新潟県柏崎平野周辺における鮮新世～更新世の褶曲形成史

岸 清* 宮脇理一郎**

Plio-Pleistocene Fold Development in the Kashiwazaki Plain and Vicinity, Niigata Prefecture

Kiyoshi KISHI* and Riichiro MIYAWAKI**

Abstract

From detailed stratigraphy including tephra, bio- and magneto-stratigraphy, we studied the process of folded structure development in Pliocene to early Pleistocene strata distributed in the Kashiwazaki plain and its vicinity, central Japan. Four folding phases are recognized; 1) from 2.8 to 2.4 Ma in the southern part and the southward of Chuo Hills, 2) from 2.0 to 1.5 Ma in Teradomari-Nishiyama Hills and its front area corresponding to continental shelf, 3) *ca* 1.0 Ma in the southern part of Chuo Hills, and 4) from 0.7 to 0.3 Ma in the northern part of Chuo and Hachikoku Hills. Besides them an active folding is observed in the eastern side of the Shinano River, the activity having commenced in latest Pleistocene.

Each folding phase was relatively short lived from 0.4 to 0.5 Ma. In general, the intervals among these folding activities were geologically calm without any notable progress of folding activity. The culmination of folding activity had successively migrated eastward since last 3 Ma.

Key words: Plio-Pleistocene, the Kashiwazaki Plain, fold development

キーワード: 鮮新世～更新世, 柏崎平野, 褶曲形成史

1. ま え が き

柏崎平野及びその周辺地域はいわゆる新潟油田地域に属する。当地域には新第三紀～更新世にかけての地層が厚く堆積しており、新第三系～下部更新統には NNE-SSW～NE-SW 方向の褶曲構造が発達している。褶曲形成史に関する研究も数多く行なわれている。例えば鈴木ほか(1974b)は、当地域の主要な褶曲はいずれも遅くとも中新世末期以降、全般的な隆起を続け、第四紀にその

最盛期を迎えたとしている。また、段丘変形あるいは水準点変動から、当地域の褶曲構造が現在も成長を続けている活褶曲であるとの指摘もある(例えば, Ota, 1969; 小玉ほか, 1974)。

変形域の移動, 変形速度の変遷などは現在のテクトニクスを理解する上で重要である。しかしながら、これらの褶曲の具体的な形成プロセスについては、不明な点が多く残されていた。

本研究では、層序学的手法により当地域の褶曲形成史を明らかにすることを目的とした。特に、

* 東京電力株式会社

** 株式会社アイ・エヌ・エー

* Tokyo Electric Power Co.

** I.N.A. Corporation

テフラ層序・微化石層序・古地磁気層序の検討を行ない、鮮新統から下部更新統に10層準以上の等時間面を設定した。また、堆積相、化石相等から古環境の検討を行ない、さらに構造運動の復元を試みた。

II. 地形・地質の概要

本稿で対象とする地域は、新潟県中央部の石油地質学上、西山油帯及び中央油帯と呼ばれている地域である（図1）。本地域は地形上の特徴から、寺泊町から柏崎市にかけての日本海に面した寺泊・西山丘陵、その東側の中央丘陵、南側の米山山塊等に区分される。寺泊・西山丘陵の南端部には海岸線に沿って荒浜砂丘が連続し、その内陸側には中央丘陵と米山山塊とに囲まれ柏崎平野が発達する。丘陵部には新第三系～下部更新統の堆積岩類が、米山山塊には新第三系の火山岩及び火山碎屑岩類が分布する。また、平野と丘陵との境界部には更新統が分布する。

新潟油田地域における新第三系～下部更新統の層序については、1940年代初頭に主に岩相、貝化石に基づく広域対比が行なわれている（例えば、池辺、1940、1941）。この対比は、その後の研究者に広く受け入れられ、新潟標準層序として確立された（例えば、新潟県、1977；宮下ほか、1972）。この新潟標準層序における各層は、それぞれ異なる古水深を示す底生有孔虫化石群集により特徴づけられており（例えば、新潟県、1977；天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会、1982、1992）、広域にわたる堆積環境を把握する上で有効な地層区分である。

当地域における地質層序の総括を図2に、地質図を図3に示す。

寺泊層は主に黒褐色泥岩からなる。底生有孔虫化石は深海性砂質種を主とする（寺泊・西山及び中央丘陵では、小林ほか、1993）。当地域での下限は不明であり、層厚は1,000m以上である。

椎谷層は主に砂岩優勢な砂岩・泥岩互層からなる。底生有孔虫化石は半深海性の砂質種と石灰種との混合群集からなる（寺泊・西山及び中央丘陵では、小林ほか、1993）。下位の寺泊層とは整合で

あり、層厚は500m程度である。

西山層は主に暗青灰色塊状泥岩からなる。底生有孔虫化石は半深海性の石灰種を主とする（寺泊・西山及び中央丘陵では、小林ほか、1993；八石丘陵では、新潟県、1989）。下位の椎谷層とは整合であり、層厚は寺泊・西山丘陵では500m～800m、中央丘陵では300m～600mである。本層の下部には泥岩優勢な砂岩・泥岩互層が発達することが多く、新潟標準層序では浜忠層と呼ばれている（例えば、新潟県、1977）。

灰爪層は主に砂質泥岩からなり、寺泊・西山丘陵では貝殻片質石灰岩を挟在する。寺泊・西山及び中央丘陵では浅海性石灰質有孔虫化石群集を（小林ほか、1993）、八石丘陵では浅海性貝化石群集を産出する（小林ほか、1986）。層厚は100m～400mである。下位の西山層とは中央丘陵北部では整合であるが、中央丘陵南部、寺泊・西山丘陵では不整合関係にある。

和南津層は主に細粒～中粒の砂層からなり、極浅海～海浜の層相を呈する。上部では斜交、平行層理が発達する。下位の灰爪層とは整合であり、層厚は100m～200m程度である。宮下ほか（1972）は標準層序中に和南津層を設定しているものの、新潟県（1977）は和南津層を設定せず、本層を灰爪層あるいは魚沼層に含めている。本稿では、和南津層は浅海相と汽水～陸水相とを境し、堆積環境を解明する上で重要と考え、宮下ほか（1972）の層位区分に従った。

魚沼層は主に礫層・砂層・シルト層の互層からなる。植物化石を多産し、亜炭層を頻繁に挟在する。全体的には陸水相を呈するが、一部でウミタケ等の内湾性貝化石が産出し（安井ほか、1983）、極浅海相を呈する砂層を挟在する。層厚は100m～500m程度である。下位の和南津層とは概ね整合であるが、中央丘陵南部の一部、寺泊・西山丘陵北部の一部では不整合である。

これらの魚沼層以下の地層には NNE-SSW～NE-SW 方向の褶曲構造が発達しており（図1、図3）、規模の大きい背斜構造は、その翼部の層理面が急傾斜を呈する箱型背斜となっている。

褶曲した魚沼層以下の地層を不整合で覆って、

凡 例

丘陵・山地
 段 丘
 沖積低地
 河 川
 背斜軸
 向斜軸

- ①寺泊背斜 ②尼瀬背斜 ③後谷背斜 ④高町背斜 ⑤長嶺背斜
 ⑥中央油帯背斜 ⑦与板背斜 ⑧八石背斜
 ⑨黒姫(石黒)背斜 ⑩岩田背斜 ⑪片貝・真人(時水)背斜
 (④及び⑤の北部区間は、
 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会, 1982, 1992 による)

図 1 柏崎平野及びその周辺地域における地形・地質構造の概要.

図 3 柏崎平野及びその周辺地域の地質図.

図 4 東頸城丘陵北半部における地質柱状対比 (テフラの名称は表 1 参照)。

表 1 示標テフラの一覧表.

示標テフラ名称 [] 内は略記号	鉱物組成		屈折率	対比
	LM: 軽鉱物組成・HM: 重鉱物組成 () 内はガラスの形態の量比	特 徴		
Pk 火山灰層 [Pk] (宮下ほか, 1972)	LM: gl>fd(sb>bw≥str>spg>fib) HM: opx>cpx>ho	glは透明な sb と bw の中間型に富む, HM は opx に富む.	gl: 1.505~1.507	新潟平野団体研究グループ (1970) の SK 020 火山灰層に対比される.
吉水火山灰層 [Ys] (小林・阿部, 1981)	LM: gl>fd(fib>spg>sb≥str>bw) HM: opx>ho>cpx>zr>ox-ho	gl は fib・spg に富む, HM は opx に富み, ox-ho を含む.	gl: 1.502~1.503	安井ほか(1983)の油田Ⅱ火山灰層に対比される.
小木火山灰層 [Og] (小林・阿部, 1981)	LM: gl>fd(bw>sb>str>fib) HM: opx>cpx≥ho>zr	gl は微小な気泡を含み白濁した bw が多く, HM は opx に富む.	gl: 1.499~1.502	安井ほか(1983)の油田Ⅰ火山灰層に対比される.
常楽寺火山灰層 [Zr] (小林・阿部, 1981)	LM: gl≥fd>qz>cd(spg≥fib≥sb>str) HM: cm≥ho>opx>cpx	cd を含むことを特徴とし, gl は spg・fib が多い, HM は bi, cm, ho が多い.	gl: 1.496~1.499 cm: 1.667~1.669 ho: 1.676~1.678	新潟平野団体研究グループ (1970) の SK 030 火山灰層に対比される.
出雲崎火山灰層 [Iz] (菊池ほか, 1984)	LM: gl>fd(spg>fib>sb>str) HM: opx>al>ho≥gar>zr	gl は spg に富む, HM は bi に富み, al, opx が多く, gar を含む.	gl: 1.498~1.502 opx: 1.740~1.755	安井ほか(1983)の SK 100 火山灰層に対比される.
SK 110 火山灰層 (再定義)	LM: gl>fd(str>sb≥bw≥fib>spg) HM: opx≥zr>ho≥cpx	gl は str に富む, HM は bi に富み, 長柱状の opx が多い.	gl: 1.499~1.501 opx: 1.738~1.742	魚沼丘陵団体研究グループ (1975) の中位の軽石質凝灰岩層を SK 110 火山灰層と再定義する.
辻又川火山灰層 [Tz] (風岡ほか, 1986)	LM: gl>fd(str>sb>bw>fib>spg) HM: opx>cpx>ho>zr	gl は str・sb が多い, HM は opx に富む.	gl: 1.501~1.503 opx: 1.705~1.758 ho: 1.688~1.694	
SK 130 火山灰層 (魚沼丘陵 団研グループ, 1975)	LM: gl>fd(spg>sb>fib>spg) HM: opx>cpx>ho>ox-ho	gl は spg が多く, 淡褐色 gl を含む, HM は opx が多く, bi, ox-ho を含む.	gl: 1.507~1.510 opx: 1.700~1.709	
不動滝火山灰層 [Fup] (黒川ほか, 1989a)	LM: gl>fd(fib≡str≡sb>spg) HM: opx>ho>cpx	gl は fib, str, sb をほぼ等量含む, HM は 長柱状の opx に富む.	gl: 1.500~1.502 opx: 1.738~1.745	
西山ゴマシオ火山灰層 [Ngm] (菊池ほか, 1984)	LM: fd>gl(fib>spg>str) HM: opx>ho	結晶質であり, HM, fd が多い, opx は色調が濃い.	opx: 1.722~1.727 ho: 1.682~1.687	
武石火山灰層 [Tsp] (再定義)	LM: gl>fd(sb>str>fib>spg) HM: opx>zr>ho	gl は気泡間の壁が厚い sb が 多い, HM は bi に富み, 長 柱状の opx も多い.	gl: 1.498~1.500 opx: 1.745~1.752	沢栗・黒川(1986)の武石バミ ス質テフラ群のうち Tsp-1, Tsp-2 を Tsp と再定義する.
阿相島火山灰層 [Az] (新称)	LM: gl>qz(str≡sb>fib>spg>bw) HM: al>zr>opx>ho>cpx	gl は str, sb が多く, β-qz を 含む, HM は bi に富み, al を含む.	gl: 1.497~1.500	沢栗・黒川(1986)の武石バミ ス質テフラ群のうち Hap-2 に対比される.
鷹の巣山火山灰層 [Ty] (新称)	LM: gl>fd(spg>fib>sb>str) HM: ho>opx>zr>al	gl は spg に富む, HM は bi に富み, 長柱状の opx が 多い.	gl: 1.502~1.512 opx: 1.723~1.729 ho: 1.683~1.691	
物見山Ⅱ火山灰層 [Mm Ⅱ] (新称)	LM: gl>fd(sb>str>bw≥fib≥spg) HM: zr>opx≡al≡cpx>ho>gar	sb と bw との中間で厚手の gl が多い, HM は bi, al, gar を含む.	gl: 1.496~1.498	黒川・沢栗(1990)の二田城バ ミス質火山灰に対比される.
荒谷ガラス質テフラⅡ [Ar Ⅱ] (黒川ほか, 1989)	LM: gl>fd(sb≥fib≥spg≥str>bw) HM: opx>ho	gl は sb-spg 中間型, spg-fib 中間型が多い, HM は含有 率が低い.	gl: 1.503~1.505	黒川ほか(1987)の西山白色ガ ラス質テフラに対比される.
物見山Ⅰ火山灰層 [Mm Ⅰ] (新称)	LM: gl>fd(str>sb>fib≥spg>bw) HM: opx>gar≥zr>ho>al>cpx	gl は str と fib との中間型が 多い, HM は bi, gar, al を含 む.	gl: 1.499~1.501	黒川ほか(1989)の小木ノ城白 色ガラス質テフラ群のうち Ojw-1 に対比される.
Zn 火山灰層 [Zn] (鈴木ほか, 1974a)	LM: gl>fd(sb>str>bw≡spg≡fib) HM: opx≥ho>br-ho>ox-ho>zr	gl は sb と bw との中間型に 富み, 厚手の bw が多い, HM は opx, ho が多く, bi, br-ho, ox-ho を含む.	gl: 1.498~1.500 ho: 1.685~1.690	黒川ほか(1987)の善久院バミ ス質テフラ, 黒川ほか(1989) の薬師峠ラミネイティッドガ ラス質火山灰層に対比される.
Km 火山灰層 [Km] (鈴木ほか, 1974a)	LM: gl>fd(spg>sb>str≡fib) HM: ho>cm≥opx>br-ho≡cpx	gl は spg に富む, HM は ho が多く, bi, cm, br-ho を含む.	gl: 1.502~1.505 ho: 1.685~1.692	

[軽鉱物] gl: 火山ガラス, fd: 長石, qz: 石英, ed: 堇青石, [火山ガラスの形態] 図5参照, [量比] ≡: 等量, ≥: 等量~1.2倍, >: 1.2倍~5倍, >>: 5倍以上, [重鉱物] opx: 斜方輝石, cpx: 単斜輝石, ho: 普通角閃石, br-ho: 褐色普通角閃石, ox-ho: 酸化普通角閃石, cm: カミングトン閃石, zr: ジルコン, al: 褐レン石, gar: ガーネット, bi: 黒雲母 (ただし, 黒雲母及び不透明鉱物は量比からは除く).

図 5 火山ガラスの形態分類。
ガラスの写真は主に吉川 (1976) によった。

めて大きいバブル・ウォール (bw) 型, 気泡が大きく一方向に伸びた平行 (str) 型, 気泡が大きく球形のスモール・バブル (sb) 型, 気泡が小さく一方向に伸びた繊維 (fib) 型, 気泡が小さく球形のスポンジ (spg) 型の5種類に分類し (図5), この分類による量比を検討した。火山ガラス及び鉱物の屈折率は新井 (1972) の浸液法により測定した。

2) 示標テフラの年代

示標テフラの年代については, 直接フィッシュン・トラック法による年代測定が行なわれている (表2)。しかし, 例えば常楽寺火山灰層 (Zr) では0.85Ma~1.8Ma の値を示し, 年代値のバラツキが大きい。また, 本研究において測定した武石火山灰層 (Tsp), 阿相島火山灰層 (Az) のフィッシュン・トラック年代は, その値が上位のテフラの既往測定値よりも若く, 年代値に逆転が生じている (表2)。

そこで, 本研究では示標テフラの年代を古地磁気層序及び微化石層序から求めることとし, 八石丘陵の小国町芝ノ又川及び土口川 (以下, 芝ノ又川・土口川ルート), 黒姫丘陵の柏崎市阿相島川 (以下, 阿相島川ルート), 中央丘陵の出雲崎町常

楽寺 (以下, 常楽寺ルート) において古地磁気測定を, また常楽寺ルートにおいて珪藻化石分析を行なった。

1. 手法

芝ノ又川・土口川ルート及び阿相島川ルートにおける古地磁気測定試料採取位置を, それぞれ図6及び図7に示す。芝ノ又川・土口川ルートにおいては Nitobe (1977) 及び吉越 (1983) により古地磁気測定が行なわれている。本研究ではこれらを補って, 常楽寺火山灰層 (Zr) 付近から阿相島火山灰層 (Az) 付近までの層準について古地磁気測定を行なった。さらに, 同ルートにおいては Az 付近から下位では火山砕屑岩類が卓越し, 古地磁気測定には適さないことから, Az より下位の層準を補うために阿相島川ルートの武石火山灰層 (Tsp) の直下から Az の下位約160m までの層準において古地磁気測定を行なった。

常楽寺ルートにおける古地磁気測定試料の採取位置を図8に示す。本ルートは真鍋・小林 (1988) が古地磁気測定を行なったルートであり, 本研究ではこれを補って, 出雲崎火山灰層 (Iz) の下位約85m から Km 火山灰層の上位約95m までの層準の古地磁気測定を行なった。

表 2 示標テフラのフィッション・トラック年代 (単位は Ma).

テフラ名	Suzuki and Yamanoi (1970)	村 松 (1976, 1983)	竹 内 (1988)	小林ほか (1993)	本研究*
Pk		0.81±0.12	測定不能		
Ys				0.79±0.12	
Og				0.80±0.08	
Zr	0.85±0.20 1.00±0.20	1.5 ±0.1 1.32±0.17 1.34±0.16	1.8±0.3	1.22±0.08	
Iz		1.9 ±0.2	2.5±0.2	1.78±0.12	
SK 110		2.0 ±0.2			
SK 130	2.75±0.25	2.9 ±0.3 2.87±0.37	2.6±0.3 3.8±0.6		
Fup				2.76±0.17	
Ngm				2.95±0.17	
Tsp				3.01±0.18	2.3±0.3
Az					2.5±0.3
Km				5.87±0.41	

* 測定は (株) 京都フィッション・トラックによる。

試料採取においては泥岩等の細粒部を選び、新鮮な部分を露出させた後、定方位サンプルを採取した。採取した定方位サンプルは、室内において一層準につき最低3個整形し、古地磁気測定用の試料とした。

残留磁気の測定には、交流消磁機能の付いた完全自動スピナー磁力計 (新妻・小山, 1994) を使用した。また、熱消磁には DEM-8602 (夏原技研製) を使用した。

芝ノ又川・土口川及び阿相島川ルート of 全層準において、各層準1試料について5 mT おきに30 mT あるいは45 mT まで段階交番磁場消磁を行ない、その結果に基づき、各層準毎の最適消磁強度を決定した。

常楽寺ルートの全層準においても、同様に段階交番磁場消磁を行なったが、残留磁化の方位にはほとんど変化がみられなかったため、真鍋・小林 (1988) と同様、段階熱消磁を行なった。最適消磁温度は各層準における段階熱消磁の結果を検討し、200℃ ないし250℃ とした。

珪藻化石分析は古地磁気測定を行なった常楽寺ルートにおいて行なった。試料採取位置を図8に示す。珪藻化石の分析に使用したスライド作製法及び珪藻殻の算定法は秋葉ほか (1982) に、また珪藻化石基準面の年代値は、Barron (1985) 及び Akiba (1986) を用いた。

2. 常楽寺ルートの珪藻化石・古地磁気層序

図9には、本研究による常楽寺ルートの地磁気極性変化及び珪藻化石層序を、真鍋・小林 (1988) による地磁気極性変化と併せて示す。また、同図には佐藤ほか (1987) による相田ルートの石灰質ナノ化石層序も示す。相田ルートは常楽寺ルートと同じ中央油帯背斜西翼の約1 km 北側のルートであり、両ルートにおけるテフラ等の層序は一致している。以下、両ルートを併せて、常楽寺・相田ルートと呼ぶ。

真鍋・小林 (1988) は、Pk 火山灰層の上位の正磁極帯を Brunhes 正磁極期に、小木火山灰層 (Og) 付近の正磁極帯を Jaramillo event に対比しており、この対比は佐藤ほか (1987) による

図 8 常楽寺ルートにおける微化石分析・古地磁気測定試料採取位置。

1986) などから Gauss 正磁極期に対比される。

3. 芝ノ又川・土口川ルート及び阿相島川ルートの古地磁気層序

図10には、本研究による芝ノ又川・土口川ルート及び阿相島ルートの地磁気極性変化を、Nitobe (1977) 及び吉越 (1983) による地磁気極性変化と併せて示す。

Nitobe (1977) 及び吉越 (1983) はいずれも、Pk 火山灰層の上位約120m から上部の正磁極帯を Brunhes 正磁極期、Pk-常楽寺火山灰層 (Zr) 間の正磁極帯を Jaramillo event に対比している。

その下位については、Nitobe (1977) は SK130 火山灰層付近の正磁極帯を Olduvai event に、吉越 (1983) は出雲崎火山灰層 (Iz) 直上の正磁極帯を Olduvai event に対比している。本研究では SK130火山灰層付近の正磁極帯は検出され

たものの、Iz 直上には正磁極帯は認められず、SK 130直下から阿相島火山灰層 (Az) 付近までは逆磁極が卓越していることが明らかになった。このことから SK130付近の正磁極帯を Olduvai event に対比した。

また、阿相島ルートにおいて鷹の巣山火山灰層 (Ty) の直下付近に逆磁極から正磁極への変化が認められた。このことから、常楽寺ルートにおける対比結果を考慮し、このTy直下付近の極性変化を松山逆磁極期と Gauss 正磁極期との境界に対比した。

なお吉川ほか (1994) によれば、八石丘陵等において、出雲崎火山灰層 (Iz) と SK130火山灰層との間に挟在する辻又川火山灰層 (Tz: 表1参照) が、大阪層群の Olduvai event 直上に挟在する福田火山灰層に対比されている。大阪層群の古地磁気層序はフィッション・トラック年代及び植物

図9 常楽寺・相田ルートにおける示標テフラと古地磁気層序・微化石層序との関係。
柱状図の凡例は図4と同じ。テフラの名称は表1参照。B: Brunhes 正磁極期, J: Jaramillo event, O: Olduvai event, G: Gauss 正磁極期。FO: 初産出, LO: 終産出。なお、真鍋・小林(1988)は Km 火山灰層の下位まで極性変化を明らかにしているが、不動滝火山灰層(Fup)より下位については示標テフラとの関係が示されていないため、Fup 以下を割愛した。

化石層序に基づくものであるが、この吉川ほか(1994)によるテフラの対比結果は、本研究で行なった浮遊性微化石に基づく古地磁気層序の対比結果とも整合している。

4. 示標テフラの年代の算出

上述した古地磁気層序及び浮遊性微化石層序の検討結果をもとに、各々のルートにおける示標テフラの年代を算出した。

常楽寺・相田ルートにおいては、浮遊性微化石基準面(珪藻化石による基準面 D1~D3, 石灰質ナノ化石による基準面 N1~N3)及び同基準面に基づく各磁極期・イベントの層準と年代を固定した上で、同ルートにおける堆積速度曲線(D-T

線)を作成し、同曲線上で内挿して求めた値を示標テフラの年代とした(図9)。

また、芝ノ又川・土口川ルート及び阿相島川ルートにおいては、各磁極期・イベントの層準と年代を固定した上で、同様に示標テフラの年代を算出した(図10)。

両ルートにおいて算出した示標テフラの年代は、一部で5万年~10万年の誤差はあるが良く一致した値が得られた。常楽寺・相田ルートにおいては示標テフラが多く確認できることから、本稿では同ルートにおいて求めた示標テフラの年代値を用いて以下の議論を進める。

図10 芝ノ又川・土口川ルート及び阿相島川ルートにおける示標テフラと古地磁気層序との関係。
柱状図の凡例は図4と、極性の凡例及び略記号は図9と同じ。テフラの名称は表1参照。

IV. 褶曲の形成時期とその範囲の検討

当地域における褶曲の形成時期について、示標テフラを時間軸とし、鮮新統～中部更新統の地質構造・堆積相から推定される古環境等に基づき検討した。その結果、1) 後期鮮新世中頃の褶曲、2) 鮮新世末期～更新世初頭の褶曲、3) 前期更新世末期の褶曲、及び 4) 中期更新世前半の褶曲が認められた。

1) 後期鮮新世中頃の褶曲

この褶曲は、中央丘陵南部の吉井不整合に代表

される時期の褶曲である。

中央丘陵にはその分水嶺付近を背斜軸とする中央油帯背斜がある(図1, 図3)。

西山町坂田以南の中央丘陵南部では、中央油帯背斜両翼において、灰爪層の傾斜と西山層の傾斜とに若干の差が認められる。また、柏崎市吉井付近から同市平井付近に至る間では背斜の東西両翼において西山層の層厚が薄くなり、平井付近では灰爪層と椎谷層とが接し、西山層が欠如している(図3)。これらのことから、中央油帯背斜の南部では灰爪層と下位層とは不整合関係である。この

図11 中央丘陵南部における西山層と灰爪層の不整合。
柏崎市菊尾，図3の Loc. 2.

灰爪層基底の不整合は，中央油帯背斜東翼に位置する柏崎市菊尾（図3の Loc. 2）等の露頭において直接観察でき，傾斜不整合であることが確認された（図11）。黒川ほか（1992）はこの不整合を吉井不整合と呼んでいる。

吉井不整合では，不整合下位の西山層最上部に2.8Maの物見山Ⅱ火山灰層（MmⅡ）が挟在し，不整合上位の灰爪層最下部に2.4Maの阿相島火山灰層（Az）が挟在している（図12）。したがって，中央油帯背斜の南部はMmⅡ-Az間の後期鮮新世中頃に褶曲・隆起し，隆起域は浅海化，あるいは一部陸化したものと考えられる。

吉井不整合直上から阿相島火山灰層（Az）までの地層内には，米山山塊に広く分布する米山火山岩類（米山団体研究グループ，1976の米山層に相当）と同質の安山岩質火山礫凝灰岩，火山碎屑性砂岩を多く含む。また，寺泊・西山丘陵，中央丘陵北部でも，米山火山岩類と同質の火山碎屑岩類が卓越する層準はMmⅡ-Az間に限られ，八石丘陵及び黒姫丘陵（位置は図1参照）でも，ほぼ同層準に安山岩質火山碎屑岩類が多く挟在している。したがって，MmⅡ-Az間の地層内に挟在する安山岩質火山碎屑岩類は，米山火山岩類に対比される。これらの安山岩質火山碎屑岩類の基底には，米山山塊では米山団体研究グループ（1976）により，黒姫丘陵では新潟短大附属高校地学部

（1978）により，いずれも褶曲した下位層との傾斜不整合が報告されている。これらのことから，米山山塊及び黒姫丘陵における安山岩質火山碎屑岩類基底の不整合は，上記の吉井不整合に対比できる。したがって，吉井不整合に代表される時期，つまり後期鮮新世の中頃（MmⅡ-Az間）に褶曲が進行した地域は，中央丘陵南部のみではなく，米山山塊及び黒姫丘陵にも及んでいたと推定される。また，吉井不整合の直上付近に挟在する阿相島火山灰層（Az）は米山山塊を取り巻く中央丘陵南部，黒姫丘陵西部では浅海相の灰爪層中に，同山塊から離れた八石丘陵，中央丘陵北部などでは半深海相の西山層中に挟在している。すなわち，Az堆積期には米山山塊周辺は既に浅海化していることから，上記褶曲により米山山塊自体は一部陸化したと考えられる。

2) 鮮新世末期～更新世初頭の褶曲

この褶曲は，寺泊・西山丘陵の稲川不整合に代表される時期の褶曲である。

寺泊・西山丘陵には寺泊，尼瀬，後谷，長嶺などの背斜がある（図1，図3）。

寺泊・西山丘陵では，灰爪層と下位層とは不整合関係にあるとされている（池辺，1940；鯨岡，1962；黒川ほか，1992）。本研究によるテフラを鍵層とする調査からも灰爪層基底の不整合が確認され（図13），この不整合では灰爪層は南部では

図12 中央丘陵南部における地質柱状対比。
凡例は図4と同じ。テフラの名称は表1参照。

西山層上部を、北部では西山層上部を欠いて西山層下部あるいは一部椎谷層を不整合で覆っている。灰爪層基底の不整合は尼瀬背斜東翼の出雲崎町稲川(図3の Loc. 1)等の露頭において直接観察することができる。これら露頭では、高角度傾斜の西山層を緩傾斜の灰爪層が覆っており、顕著な

傾斜不整合であることが確認された(図14)。以下、この不整合を稲川不整合と呼ぶ。

稲川不整合は、その位置等から鯨岡(1962)が指摘した地下における灰爪層基底の不整合に連続するものである。鯨岡(1962)によると、地下では不整合の下位に、西山層以下の地層からなり翼部

図13 寺泊・西山丘陵における地質柱状対比。
凡例は図4と同じ。テフラの名称は表1参照。

が急傾斜を示す背斜構造の存在が確認されている（図15）。しかし、稲川不整合より上位の灰爪層、和南津層及び魚沼層は層理が東緩傾斜の同斜構造を示しており、これらの地層には、地下で確認されている西山層以下の地層にみられる褶曲を反映する構造は認められない（図15）。したがって、稲川不整合は西山層以下の地層にみられる褶曲の終了を示すものである。

稲川不整合の下位の西山層最上部には2.2Maの不動滝火山灰層（Fup）が挟在し、稲川不整合の上位の灰爪層最下部には1.5Maの出雲崎火山灰層（Iz）が挟在している。顕著な傾斜不整合であることが確認された出雲崎町稲川付近においてはIzが欠如し、灰爪層最下部に1.05Maの常楽寺火山灰層（Zr）が挟在している。以上のことから、稲川不整合に示される褶曲はFup堆積以降の鮮

新世末期から始まり、Iz堆積期の更新世初頭にはほぼ終了し、少なくとも1.05MaのZr堆積期以降には継続していないと考えられる。

一方、寺泊・西山丘陵前面の海域において、スーパーカーを音源とするシングルチャンネル・アナログ方式、一部マルチチャンネル・デジタル方式による音波探査を行なった。その結果、出雲崎沖から柏崎沖にかけての大陸棚においても傾斜不整合が認められた（図16）。この不整合直下の地層は陸域の西山層に連続すること、また不整合の下位層にみられる背斜構造は、寺泊・西山丘陵における寺泊背斜から尼瀬背斜にかけての隆起帯の延長部に当たることから、同不整合は稲川不整合に対比される。これより、鮮新世末期から褶曲が急速に進行した地域は寺泊・西山丘陵及びその前面の大陸棚の広範囲にわたったものと考えられる。

図14 寺泊・西山丘陵における西山層と灰爪層の不整合。
出雲崎町稲川，図3の Loc. 1.

図15 寺泊・西山丘陵-中央丘陵の地質断面図。

断面位置は図3，テフラの名称は表1参照。I は Loc. 1 の稲川不整合の位置。* の地下構造については天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会（1992）等を参考にして推定した。

稲川不整合について，黒川ほか（1992）は不整合直下の西山層の層準が地域によって異なることの原因を海底侵食とし，不整合形成期において陸化したとする積極的な証拠は何も見いだせないとしている。しかし，前述のように，稲川不整合の直下には南部では西山層の上部が，北部では西山層の下部が分布しており，図13に示すように削剥量は層厚で350m 程度である。さらに北部では，

不整合直下に椎谷層が分布していることから，削剥量は層厚で800m に達している。このため，削剥量のすべてが海底侵食によるとは考えがたい。また，前述の出雲崎町稲川の不整合露頭（図14）においては，不整合面は凹凸に富み，その直上には不整合面の凹部を埋めて，西山層，椎谷層起源の円磨された泥岩礫を多量に含む不淘汰な堆積物が分布する。その上位にはカキ化石を含む内湾成

図16 寺泊・西山丘陵前面の大陸棚における音波探査記録・解釈図。
測線位置は図3参照。音源はスパーク（1000 J），受信は12チャンネル，10m間隔。縦軸は往復時間。

の地層が、さらに上位には浅海性の底生有孔虫化石群集を多産する地層が整合に累重している。以上のことから、稲川不整合に代表される時期の褶曲により、寺泊・西山丘陵及びその前面の大陸棚の一部は陸化したものと推定される。その結果、引き続き堆積域であった東側の地域と西側外海との間に、米山山塊から北東方向に延びる半島が形成され、その東側の地域は内湾の環境になったものと考えられる（図17）。

3) 前期更新世の褶曲

この褶曲は、中央丘陵南部の魚沼層基底の不整合に示される時期の褶曲である。

中央油帯背斜南端部の東翼に位置する柏崎市加納付近（位置は図3参照）においては、20度～40度東傾斜する灰爪層を魚沼層が不整合に覆っており（図3）、魚沼層には下位層の褶曲の反映は認められない。この不整合の下位の灰爪層は1.05 Maの常楽寺火山灰層（Zr）の層準と推定され、上位の魚沼層最下部には吉水火山灰層（Ys）が挟

在している。Ysは0.95 Maの小木火山灰層（Og）の若干上位で、年代はOgとほぼ同じである（図4参照）。このことから、中央油帯背斜の南部では後期鮮新世中頃の褶曲地域に隣接して、1 Ma頃の褶曲が認められ、その褶曲はYs堆積期の0.95 Maには終了したと考えられる。

一方、柏崎平野には陸水相を呈する大坪層が分布しており、本層は1.05 Maの常楽寺火山灰層（Zr）付近の層準である灰爪層を不整合で覆っている。大坪層の堆積年代については、示標テフラは発見されていないが、その層理は数度～20度程度の傾斜で大局的には灰爪層が形成する向斜構造と調和的な構造を示していることから、Zr堆積期の灰爪層に近い年代の地層と考えられる。

本層の層相、分布の特徴に基づけば、周辺の古地理、堆積環境は以下のように推定できる。

前述のように、1.5 Maの出雲崎火山灰層（Iz）堆積期の更新世初頭には、米山山塊から寺泊・西山丘陵に連なる半島が形成され、同半島は西側の

凡 例

西山層(半深海相)堆積域	灰爪層(浅海相)堆積域
和南津層(瀬海相)堆積域	魚沼層(淡水～汽水相)堆積域
Fup期以前に既に陸化していた地域	
Fup-Iz間に陸化した地域と褶曲・隆起した背斜	

K: 柏崎, I: 出雲崎, T: 寺泊, N: 長岡, O: 小千谷, KT: 久田

図17 出雲崎火山灰層 (Iz) 堆積期 (1.5Ma) における古地理図。
範囲は図1 とほぼ同じ。

凡 例

灰爪層(浅海相)堆積域	和南津層(瀬海相)堆積域
魚沼層(淡水～汽水相)堆積域	大坪層(淡水相)堆積域
Zr期以前に既に陸化していた地域	
Zr-Og間に陸化した地域と褶曲・隆起した背斜	

K: 柏崎, I: 出雲崎, T: 寺泊, N: 長岡, O: 小千谷, KT: 久田

図18 大坪層堆積期 (1 Ma 頃) における古地理図。
範囲は図1 とほぼ同じ。

外海と東側の内湾とを境していた (図17)。佐藤・工藤 (1986) によると、浮遊性有孔虫化石の産出状況から、前期更新世末期の 1 Ma 頃には、上記の半島中央部の出雲崎町久田付近 (位置は図4参照) から新潟市方向、あるいはその逆方向の古海流が存在していたことが明らかにされており、久田付近は海峡になっていた。一方、常楽寺火山灰層 (Zr: 1.05Ma)-小木火山灰層 (Og: 0.95Ma) 間には、極浅海～海浜相の和南津層が久田付近から南東方の長岡市大積にかけて広く分布している (図3)。この和南津層は長岡地域では南側の汽水～陸水相の魚沼層と指交している (図4)。このことから、和南津層は久田付近の海峡から湾内に通じる海流に沿って砂州状に堆積し、北側の浅海・半深海域と南側の汽水～陸水域とを境する半島状の砂州を形成していたものと考えられる (図18)。

しかし、柏崎平野においてはこの和南津層の南側には魚沼層は分布せず、魚沼層と同じ陸水層ではあるが、堆積環境が閉塞的な層相を呈する大坪層が分布している。これらのことから、大坪層は和南津層が形成する半島状の砂州の内湾側に堆積した地層、すなわち、1Ma頃の和南津層と同時異相であると考えられる。

また、大坪層が魚沼層とは異なり寺泊層、椎谷層及び西山層起源の円礫に富み、堆積環境が閉塞的な層相を呈する理由としては、大坪層堆積直前までに中央油帯背斜南部が褶曲・隆起し、この隆起のために大坪層堆積域である柏崎平野は東側の魚沼層堆積域から隔離されたと考えるのが最も矛盾が少ない。すなわち、既に陸化していた南側の米山山塊、西側の寺泊・西山丘陵に加え、前述のように東側の中央油帯背斜の南部において褶曲が

図19 中央丘陵北部における魚沼層と脇野町層との不整合。
三島町鳥越，図3の Loc. 3.

始まり，1 Ma 頃までには中央丘陵の南部が陸化し，この結果柏崎平野の原形が完成した。さらに，北側は和南津層からなる半島状の砂州に閉ざされたため，同平野は内湾となり，その内湾に段丘形成前の最終堆積物として大坪層が堆積したと推定される。

4) 中期更新世前半の褶曲

この褶曲は，和島層・脇野町層基底の不整合に代表される時期の褶曲である。

西山町坂田以北の中央丘陵北部では，中央油帯背斜の西翼及び同背斜と対をなし箱型背斜を形成する与板背斜の東翼のいずれにおいても，0.8Ma の Pk 火山灰層が直立ないし逆転するまで褶曲している（図15）。中央丘陵北部では中央油帯背斜西翼の向斜部において，和島層が Pk を不整合で覆っている。与板背斜東翼でも，逆転した Pk を脇野町層がほぼ水平に不整合で覆っていることが確認される（図19，位置は図3の Loc. 3）。

和島層及び脇野町層は，いずれも Pk を不整合で覆い堆積面を残していないこと，その層相，分布状況が類似していることから同時代の地層と推定される。その年代は高位段丘堆積物よりも若干古く，中期更新世の中頃と推定される。以上のこ

とから，坂田以北における中央油帯背斜北部及び与板背斜の褶曲時期は，Pk 堆積後，和島層・脇野町層堆積前の中期更新世前半である。

前述したように，坂田以南における中央油帯背斜南部の褶曲期は後期鮮新世中頃及び前期更新世末期であり，中央油帯背斜は坂田以南と坂田以北とで，その褶曲時期が明らかに異なる。すなわち，現在の中央油帯背斜は異なる時期に形成された背斜が一続きになったものと考えられる。このような褶曲の形成過程の差は，中央油帯背斜の東西両翼において，坂田以北では阿相島（Az），武石（Tsp），出雲崎（Iz）等の火山灰層が西山層中部～上部に挟在するが，坂田以南では灰爪層下部～中部に挟在していること（図12），坂田以南では油・ガス田を胚胎しているのに対し以北では顕著な油・ガス田を胚胎しておらず，石油地質上でも差異が認められること，地形的にも坂田以北では背斜軸と分水嶺との対応が良いのに対し，以南ではあまり一致していないこと（図1）などにも現われている。

一方，前述のように寺泊・西山丘陵では，稲川不整合より上位の灰爪層，和南津層及び魚沼層が東緩傾斜で同斜構造を示しており（図15），魚沼

層の最上部にはPk火山灰層が挟在する。この構造は、図15に示すように尼瀬背斜，中央油帯背斜，与板背斜等，翼部の急傾斜～逆転した当地域の代表的背斜構造に比べて，波長が長く緩やかに傾く褶曲構造である。この構造はまた，和島層にほぼ水平に不整合で覆われていることが確認される。したがって，この和島層基底の不整合は寺泊・西山丘陵における稲川不整合以降の緩やかな褶曲の終了を示している。この褶曲の時期は中期更新世前半であり，前述の中央油帯背斜北部及び与板背斜の褶曲時期と同じである。このことから，この時期には，中央丘陵北部では地層の逆転を伴うような顕著な褶曲が進行したのに対し，寺泊・西山丘陵では波長が長く緩やかな褶曲であったものと考えられる。

V. 考 察

本章では，前章で検討した褶曲の形成時期を踏まえて，当地域における4 Ma 以降の褶曲の形成過程について考察する。

前述のように，当地域では①後期鮮新世中頃（吉井不整合に代表される時期）の褶曲，②鮮新世末期～更新世初頭（稲川不整合に代表される時期）の褶曲，③前期更新世末期（中央丘陵南部の魚沼層基底の不整合に示される時期）の褶曲，④中期更新世前半（和島層・脇野町層基底の不整合に代表される時期）の褶曲が認められた。これらの各時期における褶曲域の分布を図20に示す。

各時期の褶曲は，図20に示すように③の褶曲を除けば，いずれも広い範囲に及び，40万年～50万年間という比較的短期間に大きな変形に達している。また，これらの褶曲の前後には，変形が顕著に進行しない静穏な時期が長期間にわたり存在している。

4 Ma 以降，当地域では初めて①吉井不整合に代表される時期，つまり2.8Ma の物見山Ⅱ火山灰層（Mm Ⅱ）の堆積直後から2.4Ma の阿相島火山灰層（Az）の堆積前までの時期に，中央油帯背斜の南部のみで顕著な褶曲が進行し（図20），褶曲の最盛期が認められる。前述のように，これとほぼ同時期に黒姫丘陵及び米山山塊でも同様の褶

曲が進行したものと推定されることから，この時期に褶曲の最盛期を迎えた地域は中央丘陵南部及びその南方地域の広い範囲に及んだものと考えられる。しかし，この褶曲期においては，寺泊・西山丘陵，中央丘陵の北部，八石丘陵等の地域では，堆積作用を伴った穏やかな運動が推定されるものの，顕著な褶曲の進行は認められない。

2.4Ma の Az 堆積以降，2.2Ma の不動滝火山灰層（Fup）堆積後の2.0Ma 頃までの時期には，当地域の全域において，顕著な褶曲の進行は認められない。

②稲川不整合に代表される時期，つまり 2.0Ma 頃から1.5Ma の出雲崎火山灰層（Iz）堆積直前までの時期には，寺泊・西山丘陵及びその前面の大陸棚の広い範囲で急速な褶曲が進行した。その範囲は東西約10km，南北30km 以上にわたったものと推定される（図20）。しかし，この時期においても，中央丘陵，八石丘陵等の地域では堆積作用にあらわれている穏やかな運動が推定されるのみである。

1.5Ma の出雲崎火山灰層（Iz）堆積以降，0.8Ma の Pk 火山灰層堆積後の0.7Ma 頃までの時期には，③1 Ma 頃に中央油帯背斜の南部のみで局地的な褶曲が進行した（図20）。この時期における顕著な褶曲は同地域に限られ，中央丘陵の北部，八石丘陵等の堆積域及び既に褶曲の最盛期を終えた寺泊・西山丘陵では，顕著な褶曲の進行は認められない。

④和島層，脇野町層基底の不整合に代表される時期，つまりPk 火山灰層堆積後の0.7Ma 頃から和島層及びその相当層の堆積前の0.3Ma 頃までの時期には，中央油帯背斜の北部，与板背斜が褶曲の最盛期を迎えた（図20）。また，当地域東方の岩田背斜（図1の⑩）及び八石背斜（図1の⑧）においても，和島層相当層が下位層を不整合で覆っていることが確認されることから，これらの褶曲もほぼ同時期にその最盛期を迎えたものと考えられる。したがって，この時期に急速に褶曲が進行した地域は，②の2.0Ma～1.5Ma に褶曲した寺泊・西山丘陵地域の東隣に位置し，その範囲は東西約7km～15km，南北40km 以上にも及んだものと

図20 走向線及び褶曲場の変遷。

図1 とほぼ同じ範囲。走向線は、褶曲期別に実線、破線等で示した。

W：和島層、脇野町層及びその相当層基底の不整合。U：魚沼層基底の不整合。I：稲川不整合。Y：吉井不整合。

推定される（図20）。一方この時期には、既に急速な褶曲が終了した寺泊・西山丘陵では、穏やかな褶曲のみが進行した。

①～④の褶曲の結果、当地域の褶曲構造は現在の形態とほぼ同様になり、現在の平野部を除き、堆積域は消滅したものと考えられる。

⑤信濃川左岸地域では、段丘面及び段丘堆積物にも顕著な変形が認められ、活褶曲としてよく知られている（例えば、Ota, 1969）。この変形は魚沼層の褶曲構造と調和的であり、上述の褶曲と同様に大きな変形を示す。また、この褶曲域はそれまでの褶曲域とは場所が異なっている（図20）。

これらのことから、同地域ではそれまで穏やかに進行していた褶曲が、後期更新世から現在にかけて急速に成長しているものと考えられる。

以上のことから、当地域における褶曲は特定の時期に一斉に形成されたものではなく、全域的には穏やかな褶曲の中で、激しい変形（褶曲の最盛期）が場所を変えながら断続的に発生し、その結果として、全域が強い変形域に達したものと考えられる。この意味において、現在、信濃川左岸地域で進行している活褶曲は、過去において別の場所で進行した現象の繰り返しとみなすことができる。また、これらの褶曲域は互いに重複することではなく、当地域における褶曲運動は、新第三紀末以降では、その最盛期を西から東へ移動させながら進行しているようにみえる。

VI. まとめと課題

本研究では、鮮新世から中期更新世にかけての地層内に10層以上の示標テフラを設定し、その年代を明らかにした上でこれらの示標テフラを時間軸とし、地質構造、堆積相、堆積相から推定される古環境に基づき褶曲の形成史について検討を行った。その結果、以下の結論を得た。

1. 当地域において、①中央丘陵南部及びその南方地域では2.8Ma～2.4Maに、②寺泊・西山丘陵及びその前面の大陸棚では2.0Ma～1.5Maに、③中央丘陵南部では1Ma頃に、また④中央丘陵の北部、八石丘陵等では0.7Ma～0.3Maにかけて、それぞれ褶曲が進行した。さらに、⑤信濃川左岸地域では後期更新世から現在にかけて褶曲（活褶曲）が進行している。

2. ③の褶曲を除けば、いずれの褶曲も広い範囲に及び、また40万年～50万年間という比較的短期間に大変形に達している。また、これらの褶曲期の前後には、いずれも長期間にわたり褶曲が顕著に進行しない静穏な褶曲期が存在している。

3. 褶曲の最盛期は場所ごとに異なっており、全域的には静穏な褶曲の中で、急速な褶曲が地域的かつ断続的に発生している。これらの褶曲域は互いに重複することではなく、少なくとも当地域に関する限り、新第三紀末以降では褶曲運動はその最

盛期を西から東へ移動しながら進行しているようにみえる。

4. 今後は新潟油田地域全体の褶曲形成史が解明され、さらにその形成史を基礎として褶曲の発達過程の各段階における変形様式等の内部構造の解析によって、褶曲機構の解明へと発展していくことを期待したい。

謝 辞

群馬大学名誉教授の新井房夫先生にはテフラ試料の屈折率を測定して頂くとともに、テフラの同定・対比に関して有益な御助言を頂いた。また、新保久弥氏には微化石分析を、(株)ダイヤコンサルタント名古屋支店の伊藤孝氏には古地磁気測定をお願いした。以上の方々に深く感謝いたします。

文 献

- Akiba, F. (1986): Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific. In Kagami, H., Karig, D.E., Coulbourn, W.T. *et al.*: *Init. Rept. DSDP, 87*. U. S. Government Printing Office, Washington, D.C., 393-481.
- 秋葉文雄・柳沢幸夫・石井武政 (1982): 宮城県松原地域に分布する新第三系の珪藻化石層序。地質調査所月報, **33**, 215-239.
- 新井房夫 (1972): 斜方輝石・角閃石の屈折率によるテフラの同定—テフロクロノロジーの基礎的研究—。第四紀研究, **11**, 254-269.
- Barron, J.A. (1985): Miocene to Holocene planktonic diatoms. In Bolli, H. M. *et al.* eds.: *Plankton stratigraphy*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 763-809.
- 池辺展生 (1940): 新潟県各油田の地質の対比。石油技術協会誌, **8**, 363-372.
- 池辺展生 (1941): 新潟県西山油田北部の層序。石油技術協会誌, **9**, 173-182.
- 柏崎平野団体研究グループ (1965): 柏崎平野の第四系—新潟県の第四系・そのIV—。新潟大学教育学部高田分校紀要, **1**, 145-185.
- 風岡 修・立石雅昭・小林巖雄 (1986): 新潟県魚沼地域の魚沼層群の層序と層相。地質学雑誌, **92**, 829-853.
- 菊池おる・黒川勝巳・丸山直子・落合浩代・小林巖雄 (1984): 新潟油田地域、灰爪層・西山層と魚沼層群の火山灰層による対比。地質学雑誌, **90**, 101-115.
- 岸 清・宮脇理一郎・宮脇明子 (1996): 新潟県柏崎平

- 野における上部更新統の層序と古環境の復元. 第四紀研究, **35**, 印刷中.
- 小玉喜三郎・鈴木尉元・宮下美智夫・相馬庸三 (1974): 上・中越地域の水準変動と地質構造の相関. 地質調査所報告, **250-2**, 37-51.
- 小林巖雄・阿部泰弘 (1981): 新潟県出雲崎地域の灰爪層・西越層 (魚沼層). 新潟第四紀グループ連絡紙「新潟平野」, **28**, 40-42.
- 小林巖雄・立石雅昭・植村 武 (1993): 出雲崎地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 91p.
- 小林巖雄・立石雅昭・安井 賢・風岡 修・黒川勝已・油井 裕・渡辺其久男 (1986): 新潟積成盆地における西山・灰爪累層, 魚沼層群の層序と古環境. 地質学雑誌, **92**, 375-390.
- 鯨岡 明 (1962): 荒谷層の意味するもの. 石油技術協会誌, **27**, 309-346.
- 黒川勝已・石川紀子・藤原啓美・渡部由美子 (1992): 新潟県西山油帯の地質——とくにテフラ鍵層からみた西山層と灰爪層の不整合関係について——. 新潟大学教育学部紀要 (自然科学編), **33**, 101-163.
- 黒川勝已・丸山悦子・沢栗隆之 (1989): 新潟県中央油帯北部における椎谷層・西山層中の水底堆積テフラ. 新潟大学教育学部紀要 (自然科学編), **30**, 39-64.
- 黒川勝已・中島正裕・林 正幸 (1992): 新潟県中央油帯南部の地質——テフラ鍵層による鮮新世の部分不整合の検証——. 新潟大学教育学部紀要 (自然科学編), **34**, 9-59.
- 黒川勝已・沢栗隆之 (1990): 長岡市西方, 中央油帯中央部における水底堆積テフラとその対比. 新潟大学教育学部紀要 (自然科学編), **31**, 53-87.
- 黒川勝已・高橋浩代・青野直子・阿部裕子・飯塚絹子・菅原直美・地野加津子 (1987): 新潟県西山油帯北部における椎谷層・西山層中の水底堆積テフラ. 新潟大学教育学部紀要 (自然科学編), **29**, 1-14.
- 真鍋健一・小林巖雄 (1988): 新潟堆積盆地における鮮新・更新統の古地磁気層序. 地質学雑誌, **94**, 103-112.
- 宮下美智夫・三梨 昂・鈴木尉元・島田忠夫・影山邦夫・樋口茂夫 (1972): 日本油田・ガス田図7, 「魚沼」地質説明書. 地質調査所, 36 p.
- 村松俊雄 (1976): 魚沼層群に含まれる凝灰岩のフィッシュン・トラック法による絶対年代. 松崎庚一教授追悼論文集, 41-44.
- 村松俊雄 (1983): 魚沼層群のフィッシュン・トラック年代. 地団研専報, **26**, 63-66.
- 新潟平野団体研究グループ (1970): 新潟県小国町の魚沼層群——新潟県の第四系・そのⅫ——. 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, **15**, 267-302.
- 新潟県 (1977): 20 万分の 1 新潟県地質図・同説明書, 493 p.
- 新潟県 (1989): 20 万分の 1 新潟県地質図・同説明書, 128 p.
- 新潟短大附属高校地学部 (1978): 黒姫山の研究——とくに地盤の運動と鮮新世の火山活動について——. 新潟短大附属高校研究紀要, **1**, 10-26.
- 新妻信明・小山真人 (1994): 全自動古地磁気測定装置. 静岡大学地球科学研究報告, **21**, 11-19.
- Nitobe, T. (1977): Magnetic and pollen stratigraphy of the Uonuma group in Niigata prefecture, north central Japan. *Quatern. Res.*, **7**, 302-315.
- Ota, Y. (1969): Crustal movements in the late Quaternary considered from the deformed terrace plains in northeastern Japan. *Japan. J. Geol. Geogr.*, **40**, 41-46.
- 佐藤時幸・工藤哲朗 (1986): 有孔虫群集からみた新潟油帯地域における更新世初頭の古環境変化. 的場保望・加藤道雄編: 新生代有孔虫化石の研究. 秋田大学鉱山学部, 105-114.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗 (1987): 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その 1: 新潟地域. 石油技術協会誌, **52**, 231-242.
- 沢栗美香子・黒川勝已 (1986): 水底堆積テフラからみた鮮新・更新世火山活動の変遷——新潟堆積盆地小国町地域の例——. 地球科学, **40**, 117-191.
- Suzuki, M. and Yamanoi, T. (1970): Fission track dating of the Uonuma Group. *J. Geol. Soc. Japan*, **76**, 317-318.
- 鈴木尉元・三梨 昂・宮下美智夫・影山邦夫・島田忠夫 (1974a): 新潟県西山・中央油帯の地質. 地質調査所報告, **250-1**, 67-95.
- 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 (1974b): 新潟第三系堆積盆地に発達する褶曲の形成機構について. 地質調査所報告, **250-2**, 53-78.
- 竹内圭史 (1988): 中越地域鮮新統-更新統中のフィッシュントラック年代. 地質調査所月報, **39**, 71-80.
- 立石雅昭・茂木莊栄・小林巖雄 (1985): 中越・和島村周辺の第四系一層序と層相. 日本地質学会第92年学術大会講演要旨集, p. 75.
- 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会 (1982): 日本の石油・天然ガス資源. 455 p.
- 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会 (1992): 日本の石油・天然ガス資源. 520 p.
- 魚沼丘陵団体研究グループ (1975): 新潟県中魚沼郡川西町地域の魚沼層群——新潟県の第四系・その XIX——. 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, **20**, 223-235.
- 安井 賢・小林巖雄・立石雅昭 (1983): 新潟県八石油帯・中央油帯に分布する魚沼累層の層序. 地球科学, **37**, 22-37.
- 米山団体研究グループ (1976): 米山地域における火山活動開始期の構造運動. 地球科学, **27**, 1-18.
- 吉川周作 (1976): 大阪層群の火山灰層について. 地質学雑誌, **82**, 497-515.
- 吉川周作・立石雅昭・風岡 修 (1994): 大阪層群の福田火山灰層と魚沼層群の辻又川火山灰層の対比. 地質学雑誌, **100**, 486-494.
- 吉越正勝 (1983): 魚沼層群の古地磁気層序——新潟県刈羽郡小国町芝ノ又ルートについて. 地団研専報, **26**, 57-62.

(1995年1月9日受付, 1995年11月20日受理)