

北部フォッサマグナ，小諸陥没盆地にみられる 大杭背斜構造についての予察的検討

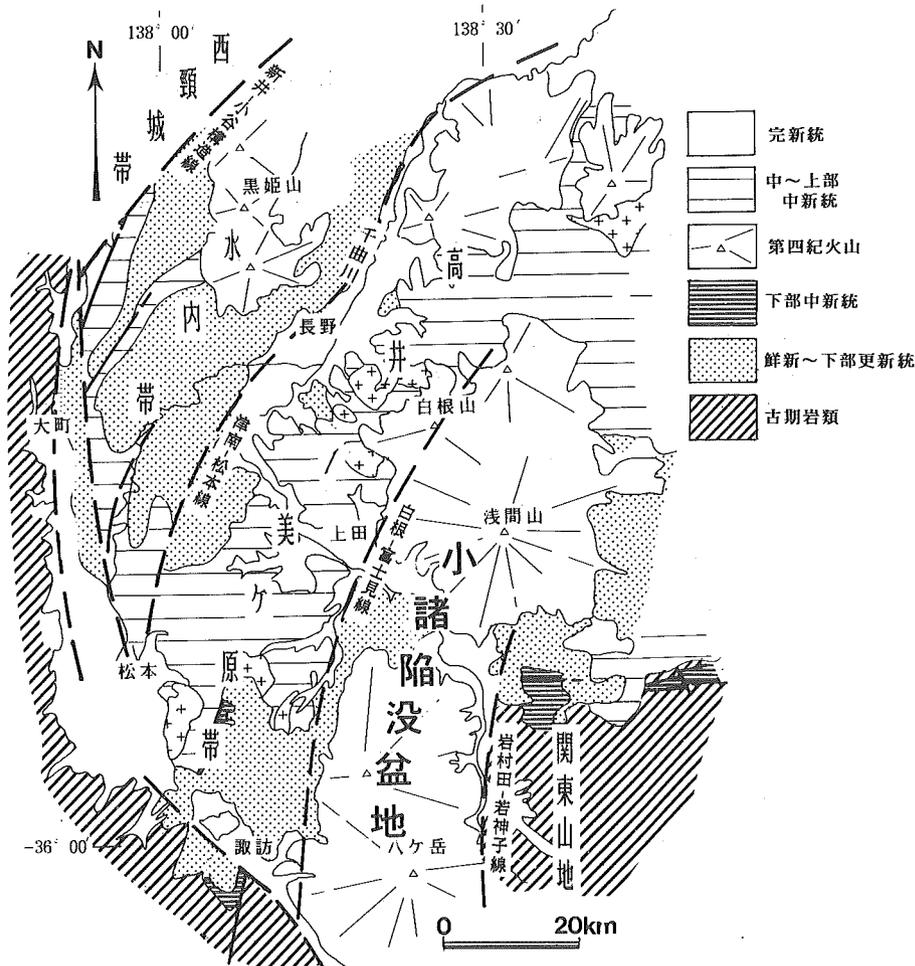
小坂共栄・牧野公美

信州大学理学部地質科学教室

(1995年 8月30日受理)

はじめに

北部フォッサマグナの新第三系～下部第四系は，北北東—南南西方向の数本の構造線によって帯状に区分される（第1図）。その中において高井—美ヶ原帯と関東山地にはさま



第1図 北部フォッサマグナ新第三系にみられる帯状構造（小坂ほか，1991）を一部修正

れる小諸陥没盆地（山岸・小坂，1991）は，東西の幅が約20kmでその内部に鮮新統～下部更新統の湖沼性堆積物からなる小諸層群（飯島ほか，1956）が分布している。その多くは堆積後の断層運動・褶曲作用などの変動をあまり強く受けておらず，この地帯が鮮新世以降，比較的静穏な状況にあったことを示している。

ところが，本報告で紹介する長野県東部の小諸市大杭地域（第2図）の褶曲構造は小諸層群の中にあっては例外的ともいえるほどに強く変形しており，飯島ほか（1956）によって大杭背斜とよばれた。また，背斜構造の一部はその形態的な特徴から「なぎなた岩」ともよばれている。その構造的な特徴や地質学的意味を明らかにすることは，本地域における小諸層群堆積後の造構史を考える上で重要である。



第2図 調査地域位置図

本報告は、大杭背斜の地質構造の特徴を述べ、その地質学的意味について若干の予察的な検討を行ったものである。

大杭地域の地質学的特徴

第1表 層序表

時代	層序		層厚(m)	
更新世	後期	小原層	30	
	中期	北佐久累層	20	
鮮新世	前期	小	瓜生坂層	80
			御牧ヶ原泥流	140
	小諸層群	中部	布引層	50
			大杭層	上部
		下部 II		110
		下部 I		30
下部	縹矢川溶結凝灰岩	10		

大杭背斜の構造が最も良く観察できるのは、小諸市大杭付近の千曲川河床およびその支流の縹矢川沿いである。この付近に分布する地層の層序を第1表に示した。それらは、鮮新統～下部更新統の小諸層群、中部更新統の北佐久累層、上部更新統の小原層、浅間軽石流堆積物である。本地域において大杭背斜構造に参加していることが明瞭な地層は小諸層群である。以下では小諸層群を中心として大杭地域の地質の概略的な特徴を述べる。

小諸層群は、基本的に下部・中部・上部の3層に区分できる。そして各層はさらに第1表に示したように細分される。

下部層の最下部をしめる縹矢川溶結凝灰岩層は、縹矢川が千曲川に合流する付近から縹矢川に沿ってその中流部にかけてみられる。

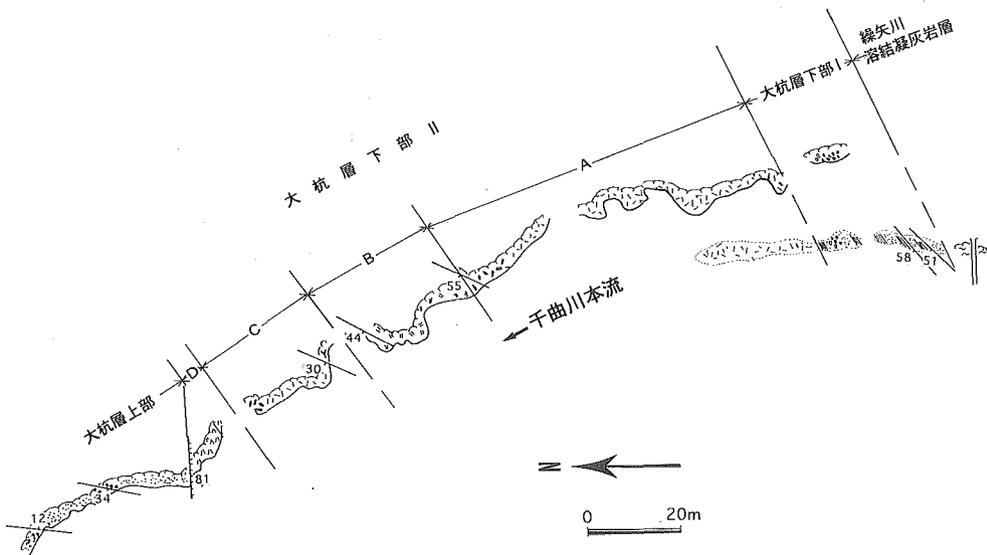
淡黄褐色で緻密な溶結凝灰岩からなり、肉眼ではユータキシティック構造は不明瞭である。有色鉱物として輝石を含み、岩質的には安山岩質の溶結凝灰岩といえる。Kaneoka et al. (1979) によって、4.25Ma の K-Ar 放射年代値が報告されている。縹矢川溶結凝灰岩層の上位には大杭層が重なる。大杭層はさらに下部 I, 下部 II, 上部に細分される。下部 I は礫岩・砂岩・シルト岩の互層からなる。下部 II は各種の軽石質の凝灰岩層からなり、その一部は火砕流堆積物としての特徴を示している。また一部に礫岩層やシルト岩層などをはさんでいる。上部は礫岩や砂岩・シルト岩からなり、一部に泥流堆積物をはさんでいる。

小諸層群中部層は、黒色の火山砂、黒色安山岩質凝灰角礫岩などからなる地層で、調査地域では宮沢付近の千曲川左岸側河床に一部が露出するのみである。

小諸層群上部層は、御牧ヶ原泥流と瓜生坂層に区分される。御牧ヶ原泥流は、淡黄褐色軽石質～粘土質の基質中に不淘汰の各種火山岩礫、堆積岩ブロック、材木化石などを多量に含む無層理の泥流である。瓜生坂層は層理の明瞭なスコリア質砂岩層、礫岩層、凝灰岩層からなり、最下部に白色のケイソウ土層が挟在される。

大杭橋より下流部の小諸層群

大杭橋は千曲川の本流にかかる木製のつり橋である。橋より下流約400mの間の千曲川右岸側には小諸層群が露出している。第3図は大杭橋下流の約200mにわたるルートマップである。ここでは小諸層群最下部の縹矢川溶結凝灰岩層、大杭層下部 I, II, 大杭層上部がほぼ連続して重なっているのがみられる。縹矢川溶結凝灰岩層は大杭橋の橋脚部付近



第3図 大杭橋より下流部のルートマップ（岩相記号は第6図に対応）

に露出しており、やや風化して淡灰褐色を呈する。ユータキシティック構造は肉眼では認められない。

大杭層下部 I は、 $N45^{\circ}E$, $50^{\circ}\sim 60^{\circ}NW$ の走向・傾斜で砂岩、砂質シルト岩、礫岩などが重なる地層である。層厚は約25mである。大杭層下部 II は、軽石質凝灰岩層からなっているが、岩相的には大部分が火砕流堆積物としての特徴を示しており、基本的にA～Dの4つのユニットに分けられる。各ユニットの特徴は次のとおりである。

ユニット A：暗青色～黒色の軽石質凝灰岩層で、塊状無層理。厚さ最大で約60mに達する。ユニットの基底部分で軽石の粒径が大きくなるのと、上方に向かっても粒径が大きくなる。単一の噴火によってもたらされた火砕流堆積物とみられる。

ユニット B：淡黄色の軽石質凝灰岩層で、厚さ約15m。

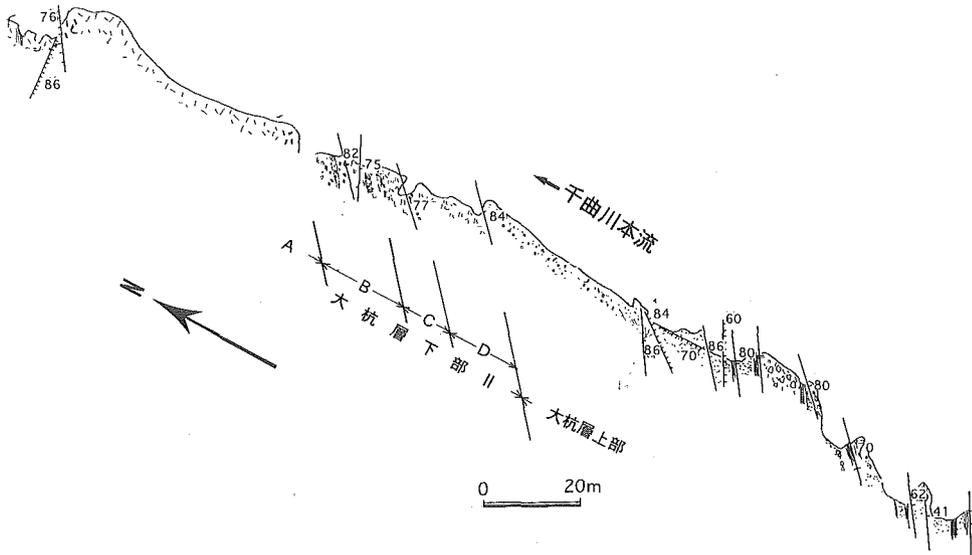
ユニット C：ユニット A と同じ特徴をもった暗青色～黒色の軽石質凝灰岩層で、厚さ約15m。基底部分付近に黒色の炭化木片を含む。上方に向かっても軽石の粒径が大きくなる。ユニット A と同じく、単一の噴火によってもたらされた火砕流堆積物とみられる。

ユニット D：単灰色の軽石質凝灰岩層で、厚さ約10m。

大杭層上部は、おもに礫岩層、砂岩層、シルト岩層からなり、軽石質凝灰岩層をときおりはさむ地層である。

大杭橋より上流部の小諸層群

大杭橋より上流部では、小諸層群は千曲川左岸側に大きな崖をなして連続的に露出している（第4図、写真版Ⅰ）。左岸側では裸矢川溶結凝灰岩層が露出しておらず大杭層下



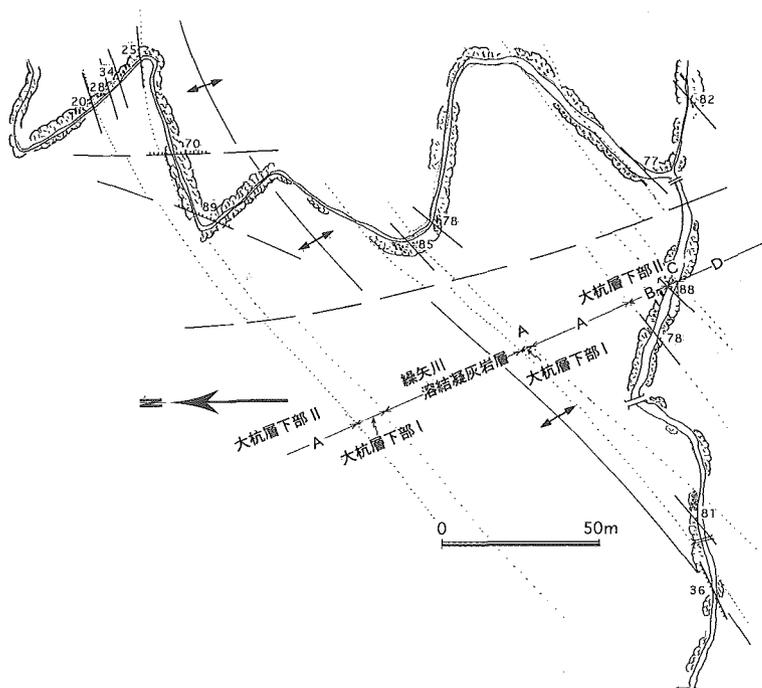
第4図 大杭橋より上流部のルートマップ（岩相記号は第6図に対応）

部との直接の関係は見るることができない。大杭層下部 I は、湯の瀬温泉より上流約100mの地点に露出しているが、凝灰質砂岩や良く淘汰された中礫サイズの礫岩層からなっている。大杭層下部 II は、大杭橋の下流部で見られるものと同じく、岩相上 A~D の4つのユニットに区別される。各ユニットの特徴も大杭橋下流部のそれとよく似ている。ただ、下流部に比べると上流部の大杭層下部 II の各ユニットの境界部や軽石質凝灰岩層、特にユニット B, D 中には、比較的淘汰の良い礫岩層やシルト岩層が挟在されているのが特徴である。ユニット C の基底部には、クロスラミナをもったサージ堆積物とおもわれる細粒凝灰岩層がみられる。またその直上には直径が50cm、長さが1mを越えるような完全に炭化した黒色の材化石が密集しており、その周囲にはセグリゲーションパイプ（ガス抜けパイプ）もみられる。大杭層上部は、礫岩、砂岩、シルト岩など、層理の明瞭な碎屑岩層が整然と重なるのが特徴で、層厚は150m以上に達する。また、層厚約10mの泥流状堆積物が1枚挟まれている。

また、このルート沿いでみられる大杭層の特徴は、いずれも南に向かって70°~80°の急傾斜で傾いていることである。これまでのところ小諸層群の分布地域でこれほどの急傾斜をとった地層は知られていない。

線矢川沿いの小諸層群

線矢川沿いでは、下流~中流域にかけて大杭背斜の軸をはさんで両翼部の線矢川溶結凝灰岩層、大杭層下部までの地層がほぼ連続的に露出している（第5図）。



第5図 線矢川沿いのルートマップ（岩相記号は第6図に対応）

大杭背斜の地質構造

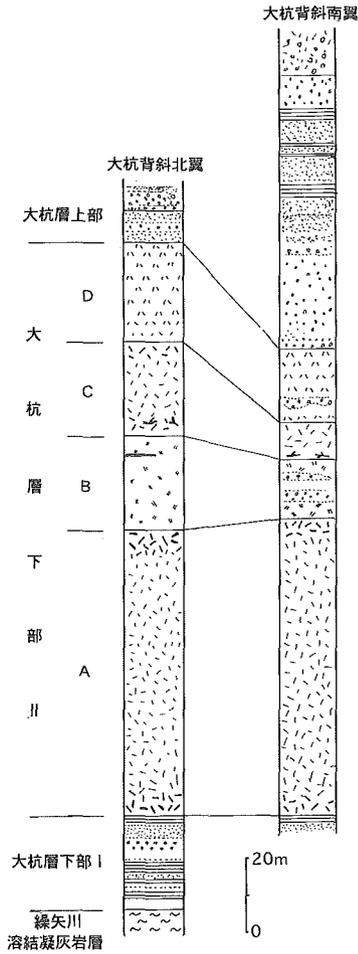
大杭橋を中心としてその下流側と上流側の小諸層群の層序は、第6図の柱状対比図に示したようによく対比できる。このことは、線矢川沿いに露出する小諸層群でも同様である。本地域における小諸層群の分布状況を千曲川河床のレベルを基準面として水平断面図を作成した（第7図）。これによって明らかなように、本地域における大杭背斜は、軸がほぼN50°E方向で、南西方向へ約5°プランジしており、軸面が北西方向へ約60°傾斜する非対称褶曲をなしている。北西翼の傾斜は河床面レベルでは軸部付近では50°前後であるが、北方へむかって次第に緩傾斜となり、大杭橋から北方200m付近では10°前後と緩く、さらに北側では南傾斜となり、緩い波曲状の褶曲構造も見られる。

一方、南東翼は、河床レベルでは千曲川本流、線矢川ともに地層の傾斜は70°～85°程度に急傾斜している。しかし、このような傾斜角は垂直方向で見ると河床レベルから上方へ向かって急激に小さくなっている。このことは、千曲川左岸側で本流にそそぐ数本の小河川沿いで確認される。

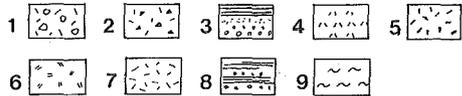
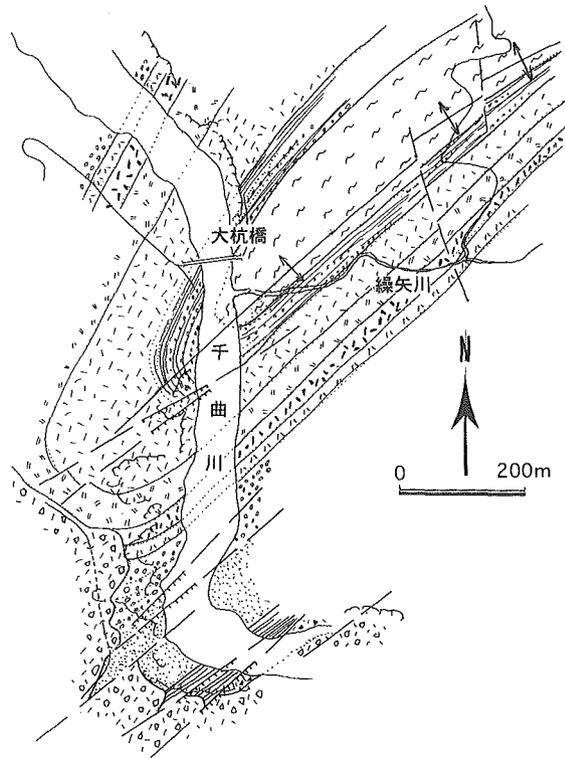
これらの調査結果をまとめ、大杭背斜構造を模式的に示すと第8図のようになる。したがって、本背斜は、軸が南西方向に低角度でプランジした片面箱型褶曲としての特徴を示していることが明らかである。

大杭背斜南翼部に発達する層面断層群と低角度の断層系・節理系

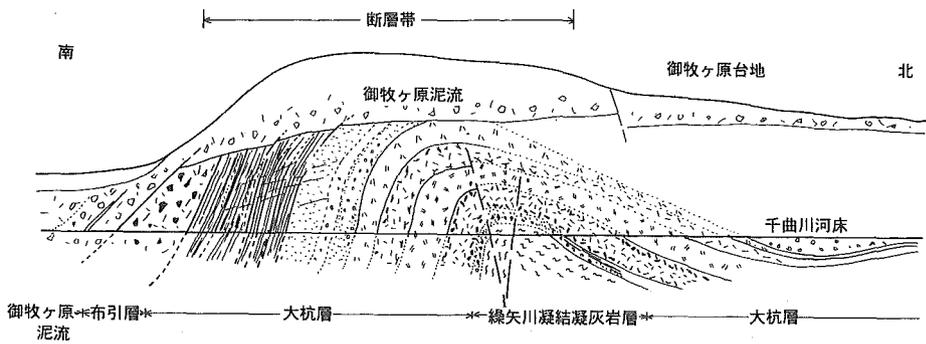
第2図中に示した千曲川左岸のA地点では、大杭層上部層中に多数の断層が発達してい



第6図 大杭橋の上流，下流部の大杭層層序対比



第7図 千曲川河床レベルで描いた水平断面図（凡例1：御牧ヶ原泥流，2：布引層，3：大杭層上部，4～7：大杭層下部II，8：大杭層下部I，9：緑矢川溶結凝灰岩）



第8図 大杭背斜の軸部付近の模式断面図

る(写真図版II)。それらの大部分はシルト岩層と砂岩層の境界部やシルト岩中に集中している。断層の走向・傾斜は地層のそれに一致する層面断層である。断層面上にはしばしば、面の傾斜方向に平行な直線状の条痕が認められる(写真図版III)。

また、この直立に近い傾斜をもった南翼部ではしばしば低角度の逆断層や節理が発達しているのが観察される(写真図版IV)。

御牧ヶ原泥流の分布高度と宮沢断層

御牧ヶ原泥流は、本調査地域の西縁を走る県道142号線(県道八幡一小諸線)に沿って露出しており、そこでは標高670mの道路脇で布引層の上位に御牧ヶ原泥流が東西走向、30°南傾斜で重なっているのが観察される(写真図版V-B)。また、本調査地域からはややなれるが小諸市山浦西部の大露頭に露出するのもこの泥流である。前記の県道脇で観察される泥流の示す標高が、この付近に分布する御牧ヶ原泥流の平均的な基底面高度である。

ところが、千曲川河床に近い第2図中のB地点(標高570m)では、御牧ヶ原泥流が布引層にN70°E, 44°Sの走向・傾斜をもつ断層で接している(写真図版V-A)。また千曲川右岸のC地点でも河床レベルに御牧ヶ原泥流が分布しており、その内部にN50°E, 42°S方向の断層が数mの破碎帯を伴って発達しているのが観察される。

これらのことから、この付近での御牧ヶ原泥流の分布は、第2図B, C地点をとおる北東-南西方向の断層によって南東側地塊が大きく落下したことを示していると思われる。このような変位をもたらした断層を「宮沢断層」とよんでおく。

大杭背斜構造の形成史

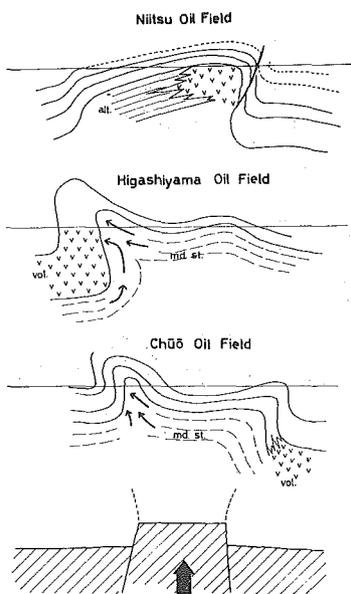
急傾斜した翼部と、冠部や底部が緩傾斜の非対称褶曲は一般に箱形褶曲とよばれる。

新潟新第三系堆積盆地に発達する褶曲構造について、その形態的特徴をまとめた鈴木ほか(1971)は、次のようにのべている。すなわち、1) 新潟堆積盆地の褶曲は、背斜構造が主体で、向斜は従属的である。2) それらの褶曲は、褶曲軸の長さを基準にして1~3級に区分される。3) 第1級の背斜として片面箱形の東山背斜、両面箱形の中央油帯背斜がある。4) 第2級の背斜としてはドーム状ないし箱形の石地背斜、翼にくらべて軸の長い加茂背斜などがある。

また、鈴木ほか(1971)は七谷層や寺泊層などの層厚が東山背斜の軸部付近で急変し、向斜部に向かって層厚が厚くなることから、それは地塊化した基盤ブロックの垂直方向の差別的昇降運動が堆積時に進行したためだと推定した(第9図)。基盤のブロック化と、その差別的な昇降運動に伴って被覆層が褶曲する例は、このほかにも多くの事例が知られている(赤羽, 1982; 川辺, 1990; 坂ほか, 1990; 小玉ほか, 1990)。

ところで、大杭背斜を構成している大杭層の、褶曲軸をはさんだ両翼の層厚変化をみると、下部Iから下部IIのA~Dユニットまでは各層とも層厚にあまり大きな違いはみられない。しかし上部層では南翼部の層厚が北翼部に比較して大きい(第4図, 第11図)。このことは、大杭層上部の堆積時には背斜軸部付近を境にして南側の地域がより大きく沈降したこと、すなわち基盤ブロックの差別的な昇降運動があったことを示している。

箱形褶曲の形成に伴って、その翼部にどのような変形・破壊が生ずるかを実験的に検討

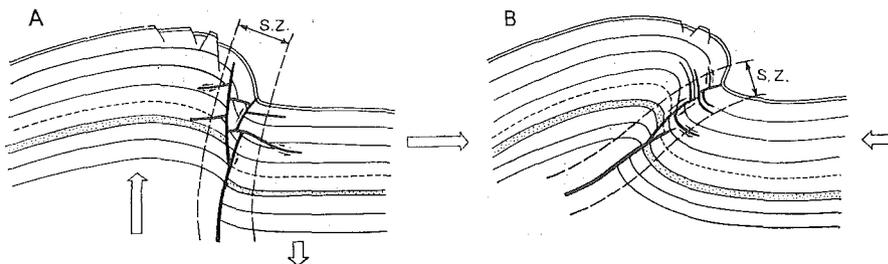


第9図 新潟堆積盆地，東山背斜の構造と推定される基盤ブロックとその動き（鈴木ほか，1971）。上は新津，中は東山，下は中央油帯の各断面図。一番下はそれらの基盤の推定構造とその運動を示す。

した小玉ほか（1976）は，次のようなことを明らかにしている。すなわち，1）基盤ブロックが上昇することによって，ブロックの隅からはほぼ垂直に伸びた幅の狭い急傾斜翼部が形成される。2）この翼部の中央部には高角の正または逆断層が発達する。3）この断層周辺には，これと共役な剪断面も発達する。これは，ほとんど水平な傾斜を有したゆるやかな弧状を描いて発達するため，背斜側では低角の正断層，向斜側では低角逆断層となる（第10図A）。

野外において観察された事実，すなわちほぼ垂直に傾斜した大杭層のシルト岩層中に集中的に発達している断層群の多くは，第10図における高角の正または逆断層であり剪断帯（S. Z.）に相当する。この断層帯を境にして南東側のブロックが相対的に落下しているものとみられる。先に述べたように標高670 mにみられる御牧ヶ原泥流が，標高570 mの千曲川河床レベルでもみられるのは，この断層帯を構成している多数の層面断層による変位の合成の結果と考えれば容易に理解できる。

また，写真図版4に示されている低角の断層ないし節理は，第10図Aに描かれている低角の逆断層に相当するものであろう。

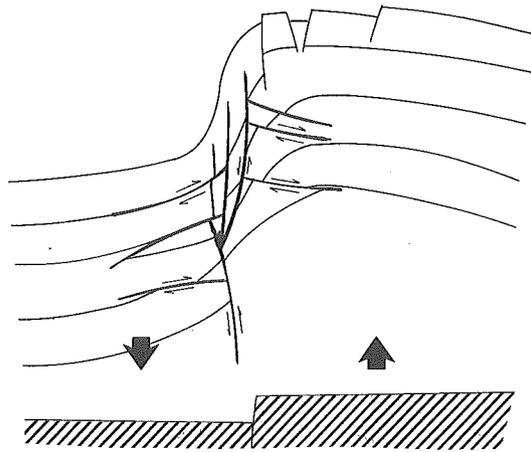


第10図 基盤の垂直運動による箱形褶曲（A）と，水平圧縮による褶曲（B）

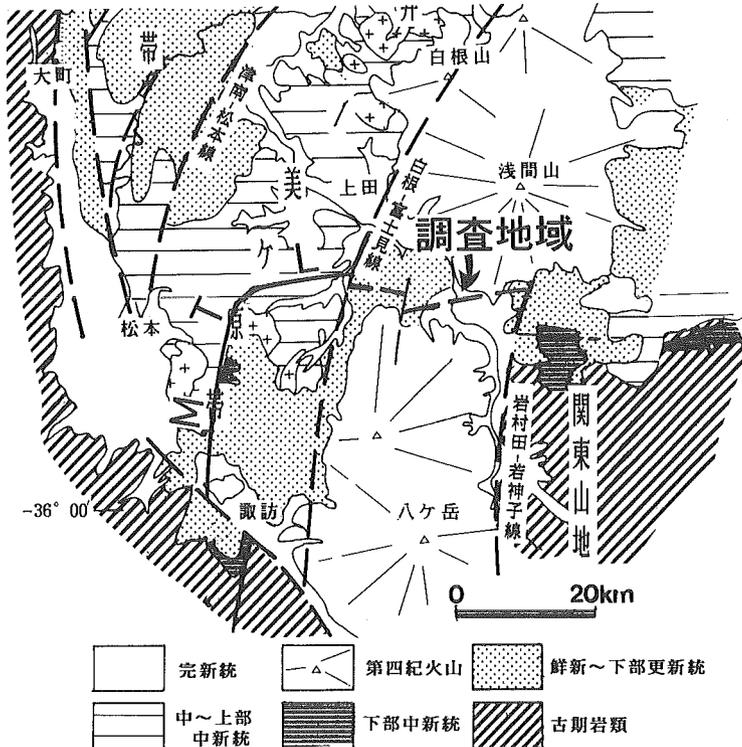
このようにみると、本地域でみられる大杭背斜は、背斜軸部付近の地下に伏在する基盤ブロックの垂直方向の変位、すなわち南東側ブロックの相対的な沈下によって被覆岩層中に形成された片面箱形褶曲と考えるのが妥当である（第11図）。

大杭背斜をもたらした
基盤構造

佐藤・小坂（1993）は、新第三系の地質構造からみて、北部フォッサマグナ地域内村山地の地下深部において中央構造線が南北方向から東西



第11図 大杭背斜軸部付近の断層



第12図 小諸陥没盆地の地下を走る中央構造線（MTL）

方向へと大きく屈曲している可能性がある」と述べた。内村山地と関東山地にはさまれる小諸陥没盆地の基盤構造については、現時点ではまったく資料に乏しい。褶曲構造の延びの方向からして、このような基盤岩の基本構造として最も可能性の高いのは中央構造線ないしはそれと同じ方向をとる古期岩類中の断層と考えられる。もし、中央構造線がこの付近の地下深部に伏在することが正しいとすると、そのことはフォッサマグナ地域における基盤岩の構造を考える上では重要な意味をもっているわけであり、またこの構造線の活動の時期を議論する上でも重要な示唆を与えるものである。第12図では、小諸陥没盆地の地下に推定される中央構造線の位置を図示した。

この基盤ブロックの差別的昇降運動の時期は、大杭層堆積時にすでに始まっており、御牧ヶ原泥流の大きな変位からみて少なくともこの泥流堆積後も引き続いたことは間違いない。

大杭背斜南翼における基盤ブロックの相対的沈下が事実だとすると、その南西延長部にあたる浅科村八幡付近の地形的な特徴や、そこに知られる中期更新統の湖成堆積物の分布は、この基盤ブロックの動きに強く影響された可能性があり、今後そのような観点からの検討が必要になるであろう。

文 献

- 赤羽貞幸 (1982) 長野盆地西縁部における地質構造と丘陵の形成過程。地団研専報, 24, 169-179.
- 飯島南海男・石和一夫・甲田三男・田口今朝男 (1956) いわゆる塩川層の地質。地質雑, 62, 622-635.
- Kaneoka, I.・Matsubayashi, O・Zashu, S.・Aramaki, S. (1979) K-Ar ages of late Tertiary volcanic rocks in the Asama area. J. Geol. Soc. Japan, 85, 547-549.
- 川辺孝幸 (1990) 三重県上野市東部の古琵琶湖層群にみられる喰代撓曲の形成過程。地質学論集, 34, 57-68.
- 小坂共栄・緑 鉄洋・保柳康一・久保田正史・宮東靖浩 (1992) 北部フォッサマグナ後期新生代層の層序と古地理の変遷。地質学論集, 37, 71-83.
- 小玉喜三郎・鈴木尉元・小川銀三・丸田美幸 (1974) 箱形褶曲の内部構造について—スケールモデル実験による研究—。地質調査所報告, 250-2, 121-144.
- 小玉喜三郎・大竹規夫・富田 博・小野 敏・中島良員・城井浩介・鈴木尉元 (1990) 房総半島中部における三浦層群天津層の堆積と褶曲の形成過程。地質学論集, 34, 105-115.
- 坂 靖範・橋尾宣弘・山田将史・小室裕明・山内靖喜・三梨 昂 (1990) 房総半島清澄背斜の形成機構の実験的研究。地質学論集, 34, 117-126.
- 佐藤友紀・小坂共栄 (1993) フォッサマグナ中央部、内村累層の層序と地質構造。地球科学, 47, 533-547.
- 鈴木尉元・三梨 昂・影山邦夫・島田忠夫・宮下美智夫・小玉喜三郎 (1971) 新潟新第三系堆積盆地に発達する褶曲の形成機構について。地質雑, 77, 301-315.
- 山岸猪久馬・小坂共栄 (1991) 北部フォッサマグナにおける鮮新世～前期更新世の構造運動。地団研専報, 38, 129-139.



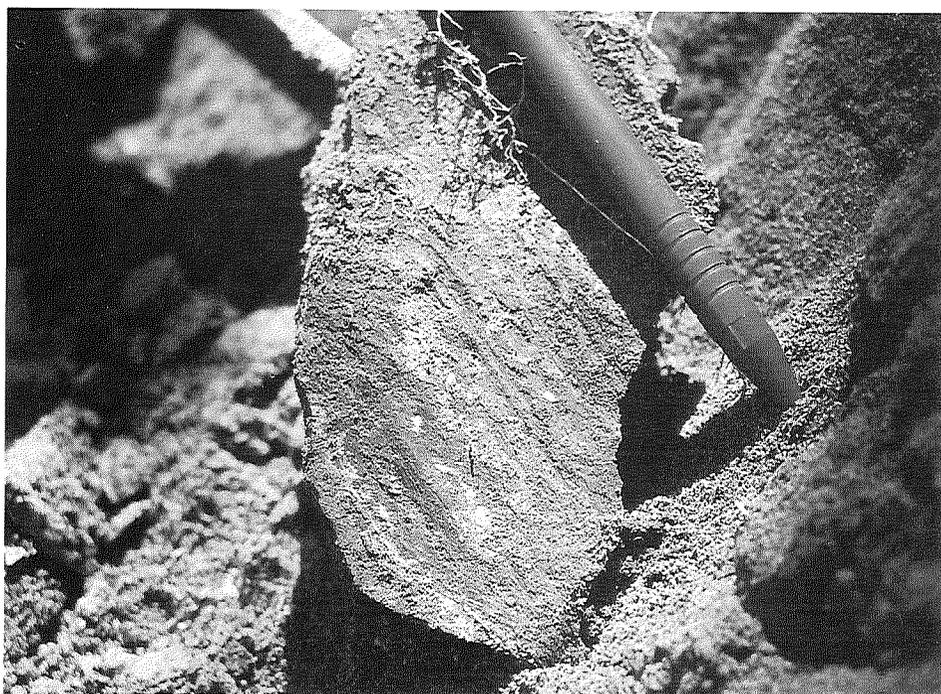
写真図版1 1 および2

千曲川左岸側に露出する小諸層群。河床近くでは垂直に近い傾斜の地層が上方では緩傾斜になっているのが肉眼でも観察できる。



写真図版II 1および2

A地点にみられる大杭層上部のシルト岩。少し黒みがかった部分に断層が集中する。

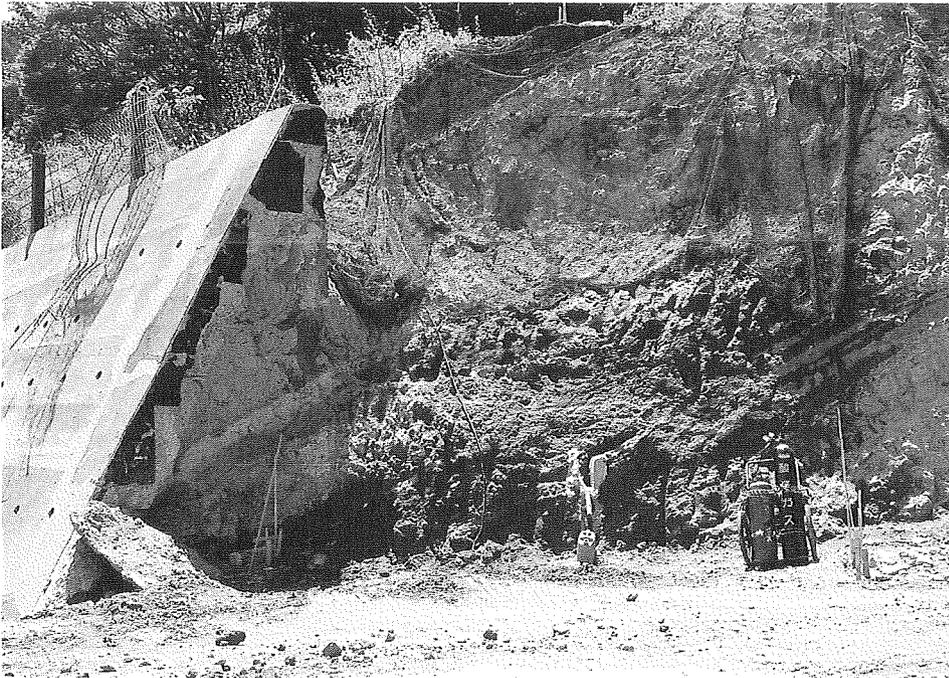


写真図版Ⅲ 1および2

シルト岩と砂岩の境界部でみられる層面断層と、断層面上にみられる垂直方向の条痕



写真図版Ⅳ 大杭層上部中に発達する低角の逆断層，節理。地層はハンマーの柄と同じ方向でほぼ垂直に近い。やや黒みがかったシルト層が低角の逆断層で変位しているのが分かる。



写真図版 V 1 千曲川河床ふきんでみられる布引層と御牧ヶ原泥流の境界断層(ハンマーの柄の付近)
2 県道142号線沿いでみられる布引層と御牧ヶ原泥流の接触部(層面断層となっている)