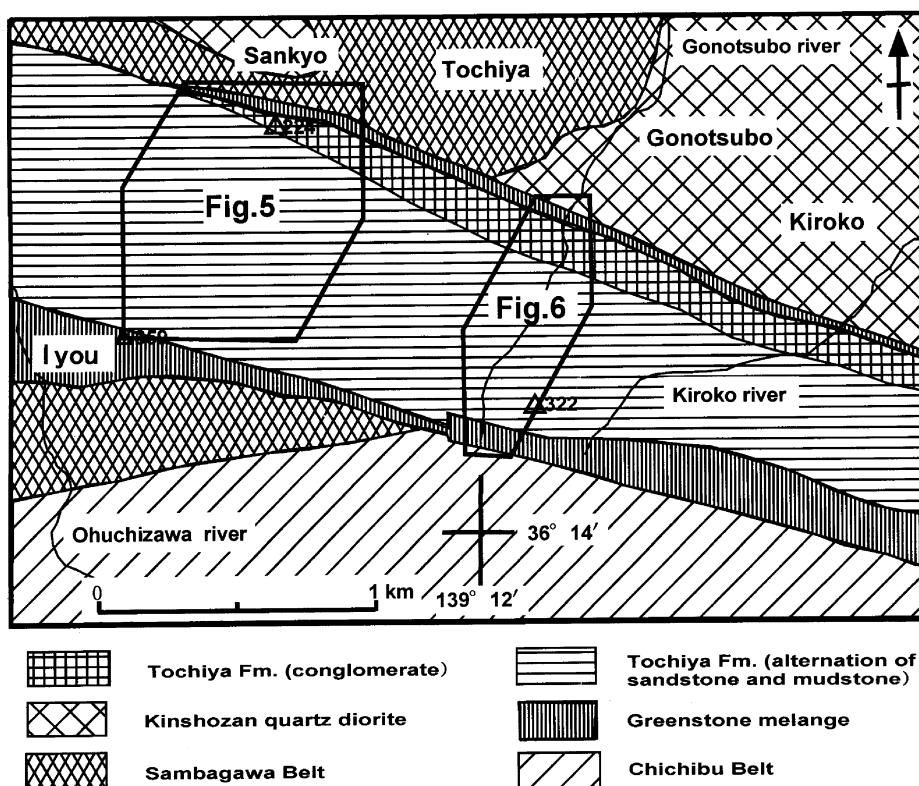


Fig. 3 Geological map of the western part of the Tochiya Formation. Modified after Makimoto and Takeuchi (1992).

以上、逆転層を含めて 800 m 以上である。

層序・岩相 下位から礫岩層約 100 m, 砂岩優勢含礫砂岩泥岩互層約 100 m, 級化層理をなす砂岩優勢砂岩泥岩互層 200 m 以上である。礫は引き伸ばされ変形しており、礫の境界がはっきりしない。礫種は花崗岩、石英閃綠岩が多く、そのほか溶結凝灰岩、チャート、凝灰岩、アプライト、斑れい岩、砂岩、泥岩よりなる。またプロトマイロナイト化した花崗岩の礫 (Fig. 12 e, f) を含む。牧本・竹内 (1992) の指摘するように、三波川帯起源の礫は含まれていない。礫径はほとんどが 10 cm 以下である。基質はアルコース質で比較的粗粒である。砂岩泥岩互層は砂岩単層で 30 cm~2 m, 泥岩単層で 3 cm~25 cm, 砂岩泥岩の厚さの比が 5:1 以上の砂岩優勢である。砂岩層には細礫が混じる。栃谷層の北側約 4 分の 1 は礫岩と砂岩優勢含礫砂岩泥岩互層が分布し、南側約 4 分の 3 は砂岩優勢砂岩泥岩互層が分布する。

山居地区では、砂岩優勢含礫砂岩泥岩互層と砂岩優勢砂岩泥岩互層の分布域を画する地点の近辺で礫岩中に蛇紋岩が貫入する。山居地区の逆転した砂岩泥岩互層の砂岩の底面に流痕を 7 個所で観察できたが、それらはフルートキャスト、縦列キャスト (longitudinal scour) (Collinson & Thompson, 1989), バウンスキャストであり、逆転層を水平に戻した古流向はほぼ NE→SW を示す (Fig. 4)。この古流向は、長沼・加藤 (1978) の示す古流向 ESE→WNW (軸流) に対する側流に対応し、以下に述べる栃谷層の礫岩から砂岩・泥岩への変化の方向、向斜軸、基底断層の走向、転倒背斜の褶曲軸の走向と高角度で斜交する。

五ノ坪地区でも、栃谷層の北側約 4 分の 1 は礫岩、

南側約 4 分の 3 は砂岩優勢砂岩泥岩互層が分布する。砂岩優勢含礫砂岩泥岩互層は調査ルートに沿って露頭が連続していないため観察できない。分布域南限で栃谷層は、破碎された蛇紋岩と高角の南傾斜の境界面で接する。

栃谷層の地質構造

1. 褶曲

調査地域の栃谷層には北側から正立向斜・正立背斜・転倒背斜が存在する (Figs. 5&6)。

山居地区では、北側に分布する礫岩および砂岩優勢含礫砂岩泥岩互層ならびに砂岩優勢砂岩泥岩互層は南傾斜であり、砂岩泥岩互層の砂岩層は南上位の級化層理をなす。その南側は砂岩優勢砂岩泥岩互層で北傾斜・北上位の級化層理を示す。両者はそれぞれ正立向斜の北翼、南翼をなす。この向斜の約 100 m 南側に正立背斜が存在する。この背斜の南翼約 100 m は南傾斜・南上位の砂岩優勢砂岩泥岩互層である。その南側約 50 m は崖錐崩落物で覆われ層理は不明である。その南側約 30 m は北傾斜・北上位である。これらの正立褶曲の π ダイアグラムから求めた褶曲軸は、N 80°W の方向に 10° プランジする (Fig. 5b)。さらに南側に約 10 m 幅の破碎帶が存在する (Fig. 10)。この破碎帶南側の高さ約 120 m 南北方向約 200 m の大露頭を概観する合成写真 (Fig. 7) を基に砂岩泥岩互層の走向をたどって作成したスケッチ (Fig. 9)，および本露頭から約 130 m 南方でさらに約 50 m 標高の高い山腹の採石作業現場 (標高約 230 m) では、南北方向の高さ約 3~5 m の掘削面に、北側から南側へ北傾斜・北上位、ほぼ水平、南傾斜・南上位へと漸移する砂岩泥岩互層が観察できること (Fig. 8) から転倒背斜がみとめられる。この転倒背斜は、ほぼ東西方向の走向で南へ低~中角で傾斜する褶曲軸面を持ち、北翼が中角度で逆転し、南翼が低角度で傾斜する翼間角約 85° の形態を持つ (Fig. 9)。また、この転倒褶曲の各部分をなす 8 個所の露頭における砂岩泥岩互層の姿勢から π ダイアグラムにより求めた褶曲軸は、N 85°W の方向に 5° プランジする (Fig. 5b)。

五ノ坪地区 (Fig. 6) では礫岩分布域南縁から南方 100~200 m の間で砂岩泥岩互層が南傾斜・南上位から北傾斜・北上位に変化するので、この間に向斜が存在する。礫岩南縁から南方約 350 m 前後の地点から傾斜が緩やかになり約 400 m 地点ではほぼ水平 (5°~7° N) になり、約 10 cm 幅の断層ガウジを含む約 1 m 幅の破碎帶に接する。破碎帶以南の約 40 m は南傾斜・北上位の逆転した砂岩優勢砂岩泥岩互層が続く。正立向斜および正立背斜の北翼からヒンジ部にかけては認定できるものの、正立背斜の南翼は推定できるだけである (Fig. 6b)。山居地区の褶曲構造からみて、この正

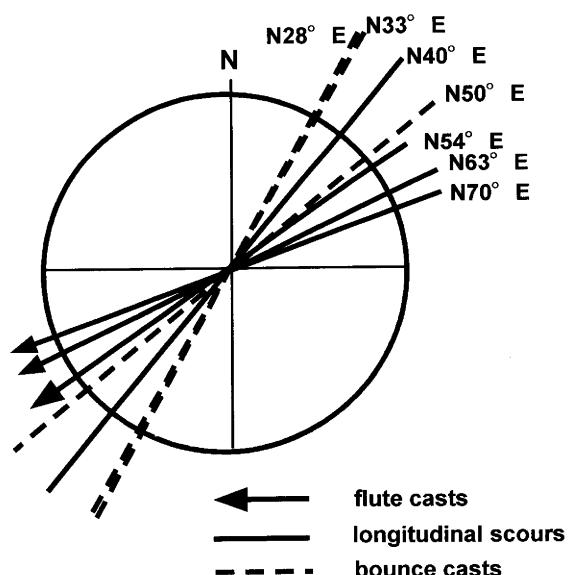


Fig. 4 Restored paleocurrent directions on the overturned strata in the Tochiya Formation. Arrows show the directions of paleocurrent.

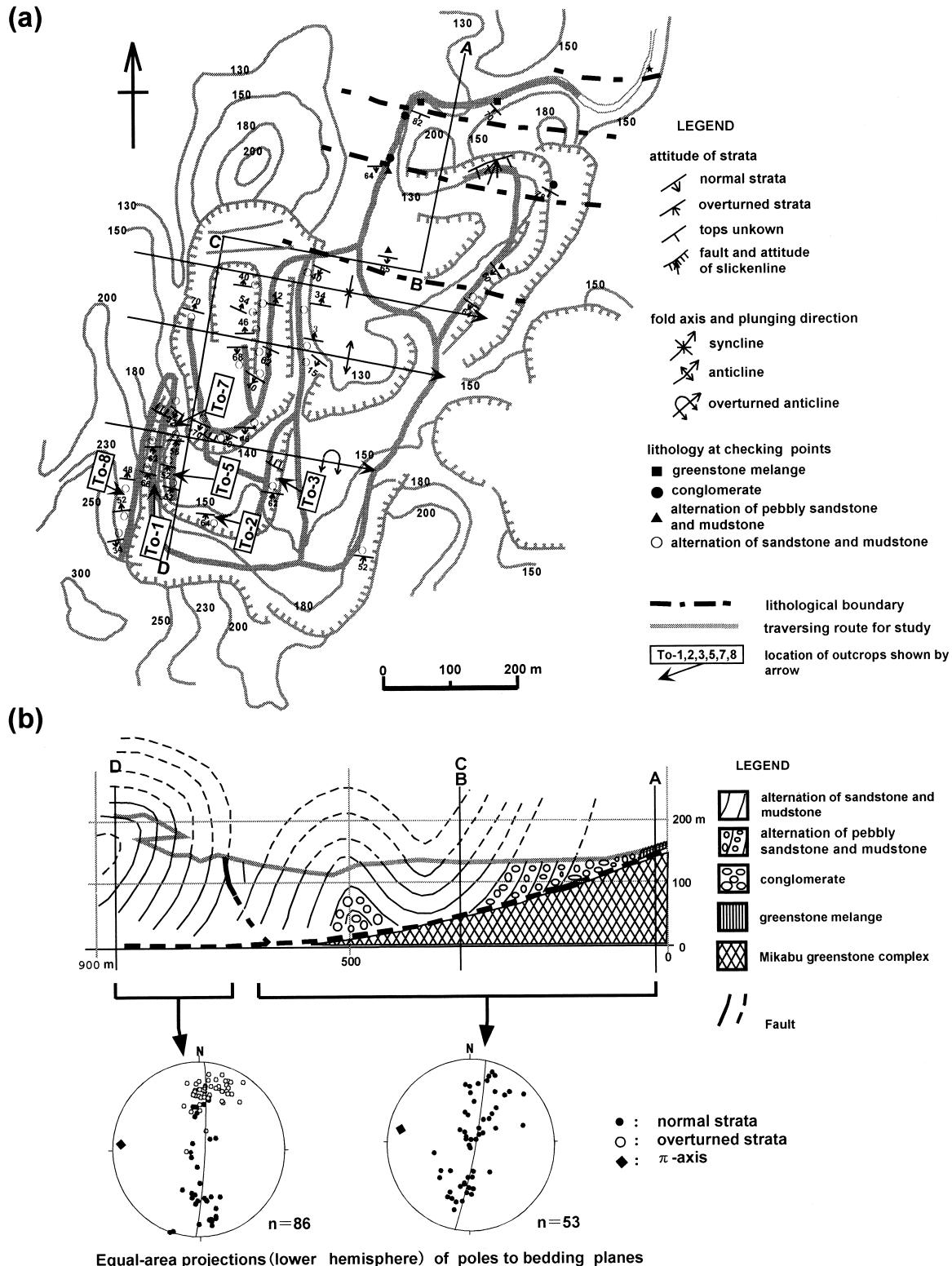


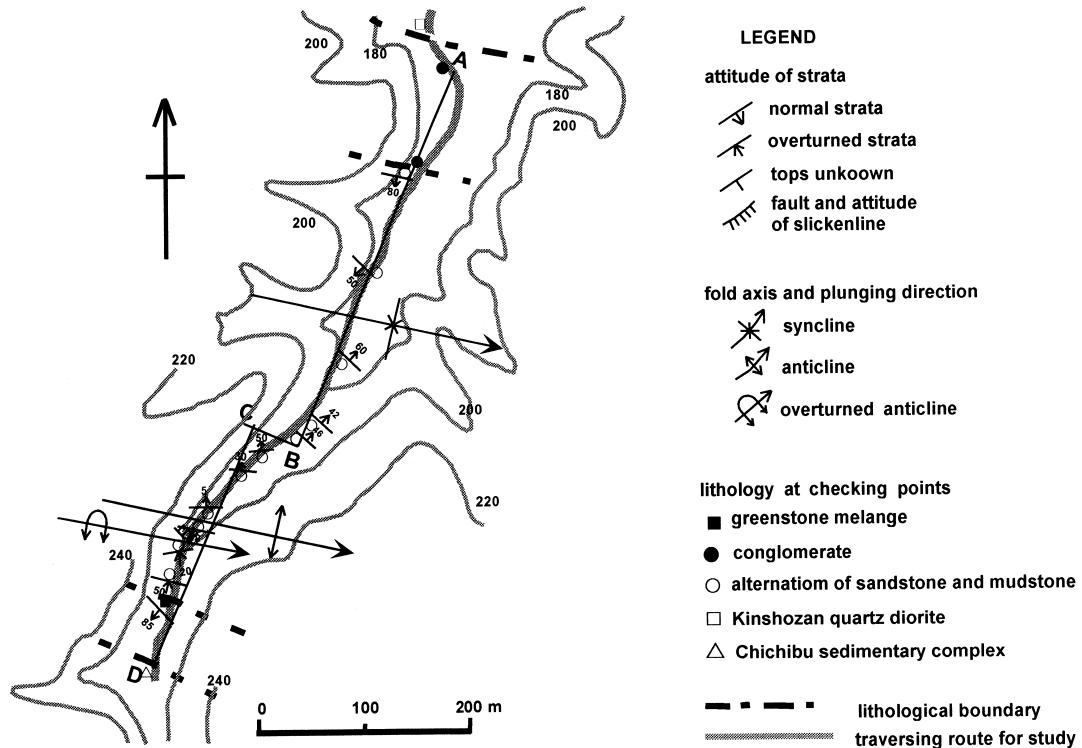
Fig. 5 Route map in the quarry of the Sankyo area (a) (Locality showing in Fig. 3), and cross section (b) along the A-B, C-D sections and attitudes of fold axis.

立背斜の南翼は、南傾斜の正常層から南傾斜の逆転層への連続性を考慮すると、正立背斜の南翼から転倒向斜の北翼へつながり、さらに転倒背斜の南翼へつながると考えられる。 π ダイアグラムから求めた全体の褶

曲軸は $80^{\circ}W$ の方向に 3° プランジする。

木呂子地区 (Fig. 3) では、栃谷層分布域南側の露頭から南傾斜・北上位の逆転層の存在を確認した。なお、牧本・竹内 (1992) は、上述の 3 個以外の栃谷

(a)



(b)

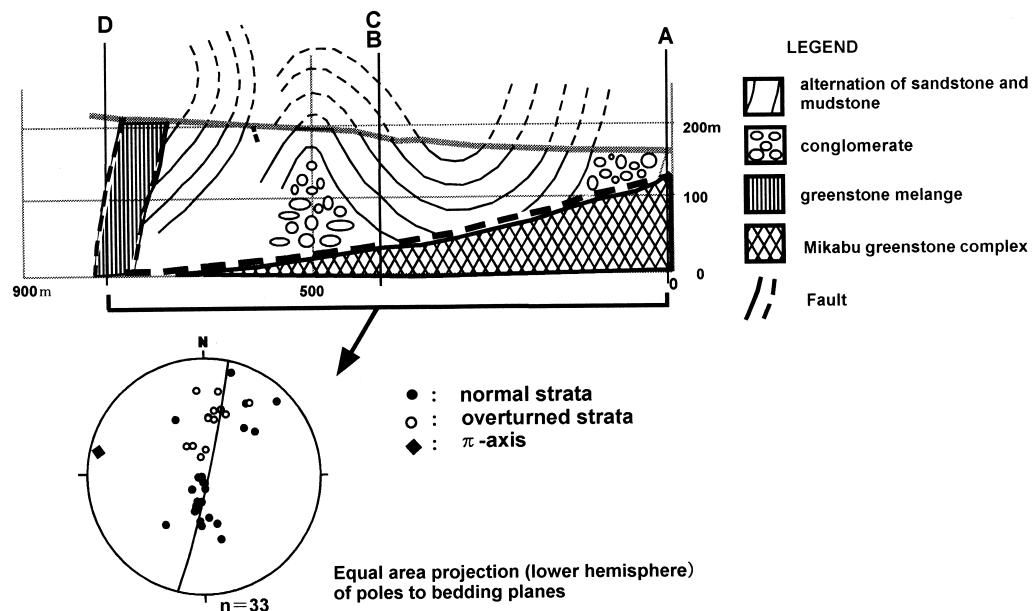


Fig. 6 Route map in the Gonotsubo area (a) (Locality showing in Fig. 3), and cross section(b)along the A-B, C-D sections and attitudes of fold axis.

層分布域南側に4個所の逆転層と、分布域北側に柄谷層の帶状分布の方向に平行な向斜を記載している。

2. 断層

(1) 柄谷層の縁を限る断層

山居地区では、北側から御荷鉾緑色岩類、緑色岩メランジュ、柄谷層の順に分布する。採石場入り口の道路沿いにおいて御荷鉾緑色岩類と緑色岩メランジュとの境界断層面は、N 48° W 70° Sで、緑色岩メランジュ側

が約40mにわたって破碎されている。緑色岩メランジュと柄谷層礫岩層との境界断層面は採石場入り口の道路沿いではN 74° W 82° Sであり、緑色岩メランジュは約10m幅にわたって破碎されている。

柄谷層南縁の緑色岩メランジュ帯との境界断層は、五ノ坪地区で観察でき、柄谷層の砂岩優勢砂岩泥岩互層がN 40° W 62° Sの境界面で破碎された蛇紋岩に接する。破碎された蛇紋岩は南側に約40m続く。



Fig. 7 Photograph of the outcrop of the southward dipping reverse beds, forming the northern limb near the hinge of the overturned anticline in the southern area of the Tochiya Formation.

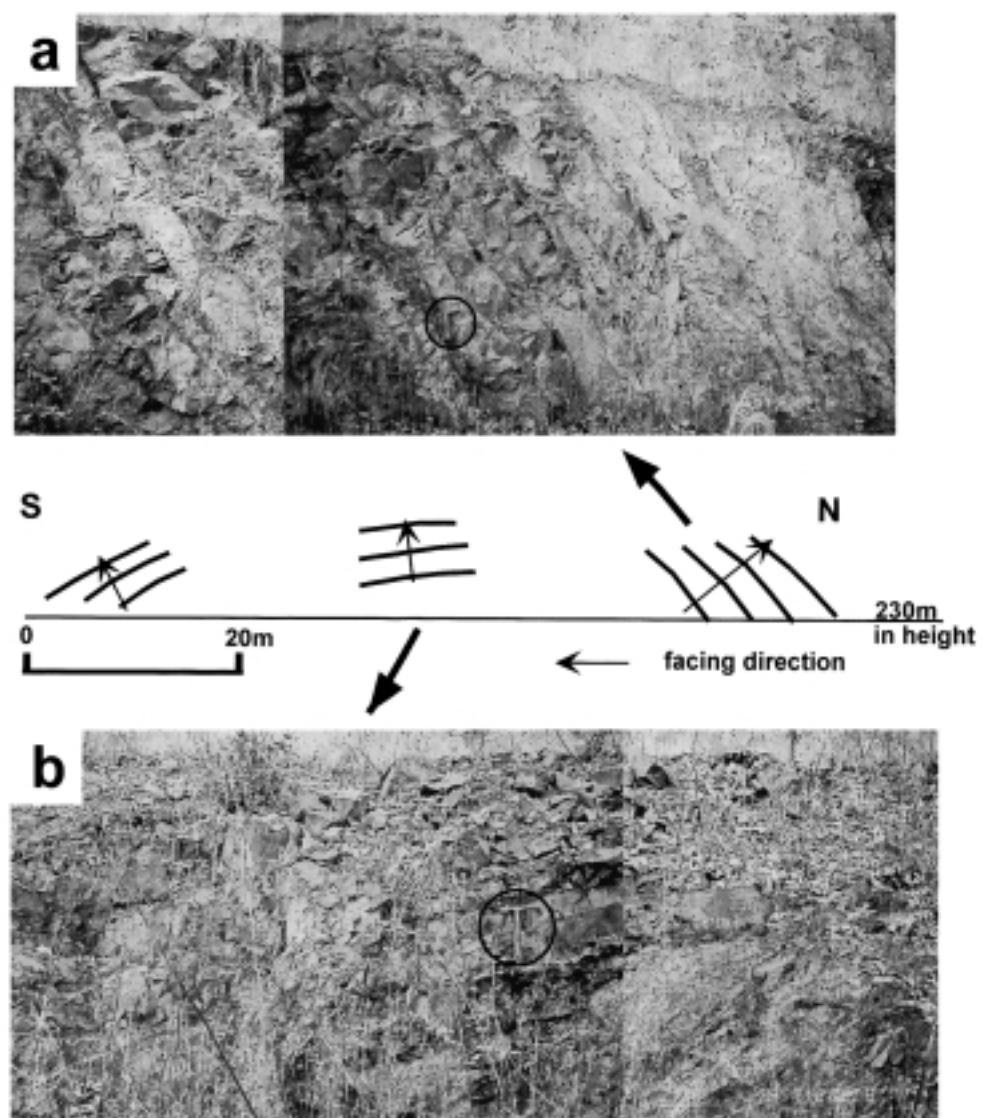


Fig. 8 Photographs of the outcrops of the southern limb of the overturned anticline in the southern area of the Tochiya Formation. (a) Normal strata dipping north in the northern part. (b) Subhorizontal normal strata in the middle part.

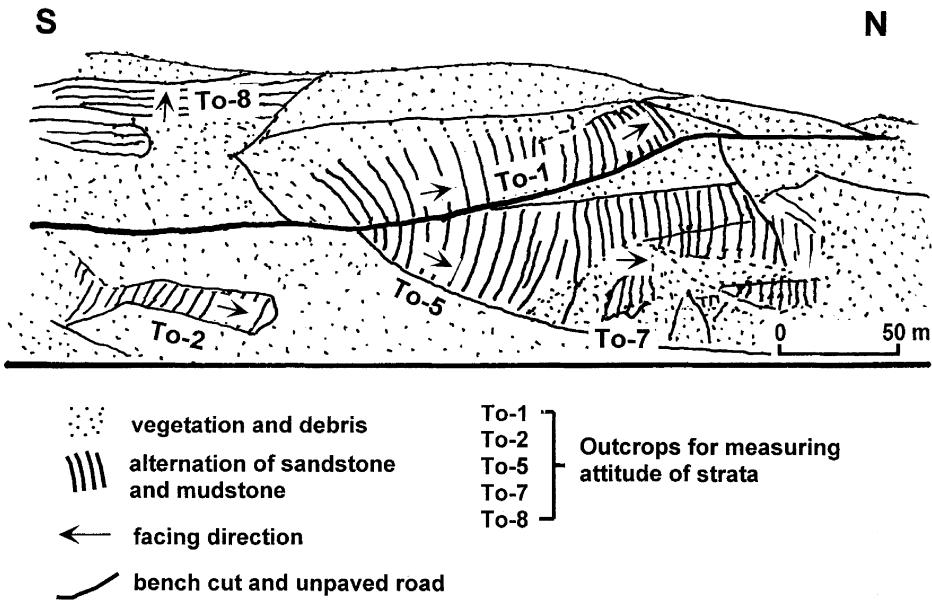


Fig. 9 Outcrop sketch showing the fold profile of the hinge part of the overturned anticline.



Fig. 10 Fracture zone cutting the overturned north limb at To-3 in the southern area of the Tochiya Formation. The overturned strata dipping south in the right hand of fracture zone, the normal strata dipping north in the left hand of fracture zone are observed. Bag in front of the outcrop for scale.

山居地区の採石場の北側は掘削が進み、御荷鉢緑色岩類が山腹面および掘削底面に露出している。北西側の掘削底面から約 10 m 高さの山腹面に御荷鉢緑色岩類の上に幅約 15 cm のガウジを伴う断層面 ($N 82^\circ W 21^\circ S$) で接して (Fig. 11c) 磐岩がのる (Fig. 11a, b)。断層面は北東方向に約 30 m 追跡できる。ガウジ内のレンズ状小岩片は下盤側起源であり、それらの覆瓦状の非対称配列構造から、上盤側が北に向う (top-to-the-north) 剪断センスを示す衝上断層である (Fig. 11d)。また、ガウジと接する御荷鉢緑色岩類の $N 40^\circ E$ 方向の断層面のスリッケンラインを線構造とする XZ 薄片には、緑れん石のポーフィロクラストの非対称構造が上盤が北に向うセンスを示し (Fig. 11e)，上記のメソスコピックなずれのセンスと一致する。さらにその数 cm 下の御荷鉢緑色岩類には再結晶と微小変位面を伴う面構造が断層面に平行に配列する (Fig. 12a，

b)。上盤の栃谷層の基質の部分には石英の細粒化が認められる (Fig. 12c, d)。この衝上断層は $N 76^\circ W 88^\circ S$ および $N 83^\circ E 77^\circ S$ の高角の断層で切られている。

この衝上断層の延長部は東方約 30 m, 約 50 m, 約 70 m の 3 個所に掘削底面から 6~10 m 高さに観察され、5~25 cm 幅のガウジを伴う走向傾斜が $N 70^\circ \sim 75^\circ W 20^\circ \sim 24^\circ S$ の断層である (Fig. 13)。断層面上のスリッケンラインは断層面の走向に $30^\circ \sim 40^\circ$ 反時計周りに斜交し、下盤側のガウジ内のレンズ状小岩片の非対称配列構造から上盤がほぼ NE 方向に向う剪断センスを示す。

これらの 4 個所のほぼ同一姿勢の断層面をもち、断層面の走向に対して反時計回り方向に斜交する方向のスリッケンラインをもつ衝上断層は、御荷鉢緑色岩類の上にのる栃谷層の基底断層であると判断される。

(2) 栃谷層内部の断層

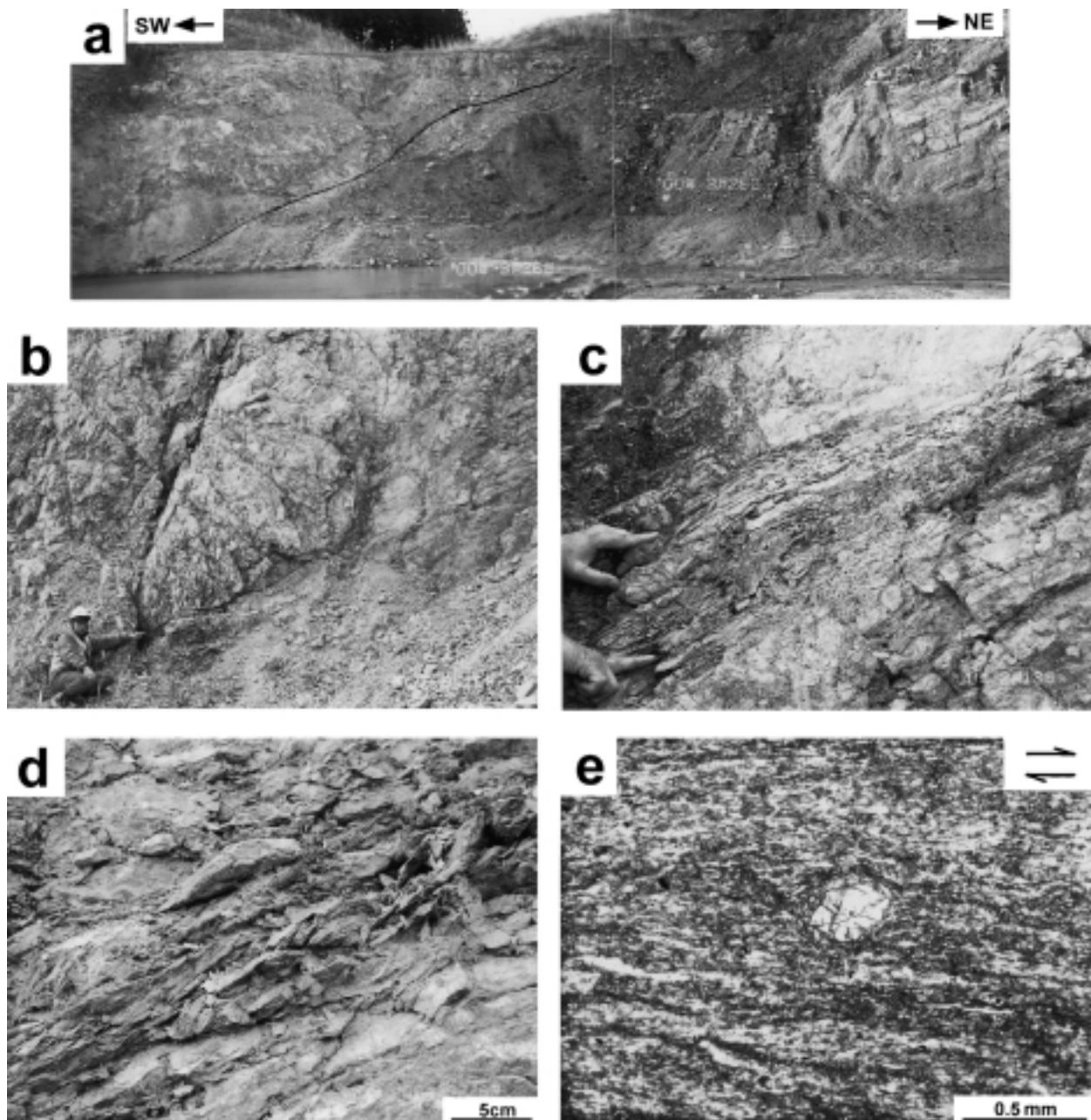


Fig. 11 Outcrop of the basal fault of the Tochiya Formation. The hanging wall rock is conglomerate of the Tochiya Formation and the footwall rock, Mikabu greenstone complex. (a) Whole view of the basal fault. Black line shows the fault trace. (b) Central part of the basal fault shown in (a). (c) Close-up view of the fault gauge zone of about 15 cm in width. (d) Asymmetric imbrication structure made by crushed lens-shaped fragments, showing top-to-the-north shear. (e) XZ thin section of footwall rock (Mikabu greenstone complex). Asymmetric epidote augen with asymmetric porphyroblast tails indicates top-to-the-north shear (This is a σ -type object of mantled porphyroblast (Passchier & Trouw, 1996).

前述した山居地区採石場の南縁の露頭 To-3 に約 5 m 幅のガウジを含めて幅 10 m 以上の破碎帶が存在し、ガウジとその南側の南傾斜・北上位の砂岩泥岩互層の境界は N 54° ~ 80° W 65° N (Fig. 10), ガウジとその北側の北傾斜・北上位の砂岩泥岩互層の境界は N 60° W 58° N である。

露頭 To-3 の示すガウジ帶は、その N 64° W 方向の露頭 To-7 まで続いている (Fig. 5a). また、露頭 To-3 と露頭 To-7 の間の破碎帶 (ガウジの姿勢は N 66° W

70° S) 中のレンズ状小岩片のなす S-C 状非対称配列から判断すると、北側（上盤）下方、南側（下盤）上方への移動を示し正断層と考えられる (Fig. 14). したがって、南傾斜・北上位の逆転層と南傾斜・南上位の正常層の間に、南傾斜・北上位の互層を北傾斜・北上位の互層に変化させた正断層の影響を受けたと考えられる範囲が認定できる。

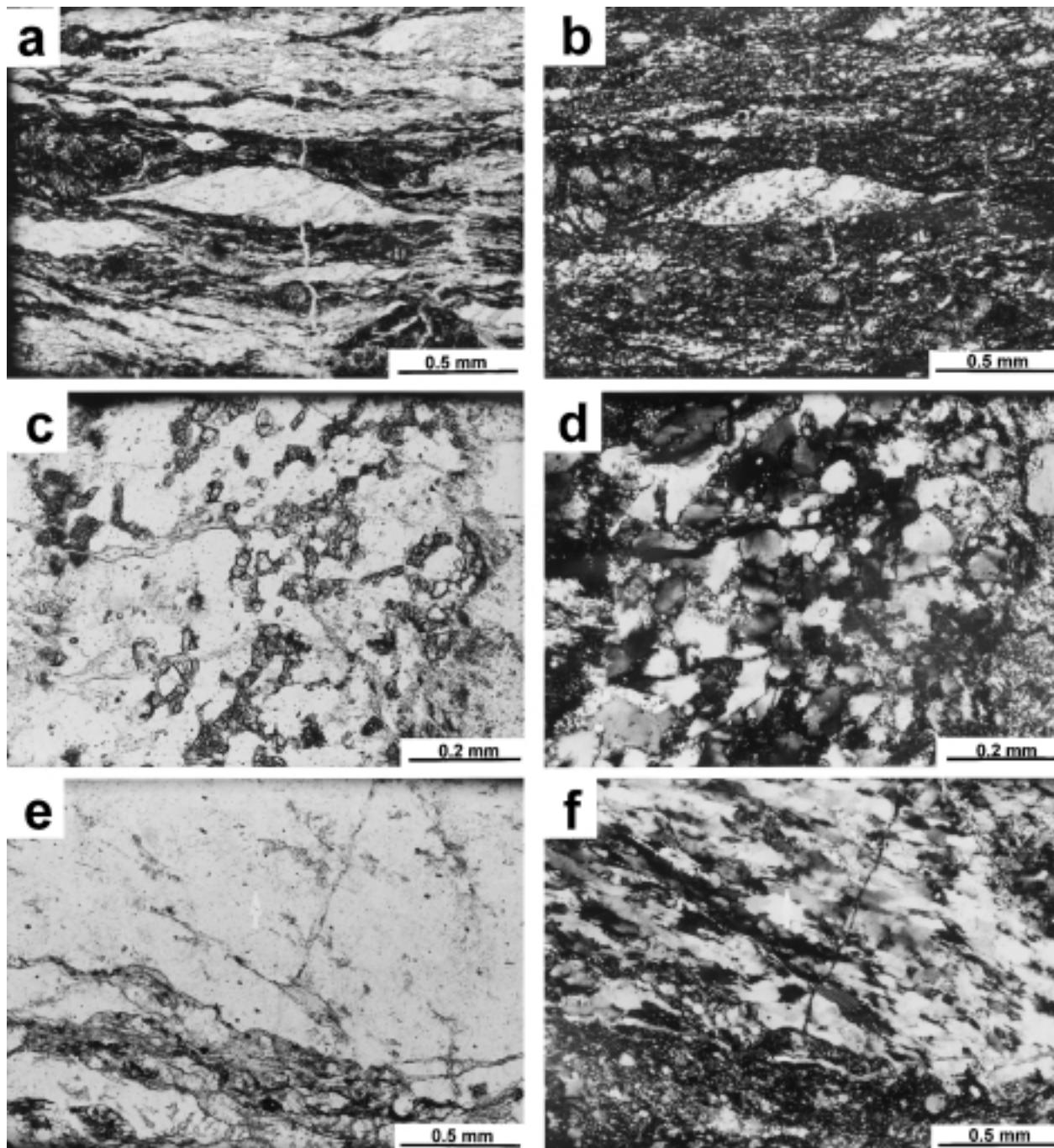


Fig. 12 Photomicrographs of textures near the basal fault. (a) and (b) show the recrystallized texture in XZ thin section of Mikabu greenstone complex (left : plane-polarized light and right : crossed nicols). Both σ -type winged porphyroclasts in the central part and antithetic offset of displaced grains in lower right corner indicate the sense of the dextral shear. (c) and (d) show grain size reduction of quartzes in the matrix of conglomerate in XZ thin section in the Tochiya Formation (left : plane-polarized light and right : crossed nicols). (e) and (f) show the protomylonitized granite pebble in the Tochiya Formation. The boundary between granite pebble and the matrix is viewed left to lower right corner (left : plane-polarized light and right : crossed nicols).

考 察

1. 桢谷層の堆積環境

桢谷層は最下位に礫岩層が分布し、上位に向かって含礫砂岩泥岩互層から砂岩優勢砂岩泥岩互層に移化する。級化成層を有する規則的な砂岩泥岩互層が普遍的

であり泥岩の発達が悪く砂岩泥岩互層の泥岩の層厚は著しく薄いことから、比較的陸地に近い海域で堆積したプロキシマルタービライトと考えられる。その古流向の少なくとも一部は NE→SW 向きの側流である。後背地には大陸性基盤が露出し、一部でプロトマイロナイトを持つ延性剪断帯が削剥されていた。

2. 押し被せ褶曲と正立褶曲



Fig. 13 The another outcrop of the basal fault. Black line shows the fault trace. Toc : Conglomerate of the Tochiya Formation Sm : Mikabu greenstone complex

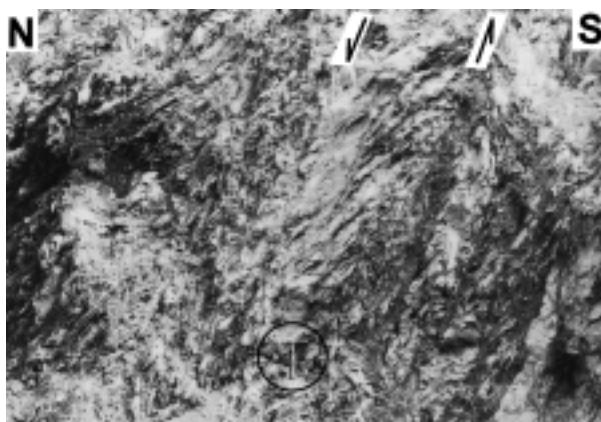


Fig. 14 S-C structure in the fracture zone cutting the overturned north limb of the Tochiya Formation. Arrows show the sense of shear. Hummer circled for scale.

現在の褶曲は、ほぼ南北方向に約1,000mの範囲に南側から褶曲軸面が南に低～中角度に傾斜し褶曲軸がN 85° Wで西に 5° プランジする転倒背斜、褶曲軸がN 80° Wで西に 10° プランジする正立背斜、正立向斜が形成する褶曲が連続する形態をなしている。これらのうち、転倒背斜は、褶曲軸面の姿勢からみてタービダイクトからなる堆積層が重力滑動によって移動する過程で生じた押し被せ褶曲、あるいはN-S方向の水平圧縮による押し被せ褶曲により形成されたと考えられる。正立向斜および正立背斜も、転倒背斜と同じように、重力滑動による移動の過程、あるいはほぼN-S方向の水平圧縮力の作用の下で形成されたと考えられる。さらに、重力滑動によって移動する過程で生じた押し被せ褶曲の後で正立背斜、正立向斜が水平圧縮力の作用の下で形成された可能性もある。しかし、これらのいずれかの成因によって褶曲が形成されたにしても、栃谷層の転倒背斜は北フェルゲンツの姿勢を持つことは変わらない。

3. 栃谷層の北限域に存在する衝上断層

山居地区の栃谷層分布域の北限に存在する同層の基底をなす衝上断層は、上盤が北への剪断センスを示す。また、断層ガウジは下盤の御荷鉢緑色岩類に由来しており、上盤の基質の石英の細粒化は衝上断層の活動により形成されたと考えられる。さらに、断層の上盤、ガウジ、下盤に認められる前述した変形微小構造は、石英の動的再結晶による細粒化の顕著な進行は認められないので、これらの変形は脆性領域で形成されたと考えられる。

また、この基底断層は礫岩から砂岩優勢礫岩泥岩互層に漸移する地点に露出していることから、正立向斜の北翼を切っていることは確かであり、地層の連続性を考慮すると地質断面図(Fig. 5)からみて転倒背斜、正立背斜、正立向斜を切ると判断される。このことから、基底断層の活動時期は褶曲の形成時以降といえる。さらに、その上盤北方の剪断センスは栃谷層の転倒背斜の示す北フェルゲンツの軸面傾斜と調和的である。

転倒背斜の逆転した北翼を切る正断層の活動時期は転倒背斜の形成後と考えられる。この正断層と基底断層の活動時期の前後関係は不明であるが、基底断層の活動時期以前であったとするならば、この断層自体も栃谷層とともに南方から移動してきた可能性がある。

4. 下仁田地域の跡倉層の褶曲構造との比較

下仁田地域の跡倉層については、すでに新井・高木(1998)によりE-WないしENE-WSW方向に軸を持つ南フェルゲンツの押し被せ褶曲とそれを褶曲させる正立褶曲からなる重複褶曲構造を示すことが明らかになっている。これに対して、寄居地域ではE-W方向に軸を持つ押し被せ褶曲と正立褶曲からなる構造が共存するが、押し被せ褶曲のフェルゲンツが北に向いている点が異なる。

栃谷層は、跡倉層に対比され跡倉相当層とされてい

るが、栃谷層は泥岩の発達が著しく悪いこと、プロトマイロナイト化した花崗岩の礫を含むこと、ぶどう石-パンペリ石相の変成作用を受けていること、押し被せ褶曲が北フェルゲンツであることから下仁田地域の跡倉層と起源、あるいは堆積環境を異にすると考えられる。しかし、跡倉層の起源を黒瀬川帯に求める見解（ウォーリスほか、1990；小林、1993）、跡倉層は秩父帯から移動したとする見解（Kobayashi, 1996）などの断層岩の構造解析から求められた運動像は、本研究で得られた栃谷層の北フェルゲンツの押し被せ褶曲の存在および基底断層の運動像と調和的である。

まとめ

1. 栃谷層は、大陸斜面から深海底面にかけて延性剪断帯を含む後背地から供給されたタービダイトにより形成されたNE→SW方向の古流向により下位から礫岩、砂岩、砂岩泥岩互層へと漸移する堆積層が形成された。栃谷層の礫岩はプロトマイロナイト化した花崗岩の礫を含み、その給源地に延性剪断帯が存在した可能性がある。

2. 栃谷層は、軸面が低～中角度の南傾斜の北フェルゲンツを示す転倒褶曲と正立褶曲（正立背斜・正立向斜）が共存する構造をなし、転倒褶曲、正立褶曲の軸はほぼE-W方向を示す。

3. 栃谷層分布域の北限に、下盤の御荷鉢緑色岩類に対して上盤の栃谷層礫岩が北への剪断センスを示す栃谷層の基底断層が存在する。この衝上断層は脆性領域の変形特性を示す。

4. 従来から跡倉相当層とされナップである栃谷層が、岩相、後背地の地質、押し被せ褶曲のフェルゲンツのいずれにおいても模式地の跡倉層と異なることが明らかになった。上部白亜系から成るナップについては、従来から考えられてきた跡倉層からなるナップとは別の性格を有する栃谷層からなるナップ（「栃谷ナップ」）の存在を考える必要がある。

謝 辞

本研究を進めるに際し、日本大学文理学部地球システム科学科小坂和夫教授には現地にてご議論・ご教示いただき、また研究全般にわたってご指導いただいた。大英興業（株）社長加藤英雄氏は碎石場内の調査をこころよく許可された。静岡大学理学部狩野謙一教授および新潟大学大学院自然科学研究科小林健太博士には査読を通して、原稿の改善に有益なご教示、ご意見、ご助言をいただいた。以上の方々に深く感謝の意を表する。

文 献

- 新井房夫・端山好和・林 信悟・細矢 尚・井部 弘・神沢憲治・木崎喜雄・金 今照・高橋 利・高橋武夫・武井眞朔・戸谷啓一郎・山下 昇・吉羽興一, 1963, 群馬県下仁田町の跡倉礫岩を中心とする地質学的研究. 地球科学, no. 64, 18-31.
- 新井房夫・端山好和・林 信悟・細矢 尚・井部 弘・神沢憲治・木崎喜雄・久保誠二・中島孝守・高橋 利・高橋武夫・武井眞朔・戸谷啓一郎・山下 昇・吉羽興一, 1966, 下仁田構造帶. 地球科学, no. 83, 8-24.
- 新井宏嘉・高木秀雄, 1998, 関東山地, 跡倉ナップの構造発達: 押被せ褶曲の復元. 地質雑, 104, 861-876.
- Collinson, J. D. and Thompson, D. B, 1989, *Sedimentary structures 2nd ed.* The University Printing House, Oxford, 207 p.
- 藤本治義・渡部景隆・沢 秀生, 1953, 関東山地北部の推し被せ構造. 秩父自然科博研報, no. 3, 1-41.
- 端山好和・柴田 賢, 1990, 関東山地北縁の2, 3の放射年代. 地質雑, 96, 319-322.
- 平島崇男, 1984, 関東山地北東部, 寄居地域の緑色岩メランジュ. 地質雑, 90, 629-642.
- 石井 醇・高橋 修・渡辺嘉士, 1990, 栃谷層の再検討. 東京学芸大学紀要, 第4部門, 42, 183-191.
- 小林健太, 1993, 跡倉層内部の延性剪断帯. 日本地質学会第100年学術大会演旨, 452.
- 小林健太, 1995, 関東山地北縁部の中央構造線. 地質雑, 101, 729-738.
- Kobayashi, K., 1996, Rotation of slip directions of the Atokura Nappe viewed from microstructural analyses of brittle shear zones in the Sambagawa belt, Southwest Japan. *Jour. Struct. Geol.*, 18, 563-571.
- 小林健太・高木秀雄, 1991, 断層の内部構造からみた関東山地跡倉ナップの移動方向. 日本地質学会第98年学術大会演旨, 291.
- 小勝幸夫・小林洋二・渋谷 紘・武井眞朔・竹内敏晴・角田史雄・堀口萬吉・町田二郎・村井武文・吉田弘安・吉羽興一, 1970, 埼玉県寄居町付近の中生代後期の地層・岩石を中心とした地質学的研究. 地質雑, 76, 421-431.
- 小坂和夫, 1979, 関東山地北東縁部付近の白亜紀以降の断層運動史. 地質雑, 85, 157-176.
- 前田四郎, 1954, 関東山地東部の地質構造. 千葉大文理紀要, 1, 160-165.
- 牧本 博・竹内圭史, 1992, 寄居地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所,

- 136 p.
- 長沼幸男・加藤尚裕, 1978, 埼玉県寄居町南方, 栃谷層(跡倉層相当層)の古流向. 日本地質学会第85年学術大会演旨, 204.
- 中野 俊・竹内圭史・加藤碩一・酒井 彰・濱崎聰志・広島俊男・駒澤正夫, 1998, 20万分の1地質図幅「長野」. 地質調査所.
- 小野 晃, 1983, 関東山地, 金勝山石英閃綠岩のK-Ar年齢. 岩鉱, **78**, 38-39.
- Passchier, C. W. and Trouw, R. A. J., 1996, *Microtectonics*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 289 p.
- 埼玉総会中・古生界シンポジウム世話人会, 1995, 関東山地の中・古生界研究の現状と課題. 地球科学, **49**, 271-291.
- 柴田 賢・高木秀雄, 1989, 関東山地北部の花崗岩類の年代, 同位体からみた中央構造線と棚倉構造線との関係. 地質雑, **95**, 687-700.
- 須藤定久・牧本 博・秦 光男・宇野沢昭・滝沢文教・坂本 亨・駒澤正夫・広島俊男, 1990, 20万分の1地質図幅「宇都宮」. 地質調査所.
- 高木秀雄・藤森秀彦, 1989, 関東山地北縁部の異地性花崗岩体. 地質雑, **95**, 663-685.
- 高木秀雄・柴田 賢・内海 茂・藤森秀彦, 1989, 関東山地北縁部の花崗岩類のK-Ar年代. 地質雑, **95**, 369-380.
- 竹内圭史・牧本 博, 1991, 関東山地北縁の溶結凝灰岩・花崗斑岩およびホルンフェルスの放射年代. 地質雑, **97**, 315-318.
- 竹内圭史・牧本 博, 1995, 関東山地跡倉ナップ, 緑色岩メランジュ中の角閃岩岩塊のK-Ar年代. 地調月報, **46**, 419-423.
- 竹内圭史・牧本 博・酒井 彰, 1990, 関東山地における西南日本内帯-外帯境界領域の新生代テクトニクスの研究(演旨). 地調月報, **41**, 480.
- 内田信夫, 1978, 関東山地北部のデッケ説について(総報). 地学雑, **87**, 16-26.
- ウォーリス, S.・平島崇男・柳井修一, 1990, 関東山地下仁田の跡倉ナップの運動方向とセンスについて. 地質雑, **96**, 977-980.
- 渡部景隆・菅野三郎・高野 貞・村山猪久馬, 1950, 関東山地北東縁部第三紀層の地質学的研究. 秩父自然科学博物館研究報告, no. 1, 93-146.
- 渡辺嘉士・浅野浩正・伊能正行・北村恵美子・高橋修・益子進一・宮地竜彦・石井 醇, 1990, 関東山地北東部の栃谷層から後期白亜紀化石の産出. 地質雑, **96**, 683-685.