

## 美濃帯上麻生地域の大規模褶曲の形態と成因

水野真理子・大塚 勉

信州大学理学部地質科学教室

(1997年7月4日受理)

### はじめに

美濃帯をはじめ西南日本内帯の中・古生界には、波長数km以上の大規模な褶曲が広く認められる (Kimura, 1960 ; Mizutani, 1964など)。美濃帯では、この褶曲の成因について、狩野 (1982) がデコルマ面に沿った地層の重力滑動に起因する可能性を指摘している。大塚 (1991) は、ジュラ紀の付加コンプレックスが、ユーラシア大陸東縁部で広域的な左横ずれ運動の中に置かれることによって形成されたと考えた。

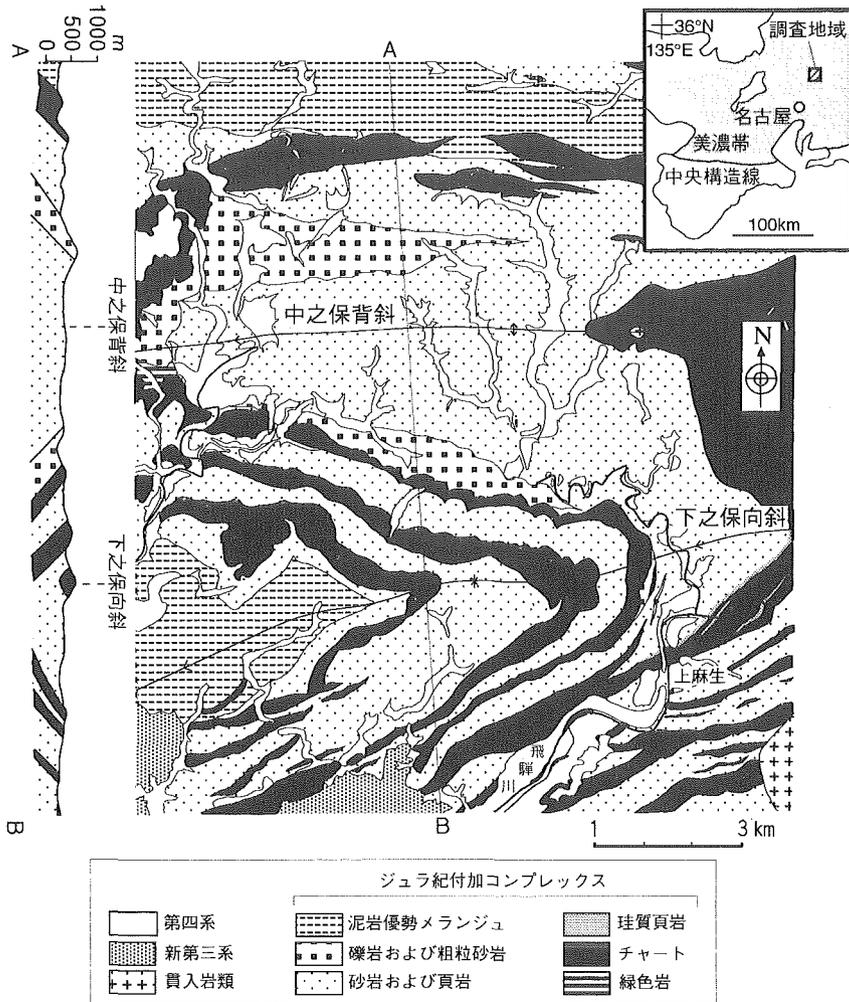
本論では、美濃帯の岐阜県上麻生地域の「中之保背斜」および「下之保向斜」(ともに Mizutani, 1964) の形態を明らかにし、成因を考察する。後述するように、それらの形態を明らかにするために、付加体形成時にできたと考えられるチャートの小褶曲の軸をマーカーとして用いた。ここでは、中之保背斜や下之保向斜のような、波長数km以上の規模の褶曲を“大規模褶曲”と呼ぶことにする。

### 上麻生地域の地質の概要

美濃帯の上麻生地域には、ジュラ紀付加コンプレックス・白亜紀末期～古第三紀の貫入岩類・新第三紀中新世の蜂屋層・第四系が分布している (第1図)。このうち、かつて古生界と考えられていた三畳系およびジュラ系の岩相分布と構造の概要は、Mizutani (1964) によって明らかにされた。後に、狩野 (1982)、水谷・小井土 (1992)、斉藤・塚本 (1993) らの研究によって、さらにその詳細が知られるようになった。

上麻生地域には、美濃帯のジュラ紀付加コンプレックスのなかで、「Complex 3」(Otsuka, 1988) または「上麻生ユニット」(Wakita, 1988) とよばれる地質体が広く分布している。この地質体は、下位より珪質粘土岩・チャート・凝灰質シルト岩・珪質頁岩・頁岩・砂岩および頁岩の順で、各岩相ユニットが整合的に重なる「チャート・碎屑岩シーケンス」が断層で繰り返していることによって特徴づけられる。チャート (三畳紀前期～ジュラ紀前期) から碎屑岩類 (ジュラ紀中期～後期) に至る岩相変化は、海洋プレートの移動に伴って、堆積場が遠洋域から海溝域へ変化した結果と考えられている (大塚, 1985など)。

上麻生地域の中生界は、全体がメランジュともいえる美濃帯の付加コンプレックスの中にあって、例外的に堆積岩としての初生的な構造がよく残されていることが特徴である。とくに地層の側方への連続性がよく、付加の際に形成された構造を利用して大規模褶曲を解析する上で好都合である。



第1図 上麻生地域の位置および地質  
水谷・小井土 (1992) を改変した。

第1表 大規模褶曲の幾何学的形態

|               | 中之保背斜        | 下之保向斜        |
|---------------|--------------|--------------|
| 北翼の走向・傾斜      | N88°E, 55°N  | N50°W, 42°W  |
| 南翼の走向・傾斜      | N50°W, 42°W  | N66°E, 80°W  |
| 褶曲軸のプランジとその方位 | 22° to N76°W | 37° to S74°W |
| 褶曲軸面の走向・傾斜    | N73°W, 83°S  | N89°W, 68°S  |

上麻生地域には、西にプランジした中之保背斜と下之保向斜が存在する (Mizutani, 1964)。両者は互いに連続的で、S字型の構造を示すことが知られている (第1図)。Mizutani (1964) によると、中之保背斜と下之保向斜がつくる褶曲の波長は12kmで、褶

曲軸はそれぞれ西に $16^\circ$  および $28^\circ$  プランジしている。大规模褶曲が円筒状褶曲であるとみなして、褶曲の両翼の走向・傾斜から褶曲軸と軸面の方位を改めて求めた(第1表)。Mizutani (1964) の結果と比較すると、下之保向斜の褶曲軸のプランジがやや大きい。

### チャートの小褶曲

一般に、チャート層中には、波長が数10cm～数m程度の小褶曲が発達している。ここでは、大规模褶曲の形態を明らかにするために、チャートの小褶曲の軸の方位に着目した。

チャートの小褶曲には、非対称で連続的な2つの褶曲がペアとなって、S字型あるいはZ字型をなす場合がめずらしくない(第2図)。中之保背斜および下之保向斜のチャート層中に発達する小褶曲のうち、S字型あるいはZ字型の非対称な小褶曲約300ペアの形態・非対称性・半波長・翼の走向傾斜を151地点で測定した(第3図)。なお、S字型またはZ字型の判定の際には、観察する方向を西向きもしくは下向きに統一した。

#### 小褶曲の形成時期と成因

上麻生地域の南方の坂祝向斜(Mizutani, 1964)では、ジュラ紀と考えられる砂岩のシルがチャートとともに褶曲している。そのシルには脆性破壊は観察されないため、チャートの小褶曲が形成された時には、シルの砂岩は未固結であったとみなされる(Otsuka, 1989)。このことから、小褶曲が形成された時期はジュラ紀であり、時期的にみて、海洋

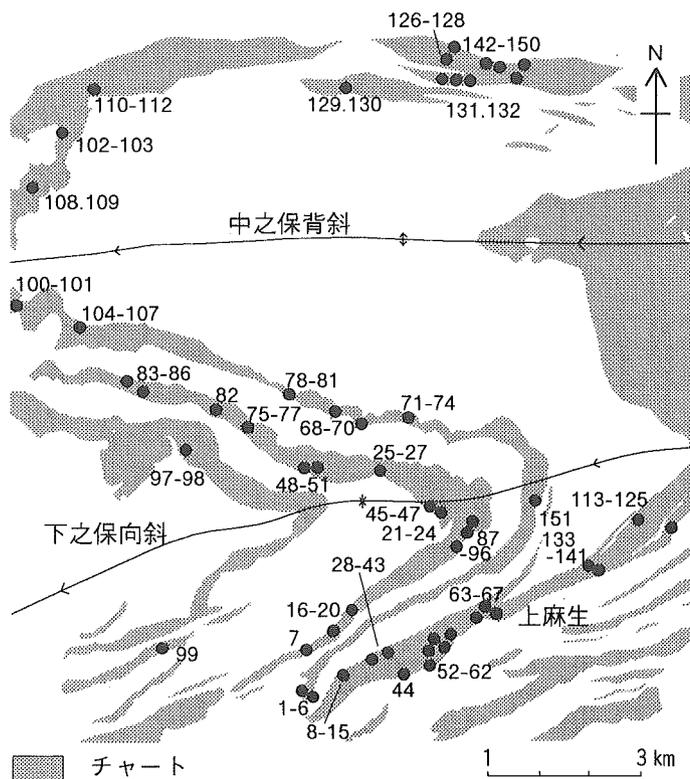


第2図 チャートの小褶曲(Z字型)  
スケールは14cm。

プレートの沈み込みに伴って付加体内に生じた強い単純剪断の結果、小褶曲が形成されたと考えられている。この小褶曲の軸や軸面の方位は、形成直後の付加体内ではほぼ一定であり、付加体が形成された当時の応力方向を復元する際の指標として用いられている(Wahrhaftig, 1984; Otsuka, 1989など)。

#### 小褶曲の形態・半波長・翼間角

小褶曲は多くの場合、両翼が直線的でシェブロン褶曲に近い形態を示す。ただし、ヒンジは尖鋭ではなく、丸みを帯びている場合が一般的である。小褶曲の半波長は15cmから3mにわたるが、20cmから1mの範囲に入るものが多い。第4図は、中之保背斜北翼・下之保向斜北翼(=中之保背斜南翼)・下之保向斜南翼における小褶曲の翼間角とそれらの合計の例数を示したものである。翼



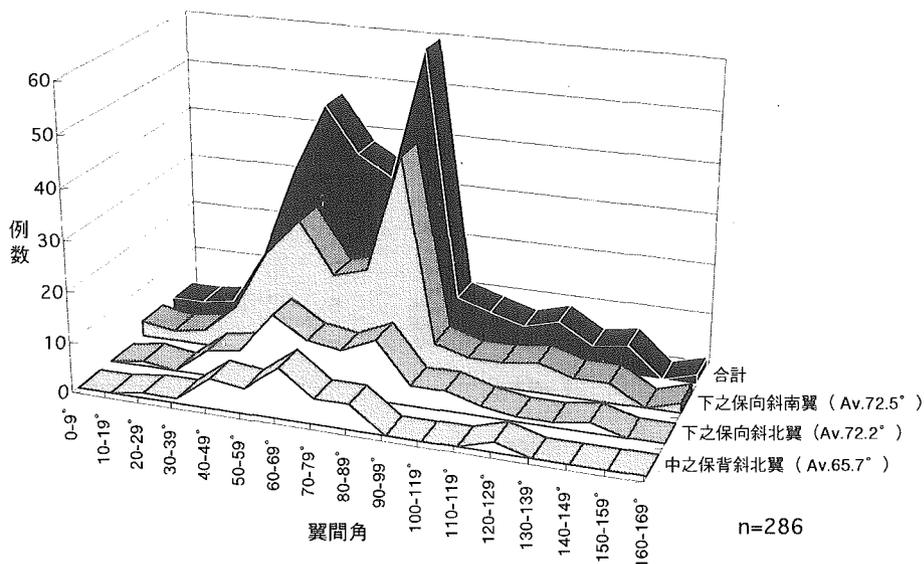
第3図 チャートの小褶曲の観察地点

間角は、いずれの翼でもほぼ同様な傾向を示し、 $30^\circ$  から  $90^\circ$  のものが圧倒的に多い。また、各翼の小褶曲の平均的な翼間角は、下之保向斜に比べて中之保背斜北翼の方が小さい。

#### 小褶曲の非対称性

小褶曲を一定方向で観察した場合の、S字型のペアをなす小褶曲とZ字型のペアをなす小褶曲の観察例数、およびそれらの存在比をまとめたものが第2表である。大規模褶曲のすべての翼でS字型小褶曲が優勢である。このことは、チャートの小褶曲が形成される際に、顕著な単純剪断がはたらいたことを示している。この、S字型小褶曲が優勢であるという傾向は、坂祝向斜においても同様である (Otsuka, 1989)。

もし、チャートの小褶曲が、大規模褶曲形成時の翼部でのひきずりによって形成されたものであるならば、翼によってS字型小褶曲が優勢となる場合と、Z字型小褶曲が優勢となる場合が出現することが期待される (第5図a)。しかし実際には、第2表に示されているように、どの翼においてもチャートの小褶曲はS字型のものが優勢である。したがって、チャートの小褶曲は、大規模褶曲形成前に存在していたものとみなされる (第5図b)。このことは、先に述べたように、チャートの小褶曲が付加の際に形成されたとする見解と矛盾しない。



第4図 チャートの小褶曲の翼間角ヒストグラム  
下之保向斜北翼は中之保背斜南翼と同じ。

第2表 チャートの小褶曲のS字型とZ字型の割合

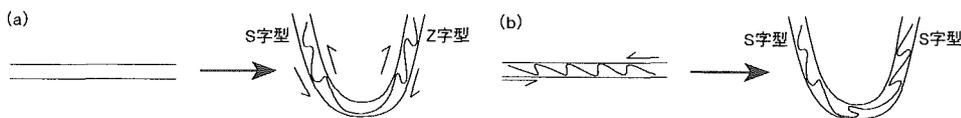
|       | 下之保向斜南翼 | 下之保向斜北翼<br>(=中之保背斜南翼) | 中之保背斜北翼 |
|-------|---------|-----------------------|---------|
| 観察例数  | 68      | 37                    | 23      |
| S : Z | 5 : 1   | 3 : 1                 | 2 : 1   |

なお、少数ながらも存在するZ字型小褶曲は、S字型小褶曲と同時に形成された共役褶曲であると推定される。

小褶曲と大規模褶曲

チャートの小褶曲は付加の際に形成され、その軸の方位は大規模褶曲形成前にはほぼ一定であったと考えられる。したがって、小褶曲の軸の方位をマーカーにして、大規模褶曲の形態を知ることが可能である。

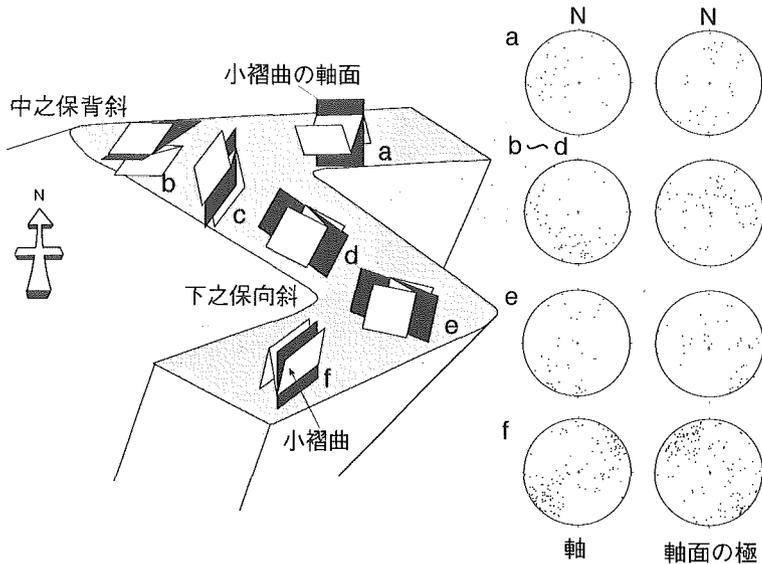
大規模褶曲の各地点で測定された、小褶曲の軸と軸面の方位データをもとに、中之保背斜および下之保向斜のチャート層中に発達する小褶曲の姿勢を模式的に示したものが第6図である。中之保背斜北翼・下之保向斜南翼・坂祝向斜南翼の走向は、美濃帯の一般走向に一致している。そのような部分(第6図, a・f)では、小褶曲の軸は水平に近く、一般



第5図 チャートの小褶曲と大規模褶曲の関係

(a) 小褶曲が大規模褶曲のひきずりによって形成された場合

(b) 小褶曲が大規模褶曲の形成前に存在していた場合



第6図 大規模褶曲中のチャートの小褶曲の姿勢

- a. 中之保背斜北翼
- b. 中之保背斜軸部
- c・d. 下之保向斜北翼（中之保背斜南翼）
- e. 下之保向斜軸部
- f. 下之保向斜南翼

ステレオ投影は下半球等積投影。

走向にほぼ平行である（Otsuka, 1989および本論）。一方，下之保向斜の軸部から中之保背斜の北翼にかけては，小褶曲の軸の方位は南から西へ，軸面は南傾斜から西傾斜をへてほぼ垂直へと次第に変化していく（第6図，e→a）。

## 考 察

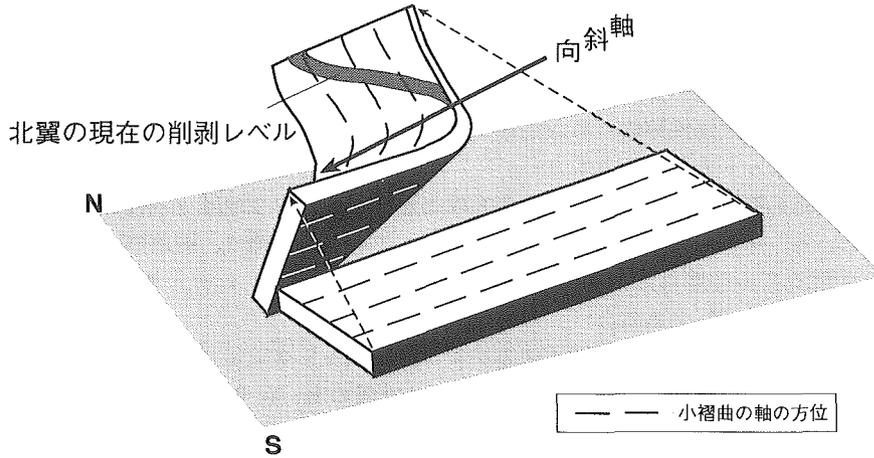
### 大規模褶曲の形態

付加の際にはほぼ水平であったと考えられるチャートの小褶曲の軸が，美濃帯の一般走向とは斜交する下之保向斜北翼（＝中之保背斜南翼）で大きくプランジしている。このことから，下之保向斜は，基本的には第7図のように，北翼の上昇を伴いながら形成されたと考えられる。これは，坂祝向斜の形成（Otsuka, 1989）と同様である。

また，下之保向斜北翼（＝中之保背斜南翼）におけるチャートの小褶曲の軸・軸面の方位は，第6図（e→a）のように変化している。このことから，大規模褶曲は単純な円筒状褶曲ではなく，第8図のような半ドーム・半ベーズン構造をなしていると考えられる。第1表の褶曲軸のプランジは，大規模褶曲を円筒状褶曲とみなしたときのものであり，実際には，プランジは深度とともに変化しているものと考えられる。

### 大規模褶曲の形成

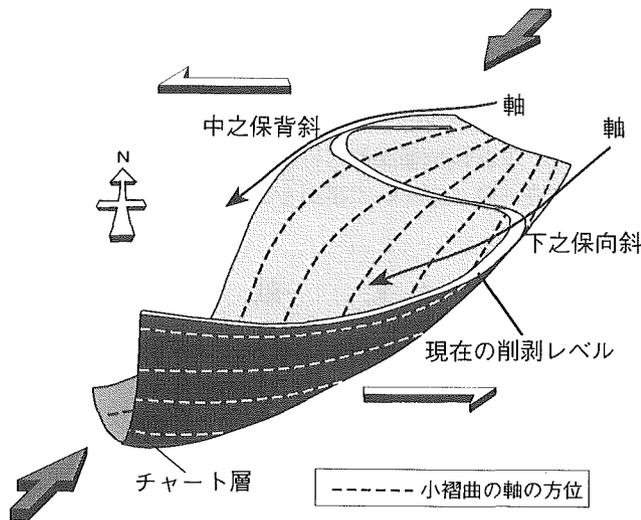
中之保背斜北翼および下之保向斜南翼は，美濃帯ジュラ紀付加コンプレックスの一般走



第7図 下之保向斜の形成

向に平行である。一方、下之保向斜北翼(=中之保背斜南翼)は、ジュラ紀付加コンプレックスの一般走向とは異なった走向を示し、かつ、その長さは中之保背斜北翼および下之保向斜南翼に比較するとかなり短い。大規模褶曲が、翼の長さに関して非対称であることは、形成時に単純剪断がはたらいたことを示している。この場合、単純剪断のセンスは左ずれである。

以上のことから、『美濃帯ジュラ紀付加コンプレックスが、左横ずれを伴う圧縮場に置かれた結果、半ドーム・半ベーンをなす、非対称な大規模褶曲が形成された』という形成過程が復元できる(第8図)。削剥レベルの違いで、下之保向斜軸部から中之保背斜軸部にかけて、次第に構造的な下位の地質体が現れていることになる。チャートの小褶曲の平均的な翼間角が、下之保向斜に比べて中之保背斜で小さくなる(第4図)のもこのためと



第8図 大規模褶曲の形態と成因

考えられる。

### 大規模褶曲の形成時期

一般に、大規模褶曲の形成時期は、その褶曲を構成している最新期の地層の堆積年代よりも若い。また、大規模褶曲の形成時期は、褶曲した地層に貫入したり、それを不整合でおおう地質ユニットの年代よりも古い。

丹波帯西部の篠山地域では、下部白亜系篠山層群が、上麻生地域と同様な大規模褶曲に参加している。その中で知られている年代のうちで最も若い値は、同層群上部の凝灰岩に含まれる角閃石から得られた K-Ar 年代およびフィッシュントラック年代の  $100 \pm 5 \text{Ma}$  (松浦・吉川, 1992) である。

上麻生地域で、大規模褶曲を構成するジュラ紀付加コンプレックスに貫入する最古の地質ユニットは河岐<sup>かわまた</sup>トーナライトである。その黒雲母の K-Ar 年代は  $87.4 \pm 1.9 \text{Ma}$  (山田ほか, 1992) である。また、美濃帯の大規模褶曲を不整合に覆う濃飛流紋岩類に対比される泉南酸性岩類のカリ長石からは、 $90.4 \pm 2.8 \text{Ma}$  (柴田・内海, 1992) という K-Ar 年代が得られている。

これらの年代に従えば、大規模褶曲は、前期白亜紀の最末期 (Albian) から、後期白亜紀の前期 (Coniasian) にかけてのある時期に形成されたことになる。

中国地方の古生代付加コンプレックス分布地帯・秩父帯・三波川帯などには、その形態と規模から判断して、美濃帯の大規模褶曲に対比されうる褶曲構造がひろがっている。美濃帯の大規模褶曲は、三波川帯で提唱された「肱川時相」(原ほか, 1977) の褶曲に対比することができよう。

この白亜紀の大規模褶曲は、西南日本の先白亜紀の地質帯のほぼ全域にわたって見いだされる。多くの例で、褶曲の形態から見て左ずれの単純剪断の影響が顕著であること、時期的に見て中国の Tan-Lu 断層系の活動時期に一部重なることなどから、白亜紀のアジア東縁部での大規模な左横ずれ運動 (Xu *et al.*, 1993 など) に関連するものであろう。

## 謝 辞

信州大学理学部地質科学教室の層位・構造談話会の方々には、研究を進めるにあたり貴重なご意見をいただいた。また岐阜県加茂郡川辺町教育委員会の高井守氏、長谷川久男氏とご家族の方々には、調査の際に暖かいご援助をいただいた。以上の方々には心よりお礼を申し上げます。

## 文 献

- 原 郁夫・秀 敬・武田賢治・佃 栄吉・徳田 満・塩田次男, 1977, 三波川帯の地体構造論. 秀 敬編「三波川帯」, 307-390.
- 狩野謙一, 1982, 美濃-領家帯の中生層の重力滑動とそれに伴う地質構造. 静岡大学地球科学研究報告, 7, 9-33.
- Kimura, T., 1960, On the geologic structure of the Paleozoic group in Chugoku, West Japan. *Sci. Pap. Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo*, 10, 109-124.

- 松浦浩久・吉川敏之, 1992, 兵庫県東部に分布する前期白亜紀篠山層群の放射年代. 地質雑, **98**, 635-643.
- Mizutani, S., 1964, Superficial folding of the Palaeozoic system of central Japan. *Earth Sci. Nagoya Univ.*, **12**, 17-83.
- 水谷伸治郎・小井土由光, 1992, 金山地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 111p.
- 大塚 勉, 1985, 長野県美濃帯北東部の中・古生界. 地質雑, **91**, 583-598.
- Otsuka, T., 1988, Paleozoic-Mesozoic sedimentary complex in the eastern Mino Terrane, central Japan and its Jurassic tectonism. *Jour. Geosci., Osaka City Uni.*, **31**, 63-122.
- Otsuka, T., 1989, Mesoscopic folds of chert in the Triassic-Jurassic chert-clastics sequence in the Mino Terrane, central Japan. *Geol. Soc. Japan*, **95**, 97-113.
- 大塚 勉, 1991, 美濃帯の白亜紀左横ずれ運動. 日本地質学会第98年学術大会講演要旨, 319.
- 斉藤 眞・塚本 齊, 1993, チャート角礫岩-美濃帯中部, 七宗-武儀地域における産状と放散虫化石. 地質雑, **99**, 117-133.
- 柴田 賢・内海 茂, 1992, K-Ar年代測定結果-4. 地調月報, **43**, 359-367.
- Xu Jiawei, Ma Guofeng, Tong Weixing, Zhu Guang and Lin Shoufa, 1993, Displacement of the Tancheng-Lujiang wrench fault system and its geodynamic setting in the northwestern circum-Pacific. In: Xu Jiawei ed. *The Tancheng-Lujiang Wrench Fault System*. John Wiley & Sons Ltd., 51-74.
- Wakita, K., 1988, Origin of chaotically mixed rock bodies in the Early Jurassic to Early Cretaceous sedimentary complex of the Mino terrane, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **39**, 675-757.
- Wahrhaftig, C., 1984, Structure of the Marin Headlands Block, California: a progress report. In: M. C. Blake, Jr. ed. *Franciscan geology of northern California*. The Pacific Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Los Angeles, California, U.S.A. 31-50.
- 山田直利・柴田 賢・佃 英吉・内海 茂・松本哲一・高木秀雄・赤羽 久, 1992, 阿寺断層周辺の火成岩類の放射年代と断層活動の時期. 地調月報, **43**, 759-779.

**Large-scale folds in the Kamiaso area,  
Mino Terrane, central Japan.**

Mariko MIZUNO and Tsutomu OTSUKA

Department of Geology, Faculty of Science  
Shinshu University

(Received 4 July 1997)

key words: *Mino Terrane, Kamiaso, chert, fold, half-dome, half-basin, sinistral simple shear, Cretaceous*

**Abstract**

The Mino Terrane in central Japan is the Jurassic typical subduction complex. The complex has been folded to form large-scale synclines and anticlines trending E-W and plunging west.

Small-scale folds are commonly found in the cherts which are widely exposed in the Mino Terrane. The chert folds are considered to have been formed under the uniform stress field in subduction/accretion in Jurassic time. The regular orientation of the axes of the chert folds can be regarded as an index for analysis of the three-dimensional form of the large-scale synclines and anticlines.

Judging from the change of the orientation of the axes of the chert folds, the Shimonoho syncline and the Nakanoho anticline in the Kamiaso area show asymmetrical half-basin and half-dome structures. The asymmetry of the syncline and anticline indicates that they have been formed under the remarkable sinistral simple shear.

The large-scale folds are widespread over the pre-Cretaceous terranes in the Southwest Japan. The age of the formation of the large-scale folds are restricted between late Early and early Late Cretaceous time. The formation of the large-scale folds in Cretaceous time is interpreted as a result of the sinistral displacement that dominated the eastern margin of the Eurasian continent.