宮城県関地域の中新統の層序 ——中新世における基盤ブロックの傾動運動——

天 野 一 男*

Miocene geology of Seki district, Miyagi Prefecture, northeast Japan
——Block faulting in Miocene——

Kazuo AMANO*

Abstract Stratigraphy and sedimentary process of the Miocene Series of Seki district are described and discussed. The Miocene Series of the investigated area is divided into five formations. The Nijukutoge Formation, the lowest unit of the Miocene in this area, is composed mainly of propylite and propylitic tuff breccia, which rest unconformably upon the basement of Cretaceous granitic and gneissic rocks. The Itanamebashi Formation covers the Nijukutoge Formation and also the basement rocks with angular unconformity and is composed of dacitic to rhyolitic lapilli tuff, tuff breccia, fine to medium grained tuff and associated andesite, dacite and rhyolitic lavas. The colour of these rocks have turned green, owing to hydrothermal alteration. In the basal part of the formation talus breccia, which is made up poorly of largely sorted angular blocks of propylitic and granitic rocks, is present just above the basement. The above two formations are Early to Middle Miocene in age. The rest of the Series is Upper Miocene formations. The Kashiwagiyama Formation rests upon the Itanamebashi Formation with unconformity and comprises massive dacitic lapilli tuff, tuff breccia and pumiceous tuff. The Yokokawa Formation comprises thin laminated silty tuff and tuffaceous siltstone, carrying land plant fossils. In the lower part, the formation is interbedded with basalt lavas and tuff breccias. The talus deposits are present in the lower part of the formation in the western area. The Karasugawa Formation is composed mainly of massive white pumiceous tuff of probable ash flow origin. With the pyroclastics, rhyolitic plugs and necks occur at some places. Above three formations are of terrestrial origin. The Kashiwagiyama Formation interfingers with the Yokokawa and the Karasugawa Formations. Those Tertiary rocks and basement rocks are covered with the Zao Volcanics of Quaternary age. The characteristic feature of the Miocene sequence of this area is the existence of conspicuous talus deposits in two horizons, which suggests that the block faulting occurred twice in this area during Miocene time.

The conclusion drawn from the present investigation and the previously reported evidence is that the development of Miocene sedimentary basins in the Ou backbone ranges of Miyagi and Yamagata Prefectures was regulated by both the global sea-level changes and regional block faulting. The present investigation shows that the Middle Miocene eustatic sea-level rise occurred in this area in the same manner as in the neighbouring areas.

The main faulting, which is accompanied with northwestward tilting of the basement, occurred in Middle Miocene. The analysis of the direction of igneous dikes and the sense of the faults shows that this faulting was caused by regional extensional stress at that time. Seki district is situated at the marginal and the most elevated area of the tilted basement surface.

1982 年 3 月 15 日受理

* 茨城大学理学部地球科学教室. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ibaraki University, Mito, 310 Japan.

ま え が き

宮城県関地域には、下部～中部中新統に属するいわゆるグリーンタフおよび上部中新統の火山碎屑岩類が新第三系の基盤をなす花崗岩類にアバットして発達している。中新統と基盤岩類との境界部付近には断層が発達し、基盤岩および下部中新統由来の角礫岩が発達する。本地域は、グリーンタフと基盤岩類との関係を明らかにし、奥羽脊梁山脈地域における初期～中期中新世の堆積盆地の発達様式を解明する上で適している。グリーンタフ地域の中新世における堆積盆地の発達様式に関して、従来二つの異なったモデルが提案されている。北村(1959, 1963)は初期～中期中新世において、グリーンタフ地域、とりわけ奥羽脊梁山脈地域は地向斜の中心部となっており、その中心部は時代が新らしくなるにつれて、しだいに西方へ移動したと結論した。FUJITA(1972)、藤田(1973)は隆起・陥没によって生じた直径10～20 kmの陥没盆地が基本的な構造単位で、奥羽脊梁山脈地域の中新世における堆積盆地はその集合体であると考えた。個々の陥没盆地の縁には、古い断層にそって陶汰不良の崖錐礫が発達し、部分的に不整合が認められるという規則性を指摘した。

筆者は、以前に宮城・山形県境の奥羽脊梁山脈地域を広い範囲に調査し、初期～中期中新世における堆積盆地の形状が、北西ないし北北西に傾動する基盤ブロックの運動によって規制されていることを明らかにした(天野, 1980)。その際、基盤ブロックの縁の調査が不充分であり、詳細は不明であった。今回、天野(1980)の調査地域

Fig. 1. Index map showing the area studied.

南方の宮城県関地域を調査し、基盤ブロックの縁の地質の詳細を明らかにできた。調査地域を第1図に示す。

一方、岩脈より求めた宮城・山形県境地域の中新世における古応力場は、初期～中期中新世において σ_{Hmin} が東西であり(天野, 1980)、この傾向は東北日本弧南部でも認められている(TAKEUCHI, 1980; 竹内, 1981; NAKAMURA & UYEDA, 1980)。本報文では、この応力場の復元の結果を考慮し、層位学的な検討を行って、初期～中期中新世の宮城・山形県境地域における堆積盆地は、東西引張の広域応力場のもとでの基盤ブロックの傾動によって形成されたことを明らかにするとともに、海水準の静的上昇の影響について述べる*。

本研究をすすめるにあたり、東北大学理学部地質学古生物学教室の北村 信教授には終始御指導いただいた。福島大学教育学部鈴木敬治教授には植物化石の鑑定をしていただいた。茨城大学教養部の高橋治之教授には原稿の一部を校閲いただき、御助言いただいた。また、鈴木洋・大山良彦両氏には野外調査に御協力いただいた。これらの方々に厚く感謝する。なお、本研究の一部に文部省科学研究費 no. 574317 を使用した。

地 質 概 説

地質図を第2図に、断面図を第3図に示す。

本地域の西部から北部にかけて、中新統の分布地をとり囲むように花崗岩類および片麻岩よりなる先第三系基盤岩類が分布する。基盤岩に一部では断層で接して、また他の場所ではアバットして新第三系が発達する。中新統は下位より二井宿峠層、板滑橋層、柏木山層、横川層および鳥川層に区分される。模式柱状図を第4図に示す。

二井宿峠層は変朽安山岩を主体とする。板滑橋層は熱水変質を受け緑色を呈する石英安山岩～流紋岩質火山礫凝灰岩および凝灰角礫岩を主体とした岩相であり、基盤岩および下位の二井宿峠層との境界付近には角礫岩が発達する。柏木山層は塊状の石英安山岩質火山礫凝灰岩・凝灰角礫岩よりなる。横川層は層理の発達が良好な泥質細粒凝灰岩・凝灰質シルト岩互層が主体である。横川層下部には玄武岩熔岩および凝灰角礫岩が挟在する。横川層中から多数の植物化石を産出する。鳥川層は白色塊状浮石質凝灰岩よりなり、下部には流紋岩質細粒凝灰岩が

* 本地域における中期中新世の海進は、西黒沢海進とはほぼ一致する。天野(1982b)は、東北日本各地の層序を検討して、西黒沢海進が海水準の静的上昇により引き起こされたと論じた。なお、東北日本の中期中新世における堆積盆地の発達に、海水準の静的上昇によって規制されているという点については、稿を改めて、詳しく論ずる予定である。

Fig. 3. Geological profiles of the Seki district, Miyagi Prefecture.

Age	Formation	Thickness
Quaternary	Zao - Volcanics	
Miocene	late	
	Yokokawa Formation	150 m
	Karasugawa Formation	100 m
	Kashiwagiya Formation	160 m
	middle	
	Itanabashi Formation	450 m
	early	
	Niijukutoge Formation	50 m
Pre-Tertiary	Granitic rocks and Gneiss	

Fig. 4. Generalized stratigraphic succession of the Seki district in Miyagi Prefecture.

挟在する。調査地域北東部では上述の中新統および基盤岩類を不整合におおって蔵王火山岩類が分布する。

地質構造としては、横川沿岸付近に軸部をもつ向斜構造があり、この向斜の軸部付近に上部中新統が主として発達する。

地質構造

本調査地域内に分布する板滑橋層の構造は、本層が主として塊状の火山碎屑岩よりなり、層理面の観察が不可能であるため、明確な把握が困難である。上部中新統（柏木山層・横川層・鳥川層）は横川から関をへて鳥川上流にかけて、東西の最大幅 4 km で NNE—SSW 方向に 8 km の地域に分布する。この分布から、NNE—SSW 方向の長軸を有する盆状構造が推定できる。この盆状構造の西縁は、板滑橋北東で認められる。ここでは、両翼の傾斜が約 70° の褶曲が発達している。なお、関南西方の盆状構造の西縁では、地層の傾斜が 74° と急になり、撓曲帯となっている可能性が高い。

褶曲構造は、上述の背斜の他に、横川部落東方に軸跡のトレンドがほぼ N—S から NNE—SSW の 1 背斜・1 向斜がある。向斜は東翼の傾斜が 20°～30° であるのに対して、西翼は 60° を示し、非対称型である。本向斜の南端は、走向がほぼ東西に近い断層によって切られ、地層の走向が断層運動の影響により、断層近傍ではほぼ東西になる。横川上流の背斜は、一部で 70° 前後の傾斜を示す所もあるが、全体としては両翼とも 20°～30°

の傾斜を示す。この背斜の軸部付近には、横川層下部の玄武岩熔岩・凝灰角礫岩が、内座層として分布する。五郎山西方に分布する横川層の構造は、軸跡がほぼ南北で、両翼の傾斜が $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ の向斜構造である。

新第三系との境界付近の基盤岩中に発達する断層以外で、本地域に発達する断層の主要なものは、烏川上流に発達する NNW—SSE 方向に走る 2 条の断層と、横川部落の南方から小深沢にかけて発達する、ほぼ E—W 走向の断層である。

基盤岩類と中新統とは、多くの場合、断層あるいはアバットの関係で接している。境界付近の基盤岩中には破碎帯の発達が顕著である。境界付近の中新統中に淘汰不良の礫岩が発達するのも特徴である。調査地域西部では、中新統が基盤岩上にオーバーラップして発達する。なお、基盤岩と中新統との関係については、別項で述べる。

層 序 各 説

〔先新第三系〕

本地域における先新第三系は、地域西端の稲子付近から地域北部にかけて広範囲に分布する。岩質は花崗閃緑岩および黒雲母片麻岩が主体である。花崗閃緑岩は岩相変化が著しく、かつカリ長石が少なく比較的有色鉱物に富み、葉状構造の発達が顕著である。また、黒雲母片麻岩の鏡下での観察では、主要構成鉱物は黒雲母と石英であり、カリ長石・斜長石は含まれていない。岩相および分布位置から、本岩類は阿武隈古期花崗閃緑岩類に属すものと考えられている(宮城県, 1970a)。

〔中新統〕

二井宿峠層(Niijukutoge Formation) 宮城県(1970a, b)の定義に従う。

(模式地) 宮城県七ヶ宿町湯ノ原西方二井宿峠から二井宿付近までの地域。分布の中心が本調査地域外であり、かつ調査地域内には露出が少ないので、従来の模式地を採用した。

(分布) 調査地域内においては、白石川支流小深沢上流に分布するほか、追分から二井宿峠付近に分布する。

(岩相) 小深沢上流に分布する本層は主として変朽安山岩からなるが、一部で変質した石英安山岩も認められる。調査地域西部の二井宿峠付近から模式地周辺においては、変朽安山岩、変質した石英安山岩および同質凝灰岩を主体とし、黒色頁岩・凝灰質砂岩の薄層が挟在する(宮城県, 1970b)。層厚は、地域内では 50 m 以下である。

(化石) 二井宿峠付近から、下記の軟体動物化石および植物化石が報告された(宮城県, 1970b)。 *Acila* sp., *Cancellaria* sp., *Cerithidea* sp., *Nuculana* sp., *Mizuhopecten kimurai*, *Phos* cf. *tokunagai*, *Teredo* sp., *Isurus* sp.

(下位層との関係) 基盤の花崗岩類および片麻岩を不整合におおうか、これにアバットする。

板滑橋層(Itanamebashi Formation) 宮城県(1970a, b)の七ヶ宿層にほぼ相当する地層に本層名を与えた。本層下部に発達する角礫岩が宮城県(1970a, b)の境沢部層の一部に相当し、角礫岩を除いた他の部分が板滑橋部層にほぼ相当するが、岩相の認識および分布に関して、本報文は宮城県(1970a, b)と意見を異にしている。つまり、宮城県(1970a, b)は峠田岳西方に分布する凝灰角礫岩および五郎山西方に分布する凝灰質シルト岩を境沢部層としているが、岩相および化石群集から判断して、前者は境沢部層に一括できるものではなく本報文の横川層に含められるべきものであり、後者も横川層とした方がより妥当である。また田中付近の凝灰質シルト岩を板滑橋部層としているが、これも岩相上本報文の横川層に相当する。また、宮城県(1970b)は板滑橋南方に分布する凝灰角礫岩を弥太郎山流紋岩類として、独立させているが、岩相上、本報文の板滑橋層と区別できない。したがって、本報文においては、新たに定義しなおして記載する。関の東方に広範囲に分布する緑色凝灰岩および角礫岩と、追見の東方に分布する緑色凝灰岩類に対して板滑橋層と命名した。

(模式地) 宮城県七ヶ宿町、板滑橋周辺の白石川沿岸。

(分布) 主として関の西方から田中付近にかけて調査地域中央部から南部に分布する。また、横川から烏川にかけての上部中新統分布地をへだてて追見東方にも分布する。分布面積は全調査地域のほぼ 1/5 に相当する。

(岩相) 主として石英安山岩質・流紋岩質の火山礫凝灰岩および凝灰角礫岩よりなる。硬質塊状で熱水変質を蒙り緑色を呈する。火山礫および火山角礫は石英安山岩・流紋岩が主体であるが、安山岩・花崗岩類の礫も含むことがある。凝灰角礫岩の基質中には直径 1~2 mm 大の石英および斜長石の結晶が顕著に認められる。斜長石の結晶は変質してアルバイト化している。本層上部には、層理の発達した細粒から中粒の酸性凝灰岩が挟在するが、量は火山礫凝灰岩・凝灰角礫岩に比較して少ない。関の南方においては、この凝灰岩は沸石化作用を蒙り周囲の岩石より硬質である。原の北方において、本層上部に石英安山岩質熔結凝灰岩が発達する。

本層中部から上部にかけて、流紋岩・安山岩・石英安山岩の小規模な熔岩が認められる。なお、峠田岳および五郎山を形成している流紋岩の産状は、一種の熔岩円頂丘であろうと思われる。

本層下部には特徴的な角礫岩が発達する。この角礫岩が顕著に認められる場所は、大深沢上流・滑津北方・境沢・茂々沢下流・稲子峠付近などで、いずれも板滑橋層と基盤岩類との境界付近である。礫種は主として花崗岩類と変朽安山岩であり、基質は石英安山岩質凝灰岩、あるいは花崗岩類および変朽安山岩起源の碎屑物である。礫径は、中礫サイズから 10 m 以上にまでわたり、淘汰不良である。角礫および亜角礫よりなる。宮城県(1970 a, b)はこの礫岩を七ヶ宿層中の境沢部層*とし、タービダイトであるとした。その唯一の根拠は、大物沢上流において、角礫岩の上位に級化層理を示す細礫岩層が発達することである。しかし、ここで根拠として指摘された細礫岩層は、より上位の凝灰質シルト岩(本報文の横川層)と一連のものであって、タービダイトとは考えられない。他の地域においては、礫岩をタービダイトとする根拠は示されていない。この礫岩は基盤岩の相対的上昇にともなって、基盤岩のなす斜面付近に発達した崖錐状の礫岩と考える方が自然である。

全体的に塊状であるため、正確な層厚の算定は困難であるが、分布より少なくとも 450 m と推定した。

(化石) 稲子北方の沢で海棲軟体動物の化石を採取したが、保存がわるく鑑定不能である。

(下位層との関係) 蛤山北方では二井宿峠層の変朽安山岩に直接接するが、調査地域北部では基盤岩類にアバットし、西部では基盤岩類を不整合におおう。

柏木山層(Kashiwagiya Formation) 関の北方横川沿岸に主として分布する弱変質を受けた酸性火山碎屑岩類に対して本層名を使用する。本層は、宮城県(1970 a, b)では本報文で横川層および烏川層としたものと共に一括して横川層として扱われているが、岩相上本層は他の 2 層と明瞭に区別できるので、柏木山層として新たに定義し、記載する。

(模式地) 宮城県七ヶ宿町柏木山牧場西方の横川下流域。

(分布) 横川下流域一帯から柏木山牧場にかけての地域一帯。

(岩相) 主として塊状の浮石質火山礫凝灰岩および凝灰角礫岩よりなる。火山礫および角礫の大部分は流紋岩

である。浮石は直径 1 cm 内外のものが多く、緑泥石化している。下位の板滑橋層に比較して、多孔質で軟質である。中部には、層理の発達した中粒砂岩と礫岩の互層および葉理の発達良好な細粒凝灰岩が挟在する。本層下部の塊状浮石質凝灰岩中には流紋岩の円礫よりなる礫岩層が挟在するが、この礫岩層は堆積直後のスランピングによって不規則な形状を呈する。

本層の層厚は約 160 m である。

(化石) 本層上部で鑑定不能の植物化石が産出する。

横川層(Yokokawa Formation) 横川から長老に至る地域の横川流域を中心に関北方まで分布する、層理のよく発達した酸性細粒凝灰岩および横川東方の横川沿岸に分布する、玄武岩・同質凝灰角礫岩に対して本層名を使用する。なお、玄武岩および同質凝灰角礫岩は地質図上で区別した。宮城県(1970a, b)の横川層の一部に相当する。宮城県(1970 a)は、玄武岩および同質凝灰角礫岩を、本報文の板滑橋層にほぼ相当する七ヶ宿層の一部として扱っているが、層序・岩相上からは、横川層の下部として取り扱う方が合理的である。

(模式地) 宮城県七ヶ宿町横川部落周辺および横川沿岸一帯。

(分布) 横川部落から長老にかけての横川流域一帯および関北方から蛤山南方にかけての地域に、下位の板滑橋層を不整合におおって分布する。五郎山西方の大物沢上流域一帯にも基盤の花崗岩類および板滑橋層を不整合におおって、層理の明瞭な細粒凝灰岩・凝灰質シルト岩が発達しており、これも横川層として扱う。田中周辺にも岩相上横川層と認識できる地層が分布する。本層分布地域は、なめらかな地形を呈しており、板滑橋層分布地域の急峻な地形と対照的である。

(岩相) 主として層理の明瞭な酸性細粒凝灰岩よりなる。下部には玄武岩および同質凝灰角礫岩が挟在する。模式地付近において、玄武岩類の上位の本層は、淡緑色を呈する浮石質凝灰岩および砂質凝灰岩を主体とし、細粒凝灰岩を挟有するが、上位に向かってしだいに細粒凝灰岩の割合が増加し、凝灰質シルト岩も挟在する。最上部には、スランプ構造が顕著に認められる。上部の凝灰質シルト岩中には亜炭の薄層が挟在する。

大物沢上流に分布する本層の基底部には、30~50 m の厚さの角礫岩層が発達する。礫径が 1 cm~4 m の角礫および亜角礫よりなり、淘汰は不良である。礫種は花崗閃緑岩・緑色凝灰角礫岩・緑色細粒凝灰岩などである。この緑色凝灰角礫岩および細粒凝灰岩は、下位の板滑橋層起源のものである。基質は灰緑色の石英安山岩質

* 宮城県(1970a, b)は、白石川の北方では礫岩部分のみを境沢部層とし、大物沢上流においては角礫岩の上位に発達する凝灰質シルト岩をも含めて境沢部層とした。

凝灰岩である。

次に本層下部の玄武岩および同質凝灰角礫岩* について記載する。模式地付近には、厚さが 5 m と 7 m の 2 枚の熔岩が認められる。鏡下の観察では、intersertal structure が明瞭に認められる。斑晶は主として斜長石で、pseudomorph として橄欖石が認められる。石基のガラスは緑泥石化している。玄武岩質凝灰角礫岩は塊状である。多くの角礫は直径 0.5~1 cm で、モザイク状に密集している。角礫間に基質はほとんど認められず、方解石に充填されている。まれに 5~10 cm 大の酸性細粒凝灰岩の角礫を含有する。

本層の層厚は 150 m 以上である。

(化石) 横川上流に分布する凝灰質シルト岩中より次の植物化石が報告されている(宮城県, 1970a)。 *Fagus palaeocrenata*, *Tilis* sp., *Betula* sp., *Carpinus* sp., *Ilex* sp., *Quercus protosalisina*, *Potamogeton* sp., *Stewartia* sp.

今回の調査で五郎山西方より第 1 表に示した植物化石を採取した。

(下位層との関係) 模式地から関の北方において、下位の板滑橋層を不整合におおう。関の西方では板滑橋層にアバットしている。調査地域西部においては、基盤岩にアバットしているか、基盤岩および板滑橋層を不整合におおう。柏木山層とは指交関係にある。烏川層との関係は不明。

烏川層 (Karasugawa Formation) 宮城県(1970a, b) によって、本報文の柏木山層・横川層と共に一括して横

Table 1. Plant fossils from the Yokokawa Formation. Localities are shown in the geological map (Fig. 2).

SPECIES	LOCALITY	1	2
<i>Acer ezoonum</i>	Oishi et Huzioka		*
<i>A. palaeodiaboliucum</i>	Endo	*	
<i>A. subpictum</i>	Saporta	*	
<i>A. sp.</i>		*	
<i>Alnus protohirsuta</i>	Endo	*	
<i>A. sp. (A. cf. firma Sieb. et Zucc.)</i>		*	
<i>Betula protoermanni</i>	Endo		*
<i>Diospyros miokaki</i>	Hu et Chaney		*
<i>Fagus oblongus</i>	Suzuki		**
<i>F. protojaponica</i>	Suzuki		*
<i>Fraxinus sp.</i>		*	
<i>Rhododendron sp.</i>		*	

** Abundant

* ここで述べる玄武岩・凝灰角礫岩は、横川流域にのみ発達している。これは、横川流域に露出する横川層の最下部をしめているが、横川層の最下位層準ではない。

川層とされていたが、本層は塊状の浮石質凝灰岩を主体としており、本報文の横川層・柏木山層とは岩相を明瞭に異にするので、烏川層として独立させて記載する。

(模式地) 宮城県七ヶ宿町烏川流域一帯。

(分布) 横川下流の右岸にわずかに分布するほか、大貫平を中心とした烏川流域一帯に分布する。

(岩相) 主として白色塊状浮石質凝灰岩よりなる。浮石の直径は 1~2 cm で発泡度は高い。石英の斑晶は少ない。塊状浮石質凝灰岩に比較して量は少ないが、火山礫凝灰岩および凝灰角礫岩も挟在する。中部には、流紋岩熔岩が認められる。

層厚は 100 m である。

(化石) 未発見。

(下位層との関係) 関北方において、柏木山層上部と本層下部とが指交関係にある。関南方において、板滑橋層を不整合におおう。

[蔵王火山岩類] (Zao Volcanics)

調査地域北東部に分布する火山岩類は、南蔵王火山群からの噴出物の一部である。宮城県(1970 a)によれば、本調査地域内に分布するものは南蔵王火山岩類第 3 期噴出物とされており、岩質は斜長石の大きな斑晶を含む橄欖石両輝石玄武岩を主体とし、一部がビジオン輝石両輝石玄武岩である。

周辺地域との対比

初期~中期中新世の奥羽脊梁山脈地域における堆積盆の発達様式の解明のためには、広範な周辺地域との対比が必要不可欠である。北日本表側地域のスタンダードとしては、現在までに地質学および古生物学的研究が最もよくなされている仙台付近を選ぶのが適当であると考え、まず仙台付近(地学団体研究会仙台支部, 1980)との対比をした。また、奥羽脊梁山脈地域に関しては、本調査地域の北方、宮城・山形県境地域において設定された時階(天野, 1980)と対比を行う。従来、奥羽脊梁山脈地域については、北村(1959)が秋田・岩手県境の焼石岳周辺の調査に基づいて設定した時階区分が使用されてきたが、本調査地域にそれを正確に適用することができない。ここでは、一応のめやすとして第 5 図に、天野(1980)の時階区分と対応させて示した。

本地域に分布する二井宿峠層は化石の産出が少なく、正確に仙台付近と対比することができない。岩相は変朽安山岩を主体としており、脊梁山脈地域での最下部中新統を代表する岩相と同一の岩相である。変朽安山岩によって代表される時階は、天野(1980)の四の沢時階、北村

Fig. 5. Correlation of the Miocene Series in Ou backbone ranges and Sendai area after Sendai branch of the association for the geological collaboration in Japan (1980) for the Sendai area, AMANO (1980) for the backbone ranges in Miyagi and Yamagata Prefectures and KITAMURA (1959) for the Yakeishidake area in the backbone ranges in Iwate and Akita Prefectures.

(1959)のⅠ地階であり、これは脊梁山脈全体を通じて、ほぼ同じ層準である。したがって、二井宿峠層は四の沢時階およびⅠ時階に対比できるものと考えられる。上位層との関係を考慮して、仙台付近の槻木層・高館層に対比する。

板滑橋層は、酸性～中性の火山碎屑岩類を主体とし、いわゆる典型的なグリーンタフの岩相を呈する。岩相によれば、宮城・山形県境脊梁山脈地域の奥新川一荒沢時階に対比でき、北村(1959)の II_L 時階に対比することができる。化石は、今回の調査では海棲軟体動物が1個体産出しただけで、対比には使えなかった。栗原(1982Ms)は、本地域の東方の白石川沿岸地域を調査し、板滑橋層の直上に重なる赤井煙層中より *Chlamys* (*Mimachlamys*)

kaneharai と *Apollon yabei* を中心とする軟体動物群を報告した。この動物群は仙台付近の茂庭層産の動物群に類似している。また、北村・福留(1979)は宮城県(1971)、河村(1969Ms)を参考に、赤井畑層を茂庭層に対比している。対比は、*Nanochlamys* sp., *Mizuhopecten* cf. *ugoesis* 等の岩礁性海域の堆積環境を指示する群集の産出および *Globorotalia fohsi barisanensis* の産出を根拠としている。また、宮城・山形県境の脊梁山脈地域の荒沢層上部からは *Siratoria siratoriensis*, *Anadara* cf. *ogurai*, *Dosinia* cf. *nomurai* 等が産出しており、茂庭層に対比できる(天野, 1980)。以上の事実により、板滑橋層の一部は仙台付近の茂庭層より下位であり、上部は茂庭層の一部に対比することが可能である。上限はどの層準まで発達している

かは不明である。

板滑橋層を不整合におおう柏木山層・横川層・烏川層は、いずれも陸成の酸性火山碎屑岩類および火山碎屑岩類起源の碎屑岩類を主体とする地層であり、岩相は天野(1980)の白沢時階の地層および地学団体研究会仙台支部(1980)の秋保層群の岩相に酷似する。横川層からは、第1表に示す植物化石*を産出するほか、模式地付近からは *Fagus oblongs* を中心とした植物群が産出している。これらは OKUTSU(1955)の根の白石植物群に類似している。以上の事実より、柏木山層・横川層・烏川層は上部中新統の秋保層群および白沢時階に対比できる。また北村(1959)のV時階に対比できるものと考えられる。

板滑橋層基底および横川層基底付近に発達する礫岩

東北日本の中新統中には、淘汰不良の角礫～亜角礫よりなる礫岩が各地で基盤岩に接して発達することが報告されており、グリーンタフ堆積盆の構成単位である陥没盆地を認識する際に、一つの手がかりとされてきた(FUJITA, 1972; 藤田, 1973)。本地域に発達する礫岩もこのような礫岩の一種と考えられる。

本地域において、淘汰不良の礫岩が発達する層準は2層準認められる。一つは板滑橋層基底部であり、他の一つは横川層基底部である。層序各説の板滑橋層・横川層の項で記載したように、この礫岩の礫種は近接する基盤岩起源のものが大部分であり**、淘汰不良で、角礫～亜角礫よりなることから、これら礫岩の大部分は、基盤の相対的上昇運動にともなって基盤ブロックの縁に堆積した崖錐礫と考えられる。そして、本調査地域の北部から西部にかけての基盤岩類の相対的な上昇運動は、初期中新世の二井宿峠層堆積直後と、後期中新世の横川層堆積直前の2回にあったことが推定できる。これら礫岩のうち、板滑橋層下部に発達するものの方が横川層中のものより規模が大きい。したがって、初期中新世における基盤岩の相対的上昇運動の方が主要な運動であったと考えられる。

FUJITA(1972)、藤田(1973)は、グリーンタフ地域に認められる崖錐礫は、局所的隆起—陥没—崖錐礫の堆積—火山活動—沈降・海進という一連の運動にともなって形成されたもので、直径 10～20 km の円形ないしは多角形の陥没盆地の縁に発達すると考えた。そして、FUJITA

(1972)は、宮城・山形県境地域に直径 20 km 前後の多角形の堆積盆地を想定している。しかし、天野(1980)および今回の調査結果からみて、宮城・山形県境地域には、多角形ないしは円形の堆積盆地の存在は考えられない。本報文は、関地域で認められる崖錐状の礫岩は、次項で述べるように、北西に傾動する基盤ブロックの縁に発達したものであるとの見解をとっており、FUJITA(1972)、藤田(1973)とは、この礫岩に対する構造地質学的解釈が異なっている。また、FUJITA(1972)、藤田(1973)が指摘している礫岩のうちのあるものは、カルデラないしコールドロン縁に発達した礫岩である可能性が強く、今後検討しなおす必要がある。

宮城・山形県境奥羽脊梁山脈地域の中期中新世における堆積盆

本項において、中期中新世における宮城・山形県境奥羽脊梁山脈地域の堆積盆地が、基盤ブロックの北西方向への傾動運動によって規制されていたこと、また、中期中新世での海水準の上昇が堆積盆地の発達に与える影響が大きかったことを述べる。そして、中期中新世における基盤ブロックの傾動運動と復元された広域古応力場との関係を論ずる。

(a) 層位学的資料より求められた基盤ブロックの傾動運動

第6図に関地域北方の奥羽脊梁山脈の構造を天野(1980)に基づいて示す。この地域の主要な構造は逆“く”の字型に曲がり、北西方向にプランジした複背斜構造である。地域の東部および南部は、それぞれ作並断層(天野, 1980)、山形断層(藤原, 1967)によってかざられる。

基盤岩類は、主として地域南部に分布する。新第三系の層序の特徴をまとめると、地域中央部の関山峠付近から北西部尾花沢盆地周辺にかけては、主として海成の中部中新統から鮮新統までが連続的に発達し、層厚は南部に分布する中新統より厚い。地域南部の関山峠以南青根までの地域には、主に海成の下部中新統～中部中新統が発達するが、基盤岩に近い場所では、部分的に陸成層が発達する。たとえば、青根西方で下部中新統中にピソライト(山田, 1972)とともに亜炭層が認められる。また、青根北方では、中部中新統中に熔結凝灰岩が挟在する。関地域以北の宮城・山形県境奥羽脊梁山脈地域には、関地域で顕著に認められる淘汰不良の礫岩は発達しない。

以上の事実、本報文で記載した関地域の層序の特徴を考慮し、復元した中期中新世における宮城・山形県境奥羽脊梁山脈地域の堆積盆の様子を第7図に、第7図中

* 第1表の植物群は台島階・西黒沢階の植物群よりは新しく、藤峠階の植物群よりは古い。秋保層群から産出する植物群は、いくつかの層準にわたる可能性があるため、今後の検討が必要である(鈴木敬治私信)。

** 横川層基底部の礫岩中には、板滑橋層起源の礫も含まれる。

の堆積盆地内の各地域(A, B, C, D)の模式的な柱状図を第8図に示す。ブロック運動が起き、北西に深度を増す堆積盆が形成された時、第7図のD地域では、北側の基盤岩が急激に上昇し、基盤岩に近い所に崖錐状の礫岩が発達した。柱状図Dにあらわしたように、崖錐状礫岩は、中部中新統中に大量に含まれており、基盤ブロックの傾動運動が中期中新世に主として起ったことを強く示唆する。なお、関地域の沈降量は、堆積物の厚さから推定して、北方の堆積盆地北西部(第7図のA地域)に比較して小さかったと考えられる。柱状図Aに示す中部中新

統の層序の特徴は、基盤ブロックが北西方向に傾動し、堆積盆が北西部で最も深かったという考えを支持する。また、この傾動運動のため、堆積盆の南東部(第7図のC地域)では、基盤岩が北西部にくらべ高まっており、一部は陸上となっていたと予想されるが、これは、柱状図Cに示すように、中新統が薄く、一部に熔結凝灰岩が発達することと矛盾しない。柱状図Bは、第7図中に破線の矢印で示した範囲を代表するものであるが、柱状図AとCに示された層序の中間的な特徴をもつ。つまり、層厚はAとあまり差がないが、中部中新統の一部に熔結

Fig. 7. Block diagram showing the tilting block movement in Ou backbone ranges in Miyagi and Yamagata Prefectures in Middle Miocene.

A, B, C and D indicate the localities of the stratigraphic successions shown in Fig. 8. Arrows show relative movements of the blocks.

凝灰岩が発達する。この特徴も、柱状図Bの位置が、柱状図Aよりも堆積盆の縁寄りであることを考えると、北西への基盤の傾動運動によって堆積盆が形成されたという考えと調和的である。

なお、第7図には、後期中新世に奥羽脊梁山脈東西両翼付近に形成されたカルデラも記入した。

(b) 中期中新世における海水準の上昇の影響

VAIL & HARDENBOL(1979)は、安定大陸周辺の陸棚堆積物の解析結果にもとづいて、初期中新世 Burdigalianの初期に海水準が上昇しはじめ、Blow(1969)の化石帯のN12~N13付近で最大のピークに達し、後期中新世に急激に低下するというサイクルの存在を指摘した。また、WILLIAM & RICHARD(1981)は、アフリカ大陸南部の海岸付近に発達する海成中新統が分布する場所の標高から、中新世の最大海進時における古海水準が現在の海水準より約300m高かったと考えた。

東北日本に発達する海成中新統の層序から復元された中期中新世における海進(いわゆる西黒沢海進)が、この海水準の静的上昇と密接に関係していることは、すでに天野(1981)、AMANO(1981)および天野(1982a, b)が指摘

した。

第7図に示したブロックの傾動運動に、中期中新世における海水準の上昇を考えあわせると、第8図に示した柱状図は矛盾なく説明することができる。すなわち、中期中新世において傾動ブロックの北西部で沈下を続けている地域では、海水準の上昇の影響が直接的、相乗的に表われており、傾動ブロックの南東端で上昇した地域は、海水準の上昇による影響が少ないといえる。

関地域は、ブロックの縁に相当しており、北側のブロックの上昇運動の影響を受け、海水準上昇の影響は比較的小さかったと考えられる。しかし、関地域の東方の白石川沿岸地域には、基盤の上昇の影響がおよんでおらず、赤井畑層*のような海成層が、海水準の上昇とほぼ同時に発達しはじめる(栗原, 1982 Ms; 北村・福留, 1979)。

(c) 広域応力場と堆積盆地の発達様式

(a)で、宮城・山形県境奥羽脊梁山脈地域の中新世における堆積盆が、基盤ブロックの傾動運動によって大き

* 赤井畑層は、仙台付近の茂庭層に対比され、茂庭層上部は尾田・酒井(1977)によれば、Blow(1969)のN8に相当する。

Fig. 8. Schematic stratigraphic successions at the localities A, B, C and D in Fig. 7.

1. granitic rocks, 2. propylite lava and tuff breccia, 3. dacitic to rhyolitic pyroclastics,
4. marine siltstone, 5. marine sandstone, 6. acidic pyroclastics in Late Miocene, 7. welded tuff, 8. poorly sorted breccia, 9. marine Molluscan fossils, 10. plant fossils.

く規制されていることを述べたが、本節では、この基盤ブロックの傾動運動の背景をなす中期中新世における広域古応力場との関係について述べる。

中期中新世における東北日本内側地域の古応力場の復元は、竹内ほか(1979), 大槻・天野(1979), TAKEUCHI (1980), NAKAMURA & UYEDA(1980), 天野(1980), 佐藤ほか(1982), 桑原(1982)等によって試みられている。桑原(1982)以外は、主として岩脈の走向の卓越方向より、中期中新世において東北日本内側地域は、 σ_{Hmax} がほぼ南北あるいは σ_{Hmin} がほぼ東西であるとしている。桑原(1982)は、断層解析の結果から、 σ_1 がほぼ垂直で、 σ_2 がほぼ南北、 σ_3 がほぼ東西という結論を出している。以上の結論をまとめると、中期中新世における奥羽脊梁山脈地域は、東西引張応力場にあったと考えられる。

引張応力場でのテクトニクスに関しては、Basin and Range 地域で詳細な研究が行なわれている。EATON (1980), STEWART(1980), ZOBACK *et al.* (1980)は、Basin and Range 地域の広域応力場が、東西引張であ

って、テクトニクスとしてはブロック運動が主体であるとしている。中期中新世の脊梁山脈地域における引張応力場での傾動地塊運動という現象は、ブロックの規模・運動様式において、Basin and Range 地域で明らかにされた現象とたいへん類似している。

引張応力場での基盤ブロックの傾動運動について、Basin and Range 地域の地下構造を参考にして地下深部の構造を想定し考察する。第9図は、地下約 30 km の深さまでの構造を想定して描いた中期中新世における、ほぼ東西方向の断面図である。脊梁山脈における基盤ブロックの東西両縁を画す断層が地下深部で第9図に示したような listric fault であれば、引張応力下では基盤ブロックは西方に傾動するであろう。第9図の断層 a は作並断層付近に、断層 b は山形断層付近に想定した*。断層 a および b をそれぞれ作並断層付近、山形断層付近に想定した根拠は、この二つの断層が、それぞれ、その両側に発達する中部中新統の層厚・岩相の急変する場所

* 現在地表で観察できる作並断層・山形断層は、中期中新世に形成された断層帯の一部が、後期中新世以降に再活動したものであろう。

Fig. 9. Schematic cross section showing the block faulting of the basement rocks in E-W tensional stress field in Middle Miocene. Arrows named **TS** indicate the tensional stress direction. Shaded parts represent Lower to Middle Miocene sediments.

a, b, c. listric faults, A. catchment area of Kitakami river, B. Ou backbone ranges, C. intermountain basins, D. Dewa hilly land.

に位置することである。ただし、山形断層では、断層のすぐ近傍で層厚・岩相の変化は、第四系におおわれているため明瞭に把握できない。しかし、山形盆地の西縁の中部中新統の層厚・岩相は、山形断層の東方のそれとは異なっている。したがって、基盤ブロックの西縁を画す主要な断層の位置は、山形断層の位置より西方であったかもしれない。第9図では、これを断層cとした。

基盤ブロックの縁を画す listric fault の傾斜が南北方向のどこでも同じで、一様な東西引張応力場が存在する場合、基盤ブロックが北西方向に傾動する必然性はない。しかし、ブロックの西縁を画す断層(c)の傾斜が、北部で急で、南部で緩傾斜である場合には、一様な東西引張応力場においても、ブロックの北西方向への傾動は起こりうる。

ここで示した解釈は、いくつかの仮定の上に組み立てた試論であり、今後、地下深部の構造に関するデータの集積によって検討されなければならない。

ま と め

(1) 宮城県関地域に発達する中新統を、二井宿峠層・板滑橋層・柏木山層・横川層・烏川層に区分した。二井宿峠層は主として変朽安山岩よりなる。板滑橋層は、熱水変質を蒙った酸性火山碎屑岩類よりなり、大部分は海成層であるが、一部に陸成層が発達する。柏木山層・横川層・烏川層は、陸成の酸性火山碎屑岩類を主体とする地層である。

(2) 基盤岩類に近接して発達する板滑橋層の基底付近および、横川層の基底付近に、下位層および基盤岩類起源の角礫～亜角礫よりなる淘汰不良の礫岩が発達する。特に、板滑橋層中の礫岩の発達は顕著であり、中期中新世における、基盤の相対的上昇を示唆するものである。

(3) 本調査地域北方の宮城・山形県境奥羽脊梁山脈地域の層序と、関地域の層序を総合した結果、南北約

70 km、東西約 40 km の基盤ブロックの北西方向への傾動運動が認識された。この傾動運動の最も活発であった時期は、中期中新世の初期であった。

(4) 中期中新世における、宮城・山形県境地域の堆積盆地の発達には、上述の北西へ傾動する基盤ブロックの運動と海水準の静的上昇によって規制されていた。

(5) 中期中新世の基盤ブロックの傾動運動は、東西引張という広域応力場のもとで行なわれたであろう。

文 献

- 天野一男, 1980: 奥羽脊梁山脈宮城・山形県境地域の地質学的研究. 東北大地質古生物邦報, **81**, 1—56.
- , 1981: 東北日本の中新統層序と海水準静的変化—奥羽脊梁山脈・出羽丘陵地域を中心として—. 日本地質学会第 88 年学術大会講演要旨, 108.
- AMANO, K., 1981: The stratigraphy of Miocene Series in Northeast Honshu, Japan and eustatic sea-level changes. *Proc. of IGCP-114 Internat. Workshop on Pacific Neogene Biostratigraphy*, 109.
- 天野一男, 1982 a: 東北日本の新第三系層位学の諸問題. 構造地質研究会誌, **27**, 3—18.
- , 1982 b: “西黒沢海進”と海水準の静的変化. 日本地質学会第 89 年学術大会討論会資料「西黒沢期に関する諸問題」, 3—8.
- BLOW, W. H., 1969: Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In BRONNIMAN, P., and RENZ, H. H. ed.: *Proc. 1st Internat. Conf. Planktonic Microfossils*, E. J. BRILL, Leiden, **1**, 199—421.
- 地学団体研究会 仙台支部, 1980: 新編 仙台の地学. 178 p., きた出版, 仙台.
- EATON, G. P., 1980: Geophysical and geological characteristics of the crust of the Basin and Range Province. In BURCHFIELD, B. C., SILVER, L. T. and OLIVER, J. E. ed.: *Continental Tectonics*, 96—113, National Research Council Studies in Geophysics, Washington, D. C.
- FUJITA, Y., 1972: The law of generation and development of the green tuff orogenesis. *Pacific Geology*,

- 5, 89—116.
- 藤田至則, 1973: 日本列島の成立. 257 p., 築地書館, 東京.
- 藤原健蔵, 1967: 山形盆地の地形発達. 地理学評論, **40**, 523—542.
- 河村彰夫, 1969 Ms: 白石市南部の地質に就いて. 東北大地質古生物卒論.
- 北村 信, 1959: 東北地方における第三紀造山運動について——奥羽脊梁山脈を中心として——. 東北大地質古生物邦報, **49**, 1—98.
- , 1963: グリーンタフ地域における第三紀造山運動. 化石, **5**, 123—136.
- ・福留高明, 1979: 宮城県小原・鎌先温泉地域の地質. 温泉源賦存状況調査報告書 (小原温泉・鎌先温泉), 50—64, 宮城県.
- 栗原秀平, 1982 Ms: 宮城県白石市周辺の新第三系の地質. 茨城大地球科学卒論.
- 桑原 徹, 1982: 東北日本弧外側地域の東西性～北西～南東性水平圧縮場を示す中新世横ずれ断層系——東北日本弧の中新世断層系とテクトニック応力場——. 構造地質研究会誌, **27**, 33—54.
- 宮城県, 1970 a: 上の山地域 5 万分の 1 地質図及び同説明書, 10 p.
- , 1970 b: 関地域 5 万分の 1 地質図及び同説明書, 7 p.
- , 1971: 桑折地域 5 万分の 1 地質図及び同説明書, 12 p.
- NAKAMURA, K. and UYEDA, S., 1980: Stress gradient in arc-back arc regions and plate subduction. *Jour. Geophys. Res.*, **85**, 6419—6428.
- 尾田太良・酒井豊三郎, 1977: 旗立層中下部の微化石層位——有孔虫・放散虫——. 藤岡一男教授退官記念論文集, 441—456.
- OKUTSU, H., 1955: On the stratigraphy and paleobotany of the Cenozoic plant beds of the Sendai area. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.)*, **26**, 1—114.
- 大槻憲四郎・天野一男, 1979: 東北日本における島弧変動と応力場に関する一考察. 総研〔島弧変動〕研究報告, **1**, 59—62.
- 佐藤比呂志・大槻憲四郎・天野一男, 1982: 東北日本における新生代応力場変遷. 構造地質研究会誌, **27**, 55—79.
- STEWART, J. H., 1980: Regional tilt patterns of late Cenozoic basin-range fault blocks, western United States. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **91**, 460—464.
- TAKEUCHI, A., 1980: Tertiary stress field and tectonic development of the southern part of the northeast Honshu arc, Japan. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, **23**, 1—64.
- 竹内 章, 1981: 広域応力場の変遷と堆積盆のテクトニクス. 地質雑, **87**, 737—751.
- ・中村一明・小林洋二・堀 清彦, 1979: 岩脈群からみた本州中部の新生代応力場——古応力学序説——. 月刊地球, **1**, 447—452.
- VAIL, P. R. and HARDENBOL, J., 1979: Sea-level changes during the Tertiary. *Oceanus*, **22**, 71—79.
- WILLIAM, G. S. and RICHARD, V. D., 1981: Tertiary sea-level movements around southern Africa. *Jour. Geol.*, **89**, 83—96.
- 山田栄三, 1972: 宮城県峨々周辺の地質について. 岩井淳一教授記念論集, 367—375.
- ZOBACK, M. L., ANDERSON, R. E. and THOMPSON, G. A., 1981: Cainozoic evolution of the state of stress and style of tectonism of the Basin and Range Province of the western United States. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **A300**, 407—434.