

曲げ褶曲の事例

－人吉盆地の地質教材開発－

林 智洋¹・田中 均²・本多栄喜³・田口清行⁴
高橋 努⁵・村本雄一郎⁶

Examples of Bending Fold

－ Teaching Materials Used in Local Geology of the Hitoyoshi Basin －

Tomohiro HAYASHI, Hitoshi TANAKA, Eiki HONDA, Kiyoyuki TAGUCHI,
Tsutomu TAKAHASHI and Yuichiro MURAMOTO

(Received October 1, 2008)

The Hitoyoshi Basin is situated in the southern part of Kumamoto Prefecture. The sequence of rocks in the basin is as follows:

Alluvial deposits

Alluvial fan deposits

Pyroclastic flow deposits ; Kakuto (300 ~ 320 Ka), Aso 4 (70 ka), Ito (21 ka)

~~~~~  
Hisatsu volcanics ; Kurojiro andesite, Kanamegawa basalt, Ono andesite, Unokawa andesite,  
Kuma-Kunimiyama andesite, Kiwada andesite, Amabukiyama rhyolite

~~~~~  
Hitoyoshi formation (Late Pliocene)

Upper member (chiefly mud stone)

Lower member (conglomerates, tuff breccia, sandstones and tuffs)

~~~~~  
Pre-Pliocene basements (Shimanto supergroup)

This paper presents the results of detailed studies of the bending fold observed in the Hitoyoshi formation and alluvial fan deposits.

**Key words :** Bending fold, Hitoyoshi formation, Alluvial fan deposits, Hitoyoshi Basin,  
Kumamoto Prefecture

### 1. はじめに

褶曲構造とは一般的に層状の地層が波状に変形した形態をいう。この褶曲構造は様々な基準により数多くの分類がなされているが、基本的には形態的（幾何学的）分類、褶曲機構に基づく分類、地質環境に基づく分類（垣見・加藤：1994）に分けられている。

今回の褶曲の研究では褶曲機構に基づく分類に従っている。褶曲機構に基づく分類では、力の作用方向が層理と平行な力（水平方向の圧縮力）による分類のバックリング（座屈褶曲）と層理と直行する力（鉛直方向の圧縮力）による分類のペンディング（曲げ褶曲）の2つに分けられている。

しかしながら、教科書や資料集の中には、図1に示

<sup>1</sup> 熊本市立長嶺小学校：〒861-8039 熊本市長嶺南 7-22-1

<sup>2</sup> 熊本大学教育学部理科教育（地学）：〒860-8555 熊本市黒髪 2-40-1

<sup>3</sup> 熊本大学大学院教育研究科：〒860-8555 熊本市黒髪 2-40-1

<sup>4</sup> 熊本市立教育センター：〒869-0001 熊本市千葉城 2-35

<sup>5</sup> 八千代エンジニアリング株式会社：〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12

<sup>6</sup> 多良木中学校：〒868-0501 球磨郡多良木町多良木 1736

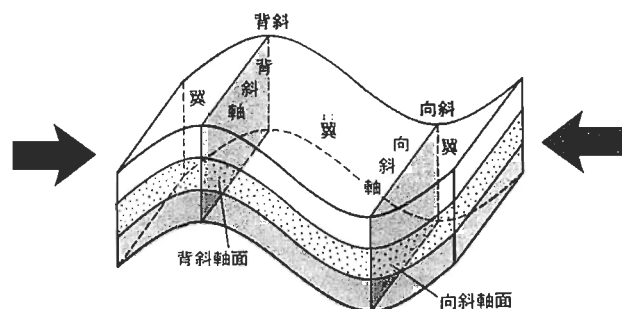
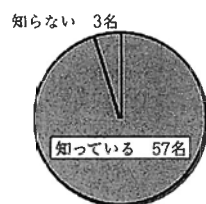
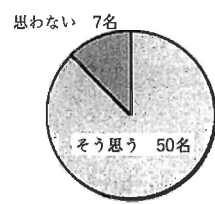


図1. 褶曲構造  
(高校地学 I B 数研出版)

問1 地層の褶曲構造の成因を知っていますか？



問2 褶曲は水平方向からの圧縮による力で形成されると思いますか？



問3 褶曲は鉛直方向からの力によっても形成されると思いますか？



問4 質問3でそう思うと答えた人は、どのような地質事象をイメージしますか？

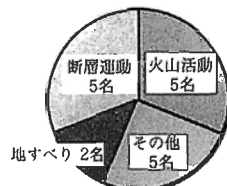


図2 熊本大学教育学部理科学学生 60 名を対象とした褶曲構造についてのアンケート調査結果

すように「褶曲とは水平方向から圧縮力が加わり、地層が波状に変形する現象」とされているものが多く、鉛直方向の圧縮力による褶曲を取り扱っている事例は乏しい。このため、褶曲構造と聞くとその成因が、図2に示すように水平方向からの圧縮力で形成されると思っている学生が非常に多い。

また、鉛直方向の力で褶曲が生じると答えた学生でも地質事象の具体的な内容について漠然としているようである。

ここでは、鉛直方向の力の作用で形成された曲げ褶曲の2つの事例を取り上げる。事例1として熊本県の人吉盆地鹿目町で見られる人吉層の褶曲構造と事例2として相良村の高原台地で見られる扇状地堆積物の褶曲構造をそれぞれ取り上げる。

事例1で観察される人吉層の曲げ褶曲は、火山体の上載荷重に起因する曲げ褶曲であることが詳細な地質調査によって明らかになったので、その概要を報告す

る。

## 2. 事例1 人吉層の曲げ褶曲

### 2-1. 鹿目町の地形・地質概要

調査位置は図3に示すように熊本県人吉市西部に位置する鹿目町の鏡山周辺部である。この鏡山は、人吉盆地南西部に広範囲に分布する肥薩火山群の1つで、その東限を草津川、西限を鹿目町、北限を小柿付近までの地域に1つの円錐状の山塊（標高589.7m）をなしている。また、この山体は鹿目川玄武岩によって構成されている。

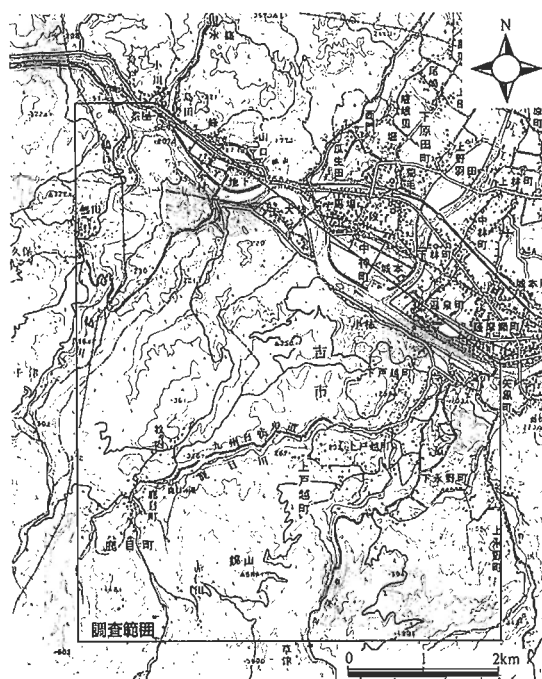


図3 調査位置図（基図は国土地理院発行、5万分の1地形図「佐敷」一部を使用）

鹿目川玄武岩は、人吉盆地内に約250万～300万年前に堆積した人吉層（鳥井ほか、1999）の上に不整合関係に重なっている。

人吉層は盆地内の西部および北西部に広範囲に分布しているものの鹿目町では断続的で、連続して広範囲に追跡できる場所は少ない。しかしながら鹿目町鏡山北西部を東北東に流下する鹿目川と鏡山東側を北方に流れる草津川沿いの川岸の露頭では人吉層上部層が観察される。

### 2-2. 地質各論

#### (1) 人吉層

人吉層は、新生代第三紀の鮮新世後期（約250万年前（鳥居ほか：1994））に人吉盆地内に形成された半～未固結の湖成層である。人吉層は上部層と下部層に分類されており、下部層は礫岩・砂岩・シルト岩など

の碎屑性堆積岩類を主体とし、火山碎屑岩類を多く挟在している。上部層は主にシルト岩優勢の砂岩互層からなっている。

人吉盆地北部、西部の人吉層の一般的な走向・傾斜はNE-SW・15～20°SEである。北西側の基盤に近いほど傾斜は急となり、基盤を離れると緩やかとなる。盆地の東部に関しては人吉層が沖積層の下に没するため詳細は不明である（田村ほか：1962）。

## (2) 鹿目川玄武岩

鹿目川玄武岩は人吉層堆積後の新生代第四紀の更新世に形成されたものである。

鹿目川玄武岩は緻密・堅硬で柱状節理の発達が顕著であり、複式地の鹿目の滝において柱状節理の発達がとくに著しい。肉眼では特徴的な優黑色を呈し、黒色ないし青黒色の石基中に微小な斜長石・かんらん石および輝石の斑晶がわずかに散在している。

層位関係は鹿目の滝の滝壺において人吉層上部のシルト岩を不整合に覆い、南方の赤仁田付近においては鶴川安山岩・雨吹山流紋岩に不整合関係で覆われている。

### 2-3. 火山体の上載荷重による褶曲

人吉層は地質調査の結果、全体として南東に傾斜する単斜構造を呈しているにも拘らず、塚脇ほか（1986）の人吉盆地西部の地質図では、鏡山東部草津川の人吉層上部において、人吉層の一般走向・傾斜とは逆のもの（図4のA：走向N-S、傾斜20W）が見られた。そこで、現地に赴き周辺の地形を観察すると、標高589.7mの円錐形をした鏡山が位置しており（図5）、この火山体の荷重によって半固結の人吉層が沈下し、地質構造が乱されたため逆方向の傾斜を生じたのではないかと予測した。このことを検証するために、鏡山周辺の鹿目川、草津川の川岸に沿って人吉層上部層の良好な露頭が見られることから、その走向・傾斜を詳細に測定した。測定結果は、図6に示すように、おおよそ鏡山西部で東傾斜、東部の草津川で西傾斜、鏡山の中央から北部の鹿目川ではほぼ水平であった。人吉層の一般的な走向はNE-SW、傾斜はSE（走向：北東-南西、傾斜：南東）であることから鏡山周辺の人吉層が褶曲していることが確認できる。

地質調査の結果、鏡山周辺部の人吉層の上部層はほぼ鏡山を取り巻くように傾斜していることが明らかになった。

鏡山は盆地内に人吉層（新生代第三紀の鮮新世後期）が堆積してまもない未固結の状態のときに、肥薩火山活動により鹿目川玄武岩（新生代第四紀の更新世）が人吉層の上部層に重なるように噴出した。

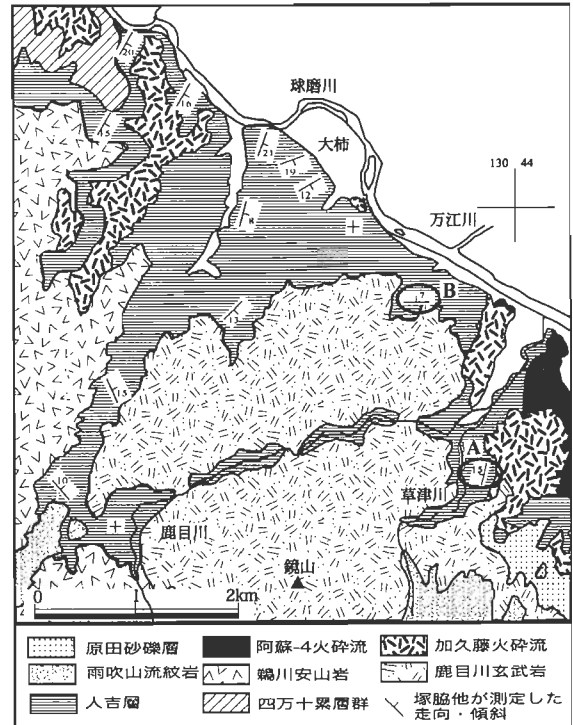


図4 球磨川以南の調査位置の地質図  
（塚脇ほか（1986）一部改）



図5 鹿目川玄武岩からなる鏡山（EL:589.7 m）

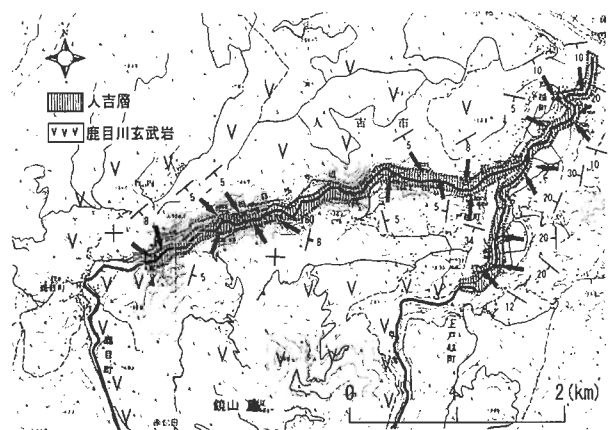


図6 鹿目川および草津川沿いの人吉層上部層の走向・傾斜





地に流入する地点を基点にほぼ扇型に広がる高原台地である（図 1）。

この高原台地には、約 32 万年前に噴出・堆積した加久藤火砕流堆積物が分布している。この加久藤火砕流堆積物は、下半部の灰～暗灰色で、やや不規則な柱状節理がよく認められる強溶結部と上半部の軽石質の非溶結部とが認められる。その上位には、川辺川から供給された秩父累帯や四万十帯を構成する様々な堆積岩類の礫岩層や砂岩層からなる扇状地堆積物および新期の火山灰や軽石層が分布している（図 10）。

### 3-2. 地質各論

#### (1) 加久藤火砕流堆積物

加久藤火砕流堆積物下半部：強溶結した下半部は灰色でガラス状光沢を呈する石基中に短柱状の斜長石斑晶・輝石斑晶および異質岩片が散在しており、軽石はほとんど認められない。この強溶結部には、0.8～1m 幅の柱状節理が発達している（図 11）。

加久藤火砕流堆積物上半部：主に弱溶結部からなる上半部では紫色がかかった灰色の基質中に最大径 18cm、多くはこぶし大の大きさで、多少横方向に伸長した黄色軽石が散在しているのが特徴である。また、安山岩起源の異質岩片を多量に含む傾向がある（図 12）。さらに、上半部最上部には、風化した層状を呈する黄褐色凝灰岩層と二次シラス堆積物が分布している。

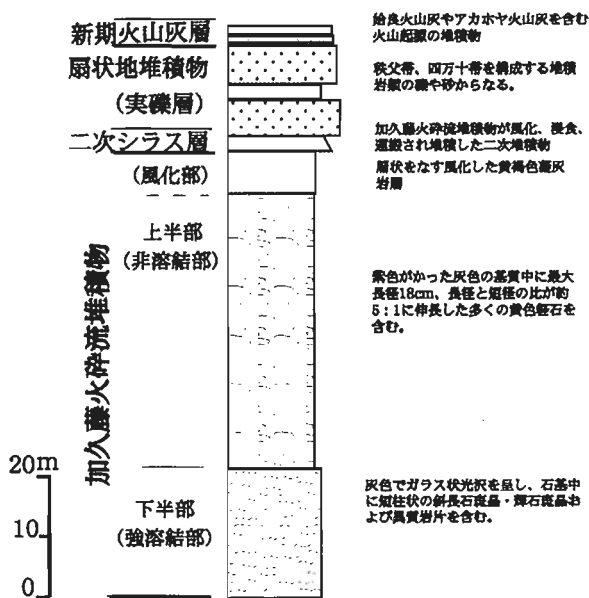


図 10 高原台地の地質柱状図

#### (2) 扇状地堆積物

高原台地に分布する扇状地堆積物は、長径約 10～5cm のチャートや砂岩の円礫を主体とする淘汰不良の砂混じり礫岩からなる。原田（1993）は、この礫岩

層を実礫層として記載している。砂岩礫は風化が進行してもろくなっているが、チャートは風化に強く目立った存在である。この礫岩層は、あさぎり町新深田



図 11 加久藤火砕流強溶結部露頭（図 9 の地点 1）

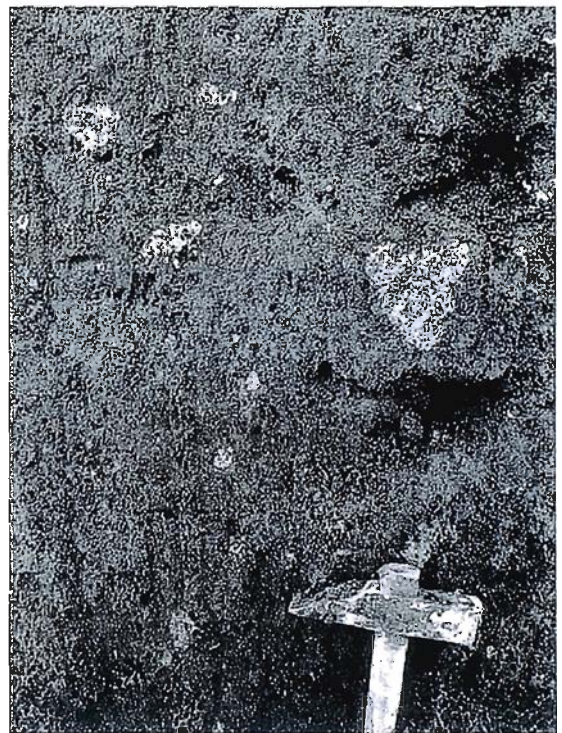


図 12 非～弱溶結部の軽石を多く含む火砕流堆積物の様子（図 9 の地点 2）



図 13 加久藤火砕流堆積物に重なる褶曲した扇状地堆積物（八千代エンジニアリング株式会社から提供）（図 9 の地点 3）



南方の露頭では厚さに変化が認められ、褶曲構造の向斜部で厚く、背斜部で薄い傾向が認められる。

### 3-3. 不等沈下による褶曲モデル

一般に火砕流堆積物は、凹凸のある旧地形を覆って平坦化する働きがある。このような平坦化した堆積物の上に主に土石流堆積物から成る扇状地堆積物が重なると凹部のチャネルと凸部の舌状の形態（ローブ）を呈する地形が形成される。その結果、場所によって加久藤火砕流堆積物の上に重なる扇状地堆積物の厚さ、換言すれば上載荷重に不均一性が生じてきたと考えられる。

非～弱溶結の加久藤火砕流堆積物中には、多くの軽石が含まれており、上載荷重が大きいところの軽石は、潰され粘土化（体積縮小）が進行するとともに、それが小さいところではいろいろなサイズの未風化核（軽石を含む新鮮な岩体）を残し、そこでは体積縮小が小さいことが確認された。すなわち、未風化核が残っているところは、褶曲構造の背斜を示し、粘土化が進行しているところは向斜を示している。（図14、15、16）。

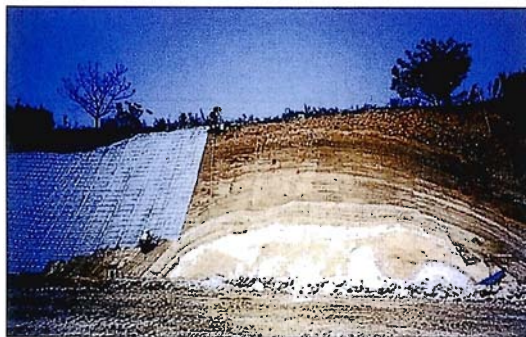


図14 白い未風化核が残っている部分が背斜軸形成している（原田正史 撮影）（図9の地点4）



図15 向斜軸部の状況（原田正史 撮影）  
（図9の地点5）

その不等沈下モデルを図18に示す。

また、この不等沈下によって、加久藤火砕流堆積物は変形することになる。それに伴って軽石の粘土化と

ともに軽石が薄くつぶれ、さらに変形する様子が観察される（図17）。また、粘土化が著しい地点では、階段状の断層が形成されている。

その後、粘土化した部位が拡大し、全体的に沈降していくと、やがて、撓みによって向斜構造が形成され、



図16 右側の背斜部に白い未風化核が認められる（原田正史 撮影）（図9の地点6）



図17 軽石の変形構造

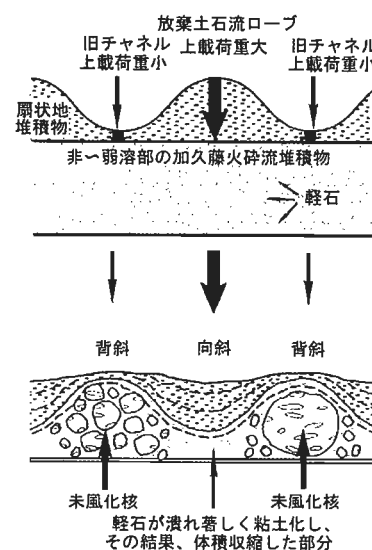


図18 上載荷重の差異による軽石を含む加久藤火砕流堆積物の不等沈下モデル

断層は逆断層様に見えるようになることもある（図20）。これもやはり堆積収縮を伴う粘土化によるものであり、図19にその形成過程のモデルを示す。

以上のように、褶曲は水平的な圧縮力で形成されるのではなく、鹿児島県や熊本県のように火砕流堆積物等が広く分布しているところでは、それを覆う被覆層の厚さの相違によって形成される場合があるので注意を要する。これは扇状地堆積物等の上載荷重の違いによって、下位の軽石を多量に含む加久藤火砕流堆積物の粘土化に伴う堆積収縮率の違いを引き起こし、その

結果、加久藤火砕流上半部の最上部層（風化した層状の凝灰岩層）や扇状地堆積物中に褶曲構造が形成されることになる。

### 3-4. まとめ

褶曲は、水平方向から圧縮力が加わり、地層が波状に変形する現象として、とり扱われることが多いが、火砕流堆積物など軽石を多く含む地質体はそれを覆う堆積物の荷重の相違によって不等沈下（体積収縮）を起こし、その結果上位の堆積物が褶曲を呈する場合があることに留意する必要がある。

謝辞 露頭写真のいくつかは、原田正史氏および八千代エンジニアリング株式会社九州支店から提供して頂いたものを使用している。ここに厚くお礼申し上げます。

### 引用文献

- 原田正史（1998）：相良村誌，第1章 地勢と地質，17-59。  
 大森昌衛ほか（2003）：高等学校地学Ⅰ，実教出版株式会社  
 田村実・徳山康浩・田上公輔（1962）：人吉盆地西部の地質概報，熊本大学教育学部紀要，No. 31，p. 93-104。  
 鳥井真之・池田和則・板谷徹丸（1999）：熊本県人吉盆地に分布する人吉層中の凝灰岩の K-Ar 年代，地質学雑誌，Vol. 105, No. 8, p. 585-588。  
 塚脇真二・倉富健治・金田俊郎・大木公彦・早坂祥三（1986）：人吉盆地西部における上部新生界の層序，鹿児島大学理学部紀要（地学・生物），No19, p. 87-106，1pl。  
 内海和彦ほか（2003）：高等学校地学Ⅰ，第一学習社

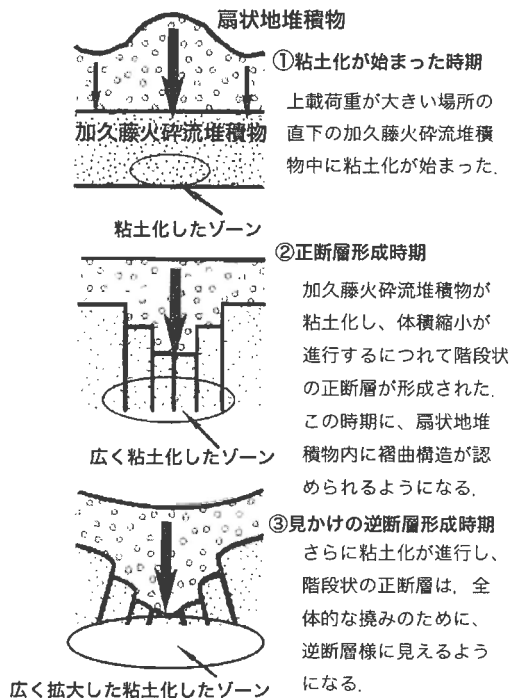


図19 向斜構造付近の見かけの逆断層形成モデル



図20 向斜軸付近の見かけの逆断層