

# 高知県鳥形山付近に分布する三滝火成岩類中に発達する断裂系\*

## — 三滝火成岩類の再動問題の研究 III —

波 田 重 熙

(文理学部地質学教室)

### Fracture System Developed in the Mitaki Igneous Rocks of Mt. Torigata, Kochi Prefecture, Japan

#### — A Study of Reactivation of the Mitaki Igneous Body III —

Sihgeki HADA

*Institute of Geology, Faculty of Literature and Science*

**Abstract:** The Mt. Torigata district, the western part of Kochi Prefecture, lies in the middle part of the Chichibu Belt. The lenticular bodies which represent the Kurosegawa tectonic zone (ICHIKAWA *et al.*, 1956) are arranged in three lines in the area. The lenticular bodies consist of certain cataclastic rocks, such as granodiorite and high-grade metamorphic rocks, which are correlated with the Mitaki igneous rocks and the Terano metamorphic rocks in the Kurosegawa district, respectively. These complexes are frequently associated with the Siluro-Devonian rocks.

The Mitaki igneous rocks in this district are composed mainly of biotite-hornblende-granodiorite and characterized by a remarkable cataclastic structure. The Terano metamorphic rocks consist of garnet-bearing biotite-muscovite schist, hornblende-schist and garnet-amphibolite.

The tectonic line including the northernmost lenticular bodies shows the boundary between the northern and the middle subbelts of the Chichibu Belt. The northern subbelt consists of the Early-Middle Permian Shirakidani group. In the middle subbelt, the weakly metamorphosed Paleozoic formation (Ino formation), the Middle Permian Takaoka formation, the Cretaceous formation, and the Middle-Upper Jurassic Torinosu group are distributed from the north to the south of the area.

Large bodies of the Cretaceous formation are caught by the Mitaki igneous rocks. Accordingly, the Mitaki igneous rocks are considered to be reactivated after the deposition of the Cretaceous formation through the late Mesozoic-Palaeogene diastrophisms. To clarify the mechanism of this reactivation movement, fractures developed in the Mitaki igneous rocks are investigated. As a result of the structural analyses carried out on the basis of the fracture systems, it is clarified that the fracture system of strike-slip type was regionally constructed at first under the uniform stress system characterized by a tectonic stress of NW-SE trend and that, subsequently, a dip-slip movement along some of the preexisting fractures occurred, resulting in a local constitution of fracture system of dip-slip type. Such mode of successive movement is also reported by DONATH (1962) in the Basin and Range area and by HIRANO (1971 b) in the Rokko mountains. As a mechanism of such movement that the dip-slip movement occurred on previously formed strike-slip fractures, the local stress drop resulting from the construction of fractures of strike-slip type may be considered judging from the conversion of the principal stress axes.

Analytic studies and model experiments of stress distribution caused in elastic body by vertical displacement were made by HAFNER (1951), SANFORD (1959), LOWELL (1970) and KODAMA *et al.* (1971). Based on the results by them, it is made clear that small faults antithetic to the main upthrust faults are developed in an upthrust block as a set of conjugate faults. So, it can be considered that the Cretaceous formation is caught into the Mitaki igneous rocks by the construction of small faults accompanying the vertical displacement of the Mitaki igneous rocks through the late Mesozoic-Palaeogene diastrophism.

These movements are explained as the reactivation of the Mitaki igneous rocks under the environment of the near surface part of the Crust.

\* 地学関係 5 学会連合学術大会 (昭和46年10月22~24日, 於九州大学) にてその一部を講演。

## 目 次

- |                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| 1. まえがき                       | 4. 地質構造            |
| 2. 地質概説                       | 5. 大植坑坑内の地質        |
| 3. 地質各説                       | 6. 三滝火成岩類中に発達する断裂系 |
| 3. 1. 秩父累帯北帯                  | 7. 三滝火成岩類の再動問題     |
| 3. 2. 黒瀬川構造帯“レンズ状部”を構成する地層・岩類 | 8. まとめ             |
| 3. 3. 秩父累帯中帯                  | 参考文献               |

## 1. ま え が き

愛媛県大野ヶ原から東方へ、地芳峠、天狗高原と続く四国カルストの東端に位置する、高知県高岡郡仁淀村鳥形山(標高1459.4m)付近の地質については、鈴木達夫(1933)の須崎岡幅(7万5千分の1)に始まり、山内信雄・平田茂留(1939)、蔵田延男(1941a, b)、野田光雄(1955)、平田茂留(1958)、甲藤次郎・小島丈児・沢村武雄・須鎗和巳(1960)の高知県地質産図(20万分の1)、沢村武雄・今井誠(1960)、平田茂留(1961)、甲藤次郎・波田重熙(1969)などの研究があり、その概要は明らかにされつつある。その結果によれば、この地域には秩父累帯北・中帯の中・古生層や黒瀬川構造帯を構成する地層・岩類が分布することがわかっている。

西南日本外帯における秩父累帯中の黒瀬川構造帯は、同構造帯に沿ってペルム紀の薄衣型礫岩が分布し、その礫岩には、黒瀬川構造帯を構成する主要なメンバーである、三滝火成岩類に由来する礫が含まれている(市川ほか, 1956; 勘米良, 1961; 宮地, 1966; KANO, 1967)ことから、後期古生代地向斜内の構造山地の一つとしてとらえられている(KANO, 1967; 勘米良ほか, 1968; 市川ほか, 1970)。

したがって、再動岩体(富田, 1957)といわれる三滝火成岩類の再動運動は、地向斜における構造山地の形成(古地理的にはおそらく島列)と、地向斜の分化の進行を示しており、さらにそれは自食性堆積をもたらせた運動として、地向斜の発達を考える上で重要な意味をもつと考えられる(波田, 1971)。

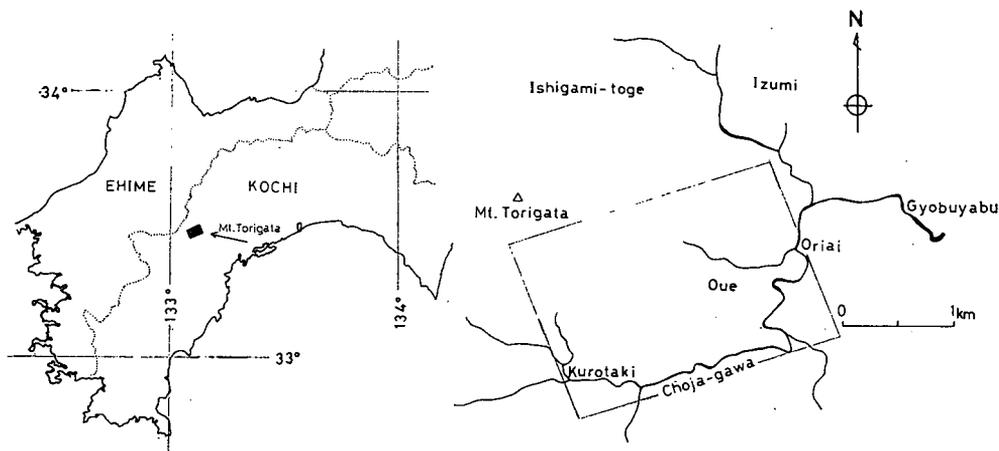
そこで筆者は、三滝火成岩類の再動を地向斜造山サイクルの一過程という意味において把握し、その性格や機構を明らかにしようと研究を続けており、その一部はすでに発表\*した。本報告では鳥形山東南麓に掘削された、日鉄鉱業鳥形山鉱業所の大植坑坑内において測定された、三滝火成岩類中に発達する断裂系について構造解析を行なうことにより、その変形作用の過程や造構運動の諸条件を求め、三滝火成岩類の再動の機構を明らかにしようとした。

(謝辞) : この研究を進めるにあたり、終始ご指導ご助言をいただき、本稿を校閲していただいた大阪市立大学市川浩一郎教授、粗稿を読んでいただき多くのご意見を聞かせていただいた大阪市立大学平野昌繁博士、貴重な資料をご提供いただいた高知大学沢村武雄教授、甲藤次郎教授、化石を鑑定していただいた大阪市立大学石井健一助教授、変成鉱物の検鏡についてご教示くださった埼玉大学関陽太郎教授、X線粉末法により鉱物を同定していただいた高知大学鈴木堯士助教授、断裂系の構造解析についてご助言いただいた高知大学三井忍博士、以上の各位に厚くお礼申し上げます。

\* 三滝火成岩類の再動問題の研究(I) 甲藤次郎・波田重熙「高知県鳥形山東南麓の地質」高知大学学術研究報告(1969)  
三滝火成岩類の再動問題の研究(II) 波田重熙「三滝火成岩類の再動と自食性堆積」地質学論集第6号(1971)

また現地調査を手伝っていただいた高知大学徳弘保氏、坑内調査を許可し、貴重な資料を提供されるなど種々の便宜をはかっていただいた日鉄鉱業株式会社、とくに小田剛氏にも心からお礼申し上げます。

なお、研究に要した費用の一部は文部省科学研究費〔総合研究「地向斜堆積物の総合研究」(代表者松本達郎)、奨励研究〕を使用した。



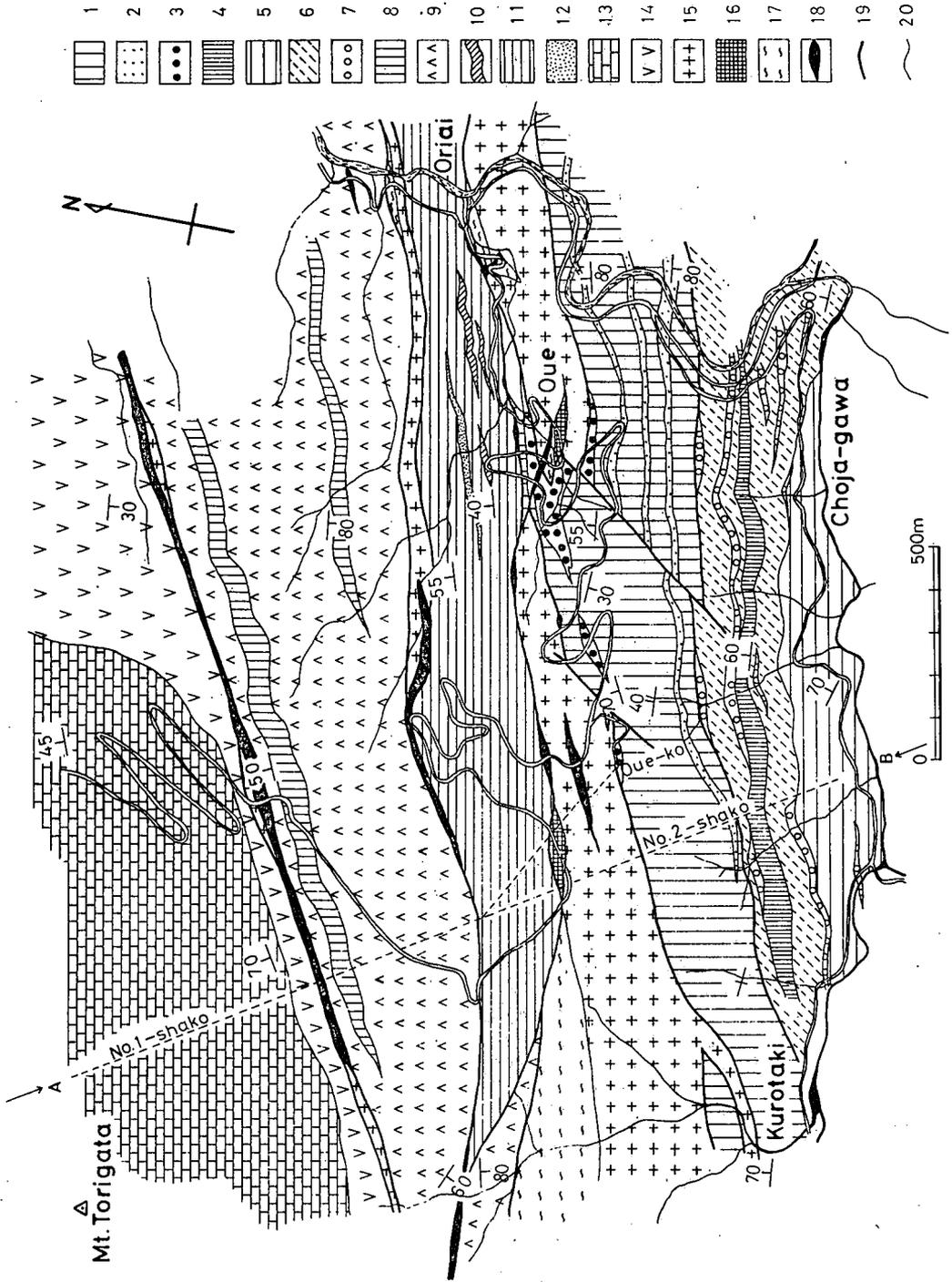
第1図 調査位置図.

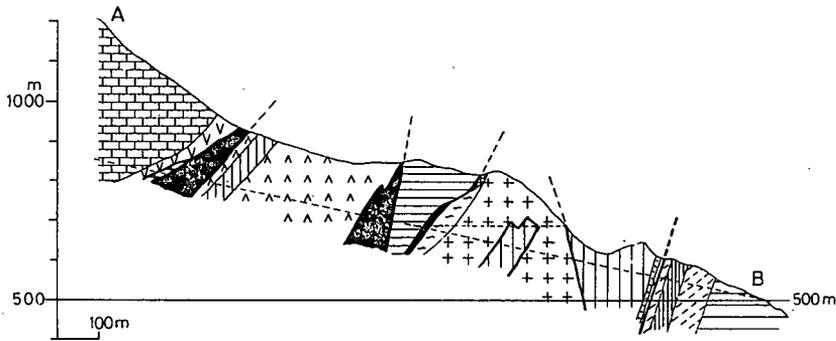
## 2. 地質概説

北側を三波川帯に、南側を四万十帯に限られて、東西に細長く分布する四国の秩父累帯は、さらにその層相・構造上の特徴から北・中・南の3帯に分けられている(石井ほか, 1955). 調査地域は第1図に示したが、秩父累帯の北・中帯に位置している。本地域には黒瀬川構造帯を構成する三滝火成岩類、寺野変成岩類、シルルーデボン系が、レンズ状あるいは細長い帯状をなして3帯に分かれ並行状に分布するが、黒瀬川構造帯は生成後の後生変形の時、著しい変位をおこさせる場所となったため、現在では、主なレンズ状部をつないで構造線が発達している(市川ほか, 1956). 本地域でも東方の佐川・越知地域に発達する黒岩構造線や大樽・杉田構造線の延長とみられるスラスト性断層が並行して走っており、それらに断たれて、上部古生界・中生界・上部古生界の準片岩化した部分が断片的に存在して複雑な地質状態を示している。なお、鳥形山南麓において、これらの構造線は合流して一本となり、さらに西方の越知面を経て、愛媛県の三滝山、黒瀬川地域の構造線へと続いている。

鳥形山南麓を走る一番北側の断層と黒瀬川構造帯“レンズ状部”が北帯と中帯を分ける構造線と考えられる。これより北側には鳥形山の巨大な石灰岩を含むペルム系中・下部統白木谷層群が分布している。より南側の中帯は、2列の黒瀬川構造帯“レンズ状部”により、さらに3帯に分けられており、それぞれの帯には、北側より、弱変成上部古生層・伊野層、ペルム系中部統高岡累層、白亜系(おそらく上部物部川亜層群)・ジュラ系中・上部統鳥巢層群が狭い帯状配列をなして分布する。

以下にこの地域の地層・岩類について述べるが、秩父累帯北帯、黒瀬川構造帯“レンズ状部”、秩父累帯中帯の順に、各々の中では古いものから記載する。





第3図 地質断面図 (凡例は第2図参照).

### 3. 地質各説

#### 3. 1. 秩父累帯北帯

##### 3. 1. 1. ペルム系中・下部統白木谷層群

本層群はペルム系下部統亀岩累層と、ペルム系中部統土佐山累層に2分されている。本地域に分布するのは、産出する化石や岩相の特徴から土佐山累層であると考えられる。鳥形山南麓を走る寺野変成岩類、三滝火成岩類の小レンズを伴う超塩基性岩類で示される構造線以北に分布しており、大野ヶ原、天狗高原、鳥形山と連続する石灰岩の厚層を含む地層である。石灰岩の他には、石灰岩の下位には塩基性火山岩類・火山砕屑岩類の厚い層があり、鳥形山東麓および南麓に分布している。鳥形山西部の別枝都付近では、それらは砂岩・泥岩互層に側方変化している模様である。石灰岩は上部になると数枚の塩基性火山岩類・火山砕屑岩類をはさむようになり、泉部落、石神峠付近でそれが見られる。それらには凝灰岩質泥岩や、凝灰岩質礫岩が伴われている。本地域では石灰岩は結晶質であり、塩基性火山岩類・火山砕屑岩類も下部においては準片岩化している。

鳥形山東部および南部での走向は一般に東北東性で、北に $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 傾斜している。ただし、石神峠以西では走向は西北西に変化する。また、鳥形山の厚い石灰岩は背斜・向斜構造をくり返しているとされており(四国非金属鉱業会, 1971)、その軸部と思われる付近では走向の乱れや、ゆるく南傾斜を示す部分が観察される。

化石は鳥形山南方や、石神峠付近から平田(1958)により、*Neoschwagerina craticulifera*, *Parafusulina* sp. が報告されている。筆者も石神峠で、この付近での最上部を示すと思われる灰白色スパー質(sparitic)石灰岩から、著しく変形し、一方向に伸ばされた *Neoschwagerina* sp., *Colania* sp. aff. *Colania douvillei*, *Parafusulina*? sp. などのペルム紀中世を示す化石を発見した。

第2図 鳥形山東南麓の地質図。

- 1—3 白亜系 (1. 砂岩・泥岩互層; 2. 砂岩; 3. 礫岩)
- 4—7 鳥巢層群 (4. 泥岩; 5. 砂岩・泥岩互層; 6. 砂岩; 7. 礫岩)
- 8—9 伊野層 (8. 泥岩; 9. 塩基性火山岩類・火山砕屑岩類)
- 10—12 高岡累層 (10. チャート; 11. 砂岩・泥岩互層; 12. 砂岩)
- 13—14 白木谷層群 (13. 石灰岩; 14. 塩基性火山岩類・火山砕屑岩類)
- 15 三滝火成岩類; 16 シルルーデボン系 17 寺野変成岩類 18 断層 19 地層境界

### 3. 2. 黒瀬川構造帯“レンズ状部”を構成する地層・岩類

本地域には黒瀬川構造帯“レンズ状部”を構成する地層・岩類が、超塩基性岩類を伴って3帯に分かれて分布する。そこでこれらを便宜上北のものよりN帯、M帯、S帯と名付ける。N帯とは泉部落の南方を通り、N75°Eの走向で鳥形山東麓を経て、南麓では白木谷層群の石灰岩に接するように続くレンズ状部をいう。この帯では、寺野変成岩類、三滝火成岩類が、超塩基性岩類を伴うスラスト性断層に沿って数ヶ所に分布している。M帯は形部<sup>きょうぶ</sup>・織合<sup>おひが</sup>両部落の北側を通り、大植部落北西に至るレンズ状部で、西方では石灰岩などを含む崩土堆積物の下にかくれる。この帯にはほとんど三滝火成岩類のみが分布するのが特徴である。S帯は最も幅広い帯で、三滝火成岩類を主とし、ほかに寺野変成岩類やシルルーデボン系も伴う。この帯は形部<sup>きょうぶ</sup>・織合<sup>おひが</sup>両部落から大植<sup>おほえ</sup>両部落へと続き、大植部落ではいったんその分布がとぎれるが、すぐ出現して黒瀧に至る岩体である。

寺野変成岩類、シルルーデボン系は三滝火成岩類中にゼノリス状岩体として分布しており、さらに寺野変成岩類はシルルー紀以前に変成作用を受けているので、寺野変成岩類、シルルーデボン系、三滝火成岩類の順序で述べる。

#### 3. 2. 1. 寺野変成岩類

本地域の寺野変成岩類はザクロ石角閃岩、ザクロ石黒雲母白雲母片岩、角閃石片岩で、各々以下のような分布をする。

N帯では、泉部落の南方にザクロ石角閃岩が北側を超塩基性岩類、南側を断層に境されて、最大南北幅約5mのレンズ状小岩体として分布している。M帯では、現在までのところただ一個所織合部落北方の県道沿いに、角閃岩、角閃石片岩が南北幅約5mの小岩体として、三滝火成岩類の北側、断層との間に分布するのがみられる。この露頭では三滝火成岩類と寺野変成岩類は小さなスベリ面で接している。S帯では、織合部落、大植坑奥、黒瀧において、三滝火成岩類の北側、超塩基性岩類を伴う断層との間の部分に、寺野変成岩類がかなり幅広い岩体（黒瀧では南北幅約200m）として分布している。その岩石種は、角閃石片岩、ザクロ石黒雲母白雲母片岩を主体とし、その他角閃岩も伴われており豊富である。S帯ではこのような大岩体のほかに、大植坑内で見られるように、三滝火成岩類が広く分布する部分の中にも、ザクロ石黒雲母白雲母片岩などが、小岩体として分布している。S帯での三滝火成岩類と寺野変成岩類との関係は、ほとんどの場合、小さなスベリ面で接しており、そのようなものが発達していない場合でも鏡下でみると、両者の間には、はっきりとした圧碎組織が脈状に発達している。

#### 3. 2. 2. シルルーデボン系

本地域では、現在までのところS帯に限ってその分布がみられるが、いずれも南北幅が狭く東西に尖滅する形で分布する。形部<sup>きょうぶ</sup>・織合<sup>おひが</sup>両部落南では、三滝火成岩類の南側に南北幅約10mで緑褐色の酸性凝灰岩質岩が分布しているが、両者の関係はわからない。大植部落では三滝火成岩類中の破碎帯に接して、その北側に緑青色のチャート様酸性凝灰岩と、大小4個のレンズ状白色結晶質石灰岩がみられる。これらは三滝火成岩類の cataclasite の中にゼノリスとして取り込まれているが、緑青色凝灰岩質岩と三滝火成岩類との境は、漸移的ではっきりしない。石灰岩がシルルーデボン系のものであるかは明らかでない。なお破碎帯中にも2個の白色結晶質石灰岩が取り込まれている。大植部落西方でも三滝火成岩類の北側に緑褐色酸性凝灰岩質岩が南北幅約50mにわたって分布している。この岩体の下方延長とみられる部分は、大植坑内にも出ており、それは緑青色酸性凝灰岩質で三滝火成岩類の cataclasite 中に南北幅約10mのゼノリス様岩体として分布している。

### 3. 2. 3. 三滝火成岩類

本地域の3帯の黒瀬川構造帯“レンズ状部”を構成する地層・岩類のうちで最も幅広く分布するのが三滝火成岩類である。同岩類は、N帯では鳥形山南斜面に点々と、南北幅5m以下の三滝火成岩類のみからなるレンズ状小岩体として、超塩基性岩類を伴うスラスト性断層に沿って分布する。花崗閃緑岩と思われるが、著しく圧砕されており、暗緑色で一見斑岩様の岩石で、片状の部分もみられる。M帯では、同岩類はN80°Eの方向に、南北幅50m以下で細長く連続して帯状に分布する。この帯は形部藪部落東方と大植部落西方で、それぞれ東西に尖滅する。岩相は粗粒優白質黒雲母アダメロ岩を主体とし、角閃石黒雲母花崗閃緑岩を伴っている。前者はS帯の花崗閃緑岩などと比べると、圧砕の程度がずっと軽微であるのが特徴で、よく発達した粒状組織を示し、斜長石、アルカリ長石、石英の順に量が多くなる。三滝火成岩類が最も幅広く分布するのがS帯で、黒滝では南北幅約250mに達する。帯緑色の黒雲母角閃石花崗閃緑岩からなり、ひどく圧砕を受けて *catclasite* になっており、*mylonite* に近いものもある。圧砕の程度の低いものから判断すると、完晶質中粒の組織を示し、鉱物容量比は薄片によってかなり変化するが、平均値は、石英25%、アルカリ長石13%、斜長石41%、角閃石・黒雲母21%である。一般には角閃石の方が黒雲母より多いが、その量比の変化はかなりひどく、角閃石のほとんどみられないものもある。石英は圧砕され、波動消光も非常に著しく、長石類の圧砕や、絹雲母化あるいはソシユール石化も進んでいる。黒雲母は緑泥石化が著しく、角閃石も黒雲母にかわたり、さらに緑泥石化している。副成分鉱物として、ジルコン・燐灰石・モナズ石・スフェン・緑レン石・鉄鉱物などがみられる。

### 3. 3. 秩父累帯中帯

#### 3. 3. 1. ペルム系中部統高岡累層

M帯とS帯の三滝火成岩類には含まれた形部藪・織合・大植各部落に分布する非変成の古生層は、岩相上の特徴からペルム系中部統高岡累層に対比される。大植部落西方でM帯とS帯が合流するので、この地層も尖滅している。

一般に東西ないし東北東性の走向を示し、北へ40°~50°傾斜する単斜構造をなしている。岩相は泥岩勝ちで砂岩がレンズ状に切れている砂岩・泥岩互層を主とし、数層準に厚い砂岩をはさみ、層状および大小のレンズ状のチャートを含んでいる。礫岩が形部藪部落の長者川川床でみつかった。この礫岩にはチャート・酸性火成岩類・酸性凝灰岩類などの円礫と、砂質石灰岩のやや不規則な形の礫がみられ、基質は砂質である。大植部落での地表の分布の幅は南北250mあるが、大植坑内では50m程度に減少していることから判断すると、三滝火成岩類などの黒瀬川構造帯“レンズ状部”を構成する地層・岩類や超塩基性岩類にきられて、その上に薄くのように分布しているのではないかと思われる。本地域より化石は未発見である。

#### 3. 2. 2. 弱変成上部古生層・伊野層

鳥形山南斜面および、泉・織合両部落間のN帯とS帯には含まれた部分に分布する弱変成の地層は、塩基性の火山岩類・火山砕屑岩類が非常に優勢な地層であり、伊野層に対比されると考える。この地層はN帯とM帯の合流する鳥形山南麓で尖滅しているが、黒滝上流のM帯とS帯の間に分布する塩基性片岩を主体とし、泥質片岩を伴う地層も一応伊野層に含めてある。

一般の走向・傾斜は、分布の南半では西北西で30°~50°の南傾斜を示し、北半では東西ないし東北東で北に50°~60°傾斜している。このような走向・傾斜と岩相分布の対称性より、伊野層は、褶

曲軸がやや西へ *plunge* した背斜構造を形成しているものと考えられる。弱変成岩の線構造も西へ *plunge* している。したがって、岩相は分布地域の中央の厚い塩基性火山岩類あるいは火山碎屑岩類が最下位で、その上位は南翼では泥岩がみられ、北翼には泥岩とさらに上位に珪質砂岩が発達している。最上位は両翼とも塩基性火山岩類・火山碎屑岩類である。なお南翼には2列に超塩基性岩類が進入している。場所により程度の差はあるが、全体的に準片岩化している。本地域より化石は未発見であるが、伊野層の時代はペルム紀とされている(石井ほか, 1957)。

### 3. 3. 3. ジュラ系中・上部統鳥巢層群

白亜系の南側に断層関係で接する地層は礫岩の非常に顕著な地層で、5層準にそれがみられる。礫岩のほかには、見掛上の下位には砂岩勝ち砂岩・泥岩互層が発達し、中位には泥岩がみられ、上位には厚い砂岩が発達している。蔵田(1941 a, b)によれば、模式地を含む高知県斗賀野盆地よりも北側の帯に出現する鳥巢層群は基底部付近に火成岩礫の非常に優勢な礫岩が発達していると考えられており、本地層もそれに対応するものとする。

礫岩は人頭大以下の円礫で構成されており、礫種は酸性火成岩礫が圧倒的に多く、チャート・砂岩・泥岩礫もみられる。礫岩中には不規則な形をした黒灰色の鳥巢式石灰岩のレンズが伴われており、この石灰岩には多量のストロマトポラ類、石灰藻、海ユリなどが含まれる。走向・傾斜ともかなり変化するが、一般に走向東西で北に中角度で傾斜している。南限はまだ確認していないが、長者川付近を通る東西性断層で断たれて、南側のチャートの厚層を含む高岡累層と接しているとみられる。

### 3. 3. 4. 白 亜 系

沢村ほか(1960)、高知県地質鉱産図(1960)や甲藤ほか(1969)に示されているように、織合・大植両部落の南側から黒滝にかけてのS帯と鳥巢層群との間の部分に分布する地層は、岩相上の特徴から白亜系と考えられる。化石の証拠はないが、火成岩礫を多量に含む礫岩の特徴から判断すると、上部物部川亜層群に対比されるものとする。

走向は東北東ないし西北西で、傾斜の変化はかなり激しい。泥岩勝ち砂岩・泥岩互層を主とし、厚い砂岩をはさんでいる。大植部落においては、S帯の三滝火成岩類に近接する部分に著しい礫岩が発達している。礫は径10 cm~20 cmの亜円礫が多く、とう汰は悪い。三滝火成岩類に由来するとみられる酸性火成岩礫を主体とし、チャート・砂岩・酸性凝灰岩礫もみられる。またS帯に接する部分の泥岩や砂岩・泥岩互層には、その割れ目をうめて一面にローモンタイトの細脈が発達している。なお、S帯の三滝火成岩類の南縁部分には、黒滝、第2斜坑坑内、大植坑入口付近およびその坑内でみられるように、泥岩や砂岩・泥岩互層の大小のブロック状岩体が三滝火成岩類中にゼノリス様に取り込まれている。それらの間の関係については後述するが、これらの地層は白亜系の一部分と考えられる。

## 4. 地 質 構 造

調査地域は秩父累帯北・中帯に位置し、西南日本外帯の秩父累帯で一般にそうであるように、東西性の構造線・断層でその構造は特徴づけられている。中でも顕著なものはN帯、M帯、S帯と名付けた黒瀬川構造帯“レンズ状部”およびそれらをつないで発達するスラスト性断層である。N、M帯のレンズ状部をつないで発達する超塩基性岩類を伴うスラスト性断層は、一般に東西ないし東北東の走向で北に60°~70°傾斜している。S帯でも北側には、超塩基性岩類を伴う、東北東の走向

をもち北へ $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 傾斜する断層が発達している。S帯の南側には、三滝火成岩類と白亜系との間に、東北東の走向で南へ $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 傾斜する断層が発達している。これらの東西性の断層は、市川ほか(1956)や中川ほか(1959)にも指摘されているように、後期古生代地向斜の分化が進行し始め、三滝火成岩類に由来する礫岩相の顕著に発達するペルム系下部統男地層群(市川ほか, 1954)やペルム系中部統小崎層(勘米良, 1961)が堆積する頃には、黒瀬川構造帯は地向斜内の構造的隆起帯となり、東西性断層も少なくともその原形が形成されていたとみられる。さらにそれらは後生変形の際に著しい変位を起こさせる場となり、釜川スラストや魚成スラスト(池辺, 1936)で表現される構造線が発達し、ジュラ系堆積後にも活動している。したがって東西性の構造線および断層には古生代末に形成されたものと、それらが再活動した中生代(あるいは古第三紀)にまったく新しく形成されたものがあると考えられる。秩父累帯の北・中・南帯を境する構造線などは前者に相当するとみられ、ほとんどすべてが北傾斜を示す。一方、S帯南側の南傾斜の断層は後者に相当するとみられる。つまりこの断層は、後述する三滝火成岩類中に発達する断裂系のあるものと同傾向であることから、後期中生代～古第三紀変動に際して、三滝火成岩類が再動した時に形成されたものとみられる。なお、この地域の黒瀬川構造帯の主軸はS帯と考えており、高知県妹背・馬の原・大樽谷を通る構造線の西方延長にあたる。また高知県横倉山・大峠を通る黒岩構造線の西方延長はN帯であると考えられる。

これらの東西性の構造を横切る斜交断層もみられる。本地域では顕著なものはないが、 $N50^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ で北へ $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 傾斜しているものがみられ、三滝火成岩類や中生界がこれらにより切られている。西南日本外帯の秩父累帯全体についてみても、白亜系の分布が、東西性断層をきるこれら斜交断層により著しくずれている。したがって白亜系堆積後に、既存の東西性構造をきるように斜交断層が形成されたとみられる。後述する三滝火成岩類中に発達する断裂系には、この地域の斜交断層と同傾向のものが、三滝火成岩類の垂直運動に伴って形成されている。

本地域は上記の東西性断層により、東西に延長するいくつかの細長い帯に分けられており、そこには分布する中・古生界も東西性の構造に支配され、走向・褶曲軸ともに東西を示す。北帯には中帯に比べゆるやかな構造が発達しており、背斜・向斜構造をくり返している。褶曲軸はやや東へ **plunge** している。中帯の伊野層は背斜構造を形成しており、その軸はゆるやかに西に **plunge** している。中帯のその他の地層では、沢村ほか(1960)によれば、白亜系は向斜構造を形成しているとされているが、筆者は確認していないので、高岡累層、鳥巢層群とともに単斜構造を形成しているとして取り扱ってある。

## 5. 大植坑坑内の地質

鳥形山に分布する白木谷層群の石灰石鉱床は、現在日鉄鉱業株式会社により開発中である。採鉱された石灰石は、鳥形山山頂の立坑を通じて坑内破砕室に送られ、粗砕された後、長距離コンベアー(全長約24 km)で須崎市海岸まで運ばれている。このコンベアーのためのトンネルが本地域にも通過しており、第一斜坑・第二斜坑と名付けられている。さらに第一、第二斜坑の結合部には機械室があり、ここへの取付道としての水平坑が、大植部落西方に掘削されており、大植坑と呼ばれている。筆者は大植坑、第二斜坑において、三滝火成岩類を中心に地質調査を行なうとともに、大植坑では、三滝火成岩類中に発達する断裂を測定した。大植坑は、S帯の三滝火成岩類と白亜系との境界部より北へ向けて、ほぼ $N60^{\circ}W$ の方向で掘られており、その全長は約500mである。三滝火成岩類、寺野変成岩類、シルルーデボン系のほか、白亜系、超塩基性岩類、高岡累層を横切っている。以下に、坑内の地質について、トンネル側壁にみられる地質的要素にもとづき述べるが、詳し

くは別の機会に発表する予定である。

### 5. 1. 三滝火成岩類

0 m~41m, 44m~105m, 146m~150m, 197m~210m, 224m~340m. (距離はすべて坑口からの距離で示す.)

#### 5. 1. 1. 角閃石黒雲母花崗閃緑岩

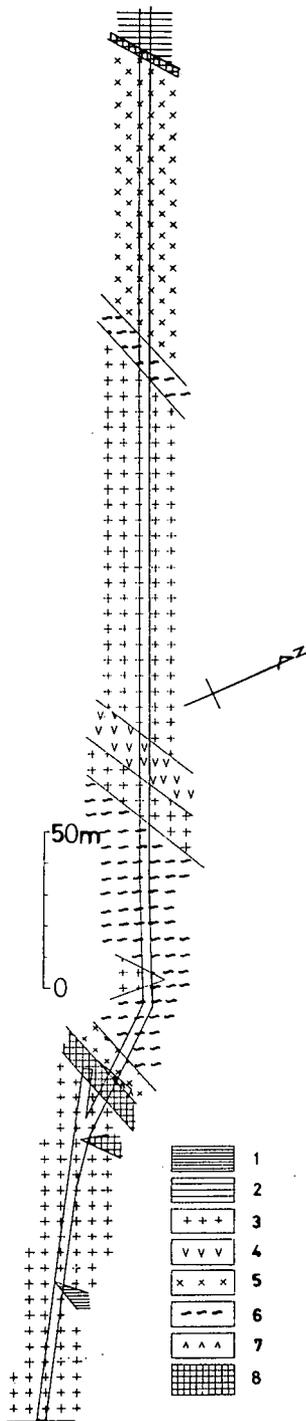
0 m~5 m, 100m~105m, 146m~150m, 224m~238m.

暗緑色の岩石で、完晶質中粒の組織を示す。他の三滝火成岩類に比べ 圧砕の程度が軽微であることと、かつ一部に、非常に新鮮な黒雲母が存在する点が特徴的である。特に大植坑入口付近の岩石にはまったく緑色角閃石は認められず、黒雲母は鮮やかな褐色のもので、緑泥石化も進んでいない。坑口以外の岩石には緑色角閃石がわずかに残っており、部分的に褐色の黒雲母に置換され、さらに緑泥石化されたり、黒雲母の結晶の中に、それを押し分けるようにブドウ石が生成している。したがって、この岩石の黒雲母の少くともあるものは角閃石の分解によるものとみられる。角閃石のこのような分解過程は、宮地ほか(1963, 1965)の示した、九州における三国圧砕花崗岩類・本匠変成岩類・鞍岡火成岩類についてのものに一致している。斜長石のソシュール石化、絹雲母化は著しく、それに比べてアルカリ長石の絹雲母化はやや軽微である。石英は波動消光を示す。副成分鉱物としてジルコン・燐灰石・鉄鉱物などが認められる。変成鉱物としてはブドウ石・緑泥石が黒雲母の部分にみられ、また、細脈状にブドウ石・方解石がみられる。224m~238mにはパンペリー石が生成している。

#### 5. 1. 2. 黒雲母角閃石花崗閃緑岩

5 m~41m, 44m~100m, 197m~210m, 238m~340m.

三滝火成岩類の大部分はこの岩石でしめられる。暗緑色の圧砕岩で、圧砕が進んで斑岩様となった淡緑色岩や、さらに一様に細粒となった緑灰色 cataclasite や mylonite に近いものも含まれる。角閃石黒雲母花崗閃緑岩とは本質的な違いはないとみられるが、新鮮な褐色黒雲母を含まないことと、圧砕の程度に差があることから一応区別した。斜長石・石英・アルカリ長石を主成分とし、角閃石はその量が著しく変化する。長石類は著しくソシュール石化ある



第4図 大植坑の坑内平面図

1 泥岩(白亜系) 2 泥岩(白木谷層群) 3 三滝火成岩類 4 シル  
ルーデボン系 5-6 寺野変成岩類 (5. 角閃岩・角閃石片岩; 6. 黒雲  
母白雲母片岩) 7 石英珩岩岩脈 8 超塩基性岩類

いは絹雲母化している。5m~41mの岩石にはミルメカイト構造がみられる。少量含まれる黒雲母はほとんど完全に緑泥石化したり、結晶内部にブドウ石が生成されている。角閃石は薄片下で緑色である。これらの全鉱物種の圧砕は極端に進んでおり、結晶の歪曲や波動消光がはなはだしい。副成分鉱物としてはジルコン・モナズ石・燐灰石・鉄鉱物などが認められる。変成鉱物としては、ブドウ石が脈状あるいは圧砕組織に伴って多量に生成しているほか、緑レン石、緑泥石・方解石が普通にみられる。5m~41mの岩石にはパンペリー石が圧砕組織に伴って生成している。

## 5. 2. 寺野変成岩類

114m~146m, 150m~197m, 340m~440m.

### 5. 2. 1. ザクロ石黒雲母白雲母片岩

114m~116m, 121m~146m, 150m~197m, 340m~351m.

ザクロ石・黒雲母・白雲母のほか、石英・斜長石などが含まれる。石英の波動消光、斜長石のソシュール石化は著しい。雲母類は0.5mm以上で撓曲も著しくまた緑泥石化している。二次変成鉱物としてブドウ石が片理に沿い脈状に、とくに雲母類の部分によく発達しており、方解石の細脈がみられ、緑泥石・緑レン石も認められる。130m付近の岩石にはパンペリー石がポケット状部分に生成している。

### 5. 2. 2. ザクロ石角閃石片岩

116m~121m, 351m~370m, 410m~440m.

暗緑色の岩石で、nematoblastic組織をもつ。角閃石は1mm程度の大きさの長柱状で、鏡下では青緑色を示し、この岩石の大部分をしめており片理を決定している。relicと思われる無色で細粒ないし短柱状の輝石を含むものもある。緑レン石が小晶として一面に散点している。上記の組織や鉱物群を切って、ブドウ石・緑泥石・方解石の細脈が発達している。角閃石の周縁部にはわずかに陽起石が生成している場合もある。

### 5. 2. 3. ザクロ石角閃岩

370m~410m.

暗緑色で細かい緋模様を呈する岩石で、あまり圧砕されていない。自形の緑色角閃石とソシュール石化した斜長石が等粒状組織を形成している。ザクロ石は無色で0.1mm程度の大きさを示す。大植坑のズリの中からはザクロ石の大晶を含むものがみつかり、それには無色の輝石も残っている。ブドウ石・緑泥石・方解石の細脈が発達しており、緑レン石も散点的に認められる。

## 5. 3. シルルーデボン系

210m~224m.

青緑色チャート様の岩石で酸性凝灰岩である。三滝火成岩類との境界はめいりょうでない。

## 5. 4. 白亜系

41m~44m.

黒色ち密な泥岩で、その分布の両端は走向北東で北あるいは南に傾斜する断層で、三滝火成岩類と境されている。

### 5. 5. ベルム系中部統高岡累層

445m～.

黒色ち密な泥岩を主体とし、青灰色中粒の砂岩レンズを伴っている。寺野変成岩類の北側の超塩基性岩類とN80°E, 65°Nの断層で接している。

### 5. 6. 石英玢岩岩脈

112m～114m.

自形ないし半自形の石英・斜長石の斑晶がみられ、軽微であるが圧砕をうけている。超塩基性岩類と三滝火成岩類とに囲まれて分布しているが、三滝火成岩類との境界はめいりょうでない。

### 5. 7. 超塩基性岩類

105m～112m, 440m～445m.

なお、380 m 付近の角閃岩体の一部より、暗緑色で、ほとんど圧砕をうけていないはんれい岩がみつかった。この岩石は、柏子木状の斜長石と柱状の輝石（ともに約1 mmの大きさをもつ。）がophiticな組織を示し、そのほかに褐色角閃石が認められる。変成鉱物としてパンペリー石が脈状に発達し、ブドウ石・陽起石・緑閃石・方解石もみられる。はんれい岩は市川ほか（1956）により、三滝火成岩類の一メンバーとして報告されているが、この岩石が、①三滝火成岩類に含められるべきか、それとも②角閃岩岩体中の角閃岩化作用を受けていない部分なのかについては今後検討したい。

## 6. 三滝火成岩類中に発達する断裂系

火成岩とくに深成岩中に発達する断裂(fracture)を用いて造構応力場を復元する試みは、第三系などについてのそれに比べると少ない。それは、発達する断裂の性格や共軛性の判定がむずかしいことなどに起因すると思われる。しかしながら、平野(1971 b)が六甲山地で行なったように、適当な方法を選べば、火成岩進入後の広域的な造構応力場の復元や、その応力で生じたであろう変形運動の過程の復元が可能となると考えられる。

九州・四国の三滝火成岩類についての Rb-Sr 法や K-Ar 法などによる年代測定では、420 m.y. 土の測定値が出されている(河野ほか, 1966; 早瀬ほか, 1967; HAYASE *et al.*, 1969; 唐木田ほか, 1970など)。ところが、本地域に分布する三滝火成岩類は、その南側に分布する白亜系のブロック状岩体を取り込んだり、白亜系の小さなスベリ面に沿ってしみ出したりして分布する(第9図)ことから、秩父累帯の中生界に強い変形作用を与えた後期中生代一古第三紀変動の一つの表現として、白亜系堆積後に地殻浅部に再動した、という考えを筆者は明らかにした(波田, 1971)。

現在の三滝火成岩類には、結晶粒の破壊、粒間すべり、細粒化がみられ、ductile faults に特徴的な圧砕組織が脈状に発達している。さらにそれらを切って、striation を伴う断裂が発達している。最も新しい断裂の形成は、三滝火成岩類が白亜系をブロック状に取り込む運動と関連あると判断されることから、まさに後期中生代一古第三紀変動に関連ある運動であると考えられ、その実態を明らかにすることは、この地域の構造発達史を考えるうえで決してなごりにできない。

そこで、大植坑の入口から340 mまでの、主として三滝火成岩類を横切る区間において、断裂の測定を行なった。坑内では岩石が新鮮で断裂がはっきりと識別できるうえに、岩体を横切って連続的に断裂を観察、測定可能であり、解析にあたって統計的処理も容易である。断裂の測定にあつ

ては、間縄を張り距離をチェックしながら、トンネル側壁にみられる眼の高さの位置の断裂をすべて測定していき、さらに断层面上の striation についても記録した。また水平もしくは水平に近い面についても適宜測定していった。測定された断裂は総計653個で断裂の密度の平均は1mについて1.9個である。ただし三滝火成岩類のみが分布する区間では1mに3個以上のところもある。それらの断裂の方向性については、トンネル側壁を50mごとに区切り(0m~50m, 50m~100mなど)、さらにそれに重複するようにして区切り(25m~75m, 75m~125mなど)、合計13の区間を設け、各々の区間での断裂の  $\pi$ -pole をシュミットネットにより下半球投影し、統計的に処理した(第5a, b図)。

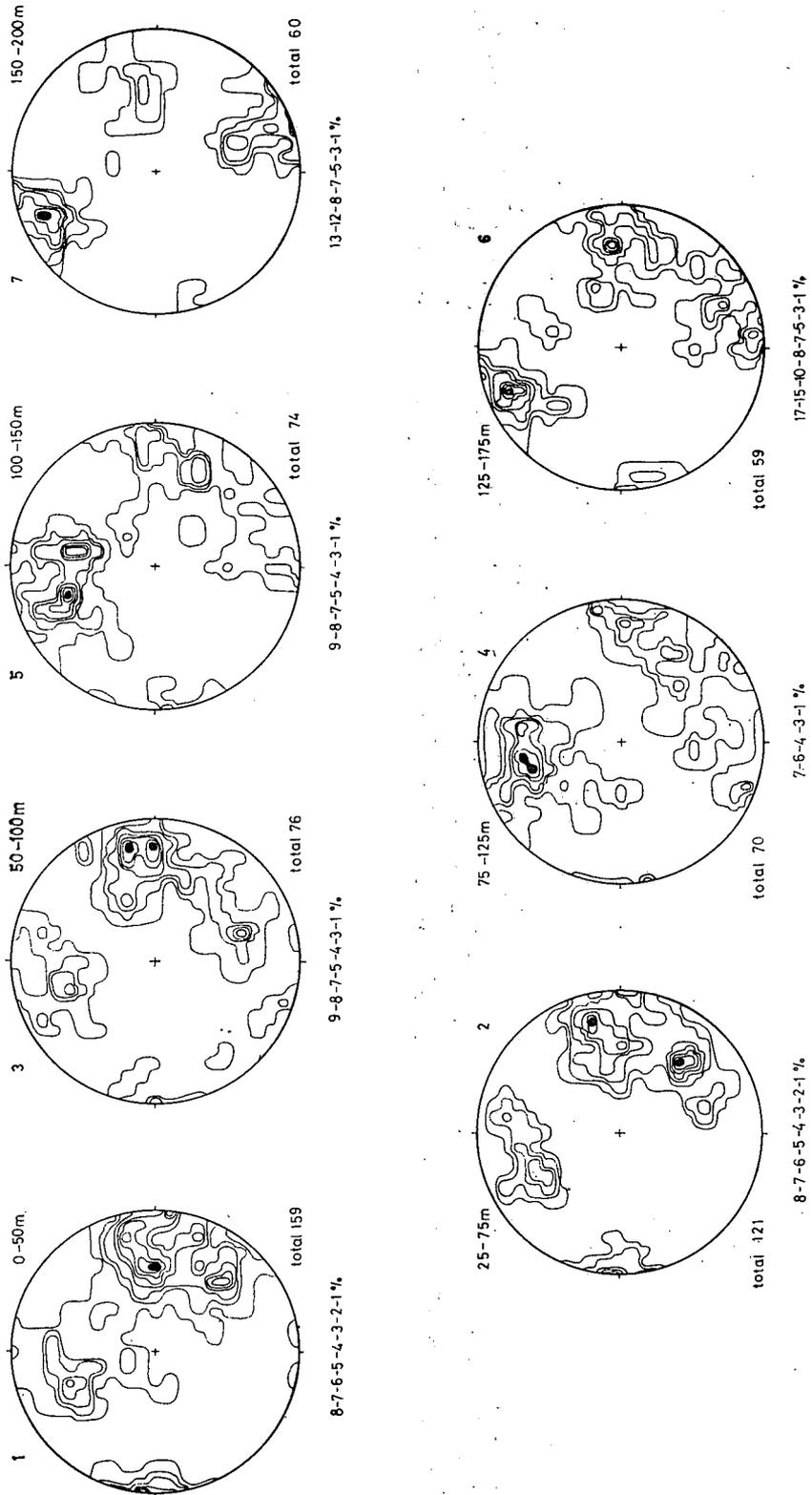
その結果、 $\pi$ -ダイアグラムに示された断裂は極めて類似したパターンを示し、2~3ヶ所のほぼ同じ方位に著しい集中点が認められることがわかった。表-1に区間ごとの集中点の方位を示す。

表-1  $\pi$ -ダイアグラムより求められた断裂の集中方位

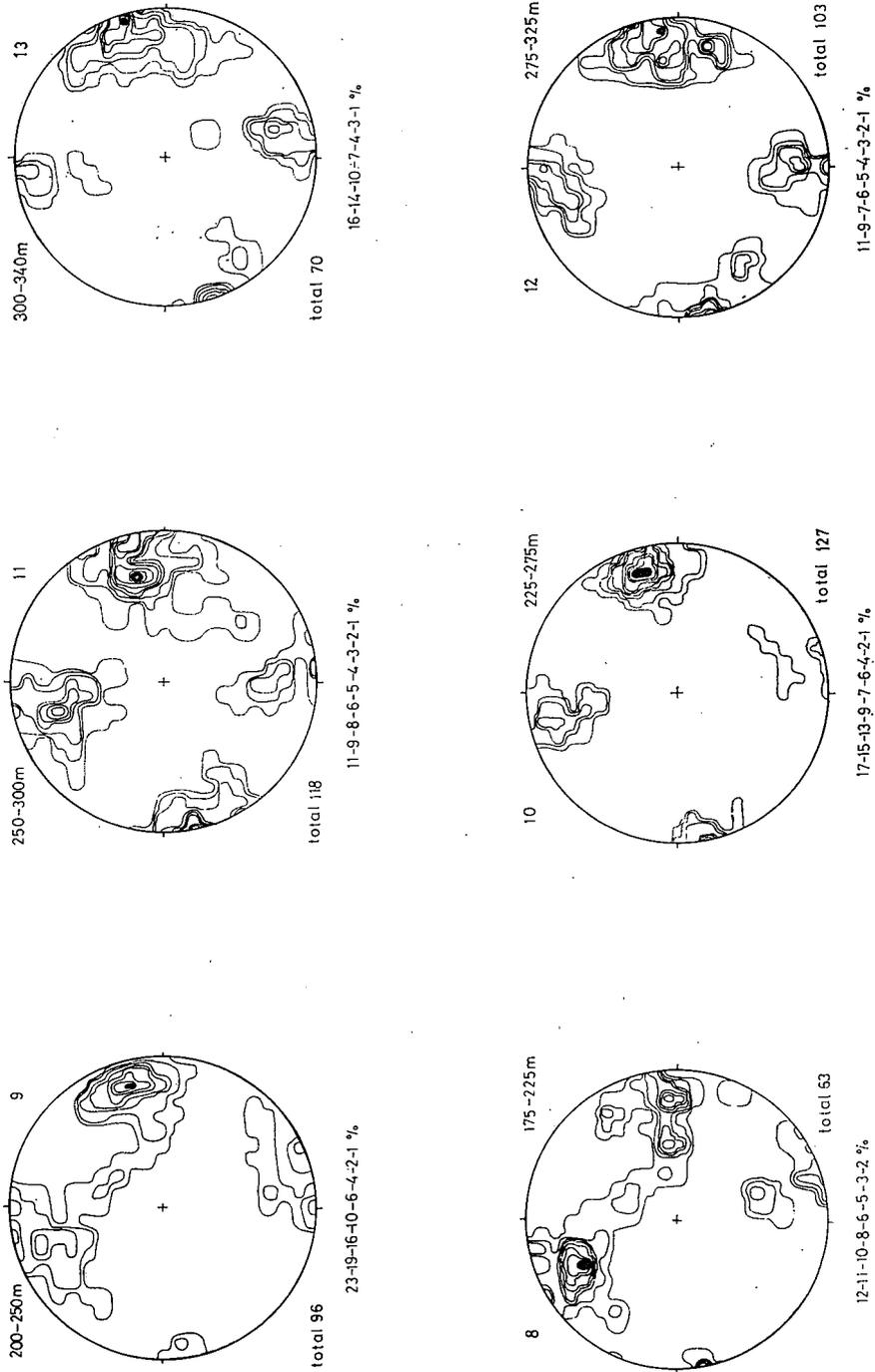
区間番号	区 間	集 中 方 位 (走向・傾斜)		
	m			
1	0~50	N10W, 72W	N71E, 53S	N42E, 56N
2	25~75	N14W, 70W	N64E, 52S	N40E, 54N
3	50~100	N7W, 68W	N71E, 53S	N72E, 53N
4	75~125	NS, 69W	N76E, 56S	
5	100~150	N4W, 75W	N72E, 53S	N24E, 61W
6	125~175	N8W, 60W	N69E, 74S	N67E, 65N
7	150~200	N10W, 46W	N69E, 74S	N71E, 54N
8	175~225	N7W, 69W	N63E, 57S	N69E, 45N
9	200~250	N15W, 70W	N73E, 73S	
10	225~275	N18W, 72W	N76E, 75S	
11	250~300	N15W, 62W	N74E, 62S	N88E, 58N
12	275~325	N6W, 78W	EW, 77S	EW, 69N
13	300~340	N19W, 84W	N84E, 62N	

これらの集中点が、それぞれ共軛な剪断面として形成されたと仮定して、各区間ごとに応力場の復元を行なった(平山ほか, 1965)結果、2組の特徴的なセットが得られた。すなわち、NSないしNNW方向で西傾斜の断裂と、ENEないしEW方向で南傾斜の断裂を共軛と仮定して復元した主応力軸(第6a図)、および、ENEないしEW方向で南傾斜の断裂と、NEないしEW方向で北傾斜の断裂を共軛と仮定して復元した主応力軸(第6b図)は、それぞれにおいてその方向と落しの角度の一致性が高かった。このことは逆に、これら2組の断裂の共軛性を示していると考えられる。それぞれの応力配置から、前者は strike-slip type、後者は dip-slip type としてまとめられる。組合せとしてNSないしNNW方向で西傾斜の断裂と、NEないしEW方向で北傾斜の断裂を共軛と考えることも可能であるが、こうして求めた主応力軸の方向と落しの角度は各区間ごとに全くまちまちであった。したがってこれらは、共軛セットをなしていないと判断すべきだと考える。

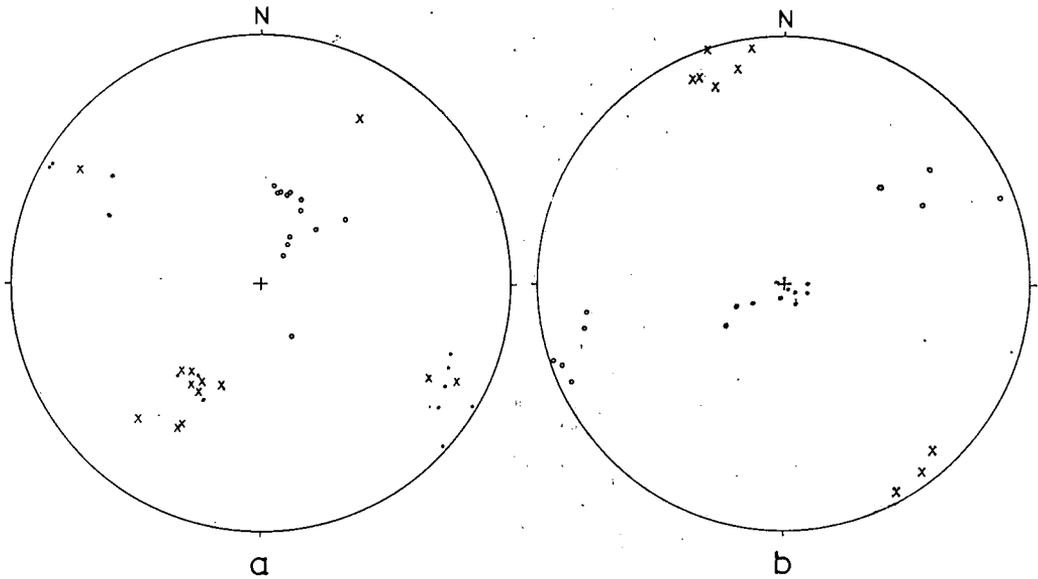
以上のような解析結果について、断裂を横ずれ断層型(strike-slip type)、つまり傾斜(dip)がほぼ垂直で走向(strike)が変化する型と、正断層もしくはスラストのできる応力配置のもの(dip-



第5a図 三滝火成岩類中に発達する断裂のπ-ダイアグラム(シュミットネット下半球投影)



第5b図 三滝火成岩類中に発達する断裂の π-ダイアグラム (シュミットネット下半球投影).



第6図 共軛セットより求められた主応力軸（ウルフネット上半球投影）。

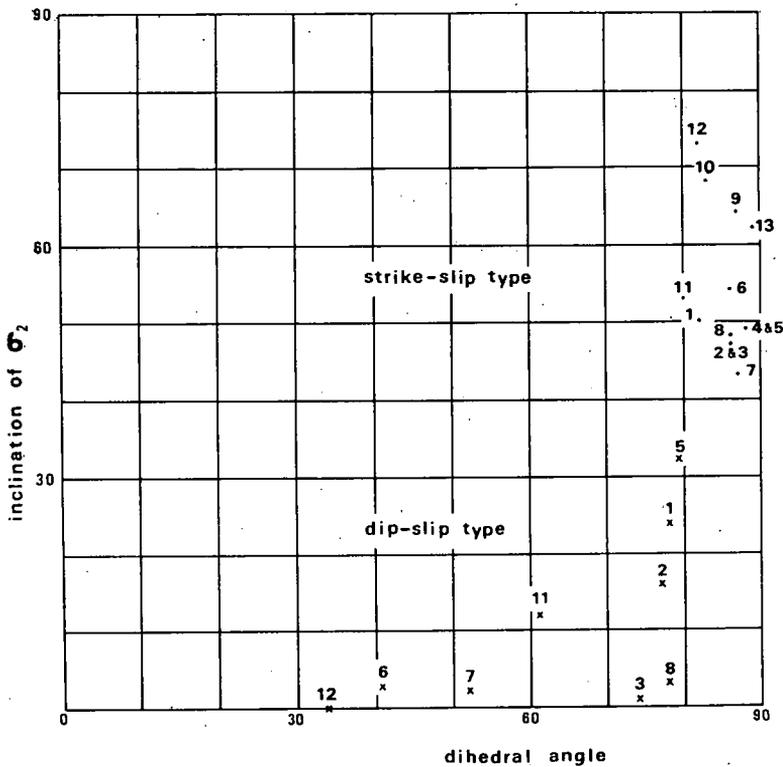
a. strike-slip type    b. dip-slip type  
 ・最大圧縮主応力軸    ○ 中間主応力軸    × 最小圧縮主応力軸

slip type), つまり傾斜は変化するが走向は中間主応力軸の方向に揃う型に区別して考えると(平野, 1971 b), 区間番号 8, 9 あるいは 10 の  $\pi$ -ダイアグラムは, strike-slip type であり, 区間番号 7 の  $\pi$ -ダイアグラムは dip-slip type のそれを示しているときみなされる。したがってその他の  $\pi$ -ダイアグラムも, これら 2 つの type が重なった断裂系の  $\pi$ -ダイアグラムだと解析することができるのではなかろうか。さらに加えて, NNW 系統の断裂面上に水平あるいはそれに近い striation が測定され(図版 I の 2), NE あるいは EW 系統の断裂面上には急斜する striation が観察されることも, 上記の解析結果を支持していると考えられる。

したがって, S 帯の三滝火成岩類中には, 2 つの系統の断裂系が発達しているとみられる。strike-slip type の断裂系は, 岩体のその後の変位・変形(とくに傾動)を考えに入れなければ, NW-SE 方向のほぼ水平な最大圧縮主応力軸 ( $\sigma_1$ ),  $50^\circ$  以上の傾斜をもつ中間主応力軸 ( $\sigma_2$ ), NE-SW 方向の  $50^\circ$  以下の傾斜をもつ最小圧縮主応力軸 ( $\sigma_3$ ) という応力配置のもとで形成され, dip-slip type の断裂系は, ほぼ垂直な  $\sigma_1$ , WSW-ESE 方向で水平な  $\sigma_2$ , NNW-SSE 方向でほぼ水平な  $\sigma_3$  という正断層を生み出す応力配置のもとで形成されたとみられる。

なお, 区間番号 5, 6 および 8 (100 m ~ 225 m) では, 他の区間の主応力軸の配置に比べると, 第 6 a 図において,  $\sigma_2$  を軸に  $90^\circ$  回転したように,  $\sigma_1$  と  $\sigma_3$  が入れ替わっているが, それはこの区間には他の区間と違い, 寺野変成岩類やシルル系が分布しており, ① それらの岩石にのみ残された, より古い断裂系が表現されている, ② 両雲母片岩などの片理が既存の割れ目として, 新しい断裂の形成に影響を与えた, ③ 三滝火成岩類の再動の際, これらの岩体が局部的に回転した, などの原因が考えられると思うが, この点に関する詳しい検討は今後の問題であろう。

次に strike-slip type と dip-slip type の断裂系の形成過程を考察する。第 7 図に各区間の共軛な断裂より求められた断裂面の交角 ( $2\theta$ ) と,  $\sigma_2$  の傾きとの関係を示した。図においては, strike-slip type の断裂系では,  $2\theta$  がすべて  $80^\circ$  以上の値を示し安定しているのに対し, dip-slip type のそれでは, すべて  $80^\circ$  以下の値を示し, かつ, 値の幅が大きくなっている。さらに後者では,  $\sigma_2$  の



第7図 断裂系から求めた剪断面の交角(横軸)と中間主応力軸の傾き(縦軸).

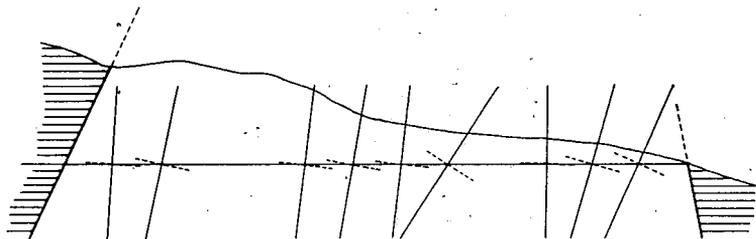
傾きが小さくなるにつれて、 $2\theta$  の値も小さくなってゆく傾向がみられる。したがって、剪断面角に対する温度あるいは封圧の影響を考慮すると、strike-slip type の断裂系は、dip-slip type の断裂系が形成されるよりもより深い部分において、NW-SE方向の主圧力が加わる一様な条件のもとで、まず始めに形成されたとみられる。断裂の発達状態を $\pi$ -ダイアグラムから判断すると、strike-slip type の断裂系は全域に発達していることから、その形成は広域的であったと考えられる。それに続いて、既存の断裂のあるものに沿って垂直運動がおき、それに伴って部分的に dip-slip type の断裂系が形成されたとみられる。第7図の $\sigma_2$  と  $2\theta$  の減少の様子からみると、横ずれ断層の形成につづいて、かなり連続的に、垂直運動がおきたとみられる。

ここでのべたような、strike-slip type の断裂系がまず広域的に形成され、それに引き続いて、そのような構造の中から垂直運動が引き起こされている例は、DONATH (1962) の Basin and Range 地域や平野 (1971 b) の六甲山地にみられる。DONATH (1962) は、玄武岩体にみられるこのような一連の運動の機構について、① 横ずれ断層により割れ目が形成されると、それを形成した水平な主圧力がある程度開放されて、相対的に垂直応力が大きくなったため、あるいは、② 玄武岩体の下に分布する中生界の地層が、玄武岩体に破断を起こさせたと同じ水平な主圧力のもとで、より ductile な変形として褶曲運動を行ない、引き続いて応力が加わることにより、その褶曲運動は上位の玄武岩体に垂直運動を引き起こさせるような力として伝わって、玄武岩体付近の応力分布が再配列したため、と考え、なかでも後者をより強く原因として考えている。この地域でもやはりこの2通りの機構を考え得ると思われるが、 $2\theta$  の大きさと  $\sigma_2$  の傾きの関係(第7図)、主応力軸の変換の様子(第6 a, b 図)や、三滝火成岩類が現在、サンドウィッチ状に種々の時代の地層とも接し

ているという事実から考えると、筆者としては支配的なものとして、前者の機構を考えたい。すなわち、NW-SE方向の水平な主圧力により、岩体中に brittle な変形として strike-slip type の断裂系が形成され、その破壊がおきると同時に、それを形成した水平方向の造構応力の局所的な開放低下がおこり、その結果、それまでの  $\sigma_1$  は急速に  $\sigma_3$  に変化し、相対的に  $\sigma_2$  は  $\sigma_1$  に、 $\sigma_3$  は  $\sigma_2$  となり、正断層を生み出すような応力配置が生じたために、既に形成されていた割れ目のあるもの沿着って垂直運動がおき、それに伴い dip-slip type の断裂系も部分的に形成されるに至ったと考えられる。もちろん、造構応力として側圧が増加していく過程にも正断層を生み出す応力配置が存在し得たわけであるから、この考えにしたがうとき、その過程ではまだ岩石に破壊がおきる条件に至っておらず、さらに側圧が加わって、横ずれ断層を生み出す応力配置になってから破壊条件が満足されたということになる。

さらに、以上のような運動は、白亜系堆積後に、三滝火成岩類がそれに被われて、地下数 km にある状態でおきた運動であるとみられるが、そのような条件で横ずれ断層が形成され得るであろうか。平野 (1971 a) は、側圧をうけた花崗岩層中に期待される断裂系を考察した中で、岩石物性を適当に仮定すれば、横ずれ断層が比較的広い深度域 (6 km~20km) にわたって現出可能であることを導いている。BALAKRISHNA *et al.* (1970) は、fluid pressure と tectonic stress の相互作用によって、ごく浅い地下数 km の部分でも横ずれ断層が形成され得ることを、弾性理論に基き数値計算している。したがって横ずれ断層が形成される条件は十分存在したと考えてよい。

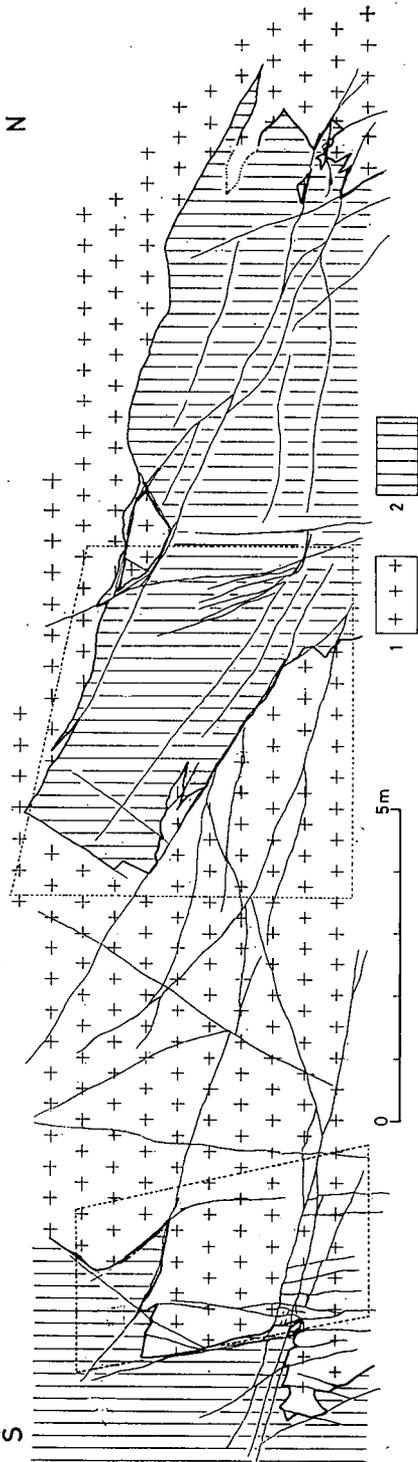
最後に、dip-slip type の断裂系についての  $\sigma_1$  の傾きをみると、南半部では平均70°で、また北半部では平均80°でともに北へ傾斜している。そこで、S帯の三滝火成岩類とその周りの地層との間の、dip-slip type における  $\sigma_2$  と同じ方向である ENE-WSW の走向をもち、南側では南へ80°、北側では北へ50°~65°傾斜している断層は、 $\sigma_1$  との関係から正断層と判定され、三滝火成岩類が相対的に上昇したことを示している (第8図)。



第8図 大植坑に沿う断面に投影された、dip-slip type の断裂系より求められた各区間の応力系。  
—— 最大圧縮主応力軸 —— 最小圧縮主応力軸

## 7. 三滝火成岩類の再動問題

三滝火成岩類については、従来より「再動岩体」(富田, 1957) という考えが多くの人々により支持されてきている(勘米良, 1961; 野田, 1961; ICHIKAWA, 1964; 松本ほか, 1964; 宮地ほか, 1965)。本地域の場合にも、秩父累帯中帯の白亜系が三滝火成岩類にブロック状に取り込まれている(第9図, 図版Ⅱの1, 2)ことから、三滝火成岩類は白亜紀には地表で侵食を受け、その堆積物に被われたが、さらにそれ以後に再動し上昇して、それらに“貫入”したのではないかという考えが明らかにされている(甲藤ほか, 1969)。そうすると再動の時期として、黒瀬川構造帯の



第9図 大輪坑入口付近における、三滝火成岩類が白亜系のプロック状岩体を取り込んでいる露頭のスケッチ。  
点線の枠は図版IIの写真の範囲を示す。 1 三滝火成岩類； 2 白亜系

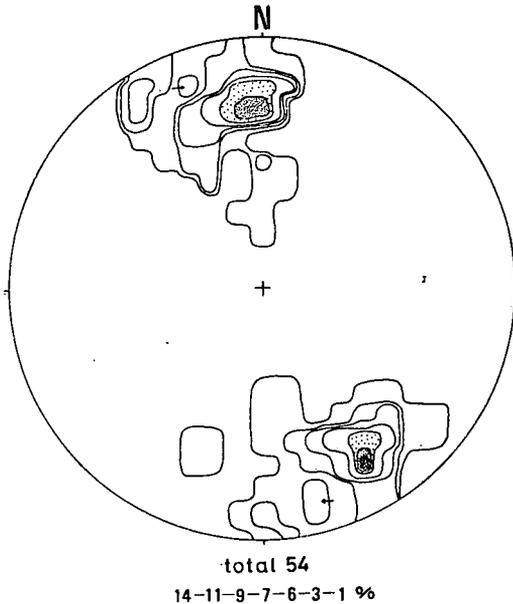
形成されたペルム紀後半からトリアス紀にかけてを中心とする本州変動の時期が従来考えられていたが、この地域のように、後期中生代—古第三紀変動に際しても再動したことを示す証拠が見つかったことから、大きな変動の時期に、少なくとも2度にわたって再動したとみられることになる(波田, 1971)。

再動の機構についても、①後期古生代地相斜を生じる前の基盤岩類としての三滝火成岩類が、基盤から離れて、再動上昇する場合には、地下かなり深いところでの再動と②後期中生代—古第三紀変動の際の再動のように、地下かなり浅いところへ上昇して後の二次的上昇運動のような再動、とは区別して考える必要がある(波田, 1971)。

したがって、本地域の三滝火成岩類の場合最も新しい時期の、地表近くでの再動運動の結果が、その中にめいりょうに残されていると考えるのが自然であり、それを三滝火成岩類中に発達する断裂系に求めたというわけである。そうすることにより、三滝火成岩類が経てきた複雑な応力過程を、新しい方から順次解き明かすための端ちょがつかめ、また地表近くでの再動という点では、地相斜造山サイクルとしての、後期古生代地相斜での、本州変動の際の再動の機構を知る手がかりを与えるものと考えられる。三滝火成岩類中に発達する断裂系より求められた、後期中生代—古第三紀変動の際の地表近くでの、三滝火成岩類の再動の様式は、水平な造構応力の増加による横ずれ断層の形成と、それに引き続く既存の割れ目のあるものに沿う垂直運動であり、三滝火成岩類が相対的に上昇したというものであった。

だとすれば、三滝火成岩類と白亜系との間の複雑な関係を、三滝火成岩類のこの垂直上昇運動の結果として説明できないだろうか。垂直変位が重要な役割りを演ずる場合に、弾性体の内部に生ずる応力分布の理論的解析やモデル実験は、多くの人々によりなされている(HAFNER, 1951; SANFORD, 1959; LOWELL, 1970; 小玉ほか, 1971. など)。

HAFNER (1951) の理論的解析によれば、弾性体のブロック底面にはたから差動応力により、主要な高角度断層が形成されるとともに、それと共軛な形で副次的な低角度断層が形成され、それには normal なものも reverse なものも発達することを明らかにしている。LOWELL (1970) は粘土を使った簡単なモデル実験で HAFNER の理論的解析を確かめている。小玉ほか (1971) は、粘土を用いたスケールモデル実験により、高角度断層と低角度断層の発達の順序や、変形速度と低角度断層の発達関係などについての研究を行なっている。三滝火成岩類が白亜系をブロック状に取り込んでいる露頭で (第9図)、三滝火成岩類と白亜系との境をなす断層を測定すると、ENE-WSWの走向で南傾斜のものと、NE-SWの走向で北傾斜のものにまとめられる。これらは、三滝火成岩類中の dip-slip type の断層系とまったく同じ傾斜の断層であり、これらを共軛セットと認めて復元した応力場も、正断層を生み出す応力配置であり、 $2\theta$  の平均は $60^\circ$ である。したがって、三滝火成岩類の上昇運動により、ENE-WSW方向の synthetic upthrust が形成されるとともに、それに共軛な関係で、微少な変位を伴うNE-SW方向の antithetic fault が形成され、



第10図 白亜系中に発達する断層の  $\pi$ -ダイアグラム (シュミットネット下半球投影)。

三滝火成岩類とまわりの岩石との入り組んだ接触関係や、三滝火成岩類が白亜系のブロック状岩体を取り込むような現象が生じたとみられる。

S帯の南側に接する白亜系中の、ローモンタイトが形成されている断層を測定し、 $\pi$ -ダイアグラムを作成すると (第10図)、三滝火成岩類中の dip-slip type の断層系とまったく同じパターンを示す。このことから三滝火成岩類と白亜系が、三滝火成岩類の上昇運動の際に、複雑にかかわり合ったことが理解される。

以上のような運動形態を、三滝火成岩類の地表近くでの再動の一様式だと考える。なお、このような運動に、三滝火成岩類の再動について従来いわれていた、構成物質の部分的再溶融が伴なわれたかどうかの点については、今後検討されるべき問題である。

## 8. ま と め

高知県鳥形山付近において、黒瀬川構造帯“レンズ状部”を中心に地質調査を行なった。

1) 本地域には3帯の黒瀬川構造帯“レンズ状部”が分布しており、寺野変成岩類(ザクロ石黒雲母白雲母片岩・ザクロ石角閃岩・角閃石片岩)、シルルーデボン系、三滝火成岩類(黒雲母角閃石花崗閃緑岩)により構成されている。一番北側の黒瀬川構造帯“レンズ状部”とそれらをつないで発達する断層が、秩父累帯北帯と中帯を分ける構造線である。

2) これら3帯の黒瀬川構造帯“レンズ状部”に断たれて、北より、秩父累帯北帯のペルム系中・下部統白木谷層群、秩父累帯中帯の弱変成古生層(伊野層)・ペルム系中部統高岡累層・白亜系・ジュラ系中・上部統鳥巢層群が分布する。

3) これらのうち、白亜系のブロック状岩体が三滝火成岩類中に取り込まれていることから、三滝火成岩類は白亜系堆積後に再動したと考えられた。そこで、後期中生代—古第三紀変動の際、三滝火成岩類が地表近くで再動したであろう事実は注目に値し、三滝火成岩類中に発達する断裂系の検討から、その機構を明らかにしようと努めた。

4) 断裂系にもとづく構造解析によれば、三滝火成岩類には、NW—SE方向の一様な造構応力下のもとで、まず始めに *strike-slip type* の断裂系が広域的に形成され、それに引き続いて、既存の割れ目のあるものに沿う垂直運動が起き、それに伴って *dip-slip type* の断裂系が部分的に形成された。このような運動様式は、DONATH (1962) や平野 (1971 b) が報告したものと同様である。その機構として、① 一様な応力系としてのNW—SE方向の造構応力が増加していった、三滝火成岩類が破壊条件に達して、*strike-slip type* の断裂系が形成される。② それに伴い造構応力の局所的な解放低下がおき、その結果、最大圧縮主応力軸は最小圧縮主応力軸に変化し、相対的に中間主応力軸は最大圧縮主応力軸に、最小圧縮主応力軸は中間主応力軸に変換し、正断層を生み出す応力配置が形成された。③ そこで、すでに形成されていた断裂のあるものに沿い垂直運動が起き、三滝火成岩類は上昇して、その内部に *dip-slip type* の断裂系が部分的に形成された。

4) この結果と、垂直変位が重要な役割りを演ずる場合に、弾性体内部に生ずる応力分布の理論的解析やモデル実験の結果とを考え合わせると、三滝火成岩類が白亜系のブロック状岩体を取り込むような現象も説明できるとみられる。

5) したがって、三滝火成岩類の地表近くでの再動の一様式を、水平な造構応力の増加による横ずれ断層の形成と、それに続く垂直運動の形成としてとらえることが可能となった。

#### 参 考 文 献

- BALAKRISHNA, S. and GOWD, T. N. (1970), Role of Fluid Pressure in the Mechanics of Transcurrent Faulting at Koyna (India). *Tectonophysics*, vol. 9, no. 4, p. 301—321.
- DONATH, F. A. (1962), Analysis of Basin Range Structure, South-Central Oregon. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 73, p. 1—16.
- 波田重熙 (1971), 三滝火成岩類の再動と自食性堆積. 地質学論集, no. 6, p. 177—178.
- HAFNER, W. (1951), Stress Distributions and Faulting. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 62, p. 373—398.
- 早瀬——・石坂恭一 (1967), Rb—Sr による地質年齢 (1) 西南日本. 岩鉱, vol. 58, p. 201—212.
- HAYASE, I. and NOHDA, S. (1969), Geochronology on the "Oldest Rock" of Japan. *Geoche. Jour.*, vol. 3, p. 45—52.
- 平野昌繁 (1971 a), 側圧をうけた花崗岩層中に期待される断裂系. 地質雑, vol. 77, p. 171—182.
- (1971 b), 花崗岩の節理を中心とした深成岩体の brittle な変形・破壊を考えるうえでの問題点. 地質雑, vol. 77, p. 257—263.
- 平田茂留 (1958), 四国中部の秩父地帯に関する若干の新事実・地球科学, no. 36, p. 22—24.
- (1961), 四国大野が原鳥形山地方の地質・地学研究, vol. 12, p. 35—41.
- 平山次郎・垣見俊弘 (1965), 地層中の応力場の解析法とその実例について. 地球科学, no. 78, p. 23—31.
- 市川浩一郎・石井健一・中川衷三・須鎗和巳・山下昇 (1954), 愛媛県の黒瀬川構造帯周縁部の中古生界. 地質雑, vol. 60, p. 310—311.
- (1956), 黒瀬川構造帯. 地質雑, vol. 62, p. 82—103.
- ICHIKAWA, K. (1964), Tectonic Status of the Honshu Major Belt in Southwest Japan during the Early Mesozoic. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, vol. 8, p. 71—107.
- 市川浩一郎 (1968), 地向斜沈降と自食性堆積の問題. 地質学論集, no. 1, p. 10.
- ・藤田至則・島津光夫編 (1970), 日本列島地質構造発達史. p. 11, p. 49—50, 築地書館, 東京.
- 池辺展生 (1936), 魚成衝上について. 地球, vol. 26, p. 399—409.
- 石井健一・中川衷三・須鎗和巳・山下昇・市川浩一郎 (1955), 四国秩父累帯の古生層について. 日本地質学会関西支部報 no. 26, 西日本支部報 no. 16, 合併号, p. 35—36.
- ・市川浩一郎・甲藤次郎・吉田博直・小島丈児 (1957), 四国上八川—伊野間路線に沿う秩父累帯の地質. 地質雑, vol. 63, p. 449—454.

- 勘米良亀齡 (1961), 中部ペルム系小崎層・九大理学部研究報告 (地質), vol. 5, p. 196—214.
- ・中沢圭二 (1968), 日本の中・古生界の研究の歴史と現状ならびに地向斜に関する二・三の問題, 日本の地質学, p. 33—57, 日本地質学会.
- KANO, H. (1997), On the Usuginu Granitic Rocks in Kyushu, Japan. *Jour. Min. Coll., Akita Univ.*, Ser. A. vol. 4, p. 1—37.
- 唐木田芳文・T. W. スターン (1970), 八代花崗岩の Pb- $\alpha$  年輪. 西南学院大学文理論集, vol. 11, p. 11—31.
- 甲藤次郎・小島丈児・沢村武雄・須鎗和巳 (1960・1961), 高知県地質鉱産図および同説明書, 高知県.
- ・波田重熙 (1969), 高知県鳥形山東南麓の地質. 高知大学学術研究報告 (自然科学), vol. 18, p. 25—30.
- 小玉喜三郎・鈴木尉元・小川銀三 (1971), 褶曲と断裂の実験. 第78年学術大会講演要旨, p. 392, 日本地質学会.
- 河野義礼・植田良夫 (1966), 本邦火成岩の K-A dating (V). 岩鉱, vol. 56, p. 191—211.
- 蔵田延男 (1941 a), 斗賀野盆地四近の地質学的研究 (II). 地質雑, vol. 48, p. 1—13.
- (1941 b), 鳥巢統に含まれる火成岩礫に就て. 地質雑, vol. 48, p. 209—211.
- LOWELL, J. D. (1970), Antithetic Faults in Uplifting. *Amer. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, vol. 54, p. 1946—1950.
- 松本達郎・勘米良亀齡 (1964), 5万分の1 地質図幅 “日奈久” および同説明書, 地質調査所.
- 宮地貞憲・富田達・野田光雄 (1963), 大分県三重町・本匠村の先カンブリア紀岩類. 九大教養部地学研究報告, no. 10, p. 21—37.
- ・野田光雄 (1965), 宮崎県祇園山附近における黒瀬川構造帯の火成岩類と変成岩類. 同上, no. 12, p. 1—10.
- (1966), 中部二疊系小崎層中に含まれる花崗岩礫の意義. 同上, no. 13, p. 9—14.
- 中川衷三・須鎗和巳・市川浩一郎・石井健一・山下昇 (1959), 黒瀬川構造帯周辺の地質. 徳島大学学芸紀要 (自然科学), vol. 9, p. 33—58.
- 野田光雄 (1955), 高知県横倉山附近の古生層の層序と地質構造. 九大教養部地学研究報告, no. 1, p. 47—60.
- (1961), 大分県三國峠附近の地質. 同上, no. 7, p. 1—9.
- SANFORD, A. R. (1959); Analytical and Experimental Study of Simple Geologic Structure. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 70, p. 19—52.
- 沢村武雄・今井誠 (1960), 高知県長者鉱山の硫化鉄鉱床. 高知大学学術研究報告 (自然科学), vol. 9, p. 43—61.
- 四国非金属鉱業会 (1971), 四国の非金属鉱業, p. 102—104, p. 315—320., 四国非金属鉱業会.
- 鈴木達夫 (1933), 7万5千分の1 地質図幅 “須崎” および同説明書, 地質調査所.
- 富田達 (1957), 日本列島の基盤を探る. 地球科学, no. 32, p. 13—14.
- 山内信雄・平田茂留 (1939), 土佐国越知盆地以西に於ける中生層に就いて. 地学雑誌, vol. 51, p. 166—174.

(昭和47年4月1日受理)

図 版 説 明

図 版 I

1. 三滝火成岩類中に発達する断裂 (大植坑)
2. 三滝火成岩類中に発達する断裂と断裂面上のほぼ水平な striation (大植坑)

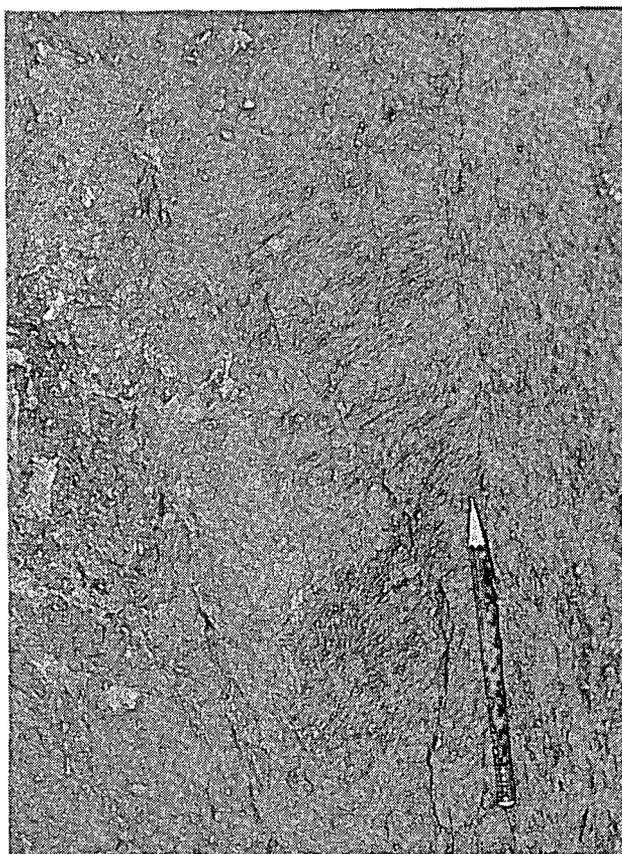
図 版 II

1. 三滝火成岩類と白亜系の接触部分の関係 (大植坑東方)
2. 三滝火成岩類と白亜系の接触部分の関係 (大植坑東方) 第9図に写真の位置を示す。



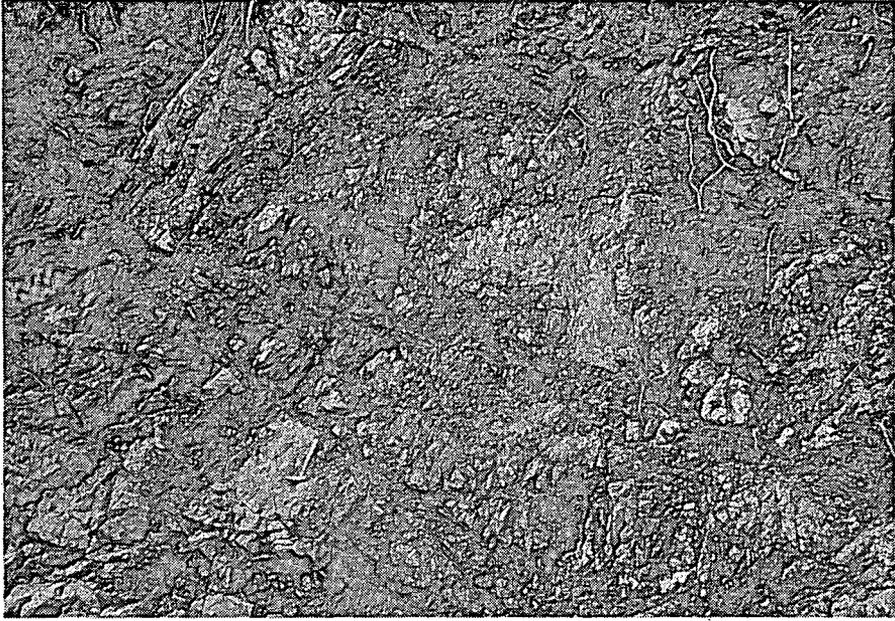


1

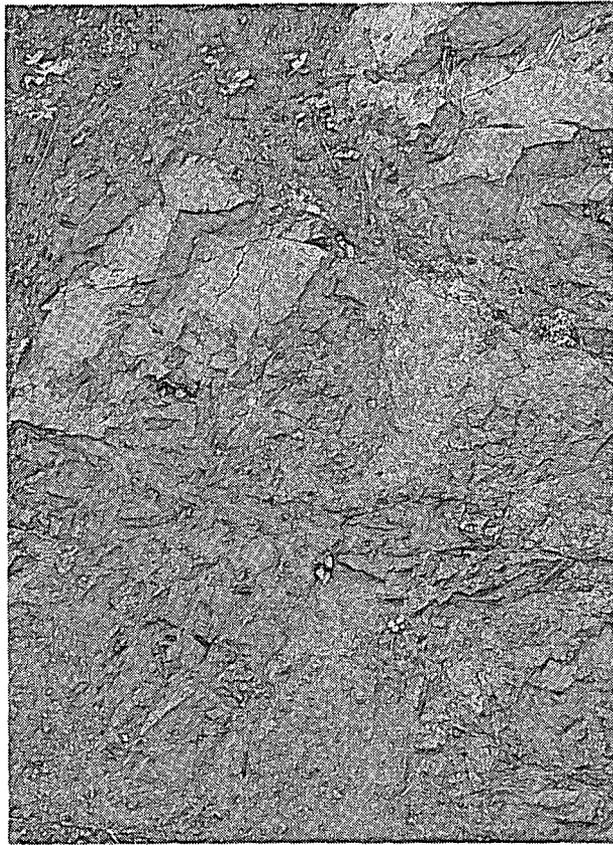


2





1



2

