

## 新潟県水無川変成岩類における変形相系列

### Deformation facies and series of Mizunashi metamorphic rocks, Niigata prefecture.

竹之内 耕\*

Kou TAKENOUCHI

#### I. はじめに

新潟県南魚沼郡大和町東方の越後三山を含む水無川及び佐梨川流域には、水無川変成岩類（茅原・西田，1968）と呼ばれる弱変成岩類が露出しており、上越帯の一部と考えられている（HAYAMA *et al.*, 1969 など）。上越帯はその構成岩石の特徴から蛇紋岩・結晶片岩よりなる谷川岳帯と変玄武岩・変はんれい岩・閃緑岩複合体よりなる片品帯とに2分され、谷川岳帯は飛騨外縁帯に、片品帯は舞鶴帯にそれぞれ連続すると考えられている（小松，1980；茅原・小松，1981；茅原，1982）。

片品帯に属するとされる水無川変成岩類には、かなり良好な変形小構造が発達することがわかってきたが、その歪像を解析し運動像・力学像を明らかにすることは、飛騨外縁帯で指摘されている三畳紀変動・後来馬変動などの中生代変動との関連を考察する上で重要なことと考える。以下に変形相解析をすすめてきた現段階までの到達を報告する。

本研究をすすめるにあたり新潟大学理学部地鉱教室の植村 武教授には終始御指導をいただいた。また同教室の茅原一也教授、小松正幸助教授、卯田 強博士には口頃多くの有益な助言をいただいた。以上の方々に厚く感謝する次第である。

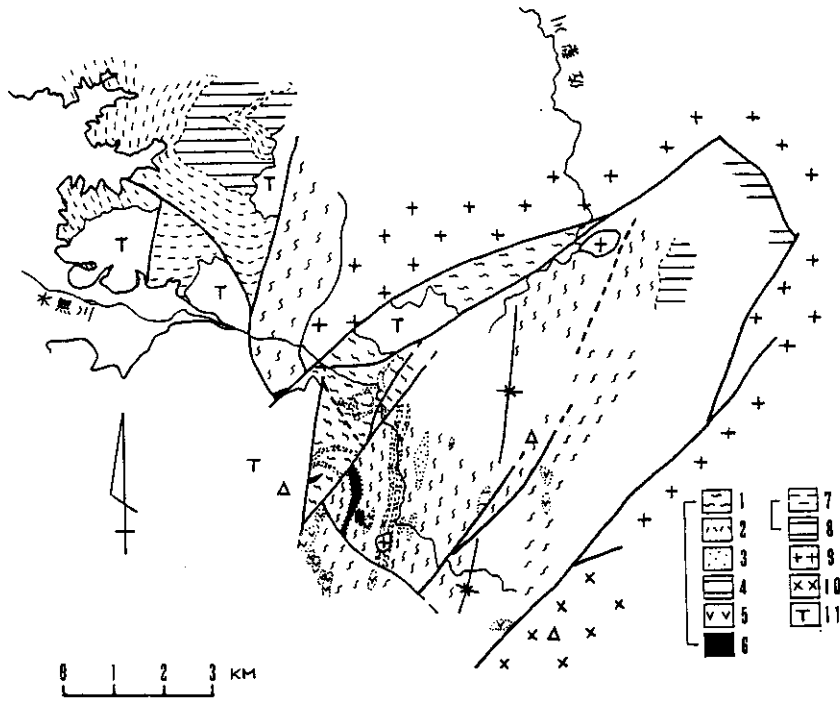
#### II. 地質概説

水無川変成岩類は、泥質片岩及び珪質層と頁岩層の細互層からなるチャートラミナイト様岩を主体とし、砂岩・チャート・緑色岩類及び超塩基性岩のブロックを含むオリストストローム相を呈する。走向は NNE - SSW で西へ急傾斜するような軸面をもつ等斜状向斜構造を形成している（第1図）。これらは白亜紀花崗岩により接触変成作用をうけており、ホルンフェルスとなっている。北方及び南方では、それぞれ白亜紀花崗岩と中ノ岳はんれい岩体が断層関係で接し、西方では、非変成堆積岩類と南北性の断層で境される。第三系とは、大部分は断層関係であるが、一部は不整合関係で接する。

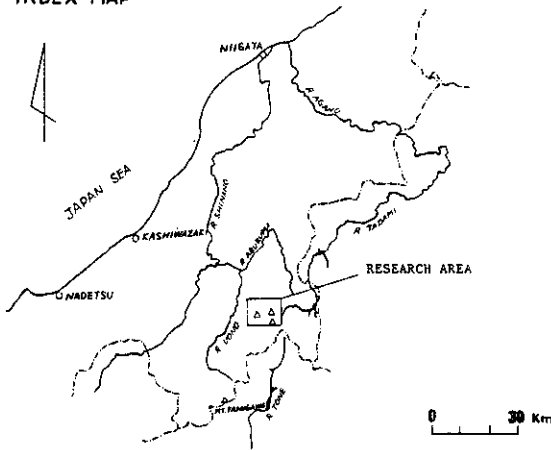
#### III. 水無川変成岩類と非変成堆積岩類の関係

水無川変成岩類は、泥質片岩、チャートラミナイト様岩を基質として種々の異地性岩体を含んでいる。異地性岩体として含まれる緑色岩類は、変玄武岩、変はんれい岩、一部閃緑岩からなり、超塩基性岩はダナイトからなる。チャートは層状チャートである。又、水無川流域では、連続性の良い酸性凝灰岩層を挟み、水無川変成岩類の東部では層状チャートが卓越する。一方、西方で南北性の断層で境される非変成堆積岩類は、珪質層と頁岩層の細互層よりなるチャートラミナイト様岩、淡緑色ないし黒色砂岩頁岩の細互層、泥質岩及び層状チャートを主体とし、層状チャート以外の岩

\*新潟大学理学部地鉱教室



INDEX MAP

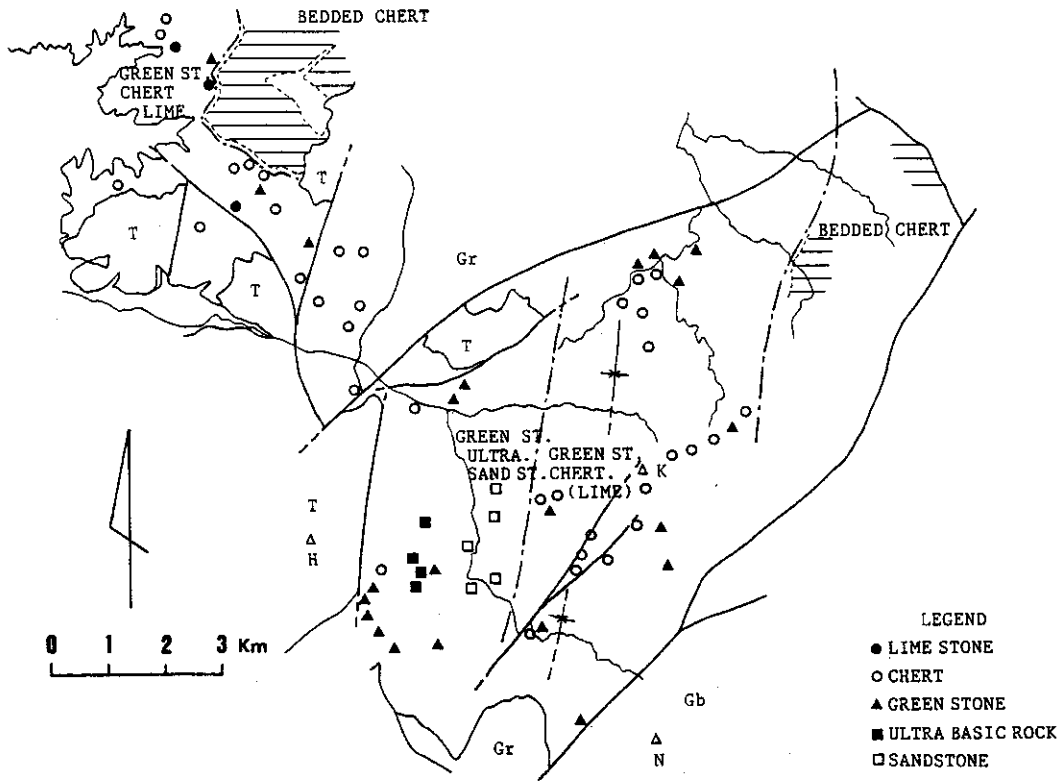


凡例 1～6：水無川変成岩類

- 1：チャートラミネイト様岩及び泥質片岩
- 2：酸性凝灰岩
- 3：砂岩
- 4：チャート
- 5：緑色岩類
- 6：超塩基性岩
- 7～8 非変成堆積岩類
- 7：泥質岩
- 8：チャート
- 9：花崗岩
- 10：中ノ岳ハンレイ岩体
- 11：第三紀層

第1図 地質図

層には、しばしばチャート、石灰岩、緑色岩などのブロックを含む。第2図に非変成堆積岩類と水無川変成岩類の原岩との関係を示すブロック分布図を示す。第2図に示されるように、非変成堆積岩類は、東方から西方へ層状チャート帯（現地性）、チャート・石灰岩・緑色岩帯、に分帯が可能であり、一方、水無川変成岩類の原岩は東方から西方へ層状チャート帯（現地性）、チャート・（石灰岩）・緑色岩帯、砂岩・緑色岩・超塩基性岩帯に分帯が可能である（佐梨川流域で石灰岩を転石で確認）。非変成堆積岩類と水無川変成岩類の原岩とを比較してみれば、東方から西方への層状チャート帯、チャート・石灰岩・緑色岩帯にそれぞれ対応関係を認めることができる。



第2図 ブロック分布図

第3図に示す走向線図から分かるように、西側の非変成堆積岩類では、ほぼNE-SW方向の軸をもち、南西へプランジするドーム状の構造を呈している。南北性の断層で境されている東側の水無川変成岩類中では、西方より、NNE-SSW方向の走向をもつ急傾斜帯が出現し、断層を境に東方では、ほぼ軸が東西方向で西へプランジするドーム状の構造を認めることができる。さらに東方には、断層で境され再びNNE-SSW方向の走向をもつ急傾斜帯が出現する。このように、非変成堆積岩類と水無川変成岩類を通覧すれば、西方から東方へ、ドーム状構造を伴う比較的緩傾斜な地域と急傾斜な地域とが繰り返して出現することになり、断層運動でブロック化する以前は、非変成堆積岩類と水無川変成岩類の原岩は、一連の地質体であった可能性を示唆する。

今ひとつ残された問題として、水無川変成岩類は広域的な変成作用を蒙った地質体としてとらえられており、それにもかかわらず分布が限定され、他地域に連続しないという問題がある。水無川変成岩類中に出現する泥質岩起源の変成鉱物は、ザクロ石、黒雲母、白雲母、緑泥石などであるが、ザクロ石が出現する区域は、花崗岩が分布する北方域に限られ、また、鏡下の産状からも接触変成作用によって形成された可能性がたつよく、黒雲母についてもその産状より、同様に形成された可能性がたつよい。しかし、白雲母は鏡下において、葉片状の集合をなす結晶が後の変形による面構造に切られていたり、回転するといった形態が観察され、明らかに pre ~ synkinematic な結晶の成長を示すことから、水無川変成岩類が蒙った変成作用は、Mus - Chl - Pl - Qz の鉱物組合せで特徴づけられるような緑色片岩相の中でも低度の変成作用と考えられる。変成作用の問題については、さらに検討の余地はあるものの、水無川変成岩類の原岩と非変成堆積岩類との連続を可能にするものとする。



第3図 走向線図

#### IV. 変形小構造

水無川変成岩類のチャートラミナイト様岩中には、スランピングに伴う初生的な構造とは明らかに区別される種々の後生的な変形小構造が発達する。以下に、観察される変形小構造について述べる。

**Intrafolial fold** : RAMSEY (1967) の分類による class 1 B ~ 2 の tight ~ close fold で、半波長、振幅とも数 cm のものが多い。褶曲面はヒンジ部で屈曲している chevron タイプのものと丸みをおびているものの2つがある。また、珪質層のレンズが褶曲した rootless タイプのものがある。水平に近い露頭面で観察されるものは、left - lateral のセンスであり、垂直に近い露頭面では露頭の方が東西方向のもの（片理に対して垂直な面）のみで観察され、露頭面が南へ向いているものとして統一すると、right - lateral のセンスである。

**Sheath fold** : 佐梨川上流で少数認められる。YZ断面の楕円の長径は30 cm ~ 1 cm 程度であり、波形は class 1 B ~ 2 程度である。産状は intrafolial であり、X軸方向は、層理面の dip 方向とほぼ一致する。

Crenulation cleavage : 水無川上流部で intrafolial fold の軸部に発達しており、劈開面は半波長 2 ~ 5 cm 程度の小褶曲の軸面と平行であり、片理面とも平行である。上流部へ行くにしたがって crenulation fold, cleavage の発達が良好になる。

Drag fault : 水無川流域に広く分布する。断層面の方向は、ほぼ東西方向で垂直である。ほとんどが左ずれのセンスであり、断層の長さは、10 cm ~ 50 cm 程度のもが多い。断層面に沿い石英脈ができているものも観察される。kink band により切られている。

Kink band : 水無川流域に広く分布する。チャートラミナイト様岩及び酸性凝灰岩中によく形成されている。kink band は、平面の露頭で観察される場合が多いので、上方から見て、left - lateral, right - lateral を区別し、それぞれ reverse, normal の識別を加えて 4 つの種類に分類すると、水無川で観察されるものほとんどが、left - lateral, reverse タイプの kink band である。配列状態は、単斜状、雁行状、共役状のものが識別され、共役状のものは、非対称のものが多い。kink band の大きさは、幅 1 ~ 2 cm, 長さ 10 ~ 20 cm 程度のもが最も多い。

Mylonite ~ Ultra mylonite : HIGGINS (1971) による Mylonite ~ Ultra mylonite に相当する。巾は、10 cm 程度 ~ 5 m 程度のもまでであるが、佐梨川沿いの方が発達がよい。紡錘形で径 1 cm 以下の porphyroclast が観察されるものと porphyroclast が観察されないものがあり、前者は mylonite に、後者は Ultra mylonite に相当する。drag fault に切られている。

Mylonite : 巾は 1 cm ~ 10 cm 程度のもが多く、径 1 cm 以下の角レキを含むが、流動構造も認められる。ホルンフェルス化をうけている。

## V. 変形系列の時空展開

### 1. 変形相

「変形相」の考えは UEMURA, (1981) により提唱され、変形体の変形現象を 2 つの指標を用いて統一的に解釈しようとするものである。変形構造・破壊構造の諸特徴を支配する因子群は、環境因子群と物質因子群に大別され、具体的な因子をあげれば、前者は温度、圧力、歪速度であり、後者は岩質の内部構造（力学的異方性）である。変形相を支配する因子は多数存在するので「ductility」という複合概念を導入し、環境因子群の総合効果を mean ductility, 物質因子群の総合効果を ductility contrast で表現する。mean ductility の相違は、変形グレードの相違を表わし、ductility contrast の相違は、変形物質の力学的性質の相違を表すことになり、それぞれの変形系列を構成する。変形系列には、時間的系列と空間的系列とがあり（植村, 1984）、それらの変形相解析は、変形体に形成されている種々の変形小構造の組合せによる変形分帯を出発点とする。

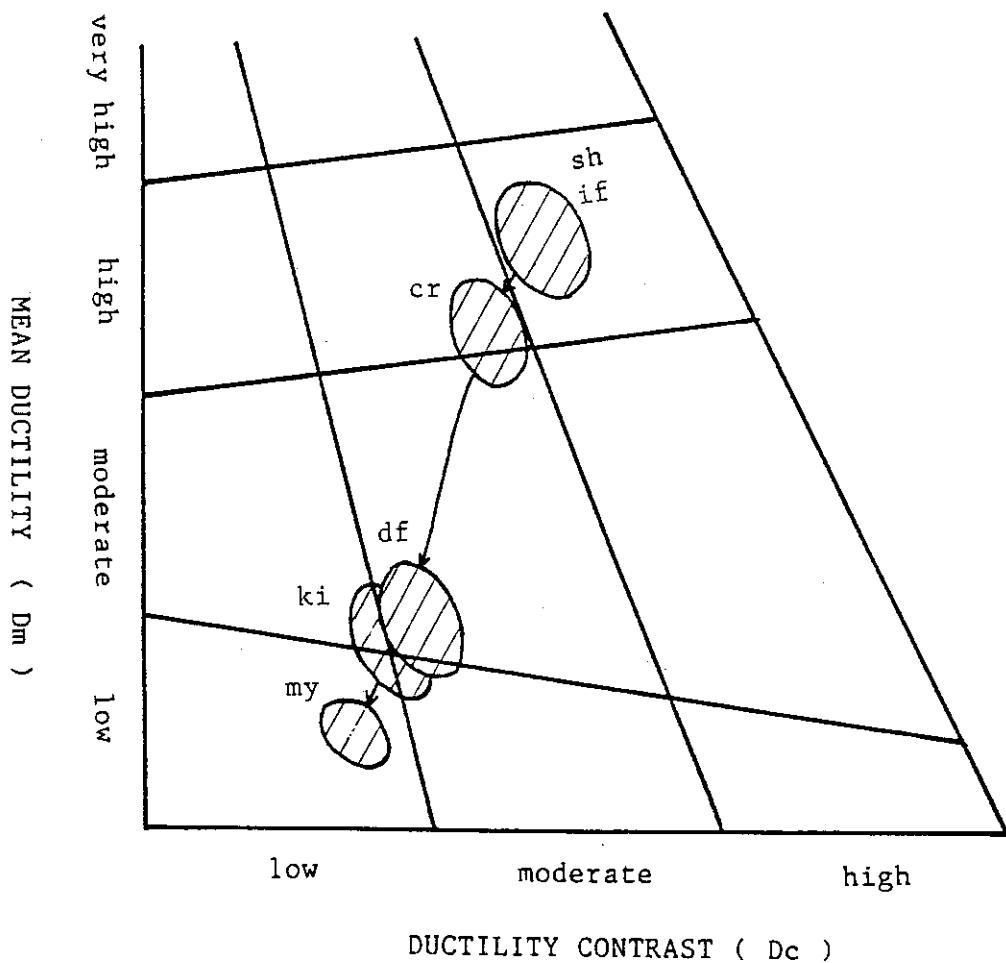
### 2. 時間的系列

水無川変成岩類中には、前述のような変形小構造が発達しているが、露頭で観察される変形小構造相互の切断関係により、それらの形成順序、すなわち水無川変成岩類が蒙った変形の履歴を知ることができる。変形小構造の切断関係により、片理面（foliation）の形成後に、intrafolial fold, sheath fold, crenulation cleavage, mylonite ~ ultra mylonite → drag fault → kink band → cataclasite → fracture の順で形成されたことがわかる。また、このことから変形の stage を 6 つに区分することができる（第 1 表）。stage 5 の cataclasite がホルンフェルス化を受けていることより、これらの変形小構造を形成した変形運動は、水無川変成岩類の原岩堆積後、白亜紀花崗岩侵入前の時期に起ったと推定される。つまり、水無川変成岩類が蒙った変形は時代を追って mean ductility が低下していく過程で変形小構造が次々と形成されていくといったような規則的な系列を構成していることがわかる（第 4 図）。

このことは、温度、圧力の低下、歪速度の増大、あるいは、それらの複合が考えられるが、今の

第1表 小構造形成 STAGE 表

STAGE	MINOR STRUCTURE	Dm			Dc		
		H	M	L	H	M	L
STAGE 1	FOLIATION	—	—	—	—	—	—
STAGE 2	INTRAFOLIAL FOLD SHEATH FOLD ULTRA MYLONITE~MYLONITE	—	—	—	—	—	—
STAGE 3	DRAG FAULT	—	—	—	—	—	—
STAGE 4	KINK BAND CONJUGATE KINK BAND ASYMMETRIC CONJUGATE KINK BAND	—	—	—	—	—	—
STAGE 5	MYLONITE	—	—	—	—	—	—
STAGE 6	FRACTURE	—	—	—	—	—	—



第4図 変形相ダイヤグラム

ところ変成作用の温度、圧力がどの程度、岩石物性に影響を与えていたが、あるいは、変形が原岩堆積後、どのくらいの時間を隔てて行われたかなど不明な点が多く、どの因子が変形作用に際して優位に働いたかについての検討までは言及できない。

### 3. 空間的系列

変形小構造の空間的な分布により I 帯 - IV 帯までの変形分帯が可能である (第 2 表)。すなわち、sheath fold・intrafolial fold で特徴づけられる I 帯, intrafolial fold・crenulation cleavage・drag fault・kink band で特徴づけられる II 帯, intrafolial fold・drage fault・kink band で特徴づけられる III 帯, kink band で特徴づけられる IV 帯に分帯でき、I 帯→IV 帯へ向って変形グレードが順次低下していくような規則的な系列を構成する (第 5 図)。それらの分布状況は、向斜軸部で I 帯, II 帯が分布し、向斜西翼では、軸部から離れるにしたがって変形グレードが低下していく。このような空間的系列は、水無川変成岩類中に認められる歪像をもたらした力学像、運動像の性質を反映するものと考えられる。





第 5 図 小構造分帯図

第2表 小構造分帯表

FACIES STRUCTURE	I	II	III	IV
SHEATH FOLD	■			
INTRAFOLIAL FOLD	■	■	■	
CRENULATION CLEAVAGE		■ ■ ■		
DRAG FAULT		■	■	
KINK BAND	■ ■	■	■	■

ULTRA MYLONITE~MYLONITE 

MYLONITE 

V. まとめと今後の課題

水無川変成岩類における変形相は Moderate contrast - Moderate ~ lower High grade facies を示し、これらは、時代を追って mean ductility が低下していく過程で変形が進行していくといった時間的な系列と向斜西翼では、向斜軸からの距離に対応し、変形グレードが低下していくといった空間的な系列を構成している。これら2つの系列が存在することは、水無川変成岩類の運動像、力学像を復元する上で有効な指標となる。

時代論を含めた原岩の堆積場の性格、応力場の変遷等の検討は今後の課題であり、それらを含めた総合的な見地に立てば、より正確な運動を復元できるであろう。

文 献

CHIHARA, K., SHIMAZU, M., KOMATSU, M., and KUROKAWA, K., 1977: Geological structure and its development of the western part of the Joetsu Tectonic Belt, central Japan. Part 1. Geology. Sci. Rept. Niigata Univ., ser. E, 4, 1-48.

茅原一也・小松正幸, 1981: 飛騨外縁帯(特に青梅-蓮華帯)及び上越帯-研究の現状と問題- 総研B「下部古生界-上部原生界」研究報告, 21-24.

茅原一也, 1982: 新潟堆積盆地および周辺地域の基盤構造と新生代火成活動史, 地質学雑誌, 88, 983-999.

茅原一也・小松正幸, 1982: 飛騨外縁構造帯のジュラ紀変動. 月刊地球, 4, 449-466.

DEWEY, J. F., 1965: Nature and origin of kink bands. Tectonophys., 1, 459-494.

HAYAMA, Y., KIZAKI, Y., AOKI, M., KOBAYASHI, S., TOYA, K., and YAMASHITA, N., 1969: The Joetsu Metamorphic Belt and its bearing on the geologic structure of the Japanese Island. Mem. Geol. Soc. Japan, 4, 61-82.

小松正幸, 1980: 飛騨外縁帯の基本的構造及びそのフォッサマグナ東翼への延長, 総研「飛騨外縁帯」研究報告. 1, 117-121.

UEMURA, T., 1981: Deformation facies, series and grades. Jour. Geol. Soc. Japan, 87, 297-305.

植村 武, 1984: 変形系列の時空的展開. 北海道地質構造研究会誌, 15, 6-10.

植村 武, 竹之内耕, 1984: 水無川変成岩類の変形相解析. 総研「上越帯・足尾帯」研究報告, 1, 24-29.

卯田 強・植村 武・竹之内耕, 1984: 青海変成岩類と水無川変成岩類との変形相系列の比較. 総研「上越帯・足尾帯」研究報告, 1, 30-33.

吉田鎮男, 1981: チャートラミナイト: 岩石学的記載と本邦地向斜における産状. 地質学雑誌, 87, 131-141.