新潟県高田平野の中位段丘と古砂丘 —形成時代についての火山灰編年学的考察—

早 津 賢 二* 新 井 房 夫** 白 井 亨***

Tephrochronological Study on “Middle Terrace” and “Ancient Dune” in the Takada Plain, Niigata Prefecture, Central Japan

Kenji HAYATSU, Fusao ARAI, and Toru SHIRAI

Abstract

The late Pleistocene Series in the Takada plain, Niigata prefecture, central Japan is represented by constituents of the “Middle Terrace” called the Hirayama Terrace and the “Ancient Dune (Old Dune)”. The Hirayama Terrace, consisting of the Hirayama Formation, is distributed around the Takada plain, and the Ancient Dune, consisting of the Katamachi Sand bed, is distributed along the coast of the Japan sea from Joetsu to Kakizaki (Fig. 1).

Many works have been published about the Hirayama Formation and the Katamachi Sand bed, but there are some problems on their formation ages and sedimental environments remaining unsolved. Generally, the Middle Terrace and the Ancient Dune are important for the consideration of the late Pleistocene geohistory in Japan. In this study, the writers try to determine the formation ages of the Middle Terrace and the Ancient Dune in this district. Sedimentology of their constituents will be discussed in detail in the next paper.

Tephrochronological approach is usually effective for regional geologic chronology. Five dated marker tephra layers were found out in this district. They are Aira Tn Ash (AT) (21,000–22,000 y. B. P.), Daisen Kurayoshi Pumice (DKP) (45,000–47,000 y. B. P.), Katamachi Pumice (KtP) (65,000–75,000 y. B. P.), Hanabusa Pumice (HB) (approximately 100,000 y. B. P.), and Kamitaru Pumice (KT) (130,000–150,000 y. B. P.). The Hanabusa Pumice and the Kamitaru Pumice are eruptives respectively from Myoko and Iizuna volcanoes, and the others have their source in the volcanoes far away from the Myoko volcano group. From the stratigraphic relationships to these marker tephra layers (Fig. 3), the chronology of the Hirayama Terrace, the Ainokaze Terrace higher than the Hirayama Terrace, and the Ancient Dune is resulted as follows.

1). The Kamitaru Pumice layer (KT) lies just above the Ainokaze Formation at Haizuka west of Joetsu city. From this fact, The Ainokaze Terrace plain, a part at

*

** 群馬大学教育学部地学教室 Department of Earth Sciences, Gunma University.

*** 京都大学防災研究所 Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University.

least, is estimated to have been formed about 130,000-150,000 y. B. P.,

2). The Hirayama Formation interbeds the Hanabusa Pumice layer (HB) within the uppermost part at the former type locality, Hirayama west of Joetsu city, and therefore the Hirayama Terrace plain may be formed about 100,000 y. B. P..

3). The upper part of the the Katamachi Sand bed includes the Katamachi Pumice layer (KtP) (Fig. 4), and is covered with the Daisen Kurayoshi Pumice (DKP) and the Aira Tn Ash (AT). The lower part is considered to have almost same age as the Hirayama Formation judging from their stratigraphic relation and sedimental environment. Accordingly, the Ancient Dune in the Takada plain is estimated to have been formed during the period from approximately 100,000 y. B. P. to 50,000 y. B. P.. This period corresponds with time of the marine regression which followed the Shimosueyoshi transgression.

I. はじめに

新潟県の高田平野（頸城平野）付近における第四紀後期の地層は、平野周縁部の山麓線にそって分布するいわゆる中位段丘を構成する地層と、海岸線にそってのびる潟町砂丘^{かたまち}の下半部をなすいわゆる古砂丘をつくる地層によって代表される。これらの第四系については、歌代ほか（1960）にはじまる一連の集団研究によって、詳しい調査がなされてきた（高田平原団体研究グループ、1961；1965；新潟県花粉グループ、1965；新潟古砂丘グループ、1967；新潟第四紀団体研究グループ、1969；など）。その結果、中位段丘を構成する地層として平山層^{ひらやま}およびその相当層である原の町層^{はらのまち}・柿崎層^{かきざき}・岩野層^{いわの}が、古砂丘をつくる地層として潟町砂層^{かたまち}がそれぞれ識別・記載され、それらの堆積環境の復元が試みられてきた。しかし、かんじんの形成時代については、有力な決め手を得られないまま今日に至っている。

“中位段丘”や“古砂丘”の問題は、第四紀後期の日本列島の地史を考える上で重要である。とくに、日本海沿岸にそって分布する“古砂丘”の形成年代については、不明確な点が多く残されており、この地域で、それらの形成年代を明らかにすることは、意義深いと思われる。

一般に、地形面や地層の年代決定には、火山灰編年学的方法が有効であることが知られている。しかし、この地域は、妙高火山群テフラ地域（早津・新井、1980）の周縁部にあたるところから、テフラ層はうすく、肉眼でも識別できるような軽石層やスコリア層はほとんど含まれない。しかも、テフラの堆積速度が遅いため、粘土化が著しく進み、かつ異質物質の混入の度合いが大きい。このような条件に加え、テフラそのものの年代が不明であったこともあって、今日まで火山灰編年学的方法は、この地域において有効な手段となり得なかった。

最近、この地域のテフラの主な供給源と考えられる妙高火山群のテフラ層について、詳細な記載がなされ、示標テフラ層の年代推定がおこなわれた（早津・新井、1980；1982）。また、テフラ同定技術の向上（新井、1972；など）により、明瞭な軽石層やスコリア層をはさまない褐色風化火山灰層の中にも、特定テフラの層準を決定することが可能になってきた。

筆者たちは、このような背景の上にたって、平山層と潟町砂層の形成年代の推定を、火山灰編年学的方法によっておこなった。その結果を、ここに報告する。なお、潟町砂層および平山層の堆積学的な問題については、稿を改めて詳述する予定である。

本稿をまとめるにあたり、原稿を通読されいろいろと教示をいただいた都立大学の町田 洋先生、図書の利用を快くお許しいただいた富山大学の藤井昭二・小林武彦両先生、および野外調査でお世話になった京都大学防災研究所の内山 清氏に深謝申し上げる。

II. 従来の知識と問題点

高田平野およびその周辺の第四系については、すでにのべたように、多くの研究報告がなされている。ここでは、まずそれらの報告に基づき、愛の風段丘と愛の風層、平山段丘と平山層、潟町砂丘と潟町砂層などに関する従来の知識を整理し、問題点を明らかにしておく。

1) 愛の風段丘と愛の風層

高田平原団地研究グループ(1961)は、それまで愛の風段丘として一括されていた段丘(歌代ほか, 1960)を、愛の風段丘と平山段丘に二分した。

愛の風段丘は、高田平野の西部山麓にそって断続的に分布し、平野東部での分布は極めて限られている。段丘面(愛の風面)の開析はかなり進んでいるが、明らかな平坦面を残している。沖積面からの比高は20~40mで、平野の中心部にむかって5~10°傾斜している。段丘面の標高は、高田平野西部の愛の風地域で、約50~70mである。

愛の風段丘を構成する地層は、愛の風層とよばれ、砂礫層を主とし、砂層・シルト層・粘土層を含む(高田平原団地研究グループ, 1961)。この中からは、*Abies*・*Picea*・*Tsuga*などの花粉化石や、*Trapa*・*Stylax*・*Juglans*などの種子化石が発見されており、現在と大差ない気候のもとで、湖か入江のような環境に堆積したものと推定されている(高田平原団地研究グループほか, 1972; 上越の大地編集委員会編, 1976)。

愛の風段丘は、高位段丘として扱われてきており(新潟第四紀団地研究グループ, 1969; 新潟県, 1977)、形成時代については、ミンデルーリス間氷期とする意見(高田平原団地研究グループ, 1965; 柏崎平野団地研究グループ, 1965)や、ギュンツーミンデル間氷期とする見解(郷原, 1970; 高田平原団地研究グループほか, 1972; 新潟県, 1977)などがあるが、何れも十分な根拠に基づくものではない。

2) 平山段丘と平山層

高田平原団地研究グループ(1961)によって定義された平山段丘は、高田平野の西縁部にそって、ほぼ南北方向に分布している。平野東縁部には、平山層に対比される原の町層・柿崎層が分布する(高田平原団地研究グループ, 1965)。平山段丘の段丘面(平山面)上には、樹枝状谷が発達しているが、平坦面はかなりよく保存されている。沖積面からの比高は15~20mで、東の平野部にむかってゆるやかに傾斜する。沖積面との間には明瞭な段丘崖はつくらず、沖積面下に潜入している(新潟県, 1977)。段丘面の標高は、模式地の平山で約30~40mである。

平山段丘を構成する地層は、平山層とよばれ、その岩相の差異により、下部と上部に分けられている(高田平原団地研究グループ, 1961)。下部層は、層厚6m+の砂礫層からなる。クロスラミナが発達し、横への岩相変化が激しい。礫種は、90%以上を火山岩で占め、とくに角閃石安山岩が大半を占める。上部層は、灰褐色の砂層・シルト層・粘土層からなり、層厚4~8mである。平山層は、下位の第三系・居多層・愛の風層を不整合におおう(新潟第四紀団地研究グループ, 1969)。

歌代・小林(1962)は、平山層上部の基底から、*Juglans mandshurica* Max. var. *sachalinensis* (Miyabe et Kudo) KITAMURA・*Pterocarya rhoifolia* Sieb. et Zucc.・*Aesculus turbinata* Blume・*Cornus controversa* Hemsl.・*Acer* cf. *rufinerve* Sieb. et Zucc.・*Sapium sebiferum* Roxb.・*Magnolia kobus* Dc.などの植物化石を報告し、平山層は温帯から暖帯にかけてのかなり暖かい気候のもとで(すなわち間氷期に)堆積したと考えた。その後、高野(1965)は、同層準で花粉分析をおこない、*Taxodiaceae* *Cupressaceae* Tree・*Juglans*・*Quercus*・*Alnus*などを優占種として報告した。そして、平山層は、現在と大差ない気候のもとで(間氷期に)形成された内湾性の堆積物であるとした。また、新潟県花粉グループ(1965)は、高田平野の平山層およびその相当層である原の町層・柿崎層・岩野層(高田平原団地研究グループ, 1965)からの大型植物化石と花粉化石を総合して、これらの地層は、現在と変らない気候のも

第1図 地形面区分と露頭位置

1: 沖積面 2: 潟町砂丘 3: 平山面およびその相当面 4: 愛の風面 5: 山地 6: 池
 7: 国鉄駅 8: 柱状図位置 地形面区分は、高田平原団体研究グループほか(1972), 上
 越の大地編集委員会編(1976)などに基づく。

とで堆積したと推定した。さらに、高田平原団体研究グループほか(1972)は、珪藻化石(一部汽水種を含むほかは淡水種)や貝化石(*Corbicula japonica*)についての資料を加えて、平山層は海進時の水域の拡大にもなっていた入江のような環境での堆積物であると結論した。

平山層は、一般的には、南関東で最終間氷期の堆積物とされる下末吉層に対比されている(歌代・小林, 1962; 高野, 1965; 高田平原団体研究グループ, 1965; など)。新潟第四紀団体研究グループ(1972)は、平山層相当層とされる柏崎平野の安田層(柏崎平野団体研究グループ, 1965)と下末吉層を共にミンデルリス間氷期に対応させた郷原(1970)の対比表を採用している。まだ、高田平原団体研究グループほか(1972)は、平山層をリスール間氷期に形成されたとしながらも、まだ多くの問題が残るとしている。新潟県(1977)は、南関東の武蔵野礫層をリスール間氷期に対応させる考えを採用した上で、平山層を武蔵野礫層に対比している。

高田平原団体研究グループ(1961)は、平山面や愛の風面にのる厚さ数10 cm~2 mの黄褐色土層を、平山ローム層とよんだ。これは、その鉱物組成と分布から、妙高火山方面から供給された降下火山灰の風化したものであると考えられている(新潟第四紀団体グループ, 1969)。このローム層には、異質の小礫などが多く含まれることから“水つきローム”とよばれ、堆積当時の特有な気候条件によって形成されたものと考えられた(高田平原団体研究グループ, 1965; 高田平原団体研究グループほか, 1972)。

以上のように、平山層や平山段丘については、その年代をめぐって明確な論拠のないまま、さまざまな試案がのべられているのが現状である。また、平山ローム層も、対比・編年に積極的に利用されるまでには至っていない。

3) 潟町砂丘と潟町砂層

潟町砂丘は、直江津から柿崎に至る日本海沿岸にそって、約20 kmにわたって発達している。潟町付近で最も発達がよく、そこでは標高約40 m, 幅2.5~3 kmである。

高田平原団体研究グループ(1965)は、潟町砂丘を構成する地層を、上位のものから、新期砂丘砂層・黒色腐植土層・褐色粘土層・潟町砂層の4層に分けた。このうち、潟町砂層は固結度が高く、上位の新期砂丘砂層がサラサラしていてほとんど固結していないことに比べ、きわだった差異を示すことから、そのつくる砂丘を“古砂丘”として区別した。

潟町砂層は、全層厚が一般に30~45 mで、岩相のちがいによって、下部層と上部層に分けられている(高田平原団体研究グループ, 1965)。下部層には、ゆるく傾斜した平行なラミナが発達しており、一般に粗粒で淘汰が悪い。一方、上部層は一般に無層理で、粘土分に富む黄褐色バンドを何層かはさむことが多い。下部層にくらべ、より細粒で淘汰がよい。下部層と上部層は漸移し、明瞭な境は認められない。下部層のラミナの傾斜方向は、大別して海岸線にそうSW→NE方向と、それに直行するNW→SE方向の2つであり、前者はこの地域の海流の方向と一致する(長谷川, 1978)。構成砂の粒度分析や岩相および珪藻化石などから、下部層は水成、上部層は風成であると考えられている(歌代ほか, 1966; 新潟古砂丘グループ, 1967)。潟町砂層の上部層は、下位の平山層およびその相当層を整合(一部不整合)におおう(高田平原団体研究グループ, 1965; 新潟第四紀団体研究グループ, 1969)。

潟町砂層上・下部層の形成年代については、従来は共にリスール間氷期という意見が支配的であった(柏崎平野団体研究グループ, 1965; 新潟第四紀団体研究グループ, 1969; 新潟古砂丘グループ, 1967; など)が、その後、ウルム氷期末(約2~3万年前)という考えが多くなってきた(上越の大地編集委員会編, 1976; 新潟県, 1977; 長谷川, 1979)。また、郷原(1970)は、潟町砂層全体を、ほぼリス氷期に対応させている。

潟町砂層の上位に重なる褐色粘土層は、テフラ層ではなく、潟町砂層の風化産物であると考えられている(高田平原団体研究グループ, 1965)。さらにその上位に位置する黒色腐植土層からは、縄文前期~鎌倉時代に至る各種の遺物が見い出されており(上越の大地編集委員会編, 1976), 6,200±110 y.B.P.とい

III. 平山層・潟町砂層と関係する示標テフラ層

高田平野およびその周辺地域に分布するテフラ層の主な供給源であると考えられる妙高火山群の示標テフラ層については、すでに早津・新井(1980など)によって、詳細な記載がなされている(第2図)。本地域では、平山層・潟町砂層・平山ローム層などの中から、現在までに合わせて5層の示標テフラ層が見い出されている。それらは、上位のものから始良 Tn 火山灰層・大山倉吉軽石層・潟町軽石層(新称)・花房軽石層・上樽^{はなぶら}軽石層などである(第3図)。以下、上位のテフラ層から、その概略を記述する。

1) 始良 Tn 火山灰層 (AT)

南九州の始良カルデラを噴出源とする始良 Tn 火山灰層 (AT) は、日本における代表的な広域テフラ (約2.1~2.2万年前) として知られている (町田・新井, 1976)。この火山灰層は、妙高火山群テフラ地域においては、黒色腐植土層の直下、すなわち褐色風化火山灰層の最上部に、層厚約7 cmの高純度の層をなして、また他のテフラとの混交が種々の程度に進んだ形で産出する (早津・新井, 1980)。

妙高火山群テフラ地域の北縁部にあたる高田平野付近では、始良 Tn 火山灰層は、平山ローム層・潟町砂層上位の褐色粘土層・原の町層上位の褐色土層(高田平原団体研究グループ, 1965)のそれぞれ最上部に介在する(第3図)。この地域では、他のテフラとの混交が進み、肉眼では明瞭な純度の高い層として認めることができないが、精密に採取された系統的試料により、1,500 ± という屈折率を有する始良 Tn 火山灰層に特有の bubble wall 型火山ガラスを手がかりとして、その層準を確実に決定できる。

2) 大山倉吉軽石層 (DKP)

大山倉吉軽石層（DKP）は、鳥取県の大山火山を噴出源とし、

第2図 妙高火山群地域の示標テフラ層の模式柱状図（早津・新井，1980を一部改変）

本文で使用されている示標テフラ層の記号は、AT：始良Tn火山灰層 KN：貫ノ木スコリア層 SY：関山スコリア層 OD：大平スコリア層 DKP：大山倉吉軽石層 DB：土橋軽石層 FR：古町軽石層 HB：花房軽石層 KT：上樟軽石層 NY：西山軽石層。その他のテフラ層の記号については、早津・新井(1980, 第8図参照)。凡例 1：黒色腐植土層 2：褐色風化火山灰層 3：スコリア層 4：軽石層 5：火山礫層 6：火山灰層 7：泥流堆積物 8：火山豆石 9：火砕流堆積物 10：玄武岩質 11：安山岩質 12：石英安山岩質 13：流紋岩質。

日本海沿岸にそって分布する広域テフラ（約4.5—4.7万年前）の1つであり（町田・新井，1979）。妙高火山群テフラ地域をもその分布域に含む（早津・新井，1980）。

大山倉吉軽石は，（100）面が発達した小型で扁平なしそ輝石を含むこと，しそ輝石は γ ：1.703～1.708（モード，1.7045），角閃石は n_2 ：1.673～1.682の屈折率をもつことなどの岩石記載的特性（町田・新井，1979）を有することにより，妙高火山群テフラ地域およびその周辺においては，他のテフラと明瞭に識別できる。

本地域においては，始良 Tn 火山灰層と同様，他のテフラなどとの混交が進み，肉眼ではその層準を決定することが困難である。しかし，垂直的に系統的に採取された多数の試料について，上記の岩石記載的特性を手がかりに検討を重ねた結果，平山ローム層の中部，原の町層上位の褐色土層の上部，潟町砂層上位の褐色粘土層の下部に，それぞれの介在層準を決定することができた（第3図）。

3) 潟町軽石層 (KtP)

大潟町付近に分布する潟町砂層の上部層中に，あざやかなオレンジ色を呈する風成の軽石層が夾在し（写真1），現在までに5露頭で確認されている。この軽石層を，潟町軽石層 (KtP) とよぶことにする。

潟町軽石層は，大潟町天ヶ池北方の TK-5 地点（第1図）で最もよく発達し，そこでは層厚5～16cmである。軽石層の中部は，粘土化は著しいが高純度の軽石から構成されており，異質の砂は少ない。上部および下部は，砂粒をいろいろな程度に含み，ラミナが発達する。軽石の粒径は1mm以下で，分級は極めてよい。他の地点でも類似の産状を示すが，TK-5 地点にくらべ純度の高い部分は少なく，大なり小なり異質砂を含む。構成鉱物は，斜長石・しそ輝石・鉄鉱物・角閃石である。しそ輝石は，（100）面が発達し，扁平・小型であり，大山倉吉軽石のそれに類似した晶癖を有する。しかし，しそ輝石は γ ：1.709～1.717（主に1.712～1.716），角閃石は n_2 ：1.683±の屈折率を示し，かつ斑晶の粒度もやや大きいので，大山倉吉軽石とは明らかに区別できる。

潟町軽石層は，信濃川テフラ層の上部に夾在する城原^{じょうはら}軽石層 (JH)（早津・新井，1981）に，岩相・岩質が酷似する。すなわち，城原軽石層は，斜長石・しそ輝石・角閃石・鉄鉱物（量比は粘土化の程度によって変化）を含み，しそ輝石（ γ ）と角閃石（ n_2 ）の屈折率は，それぞれ1.712～1.718（モード：1.715）と1.679～1.684（モード：1.682）である。しそ輝石の晶癖も，潟町軽石層のそれに一致する。潟町軽石層と城原軽石層のこのような岩質の一致と，ともに大山倉吉軽石層のやや下位という層位的な類似性からみ

第3図 潟町砂層・平山層・愛の風層と示標テフラ層との関係を示す柱状図

柱状図上の数字は露頭番号(TK)。17：上越市灰塚城山配水池前（愛の風面），8：上越市平山キャンプ場入口（平山面），16：吉川町の原の町一竹直間の道路切り割り（原の町面），10：大潟町上下浜駅南方（潟町砂丘），5：大潟町天ヶ池北方（潟町砂丘）。凡例 1：黒色腐植土層，2：褐色風化土層，3：高純度で産する示標テフラ層，4：褐色風化土層との混交が著しく進んだ状態で産する示標テフラ層，5：粘土層・シルト層，6：砂層（砂丘砂層を除く），7：砂丘砂層。

写真1 潟町砂層中に産する潟町軽石層 (KtP) の遠望 (上) と接写 (下)

西方の火山を噴出源としているものと考えられる。信濃川テフラ層中の城原軽石層も、細粒で分級がよく、広域にわたって、粒径・層厚に大きな変化がみられないことなどから、同様に妙高火山群より西方から飛来したものと推定されている (早津・新井, 1981)。

4) 花房軽石層 (HB)

花房軽石層 (HB) は、妙高火山第Ⅱ期末 (HAYATSU, 1976) の降下テフラ層であり、その年代は、大町 DPm 層 (中谷, 1972) との層位関係をもとに、約10万年前頃と推定されている (早津・新井, 1980)。

平山層の最上部、平山ローム層の直下の層準に、一層の軽石層 (高田平原団体研究グループ, 1961 の火山砂層に相当?) が産出する。この軽石層は、粒径 5 mm 以下の黄白色軽石とその間をうめる軽石質火山灰からなる。層厚は変化に富むが、平山キャンプ場入口の露頭 (TK-8, 第1図, 第3図) で、最大 20 cm である。軽石は、斜長石・角閃石・しそ輝石・普通輝石・鉄鉱物と少量のかんらん石の斑晶を含み、しそ輝石は $\gamma: 1.715 \sim 1.718$ (主に $1.716 \sim 1.717$)、角閃石は $n_2: 1.687 \sim 1.700$ の屈折率をもつ。これらの特性は、花房軽石層のそれ (早津・新井, 1980) とよく一致し (第1表)、確実度の高い同定ができる。

妙高火山群テフラ地域では、花房軽石層は、古町軽石層 (FR) (早津・新井, 1982) の直下に位置し類似の岩質を有するが、黒雲母斑晶を欠くことによって後者と識別できる。また、純度の高い軽石層の場合

で、両者は同一層であると考えられる。

潟町軽石層に相当するテフラ層は、妙高火山群テフラ地域の他の地点では未発見であり、砂丘地という特殊な条件のもとでのみ、高純度のまま保存可能であったものと考えられる。すなわち、砂丘形成地では、“吹きよせ”による軽石の集積とその後の速やかな埋没とが期待できる。そのため、堆積時の層厚がうすく、その後地表において他のテフラや土壌との混交が進んで、一般には明瞭な層をとどめなくなるような場合でも、砂丘地の一部では、純度の高い層として保存されることが可能になると思われる。

潟町軽石層は、上述のように、妙高火山群テフラ地域の他の地点では、高純度のテフラ層として産出しないこと、細粒できわめて分級がよいこと、しそ輝石の晶癖が妙高火山群起源の諸テフラのそれと異なっていること、などから妙高火山群より

には、岩相によって容易に識別が可能である。平山層最上部に夾在する軽石層は、一部でマトリックスに黒雲母が少量みられることがある（おそらく直上の古町軽石層のもの）が、軽石粒の中には認められない。なお、古町軽石層は、およそ9万年前頃（町田・新井，1979）とされる大町DPm層（中谷，1972）に対比されており（早津・新井，1982），妙高火山群の北部では、黒雲母が比較的多く集中する“Biotite zone”（早津・新井，1980）として認められる。

高田平野東縁部で平山面に対比されている原の町面は、厚さ約1mの褐色土層（高田平原団体研究グループ，1965）をのせている。この褐色土層の下限近くに、黒雲母を比較的多く含む古町軽石層の層準がある（第3図，TK-16）。妙高火山群地域での層準からみて、花房軽石層はその直下に産出するはずであるが、いまのところ確認できない。

5) 上樽軽石層 (KT)

上越市灰塚西方の愛の風面において、いわゆる平山ローム層と下位の愛の風層との境界付近に無色～淡色の角閃石（カミングトン閃石， $n_2: 1.665 \sim 1.670$ ）に富む層準が認められる。妙高火山群テフラ地域においては、カミングトン閃石を特徴的に含むテフラ層は、飯縄火山起源の上樽軽石層のKT-cと西山軽石層のNY-b～NY-dに限られる（早津・新井，1982）。このうち西山軽石層は、本地域を含むテフラ地域の北部であり発達せず、しかもカミングトン閃石を含まないNY-aを主体とし、それにNY-b～NYdが混交した一層として産出するため、カミングトン閃石の量は少ない。一方、上樽軽石層は、北部地域においてもよく発達し、KT-cは多量のカミングトン閃石（ $n_2: 1.663 \sim 1.669$ ）を含む。このことから判断して、上述の愛の風面構成層におけるカミングトン閃石を多産する層準は、上樽軽石層の層準であると考えられる。

以上のべてきた示標テフラ層について、その模式地と本地域における岩質の比較を第1表にまとめておく。

6) 湯町軽石層と上樽軽石層の年代

高田平野の周縁部で見いだされた5層の示標テフラ層のうち、すでに記述したように、始良Tn火山灰層（約2.1～2.2万年前）・大山倉吉軽石層（約4.5～4.7万年前）・花房軽石層（約10万年前頃）の3層については、すでにその年代が推定されている。ここでは、他の2層、すなわち湯町軽石層（KtP）と上樽軽石層（KT）の年代について考察してみたい。

湯町軽石層と上樽軽石層は、ともに信濃川中流地域にも、高純度の層をなして分布しており、そこではそれぞれ城原軽石層（JH）・中子軽石層（NG）とよばれている（早津・新井，1981）。城原軽石層と中子軽石層を含む信濃川テフラ層の上半部は、大半が妙高火山群から供給されたテフラによって構成されている（早津・新井，1981）が、妙高火山群は少なくともこの約20万年ほどの間、ほぼ連続的に活動を続けてきたとみられるところから、信濃川中流域におけるテフラの堆積速度、とくに褐色風化火山灰層の堆積速度は、ほぼ一定に近かったと予想される。事実、すでに直接・間接に年代が推定されている示標テフラ層について、各地点ごとにそれらの年代をたて軸に、それらの上位に重なる褐色風化火山灰層と黒色腐植土層を合わせた全層厚をよこ軸にとりプロットすると、異常堆積がおこなわれたと考えられるような地点（急傾斜地など）を除きどの地点でも、約2.5万年前から約10万年前の間で、それらの点はほぼ1つの直線上に配列する。このことは、少なくともその間、褐色風化火山灰層の堆積は、各地点ごとにほぼ等速でおこなわれてきたことを示すものと考えられる。このような等速的なテフラの堆積にもとづいて、信濃川中流域のいくつかの地点で、城原軽石層（＝湯町軽石層）と中子軽石層（＝上樽軽石層）の年代を推算すると、地点によって若干のばらつきはあるが、前者は6.5～7.5万年前、後者は13～15万年前の間に集中する。したがって、湯町軽石層の年代はおおよそ6.5～7.5万年前、上樽軽石層の年代はおおよそ13～15万年前と推定される。第5図は、信濃川テフラ層の模式露頭（新潟県津南町谷内，SN-14）でなされた年代推定の一例であり、ここでは、城原軽石層（＝湯町軽石層）は約7万年前、中子軽石層（＝上樽軽石層）

第1表 模式地と高田平野における示標テフラ層の岩質の比較

1	2	3	4	5	6	7
テフラの名称	試料採集地	純度	鉱物組成	しそ輝石の屈折率 (γ)	角閃石の屈折率 (n_2)	そ の 他
始良 Tn 火山灰層 (AT)	鹿児島県福山町 十文字* ^(a)	A	Gl>Pl・Qz・Hy>Ho・ Au・Mt・Zr	1.725~1.735 (1.732)	—	火山ガラスの屈折率： 1.494~1.5005 (1.4995) Bubble wall 型火山ガラス
	新潟県妙高高原 町笹ヶ峰 ^(b)	B~C	Gl>(Pl・Hy)>(Ho)・ Zr・(Qz・Bi・Mt)	(1.732±)	—	火山ガラスの屈折率： 1.4995~1.501 (1.500) Bubble wall 型火山ガラス
	新潟県上越市平 山	C	褐色風化火山灰, Gl-rich	—	—	火山ガラスの屈折率：1.500± Bubble wall 型火山ガラス
大山倉吉軽石層 (DKP)	鳥取県倉吉市秋 章* ^(c)	A	Pl>Ho・Hy>Mt>Bi	1.703~1.708 (1.704~1.705)	1.673~1.682 (1.677~1.678)	しそ輝石は (100) 面が発達, 小型
	長野県信濃町貫 ノ木 ⁽³⁾	C	Pl>Ho・Hy>Mt>Bi・ (Au)	1.702~1.707 (1.704)	1.670~1.680 [1.675~1.680]	
	新潟県上越市灰 塚	C	褐色風化火山灰, Hy・ Ho・Bi-rich	1.703~1.707 (1.7045)	1.674~1.682	
城原軽石層 (JH)	長野県野沢温泉 村登郷* ⁽⁴⁾	C	Pl>Hy>Ho>Mt>(Au)	1.712~1.718 (1.715)	1.679~1.684 (1.682)	(100) 面が発達した小型のしそ輝石を含 む
潟町軽石層 (KtP)	新潟県大潟町天 ヶ池北方	C	Pl>Hy>Mt>Ho	1.709~1.717 [1.712~1.716]	(1.683±)	(100) 面が発達した小型のしそ輝石を含 む, 粘土化が著しい
花房軽石層 (HB)	新潟県妙高村花 房* ⁽³⁾	C	Pl>Ho>Hy>Au>Mt >Ol	1.714~1.718 (1.716~1.717)	1.680~1.702	分級はあまりよくない
	新潟県上越市平 山	C	Pl>Ho>Hy>Au>Mt >Ol	1.715~1.718 (1.716~1.717)	1.687~1.700	
上樽軽石層 (KT-c)	新潟県妙高村花 房* ⁽³⁾	C	Pl>Ho>Hy>Mt>Ap	—	1.663~1.669* [1.664~1.669]	カミングトナイトと普通角閃石の2種類 の角閃石を含む
	新潟県上越市灰 塚	C	褐色風化火山灰, 無色~ 淡色 Ho-rich	—	1.665~1.670* [1.666~1.669]	粘土化が著しい

コラム 1. 二つの名称を併記してあるものは, 上が模式地での名称, 下が本地域での名称; コラム 2. *印は, 各示標テフラ層の模式地, (1): 町田・新井 (1976), (2): 町田・新井 (1979), (3): 早津・新井 (1980), (4): 早津・新井 (1981); コラム 3. A: 本質物質の純化がほぼ完全に可能なもの, C: 若干の異質物の混入が予想されるもの, B: AとCの中間; コラム 4. カッコ内は混交または風塵による混入物が多いとみられる鉱物。Pl: 斜長石, Ol: かんらん石, Hy: しそ輝石, Ho: 角閃石, Qz: 石英, Mt: 鉄鉱物, Zr: ジルコン, Bi: 黒雲母, Ap: アパタイト, Gl: 火山ガラス; コラム 5と6. 無カッコ: レーンジ, []: ミーン・レーンジ, (): モード, *印はカミングトナイトのみの値, 花房軽石層の模式地の屈折率は HB-a~c をまとめた値 (詳細は早津・新井, 1980の第1表参照)。

は約14万年前という年代を示す。

上記の年代推定に使用されたすでに年代が付されている示標テフラ層は、以下の6層である。前坂スコリア層 (MS) (=貫ノ木スコリア層, KN) : 約2.5万年前, 貝坂スコリア層 (KS) (=関山スコリア層, SY) : 約3万年前, 柏尾スコリア層 (KA) (=大平スコリア層, OD) : 約4.2万年前, 大山倉吉軽石層 (DKP) : 約4.5—4.7万年前, 堂平軽石層 (DH) (=土橋軽石層DB=大町EPm層) : 約6万年前, 北原軽石層 (KR) (=古町軽石層 FR=大町 DPm 層) : 約9万年前頃 (各テフラ層の記載・対比については, 早津・新井, 1981 参照)。これらの示標テフラ層のうち, 前3者の年代は, 妙高火山群東麓の野尻湖層について得られた多数の ^{14}C 年代 (野尻湖発掘調査団, 1975; 野尻湖地質グループ, 1980; など) に基づくものであり (早津・新井, 1980; 1982), 他の年代は, 直接年代が測定されているテフラ層との層位関係をもとに, 妙高火山群テフラ地域以外ですでに推定されている値 (町田・新井, 1979) である。なお, 以上の6層のほかに, 北原軽石層を欠く地点では, 妙高火山群地域で北原軽石層=古町軽石層の直下に位置するという層位関係をもとに, 約10万年前頃と推定されている (早津・新井, 1980), 赤沢軽石層 (AS)=花房軽石層を使用した。第4図では, 参考のため, 赤沢軽石層と北原軽石層の両方がプロットされている。

第4図 湯町軽石層 (KtP) と上樽軽石層 (KT) の年代推定
新潟県津南町谷内 (SN-14) における例。横軸は各示標テフラ層の上位に重なる褐色風化火山灰層と黒色腐植土層を合わせた全層厚。×印は SN-14 地点には産出しない示標テフラ層で, 他の地点における上・下位の示標テフラ層との相対的な位置関係に基づいてプロットしてある。テフラ層の名称は, 二つ併記してあるものは, 無カッコ: 信濃川テフラ層中の名称 (早津・新井, 1981), カッコ内: 妙高火山群地域 (早津・新井, 1980) および本地域での名称, 一つだけのものは共通名称。

IV. テフラ層からみた平山層 (平山段丘) と湯町砂層 (古砂丘) の形成年代

平山層:すでに記載したように, 平山層上部層の最上部, すなわち風成テフラ層である平山ローム層の直下の層準に, 約10万年前頃と推定される花房軽石層 (HB) が産出する。したがって, 平山層の離水 (直前) の年代は, 約10万年前頃ということになる。また, 平山層に対比されている原の町層も, 古町軽石層 (FR) (約9万年前頃) との層位関係からみて, 平山層とはほぼ同時期に離水したものと推定される (第3図, TK-16)。

一方, 平山層下部層に多量に (60%以上) 含まれている角閃石安山岩質の礫 (高田平原団体研究グループ, 1961) は, 妙高火山第Ⅱ期末の噴出物である渋江川火砕流堆積物 (早津, 1972) を構成する岩片と同種のものであり (妙高団体研究グループ, 1969; 高田平野研究グループ, 1977), 平山層下部層は, 渋江川火砕流の噴出直後に形成されたものと考えられる。少なくとも, 渋江川火砕流の噴出以降に形成されたものであることは, 明らかである。ところで, 妙高火山北東麓において, この渋江川火砕流堆積物の直上に, 花房軽石層が整合に重なる。両者の岩質は共に角閃石安山岩質でよく類似しており, 両層は一連の火山活

動の産物と考えられ、少なくとも両層の間に1万年を越すような時間間隙はないと推定される。このことから、平山層下部層の年代は、およそ10—11万年前頃と考えられる。

以上のことから、平山層は、下底部が10—11万年前、最上部でも約10万年前頃ということになり、約10—11万年前のせいぜい約1万年間という比較的短い期間に形成されたものと考えられる。

高田平野西縁の灰塚付近の愛の風面は、およそ13—15万年前という年代を有する上樽軽石層(KT)の降下前後に離水したと考えられる(第3図, TK-17)。今後、愛の風面およびその相当面と考えられている地形面やその構成層を、テフラとの関係において整理し直すと共に、愛の風面(層)と平山面(層)との関係を解明する必要がある、新たに生じてきた。

従来平山ローム層として一括されてきたテフラ層は、すでに記述したことから明らかなように、平山面にのるものと愛の風面にのるものとでは、その内容に差異がある。すなわち、平山面にのる平山ローム層は、愛の風面にのる平山ローム層の下部を欠いている。平山ローム層は、従来、愛の風層や平山層と不整合関係にあると考えられてきた(高田平原団体研究グループ, 1961; 新潟第四紀団体研究グループ, 1969)が、上述のように、地形面によって平山ローム層の内容に差異があるので、それぞれの面にのる最下位テフラ層を決定し、そのテフラ層とそれぞれの面を構成する地層との関係を論じるのでなければ、意味がない。

なお、平山層およびその相当層の ^{14}C 年代として、 $33,600^{+3,200}_{-2,200}$ y.B.P., $31,200 \pm 1,800$ y.B.P. (以上新潟県花粉グループ, 1965), $23,800 \pm 850$ y.B.P. (柏崎平野団体研究グループ, 1965) という値が報告されている。しかし、これらの年代は、始良 Tn 火山灰層や大山倉吉軽石層および花房軽石層などの層位関係からみて、平山層およびその相当層の年代としては、受け入れ難い。

潟町砂層: 古砂丘構成層である潟町砂層をおおう褐色粘土層は、これまで潟町砂層の風化物とされ、テフラ層ではないと考えられてきた(高田平原団体研究グループ, 1965; など)。しかし、始良 Tn 火山灰層や大山倉吉軽石層を介在することから明らかなように、テフラを含んでいることは疑いない。本地域が妙高火山群テフラ地域の周縁部にあたるため、テフラの堆積速度がきわめて遅いことに加え、砂丘地という特殊な条件のため、異質物を混入する割合が他に比べて大きいというだけのことのように思われる。褐色粘土層が、潟町砂層のさまざまな層準を直接おっているにもかかわらず、常にその中に始良 Tn 火山灰層や大山倉吉軽石層を含むという事実は、少なくとも潟町砂層の *in situ* な風化物ではなく、堆積性の土壌であることだけは明らかである。潟町砂層が、その中に約4.5—4.7万年前という年代を有する大山倉吉軽石層を含む堆積性の褐色粘土層におおわれていることから、その形成が、少なくとも約4.5—4.7万年前より古いことは確実である。

一方、潟町砂層の上部層は、下位の平山層およびその相当層を整合(一部不整合)におおうという(高田平原団体研究グループ, 1965; 新潟第四紀団体研究グループ, 1969)。このことに基づきながら、従来は、潟町砂層全体が平山層より新しいと考えられてきた(新潟第四紀団体研究グループ, 1969; など)。しかし、上記層位関係に基づいた場合、潟町砂層上部層が平山層より新しいことになり、潟町砂層上部層と整合関係にある潟町砂層下部層は、むしろ平山層と同時異相の関係になると考えるべきである。潟町砂層下部層は水成であるとされ、砂州の堆積物とみなされている(新潟第四紀団体研究グループ, 1969; など)ので、平山層の同時異相と考えて矛盾はない。また、そう考えた場合に、平山層の堆積した環境(海水のあまり浸入しない内湾)の形成を最も合理的に説明できる。

以上のことから、潟町砂層上部層は、平山層の堆積後(約10万年前頃)から大山倉吉軽石層の降下(約4.5—4.7万年前)前の間に形成されたと考えられる。潟町砂層上部層中に、約6.5—7.5万年前と推定される潟町軽石層(KtP)が夾在することも、上の考えと調和する。また、潟町砂層下部層は、少なくともその一部は、平山層の堆積とほぼ同時期(約10—11万年前頃)に形成されたものと考えられる。愛の風層と平山層の関係によっては、当然、愛の風層と潟町砂層下部層との関係も問題となりうるが、この問題は

今後に残されている。

V. まとめと今後の問題

本稿では、高田平野において“中位段丘”を構成する平山層と“古砂丘”をつくる潟町砂層の形成時代を、火山灰編年学的手法を用いて考察した。本地域で、始良 Tn 火山灰層（約 2.1—2.2 万年前）・大山倉吉軽石層（約 4.5—4.7 万年前）・潟町軽石層（約 6.5—7.5 万年前）・花房軽石層（約 10 万年前頃）・上樽軽石層（約 13—15 万年前）などの示標テフラ層が見いだされたことにより、従来、不明確さのあった年代論に、かなり明確な根拠を与えることができた。

平山層と潟町砂層の形成の経緯を簡単にまとめると、つぎようになる。

1) 最終間氷期（下末吉期）の海進の影響をうけて、愛の風層の少なくとも一部（灰塚付近のもの）と平山層が堆積した。灰塚付近の愛の風面の離水の時期は、上樽軽石層（KT）の降下期にほぼ一致し、その年代は約 13—15 万年前頃である。一方、平山面の離水の時期は、花房軽石層（HB）（約 10 万年前頃）の堆積直後である。

2) 平山層の堆積時には、おそらく潟町砂層下部層の一部が、砂州を形づくって海水の侵入をはばみ、淡水性の湖に近い入江を形成していたものと思われる。

3) 離水した平山面の一部や完全に干上った砂州の上に、風成の潟町砂層上部層が堆積し、古砂丘が完成された。海退と、それにとまなう浸食力の増大によって多量に運びだされた砂状物質が、砂浜の拡大をもたらし、そこから供給された風成砂によって、潟町砂層上部層が形成されたものと推定される。潟町砂層上部層の形成は、潟町軽石層（KtP）（約 6.5—7.5 万年前）の堆積以前からおこなわれており、大山倉吉軽石層（DKP）（約 4.5—4.7 万年前）の降下の少し前（約 5 万年前）までつづいた。そして、少なくとも大山倉吉軽石の降下時には、古砂丘は完成されており、最終氷期後半には、同じ位置に砂丘が形成される条件は、すでになかった。

一方、つぎの諸問題は、今後の検討を要する新たな課題である。

1) 今回の調査により、愛の風面の少なくとも一部は、最終間氷期に形成されたことが明らかとなり、今後、愛の風面全体について、テフラ層との関係を中心に、再検討する必要が生じてきた。また、愛の風層と平山層および潟町砂層下部層との関係を明らかにすることも、今後に残された重要課題である。

2) 南関東では、最終間氷期の最高海水準期に下末吉面が形成されているが、その離水の年代は、示標テフラとの関係から約 13—14 万年前（Klp-1）から約 11—12 万年前（Klp-13）にわたると考えられている（新井ほか，1977）。また、その後の海退の過程の海水準の停滞または新たな小海進にともなう、引橋面（約 10—11 万年前）や小原台面（約 8 万年前）が形成されている（町田ほか，1974；MACHIDA，1975）。小林国夫が指摘した成増面は、下末吉面と武蔵野面（M₁）の中間に位置づけられる河口性の河成面（小林，1971）とされ、その離水の年代は、御岳第 1 浮石層（Pm-I）の降下時（7—9 万年前；町田・鈴木，1971）の前後にあたる（KOBAYASHI et al.，1968）。さらに下総台地の下位面（姉ヶ崎層）の離水も Pm-I の降下期にごく近い時代に行なわれたと考えられている（新井ほか，1977）。南関東におけるこれらの諸地形面と高田平野における愛の風面・平山面との対比も、興味ある問題である。本稿でのべた火山灰編年学的な推定年代からすると、愛の風面のすくなくとも一部は下末吉面に対比され、平山面はその後の海退の過程で形成された上記の諸地形面の何れかに対応する可能性があるといえよう。しかし、この対比を確実に行なうためには、1) にのべた平山層と愛の風層との関係をはっきりさせ、さらに示標テフラ層の年代の精度を一層高める必要がある。

3) 潟町砂層と平山層との関係について、従来の記載と古環境復元上の問題から、潟町砂層下部層の少なくとも一部が、平山層と同時異相である可能性のあることを指摘したが、その実証は、今後へのこされている。

4) 潟町砂層は、大局的にみた場合、最終間氷期の海進以降の海退に向かう時期の堆積物であるとみられる。町田・新井 (1979) によると、最終氷期のピークは、前半が約5—5.5万年前、後半が約2—2.5万年前頃にあった可能性があるが、潟町砂層をおおう大山倉吉軽石層 (約4.5—4.7万年前) の層準からみて、潟町砂層は最終氷期後半の堆積物を含まないと考えられる。最終氷期の海面は、現在にくらべ最大80 m (大嶋, 1980) ないし140 m (湊, 1966) 低かったとされており、その時、この地域の海岸線は、現在よりはるか (10—15 km) 沖の方にあったはずである。もし、当時砂丘が形成されていたとすれば、潟町砂丘の位置より沖の方にあり、現在海面下に没し埋積されている可能性がある。

5) 鳥取砂丘 (豊島・赤木, 1965; 赤木, 1972) の古砂丘構成層である湯山砂層は、潟町砂層と同様、大山倉吉軽石層におおわれている (赤木, 1972; 町田・新井, 1979)。また、福井県芦原町の古砂丘堆積物も大山倉吉軽石層におおわれており (三浦・藤田, 1967)、その形成時代は約8—5万年前の間にいるものと推定されている (広岡, 1981)。これらのことは、“古砂丘”がある特定の時代に形成されたのではないかという印象をいだかせる。今後、鳥取砂丘や北九州の玄海砂丘 (郷原ほか, 1964; 新堀ほか, 1964) をはじめ、日本海沿岸の砂丘地で知られている“古砂丘”の厳密な対比を、始良 Tn 火山灰層や大山倉吉軽石層などの広域テフラを利用しておこない、堆積学的な検討と合わせ、“古砂丘”の形成された地史的背景を考察していくことが望まれる。

6) 高田平野の北東に位置する柏崎平野では、“中位段丘”を構成する安田層と、“古砂丘”をつくる番神砂層が分布する。これらは、それぞれ高田平野の平山層と潟町砂層に対比されている (柏崎平野団体研究グループ, 1965) ことから、安田層は平山層と、番神砂層は潟町砂層と、それぞれ同様な形成年代を有するものと予想されるが、テフラによる検討は、今後に残されている。

引用文献

- 赤木三郎 (1972): 鳥取平野の形成過程, 地質学論集, 7, 「海岸平野」, p. 125-135.
- 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一, 第四紀研究, 11, p. 254-269.
- ・町田 洋・杉原重夫 (1977): 南関東における後期更新世の示標テフラ層—特性記載とそれに関連する諸問題一, 第四紀研究, 16, p. 19-40.
- 郷原保真 (1970): 第四紀, 市川浩一郎・藤田至到・島津光夫編「日本列島地質構造発達史」, 232 pp., 築地書館, 東京: p. 158-183.
- ・新堀友行・鈴木康司・小森長生 (1964): 北九州の第四紀層に関する諸問題, 資源研彙報, 62, p. 83-108.
- 長谷川 正 (1971): 潟町砂丘の黒色腐植土の ^{14}C 年代, 第四紀総研新潟地区連絡誌, 12, p. 8.
- (1978): (潟町) 砂丘の成因と後背地の地形, 新潟県上越地方の地誌, 新潟県社会科教育研究会, 上越市: p. 113-117.
- (1979): 新潟県下の古砂丘, アーバンクボタ, 18, 信濃川と新潟平野: p. 25.
- ・小林忠夫 (1969): 新潟県下の砂丘と平野の形成について, 日本地質学会第76年学術大会シンポジウム資料集「海岸平野」, p. 223-227.
- 早津賢二 (1972): 妙高火山群—黒姫・妙高火山の形成史を中心として— (II), 地球科学, 26, p. 91-103.
- HAYATSU, K. (1976): Geologic study on the Myoko volcanoes, Central Japan—Part 1. Stratigraphy—, Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ., Ser. Geol. Mineral., 42, p. 130-170.
- 早津賢二・新井房夫 (1980): 妙高火山群テフラ地域の第四紀テフラ層—示標テフラ層の記載および火山活動との関係一, 地質学雑誌, 86, p. 243-263.
- (1982): 妙高火山群テフラ地域南部の最新世テフラ層—示標テフラ層の記載とそれに関係した2・3の問題, 第四紀研究 (印刷中).
- ・—— (1981): 信濃川中流域におけるテフラ層と段丘形成年代, 地質学雑誌, 81, p. 791-805.
- 広岡公夫 (1981): 更新世後期および完新世テフラの古地磁気層序, 日本地質学会第88年学術大会講演要旨, p. 93.

- 上越の大地編集委員会編 (1976) : 上越の大地, 80 pp., 新潟県学校教育用品株式会社, 新潟.
- 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研究紀要, 10, p. 145-185.
- 小林国夫 (1971) : 芹沢論文に対する論評, 第四紀研究, 10, p. 192-198.
- KOBAYASHI, K., MINAGAWA, K. MACHIDA, M. SHIMIZU, H. and KITAZAWA K. (1968) : The Ontake pumice-fall deposit Pm-I as a Late Pleistocene time-marker in central Japan. *Jour. Fac. Sci. Shinshu Univ.*, 3, p. 171-198.
- MACHIDA, H. (1975) : Pleistocene Sea Level of South Kanto, Japan, Analysed by Tephrochronology. *Quaternary Studies*, p. 215-222.
- 町田 洋・新井房夫 (1976) : 広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義—, 科学, 46, p. 339-347.
- (1979) : 大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義—, 地学雑誌, 88, p. 33-50.
- ・——・村田明美・袴田和夫 (1974) : 南関東における第四紀中期のテフラの対比とそれに基づく編年, 地学雑誌, 83, p. 302-338.
- 町田 洋・鈴木正男 (1971) : 火山灰の絶対年代と第四紀後期の編年, —Fisson Track 法による試み—, 科学, 41, p. 263-270.
- 湊 正雄 (1966) : 日本列島の最後の陸橋, 地球科学, 85, p. 2-11.
- 三浦 静・藤田節子 (1967) : 北陸地方における火山灰堆積物 (予報), 福井大学教育学部紀要Ⅱ (自然科学), 17, p. 93-101.
- 妙高団体研究グループ (1969) : 妙高火山の形成史と山麓の水理地質—新潟県の第四系・そのX—, 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, 14, p. 241-273.
- 中谷 進 (1972) : 大町テフラ層とテフロクロノロジー, 第四紀研究, 11, p. 305-317.
- 新潟第四紀団体研究グループ (1969) : 新潟県の第四系, 地団研専報 15「日本の第四系」, p. 127-160.
- (1972) : 新潟の自然, 第2集, p. 1-39.
- 新潟花粉グループ (1967) : 柏崎平野の下末吉期堆積物の花粉化石について, 第四紀研究, 6, p. 1-18.
- 新潟古砂丘グループ (1967) : 日本海側の古砂丘について, 第四紀研究, 6, p. 19-28.
- 新潟県 (1977) : 新潟県地質図説明書, 493 pp., 新潟県, 新潟.
- 新潟県花粉グループ (1965) : 新潟県下の下末吉期堆積物の花粉化石について, 第四紀研究, 4, p. 172-182.
- 野尻湖発掘調査団 (1975) : 野尻湖の発掘, 278 p., 共立出版, 東京.
- 野尻湖地質グループ (1980) : 野尻湖発掘地とその周辺の地質 (1974-1975), 地質学論集, 19, p. 1-31.
- 新堀友行・郷原保真・野村 哲 (1964) : 北九州の玄海砂丘の意義—そのレス状層について—, 資源研彙報, 63, p. 49-63.
- 大嶋和雄 (1980) : 海峡地形に記された海水準変動の記録, 第四紀研究, 19, p. 23-37.
- 高田平原団体研究グループ (1961) : 高田平原の第四紀層について (そのⅡ), 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, 6, p. 145-157.
- (1965) : 高田平原北部の第四系—高田平原の団体研究・そのV—, 新潟大学高田分校研究紀要, 9, p. 143-173.
- ・米山団体研究グループ・妙高団体研究グループ (1972) : 上越の地質—とくに米山・妙高火山・高田平野のおいたち—, 新潟の自然, 第2集, p. 66-88.
- 高田平野研究グループ (1977) : (中郷の) 地形・地質, 中郷の自然刊行委員会編「中郷の自然」, 203 pp., 中郷村教育委員会, p. 5-47.
- 高野武男 (1965) : 新潟県高田市西部平山層の花粉分析について, 新潟県立新井高校研究集録, 6, p. 92-95.
- 豊島吉則・赤木三郎 (1965) : 鳥取砂丘の形成について, 鳥取大学学芸研究報告, 16, p. 1-14.
- 歌代 勤・林 等・高野武男・小林忠夫・長谷川 正・稲葉 明 (1960) : 高田平原の第四紀層について—その1—, 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, 5, p. 111-126.
- ・小林忠夫 (1962) : 新潟県高田市西部平山層の植物化石について—高田平原の団体研究・その

Ⅲ一、新潟大学教育学部高田分校研究紀要, 7, p. 98-104.

—— 長谷川 正・田中久雄・高野武男・渡辺 勇・小林忠夫・仙田幸造・水品静雄・米山正次
(1966): 新潟県下の第四系一特に、ナウマン象の含有層と古砂丘について一, 1966年日本地質学会連合学術大会総合討論会資料「日本海地域の地質学的諸問題」, p. 171-189.

追 記

本稿投稿後に入手した高田平野団体研究グループの論文(1981, 新潟大高田分校紀要, 5, 209-281)では、従来の見解を修正し、分布や植物・花粉化石などに基づいて、多少の問題はあるとしながら、愛の風層を下末吉層に対比し、平山層をそれ以後の亜間氷期の堆積物としている。これは、本稿での火山灰編年学的な結果と調和的である。

(1981年6月6日受理)