

1. 東北日本の断裂構造

—とくにグリーン・タフ地域について—

地震研究所 村井 勇

(昭和48年1月20日受理)

1. まえがき

糸魚川一静岡線によって西南日本から切断される東北日本は、新第三紀以降の堆積岩や火山岩の分布が広く、主として先新第三紀の岩石よりも西南日本とは著しく異なる地質構造上の特徴をもっている。東北日本においては、先新第三紀の基盤岩類は新第三系および第四系におおわれ、その間に島状に点在して分布しているにすぎない。日本列島の基本的な構造は古第三紀までの地殻変動によってほとんど形作られたものであり、西南日本は古期岩類よりも頗る著しい帶状構造を示す。これにたいして東北日本は、その後に起こった新しい変動の舞台となり、新第三系が広く発達した。この新しい変動は本州弧と七島一マリアナ弧の会合するフォッサ・マグナ地帯と東北地方を中心にして起こり、現在の日本列島を作りあげていったもので、現在の地殻変動に直接つながる変動である。この変動によって作られた東北日本の新第三系の構造は、基盤岩類の古い構造の骨組の上に新たに組み上げられたものであり、新旧両構造の相互作用の所産と見ることができるが、同時にそこに現在の地殻変動に直接関連する諸特徴を見いだすことができる。

2. 断層系の発達状態

東北日本においては、断裂構造の発達状態が西南日本と著しく異なっている。20万分1程度の縮尺の地質図に記載される断層系を編纂して、その発達状態を示すと第1図のようになる (MURAI, 1966)。また褶曲軸の分布は第2図の通りである。盛岡一白河線によって限られる西側のグリーン・タフ地域と東側の基盤岩地域とでは、断層系の発達の様相が多少異なっているが、N-S性およびNW-SE性の2系統の断層系の発達がとくに著しいことが一見して認められる。基盤岩地域では NW-SE および NNW-SSE の2方向の主要構造線の発達が著しく、WNW-ESE, ENE-WSEなどの方向の断層がこれに付随している。グリーン・タフ地域では、これら基盤岩中の構造線の影響が明らかに認められるほか、第三系の褶曲構造と関連して、N-S方向の断層が発達し、これに NW-SE, NE-SW 方向の断層が付随する。東北地方北部の公刊された5万分1地質図につき記入された断層の方向を集計して示すと第3図のようになる。これによれば N-S ないし NNE-SSW 方向が最も著しく、NE-SW, NW-SE 方向がこれにつぎ、E-W 系は最も少い。

グリーン・タフ地域を中心とする東北日本の第三系は上述のようないくつかの系統の構造の交叉する格子状構造を示すが、これについては既に多くの研究がある。大森昌衛

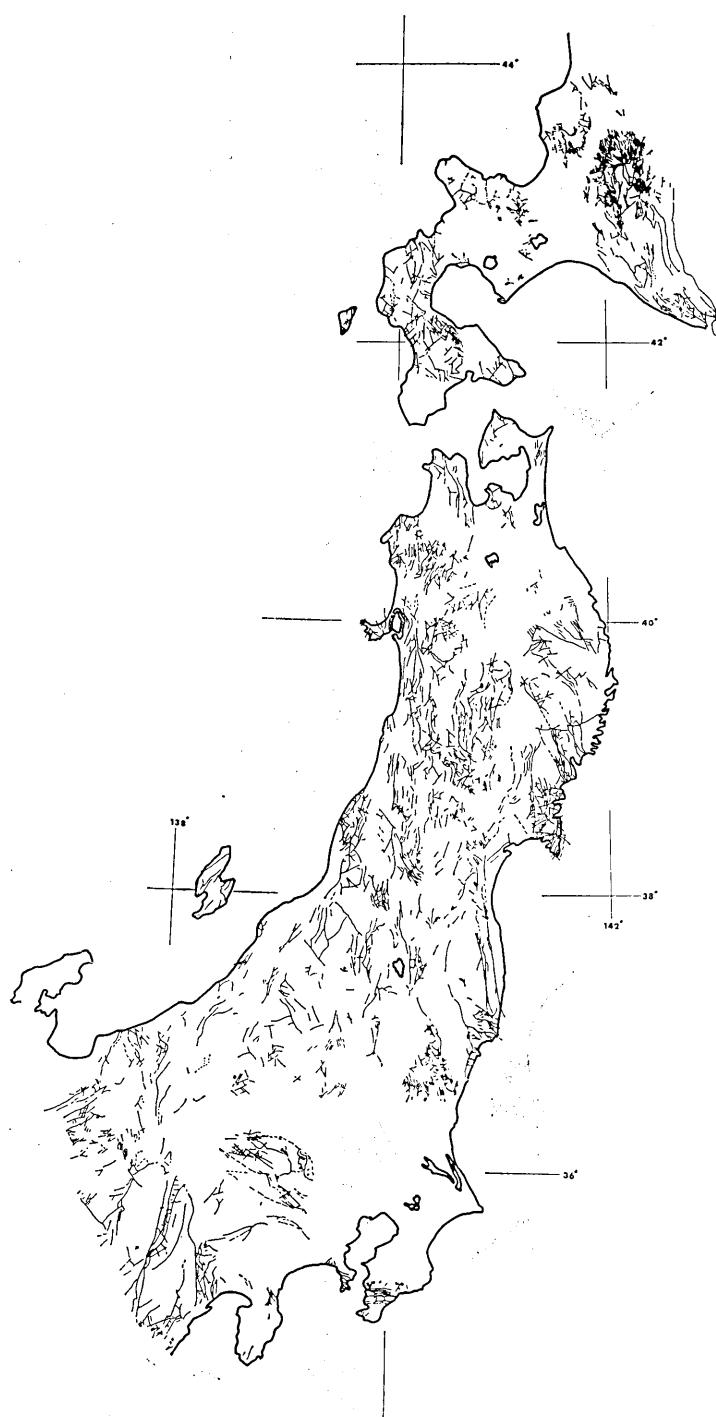


Fig. 1. Map showing the distribution of faults developed in the Northeast Japan. (After Murai, 1966; partly modified.)

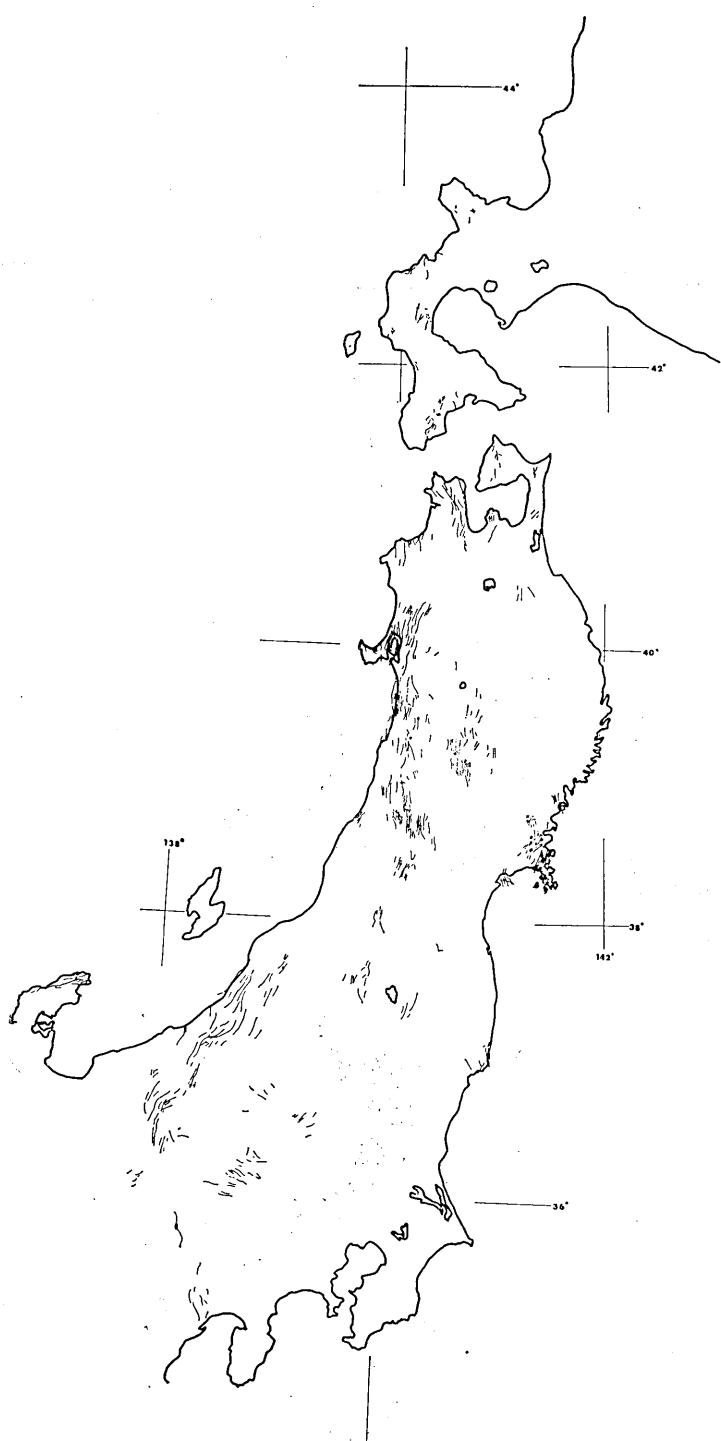


Fig. 2. Map showing the distribution of fold axes developed in the North-east Japan.

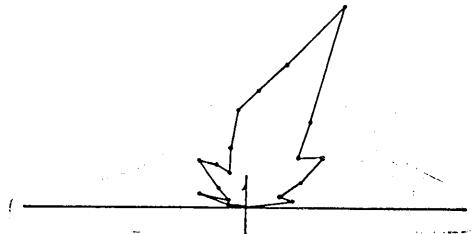


Fig. 3. Diagram showing the preferred direction of strikes of faults developed in the northern part of Tohoku Region. Rose diagram of 259 faults on the geological sheets, scale 1:50,000, published from the Geological Survey of Japan.

(1954) は NW—SE 性の構造方向に注目して、石巻—鳥海山構造帯を命名し、この系統の断層によって南北方向の構造が切られて、“斜めにしたあみだくじ状の構造”を示すものとして、東北地方の第三系の構造を説明した。藤岡一男 (1858, 1963) は、グリーン・タフ地域の主要構造に島弧の方向とこれに交わる方向の 2 方向があり、基盤地塊の運動、火成活動、沈降帯の形成および造構運動などのすべてがこの 2 方向の構造によって終始支配されてきたとした。生出慶司・

大沼晃明 (1960) の松島一本荘帯、TAGUCHI, K. (1962) の本荘—仙台構造帯は、南北方向のグリーン・タフ地向斜内を横断する顕著な NW—SE 性の構造方向であり、TAGUCHI は東北日本内帯の新第三系の堆積および構造形成が、その 2 方向に大きく支配されたことを指摘している。北村信 (1963) は、グリーン・タフ地域の基盤岩類の分布と新第三系の構造とから、NW—SE 性の基盤構造が伏在していることを推定し、これらの基盤断裂構造に沿う基盤地塊の傾動運動が新第三系の堆積相の変化、層厚の変化および堆積盆地の分化を規制してきたことを指摘した。北村は新第三系の構造発達に関する構造方向として NNW—SSE 構造方向（入内—焼石岳構造線、棚倉破碎帶に相当する大井沢—上戸構造線、小口—会津若松構造線）、NW—SE 構造方向（尾太—盛岡構造線、本荘—仙台構造線、西川—宝沢構造線）、および N—S 構造方向（盛岡—白河構造線）の 3 つの構造方向を整理した。藤田至則ほか (1966) は、東北地方の背後地域においては、グリーン・タフを噴出させた主要断裂方向は主として NNE—SSW 方向であり、NW—SE 方向の構造はこれよりあととのものと考えた。このような東北地方の第三系の基本構造について、その構造地質学的意義を更に明確にしていくことが今後の問題と考えられる。

3. 鉱脈の方向性

断裂構造のうち岩脈や鉱脈は、断層とは構造的性格が異なるが、地質図幅調査や鉱山地質調査などの資料が多く公表されており、褶曲構造や断層系の発達状態と併せて考案した場合、造構運動の機構を解明する上で手がかりをうることができる。大沢穂 (1965) は秋田地方の鉱床の分布をまとめ、鉱脈型鉱床（門前階から船川階までの岩層中にあり、西黒沢階後期から船川階までに形成されたと考えられている）の走向方向が一定性を示し、そのほとんどが $N\ 40^{\circ}\sim90^{\circ}\ E$ であることを指摘している。これは N—S 方向の褶曲軸の方向および NW—SE 方向の基盤構造の方向に直角もしくは高角度をなしており、断層系の方向と著しく異っている。これらの鉱脈型鉱床は全体として見ると NW—SE の方向に群をなして分布し、第三紀花崗岩類およびそれに伴う火成岩類の侵入帯と一致するという。平山次郎ほか (1961) は、北秋田地方から西津軽地方にかけての地域の構造について、N—S 方向と NW—SE 方向の軸をもつ褶曲の組み合せからなることを明らかにし、この

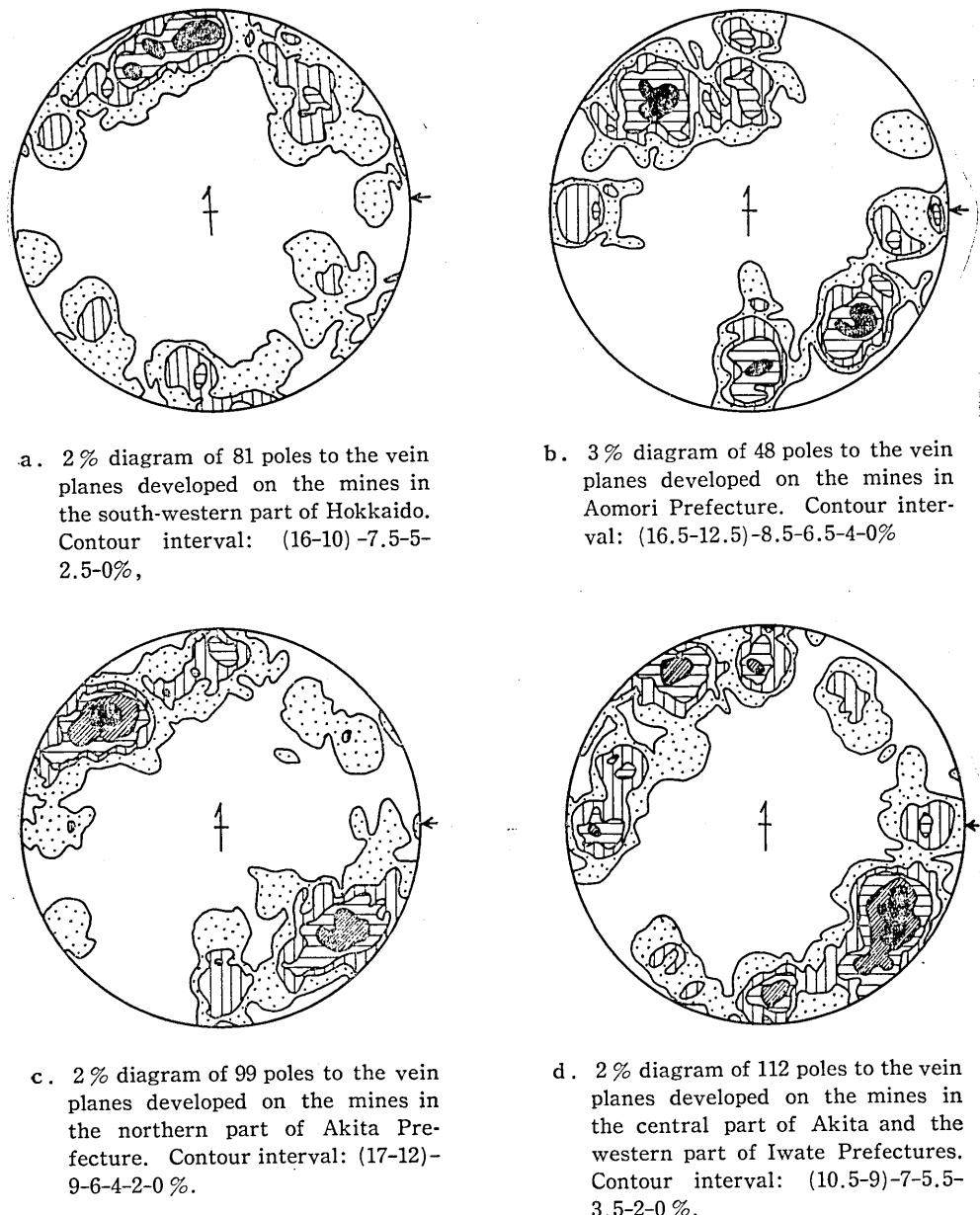


Fig. 4. Diagrams showing the preferred orientation of veins developed in the Green Tuff region of the North-East Japan.

2方向の隆起帯の交差部に金属鉱床が集中していることを示した。伊藤昌介(1951)は、細倉、太良、葡萄などの代表的な鉱脈型鉱床について、その形成機構を考察し、いずれもE-N方向の圧縮力によって生じた剪断性、張力性われめとして解釈されたとした。さら

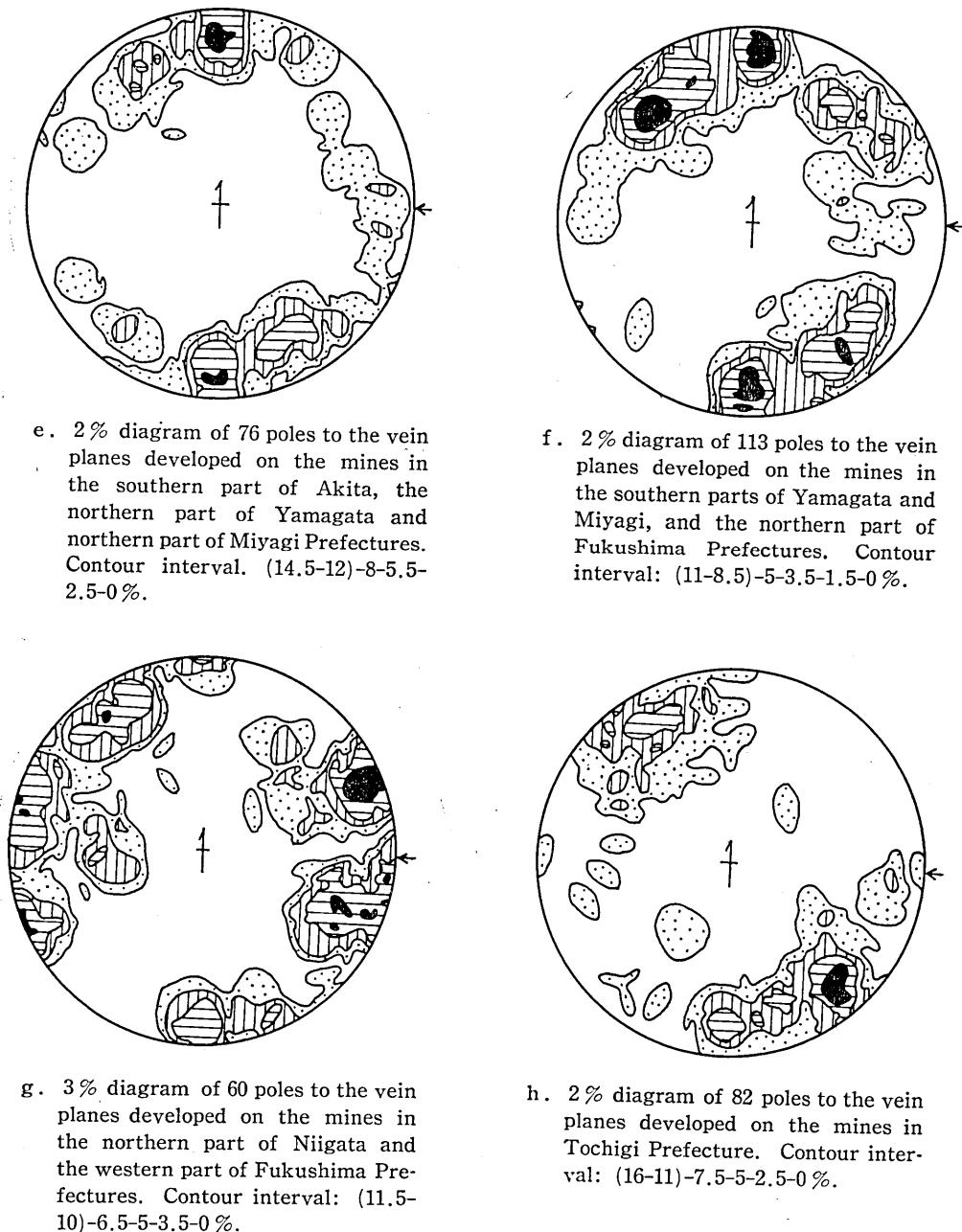
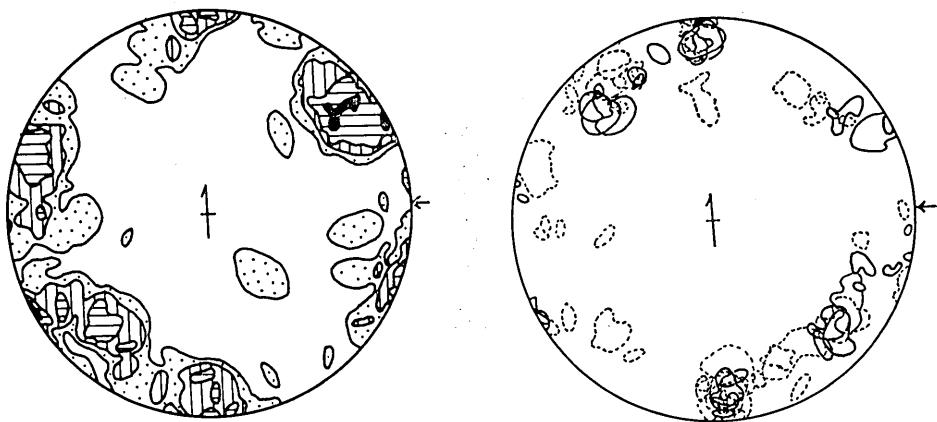


Fig. 4.

に東北日本のグリーン・タフ地域における鉱脈型鉱山 225 の鉱脈の走向をまとめ、E-W 系 46%，N45°E 系 26%，N-S 系 20%，N45°N 系 8%であるとし、最も多く見られる E-W 系は張力性われめであり、N45°E 系、N45°W 系は剪断性のわれめで、い



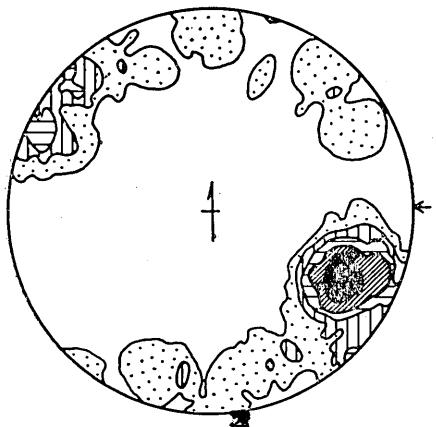
i. 3% diagram of 46 poles to the vein planes developed on the mines in Gunma, in the southern part of Niigata northern part of Nagano Prefectures. Contour interval: (17.5-13)-8.5-6.5-4.5-0 %.

j. Collective diagram of a-i, indicating the areas of maximum and sub-maximum concentration.

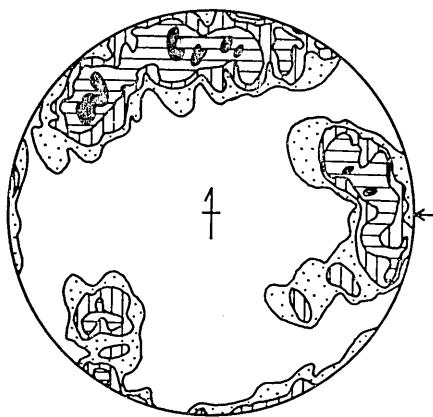
Fig. 4.

ずれも E-W 方向の圧縮力によって形成されたものと解釈されると述べている。清水肇・渡辺操 (1964) は、尾去沢鉱山の鉱脈型鉱床について NE-SW 系、E-W 系の 2 系統のあることを示し、中新世火成活動の際に ENE-WSW 方向の圧縮力が作用して形成されたとしている。

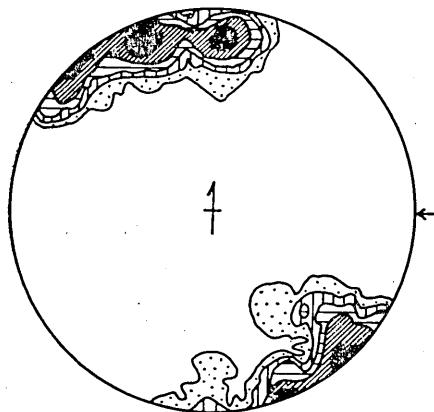
上述のように東北日本のグリーン・タフ地域に発達する多数の鉱脈は、第三系の褶曲・断層構造および基盤構造と密接な関係をもって発達し、ほぼ E-W 方向の圧縮力の作用のもとで形成されたと解釈されているが、この点について既存の資料に基づいて再検討を行ってみたい。既存の資料（日本鉱産誌 IIa. IIb. 1955, 56; 鉱床と地質構造 (1)～(3), 1952, 55, 58; 日本の鉱床総覧下巻, 1968 など）によって、東北日本の各地域につき個々の鉱山の鉱脈の代表的な方位をとって整理すると第 4 図のようになる。伊藤 (1951) の統計とほぼ同様であるが、NE-SE 系が最も多く、E-W 系がこれにつぎ、NW-SE 系は少く、N-S 系は最も少ない。これらの図型は、各鉱山につき 1 個ないし数個の代表的方位をとって作られたものであるので、実際の方位の集中性よりむしろ低められて表現されていると見なければならない。伊藤 (1951) や清水・渡辺 (1964) の示した細倉、太良、葡萄、尾去沢などの例について見ても明らかのようにいざれも NW-SE 系、E-W 系の鉱脈の発達がきわめて顕著である。既存の資料（草薙, 1957; 斎藤・大沢, 1956; 柏木ほか, 1971 など）により、一鉱山についての鉱脈の方位性をまとめた例を第 5 図に示すが、その集中模様は、第 4 図に見られる傾向とほぼ同様である。東北日本のグリーン・タフ地域全域にわたって、一様の傾向を認めることができるのは注目すべきことである。ただし新潟地方、福島県北部や関東北西部では多少異なった傾向が認められ、NE-SW 系の鉱脈の発達が見られるが、この変化は、あるいはこれらの地域において第三系の褶曲軸が



a. 3% diagram of 50 poles to the vein planes developed at Ani Mine in Akita Prefecture. Contour interval: (26-20)-16-12-8-4-0%.



b. 3% diagram of 46 poles to the vein planes developed at Hosokura Mine in Miyagi Prefecture. Contour interval: (13)-8.5-6.5-4.5-0%.

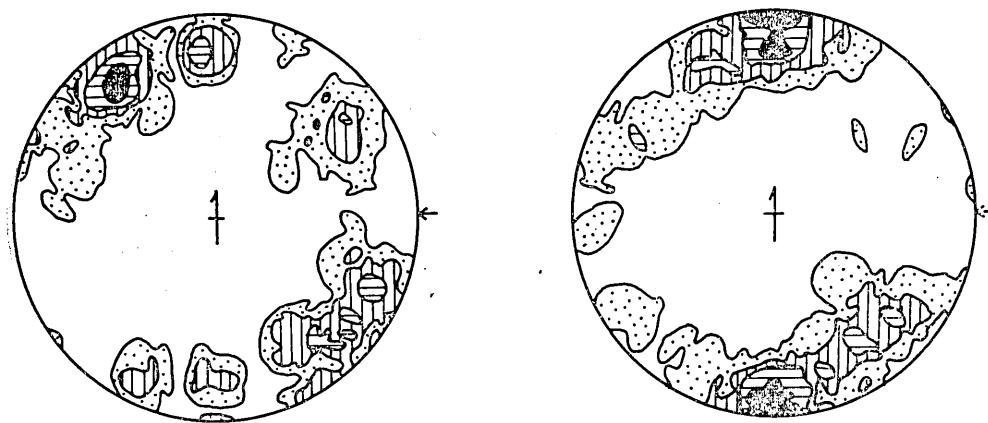


c. 2% diagram of 84 poles to the vein planes developed at Ashio Mine in Tochigi Prefecture. Contour interval: (26-18)-12-7-3.5-2.5-0%.

Fig. 5. Diagrams showing the examples of the preferred orientation of veins developed in a single mining area.

N-S 方向より NE-SW 方向へ変化することと対応するものとも考えられる。

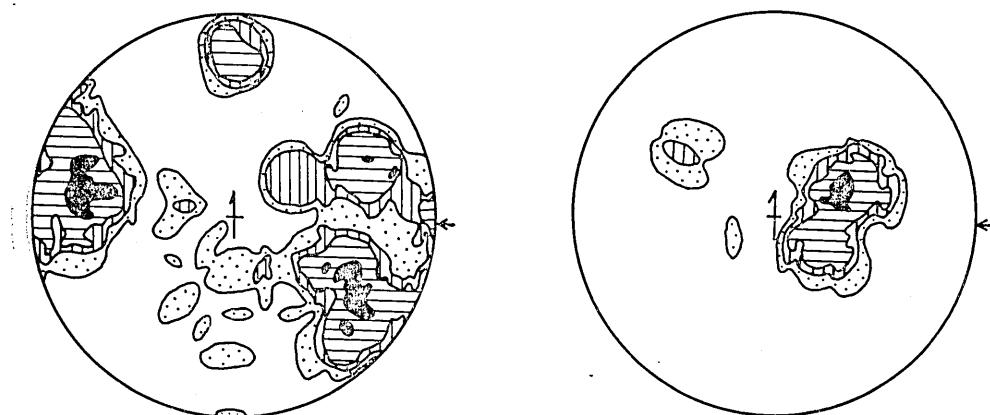
これらの鉱脈の形成機構は、それぞれの場合によって異なり、一概に論ずることはむつかしいが、いくつかの鉱山については詳細な地質図が作成されており、形成機構を論ずることが可能である。たとえば細倉鉱山では、NE-SW 系の鉱脈は NW-SE 系の断層で切られ、剪断性われめである。E-W 系の鉱脈は、NW-SE 系の断層の運動によって形成された張力性われめであり、幅広く延長が短かい。阿仁鉱山では NE 系 NW 系および E-W 系の 3 系統の鉱脈があり、前 2 者は剪断脈的性質をもち、粘土脈となる傾向があ



a. 2% diagram of 74 poles to the shear vein planes. Contour interval: (15-11)-8-5.5-2.5-0%.

b. 3% diagram of 55 poles to the tension vein planes. Contour interval: (18-14.5)-11-7.5-3.5-0%.

Fig. 6. Diagram showing the preferred orientation of shear veins and tension veins developed on the Green Tuff region in the Northeast Japan.



a. 3% diagram of 61 poles to the vein planes on the Kitakami Mountains. Contour interval: (11.5-10)-6.5-5-3.5-0%.

b. 3% diagram of 23 poles to the vein planes on the Abukuma Mountains. Contour interval: (30.5-26)-17.5-13-8.5-0%.

Fig. 7. Diagrams showing the preferred orientation of veins developed on the regions of the Pre-Neogene rocks in the Northeast Japan.

り、E-W系の鉱脈はgash脈的性質を示し、張力性われめである。個々の鉱山の資料から、剪断性および張力性鉱脈と認定されるものをとりだして整理すると、第6図のようになる。E-W系の鉱脈は張力性脈であり、NW-SE系およびNE-SW系の鉱脈は剪断脈である場合の多いことがこの図から明らかである。前述の断層系の発達状態や褶曲構造の分布と併せてこれらの形成機構の概要を考えた場合、ほぼ東西方向の圧縮力のもと

に、褶曲構造の形成、断層系の発達があり、同時に鉱脈系の形成が行われたものと解釈することができる、NW—SE 性および NE—SW 性の断層系は共軸的な性格のもので、このうち前者は基盤岩中の主要構造の方向に一致する、中新世以降の変動の際基盤構造に沿う運動が起り、この 2 方向の断層系が発達し、同時に E—W 性の張力性われめが生じ、NW—SE 性および E—W 性の 2 方向にとくに鉱脈の形成が行われたものであろう。N—S 性の断層系の主な活動期は鉱化作用の行われた時期と異なり、早い時期かあるいは遅れて活動したのではないかと思われる。

基盤岩地域の北上山地と阿武隈山地においても、金・銀鉱を主とする鉱脈型鉱床の発達が認められるが、これらは主に白亜紀末～第三紀初期の火成活動に関連して形成されたものである。それぞれの地域の鉱脈についてまとめたものを第 7 図に示す。北上山地の場合は、隣接するグリーン・タフ地域の鉱脈の一般的傾向と共通の集中模様を示すが、阿武隈山地の場合は著しく異なる。北上山地と西方のグリーン・タフ地域との共通性は、基盤構造が、中新世における鉱脈形成に影響を及ぼしたことを見出される。阿武隈山地の鉱脈は主として南端部に集中しており、その集中模様はその地域の構造の局地的特徴を表わすものかもしれない。

岩脈は鉱脈と同様の性格をもつ断裂構造と考えられる。岩脈の方向性については資料が少ないため詳しい検討ができないが、5 万 1 地質図幅に記入されているものにつき集計した例を第 8 図に示す。これによれば、鉱脈と多少異なり、NE—SW 性のものが最も多く、NW—SE 性のものはこれにつき、E—W 性のものはむしろ少い。これから岩脈の大部分は中新統中のものであり、鉱脈型鉱床の生成期よりも早い時

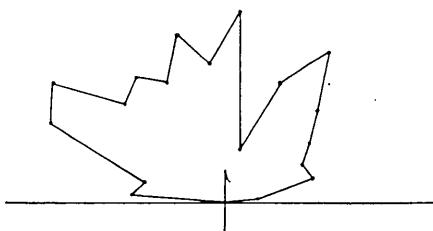


Fig. 8. Diagram showing the preferred direction of strikes of dykes developed in the northern part of Tohoku Region. Rose diagram of 229 dykes on the geological sheets, scale 1:50,000, published from the Geological Survey of Japan.

期に貫入したものが多いと考えられる。

4. 微細断裂構造

断裂構造としては、大規模な断層や鉱脈、岩脈のほかに、小規模な断層や節理がある。微細断裂構造は野外においてごくふつうに観察されるものであり、造構運動における応力条件を知る手がかりを与えるものとして重要である。東北日本の微細断裂構造の調査例は数少いが、常磐地方や新潟地方の第三系について行われた調査があり、いずれも過去の応力場の復元を行っている。

常磐地方の第三系中に発達する微細断裂構造は、星野一男 (1965), 三井忍 (1969, 71), S. MITSUI, et al. (1972) によれば、褶曲構造の形成後に基盤断層の影響を受けながら形成されたものであるという。基盤断層としては、双葉断層、棚倉破碎帯に平行する NNW—SSE 方向とニッ箭・湯の岳断層に平行する WNW—ESE 方向の 2 方向がある。

第三系中に発達する断層および節理はいくつかのセットからなり、これらの基盤岩の構造的支配を受けており、とくに WNW—ESE 方向の影響を強く受けながら形成されたとしている。応力分布の 3 軸はほぼ東西、南北および鉛直の方向に位置するが、各主応力軸の配置は地域によって異なる。双葉地方では、双葉層群の褶曲および双葉衝上断層の形成に関する断層系および節理系が発達し、双葉衝上断層附近では、最大主応力軸が東西、中等主応力軸が南北方向にある。石城地方では最小主応力軸が南北、中等主応力軸が東西の方向のもとで生じた正断層系が発達しており、基盤の隆起運動とともに生じたものであるという。恒石幸正（1966）は、双葉衝上断層附近の小断層系を調査し、その応力系が中等主応力軸を軸として西方へいくにつれて 90° 回転することから、基盤の断層にそう差別的垂直運動によって、被覆層中に双葉断層やそれに伴う小断層群が形成されたと解釈した。以上のように、常磐地方の第三系の断裂構造は、基盤地塊の垂直的運動により、基盤断層の活動の影響を受けながら形成されたと考えられ、その応力条件は、東西方向に最大主応力軸ないし中等主応力軸、南北方向に中等主応力軸ないし最小主応力軸をもつものであったという。三井（1971）は石城地方の断裂系の形成機構について、垂直的な造構運動によって褶曲構造が形成された後に削剥によって上部の地層が取り去られた結果生じたと解釈した。

新潟地方については、褶曲構造とともに小断層系の解析の例がある。山村直幹・渡辺享（1968）は、西山油田の箱形褶曲を示す後谷背斜について小断層による応力分布の復元を行い、北西—南東、水平方向の圧縮力により逆断層がつくられた後に、地層の浅部が上方に押し上げられて褶曲ができたものであるとした。また、長嶺背斜では、北東—南西、水平の方向の圧縮力がはたらき、褶曲が形成されたのちに胴切断層ができたと解釈し、いずれの場合も基盤地塊の上昇運動に直接支配されてできたものではないとしている。一方、鈴木尉元ほか（1971）は東山背斜について応力分布の復元を行い、背斜軸付近に共軛性の正断層、翼部の急傾斜部に高角度の逆断層ないし正断層、向斜部に共軛逆断層があって、これらの形成機構は基盤地塊の上昇運動のモデルによって説明されるとした。ただし、東山背斜の東側やその他の第二級、第三級の褶曲では側方からの圧縮力の作用したことを探しておらず、これらは二次的な横圧力によると考えた。新潟地方の褶曲構造が基盤構造を骨格にして形成されたことは一般に認められているが、水平方向の圧縮力がすべて二次的なものであるかどうかは問題のように思われる。また基盤運動の原因および機構にさらに大きな問題が残されている。これらの点は今後さらに詳しく解明されなければならない。

筆者は新潟地方および庄内地方の第三系について微細断裂構造の調査を続けている。その結果の一部は既に公表してあるが（村井、1965, 66），その概要を次に説明する。これらの地域では一様な断裂系の発達が認められ、それらは褶曲軸の方向（NNE—SSW ないし N—S）と密接な関係をもっている。断裂系は断層系および節理系のいくつかの要素によって構成され、それぞれの応力条件を復元すると、異った主応力軸の配置を示すものの、3 軸の方位性はほぼ一定に保たれている。最も顕著な断裂構造は褶曲軸に直交および平行し直立する節理系で、張力節理的性質を示す。それぞれの応力分布は、最小主応力軸の方向が NNE—SSW, WNW—ESE の方向にある。また褶曲軸の方向を等角にはさんで斜交

し直立する共軸な剪断性節理および wrench fault があり、中等主応力軸は鉛直方向、最大主応力軸が WNW—ESE の方向であるが、ときには NNE—SSW の方向の場合もある。このほか最小主応力軸が鉛直方向、最大主応力軸が WNW—ESE または NNE の方向の正断層系と、NNE—SSW の方向に中等主応力軸、WNW—ESE の方向に最大主応力軸をもつ逆断層系が認められる。これらの複雑な断裂系のうち、最大主応力軸を WNW—ESE の方向にもつもの、および最小主応力軸を NNE—SSW の方向にもつものは、褶曲構造の形成と直接関係があると考えられる。これらの断裂系の形成後、造構的応力の解放、隆起運動や削剝作用の進行などにより応力条件が変化し、主応力軸の交換が起こって、他の断裂系がつぎつぎに形成されていたものと解釈される。以上のような断裂系の発達状態からみて、基本的にはほぼ東西方向の圧縮力が作用し、同時に基盤の差別的垂直運動が起こって複雑な断裂系が形成されていったと考えられる。

5. む す び

以上に東北日本の、とくにグリーン・タフ地域について、断裂構造の概略を説明した。微細構造の解析的研究は一部の地域について行われているにすぎないため、広域にわたる地殻変動の応力条件を正確に把握するには不十分である。今後この種の資料を蓄積していくことが、詳しい議論を行うためには必要である。

褶曲構造および各種断裂構造の発達状態から、東北地方を中心とする地域においては、東西方向の圧縮力がはたらき、また基盤構造に沿う地殻運動が起こって、第三系の構造を作りあげていったと解決される。この造構運動は主として中新世後期から鮮新世末にかけて進行したが、さらに現在の地殻変動にもつながっている。中川久夫（1968）は東北地方の第四紀地殻変動をまとめ、N—S 性の軸をもつ褶曲運動とこれに斜交する NW—SE の軸に関する地塊の傾動が認められ、新第三紀の地殻変動が継承されたものであるとしている。現在の地殻変動もほぼ同様の傾向を示し、たとえば、1900～1962 年間の東北地方の水平変動により得られた水平最大歪は、明らかに東西方向の圧縮を示している（国土地理院・東北大学理学部、1972）。東北地方の内陸部および太平洋側に起こる地震の大部分のものが、ほぼ東西方向の主圧力によって発生していることはよく知られている（HONDA, H., et al., 1967; 市川, 1966）。東北地方を中心とする地域のこのような現在の地殻変動および地震活動の特徴は、プレート・テクトニクスの立場からすれば、太平洋のプレートのもぐりこみによって説明される。三陸沖における太平洋のプレートのもぐりこみは、地震学的な資料からほぼ 1,000 km に及ぶと考えられている（宇津、1971 など）から、この部分におけるプレートの動きが約 9 cm / 年であるとすると（X. LE PICHON, 1968），少くとも 1 千万年前からプレートのもぐりこみが続いていることになる。この間東北日本一帯にわたって東西方向の圧縮力が作用したことが想像される。東北日本のグリーン・タフ地域における新第三系の褶曲構造、断層系・節理系の発達や鉱脈・岩脈の形成が、こうした広域的応力場のもとで進行したと考えることも可能である。金子史朗（1972）は、東北地方の鉱脈・断層・褶曲の形成をプレートのもぐりこみによる東西方向の圧縮力により、基盤構造の左ずれ運動が起こり、その上に東西系の正断層と NNE—SSW 系の褶曲

系が成立するというモデルによって説明した。東西方向の圧縮という広域的応力場のもとで、基盤構造の活動が行われ、これに伴って第三系の諸構造が作りあげられていったというように造構運動の過程を仮定した場合、その妥当性を確かめるためには、東北日本の各地域において実際にどのような基盤運動が起り、どのよになん機構で第三系の褶曲・断裂構造が形成されたかを詳細にわたって解明していかなければならないであろう。

文 献

- 地質調査所 (1955, 56): 日本鉱産誌 Ia, Ib 東京地学協会.
- 藤岡一男 (1958): 裏日本 Green Tuff 地域の火山層序の概要. 鈴木醇教授還暦記念論文集, 511-518..
- ____ (1963): グリーン・タフ地域の地質. 鉱山地質, 13, No. 62, 358-375.
- 藤田至則ほか6名 (1966): 脊梁地域の新第三紀における造構運動. 東北日本のグリーン・タフ変動. 地図研専報, No. 12, 42-58.
- 平山次郎ほか3名 (1961): 北秋田地方から西津軽地方にかけてのグリーン・タフ地域の地質構造. 太平洋, No. 2, 3-7.
- HONDA, H., et al. (1967): On the mechanism of earthquakes and the stresses producing them in Japan and its vicinity, 3. *Geophys. Mag.*, 33, 271-279.
- HOSHINO, K. (1965): Fracture system and natural gas occurrence in the Joban Coal Field, *Rept., Geol. Surv. Jap.*, No. 210, 36 p.
- 市川政治 (1966): 日本付近の地震のメカニズムに関する統計的研究と二・三の問題. 研究時報, V. 18, No. 2, 83-154.
- 伊藤昌介 (1951): 数種の鉛、亜鉛鉱床に於ける裂縫の性質及び鉱物存在状態について. 地質調査所報告, No. 143, 16 p.
- 金子史朗 (1972): 地形図説 2, 古今書院.
- 柏木高明ほか2名 (1971): 細倉鉱山の地質構造と鉱脈系について. 鉱山地質, 21, No. 166, 70~83..
- 北村 信 (1963): グリーン・タフ地域における第三紀造構運動. 化石, No. 5, 123-137.
- 国土地理院・東北大学理学部 (1972): 酒田地区の地殻水平変動について. 地震予知連絡会会報, No. 7, 14-15.
- 小松直幹・渡辺 享 (1968): 小断層より解析した西山油田の地質構造. 石油技術協会誌, 33, No. 3, 157-162.
- 草薙忠明 (1957): 足尾鉱山の地質構造と鉱床との関係について. 岩鉱, 41, No. 7, 263-312.
- LE PICHON, X. (1968): Sea-floor spreading and continental drift, *J. Geophys. Res.*, 73, 3661-3679.
- 三井 忍 (1969): 平——小浜間に於ける小断層解析. 東北大邦文報告, No. 67, 99-116.
- ____ (1971): 岩石物性と地質現象——常盤炭田石城地区を例として. 地質学雑誌, 77, No. 5, 265-271.
- MITSUI, S., et al. (1972): On the origin of the joints in the Futaba Area of the Joban Coal-Field, Fukushima Prefecture. *Res. Rept., Kochi Univ.*, 21, Natural Sci., No. 1, 1-14.
- 村井 勇 (1965): 栗島に発達する節理と断層. 震研集報, 43, Pt. 2, 611-624.
- ____ (1966): 新潟地震調査研究報告——村上——鶴岡間の地域の構造解析——地質調査所特報, No. 3, 15-25.
- MURAI, I. (1966): Geotectonic maps of the Japanese Islands, (1)—map of faults. *Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Univ.*, 44, Pt. 2, 551-559.
- 中川久夫 (1968): 東北地方における第四紀地殻変動, 地質学論集, No. 2, 25-28.
- 日本鉱業会 (1952, 55, 58): 鉱床と地質構造 (1), (2), (3).
- 日本鉱業協会 (1968): 日本の鉱床総覧, 下巻,
- 生出 慶司・大沼晃助 (1960): 東北地方を中心とした“グリーン・タフ時代”の火成活動, 地球科学, No. 50-51, 37-55.
- 大沢 稔 (1966): 東北地方グリーン・タフ地域における新第三紀火成活動および構造発達史からみる

- た黒鉱鉱床および鉱脈型鉱床の位置. 日本鉱山地質学会第16回総会討論会資料 1.
- 斎藤正次・大沢 穂 (1956): 5万分の1地質図幅「阿仁合」同説明書. 地質調査所.
- 清水 肇・渡辺 操 (1964): 秋田県鹿角郡南部の鉱化作用 (特に尾去沢鉱床区について) その 1. 秋田大学地下資源開発研究所報告, No. 29. 1-29.
- TAGUCHI, K. (1962): Basin architecture and its relation to the petroleum source rocks development in the region bordering Akita and Yamagata Prefectures and the adjoining areas, with special reference to the depositional environment of petroleum source rocks in Japan. *Sci. Rept., Tohoku Univ.*, 3 Ser., 7, No. 3. 293-342.
- 恒石幸正 (1966): 阿武隈山地広野地域の地質構造, 震研彙報, 44, Pt. 2. 749-764.
- 宇津徳治 (1971): 日本列島下の上部マントルの異常構造について. 北大地球物理学研究報告, 25. 99-127.
-

1. Fracture System developed on the Northeast Japan.

— Especially on the Green Tuff Region —

By Isamu MURAI,

Earthquake Research Institute.

The Japanese Islands are divided into two geological division of Northeast Japan and Southwest Japan by the Itoigawa-Shizuoka Line. The Southwest Japan consists mainly of pre-Neogene rocks and has fundamental framework of structure formed with the pre-Neogene crustal movements, whereas the Northeast Japan is composed predominately of Neogene and Quaternary formations. The major structure of the Northeast Japan is made up by the new tectonic movements which occurred since Miocene epoch centering on the Green Tuff region. The characteristics of geologic structures of the younger formations in the Northeast Japan are built up as the result of interaction between the controlling force of the new tectonic movements and the influence of old frameworks of the basement structures. They also have intimate interrelationship to the present crustal movements.

The Neogene formations distributed on the Green Tuff region in the Northeast Japan show the distinct development of folding with axes of N-S~NN-S-SSW trend and fault system of N-S~NNE-SSW, NW-SE and NE-SW trends. The trend of N-S represents the main controlling direction of the new tectonic movements which developed the Green Tuff geosynclines and since made up the folding structures as well as associated fault system. The trend of NW-SE, whereas, represents the direction of the major tectonic lines on the basements.

In the Neogene formations on the Green Tuff region, a large number of veins of ore minerals is distributed being associated with folding structures and faults. Veins show distinct preferred orientation throughout the whole areas in the Green Tuff region. Veins with the NE-SW and E-W directions are most predominate and those with the NW-SE and N-S directions are subordinate, unlike the situation of development of fault system.

Veins with the E-W direction are generally considered to have been formed in tension fractures, and those with NW-SE and NE-SW directions were formed in shear fractures, as they show their respective characteristics such as gash veins or the association of fault breccia and clay. Judging from such preferred orientation and the character-

istics of veins, they are inferred to have been formed under the compressive force in the E-W direction.

As to the stress condition which might have controlled the development of folding and fault, the analytical survey of minor fractures will offer some clues. For examples, it is inferred from the results of such survey that some anticlines of Neogene formations in Niigata region were formed by the compressive force of NE-SW direction or the up-heaving movement of the basement blocks. The writer is carrying out the survey on the fracture system development in the Neogene formations in Niigata and Shonai regions. From the result of his survey, it is interpreted that the fracture system in these regions were formed under the stress condition in which the principal stress axes were situated in the direction parallel to the folding axes; NNE-SSW, perpendicular to the folding axes; WNW-ESE and in the vertical direction. The situation of maximum, intermediate and minimum principal stress axes interchanged with each other during the progress of the tectonic movements. The predominate controlling direction of the tectonic movements, however, generally lay in WNW-ESE as the direction of compressive stress axes that have had a relationship with the formation of folding, and as the direction of tensile stress axes which might have had associated with the upheaval of the basement. Compressive force in the E-W direction is inferred to be operating on the Tohoku region, judging from the distribution of maximum horizontal strain obtained from the re-survey of triangulation. It has been well established by the study of focal mechanism that the pressure direction of the earthquakes occurring in the northern Japan lie in nearly E-W. Such compressive force in the E-W direction may be induced with the underthrust of the oceanic lithosphere along the Japanese trench according to the theory of plate-tectonics. It may be possible to consider that the formation of folding and fracture system in the Northeast Japan went on under the regional stress condition having maximum compressive axes in E-W direction, although definite geological evidences are not so enough at present.